ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

NÁZEV ZADÁVAJÍCÍ KATEDRY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Použití noktovizorů v praxi

Antonín Frydrych **2019/20**

Originál (kopie) zadání BP/DP

Abstrakt

Bakalářská práce na téma Použití noktovizorů v praxi se zabývá problematikou noční zobrazovací techniky. V teoretické části jsou vysvětlena potřebná teoretická východiska pro správné pochopení principu této techniky, vymezení pojmů jako je termovize, noktovizor, jejich komponenty a způsob, jak pracují. Praktická část je rozdělena na dvě části. V první části je obecně popsaný princip vidění člověka a dravce. Ve druhé čtenář najde konkrétní přístroje noční zobrazovací techniky. Práce dále popisuje použití v praxi a srovnává je dle zvolených kritérií, jako je výdrž baterie, cena, výkonnost, a tak dále. Cíl bakalářské práce je dle zjištěných informací porovnat noční zobrazovací techniku, která je dostupná na našem trhu, a určit, jaká je výhodná ke koupi a která se naopak nevyplatí. K zjištění těchto poznatků byl prováděn průzkum založený na detailním odzkoušení vybraných přístrojů, které prováděl sám autor této bakalářské práce.

Klíčová slova:

noční zobrazovací technika, termovize, noktovizor, digitální noční vidění, analogové noční vidění, infračervený přísvit, elektron, foton, osvětlenost, elektrické napětí

Abstract

The Bachelor's work on The Use of Noctovis in Practice deals with the issue of nocturnal imaging technique. In the theoretical part, the necessary theoretical starting points are explained for the correct understanding of the principle of this technique, the definition of concepts such as thermal imaging, noctovisor, their components and how they work. The practical part is divided into two parts. In the first part, the principle of seeing a human and a predator is generally described. In the second, the reader finds specific devices of the night imaging technique, he describes the use in practice and compares them according to the chosen criteria such as battery life, price, performance and so on. The objective of a bachelor's thesis is to compare the nighttime imaging technique available on our market and to determine which of them is a bargain to buy and which, on the contrary, is not worthwhile. To establish this knowledge, a survey was conducted based on a detailed examination of selected instruments carried out by the author of this bachelor's thesis himself.

Key words

night imaging technology, thermovision, night vision, digital night vision, analog night vision, infrared illumination, electron, photon, illuminance, electrical voltage

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 18.6.2020 Jméno příjmení

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Oldřichu Kroupovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce a dále bych rád poděkoval své přítelkyni Karolíně Horové za podporu při psaní bakalářské práce.

Obsah

OBSAH **7**

ÚVOD **9**

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK **10**

1 ZÁKLADNÍ POJMY **11**

1.1 FYZIKÁLNÍ POJMY 11
1.2 FOTONÁSOBIČ 13
1.2.1 Dynoda *13*
1.2.2 Mikrokanálové deskové fotonásobiče *13*
1.2.3 Fotonásobiče s kovovým obalem *14*
1.2.4 Fotonásobiče pro specifické aplikace *14*
1.2.5 Fotonásobiče s katodou na boční ploše *14*
1.2.6 Fotonásobiče s katodou na čelní ploše *14*
1.3 SLOŽENÍ A PRINCIP LASERU 14
1.3.1 Aktivní prostředí *15*
1.3.2 Zdroj záření *15*
1.3.3 Rezonátor *15*
1.3.4 Princip laseru *16*

2 NOČNÍ ZOBRAZOVACÍ TECHNIKA **17**

2.1 NOKTOVIZORY 17
2.1.1 Generace 0 ..... *18*
2.1.2 Generace 1 ..... *19*
2.1.3 Generace 2 ..... *19*
2.1.4 Generace 3 ..... *20*
2.1.5 Generace 4 a další *20*
2.2 DIGITÁLNÍ NOČNÍ VIDĚNÍ 21
2.2.1 CCD Čip *21*
2.3 TERMOVIZE 23
2.3.1 Spektrální citlivost *23*
2.3.2 Teplotní rozsah *23*
2.3.3 Teplotní citlivost *23*
2.3.4 Tepelné detektory *23*
2.3.5 Fotonové detektory *24*
2.4 INFRAČERVENÝ PŘÍSVIT 24

3 BIOLOGICKÁ STAVBA OKA DRAVCŮ A ČLOVĚKA **26**

3.1 LIDSKÉ OKO 26
3.1.1 Stavba lidského oka *26*
3.2 OKO DRAVCE 28

4 SROVNÁNÍ ZOBRAZOVACÍ TECHNIKY **29**

4.1 MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI 30
4.1.1 Princip světelného dálkoměru *30*
4.2 DIGITÁLNÍ NOČNÍ VIDĚNÍ 31
4.2.1 ATN X-SIGHT II HD 3-14x *32*
4.2.2 Pulsar Ultra N355 ..... *33*
4.3 TERMOVIZE 35
4.3.1 Pulsar Trail XQ50 ..... *35*
4.3.2 Night Pearl Scops 13 ..... *37*
4.3.3 Dräger UCF 7000 ..... *38*
4.4 NOKTOVIZORY 40
4.4.1 Laica BIG35 1170 ..... *40*

4.4.2 Dedal 450 A-C 42
ZÁVĚR 44

Úvod

Noční zobrazovací technika se historicky poprvé objevila na začátku 2. světové války. Jako každá nová technika té doby, se vyvinula a používala pro vojenské účely. Od té doby se velkou rychlostí vylepšovala až po dnešní noční zobrazovací techniku. V dnešní době je možné se s těmito přístroji setkat především v myslivosti, u policie při pátrání, u hasičů při zásahu, nebo v zoologické zahradě při pozorování nočních tvorů.

V této bakalářské práci je přiblížen princip fungování, seznámení s výrobci a komparací dostupných přístrojů na českém trhu. Práce je rozdělena na dvě části. V té první, teoretické části, jsou vysvětleny důležité pojmy pro pochopení fungování této techniky a fungování zrakového orgánu člověka a dravce. Praktická část je zaměřena na konkrétní přístroje a snaží se je porovnat na základě zvolených kritérií. Cílem bakalářské práce je dle zjištěných informací srovnat jednotlivé typy noční zobrazovací techniky a poukázat na jejich výhody a nevýhody.

Dílčím cílem je čtenáři vysvětlit, proč je noktovizor nejlepší volbou. Informace byly sbírány ze všech možných dostupných zdrojů a ze zkušeností lidí, kteří s touto technikou pracují buď v rámci jejich běžného života, nebo v zaměstnání. Kde to bylo možné, přístroje ozkoušel sám autor práce.

Seznam symbolů a zkratek

PTM..... Fotonásobič (PhotoMultiPlier Tube)

MCP..... Mikrokanálové deskové fotonásobiče (MicroChannel Plate)

LCD ..... Displej z tekutých krystalů (Liquid Crystal Display)

LCOS..... Displej z kapalných krystalů na polovodiči (Liquid crystal on silicon)

CCD..... Nábojově vázané prvky (Charge-coupled device)

RMS..... Směrodatná odchylka (Root Mean Square)

IR ..... Infračervený (Infrared)

NETD ..... Šumový ekvivalentní rozdíl teplot (Noise equivalent temperature difference)

NFPA..... Národní asociace požární ochrany (National Fire Protection Association)

ANV ..... Analogové noční vidění (Analog night vision)

Seznam veličin a konstant

MTBF (hod)..... Střední doba mezi poruchami

Lambda (m) ..... Vlnová délka

F (Hz) ..... Frekvence

E_U (V/m)..... Intenzita elektrického pole

H (A/m) ..... Intenzita magnetického pole

d (m,μm)..... Geometrický průměr

R(Ω) ..... Elektrický odpor

U (V, kV)..... Elektrické napětí

I (A) ..... Elektrický proud

V(λ) (-) ..... Poměrná spektrální citlivost

Q (C)..... Elektrický náboj

e ($1{,}609\times10^{-19}$C) ……..Elementární elektrický náboj(náboj jednoho elektronu)

E (lx)..... Osvětlenost

V (J) ..... Elektrická Práce

P (W) ..... Výstupní výkon

c (mA/lm) ..... Citlivost ANV

r_{ANV} (lp/mm) ..... Rozlišení ANV

1 Základní pojmy

1.1 Fyzikální pojmy

- ***Elektron***

Subatomární částice tvořící obal atomu kolem jádra atomu. Náboj jednoho elekronu je 1,609×10-19 C [Hlavička, 1989].

- ***Rychlost světla***

Rychlost světla ve vakuu činí 299 792 458 metrů za sekundu [Hlavička, 1989].

- ***Foton***

Kvantum energie elektromagnetického záření, foton jako částice má nulovou klidovou hmotnost, pohybuje se rychlostí světla [Hlavička, 1989].

- ***Fotoelektrický jev***

Uvolnění elektronů z materiálu (kovu, polovodiče) vlivem ozáření. Při pohlcení fotonu elektronem se zvyšuje energie elektronu na katodě kovu, při dosažení potřebné energie se odpoutá elektron od kovu a opustí ho [Hlavička, 1989].

- ***Sekundární emise***

Jev při kterém částice s dostatečnou energií dopadne na povrch a při dopadu způsobí rozdvojení primární částice [Hlavička, 1989].

- ***Kvantová účinnost***

Je poměr dopadajících fotonů ku množství vytvořených elektronů [Hlavička, 1989].

- ***Skalár***

Skalár je fyzikální veličina, která se skládá z čísla a fyzikální jednotky. Je tedy plně určen číselnou hodnotou a jednotkou veličiny [Hlavička, 1989].

