

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**

**Studijní program:** B0715A270013 – Strojní inženýrství  
**Studijní specializace:** Strojírenská technologie - technologie obrábění

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vliv rovnoměrnosti osvětlení na pracovní pohodu a výkon  
zaměstnance**

**Autor:** Vít Ruml  
**Vedoucí práce:** Ing. Kateřina BÍCOVÁ, Ph.D

Akademický rok 2020/2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vít RUML**  
Osobní číslo: **S19B0772P**  
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**  
Téma práce: **Vliv rovnoměrnosti osvětlení na pracovní pohodu a výkon pracovníka**  
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

### Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Osvětlení na pracovišti
3. Analýza pracovních podmínek na vybraném pracovišti
4. Sestavení světelné mapy
5. Zhodnocení vlivu osvětlení na pracovníka
6. Závěr

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- PETRŮ, P., TOMEČEK, M. a kol. autorů: Prevence a řízení rizik z hlediska bezpečnosti práce. Praha: Verlag Dashöfer s.r.o. 2006
- PETRŮ, P., TOMEČEK, M.: Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v praxi. Praha: Verlag Dashöfer s.r.o. 2008
- Staněk J., Němejc J.: Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací ZČU, Plzeň, 2005

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Kateřina Bícová, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Petr Kůstka**  
BRUSH SEM s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2021**

L.S.

---

**Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
děkan

---

**Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Kateřině Bícové, Ph.D., vedoucí mé bakalářské práce, za velmi užitečné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Brush SEM, konkrétně panu Ing. Petru Kůstkovi, za cenné konzultace a možnost vypracování této práce právě zde.

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Ruml	<b>Jméno</b> Vít		
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	B0715A270013 Strojní inženýrství			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Bícová Ph.D.	<b>Jméno</b> Kateřina		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST – KTO			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Vliv rovnoměrnosti osvětlení na pracovní pohodu a výkon pracovníka			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	35	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	22	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	13
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Bakalářská práce se zabývá sestavením světelné mapy a měřením reakčních časů na přiděleném pracovišti. Práce obsahuje teoretickou a praktickou část. Výsledkem jsou světelné mapy přiděleného pracoviště a graf vývoje rychlosti reakcí během směny. Součástí této práce je také navrzení možnosti, jak snížit zrakovou zátěž.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	světelná mapa, pracovní snímek dne, reakční čas, rizikové faktory, měření, intenzita osvětlení

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Ruml	Name Vít
<b>STUDY PROGRAMME</b>	B0715A270013 Mechanical Engineering	
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bícová Ph.D.	Name Kateřina
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Delete when not applicable	
	The influence of lifting on the work comfort and performance of a worker	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KTO	<b>SUBMITTED IN</b>	2021
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	35	<b>TEXT PART</b>	22	<b>GRAPHICAL PART</b>	13
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The bachelor's thesis deals with the compilation of a light map and measurement of reaction times at the assigned workplace. The work contains a theoretical and practical part. The result is light maps of the assigned workplace and a graph of the development of the speed of reactions during the shift. Part of this work is also suggestion of ways to reduce the visual burden.
<b>KEY WORDS</b>	light map, description of the working day, reaction time, risk factors, measurement, light intensity



## Obsah

1	Úvod.....	6
1.1	Rizikové faktory na pracovišti.....	7
2	Osvětlení na pracovišti.....	9
2.1	Zásady osvětlení haly.....	9
2.1.1	Původ světla.....	9
2.1.2	Zastoupení denního světla při osvětlení haly.....	9
2.1.3	Barva a tón světla.....	10
2.2	Světelné jevy které jsou na pracovišti nežádoucí.....	11
2.2.1	Míhání a stroboskopické jevy.....	11
2.2.2	Oslnění.....	11
2.2.3	Nečekané události.....	11
2.3	Vliv osvětlení na pracovníky.....	12
2.3.1	Vliv na zdraví.....	12
2.3.2	Vliv na výrobu.....	12
2.4	Způsoby měření rizikových faktorů.....	13
2.4.1	Vyhledávání rizik.....	13
2.4.2	Přijímání opatření.....	14
2.4.3	Vedení dokumentace.....	14
2.4.4	Informování o rizicích.....	14
2.4.5	Sledování a kontrola.....	14
2.5	Intenzita osvětlení.....	14
2.5.1	Měření intenzity osvětlení.....	14
2.5.2	Světelné limity.....	15
2.6	Kriteria hodnocení.....	15
2.6.1	Metody hodnocení.....	16
3	Analýza pracovních podmínek na vybraném pracovišti.....	18
3.1	Popis vybraného pracoviště.....	18
3.2	Pracovní snímek dne.....	19
3.3	Měření reakčních časů.....	19
3.3.1	Teorie reakční doby.....	19
3.3.2	Ovlivňující faktory času reakce.....	20
3.3.3	Příprava měření.....	20
3.3.4	Průběh měření.....	20

3.3.5	Měření reakcí po krocích.....	21
3.3.6	Strategie měření.....	23
3.3.7	Výsledky měření .....	23
4	Sestavení světelné mapy.....	25
4.1	Příprava měření.....	25
4.2	Popis měření .....	25
4.3	Světelné limity pro zkoumané pracoviště.....	26
4.4	Měření za přítomnosti pouze umělého osvětlení .....	27
4.5	Měření za přítomnosti sdruženého osvětlení – zataženo, podzim.....	31
4.6	Měření za přítomnosti sdruženého osvětlení – jasno jaro .....	35
5	Zhodnocení vlivu osvětlení na pracovníka.....	38
5.1	Shrnutí měření .....	38
5.2	Možnosti snižování rizik v pracovním prostředí z hlediska osvětlení.....	38
5.3	Návrhy na zlepšení .....	39
6	Závěr.....	40
	PŘÍLOHA č.1 .....	i

## Přehled použitých zkratk a symbolů

ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
OSHA	Americká technická norma
JIS	Japonská technická norma
IS	Indická technická norma
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
PLC	Programovatelný logický automat
IS/STAG	Informační systém STAG
BP	Bakalářská práce
Sb.	Sbírka zákonů
UV	Ultra fialové
SI	Mezinárodní systém jednotek
K	Kelvin
s	Sekunda
m	Metr
m <sup>2</sup>	Metr čtvereční
ft	Stopa
lm	Lumen
lx	Lux
fc	Foot-candle
R	Riziko
e	Činitel denní osvětlenosti
E <sub>int</sub>	Osvětlení vnitřní roviny
E <sub>ext</sub>	Osvětlení venkovní necloněné roviny
D <sub>min</sub>	Zastoupení činitele denní osvětlenosti

## Seznam obrázků

Obr. 1.1-1 Nemoderní osvětlení haly [21] .....	8
Obr. 1.1-2 Moderně osvětlená hala [22] .....	8
Obr. 2.1-1 Ukázka teplot tónů světla [23] .....	10
Obr. 2.4-1 Schéma řízení rizik BOZP [11] .....	13
Obr. 3.1-1 Logo [19] .....	18
Obr. 3.1-2 Mapa továren Brush[19] .....	18
Obr. 3.1-3 Pohled na výrobní areál [24].....	18
Obr. 3.3-1 Reakční test část 1. ....	21
Obr. 3.3-2 Reakční test část 2. ....	21
Obr. 3.3-3 Reakční test část 3. ....	22
Obr. 3.3-4 Reakční test část 4. ....	22
Obr. 3.3-5 Zaměstnanec při měření reakčních časů .....	23
Obr. 4.1-1 Plocha haly.....	25
Obr. 4.2-1 Luxmetr [25] .....	25
Obr. 4.2-2 Část zkoumané haly .....	26
Obr. 4.4-1 Schéma rozdělení světelných map na tři části .....	28
Obr. 4.4-2 Rozbité výbojky na hale .....	30
Obr. 4.5-1 místa vniku denního světla .....	33
Obr. 4.5-2 Stínící lišty .....	34
Obr. 4.6-1 Levá část haly .....	36
Obr. 4.6-2 Pravá část haly .....	36
Obr. 5.3-1 Automatické žaluzie[26].....	39
Obr. 5.3-2 Světlovod[27] .....	39

## Seznam tabulek a grafů

Tabulka 2.1-1 Skupiny barevného tónu světla světelných zdrojů [9] .....	10
Tabulka 2.4-1 Metodická tabulka pro hodnocení rizik BOZP [11] .....	14
Tabulka 2.5-1 Porovnání jednotlivých technických norem [9], [15], [16], [17].....	15
Tabulka 2.6-1 Rozhodovací tabulka pro pětibodovou metodu [18].....	16
Tabulka 3.2-1 Pracovní snímek dne .....	19

Tabulka 4.3-1 Světelné limity - Průmyslové řemeslné činnosti – Elektrotechnický průmysl [9] .....	27
Tabulka 4.3-2 Světelné limity - Průmyslové řemeslné činnosti – Slévárny a výroba odlitků[9] .....	27
Tabulka 4.4-2 Světelná mapa (pouze umělé světlo)část 1. ....	28
Tabulka 4.4-1 Schéma barevného rozlišení světelných map .....	28
Tabulka 4.4-3 Světelná mapa (pouze umělé světlo) část 2. ....	29
Tabulka 4.4-4 Světelná mapa (pouze umělé světlo) část 3. ....	29
Tabulka 4.5-1 Světelná mapa (sdružené světlo podzim)část 1. ....	31
Tabulka 4.5-2 Světelná mapa (sdružené světlo podzim)část 2. ....	32
Tabulka 4.5-3 Světelná mapa (sdružené světlo podzim)část 3. ....	32
Tabulka 4.6-1 Světelná mapa (sdružené světlo jaro)část 1. ....	35
Tabulka 4.6-2 Světelná mapa (sdružené světlo jaro)část 2. ....	35
Tabulka 4.6-3 Světelná mapa (sdružené světlo jaro)část 3. ....	36
Graf 3.3-1 Výsledek měření reakčního testu.....	24
Graf 4.4-1 Rovnoměrnost intenzity osvětlení (pouze umělé světlo).....	31
Graf 4.5-1 Rovnoměrnost intenzity osvětlení (sdružené světlo podzim).....	34
Graf 4.6-1 Rovnoměrnost intenzity osvětlení (sdružené světlo jaro).....	37

## 1 Úvod

Zaměstnanci jsou na pracovišti vystaveni řadě rizikových faktorů. V dnešní době je snaha tyto faktory monitorovat, tím předejít vzniku nebezpečným situacím na pracovišti.

Rizikový faktor v podobě osvětlení je jeden z nejčastěji se vyskytovaných faktorů napříč spektrem všech typů pracovišť. A právě díky tomu existují různé zákony, nařízení vlády, státní normy, které nastavují limity pro zdravě osvětlené prostředí.

Tato práce bude tvořena ve spolupráci se společností BRUSH SEM a jejím oddělením bezpečnosti práce. Tato společnost se zabývá výrobou a údržbou elektrických generátorů o poměrně velkých rozměrech. Měření tohoto rizikového faktoru bude probíhat v jedné starší hale, ve které je dvousměnný provoz a počítá se zde následnou rekonstrukcí osvětlení.

Cílem této práce je zanalyzovat a získat přehled o posuzovaném pracovním prostředí. Ke zkoumání působení tohoto rizikového faktoru je důležité mít pojem o tom, jak často mu jsou zaměstnanci vystaveni. Proto je podstatné změřit komplexní časový snímek dne všech zaměstnanců zkoumaného pracoviště. Kvůli zjištění vlivu osvětlení na výkon pracovníků budou pracovníci podrobeni testu rychlosti reakcí. Tento test během jedné směny zaměstnanec absolvuje pětkrát v předem stanovených časech. Měření bude probíhat bez ohledu na venkovní počasí a intenzitu osvětlení haly. Všechna změřená data budou zaneseny do grafu, ze kterého jasně vyplyne jak moc jsou pracovníci tímto rizikovým faktorem ovlivněni. Důležitou částí této práce je změření a sestavení světelných map tohoto pracoviště. Před samotným měřením je třeba zjistit z technických norem minimální požadovanou intenzitu osvětlení pro zkoumaný prostor. Dále se na hale musí vyměřit a označit sít' bodů, ve kterých bude měření intenzity probíhat. Samotné mapy budou sestaveny na základě měření intenzity osvětlení luxmetrem, které bude probíhat za třech různých světelných podmínek. Nejdříve bude změřena intenzita pouze umělého osvětlení, když bude venku tma. Poté měření bude probíhat již za přítomnosti i denního světla, ale bude se jednat o podzimní šerý den. Jako poslední se bude měřit intenzita během slunného jasného dne. Z těchto dat se sestaví světelné mapy, které odhalí nedostatky v osvětlování zkoumané haly.

Výstupem této práce by mělo být zjištění o způsobilosti haly k vykonávané činnosti z pohledu osvětlení na základě limitů a norem. V případě nesplnění zákonem stanovených požadavků, budou navržena řešení vedoucí k jejich nápravě. Také je podstatné zjistit vliv používaného osvětlení na lidské zdraví po fyzické i psychické stránce.

