

Priestorové charakteristiky svietidiel využívajúce detektory PIR,MW

Bc. Andrej Belianský

Diplomová práca
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Andrej Belianský**
Osobní číslo: **A19419**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Prostorové charakteristiky svítidel využívající detektory PIR, MW**
Téma práce anglicky: **Spatial Characteristics of Luminaires Using PIR, MW Detectors**

Zásady pro vypracování

1. Popište vývoj zdrojů světla a rozdělte je dle principu.
2. Provedte rešerši zdrojů světla a přísvitů využívaných v bezpečnostním průmyslu a v nepoplachových aplikacích.
3. Zpracujte způsoby ovládání svítidel.
4. Provedte měření prostorových charakteristik svítidel využívajících PIR a MW detektory.
5. Navrhněte jejich použití v bezpečnostních aplikacích.
6. Odhadněte další vývoj těchto systémů.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

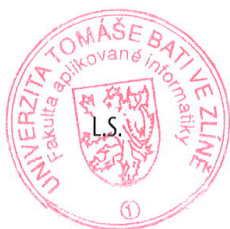
1. LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. Bezpečnostní technologie, systémy a management I. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05.
2. LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. Bezpečnostní technologie, systémy a management II. Zlín: VeRBuM, 2012. ISBN 978-80-87500-19-4.
3. LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. Bezpečnostní technologie, systémy a management III. Zlín: VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4.
4. VALOUCH, Jan. Projektování integrovaných systémů. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015, 1 online zdroj (169 s.). ISBN 978-80-7454-557-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Rudolf Drga, Ph.D.**
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **1. června 2023**

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Milan Navrátil, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 8. prosince 2022

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

Bc. Andrej Belianský, v.r.

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá súčasnými svietidlami, ich zdrojmi, technológiami ich riadenia a možnosťami ich ovládania pomocou detektorov PIR, MW. Zameriava sa na opis základných častí a princíp fungovania najčastejšie využívaných detektorov, ktorými sú PIR detektory. Praktická časť obsahuje porovnanie metód detekcie pohybu, aplikáciu detektorov pohybu v praxi a prevedené meranie priestorových charakteristík svietidiel s PIR a MW detektormi.

Kľúčové slová: PIR, MW detektory, meranie, svietidlá.

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the current luminaires, their sources, their control technologies and the possibilities of their control using PIR, MW detectors. It focuses on the description of the basic parts and the principle of operation of the most commonly used detectors, which are PIR detectors. The practical part includes comparison of motion detection methods, application of motion detectors in practice and measurement of spatial characteristics of luminaires with PIR detectors.

Key words: PIR, MW detectors, measurement, luminaires.

Ďakujem pánovi Ing. Rudolfovi Drgovi, Ph.D., vedúcemu mojej diplomovej práce, za veľmi užitočnú metodickú pomoc, smerovanie, cenné rady a pripomienky, ktoré mi dal pri spracovaní mojej diplomovej práce.

Zároveň ďakujem aj mojej rodine a priateľom za podporu počas celého štúdia.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia diplomovej práce a verzia elektronická nahratá do IS/STAG sú totožné.

OBSAH

OBSAH	7
ÚVOD.....	10
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 SVETLO	12
1.1 ZÁKLADNÉ PARAMETRE SVETELNÝCH ZDROJOV	13
1.2 SVETELNÉ ZDROJE A ICH DELENIE	16
1.2.1 Teplotné svetelné zdroje	16
1.2.2 Výbojové svetelné zdroje.....	20
1.2.3 Elektroluminiscenčné svetelné zdroje	23
2 SVIETIDLÁ	27
2.1 TRIEDENIE SVIETIDIEL	27
2.1.1 Technické svietidlá	28
2.1.2 Dekoračné svietidlá.....	29
2.1.3 Orientačné a signalizačné svietidlá.....	29
2.2 ZÁKLADNÉ ČASTI SVIETIDIEL.....	30
2.2.1 Svetelne činné časti svietidiel	30
2.2.2 Elektrické časti svietidiel	34
2.2.3 Konštrukčné časti svietidiel	34
2.3 SPÔSOBY OVLÁDANIA SVIETIDIEL	35
2.3.1 Analógové ovládanie	35
2.3.2 Digitálne ovládanie	36
2.4 SVIETIDLA POUŽÍVANÉ V BEZPEČNOSTNOM PRIEMYSE.....	38
2.4.1 Halogénové reflektory	38
2.4.2 LED reflektory	39
2.4.3 Infra reflektory	40
3 DETEKCIA A DETEKTORY POHYBU.....	42
3.1 PRINCÍPY FUNGOVANIA DETEKIE POHYBU.....	44
3.2 DETEKIE POHYBU S VYUŽITÍM ELEKTROMAGNETICKÉHO POEA	46
3.3 ŠPECIFICKÉ METÓDY DETEKIE POHYBU	49
3.4 TRENDY VO VÝVOJI DETEKTOROV POHYBU.....	50
3.5 KOMBINOVANÉ METÓDY DETEKIE POHYBU.....	51
II. PRAKTICKÁ ČASŤ	55
4 POROVNANIE METÓD DETEKIE POHYBU A ICH POUŽITIE V PRAXI.....	56
4.1 PIR DETEKTORY	56
4.2 MIKROVLNNÉ DETEKTORY.....	58
4.3 INFRAZÁVORY	58
4.4 KAMEROVÉ SYSTÉMY	59

5 POŽIADAVKY NA MIESTO STRÁŽENIA S POUŽITÍM SVIETIDIEL V BEZPEČNOSTNÝCH APLIKÁCIÁCH	60
5.1 VYBRANÉ TYPY PROSTREDIA	61
5.1.1 Rodinný dom, byt	62
5.1.2 Priemyselné objekty.....	63
5.1.3 Administratívne budovy	64
6 MERANIE PRIESTOROVEJ CHARAKTERISTIKY SVIETIDIEL.....	65
6.1 VÝBER SVIETIDIEL	65
6.1.1 Stropné/nástenné svietidlo s PIR senzorom VERA WHST78-BI	65
6.1.2 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom	67
6.1.3 LED stropné/nástenné svietidlo WCL19R - 14W s MW senzorom.....	69
6.1.4 LED stropné svietidlo WCL19R - 18W s MW senzorom	71
6.2 NORMA PRE PIR DETEKTORY.....	73
6.2.1 Obecné skúšobné podmienky	74
6.2.2 Štandardné podmienky pre skúšanie.....	74
6.2.3 Skúšobné prostredie	74
6.2.4 Montážna výška	74
6.2.5 Štandardný detekčný cieľ	75
6.2.6 Skúšobné postupy	75
6.2.6.1 Detekčné pokrytie na hranici pre detektory s uhlom pokrytia menším alebo rovným 180°.....	76
6.2.6.2 Detekčné pokrytie vo vnútri detekčného priestoru pre detektory s uhlom pokrytia väčším ako 180°	77
6.3 NORMA MW DETEKTOROV	78
6.3.1 Všeobecné skúšobné podmienky	79
6.3.2 Štandardné laboratórne podmienky	79
6.3.2.1 Skúšobné prostredie	79
6.3.2.2 Štandardný detekčný cieľ	80
6.3.3 Skúšobné postupy	80
6.3.3.1 Detekčné pokrytie na hranici detekčného priestoru.....	80
6.3.3.2 Detekčné pokrytie vo vnútri detekčného poľa.....	81
6.3.3.3 Pokrytie pri prerušovanom pohybe.....	82
6.4 VÝVOJOVÝ DIAGRAM MERANIA	84
6.5 PRÍPRAVA PRACOVISKA NA MERANIE.....	85
6.6 MERANIE PRIESTOROVEJ CHARAKTERISTIKY LED SVIETIDLA IP65 S PIR SENZOROM	85
6.6.1 Zapojenie svietidla	85
6.6.2 Pripevnenie svietidla na stojan	86
6.6.3 Prevedené meranie	87
6.6.3.1 Test 1	87
6.6.3.2 Test 2.....	87
6.6.3.3 Test 3.....	88
6.6.3.4 4 – 7 test.....	89
6.6.4 Výsledná tabuľka nameraných hodnôt, porovnanie z hodnotami od výrobcu	89
6.7 MERANIE PRIESTOROVEJ CHARAKTERISTIKY SVIETIDLA VERA-VHST78-BI S PIR SENZOROM	90

6.7.1	Zapojenie svietidla.....	90
6.7.2	Pripevnenie svietidla na stojan	90
6.7.3	Prevedené meranie	91
6.7.3.1	Prvý test	91
6.7.3.2	Druhý test.....	92
6.7.3.3	Tretí test	93
6.7.3.4	4 – 7 test.....	93
6.7.4	Výsledná tabuľka nameraných hodnôt, porovnanie z hodnotami od výrobcu	94
6.8	MERANIE PRIESTOROVEJ CHARAKTERISTIKY LED STROPNÉHO/NÁSTENNÉHO SVIETIDLA WCL19R - 14W s MW SENZOROM.....	95
6.8.1	Zapojenie svietidla.....	95
6.8.2	Pripevnenie svietidla na stojan	95
6.8.3	Prevedené meranie	96
6.8.3.1	Prvý test	96
6.8.3.2	Druhý test.....	97
6.8.3.3	Tretí test	98
6.8.3.4	4 – 7 test.....	98
6.8.4	Výsledná tabuľka nameraných hodnôt, porovnanie z hodnotami od výrobcu	99
6.9	MERANIE PRIESTOROVEJ CHARAKTERISTIKY LED STROPNÉHO WCL19R - 18W SVIETIDLA S MW DETEKTOROM	99
6.9.1	Zapojenie svietidla.....	100
6.9.2	Pripevnenie svietidla na stojan	100
6.9.3	Prevedené meranie	101
6.9.3.1	Prvý test	101
6.9.3.2	Druhý test.....	102
6.9.3.3	Tretí test	103
6.9.3.4	4 – 7 test.....	103
6.9.4	Výsledná tabuľka nameraných hodnôt, porovnanie z hodnotami od výrobcu	104
6.10	VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV.....	105
6.10.1	LED svietidlo IP65 s PIR senzorom	105
6.10.2	Svietidlo VERA WHST78-BI s PIR senzorom	105
6.10.3	LED stropné/nástenné svietidlo WCL19R - 14W s MW senzorom.....	105
6.10.4	LED stropné svietidlo WCL19R - 18W s MW senzorom	106
ZÁVER	107
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	109
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	114
ZOZNAM OBRÁZKOV	115

ÚVOD

Problematika ochrany života a majetku osôb je v dnešnej spoločnosti veľmi aktuálnou témou. Súčasné bezpečnostné hrozby, medzi ktoré patrí nielen kriminalita, ale tiež problém nelegálnej migrácie a terorizmu, majú za následok to, že zaistenie ochrany a bezpečnosti jedinca i celej spoločnosti sa stalo nevyhnutnou každodennou súčasťou života. V minulosti postačujúce zabezpečenie objektov systémom PZTS je v súčasnej dobe stále častejšie doplňované aj o kamerové systémy.

Detektory pohybu patria medzi najpoužívanejšie typy detektorov vôbec. Dá sa povedať, že sú najdôležitejšou súčasťou celého systému PZTS. Detektor je funkčným prvkom tohto systému, ktorý je v priamom kontakte so stráženým prostredím. Ak je detektor správne nainštalovaný, nastavený a pripojený do systému, vysiela pri narušení stráženého prostredia signál ústredne PZTS, ktorá následne bezodkladne vyhlási poplach.

Bezpečnostné technológie sa neustále vyvíjajú a všetky spoločnosti sa snažia svoje výrobky neustále modernizovať. Okrem modernizácie produktov je ich ďalším cieľom aj minimalizácia možnosti falošných poplachov. Znižovanie výrobných cien detektorov pohybu a kamier umožňuje ich ľahšiu dostupnosť širokej verejnosti. Pri inštalácii všetkých systémov technického zabezpečenia je veľmi dôležité podrobne zmapovať celý objekt vrátane jeho okolia. Na základe zistených informácií potom odborný projektant navrhne vhodnú technológiu, ktorá zaistí najlepší variant možného zabezpečenia. V prípade súkromných objektov je možné vyjsť v ústrety prania zákazníka ako pri výbere použitých technológií, tak aj v prípade jeho finančných možností a stanovených limitov. Pokiaľ ide o ostatné objekty (či už priemyselné, administratívne či objekty štátnej správy a samosprávy) je v prípade realizácie technického zabezpečenia nevyhnutné držať sa predovšetkým platných predpisov.

Z klasických pohybových detektorov sa najčastejšie v dnešnej dobe používajú PIR detektory, prípadne duálne detektory kombinujúce PIR detektor s detektorom mikrovlnným. Ultrazvukové detektory sa podľa vyjadrení projektantov a špecialistov z niekoľkých odborných spoločností z odboru slaboprúdovej techniky a technického zabezpečenia objektov v dnešnej dobe nevyužívajú alebo celkom výnimočne.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SVETLO

Svetlo patrí už oddávna k najzáhadnejším javom pozorovateľným v prírode. Vedomosti o svetelnom procese, teda o počiatku vzniku a následnom pohltení svetla či jeho vlastnostiach, sa stali oblasťou záujmu vo vede. Jednotlivé objavy umožňovali formulovať zákony o svetle a vytvárať teórie vysvetľujúce pôsobenie prirodzeného svetla. S postupným vývojom civilizácie sa človek čiastočne vyslobodil z plnej závislosti na slnečnom žiarení a svoj záujem sústredil na využívanie umelých svetelných zdrojov. Technický vývoj pokročil natoľko, že elektrické osvetlenie umožňovalo presvetľovanie priestorov, kde denné svetlo nedosiahlo. Tento pokrok mnohokrát spôsoboval to, že úloha denného osvetlenia v budovách bola často podceňovaná. Avšak umelé osvetlenie v uzavretých priestoroch nenahradí úplne úlohu prirodzeného svetla, ktoré predstavuje zdroj energie pre všetok pozemský život. [1]

Viditeľné svetlo má charakter elektromagnetického žiarenia pohybujúceho sa v rozmedzí vlnových dĺžok 380 až 780 nm. Pri prechode atmosférou dochádza k slabnutiu intenzity svetla. Intenzita denného osvetlenia na horizontálnom povrchu Zeme, označovaná ako exteriérová alebo globálna osvetlenosť, zahŕňa svetlo priame a oblohové. Tá má zásadný vplyv na jas oblohy, ktorá je závislá na polohe Slnka či aktuálnej oblačnosti. Slnko predstavuje primárny svetelný zdroj vyžarujúci svetlo, zatiaľ čo Mesiac a obloha je zdrojom sekundárnym, pretože svetlo odrážajú od zdroja primárneho. [1]

Zdroj svetla neprináša so sebou len osvetlenie na uskutočnenie určitej činnosti, ale aj ovplyvňuje náladu a správanie jedinca, vnímanie celého priestoru a fyziologické funkcie človeka. Ak máme priestor rovnako osvetlený, smie vyvolávať pocit, že je priestorový, ale ničím nezaujímavý a jednotvárný vďaka neprítomnosti menej osvetlených častí alebo tieňov. Odlišný priestor, osvetlený rozdielne, môže spôsobovať menší dojem a vytvárať pocit súkromia. [2]

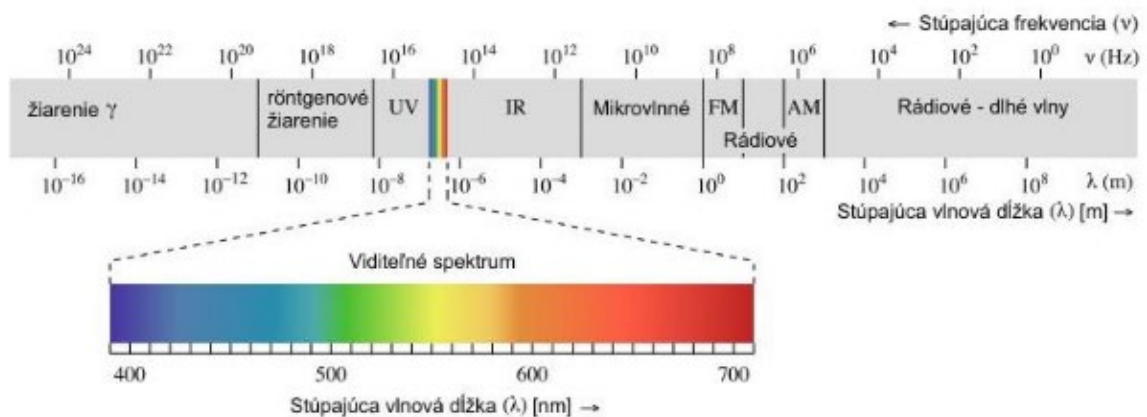
Typ zvoleného osvetlenia a jeho intenzita má zásadný vplyv na používateľovo vnímanie priestoru. V interiéri je zásadné ako denné (prirodzené), tak umelé osvetlenie, ktoré dokresľuje celkovú atmosféru priestoru. Denné osvetlenie je tvorené súčasne slnečným a rozptýleným oblohovým svetlom. Oproti tomu umelé osvetlenie funguje za pomoci umelých zdrojov, najčastejšie elektrických. Často dochádza ku kombinácii uvedených možností a hovoríme o osvetlení združenom. [3]

Svetelná kvalita ale nie je veličina, ktorej hodnoty je možné namerať či spočítať. Veitch a Newshman konštatovali, že kvalita svetla sa vyskytuje vo chvíli, keď svetelné situácie sú

naklonené k uspokojeniu potrieb človeka, ktoré sú napr. nálada, estetický úsudok, optický komfort, viditeľnosť, absolvovanie úlohy, zdravie, bezpečnosť, harmónia a pekný úsudok. [4]



Obr. č. 1 Umelé zdroje svetla [28]



Obr. č. 2 Spektrum elektromagnetického žiarenia [29]

1.1 Základné parametre svetelných zdrojov

Svetelné zdroje sú hlavným prvkom v rámci celej osvetľovacej sústavy. Kvalita svetelného zdroja je hodnotená súborom ukazovateľov, ktoré všestranne charakterizujú jeho vlastnosti. Parametre sú vytvárané na základe dlhodobého štatistického sledovania a vyhodnocovania výsledkov. Môžu poslúžiť pri výbere správneho svetelného zdroja, ktorý bude spĺňať kvalitu osvetlenia a hospodárnosť osvetľovacej sústavy. Parametre svetelných zdrojov je možné rozdeliť na technické a prevádzkové. Delenie nie je striktné a jednotlivé parametre sa vzájomne prelínajú. [5]

Medzi najdôležitejšie technické parametre zdrojov patria ich konštrukčné prevedenie, elektrické, svetelno-technické parametre a životnosť. Konštrukčnými parametrami rozumieme predovšetkým vonkajšie a pripojovacie rozmery, hmotnosť, výšku svetelného streda, rozmery svietiaceho telesa, tvar banky a jej optické vlastnosti (číra, matovaná, zrkadlená, farebná, pokrytá luminoforom a pod.), typ päťice, konštrukcia prívodov, elektród a pod. Pod parametre elektrické spadá príkon svetelného zdroja, napätie napájacej siete, veľkosť a druh prúdu (jednosmerný a striedavý) a tiež napätie na zdroji. Pokiaľ sa jedná o zdroje výbojové, potom hovoríme o zápalnom napätí, napätí výbojky, strate energie v predradníku, účinníku, nábehovom prúde, napätí predžeravovacom a zhášacom a napätí okamžitého znovuzápalu. K svetelno-technickým parametrom patrí svetelný tok a jeho spektrálne zloženie, svietivosť, jej priestorové rozloženie a jas. Podstatná je zmena týchto parametrov v čase. Kolorimetrické vlastnosti vyžarovaného svetla popisujú trichromatické súradnice x a y , teplota chromatickosti T_c a indexy podania farieb R_a . Pri ortuťových výbojkách je podstatná aj tzv. červená zložka. [5] [6]

Život svetelného zdroja je celková doba jeho svietenia do okamihu, keď je v praxi nepoužiteľný alebo sa za nepoužiteľný považuje podľa stanovených kritérií. Spravidla je udávaný v hodinách. V každom svetelnom zdroji prebiehajú počas jeho činnosti fyzikálne aj chemické procesy pôsobiace na zmeny jeho funkcie. Koniec života žiaroviek je daný prepálením vlákna. Oproti tomu žiarivky a výbojky podliehajú počas ich zapojenia priebežnému poklesu svetelného toku, preto sú v tejto súvislosti uvádzané pojmy užitočný a fyzický život. Užitočný život je doba funkcie zdroja, počas ktorej si jeho parametre zachovávajú hodnoty ležiace v určitých stanovených medziach. Pojem fyzický život označuje dobu svietenia do okamihu úplnej straty jeho prevádzkyschopnosti (napr. pri žiarovkách do prerušenia vlákna alebo prívodov, pri výbojkách do okamihu, keď sa vo výbojke nezapáli výboj a pod.). Činiteľ starnutia vyjadruje podiel svetelného toku zdroja v danom okamihu jeho života a počiatočného svetelného toku pri svietení zdroja za stanovených podmienok. Obvykle sa uvádza v percentách. Činiteľ funkčnej spoľahlivosti číselne zodpovedá časti z celkového počtu skúšaných svetelných zdrojov, ktorá v danom čase za stanovených podmienok a určitej početnosti zapínania zostáva ešte funkčná. Priemerný život znázorňuje časový úsek, počas ktorého činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov klesne na 50 % pri referenčných podmienkach. Uvedené parametre sú podstatné z hľadiska správneho projektovania osvetľovacej sústavy a ich následnej údržby. [6]

Svetelný tok znázorňuje určité množstvo svetla, ktoré je za pomoci svetelného zdroja vyžiarené za jednotku času. Dáva nám informáciu, koľko je daný svetelný zdroj schopný vyprodukovať svetla. Hodnoty sú v lúmenoch a nájdeme ich v katalógu alebo priamo na obale svetelného zdroja. Svetelný tok bežnej 100 W žiarovky je približne 1350 lm, čo znamená, že na 13,5 lm svetla z tejto žiarovky pripadá 1 W elektrického príkonu. [5] [6]

Teplota chromatickosti zaznamenáva farbu svetla pochádzajúcu z daného svetelného zdroja. Určenie prebieha v závislosti s tzv. čiernym telesom. Pokiaľ dôjde k navýšeniu teploty tohto telesa, podiel modrej zložky v spektre stúpne a naopak podiel zložky červenej klesne. Na základe číselných hodnôt udávajúcich teplotu chromatickosti rozlišujeme niekoľko skupín svetelnej farebnosti. Rozmedzie 2700 – 3500 K udáva teplú bielu farbu. Svetelný zdroj vyžaruje žltý odtieň svetla a najviac sa podobá klasickej žiarovke. Osvetľuje priestory určené na relaxáciu, je teda vhodný do spální či obývacích izieb. Hodnoty od 3000 do 4500 K označujú odtieň chladnej bielej a tento odtieň je vhodný pre osvetlenie prechodových častí v interiéri (napr. chodba, kúpeľňa a WC). Aktívne zóny vyžadujú vyššie teploty chromatickosti. Porušenie týchto zásad vedie k únave organizmu a dlhodobá činnosť v zle osvetlenom prostredí má za následok zhoršenie zraku. Osvetlenie, ktorého teplota chromatickosti sa pohybuje okolo hodnôt 4500 - 5500 K, sa najviac približuje osvetleniu prirodzenému a jeho umiestnenie je vhodné v mieste detskej izby, kuchyne a pod. Svetlá, ktorých teplota sa pohybuje v rozmedzí 5500 - 6000 K, sú vhodné na osvetlenie kancelárií či verejných priestorov. Studený biely odtieň dokáže organizmus povzbudiť a je vhodný pre intenzívnu činnosť. Svetlo s teplotou chromatickosti blížiac sa k hodnote 8000 K získava modrý nádych. Na vnímanie svetla sa podieľa aj okolité prostredie. [7]

V rámci vzťahu svetlo a farba je potrebné spomenúť tzv. index podania farieb, ktorý zaznamenáva farby osvetlených predmetov v priestore, ktorý je osvetlený pomocou svetelného zdroja. Označenie Ra 100 znamená, že farby sú najlepšie zreteľné. S klesajúcou hodnotou klesá možnosť farebného rozlíšenia. Ra 0 znamená, že farby nemožno rozpoznať. Ra v obytných priestoroch by podľa odporúčania mala dosahovať hodnoty 80 a Ra priemyselných hál či vonkajších priestorov by sa mala držať hodnôt okolo čísla 65. Konkrétna hodnota indexu podania farieb pri lineárnych či kompaktných žiarivkách by mala byť k dispozícii v rámci kódového označenia. Žiarivka, ktorej označenie obsahuje kombináciu napr. 36 W/840 upresňuje, že sa jedná o svetelný zdroj s príkonom 36 W, indexom podania farieb pohybujúcim sa v rozmedzí 80 až 89 a teplotou chromatickosti 4000 K (značené v stovkách kelvinov). [5] [6]

Medzi najpodstatnejšie prevádzkové parametre patrí účinnosť, popr. merný výkon svetelného zdroja, spoľahlivosť, kompatibilita so zariadením, kde sú zdroje prevádzkované a tiež ich ekonomickosť. Merný výkon svetelného zdroja (lm/W) je jedným z najdôležitejších ukazovateľov akosti zdroja, ktorý charakterizuje efektívnosť premeny elektrickej energie na svetelnú. [6]

1.2 Svetelné zdroje a ich delenie

Táto kapitola rozoberá jednotlivé typy svetelných zdrojov využívaných pri svietení v domácnosti, ich princíp, štruktúru či parametre. Svetelné zdroje sa podľa princípu vzniku svetla delia na teplotné (obyčajné a halogénové žiarovky), výbojkové (žiarivky, kompaktné žiarivky, vysokotlakové ortuťové, zmesové a halogenidové výbojky, vysokotlakové a nízkotlakové sodíkové výbojky, xenónové výbojky a pod.) a elektroluminiscenčné (svetelné diódy LED). [5] [6]

1.2.1 Teplotné svetelné zdroje

Jedná sa o najstaršiu skupinu elektrických svetelných zdrojov, ktorých princíp vyžarovania svetla je založený na jave inkandescencie, teda tepelnom vybudení látky, kedy povrch zahriatej látky vysiela do okolia elektromagnetické žiarenie, ktorého zložkou je aj viditeľné svetlo. Látka zahriata prúdom elektrického prúdu vysiela do okolia optické žiarenie so spojitým spektrom. Teplotné zdroje sa vyznačujú veľmi malou účinnosťou premeny elektrickej energie na svetelnú, naproti tomu majú najlepší index podania farieb, vďaka čomu sú na trhu stále obľúbeným zdrojom osvetlenia. Hlavnými predstaviteľmi tejto skupiny sú žiarovky - klasická a halogénová. [6] [8]

Medzi výhody teplotných zdrojov radíme nasledovné:

- obsahujú spojité spektrum všetkých farieb so zvýšeným podielom červenej a infračervenej oblasti, ktorá je charakteristická pre teplotné žiarivky,
- nepotrebujú predradné obvody – pripájajú sa priamo na sieťové napätie,
- jednoduchá prevádzka a jednoduchá výmena chybných zdrojov,
- jednoduchá konštrukcia, malé rozmery a hmotnosť,
- rýchly štart bez blikania, stabilné svietenie bez miešania a okamžitá stabilizácia svetelného toku po pripojení na sieť,

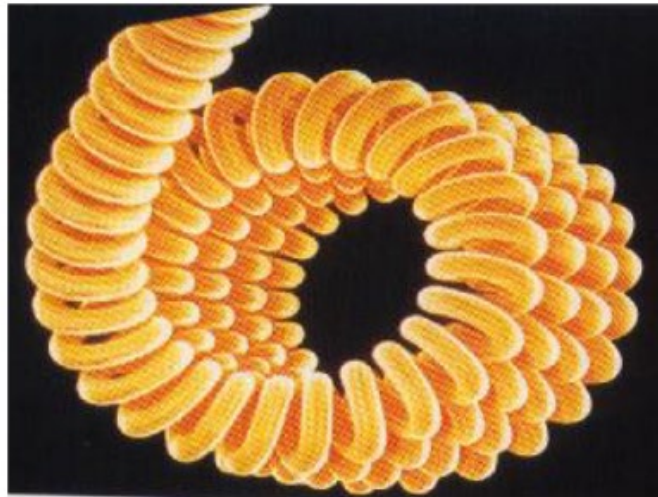
- jednoduchá likvidácia – neobsahujú žiadne zdraviu škodlivé látky,
- majú široký rozsah prevádzkových teplôt,
- ľubovoľná poloha svietenia,
- nízka obstarávacia cena. [6]

Medzi nevýhody teplotných zdrojov radíme nasledovné:

- veľmi nízky merný výkon,
- krátka stredná doba života spôsobená odparovaním volfrámového vlákna a jeho následným prerušením,
- značný pokles svetelného toku počas života,
- závislosť parametrov (najmä doby života) na napájacom napätí. [6] [7]

Vlastným zdrojom žiarenia obyčajnej žiarovky je vlákno vyrobené z veľmi tenkého volfrámového drôtu, ktorý je zvinutý do jednoduchej alebo dvojitej skrutkovice. Priemer tohto drôtu sa pohybuje od 10 μm pre žiarovky 15 W, do 120 μm pre žiarovky 200 W. Teplota vlákna je okolo 2500 K, pričom teplota na povrchu banky dosahuje až 200 °C. Správne umiestnenie drôtu je dosiahnuté pomocou molybdénových háčikov, umiestnených do šošovky tyčinky, ktorá je spoločne so sklenenými časticami (tanierikom a čerpacou trubičkou) súčasťou tzv. nôžky. Tá je aj s vláknom zatavená do vonkajšej banky zhotovenej z mäkkého sodnovápenatého skla. Na trhu nájdeme niekoľko typov baniek – číre, farebné, zrkadlené, chemicky matované či opaľované nanosením rozptylnej vrstvy v elektrostatickom poli. Vnútorňa časť prívodu je vyrobená z niklu alebo poniklovaného železa. Časť prostredná je z tzv. plášťového drôtu obsahujúceho železoniklové jadro s medeným plášťom, povrchovo upravené metódou bóraxovania, s teplotným činiteľom dĺžkovej rozťažnosti, ktorá zodpovedá rozťažnosti skleneného tanierika. Vďaka tomu je spojenie kovových a sklenených súčastí žiarovky vákuovo tesné a je zaistené vákuom či inertným prostredím po celú funkčnú dobu žiarovky. Prívod z jeho vonkajšej časti je vyrobený zo zliatiny niklu a medi (tiež monel) a plní funkciu poistky a to v prípade, ak by v žiarovkách plnených plynom vznikol pri prerušení vlákna výboj. Zároveň je vďaka nemu prostredníctvom päťice naviazaný kontakt s objímkou. Tieto prírody sú prepojené s päťicou pomocou spájkovania či zvarovania. Priestor vo vnútri banky je úplne vyčerpaný a náplňou žiaroviek plnených plynom je obvykle argón či kryptón s prímiesou dusíka, ktorý bráni pred možnými výbojmi medzi závitmi vlákna. Plyn vo vnútri svetelného zdroja znižuje rýchlosť vyparovania vlákna, zvyšuje teplotu a tým merný výkon žiarovky, zlepšuje prúd

svetelného toku počas svietenia. Klasické žiarovky sú najčastejšie opatrené závitovou päticou označovanou ako E27 (prípadne menším variantom E14), z hliníka či galvanicky poniklovanej mosadze, alebo bajonetovou päticou značenou ako B22d. Päťica k banke drží vďaka špeciálnemu tmelu. [6] [8] [9] [10]



Obr. č. 3 Dvojito vyvinuté vlákno žiarovky rozžeravené prechodom elektrického prúdu [6]



Obr. č. 4 Príklady klasických žiaroviek [6]