- ***Vektor***

Vektor představuje veličinu, graficky vyjádřenou orientovanou úsečkou, která má určitou velikost a směr. Označuje se šipkou nad daným písmenem. Od skaláru se liší tedy tím, že je nutné znát nejen jeho číselnou hodnotu a měřící jednotku, ale i směr [Hlavička, 1989].

- ***Fázor***

Fázor je komplexním číslo reprezentující harmonickou funkci, které je umístěno do počátku souřadnic, má určitý směr, velikost, fázi, orientaci a směr. Velikost fázoru se rovná amplitudě vlny a jeho fáze je odchylkou od rovnovážné polohy v počáteční fázi, tzv. v čase 0 [Hlavička, 1989].

- ***Dopplerův jev***

Tento jev vysvětluje změnu mezi frekvencí a vlnovou délkou přijímaného signálu oproti vysílanému. Obecně lze říci, že Dopplerův jev popisuje situaci, kdy se pozorovatel i zdroj vlnění pohybují, pak při přibližování jednoho k druhému dochází k vyšší frekvenci přijímaného vlnění a při vzdalování naopak k nižší [Hlavička, 1989].

- ***Elektromagnetické záření***

Kombinace příčného postupného vlnění magnetického a elektrického pole, kde se vlnění šíří rychlostí světla. Elektromagnetické záření je soubor různých vlnových délek neboli elektromagnetické spektrum [Hlavička, 1989].

Tab. 1 - *Elektromagnetické spektrum*

Elektromagnetické záření	λ (m)	f (Hz)
Rádiové záření	10^{4} - 10^{-4}	$3\times(10^{4} - 10^{12})$
Infračervené záření	10^{-4} - 10^{-6}	$3\times(10^{12} - 10^{14})$
Viditelné světlo	780 – 390 nm	$(3{,}8 - 7{,}7) \times 10^{14}$
Ultrafialové záření	10^{-7} - 10^{-8}	$3\times(10^{15} - 10^{16})$
Rentgenové záření	10^{-8} - 10^{-12}	$3\times(10^{16} - 10^{20})$
Záření gama	10^{-12} a kratší	3×10^{20} a vyšší

- ***Inverze populace***

je fyzikální stav, při kterém dochází k takovému obsazení energetických hladin částicemi, které neodpovídá rovnovážnému rozdělení. Inverze populace lze docílit intenzivním buzením a volbou energetických hladin s vhodnými parametry [optixs.cz].

1.2 Fotonásobič

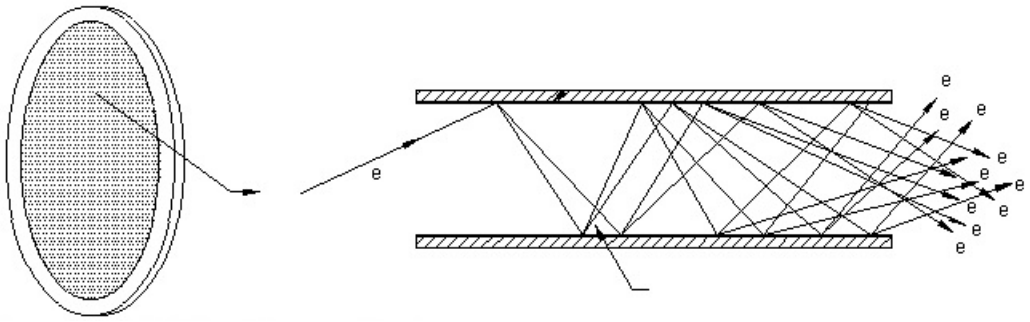
Fotonásobič je vakuová trubice, která obsahuje řadu zesilujících elektrod, fotokatodu a anodu využívají k detekci záření vnějšího fotoelektrického jevu v kombinaci v s efektem sekundární emise elektronů. Je extrémně citlivý a poskytuje rychlou odezvu. Rozsah citlivosti fotonásobiče se pohybuje ve vlnových délkách od 120 nm do 1700 nm, zatím však není vyroben PMT, který by byl schopný pokrýt celou tuto oblast [optixs.cz].

1.2.1 Dynoda

Dynoda je jedna z více elektrod uvnitř fotonásobiče. Každá následující dynoda má větší kladný potenciál, než dynoda předchozí. Na povrchu dynody nastává sekundární emise elektronů [optixs.cz].

1.2.2 Mikrokanálové deskové fotonásobiče

Tyto fotonásobiče disponují vysoce rychlou časovou odezvou a namísto diskrétních dynod obsahují mikrokanálovou destičku s velkým množstvím skleněných kanálků (kapilár) o průměru 6 μm – 100 μm. Kanálky mají nanesenou velmi tenkou polovodičovou vrstvou s vysokým elektrickým odporem. Mezi konci kanálků je přivedeno vysoké napětí o hodnotě 2 kV až 3 kV, kde vznikne napěťový gradient potřebný k urychlení elektronu v čase dopadu. Do jednotlivých kanálků vnikají elektrony z fotokatody, ve kterých v důsledku sekundární emise roste původní počet elektronů. Při dopadu elektronu na anodu vznikne výsledný signál [optixs.cz].



Obr. 1 - *Násobení elektronů v kanálku*

1.2.3 Fotonásobiče s kovovým obalem

Tento druh fotonásobičů dokáže pomocí speciální kovové kanálkové struktury dynod poskytnout rychlou odezvu. Používají se při polohově citlivém měření [optixs.cz].

1.2.4 Fotonásobiče pro specifické aplikace

Tyto fotonásobiče mají vysokou kvantovou účinnost, mají speciální tvar trubice a používají se pro měření v magnetickém poli [optixs.cz].

1.2.5 Fotonásobiče s katodou na boční ploše

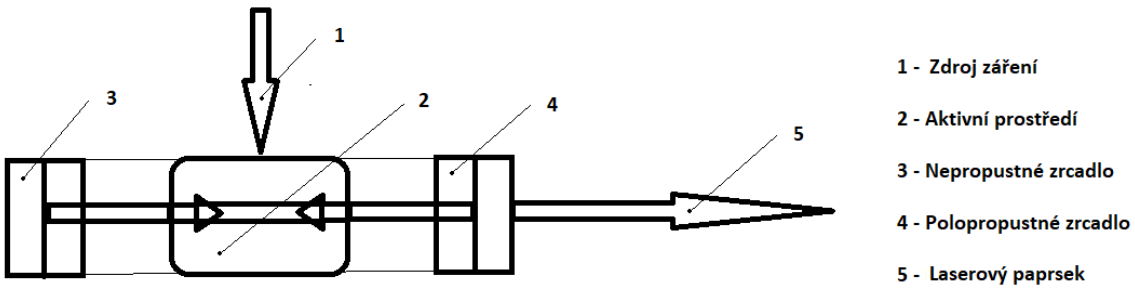
Tento typ fotonásobičů funguje na principu přijímání dopadajícího světla přes boční stranu skleněné trubice. Jsou používány zejména ve spektrofotometrech a univerzálních fotometrických systémech [optixs.cz].

1.2.6 Fotonásobiče s katodou na čelní ploše

Tento typ fotonásobičů funguje na principu přijímání dopadajícího světla přes čelní plochu skleněné trubice. Fotokatoda je umístěna přímo na vnitřní straně vstupního okénka a pracuje v transmisním módu [optixs.cz].

1.3 Složení a princip laseru

Pro pochopení laserových dálkoměrů si přiblížíme konstrukci a princip laseru:



Obr. 2 - Konstrukce laseru

1.3.1 Aktivní prostředí

Prostředí, které je tvořeno látkou, která obsahuje oddělené kvantové energetické hladiny elektronů. Jsou to hladiny, kde atom setrvává relativně dlouho, těmto hladinám říkáme metastabilní hladiny. Dělíme základní typy těchto látek [Novák, 2011].

- ***Plynné***

Například helium neonový (HeNe) nebo oxid uhličitý (CO_2) [Novák, 2011].

- ***Pevné***

Nejčastěji monokrystal například Nd:YAG (prostředí je monokrystal ytrium aluminium granátu dopovaný atomy neodymu) [Novák, 2011].

- ***Kapalinové***

Zde se používá nejčastěji organické barvivo [Novák, 2011].

- ***Polovodičové***

Aktivním prostředím je zde elektricky čerpaná polovodičová dioda [Novák, 2011].

1.3.2 Zdroj záření

Tento prvek v laseru slouží k dodání energie elektronům v aktivním prostředí. S touto energií jsou elektrony schopny putovat mezi energetickými hladinami. Příkladem je buzení optické, chemickou reakcí, elektrickým proudem nebo elektrickým výboj (Novák, 2011).

1.3.3 Rezonátor

Jeho úkol je zesilovat světlo. Světelný rezonátor se skládá ze dvou rovnoběžných zrcadel kolmých na osu laseru, z toho je jedno zrcadlo nepropustné a druhé polopropustné. Jako nepropustné zrcadlo se používá nejčastěji kvalitně leštěné zlato nebo dielektrické zrcadlo. Na druhé straně se od polopropustného zrcadla odrazí jen fotony, které nemají dostatečnou energii, tudíž projdou znovu přes aktivní prostředí. Při dosažení dostatečné energie projde foton skrz polopropustné zrcadlo (Novák, 2011).