## 1.1 Rizikové faktory na pracovišti

Pracovník je lidská síla, která stejně jako ta mechanická podléhá opotřebení v čase. Na rozdíl od té mechanické je poměrně náchylná na pracovní úrazy a různé nemoci z povolání. Zájmem všech je snaha těmto negativním vlivům zabránit. A proto existuje Zákoník práce, respektive jeho část: Nařízení vlády č.178/2001 Sb., který se zabývá stanovením rizikových faktorů na pracovišti, také sleduje dodržování nastavených hygienických limitů pro každý rizikový faktor. Určuje, jakým způsobem se mají zjišťovat a v neposlední řadě přikazuje minimální rozsah opatření vedoucí k ochraně zdraví zaměstnanců. Tímto nařízením vlády jsou povinni se řídit všechny společnosti na území České republiky, jeho nedodržování vede k určitým sankcím. Rizikovým faktorům na pracovišti je zaměstnanec vystaven v podstatě na každém kroku. [1]

Jako rizikové faktory pracovních podmínek jsou stanoveny nařízením vlády :

- osvětlení
- tepelná zátěž
- zátěž chladem
- větrání a klimatizovaná pracoviště
- fyzická zátěž a prostorové požadavky související s fyzickou zátěží
- práce v nuceném tempu, monotónní práce a psychická zátěž související s prací
- zdravotní rizika práce na zařízeních se zobrazovacími jednotkami a opatření k ochraně zdraví,
- hodnocení zdravotního rizika chemických faktorů a prachu.
- chemické karcinogeny, pracovní procesy s rizikem chemické karcinogenity a mutageny,
- ochrana zdraví při práci s azbestem a jiných pracích, které mohou být zdrojem expozice azbestu,
- biologické činitele,
- opatření k ochraně zdraví zaměstnanců ve zdravotnických a veterinárních zařízeních,
- zvláštní opatření v průmyslových procesech, laboratořích a prostorách pro chov laboratorních zvířat,
- opatření k ochraně zdraví zaměstnanců při používání osobních ochranných pracovních prostředků.
- ve výčtu uvedených rizikových faktorů nelze zapomenout na - zásobování vodou, sanitární a pomocná zařízení. [1]

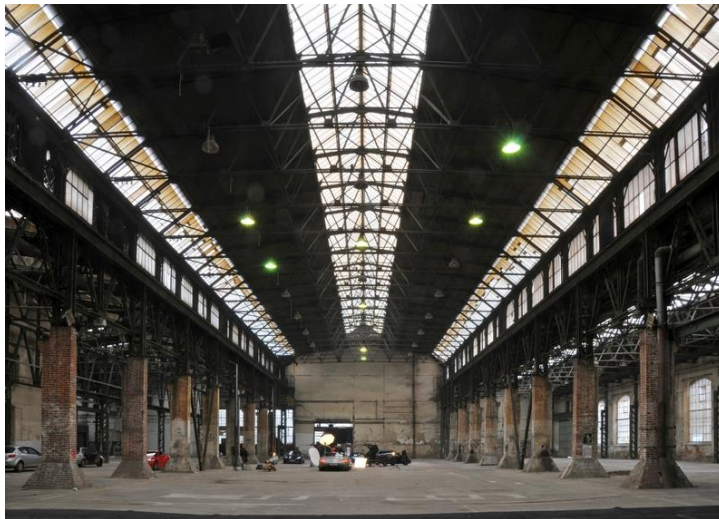
Tato práce se zaměřuje na jeden z mnoha zmíněných rizikových faktorů a tím je Osvětlení. V dnešní době na území České republiky existují dva hlavní typy hal. Jedním jsou haly postavené hluboko v minulém století a tím druhým jsou nové moderní haly.

Starší haly (Obr. 1.1-1) byly stavěny hlavně podle účelu dané haly a její osvětlení bylo řešeno až na konci celé výstavby. Dříve haly byly většinou osvětleny jak umělým osvětlením, tak denním. V poslední řadě se zjišťovala intenzita osvětlení na hale a její hodnota se poté upravovala. Když byla intenzita příliš vysoká, tak místa kudy vnikalo denní světlo byla zatemňována. Když naopak intenzita nebyla dostatečná, tak se to řešilo většinou výkonnějším umělým osvětlením, nebo zvýšením jeho počtu. [2]

Naopak u nových moderních (Obr. 1.1-2) hal se s osvětlením haly počítá od samotného počátku. Projektanti dopředu vědí, k čemu bude hala sloužit a jaká intenzita osvětlení v ní má být, dokonce počítá i s odrazy světla od plánovaného vybavení pracoviště. Moderní haly jsou dvojího typu. Buď jsou osvětleny pouze umělým osvětlením, čímž je zajištěna stejná intenzita osvětlení během celých 24 hodin. Nebo je hala osvětlena jak denním, pomocí takzvaných

světlovodů, tak umělým osvětlením, ale mnohem promyšlenějším systémem, než staré haly. U tohoto typu se počítá s umístěním haly vůči „pohybu slunce“, též se změnou pozice Slunce během ročních období. Tyto haly jsou vybaveny čidly, které neustále měří intenzitu osvětlení na hale. Když je intenzita příliš vysoká, automaticky se snižuje výkon umělého osvětlení, dokud nebude na pracovišti požadovaná hodnota intenzity. Naopak při nedostatku osvětlení zvyšuje výkon umělého osvětlení. U tohoto typu hal musí mít umělé osvětlení takový výkon, aby halu dokázalo osvětlit samostatně. Tento případ nastává například během noční směny. V ideálním případě dokáže halu osvětlit samostatně také zdroje denního světla na optimální intenzitu, ale to je možné pouze za slunného počasí bez mraků. [3]

Dalším důležitým faktorem je rovnoměrnost osvětlení po celém pracovním prostoru. Právě u starších hal se často vyskytovala problematika tohoto druhu, jelikož se intenzita měnila podle vzdálenosti od oken, světlíků, reflektorů..., což není příliš příjemné pro zaměstnance. A k čemu již vůbec nesmí docházet, je oslnění, protože během něj může dojít k nejrůznějším pracovním úrazům a škodám na vybavení. Oslnění se podrobněji věnuje jedna z následujících podkapitol. [2] [3]



Obr. 1.1-1 Nemoderní osvětlení haly [21]



Obr. 1.1-2 Moderně osvětlená hala [22]



## 2 Osvětlení na pracovišti

Osvětlením na pracovišti se zabývá obecně Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Upřesnění pro jednotlivé pracovní provozy poté poskytuje Česká technická norma ČSN EN 12454-1. Osvětlením na pracovním prostoru je zásadně ovlivněna produktivita, kvalita práce, bezpečnost, nebo třeba také únava a psychická pohoda. Volba špatného typu osvětlení vede ke vzniku událostí, které jsou nežádoucí. Vliv osvětlení zde může být přímý, nebo nepřímý. Dalším předpisem, který se přímo zaměřuje na konstrukci a uspořádání pracoviště z pohledu osvětlení a jeho působení na zdraví zaměstnanců se nazývá nařízení vlády č. 178/2001 Sb. [1]

Při vzniku nežádoucích událostí přímo je osvětlení hlavní, nebo velmi zásadní příčinou ovlivnění pracovních podmínek na pracovišti. Působení nepřímých vlivů má mnohem větší zastoupení v praxi, jelikož přímo nevedou ke vzniku nežádoucích událostí, jen jim ve značné míře napomáhají. Pokud je osvětlení nedostatečné již to samo o sobě vede k nežádoucím událostem. Na pracovišti je nedostatečná viditelnost, což vede k horší orientaci v prostoru, zhoršuje reakce zaměstnanců, též vyhotovení zadaného úkolu se stává komplikovanějším a může dojít k přehlednutí překážek na pracovišti. Mimo jiné se snižuje bezpečnost prostředí, rychleji se unavuje zrak, má neblahou funkci na lidskou psychiku a pracovní pohodu. [1]

### 2.1 Zásady osvětlení haly

#### 2.1.1 Původ světla

Viditelná složka světla je elektromagnetické vlnění o vlnových délkách nacházejících se mezi ultrafialovým a infračerveným světlem. [4]

Na osvětlení pracovního prostoru je možné používat denní, umělé, nebo sdružené osvětlení. Sdružené osvětlení je osvětlení haly pomocí kombinace denního i umělého osvětlení, jak již bylo zmíněno. [5]

Mezi nejčastější zdroje denního světla na hale patří: okna, světlo propustné stěny, světlíky, světlovody, též mohou být části střechy z průsvitného materiálu a nakonec již ve Starém Egyptě byly podzemní místnosti osvětlovány pomocí soustavy zrcadel. [5]

Před příchodem elektrické energie sloužil plamen jako hlavní zdroj umělého osvětlení. Zprvu to byly obyčejné pochodně, poté se svítilo svíčkami v různých svícnech, či lucernách. Dále vznikly efektivnější způsoby svícení jako například petrolejové lampy, lampy na velrybí olej a další lampy na principu hoření tuku a nakonec to byly plynové lampy, které dokonce zajišťovaly i veřejné osvětlení v mnoha městech. Poté ale přišel objev elektrické energie a s ním rozmach ve vývoji různých světelných zdrojů právě na elektřinu. Elektřina zcela vytlačila jiné zdroje umělého světla. Do dnešních dnů existuje mnoho druhů svítidel jako jsou žárovky, výbojky, zářivky, různé reflektory, LED diody a mnoho dalších. [5], [6]

#### 2.1.2 Zastoupení denního světla při osvětlení haly

Procentuální podíl činitele osvětlenosti daného prostoru denním světlem je dán Nařízením vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. *Tzv. činitel denní osvětlenosti  $e$  [%]*, který je definován jako poměr osvětlenosti denním světlem v daném bodě dané roviny  $E_{\text{intr}}$  [lx] k současné srovnávací osvětlenosti venkovní nezacloněné roviny  $E_{\text{extr}}$  [lx], za předpokládaného nebo známého rozložení jasu oblohy. Přímé sluneční světlo je při obou měřeních vyloučeno [7], [8]

Pokud je pracoviště osvětleno pouze denním osvětlením a je na něm trvale vykonávána práce, poté zastoupení činitele denní osvětlenosti musí být minimálně  $D_{\min}$  1,5% a průměrně se tato hodnota musí pohybovat nad hranicí 3%. [7], [8]

Pokud je pracoviště osvětleno sdruženým osvětlením a je na něm trvale vykonávána práce, poté zastoupení činitele denní osvětlenosti musí být minimálně  $D_{\min}$  0,5% a průměrně se tato hodnota musí pohybovat nad hranicí 1%. V těchto případech se poměr mezi denním světlem a tím umělým pohybuje v poměru 1:1 až 1:5, při tomto poměru již má denní světlo minimální vliv na osvětlenost pracovního prostoru. [7], [8]

### 2.1.3 Barva a tón světla

K osvětlení pracovních prostorů se používá převážně bílé světlo. Mezi výjimky patří prostory, kde by přítomnost bílého světla ohrozilo, nebo dokonce znemožnilo vykonání dané operace. To jsou například temné komory na vyvolávání fotografií, ty jsou osvětleny světlem červeným. Tón bílého světla je přímo spjatý s zdánlivou barvou tzv. chromatičností vyzařovaného světla (Tabulka 2.1-1). Pro lepší představu se kvantifikuje náhradní teplotou chromatičností (K). [9]

Dělí se následovně:

Tabulka 2.1-1 Skupiny barevného tónu světla světelných zdrojů [9]

Barevný tón světla	Náhradní teplota chromatičností (K)
Teple bílý	Do 3300
Neutrálně bílý	3300-5300
Chladně bílý	Nad 5300

Barevný tón (Obr. 2.1-1) který je pro vybrané pracoviště zvolen musí vhodně ladit s barevným vybavením prostoru. Měl by na člověka působit příjemným dojmem, jak z psychické stránky, tak i estetické. Všechny předměty a jejich barvy by měly při působení umělého osvětlení vypadat přirozeně. Velmi důležité je, aby osvětlení neovlivňovalo vnímání a rozpoznávání bezpečnostních barev podle ISO 3864-1. Na území teplého klimatu se preferuje spíše chladnější tón světla, naopak na území chladnějšího klimatu se preferuje u světla teplejší barevný tón. [9]



Obr. 2.1-1 Ukázka teplot tónů světla [23]

## 2.2 Světelné jevy které jsou na pracovišti nežádoucí

### 2.2.1 Míhání a stroboskopické jevy

Oba tyto jevy působí velmi rušivě a mohou vést k různým fyziologickým problémům, jako je bolest hlavy, migrény, nebo třeba i zažívací obtíže. Míhání je v podstatě přerušovaný proud světla o nízké frekvenci. Například při přerušovaném průchodu denního světla větracím otvorem, nebo vratném pohybu stínícího objektu. Naopak stroboskopický jev vede k velmi nebezpečným situacím při vratném, nebo točivém pohybu. Jelikož tyto pohyby mohou být vnímány jinak, než se pohybují ve skutečnosti, mohou také vypadat, že se nepohybují vůbec, čímž vzniká právě to nebezpečí. Proto je velmi důležité při navrhování světelné soustavy dbát na zamezení těchto jevů. [9]

### 2.2.2 Oslnění

Dalším nežádoucím faktorem je oslnění, které ztěžuje, nebo dokonce znemožňuje vidění. Je to způsobeno přítomností velmi jasných objektů v zorném poli. Mezi ně patří zrcadla, lesklé části povrchu, velmi nasvícené povrchy, svítidla, okna, světlíky. Snahou je zabránit vzniku tohoto jevu za účelem předejití různým nehodám, únavě zraku a z toho plynoucím chybám, nebo nehodám. [9]

Oslnění se dělí podle způsobu jeho vzniku.

- **Oslnění kritickým jasem** – zde je jas zářícího objektu tak vysoký, že se s ním oko nedokáže vypořádat a znemožňuje vidění. Zdroji tohoto oslnění mohou být: přímý sluneční svit, nebo elektrický oblouk...
- **Přechodové oslnění** - je způsobeno nenadálou změnou jasu v zorném prostoru. Zde zrak nedokáže tak rychle zareagovat. Jedná se například o pohyb z temného prostoru do jasného a naopak, nebo rozsvícení v temné místnosti.
- **Oslnění kontrastem** – Je zapříčiněno, pokud se v zorném prostoru vyskytují objekty s velmi rozdílným jasem. Oko není na takový rozdíl připraveno a vzniká trvalé oslnění. Vzniká například pohledem na žárovku a poté na stěnu. [5], [9]

### 2.2.3 Nečekané události

Mezi nečekané události na pracovišti patří požáry, výbuchy, výpadky proudu aj.. Při výpadku proudu musí být zajištěn adekvátní rezervní zdroj osvětlení, aby zaměstnanci díky zhoršené viditelnosti neutrpěli újmu na zdraví. Dále musejí být dobře identifikovatelné tabulky ukazující směr k nejbližšímu nouzovému východu i samotné nouzové dveře. A to i při zhoršených nouzových podmínkách způsobených výpadkem proudu, nebo kouřem na pracovišti. [9]

## 2.3 Vliv osvětlení na pracovníky

### 2.3.1 Vliv na zdraví

Světlo má na fungování člověka zásadní vliv. Potvrzuje to i všem známé přísloví: „ Kam nechodí slunce chodí lékař.“ Světlo může na lidský organismus působit příznivě, ale ovšem také nepříznivě. Ovlivňujícími faktory jsou například množství světla, jeho spektrální složení, jak dlouho je mu člověk vystaven a také časový průběh osvětlení. [10]

Příznivě na lidský organismus působí hlavně přirozené denní světlo, které je zdrojem dynamicky proměnlivým a to jak intenzitou svého záření, tak jeho změnou barvy v průběhu dne. Také je velmi důležité střídání světla a tmy, které vede k udržení a synchronizaci lidských vnitřních biorytmů. Ty jsou zásadní pro psychickou pohodu a zdraví obecně, protože jejich ztráta je jedním z hlavních spouštěčů psychických poruch. Dále se přirozené denní světlo podílí zásadní měrou při tvorbě vitamínu D v lidském těle, tím podporuje imunitu a obranyschopnost organismu. [10]

Nepříznivé vlivy osvětlení lze rozdělit na přímé (fyziologické) a nepřímé (psychologické).