Halogénová žiarovka pracuje podobne ako žiarovka obyčajná, teda priechodom elektrického prúdu dochádza k ohrevu vlákna a emisii fotónov. Okrem toho sa tu uplatňuje

volfrám-halogénový cyklus, ktorý spôsobuje návrat odparených atómov volfrámu späť na vlákno a tým zabraňuje jeho usadzovaniu na vnútornej stene banky a stenčovaniu vlákna. Volfrám-halogénovým cyklom nazývame jav pri ktorom sa odparené atómy volfrámu zlučujú v blízkosti steny banky, pri teplote nižšej ako 1700 K, s halogénom, v banke obsiahnutým, na príslušný halogenid volfrámu. Tento halogenid vplyvom rozloženia teplotného poľa prestupuje do blízkosti vlákna, kde sa vplyvom vyššej teploty opäť rozpadá na halogén a volfrám, ktorý sa potom usadzuje späť na vlákno. Halogénové žiarovky, na rozdiel od obyčajných žiaroviek, majú priemernú životnosť 4000 – 5000 h, bez usadzovania volfrámu na vnútornom povrchu banky a tým bez poklesu svetelného toku po dobu životnosti. Umožňujú vlákno žhaviť na vyššiu teplotu. Vzhľadom na to, že so zvyšovaním teploty rastie svetelný tok, je týmto dosiahnutá efektívnejšia premena elektrickej energie na viditeľné svetlo. Spektrum halogénové žiarovky obsahuje viac kratších vlnových dĺžok a svetlo sa tak javí viac biele. Teplota chromatickosti neprežhavenej halogénovej žiarovky sa pohybuje v rozmedzí hodnôt 2900 až 3100 K, pri špeciálnych prežhavených typoch, avšak za cenu veľmi krátkej životnosti (len okolo 15 h), až 3400 K. Bežná žiarovka má teplotu chromatickosti len okolo 2500 K pri strednej dobe života, ako už bolo povedané v úvode, 1000 h. Halogénové žiarovky majú proti žiarovkám obyčajným aj drobné nevýhody. Sú nimi predovšetkým emisie žiarenia v UV oblasti, nutnosť opatrnej manipulácie bez dotyku skla žiarovky rúk a mierne vyššie cena. [6] [10] [11]



Obr. č. 5 Príklady halogénových žiaroviek [11]

1.2.2 Výbojové svetelné zdroje

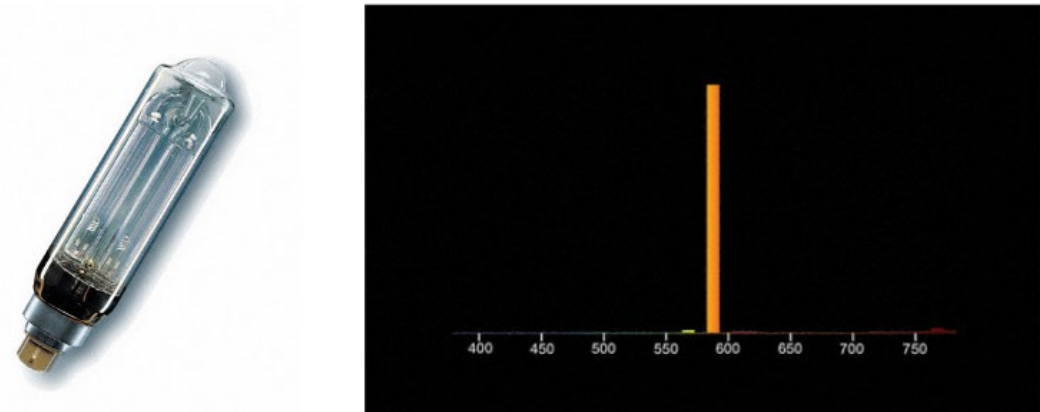
Tieto svetelné zdroje pracujú na princípe, že elektrický prúd prechádza prostredím, kde sú isté pary a plyny. Stretnutím elektrického prúdu s týmito plynmi dochádza k výboju. Najčastejšie sú to plyny a pary sodíka, ortuti a halogenidov. Pri všeobecnom osvetlení sa výbojové zdroje delia na:

- **Nízkotlakové výbojové zdroje** - medzi tieto zdroje patria predovšetkým žiarivky, ďalej sú zastúpené kompaktnými žiarivkami, nízkotlakovými sodíkovými výbojkami a indukčnými výbojkami. [6]
 - a) **Žiarivky** - jedná sa o ortuťové výbojky, kde je svetlo vyžarované vrstvou alebo vrstvami luminoforu v kontakte s ultrafialovým žiarením. Obsahujú nielen ortuť, ale aj vzácne plyny, napr. neón, argón. Je možné dosiahnuť rôzne farebné odtiene svetla, podľa toho aký typ luminoforu sa použije napr. ružové, teplé biele, biele, denné, chladné biele. Vyrábajú sa v niekoľkých tvarových variantoch. Najčastejšie sú lineárne alebo trubicové, ďalej sa trubica môže rôzne tvarovať do kruhu či písmena U alebo W. [6] [8]
 - b) **Kompaktné žiarivky** - princíp vzniku svetla pri kompaktných žiarivkách je rovnaký ako pri žiarivkách. Opäť sa jedná o vrstvu luminoforu, ktorá pri styku s ultrafialovým žiarením vydáva svetlo. Odlišnosť kompaktných žiariviek je v ich konštrukcii. [6]
 - c) **Nízkotlakové sodíkové výbojky** - sú to svetelné zdroje, kde svetlo vzniká výbojom v sodíkových parách pri tlaku 0,1 až 1,5 Pa. Patrí medzi najviac účinné svetelné zdroje vyrábané sériovým spôsobom. Pri vývoji konštrukcie sa riešila veľká chemická aktivita čistého sodíka voči druhom bežne používaných materiálov svetelných zdrojov. Horák je vyrobený zo zvláštne upraveného vápenatého skla zvnútra pokrytého boritým sklom, ktoré je odolné proti pôsobeniu sodíka za vysokej teploty. Medzi ich klady patrí veľký merný výkon, dlhá životnosť, nízka jasnosť povrchu, zápal aj pri teplotách pod bodom mrazu atď. [6]
 - d) **Indukčné výbojky** - tu sa jedná o úplne nové odvetvie svetelných zdrojov. Prvýkrát sa objavili v Japonsku v 80. rokoch, na trh sa však dostali až v roku 1991. Výboj je spôsobený vonkajším vysokofrekvenčným poľom. Výboj je uskutočňovaný v priestore, kde nie je elektróda, čo je charakteristickým, zvláštnym znakom indukčných výbojok. Komplikácia je obstaranie vhodného

napájacieho zdroja, jeho parametre (cena, spoľahlivosť, životnosť, technická stránka) sa podieľajú na jeho neľahkom zavedení do praxe. Medzi plusy patrí bezodkladný štart, veľmi dlhá životnosť, konštantnosť svetelného toku, atď. [6] [8]



Obr. č. 6 Príklady kompaktných žiariviek [6]



Obr. č. 7 Príklad nízkotlakovej sodíkovej výbojky [6]



Obr. č. 8 Príklady indukčných výbojok [6]

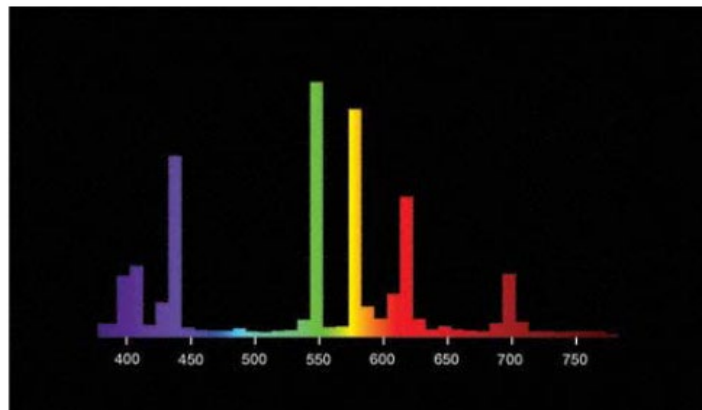
- **Vysokotlakové výbojové zdroje** - líšia sa od nízkotlakových výbojových zdrojov iným mechanizmom zrodu svetla. Princíp je navyšovanie tlaku v ortuťových parách

a navýšenie prúdovej hustoty. Energia, týmto spôsobom vyžarovaná, dosahuje vyšších vlnových dĺžok a vyššieho merného výkonu. Vznikne spojité spektrum.

Vysokotlakové výbojové zdroje sú reprezentované:

- a) vysokotlakovými ortuťovými výbojkami,
- b) zmesovými výbojkami,
- c) halogenidovými výbojkami,
- d) vysokotlakovými sodíkovými výbojkami. [6] [8]

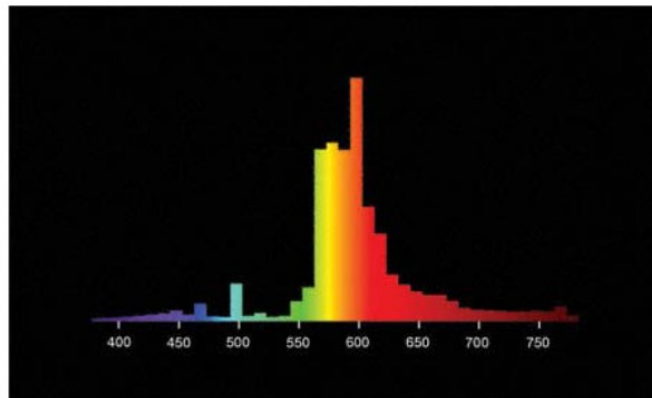
Tieto zdroje svetla, hoci majú veľký merný výkon, sa neodporúčajú na všeobecné osvetľovanie, pretože v ich spektre chýba červená zložka svetla. Farby predmetov a ľudskej pokožky potom pôsobia úplne nedôveryhodne a nereálne. Pomôcť sa tomu dá kombináciou s iným svetelným zdrojom či premeniť ultrafialové žiarenie náležitým luminoforiem a získať tým červené spektrum atď. [6] [12]



Obr. č. 9 Príklad vysokotlakovej ortuťovej výbojky [6]



Obr. č. 10 Zmesová výbojky (vľavo) a halogenidová výbojka (vpravo) [6]



Obr. č. 11 Príklad vysokotlakovej sodíkovej výbojky [6]

1.2.3 Elektroluminiscenčné svetelné zdroje

Elektroluminiscenčným svetelným zdrojom vládnu LED svetelné diódy (Light Emitting Diode), elektroluminiscenčné panely a laserové diódy. U laserových a svetelných diód (čo sú polovodičové súčiastky) je elektrický prúd prepúšťaný výlučne jedným smerom tzv. prechod PN, ktorý je základom pre polovodičové súčiastky. Pri elektroluminiscenčných paneloch je svetlo vytvárané elektrickým poľom v pevnej hmote. Prvé využiteľné diódy sa v praxi objavili už v 70. rokoch 20. storočia. Najväčšieho rozvoja a využitia sa však

dočkali až v posledných približne pätnástich rokoch. Dnes sú vďaka svojim vlastnostiam najpoužívanejším a najvyhľadávanejším zdrojom svetla na trhu. Zaujímavosťou je, že boli vynájdené už v 20. rokoch 20. storočia, ale ešte neboli na takej úrovni, aby boli uplatniteľné v praxi. V dnešnej dobe diódy LED zaznamenávajú veľký technologický posun, stále dochádza k zlepšeniu jej vlastností, využívaniu nových materiálov a rozširovaniu sortimentu. Takmer každá firma zaoberajúca sa svietidlami či svetelnými zdrojmi, ponúka LED svetelné diódy. Jedna z predností LED je, že sú zdrojom monochromatického žiarenia rovnako ako laser. Je to žiarenie, ktoré má iba úzke pásmo vlnových dĺžok na rozdiel od žiaroviek. [6] [10] [12] [13]

Princíp fungovania LED svetelnej diódy je založený na polovodičoch, ktoré utvárajú buď nadbytok elektrónov (typ N), alebo nedostatok, čo znamená prebytok dier (typ P). Tieto polovodiče sa v jednom mieste stretávajú a tým vznikne prechod PN. Keď sa k prechodu umiestni jednosmerné napätie, začnú sa k sebe elektróny a diery približovať. Tým začne rekombinácia, čo znamená, že z každého páru elektrónu a diery sa začne uvoľňovať isté množstvo energie, ktoré môže ísť von mimo kryštál. Elektrická energia je tak transformovaná priamo na určité farebné svetlo. [6] [12]

Zo začiatku bola prvá farba svetla diódy červená, ďalej potom nasledovala farba zelená, po nej oranžová a žltá. Ako poslednú sa podarilo objaviť farbu modrú. [6] [10] [12]

Objavom modrej farby dalo po prvýkrát možnosť vytvoriť diódy s bielym svetlom. Biele svetlo je zložené svetlo, ktoré nemá jednu vlnovú dĺžku, nedá sa teda priamo vyrobiť. Vyvinutie bielej farby svetla sa stalo zlomové pre svetelné diódy LED. Týmto okamihom sa diódy rozšírili do mnohých odvetví uplatnenia, predovšetkým do všeobecného osvetlenia. Biele svetlo sa dá vytvoriť tromi spôsobmi. V prvom sa dá biele svetlo získať zmiešaním červeného, zeleného a modrého svetla LED diódy tým vznikne RGB LED. V druhom spôsobe sa dá použiť modré LED s luminoforom. Posledným spôsobom je použitie UV LED s luminoforom. [6] [10] [12]

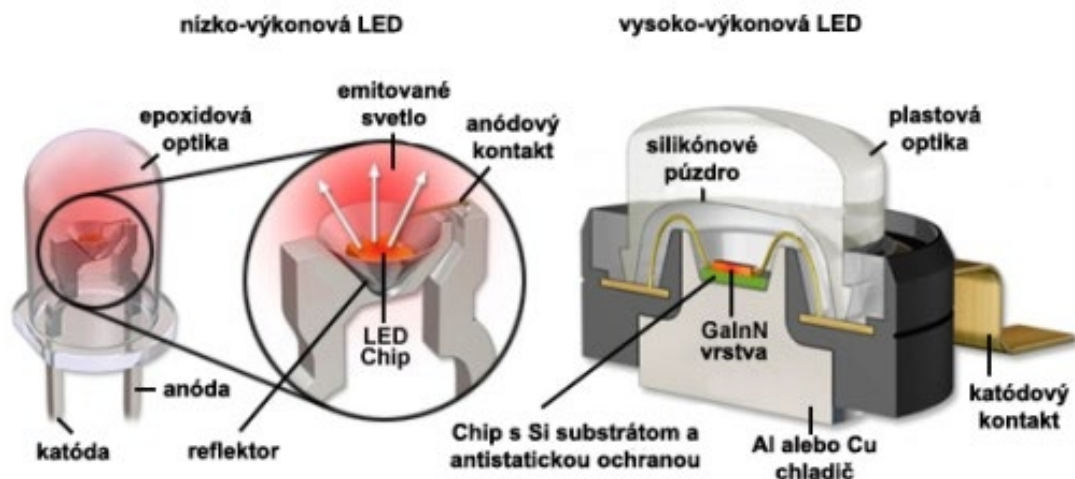
Prvé čipy LED svetelných zdrojov mali značne malé rozmery, približne 0,05 mm² a mali aj malý prúd v jednotkách miliampérov. Postupným vývojom sa však čipy začali zväčšovať a s tým rástol aj prúd a svetelný tok. Vývojom sa dosiahla dióda o prúde jednotiek ampérov s príkonom až 10 W a svetelný tok sa tak priblížil k hodnote 1000 lm. Dnešný sortiment je možné roztriediť do troch skupín:

- **diódy s malým výkonom a prúdom 1 - 2 mA,**
- **bežné diódy s väčším prúdom ako 20 mA,**
- **špeciálne s väčším prúdom ako 350 mA.** [6] [12]

Samostatné LED sa dnes už veľmi nevyužívajú, spravidla sa zoskupujú do väčších celkov, možno ich dostať v najrôznejších variantoch. Technológia umožnila výrobcovi združiť svetelné diódy do takých celkov, aby bolo možné LED svetelné diódy použiť aj u starších typov svietidiel a nahradiť tak žiarovky, halogénové žiarovky, žiarivky atď. Vznikol tak LED zdroj zachovávajúci rozmery bežných svetelných zdrojov. [6]

Ďalším zdokonalením bolo výroba celých súprav zložených z LED modulov. Tieto komplety sú už pripravené pre používateľov tak, že si môže sám zložiť svoj svetelný zdroj alebo celé svietidlo podľa seba. Z každého sa tak môže stať designer. [6]

Rýchly rozvoj a pokusy s LED svetelnými zdrojmi v Európe spôsobila legislatíva EÚ, ktorá nariaďuje zastaviť výrobu klasických žiaroviek a ich stiahnutie z predaja. Stalo sa tomu tak nielen z hľadiska požiadavky na zredukovanie spotreby energie, ale aj pre zlepšenie životného prostredia a ekológie. Prechodom k LED svetelným zdrojom dochádza na menšiu spotrebu uhlia a na zníženie prachových častíc v ovzduší. Tiež zníženie emisií SO_2 a CO_2 . Naozaj znateľne sa tak zníži spotreba elektriny. Toto rozhodnutie má veľký vplyv, ako na spotrebiteľov, tak aj na architektov a dizajnérov, ktorí stoja pred obrovským krokom a pokrokom, ktorý by mali čo najviac využiť pre svoj prospech. [14]



Obr. č. 12 Príklad konštrukcie nízko-výkonovej a vysoko-výkonovej LED [12]



Obr. č. 13 Příklady LED žárovek [12]

2 SVIETIDLÁ

Na ich popis sa využíva pomerne rozsiahly súbor parametrov. Základom sú svetelne technické parametre, ktoré sme si zhrnuli v prechádzajúcich kapitolách. Tieto základné svetelne technické parametre sa používajú na základný účel, a to meranie osvetľovania. Mimo tieto parametre je potrebné pri použití svietidiel zohľadniť prostredie, v ktorom sa svietidlá používajú. Musíme zohľadniť elektrické a prevádzkovo technické vlastnosti. V dnešnej dobe hrá dôležitý parameter tiež energetická náročnosť osvetľovacej sústavy, teda použitých svietidiel v sústave. Mnohokrát je dôležitý aj vzhl'ad svietidla. [6]

V nasledujúcich podkapitolách sa bližšie zameriame na triedenie svietidiel a na základné časti svietidiel.

2.1 Triedenie svietidiel

Každé svietidlo má odlišný účel použitia, preto sa rozdeľujú do určitých skupín. Triedenie do týchto skupín uľahčuje zákazníkovi orientáciu na trhu a výrobcovi popis výrobkov. Klasifikáciu svietidiel tiež využívajú architekti, projektanti či dizajnéri pri svojich návrhoch budov a interiérov, kedy každá skupina je vhodná pre určitý typ budovy. Správny výber svietidla do interiéru podporí činnosť, ktorú tu osoba chce vykonávať, zaistí, že aktivita je vykonávaná v optimálne osvetlenom prostredí, kde zrak chýba. Svietidlo sa môže zvoliť podľa rôznych charakteristík, napríklad druh svetelného zdroja, montáž, účel, alebo technických parametrov. Škála svietidiel je naozaj veľmi široká a mnoho typov svietidiel je vhodných na rovnaký účel, preto je zložité urobiť prehľadné rozdelenie. Dnešné trh ponúka extrémne množstvo typov svietidiel, jedná sa až o desiatky tisíc aspoň trochu odlišných svietidiel napr. materiálom, životnosťou, optickým efektom, spracovaním, cenou, a pod. Je to hlavne dané skutočnosťou, že na trh sa dostáva mnoho firiem zo zahraničia. V skorších rokoch to bolo na našom území iné, v obchodoch sa škála ponúkaných svietidiel pohybovala okolo päťsto rôznych druhov svietidiel. Bolo tak jednoduché poradiť a určiť vhodný výber svietidla. [6] [15]

Rozčleňovanie svietidiel do skupín je skutočne rozmanité. Jedno zo základných rozdelení je podľa účelu použitia na:

- **svietidlá technické,**
- **svietidlá dekoračné,**

- **svietidlá orientačné a signalizačné.** [6]

Tieto skupiny sú medzi sebou vzájomne porovnávané a hodnotené a to na základe technických parametrov, ale hlavne účelu použitia. Hranicu medzi jednotlivými skupinami však nemožno jednoznačne určiť. Pretože aj technické svietidlo môže zároveň plniť funkciu dekoračnú a naopak. [6]

Ďalšími skupinami, do ktorých je možné svietidlá rozdeľovať, je napr. členenie podľa svetelno-technického hľadiska, kde sa svietidlá delia podľa rozprestretia svetelného toku. Ďalej, kde je svietidlo umiestnené či upevnené, na stolné, stojanové, nástenné, stropné, závesné, apod. Tiež podľa úžitkového svetelného zdroja a cenových skupín. [15]

2.1.1 Technické svietidlá

Technickými svietidlami sú myslené svietidlá, ktoré musia priestor, pracovnú plochu, alebo predmety osvetliť na nejakú požadovanú úroveň, aby bola zaistená dobrá viditeľnosť a nedochádzalo k poškodzovaniu zraku. Umiestňujú sa v priestoroch, kde používame zrak na vykonávanie určitej práce, tzv. zrakovým úlohám. Jedná sa tu najčastejšie o pracovné pôsobisko, či už je to veľká hala, pracovný stôl, alebo exteriér. Ďalej sa používajú často vo verejných priestoroch, napríklad školy, knižnice, galérie, múzeá, nemocnice a pod. Všade tam, kde je potrebné mať kvalitne osvetlený priestor a predmety, ktoré chceme pozorovať. Technické svietidlá sú pre tieto potreby špeciálne konštrukčne, elektricky a opticky navrhnuté. Ďalej sa delí podľa prevádzkového režimu, a to na svietidlá pre normálnu prevádzku a núdzovú prevádzku. [6] [16]

Detailnejšie rozdelenie technických svietidiel, ako pre vnútorné a vonkajšie priestory sa delí do troch skupín:

- **Svietidlá pre všeobecné osvetľovanie** - svietidlá na všeobecné osvetľovanie majú hlavnú funkciu osvetliť celý priestor. Delia sa na: priame svietidlá, prevažne priame svietidlá, zmiešané svietidlá, prevažne nepriame svietidlá a nepriame svietidlá.
- **Uličné svietidlá** - u uličných svietidiel hrá hlavnú rolu osvetľovaná plocha ulice, ktorá musí mať presne vymedzenú veľkosť. Preto u týchto svietidiel záleží hlavne na rozmeroch fotometrickej plochy svietidla, na rozmedzí medzi jednotlivými svietidlami a tiež na výške, v ktorej je umiestnený zdroj svetla.
- **Svietidlá pre smerové osvetľovanie** - svietidlá pre smerové osvetlenie majú osvetliť len určitú časť priestoru alebo určité veci v priestore. Delia sa na dve

skupiny, a to na svietidlá smerovateľné a svietidlá smerové pevné. Do prvej skupiny patria predovšetkým svetlomety, ktoré najčastejšie osvetľujú vonkajšie plochy, budovy a predmety. Používajú sa aj vo vnútorných priestoroch, najmä vo veľkých halách a priemyselných či obchodných budovách. U druhej skupiny smerových pevných svietidiel je, vďaka optickému systému zaistené presne požadované rozloženie svetla. [6] [17] [18] [19]

2.1.2 Dekoračné svietidlá

U dekoračných svietidiel sa jedná skôr o ich umelecké pôsobenie v priestore, ich hlavnou úlohou je výtvarne doladiť a podčiarknuť miestnosť, v ktorej sa nachádzajú. Primárnou úlohou teda nie je to, aby dekoračné svietidlá dostatočne osvetlili priestor, ale záleží na tom, ako vyzerajú na zvolenom dizajne a na tom, ako pôsobia v súlade s interiérom. Mali by navodiť príjemnú atmosféru, pokojné a príjemné prostredie, aby sa človek cítil čo najlepšie. Môžu nás zaujať nielen svojim vzhľadom, ale aj tým ako vyžarujú a prepúšťajú svetlo a spôsobom nasvietenia interiéru, teda využitia svetelných efektov. Dekoračné svietidlá ďalej delíme do dvoch skupín podľa svetelného účinku na:

- **dekoračné svietidlá, ktoré sú svetelným objektom,**
- **dekoračné svietidlá, ktoré vytvárajú svetelný efekt.** [6]

U dekoračných svietidiel, čo sú svetelným objektom, je nenahraditeľné, aby dizajn svietidla pôsobil skvele, ako v zapnutom, tak aj vo vypnutom stave. Dotváral celkový kladný dojem z priestoru a ladil s ním. U dekoračných svietidiel, čo vytvárajú svetelný efekt, majú vo vypnutom stave väčšinou nekomplikovaný, prostý tvar, ktorý je v súlade s interiérom a nijako ho nenarušuje, ani v ňom nevyniká. V zapnutom stave svietidlo využíva ako vlastné plochy k odrazom svetla, tak využíva k svetelnému efektu aj okolitý priestor. [6]

2.1.3 Orientačné a signalizačné svietidlá

Základnou funkciou orientačných svietidiel je pomáhať orientovať sa v priestore a zabezpečiť bezpečný pohyb ľudí i vecí (napr. dopravné prostriedky), a to ako v normálnych tak aj krízových situáciách. Sú umiestňované tam, kde majú byť nápomocné nájsť správny smer, cestu, či únikové trasy, alebo varovať pred prekážkou. Primárnou úlohou signalizačných svietidiel je dať vizuálny signál, sú určené ako pre normálnu, tak aj

nevšednú situáciu. Upozorňujú na seba umiestnením, farebnosťou, tvarovým riešením, môžu na sebe mať však aj rôzne symboly a číslice. Používajú sa napríklad pri dopravnej signalizácii a v letiskovej doprave. [6]

2.2 Základné časti svietidiel

Usmernenie svetelného toku, svetelný zdroj a jeho pripojenie k prúdu elektrickej energie, upevnenie svietidla a jeho bezpečnosť, odolnosť v rámci prevádzkových podmienok, účinnosť či vzhľad – všetky tieto menované a mnoho ďalších parametrov patria k základným posudzovacím kritériám použitia svetelných zdrojov v praxi. Z tohto dôvodu je nutné, aby každému svietidlu patrili svetelne činné, elektrické a konštrukčné časti, ktorých podrobnejšiemu zoznamu sa venuje nasledujúca kapitola.

2.2.1 Svetelne činné časti svietidiel

Svetelne činné časti svietidiel zaisťujú ich primárne funkcie, ktoré umožňujú osvetľovanie priestoru či predmetu. Umožňujú rozloženie svetelného toku a udávajú fotometrické parametre svetelných zdrojov. Vďaka nim môžeme cielene usmerniť či naopak rozptýliť svetelný tok, vytvárať clonu, obmedziť oslnenie či upraviť spektrá zloženia optického žiarenia. Príklady svetelne činných častí svietidiel:

- **Reflektory** - reflektory menia priestorové rozloženie svetelného toku zdrojov pomocou odrazu svetla. Podľa neho rozlišujeme reflektory zrkadlové, matované a difúzne. Svetlo je odrážané do požadovaného smeru svietenia. Na výrobu sa používa najčastejšie čistý hliník a dosahuje až 95% odraznosti svetla.
 - a) **Matované reflektory** - aplikujú sa tam, kde je potrebná normálna presnosť svetelného toku a kde musí byť zaistená hladká krivka svietivosti. Môžu mať tvar kruhu, paraboly alebo elipsy. Zjemňujú a vyhladzujú nepresnosť pri rozložení svetla, ktorá môže nastať pri výrobe zrkadlových reflektorov.
 - b) **Zrkadlové reflektory** - využívajú sa pri svietidlách, kde je potrebný presný tvar krivky svietivosti (svetlometry, pouličné osvetlenie). Ich konštrukcia je prispôbena tak, aby dochádzalo iba k jednému odrazu lúčov na odrazovej ploche. Sprostredkovávajú rozličné rozloženie svietivosti. V skoršej dobe sa na výrobu reflektorov využívali postriebrené skla, to však nemalo ideálne

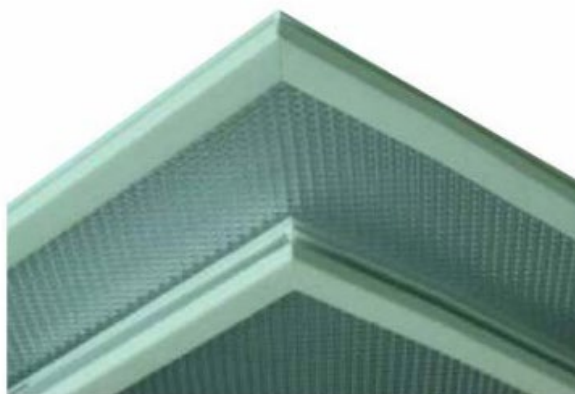
vlastnosti. Reflektor bol ťažký a krehký, preto sa začal používať hliníkový plech (dnes najpoužívanejší), ktorý zaisťuje pevnosť a nízku hmotnosť. Spomínané vlastnosti garantujú požiadavky kladené na reflektory, čo sú stabilita a optická presnosť. Ďalším používaným materiálom na výrobu reflektorov je plast, ten sa však neuplatňuje tak často, pretože je limitovaný teplotou, jeho plusom je však nízka cena.