1.3.4 Princip laseru

Základem je aktivní prostředí, kde se tvoří paprsek. Aktivní prostředí obsahuje atomy, které mají metastabilní hladinu. Střetne-li se atom se základní energetickou hladinou s fotonem, dojde k excitaci elektronu na vyšší energetickou hladinu a následnému sestupu na metastabilní hladinu. Při sestupu se uvolní foton letící náhodným směrem pryč. Elektron v metastabilní hladině setrvá mnohem déle, než v ostatních vyšších hladinách. Elektron tedy čeká v metastabilní hladině na foton [Novák, 2011].

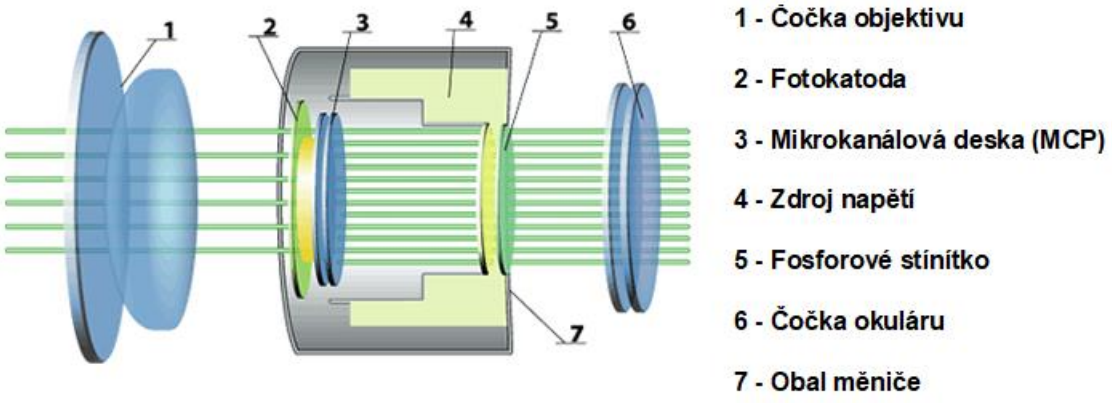
Pro funkčnost laseru je důležitá inverze populace, ke které dochází, když je více elektronů atomu v metastabilní hladině než v základní hladině. Na stimulující foton tedy nyní čekají elektrony v metastabilní hladině. V tu chvíli, kdy dorazí, sestoupí na základní hladinu a donutí všechny vypustit jeden foton ve stejném směru jako stimulující foton a společně vytvoří větší amplitudu. Tento děj se stále opakuje, aby paprsek vyšel z laseru, musí mít stimulovaný foton směr kolmý k rezonátoru [Novák, 2011].

2 Noční zobrazovací technika

Dnešní svět si už nedokáže představit, jak by se obešel bez noční zobrazovací techniky, ať je to při záchranných akcích, vojenských operacích nebo při použití pro veřejnost. V této kapitole rozdělíme základní typy nočního vidění. Noční vidění je zařízení, které zesiluje zbytkové světlo a to odraz světla z měsíce, hvězd či měst. Na tomto základním principu sběru světla fungují tato zařízení.

2.1 Noktovizory

Noktovizor je analogové noční vidění snímající zbytkové světlo. Fotony putující ze zdroje světla projdou objektivem dále přes trubicový fotonásobič, který převádí znásobené fotony na elektrony. Elektrochemickým procesem jsou elektrony znásobeny a usměrněny k fosforové obrazovce, která následně změní namnožené elektrony ve světlo, které vystupuje ze zařízení [epuskohled].



Obr. 3– *Základní části noktovizoru*

- ***Citlivost***

U analogového nočního vidění je citlivost udávána jako miliampér na lumen (mA/lm). Vyjadřuje to, kolik elektronů je vyprodukováno v závislosti na množství světla dopadajícího na fotokatodu [epuskohled].

- ***Rozlišení***

Hodnota jak detailní je zobrazení na výstupu. Množství rozlišitelných párů linek na milimetr (lp/mm), čím větší hodnota je, tím je detailnější zobrazení [epuskohled].

- ***MTBF (střední doba životnosti)***

Hodnota vyjádřená v hodinách, která udává životnost měniče, je však rozdíl, jestli udaná hodnota odpovídá životnosti se stejnou úrovní zesílení nebo dobou, kdy noktovizor zobrazuje jen černou obrazovku [epuskohled].

Tab. 2 –Srovnání generací noktovizorů

Generace	**Typ fotokatody**	**c**	**Viditelnost *l* při *E* 5 – 10 lx**
Gen 0	S1	60 uA / lm	-
Gen 1	S11 S20	80-20 uA / lm	-
Gen 2	S25	230 uA / lm	Do 200m
Gen 3	Fotokatoda GaAs	Od 900 uA / lm	Do 400m
Gen 4 a další	Fotokatoda GaAs a další	Od 900 uA / lm	Až 500m

2.1.1 Generace 0

Nultá generace se objevila v Německu již na začátku druhé světové války, přístroje byly aktivní a fungovali jen s velkým infračerveným reflektorem. Fotokatody těchto přístrojů byly tvořeny směsí AgOCs s nejvyšší citlivostí v modro-zeleném spektru. V elektrostatickém poli se urychlují fotoelektrony a formuje se obraz. Pro velké rozměry, distorzí (soudkovité zkreslení) obrazu a malou citlivost fotokatody se používali jen jako zaměřovače pro těžkou techniku. V průběhu války začaly země, jako Velká Británie, Amerika a Sovětský svaz mít své první prototypy. Postupným vývojem se nultá generace začala zmenšovat [dalekohled – mikroskop].

2.1.2 Generace 1

První generace se liší od nulté především vyšší citlivostí fotokatody, proto za svitu měsíce nepotřebovala přísvit. Stejně jako předešlá generace využívá elektrostatické pole k urychlení fotoelektronů a formaci obrazu. Opět dochází k velké distorzi obrazu. Všechny tyto charakteristické prvky první generace umožnily konstrukci a výrobu kompaktnějších noktovizorů. U zaměřovačů, které požadovaly vyšší jas obrazu, se toho docílilo pomocí zařazení více zesilovačů jasu obrazu, tím ale výrazně rostla délka zaměřovače [dalekohled – mikroskop].

Obr. 4 – Obraz 1. generace noktovizorů

2.1.3 Generace 2

Druhá generace se objevila v 80. letech a liší se od minulých, rozšířením o červenou spektrální oblast díky citlivější fotokatodě. S použitím MCP dosahují přístroje druhé generace vyššího jasu a poměrně nižší distorze obrazu. [dalekohled – mikroskop].

Obr. 5 - Obraz 2. generace noktovizorů

2.1.4 Generace 3

Ve třetí generaci se poprvé použila fotokatoda, vyrobená z Gallium Arsenide (GaAs). Mezi fotokatodu a MPC byla vložena iontová bariéra, což potlačovalo šum a zvyšovalo životnost MPC. To vedlo ke zvýšení citlivosti a ostrosti obrazu. Dále byly zaměřovače doplněné o funkci Auto-Gating, která reaguje na měnící se světelné podmínky, a díky ní nedochází k tak silnému náporu na měnič. Tato generace již nemá distorzi obrazu [dalekohled – mikroskop].

Obr. 6- Obraz 3. generace noktovizorů

2.1.5 Generace 4 a další

Čtvrtá generace se poprvé objevila v roce 2005 a od předešlé generace se liší rozlišením, citlivostí a nižším šumem. Dále je doplněna o clony a filtry pro ochranu zařízení a uživatele. Nesmíme však opomenout, že se výrazně sníží životnost fotokatody, když vystavíme noktovizor přímému světlu [dalekohled – mikroskop].

Obr. 7 - Obraz 4. generace noktovizorů

2.2 Digitální noční vidění

Digitální noční vidění se liší od analogového v několika bodech, místo fotokatody se zde zpracovává signál pomocí čipu CCD. Výstupní signál se zesílí a převede z analogového signálu na digitální, neboli binární, pomocí A/D převodníku. Binární kód dále putuje do zobrazovacího procesoru, který tento kód převede na obraz. Výsledný obraz procesor zobrazí na obrazovku. Zesílení digitálního nočního vidění odpovídá nejhorším druhým generacím analogových nočních vidění [moravské přístroje].

2.2.1 CCD Čip

CCD detektory jsou velmi citlivé, mechanicky stabilní a jejich odezva na osvětlení je lineární. Jejich největší výhodou jsou snímky v digitální podobě, jsou bezprostředně zpracovatelné. Patří mezi nejznámější detektory světla díky jejich schopnosti převádět světlo na elektrický signál [moravské přístroje].

2.2.1.1 Princip CCD

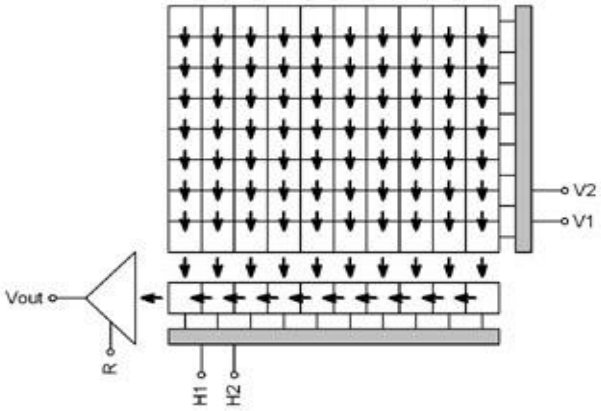
Do čipu vstupuje světlo, které vytváří v polovodiči elektrický náboj, neboli elektrony, které se po čipu nemohou volně pohybovat. Na čipu jsou vytvořeny svislé negativní potenciálové valy, které odpuzují elektrony. Síť vodorovných elektrod, které mají taktéž negativní náboj, vytvářejí mřížku (potenciálová jáma) z které elektrony nemohou uniknout. Jednotlivá potenciálová jáma vytváří jeden bod zvaný pixel. V situaci, kdy je na pixel větší nápor světla, jsou schopny naakumulovat více elektronů a naopak. CCD detektory jsou schopny i za slabých světelných podmínek nashromáždit potřebné množství světla [moravské přístroje].