Mezi přímé lze jednoznačně zařadit nedostatek denního světla působícího na lidský organismus. Také již zmiňované oslnění může vést k trvalému poškození zraku. Negativní vliv na zdraví člověka má také pásmová nemoc tzv. „jet lag“, která vzniká rozhozením vnitřních hodin člověka při přeletech přes více časových pásem. Velmi závažným problémem je nadměrné vystavení pokožky UV záření, které vede ke tvorbě melanomů způsobujících rakovinu kůže. [10]

Nepřímo na člověka světlo působí narušením psychické pohody, negativní emoce z rušivého osvětlení, nebo nedostatečné intenzity, stres z problikávajícího světla, atd. Jelikož je každý člověk unikátní, tak každý se s těmito vlivy vypořádává odlišně. [10]

Ke zdravému pobytu ve vnitřních prostorách potřebuje člověk hlavně dostatečný přísun denního světla vyváženého s tím umělým pro dobrou psychickou pohodu všech zaměstnanců. Pokud se jedná o haly osvětlené jen umělým světlem, tak by v nich měly být všem přístupné hodiny ke správné orientaci v čase. Důležité pro zachování celkové pohody (psychické i zrakové) je eliminovat všechny rušivé prvky (např. oslnění, míhání, stroboskopický jev,...), nebo odstranění nadměrné zrakové zátěže. Kvůli těmto lidským potřebám vznikly zásady pro hygienu osvětlování, zákony a normy. I po splnění zmíněných kritérií se mohou v pracovním kolektivu najít zaměstnanci, na které tyto faktory působí jinak než na většinu a to je poté nutné řešit individuálně a dojít ke spokojenosti všech. [10]

### 2.3.2 Vliv na výrobu

Vliv osvětlení na přesnost výroby není tak zásadní, jako technologie výroby, volba nástroje, atd. K nepřesnostem vlivem špatného osvětlení dochází převážně následujícími příčinami. Zaprvé pokud je místnost nedostatečně osvětlena, nebo světlo působí intenzivně pod nepříznivým úhlem, nebo dokonce je osvětlení až příliš silné, může nastat chybné odečítání z měřicího zařízení. Zadruhé může mít člověk po delší práci v nevyhovujícím prostředí oči tak unavené, že se již na ně nemůže stoprocentně spolehnout a vše si radši dvakrát či třikrát ověřit, což vede ke zhoršení produktivity práce. Do třetice je zde psychická zátěž. Ta může nastat například rušením problikávající zářivkou nebo i jejím bzučivým zvukem a dalšími nežádoucími vlivy. Těmito rušivými vlivy je zaměstnanec ovlivněn natolik, že již není plně koncentrovaný na svou vykonávanou práci. To má za následek vznik malých chyb, ale i těch vedoucích k újmě na zdraví. [5], [7]

## 2.4 Způsoby měření rizikových faktorů

Před měřením samotným musí proběhnout Analýza rizik. Ta je základní činitel bezpečnosti práce ve firmách. Bez ní je zcela nemožné objevit, vyhodnocovat ani řídit nebezpečné faktory, které mohou při práci vznikat. Podle zákoníku práce je každý zaměstnavatel povinen tyto rizika vyhledávat a poté sjednat jejich nápravu. V následujícím schématu (Obr. 2.4-1) je možnost vidět celý cyklus řešení těchto problémů. [11]



Obr. 2.4-1 Schéma řízení rizik BOZP [11]

### 2.4.1 Vyhledávání rizik

Odborně způsobilá osoba dlouhodobě zkoumá vybrané pracoviště a snaží se zjistit, kde může vzniknout riziko porušení bezpečnosti práce. Na pracovišti kontroluje vše od dodržování základních předpisů BOZP, přes sledování činnosti zaměstnanců, až po nošení ochranných pomůcek a spousta dalších činností. [11]

- Analýza rizik

Poté přichází na řadu samotné analyzování rizika, které čerpá z nabytých informací z předešlého kroku, jež následně zpracuje a použije v následujícím kroku. [11]

- Identifikace rizik

Na tomto úkolu pracuje více zaměstnanců, vyhledávajících konkrétní činnosti, které mohou vést k pracovnímu úrazu, nebo jiné újmě na zdraví. Jsou zde zapojeny fyzické, chemické i biologické faktory. Pokud pracovník něco objeví, tak svůj objev neprodleně sdělí vedoucímu skupiny, což je rizikový analytik. [11]

- Hodnocení rizik

Rizika byla nalezena, analyzována a nakonec identifikována. Teď zbývá jen je zhodnotit pro následující přijetí opatření vedoucí k jejich eliminaci. Cílem tohoto kroku je zjistit, jak moc jsou tyto rizika zdraví ohrožující. Hlavnímu bezpečnostnímu technikovi náleží rozhodnutí zda

toto riziko přijmout, vyvarovat se mu, nebo ho snížit na přijatelnou mez. K hodnocení rizik je možné použít následující tabulku (Tabulka. 2.4-1). [11]

**Tabulka 2.4-1 Metodická tabulka pro hodnocení rizik BOZP [11]**

Riziko (R)	Bezpečnostní opatření
<b>R je menší než 15</b>	přijatelná úroveň rizika
<b>R v rozsahu 15 - 75</b>	riziko vyžaduje zvýšenou pozornost
<b>R v rozsahu 75 - 150</b>	riziko je nutné odstranit v termínu dle charakteru jeho nebezpečí
<b>R větší než 150</b>	riziko vyžaduje okamžité odstranění

## 2.4.2 Přijímání opatření

Po vyhodnocení všech rizik dochází k definování opatření, která vedou k odstranění, nebo alespoň jejich snížení. Ke správnému přijímání opatření je třeba vypracovat detailní plán všech daných postupů a to i s časem dokončení. [11]

## 2.4.3 Vedení dokumentace

Podle zákoníku práce je každá společnost povinna celý proces řízení rizik zdokumentovat. V těchto dokumentech musí být zaznamenány všechny předešlé kroky a také jejich aktualizace. Tato dokumentace se poté nazývá Registr rizik. [11]

## 2.4.4 Informování o rizicích

Zaměstnavatel je povinen seznámit všechny zaměstnance, kterých se to týká, se zjištěnými riziky. To je prováděno formou různých školení, kde závěrem musí zaměstnanci stvrdit podpisem, že toto školení absolvovali. Školení se musejí zúčastnit i externí pracovníci, kteří jednou za čas přijdou s tímto pracovištěm do styku. [11]

## 2.4.5 Sledování a kontrola

V tomto kroku nastává čas na kontrolu zaměstnanců, zda nově přijatá opatření dodržují a také jestli jsou dostatečně účinná. Popřípadě je nutné přijatá opatření upravit a změny zanést do příslušné dokumentace. Jelikož řízení rizik je kontinuální a nikdy nekončí, tak je třeba všechny předešlé kroky stále opakovat a tím zajišťovat bezpečné pracovní prostředí neustále. [11]

## 2.5 Intenzita osvětlení

### 2.5.1 Měření intenzity osvětlení

Intenzita osvětlení v daném prostoru se měří pomocí zařízení zvaného Luxmetr. Je pojmenovaný podle základní veličiny, ve které měří a to jsou Luxy. Jeden Lux je definován jako osvětlení způsobené světelným tokem jednoho Lumenu dopadající na plochu jednoho metru čtverečního. Lumen patří mezi základní jednotky SI a je definován jako světelný tok vyzařovaný do prostorového úhlu 1 steradiánu bodovým zdrojem, jehož svítivost je ve všech směrech 1 kandela. V luxech se měří ve většině zemí světa. Výjimkou jsou země, kde nemají zavedený metrický systém, jako je například USA. Zde se intenzita osvětlení měří v podstatě stejným přístrojem jako je luxmetr, jen výstup z něj jsou hodnoty v jiných jednotkách a to fc

(foot-candle). Ty jsou stejně jako luxy definovány jako osvětlení jednoho lumenu dopadající ale na plochu jedné stopy čtvereční. Jeden fc je přibližně 10,764 luxu. [12], [13], [14]

## 2.5.2 Světelné limity

Zavedení světelných limitů je důležitým krokem k ochraně lidské psychiky, předchází vzniku nejrůznějším očním vadám a též mají za následek lepší zrakovou pohodu i tu mentální. To vše a mnohem více vede k zlepšení produktivity práce a menší chybovosti. [9]

Téměř všude na světě existují různé národní zákony, normy nebo vyhlášky, které tyto limity nastavují. V České republice tyto limity nastavuje technická norma ČSN EN 12454-1, která je platná i ve všech státech Evropy. Jako zástupce nového kontinentu je zde Americká národní technická norma OSHA 1926.56 Safety and Health Regulations for Construction. Asie má dva zástupce a to Indickou technickou normu IS 6665 Code of practice for industrial lifting. A také Japonskou technickou normu JIS Z 9110: 2010 General rules of recommended lighting levels. Dále jsou tady země, ve kterých tyto limity nikdo nenastavuje, nebo jsou nastavené, ale nikdo jejich dodržování nekontroluje. Jedná se především o chudší či rozvojové země, nebo místa s velmi levnou pracovní silou. [9], [15], [16], [17]

V následující tabulce (Tabulka 2.5-1) dochází k porovnání jednotlivých technických norem.

**Tabulka 2.5-1 Porovnání jednotlivých technických norem [9], [15], [16], [17]**

Prostředí /norma	Evropská (ČR)	USA	Indie
Kanceláře	500 lux	323 lux	300 lux
Toalety	200 lux	108 lux	200 lux
Cesty	100 lux	54 lux	100 lux
Sklad	150 lux	32 lux	130 lux
Hala – manuální činnost se zásadní rolí zraku	300 lux	108 lux	300 lux

V této tabulce chybí japonská norma, jelikož není nikde volně dohledatelná v plném znění. Ta je obecně přísnější než výše zmiňované normy. Například osvětlení kanceláří je zde nastaveno na 750 luxů. Z tabulky je možné vydedukovat, že ze zmiňovaných norem je nejprísnejší ta evropská. Překvapivě se jí velmi podobá i ta indická, která se liší jen nepatrně. Nejvíce benevolentní normou je americká OSHA. Ta není tak dopodrobna propracovaná, jako předešlé dvě, které rozlišují nejrůznější typy výroby, typ vnitřního prostředí atd. Udává pouze základní minimální hodnoty, které musí být splněny obecně. Ale firmy se mohou řídit podle vlastních technických norem pro větší ergonomičnost pracovního prostředí, což ve větší míře také dělají. [9], [15], [16], [17]

## 2.6 Kriteria hodnocení

Existuje mnoho způsobů hodnocení rizik BOZP a nedá se říci o žádném, že je všeobecně použitelné. Při rozhodování, jaké hodnocení zvolit je důležité zohlednit používané technologie a pracovní postupy používané právě u zkoumaného pracoviště. Dokonce je možné následující metody vzájemně kombinovat. [11], [18]

## 2.6.1 Metody hodnocení

### 2.6.1.1 Základní jednoduchá pěti-bodová metoda

Jedná se o základní a velmi jednoduchou metodu. Při níž se používá pět základních hodnotících kategorií a dvě hodnotící kritéria, která jsou obodována od 1 do 5, kde 5 je nejvyšší riziko a 1 je naopak riziko nejnižší (Tabulka 2.6-1). Aby se zjistila skutečná míra rizika, musí se tyto dvě kritéria mezi sebou vynásobit. [18]

Tabulka 2.6-1 Rozhodovací tabulka pro pětibodovou metodu [18]

pravděpodobnost rizika	Následky zdroje rizika
<b>1 - nahodilá</b>	1 - poranění bez pracovní neschopnosti
<b>2 - nepravděpodobná</b>	2 - absenční úraz s pracovní neschopností
<b>3 - pravděpodobná</b>	3 - vážnější úraz s hospitalizací
<b>4 - velmi pravděpodobná</b>	4 - těžký úraz s trvalými následky
<b>5 - trvalá</b>	5 - smrtelný úraz

### 2.6.1.2 Jednoduchá metoda HSE

Toto je jedna z dalších jednodušších metod. Ta je doporučována organizací The Health and Safety Executive, která pochází z Velké Británie. Používá se pro menší podniky s maximálně deseti zaměstnanci, kde nehrozí žádné chemické nebezpečí. K hodnocení se používá těchto pět základních kroků:

1. Vyhledávání – kompletní analýza pracoviště včetně zaměstnanců
2. Přehodnocení – ověření, zda se nalezená rizika netýkají dalších osob a kontrola dodržování všech bezpečnostních předpisů
3. Zhodnocení pravděpodobnosti rizikové události – zjištění jaké riziko může napáchat škody, popřípadě ho eliminovat
4. Přesvědčení – seznámit zaměstnance s úpravou pracoviště a dohlédnutí na jeho správné využívání
5. Dokumentace – Všechny změny zanést do podnikové dokumentace[18]

### 2.6.1.3 Kontrolní seznam – Checklist

Tato metoda spočívá v soustavné kontrole, při níž se plní a současně odškrtavají dopředu stanovená opatření. Samotný kontrolní seznam vzniká rukou v ruce se zásadami BOZP a také s ohledem na pracovní činnosti, použité technologie a výrobní postupy na zkoumaném pracovišti. Tento seznam je důležité pravidelně aktualizovat a zjišťovat účinnost jím přijatých opatření. [18]

### 2.6.1.4 Bezpečnostní kontrola – Audit

Při této metodě se jedná o vyhledávání potenciálních rizikových faktorů, nehod či jiných nebezpečných situací. Tato metoda by měla být prováděna bezpečnostním technikem, který vybrané pracoviště detailně zná, nebo alespoň pod jeho dohledem. Tato metoda se ve velké míře používá pro zkoumání pracovních, či technologických postupů. Cíl této metody je hlavně zjistit možné příčiny a následky při vzniku potenciálního nebezpečí. Tato metoda mi byla doporučena konzultantem této BP, jelikož pro mnou zkoumaný rizikový faktor se prý jeví jako nejspolehlivější a také mnohokrát ověřená v praxi. [18]



### **2.6.1.5 Další metody hodnocení**

Existuje spousta dalších metod hodnocení, některé jsou známější, jiné zase méně. Zde je příklad dalších metod:

Metoda What if - co se stane když

Metoda JBM

Metoda BOMECH

Metoda ZHA - Zürich Hazard Analysis

Metoda HRA - analýza lidské spolehlivosti

Metoda PHA - předběžná analýza ohrožení

Metoda CCA - analýza příčin a dopadů

Metoda FMEA - analýza selhání a jejich dopadů

Metoda PSA - pravděpodobnostní hodnocení

Metoda RR - relativní klasifikace

Metoda ETA - strom událostí

Metoda FTA - strom poruch

Metoda QRA - analýza kvantitativních rizik procesu

Metoda HAZOP - analýza ohrožení a provozuschopnosti

Metoda FL-W - mlhavá logika verbálních výrobků [18]

### 3 Analýza pracovních podmínek na vybraném pracovišti

#### 3.1 Popis vybraného pracoviště

Měření probíhalo ve společnosti BRUSH SEM s.r.o., která dříve nesla název Škoda energetické stroje. Jedná se o strojírenskou firmu zaměřující se na výrobu elektrických generátorů o výkonech nad 20 MVA převážně pro plynové, paroplynové a vodní turbíny. Nedílnou součástí výroby jsou také transformátory, spínače a mimo jiné různé budící a monitorovací systémy. Společnost byla založena roku 1859 hrabětem Waldsteinem. O deset let později ji zakoupil Emil Škoda spolu s dalšími plzeňskými továrnami, čímž vznikly dnes již legendární Škodovy závody. V roce 1924 zde byl vyroben první generátor. Roku 2001 byla zakoupena britskou společností FKI Energy Technology. Od roku 2008 vystupuje již pod současným názvem, kdy byla zakoupena společností Melrose spolu s dalšími evropskými továrnami (Obr. 3.1-2) podobného typu, které se nyní podílí na výrobě generátorů BRUSH. Do dnešních dnů zde bylo vyrobeno více než 2000 generátorů, tím patří k celosvětové špičce. Zkoumanou částí výroby byla hala s názvem „Gigant“, která byla postavena kvůli plánované výrobě generátoru pro jadernou elektrárnu Temelín v roce 1950. Respektive její část takzvaná „cívkárna“, ve které se pracuje převážně manuálně na výrobě a odzkoušení různých satorových, či rotorových měděných tyčí vinutí. Na tomto pracovišti se pohybuje 13-20 zaměstnanců, to ovšem závisí na počtu objednávek a termínu jejich předání. [19], [20]



Obr. 3.1-1 Logo [19]



Obr. 3.1-3 Pohled na výrobní areál [24]



Obr. 3.1-2 Mapa továren Brush [19]

## 3.2 Pracovní snímek dne

Zkoumaným rizikovým faktorem je osvětlení, tudíž byl vytvořen komplexní časový snímek dne všech zaměstnanců ve zkoumaném prostu. V této části výroby se pracuje ve dvousměnném provozu a časová organizace směn je totožná. Posuzovaná skupina pracovníků je složena z mužů i žen. Jejich věk se pohybuje od 19 let do 65 let. V této hale se v žádném případě nejedná o pásovou výrobu, kde by všichni zaměstnanci vykonávali naprosto stejnou práci. Pracovníci zde pracují buď v opravdu malých skupinkách, nebo samostatně. Každý zde dělá něco jiného, ale práce na sebe navzájem navazují. Jeden například váže měděné pláty k sobě. Na dalším pracovišti jsou ohnuty do požadovaných rozměrů, pak jsou omotány speciální páskou. Následně jsou jeřábem převezeny do lisu a nakonec jsou přemístěny do zkušebny, kde se testují. To vše probíhá jen v této hale, až když je více hotových a odzkoušených tyčí, tak se převáží do jiné haly.

Tabulka 3.2-1 Pracovní snímek dne

Činnost	Počáteční čas	Čas konce	Vystaven rizikovému faktoru
Příchod do zaměstnání	5:50	6:00	ne
Každodenní kontrola pracoviště	6:00	6:15	ano
Zajištění potřebného materiálu	6:15	6:30	ano
Každodenní porada	6:30	7:00	ano
Samotná činnost	7:00	10:30	ano
Pauza na svačinu	10:30	11:00	ne
Zběžná kontrola pracoviště	11:00	11:10	ano
Doplnění potřebného materiálu	11:10	11:25	ano
Samotná činnost	11:25	13:40	ano
Závěrečná kontrola pracoviště + úklid	13:40	14:00	ano
Odchod ze zaměstnání	14:00	14:10	ne

Z tohoto časového snímku dne je patrné, že zaměstnanci jsou vystaveny tomuto rizikovému faktoru většinu času směny a to přibližně 90 % z celkového času pobytu v zaměstnání. Tomuto faktoru nejsou vystaveni pouze v šatně, když jdou na pauzu, nebo pokud jsou nuceni přecházet mezi halami.

## 3.3 Měření reakčních časů

### 3.3.1 Teorie reakční doby

Reakční čas je v podstatě doba, kterou potřebuje lidský organismus na to, aby vyvolal nějakou odezvu. Je pravda, že lidský mozek si dokáže uvědomit signály, které trvají pouze 0,02s, ale reakce na ně je delší, jelikož je velký rozdíl signál si uvědomit a na něj reagovat.

Běžný člověk má tento termín nejčastěji spojen s řízením vozidla a nebo ze sportu, ale i tak existuje mnoho dalších využití tohoto oboru v praxi, který se nazývá Reaktometrie. [28], [29]

### 3.3.2 Ovlivňující faktory času reakce

Jedním z hlavních ovlivňujících faktorů je pozornost. Stačí jen, aby se člověk nevěnoval dané činnosti na plno a rázem se reakční čas zvýší i několikanásobně. Když má například zaměstnanec monotónní práci, tak jeho pozornost s časem upadá a nevyhne se přemýšlení o jiných věcech z jeho života. [28], [29]

Dalším faktorem je mentální zátěž. Pouhá každodenní konverzace prodlužuje reakci, a co teprve když je konverzace vedena na vyšší odborné úrovni a od zaměstnance se čekají odborné a smysluplné odpovědi. [28], [29]

V neposlední řadě je velmi důležitým faktorem věk. Různé výzkumy prokázaly, že lidé, jejichž věk překračuje hranici šedesáti let, mají opožděné reakce v průměru o 20-30%. Dalšími faktory mohou být například: mentální zdatnost jedince, míra stresu, přesnost zraku, atd. [28], [29]

### 3.3.3 Příprava měření

První a nejdůležitější věc, bylo najít a otestovat různé reakční aplikace a z nich vybrat tu, která nezabere mnoho času zaměstnancům. Dále aby všechny její postupy byly opakovatelné u každého zaměstnance a nakonec aby její výstup byl srozumitelný a vhodný pro další využití. Také bylo nutné vybrat zařízení, na kterém bude měření probíhat. Po důkladném testování mnoha aplikací se nejlépe jevila ta od KewakApps s názvem Reaction-Test Your Reflex. A jako měřicí zařízení byl zvolen tablet Lenovo Tab3, díky velikosti displeje a snadné přenosnosti. Jelikož ono měření probíhalo během druhé vlny šíření virového onemocnění COVID19, bylo nutné zajistit dezinfikování měřicího zařízení po každém zaměstnanci, aby se předešlo šíření viru mezi testovanými subjekty.

### 3.3.4 Průběh měření

Před začátkem samotného měření bylo zapotřebí každému zaměstnanci pečlivě vysvětlit, jak bude měření probíhat a co se od něj vyžaduje. Poté každý absolvoval reakční test na nečisto, aby při samotném měření nebyl ničím překvapen. Jelikož je používána aplikace poměrně lehká na pochopení, tak v tom nebyl téměř žádný problém. Jediným nastalým problémem byl jazyk aplikace, jelikož ne všichni zaměstnanci uměli anglicky, ale tento problém odpadl po cvičném kole. Měření bylo ochotno se zúčastnit zhruba 90% zaměstnanců. Zbýlých 10% se odmítli zapojit z nejrůznějších osobních i pracovních důvodů.

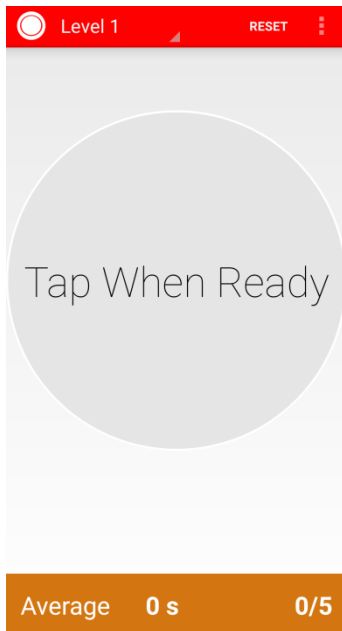
Měření probíhalo v pěti časových intervalech:

- Po příchodu do zaměstnání
- V mezidobí mezi příchodem a pauzou
- Těsně před pauzou
- Těsně po pauze
- Před koncem směny

Měření v jednom časovém intervalu trvalo vždy mezi 15 – 20 minutami, to se lišilo počtem zaměstnanců přítomných na hale v jednotlivých dnech měření. Počet zúčastněných zaměstnanců na hale se pohyboval mezi 13-15 lidmi. Doba kdy jedinec absolvoval test trvala mezi 50-80 sekundami, což bylo ovlivněno algoritmem aplikace.

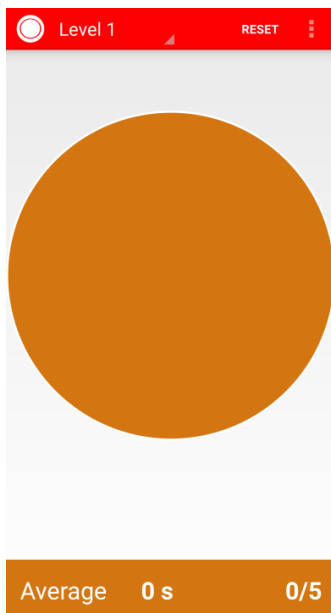
### 3.3.5 Měření reakcí po krocích

Reakční test začíná bílou obrazovkou s šedým kruhem, ve kterém je napsáno „Tap When Ready“, to účastníka informuje o startu testu, jakmile se dotkne šedého kruhu.



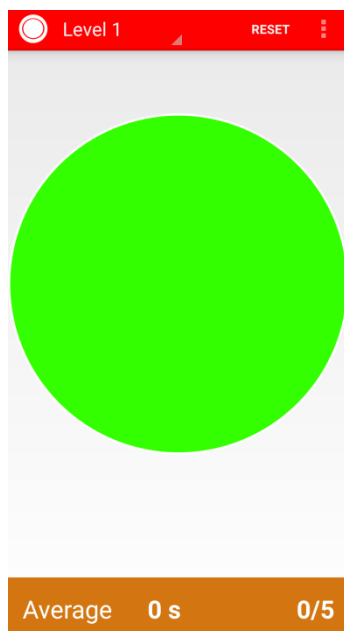
Obr. 3.3-1 Reakční test část 1.

Nyní se barva kruhu změní na hnědou, což znamená že test již je v provozu. Zaměstnanec čeká dokud se barva kruhu nezmění na zelenou.



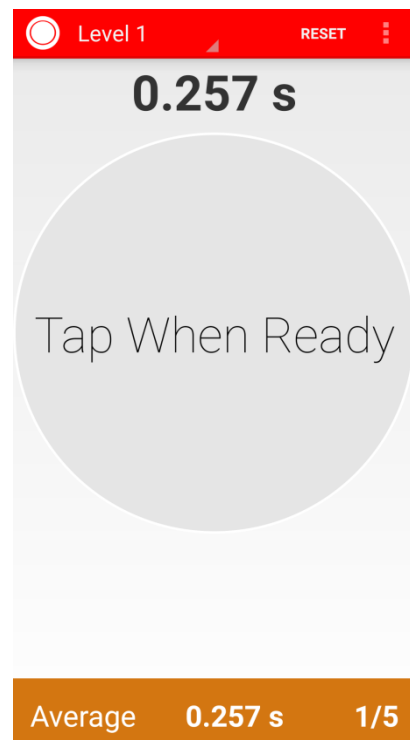
Obr. 3.3-2 Reakční test část 2.

V této fázi účastník testu spatří zelený kruh a jeho úkolem je co nejrychleji se ho dotknout. Změna hnědé na zelenou je řízena algoritmem, tudíž není dopředu jasné po jaké době ke změně dojde.



Obr. 3.3-3 Reakční test část 3.

Nakonec po dotknutí se zeleného kruhu se opět objeví šedý startovací kruh. A navíc se na horní části displeje objeví čas předešlé reakce. Dále se na spodní části displeje počítá průměrná doba reakce, ta je teď po prvním kole shodná s časem té předešlé. V pravém dolním rohu se ještě nachází ukazatel počtu kol. Předešlé kroky se poté provedou stejným způsobem ještě čtyřikrát. Výstupní hodnotou je průměrná doba reakce po pěti kolech.



Obr. 3.3-4 Reakční test část 4.

