

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

MĚŘENÍ PARAMETRŮ PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ VE STROJNÍ MONTÁŽI

MEASUREMENT OF WORKING ENVIRONMENT PARAMETERS IN MACHINE ASSEMBLY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Miroslav Kutík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Miroslav Kutík**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce: **Ing. Luboš Kotek, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Měření parametrů pracovního prostředí ve strojní montáži

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na základní měření vybraných parametrů pracovního prostředí.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše problematiky pracovního prostředí.
Systémový rozbor problematiky
Měření a vyhodnocení parametrů pracovního prostředí
Návrh opatření ke zlepšení
Ekonomické zhodnocení navržených opatření

Seznam doporučené literatury:

Chundela, L. (2001): Ergonomie. ČVUT, Praha.
Fišerová, S. (2013): Průmyslová ergonomie I: metodické zásady pro aplikace v technické praxi. 1. vyd. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Ostrava.
Král, M. (1994): Ergonomie a její využití v technické praxi. AKS, Ostrava.
Kroemer, K. and Grandjean, M. (1997): Fitting the task to the human: a textbook of occupational ergonomics. 5th ed. Taylor & Francis, Bristol.
Salvendy, G. (2012): Handbook of human factors and ergonomics. 4th ed. N.J.: Wiley, Hoboken.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Hlavním cílem této bakalářské práce je zkoumání a měření vybraných parametrů pracovního prostředí a jejich vliv na člověka. Měřené prostředí představuje nově vybudovaná hala, která má dokázat stabilitu a příslušnou kvalitu ve zkoumané oblasti. Nezbytnou součástí problematiky je rozsáhlá rešerše zabývající se pojmy ergonomie, člověk a ergonomie a vybrané parametry pracovního prostředí. Tyto kapitoly vysvětlují, jak docílit zdravé pracovní pohody za účelem zvýšení produktivity. Praktická část se zabývá zpracováním naměřených hodnot, mezi které patří klimatické podmínky, nebezpečné sloučeniny a osvětlení. Každá zmíněná proměnná obsahuje postup měření, hodnoty a zhodnocení. Toto zhodnocení propojuje teoretické znalosti s praxí.

ABSTRACT

The main goal of this bachelor's thesis is the investigation and measurement of selected parameters of the work environment and their effect on people. The measured environment is a newly built hall, which is supposed to prove the stability and relevance of quality in the investigated area. An essential part of the issue is extensive research dealing with the concepts of ergonomics, human understanding of ergonomics, and selected parameters of the work environment. These chapters explain how to achieve healthy workplace well-being to increase productivity. The practical part deals with the processing of measured values, which include climatic conditions, dangerous compounds, and lighting. Each mentioned variable contains a measurement procedure, the measurements, and evaluation. This evaluation connects theoretical knowledge with practice.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ergonomie, systém člověk-technika-prostředí, pracovní prostředí

KEYWORDS

Ergonomics, system human-technology-environment, work environment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUTÍK, Miroslav. *Měření parametrů pracovního prostředí ve strojní montáži*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149356>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Luboš Kotek.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu svojí práce Ing. Lubošovi Kotkovi, Ph.D. za vynikající vedení, cenné rady a přínosy. Rovněž bych rád poděkoval firmě Recutech s.r.o. za poskytnutí interních informací a přístupu do jejich prostor. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu během celého studia. Speciální poděkování patří mé sestře Ing. Lence Kutíkové za motivaci při studiu.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 21.05.2023

.....

Kutík Miroslav

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	ERGONOMIE	17
2.1	Definice ergonomie.....	17
2.2	Příbuzné vědní obory ergonomie.....	18
2.3	Systém ČLOVĚK-TECHNIKA-PROSTŘEDÍ.....	19
3	ČLOVĚK A ERGONOMIE	25
4	VYBRANÉ PARAMETRY PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ	27
4.1	Osvětlení	28
4.2	Klimatické podmínky	31
5	MĚŘENÍ V MONTÁŽNÍ HALE	37
5.1	Mikroklima haly	38
5.2	Nebezpečné látky v hale	40
5.3	Osvětlení v hale	43
6	ZHODNOCENÍ A DISKUZE	45
7	ZÁVĚR.....	47
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJ	49
9	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	53
9.1	Seznam zkratk a symbolů	53
9.2	Seznam tabulek	54
9.3	Seznam obrázků.....	54

1 ÚVOD

Optimalizace výroby za účelem zvýšení produktivity zaměstnanců představuje nynější trend ve výrobních firmách. S touto snahou je spojeno pracovní prostředí, které výrazně působí na zaměstnance. Jinými slovy se dá říci, že zaměstnavatel se snaží přiblížit pracovní prostory domácímu pohodlí zaměstnanců. Každý jedinec se cítí doma nejpřirozeněji. S těmito pocity dokáže člověk vyprodukovat vyšší a kvalitnější výkony.

Prostředí na člověka působí z mnoha stran. I obyčejná změna teploty dokáže ovlivnit chod pracovníka. Náleží sem i vlhkost, typy osvětlení, výskyt nebezpečných sloučenin, obsah CO₂, design prostředí, hluk aj. Tato bakalářská práce se zaměřuje na tři vybrané parametry pracovního prostředí. Právě tyto zkoumané veličiny dokážou ovlivnit pocity člověka nejvíce. První vybranou proměnnou představuje klima. Správné nastavení teploty a vlhkosti dokáže zvýšit pracovní výkon. Práce v horkých podmínkách s vysokou koncentrací vlhkosti bude mít za následek nižší produktivitu a zaměstnanec se dostane mimo pásmo pohody. Mezi další vybraný parametr patřilo osvětlení, které v montážní hale hraje důležitou roli. Člověk je tvor vnímavý. Barva, ostrost osvětlení, nepřirozené jevy apod. dokážou podstatně ovlivnit pohodu a koncentraci. Nejenom ze strany pohody, ale i z bezpečnostního hlediska používáme určité typy osvětlení, které nám dodají pocit jistoty. Posledním vybraným parametrem jsou nebezpečné látky. Zaměstnavatel by měl mít tendenci se starat o své zaměstnance i po zdravotní stránce, právě kvůli stabilnímu výkonu.

Harmonií mezi člověkem a jeho prací se zabývá rozsáhlý vědní obor ergonomie. Jedná se o vědní disciplínu, která se vyvíjí řadu let. Snaží se pozdvihnout pracovní zátěž na novou a přijatelnou úroveň, kde se člověk nemusí přizpůsobovat práci. Ergonomie popisuje i nedílnou část mimopracovního života a jak moc dokáže zaměstnání ovlivnit tuto sféru a naopak. Proto se tato bakalářská práce věnuje rozsáhlé problematice ergonomie, která hledá stabilitu mezi člověkem, technikou a pracovním prostředím a usiluje o určitý kompromis mezi těmito systémy. I při těžkých pracovních podmínkách, jako je těžba nerostných surovin, se dá nalézt určité východisko pro přijatelný pracovní chod s vysokým výkonem a kvalitou práce s ohledem na fyzické i psychické zdraví pracovníka.

Produktivita, stabilita, motivace práce a zdravé pocity před i po práci představují hlavní výstupy této práce. Jsou zde rozvíjeny myšlenky o dopadech mimopracovního i pracovního prostředí na člověka s cílem správně optimalizovat parametry pro co nejpříznivější chod. Motivace této práce vyplývá z předešlých úvah, co nejlépe optimalizovat ekonomicky pracovní prostředí pro člověka tak, aby se dosáhlo vyšší produktivity, stability práce a spokojenosti ze strany zaměstnance i zaměstnavatele.

2 ERGONOMIE

Jak bylo zmíněno v úvodu, ergonomie zasahuje nejen do našich profesních životů, ale i mimo ně. Jako příklad můžeme uvést práci u stolu. Tuto činnost si dokážeme představit v obou případech. V pracovním prostředí se může jednat o montáž výrobku a doma o přípravu jídla. V obou uvedených případech by nebylo příjemné vykonávat činnost buď na vysokém stole, nebo naopak na příliš nízkém. Slovo ergonomie pochází z řečtiny („ergon“ = práce, „nomos“ = zákon). Mohli bychom tedy říct, že ergonomie je vědou o práci. Vývoj osobnosti člověka s ergonomií probíhá paralelně. První aplikace ergonomických zásad člověkem se datuje už v pravěku. (Rubínová, 2006)

Postupný vývoj nových technologií s sebou přináší i nepříznivé vlivy, které výrazně ovlivňují zdraví člověka. Mezi nepříznivé vlivy patří vibrace, špatná poloha těla, nebezpečné látky, vyčerpání z práce apod. Nejvíce nepříznivých vlivů s sebou přinesla průmyslová revoluce, kde vývoj techniky výrazně poskočil vpřed. V tomto období se kladl velký důraz na rozvoj a výrobu nových strojů bez jakýchkoliv myšlenek na ergonomii. Počítalo se s tím, že se člověk přizpůsobí stroji. Později byla prokázána malá efektivita strojů z důvodu nedomyšlené konstrukce směrem k člověku. V první vlně se začalo pouze s úpravami stroje vzhledem k člověku, aby se dosáhlo co nejlepší produktivity. Výhoda těchto úprav spočívala v hledání stability soustavy člověk – stroj, nicméně tu stále byla vidět veliká nezkušenost. Největší nárůst ergonomie jsme zaznamenali po skončení druhé světové války. V poválečném období se kladl důraz na ergonomii člověka a nová technika se vyráběla cíleně k dosažení co největší stability člověk – stroj. (Rubínová, 2006)

Hlavním cílem současné ergonomie je navržení systému člověk – stroj tak, abychom dosáhli maximální produktivity, efektivity, kvality a pohodlí při vykonávání dané činnosti.

Ergonomii můžeme rozdělit na:

reaktivní ergonomii, která hledá řešení již existujícího problému,

proaktivní ergonomii, která se snaží odhadnout problém dříve, než k němu dojde.

Eliminace rizika a eliminace potenciálního fyzického i psychického vypětí představují dvě účinné metody pro dosažení co nejlepších výsledků v rámci ergonomie. Ideálním způsobem je aplikovat zmíněné metody ve fázi návrhu, kdy existuje vysoká pravděpodobnost snížení nebo odstranění odchylky při minimálních nákladech. Při zvažování kritérií je třeba učinit mnoho komplikovaných rozhodnutí. Pro jedince může být náročné zohlednit všechny situace týkající se lidského faktoru. Nejlepším řešením je mít tým odborníků, který dokáže promyslet všechny možné situace. (White, 2015)

2.1 Definice ergonomie

Ergonomii definuje Chundela (2001, str. 7) jako „interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti“. Další odborný pohled představuje Vyskotová (2011), která popisuje ergonomii jako vzájemné působení lidí a dalších prvků systému za účelem optimalizovat pohodu osob a celkovou efektivitu systému. Mezinárodní ergonomická asociace (dále IEA) na svých internetových stránkách uvádí, že „ergonomie (nebo také ergonomie lidského faktoru – EHF) je vědní disciplína zabývající se porozuměním

interakcí mezi lidmi a dalšími prvky systému, a profese, která aplikuje teorii, principy, data a metody k navrhování za účelem optimalizace lidského pohodlí a celkového výkonu systému“. Toto vymezení převzala IEA v roce 2000 a platí dodnes. Ve Spojených státech amerických se touto problematikou zabývá Správa bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (dále OSHA). OSHA tento pojem spojuje s poruchami pohybového aparátu (dále MSD) související s prací. Snaží se o přizpůsobení práce člověku, a proto aplikuje sedm ergonomických zásad, mezi které patří zapojení pracovníků na pohled práce, důkladné proškolení, podpora brzkých hlášení příznaků MSD atd. Z výše uvedených definic je jasné, o jak rozsáhlou a důležitou oblast se jedná. I z tohoto důvodu nemůže existovat jednotné vymezení pojmu ergonomie. Nicméně jedno mají všichni společné, a to je cíl, který má najít shodu mezi výkonem člověka, pracovními podmínkami a pracovním úkolem.

Z výše uvedených definic ergonomii nejlépe vystihuje IEA. Přesto můžeme očekávat nové definice, které ergonomii popíšu ještě podrobněji a zaměří se např.: na rozdílnosti každého člověka. Dalším důležitým pojmem, který souvisí s ergonomií představuje interdisciplinárnost.

Interdisciplinárnost představuje jedno společné téma, které spojuje více oborů. Tyto ideologie řeší člověka ve vzájemném prolnutí. Chundela popisuje interdisciplinárnost ergonomie jako soubor odvětví, které se dělí na dvě hlavní linie. První z nich je humanitární. V článku, který se zabývá dopadem společenskovedním a humanitárním, byla vystižena definice od Samuela and Derricka (2015) na sociální dopad jako „změna nebo rozdíl – pozitivně nebo negativně vytvořený“. Z této definice můžeme chápat humanitárnost jako nauku o dopadu psychiky na člověka. Druhou hlavní linii představuje technika, která se objevuje převážně v normování, kybernetice, konstruování a dalších typických strojírenských oborech. (Chundela, 1990)

2.2 Příbuzné vědní obory ergonomie

Zkoumáním člověka, techniky a pracovního prostředí jako celku se zabývá mnoho vědních oborů, mezi které patří sociologie, ekonomie, normování atd. Všechny tyto oblasti zkoumají stejný objekt – člověka, ale každý z nich přispívá svým jedinečným vědeckým přístupem a cílem.

Nejvíce podobné ergonomii jsou níže uvedené obory:

- bezpečnost práce,
- inženýrská psychologie,
- psychologie práce,
- hygiena práce.