- **Difúzne reflektory** - u týchto reflektorov sa využíva difúzny odraz. Dopadajúce svetlo z akéhokoľvek uhla sa rovnomerne rozmieša do každého smeru, pretože jas povrchového materiálu reflektora je v každom smere rovnaký. Difúzne reflektory nie sú schopné vytvoriť presný svetelný zväzok lúčov, preto sa uplatňujú najmä tam, kde sa chce doceliť pravidelne rozptýleného osvetlenia. Na ich výrobu sa používajú kovy opatrené matovaným náterom, alebo kovy, ktoré majú matovaný povrch. [6] [16] [17]
- **Difúzory** - na zmeny priestorového rozloženia svetelného toku zdroja pomocou rozptylu prechádzajúceho svetla sa využívajú transparentné materiály nazývané difúzormi. K ich výrobe sa používa opáľové sklo či priesvitné plasty (polystyrén, akrylát). Oba materiály sa vyznačujú vysokým stupňom rozptylu svetla pri minimálnom pohltení. Difúzory upravujú tvar fotometrickej plochy svietivosti a znižujú jas svietidiel. Využíva sa difúzia alebo rozptylu svetla a tieto konštrukčné diely vytvárajú ilúziu plošného zdroja svetla. [6] [18]
- **Šošovky a refraktory** - refraktory a šošovky menia priestorové rozloženie svetelného toku pomocou javu refrakcia alebo lomu svetla. Refraktor má vysokú hodnotu činiteľa prestupu (uvádza sa až 85 %) a veľké možnosti úpravy výslednej krivky svietivosti zdroja. Lom svetla vzniká na rozhraní vzduchu a plastu. Materiálom na výrobu býva najčastejšie polymetalakrylát a jeho možnosťou je využívanie predovšetkým pri žiarivkových svietidlách. [6] [16] [17]
- **Holografické optické prvky** - ide o najnovšie optické prvky, od ktorých sa očakáva značné využitie v praxi. Sú to svetlo prepúšťajúce materiály s mikroskopickým reliéfnym povrchom. Princípom je aj zmena smeru lúčov svetelného toku, to sa však vykonáva ohýbaním pri prechádzaní reliéfnou štruktúrou. Štruktúra sa získava laserom, kedy rôznym nastavením získa všemožné tvary. [6]

- **Svetlovody** - svetlovody sú optické zariadenia používané na prívod svetla od zdroja do určeného miesta. Existujú dva typy - plné a duté. Duté svetlovody vyžarujú svetlo na konci a používajú sa na vedenie denného svetla do málo osvetlených priestorov. Svetlovody plné fungujú na tzv. úplnom vnútornom odraze. Jedná sa o doskové svetlovody či optické káble. [6]
- **Tienidlá a kryty** - clony a tienidlá majú za úlohu brániť priamemu kontaktu so svetelným zdrojom či zamedziť oslneniu. Na výrobu sa používajú materiály nepriesvitné či rozptylné. Pokiaľ nie je potrebná clona priamo súčasťou konštrukcie svietidla, môžu byť použité prídavné cloniace prvky (mriežky, nástavce a iné). Mieru clonenia udáva tzv. uhol clonenia nachádzajúci sa medzi horizontálnou rovinou a najväčším uhlom pohľadu, keď svetelné zdroje ešte nie sú viditeľné. Pri jednotlivých typoch zdrojov je tento uhol odlišný. Medzi najpoužívanejšie cloniace prvky spadajú lamelové clony rôznych tvarov. Niektoré iba clonia samotný svetelný zdroj, iné zároveň usmerňujú svetelný tok. Prídavné clony sú najčastejšie vyrobené z hliníkového alebo oceľového plechu alebo plastu. [6]
- **Filtre** - na zmenu spektrálneho zloženia slúžia filtre. Tie fungujú na absorpcii, ktorá je založená na priepustnosti a pohltení spektra a interferencii, pri ktorej filter časť svetla prepustí a zvyšné percento odrazí. Filtre ďalej rozlišujeme podľa ich použitia na farebné, konverzné a ochranné. Farebné filtre časť svetla prepustia a časť je odfiltrovaná. Konverzné filtre sa využívajú za účelom navýšenia či zníženia teploty chromatickosti. Filtre ochranné majú schopnosť odfiltrovať susedné časti viditeľného svetla (ultrafialové a infračervené žiarenie obsiahnuté v žiarení mnohých zdrojov svetla). [6]



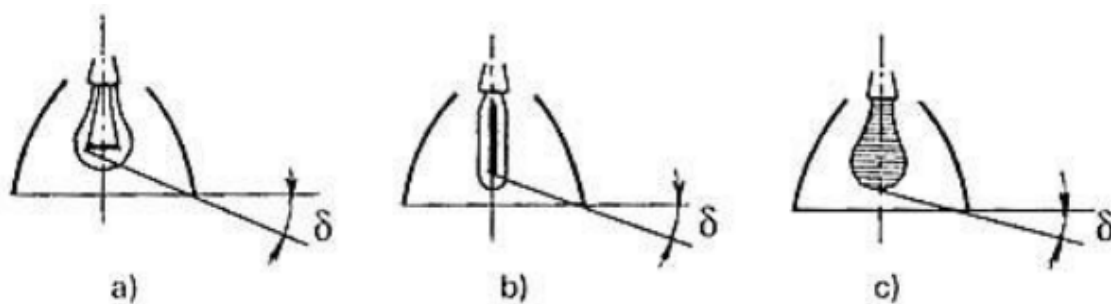
Obr. č. 14 Reflektory [17]



Obr. č. 15 Příklad typu refraktora [17]



Obr. č. 16 Rohový opalový difúzor pre rohový profil [18]



Obr. č. 17 Uhol clonenia pre svetidlá s rôznymi svetelnými zdrojmi [6]

Uhol clonenia u svetidla:

- a) žiarovkového, b) s výbojkou s čírou bankou, c) s výbojkou opatrenou luminosfórom alebo s opalovou žiarovkou

2.2.2 Elektrické části svietidiel

Svietidlo musí byť v prvom rade bezpečné, nesmie spôsobiť ohrozenie človeka elektrickým prúdom. Je nutné, aby bola zaistená elektrická bezpečnosť, čomu je u svietidiel prispôsobené interné elektrické zapojenie. Základom je zvolenie správneho vodiča, ktoré sú buď pevné, alebo ohybné. Ďalej potom navolenie vhodného prierezu, tvaru a izolácia vodiča. Oveľa lepšie vlastnosti má pevný vodič, má väčšiu pevnosť, lepšie tvarovateľnosť, ľahšie odizolovanie a nepotrebuje toľko príchytiek ako ohybný vodič. Nevýhodou však je, že sa nedajú použiť pri svietidlách vystavených vibráciami, tu sa uplatnia ohybné vodiče. Ďalšie typy svietidiel, kde sa používajú ohybné vodiče, sú napr. smerovateľné svietidlá. Prierez vodiča sa odvíja od rozmeru bežného prevádzkového prúdu a teploty v svietidle. Izolácia musí spĺňať zodpovedajúcu tepelnú odolnosť. [6] [17]

Každé svietidlo potrebuje napájací zdroj, aby mohlo svietiť. Pripojenie do napätia musí spĺňať rýchlosť, jednoduchosť a bezpečnosť. Vo vnútri svietidla máme tzv. svorkovnicu, ktorá sprostredkováva pripojenie, jedná sa o najpoužívanejší typ. Ďalším typom pripojenia sú prípojnice. Ich konštrukcia sa skladá z mechanických dielov a elektrického vedenia. Každé svietidlo nemusí mať svoj vlastný prívod. Napájací kábel umožňuje prepájať viac svietidiel zároveň. [6]

Objímky sú mechanizmy určené na to, aby upevnili svetelný zdroj a tiež na jeho elektrické pripojenie. Delia sa na plastové a keramické. Existuje ich nespočetné kvantum podľa typu svetelného zdroja. [6] [16]

2.2.3 Konštrukčné časti svietidiel

Už návrh konštrukcie svietidiel by sa mal prispôbiť podmienkam bežného používania, tak aby výsledný produkt odolal manipulácii pri skladovaní, transporte či inštalácii. Odolnosť svietidiel je daná materiálou skladbou a kvalitou konštrukcie. Každý svetelný zdroj by mal konštrukčne zodpovedať svojim požiadavkám na použitie. Zvýšenie pevnosti je možné dosiahnuť použitím výstuh, výstužných rebier alebo prelisovaním plechových častí. Pre nosné konštrukcie sú bežne využívané materiály ako oceľ, hliník a plast. Oceľový plech vidíme napr. pri výrobe žiarivkových interiérových zdrojov. Hliník a jeho zliatiny slúžia napr. na výrobu zložitých tvarov (svetlometov), smerových či podhl'adových svietidiel. Okrem vyššie spomínaných materiálov je veľké množstvo plastových, drevených, keramických či sklenených produktov. Ochranné konštrukcie chránia svietidlo

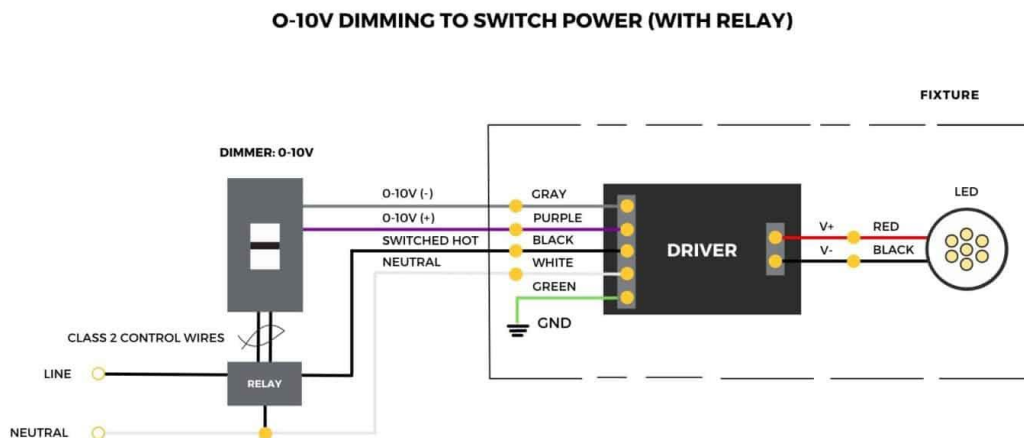
pred vniknutím vody, prachu a ďalších drobných častí a súčasne zaisťujú bezpečnú prevádzku. Tvarovo môžu byť plné či rastrované. Najčastejšie používaným materiálom je sklo a plast. [6] [16] [17]

2.3 Spôsoby ovládania svietidiel

Spôsoby ovládania svietidiel môžeme rozdeliť do dvoch skupín: digitálne a manuálne-analógové.

2.3.1 Analógové ovládanie

0-10 V: tlmenie riadi intenzitu svetla nastavením DC napätia, ktoré sa dodáva svietidlám, na hodnotu v rozmedzí od 0 V do 10 V. Výhodou je, že systém osvetlenia je jednoduchý na pochopenie a je vhodný na ovládanie LED svetiel. 100 % svetelný výstup je pri 10 V a 0 % pri 0 V. [34]



Obr. č 18 0- 10 V prepnutie napájania (s relé) [34]

1-10 V: tlmenie riadi intenzitu svetla nastavením DC napätia, ktoré sa dodáva svietidlám, na hodnotu v rozmedzí od 1 V do 10 V. Výhodou je, že systém je tiež jednoduchý na pochopenie a je vhodný na ovládanie LED svetiel. 100 % svetelný výstup je pri 10 V a 0 % pri 1 V. [34]

PWM (Modulácia pulzovej šírky): používa sa na ovládanie výstupného napätia konvertoru modulovaním pulzovej šírky výstupnej vlny. Výhodou je účinnosť do 90 %, nízke zahrievanie pri práci, nízka spotreba energie, ľahké oddelenie signálu a nižšia hluková interferencia. Ďalšími výhodami je menšia spotreba kvalitného filtra, schopnosť odolať vysokému výkonu a jednoznačné zníženie celkového harmonického rušenia zaťažovacieho prúdu. Nevyžaduje sa synchronizácia medzi vysielateľom a prijímačom. PWM rýchlosť je 50-90 Hz. [34]

TRIAC (Triode AC prepínač): je najčastejším polovodičovým zariadením na prepínanie a ovládanie výkonu AC systémov. Výhodou je možnosť používať s 230 V a je možné aktivovať pozitívnu alebo negatívnu polaritu gate pulzov. Na ochranu si vyžaduje len jednu poistku a len jeden mierne väčší tepelný rezervoár. Nízka účinnosť môže viesť k preblikávaniu, pokiaľ sa zapne s inými elektronickými zariadeniami. [34]

2.3.2 Digitálne ovládanie

DALI (Digitálne adresovateľné svetelné rozhranie): je digitálny sériový ovládací protokol pre osvetlenie budov. Funguje za pomoci 2- drôtovej komunikačnej zbernice. Centrum príkazov zbernice DALI poskytuje zariadenie na ovládanie, konfiguráciu a riešenie problémov s produktom. Výhodou je väčšia úspora energie, jednoduché rozhranie pre ovládanie a systémy správy budov. Ďalšími výhodami je možnosť konfigurácie a rekonfigurácie meniacich sa scenárov a ovládanie individuálnych svetiel a dynamické vytvorenie obvodov. Potrebný je len jeden pár riadiacich vodičov, dokonca aj v systémoch s viacerými kanálmi. Riadiaci vodič bez polarizácie znižuje riziko nesprávneho zapojenia. Je možné ho ovládať cez rozhranie skrz počítač a pripojiť k BMS systému (LonWorks, EIB) cez bránu. Systém musí byť pred uvedením do prevádzky naprogramovaný. [34]



Obr. č. 19 Svetelný ovládač DALI [34]

DMX 512 (Digitálny multiplex): je medzinárodné uznávaný protokol používaný na ovládanie svietidiel. Výhodou je ľahko obsluhovateľný protokol. Je vhodný na použitie vo veľkých svetelných inštaláciách a zostavách. Má viac kanálov ako analógový a je možné ho použiť na akejkolvek konzole. Za účelom nastavenia musí byť každé svietidlo fyzicky prístupné. [34]

RDM (Diaľkové spravovanie zariadenia): ponúka vylepšenie protokolu tým, že disponuje obojsmernou komunikáciou medzi ovládačmi svietidla a pripojenými zariadeniami kompatibilnými s RDM. Výhodou je prístup adresy ovládača pomocou 3-žilových káblov. RDM zariadenia dokážu konzole spätne odoslať informácie o stave chybách. RDM ponúka obojsmernú komunikáciu, ktorá poskytuje veľa výhod a je užitočná najmä pri nastavovaní adresy a iných funkcií. [34]

Zigbee: má flexibilnú štruktúru a veľmi dlhú životnosť batérie. Má zmiešanú sieťovú topológiu s nízkonákladovým vysielaním a je výkonovo efektívny. Je menej komplexný ako Bluetooth a ľahká inštalácia. Zigbee podporuje vysoký počet uzlov a ich krátka pracovná perióda má za následok úsporu energie pri komunikácii. [34]

Bluetooth/ Wifi: výhodou je tisíc uzlov na sieť a nevyžadujú sa žiadne drôty. Ďalšou výhodou je použitie štandardného smartfónu. [34]

2.4 Svietidla používané v bezpečnostnom priemysle

V tejto kapitole si uvedieme, aké druhý prísvitov sa využívajú v bezpečnostných svietidlách a na akých technológiách pracujú. Budeme popisovať halogénové, LED, infra reflektory.

2.4.1 Halogénové reflektory

Tieto reflektory obsahujú halogénové žiarovky, ktoré pri žhavení dosahujú vyšších teplôt žhaveného vlákna vďaka prímеси zlúčeniny halogénového prvku vo vnútri banky žiarovky. Vyššia teplota žhaveného vlákna spôsobuje, že svetlo má väčšiu svetelnú účinnosť a belšie svetlo, často tiež vyššiu životnosť. Kvôli vyššej teplote žhavenia zároveň musíme na banku použiť špeciálne kremenné sklo, ktoré dokáže zniesť vyššiu teplotu (min. 250°). Kremenné sklo na rozdiel od bežného skla prepúšťa aj ultrafialové žiarenie. V žiarovke prebieha halogénový cyklus, kedy sa pri vysokej teplote vyparuje volfrám, ktorý sa potom zlučuje s prvkom ako je bróm a znovu sa rozpadá. Volfrámové páry v blízkosti vlákna sa potom vyparujú znížením volfrámu z vlákna.

Halogénové reflektory majú stupeň krytia IP44, čo znamená úroveň ochrany pred dotykom, vniknutím cudzích predmetov, prachom a úroveň ochrany pred vlhkosťou. [31]

Výhody halogénových reflektorov:

- Pomerne dlhá životnosť
- Mierna spotreba energie
- Zvýšený svetelný výkon
- Svetelný tok je možné nastaviť
- Nízke náklady

Nevýhody halogénových reflektorov:

- Vyššia prevozná teplota
- Výrobky zlyhávajú pri poklese teploty (kúpiť zariadenie na ochranu proti prepätiu)



Obr. č. 20 Halogénový reflektor [31]

2.4.2 LED reflektory

Obsahujú LED diódy. Ide o elektronickú polovodičovú súčiastku s P-N prechodom, ktorá dokáže vyžarovať svetlo. Dióda má len jeden priepustný smer (na rozdiel od žiaroviek), v ktorom svieti. Tento smer je smerom od katódy k anóde. Druhý smer je nepriepustný. LED diódy pracujú s malými hodnotami napätia a prúdu, vďaka čomu sa často používajú pri osvetľovaní. Vyrába sa tiež v rôznych prevedeniach napr. guľové v priemere 5 mm, 3 mm či v SMD prevedení pre plošnú montáž.

Svietenie LED diódy je založené na jave elektroluminiscencie, kedy sa využíva, že pokiaľ prúd prechádza cez určitý materiál (luminofor), dochádza k zmene elektrickej energie na svetlo. Pokiaľ priložíme napätie v priepustnom smere diódy, dôjde k injekcii minoritných nosičov cez PN prechod. Po určitej vzdialenosti sa potom nosiče rekombinujú s nosičmi opačného znamienka a tým sa uvoľní energia vo forme fotónov. Dnes existujú LED diódy, ktoré dokážu vyžarovať od ultrafialového svetla, cez viditeľné svetlo až po infračervené svetlo. Sú vhodné pre kombináciu s pohybovým snímačom.

LED reflektory majú úroveň krytia IP65, čo znamená úplne prachotesne (pred akúkoľvek pomôckou) a odolné voči trieskajúcej vode zo všetkých smerov z trysky 6,3 mm pri prietoku 12,5 l/min po dobu 3 minút zo vzdialenosti 3 m.

Výhody LED reflektorov:

- Viac svetla na Watt než u žiaroviek

- Dlhá životnosť
- Bez údržbové
- Menšia spotreba elektrickej energie

Nevýhody LED reflektorov:

- Výkonnosť závislá na teplote okolitého prostredia
- Musí byť napájané správnym prúdom [31]



Obr. č. 21 LED reflektor [31]

2.4.3 Infra reflektory

Čo sa týka využitia, jedná sa o najmenej používané prísivty. Ale aj tak sa s nimi môžeme stretnúť často v podobe bežných svetiel, ktoré daný priestor osvetľujú. Existuje niekoľko druhov žiaroviek, napr. bežné žiarovky, ktoré poznáme u bežných svietidiel a infražiarovky, ktorý majú na banke nanesený filter, ktorý potom prepúšťa infražiarenie. Princíp žiarovky vychádza zo žhavenia volfrámového vlákna vo vnútri sklenenej banky s vákuom alebo nízko tlakým interným plynom.

Infra reflektory majú stupeň krytia IP66, čo znamená úplne prachotesné (pred akúkoľvek pomôckou) a poskytuje ochranu zariadenia pred intenzívne trieskajúcou vodou napr. z vysokotlakového čističa.

Výhody infra reflektorov:

- Jas žiarovky ide plynulo regulovať

- Lacné výroba
- Ekologicky nezávadné
- Neemitujú škodlivé žiarenie

Nevýhody infra reflektorov:

- Nízka energetická účinnosť (Na viditeľné svetlo sa premení cca 4% energie, zbytok sa vyžiari v podobe tepla)
- Krátka životnosť provozu [31]



Obr. č. 22 Infra reflektor [31]

3 DETEKCIA A DETEKTORY POHYBU

V bezpečnostnom priemysle sa detekcia pohybu radí do kategórie poplachových zabezpečovacích a tiesňových systémov - PZTS. Ide o spôsob, ako zaznamenať pohyb vo vytýčenej zóne. Detekciu pohybu je možné definovať ako zaznamenanie pohybu narušiteľa vo vnútri alebo v oblasti chránenej zóny, do ktorej mu nebol povolený prístup. Narušiteľom sa rozumie páchatel', ktorý sa do tejto oblasti snaží vniknúť za použitia násilia. Technológie zaisťujúce ochranu majetku sú záležitosťou súkromných bezpečnostných firiem, preto ho možno nazývať ako priemysel komerčnej bezpečnosti. [20]

Detektory pohybu je možné definovať ako elektronické zariadenia, ktoré reagujú na zmenu fyzikálnych javov, ktoré produkuje narušiteľ, ktorý sa pohybuje v chránenej zóne. Detektory danú zmenu zaregistrujú, vyhodnotia a potom odovzdávajú ďalej v podobe poplachovej informácie. Základným predpokladom pre detekciu je práve zaznamenanie pohybu narušiteľa. [21]

Detektory pohybu sa fyzicky skladajú z troch častí (nosná konštrukcia, senzor elektrických a neelektrických veličín, elektronické obvody detektoru (z funkčného hľadiska rozlišujeme štyri kroky procesu detekcie pohybu: snímanie fyzikálnej veličiny, spracovanie výstupného signálu senzoru, vyhodnotenie parametrov signálu, prenos signálu do ústredne). [20]

Senzory pohybu predstavujú zmyslové orgány elektroniky aj detektora a prinášajú informácie o technologickom prostredí. Pri detektore pohybu senzor prevádza vstupnú neelektrickú veličinu na výstupnú elektrickú veličinu prúdu alebo odporu. Vstupnou neelektrickou veličinou sa rozumejú príznaky, ktoré indikujú prítomnosť a pohyb narušiteľa v chránenej zóne. [22]

Cieľom funkcie elektrických obvodov detektora je dosiahnutie adekvátneho spracovania výstupného signálu zo senzora, ktorého cieľom je vygenerovanie výstupu v podobe poplachového signálu. Najprv je signál zo senzora zbavený šumu a zosilnený, následne je prevedená jeho komparácia s nastavenými hodnotami a následne je po splnení daných predpokladov generovaný poplachový signál. [22]

Inými typmi detektorov sú čidlá energeticky nezávislé, ktoré k svojej činnosti nepotrebujú zdroj energie. Tieto čidlá sa rozdeľujú na deštrukčné, ktoré sú určené iba na jednorazové použitie (poplachové fólie, tapety a sklá) a nedeštrukčné, pri vyhlásení poplachu a ich aktivácii dochádza k zvratným zmenám (kontakty, spínače). [20]

V technickej ochrane objektov existujú štyri oblasti ochrany hodnotené podľa funkčných požiadaviek. Ide o:

- **perimetrickú ochranu,**
- **plášťovú ochranu,**
- **priestorovú ochranu,**
- **predmetovú ochranu.** [20]

Detektory pohybu sú radené do oblastí perimetrickej a priestorovej ochrany. Perimetrická ochrana sa vzťahuje na ochranu celého okolia objektu. Tieto hranice môžu tvoriť prírodné či umelé prekážky ako ploty, kríky, stromy a pod. Úlohou detektorov je zaznamenať (detekovať) pohyb v rámci prekonávania daných prekážok narušiteľom. Priestorová ochrana zahŕňa ochranu majetku vo vnútri objektu. Detektory zachytávajú pohyb pôsobiaci v chránenom priestore, ktorý je vyhodnotený ako vysoko rizikový pohyb. [20]

Perimetrická ochrana sa zakladá na využívaní systémov ako stráženie plotu z plotového pletiva, infračervené závory, mikrovlnné bariéry, duálne bariéry a zemné detekčné káble:

- **Stráženie plotov z plotového pletiva** - je metódou, kedy sa na pletivo plotu pripevní špeciálny detekčný kábel, ktorý detekuje mechanické namáhanie a záchvevy plotu, na základe čoho sa spúšťa upozornenie (alarm, odoslanie informácie).
- **Infračervené závory** - vytvárajú pre ľudské oko neviditeľný lúč alebo rad lúčov nad sebou, pri prerušení ktorých dôjde k poplachu. Nevýhodou tu však je vysoký počet poplachov vzhľadom k prirodzeným faktorom, ako sú sneh alebo pohyb zvierat.
- **Mikrovlnné bariéry** - sú rovnako ako infračervené závory tvorené vysielačou a prijímacou časťou. Tvorí sa tu ucelené ochranné pole cigarového tvaru (tzv. Fresnelova zóna), ktoré zaručuje kvalitné stráženie chráneného priestoru. Systémy vyhlasujú poplach na základe nastavenej veľkosti predmetu, ktorý ho narúša, a možno teda odlíšiť sneh a zvieratá od osôb.
- **Duálne bariéry** - sú tvorené kombináciou infračervenej a mikrovlnnej bariéry, ktorá sa oproti ostatným typom môže pohybovať vo vyššej cenovej relácii. Systémy pracujú s časovými oknami. Keď sa narušiteľ blíži k stráženej zóne, naruší sa najskôr mikrovlnné pole a súčasne sa otvorí časové okno na dobu niekoľkých

minút, kedy sú vysielané infračervené lúče. Systém je vďaka tomu energeticky úspornejší a ak sú infračervené vlny prerušené, je generovaná informácia o poplachu.

- **Zemné detekčné káble** - radia sa medzi neviditeľné spôsoby detekcie pohybu na použitie v exteriéri, jedná sa však o finančne najnáročnejší systém perimetrickej ochrany. Detekčný kábel je umiestnený pod zemou a vytvára okolo seba široké detekčné pole a zaznamenáva jeho zmeny. [20]

V kategórii predmetovej ochrany je možné na detekciu pohybu využiť magnetické kontakty, PIR čidlá s charakteristikou záclony, mikrovlnné čidlá, optoelektrické reflexné čidlá a ďalšie podobné systémy. Využitie technológie sa odvíja od zabezpečeného objektu, predmetová ochrana sa prevažne vzťahuje na stráženie cenných predmetov ako umeleckých diel či šperkov a klenotov. Pohybová detekcia sa zakladá okrem iného aj na využití technológie seizmických čidiel. Seizmické čidlá detekujú pohyb na základe otrasov, konkrétne selektívneho spracovania vlnenia, ktoré sa šíria pevnými telesami pri mechanickom či termickom zásahu. Najnovšie čidlá dokážu aj elektronicky vyhodnotiť prijímané signály. V minulosti boli viac využívané tzv. čidlá kapacitné, ktoré však mali slabú stránku v náročnosti montáže. Medzi ďalšie typy detekčných čidiel predmetovej ochrany patria napríklad závesové a polohové čidlá. [20]

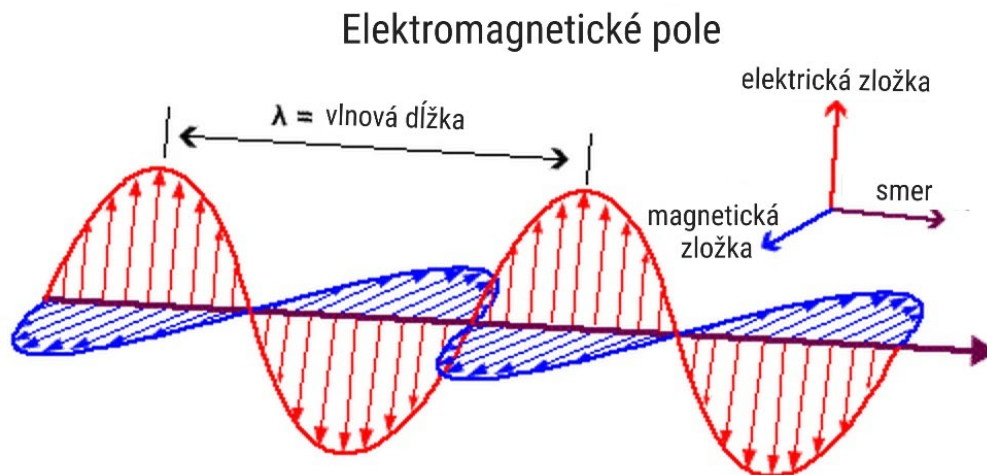
3.1 Princípy fungovania detekcie pohybu

Detektory pohybu využívajú fyzikálne metódy a princípy na detekovanie pohybov narušiteľa. Fyzikálna podstata väčšiny detektorov pohybu sa zakladá na využívaní energie žiarenia elektromagnetického poľa. Elektromagnetické pole je možné definovať ako pole, striedajúce pôsobenie elektrických a magnetických polí. Elektromagnetické žiarenie vychádza zo vzájomného pôsobenia elektrického poľa, kolmého na pôsobenie magnetického poľa. [23]

Detektory pohybu využívajúce pri detekovaní pohybu zmeny elektromagnetického poľa sa nazývajú elektromagnetické detektory. Ich senzory využívajú elektromagnetické žiarenie ako médium prenášajúce informáciu o pohybe narušiteľa, jedná sa spravidla o mikrovlnné, infračervené žiarenie a rádiové vlny. [24]

Špecifické metódy detekcie pohybu dokážu čiastočne využívať energiu elektromagnetického poľa, pričom sa zakladajú na úplne inom fyzikálnom princípe. Daný typ detektorov pohybu býva spravidla konštrukčne odlišný od bežných typov, ktoré

detekujú iba zmeny elektrického poľa. Podstatou elektromagnetického žiarenia je vzájomné pôsobenie elektrického poľa, ktoré je kolmé k pôsobeniu magnetického poľa. [21]



Obr. č. 23 Elektromagnetické pole, jeho zložky a vlnová dĺžka [21]

Rýchlosť elektromagnetického vlnenia je zhodná s rýchlosťou svetla. Elektromagnetické vlnenie definujeme ako postupné priečne vlnenie, ktoré charakterizuje jeho vlnová dĺžka. Na základe frekvencie je elektromagnetické žiarenie rozdelené do niekoľkých oblastí. U rádiového a mikrovlnného elektromagnetického žiarenia sa prakticky vždy prejavuje len jeho vlnový charakter. Pri infračervenom žiarení sa navyše prejavuje aj jeho časticový, fotónový charakter. Infračervené elektromagnetické žiarenie má už dosť krátku vlnovú dĺžku a má teda už dosť vysokú frekvenciu ($f = c / \lambda$; c - rýchlosť svetla vo vákuu, λ - vlnová dĺžka) a teda aj dosť vysokú energiu fotónov ($E = h \times f$; h - Planckova konštanta). Táto energia je už tak dostatočne veľká, že energiu dopadajúcich fotónov je možné pomocou polovodičov priamo prevádzať na elektrický signál - napríklad u PIR čidiel pomocou pyroelementov. Pre fokusáciu infračerveného žiarenia je však možné stále využívať aj jeho vlnový charakter. Napríklad u PIR čidiel vlnový charakter využíva na fokusáciu pomocou Fresnelových šošoviek alebo pomocou zrkadlovej optiky. [21]

3.2 Detekcie pohybu s využitím elektromagnetického poľa

Senzory elektromagnetických detektorov využívajú elektromagnetické žiarenie ako nosné teleso nesúce informáciu o pohybe narušiteľa. V tomto prípade sa jedná predovšetkým o nasledujúce oblasti:

- **mikrovlnné žiarenie,**
- **infračervené žiarenie,**
- **rádiové vlny.** [20]

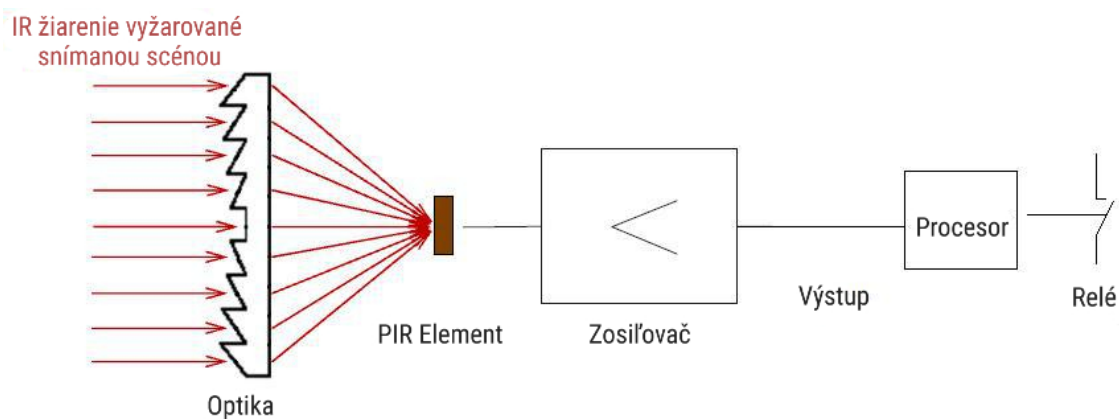
Mikrovlnné žiarenie sa v mnohých ohľadoch zhoduje so žiarením viditeľným. Je šírené priamočiarno, láme sa a v určitých situáciách môže byť koncentrované do jedného bodu. Pri prechode mikrovln zo vzduchu do rôznych látok dochádza k ich lámaniu. O miere odrazeného svetla rozhoduje rozdiel vlastností oboch prostredí a tiež uhol dopadu mikrovln na plochu. Mikrovlny dokážu prejsť objektmi zo skla, plastov a z keramiky, odrážajú sa naopak od kovových objektov. [20] [25]

Infračervené žiarenie je situované na spodnej hranici viditeľného žiarenia a je pre človeka aj veľa ďalších živočíchov takmer neviditeľné. Infračervené žiarenie má však tepelné účinky. Pre človeka je toto žiarenie neviditeľné preto, že aj ľudské oko vyžaruje infračervené lúče a bolo by oslepené vlastným vydávaným svetlom. Napriek tomu však človek toto žiarenie dokáže vnímať v podobe teplotného vnemu. Vstrebanie infračerveného žiarenia dokáže v ľudskom tele spôsobiť zahriatie tkaniva, čo sa prejavuje pocítením tepla na koži či vo väčšom množstve žiarenia ako spáleninu. [20] [25]

Využívanie infračerveného žiarenia sa u elektromagnetických detektorov rozdeľuje na metódu pasívneho a aktívneho snímania. Pasívne snímanie zahŕňa detekciu prítomného infračerveného žiarenia, ktoré fyzicky produkuje pohybujúci sa narušiteľ, ktorého telesná teplota je spravidla vyššia ako teplota okolia. Základom pasívneho snímača je pyroelektrický senzor, skladajúci sa z umelých materiálov, na ktorých pyroelektrický jav prebieha. Daný jav je možné všeobecne definovať ako schopnosť materiálu generovať dočasný elektrický potenciál pri zmene teploty. Zmeny teplôt vo vnútri materiálov mierne modifikujú pozície atómov, kvôli čomu dochádza k polarizácii a následnému preskupenie elektrického náboja, ktoré je možné snímať. [22] [25]