- ***Lineární CCD***

Jedna řada pixelů tvoří lineární CCD, ty snímají jednorozměrný obraz. Pokud chceme snímat dvojrozměrný obraz, musí se detektor nebo objekt pohybovat, obraz je pak tvořen lineárními pixely po řádcích [moravské přístroje].

- ***Maticové CCD***

Maticový CCD se od lineárního liší tím, že detektor snímá celý obraz najednou. Pixely shromažďující světlo jsou organizovány do sloupců. Různými změnami napětí na vertikálních elektrodách se celý obraz posouvá dolů o jeden řádek a nejnižší řádek se přesune do horizontálního registru a ten se díky horizontální elektrodě posune do výstupního zesilovače. Tento proces se několikrát opakuje, dokud se celý obraz nezdigitalizuje [moravské přístroje].



Obr. 8- Princip digitalizace maticového CCD

2.2.1.2 Nevýhoda CCD čipu

Nevýhoda CCD čipů, spočívá v náhodném vzniku elektronů v pixelech, což je způsobeno různou měnící se okolní teplotou, velikostí pixelů, nebo výrobní technologií. V souvislosti s měnící se teplotou vzniká tepelně generovaný náboj, který se nazývá temný proud, nebo tepelný šum. Ten je vyjádřen v elektronech za sekundu na pixel při dané teplotě. Další nevýhodu je čtecí šum, který je vyjádřený v elektronech směrodatnou odchylkou (RMS) [moravské přístroje].

2.3 Termovize

Termovize mají velmi podobnou konstrukci jako digitální noční vidění. Tyto přístroje pracují v infračerveném světelném spektru, tedy v rozmezí 0,78 – 1000 μm. Objektiv u termovizních zařízení má funkci filtru, který propouští potřebnou vlnovou délku. Když záření projde objektivem, dopadá na detektor záření. Detektory záření rozdělujeme na tepelné a fotonové. Výstup z detektorů převedeme A/D převodníkem na digitální signál a ten projde zobrazovacím procesorem. Zpracovaný obraz neboli termogram zobrazíme na displej [termografie].

2.3.1 Spektrální citlivost

Spektrální citlivost je závislá na typu detektorů IR záření. Tepelné detektory jsou širokopásmové, zatímco fotonové detektory jsou úzkopásmové, tudíž detekují záření jen v úzkém rozsahu. Podle typu fotonových detektorů (QWIP, InSb) je dané citlivostní pásmo [doc. RNDr. P. Moravec, 2017].

2.3.2 Teplotní rozsah

Je to rozsah teplot od nejnižší možné zobrazené teploty až po tu největší [doc. RNDr. P. Moravec, 2017].

2.3.3 Teplotní citlivost

U kvalitních zařízení snímajících tepelné záření je tento parametr velmi důležitý, vyjadřuje se pomocí parametru NETD, neboli nejmenší rozdíl teplot, který vyvolá větší, než je vlastní šum systému. Uvádí se ve stupních celsia nebo v Kelvinech [doc. RNDr. P. Moravec, 2017].

2.3.4 Tepelné detektory

Princip tepelného detektoru spočívá ve změně elektrických vlastností podle intenzity dopadajícího infračerveného záření. Mikrobolometr mění elektrický odpor v závislosti na intenzitě dopadajícího infračerveného záření. S velkým množstvím mikrobolometrů vytvoříme mikrobolometrické pole, které je nejčastějším typem termokamer [doc. RNDr P. Moravec, 2017].

2.3.5 Fotonové detektory

Princip fotonových detektorů je založen na vnějším nebo vnitřním fotoefektu. Pohlcené záření zapříčiní elektronové přechody, s těmi vznikají volné nosiče náboje. Tyto nosiče se pohybují v elektrickém poli a produkují elektrický proud. Výstupní signál potom závisí na velikosti generovaného výboje, vlnové délce dopadajícího záření a na absorpčním koeficientu. Při vnějším i vnitřním fotoefektu závisí tento fotoefekt na velikosti energie dopadajícího záření. V případě, že je energie dostatečně velká, excitované elektrony se mohou dostat přes povrchovou bariéru a dojde k emisi elektronů z povrchu látky do prostoru. Dochází k vnějšímu fotoefektu. Naopak u vnitřního fotoefektu nemá dopadající záření potřebnou energii na uvolnění elektronů z povrchu polovodiče a způsobuje vnitřní elektronové přechody. Při těchto přechodech se díky fotoexcitaci uvolňují fotony jako nosiče energie, které zůstávají uvnitř látky. Pokud se na tento polovodič přiloží elektrické pole, projeví se tyto přechody zvýšením vodivosti a vzniká fotovodivost [doc. RNDr. P. Moravec, 2017].

2.4 Infračervený přísvit

Infračervený přísvit (IR) je velmi důležitou součástí analogových i digitálních přístrojů nočního vidění. Používá se za podmínek úplné tmy, kdy je potřeba použít vnější zdroj osvětlení v podobě technologického světelného zdroje, tedy infračervený přísvit. Lidské oko toto infračervené světlo vydávané světelným zdrojem nezachytí, ale díky němu se výrazně zvyšuje výkon zařízení nočního vidění. Zdroje vyzařují světlo o vlnové délce 800 - 980 nm, digitální přístroje nočního vidění jsou schopny toto světlo zachytit a sledovaný objekt přetvořit tak, aby ho lidské oko vidělo. Nevýhodou se však jeví fakt, že za určitě vlnové délky je v úplné tmě vidět zdroj přísvitu. Naopak jeho výhodou je schopnost korekce zorného pole a výstupního výkonu. Infračervené přísvity jsou buď jako doplněk nočního vidění, nebo mohou být integrovány přímo v nich, jsou však zpravidla méně kvalitní. Dalším zdrojem IR přísvitů jsou infračervené svítilny, které mají výhodu vyššího výkonu. Infračervené přísvity se technologicky dělí [doc. RNDr. P. Moravec, 2017].

- ***Diodové***

Diodové přísvity jsou levnější variantou, ale nemají tak přesné nastavení vlnové délky, což způsobuje vyšší produkci nežádoucího viditelného světla. Nejčastěji se u nich používá vlnová délka 940 nm. Jejich hlavní výhodu je výborná funkce s digitálními nočními přístroji [doc. RNDr. P. Moravec, 2017].

- ***Laserové***

Laserové přísvity mají velkou výhodu v tom, že neprodukují tolik viditelného světla, takže nejsou tolik vidět pouhým okem jako diodové přísvity. Jsou však podstatně dražší. Využívají vlnovou délku 915 nm [doc. RNDr. P. Moravec, 2017].

3 Biologická stavba oka dravců a člověka

Pro tuto bakalářskou práci je velmi důležité definovat rozdíl mezi lidským okem a okem dravce. Pro správné pochopení fungování noční zobrazovací techniky je důležitá nejen noční zobrazovací technika jako taková, ale i strana druhá, tedy způsob, jak oko zobrazuje obraz. V době, kdy noktovizory nebo termovize ještě neexistovali, si člověk začal všímat toho, že na rozdíl od lidského oka, zvířecí oko je schopno vidět za zhoršených světelných podmínek. Na základě tohoto faktu začal zkoumat, jak docílit toho, aby člověk mohl vidět v noci.

3.1 Lidské oko

Lidské oko a způsob, jakým pracuje, je komplexní proces. Na konečném vytvoření přesného obrazu pozorovaného objektu pracuje celá nervová soustava člověka a orgány zraku. Zrakové ústrojí patří mezi nejdůležitější smyslové ústrojí člověka, rozlišují 18 - 20 obrazů za sekundu. Lidé mají v sítnici čípky citlivé na vlnové délky ve spektru 400 – 700 nm. Člověk má v sítnici tři typy čípků, každý typ je nejcitlivější v jiné oblasti světla. Konkrétně jde o čípky pro modrou, červenou a zelenou barvu. Díky nim je oko schopno rozlišit přibližně 200 základních barev ve 20 odlišných sytostech a v 500 světlostech. Obecně lze hovořit o schopnosti rozlišení 1 - 2 milionů barev [zoopraha].

3.1.1 Stavba lidského oka

Je to velmi složitý orgán, který nám zprostředkovává vnímání okolních informací, jako jsou například světlo, ale i barvy a tvary, ale i vnímání vzdálenějších objektů díky schopnosti měnit elektromagnetické světelné záření na bioelektrické potenciály. Celý proces zraku je velmi složitý děj, který se skládá z několika po sobě jdoucích procesů, které na sebe navazují. Paprsky světla procházejí optickými prostředími oka a poté dopadají na sítnici, tam dochází k podráždění citlivých receptorových buněk a vzniká tzv. vzruch, který je veden pomocí nervových vláken do korového zrakového centra, kde vznikne již vlastní vjem okolního prostředí. Existují nutné předpoklady, aby lidské oko zřetelně vidělo, mezi ty patří především [Králová].