Bezpečnost práce můžeme rozdělit na fyzická a psychická nebezpečí. Fyzická nebezpečí jsou nebezpečí, která vyplývají z energie a hmoty a vzájemných vztahů mezi nimi. Konceptně lze fyzická nebezpečí na pracovišti rozdělit na rozhraní pracovník – materiál, fyzické pracovní prostředí a energii. Následky vystavení tohoto subsystému nebezpečím mohou vést k vážným nebo i smrtelným nehodám. Velkou roli zde hraje lidský faktor. Nehodám nelze nikdy s jistotou zamezit. Povinností zaměstnance je předejít těmto nebezpečím, která jsou systematicky řešena. V první řadě se eliminují chyby na pracovišti. Další prevenci představují ochranné prvky pro člověka, jako jsou ochranné brýle a rukavice, sluchadla apod. Zmíněné

ochranné pomůcky jsou brány jako poslední možnost prevence, jelikož studie prokázaly, že je člověk nechce používat z důvodu pohodlnosti. (Stave et al., 2016)

Inženýrská psychologie je popsána Wickensem a spol. (2013) jako vědní subdisciplína psychologie, která navazuje na aplikovanou psychologii a využívá se na místech, kde se vyskytuje vyšší počet lidí. Nejvíce zkoumanou oblastí představuje průmysl, dále jsou to školy a sport. V rámci průmyslu se řeší pracovní prostředí, rovněž se bere ohled na možné aspekty mimo pracovní činnost. V neposlední řadě se klade velký důraz na teorii mozku, která je dále rozvíjena na pracovním místě s cílem zjistit, zda je pracovník koncentrovaný na práci. Pokud zaměstnanec není soustředěný, hledají se příčiny jeho nepozornosti. Praktickým příkladem může být nesprávně navržené odběrové místo v průmyslu 4.0, kde se pracovník musí příliš ohýbat pro komponent, který potřebuje ke své práci. Výsledkem je častá bolest zad, nižší pracovní produktivita, výskyt agrese spojený s nepozorností. Tento negativní vliv můžeme vidět i v mimopracovním životě. Dalším příkladem může být řízení na dálnici a únava. Není rozdíl, pokud se jedná o řidiče kamionu nebo osobního vozidla. V obou případech je únava způsobena monotónní činností. Z výše uvedeného vyplývá, že je tento obor úzce spjat s ergonomií.

Psychologie práce je výsledkem různých sociálně-psychologických procesů. Pracovní angažovanost je nakažlivá. Svoje pocity často přenášíme na ostatní osoby, se kterými jsme v kontaktu. Další myšlenku pracovního nasazení nalezneme na týmové úrovni, když členové týmu společně zažívají vysokou úroveň elánu, obětavosti a pohlčení. Členové angažovaných týmů dobře synchronizují své aktivity a dosahují lepších výkonů. Vedoucí mohou ovlivňovat pracovní zapojení zaměstnanců prostřednictvím procesů rychlého (nevědomého) a pomalého (vědomého) ovlivnění. Zaměstnanci mohou využívat sociální formy proaktivního chování, aby zůstali zapojeni do své práce včetně tvorby pracovních míst a kreativního designu práce. Pracovní nasazení může obohatit rodinnou doménu. Sociálně-psychologický model psychologie práce ukazuje, jak vůdci, následovníci a rodinní příslušníci poskytují, vytvářejí a přijímají (tj. vyměňují) zdroje a vzájemně si usnadňují pracovní a rodinnou pohodu. (Bakker, Arnold B., 2022)

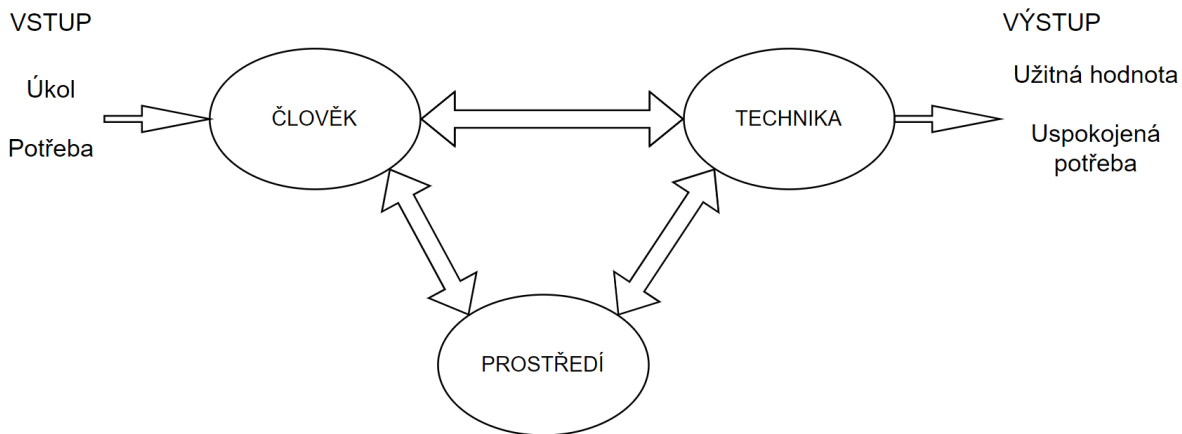
Hygiena práce představuje spolupráci mnoha humanitních věd, oborů, profesí a technologií se společným cílem chránit jednotlivce a komunity před škodlivými expozicemi. Jedná se o široké zapojení oborů, jako je fyziologie, výživa, imunologie, mikrobiologie, parazitologie, toxikologie atd., které se snaží vytvořit zdravé a bezpečné prostředí v zájmu ochrany a prevence jednotlivců a populace před poškozením a nemocemi. (Pityn, Peter J., 2008)

2.3 Systém ČLOVĚK-TECHNIKA-PROSTŘEDÍ

Nyní je nezbytností uvést systémový přístup, bez kterého by se ergonomie nedala správně aplikovat. Jedná se o flexibilní otevřený systém, kde se řeší shoda mezi člověkem, technikou a prostředím a jejich vazeb vůči sobě za účelem co největší prosperity. Vzniká tím systém **ČLOVĚK-TECHNIKA-PROSTŘEDÍ** (dále jen ČTP). V dnešní době se systém sleduje z pohledu co nejlepší synergie, kde rozhodujícím a často limitujícím prvkem je lidský faktor. K dosažení největší výkonnosti systému se musí zohledňovat spolupráce mezi zmíněnými prvky systému. Nejen kooperace ČTP je důležitá, ale často člověk pracuje v kolektivu, kde se objevují psychologické (tj. společenské, sociální nebo ekologické procesy) nebo hygienické rysy, které mají veliký dopad na funkci celého systému. Samotného člověka považujeme za

složitou a členitou soustavu. O chování lidského těla se provádějí rozsáhlé výzkumy, které zasahují do ergonomie. Nás zajímají především rozměry těla, síla, kapacita energie, smyslová soustava a pár dalších důležitých částí, které jsou rozvedeny v další kapitole. Systém ČTP se dá aplikovat jak v pracovní sféře (pracovním prostředím), tak i v mimopracovní době. (Chundela, 2001)

Nejobecněji můžeme zobrazit ČTP Obr. 1).



Obr. 1) Základní schéma ČTP (Chundela, 2001)

Člověk

Rubínová (2006) vymezuje člověka jako fyzickou a neuropsychickou soustavu. Do fyzických atributů zařazujeme rozměry, hmotnost postavy, sílu nebo energii. Pod neuropsychické atributy spadají odezvy lidského těla, paměť a inteligence. Vlastnosti jako jsou paměť, reakce nebo síla dokáže člověk vylepšit nad lidský průměr, pokud má dostatečný čas a sebekázeň. Zde je velice důležitá komunikace a porozumění lidského faktoru ve výrobě. Chien et al. (2020) ve své publikaci popisuje, jaký vliv měla v rámci průzkumu komunikace mezi pracovníky. Člověk, který měl na starosti plánování trasy bezpilotního letadla, změnil jeho trasu. Ostatní spolupracovníci nebyli informováni, proč k této změně došlo, a museli si vše ověřit. Toto vedlo ke snížení plynulosti práce. V další části průzkumu byli pracovníci včas upozorněni na změnu trasy včetně uvedení důvodů, což vedlo ke zdvojnásobení spolupráce a zároveň se prohloubila důvěra mezi zaměstnanci.

Technika

Technikou chápeme jakýkoliv předmět, nástroj, stroj, který člověku napomáhá v jeho snaze docílit daných potřeb. V této době se ve velkovýrobách aplikuje automatizace za účelem co nejvíce ulehčit práci člověku, urychlit proces výroby a eliminovat co nejvíce hrozeb. Použitím automatizace neeliminujeme potřebu člověka, ale spíše měníme roli člověka, a to na roli supervizora automatizace. Desítky let výzkumu ukázaly, že použití automatizace často přináší značnou složitost pro lidi, kteří musí technologii monitorovat. Avšak u úloh, které jsou relativně jednoduché, situačně neměnné, opakovatelné a s nízkým rizikem, může být automatizace velmi přínosná. (Lyons et al., 2021; Chundela, 2001)

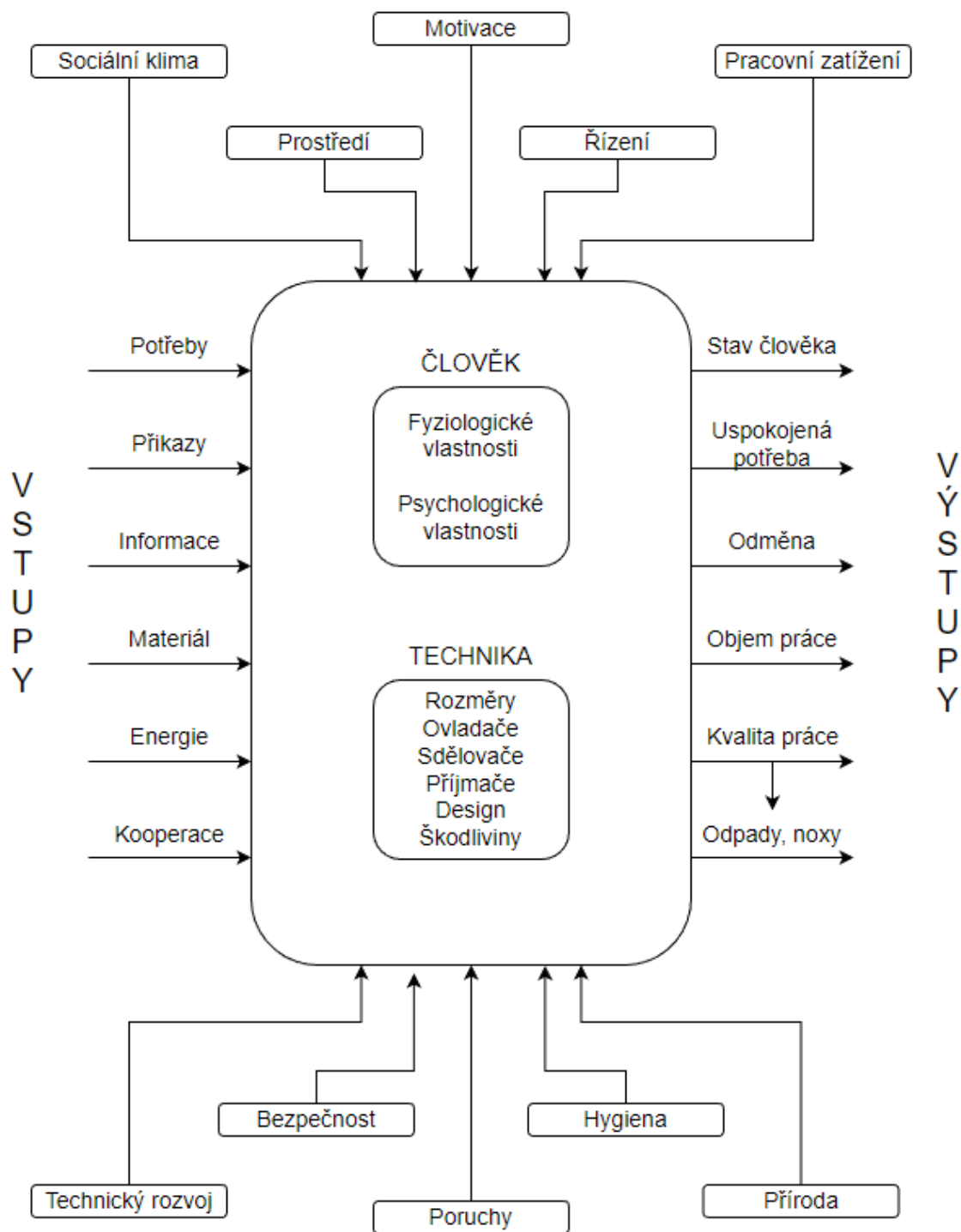
Prostředí

Pracovní prostředí hraje velice důležitou roli v ergonomii. Existuje mnoho studií, které zkoumají negativní vliv nevhodného pracovního prostředí na zdraví člověka. Jedním z aspektů může být nepříznivý tlak okolí. Mezi nejvíce pozorované skupiny se řadí zdravotnický personál, manuálně náročné práce nebo výrobní linky. Velkým stresorem těchto skupin jsou často náročné požadavky na práci, které mohou mít přímý vliv na riziko úrazu. Pracovníci, kteří cítí, že jsou pod tlakem zvýšit produkci, se mohou odchýlit od bezpečnostních pravidel, která jim brání v rychlejším postupu, nebo vykonávají úkoly s menší opatrností. Vše zmíněné zapříčiní zvýšení pravděpodobnosti chyb. Větší pracovní tlak a snížená přehlednost práce jsou spojena s nebezpečným chováním a nehodovostí. Mezi pracovním prostředím a pracovními úrazy existuje významný vztah. Znamená to, že vyšší nároky na práci a nižší přehlednost práce jsou přímo spojeny s následnými úrazy. (Clarke, 2006)