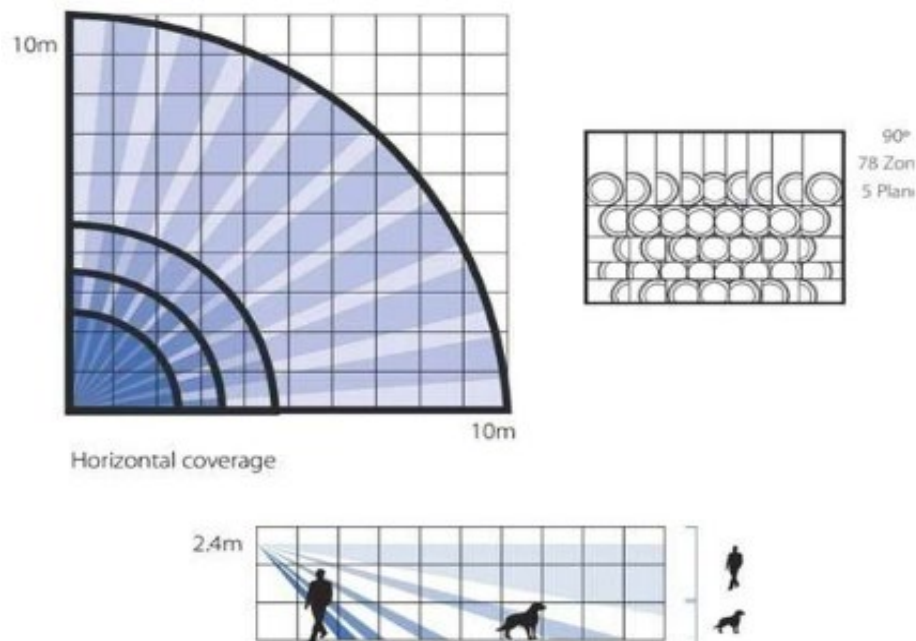
Senzor však dokáže registrovať jedine jednotné infračervené žiarenie zo svojho okolia. Ak sa páchatel bude pohybovať priamo pred detektorom, toto zariadenie ho nebude schopné identifikovať a jeho prítomnosť odlíšiť od okolitého prostredia. V tomto prípade sa

využíva tzv. segmentácia stráženého priestoru. Senzor dokáže detekovať tepelné žiarenie, ktoré je charakteristické pre telesnú teplotu človeka. Zjednodušene povedané detektor zachytáva pohyb objektov, ktoré majú odlišnú teplotu od svojho okolia. Celý priestor je pomocou segmentácie rozdelený na aktívne a neaktívne zóny. Ak sa narušiteľ bude pohybovať medzi týmito zónami, na výstupe tohto senzora sa bude generovať napät'ový signál. K tejto segmentácii sa používa napríklad tzv. Fresnelova šošovka. [21]



Obr. č. 24 Bloková schéma PIR detektora (naznačená je Fresnelova šošovka) [21]

Pasívny infračervený detektor funguje na princípe snímania vyžarovania infračerveného žiarenia narušiteľom. Chránenú zónu, ktorú detektor sníma, je možné zmeniť pomocou Fresnelovej šošovky. Rôzne typy šošoviek umožňujú zmenšenie, zväčšenie alebo úplné zmeny štruktúry chránenej zóny. Niektoré detektory používajú namiesto šošoviek čierne triplexné zrkadlá, ktoré dokážu prepúšťať len infračervené žiarenie a lepšie pokrývajú chránenú zónu. Sústava Fresnelových šošoviek vytvorí na čipe PIR senzora rad infračervených obrazov ľudského tela. Ak sa pohybuje telo, pohybujú sa cez snímací čip aj šošovkami na povrch PIR senzora premietané infračervené obrazy tela, čím dôjde k vzniku mnohých impulzov, ktoré ďalej vyhodnocuje mikroprocesor detektora. Nepohybujúci sa človek sa na čipe prejaví ako statický obraz, vďaka čomu nedôjde k vzniku žiadnych impulzov a teda ani k vyvolaniu poplachu. [20] [22] [25]



Obr. č. 25 Sústava Fresnelových šošoviek a zodpovedajúca smerová charakteristika bežného PIR detektora [22]

Tvarom a zoskupením Fresnelových šošoviek je možné upraviť smerovú charakteristiku i dosah detekcie PIR detektora, niektoré detektory preto majú výmenné šošovky, aby bolo možné voľbou správnej šošovky prispôbiť detektor stráženému priestoru. Tvarom a umiestnením šošoviek je možné dosiahnuť aj to, že detektor nereaguje na malé domáce zvieratá pohybujúce sa po zemi (tzv. detektor s PET imunitou). Naproti tomu metóda aktívneho snímania sa podobá metóde Fresnelovej zóny. Rozdielom však je, že namiesto mikrovlnného žiarenia sa využíva lúč infračerveného žiarenia. Lúč je na vysieláči emitovaný polovodičovou diódou a na prijímači prijímaný infratranzistorom. Ak vstúpi medzi prijímač a vysieláč narušiteľ a zasiahne svojim telom či nejakým predmetom lúč, infračervené žiarenie na tranzistore poklesne alebo sa úplne stratí. Silnou stránkou systému je skutočnosť, že infračervený lúč je pre ľudské oko neviditeľný. [20] [22] [25]

Princíp tohto spôsobu detekcie vychádza zo skutočnosti, že každé teleso s teplotou vyššou ako bod absolútnej nuly vyžaruje infračervené žiarenie, ktoré je tým intenzívnejšie, čím vyššiu teplotu teleso má. Tak aj každý teplokrvný živočích, človeka nevynímajúc, vyžaruje pomerne značné množstvo infračerveného žiarenia, ľudské telo potom žiari asi ako šesťdesiatwattová žiarovka. Teplota okolia býva takmer vždy odlišná, preto okolie vyžaruje iné množstvo infračerveného žiarenia a preto je pohyb takého tepelného zdroja, akým je človek, zaznamenateľný PIR senzorom. Namiesto Fresnelových šošoviek sa niekedy používajú aj zrkadlá. V takom prípade býva PIR senzor vo vnútri čidla obrátený

citlivou stranou dozadu a zrkadlá sa umiestňujú za neho tak, aby senzor bol v ich ohnisku. V niektorých prípadoch sa používa aj kombinácia šošoviek a zrkadiel, príkladom sú staršie čidlá Pyronix Enforcer – priestor miestnosti je tu strážený bežnou sústavou šošoviek a normálne umiestneným PIR sensorom, na senzor je ale ešte navyše zhora nasadené zrkadlo sledujúce priestor pod detektorom. Ako každý systém majú aj PIR detektory svoje výhody a nevýhody. Medzi ich nesporné výhody patrí jednoduchá inštalácia, nízka obstarávacia cena a dobrá citlivosť. Nevýhodou je relatívne malá odolnosť proti falošným poplachom v prostredí, kde sa vyskytuje kolísanie teploty, a v prítomnosti významných tepelných zdrojov. Odolnosť voči falošným poplachom je možné zvýšiť napríklad kombináciou dvoch PIR senzorov s diferenciálnym zapojením, prípadne dvoch PIR senzorov s rozdelením detekovaného priestoru na dve horizontálne zóny v rámci jedného detektora alebo kombináciou PIR senzora s mikrovlnným detektorom. [21] [22] [25]



Obr. č. 26 PIR senzor, základ
PIR detektora [22]

3.3 Špecifické metódy detekcie pohybu

Tieto metódy čiastočne využívajú energiu elektromagnetického poľa alebo zvukových vln, ale zároveň sú založené na inom fyzikálnom princípe. Rozlišujeme celkom tri typy detektorov, ktoré sa od seba konštrukčne líšia. Jedná sa o:

- **metódu ultrazvukových vln** - metóda ultrazvukových vln pracuje na báze Dopplerovho javu a na detekciu pohybu narušiteľa využíva ultrazvukové vlny. Zvuk predstavuje pružné vlnenie, ktoré je šírené v pružných prostriedkoch a mení sa v čase aj priestore. Naproti tomu ultrazvuk je zvuk, ktorého vlnová dĺžka je výrazne kratšia a vďaka tomu môže byť ultrazvuk šírený priamočiario v tvare lúčov,

ktoré sa odrážajú, lámu a sústreďujú do jediného ohniska. Aj pri tejto metóde je využitá metóda vysielača aj prijímača. Vysielač emituje do ochrannej zóny ultrazvukové vlny, ktoré sa odrážajú od okolitých objektov zase späť. Ak sa pohybuje v chránenej zóne narušiteľ, dôjde k zmene prijímaného kmitočtu, na základe čoho sa generuje výstup v podobe poplašného signálu. Takýto detektor nazývame ultrazvukový detektor pohybu a jeho základnými súčasťami sú dva ultrazvukové senzory.

- **analýzu signálu vo vodiči** - metóda analýzy elektrického signálu vo vodiči sníma nielen pohyb narušiteľa s využitím elektromagnetických vln, ale môže byť zaznamenávaná aj v bariérovom pásme. Na tento účel sa využívajú špeciálne elektrické vodiče, zaznamenávajúce zmenu elektrického signálu vzhľadom na ich mechanické poškodenie alebo vplyvom zmeny okolitého elektromagnetického poľa.
- **metódu detekcie pohybu na základe zmeny digitálneho obrazu** - metóda detekcie pohybu na základe zmeny digitálneho obrazu je vykonávaná na základe analýzy obrazu, získaného z bezpečnostnej kamery z miesta chránenej zóny. Princípom je vyhodnotenie informačného obsahu obrazu. Pomocou tejto metódy je schopný kamerový systém generovať poplachový signál, ak kamera zaznamená akýkoľvek pohyb. Táto detekcia pohybu skôr patrí do oblasti uzavretých televíznych okruhov. Základným predpokladom tejto metódy je to, že v každej snímke kamery sa odlišujú objekty záujmu od jeho pozadia. Kamera tieto skutočnosti vyhodnocuje podľa jasových zmien. [21] [25]

3.4 Trendy vo vývoji detektorov pohybu

Cieľom výrobcov detektorov pohybu je dosiahnuť čo najmenší počet falošných poplachov a súčasne zabezpečiť, aby ich miera spoľahlivosti bola čo najvyššia. V súčasnej dobe je najväčšia pozornosť venovaná úprave a neustálemu zlepšovaniu konvenčných detektorov pohybu. Vývoj detekcie pohybu v ochrane objektu sa v súčasnej dobe ubera v smere inovovania kombinovaných detektorov pohybu. [24]

Hlavným hnacím prvkom vývoja detektorov pohybu je čo najväčšie eliminovanie falošných poplachov a maximálne kvalitná detekcia pohybu narušiteľa v danom prostredí. Výrobcovia sú tak tlačení na zvyšovanie kvality jednotlivých detektorov tým, že

kombinujú rôzne senzory, ktoré pracujú na rôznych fyzikálnych princípoch. Pre mnoho firiem je lepšie sa pohybovať v oblasti elektronického spracovania signálu, než by boli nútení hradiť veľmi nákladný vývoj úplne nových metód detekcie, ktoré využívajú doteraz nevyužívané fyzikálne princípy detekcie pohybu. [23]

3.5 Kombinované metódy detekcie pohybu

Kombinované detektory pohybu je možné popísať ako detektory, ktoré na detekciu pohybu využívajú dvoch alebo viacerých sensorov, z ktorých každý pracuje na rovnakom či odlišnom princípe snímania príznakov prítomnosti narušiteľa. V dnešnej dobe existujú detektory, ktoré súčasne používajú až päť sensorov, pracujúcich na úplne odlišných fyzikálnych metódach detekcie pohybu narušiteľa v chránenej zóne. Hlavná pozornosť je potom sústredená na programové algoritmy spracovania signálu, vychádzajúce z každého jednotlivého senzora. Také detektory a obzvlášť tie, ktoré sa dokážu automaticky prispôbiť podmienkam okolitého prostredia, sa nazývajú tzv. inteligentné detektory pohybu. Kvalita detekcie pohybu narušiteľa a súčasne aj eliminácia výskytu vysokého počtu falošných poplachov každého detektora sa odvíja od jeho konečnej ceny. [24]

Kombinované detektory pohybu si môžeme rozdeliť na detektory určené pre priestorovú ochranu objektu (kde základným sensorom býva PIR detektor) a na detektory určené pre perimetrickú ochranu objektu. Najčastejšie používaným typom senzora dopĺňujúceho PIR senzor je mikrovlnný senzor, snímajúci pohyb narušiteľa s využitím metódy Dopplerovho javu. Na rozdiel od PIR detektora je mikrovlnný detektor čidlom aktívnym. Obsahuje vysielateľ mikrovln a vysielaciu a prijímaciu časť. Vysielacia anténa vysielá do stráženého priestoru mikrovlny o kmitočte v rádoh jednotiek GHz, signál odrazený od okolitých predmetov a konštrukcií je prijímaný prijímacou časťou a ďalej spracovávaný. Detektor vyhodnocuje frekvenciu prijímaného signálu, resp. porovnáva ju s frekvenciou signálu vysielaného. Pracuje totiž na princípe Dopplerovho javu. Dopplerov jav popisuje zmeny frekvencie a vlnovej dĺžky prijímaného signálu oproti signálu vysielanému spôsobené pohybom vysielateľa vzhľadom k prijímaču alebo naopak. Ak sa skracuje vzdialenosť medzi vysielateľom a prijímačom, skracuje sa aj vlnová dĺžka prijatého signálu a teda sa zvyšuje jeho frekvencia. Naopak vzdiaľovanie vysielateľa a prijímača spôsobí predĺženie vlnovej dĺžky a zníženie frekvencie prijímaného signálu. Pre situáciu, keď sa vysielateľ a prijímač vzdiaľujú, platí vzťah: $f = f_0 (c/(c+v))$. Pre situáciu, keď sa vzdialenosť medzi vysielateľom a prijímačom znižuje, potom platí vzťah: $f = f_0 (c / (c - v))$

(f – frekvencia signálu prijímaného [Hz], f_0 – frekvencia signálu vysielaného [Hz], c – rýchlosť svetla vo vákuu (299 792 458 000 m/s), v - rýchlosť pohybu vysielča vzhľadom k prijímaču [m/s]). [24] [26]

Tento efekt potom dosiahneme aj vtedy, ak vysieláč a prijímač sú umiestnené v jednom bode, teda napríklad v mikrovlnnom detektore, a prijímač prijíma vlny odrazené od pohybujúcich sa predmetov (a teda aj od osôb). Ak nebude v sledovanom priestore žiadny pohyb, bude rozdiel frekvenciou vysielaného a prijímaného signálu nulový, ak sa bude narušiteľ pohybovať smerom k detektoru, zaznamená prijímač o niečo vyššiu frekvenciu, ak sa bude vzdďaľovať, bude frekvencia od neho odrazeného signálu nižšia ako frekvencia signálu vysielaného. Vzhľadom k tomu, že prijímač aj vysieláč sú na jednom mieste a pohybujúci sa predmet sa vždy vzdďaľuje či približuje zároveň vzhľadom k vysielču k prijímaču, bude zmena frekvencie oproti vyššie uvedeným prípadom vyššia, pretože rýchlosť pohybu narušiteľa voči detektoru je potrebné uvažovať v dvojnásobnej výške. V praxi sa porovnávanie oboch frekvencií v mikrovlnnom detektore deje zmiešavaním signálu vysielča a signálu prijatého a vyhodnocovaním rozdielovej frekvencie. Vzhľadom na výšku použitej frekvencie rádovo GHz, teda miliárd kmitov za sekundu, je možné týmto spôsobom spoľahľivo detekovať aj relatívne pomalý pohyb, čím je umožnené použitie tejto metódy v detektoroch pohybu. [24] [26]

Mikrovlnný detektor na tejto báze sa samostatne takmer nepoužíva. Uplatnenie nachádza práve v kombinovaných detektoroch v kombinácii s PIR senzorom. Iným variantom je kombinácia infračerveného či iného senzora a kamery snímajúcej obraz. Kamera začne snímať scénu pri aktivácii senzora. Videozáznamy sa spravidla ukladajú do vnútornej pamäte v komprimovanej podobe a potom sú na základe druhu externej komunikácie detektora preposielané pre ďalšie vyhodnotenie softvérom. [26]

Za účelom zvýšenia spoľahľivosti môže byť PIR detektor doplnený snímačom bieleho svetla, ktorý detekuje rušivé vplyvy (napríklad teplo) ožiarením detektora prostredníctvom bieleho svetla, alebo tzv. tepelným senzorom, ktorého účelom je snímať teplotu okolia detektora. Na základe zmeranej teploty sa následne nastavujú jednotlivé parametre citlivosti každého senzora. [24]

Teplotná kompenzácia zahŕňa prispôsobovanie citlivosti infračerveného pasívneho senzoru teplote okolitého prostredia. Informácia o zmene teplôt je poskytovaná signálom, vychádzajúcim z tepelného senzora. Pri zmene teploty v miestnosti sa mení aj úroveň citlivosti senzora. [27]

Spracovanie informácií zo signálu výstupu senzora zaisťuje obslužný softvér v mikroprocesore detektora. Hlavnými metódami spracovania signálu sú metóda teplotná kompenzácia, metóda anti-cloak (kde je prítomný pasívny infračervený a mikrovlnný senzor) a metóda zlučovania dát. [26]

V rámci metódy anti-cloak je využívaný riadiaci signál mikroprocesora na aktívne prepínanie medzi mikrovlnným a infračerveným pasívnym senzorom. Prostredníctvom teplotného senzora sa detekuje teplota okolia. Ak sa blíži okolitá teplota teploty ľudského tela (cca 35,5 - 36,7 °C), infračervený senzor sa vypne a detekcia je prenesená na senzor mikrovlnný. V kludovom režime je mikrovlnný senzor vypnutý, vďaka čomu je významne znížená spotreba energie detektora. Silnou stránkou tejto metódy je schopnosť identifikácie narušiteľa, ktorý sa snaží maskovať. Pri pohybe takého narušiteľa infračervený pasívny senzor síce generuje charakteristický priebeh signálu v prípade pohybu narušiteľa, ale tento signál nedosahuje potrebnú veľkosť amplitúdy, a preto je tento generovaný signál porovnávaný na vstupe mikroprocesora so vzorovými signálmi a v prípade, že generovaný signál má charakteristický priebeh až na to, že bez potrebnej veľkosti amplitúdy dochádza k aktivácii mikrovlnného senzora. [27]

Metóda zlučovania dát sa zakladá na princípe spracovania dát z niekoľkých senzorov, reagujúcich na rôzne fyzikálne podnety v okolí. Každý zo senzorov produkuje typický signál, ukladaný do pamäte mikroprocesora a predstavuje rôzne deje, ako je napríklad pohyb narušiteľa, osvetlenie detektora napríklad svetlami auta, osvetlenie detektora umelým svetlom, pohyb zvierat a ďalšie. [22]

Detektor pohybu perimetrickej ochrany, ktorý funguje na základe využitia viacerých metód, sa v poslednej dobe teší stále väčšiemu rozmachu. Jeden detektor dokáže kombinovať aj niekoľko metód detekcie pohybu v chránenej zóne. Jedná sa predovšetkým o metódy Fresnelovej zóny, metódu aktívneho snímania a metódu Dopplerovho javu. Detektory sú rozdelené na tri časti, pracujúce na úplne odlišných fyzikálnych princípoch detekcie pohybu v ich ochranej zóne, a to:

- mikrovlnná časť detektora,
- aktívna infračervená časť detektora,
- časť s využitím Dopplerovho javu. [22]

Mikrovlnná časť detektora vytvára v kontrolovanom priestore mikrovlnnú bariéru v tvare „cigary“ elipsoidného prierezu, tzv. Fresnelovej zóny. Frekvencia elektromagnetického poľa sa v tomto prípade pohybuje v rozmedzí 9 – 24 GHz. Bariéry ponúkajú niekoľko programovateľných pásiem vln či frekvencií. [22]

Aktivna infračervená časť detektora je tvorená infračervenými závorami a bariérami, ktoré využívajú metódy aktívneho snímania. Tento princíp je založený na párovaní diód, z ktorých jedny sú prijímacie, druhé vysielacie. Každá vysielacia dióda tak kombinuje so svojou identickou diódou na opačnej strane. Aby bolo zamedzené vyradenie detekčnej funkcie infrazávory svitom iného svetelného zdroja (či už baterkou, alebo napríklad len slnečným svitom) do prijímača, je lúč modulovaný s využitím pseudonáhodného kódu. [22]

Samotní výrobcovia tento detektor niekedy dopĺňajú o Dopplerov mikrovlnný detektor, ktorého úlohou je pokryť prázdne miesta, ktoré vznikajú v ochrannej zóne. Tento detektor pracuje na úplne inom kmitočte ako mikrovlnná časť závory, a to hlavne z toho dôvodu, aby nedošlo k vzájomnému ovplyvňovaniu. Vysielač tohto detektora je smerovaný smerom k zemi, aby bola pokrytá časť v spodnej línii detektora. Hlavným dôvodom použitia tejto metódy je to, aby narušiteľ nepodliezol vysielanému infračervenému lúču. [22]

Najväčším nepriateľom každého jednotlivého typu senzora je samotné prostredie, v ktorom je tento senzor nainštalovaný. Perimetrické detektory sú súčasťou modulárnych systémov, ktorých základom je mikroprocesorový obvod pre účely hodnotenia výstupného signálu z jednotlivých senzorov daného detektora pomocou zberného miesta alebo bezdrôtovo. Na výstupe je pripojený počítač s príslušným riadiacim softvérom, ktorý tiež umožňuje vizualizáciu a úpravu parametra výstupného signálu z jednotlivých detektorov. Každé prostredie má iný charakter a môže mať na svojom území aj rôzne rušivé vplyvy. To znamená, že ak jeden detektor v jednom prostredí bude bezproblémovo fungovať, v druhom prostredí môže ten istý detektor vykazovať neprijateľne vysoký počet falošných poplachov. [23]

Medzi hlavné nepriaznivé vplyvy patria napríklad klimatické podmienky (slnečné žiarenie, prievan), prítomnosť živočíchov (psy, túlavé mačky, hlodavce, vtáky), prítomnosť flóry (stromy, kríky či iný porast), blízkosť letiska, vysielača či elektrárne. Osoba, ktorá vykonáva inštaláciu perimetrického detektora, by mala byť schopná taký detektor prispôbiť danému prostrediu. V prvej fáze sa na detektory nechajú pôsobiť rušivé vplyvy okolia a sledujú sa signály, ktoré takýto prístroj generuje. V druhej fáze sú simulované spôsoby narušenia chránenej zóny narušiteľom v podobe človeka. Signály sú vzájomne konfrontované a sú z nich vytiahnuté vzorové situácie, ktoré sú typické pre dané prostredie aj pre pohyby narušiteľa. Tieto signály sa potom uložia do pamäte daného mikroprocesora a slúžia na následnú komparáciu so signálom, ktorý daný detektor generuje v reálnom čase. [23]

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

4 POROVNANIE METÓD DETEKČIE POHYBU A ICH POUŽITIE V PRAXI

Každá metóda detekcie pohybu má svoje špecifiká, svoje výhody a nevýhody v nadväznosti na to, na základe akého fyzikálneho princípu fungujú. Podľa toho je nutné voliť do každého prostredia adekvátny druh detektorov tak, aby bola umožnená spoľahlivá detekcia pohybu narušiteľa pri zachovaní dostatočnej odolnosti proti falošným poplachom. Je nutné zohľadniť aj ekonomické hľadisko, pretože obstarávacie náklady mnohých detekčných systémov sa u malých inštalácií môžu rádovo blížiť hodnote chráneného majetku.

4.1 PIR detektory

Najčastejšie používaným detektorom pohybu je PIR detektor. Na jeho použitie v bežných zabezpečovacích systémoch hovorí nízka cena a jednoduchá inštalácia. Je z princípu najcitlivejší pri pohybe narušiteľa kolmom k osi PIR senzora, na čo je nutné prihliadať pri inštalácii detektorov. Vzhľadom k tomu, že PIR detektor nič nevyžaruje, je možné montovať PIR detektory aj proti sebe, ich zóny sa môžu prekrývať.

Keďže sa jedná o pasívny detektor reagujúci na ním zachytené infračervené žiarenie, v priestore stráženom PIR detektormi sa nesmú vyskytovať tepelné spotrebiče s možnosťou prudkej zmeny teploty. Neodporúča sa smerovať PIR detektory proti oknám, radiátorom, proti vonkajším dverám a vrátam, neodporúča sa ich použitie ani v miestnostiach s v poslednej dobe veľmi obľúbeným podlahovým kúrením. Vo všetkých týchto prípadoch je totiž pomerne vysoká pravdepodobnosť, že môže dôjsť k falošnému poplachu. PIR detektor nevie odlíšiť náhlu zmenu teploty predmetu od priechodu narušiteľa, stúpajúcu bublinu teplého vzduchu môže zameniť za pohyb nežiadúcej osoby. Oproti zažitým legendám však poplach nespôsobí lezúci hmyz alebo pavúk, pretože ich teplota je vždy zhodná s teplotou okolia.

PIR detektory na vonkajšie použitie chrániace periméter budov alebo objektov používajú pre elimináciu falošných poplachov najmä zdvojenú detekčnú časť – obsahujú dva nad sebou umiestnené PIR senzory, z ktorých každý disponuje vlastnou optickou sústavou a stráži svoj vlastný úsek stráženého priestoru. Narušenie jedného senzora malým živočíchom, napríklad vtákom alebo mačkou, nespôsobí poplach, do poplachového stavu

sa detektor uvedie až aktiváciou oboch senzorov súčasne. Vonkajšie PIR detektory patria do vyššej cenovej kategórie vďaka ich spracovaniu danému nutnou odolnosťou detektorov proti vode, celoročným výkyvom teplôt a mechanickému poškodeniu aj vďaka náročnejšiemu softvérovému spôsobu vyhodnocovania poplachov, napriek tomu nemožno ani tu stopercentne vylúčiť možnosť falošných poplachov.

PIR detektor, ako bolo vysvetlené vyššie, reaguje na pohyb telesa s teplotou odlišnou od teploty okolia. Znamená to však na druhú stranu aj to, že sa dá detektor v nejakom smere znecitlivieť zakrytím detektora napríklad listom papiera. Niektoré detektory vyšších cenových kategórií mávajú v príbale sadu samolepiek, ktorých nalepením na šošovku alebo vnútorné zrkadlá je možné korigovať smerový diagram čidla a znemožniť tak detekciu pohybu z niektorého smeru (napríklad pri vonkajšom snímači znemožniť nežiaducu detekciu pohybu na verejnej komunikácii susediacu so stráženým areálom).

Možnosť znecitlivieť PIR detektor v nejakom smere však znamená aj možnosť pre narušiteľa v nestráženom okamihu prelepiť optickú časť detektorov a vyradiť ich tak z činnosti; taký detektor potom nevyhlási poplach ani vtedy, ak je oblasť zastrážená. U strážených oblastí so zvláštnym režimom sa preto používajú pohybové PIR čidlá s funkciou tzv. antimaskingu.

Účelom funkcie antimaskingu je nepretržite strážiť priehľadnosť krytu čidla. Možností prevedenia antimaskingu je viac. Jednou z možností je napríklad umiestnenie infračervenej diódy a fototranzistora po stranách okienka s optikou čidla na spôsob infrazávory. Ak fototranzistor zaregistruje zmenu intenzity infračerveného žiarenia, znamená to, že s detektorom niekto manipuluje za účelom jeho zamaskovania alebo že mohlo dôjsť k zakrytiu detektora záclonou alebo závesom.

Ďalšou možnosťou realizácie antimaskingu je umiestnenie infračervenej diódy aj fototranzistora dovnútra čidla a porovnávanie intenzity odrazeného žiarenia. Časť žiarenia totiž opúšťa kryt detektora a mizne v okolí. Zakrytím detektora dôjde k zvýšeniu intenzity odrazeného žiarenia a k aktivácii príslušného výstupu detektora. Niektoré detektory sú vybavené sofistikovanou analýzou infračerveného pozadia okolia, pri inštalácii si do svojej pamäte načítajú okolie a uložené hodnoty neustále porovnávajú s tými aktuálnymi, prípadný rozdiel je potom vyhodnotený a následne aktivuje výstup čidla.

Výstup čidla indikujúci stav zamaskovania detektora býva buď zapojený na samostatný vstup ústredne, alebo ho možno, napríklad pri ústredniach Galaxy, včleniť priamo do poplachovej slučky detektora.

4.2 Mikrovlnné detektory

Mikrovlnné detektory pracujúce na princípe Dopplerovho javu vynikajú dobrou citlivosťou a odolnosťou proti falošným poplachom, pretože na svoju aktiváciu potrebujú fyzický pohyb pevného telesá. Poplach teda nespustí len rýchla zmena teploty alebo závan inak teplého vzduchu, ako je to u PIR detektorov, na druhú stranu môže byť poplach spustený napríklad pádom niektorého predmetu dostatočnej veľkosti alebo rozhojdaním osvetľovacieho telesa vplyvom prievanu. Ak sa nedostane teplota okolia mimo povoleného rozsahu vzhľadom na funkciu schopnosti elektronických súčiastok detektora, nemá na detekciu vplyv ani teplota okolia.

Mikrovlnný detektor je z princípu svojej funkcie najcitlivejší pri pohybe narušiteľa v smere kolmom k anténam detektora, teda pri pohybe priamo k detektoru alebo priamo od detektora, najmenej citlivý potom je pri pohybe kolmom k tomuto smeru. Vzhľadom k tomu, že k svojej aktivácii potrebuje fyzický pohyb pevného telesa, pričom vôbec nerozhoduje teplota tohto telesá voči okoliu, funguje perfektne práve tam, kde PIR detektor zlyháva.

Vlastnosti PIR detektora a mikrovlnného detektora sa ideálne dopĺňajú, preto sa v priestoroch, kde by samotný obyčajný PIR detektor mohol vyhlasovať falošné poplachy, s výhodou využívajú duálne detektory kombinujúce PIR a mikrovlnný detektor.

Keďže ide o aktívne detektory vyžarujúce do priestoru pred sebou mikrovlnné žiarenie, nie je vhodné mikrovlnné a teda ani nimi osadené kombinované (duálne) detektory montovať proti sebe navzájom z dôvodu možného vzájomného ovplyvňovania. Ak ich musíme takto namontovať, je nutné použiť detektory s odlišnou frekvenciou.

4.3 Infrazávory

Infrazávora je svojimi vlastnosťami predurčená na stráženie perimetra budov alebo pozemkov. Pomerne časté je aj jej použitie v interiéri pri strážení dlhých úsekoch obvodových stien osadených oknami vo veľkých skladovacích priestoroch. Pri použití minimálne dvojlúčových infrazávor montovaných vo vhodných výškach nad terénom alebo nad stavebnou konštrukciou v súlade s pokynmi výrobcu a na pevný podklad bez akýchkoľvek vibrácií je možné konštatovať takmer dokonalú detekčnú schopnosť i odolnosť infrazávory voči falošným poplachom

4.4 Kamerové systémy

Detekcia pohybu bola teoreticky možná aj pri predchádzajúcich analógových systémoch. Klasický televízny signál pozostáva z jasovej informácie jednotlivých riadkov obrazu, kde každá úroveň jasú zodpovedá istej úrovni napätia, a synchronizačných impulzov, každá zmena scény teda znamená zmenu strednej hodnoty napätia, ktorú je možné ďalej spracovávať. Išlo by však o detekciu veľmi nespoľahlivú, tú na podstatne lepšej úrovni zvládajú až moderné digitálne systémy.

Moderný digitálny systém CCTV nám napríklad umožňuje vybrať si zo snímanej scény oblasti, v ktorých bude pohyb úplne ignorovať, aj oblasti, v ktorých každá zmena znamená narušenie stráženého priestoru. Možno tak vylúčiť detekciu pohybu napríklad na verejnej komunikácii susediacej so stráženým areálom alebo pohyb stromov vo vetre atď.

Podobným spôsobom je možné aj v súvislosti s ochranou súkromia cudzích osôb znemožniť nahrávanie niektorých častí obrazu, napríklad tam, kde kamera čiastočne vidí susedný pozemok alebo kde je súčasťou záberu napríklad okno do spálne.