### 3.3.6 Strategie měření

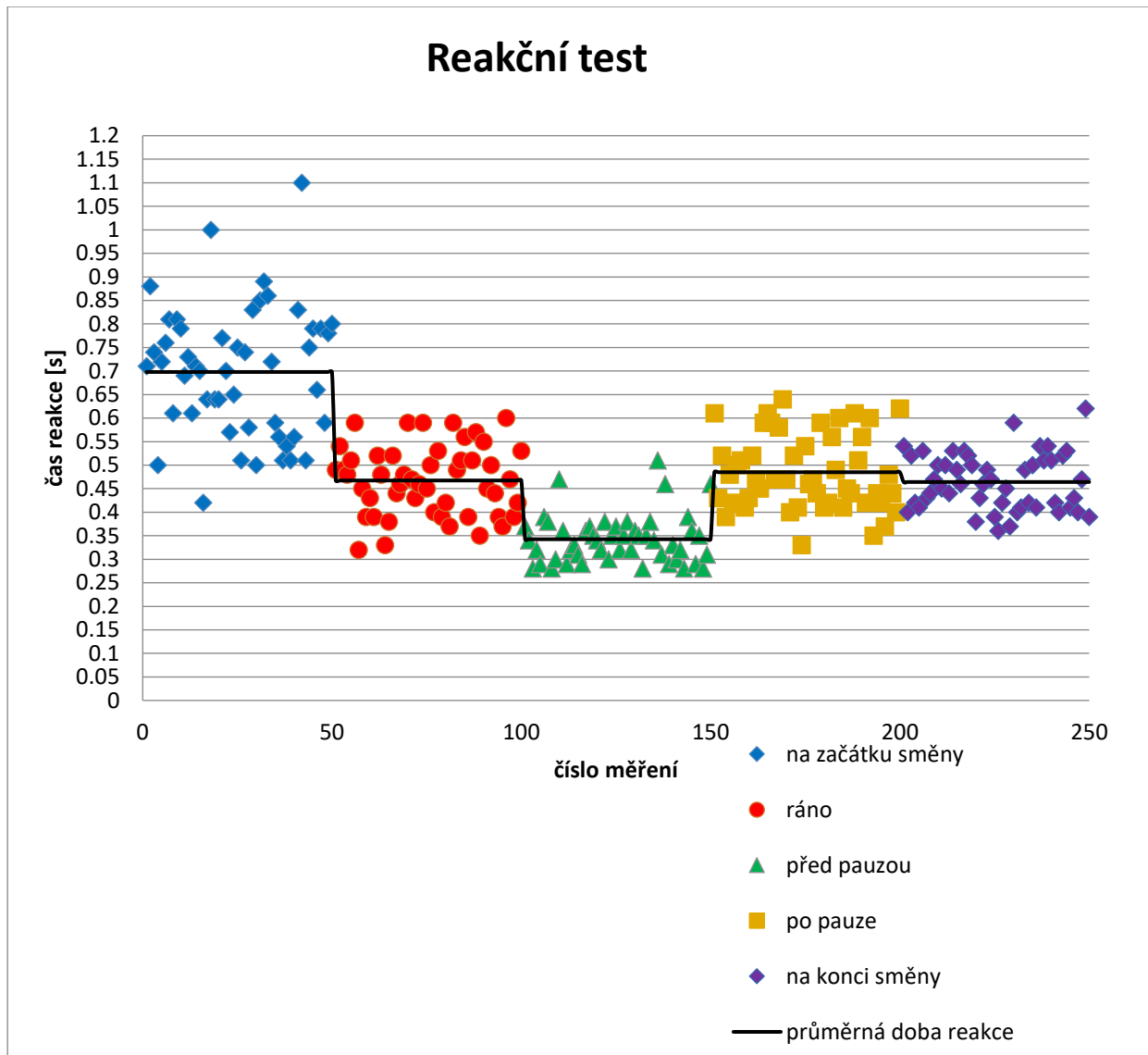
Všem zaměstnancům byla doporučena mnou ověřená a z mého pohledu nejefektivnější strategie držení a měření na tabletu. Ta spočívala v tom, že zaměstnanec drží tablet svou slabší rukou a tou silnější se snaží ukazováčkem co nejrychleji dotknout displeje. Některým pracovníkům připadalo efektivnější držení tabletu v obou rukou a displeje se dotýkali palci. Jiní zase preferovali si tablet položit na pracovní desku a tím pádem mít volné obě ruce. Poslední metoda používaná zaměstnanci spočívala v tom, že tablet pevně drželi v levé ruce, pravou ho lehce přidržovali a dotýkali se ukazováčkem, který byl připraven nad displejem. Vzdálenost prstu od displeje byla vždy zhruba stejná, aby výsledky byly směrodatné a dráhy pohybu prstu byly totožné. Nejrychlejší čas reakce byl zaznamenán doporučenou metodou, naopak ten nejpomalejší byl změřen když se zaměstnanec tabletu dotýkal palci.

### 3.3.7 Výsledky měření

Během tohoto měření bylo zaznamenáno dvěstěpadesát hodnot. Na směně se vždy pohybovalo mezi 12-15 zaměstnanci, kteří byli ochotni tento test podstoupit. Měření probíhalo jak v ranní, tak odpolední směně a ve stejných časech od začátku směny. Všechny hodnoty byly zaznamenány a byl z nich vytvořen bodový graf.



Obr. 3.3-5 Zaměstnanec při měření reakčních časů



Graf 3.3-1 Výsledek měření reakčního testu

Z grafu (Graf 3-1) lze vidět, že na začátku směny měli zaměstnanci reakce nejpomalejší, a to z důvodu počáteční unavenosti atd. Čas reakcí se snižoval až do pauzy, jelikož zde byla vidět maximální koncentrace na zadanou práci a navíc již skončily různé porady, klábosení jako na začátku směny. Po pauze je evidentní poměrně velký skok v měřených časech, jelikož během pauzy se morálka uvolnila a po jejím konci se jen těžko vracela na původní hodnotu. Ke konci směny je patrný mírný pokles v čase reakce. Opět se zvýšila koncentrace na odvedenou práci, ale zároveň nedosáhla tokové úrovně, jako před pauzou. Jelikož konec směny se nezadržitelně blížil a každý už se viděl někde jinde. Nejpomalejší reakce činila 1,1 sekundy a byla změřena na začátku směny. Naopak nejrychlejší reakční čas byl změřen v úseku před pauzou, který činil pouhých 0,28 sekund.



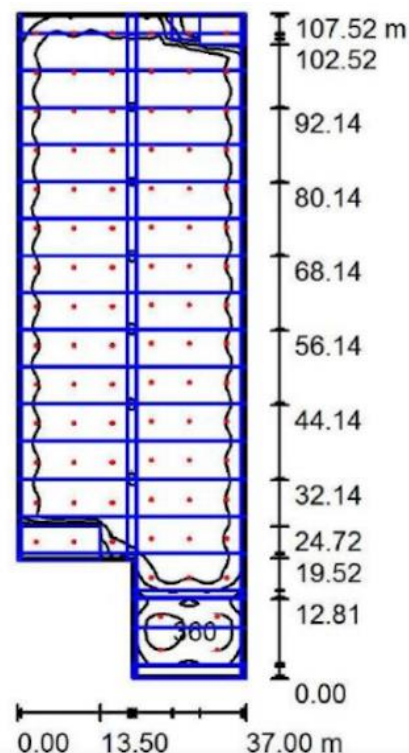
## 4 Sestavení světelné mapy

### 4.1 Příprava měření

Prvním a nejdůležitějším krokem bylo získání představy o rozměrech měřené haly. Ty mi byly poskytnuty samotnou firmou, za což jsem velmi vděčný. Celková výměra haly činní 3 714 m<sup>2</sup> (Obr. 4.1-1, příloha 1). Dále bylo nutné určit, jak hustá bude výsledná mapa. V tomto případě se jedná o měření po 3,7 metrech na šířku a po 4 metrech na délku. V neposlední řadě se museli vyměřit a vyznačit orientační body, ve kterých bude měření probíhat. Bohužel některé úseky haly nemohly být změřeny, díky nebezpečí úrazu při vstupu do dané oblasti, nebo její nepřístupnosti z různých důvodů. Na mapě jsou označeny křížkem. Celkem pro každé měření bylo zaznamenáno 222 hodnot.

### 4.2 Popis měření

Za prvé bylo nutné kalibrovat a nastavit nulu u zapůjčeného luxmetru, aby celé měření neprovázela chyba. Jednalo se o digitální luxmetr MS-150 (Obr. 4.2-1) s přesností naměřených hodnot  $\pm 3\%$ , s rozsahem měření 0 – 40000 luxů. Je možné ho ovládat pouze jednou rukou, což velmi zefektivnilo toto měření. Aby výstupní data byla směrodatná, bylo nutné měření provádět vždy ve stejné výšce nad zemí a také se muselo vyvarovat stínění od osoby, která prováděla měření, takže bylo nutné měřit nataženou rukou co nejdále od těla. Naměřené hodnoty se ručně zapisovaly do předem vytvořené tabulky ihned po změření jednotlivých hodnot. Hala je osvětlena pomocí bodových světél tzv. výbojek. Ty jsou umístěny u stropu ve výšce osmi metrů nad zemí. Hala je rozdělena na dvě části a v každé té části je osvětlení realizováno tak, že výbojky se nachází pouze uprostřed ve dvojicích zhruba po pěti metrech. Dále jsou zde přidány halogenové reflektory, pro dosvícení pracovní plochy.



Obr. 4.1-1 Plocha haly



Obr. 4.2-1 Luxmetr [25]



Obr. 4.2-2 Část zkoumané haly

### 4.3 Světelné limity pro zkoumané pracoviště

Pro zjištění světelných limitů ve zkoumané hale byla použita ČSN EN 12454-1 . V ní lze vyhledávat podle typu výroby, v tomto případě se jedná o elektrotechnický průmysl. Z příslušné tabulky (Tabulka 4.3-1) je jsou poté vyčteny data. Jelikož se v normě nenachází přesně tento typ výroby, proto po konzultaci s hlavním bezpečnostním technikem byla měřená hala připodobněna prostředí z jiného průmyslového odvětví se srovnatelnou zřakovou zátěží pro zaměstnance (Tabulka 4.3-2), kterým je slévání a výroba odlitků.

Tabulka 4.3-1 Světelné limity - Průmyslové řemeslné činnosti – Elektrotechnický průmysl [9]

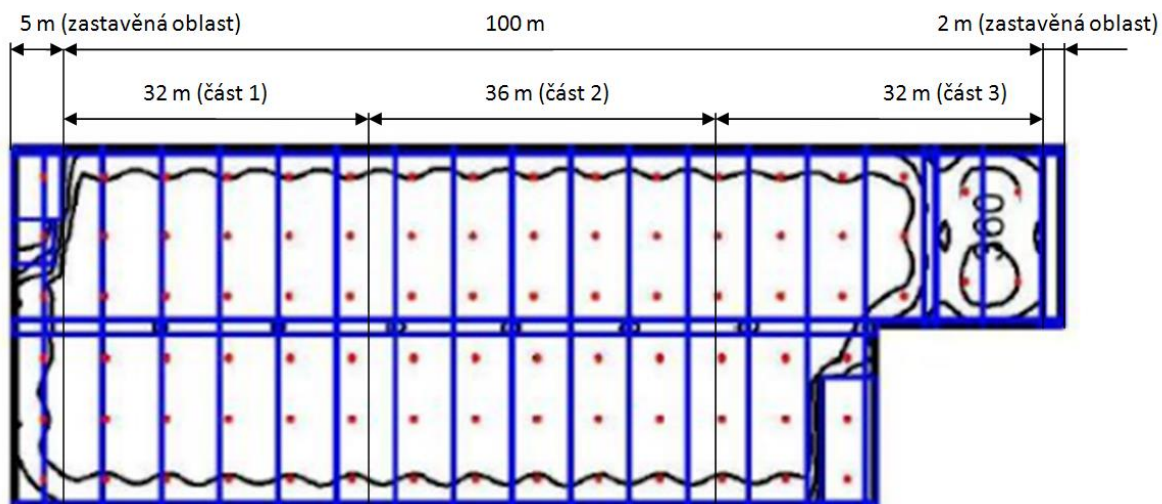
Ref. číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	$E_m$ lx	$UGR_L$ –	$U_o$ –	$R_s$ –	Specifické požadavky
5.11.1	výroba kabelů a drátů	300	25	0,6	80	
5.11.2	navíjení					
	– velkých cívek	300	25	0,6	80	
	– středních cívek	500	22	0,6	80	
	– malých cívek	750	19	0,7	80	
5.11.3	impregnace vinutí	300	25	0,6	80	
5.11.4	galvanické (elektrolytické) pokovování	300	25	0,6	80	
5.11.5	montážní práce					
	– hrubé, např. velké transformátory	300	25	0,6	80	
	– střední, např. vypínače	500	22	0,6	80	
	– jemné, např. telefony, rádia, IT zařízení (počítače)	750	19	0,7	80	
	– velmi jemné, např. měřicí přístroje, desky s tištěnými obvody	1 000	16	0,7	80	
5.11.6	elektronické dílny, zkoušení, justování	1 500	16	0,7	80	

Tabulka 4.3-2 Světelné limity - Průmyslové řemeslné činnosti – Slévárny a výroba odlitků[9]

Ref. číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	$E_m$ lx	$UGR_L$ –	$U_o$ –	$R_s$ –	Specifické požadavky
5.13.1	průchozí podzemní tunely, sklepy atp.	50	–	0,4	20	Bezpečnostní barvy musí být rozlišitelné.
5.13.2	plošiny	100	25	0,4	40	
5.13.3	příprava písku	200	25	0,4	80	
5.13.4	čistírna odlitků	200	25	0,4	80	
5.13.5	pracovní místa na kuplovacích pecích a mísících	200	25	0,4	80	
5.13.6	licí haly, licí pole, odlévárna	200	25	0,4	80	
5.13.7	místa vyklepávání odlitků z forem	200	25	0,4	80	
5.13.8	strojní formování, strojní výroba forem	200	25	0,4	80	
5.13.9	ruční výroba forem a jader	300	25	0,6	80	
5.13.10	tlakové lití	300	25	0,6	80	
5.13.11	výroba modelů	500	22	0,6	80	

#### 4.4 Měření za přítomnosti pouze umělého osvětlení

Toto měření probíhalo 12.11.2020 od 6:10 do 6:50. V tomto případě byla hala osvětlena pouze pomocí stropního umělého osvětlení a nebylo zde přítomné denní světlo. Toto měření poslouží jako takzvaná základní míra, se kterou se ostatní měření budou porovnávat. Je nutné upozornit, že přesnost měřených hodnot může být  $\pm 3\%$  díky uváděné možnosti chyby u používaného luxmetru. Tato i následující světelné mapy jsou rozděleny do tří částí ( viz obr.4.4-1), z důvodu lepší čitelnosti naměřených hodnot. Pole ve světelných mapách jsou barevně rozlišeny podle následující legendy (Tabulka 4.4-1 )



Obr. 4.4-1 Schéma rozdělení světelných map na tři části

Tabulka 4.4-1 Schéma barevného rozlišení světelných map

0-100 lx	příliš nízká intenzita	
100-200 lx	nižší intenzita ale nevyhovující	
200-300 lx	splňuje minimální požadavky	
300-500 lx	optimální intenzita	
500-1000 lx	vyšší intenzita ale přijatelná	
1000- max lx	příliš vysoká intenzita	

Tabulka 4.4-2 Světelná mapa (pouze umělé světlo)část 1.