Dalším aspektem, který nepříznivě ovlivňuje zdraví pracovníka, představují klimatické podmínky prostředí. Klima, resp. mikroklima dělíme na pracovní a domácí prostředí. Tyto podmínky jsou zkoumány především v uzavřených prostorách jako jsou školy, výrobní haly, domy nebo menší pracovní místnosti. Nejvýznamnější místa pro měření mikroklima od nejméně nebezpečného jsou kanceláře, veřejná místa, kovovýroba, čističky, firmy na výrobu chemických látek, slévárny apod. K hlavním měřeným parametrům patří čistota ovzduší, teplota, relativní vlhkost, osvětlení a hluk. Zmíněné aspekty mají veliký vliv na funkci a zdraví člověka. Jako konkrétní příklad lze uvést relativní vlhkost. Vysoké procento vlhkosti ve vzduchu může zapříčinit častou nemocnost pracovníků. (Klabzuba, Kožnarová, 2002)

Pro zlepšení pracovního prostředí existuje mnoho metod. Obecná metoda, ve které jsou popsány základní kroky a která vede ke vylepšení pracovní situace, se nazývá Plan-Do-Act-Check. Důležité je, aby každý jednotlivý krok proběhl v daném pořadí. V první řadě musíme naplánovat optimální prostředí pro práci, poté uskutečnit plány, které přeneseme do chodu firmy (tzv. zaběhnout pracovní prostředí), a v poslední fázi zkontrolujeme, zda navržené prostředí vyhovuje a vytváří přijatelný tlak na pracovníky. Popsaná metoda je v souladu s mezinárodně implementovanou legislativou, která má zajistit bezpečné pracovní prostředí. Management firmy a její pracovníci představují hlavní prvky při vytváření zdravého a práci prospěšného prostředí. (Rydell et al., 2019)

Obr. 2) reprezentuje zjednodušený model systému ČTP. Nejvýznamnější dva články představují člověk a technika, mezi kterými je velice důležitá vzájemná synergie. Z vnějšku na soustavu ČT působí pracovní prostředí, které je tvořeno sociálním klimatem, motivací, bezpečností, hygienou atd. Všechny tyto aspekty mohou ovlivnit chod soustavy jak pozitivně, tak negativně, pokud jsou špatně navrženy. Na člověka je kladen veliký tlak ve formě vstupů, které jsou definovány jako příkazy, spotřeba energie na fungování soustavy nebo nutná kooperace s dalšími pracovníky či nástroji. Některé vstupy mohou mít vysoké nároky na pracovníka např.: práce s nebezpečným materiálem. V těchto případech je dobré najít ekvivalentní uspokojení soustavy, tzv. výstupy, aby byl člověk dostatečně motivován k práci. V rámci modelu ČTP se vyhodnocuje především produktivita, spolehlivost, ekonomičnost, bezpečnost systému a fyzická a psychická namáhavost. (Chundela, 2001)



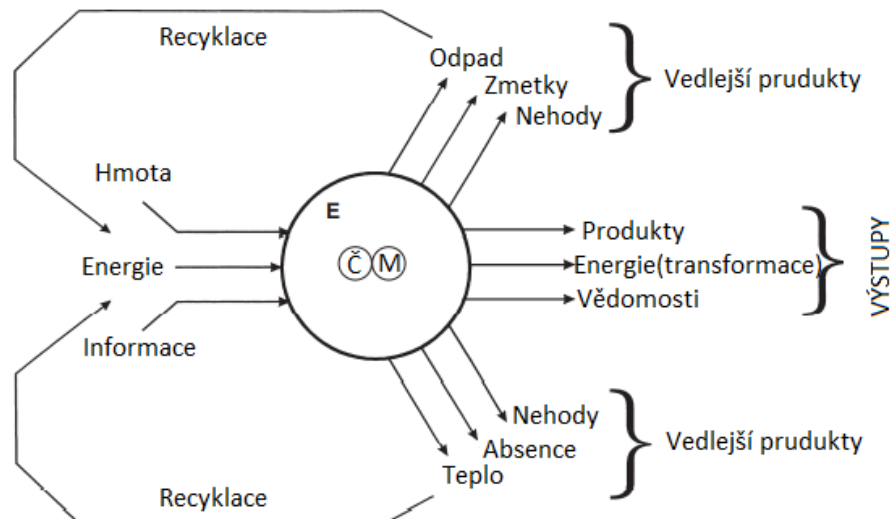
Obr. 2) Zjednodušené schéma ČTP (Chundela, 2001)

Obr. 3) znázorňuje model ČT bez vlivu prostředí, který zobrazuje kontrast mezi Č = lidským operátorem a M = strojem.

Toto schéma je možné využít za účelem lepší produktivity ze tří pohledů:

- 1) technici se potýkají s nízkou produktivitou a mohou požadovat lepší stroje,
- 2) personální management se zaměřuje na lidi a jejich proškolenost,
- 3) ergonomové vyžadují lepší propojenost a interakci mezi uživatelem a strojem.

(Bridger, 2003)



Obr. 3) Fungování systému ČT z jiného pohledu (Bridger, 2003)

3 ČLOVĚK A ERGONOMIE

Rubínová (2006) rozděluje člověka na dvě soustavy:

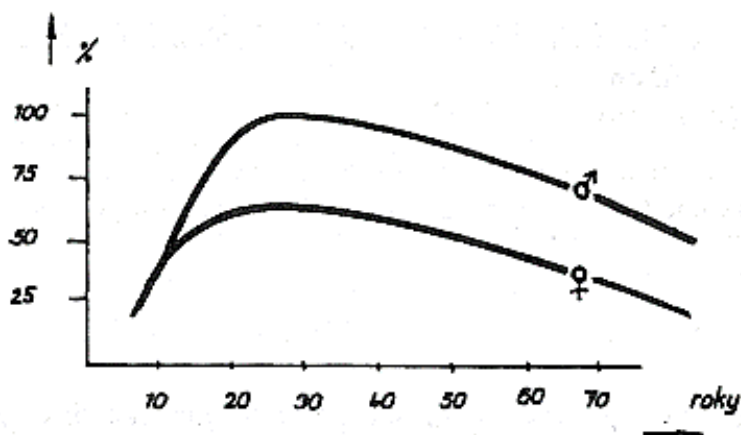
- tělesnou (fyzickou) soustavu,
- duševní (neuropsychickou) soustavu.

Fyzickou soustavu můžeme obecně vymežit za pomoci rozměrů těla, plochy a hmotnosti. Ze statistik a nasbíraných dat víme, že 95 % populace má stejnou průměrnou velikost tělesných rozměrů. Z pohledu ergonomie musíme brát v potaz i zbylých 5 %, které představují odchylku od průměru větší nebo menší hodnoty.

Neuropsychická soustava člověka je tvořena pamětí, inteligencí, pozorností, zpracováním informací, reakcemi nebo tělesnými stavy člověka. Paměť můžeme rozdělit na krátkodobou a dlouhodobou. Krátkodobá paměť může být přirovnána k dočasné paměti, ve které je krátce uchováno malé množství informací a má omezenou kapacitu. Omezená kapacita může způsobit chyby, jako je ztráta důležitých informací před rozhodnutím. (Bridger, 2003)

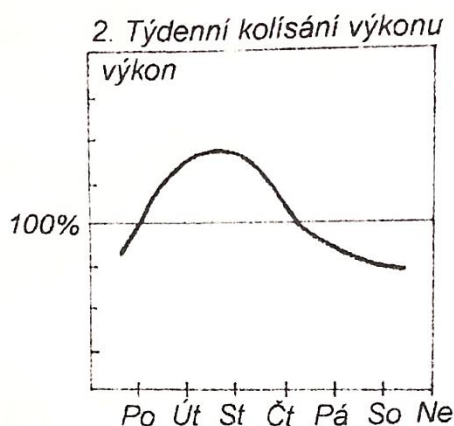
Zpracování informací spadá mezi další hlavní aspekty pro správnou synergii ČT. Bridger (2003) popisuje, kolik operací může operátor (člověk) provádět zároveň, aby se zabránilo přetížení informacemi (zejména v nouzových situacích). Lidé jsou multimodální. Mají schopnosti zpracovávat a reprezentovat informace (např.: vizuální, sluchové, sémantické) a zároveň provádět účelové činnosti, jako je chůze a stání, které lze provádět bez vědomé obsluhy. Člověk dokáže chodit a mluvit současně, ale může mít potíže s chůzí a žonglováním, nebo zároveň číst a mluvit. Automatizované systémy představují možnost, jak eliminovat chyby a havárie způsobené lidskou chybou. Zasahují do provozu a varují, když nastane drobná odchylka způsobená nepozorností člověka nebo dojde k přepracování. Automatizovaný systém můžeme najít v letadlovém průmyslu. V letectví byly učiněny pokusy v reakci na havárie způsobené lidskou chybou. Jedním takovým bezpečnostním systémem je systém varování při přiblížení k zemi. Dále existují kontrolní systémy pro dohled ujetých kilometrů a času stráveného za volantem pro řidiče kamiónů, které řidiče včas upozorní na nucenou přestávku. Eliminují se tak nehody, které byly zapříčiněny únavou a nepozorností. Nevýhodou automatizovaných systémů může být systémová chyba nebo selhání systému, které je často objeveno až po nehodě.

Člověk čerpá svoji sílu ze svalů, které pokrývají celé tělo. Z celkové hmotnosti člověka reprezentují svaly přibližně 40 %. Je všeobecně známo, že síla u každého jedince je různorodá. Sílu obecně rozdělujeme podle pohlaví a stáří. Na Obr. 4) můžeme vidět, že ženy jsou o 1/3 slabší než muži a dosahují své maximální síly dříve (přibližně okolo 18 let). Muži dosahují své maximální síly později (přibližně okolo 25 let). Zvláštním aspektem svalové soustavy jsou ruce. Každý jedinec má jednu ruku silnější. U praváků je silnější pravá ruka. Naopak u leváků není dané, která ruka je dominantnější. Dalším jevem svalové soustavy je úbytek svalové hmoty, který souvisí s přibývajícím věkem. Zmenšení svalů po celém těle není stejnoměrné. Sílu lze jako jeden z mála parametrů lidské soustavy trénovat. Osoby, které fyzickou zdatnost trénují, mohou dosáhnout vyšší síly než průměrní jedinci. Názorným důkazem vypilování síly na své maximum jsou vrcholoví atleti. (Rubínová, 2006)

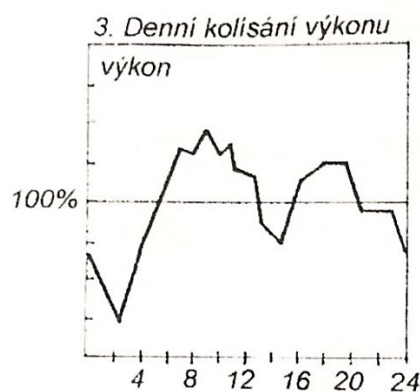


Obr. 4) Graf síly mužů a žen v závislosti na stáří (Rubínová 2006)

Když uvažujeme práci člověka, je důležité určit produktivitu lidského faktoru na pracovišti. Výkonnost člověka obecně vymezujeme jako výsledek práce vykonané za čas strávený nad danou prací. Produktivitu neboli výkon ovlivňuje spousta hledisek. Jedním z parametrů představuje velikost kapacity produktivity, která je proměnlivá a klesá vlivem stáří člověka. Z kapitoly ČTP víme, že kvalita prostředí má výrazný vliv na chod člověka, nicméně toto je pouze jeden z mála faktorů. Dalšími ovlivňujícími faktory mohou být znalosti v oboru, inspirace, jakost pracovních pomůcek nebo blízkost (kladný vztah k dané práci). U člověka výkon vlivem krátkého časového úseku rovněž kolísá. Pokles produktivity za týden můžeme vidět na Obr. 5) vlevo. Nejnižší výkon má pracovník v neděli, poslední den v týdnu, za předpokladu, že pracoval všechny předešlé dny. Obr. 5) vpravo znázorňuje produktivitu během dne, která je zprůměrovaná, jelikož zohledňuje dva typy osobností. Ti, co rádi brzo ráno vstávají, tzv. „skřivani“. Jejich křivka produktivity se posouvá o 1–2 hodiny dopředu, tj. jsou schopni podávat vyšší výkon již od 5. nebo 6. hodiny ranní. Opakem jsou tzv. „sůvy“, které jsou produktivní v pozdějších hodinách, přibližně mezi 9. a 12. hodinou. Dále na grafu můžeme vidět dvě výkonnostní špičky. První je v dopoledních hodinách mezi 8. a 12. hodinou. Druhá je přibližně mezi 16. a 17. hodinou. (Rubínová, 2006)



a) Produktivita za týden



b) Produktivita za celý den

Obr. 5) Kolísání produktivity (Rubínová, 2006)

4 VYBRANÉ PARAMETRY PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ

Z pohledu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci má být zajištěno náležité pracovní prostředí pro pracovníka, tzn. má být zaopatřen bezpečný provoz a používání všech technických prostředků. Ergonomie tuto pomyslnou hranici bezpečnosti posouvá dále za účelem získání větší pracovní stability, výkonu nebo i morálky pracovníků. Tato kapitola se zaměřuje na specifické parametry prostředí, které výrazně ovlivňují fungování člověka v práci. Mezi základní parametry pracovního prostředí, které jsou rozebrány podrobněji v následujících kapitolách, řadíme:

- osvětlení,
- klimatické podmínky.