Možnosť nastavenia detekcie pohybu ešte neznamená automaticky možnosť spúšťania poplachu pri narušení stráženého priestoru. U najlacnejších zariadení slúži detekcia pohybu v obraze primárne na rozhodovanie, čo má DVR či NVR uložiť na disk. Nahrávanie totiž obvykle neprebíha kontinuálne, najmä z dôvodu úspory miesta na disku. Po prevažnú väčšinu doby sa na snímanej scéne obvykle nič nedeje, a tak nie je potrebné uchovávať hodiny a hodiny statických záznamov. Aj najlacnejšie systémy CCTV obvykle umožňujú nastaviť nahrávanie tak, že sa na disk uloží iba záznam nejakého pohybu. Obvykle to býva jednak celá sekvencia, kedy bol v príslušnej oblasti zaznamenaný pohyb, a ďalej aj nastavený časový úsek pred a po konci pohybu, aby v prípade nutnosti bolo možné sledovať zo záznamu celú akciu.

5 POŽIADAVKY NA MIESTO STRÁŽENIA S POUŽITÍM SVIETIDIEL V BEZPEČNOSTNÝCH APLIKÁCIÁCH

V predchádzajúcich častiach diplomovej práce sú zhrnuté jednotlivé spôsoby detekcie pohybu, ich klady a zápory. Pred začiatkom ich aplikácie je nutné si uvedomiť, aké sú požiadavky na miesto stráženia (dom, administratívna budova, výrobný areál, atď.) a aký má byť výsledok inštalácie a návrhu očakávaný. Na základe týchto informácií je možné navrhnúť vhodný spôsob pohybovej detekcie. Po porovnaní možností detekcie je možné konštatovať, že každý zo systémov je určený pre špecifický spôsob detekcie a ich jednoduchá zámena je ťažko realizovateľná. Na zabezpečenie miesta stráženia sú vhodné dva bezpečnostné systémy:

- Poplachové zabezpečovacie a tiesňové systémy (PZTS) so svietidlom s PIR senzorom
- Kamerové systémy (CCTV) so svietidlom s PIR senzorom

Pohybové detektory s PIR senzorom spolu s PZS: sú veľmi vhodné na inštaláciu do vnútorných priestorov bez veľkého množstva rušivých elementov. Cenovo sú veľmi výhodné a jednoduché na inštaláciu. Existujú aj vo vonkajšom prevedení, avšak tu sa vyskytuje veľké množstvo rušivých podnetov (zver, protisvetlo od slnka, atď.) a z tohto dôvodu môžu byť zdrojom planých poplachov. Nevýhodou pohybových detektorov je to, že neumožňujú živý prenos obrazu z napadnutého priestoru a bez osobnej obhliadky nemožno na diaľku zistiť zdroj poplachu.

Kamerové systémy doplnené svietidlami s PIR senzormi: umožňujú vizuálne potvrdenie napadnutia priestoru s pomocou spínania svetla. Ich záporom je vysoká cena, na pokrytie všetkých vnútorných priestorov v rovnakom rozsahu ako pohybové detektory sú investičné náklady vysoké. Naopak pre monitoring vonkajších priestorov sú kamery vhodnejšie, a to z pohľadu živého prenosu obrazu zo stráženej oblasti. Inštaláciu kamier je nutné vykonať v súlade s požiadavkami platnej legislatívy a tiež v súlade s nariadením GDPR.

V prípade, že budova alebo areál je oplotený, je možné aplikovať **perimetrickú** ochranu, ktorá detekuje narušiteľa už pri pokuse o prekonanie plotu. K tomu sa používajú štyri základné metódy.

Prvá z nich je inštalácia perimetrického detekčného systému priamo na oplotenie. V tomto prípade sa používajú buď špeciálne káble, ktorých konštrukcia je zložená z dvoch vodičov, ktoré sa v prípade vibrácií dotknú, t.j. dôjde k uzavretiu elektrického okruhu a detekcii narušenia, alebo sa používajú detektory pre každé plotové pole zvlášť. V týchto detektoroch sú osadené špeciálne elementy, ktoré umožňujú detekciu vibrácií vzniknutých pri pokuse o prelezanie alebo preštiepenie plotu.

Druhá možnosť ako detektovať narušenie perimetra je pomocou mikrofónového kábla, ktorý sa zakope do drážky pozdĺž plotu. Tento kábel detekuje vibrácie vznikajúce od pohybu nadložia pri prechodu osoby.

Tretou možnosťou je inštalácia infrazávor, mikrovlnných závor alebo pohybových detektorov, ktorých aktiváciou dôjde k vyhláseniu poplachu.

Štvrtou možnosťou je aplikácia kamerového systému s možnosťou detekcie pohybu. Výhodou tu je živý náhľad do stráženého priestoru s možnosťou nastavenia predpoplachu, kedy je možné detekovať osobu, ktorá sa k areálu ešte len blíži. Pre aplikáciu je možné použiť ako klasické kamery, tak aj kamery termálne. Pre zaistenie ochrany perimetra sa používa kombinácia všetkých popísaných metód, ktoré sa vzájomne dopĺňajú. Ich aplikácia závisí od rozsahu areálu, typu oplotenia, možnosti inštalácie detektorov, atď. Všetky tieto informácie a podklady musí spracovať projektant, ktorý pozná možnosti aplikácií jednotlivých prvkov a ich detekčných schopností.

5.1 Vybrané typy prostredia

V nasledujúcej časti práce budú popísané všeobecné požiadavky na inštaláciu zabezpečenia v typových objektoch. Z hľadiska posúdenia bezpečnosti a ochrany ovplyvňujú každý typ objektu rôzne faktory. Zohľadnené by mali byť tieto faktory:

- charakter objektu a jeho veľkosť,
- geografická poloha objektu,
- okolie objektu z hľadiska osídlenia,
- posúdenie objektu z hľadiska rizika.

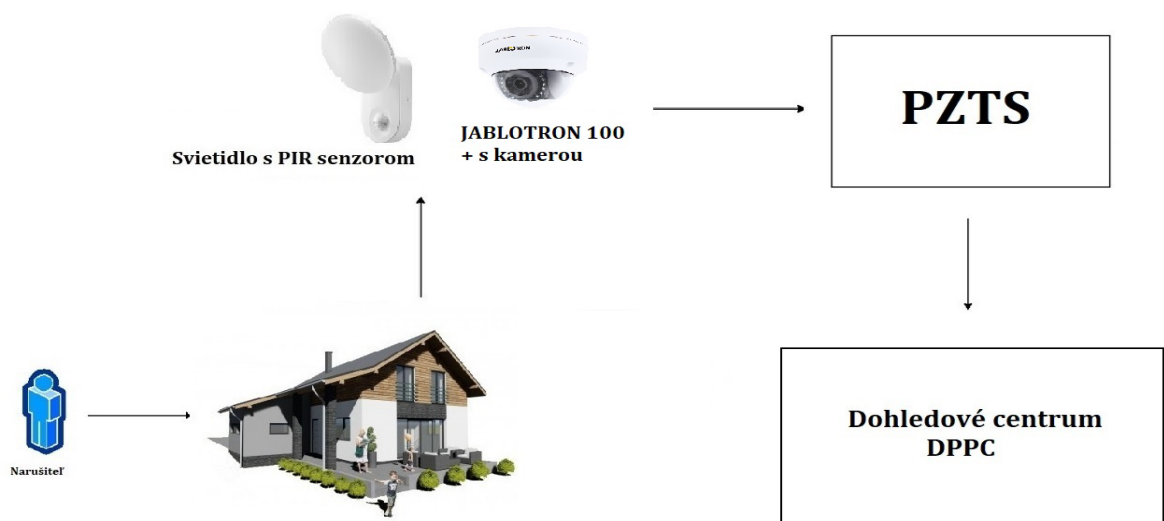
Ďalším veľmi dôležitým faktorom je hodnota chráneného objektu alebo aktíva umiestnené v objekte. Režimové opatrenia v objekte, ktoré ovplyvňujú charakter celkového zabezpečovacieho systému ako celku.

5.1.1 Rodinný dom, byt

Pri tomto type objektu záleží na veľkosti a na požiadavkách vlastníka nehnuteľnosti. Rodinné domčeky môžu mať viac podlaží a tiež požiadavku na zabezpečenie perimetra (okolia). Ďalej je dôležité vziať do úvahy aj bezpečnostné riziko lokality, kde sa nehnuteľnosť nachádza (centrum mesta, okraj, riziková lokalita).

Zabezpečenie rodinného domčeka a bytu je podobné s rozdielom väčšieho posilnenia pri rodinnom domčeku, kde je väčší počet vstupných rizikových oblastí. Rovnako tak tomu je aj pri byte na prízemí s predzáhradkou. Väčšinou sa majiteľ rozhodne pre zabezpečenie objektu na základe zlej skúsenosti v minulosti (vlámanie, napadnutie, škoda na aute atď.). Základným faktorom z hľadiska pohybových detektorov je počet vstupných miest do objektu.

Svietidlá s využitím bezpečnostných aplikácií sa dajú použiť v rodinnom dome na zabezpečenie objektu pred domom, v záhrade či garáži. Spínané svetlo spolu s PZTS, pomocou ktorého dochádza k nahláseniu neoprávneného vstupu potenciálneho páchatel'a do objektu alebo záhrady rodinného domu. Po takomto vniknutí sa zažne svietidlo s PIR senzorom, JABLOTRON s kamerou začne nahrávať video, následne dôjde k informovaniu bezpečnostnej služby (DPPC), ktorá ma bezpečnosť domu na starosti a odtiaľ k informovaniu majiteľa napríklad výstrahou v počítači či SMS správou. Každý takýto systém je vybavený ovládacím zariadením, pomocou ktorého sa systém nastaví podľa potreby konkrétneho rodinného domu či bytu.

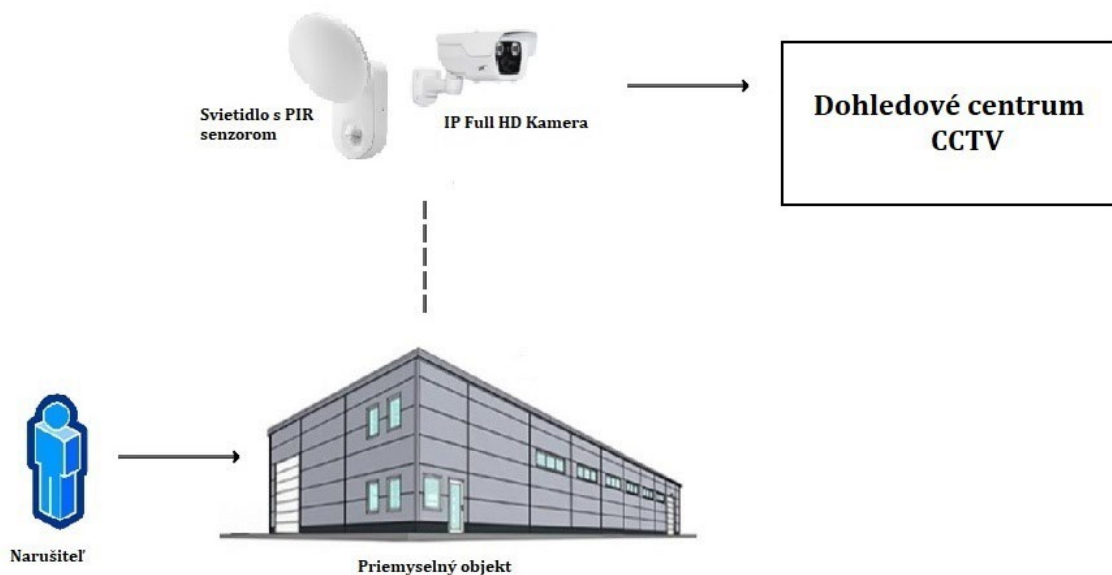


Obr.č. 27 Bloková schéma zabezpečenia domu pomocou svietidla s využitím PZTS [vlastný]

5.1.2 Priemyselné objekty

Jedná sa o zabezpečenie výrobných hál, skladov, atď. Pri návrhu zabezpečenia tu už veľmi záleží na požiadavkách investora, kedy sa môže jednať ako o podružnú skladovacu halu, ktorú nie je treba akokoľvek zabezpečiť, tak naopak o výrobnú halu, v ktorej sa nachádzajú cenné zásoby, stroje, a pod. V tomto prípade bude požiadavka na jej zabezpečenie na vysokej úrovni.

Na zabezpečenie objektov je vhodné použiť bezpečnostný kamerový systém (CCTV) doplnený svietidlami s PIR senzormi. Keď sa priblíži narušiteľ k bezpečnostnej kamere, svietidlo s PIR senzorom sa automaticky rozsvieti a tým môže odstrašiť narušiteľa. Po následnom zaznamenaní kamerou sa zašle signál o vniknutí na dohľadové centrum (CCTV) a následne bude buď informovaný majiteľ firmy pomocou SMS správy či výstrahou v počítači alebo rovno zavolaná hliadka polície. Svietidlá s bezpečnostnými kamerami je možné pripojiť pomocou technológie WiFi k aplikácii výrobcu a ovládať ich odkiaľkoľvek. Samotné ovládanie potom umožňuje funkcie ako je napr. stmievanie svetla, nahrávanie HD videa, rovnako sú svietidlá opatrené aj kvalitným mikrofónom a speakermi. Súčasťou niektorých svietidiel je aj nastaviteľné infračervené čidlo pohybu.



Obr.č. 28 Bloková schéma priemyselného objektu za pomoci spínavého svietidla s využitím kamerových systémov (CCTV) [vlastný]

5.1.3 Administratívne budovy

Jedná sa štandardné administratívne budovy, sídla krajských úradov, magistráty, radnice, obecné úrady. V niektorých častiach týchto objektov je možný voľný pohyb osôb (občanov). Musíme tu preto počítať s vysokou možnosťou bezpečnostných rizík počnúc poškodením verejného majetku, krádežami až bohužiaľ v súčasnej dobe aj možnosťou teroristického útoku.

Pre tieto inštalácie bude vhodná aplikácia oboch spôsobov detekcie. Kamerové systémy so svietidlami s PIR senzormi pre prehľad pohybu verejnosti a pohybové detektory so svietidlami s PIR senzormi v neverejne prístupných oblastiach. V prípade, že sa v objekte bude vyskytovať aj oblasť s výskytom utajovaných informácií, sa musia použiť iba certifikované detektory, ktorými nie sú kamery.

6 MERANIE PRIESTOROVEJ CHARAKTERISTIKY SVIETIDIEL

Pri meraní priestorovej charakteristiky svietidiel zohral dôležitú úlohu výber svietidiel, výber normy, vytvorenie vývojového diagramu merania, príprava pracoviska na meranie, upevnenie svietidiel na stojan, prevedenie merania, porovnanie a vyhodnotenie nameraných hodnôt.

6.1 Výber svietidiel

Pri výbere svietidiel zohrala veľkú rolu aby mali parametre vhodné pre testovanie v uzavretých priestoroch, uprednostňoval som nástenné svietidlá. S pomedzi veľkého výberu som ako prvé vybral svietidlo s PIR detektorom VERA WHST78-BI, ktoré som následne objednal z elektronického obchodu. Je určené na vnútorné použitie, ale môže byť vhodné aj ako nástenné v prevedení na stenu. V rámci príslušenstva sa nachádzajú skrutky pre montáž na stenu. Treba k nej dokúpiť a namontovať dve klasické E27 230V žiarovky. Ako druhé svietidlo s PIR detektorom som vybral pohyblivé svietidlo LED svietidlo IP65, ktoré som zároveň s prvým svietidlom objednal z elektronického obchodu. Je určené na vnútorné, ale hlavne vonkajšie použitie. Toto svietidlo obsahuje LED žiarovku, netreba k nej už nič dokupovať. S pomedzi veľkého výberu svietidiel s MW detektormi som vybral LED stropné / nástenne svietidlo WCL19R - 14W, následne objednal z elektronického obchodu. Je určené na vnútorné použitie. Druhé MW svietidlo som vybral LED stropné svietidlo WCL19R - 18W. Toto svietidlo je určené na vnútorné použitie. Obidve svietidla s MW detektormi som objednal spolu z elektronického obchodu. K týmto svietidlám nie je potrebné nič dokupovať.

6.1.1 Stropné/nástenné svietidlo s PIR senzorom VERA WHST78-BI

Nástenné, stropné, prisadené, interiérové, kruhové svietidlo s pohybovým PIR čidlom/so snímačom pohybu, s infraspínačom, so zabudovaným IR, so senzorom, stropné svetlo-disk biele 2x40W, 230V/2xE27, blokovanie okolitým svetlom. Alternatívne konkurenčné výrobky: Kanlux FOGLER DL-240O.

Technické parametre:**Rozmery:** 30 x 9 cm**Materiál:** kov, sklo**Vstupné napätie:** 230V/50Hz**Max. výkon [W]:** 2 x 40W**Dosah pokrytia:** do 6 m pri inštalácii vo výške 2,5 – 3 metre**Maximálny uhol pohybového čidla:** 360°**Doba zopnutia:** 10 s – 3 min.**Citlivosť:** 3-2000 lux**Stupeň krytia:** IP20 – ochrana proti telesám väčším ako 12mm (pred prstom nad 12 mm a dĺžkou 80 mm), žiadna ochrana pred vodou.

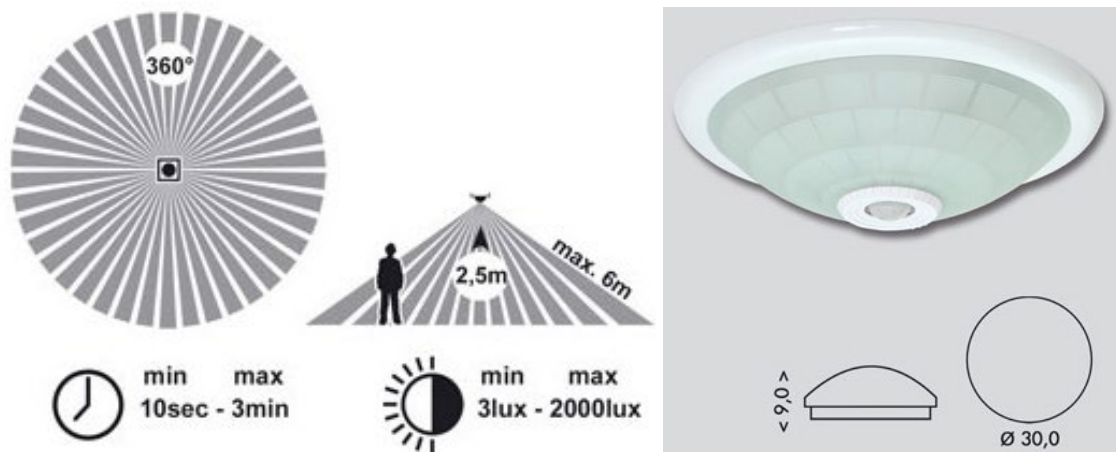
Svietidlo je možné montovať na strop. Svetidlo je možné montovať na normálne horľavé povrchy. Trieda 1. ochrany pred elektrickým prúdom – svetidlo musí byť uzemnené.

Použitie: Na osvetlenie v exteriéri alebo interiéri tam, kde je potrebné osvetlenie automaticky ovládať po zaznamenaní pohybu.

Výhodné vlastnosti: Dobré pokrytie priestoru pod čidlom. Plynulo nastaviteľná citlivosť. Nízka cena, dobrá kvalita. Automatické ovládanie svetla pomocou senzora šetrí elektrickú energiu. Ideálne pre chodby panelákov, WC, schodiská, pivnice, vchody do budov, obchody, nemocnice, sklady, úrady atď. Do svetidla je možné inštalovať klasické žiarovky, úsporné žiarovky alebo LED žiarovky. [31]



Obr. č. 29 Svetidlo s PIR senzorum VERA WHST78-BI [31]



Obr. č. 30 Technické parametre svietidla s PIR senzorm VERA WHST78-BI [31]

Nástenné a stropné interiérové svietidlo Ecolite VERA disponuje PIR senzorm pohybu + zotmenia. Svietidlo VERA využíva štandardnú päťicu E27 pre dve žiarovky 230V/E27 (max. 40W) a je možné ho osadiť klasickou, úspornou aj LED žiarovkou. Pomocou otočných ovládačov je možné pri svietidle nastaviť citlivosť senzorov a čas zapnutia. [31]

6.1.2 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorm

Toto dizajnové vonkajšie nástenné svietidlo je vyrobené z odolných a kvalitných materiálov. Puzdro je vyrobené z kvalitného hliníka s odolnou povrchovou úpravou práškovou farbou, šošovka z matného skla je vyrobená z nárazu vzdorného plastu. Záhradné svietidlo nielen dobre osvetlí dané miesto či budovu, ale zvýši aj jej estetickú hodnotu. Svietidlo sa vyznačuje vysokým stupňom tesnosti, preto sa výborne hodí na fasády budov, plotov, terás, altánkov alebo pri vchodoch do domov či administratívnych budov. Použitie moderné SMD LED diódy zaručujú vysokú energetickú účinnosť a dlhú životnosť zariadenia. Riolit má zabudovaný pohybový senzor, ktorý navyše pomáha šetriť elektrickú energiu, pretože zapína osvetlenie len vtedy, keď je to potrebné. [32]

Technické parametre:

Napájanie: 230V/50Hz

Ovládanie doby svietenia: min. 10 s., max. 5 min.

Materiál: polykarbonát (PC) + hliník

Pracovná teplota: -20 ~ 40 °C

Montážna výška: 1,8 – 2,5 m

Max. svetelný tok: 1100 lm

Uhol svietenia: 140°

Výkon: 15W

Ovládanie intenzity svetla LUX: <3-2000 lux

Teplota farby: neutrálna biela 4000K

Typ snímača: PIR

Rozmery: 170,7 x 159,2 x 80 mm

Svetelný zdroj: LED SMD

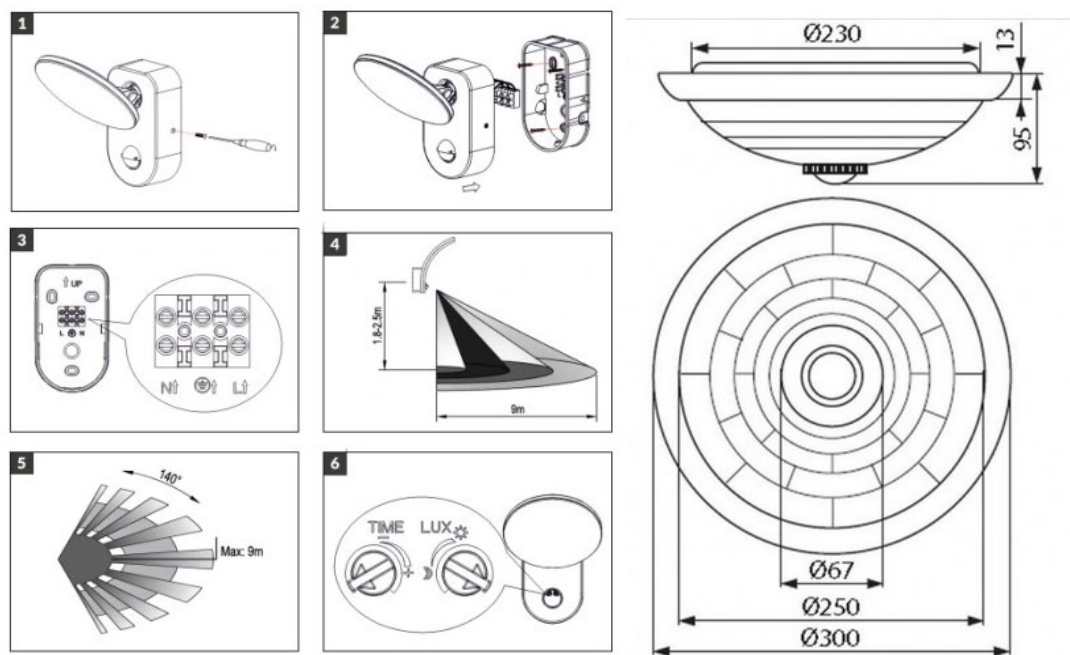
Index podania farieb Ra/CRI: > 85

Stmievateľnosť: nestmievateľné

Stupeň krytia: IP65 – úplne prachotesné (pred akoukoľvek pomôckou), ochrana voči tryskajúcej vode [32]



Obr. č. 31 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom [32]



Obr. č. 32 Technické parametre nástenného pohyblivého LED svietidla IP65 s PIR senzorom [32]

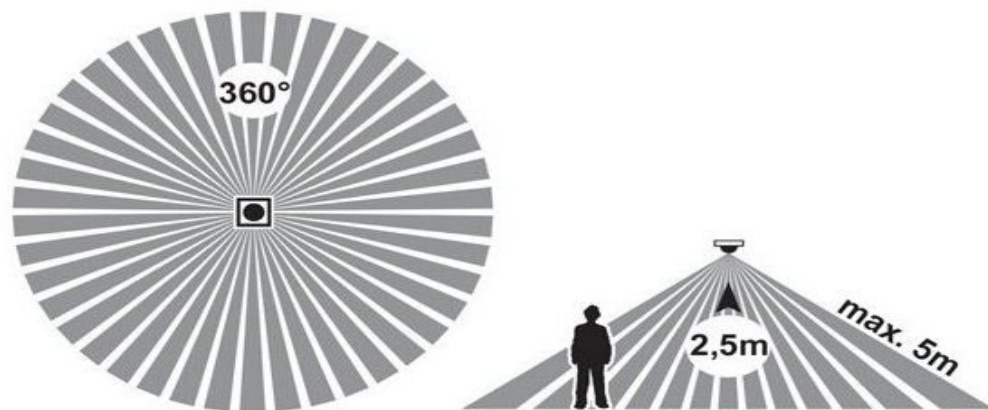
LED osvetlenie je energeticky úsporné, má dlhú životnosť a poskytuje jasný svetelný obraz. Vďaka zabudovanému PIR pohybovému senzoru je nástenné svietidlo aktívne len pri zaznamenaní pohybu. Trvanie je plynule nastaviteľné od 10 sekúnd do 5 minút. Súmrakovým spínačom môžete nastaviť, v akom množstve svetla je nástenné svietidlo aktívne. Toto je plynule nastaviteľné od 3 do 2000 luxov. [32]

6.1.3 LED stropné/nástenné svietidlo WCL19R - 14W s MW senzorom

Dizajnové kruhové LED svietidlo možno ľahko uchytiť na stenu či strop. Nahrádza staršie svietidlá pre žiarovky s päticou E27. Jednotlivé diódy neoslňujú a v svietidle nejdú vidieť. Sú teda nerozoznateľné od bežného svietidla. Vďaka vyššiemu krytiu IP44 je výrobok odolnejší proti vlhkosti a možno ho umiestniť aj do exteriérov na strop alebo stenu. Ide o cenovo dostupný produkt s integrovaným prúdovým zdrojom. Tento zdroj je umiestnený priamo na základnej doske s LED diódami. Snímač pohybu funguje na princípe mikrovln, ktoré detegujú pohyb aj cez sklo a ľahké stavebné materiály. [35]

Technické parametre:**Rozmery:** 25,2 x 6,5 cm**Materiál:** plast, kov**Vstupné napätie:** AC 230V**Max. výkon [W]:** 14W**Dosah pokrytia:** do 5 m pri inštalácii vo výške 2,5 m**Maximálny uhol pohybového čidla:** 360°**Doba zopnutia:** 30 sek.**Citlivosť senzoru:** 15 lux**Typ snímača:** MW**Svetelný zdroj:** LED SMD**Svetelný tok:** 980 lm**Životnosť:** 30 000 h [35]

Obr. č. 33 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom [35]



**HF senzor detekuje pohyb i přes sklo
a lehké stavební materiály.**

HF senzor je nastaven výrobcem - nelze přenastavit



30sec



15lux

Obr. č. 34 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom [35]

Nástenné LED svietidla neprodukujú nadmerné teplo, nehrozí teda požiar. Ihneď po zapnutí svieti na 100 % výkonu. Nie sú náchylná na časté spínanie, sú teda vhodná na zapojenie s pohyblivým snímačom. Dlhá životnosť a žiadna údržba z nich robia ekonomicky vhodnú náhradu klasických svietidiel. Toto svietidlo má pevne nastavenú dobu zopnutia a citlivosť. [35]

6.1.4 LED stropné svietidlo WCL19R - 18W s MW senzorom

Kruhové LED svietidlo s MW senzorom, má vďaka dizajnovu veľmi efektívne spracovanému mliečnemu krytu ideálny rozptyl svetla. Svetlo je príjemné pre oči a neoslňuje. Úspora 70 až 90 % energie. Na tomto svietidle sa dá nastaviť ako intenzita svetivosti tak aj doba spínania, čím sa dá prispieť k príjemnejšej atmosfére. Prevádzka svietidla je bez údržby, svetlo rovnomerne vyžaruje do celej miestnosti. Tak ako u ostatných svietidiel s MW senzorom tu nehrozí vznik požiaru. Svietidlo je určené do

interiéru. Ide o cenovo dostupný produkt s integrovaným prúdovým zdrojom. Tento zdroj je umiestnený priamo na základnej doske s LED diódami.