0 [m]↓→	4	8	12	16	20	24	28	32
3,7	103	95	145	143	140	147	162	160
7,4	193	237	236	297	178	202	200	312
11,1	217	319	245	251	222	269	332	390
14,8	206	297	209	295	217	244	299	320
18,5	157	275	270	256	197	252	295	315
Předěl 22,2	36	37,7	103	80	130	101	148	157
25,9	165	77,4	110	164	242	263	326	365
29,6	185	122,5	122	165	200	293	275	380
33,3	177	136,9	103	142	170	175	255	321
37	173	83,3	105	110	112	102	152	165

**Tabulka 4.4-3 Světelná mapa (pouze umělé světlo) část 2.**

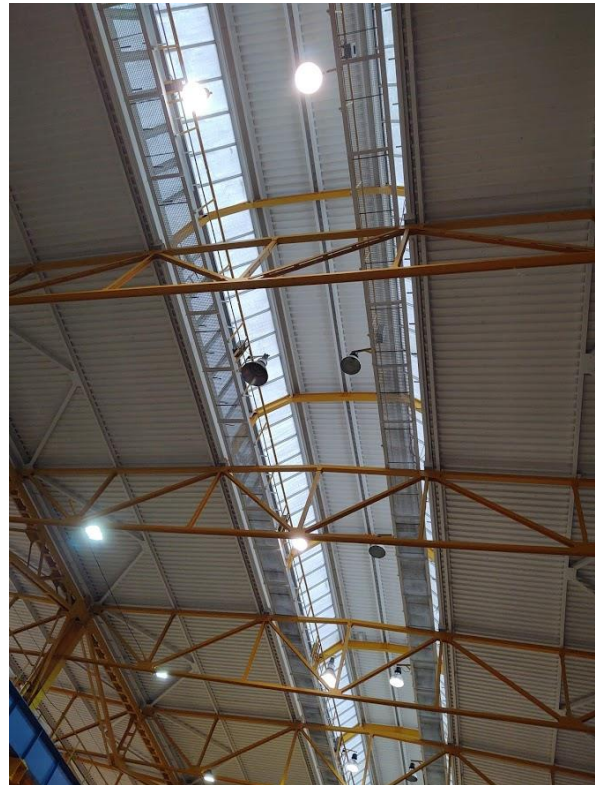
36	40	44	48	52	56	60	64	68
198	184	x	x	x	x	x	x	x
320	323	x	x	x	190	217	347	310
371	443	456	368	267	405	556	456	516
462	520	472	260	320	327	320	383	356
365	465	480	360	275	259	312	371	382
180	187	201	147	115	90	170	102	143
341	370	315	238	246	172	185	176	235
369	386	348	270	195	162	250	272	317
277	247	280	248	178	161	212	203	307
145	156	148	136	130	115	162	128	182

**Tabulka 4.4-4 Světelná mapa (pouze umělé světlo) část 3.**

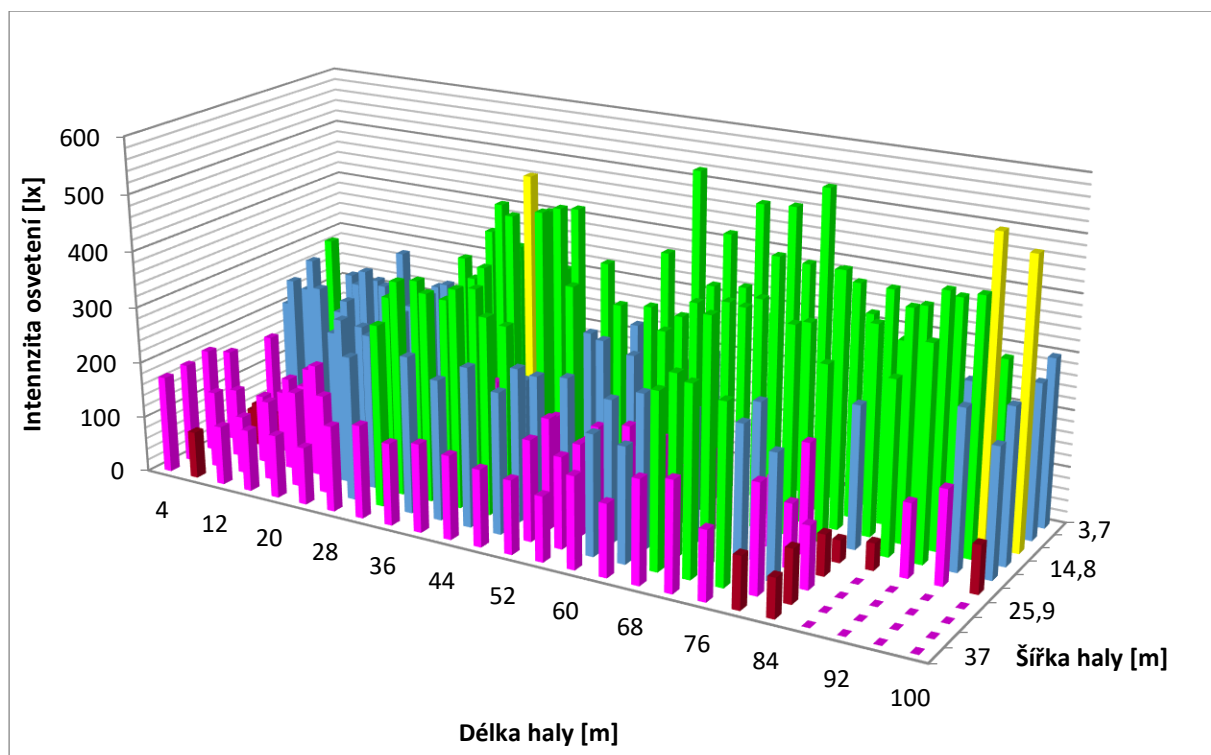
72	76	80	84	88	92	96	100
x	x	203	232	216	202	201	298
407	406	340	304	260	256	304	274
520	560	410	409	391	415	532	505
452	350	448	368	405	443	445	274
397	364	308	250	305	375	280	228
70	126	195	40	48	130	166	85
196	272	113	73	x	x	x	x
422	256	220	111	x	x	x	x
330	312	192	95	x	x	x	x
193	123	93	70	x	x	x	x

Na tomto typu výrobní haly jsou normou nastaveny minimální hodnoty intenzity světla. Ty činí minimálně 200 luxů nad výrobním strojem a 100 luxů na cestách.

Z naměřených dat je možno vyzorovat, že nejhůře dopadl takzvaný předěl mezi halami. To je dáno tím, že zde vede potrubí větracího systému. V tomto místě nestojí žádný stroj, jsou zde umístěny jen pojistné skříně. Zaměstnanci se zde téměř nevyskytují. Dále je možné si všimnout prudkých poklesů intenzity osvětlení, například sektor v délkové vzdálenosti 4-16m a šířkové vzdálenosti 22,2-37m. Zde je na vině více porouchaných výbojek a to samé platí pro délkovou vzdálenost na 84m. Výbojky nebyly opraveny, protože na rok 2020 byla naplánována modernizace osvětlení této haly. Výbojky měly být nahrazeny úspornějšími a efektivnějšími zářivkami. Bohužel díky COVID 19 se prostředky připravené na modernizaci využily pro jiné účely chránící zaměstnance před tímto onemocněním. Závěrem hala je osvětlena spíše nedostatečně. Také je možné vyzorovat, že první část haly (šířková vzdálenost 0-18,5m), je v průměru více osvětlená než její zbytek. Maximální hodnota naměřená v tomto období činila 560 luxů, minimální 36 luxů a průměrná hodnota osvětlení na hala byla 250 luxů. Na následujícím grafu je znázorněno, jak se liší intenzita světla v jednotlivých úsecích haly.



**Obr. 4.4-2 Rozbité výbojky na hale**



Graf 4.4-1 Rovnoměrnost intenzity osvětlení (pouze umělé světlo)

#### 4.5 Měření za přítomnosti sdruženého osvětlení – zataženo, podzim

Toto měření probíhalo 12.11.2020 v čase 9:00 -9:40. V tomto případě do haly již pronikalo i denní světlo. Ten den bylo zataženo, tudíž měření probíhalo za konstantních podmínek. A jelikož data byla měřena ke konci podzimu, Slunce se nacházelo dále od Země, tím pádem intenzita osvětlení nebyla tak vysoká jako v jarních či letních měsících.

Tabulka 4.5-1 Světelná mapa (sdružené světlo podzim)část 1.

0 [m]↓→	4	8	12	16	20	24	28	32
3,7	141	133	152	169	195	244	190	191
7,4	530	238	240	301	295	260	240	322
11,1	238	375	279	342	293	301	335	399
14,8	241	353	257	383	368	320	385	362
18,5	248	322	292	352	286	285	297	378
předěl 22,2	113	65	152	83	130	104	183	163
25,9	214	158	157	164	282	325	370	374
29,6	226	192	147	169	223	310	280	414
33,3	196	203	105	147	180	176	298	337
37	193	103	108	126	127	126	155	173

**Tabulka 4.5-2 Světelná mapa (sdružené světlo podzim)část 2.**

36	40	44	48	52	56	60	64	68
198	240	x	x	x	x	x	x	x
373	380	x	x	x	361	280	364	435
486	471	461	587	496	483	573	468	543
470	567	479	630	500	502	470	386	407
424	478	485	546	510	453	378	374	445
185	273	230	273	198	151	172	205	216
384	395	370	397	350	314	230	267	272
411	397	350	381	363	354	290	326	320
325	350	296	263	273	293	263	265	325
174	191	174	162	175	171	174	169	187

**Tabulka 4.5-3 Světelná mapa (sdružené světlo podzim)část 3.**

72	76	80	84	88	92	96	100
x	x	280	240	219	221	214	312
447	628	463	351	263	302	330	293
635	573	606	424	395	497	580	561
601	505	635	379	412	455	460	301
408	402	340	270	321	382	339	299
115	165	214	70	92	191	183	117
263	283	336	130	x	x	x	x
447	464	294	167	x	x	x	x
355	393	266	162	x	x	x	x
228	213	140	113	x	x	x	x



Tento typ haly je postaven tak, že do vnitřních prostorů vstupuje denní světlo pomocí stropních světlíků. Ty jsou umístěny pouze nad stropními výbojkami. Dále jedna boční stěna a obě čela haly jsou postavena ze světlo propustného materiálu. (Obr. 4.5-1) Tyto prvky zajistí vysoké prosvětlení haly, nicméně primární osvětlení haly stále zajišťují stropní výbojky a pomocné halogenové reflektory. Postup sestavení světelné mapy je totožný s tím v předchozí podkapitole a to včetně barevného rozlišení buněk. Opět je možné si všimnout nedostatečných hodnot v takzvaném předělu, ale jak bylo již řečeno jedná se o nevýrobní prostor, proto tomu nemusí být přikládána velká váha. Je možné si všimnout, že celá mapa, až na výjimky, se zabarvila do barev, které prezentují dostatečné osvětlení, či dokonce optimální. To je dáno právě onou přítomností denního světla. Lze vypočítat, že hodnoty intenzity osvětlení narostly mnohem více v levé části haly před předělem. To je zapříčiněno hlavně tím, že do této části haly vstupuje většina denního světla boční světlo propustnou stěnou haly. Druhá část haly takovou stěnou nedisponuje a je odkázaná pouze na světlo ze světlíků a čel haly. Díky tomu hlavně první část přesahuje minimální hodnoty dané pro tento typ výroby až několikanásobně. A při přechodu z jedné části haly do druhé se může nastat mírné oslnění. Maximální naměřená hodnota se zde vyšplhala až na hodnotu 635 luxů, minimální hodnota v tomto případě byla 65 luxů a průměrná hodnota stoupla na 306 luxů. V tomto případě bylo zaznamenáno průměrné zastoupení denního světla 19 %. Již předem jsem byl informován, že tato hala má problém s přebytkem světla na hale. Společnost již podnikla nějaké kroky ke snížení přítomnosti denního světla. Například světlíky, které dříve byly z čírého skla byly nahrazeny mléčným sklem, na zadní čelo byly nainstalovány lišty (Obr. 4.5-2) které tlumí průchod světla, atd.

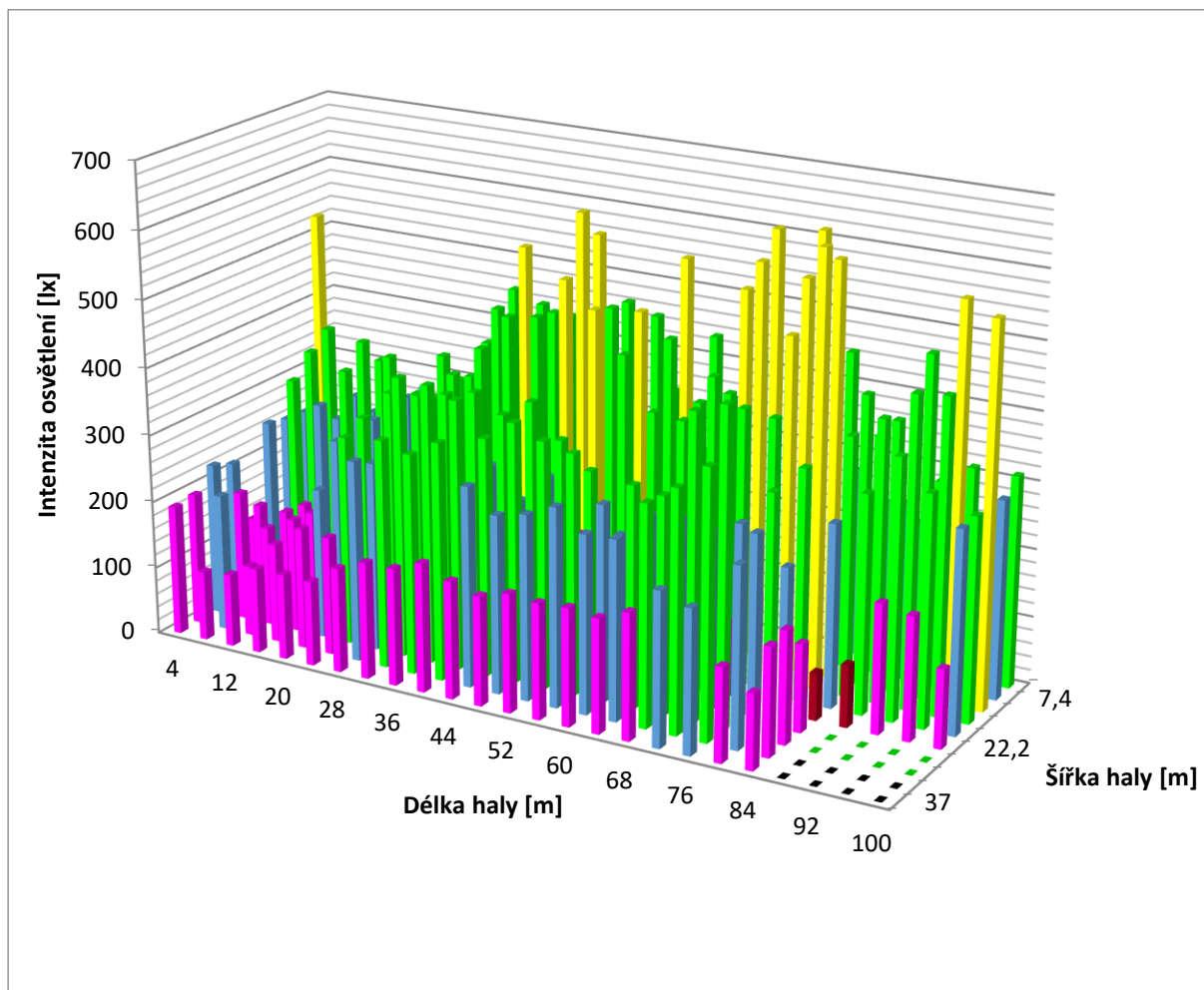


Obr. 4.5-1 místa vniku denního světla



Obr. 4.5-2 Stínící lišty

Na následujícím grafu je znázorněno jak se liší intenzita světla v jednotlivých úsecích haly.