V rámci pracovního prostředí se hledají **rizikové faktory**, které mají na pracovníky negativní vliv. Marek (2009, str. 29) definuje rizikový faktor jako „každou okolnost, podmínku, činitele či vlastnost pracovního systému, jež může být příčinou pracovního úrazu, nemoci z povolání, profesionální otravy nebo jiné poškození zdraví“. Primární snahou je eliminovat veškerá pracovní rizika. Nicméně z této definice vyplývá, že některým jevům nelze zcela zabránit, a proto musí být co nejvíce redukovány na přijatelné riziko. Typickým příkladem jsou TIG svářeči, kteří přicházejí do styku s argonem, inertním plynem. Argon představuje rizikový faktor, který způsobuje předčasné vypadávání zubů. Jelikož náplň práce probíhá převážně v blízkém okolí tohoto plynu, nelze se riziku vyhnout. Prevence rizik se zabývá právě touto problematikou. Eliminaci nebezpečí můžeme dosáhnout mnoha způsoby. Některé jsou nenáročné a jednoduché (prostá změna harmonogramu pracovníka, úprava pracoviště), ostatní mohou být nákladné a složité (pořízení nových technologií, podřízení novým nařízením vlády). (Marek a Skřehot, 2009)

Část rizikových faktorů se vyskytuje v nařízení vlády č. 361/2007 Sb., § 2:

- mikroklimatické podmínky (zátěž teplem či chladem),
- chemické faktory (olovo, prach, azbest, látky toxické pro reprodukci),
- biologičtí činitelé (fyzická zátěž, pracovní poloha, ruční manipulace s břemeny),
- hluk a vibrace,
- optické a ionizující záření.

(Marek a Skřehot, 2009)

Rizikové faktory, které nelze eliminovat, musí být vládou zařazeny do kategorií, což konkretizuje nařízení vlády č. 432/2003 Sb. Nařízení vlády č. 432/2003 Sb. se také zabývá hlášením prací s azbestem a biologickými činiteli, odběrem biologického materiálu atd. Každé z výše uvedených rizik se v tomto nařízení specifikuje a dělí do kategorií. Jako příklad uvažujeme typický nepříznivý jev prach. V nařízení vlády spadá do druhé, třetí i čtvrté kategorie (první skupina nevyznačuje žádné rizikové ohrožení na zdraví). Do druhé skupiny spadá celková práce za směnu v prašném prostředí s koncentrací větší než 30 % přípustného expozičního limitu (dále PEL). PEL představuje průměrnou koncentraci plynů nebo aerosolů za celou směnu provozu. Třetí skupina se orientuje nad mezní dovolenou hodnotu PEL, ale

nesmí ji překročit trojnásobně. Do kategorie čtvrté spadají hodnoty koncentrace za směnu větší než ve třetí kategorii.

Pro mále a střední podniky jsou otázky mikroklimatu zásadním faktorem pro plynulý chod firmy. Vedení zaměstnanců proto přijímá vhodná a účinná ergonomická opatření, která jsou v možnostech dané firmy. Tato opatření přispívají nejen ke zvýšení celkové účinnosti pracovníka, ale také zvyšují prestiž firmy, jakožto zaměstnavatele, který vnímá a pečuje o své zaměstnance. Nejjednodušším a rovněž neúčinnějším typem ergonomického zkoumání bývají postřehy zaměstnanců. Proto se zakládají schránky, kam své náměty mohou pracovníci vložit. V zahraničí je běžné za tyto postřehy zaměstnance finančně odměnit. I zdánlivě ne zcela potřebná výměna starého nářadí za nové, může vést rapidně ke zvýšení produktivity pracovníka. V této době roste poptávka po vyškolených odbornících nebo specialistech, kteří buď studovali problematiku ergonomie, nebo prošli kurzem péče České ergonomické společnosti. (Tilhon, 2022)

4.1 Osvětlení

Při práci se snažíme vyvarovat nezdravého a práci neprospěšného prostředí. Osvětlení má velký dopad na funkci práce, a proto je důležité, aby byl na pracovišti zvolen správný typ světla a počet světel. Důležitou roli hraje umístění světel, velikost jasu a barvy světla. Studie odhalily, že barevné spektrum světla může ovlivnit fungování člověka buď negativně (vyšší riziko úrazů, větší únava), nebo pozitivně (psychická pohoda, soustředěnost).

Svícení rozdělujeme na tři základní druhy:

- přirozené světlo (denní),
- uměle vytvořené,
- kombinace předešlých dvou.

Přirozené světlo je doporučováno všude, kde se dá využít. Při použití slunečního svícení pro uzavřené místnosti jsou nejdůležitější dva parametry. Prvním je rovnoměrné rozložení světla po celém prostoru a druhým je účinnost záře (jasu). Požadovaných parametrů můžeme dosáhnout správnou volbou rozměrů, umístěním oken atd. Nejčastěji se využívá kombinace denního a uměle vytvořeného světla. Důvodem je kolísání světla, které se mění dle času, ročního období a počasí. Tyto aspekty negativně ovlivňují intenzitu a příjem světla. Umělé osvětlení se určuje poměrně obtížně. Mezi zmíněné parametry u syntetického svícení rovněž spadá správná volba rozložení, barvy, dopadu, míhání nebo i zabránění oslněním v přechodových částech místností. Tyto parametry se volí převážně podle typu práce. Tab 1) ukazuje zkrácený náhled osvětlenosti prostorů v oblastech společné prostory uvnitř budov, průmyslové a řemeslné činnosti, veřejné prostory, zdravotnictví a dopravních prostor. (Klabzuba, Kožnarová, 2002)

Tab 1) Krátký souhrn místností a jejich minimální doporučené svícení (ČSN EN 12464-1)

Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	Udržované osvětlení E_m [lx]	Specifické požadavky
Komunikační prostory a chodby	100	- Osvětlenost na úrovni podlahy. - Osvětlení východů a vchodů musí obsahovat přechodové pásmo proti oslnění.
Učebny, konzultační místnosti	300	Osvětlení má být regulované.
Montážní práce (výroba a zpracování kovů):		
- hrubé	200	
- střední	300	
- jemné	500	
- velmi jemné	750	
Svařování a montáž	500	
Pracovní stanice CAD	500	Práce s displeji.
Vyšetřovací a léčebné úkony	1 000	
Kontrolní věž letového prostoru	500	- Osvětlení má být stmívatelné. - Práce s displeji. - Oslnění denním světlem musí být zamezeno. - Je nutno zamezit odrazům v oknech zvláště v noci.
Výroba hodiniek (ruční)	1500	
Pitevní stůl	5000	Mohou být vyžadovány i větší hodnoty než 5000 lx.

Kritéria pro návrh osvětlení vnitřních místností se stanovují podle normy ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení v části 1: Vnitřní pracovní prostory. Venkovní prostory určujeme podle normy ČSN EN 12464-2. ČSN EN 12464-1 uvádí, že se musí dodržet jak požadované osvětlení, tak je potřeba splnit kvalitativní a kvantitativní nároky. Mezi tři základní lidské nároky přísluší zraková vyrovnanost, zrakový výkon a bezpečnost. Z pohledu ergonomie můžeme navýšit výkon zrakového ústrojí pomocí individuálního posudku stavu zraku u pracovníka a upravit tak podmínky, mezi které se řadí velikost, vjem barev, činitel odrazu nebo prostorové vnímání. Správné rozložení jasu po místnosti nám pomáhá plnit požadované úkoly. Musíme se tedy vyvarovat nadměru velkým jasům, kontrastům svítu, které mohou vést k oslnění nebo časté únavě. Opakem jsou příliš malé jasy a kontrasty, které způsobují snížení výkonu a přispívají k monotónnosti.

Pokud se v mikroklimatu nalézají podsvícená místa, mihotání světel, nerozlišitelnost objektů nebo se nedá jasně určit pohyblivost určitých technických prostředků, je nezbytné tyto nebezpečí co nejrychleji odstranit. Zaměstnavatel zmíněné nedostatky může vyřešit pomocí nastavitelných světel, přidáním doplňujících světel, úpravou odrazových ploch. Celou problematiku světla na pracovišti nalezneme pod nařízením vlády č. 361/2007 Sb., § 45 a násl., kde jsou popsány povinné minimální světelné podmínky pro uzavřené místnosti, ale i pro venkovní prostory. Denním osvětlením budov se zabývají normy ČSN 73 0580-1 a 73 0580-4. Všechny termíny, definice a terminologie ohledně osvětlovacích aplikací lze nalézt v dokumentu ČSN EN 12665. Tab 2) obsahuje stručný výběr. (Tilhon, 2022)

Tab 2) Stručný výběr terminologie dle ČSN 12665 z oboru Zrak a vidění

Zrak a vidění	
Název terminologie	Stručný popis
Oslnění	Chápeme jako snížení schopnosti vidět různé předměty nebo podrobnosti, které jsou zapříčiněné špatným rozložením a rozsahem jasu nebo příliš silným světlem.
Mihání	Děj, který je významný kolísáním jasu za čas.
Zraková pohoda	Jedná se o osobní stav, který má vyvozovat pohodlí zraku způsobené správným rozložením světel.
Kontrast	Rozumíme jako vnímání rozdílů mezi různými objekty viděné současně. Také se kontrast označuje jako fyzikální číselná hodnota.

Nezbytnou bezpečnostní charakteristikou se zabývá norma ČSN EN 1838, která stanovuje osvětlovací soustavu nouzového únikového a náhradního osvětlení. Norma rozděluje osvětlení na čtyři podsoustavy podle účelu svícení.

- První z nich je **nouzové osvětlení únikových cest**. Primárně umožňuje snadnou viditelnost únikových cest a jejich lokalizaci, sekundárně pomáhá k zvýraznění prostředků požární nebo bezpečnostní ochrany.
- **Nouzové osvětlení bezpečnostních značek** únikových cest se řadí jako druhé. Tento typ osvětlení umožňuje pracovníkům nalézt správný směr únikového východu.
- Třetí podsoustavu nalezneme v normě jako **protipanické světlo**, které funguje jako značný snižovač stresoru při nebezpečí.
- Posledním typem je **nouzové osvětlení prostorů s velkým rizikem**. Toto opatření má pomoci řádnému ukončení nebezpečného děje a jeho následného šíření, které by ohrožovalo ostatní osoby i mimo pracovní prostor.

V rámci umístění a instalace nouzového únikového a náhradního osvětlení je vhodné myslet na odlišné zrakové schopnosti lidí. Stáří je přímo úměrné ke zvýšení jasu nouzových světel a času adaptace ztlumeného osvětlení v nebezpečných prostorách. Pro co největší snížení stresového faktoru při mimořádné události se mohou na strategická místa přidat značky, která zviditelní cestu ven a usnadní odchod z budovy. Únikové východy musí být zřetelně označené a musí být viditelné pro všechny v daném prostoru po celou dobu pracovního provozu.

4.2 Klimatické podmínky

Klimatické podmínky se uplatňují převážně v krytých pracovištích a obytných místnostech. Posuzuje se zde objem výměny vzduchu a vylučování zdraví škodlivých látek, které se vyskytují především v nábytku. Kvalita vzduchu bývá zpravidla negativně ovlivňována lidmi, zvířaty a různým ucházením chemických látek. Ovzduší bývá nejčastěji znečišťováno vydechováním, pocením lidí, prací s chemikáliemi, stroji apod. Kvalita ovzduší se určuje přístroji pro měření nebezpečných látek Volatile Organic Compounds (dále VOC). Mezi škodlivé látky řadíme různá lepidla, která se vyskytují v nábytku, tabákové produkty atd. Oxid uhličitý (dále CO₂) představuje další sledovanou látku v ovzduší. Ovzduší se řadí mezi nejvíce sledované aspekty bezpečnosti, a proto se vymezují nejvyšší přípustné koncentrace (dále NPK) toxických látek v uzavřeném prostoru. Měření rozdělujeme na dvě sféry, přičemž v první monitorujeme průměrnou koncentraci výskytu škodlivých látek za celou směnu a ve druhé sledujeme krajní (mezní) hodnoty. Za úplné minimum by se mělo považovat kontrolování pravidelnosti výměny vzduchu mikroklimatu v uzavřených místnostech, abychom se vyvarovali nepříznivým okolnostem jako je např.: častá únava, narušení zdraví (vlivem toxických látek) nebo snížení pozornosti. Tab 3) znázorňuje vybrané látky a jejich NPK. (Klabzuba, Kožnarová, 2002)

Tab 3) Výběr NPK nebezpečných plynů a aerosolů (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)

Látka	NPK [mg/m ³]	
	PEL	Mezní hodnota
Aceton	800	1 500
Arsen	0,1	0,4
Benziny (i technické)	400	1 000
Ethanol	1 000	3 000
Chloroform	10	20
Chrom (i sloučeniny)	0,5	1,5
Formaldehyd	0,5	0,74
Oxid uhličitý	9 000	45 000
Olovo (i sloučeniny)	0,05	0,2
Rtuť (i sloučeniny)	0,02	0,15
Sirovodík	7	14
Oleje minerální (aerosol)	5	10

Teplota

Ideální teplota v okolí pracovní činnosti je z pohledu ergonomie velice důležitá. Aby se mohla určit teplota, musí se definovat tělesná teplota člověka a její hranice. Produkované metabolické teplo člověka bývá v rozmezí 36–37 °C, přičemž dolní přípustná hranice je 35,5 až 33 °C. Tyto teploty se označují za počátek srdeční činnosti. Maximální teplota, při níž obvykle dochází ke kolapsu těla, se stanovuje okolo 42 °C. Tyto hranice musí být přísně hlídány zejména na pracovištích, kde k uvedeným teplotám může docházet. Příkladem může být ruční práce ve slévárně, kde vzniká vysoká míra metabolického tepla těla i tepelného zisku z okolí (vlivem práce s tekutým kovem). V těchto podmínkách můžeme dosáhnout zdravé rovnováhy buď snížením rychlosti metabolismu, což znamená snížit pracovní frekvenci, nebo zavedením častějších přestávek. Poslední možností může být zavedení ochranných pomůcek před sálavým (mrazivým) teplem. Návrh oděvních sestav pro práci v extrémních prostředích je velice náročný. Aby byla zaručená správná funkce oděvu, musí se řešit pro jaký extrémní faktor je oděv navrhován a jak se v tomto prostředí chová zejména pot. V extrémně nízkých teplotách může docházet k vsakování tekutiny do oděvu. Vsakováním ztrácí ochranná pomůcka svoji funkčnost. (Bridger, 2003)

Lidský zdroj si teplo konstantně vyměňuje s prostředím. Výměna teploty mezi okolím a člověkem probíhá:

- konvencí (přestupem),
- sáláním,
- evaporací,
- respirací.