- Dostačující schopnost rozlišování

- Dostatečná doba zrakového vjemu

- Dostačující úroveň světla, které se odráží

- Ideální osvětlení pozorovaného předmětu

3.1.1.1 Základní části lidského oka:

- ***Rohovka***

Je to přední, elastická, průhledná a bezbarvá část vnější vrstvy oka. Má tvar elipsy a nejvíce se podílí na kvalitním vidění. Zabírá cca 20% povrchu oční koule a je nejdůležitější složkou oka [Králová].

- ***Duhovka***

Úkol duhovky je regulace dopadajícího světla. Uvnitř duhovky se nachází zornice, která se pomocí svalů zužuje, nebo rozšiřuje [Králová].

- ***Zornice***

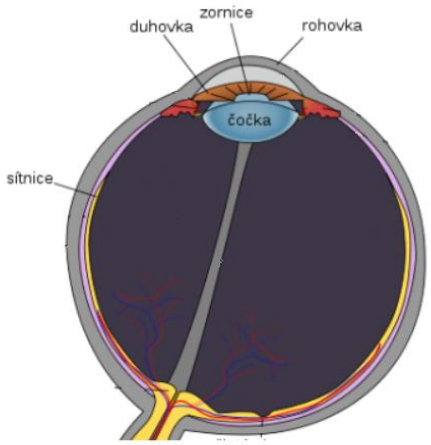
Tato část oka se nachází v duhovce, má okrouhlý tvar a skrz ni prochází světlo do oka [Králová].

- ***Čočka***

Díky čočce - spojce se na sítnici vytváří obraz sledovaného předmětu. Vytváří se v menší velikosti a převráceně. Je schopná měnit svůj tvar a tím mění intenzitu lomu, to napomáhá při vidění do blízka [Králová].

- ***Sítnice***

V sítnici leží fotoreceptory, které přijímají světelné a barevné podněty. Dělí se na čípky a tyčinky. Přibližně 120 milionů tyčinek souží k černobílému vidění ve tmě a 6,5 milionů čípků umožňuje barevné vidění přes den. Uvnitř sítnice je žlutá skvrna, nebo také makula, nejdůležitější část sítnice. Makula má barevnou rozkládací schopnost a umožňuje barevné vidění [Králová].



Obr. 9 –Části lidského oka

3.2 Oko dravce

Zrakové ústrojí dravců je schopné se měnit podle jejich způsobu života. Někteří dravci mají velkou hustotu receptorů, které maximalizují jejich zrakovou ostrost a jejich umístění očí jim napomáhá k přesnému odhadu vzdálenosti. Noční dravci mají oči uzpůsobené k vidění za zhoršených světelných podmínek, mají vysokou hustotu tyčikových buněk a nižší hustotu barevných detektorů čípků. Dravci vnímají i nepatrný pohyb a to díky rozlišení až 150 obrazů za sekundu [zoopraha].

4 Srovnání zobrazovací techniky

V této bakalářské práci budu popisovat jen výrobce, se kterými jsem se osobně seznámil, a odzkoušel jsem je při měření. Tito výrobci jsou Dedal, Pulsar, Leica, Night pearl a ATN. Pro srovnání jsem vytvořil situaci, kdy jsem na hranu lesa cca 80m zavěsil reflexní vestu a zrcadlo. V druhé situaci jsem pozoroval reálnost zobrazení člověka, na vzdálenost dokud byly rozeznatelné základní obrysy. Luxmetr ukazoval 0,005 - 0,1 lx. Všechny přístroje, které jsem měl k dispozici, jsem měl po celou dobu zkoušení zapnuté. Oslovil jsem státní policii a hasiče s dotazem, jestli si mohu prohlédnout a odzkoušet jedno z jejich zařízení. Na žádost se mi ozvali z jirkovské stanice státní policie a z mostecké stanice hasičů, bohužel jsem nemohl zařízeními odměřit stejnou situaci, jako byl cíl měření. Srovnal jsem alespoň kvalitu běžně dostupných zařízení s kvalitou zařízení našich zásahových jednotek.

- ***Pulsar***

Společnost Yukon Advanced Optics Worlwide pod záštitou značky Pulsar, od roku 1998 sídlem v litevském Vilniusu, vyrábí optická zařízení, která jsou cílená na pokročilejší uživatele nebo specialisty v nejrůznějších odvětvích, jako je pozorování zvířat pro jejich výzkum nebo termální filmování a fotografování, ale i pro vyhledávání a záchranu osob. Firma Pulsar patří do předních výrobců digitální noční techniky. Společnost provádí celý proces sama, od vývoje až po konečnou výrobu [pulsar].

- ***ATN***

Značka ATN (American Technologies Network) byla založena v roce 1995 v Americe a za dobu své působnosti se dokázala rozšířit do celého světa. Nejvíce je však rozšířená v USA, kde zásobuje svojí technikou nejen veřejnost, ale i americkou armádu nebo FBI. Celý proces si firma, od vývoje až po výrobu, stejně jako značka Pulsar, vyváří sama. Veškerá výroba probíhá na území USA [ATN].

- ***Dedal***

Další významnou společností, která vyrábí zobrazovací techniku, je ruská firma Dedal, která byla založena v roce 1991 partou mladých ruských inženýrů. V dnešní době je již známou světovou značkou, která produkuje 147 modelů noční i denní zobrazovací techniky [puskohledyoptika].

- ***Night Pearl***

Česká rodinná firma Night Pearl, kterou založil český myslivec Miroslav Rudel v roce 2008. Nabízí cenově dostupnější zařízení zejména pro myslivce. Nižší cena je podmíněná tím, že společnost nemá vlastní výzkum. Vybírá si dostupné komponenty z celé Evropy a z nich přístroje skládá [nightpearl].

- ***Leica***

Německá společnost Leica, založená již v roce 1913 Ernstem Leitzem, je firma, která začala výrobou fotoaparátů, později se rozdělila na tři společnosti: Leica Geosystems AG, která vyrábí geodetické přístroje. Leica Mikcrosistems, která vyrábí mikroskopy. Leica Camera, která vyrábí zobrazovací techniku [laica].

4.1 Měření vzdálenosti

Pro měření vzdálenosti a teploty jsem použil dalekohled Leica Geovid 10x42 HD-R s funkcí měřiče dálkoměru měřícího od 10 m do 1800 m, teploměru a atmosférického tlaku. Tento zajímavý dalekohled jsem měl poprvé v ruce a je zcela intuitivní. Základní ovládání, jako
ostření a korekce dioptrií, jsou na dalekohledu zcela běžné. Přidáním funkcí měřiče dálkoměru, teploty a atmosférického tlaku, je řešeno dvěma tlačítky. První tlačítko po stisknutí aktivuje dálkoměr a druhým stiskem se zamířením na cílový bod se zobrazí v okuláru hodnota vzdálenosti. Zmáčknutím druhého tlačítka se zobrazí aktuální teplota a dalším kliknutím se zobrazí atmosférický tlak. Tento dalekohled s dálkoměrem funguje na základě impulzové odrazové metody využívající infračervený laser. Přístroj zaměří na 80m objekt o velikosti 5×8 cm. Při zaměřování jsem si všimnul, že přístroj zaměřuje i přes traktor Zetor 7710, což jsou dvě obyčejná skla, ale při zaměření přes plastové tříkomorové okno přístroj nezobrazil na displeji nic.

4.1.1 Princip světelného dálkoměru

Dálkoměry se liší podle použitého vlnění a to na viditelné, infračervené nebo monochromatické světlo. Světlo ze zdroje je vysláno do modulátoru, kde se pomocí amplitudové modulace nebo modulace intenzity transformuje a putuje k zamířenému cíli. Odražené světlo putuje zpět do dálkoměru, kde se v demodulátoru signál transformuje, zařízení vyhodnotí výsledky a zobrazí je [Urbánek, 2011].

4.2 Digitální noční vidění

U digitálních nočních vidění mohu srovnat dvě značky, a to ATN a Pulsar. Typově to jsou ATN X-SIGHT II HD 3-14x a Pulsar Ultra N355. Digitální noční vidění je použitelné přes den i v noci, to je velká výhoda pro uživatele, kteří se nemusejí obávat poškození čipu při velké intenzitě světla. Jelikož jsou digitální, zpracování výstupního signálu lze považovat za obrovskou výhodu, například nahrávání pozorování, následné stažení a přepínání mezi jednotlivými režimy zobrazení. Kvalita těchto zařízení závisí na optice, čipu a síle IR přísvitu. Zesílení zbytkového světla i u nejkvalitnějších digitálních zobrazovačů končí na prahu druhé generace noktovizorů.

IR přísvit je nutností u těchto přístrojů a často je pevně integrovaný v digitálním nočním vidění. Výrobci nočních digitálních zařízení mají podobný vzhled, a tak se nejvíce liší v softwarové oblasti a uživatelských možnostech. Na trhu je velké množství výrobců digitálního nočního vidění, ze kterých je možné vybírat. Liší se typem použití, jako například lov, pozorování nočních živočichů, a tak dále. Pro pozorování zvěře je dilema u IR přísvitů, zvěř je citlivější a tak paprsek nižších vlnových délek je pro ně viditelný. Při vyšší vlnové délce přísvitu je v digitálním zařízení hůře spatřitelný.