Graf 4.5-1 Rovnoměrnost intenzity osvětlení (sružené světlo podzim)

#### 4.6 Měření za přítomnosti sdruženého osvětlení – jasno jaro

Toto měření probíhalo 29.3.2021 v čase 10:30 -11:05. V tomto případě do haly pronikalo i denní světlo. Během dne byla jasná obloha bez mraků, což bylo velmi důležité ke konstantním podmínkám měření. A jelikož data byla měřena v průběhu jara, Slunce se nacházelo blíže k Zemi, tím pádem intenzita osvětlení byla vyšší než v zimních, či podzimních měsících.

Tabulka 4.6-1 Světelná mapa (sdružené světlo jaro)část 1.

0 [m]↓→	4	8	12	16	20	24	28	32
3,7	728	401	986	630	1250	1100	1030	1080
7,4	835	961	884	1440	1530	1063	1060	1100
11,1	623	833	909	1368	911	935	970	968
14,8	670	920	842	1163	1170	920	870	910
18,5	500	869	947	1134	1062	1059	963	1061
předěl 22,2	206	415	382	407	209	656	702	548
25,9	603	600	967	919	854	876	901	1023
29,6	443	484	628	790	810	700	932	963
18	456	508	489	584	650	526	730	953
cesta 20	356	316	294	392	387	370	459	421

Tabulka 4.6-2 Světelná mapa (sdružené světlo jaro)část 2.

36	40	44	48	52	56	60	64	68
1060	1160	x	x	x	x	x	x	x
1125	1110	x	x	x	1124	1092	1001	1342
1007	1006	1114	1270	1258	1230	1169	971	1015
958	1076	1083	1260	1107	1072	1046	850	983
1200	1263	1100	1293	1128	1322	1312	1232	1311
570	877	620	830	827	741	869	967	748
1246	1280	1143	1308	1264	982	1090	1130	1135
920	780	764	819	900	823	760	769	765
654	862	620	676	568	686	621	639	671
441	458	420	427	425	374	426	425	464

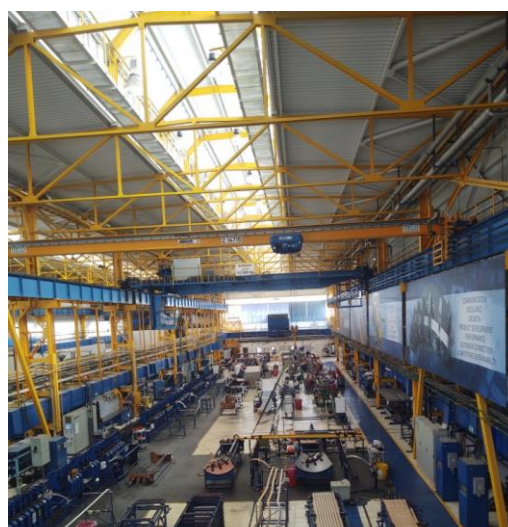
Tabulka 4.6-3 Světelná mapa (sdružené světlo jaro)část 3.

72	76	80	84	88	92	96	100
x	x	964	907	1467	1123	1200	1169
1296	1367	1153	611	1156	920	1023	986
1094	1124	996	893	1106	970	931	915
1095	1172	1033	981	920	781	863	793
1370	1470	1237	773	780	702	920	863
436	830	348	518	775	529	380	426
850	960	1066	937	x	x	x	x
1084	868	825	1127	x	x	x	x
665	725	881	928	x	x	x	x
484	518	582	547	x	x	x	x

Již pouhým okem bylo možné zpozorovat vysokou intenzitu osvětlení. U tohoto měření byla hala osvětlena umělým i denním světlem, které do haly opět proudilo světlíky a světlo propustnými stěnami. Postup sestavení světelné mapy je totožný s tím v předchozí podkapitole a to včetně barevného rozlišení buněk. V tomto případě se na hale již nevyskytují místa s nedostatečným osvětlením, dokonce i takzvaný předěl tyto požadavky splňuje. Je možné si všimnout, že světelná mapa je nyní spíše tvořena barvami, které reprezentují vyšší hodnoty intenzity, než je optimální. A v poměrně hodně místech intenzita překračuje hranici 1000 luxů a to na tomto typu haly již není přijatelné. Opět je možné vyzorovat, že levá část haly je mnohem víc osvětlena, než ta pravá. To je opět způsobeno, jak již bylo zmíněno, absencí světlo propustné stěny na pravé straně. při pohledu na místa vstupu denního světla, nebo pohyb přes místa s vysokou intenzitou, nastává poměrně velké oslnění, které komplikuje pracovní výkon. Z tohoto měření také vyplývá, že podniklé kroky ke snížení zastoupení denního světla na hale, byly nedostatečné. Maximální naměřená hodnota se zde vyšplhala až na závratnou hodnotu 1530 luxů, minimální hodnota v tomto případě byla 206 luxů a průměrná hodnota stoupla na 871 luxů. V tomto případě bylo zaznamenáno průměrné zastoupení denního světla 71 %. Průměrná hodnota se navýšila oproti měření, kdy byla venku tma, o 248% a oproti měření, kdy bylo zataženo, o 184%.

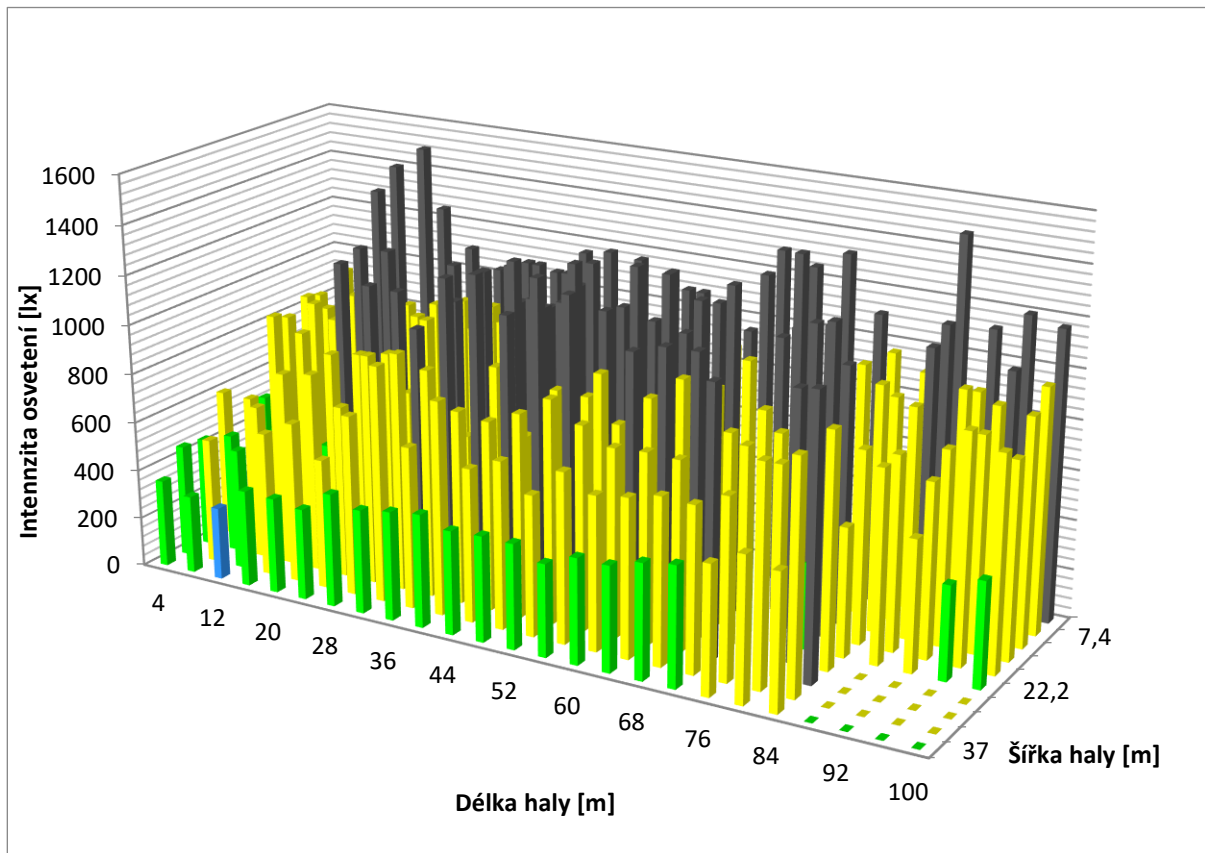


Obr. 4.6-1 Levá část haly



Obr. 4.6-2 Pravá část haly

Na následujícím grafu je znázorněno jak se liší intenzita světla v jednotlivých úsecích haly.



Graf 4.6-1 Rovnoměrnost intenzity osvětlení (sdružené světlo jaro)

## 5 Zhodnocení vlivu osvětlení na pracovníka

### 5.1 Shrnutí měření

Toto měření se skládalo ze tří hlavních částí. První bylo změření komplexního časového snímku dne všech zaměstnanců pohybujících se během směny na zkoumaném pracovišti. Z této části vyšlo najevo, že pracovníci jsou vystaveny rizikovému faktoru ve formě osvětlení přibližně 90% času směny.

Ve druhé části byly měřeny časy rekci pomocí již zmíněného jednoduchého testu. Tento test byl zaměstnanci vyplňován pětkrát za směnu a celkem bylo změřeno 250 hodnot. Výstupem tohoto měření je křivka, která ukazuje, jak se reakce pracovníku lišily v průběhu směny. Bylo zjištěno že zaměstnanci nejpomaleji reagují na začátku směny a naopak nejrychlejší reakce byly změřeny v období těsně před pauzou.

Ve třetí a zároveň nejobsáhlejší části se měřila intenzita osvětlení na hale pomocí luxmetru. Před začátkem měření byla z normy ČSN EN 12464-1 zjištěna minimální intenzita osvětlení, která činí 200 luxů. Toto měření probíhalo ve třech odlišných světelných podmínkách. V prvním případě byla hala osvětlena pouze umělým osvětlením, jelikož venku byla tma. Toto měření ukázalo, že hala není dostatečně osvětlena, a že umělé osvětlení na správné osvětlení haly nestačí. V druhém případě měření probíhalo již s přítomností denního světla, ale jednalo se o podzimní šerý den. Zde již byla intenzita osvětlení přijatelnější, ale i tak v některých místech nebylo dosaženo požadovaného minima. Ve třetím a posledním případě opět měření probíhalo za přítomnosti denního světla, ale tentokrát se měření konalo za jasného jarního dne. Zde již byla intenzita osvětlení všude nad hranici minimální nutné hodnoty, ale naopak intenzita byla ve většině míst haly příliš vysoká, což je také nežádoucí. Z těchto měření vyplývá, že řešení jak je hala osvětlována není příliš šťastné a žádá si úpravu v co nejbližším čase. Mezi hlavní nedostatky této haly patří nerovnoměrné osvětlení, které nadměrně zatěžuje lidský zrak při pohybu po hale. Dalším nedostatkem jsou výkyvy intenzity osvětlení v průběhu směny a tudíž nekonstantní pracovní podmínky pro zaměstnance, což může vést k narušení psychické pohody u pracovníků. A nakonec hlavním nedostatkem této haly je, že při jasném dni do haly vstupuje až příliš denního světla o velké intenzitě a pohledy ke zdroji tohoto světla způsobují oslnění, které zásadně snižuje bezpečnost pracovního prostředí.

### 5.2 Možnosti snižování rizik v pracovním prostředí z hlediska osvětlení

Jak již bylo zmíněno firma již v minulosti podnikla určité kroky ke snížení rizikovosti tohoto pracoviště, ale ukázalo se že byly nedostatečné. Velmi důležité je pravidelně zjišťovat stav intenzity osvětlení na hale a vzniklé problémy co nejrychleji řešit. Také je důležité sledovat technický stav umělého osvětlení. Snadno může nastat porucha třeba jen jednoho reflektoru, což může změnit podmínky na hale, proto je důležité zajistit okamžitou výměnu poškozeného kusu. Dalším poměrně obvyklým jevem je takzvané vysvěcování zářivek, jelikož s postupem času u nich klesá hodnota svítivosti, tudíž je dobré jednou za čas všechny vyměnit. V neposlední řadě je zásadní přijímat podněty od zaměstnanců, kteří jsou tomuto faktoru vystavováni každý den. Tyto podněty brát vážně a zjednávat jejich nápravu. A nakonec se dají tato rizika snižovat pomocí moderních technologií, které intenzitu osvětlení hlídají samy a dokonce jí i samy regulují.

### 5.3 Návrhy na zlepšení

Jelikož tato hala má problém jak s nedostatečnou intenzitou umělého osvětlení, tak i s až příliš vysokou intenzitou vstupujícího denního světla, je důležité řešit oba tyto problémy najednou.