Výměna teploty probíhá z teplejšího objektu na studenější za účelem rovnováhy. Primárně se výměna nazývá konvence neboli proudění. Dalším vyrovnávacím způsobem je sálání. Všechny objekty, které mají vyšší teplotu, než je absolutní nula, vydávají „sálavé teplo“. V průmyslu to jsou většinou vysoké pece, dále to mohou být stěny budov nebo technika. Produkování potu s následným odpařováním nazýváme evaporace. Dýchání označujeme jako respiraci, i když jde o obdobný jev. Pokud je okolní teplota vyšší, je nezbytné pro lidský organismus pocení, které udržuje tepelnou rovnováhu. (Bridger, 2003)

Vymezení správného teplotního rozsahu v uzavřených místnostech představuje velice komplikovanou záležitost. Na práci se musíme dívat ze dvou pohledů, výdeje energie a nošení povinného pracovního oděvu. Dalším ovlivňujícím faktorem je, zda je místnost klimatizovaná či nikoli. Tab 4) popisuje osm tříd práce, které jsou rozdělené dle energetického výdeje. Pokud se uvažuje klimatizovaná místnost za určitých, předem daných podmínek, dělíme tuto místnost do kategorií podle kvality A, B a C, kde A představuje vysokou kvalitu prostředí. Touto problematikou se zabývají normy ČSN EN ISO 7933. (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)

Tab 4) Rozdělení druhu práce podle energetického výdeje (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)

Třída práce	Popis práce	Energetický výdej M [W/m ²]
I	Převážná práce v sedě s nízkou pohybovou aktivitou (administrativní práce, laboratorní práce, práce na počítači apod.)	≤ 80
IIa	Stejná náplň práce jako ve třídě I, objevuje se zde lehká manuální práce rukou a paží (řízení osobního vozidla, přesun lehkých břemen, zdolání odporu apod.)	81–105
IIb	Spadají sem řidiči hromadné dopravy (autobusy, tramvaje), řízení nákladního vozidla s nákládkou a vykládkou materiálu, práce vestoje s manuální činností rukou (montážní linky s aplikací středně těžkých dílů, soustružení, frézování, svařování apod.)	106–130
IIIa	Stejná náplň práce jako ve třídě IIb, navíc je zde občasné práce v kleče, předklonu a s chůzí (ruční úklid, obsluha válcovacích tratí, skladníci s občasným přenášením břemen do 15 kg apod.)	131–160
IIIb	Větší celková aktivita, zapojení obou hlavních partií (zahradnické práce, strojní kování menších součástí, přenášení břemen do váhy 25 kg apod.)	161 až 200
Třídy IVa, IVb a V si jsou velmi podobné. Jediným rozdílem je energetický výdej. Třída V má největší energetický výdej, a to v rozsahu 301 a více W/m ² . Hlavním představitelem této skupiny jsou práce v hlubinných dolech, které se v tomto nařízení řeší samostatně od ostatních prací kvůli vysoké rizikovosti.		

Proudění vzduchu výrazně ovlivňuje teplotu okolí pracovní činnosti člověka nejen v uzavřených místnostech, ale i ve venkovních prostorách. Průvanem se z pokožky odvádí teplo, které zapříčiňuje pokles pocitové teploty u člověka. Teplota a proudění patří mezi hlavní parametry při posuzování podmínek práce na venkovních pracovištích. V létě tento jev lidské tělo považuje za ochlazující, příjemný. Opakem je zima, kdy průvan, vítr působí nepříznivě na lidský organismus. Při konstantní pracovní době bylo prokázáno, že již od rychlosti 1,6 m/s vznikají negativní vjemy na člověka ve formě bolesti zad, nachlazení, vzniku zánětů kloubní soustavy apod. Z tohoto důvodu je zásadní včas a správně aplikovat pracovní přestávky. V uzavřeném prostoru se doporučuje rychlost proudění vzduchu okolo 0,2 m/s. (Marek a Skřehot, 2009)

Správná teplota v uzavřených místnostech, kde ji můžeme zpravidla korigovat, má zásadní vliv na účinnost pracovníka. Tilhon (2022) popisuje situaci, kdy stabilní teplotu v místnosti 24 °C zvýšili teplotu o 1 °C. Zvýšení teploty mělo za následek snížení účinnosti u pracovníků o 4 %. Tzn. pokud máme 100% účinnost při optimální teplotě vzduchu 22 °C (uvažujeme i ideální vlhkost) a zvýšíme teplotu o 5 °C, účinnost klesne o 25 %. Zvýšení teploty na rovných 30 °C má za následek pokles účinnosti až na 50 %.

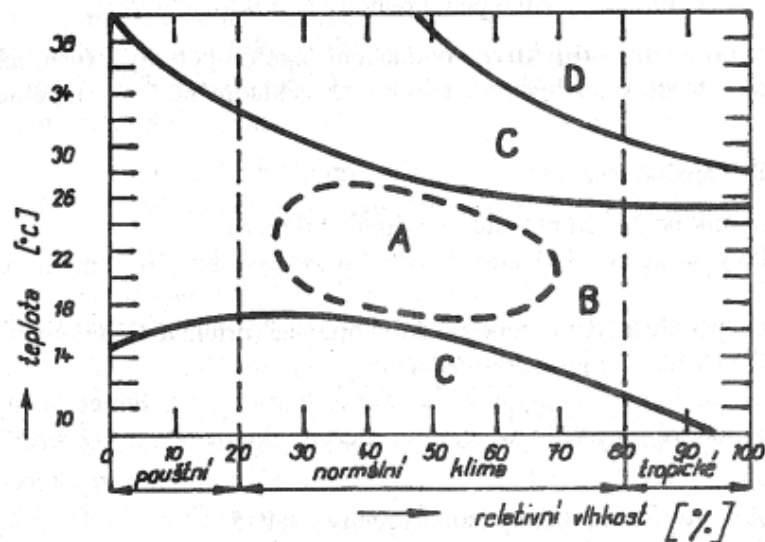
Vlhkost

V dnešní době má většina teploměrů k dispozici i stanice, která dokáže měřit další klimatické vjemy (vlhkost, tlak). Tento typ stanice by neměl chybět v každém uzavřeném prostoru z důvodu monitorování důležitých ergonomických podmínek. Vlhkoměrem nazýváme měřicí přístroj pro přesné určení relativní vlhkosti (dále r. v.). Naměřený výsledek se uvádí v %. Tento parametr určíme jako poměr mezi hmotou vodní páry obsažené ve vzduchu ku hmotě vodní páry, která by byla nasycena ve stejném objemu vzduchu. Velmi nízká koncentrace (pod 30 %) může u lidí způsobit agresivitu, snížení soustředěnosti, sebekontrolu apod. Vlhkost dělíme na dva extrémy. Pod 20 % nazýváme r. v. **pouštní klima**, které vnímáme vysušováním sliznic. Opak představuje **tropické klima**, které pocítujeme nad 80 % r. v.

Obr. 6) popisuje 4 oblasti pohodlí.

- Oblast A je označována za nejideálnější, při které by se měla odehrávat pracovní činnost. Jedná se o **pásmo pohody**.
- Oblast B je popsána jako **pásmo uspokojivé**.
- Oblast C znázorňuje **neuspokojivé pásmo**.
- Oblast D značí **škodlivé pásmo**, ve kterém je nepřijatelné pracovat.

Jelikož r. v. může výrazně ovlivnit práci člověka, měl by být kladen důraz na udržení r. v. v rozsahu 40–60 % při teplotě přibližně 22 °C v uzavřeném mikroklimatu (tyto hodnoty patří do kategorie typu práce I, IIa). Požadovaného pásma se může dosáhnout pomocí různých technických zařízení (klimatizace, zvlhčovače atd.). (Chundela, 2001)



Obr. 6) Oblasti pracovního pohodlí závislé na poměru teploty a relativní vlhkosti (Chundela, 2001)

Tab 5) zobrazuje pohodlí pracovníků při převážně nuceném větrání a udržování konstantní teploty. Maximální rozmezí průvanu hraje důležitou roli v uzavřeném mikroklimatu. Mezi obleky o hodnotě 1,0 clo řadíme např.: dlouhé kalhoty, uzavřené montérky, lehčí blůzy. Oděvy o tepelném odporu 0,5 clo představují např.: košile s krátkým rukávem, kraťasy, otevřená obuv. Kombinací Obr. 6) a Tab 5) můžeme vyčíst mezní přípustné hodnoty pro pásmo pohody, které je definováno v rozmezí 16–27 °C a odpovídá mu r. v. v rozmezí 28–70 %.

Tab 5) Maximální přípustné limity za udržované konstantní teploty (nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)

Třída práce	Vyžadovaný oblek o tepelném odporu 1,0 clo. [°C]	Vyžadovaný oblek o tepelném odporu 0,5 clo. [°C]	Průvan v_a [m/s]	r. v. [%]
I	18	27	0,01–0,2	30–70
IIa	16	26		
IIb ¹⁾	14	32	0,05–0,3	
IIIa	10	30		
IIIb	10	26	0,1–0,5	
IVa	10	24		
IVb ²⁾	10	20		
V ³⁾	10	20		

¹⁾ IIb–V se limituje dlouhodobá a krátkodobá zátěž z energetického hlediska

²⁾ Třída IVb není celosměnově přípustná pro ženy.

³⁾ Tato třída práce není z hygienických limitů fyzické zátěže přípustná pro ženy.

5 MĚŘENÍ V MONTÁŽNÍ HALE

Představení firmy

Měřená montážní hala přísluší firmě Recutech s.r.o., která se zabývá výrobou rekuperátorů. Firma sídlí v Pardubicích. Celkový počet zaměstnanců je přibližně 200 lidí. Firma se drží filozofie kvality a snaží se optimalizovat výrobu pro co nejvhodnější podmínky na práci a dosažení kvalitních výrobků. Rekuperátor slouží k výměně vzduchu místnosti, přičemž teplo místnosti zůstává konstantní. Jedná se o výměnu tepla mezi vzduchem místnosti (čerpaného ven) a čerstvým vzduchem (čerpaného dovnitř) z venkovního okolí. Z ergonomického pohledu jde o zásadní technologii, která dokáže optimalizovat teplotu pracovních místností a ustálit výkon pracovníků.

Výroba rekuperátorů ve firmě Recutech s.r.o. začíná u rovnání a stříhání plechů na jednoúčelovém stroji. Vystřižené plechy jsou přeneseny do univerzálních lisovacích strojů, kde vznikají finální tvary rekuperátoru. Na těchto lisech vzniká základ rekuperátoru, který připomíná harmoniku. Tyto plechové kusy jsou opět přenášeny. Lepení a orámování boků rekuperátoru se provádí na speciálním stroji, který dokáže nanášet optimální vrstvu lepidla. Finální výrobek se vizuálně kontroluje a ukládá v té samé hale. Výroba rekuperátorů je rozdělena na plechový a plastový postup, přičemž plastový postup se provádí celý ručně od skládání těla po ruční manipulaci s tavným lepidlem. Hotové kusy cestují do vedlejší haly firmy VV2 s.r.o., která provádí navrhování skříní pro rekuperátory, kabeláž, montování a finální kontrolní testy, které jsou převážně zaměřené na srážení vlhkosti a objemu výměny vzduchu. Celé orientační měření se zaměřuje na ruční výrobu plastových rekuperátorů a rizikových částí haly.

Popis měřeného prostředí a analýza rizik

Firma disponuje dvěma hlavními halami (severní a jižní), kde probíhá většina výroby. Praktické měření probíhalo v severním úseku objektu. Tato část je vystavěna do tvaru obdélníku o velikosti 36,74×24,74 m a o výšce stropu 9,6 m. Moderní hala funguje na typu průmyslu 4.0. V první části haly probíhá strojově rovnání a stříhání hliníkových plechů na požadovanou velikost rekuperátorů. Tento proces je odhlučněn od zbývajících částí haly pomocí stěn, jelikož zde vzniká vysoké pásmo hluku. Ve zbylých prostorách probíhá technologie úpravy plechů, které vytváří tvar připomínající harmoniku. Dále se musí na tento polotovár lepit plechové boky rekuperátoru pomocí tavného lepidla Termokol a jeho směsí nebo tavného lepidla Kalep PO 22. Nanášení těchto lepidel probíhá na speciálně určeném stroji. Hotový polotovár se uskladní v té samé hale, kde bude čekat na závěrečnou montáž, kabeláž a kontrolu kvality v jižní části haly. V těchto prostorách probíhá výroba plastových rekuperátorů, kde celý proces uspořádání rekuperátoru probíhá ručně (od skládání až po ruční manipulaci s tavným lepidlem). Provoz v pracovním prostoru je uspořádán do tří směn. Větrání haly probíhá převážně nuceně vzduchotechnickou jednotkou RTU 5000. Osvětlení je zajištěno kombinovaně pomocí přirozeného (okna) a umělého (zářivková stropní tělesa) svícení. (Recutech s.r.o., 2021)

Důležitou částí praktického měření je analýza zdrojů rizik prostředí. Kategorizace práce bývá často složitá, firma dle nařízení vlády č. 258/2000 Sb. spadá do druhé kategorie. To znamená, že pracovníci se nevystavují vážnému zdravotnímu poškození. Nezapočítává se zde neměřená oblast lisování a stříhání, kde vzniká vysoká hlučnost. Nejvýraznější z nebezpečí prostředí jsou škodlivé látky znečišťující ovzduší. Při ručním nanášení tavného lepidla se musí

brát ohled na jeho složení a rizika s ním spojená. Kalep PO 22 je tavné lepidlo na bázi polyolefinů. Z konkrétního složení vyplývá, že neobsahuje žádné nebezpečné složky, které by mohly ohrozit lidský organismus. Jediné nebezpečí nastává při styku s pokožkou, kde mohou vzniknout popáleny v důsledku rozehrátého lepidla. Další používané lepicí prostředky jsou Termokol, Termokol Ultra a Termokol Stick. Detailnější pohled na směsi těchto lepidel poukázal pouze na jednu látku, která by mohla být nebezpečná. Styren je samostatně velice nebezpečný. Firma používá odnož styren-izopren, který se vyskytuje jak v umělém, tak v přírodním stavu a nemá žádný vliv na lidský organismus. Jedná se taktéž o tavné lepidlo. Jediné nebezpečí nastává při manipulaci s horkou směsí, která přijde do styku s vlhkým nebo mokřým produktem. Tímto nepříznivým jevem můžou vzniknout výpary, stříkání směsi nebo pění. (Recutech s.r.o., 2021)

Další škodlivou látku může představovat obsah CO₂, jelikož hala pracuje bez zastavení a pracuje v ní velké množství zaměstnanců. Oblasti s největší koncentrací pracovníků jsou neustále větrané nuceným větráním. Další průzkum poukázal na nevědomé větrání přes nástupní a výstupní oblasti haly. Pokud se vezmou v potaz tyto faktory a velikost haly, je téměř vyloučený větší výskyt koncentrace CO₂ v ovzduší uzavřeného prostoru.