Obr. 10 – Možnosti zobrazovacích režimů

4.2.1 ATN X-SIGHT II HD 3-14x

ATN X-SIGHT II je zařízení pro pozorování přes den i noc, dá se říci, že je to běžná digitální kamera, na které se musí ručně přepínat režimy den/noc. Ve dne se dá na zařízení přidělat denní clona, která snižuje množství světla, které vstupuje do zařízení zejména ve špatném úhlu ke slunci. Zařízení nemá integrovaný přísvit, ani vyvedený výstup na zařízení pro napájení. Ačkoli je toto zařízení používáno pro noční snímání bez externího přísvitu, není nic vidět, proto je extrémně důležité mít IR přísvit. Zařízení má krom čtyř monočlánků ještě možnost externího zdroje napájení. U měření bylo zařízení napájeno z integrovaného zdroje. Zapínání u ATN trvalo asi nejdelší dobu, okolo 10 sekund. Obraz je v denním režimu barevný se základním trojnásobným zvětšením. Na obrazovce se ukazují údaje o natočení zařízení, ukazatel světových stran a volba digitálního zvětšení obrazu. Po hodině pozorování ubylo na kapacitě baterie asi 10%. Při měření jsem na přístroj přidělal IR přísvit, který na všech třech stupních byl viditelný lidským okem v kolmém pohledu na čočku IR přísvitu. Při pozorování reflexní vesty bylo zřejmé, že přísvit o vlnové délce 920 nm je velice dobrým zdrojem. Na třetím stupni byl odraz velice intenzivní, kde splývali linie reflexních pásek na vestě. Při pohledu na zrcadlo bylo zrcadlo světle černé v porovnání s pozadím. V druhé části měření je u tohoto zařízení sporný dosah, liší se v závislosti na síle IR přísvitu, nicméně s použitým přísvitem má dosah rozeznatelnosti člověka na 400 metrů. Pořízený záznam z pozorování je obtížnější dostat ze zařízení a sledovat jej. Stažená data ze zařízení je nutno spustit v programu od ATN, kde výsledkem je běžný pozorovací formát. Kvalita záznamu či fotografie je velice dobrá a jsou vidět i detaily které v zařízení vidět nelze. Při sdíleném pozorování v mobilním zařízení byl obraz srovnatelný s obrazem v zařízení.

Obr. 11 - ATN X-SIGHT II HD 3-14x

- ***Parametry***
  - Typ snímače/rozlišení (px): CMOS/1280x720
  - Typ displeje: HD 1280x720
  - Zvětšení: 3x - 14x
  - IR přísvit typ/vlnová délka (nm): LED/920
  - Maximální pozorování (m): 500
  - Typ Baterie/Elektrická práce (Wh): NiMH/15
  - Cena: od 15 000 Kč

4.2.2 Pulsar Ultra N355

Pulsar ultra N355 je zařízení pro pozorování přes den i noc, nehrozí poškození čipu při pozorování velmi intenzivního světla, přesto je na zařízení clona, která kryje objektiv. Uprostřed je otvor o průměru 1 mm, kterým se pozoruje ve dne, zařízení nevyžaduje přes den tolik světla a tak stačí otvor ve cloně. Přístroj se zapíná asi 6 sekund, poté se zobrazí na displeji obraz se zvětšením 3.5 x, což je nejmenší možné zobrazení. Po hodině pozorování s přísvitem na nejvyšší úrovni jsem vyčerpal polovinu kapacity baterie. Bez přísvitu bylo těžké vidět reflexní vestu na měřenou vzdálenost. Přísvit u zařízení na prvním stupni není nijak rozeznatelný, ale namířením na reflexní vestu byl vidět odraz přísvitu. Pozorováním zrcadla přes den, byl čitelný odraz oblohy, v noci i přes jasnou oblohu nebylo vidět nic a zrcadlo bylo jasně černé. V druhé části i přes psaný parametrový dosah zařízení jsem rozeznal člověka na pouhých 350 m a to s přísvitem na 3. stupni. Úroveň přísvitu lze vidět

na displeji. U tohoto zařízení je možné pořizovat záznam jak ve formě fotografie, tak ve formě videa. Užitečnou funkcí je pak sdílení obrazu přes mobilní aplikaci, kde výsledný obraz má taktéž horší kvalitu než na displeji v zaostření. V přístroji je nastavitelné rozlišení, ale výstupní soubor je vždy v horší kvalitě než při pozorování. Tento model se dnes již neprodává, nahradil ho nový model 2020, který má označení Pulsar ultra 455.

Obr. 12 - Pulsar ultra N355

Obr. 13 - Pulsar ultra 455 v denním režimu s nasazenou clonou

- ***Parametry***
  - Typ snímače/rozlišení (px): CCD/752x582
  - Typ displeje: AMOLED 640x480
  - Citlivost přístroje od 780/915 nm: $1{,}5\times10^{-5}/3\times10^{-5}$

- Zvětšení: 3,5x - 14x
- IR přísvit typ/vlnová délka (nm): LED/940
- Maximální pozorování (m): 500
- Typ Baterie/Elektrická práce (Wh): Lithium iont/19,4
- Cena: od 32 000 Kč

4.3 Termovize

U termovizních zařízení mohu srovnat tři značky a to Pulsar, Night vision a Dräger. Typově Pulsar Trail XQ50, Night Pearl Scops 13 a Dräger UCF 7000. Termovize je možné použít ve dne i v noci. Přes den je obraz lehce zkreslený, nicméně objekty s rozdílnou teplotou jsou rozeznatelné. Termovizní zařízení je velmi podobné digitálnímu, zpracování výstupního signálu je totožné s digitálním a tak jeho variabilnost je široká nahrávání pozorování, následné stažení a přepínání mezi jednotlivými režimy zobrazení. Kvalita těchto zařízení závisí na optice, čipu a rozlišení. Termovizní přístroje mají různé citlivosti podle způsobů používání. K mým rukám se dostaly zařízení na pozorování zvěře od výrobců Pulsar a Night Pearl a zařízení pro hasičské složky pro bezpečné odhalení ohniska požáru a nacházení osob.

4.3.1 Pulsar Trail XQ50

Pulsar Trail XQ50 je termovizní přístroj, se kterým lze pozorovat přes den i v noci. Výrobci uvádějí, že u zařízení nedojde k poškození při pozorování intenzivních zdrojů tepla. Prodejci to nedoporučují, protože se může zkrátit doba životnosti přístroje. Termovize dokáže měnit automaticky teplotní rozsah a je tím docíleno rozlišení nejintenzivnějších zdrojů a v noci není oko tolik oslněno. Přístroj se zapíná 6 sekund, poté se zobrazí na displeji obraz se zvětšením 2,1 x, což je nejmenší možné zobrazení. Po hodině pozorování jsem na zařízení nesledoval žádný úbytek energie, až při nabíjení jsem viděl, že kapacita baterie klesla na 85 %. Reflexní vestu na měřenou vzdálenost jsem rozeznal ztěžka. Pozorováním zrcadla ve dne i v noci byl výsledek stejný černý obraz. V druhé části jsem rozeznal člověka na 1700 m, co je u hrany dosahu přístroje. Termovize má zboku chladič, který po hodině pozorování měl značně vyšší teplotu. Na obrazovce se začínal promítat tepelný šum zařízení, více jak na polovině obrazu byly vertikální bílé čáry. U tohoto zařízení je možné pořizovat záznam jak ve formě fotografie, tak ve formě videa. Užitečnou funkcí je pak sdílení obrazu přes mobilní aplikaci, kde výsledný obraz má

taktéž horší kvalitu než na displeji v zařízení. V přístroji je nastavitelné rozlišení, ale výstupní soubor je vždy v horší kvalitě než při pozorování.

Obr. 14 - Pulsar Trail XQ50

- ***Parametry***
  - Typ detektoru/rozlišení (px): Mikrobolometr/384x288
  - Typ displeje/rozlišení (px): AMOLED/640x480
  - Teplotní citlivost (mK): 17
  - Maximální pozorování (m): 1800
  - Typ Baterie/Elektrická práce (Wh): Lithium iont/19,4
  - Cena: od 98 000 Kč

4.3.2 Night Pearl Scops 13

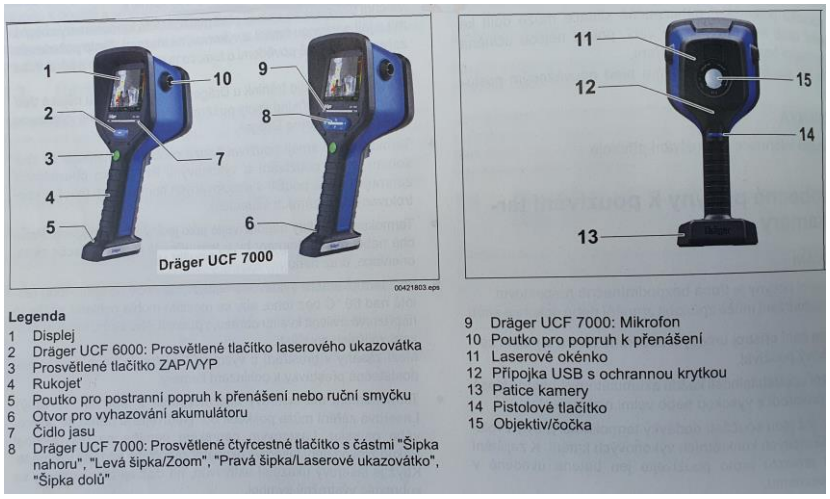
Night Pearl Scops 13 je termovizní přístroj, se kterým lze pozorovat přes den i v noci. U všech termovizních přístrojů od značky Night Pearl je informace, že není určena k pozorování objektů s velmi vysokými teplotami, jako je Slunce, otevřený oheň a podobně. Při pozorování těchto objektů dochází k poškození jádra přístroje. Přístroj se zapne do 3 sekund, poté se zobrazí na displeji obraz v reálném zvětšení, co je pro toto kompaktní zařízení na pozorování přínosné. Zvětšení na zařízení je pouze digitální, takže kvalita obrazu je horší. Po hodině pozorování byla termovize téměř na plné kapacitě baterie, to bych připisoval malému výkonu přístroje. Reflexní vestu na měřenou vzdálenost jsem nerozeznal, odstíny stromů splývaly. Pozorováním zrcadla ve dne i v noci byl výsledek stejný - černý obraz. V druhé části jsem rozeznal člověka na 150 m, psaný dosah zařízení byl 217 m. V tomto zařízení se mi asi nejhůře pozorovalo. V zařízení bylo obtížné rozeznat změny při ostření a v jednotlivých režimech zobrazení byl nejčitelnější režim white/black. Termovize se po hodině pozorování nezdála nijak zahřátá. Obrazovka byla ke konci z okrajů zčernalá, ale po opětovném zapnutí se obraz vrátil do původního stavu. U tohoto zařízení je možné pořizovat záznam jak ve formě fotografie, tak ve formě videa. Pro zobrazení záznamu se musí ze zařízení vyjmout paměťová karta.