Technické parametre:

Rozmery: 29,5 x 9,5 cm

Materiál: plast, kov

Vstupné napätie: 220 - 240V / AC

Max. výkon [W]: 18W

Uhol detekcie: 180° / 360°

Dosah pokrytia: múr: 5 - 15 m (nastaviteľný)
strop: 2 - 8 m (polomer) nastaviteľný

Výška inštalácie: múr: 1,5 - 3,5 m
strop: 2 - 4 m

Maximálny uhol pohybového čidla: 360°

Doba pohotovosti: 0 sek, 10sek, 10min+ (voliteľná)

Dosah detekcie: 10 %, 50 %, 75 %, 100 % (voliteľná)

Doba pridržania: 10 sek, 90 sek, 3 min, 10 min (voliteľná)

Citlivosť senzoru: 5 lux, 15 lux, 50 lux, 2000 lux (voliteľné)

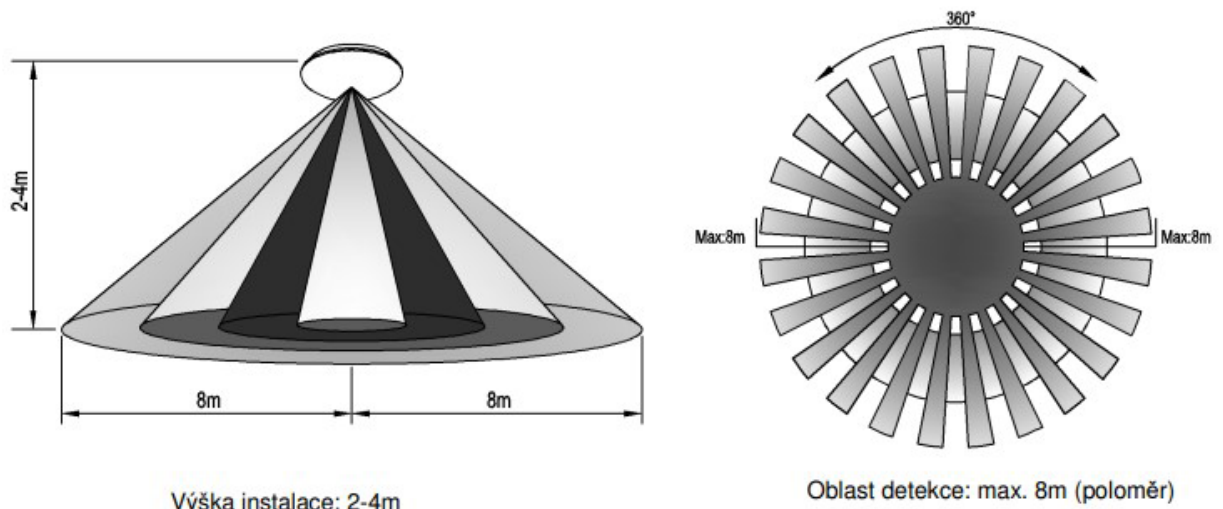
Typ snímača: MW

Svetelný zdroj: LED SMD

Detegovaná rýchlosť pohybu: 0,6 – 1,5 m / s [34]



Obr. č. 35 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom [34]



Obr. č. 36 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorem [34]

Toto svietidlo má nový energií šetriaci spínač, používa mikrovlnné vysokofrekvenčné čidlo elektromagnetického vlnenia (5,8 GHz) a integrovaný obvod. Je automatický, pohodlný, bezpečný, energií šetriaci a praktický. Široký rozsah detekcie závisí na detektoru, ktorý deteguje ľudský pohyb. Keď niekto vstúpi do detegovaného priestoru, zapne sa záťaž v závislosti na dennej dobe. Detekcia je možná aj cez dvere, sklenené výplne, alebo tenké múre. [34]

6.2 Norma pre PIR detektory

Všetky požadované skúšky a parametri skúšok sú uvedené v norme: **ČSN EN 50131-2-2** Poplachové systémy. Poplachy zabezpečovacie a tiesňové systémy. Časť 2-2: Požiadavky na pasívne infračervené detektory. Táto norma je českou verziou európskej normy EN 50131-2-2: 2021 a je možné ju používať do 2024-11-08. [36]

Testovanie PIR detektorov sa môže rozdeliť do dvoch skupín. PIR detektory sa testujú vo firmách a v certifikačných inštitúciách pre zistenie ich vlastností. Firmy testujú detektory z dôvodu overenia ich detektorov, pre ich zdokonaľovanie a ďalší vývoj. Certifikované ústavy testujú detektory pre ochranu spotrebiteľov a skúmajú, či daný detektor má také vlastností a výsledky merania aké uvádza výrobca. [36]

6.2.1 Obecné skúšobné podmienky

Účelom skúšok je hlavne overenie správnej funkcie detektorov podľa špecifikácie poskytnutej výrobcom. Všetky uvedené parametre skúšok musia byť splnené s toleranciou $\pm 10\%$ pokiaľ nie je uvedené inak. [36]

6.2.2 Štandardné podmienky pre skúšanie

Obecné atmosférické podmienky v laboratóriu musia byť, pokiaľ nie je stanovené inak:

Teplota	15°C až 35°C
Relatívna vlhkosť	5 % RH až 75 % RH
Atmosférický tlak	86 kPa až 106 kPa

Všetky hodnoty sú „ všeobecne platné,, [36]

6.2.3 Skúšobné prostredie

Detekčné skúšky vyžadujú uzavretý priestor bez prekážok a prúdenia vzduchu, ktorý dovoľuje skúšanie podľa diagramu pokrytia garantovaného výrobcom. Steny a podlahy v skúšobnom prostredí musia mať aspoň priamo za SVT v pásme vlnových dĺžok 8 μm až 14 μm odporučené vyžarovanie aspoň 80 %. [36]

6.2.4 Montážna výška

Pokiaľ výrobca garantuje rôzne detekčné obrazce pre rôzne montážne výšky, musí byť každý obrazec skúšaný v stanovenej výške. Pokiaľ výrobca garantuje jeden obrazec pre radu montážnych výšok, celý obrazec musí byť skúšaný v garantovanej menovitej výške. Pokiaľ nie je menovitá žiadna hodnota, celý obrazec musí byť skúšaný v strede výškového rozsahu. U detektoru s uhlom pokrytia menším alebo rovným 180° sa pri maximálnej montážnej výške musia skúšať všetky skúšobné body, ktoré sú bližšie než 4 m od detektoru. U detektoru s uhlom pokrytia 360° sa musia skúšať všetky skúšobné body

v maximálnom garantovanom dosahu. Pri minimálnej montážnej výške sa musia skúšať všetky skúšobné body v maximálnom garantovanom dosahu. Pri minimálnej skúšobnej výške sa musia skúšať všetky skúšobné body v maximálnom garantovanom dosahu. Montážne výšky vzťahujú len na priechodové skúšky, nie na iné skúšky. [36]

6.2.5 Štandardný detekčný cieľ

SVT musí byť osoba výšky 1,60 m až 1,85 m, 70 kg \pm 10 kg váhy, oblečená vo vhodnom tesnom oblečení a vyžarovaní aspoň 80 % v rozsahu vlnových dĺžok 8 μ m až 14 μ m.

Teploty detekčného cieľa musia byť zmerané na nasledujúcich piatich miestach, ktoré sú pre daný skúšaný bod v dobe skúšky oproti detektoru:

1. Hlava
2. Hrudník
3. Ruky
4. Koleno
5. Od členku dole

Teploty musia byť merané bezkontaktným teplomerom alebo ekvivalentným žiarením. Teplotné rozdiely každého miesta na tele sú merané, potom vážené a priemerované. [36]

6.2.6 Skúšobné postupy

Detektor musí byť napojená na menovité napájacie zariadenie a k monitorujúcemu zariadeniu indikujúcemu signály alebo správy narušenia. Detektor sa musí nechať 180s stabilizovať. Všetky nevyhovujúce nastavenia detekcie musia byť uvedené výrobcom a nepodliehajú testovaniu. Testy budú prevedené pri najcitlivejšom nastavení (napr. minimálny počet pulzov), ak nie je uvedené inak. [36]

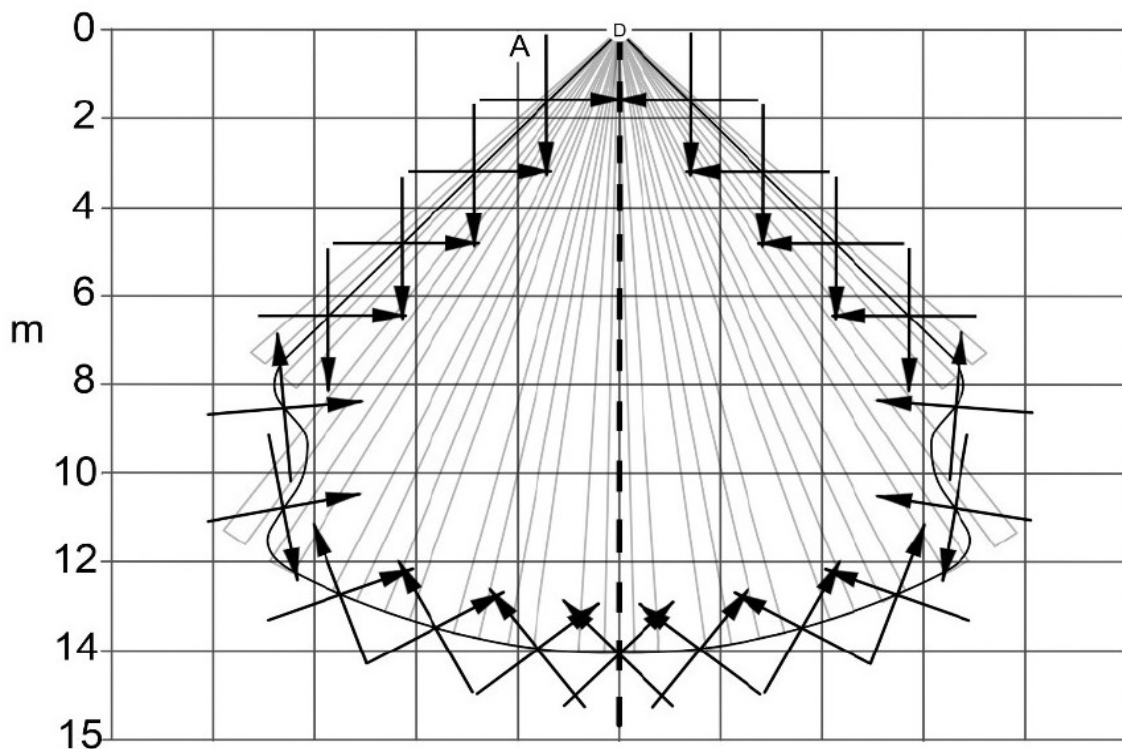
Priechodná skúška sa prevedie riadeným pohybom SVT pred zorným polom detektora. SVT začína a končí priechod z nohami u seba. Držanie musí byť vzpriamene, kde musí štandardný detekčný cieľ stáť a prechádzať z pripaženými pažami. Pred zahájením a po dokončení každej priechodnej skúške musí SVT zostať v kľude po dobu 20 s. [36]

6.2.6.1 Detekčné pokrytie na hranici pre detektory s uhlom pokrytia menším alebo rovným 180°

Skúšobné body sa umiestnia v rovnakých intervaloch po celej garantovanej detekčnej hranici detektoru, ktorý začína oproti detektoru a končí na poslednom skúšobnom bode, kde garančná detekčná hranica pretína os detektora. Ak je medzera na konečnom bode väčšia ako 1 m, skúšobný bod sa umiestni tam, kde garantovanou detekčnou hranicou pretína os detektora. Pre detektory stupňa 1 je nutné skúšať len v každom druhom skúšobnom bode. Každý skúšobný bod je priemetom radiálnej (paprskovej) spojnice s detektorom. V každom skúšobnom bode je skúšobná smer pod uhlom 45° k radiálnej spojnici. Skúšobné body začínajú vo vzdialenosti 1,5 m od skúšobného bodu a končia 1,5 m za týmto skúšobným bodom. Priechodná skúška je priechod jedným smerom cez skúšobný bod. Priechodná skúška, ktorá generuje signál alebo správu narušenia je vyhovujúca.

Kritéria vyhovenia / nevyhovenia: Signál alebo správa narušenia musí byť generovaná v reakcii na prvú priechodnú skúšku. Pokiaľ prvá priechodná skúška negeneruje signál alebo správu narušenia, potom štyri ďalšie pokusy musia byť vyhovujúce. Aby bola skúška vyhovujúca, musia všetky tieto ďalšie pokusy generovať signál alebo správu narušenia.

[36]



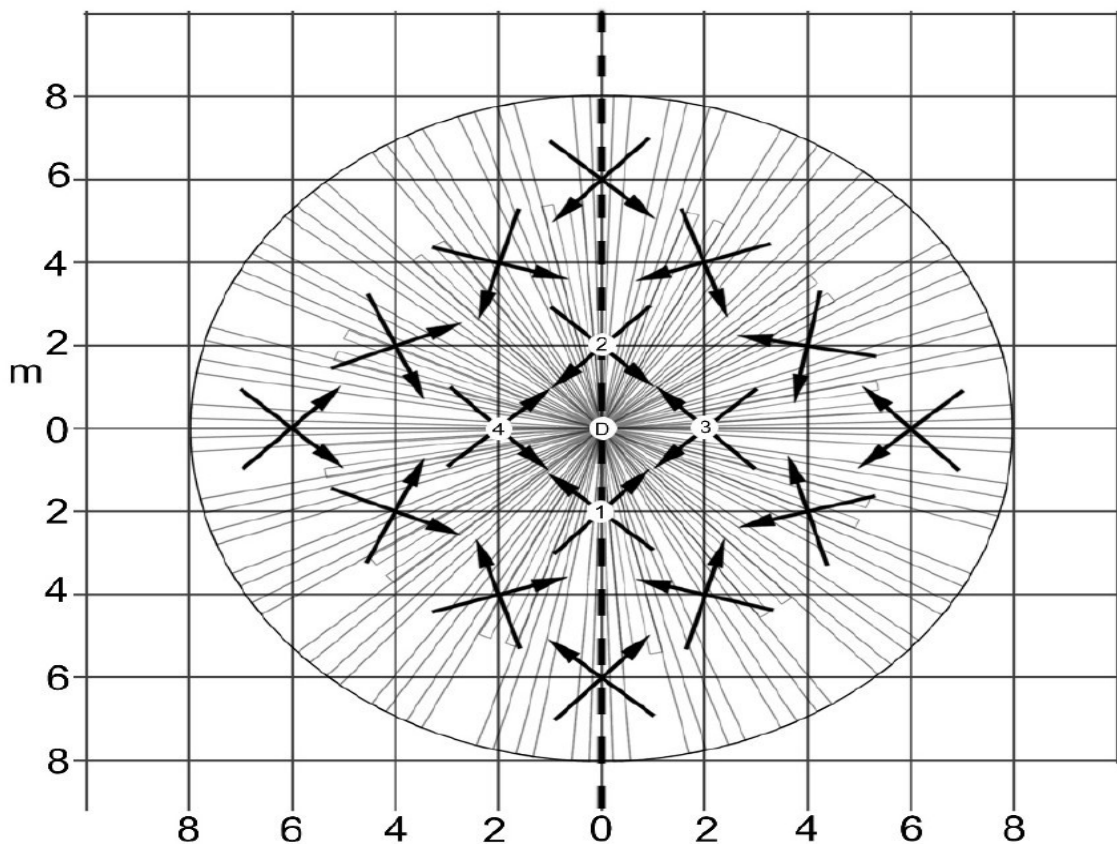
Obr. č. 37 Schéma testu: Detekcia na hranici, uhlom pokrytia menším ako 180° [36]

6.2.6.2 Detekčné pokrytie vo vnútri detekčného priestoru pre detektory s uhlom pokrytia väčším ako 180°

Skúšobné body sa umiestnia 1 m intervaloch po celej garantovanej detekčnej hranici diagramu pokrytia, ktorý začína od bodu, kde garantovaná detekčná hranica pretína referenčnú osu detektora a postupuje sa v smere hodinových ručičiek, pokiaľ nie je dosiahnuté detektora alebo prvého skúšobného bodu. U detektora stupňa 1 je nutné len otestovať alternatívne skúšobné body. V každom skúšobnom bode sú možné dva skúšobné smery v detekčnom diagrame pod uhlom $+45^\circ$ a -45° k radiálnej spojnici. Skúšané musia byť obidva smery, ktoré začínajú vo vzdialenosti 1,5 m od skúšobného bodu a končia 1,5 m za týmto skúšobným bodom. Priechodná skúška je priechod jedným smerom cez skúšobný bod. Pokiaľ je detekčná funkcia skúšaná po úsekoch, musí to odpovedať detekčnej funkcii skúšanej v jednom úseku. Skúšobné body musia pripadať na rovnaké body po obvodě, ako keby bola skúška prevedená 360° .

Kritéria vyhovenia / nevyhovenia: Signál ale správa musia byť generovaná v reakcii na prvú priechodnú skúšku. Pokiaľ prvá priechodná skúška negeneruje signál alebo správu narušenia, potom štyri ďalšie pokusy musia byť vyhovujúce. Aby bola priechodná skúška

vyhovujúca, musia všetky tieto ďalšie pokusy generovať signál alebo správu narušenia. [37]



Obr. č. 38 Schéma testu: Detekcia na hranici, uhlom pokrytia väčším ako 180° [36]

Pre účely testovania svietidiel s PIR detektormi som vybral detekčné pokrytie na hranici pre detektory s uhlom pokrytia menším alebo rovným 180° obrázok č.37, pretože umožňuje spoľahlivejšie a lepšie detegovať priestorové charakteristiky týchto svietidiel .

6.3 Norma MW detektorov

Všetky parametry skúšok a požadované skúšky sú uvedené v norme: **ČSN EN 50131-2-3** Poplachové systémy. Poplachy zabezpečovacie a tiesňové systémy. Časť 2-3: Požiadavky na mikrovlnné detektory. Norma je českou verziou európskej normy EN 50131-2-3: 2021 a je možné ju používať do 2024-11-08. [37]

Táto norma uvádza požiadavky na mikrovlnné detektory používané ako časti poplachových zabezpečovacích systémov inštalovaných v budovách. Obsahuje štyri stupne zabezpečenia a štyri triedy prostredia. Funkciou detektoru je emitovať mikrovlnné žiarenie a analyzovať odražené signály k detekcii narušiteľa a poskytnúť patričný rozsah signálov alebo správ k využitiu v poplachovom zabezpečovacom systéme. Norma je len zhrnutím požiadavkou a skúšok detektorov. [37]

6.3.1 Všeobecné skúšobné podmienky

Účelom skúšok je hlavne overenie správnej funkcie detektorov podľa špecifikácie poskytnutej výrobcom. Všetky uvedené parametre skúšok musia byť splnené s toleranciou $\pm 10\%$ pokiaľ nie je uvedené inak. [37]

6.3.2 Štandardné laboratórne podmienky

Pokiaľ nie je stanovené inak, musia byť atmosférické podmienky v meracom a skúšobnom laboratóriu:

Teplota	:	15°C až 35°C
Relatívna vlhkosť	:	5 % až 75 %
Tlak vzduchu	:	86kPa až 106kPa

Všetky hodnoty sú „ všeobecne platné, „ [37]

6.3.2.1 Skúšobné prostredie

Detekčné skúšky vyžadujú uzatvorený priestor bez prekážok a prúdenia vzduchu, ktorý dovoľuje skúšanie podľa výkresu pokrytia garantovaného výrobcom. Skúšaný priestor musí byť dostatočne veľký, aby podstatne neovplyvňoval rozsah mikrovlnného pokrytia vplyvom odrazu.

Základná výška montáže detektoru musí byť 2,0 m pokiaľ výrobca neuvádza výšku inú. [37]

6.3.2.2 Štandardný detekčný cieľ

Štandardným detekčným cieľom (SVT) musí byť osoba výšky 1,60 m až 1,85 m, 70 +/- 10 kg váhy, oblečená vo vhodnom tesnom oblečení.

Musia byť k dispozícii prostriedky ku kalibrácii a riadenia požadovanej rýchlosti pohybu štandardného detekčného cieľa.

Miesto štandardného detekčného cieľa (SVT) sa pripúšťa použitie simulátora/roboťa, ktorý odpovedá SVT z hľadiska odrazu mikrovlnného signálu. Je považovaný ako detekčný cieľ. V prípade rozporu má v prvom rade prednosť priechodná skúška človekom. [37]

6.3.3 Skúšobné postupy

Detektor musí byť namontovaný vo výške 2,0 m pokiaľ výrobca neuvádza inak. Detektor musí byť orientovaný podľa špecifikácie výrobcu s voľným zorným polom pre prevadenú skúšku. Detektor musí byť pripojený na menovité napájacie napätie a k monitorovaciemu zariadeniu indikujúci poplachové signály alebo správy o narušení. Detektor sa nechá 180 s stabilizovať. Ak má detektor niekoľko režimov citlivosti, ako sú čítanie pulzov, každý nepovolená režim musí byť výrobcom uvedený. Všetky povolené režimu musia byť skúšané.

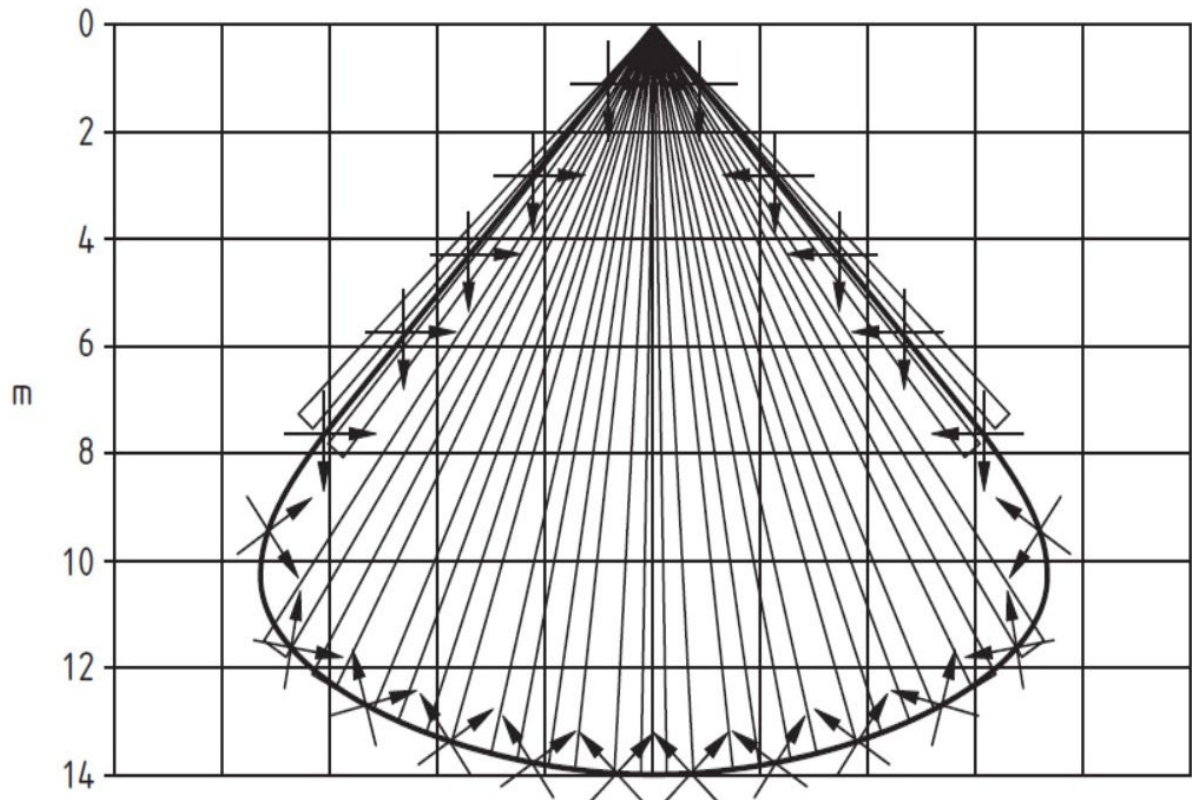
Štandardný detekčný cieľ sa pohybuje zvislo cez stred priamky detekčného zorného poľa vo vzdialenosti od 2 m do 1 m od detektoru pri rýchlostiach od $0,5 \text{ ms}^{-1}$ do $1,0 \text{ ms}^{-1}$ a vo výške, v ktorej by podľa údajov výrobcu mala nastať detekcia. Priechodná skúška sa prevádza riadeným pohybom štandardného detekčného cieľa (SVT) pred zorným polom detektoru. [37]

6.3.3.1 Detekčné pokrytie na hranici detekčného priestoru

Na hranici detekčného pokrytia ukazuje obr. č 39 skúšobné body tak ako ich uvádza výrobca. Skúšobné body sa umiestnia v 2 m intervaloch po celej hranici detekčného pokrytia, ktorý začína od detektoru a končí na poslednom skúšobnom bode, kde hranice krížia osu detektora.

Každým skúšobným bodom prechádza radiálna (paprsková) spojnice vychádzajúca z detektoru. Na každom skúšobnom bode je možné previesť dva priechodné smery, ktoré majú počiatok vo vzdialenosti 1,5 m od skúšobného bodu a končia 1,5 m za týmto

skúšobným bodom. Štandardný detekčný cieľ sa musí pohybovať buď pod uhlom $+45^\circ$ alebo -45° k radiálnej spojnici. [37]

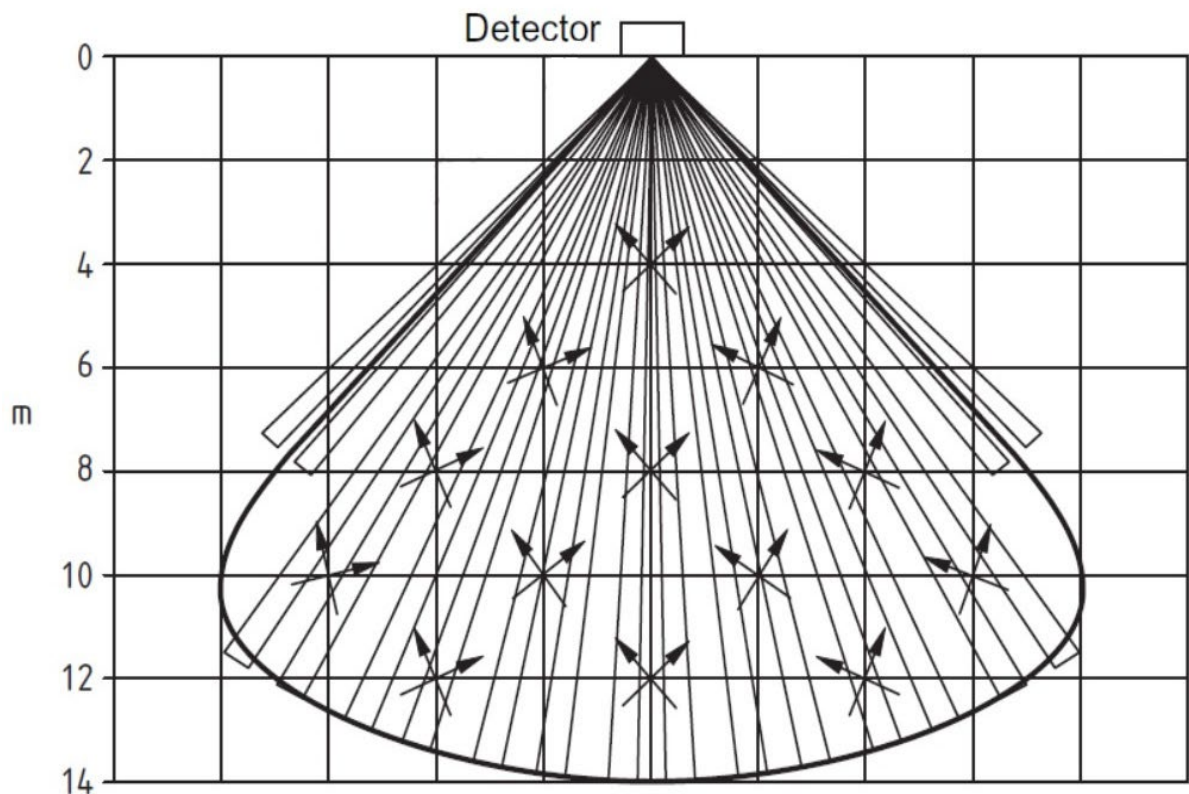


Obr. č. 39 Schéma testu: Detekčné pokrytie na hranici detekcie [37]

6.3.3.2 Detekčné pokrytie vo vnútri detekčného poľa

Príklad výrobcom deklarovanej hranice detekčného pokrytia preložené štvorcovou mriežkou v rozmedzí 2 m ukazuje obr. 40. V osi detektoru vo vzdialenosti 4 m sa zvolí prvý skúšobný bod. S použitím štvorcovej mriežky, ktorá má rozmedzie 2 m sa v každom priesečníku mriežky umiestnia do oboch strán osi detektoru ďalšie skúšobné body. Žiadny skúšaný bod nesmie byť menej než 1 m od výrobcom deklarovanej hranice alebo ležať mimo túto hranicu.

Každým skúšobným bodom prechádza radiálna (paprsková) spojnica vychádzajúca z detektoru. Na každom skúšobnom bode je možné previesť dva priechodné smery, ktoré majú počiatok vo vzdialenosti 1,5 m od skúšobného bodu a končia 1,5 m za týmto skúšobným bodom. Štandardný detekčný cieľ sa musí pohybovať buď pod uhlom $+45^\circ$ alebo -45° k radiálnej spojnici. [38]



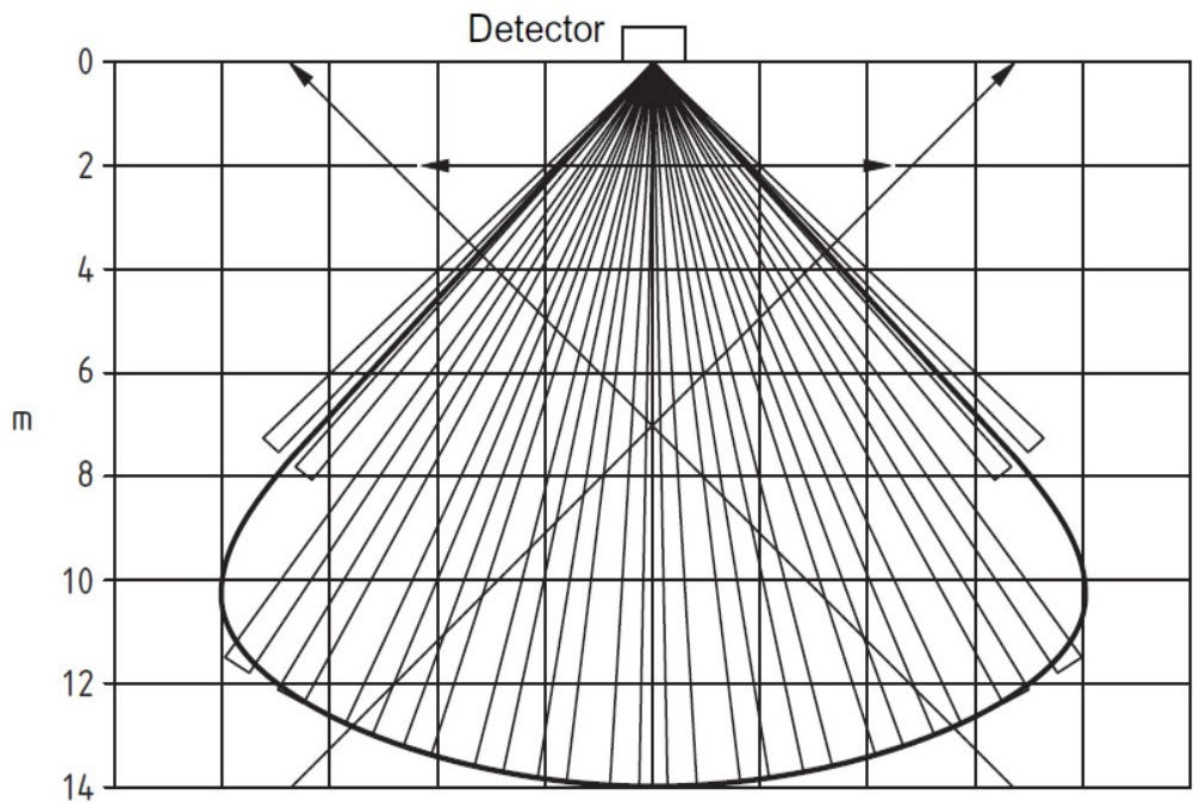
Obr. č. 40 Schéma testu: Detekčné pokrytie vo vnútri detekčného poľa [37]

6.3.3.3 Pokrytie pri prerušovanom pohybe

Prevedú sa dve priečhodné skúšky cez celý detekčný priestor podľa obrázku č. 41. Skúšky začínajú mimo hranice detekčného priestoru z protiľahlej strany detektoru a pretínajú stred osy detektoru v polovine maximálneho dosahu pod uhlom 45° k tejto ose.

Štandardný detekčný cieľ začína prerušovanú pohyb tak, že stojí s chodidlami pri sebe a ďalej prevedie dva kroky 0,5 m dlhé rýchlosťou 0,2 – 0,1 m/s a zastaví sa s chodidlami pri sebe. Po 5 s sa cykly opakujú až do opustenia detekčného cieľa.

Štandardný detekčný cieľ musí krížiť všetky špecifikované detekčné zóny, k nasledujúcim zónam prichádza po opustení detekčnej hranice. Na konci každej trasy musí mať štandardný detekčný cieľ pauzu aspoň 20 s, potom pokračuje na východzí bod. [37]



Obr. č. 41 Schéma testu: Pokrytie pri prerušovanom pohybe [37]

Pre účely testovania svietidiel s MW detektormi som vybral detekčné pokrytie na hranici detekčného priestoru obrázok č.39, pretože umožňuje spoľahlivejšie a lepšie detegovať priestorovú charakteristiky týchto svietidiel .

6.4 Vývojový diagram merania

Pre priebeh merania som vytvoril vývojový diagram, kde začiatok tvorí príprava pracoviska na meranie a inštalácia svietidiel. Následne IR vstupuje do detekčného poľa a sleduje či svietidlo spína (rozsvieti) alebo nespína (zhasne). Ďalej vývojový diagram obsahuje výstup IR z detekčného poľa. Koniec tvorí zápis hodnôt do tabuliek, vytvorenie grafov a následné porovnanie, vyhodnotenie zapísaných hodnôt.



Obr. č. 42 Vývojový diagram merania [vlastný]

6.5 Příprava pracoviška na meranie

Meranie prebehlo dňa 6.4 2023 pri teplote 21°C v uzavretých priestoroch. Pre meranie na maximálny možný dosah detektora som ako vhodný objekt vybral a následne prenajal priestory novej telocvične v meste Gbely.