5.1 Mikroklima haly

Popis měření

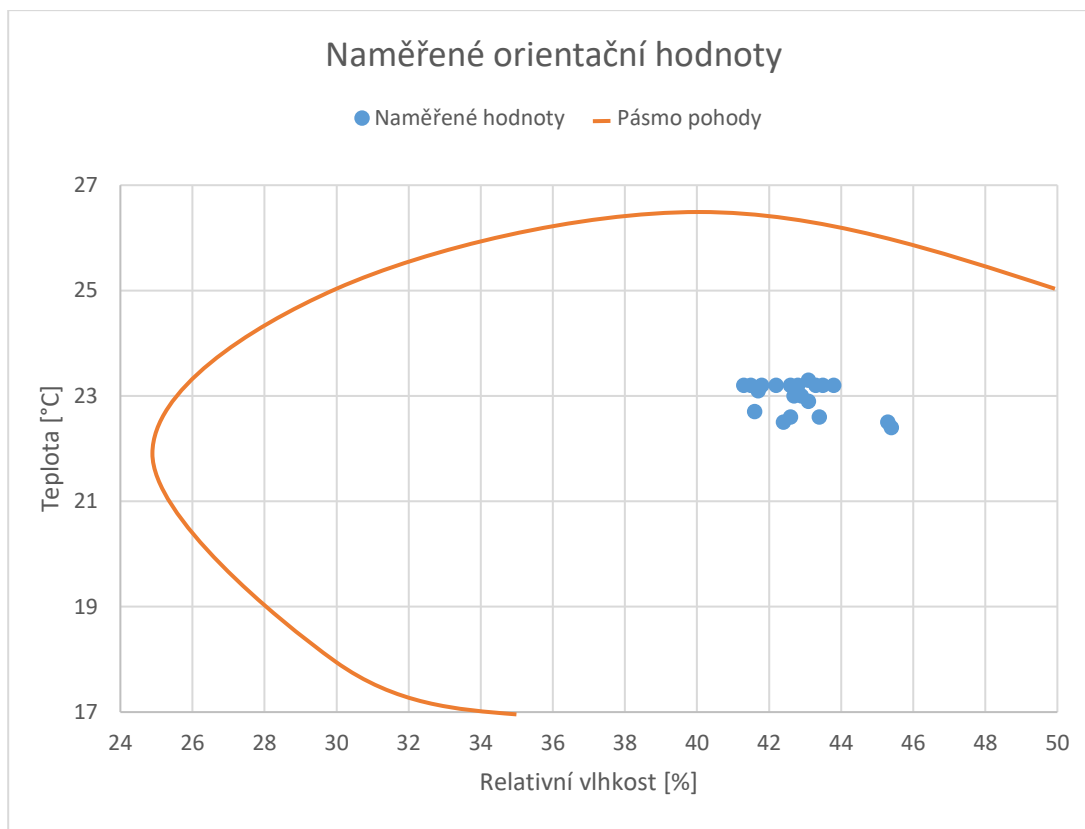
Tato část je zaměřena na základní parametr pracovního prostředí – teplotu a vlhkost. Cílem bylo zjistit, zda jsou v hale opravdu dodržovány doporučené hodnoty včetně stabilní teploty a vlhkosti. Orientační měření bylo rozloženo rovnoměrně do dvaceti měření po celém pracovišti. Hodnoty byly zaznamenány uprostřed dopolední směny. Na polovině haly probíhalo čištění podlahy (měření 17.–20.). Hodnoty 13.–16. byly zaznamenány v blízkosti stěn (přibližně 4 metry od stěn). Měřený parametr heat index (dále HI), zde zastupuje teplotu, kterou pracovník pocítuje. Další speciální naměřený parametr je dew point temperature (dále DPT), který znázorňuje teplotu, při níž se začne okolní vlhkost srážet ve formě kapiček vody. Tento parametr je důležitý z pohledu zkoumání vzniku plísní v okolí oken a stěn. Toto orientační měření probíhalo na kulovém teploměru Thermohygrometr TC100 od firmy Trotec (zařazen jako pracovní měřidlo). Zařízení může měřit téměř ihned po zapnutí. Pracovníci haly spadají do kategorie IIb a lehce i do IIIa dle kategorizace výdeje energie v Tab 4) Přístroj se po pár minutách zapnutí aklimatizoval a naměřil následující hodnoty zapsané v Tab 6)

Tab 6) Naměřené klimatické hodnoty

Číslo měření	Měřené parametry				
	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Tlak [kPa]	HI [°C]	DPT [°C]
1.	23,2	41,8	977,9	25,1	9,6
2.	23,2	42,6		25,1	9,4
3.	23,2	41,3		25,1	9,9
4.	23,2	43,3		25,1	9,4
5.	23,2	41,5		25,1	9,8
6.	23,2	43,5		25,1	10,6
7.	23,2	43,8		25,1	10,3
8.	23,3	43,1		25,1	10,0
9.	23,2	42,8		25,1	9,8
10.	23,2	42,2		25,1	9,6
11.	23,1	41,7		25,1	9,3
12.	23,0	42,7		25,1	9,2
13.	23,0	42,9		24,1	9,8
14.	22,9	43,1		25,0	9,6
15.	22,7	41,6		25,0	8,9
16.	22,6	42,6		25,0	9,2
17.	22,4	45,4		24,0	9,5
18.	22,5	42,4		25,0	9,1
19.	22,5	45,3		25,0	9,3
20.	22,6	43,4		25,0	9,4

Zhodnocení

Toto namátkové měření prokázalo, že hala je provozována za konstantní teploty s drobnými odchylkami, které pracovník nedokáže zaznamenat. Důvodem je desetinný rozdíl v pocitových teplotách. Jelikož v hale je nastavený pracovní oděv okolo 0,5 clo, pocitová teplota nepřekračuje maximální přípustnou teplotu pro třídy práce IIb ani IIIa z Tab 5) Naměřené hodnoty se všechny orientují v pásmu pohody a naznačují tak velice příznivé podmínky pro zaměstnance firmy. Jelikož neproběhlo dlouhodobé měření, nedá se posoudit stabilita teploty v průběhu celého dne a roku.



Obr. 7) Detailní pohled naměřených hodnot v pásmu pohody

5.2 Nebezpečné látky v hale

Popis měření

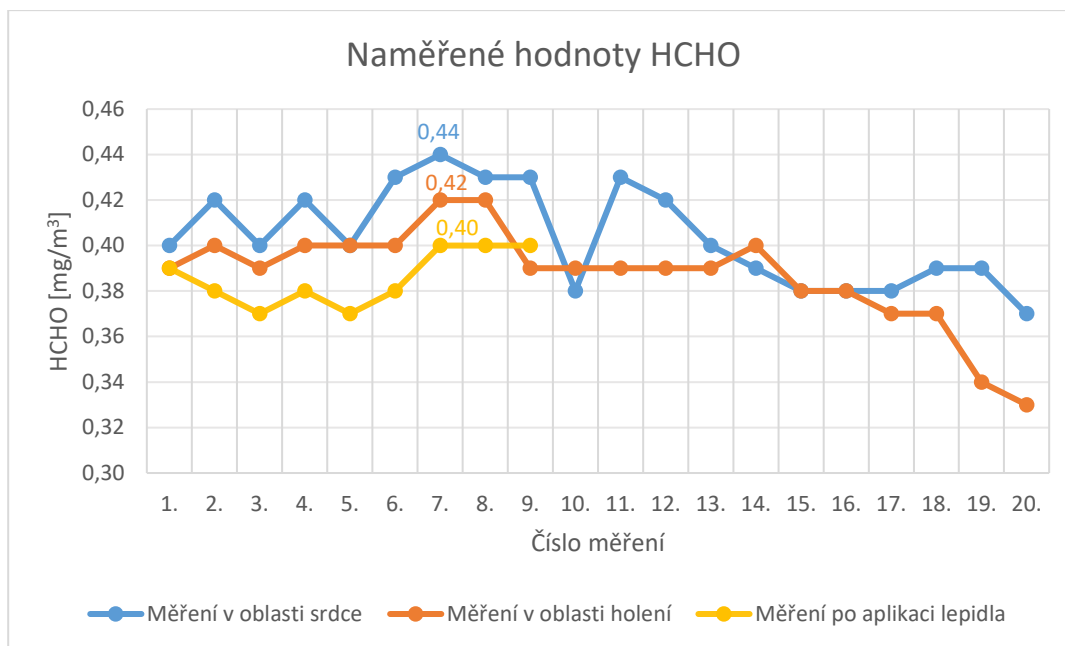
Další měřenou veličinou byly nebezpečné látky. I když analýza neprokázala žádná rizika, je nutné zkontrolovat pracovní ovzduší z důvodu vzniku možného rizika výskytu nebezpečných aromatických organických látek (VOC) jako jsou toluen, benzen, xylen, styren a etylbenzen v pracovním prostředí. Konkrétně byl měřen formaldehyd (dále HCHO) a směsi látek, které se můžou vypařovat již při nízkých teplotách. Označují se jako Total volatile organic compounds (dále TVOC). Na tyto nebezpečné látky byl použit měřicí přístroj HCHO-TVOC BQ16 od firmy Trotec. Měřicí body byly rovnoměrně rozloženy po hale. Jelikož se jedná o nebezpečné látky, muselo měření proběhnout ve dvou rovinách. Důvodem jsou různé typy látek, které dokážou být těžší než vzduch a mají tendenci se držet u země. Orientační měření bylo rozděleno do dvou cyklů, první cyklus se měřil v úrovni ramen a druhý přibližně 20 cm nad zemí. Třetí pozorování probíhalo u ručního nanášení lepidel těsně po aplikaci této složky na plastové rekuperátory. 1.–6. měření obou úrovní probíhalo u stanoviště s ručním nanášením tavného lepidla. Dále 10.–14. pozorování proběhlo u otevřených vrat.

Tab 7) Naměřené nebezpečné látky

Číslo měření	Naměřené hodnoty [mg/m ³]					
	1. cyklus měření (úroveň srdce)		2. cyklus měření (úroveň holení)		3. pozorování	
	HCHO (1)	TVOC (1)	HCHO (2)	TVOC (2)	HCHO (3)	TVOC (3)
1.	0,40	2,30	0,39	2,55	0,39	2,13
2.	0,42	2,30	0,40	2,51	0,38	2,15
3.	0,40	2,32	0,39	2,45	0,37	2,13
4.	0,42	2,27	0,40	2,43	0,38	2,13
5.	0,40	2,22	0,40	2,50	0,37	2,11
6.	0,43	2,24	0,40	2,53	0,38	2,16
7.	0,44	2,27	0,42	2,55	0,40	2,38
8.	0,43	2,29	0,42	2,51	0,40	2,33
9.	0,43	2,28	0,39	2,49	0,40	2,33
10.	0,38	2,18	0,39	2,48		
11.	0,43	2,15	0,39	2,50		
12.	0,42	2,47	0,39	2,55		
13.	0,40	2,36	0,39	2,50		
14.	0,39	2,3	0,40	2,42		
15.	0,38	2,27	0,38	2,32		
16.	0,38	2,31	0,38	2,21		
17.	0,38	2,25	0,37	2,15		
18.	0,39	2,80	0,37	2,16		
19.	0,39	2,75	0,34	2,04		
20.	0,37	2,29	0,33	1,97		