Obr. 15 - Night Pearl Scops 13

- ***Parametry***
  - Typ detektoru/rozlišení (px) : Mikrobolometr / 384x288
  - Typ displeje/rozlišení (px): LCOS/720x540
  - rozteč pixelů (µm): 17
  - Maximální pozorování (m): 300
  - Typ baterie/Elektrická práce (Wh): Lithium iont/13,3
  - Cena: od 28 500 Kč

4.3.3 Dräger UCF 7000

Dräger UCF 7000 je termovizní přístroj, který se používá přes den i v noci pro zjišťování ohniska požáru, detekci objektů s teplotou okolo 37°C. Dräger má vysokou úroveň bezpečnosti i pro oblasti s nebezpečím výbuchu. Zařízení má velmi rozsáhlé nastavení módů, rozsahů a zobrazení. Zařízení je odolné proti teplu, vodě a mechanickému namáhání. Zařízení jsem nemohl otestovat v totožných podmínkách pro měření, neboť mi hasičské oddělení Most zapůjčilo zařízení jen u služebny a pod dohledem hasiče Miroslava Göbla. Na zařízení jsem zkoušel detekci osob, kdy zařízení označí bod na obrazovce s teplotou okolo 37°C. Na zařízení lze nastavit i jinou teplotu sledování, tato teplota je primárně nastavená při každém zapnutí. Za dobu zkoušení, zařízení klesla kapacita baterie na čtvrtinu, na dotaz jak dlouho zařízení vydrží při zásahu zapnuté, mi bylo mi odpovězeno, že okolo 3 hodin. Zařízení má výměnou nabíjecí baterii pro okamžitou výměnu, ale na výměnu je nutné vyšroubovat šrouby, které spojují baterii se zařízením. Zařízení se zapnulo do 5 sekund. Zařízení má automatické ostření a obraz je v reálném zvětšení s možností dvojnásobného přiblížení. Zařízení má režim NFPA, který je výchozím módem, a který automaticky mění rozsahy s nízkou a vysokou citlivostí.



Obr. 16 – Popis noktovizoru Dräger

Obr. 17 – Dräger v ochranném boxu

- ***Parametry***
  - Typ detektoru/rozlišení (px): a-Si Mikrobolometr/160x120
  - Typ displeje/rozlišení (px): LCD/640x480
  - Teplotní citlivost (mK): 30
  - Maximální pozorování (m): 700
  - Typ baterie/výkon (Wh): Lithium iont/19,4
  - Cena: od 195 000 Kč

4.4 Noktovizory

U analogových nočních vidění mohu srovnat dvě značky a to Laica a Dedal. Typově BIG35 1170 a Dedal 450 A-C. Analogové noční vidění je použitelné jen v noci, protože zesiluje zbytkové světlo, při vystavení příliš intenzivnímu světlu hrozí poškození měniče. Samotné analogové přístroje nemají v sobě funkci pořizování záznamu, lze to jen externími přístroji - například digitálními fotoaparáty. Kvalita těchto zařízení závisí na optice, typu měniče a následného zobrazení noktovizorem.

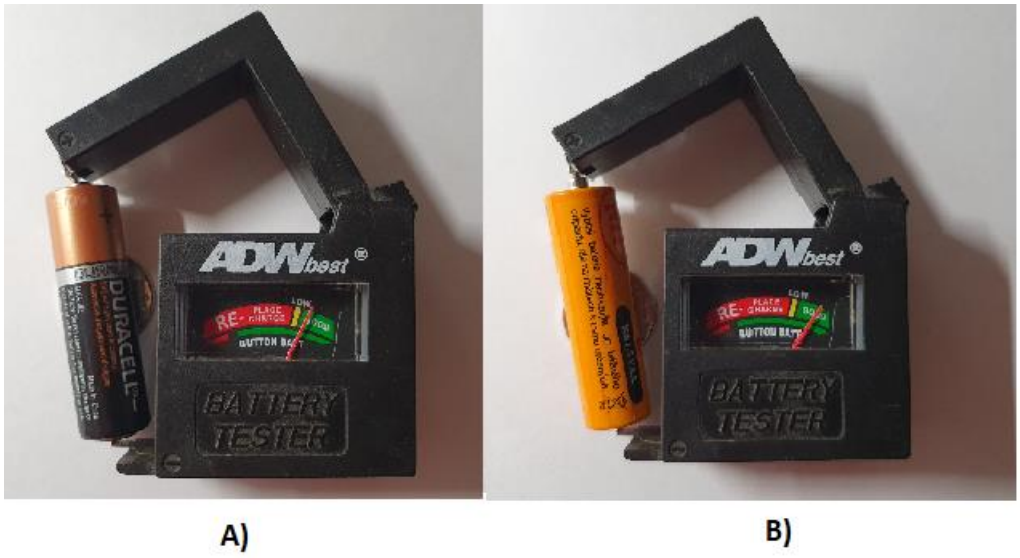
U většiny noktovizorů je přídavný IR přísvit pro pozorování v lese, kde není zdroj zbytkového světla. U těchto přístrojů nemusí být IR přísvit tak silný. Cena těchto zařízení je mnohem vyšší než u digitálních přístrojů, ty nejlevnější začínají na střední třídě digitálních zařízení. Liší se typem použití, jako například lov, pozorování nočních živočichů a zásahové jednotky.

4.4.1 Laica BIG35 1170

Laica BIG35 1170 analogové noční vidění, které se používá v noci pro pozorování nebo pátrání po osobách. Zařízení se načte okamžitě po zapnutí. Zařízení jsem nemohl otestovat v totožných podmínkách pro měření, neboť mi Státní policie oddělení Jirkov zapůjčilo zařízení jen u služebny a pod dohledem policisty Daniela Patáka, který byl ochotný přes den testovat v garážích služebny a odpovědět na veškeré dotazy. Po rozhovoru se rozhodl strážník setrvat do pozdních hodin pro otestování zařízení. Z důvodu, že strážník byl ve službě a nemohl se vzdálit daleko od služebny, jsem zrcadlo a reflexní vestu umístil do ulice Vančurova, dvě ulice od služebny, kde se rekonstruuje ulice a nesvítí zde pouliční osvětlení. Luxmetrem jsem naměřil hodnoty okolo 8 - 12 lx, dálkoměrem Leica Geovid 10x42 HD-R jsem odměřil vzdálenost 80 m. Při relativně vysoké koncentraci zbytkového světla jsem dokonale viděl reflexní vestu i odraz hvězd v zrcadle. Binokulární zařízení má dioptrickou korekci a přiblížení maximálně dvojnásobné, přesto jsem více než dostatečně rozpoznal na vzdálenost 440m strážníka na druhém konci ulice. Toto měření bylo velice zkreslené světly z přilehlých domů a kolmé ulici na začátku a konci. Zařízení je napájeno běžnýma dvěma 1,5 V monočlánky. Po zkoušení zařízení v budově jsem zařízení nevypnul a monočlánky se během tří hodin vybily. Venkovní měření trvalo zhruba 25 minut. Obraz na konci měření byl slabší, ale je to jen subjektivní dojem. Při bateriovém testu jsem došel, k výsledku viz obr.18. Zařízení má policie přibližně 8 let,

zřídka ho používají, do zařízení byly přikoupeny speciální dobíjecí baterie, které vydržely téměř dva týdny používání. Těžko z toho posoudit, proč zařízení má velký odběr energie.

Obr. 18 - Noktovizor Laica BIG35 1170



A) B)

Obr. 19 – A) vyjmutá baterie z Laica BIG35 1170 B) nová baterie

- ***Parametry***
  - Typ/rozlišení (lp/mm): mikrokanálový zesilovač/18
  - výrobce měniče: Wild-Heerbruck
  - Maximální pozorování (m): neuvedeno
  - Typ baterie/ Elektrická práce (Wh): Alcaline 1,5V/15
  - Cena: od 145 000 Kč

4.4.2 Dedal 450 A-C

Dedal 450 A-C analogové noční vidění, které se používá v noci pro pozorování nočních živočichů nebo pro lov. Výrobci uvádějí, že u zařízení dojde k poškození při pozorování intenzivních zdrojů záření. Zařízení je určeno pro lov, pro nástřel přes den slouží clona s 1 mm otvorem v průměru. Otvorem prochází dostatečné množství světla, zařízení se nedoporučuje uchovávat mimo obal, i když je nasazená clona. Přístroj se zapne okamžitě po otočení zapínacího kolečka. Noktovizor má korekci dioptrií a korekci ostření. Zařízení má základní reálné přiblížení a maximální čtyřnásobné zvětšení obrazu. Po hodině pozorování jsem na zařízení nesledoval žádný úbytek energie, v zařízení byly běžné 1,5 V baterie. Výrobce uvádí 60 hodin pozorování bez použití přísvitu. Reflexní vestu na měřenou vzdálenost jsem rozeznal na první pohled, při použití přísvitu byla reflexní vesta velice dobře viditelná. Pozorováním zrcadla na měřenou vzdálenost byl odraz oblohy dobře čitelný. V druhé části jsem rozeznal člověka na 200 m bez přísvitu a s přísvitem na 280 m.