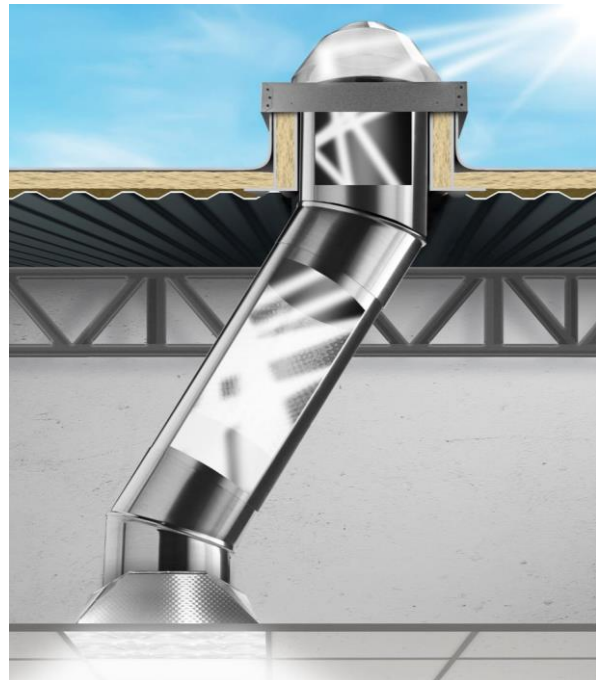
V první řadě by bylo na místě změnit typ a rozmístění zdrojů umělého světla. Současný dvouřad výbojek není tak efektivní, jak bylo požadováno, proto by bylo vhodné halu vybavit regulovatelnými zdroji a umístit je hustěji na hale. Toto osvětlení by mělo pracoviště osvětlit rovnoměrně minimální intenzitou 200 luxů. Většina hal je v této společnosti již po rekonstrukci a u nich je požadovaná minimální intenzita nastavena dokonce na 500 luxů. Také tyto světelné zdroje musí mít schopnost plynulé regulace, kvůli změnám venkovního počasí a intenzity vstupujícího denního světla.

Druhým problémem je, že do haly vstupuje příliš denního světla. Jak již bylo zmíněno do haly toto světlo vstupuje světlíky a světlo propustnými stěnami na jednom boku a obou čelech haly. Tento problém by bylo možné řešit následujícím způsobem. Úplně zrušit, nebo zatemnit světlíky a nahradit je rovnoměrně rozprostřenou sítí regulovatelných světlovodů, které by zajišťovaly hlavní zdroj denního světla. Na světlo propustné stěny by se namontovali z venku automatizované žaluzie. Nebo méně hi-tech řešení by bylo tyto stěny polepit folií, která propustí jen požadovanou intenzitu světla, zbytek pohltí či odrazí. Ale toto řešení není tak účinné jako to předchozí, jelikož se folie vlivem tepla může na některých místech odlupovat a to by přineslo více škody než užítku.

Tyto úpravy musejí fungovat současně a navzájem se doplňovat k udržení optimální hodnoty intenzity osvětlení této haly. Proto by bylo ještě nutné po hale rozmístit světelné senzory (fotorezistory, fotodiody, atd). Žaluzie, světlovod, senzory a zdroje umělého osvětlení by byly řízeny jedním PLC, který by byl naprogramován speciálně k tomuto účelu. Tento PLC by zpracovával data ze senzorů, podle kterých by vhodně reguloval všechny zdroje a stínění světla tak, aby osvětlení haly bylo optimální a také energeticky nejméně náročné.



Obr. 5.3-1 Automatické žaluzie[26]



Obr. 5.3-2 Světlovod[27]

## 6 Závěr

Tato práce popisuje zkoumání rizikového faktoru ve formě osvětlení ve společnosti Brush SEM, která ke zkoumání určila halu s názvem Gigant, respektive její část Cívkárnu, u které s v budoucnosti počítá právě se změnou osvětlování tohoto prostoru. Posuzovaná oblast má rozlohu 3 714 m<sup>2</sup> a pravidelně zde pracuje 13-20 zaměstnanců při dvousměnném provozu a je osvětlena pomocí sdruženého osvětlení.

Teoretická část se zabývá obecně technikou prostředí a možností vzniku rizikových faktorů na pracovišti a způsoby jejich měření. Dále se soustředí na samotné osvětlení a jeho vliv na zaměstnance z pohledů fyziologických i psychologických. Také se zde řeší optimální barva a tón použitého osvětlení pro různé prostory. Porovnávají se zákonem stanovené limity intenzity osvětlení v ČR s jinými světovými zeměmi jako jsou USA, Indie a Japonsko.

Praktická část se zabývá analýzou přidělené pracovní plochy včetně zajištění komplexního časového snímku dne posuzovaných zaměstnanců, aby bylo zřejmé kolik času během směny jsou tomuto rizikovému faktoru vystaveni. Zkoumá rychlosti reakcí zaměstnanců, které se v průběhu směny mění díky zrakové únavě, ale i té psychické a fyzické. Velkou částí je zde změření a sestavení tří světelných map. Každá byla změřena za odlišných světelných podmínek. Tyto mapy odhalily problémová místa na pracovišti nejen formou nedostatečně, či přebytečně osvětlené haly, ale také ukázaly nerovnoměrnost intenzity osvětlení v posuzovaném prostoru. V nepolední řadě díky těmto mapám byly zjištěny extrémní výkyvy v intenzitě s ohledem na počasí, denní a roční dobu.

Výsledkem této práce je zjištění o nezpůsobilosti posuzované haly z pohledu bezpečnosti práce. Nejsou zde dosahovány minimální limity osvětlení dané nařízením vlády. Nedodržování těchto limitů může vést k trvalému poškození zraku. Naopak jejich několika násobné překročení vede k oslňování zaměstnanců, díky čemu mohou vznikat situace vedoucí k újmě na zdraví, nebo poškození vybavení haly. Součástí této práce jsou také možné návrhy na řešení této nepříjemné situace, které do budoucna slibují optimální pracovní podmínky na tomto pracovišti vedoucí k lepší psychické pohodě zaměstnanců a také předcházení vzniku zrakových poruch.



## Seznam použitých zdrojů

- [1] PETRŮ, Pavel a Milan TOMEČEK. Prevence a řízení rizik z hlediska bezpečnosti práce: pro bezpečnostní techniky a znalce v oboru BOZP. Praha: Dashöfer, c2001-2007. ISBN 80-86229-37-8.
- [2] Tovární hala. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Tov%C3%A1rn%C3%AD\\_hala](https://cs.wikipedia.org/wiki/Tov%C3%A1rn%C3%AD_hala)
- [3] Řízení osvětlení výrobní haly společnosti Andritz Kufferath s.r.o. - Slovensko. Tecomat.cz[online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/reference/inteligentni-budovy/rizeni-osvetleni-vyrobní-haly-spolecnosti-andritz-kufferath-s-r-o-slovensko-2/>
- [4] Světlo. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%Btlo>
- [5] Sdružené osvětlení, oslnění. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Sdru%C5%BEen%C3%A9\\_osv%C4%Btlen%C3%AD,\\_osln%C4%Bn%C3%AD](https://www.wikiskripta.eu/w/Sdru%C5%BEen%C3%A9_osv%C4%Btlen%C3%AD,_osln%C4%Bn%C3%AD)
- [6] Veřejné osvětlení. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Ve%C5%99ejn%C3%A9\\_osv%C4%Btlen%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Ve%C5%99ejn%C3%A9_osv%C4%Btlen%C3%AD)
- [7] Denní osvětlení. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Denn%C3%AD\\_osv%C4%Btlen%C3%AD](https://www.wikiskripta.eu/w/Denn%C3%AD_osv%C4%Btlen%C3%AD)
- [8] ČESKÁ REPUBLIKA. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ze dne 12. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: Sbírka zákonů České republiky. 2007, částka 111/2007. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361#cast2>
- [9] ČSN EN 12464-1. Světlo a osvětlení -Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory. 2012.
- [10] ING. VRBÍK, Petr. Vliv světla na naše zdraví aneb hygiena osvětlování. Světlo [online]. 1.12.2015 [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/vliv-svetla-na-nase-zdravi-aneb-hygiena-osvetlovani--1294>
- [11] DokumentaceBOZP.cz: Analýza a řízení rizik BOZP [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/analýza-rizik-bozp-řízení-hodnocení-identifikace-management/>
- [12] Intenzita osvětlení. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Intenzita\\_osv%C4%Btlen%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Intenzita_osv%C4%Btlen%C3%AD)
- [13] Lux. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Lux\\_\(jednotka\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Lux_(jednotka))

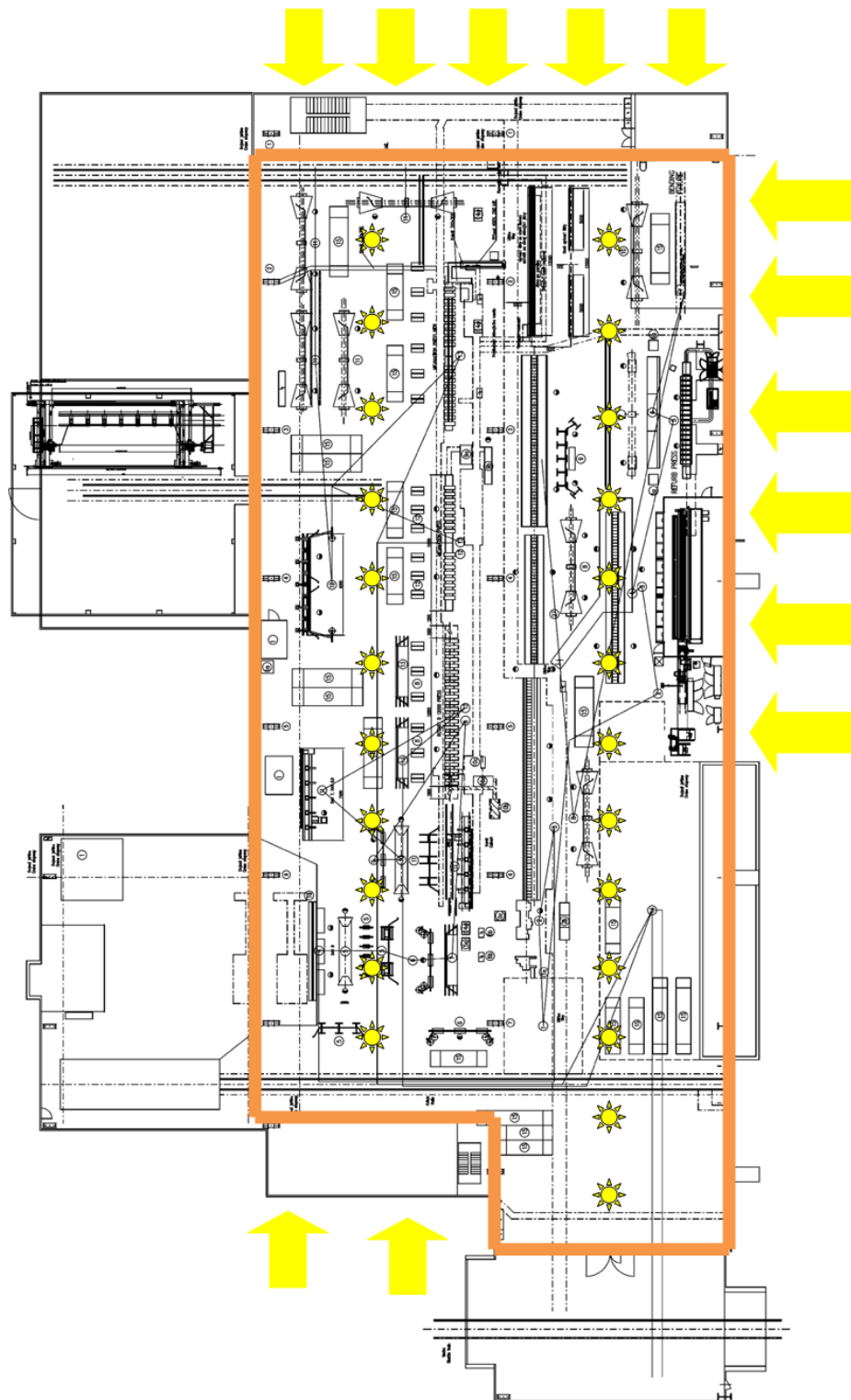
- [14] Foot-candle. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Foot-candle>
- [15] OSHA 1926.56-ILLUMINATION. Safety and Health Regulations for Construction: Occupational Health and Environmental Controls. Dostupné také z: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.56>
- [16] IS 6665 (1972). Indian Standard CODE OF PRACTICE FOR INDUSTRIAL LIGHTING. Indie, 2005. Dostupné také z: <https://law.resource.org/pub/in/bis/S05/is.6665.1972.pdf>
- [17] YOSHIZAWA, Nozomu, Etsuko MOCHIZUK a Toshie IWATA. LIGHT ENVIRONMENT IN JAPANESE OFFICE BUILDINGS: FIELD MEASUREMENTS ON ILLUMINANCE LEVELS AND OCCUPANTS' SATISFACTION [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://arrow.tudublin.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=litcon>
- [18] DokumentaceBOZP.cz: Metoda a způsoby hodnocení rizik na pracovišti [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/metody-hodnoceni-rizik-bozp/>
- [19] Brush.eu: Company History [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.brush.eu/markets/company-history>
- [20] Brush SEM. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Brush\\_SEM](https://cs.wikipedia.org/wiki/Brush_SEM)
- [28] Reakční doba. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Reak%C4%8Dn%C3%AD\\_doba](https://cs.wikipedia.org/wiki/Reak%C4%8Dn%C3%AD_doba)
- [29] Reakční čas. In: Centrum služeb pro silniční dopravu [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: [https://www.cspsd.cz/storage/files/reakcni\\_cas.pdf](https://www.cspsd.cz/storage/files/reakcni_cas.pdf)

## Zdroje obrázků a tabulek

- [21] Stará výrobní hala. In: 3L studio - Karlin Hall [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.3lstudio.cz/-projekty?project=166&kategorie=5>
- [22] Moderně osvětlená hala. In: Světlovody Alux [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.svetlovod.cz/produkty/svetlovod-s-nejvetsim-vykonem/>
- [23] Barvy a jejich využití v praxi. In: Svět svítidel.cz [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/clanky-barvy-svetla-a-jejich-vyuziti-v-praxi/>
- [24] Brush SEM. In: Google maps [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/place/BRUSH+SEM+s.r.o./@49.7225869,13.3792571,622m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x470aee3e6b74b17d:0x5dbd9b5b84e98a4d!8m2!3d49.7212968!4d13.3802012>
- [25] Digitální luxmetr. In: Voltcraft.cz [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <http://www.voltcraft.cz/digitalni-luxmetr-ms-1500.k101149>
- [26] Automatické žaluzie. In: Svět-oken.cz [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.svet-oken.cz/cz/stinici-technika/venkovni-zaluzie.html>

[27] Světlovod. In: Solatube.cz [online]. [cit. 2021-04-19]. Dostupné z:  
<https://www.solatube.cz/solamaster-komercni-svetlovody/>

## PŘÍLOHA č.1



PŘÍLOHA 1 Schéma haly + místa vniku denního osvětlení