Zhodnocení

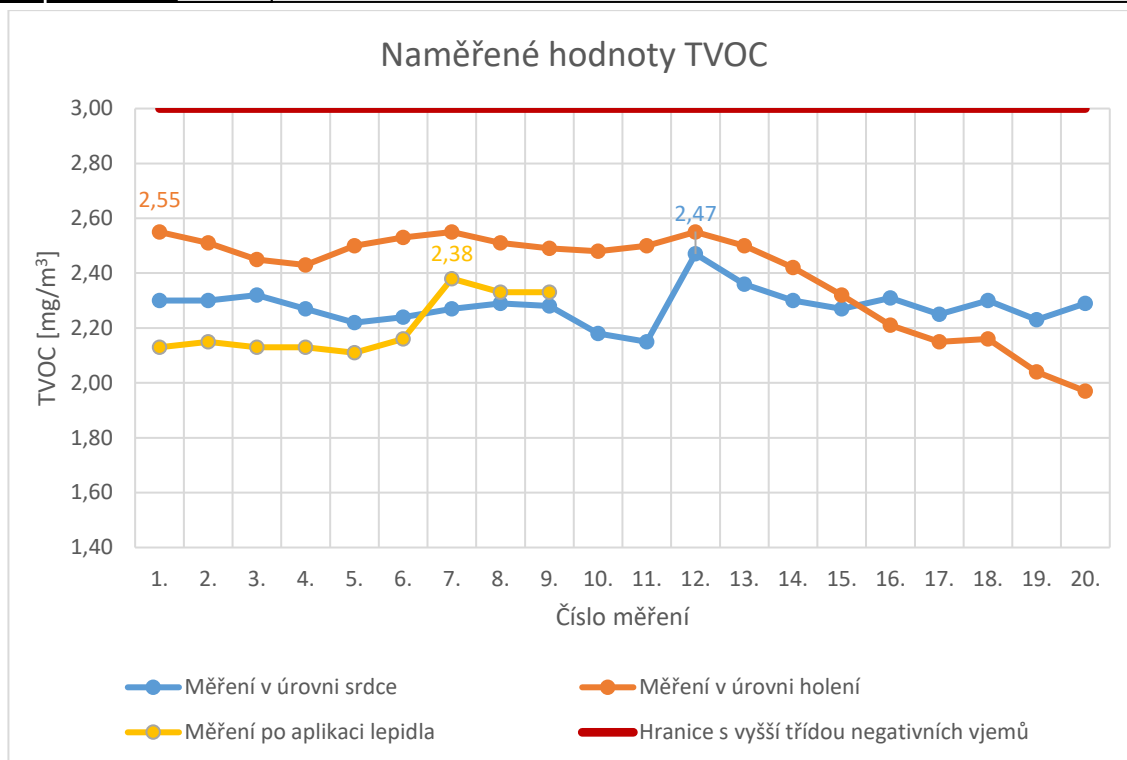
Tab 8) a Tab 9) znázorňují, v jakém rozpětí se mohou orientační hodnoty pohybovat. Nejvyšší naměřená hodnota HCHO činila 0,44 mg/m³. Dle Tab 8) by tato koncentrace mohla způsobit mírné podráždění dýchacích cest a očí. Hodnoty se vyskytují u spodní hranice rozmezí, kde se negativní příznaky spíše nevyskytují. Naopak u těkavých organických sloučenin vyšly horší výsledky v porovnání s HCHO. Obr. 9) ukazuje maximální naměřenou hodnotu 2,55 mg/m³, přičemž tato hodnota spadá do skupiny měření těsně nad zemí. To poukazuje na výskyt více koncentrovaných sloučenin, které jsou těžší než vzduch, na úrovni podlahy. Při nevhodném a nevědomém míšení sloučenin mohou vznikat negativní příznaky, které mírně ovlivní pohodu práce. Třetí pozorování (žlutá linka) proběhlo těsně po nanášení tavného lepidla a utvrdilo bezproblémovost složek pojiva. U obou pozorovaných skupin se dá sledovat pokles orientačních hodnot zapříčiněný nevědomým větráním skrz rampu (10.–14. měření).



Obr. 8) Vlastní zpracování dat HCHO v grafu

Tab 8) Rozmezí formaldehydu a jejich příznaky (HCHO-TVOC BQ16, 2023)

Formaldehyd (HCHO)		
Rozmezí [mg/m³]		Příznaky
Od	Do	
0,061	0,154	Práh vnímání zápachu.
0,012	1,965	Mírné podráždění dýchacích cest a očí.
2,456	3,684	Svědění v dýchacích cestách (nos, hltan) nebo očích.
4,912	6,140	Maximální snesitelnost po dobu 30 min, zvyšují se zmíněné problémy.
12,281	24,561	Velice vysoké riziko, po par minutách nastávají silné příznaky v podobě slzení, dusnost, kašel nebo silné pálení v dýchacích cestách. Tyto příznaky setrvávají i hodinu mimo nebezpečnou oblast.
>36,842		Životu nebezpečné, vznik toxického edému plic nebo zápalu plic.



Obr. 9) Vlastní zpracování dat TVOC v grafu

Tab 9) Rozmezí TVOC a jejich příznaky (HCHO-TVOC BQ16, 2023)

Těkavé organické látky (TVOC)		
Rozmezí [mg/m³]		Příznaky
Od	Do	
	<0,2	Nenastávají žádné příznaky, jedná se o pásmo pohody.
0,2	3,0	Mírné narušení pocitu pohody, pokud se směsi dostávají do kolize s jinými látkami.
3,0	25	Můžou zde nastávat kolize s jinými látkami a nastávají zde různé problémy např.: bolest hlavy, poruchy pozornosti, závratě atd.
>25		Nastává zde bolest hlavy a další příznaky.

5.3 Osvětlení v hale

Popis měření

Poslední měřenou veličinou byla intenzita jasu na pracovních plochách. Orientační měření proběhlo na dvou stolech, a to o velikostech 100x60 cm a 200x60 cm. Firma má v celé hale stejné typy stolů, jejichž pracovní plochu tvoří nerezový plech. Podle ČSN EN 12464-1 v části doporučené minimální osvětlení v sekci průmyslové a řemeslné činnosti se řadí hala do úkonu montážní práce (výroba a zpracování kovů) pro hrubou práci, kde se udává 200 lx a pro střední činnost 300 lx (Tab 1). Práce v hale odpovídá právě hrubé činnosti. Měření probíhalo na přístroji CEM DT-1308. Toto zařízení spadá do kategorie laboratorních a měřících přístrojů.

Samotná příprava spočívala v rovnoměrném rozprostření bodů po pracovní desce stolu. Rovnoměrnost bodů byla zajištěna díky předem připravené síti, která se rozprostřela přes pracovní plochu. Měření probíhalo v uzlech sítě.

Tab 10) Naměřené hodnoty pro stůl 100x60 cm

Tabulka představuje danou síť a hodnoty odpovídají přibližné poloze na stole [lx]			
219,3	230,6	232,7	232,2
222,5	212,7	234,1	221,8
225,4	234,3	234,3	229,3

Tab 11) Naměřené hodnoty pro stůl 200x60 cm

Tabulka představuje danou síť a hodnoty odpovídají přibližné poloze na stole [lx]				
220,1	217,1	218,8	223,2	227,0
221,0	220,9	221,8	216,5	223,2
228,5	220,4	221,2	226,8	224,0

Zhodnocení

Nejnáročnější krok představovala příprava měřicí plochy. Poté se na přístroji nastavil příslušný rozsah v lx. Ani jeden měřený bod nespadol pod minimální normovanou hodnotu. Hala splnila kritéria dle normy ČSN EN 12464-1.

Měření osvětlení probíhalo za dopolední směny, kdy světla bylo nejvíce. Prozkoumání haly poukázalo na chybějící přídavná osvětlení na pracovních plochách stolů pro přisvícení plochy dle potřeby zaměstnance. Z pohledu pozorovatele bylo osvětlení v hale trochu více šeré, než se dalo předpokládat. V rešeršní části je popsána zraková pohoda, která je důležitá při práci vyžadující zrakové vnímání. Přídavná osvětlení by zajistila bezpečnější manipulaci při ručním nanášení tavného lepidla a zlepšila by zrakovou spokojenost, což by vedlo ke kvalitnější výrobě a zvýšení stávající produktivity. Z ekonomického hlediska by se nejednalo o velkou finanční zátěž a realizace by rovněž nepředstavovala problém.

6 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Rešeršní část doložila, že ergonomie se stále rozvíjí paralelně s technikou. V dnešní době jsou rozebírána témata pro optimální podmínky při práci, které definuje právě ergonomie. Jedním z pilířů ergonomie představuje systémové pojetí člověk-technika-prostředí, které je velice důležité při prvotním rozboru firmy. Nejprobíranější soustavou je pracovní prostředí, které nejvíce ovlivňuje produktivitu, jakost práce, ale i povahu a náladovost člověka. V tomto odvětví bývá často problémovou skupinou klima uzavřeného prostoru. Studie zabývající se tímto problémem sepsal Tilhon (2022), který statisticky určil pokles výkonu pracovníka v závislosti na změně teploty a vlhkosti. Zajímavým parametrem klimatu jsou nebezpečné látky a jejich sloučeniny. Mohou se vyskytovat prakticky ve všem, od používaných postupů ve výrobě po odpařování z nábytku. Jejich maximální přípustnou hodnotu a přípustný expoziční limit udává nařízení vlády. Na rozdíl od určení správného klima nepředstavuje osvětlení tak složitou problematiku a je přesně definováno v normách. Tyto normy spolehlivě vymezují minimální přípustný jas v lx ve všech prostorech. Pokud se zaměstnavatel celkově řídí nařízením vlády a normami, může dosáhnout optimálních podmínek pro vysokou produktivitu a kvalitu práce. Na druhou stranu tu vždy budou individuální požadavky pracovníka.

Praktické měření teploty, relativní vlhkosti, heat index a dew point temperature proběhlo jednorázově v půlce dopolední směny. Celkové zařazení do kategorizace práce podle výdeje energie spadá pod IIb a nepatrně i do IIIa, což je práce vestoje s manuální činností rukou a občasně přenášení břemen. Dále se v hale nosí pracovní oděvy o hodnotě 0,5 clo. Tímto se vymezila maximální teplota dle Tab 5) a ani jedna z naměřených hodnot nepřesáhla tuto hranici. Jejich následné znázornění v Obr. 7) zobrazuje všechny body v pásmu pohody. Pro pracovníky to značí velice přívētivé podmínky. HI poukazuje na stabilní teplotu haly. Nicméně se jednalo o jednorázové měření, které nedokáže jednostranně určit, zda je teplota konstantní i v průběhu celého dne nebo roku.

Druhé orientační měření se zabývalo nebezpečnými látkami. Jelikož rozbor jednotlivých složek používaných lepidel ve výrobě neodhalil hlídanou nebezpečnou látku, byly měřeny téžavé sloučeniny a formaldehyd (HCHO). Měření HCHO neprokázalo překročení mezní hodnoty. Opakem byly naměřené hodnoty TVOC, které vyšly s porovnáním HCHO hůře. Skupina s nejvyšší koncentrací byla v oblasti těsně nad zemí, což poukazuje na výskyt těžších sloučenin, než je vzduch. Tyto sloučeniny se budou koncentrovat v místech podlahy. Dle Tab 9) se naměřené hodnoty TVOC řadí do druhého stupně, kde může nastávat mírné narušení pohody za předpokladu nevhodného míšení látek. I když hodnoty vyšly blíže k vyšší hranici, stále zde zůstává dostatečná rezerva před třetím stupněm. Nesmí být opomenuto, že se jedná o práci vestoje. Právě v této oblasti vyšly hodnoty opět o něco lépe. Tímto se snižuje riziko narušení pohody. Poslední a finální kontrola proběhla těsně po ručním nanášení tavného lepidla. Tato kontrola potvrdila bezproblémovost složení lepidel.

Třetí měření se zaměřilo na osvětlení. Po vyhodnocení, o jaký typ provozu se jedná dle ČSN EN 12464-1, se ukázalo, že hala musí splňovat minimálně 200 lx. Obě měřené pracovní plochy vyšly jako dobře osvětlené, přičemž nejnižší naměřená hodnota byla 212,7 lx. Hlavní osvětlení je dodáváno skrz stropní zářivková tělesa. Další průzkum haly neodhalil jiná přídavná zařízení, kterými by si mohli zaměstnanci přisvítit pracovní plochu. Rešeršní část o osvětlení se zabývá individuální zrakovou pohodou pracovníků a jejich ovlivnění při práci. Z pohledu pozorovatele bylo osvětlení v hale trochu více šeré, než se dalo předpokládat. Pro opatření

zrakové pohody by bylo vhodné přidavné místní osvětlení ke každému pracovnímu stolu. Toto doporučení může vést ke zvýšení bezpečnosti manipulace s tavným lepidlem, lepší náladě pracovníků nebo kvalitněji odvedené práci. Jelikož se jedná pouze o jednu halu, kde pracovních stolů není mnoho, nejednalo by se o velkou finanční zátěž pro firmu. Realizace by rovněž neměla být obtížná, nicméně volba správného zařízení se nesmí brát na lehkou váhu.

7 ZÁVĚR

Prvním cílem této bakalářské práce bylo zpracovat problematiku pracovního prostředí a s ním spojený pojem ergonomie. Rešeršní část se zabývá rozsáhlou kapitolou o ergonomii a vysvětluje její zapojení v pracovní sféře. Ergonomie posouvá hranici bezpečného provozu na vyšší úroveň a vytváří tak velice příznivé pracovní podmínky, které zaručují dobrou psychickou náladu, zdraví a zároveň zvyšují výkon zaměstnance. Mezi další cíl patřil systémový rozbor, který se zaměřuje na analýzu podle Chundely (2001). Chundela používá komplex člověk-technika-pracovní prostředí. Humidex představuje americkou verzi systémového rozboru. Pro praktické měření byla vybrána metoda dle Chundely, jelikož jeho analýza se používá častěji. Systém ČTP je nepostradatelný z pohledu ergonomie a zabývá se harmonií mezi jeho třemi složkami. Nejdůležitější roli zde hraje synergie mezi člověkem a technikou, avšak prostředí dokáže výrazně ovlivnit buď negativně, nebo pozitivně výkon, psychiku či zdraví pracovníka. Z rozboru rešerše vyplynulo, že nejslabším prvkem soustavy je člověk. Na tento element působí nejvíce pracovní prostředí.