Obr. 20 - Noktovizor Dedal 450 A-C

- ***Parametry***
  - Typ /rozlišení (lp/mm): mikrokanálový zesilovač/ 40-50
  - výrobce měniče: Holandsko PHOTONIS
  - Maximální pozorování (m): 200
  - Typ baterie/Elektrická práce (Wh): Alcaline 1,5V/15
  - Cena: od 65 000 Kč

Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo srovnání různých nočních zobrazovacích technik, porovnat konkrétní přístroje s ohledem na výrobce, cenu a dosah, na základě zjištěných informací jsem potom určil, proč není analogová technika dosud překonána žádnou jinou technikou. Nutno říci, že při měření jsem použil druhou a 2+ generace noktovizorů, někteří výrobci uvádějí, že jejich zařízení je třetí generace, ale pro splnění zařazení do kategorie třetí generace je potřeba všech parametrů. Proto jsou mezigenerace jako například generace 2+. Srovnáním doby pozorování jsem došel k závěru, že noktovizory mají nejdelší provozní dobu na jedno nabití, je to i tím, že noktovizor nemá nutnost používat IR přísvit. Velkou nevýhodou analogových zařízení je cenu nového přístroje, která se u druhé generace pohybuje od 45 000 Kč. Další nevýhodou je nemožnost pořídit záznam.

Při srovnání digitálního nočního vidění s analogovým, v kvalitě vidění jednoznačně analogové vidění vítězí. Čitelnost okolí jako například značek s přísvitem je dosti obtížné kvůli jeho odrazu a dosahu, i když digitální zařízení dokáže rozpoznat člověka na velkou vzdálenost, ale už při kratší vzdálenosti nejde v obličeji rozeznat základní rysy. Klady digitálního zařízení jsou veliké vzhledem k možnosti pořizování záznamu a jeho okamžitému sdílení nebo volbě zobrazovacích režimů. Cena digitálních zařízení je pro uživatele mnohem přívětivější, ty nejlevnější digitální zařízení začínají v řádu tisíců korun. Vzhledem k velké škále digitálních zařízení je výběr složitější, neboť výrobci neuvádějí všechny parametry zařízení. Další problém je, že i když jsou parametry totožné, tak následné srovnání obrazu v zařízení se liší.

Srovnáním termovizních přístrojů s analogovými přístroji dojdeme k závěru, že tyto přístroje jsou zcela odlišné, protože nelze porovnat jejich zobrazovací schopnosti. Když srovnáme přístroje cenově, tak detekce osob je přibližně osminásobně rozdílná. Noktovizory vidí objekty i za porostem nebo v tmavém lese. Proto se tyto přístroje nejvíce používají například pro pátrání po ztracených osobách, v myslivosti pro dohledání postřeleného kusu divoké zvěře nebo u hasičských jednotek pro zjišťování ohniska požáru nebo pátrání po osobách v hustém kouři. Výhodou termovize stejně jako u digitálních nočních vidění je možnost pořizovat záznam a možnost volby různých režimů zobrazení. Cena termovizní techniky je vysoká, ale s ohledem na to, že tato technika zachraňuje životy, je pořizovací cena nízká s porovnání s lidským životem.

S výhledem do budoucnosti si myslím, že digitální technika se s dalším vývojem

ještě zlevní, to samé se nedá říci o analogových zařízeních, neboť s ohledem na minulost si svou cenu drží i přes vylepšení a vývoj dalších generací. Vývoj noční techniky jde každým rokem dopředu a technologie, které měly dříve jen vojenské složky, se dnes volně dostávají mezi obyčejné lidi. Fyzikální principy jsou nám jasné a s postupným zmenšováním a sloučením několika zařízení do jednoho celku si myslím, že dojde k dalšímu posunu v tomto odvětví.

Seznam literatury a informačních zdrojů

1. ATN. (nedatováno). Získáno 27. 5 2020, z http://www.atn.cz/#process
2. *dalekohled-mikroskop*. (nedatováno). Získáno 19. 4 2020, z https://www.dalekohled-mikroskop.cz/
3. doc. RNDr P. Moravec, d. I. (10. 6 2017). Získáno 23. 4 2020, z 1 Fotonové detektory Záření: http://fu.mff.cuni.cz/semicond/media/files/courses/detekce6.pdf
4. *epuskohled*. (nedatováno). Získáno 4. 17 2020, z https://www.epuskohled.cz/princip-nocniho-videni
5. Hlavička, P. Ř. (1989). *FYZIKA A PRO SOU 2.DÍL.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
6. Králová, M. M. (nedatováno). Získáno 27. 5 2020, z edu.techmania: http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/svetlo/lidske-oko
7. laica. (nedatováno). Získáno 27. 5 2020, z https://www.leica.com/
8. *moravské přístroje*. (nedatováno). Získáno 22. 4 2020, z https://www.gxccd.com/art?id=303&lang=405
9. nightpearl. (nedatováno). Získáno 27. 5 2020, z http://www.nightpearl.cz/nightpearl-care
10. Novák, I. M. (15. 3 2011). *lao.cz*. Získáno 7. 5 2020, z http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---zakladni-princip-laseru-a-jejich-deleni-127
11. *optixs.cz*. (nedatováno). Získáno 16. 4 2020, z optixs: https://www.optixs.cz/detektory-zareni-31k/fotonasobice-21p
12. pulsar. (nedatováno). Získáno 27. 5 2020, z https://www.pulsar-nv.com/glo/
13. puskohledyoptika. (nedatováno). Získáno 27. 5 2020, z http://www.puskohlady-optika.sk/scripts/zbozi.php?KID=26
14. termografie, C. (nedatováno). Získáno 23. 4 2020, z http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/konstrukce-termokamery/
15. Urbánek, I. V. (5 2011). *časopis myslivost*. Získáno 7. 5 2020, z myslivost.cz: https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2011/Kveten---2011/LASEROVY-DALKOMER-Jak-vybrat-ten-nejvhodnejsi-%E2%80%A6
16. *zoopraha*. (nedatováno). Získáno 28. 4 2020, z https://www.zoopraha.cz/aktualne/ostatni-clanky/11699-jak-zvirata-vidi

Seznam obrázků

OBR. 1 - *NÁSOBENÍ ELEKTRONŮ V KANÁLKU*……..ZDROJ: WWW.OPTIXS.CZ

OBR. 2 - KONSTRUKCE LASERU……..ZDROJ: VLASTNÍ

OBR. 3– *ZÁKLADNÍ ČÁSTI NOKTOVIZORU*……..ZDROJ: WWW.EPUSKOHLED.CZ

OBR. 4 – OBRAZ 1. GENERACE NOKTOVIZORŮ……..ZDROJ: WWW.EPUSKOHLED.CZ

OBR. 5 - OBRAZ 2. GENERACE NOKTOVIZORŮ……..ZDROJ: WWW.EPUSKOHLED.CZ

OBR. 6- OBRAZ 3. GENERACE NOKTOVIZORŮ……..ZDROJ: WWW.EPUSKOHLED.CZ

OBR. 7 - OBRAZ 4. GENERACE NOKTOVIZORŮ……..ZDROJ: WWW.EPUSKOHLED.CZ

OBR. 8- PRINCIP DIGITALIZACE MATICOVÉHO CCD……..ZDROJ: WWW.GXCCD.COM/

OBR. 9 –ČÁSTI LIDSKÉHO OKA……..ZDROJ: WWW.EDU.TECHMANIA.CZ/

OBR. 10 – MOŽNOSTI ZOBRAZOVACÍCH REŽIMŮ……..ZDROJ: VLASTNÍ

OBR. 11 - ATN X-SIGHT II HD 3-14X……..ZDROJ: WWW.ATN.CZ

OBR. 12 - PULSAR ULTRA N355……..ZDROJ: WWW.PULSAR-NV.COM/

OBR. 13 - PULSAR ULTRA 455 V DENNÍM REŽIMU S NASAZENOU CLONOU……..ZDROJ: VLASTNÍ

OBR. 14 - PULSAR TRAIL XQ50……..ZDROJ: WWW.PULSAR-NV.COM/

OBR. 15 - NIGHT PEARL SCOPS 13……..ZDROJ: WWW.NIGHTPEARL.CZ

OBR. 16 – POPIS NOKTOVIZORU DRÄGER……..ZDROJ: VLASTNÍ

OBR. 17 – DRÄGER V OCHRANNÉM BOXU……..ZDROJ: VLASTNÍ

OBR. 18 - NOKTOVIZOR LAICA BIG35 1170……..ZDROJ: VLASTNÍ

OBR. 19 – A) VYJMUTÁ BATERIE Z LAICA BIG35 1170 B) NOVÁ BATERIE……..ZDROJ: VLASTNÍ

OBR. 20 - NOKTOVIZOR DEDAL 450 A-C……..ZDROJ: WWW.NIGHTVISION.RU