Obr. č. 43 Exteriér a interiér telocvične [39]

6.6 Meranie priestorovej charakteristiky LED svietidla IP65 s PIR senzorom

Meranie priestorovej charakteristiky LED svietidla IP65 s PIR senzorom bolo prevedené v uzavretých priestoroch telocvične. Meranie prebehlo základným detekčným testom chôdze podľa normy pre PIR detektory: ČSN EN 50131-2-2.

6.6.1 Zapojenie svietidla

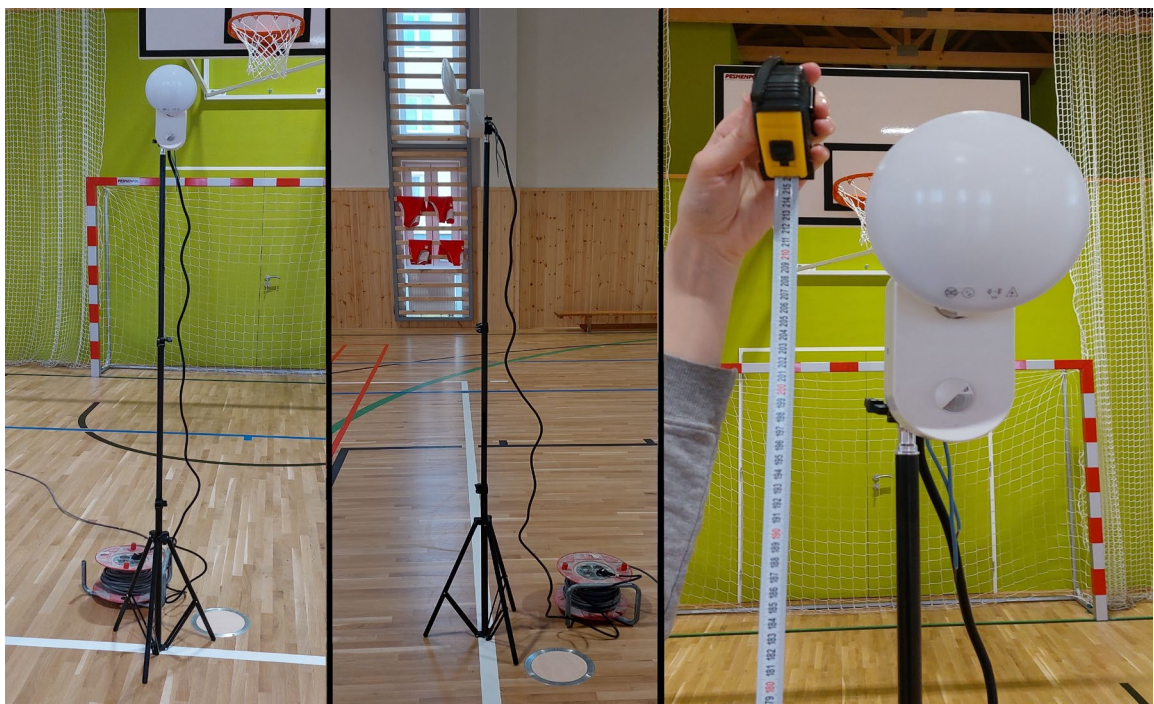
LED svietidlo s PIR senzorom bolo pomocou skrutkovača rozmontované a následne zapojené ku káblu CYKY-O. Následne bolo svetlo pomocou skrutkovača zmontované do pôvodného stavu.



Obr. č. 44 Zapojenie PIR svietidla ku káblu CYKY-O [vlastný]

6.6.2 Pripevnenie svietidla na stojan

LED svietidlo s PIR senzorom som upevnil k teleskopickému stojanu za pomocou drôtu a následne ho nastavil od výrobcu požadovanej výšky 2,0 m.



Obr. č.45 Pripevnenie PIR svietidla na stojan, nastavenie do požadovanej výšky [vlastný]

6.6.3 Prevedené meranie

Bolo prevedené meranie priestorových detekčných charakteristík pomocou testu chôdze podľa normy: ČSN EN 50131-2-2. Overenie snímačej charakteristiky prebehlo pomocou priechodových testov pred svietidlom s PIR detektorom v rôznych vzdialenostiach od neho. Na pravej strane od svietidla s PIR detektorom bolo prevedených sedem vstupov do detekčnej charakteristiky, zvyšné testy na opačnej strane neboli prevedené nakoľko z hľadiska konštrukcie a charakteristiky od výrobcu sa dá predpokladať že sú zrkadlovito rovnaké.

6.6.3.1 Test 1

Kolmo oproti svietidla s PIR detektorom za pomoci chôdze bolo prevedené meranie detekčných charakteristík. IR sa pohybuje na hranici detekčnej charakteristiky po vstupe do nej a následnom rozsvietení svetla bolo zaznačené miesto modrou páskou v tvare krížika. Potom som počkal potrebných 20 s kým svetlo zhasne a vyšiel z detekčnej charakteristiky von. Následne bola zmeraná vzdialenosť od svietidla ku zaznačenému bodu a hodnota zapísaná.



Obr. č. 46 Prvý test merania detekčnej charakteristiky PIR svietidla [vlastný]

6.6.3.2 Test 2

Druhé testovanie bolo prevedené 20 cm od zaznamenaného bodu z prvého testovania pomocou chôdze pod uhlom 45° smerom k svietidlu s PIR detektorom sme vošli do

priestorovej charakteristiky následne keď sa svetlo zaplo sme zaznamenali druhý bod pomocou krížiku z modrej pásky. Potom bola nameraná hodnota zapísaná.



Obr. č. 47 Druhý test merania detekčnej charakteristiky PIR svietidla [vlastný]

6.6.3.3 Test 3

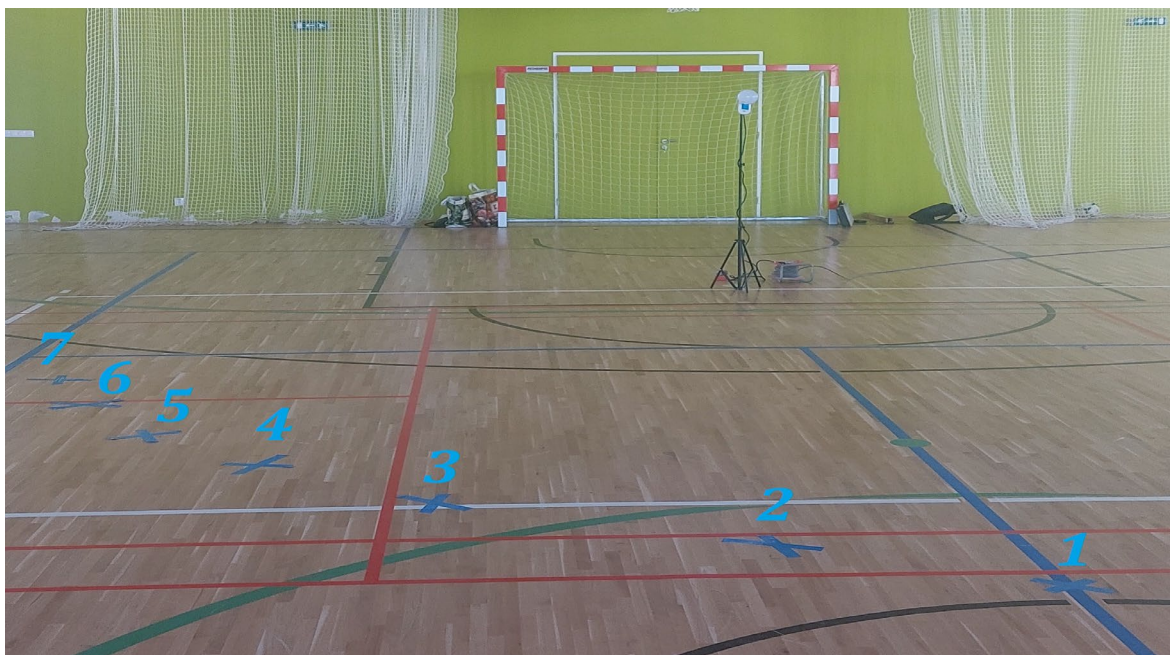
Tretie meranie bolo prevedené 20 cm od zaznamenaného bodu z druhého testovania. pomocou chôdze pod uhlom 45° smerom k svietidlu s PIR detektorom sme vošli do priestorovej charakteristiky následne keď sa svetlo zaplo som zaznačil druhý bod pomocou krížiku z modrej pásky. Následne bola nameraná hodnota zapísaná do tabuľky.



Obr. č. 48 Tretí test merania detekčnej charakteristiky PIR svietidla [vlastný]

6.6.3.4 4 – 7 test

Ostatné štyri vstupy do priestorových charakteristík prebehli rovnako ako predošlé tri testy. Každý ďalší bod bol v rozmedzí 20 cm od predošlého bodu. Všetky tieto body boli odmerané a výsledky zapísané do tabuľky. Na obr. č. 49 sú vidieť všetky zaznamenané body týchto siedmich vstupov, ktoré som následne v očísloval.



Obr. č. 49 Všetkých sedem testov detekčnej charakteristiky PIR svietidla [vlastný]

6.6.4 Výsledná tabuľka nameraných hodnôt, porovnanie z hodnotami od výrobcu

Testy	Namerané hodnoty	Hodnoty od výrobcu	Zistené odchýlky
1	6,00 m	6,00 m	0,00 m
2	6,50 m	6,00 m	+ 0,50 m
3	5,80 m	6,00 m	- 0,20 m
4	5,60 m	6,00 m	- 0,40 m
5	5,60 m	6,00 m	- 0,40 m
6	5,50 m	6,00 m	- 0,50 m
7	5,60 m	6,00 m	- 0,40 m

Tab. č. 1 Tabuľka s hodnotami od výrobcu, nameranými hodnotami a odchýlky [vlastný]

6.7 Meranie priestorovej charakteristiky svietidla VERA-VHST78-BI s PIR senzorom

Meranie svietidla PIR so senzorom VERA-VHST78-BI bolo taktiež urobené v uzavretých priestoroch telocvične. Meranie prebehlo základným detekčným testom chôdze podľa normy pre PIR senzory: ČSN EN 50131-2-2.

6.7.1 Zapojenie svietidla

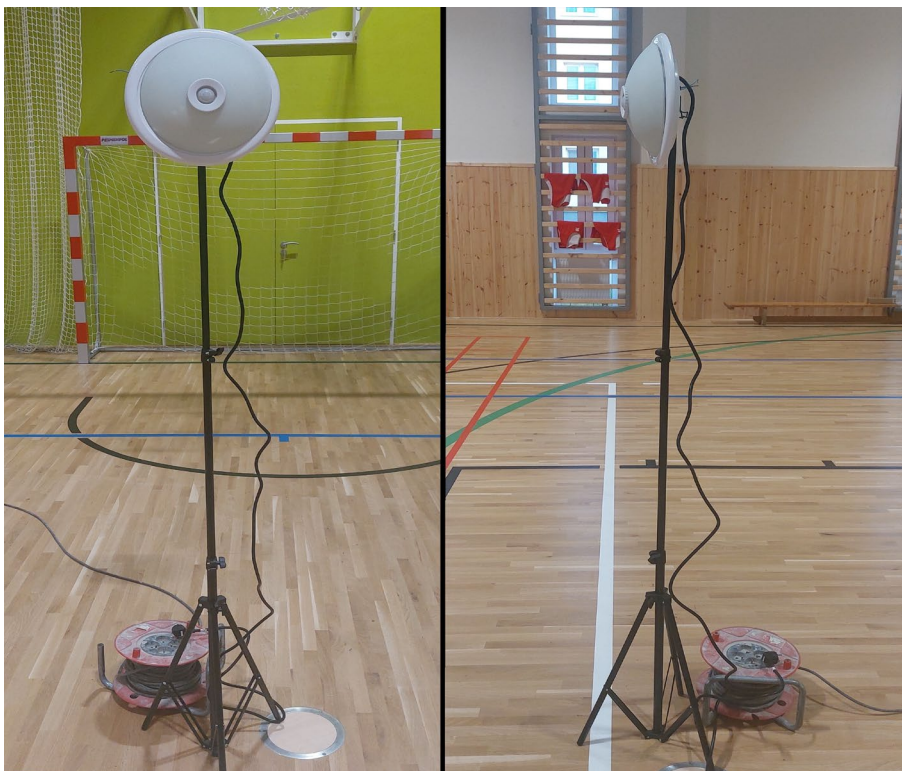
Pomocou skrutkovača bolo svietidlo s PIR senzorom demontované a následne pripojené ku káblu CYKY-O. Potom boli ku svietidlu primontované dve klasické 230V / E27 žiarovky a následne bolo svietidlo zmontované do pôvodného stavu.



Obr. č. 50 Zapojenie svietidla ku káblu CYKY-O [vlastný]

6.7.2 Pripevnenie svietidla na stojan

Svietidlo s PIR senzorom som upevnil pomocou drôtu k teleskopickému stojanu a následne nastavil do požadovanej výšky od výrobcu 2,0 m.



Obr. č. 51 Pripevnenie druhého PIR svietidla na stojan [vlastný]

6.7.3 Prevedené meranie

Pomocou testu chôdze bolo prevedené meranie priestorových charakteristík podľa normy ČSN EN 50131-2-2. Z pravej strany od svietidla s PIR detektorom v 20 cm vzdialenostiach prebehlo sedem vstupov pre overenie snímačej charakteristiky pomocou priechodových testov. Zvyšných sedem testov zrkadlovito na opačnej strane nebolo treba robiť, nakoľko z hľadiska konštrukcie a charakteristiky od výrobcu sú tieto údaje rovnaké.

6.7.3.1 Prvý test

Kolmo oproti svietidla s PIR detektorom bolo prevedené meranie detekčných charakteristík pomocou chôdze, kde sa IR pohybuje na hranici detekčnej charakteristiky. Po vstupe do nej a následnom zapnutí svietidla som zaznačil bod krížikom z červenej lepiacej pásky. Následne zmeral vzdialenosť od svietidla ku bodu a výsledný údaj zapísal do tabuľky.



Obr. č. 52 Prvý test merania detekčnej charakteristiky druhého PIR svietidla [vlastný]

6.7.3.2 Druhý test

Druhé meranie svietidla s PIR senzorom prebehlo pomocou chôdze 20 cm vzdialeno od prvého zaznačeného bodu, kde sa IR pohybuje po hranici detekčnej charakteristiky. Po následnom vstupe do nej a zapnutí svietidla som zaznačil druhý bod krížikom z červenej pásky. Následnej odmeral vzdialenosť od svietidla k zaznačenému bodu a namerané hodnoty zapísal do tabuľky.



Obr. č. 53 Druhý test merania detekčnej charakteristiky druhého PIR svietidla [vlastný]

6.7.3.3 Tretí test

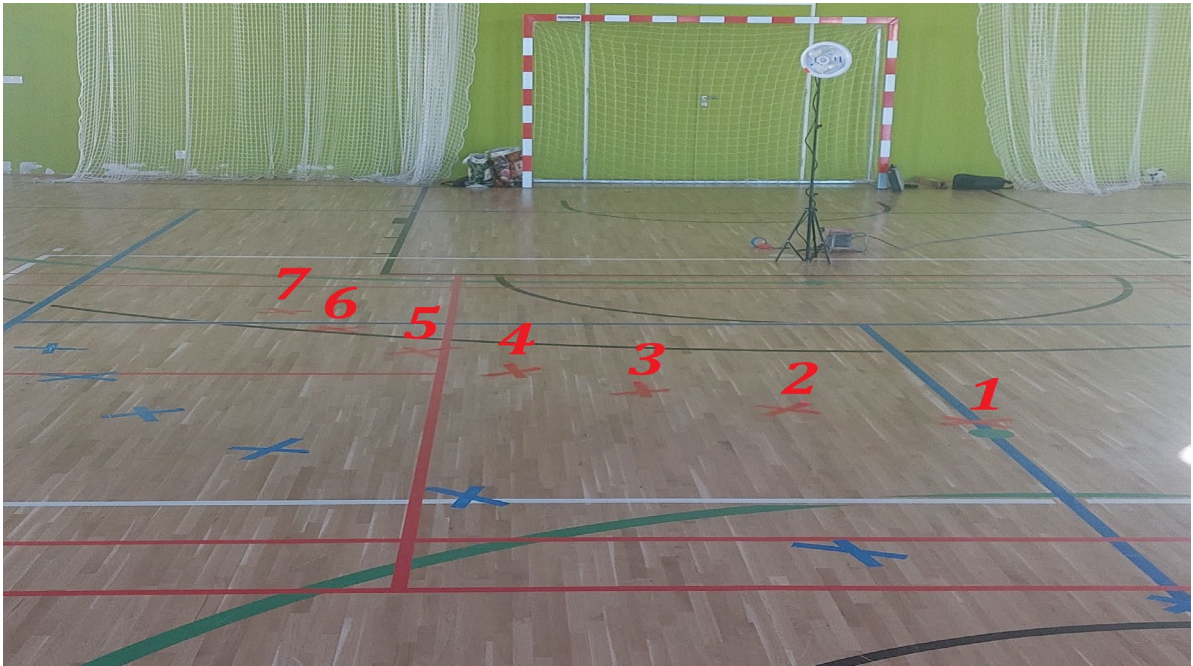
Tretie meranie prebehlo 20 cm od predchádzajúceho druhého zaznačeného bodu pod uhlom pomocou testovania chôdze pod uhlom 45° smerom ku svietidlu s PIR detektorom. Po vstupe do snímačej charakteristiky a následnom zaznamenaní detektorom a rozsvietení svietidla som zaznačil bod krížikom z červenej lepiacej pásky. Potom som odmeral vzdialenosť od svietidla ku zaznačenému bodu a výslednú hodnotu zapísal do tabuľky.



Obr. č. 54 Tretí test merania detekčnej charakteristiky druhého PIR svietidla [vlastný]

6.7.3.4 4 – 7 test

Zvyšné štyri vstupy boli prevedené rovnakým spôsobom ako predošlé tri testy. Každý vstup je vzdialený 20 cm od predošlého vstupu. Každý bod bol zaznačený krížikom z červenej pásky a následne od každého bodu odmeraná vzdialenosť ku svietidlu s detektorom a zapísaná do tabuľky. Na obrázku č. 55 sú vidieť všetky zaznamenané body merania, ktoré som očísloval.



Obr. č. 55 Všetkých sedem testov merania detekčnej charakteristiky druhého PIR svietidla [vlastný]

6.7.4 Výsledná tabuľka nameraných hodnôt, porovnanie z hodnotami od výrobcu

Testy	Namerané hodnoty	Hodnoty od výrobcu	Zistené odchýlky
1	4,56 m	5,00 m	- 0,44 m
2	4,30 m	5,00 m	- 0,70 m
3	4,30 m	5,00 m	- 0,70 m
4	4,32 m	5,00 m	- 0,68 m
5	4,32 m	5,00 m	- 0,68 m
6	4,30 m	5,00 m	- 0,70 m
7	4,32 m	5,00 m	- 0,68 m

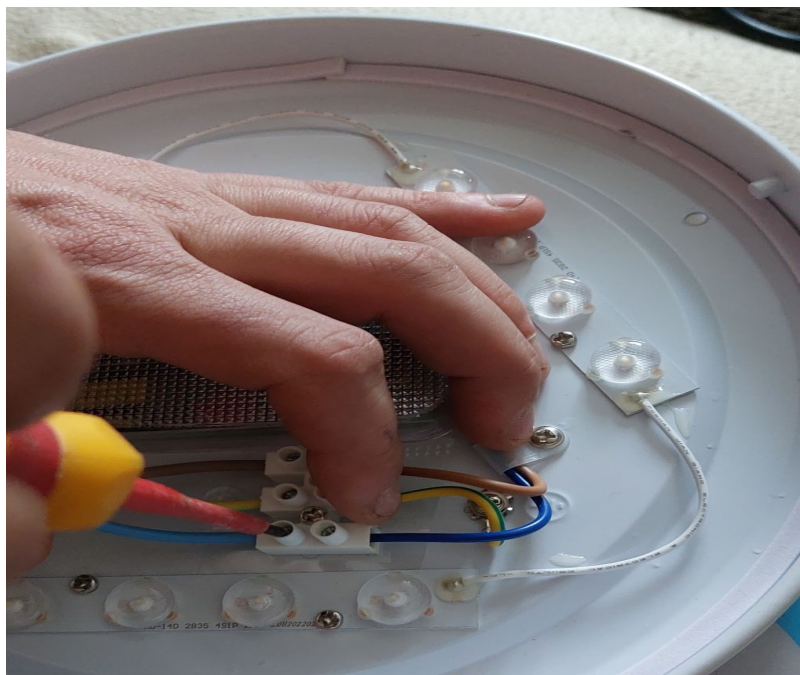
Tab. č. 2 Tabuľka s hodnotami od výrobcu, nameranými hodnotami a odchýlkami [vlastný]

6.8 Meranie priestorovej charakteristiky LED stropného/nástenného svietidla WCL19R - 14W s MW senzorom

Meranie LED nástenného svietidla 14W s MW senzorom bolo prevedené v uzavretých priestoroch telocvične. Meranie prebehlo základným detekčným testom chôdze podľa normy pre MW detektory: ČSN EN 50131-2-3.

6.8.1 Zapojenie svietidla

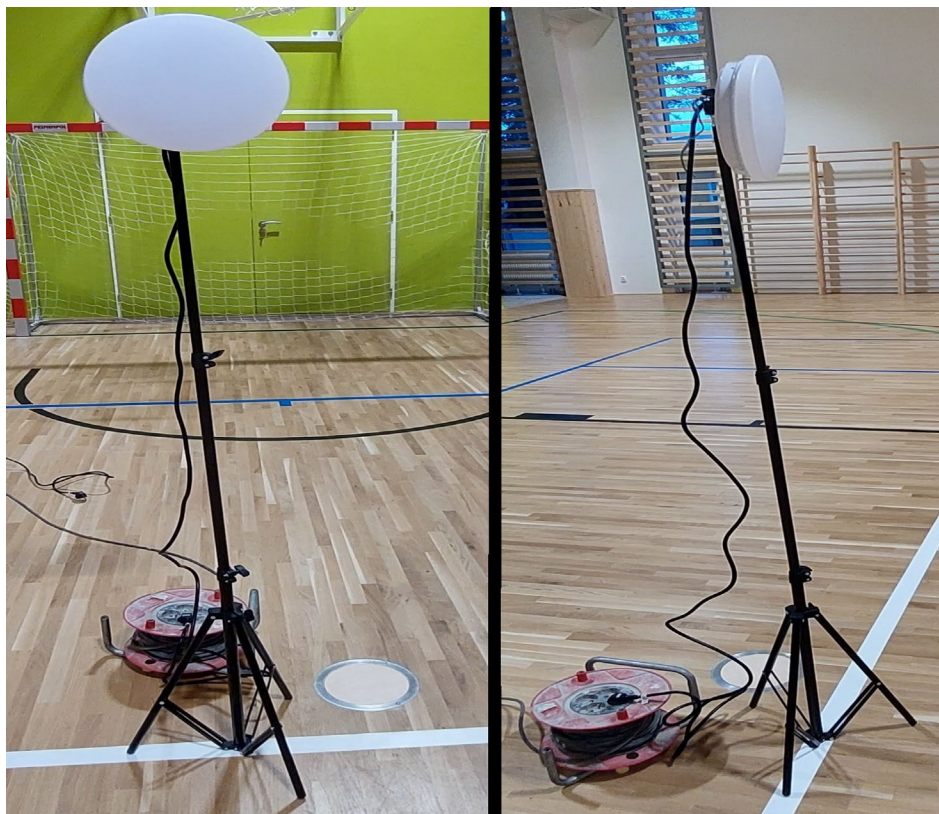
MW svietidlo bolo pomocou skrutkovača demontované a následne pripojené ku káblu CYKY-O. Toto svietidlo obsahuje LED diódy, žiadne ďalšie montovania nie sú potrebné. Následne bolo svietidlo zmontované do pôvodného stavu.



Obr. č. 56 Zapojenie MW svietidla ku káblu CYKY-O [vlastný]

6.8.2 Pripevnenie svietidla na stojan

LED nástenné svietidlo 14W s MW detektorom som pomocou drôtu upevnil k teleskopickému stojanu. Potom som svetlo nastavil do požadovanej výšky od výrobcu do 2,0 m.



Obr. č. 57 Pripevnenie MW svietidla na teleskopický stojan [vlastný]

6.8.3 Prevedené meranie

Podľa normy pre PIR detektory: ČSN EN 50131-2-3 bolo prevedené meranie svietidla s MW senzom, kde bolo urobených pomocou chôdze celkom sedem vstupov do snímacej charakteristiky. Na pravej strane od svietidla s PIR detektorom bolo prevedených sedem vstupov do detekčnej charakteristiky, zvyšné vstupy do detekčnej charakteristiky na opačnej strane neboli prevedené nakoľko z hľadiska konštrukcie a charakteristiky od výrobcu sa dá predpokladať že sú zrkadlovito rovnaké.

6.8.3.1 Prvý test

Prvý vstup do snímacej charakteristiky prebehol pomocou testu chôdze kolmo oproti svietidlu s MW detektorom. IR sa pohyboval po hranici detekčnej charakteristiky, po vstupe do nej a následnom zaregistrovaní detektorom a rozsvietení svietidla som označil krížikom zo zelenej pásky, počkal potrebných 20 s a vyšiel krokom z detekčnej charakteristiky von. Následne som odmeral vzdialenosť označeného bodu a svietidla a hodnotu zapísal do tabuľky.



Obr. č. 58 Prvý test merania detekčnej charakteristiky MW svietidla [vlastný]

6.8.3.2 Druhý test

Druhý vstup do detekčnej charakteristiky prebehol 0 cm vzdialený od prvého zaznačeného bodu smerom k svietidlu s detektorom. Testom chôdze IR sa pohybovalo na okraji detekčnej charakteristiky, po nasledovnom vniknutí do nej sa svetlo rozsvietilo, vtom mieste som zaznačil bod krížikom zo zelenej lepiacej pásky. Následnej som odmeral vzdialenosť označeného bodu k detektoru a nameranú hodnotu zapísal do tabuľky.



Obr. č. 59 Druhý test merania detekčnej charakteristiky MW svietidla [vlastný]

6.8.3.3 Tretí test

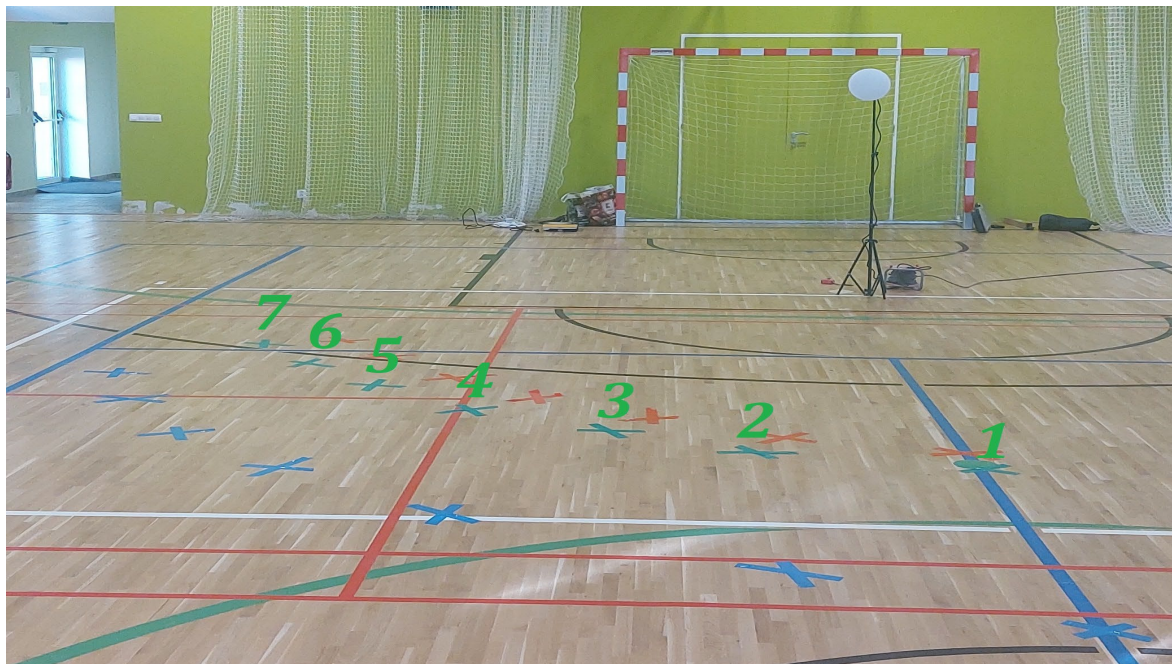
Tretí vstup do detekčnej charakteristiky prebehol pomocou testu chôdze podľa normy ČSN EN 50131-2-3. IR sa pohyboval 20 cm vzdialený od druhého označeného bodu pod uhlom 45° smerom k detektoru, keď sa svetlo rozžiarilo tak som zaznačil tretí bod krížikom zo zelenej lepiacej pásky. Následne som odmeral vzdialenosť zaznačeného tretieho bodu ku svietidlu s detektorom a nameranú hodnotu zapísal do tabuľky.



Obr. č. 60 Tretí test merania detekčnej charakteristiky MW svietidla [vlastný]

6.8.3.4 4 – 7 test

Zvyšné štyri vstupy do detekčnej charakteristiky boli prevedené rovnakým spôsobom ako predošlé tri testy, pomocou testu chôdze vždy 20 cm vzdialený od predchádzajúceho zaznačeného bodu pod uhlom 45° smerom k svietidlu s MW detektorom. Tieto testy sú vidieť u obr. č. 61, kde som vpísal čísla testov. U každého zaznačeného bodu bola odmeraná vzdialenosť k svietidlu a následne zapísané do tabuľky.



Obr. č. 61 Všetkých sedem testov merania detekčnej charakteristiky MW svietidla [vlastný]

6.8.4 Výsledná tabuľka nameraných hodnôt, porovnanie z hodnotami od výrobcu

Testy	Namerané hodnoty	Hodnoty od výrobcu	Zistené odchýlky
1	5,00 m	5,00 m	- 0,00 m
2	4,85 m	5,00 m	- 0,15 m
3	4,85 m	5,00 m	- 0,15 m
4	4,85 m	5,00 m	- 0,15 m
5	4,80 m	5,00 m	- 0,20 m
6	4,80 m	5,00 m	- 0,20 m
7	4,75 m	5,00 m	- 0,25 m

Tab. č. 3 Tabuľka s hodnotami od výrobcu, nameranými hodnotami a odchýlky [vlastný]

6.9 Meranie priestorovej charakteristiky LED stropného WCL19R - 18W svietidla s MW detektorom

Taktiež ako u predošlých meraní prebehlo meranie LED stropného svietidla s MW detektorom v uzavretých priestoroch pri teplote 21°. Meranie prebehlo základným detekčným testom chôdze podľa normy pre MW detektory: ČSN EN 50131-2-3.