V praktické části byly měřeny a vyhodnocovány tři vybrané parametry pracovního prostředí, které nejvíce ovlivňují chod člověka. Za pomoci rešeršních poznatků byly navrženy změny pro zlepšení pracovního chodu. Druhou částí vyhodnocení bylo zhodnocení ekonomického opatření. Jelikož se pojednávalo o nově postavenou halu firmou, která prosazuje kvalitu práce, jednalo se o velkou výzvu. U všech měřených parametrů byly striktně dodrženy metody pro měření. Přístroje byly zapůjčeny od VUT.

První měřenou veličinou bylo mikroklima haly. Měření probíhalo na 900 m². Pro zajištění kvalitního měření bylo zapotřebí správně rozplánovat a určit měřicí body, aby obsahovaly veškeré možné kombinace (měření u skladu s rekuperátory, u nakládací rampy, mezi stroji apod.). Celkově bylo naměřeno dvacet hodnot, které byly následně vyhodnoceny dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Podrobnou analýzu je možné najít v sekci 5.1. Mikroklima haly. Měřené hodnoty dopadly v pásmu pohody a umožňují zaměstnancům podávat vysoké výkony, kvalitu práce a dobrou náladu.

Druhé měření spočívalo v objevení nebezpečných aromatických organických látek (VOC) a formaldehydu (HCHO). Tato varianta byla vybrána z důvodu neprokázání závadnosti používaných lepidel. Rozbor tavných lepidel proběhl v kapitole 5. I když firma nemanipuluje s nebezpečnými látkami, stále se v pracovním prostředí můžou objevit různé organické prvky, jako jsou toluen, benzen, xylen, styren a etylbenzen. Měření proběhlo celkem třikrát. Poprvé se měřilo v úrovni ramen. Některé nebezpečné plyny jsou těžší než vzduch, a proto druhé měření proběhlo těsně nad zemí. Třetí přeměrování proběhlo ihned po aplikaci ručně nanášeného tavného lepidla na součástku. Ve všech třech cyklech HCHO nedosáhlo hraničních limitů. První a druhé měření bylo provedeno ve stejných bodech jako mikroklima, to znamená dvacet naměřených hodnot. Třetí měření proběhlo pouze v úzkém kruhu nanášecí stanice, celkově se jednalo o devět měření. Z těchto tří cyklů má největší hodnoty měření TVOC těsně nad zemí. Výsledky v Obr. 9) poukazují na možné mírné narušení pohody. Narušení pohody nelze jednoznačně určit, jelikož hranice pro více pravděpodobné narušení nebyly překročeny.

Třetí měření proběhlo na dvou stolech, kde se kontrolovala jasnost osvětlení. Před samotným měřením bylo nutné připravit měřicí síť. Rovnoměrně rozprostřená síť znázorňovala body pro měření na pracovních stolech. V uzlech se změřilo osvětlení, které bylo následně

zpracováno do Tab 10) a Tab 11) Jednoznačné zařazení haly prokázalo, že firma splňuje i tento parametr. Nicméně dle zásad ergonomie pro zrakovou pohodu chybí místní osvětlení, které by zaměstnancům umožnilo nastavit svoji vlastní pocitovou ostrost osvětlení. Toto opatření by nemělo být nerealizovatelné z ekonomického hlediska. Pokud se vezmou v potaz i ergonomické zásady, zvýší se bezpečnost manipulace s tavným lepidlem, výkonnost a zároveň se zlepší nálada pracovníků. Avšak musí se brát ohled na výběr zařízení, které zaručí pozitivní vnímání.

Pro zdokonalení pracovních podmínek je nezbytné porozumění rešeršní problematiky. Celý systém se vyhodnocuje na modelu ČTP, ve kterém je nejslabším podsystémem člověk. Proto ergonomie nejvíce studuje člověka a jeho chování v pracovním prostředí. Důvodem studie pracovního prostředí je výrazný vliv na pracovníka. Moderním trendem je optimalizování pomocí ekonomicky dostupných technologií. Klimatické podmínky, nebezpečné látky a osvětlení byly podrobně rozebrány a prověřovány v této práci. V praktické části z pohledu bezpečnosti byly tyto parametry v souladu s nařízením vlády a předpisy vyhovující. Nicméně ergonomie posouvá pomyslnou hranici bezpečnosti o stupeň výše a z podrobné analýzy vyplynulo nedostatečné řízení osvětlení. Tento problém se dá vyřešit ve formě místního osvětlení, které zajistí určitý nárůst bezpečnosti, výkonnosti a psychiky pracovníka. Pokud zaměstnavatel hledá další kroky ke zvýšení produktivity výroby, tak jsou tu možnosti ve formě analýzy seřízení údržby, provozu a spolehlivosti strojů.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJ

Bibliografické zdroje

BRIDGER, R.S., 2003. *Introduction to Ergonomics*. 2.edition. London: Taylor & Francis, 563 s. E-Library. ISBN 0-203-42613-4. 0-203-44054-4, 0-415-27378-1, 0-415-27377-3.

CHUNDELA, Lubor, 1990. *Ergonomie*. 2. vyd. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-01-00327-2.

CHUNDELA, Lubor, 2001. *Ergonomie*. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-02301-x.

KLABZUBA, Jiří a Věra KOŽNAROVÁ, 2002. *Aplikovaná meteorologie a klimatologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita. Edice: 1: 1. ISBN 8021309288.

MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT, 2009. *Základy aplikované ergonomie*. Praha: VÚBP. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-58-6.

RECUTECH S.R.O., 2021. Interní dokumentace: Obecné parametry haly, složení lepidel. Pardubice.

RUBÍNOVÁ, Dana, 2006. *Ergonomie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 80-214-3313-2.

VYSKOTOVÁ, Jana, 2011. *Ergonomie pro zdravotnické pracovníky*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7368-836-3.

WICKENS, Christopher D., c2013. *Engineering psychology and human performance*. 4th ed. Boston: Pearson. ISBN 978-0-205-94574-0.

Elektronické zdroje

BAKKER, Arnold B., 2022. The social psychology of work engagement: state of the field. *Career Development International* [online]. **27**(1), 36-53 [cit. 2023-02-27]. ISSN 1362-0436. Dostupné z: doi:10.1108/CDI-08-2021-0213

CLARKE, Sharon, 2006. Safety climate in an automobile manufacturing plant. *Personnel Review* [online]. **35**(4), 413-430 [cit. 2023-02-27]. ISSN 0048-3486. Dostupné z: doi:10.1108/00483480610670580

CHIEN, Shih-Yi, Michael LEWIS, Katia SYCARA, Asiye KUMRU a Jyi-Shane LIU, 2020. Influence of Culture, Transparency, Trust, and Degree of Automation on Automation Use. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* [online]. **50**(3), 205-214 [cit. 2023-02-27]. ISSN 2168-2291. Dostupné z: doi:10.1109/THMS.2019.2931755

LYONS, Joseph B., Katia SYCARA, Michael LEWIS a August CAPIOLA, 2021. Human–Autonomy Teaming: Definitions, Debates, and Directions. *Frontiers in Psychology* [online]. **12** [cit. 2023-02-27]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyg.2021.589585

MĚŘICÍ PŘÍSTROJ HCHO-TVOC BQ16: Přesná detekce formaldehydu a koncentrace VOC pro posouzení kvality ovzduší v místnosti, 2023. *Trotec* [online]. Česká Republika: © Trotec [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://cz.trotec.com/produkty-a-sluzby/merici-pristroje/kvalita-ovzdusi/plynove-detektory/merici-pristroj-hcho-tvoc-bq16>

PITYN, Peter J, 2008. Hygiene at Work: An Engineering Perspective on the Development of Hygiene Science. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology* [online]. **19**(2), 165-168 [cit. 2023-02-27]. ISSN 1712-9532. Dostupné z: doi:10.1155/2008/428715

REALE, Emanuela, Dragana AVRAMOV, Kubra CANHIAL, et al., 2018. A review of literature on evaluating the scientific, social and political impact of social sciences and humanities research. *Research Evaluation* [online]. **27**(4), 298-308 [cit. 2023-02-27]. ISSN 0958-2029. Dostupné z: doi:10.1093/reseval/rvx025

RYDELL, Alexis, Ing-Marie ANDERSSON, Carl-Olof BERNSSAND a Gunnar ROSÉN, 2019. Work environment investments: Critical elements for success in optimizing occupational health and safety effects. *Work* [online]. **64**(1), 107-116 [cit. 2023-02-27]. ISSN 10519815. Dostupné z: doi:10.3233/WOR-192974

Safety and Health Topics: Ergonomics, b.r. U.S. Department of labor: Occupation Safety and Health Administration [online]. Washington: Congress [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.osha.gov/ergonomics>

STAVE, Gregg M. a Peter H. WALD, ed., 2016. *Physical and Biological Hazards of the Workplace* [online]. Third edition. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons [cit. 2023-02-27]. ISBN 9781119276531. Dostupné z: doi:10.1002/9781119276531

TILHON, Jiří, 2022. *Ergonomie v praxi.: Správná praxe pro malé a střední podniky* [online]. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., ve spolupráci s Ministerstvem práce a sociálních věcí, 2022, 40 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/publikace-ke-stazeni/18-pracovni-prostredi/ergonomie/127-ergonomie-v-praxi>

What Is Ergonomics (HFE)?: Definition and Applications, b.r. *International Ergonomics Association* [online]. Geneva, Switzerland: Federated Societies, b.r. [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>

WHITE a Catherine M., 2015. Proactive Ergonomics: Stopping Injuries Before They Occur. *Professional Safety* [online]. 2015, **2015**(vol. 60), s. 69-73 [cit. 2023-02-27]. ISSN 00990027. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/1686811722?pq-origsite=primo&parentSessionId=SmnzrIX2N403Lha5%2BzD8UipNHRNInY2tdjF3qLJ7Sf0%3D>

Vládní předpisy

ČESKO, 2000. Nařízení vlády č. 258/2000 Sb.: O ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. *Zákon pro lidi* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>

ČESKO, 2003. Vyhláška č. 432/2003 Sb.: Stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli. *Zákon pro lidi* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-432>

ČESKO, 2007. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.: Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. *Zákon pro lidi* [online]. © AION CS 2010-2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>

Normy

Světlo a osvětlení: Nouzové osvětlení, 2013. Praha: © Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

Světlo a osvětlení: Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory, 2012. Praha: © Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. ČSN EN 12464-1.

Světlo a osvětlení: Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory, 2014. Praha: © Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. ČSN EN 12464-2.

Světlo a osvětlení: Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení, 2022. Praha: © Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. ČSN EN 12665.

9 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

9.1 Seznam zkratk a symbolů

CO ₂	Oxid uhličitý
ČTP	Člověk-technika-prostředí
DPT	Dew point temperature
EHF	Ergonomie lidského faktoru
HCHO	Formaldehyd
HI	Heat index (pocitová teplota)
IEA	Mezinárodní ergonomická asociace
MSD	Poruchy pohybového aparátu
NPK	Nejvyšší přípustné koncentrace
OSHA	Správa bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
PEL	Přípustný expoziční limit
r.v.	Relativní vlhkost
STM	Short-term memory; krátkodobá paměť
TVOC	Total volatile organic compounds
VOC	Volatile Organic Compounds
WHO	World Health Organization

9.2 Seznam tabulek

TAB 1)	KRÁTKÝ SOUHRN MÍSTNOSTÍ A JEJICH MINIMÁLNÍ DOPORUČENÉ SVÍCENÍ (ČSN EN 12464-1)	29
TAB 2)	STRUČNÝ VÝBĚR TERMINOLOGIE DLE ČSN 12665 Z OBORU ZRAK A VIDĚNÍ.....	30
TAB 3)	VÝBĚR NPK NEBEZPEČNÝCH PLYNŮ A AEROSOLŮ (NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 361/2007 SB.)	31
TAB 4)	ROZDĚLENÍ DRUHU PRÁCE PODLE ENERGETICKÉHO VÝDEJE (NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 361/2007 SB.)	33
TAB 5)	MAXIMÁLNÍ PŘÍPUSTNÉ LIMITY ZA UDRŽOVANÉ KONSTANTNÍ TEPLoty (NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 361/2007 SB.).....	35
TAB 6)	NAMĚŘENÉ KLIMATICKÉ HODNOTY	39
TAB 7)	NAMĚŘENÉ NEBEZPEČNÉ LÁTKY	41
TAB 8)	ROZMEZÍ FORMALDEHYDU A JEJICH PŘÍZNAKY (HCHO-TVOC BQ16, 2023).....	42
TAB 9)	ROZMEZÍ TVOC A JEJICH PŘÍZNAKY (HCHO-TVOC BQ16, 2023)	43
TAB 10)	NAMĚŘENÉ HODNOTY PRO STŮL 100X60 CM	44
TAB 11)	NAMĚŘENÉ HODNOTY PRO STŮL 200X60 CM	44

9.3 Seznam obrázků

OBR. 1)	ZÁKLADNÍ SCHÉMA ČTP (CHUNDELA, 2001)	20
OBR. 2)	ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA ČTP (CHUNDELA, 2001)	22
OBR. 3)	FUNGOVÁNÍ SYSTÉMU ČT Z JINÉHO POHLEDU (BRIDGER, 2003)	23
OBR. 4)	GRAF SÍLY MUŽŮ A ŽEN V ZÁVISLOSTI NA STÁŘÍ (RUBÍNOVÁ 2006).....	26
OBR. 5)	KOLÍSÁNÍ PRODUKTIVITY (RUBÍNOVÁ, 2006).....	26
OBR. 6)	OBLASTI PRACOVNÍHO POHODLÍ ZÁVISLÉ NA POMĚRU TEPLoty A RELATIVNÍ VLHKOSTI (CHUNDELA, 2001)	34
OBR. 7)	DETAILNÍ POHLED NAMĚŘENÝCH HODNOT V PÁSMU POHODY	40
OBR. 8)	VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ DAT HCHO V GRAFU	42
OBR. 9)	VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ DAT TVOC V GRAFU	43