6.9.1 Zapojenie svietidla

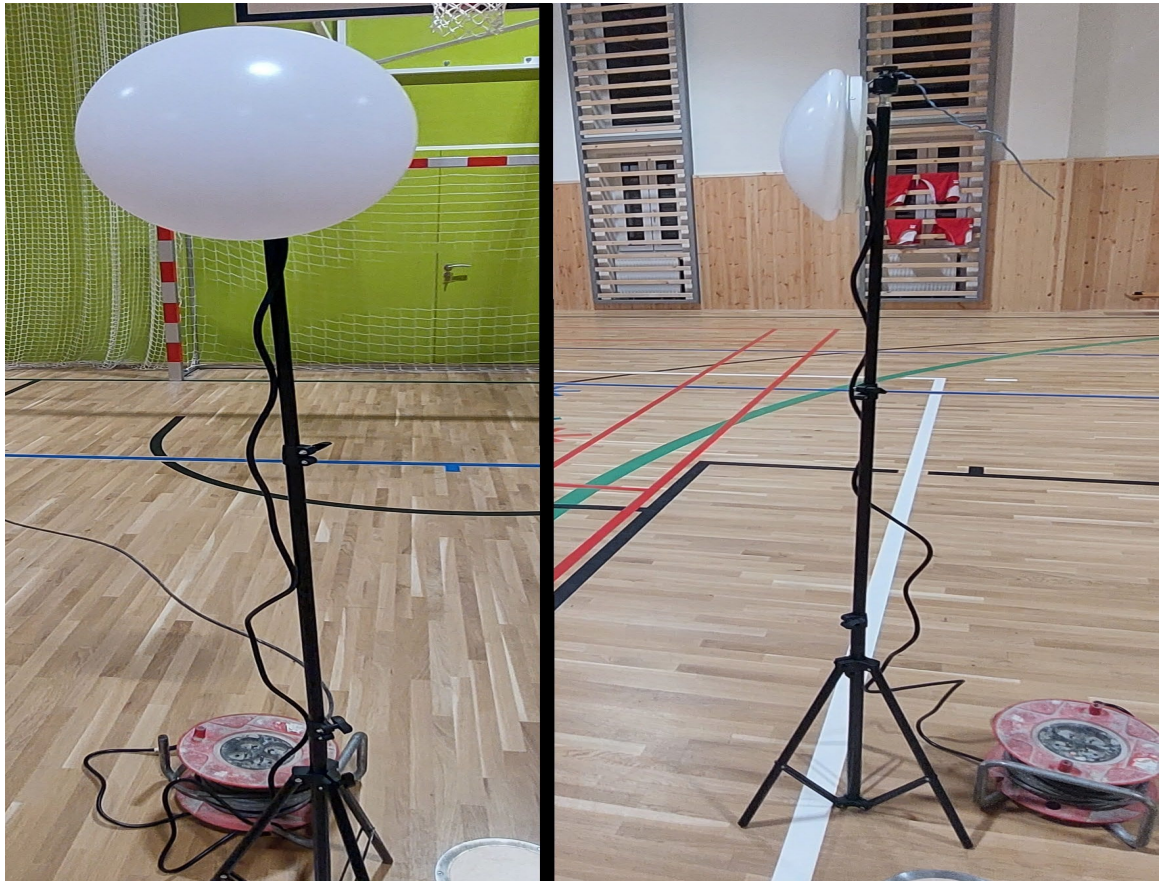
Pomocou skrutkovača bolo LED stropné svietidlo rozmontované a následne pripojené ku káblu CYKY-O. Následne bolo zmontovaná do pôvodného stavu, neboli potrebné žiadne ďalšie úpravy tohto svietidla.



Obr. č. 62 Zapojenie druhého MW svietidla ku káblu CYKY-O [vlastný]

6.9.2 Pripevnenie svietidla na stojan

Pomocou drôtu som upevnil LED stropné svietidlo 18V s MW k teleskopickému stojanu. Potom som svetlo nastavil do požadovanej výšky od výrobcu do 2,0 m.



Obr. č. 63 Pripevnenie druhého MW svietidla na teleskopický stojan [vlastný]

6.9.3 Prevedené meranie

Na pravej strane od svietidla s MW detektorom bolo prevedených celkom sedem vstupov pomocou základného testu chôdze do detekčnej charakteristiky podľa normy ČSN EN 50131-2-2. Nakoľko z hľadiska konštrukcie a charakteristiky od výrobcu sa da predpokladať že vstupy na opačnej strane sú zrkadlovito rovnaké sa tieto testy robili len na jednej strane.

6.9.3.1 Prvý test

Pomocou testu chôdze kolmo proti svietidla s MW detektorom prebehol prvý stup do detekčnej charakteristiky, kde sa IR pohyboval na hranici detekčnej charakteristiky a po následnom vniknutí do nej, zapnutí svietidla som v mieste zaznačil bod krížikom z bielej lepiacej pásky. Následne som odmeral vzdialenosť od zaznačeného bodu ku svietidlu s MW detektorom a výslednú hodnotu zapísal do tabuľky.



Obr. č. 64 Prvý test merania detekčnej charakteristiky druhého MW svietidla [vlastný]

6.9.3.2 Druhý test

Druhý vstup do snímacej charakteristiky prebehol podľa základného testu chôdze, kde sa IR pohyboval presne 20 cm vzdialený od prvého zaznačeného bodu smerom k svietidlu s MW detektorom. Keď IR vstúpil do detekčnej charakteristiky a následnom zapnutí zaznamenaní detektorom a zapnutí svietidla som v dané miesto zaznačil krížikom v bielej lepiacej páske. Následne som odmeral vzdialenosť zaznačeného bodu ku svietidlu s MW detektorom a nameranú hodnotu zapísal do tabuľky.



Obr. č. 65 Druhý test merania detekčnej charakteristiky druhého MW svietidla [vlastný]

6.9.3.3 Tretí test

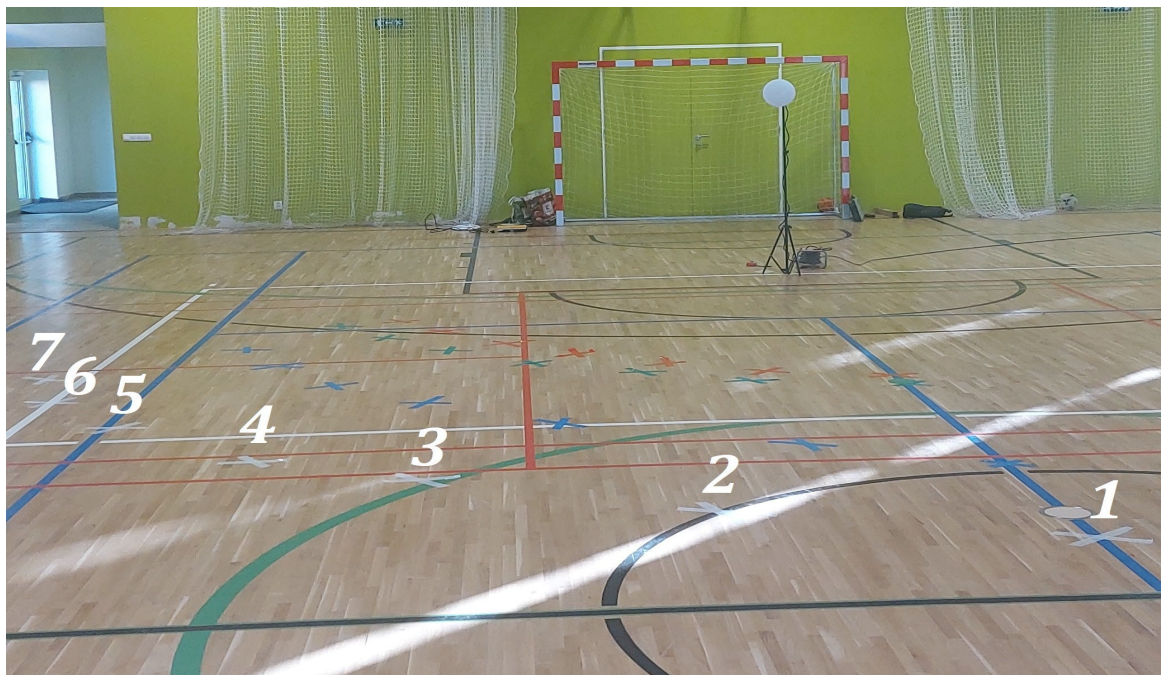
Tretí vstup do detekčnej charakteristiky prebehol pomocou základného testu chôdze, vo vzdialenosti 20 cm od zaznačeného druhého bodu sa IR pohyboval pod uhlom 45stupnov smerom k svietidlu z detektorom. Potom po vstupe do detekčnej charakteristiky a následnom zaznamenaní detektorom a rozsvietení svietidla som v tom mieste zaznačil bod krížikom z bielej lepiacej pásky. Následnej som odmeral vzdialenosť od zaznačeného bodu ku svietidlu s MW detektorom a nameranú hodnotu zapísal do tabuľky.



Obr. č. 66 Štvrtý test merania detekčnej charakteristiky druhého MW svietidla [vlastný]

6.9.3.4 4 – 7 test

Zvyšné štyri vstupy do detekčnej charakteristiky prebehli rovnako ako predošlé tri testy pomocou základného testu chôdze. Po každý krát vo 20 cm vzdialený od predchádzajúceho zaznačeného bodu pod uhlom 45° smerom k svietidlu s MW detektorom. Všetkých sedem testov je vidieť na obr. č. 67, kde som vpísal čísla testov. U každého zaznačeného bodu bola odmeraná vzdialenosť k svietidlu a následne zapísané do tabuľky.



Obr. č. 67 Všetkých sedem testov merania detekčnej charakteristiky druhého MW svietidla [vlastný]

6.9.4 Výsledná tabuľka nameraných hodnôt, porovnanie z hodnotami od výrobcu

Testy	Namerané hodnoty	Hodnoty od výrobcu	Zistené odchýlky
1	8,50 m	8,00 m	+ 0,50 m
2	8,45 m	8,00 m	+ 0,45 m
3	8,45 m	8,00 m	+ 0,45 m
4	8,45 m	8,00 m	+ 0,45 m
5	8,40 m	8,00 m	+ 0,40 m
6	8,40 m	8,00 m	+ 0,40 m
7	8,40 m	8,00 m	+ 0,40 m

Tab. č. 4 Tabuľka s hodnotami od výrobcu, nameranými hodnotami a odchýlky [vlastný]

6.10 Vyhodnotenie výsledkov

Výsledné namerané hodnoty boli odčítané od hodnôt, ktoré zadáva výrobca. Následne boli zistené možné plusové alebo mínusové odchýlky u jednotlivých testovaných svietidiel. Cieľom bolo otestovať funkčnosť vybraných svietidiel a zistiť možné odchýlky svietidiel s PIR a MW detektormi.

6.10.1 LED svietidlo IP65 s PIR senzorom

U prvého testovaného svietidla s PIR senzorom boli zistené nasledovné odchýlky. U druhého vstupu do detekčnej charakteristiky bola zistená plusová odchýlka 0,5 m, kde detektor sníma väčšiu vzdialenosť ako udáva výrobca. U tretieho testu bola zistená menšia mínusová odchýlka 0,2 m, tu detektor sníma nepatrne menšiu vzdialenosť ako zadáva výrobca. U štvrtého, piateho a siedmeho testu boli zistené rovnaké mínusové odchýlky 0,5m a u šiesteho svietidla bola zistená podobná mínusová odchýlka 0,5 m. Funkčnosť svietidla bola otestovaná a dá sa predpokladať že všetky údaje od výrobcu sú platné.

6.10.2 Svietidlo VERA WHST78-BI s PIR senzorom

Pri druhom testovanom svietidle s PIR senzorom boli zistené nasledovné odchýlky. Pri prvom teste bola zistená mínusová odchýlka 0,44 m, kedy detektor má menší dosah ako udáva výrobca. U druhého, tretieho a šiesteho testu boli zistené rovnaké väčšie mínusové odchýlky 0,7 m. Pri štvrtom, piatom a siedmom teste boli taktiež nájdené rovnaké podobné mínusové hodnoty 0,68 m. Funkčnosť svietidla bola otestovaná ale u väčšiny testov boli zistené väčšie odchýlky, preto sú údaje od výrobcu neplatné.

6.10.3 LED stropné/nástenné svietidlo WCL19R - 14W s MW senzorom

U tretieho skúšaného svietidla s MW senzorom boli zistené tieto odchýlky. Pri druhom, tretom, štvrtom a piatom teste boli zistené rovnaké malé mínusové odchýlky 0,15 m, kedy detektor ma nepatrne menší dosah ako udáva výrobca. U šiesteho testu bola zistená malá mínusová odchýlka 0,2 m a u siedmeho testu bola zistená tiež malá nepatrná odchýlka

0,25m. Funkčnost svietidla bola úspešne vyskúšaná a boli nájdené malé nepatrné odchýlky, preto sa dá predpokladať že všetky údaje od výrobcu sú platné.

6.10.4 LED stropné svietidlo WCL19R - 18W s MW senzorom

Pri poslednom štvrtom skúšanom svietidle s MW senzorom boli zistené nasledovné odchýlky. U prvého testu bola zistená plusová odchýlka 0,5 m, kedy detektor ma väčší dosah ako zadáva výrobca. U druhého, tretieho a štvrtého testu boli zistené rovnaké plusové odchýlky 0,45 m. Pri piatom, šiestom a siedmom teste boli taktiež zistené rovnaké plusové odchýlky 0,50 m. Funkčnost svietidla s MW senzorom bola úspešne odskúšaná a boli zistené väčšie plusové odchýlky čo je výhodou. Na základe väčších plusových odchýlok sa dá povedať že údaje od výrobcu sú určite platné.

ZÁVER

V teoretickej časti sa práca zaoberala základným opisom svetla, ich parametrami a delením svetelných zdrojov. Ďalej boli detailne popísané základné časti svietidiel, detekcii a detektory pohybu. Najčastejšie sa využívajú svietidlá s PIR detektormi, ich vývoj ide neustále dopredu, ale ako sa budú naďalej vyvíjať sa však s istotou povedať nedá. Dá sa predpokladať zvyšovanie spoľahlivosti týchto svietidiel.

V praktickej časti je porovnanie metód detekcie pohybu a ich použitie v praxi. Ďalej bola popísaná bezpečnostná aplikácia a požiadavky na miesto stráženia. Pri výbere svietidiel boli zvolené najčastejšie využívané svietidlá s PIR a MW detektormi. U svietidiel s PIR detektormi bolo realizované meranie podľa Českej technickej normy ČSN EN 50131-2-2 a pri svietidlách s MW detektormi podľa normy ČSN EN 50131-2-3. Na svietidlách s PIR a MW detektormi bolo prevedené meranie priestorových detekčných charakteristík. Vzhľadom na maximálny dosah detektora bolo testovanie pomocou chôdze prevedené v uzavretých priestoroch novej telocvične v meste Gbely. Prínosom praktickej časti pre čitateľa je zostavenie a realizácia praktickej úlohy, vrátane jednoduchého návodu v podobe nameraných testov, kde získa teoretické a praktické znalosti o svietidlách s PIR a MW detektormi.

Bolo navrhnuté použitie svietidiel s využitím bezpečnostných aplikácií. Pre zabezpečenie objektu rodinného domu som navrhol svietidlo s PIR senzorom spolu s využitím poplachového záchranného a tiesňového systému (PZTS). Na zabezpečenie premysleného objektu som navrhol svietidlá s PIR senzormi ktoré spolupracujú s bezpečnostným kamerovým systémom (CCTV).

Ďalší vývoj bezpečnostných aplikácií sa dá odhadnúť tak, že sa časom prestane využívať ústredňa a každý detektor bude mať svoj vlastný komunikačný kanál s GSM bránou. Vzhľadom k neustále klesajúcim cenám elektroniky sa da predpokladať že sa detektor tak zlacní, že v budúcnosti môže byť súčasťou kamerových systémov (CCTV). Dá sa s istotou povedať že bezpečnostné systémy obecné smerujú k integráciám, kde sa znižuje hranica medzi bezpečnostnými poplachovými a nepoplachovými systémami a dochádza k ich spojeniu. Vývoj týchto systémov napreduje stále vpred a da sa s istotou povedať že sa bude zvyšovať spoľahlivosť, inteligencia a ich zdokonaľovanie, doplnenie poplachovými prvkami integrácie, kde sa posunú z režimu osvetlenia k bezpečnostným aplikáciám.

Cieľom tejto práce bolo zrealizovanie meranie základných detekčných charakteristík svietidiel. Ďalej následné porovnanie nameraných hodnôt, ktoré boli dosiahnuté testovaním s hodnotami ktoré priamo udáva výrobca. Na základe tých hodnôt bolo urobené vyhodnotenie, kde sa zistili u prvého LED svietidla IP65 s PIR sensorom menšie odchýlky. U druhého svietidla VERA WHST78-BI s PIR sensorom boli zistené väčšie odchýlky, namerané hodnoty s hodnotami od výrobcu sú u tohto svietidla neplatné. Pri tretom LED svietidle WCL19R - 14W s MW sensorom boli zistené minimálne odchýlky. U štvrtého LED svietidla WCL19R - 18W s MW sensorom boli zistené väčšie plusové odchýlky, čo znamená že svietidlo ma väčšiu detekciu ako udáva výrobca čo je veľkou výhodou. Správne fungovanie svietidiel s PIR, MW detektormi závisí od správneho umiestnenia a nastavenia pri realizácii týchto svietidiel s detektormi v chránenom priestore. Svietidlá s PIR a MW senzormi majú veľké využitie pre súkromných či firemných užívateľov, pretože poskytujú oveľa väčší komfort z hľadiska ovládania čo znamená že sa nemusia zapínať a vypínať.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] PLCH, Jiří, Petr SUCHÁNEK a Jitka MOHELNÍKOVÁ. *Osvětlení neosvětlitelných prostor*. Brno: ERA group, 2004. ISBN 80-86517-82-9.
- [2] FUKALOVÁ, Romana, Irena Šestáková a Pavel Lupač. *Světlo a jeho vliv na lidské emoce a vnímání prostředí* [online]. 2013 [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/365935-Svetlo-a-jeho-vliv-na-lidske-emoce-a-vnimani-prostredi.html>
- [3] ŠUŠKLEB, Jan. *Aplikovaný lighting design: vhled do oboru světelného designu*. Brno: Janáčkova akademie múzických umění v Brně, 2010. ISBN 978-80-86928-83-8.
- [4] VEITCH, Jennifer A. and Guy R. NEWSHARN. Lighting quality and energyefficiencyeffects on task performance, mood, health satisfaction andcomfort. In: *Journal of the illuminating Engineering Society* [online]. September 2013, vol. 27, iss. 01, pp. 107-129 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/44071758_Lighting_Quality_and_Energy_Efficiency_Effects_on_Task_Performance_Mood_Health_Satisfaction_and_Comfort
- [5] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [6] HABEL, Jiří a Karel DVOŘÁČEK, Vladimír DVOŘÁČEK a Petr ŽÁK. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public s. r. o., 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [7] NETUŠIL, Jaroslav. *Světlo v teorii a praxi*. Praha: Práce, 1960.
- [8] HABEL, Jiří. *Světelná technika a osvětlování*. Praha: FCC Public, 1995. ISBN 80-901985-0-3.
- [9] LINDA, Josef. *Elektrické světlo II*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1995. ISBN 80-7082-167-1.

- [10] GAŠPARÍK, Jozef a Pavol OROSI. *Umelé osvetlenie staveniska počas staveniskovej prevádzky*. Brno: Tribun EU, 2013. ISBN 978-80-263-0541-5.
- [11] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje - halogenové žárovky. In: *Světlo: časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [online]. 2008, č. 5, s. 56-58 [cit. 2022-01-02]. ISSN 1212-0812. Dostupné z: <http://odbornecasopisy.cz/res/pdf/37973.pdf>
- [12] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje – světelné diody. In: *Světlo: Časopis pro světlo a osvětlování* [online]. 2009, č. 5, s. 68-71 [cit. 2022-01-02]. ISSN 1212-0812. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/svetelne-zdroje-svetelne-diody--15723>
- [13] RIORDAN, Michael. PN přechod. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/PN_p%C5%99echod#cite_note-1
- [14] PELCL, Jiří. *Design: od myšlenky k realizaci*. Praha: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, 2012. ISBN 978-80-86863-45-0.
- [15] MONZER, Ladislav. *Osvětlení a svítidla v bytech*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-620-X.
- [16] SOKANSKÝ, Karel. *Racionalizace v osvětlování kancelářských, školských a bytových prostor* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta techniky a informatiky, 2004 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <http://www.csorsostrava.cz/publikace/racionalizace%20-%202004.pdf>
- [17] SOKANSKÝ, Karel a kolektiv. *Základy základů světelné techniky: Účinnost svítidel a možnosti jejího zvyšování* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta techniky a informatiky, 2007 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/vuee/VUEE_Zaklady_svetelne_techiky.pdf

- [18] SOKANSKÝ, Karel a kolektiv. *Dominantní vlivy ovlivňující spotřebu elektrické energie osvětlovacích soustav* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta techniky a informatiky, 2007 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: http://www.csorsostrava.cz/publikace/dominantni_vlivy_2007.pdf
- [19] SOKANSKÝ, Karel. *Metodické pokyny pro sjednocení požadavků na obnovu veřejného osvětlení*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3327-9.
- [20] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů. II. díl. Elektrické zabezpečovací systémy II*. 2. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze, 2009. ISBN 978-80-7251-313-0.
- [21] KŘEČEK, Stanislav. *Průručka zabezpečovací techniky*. 2. vyd. Blatná: Blatenská tiskárna, 2003. ISBN 80-902938-2-4.
- [22] MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. Praha. Nakladatelství BEN, 2004. ISBN 80-7300-114-4.
- [23] KOCÁBEK, Pavel a Tomáš KONÍČEK. *Bezpečné bydlení*. Brno: ERA, 2003. ISBN 80-86517-63-2.
- [24] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05-7.
- [25] BURDA, Karel. *Základy elektronických zabezpečovacích systémů*. Akademické nakladatelství CERM, 2017. ISBN 978-80-7204-967-7.
- [26] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management III*. 1. vyd. Zlín: Radim Bačuvčík - VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4.
- [27] UHLÁŘ, Jan. *Technická ochrana objektů. III. díl, ostatní zabezpečovací systémy*. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2006. ISBN 80-7251-235-8.

[28] MALIŠKA, Roman. Umelé svetlo môže výrazne narušiť naše biologické hodiny [online]. Techpedia. 2017. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://www.techpedia.sk/veda-avyvoj/novinky/smart-home-cities/4013/umele-svetlo-moze-vyrazne-narusit-nase-biologickehodiny>

[29] Čo je Svetlo? [online]. Na Svetle záleží. [cit. 2017-06-24]. Dostupné z: <http://www.uspornaziarovka.sk/pages/%C4%8Co-je-Svetlo%3F.html>

[30] Svítidlo s čidlem pohybu VERA WHST78-BI 2x40 W, bílá. Dostupné z: <https://www.svetla-online.cz/svitidla-s-cidlem/18903-svitidlo-s-cidlem-pohybu-vera-whst78-bi-2x40w.html>

[31] Svietidlo s PIR senzorom VERA biele 2xE27/40 W. Dostupné z: <https://www.fireflyshop.sk/svietidlo-s-pir-senzorom-vera-biele-whst78-bi#>

[32] Biele nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom 15 W. Dostupné z: <https://forled.sk/biele-nastenne-pohyblive-led-svietidlo-ip65-s-pir-senzorom-15w/>

[33] Metódy ovládání osvětlení. Dostupné z: https://www.ligman.com/cs/lighting-control-methods/?fbclid=IwAR3Kk0SOuZQ7tcC_3xabXywE7lpkWsJ4SWtisoMx_lquFCZKvbz3sE39yf4

[34] LED stropné/nástenné svietidlo 14 W s MW senzorom. Dostupné z: https://www.123led.sk/led-stropne-nastenne-svietidlo-14w-s-pohybovym-snimacom/?gclid=EAAlaIQobChMIIt_qn6ej_wIVCNN3Ch3i4wqtEAQYAiABEGId7vD_BE

[35] LED stropné svietidlo 18W s MW senzorom (neutrálne biela). Dostupné z: <https://www.ledsviti.sk/LED-stropne-svietidlo-18W-s-nudzovym-modulom-neutralna-biela-d7014.htm>

[36] LED stropné svietidlo 18W s MW senzorom (neutrálne biela). Dostupné z: <https://www.ledsviti.sk/LED-stropne-svietidlo-18W-s-nudzovym-modulom-neutralna-biela-d7014.htm>

[36] Norma pre PIR detektory: ČSN EN 50131-2-2 Poplachové systémy. Poplachy zabezpečovacie a tiesňové systémy. Časť 2-2: Požiadavky na pasívne infračervené detektory. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-50131-2-2-ed-2-334591-181894.html>

[37] Norma pre MW detektory: ČSN EN 50131-2-3 Poplachové systémy. Poplachy zabezpečovacie a tiesňové systémy. Časť 2-3: Požiadavky na mikrovlnné detektory. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-50131-2-3-334591-181897.html>

[38] Fotky exteriéru a interiéru pronajatej tělocvičné v meste Gbely. Dostupné z: <https://myzahorie.sme.sk/c/23005001/nova-telocvicna-v-gbeloch-sluzi-aj-verejnosti.html>

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

PZTS	poplachové zabezpečovacie a tiesňové systémy
GDPR	všeobecné nariadenie na ochranu osobných údajov
BOZP	bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci
T _c	teplota chromatickosti
R _a	indexy podania farieb
mm	milimeter
m	meter
mm ²	milimeterštvorcový
mA	miliampér
m/s	meter za sekundu
Pa	Pascal
W	Watt
GHz	Gigahertz
Hz	Hertz
lm	lumén
K	Kelvin
μm	mikrometer
s	sekunda
min	minúta
°C	stupeň Celzia
nm	nanometer
SO ₂	oxid siričitý
CO ₂	oxid uhličitý
CCTV	uzavretý televízny okruh
f	frekvencia signálu prijímaného
f ₀	frekvencia signálu vysielaného
c	rýchlosť svetla vo vákuu
v	rýchlosť pohybu vysielача vzhľadom k prijímaču
IR	človek, ktorý žiari
SVT	štandardný detekčný cieľ

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. č. 1 Umelé zdroje svetla [28].....	13
Obr. č. 2 Spektrum elektromagnetického žiarenia [29].....	13
Obr. č. 3 Dvojito vyvinuté vlákno žiarovky rozžeravené prechodom elektrického prúdu [6]	18
Obr. č. 4 Príklady klasických žiaroviek [6]	18
Obr. č. 5 Príklady halogénových žiaroviek [11].....	19
Obr. č. 6 Príklady kompaktných žiaroviek [6]	21
Obr. č. 7 Príklad nízkotlakovej sodíkovej výbojky [6].....	21
Obr. č. 8 Príklady indukčných výbojok [6]	21
Obr. č. 9 Príklad vysokotlakovej ortuťovej výbojky [6].....	22
Obr. č. 10 Zmesová výbojky (vľavo) a.....	23
Obr. č. 11 Príklad vysokotlakovej sodíkovej výbojky [6]	23
Obr. č. 12 Príklad konštrukcie nízko-výkonovej a	25
Obr. č. 13 Príklady LED žiaroviek [12].....	26
Obr. č. 14 Reflektory [17].....	32
Obr. č. 15 Príklad typu refraktora [17]	33
Obr. č. 16 Rohový opálový difúzor pre rohový profil [18]	33
Obr. č. 17 Uhol clonenia pre svietidlá s rôznymi svetelnými zdrojmi [6].....	33
Obr. č. 18 Elektromagnetické pole, jeho zložky a vlnová dĺžka [21].....	45
Obr. č. 19 Bloková schéma PIR detektora (naznačená je Fresnelova šošovka) [21]	47
Obr. č. 20 Halogénový reflektor [23]	39
Obr. č. 21 LED reflektor [23]	49
Obr. č. 22 Infra reflektor [23]	49
Obr. č. 23 Elektromagnetické pole, jeho zložky a vlnová dĺžka [24].....	49
Obr. č. 24 Bloková schéma PIR detektora (naznačená je Fresnelova šošovka) [24]	49

Obr. č. 25 Sústava Fresnelových šošoviek a zodpovedajúca smerová charakteristika bežného PIR detektora [22]	48
Obr. č. 26 PIR senzor, základ [22].....	49
Obr. č. 27 Bloková schéma zabezpečenia domu pomocou svietidla s využitím PZTS [vlastný]	62
Obr. č. 28 Bloková schéma premyselného objektu za pomoci spínavého svietidla s využitím kamerových systémov [vlastný].....	63
Obr. č. 29 Svietidlo s PIR senzorom VERA WHST78-BI [31].....	64
Obr. č. 30 Technické parametre svietidla s PIR senzorom VERA WHST78-BI [31].....	65
Obr. č. 31 Nástenné pohyblivé LED svietidlo IP65 s PIR senzorom [32]	66
Obr. č. 32 Technické parametre nástenného pohyblivého LED svietidla IP65 s PIR senzorom [32]	67
Obr. č. 33 LED svietidlo WCL19R - 14W s MW senzorom [33]	70
Obr. č. 34 Technické parametre svietidla LED svietidla WCL19R - 14W s MW senzorom [33]	69
Obr. č. 35 LED svietidlo WCL19R - 18W s MW senzorom [34]	72
Obr. č. 36 Technické parametre svietidla WCL19R - 18W s MW senzorom[34]	73
Obr. č. 37 Schéma testu: Detekcia na hranici, uhlom pokrytia menším ako 180° [35].....	77
Obr. č. 38 Schéma testu: Detekcia na hranici, uhlom pokrytia väčším ako 180° [35].....	78
Obr. č. 39 Schéma testu: Detekcia na hranici detekčného priestoru [36].....	81
Obr. č. 40 Schéma testu: Detekcia vo vnútri detekčného poľa [36]	82
Obr. č. 41 Schéma testu: Pokrytie pri prerušovanom pohybe [36].....	83
Obr. č. 42 Vývojový diagram merania [vlastný]	84
Obr. č. 43 Exteriér a interiér telocvične [37]	85
Obr. č. 44 Zapojenie PIR svietidla ku káblu CYKY-O [vlastný]	86

Obr. č. 45 Pripevnenie PIR svietidla na stojan, nastavenie do požadovanej výšky [vlastný]	86
Obr. č. 46 Prvý test merania detekčnej charakteristiky PIR svietidla [vlastný]	87
Obr. č. 47 Druhý test merania detekčnej charakteristiky PIR svietidla [vlastný].....	88
Obr. č. 48 Tretí test merania detekčnej charakteristiky PIR svietidla [vlastný]	88
Obr. č. 49 Všetkých sedem testov detekčnej charakteristiky PIR svietidla [vlastný]	89
Obr. č. 50 Zapojenie druhého PIR svietidla ku káblu CYKY-O [vlastný]	90
Obr. č. 51 Pripevnenie druhého PIR svietidla na stojan [vlastný]	91
Obr. č. 52 Prvý test merania detekčnej charakteristiky druhého PIR svietidla [vlastný]	92
Obr. č. 53 Druhý test merania detekčnej charakteristiky druhého PIR svietidla [vlastný]..	92
Obr. č. 54 Tretí test merania detekčnej charakteristiky druhého PIR svietidla [vlastný]	93
Obr. č. 55 Všetkých sedem testov merania detekčnej charakteristiky druhého PIR svietidla [vlastný]	94
Obr. č. 56 Zapojenie MW svietidla ku káblu CYKY-O [vlastný]	95
Obr. č. 57 Pripevnenie MW svietidla na teleskopický stojan [vlastný].....	96
Obr. č. 58 Prvý test merania detekčnej charakteristiky MW svietidla [vlastný]	97
Obr. č. 59 Druhý test merania detekčnej charakteristiky MW svietidla [vlastný].....	97
Obr. č. 60 Tretí test merania detekčnej charakteristiky MW svietidla [vlastný]	98
Obr. č. 61 Všetkých sedem testov merania detekčnej charakteristiky MW svietidla [vlastný]	99
Obr. č. 62 Zapojenie druhého MW svietidla ku káblu CYKY-O [vlastný].....	94
Obr. č. 63 Pripevnenie druhého MW svietidla na teleskopický stojan [vlastný].....	101
Obr. č. 64 Prvý test merania detekčnej charakteristiky druhého MW svietidla [vlastný] .	102
Obr. č. 65 Druhý test merania detekčnej charakteristiky druhého MW svietidla [vlastný]	102
Obr. č. 66 Tretí test merania detekčnej charakteristiky druhého MW svietidla [vlastný] .	103

Obr. č. 67 Všetkých sedem testov merania detekčnej charakteristiky druhého MW svietidla [vlastný] 104

ZOZNAM TABULIEK

Tab. č. 1 Tabuľka prvého PIR svietidla s hodnotami od výrobcu, nameranými hodnotami a odchýlky [vlastný]99

Tab. č. 2 Tabuľka druhého PIR svietidla s hodnotami od výrobcu, nameranými hodnotami a odchýlky [vlastný].....101

Tab. č. 3 Tabuľka prvého MW s hodnotami od výrobcu, nameranými hodnotami a odchýlky [vlastný].....103

Tab. č. 4 Tabuľka druhého MW s hodnotami od výrobcu, nameranými hodnotami a odchýlky [vlastný].....104

