

**POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY V PRAZE**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2022

**MICHAL HERMAN**

**Policejní akademie České republiky v Praze**

**Fakulta bezpečnostně právní**

**Katedra kriminalistiky**

**Historie a současnost prostředků pro pozorování za  
ztížených podmínek a jejich využití u ozbrojených sil**

*Bakalářská práce*

**History and present of devices used for observation under difficult  
conditions and their use in the armed forces**

**Bachelor thesis**

VEDOUCÍ PRÁCE

**Mgr. Tomáš NOVOTNÝ**

AUTOR PRÁCE

**Michal HERMAN**

PRAHA

2022

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze, dne .....

Michal Herman

## **Anotace**

Tato práce se zabývá přístroji pro vidění v náročných podmínkách. Jsou zde uvedeny jejich typy a druhy včetně podrobnějšího členění. Dalšími prvky zkoumání jsou primární elementy konstrukce pozorovacích přístrojů, principy jejich fungování a jednotlivé pojmy tohoto tématu. Uvedena zde budou zařízení používaná nejen na území ČR, ale také jinými státy a velmocemi. Další důležitou součástí je popsání technologií a jednotlivých modelů používaných Armádou a Policií České republiky a posouzení jejich vhodnosti pro použití. Za předpokladu, že při porovnávání těchto přístrojů bude některý z nich shledán zastaralým nebo neadekvátním, bude v této práci navrženo vhodnější řešení. Při posuzování těchto přístrojů je nutné zvážit nejen prvky konstrukce ale i jejich vhodnost pro použití v moderní době.

## **Klíčová slova**

Noktovizor, Figure of Merit (FOM), Zesilovač obrazu (I<sup>2</sup>), NVG, termovize, pozorovací soustava, infračervené záření, AN/PVS

## **Annotation**

The topic of this thesis is aimed at devices for observation in difficult conditions. Here are also listed the types and kinds of these devices. Other elements of this research are the components of construction, principles of operation and main key aspects of this topic. The equipment used in the Czech Republic will be listed below, as well as equipment of other countries. Another important part is the description of devices used by Army and Police of the Czechia and their suitability. Assuming that during the comparison of these devices, some of them will be found obsolete or inadequate, a more appropriate solution will be proposed. When comparing these devices, it is necessary to consider not only the components of construction but also the suitability of the devices for modern era.

## **Keywords**

Night vision device, figure of merit (FOM), Image Intensifier (I<sup>2</sup>), NVG, thermal vision, observation system, infrared light, AN/PVS



# Obsah

Úvod / Předmluva .....	6
1 Historie prostředků pro pozorování .....	8
1.1 Význam prostředků pro pozorování .....	8
1.2 První pokusy a jejich užití napříč dějinami.....	9
2 Druhy prostředků pro pozorování za běžných podmínek .....	10
2.1 Dalekohledy .....	10
2.2 Periskopy .....	11
2.3 Bezpečnostní zrcadla.....	13
2.4 Fotoaparáty a videokamery .....	13
2.4.1 Bezpečnostní kamery .....	14
2.4.2 Ruční kombinované přístroje .....	14
3 Ztížené podmínky .....	16
4 Prostředky pro pozorování za ztížených podmínek a jejich historie .....	17
4.1 Elektromagnetické spektrum .....	17
4.1.1 Infračervené záření.....	17
4.2 Termovizní přístroje a jejich konstrukce .....	19
4.2.1 Termokamery – historie .....	19
4.2.2 Termokamery – princip funkce konstrukce .....	20
4.2.3 Clip On Thermal Imager a Enhanced Clip On Thermal Imager .....	23
4.3 Pozorovací soustavy .....	24
5 Přístroje pro pozorování v noci .....	26
5.1 Konstrukce .....	27
5.2 IR záření a noktovizory .....	28
5.2.1 Kamery zesilující zbytkové světlo - Infračervené kamery .....	28
5.3 Generace přístrojů pro noční vidění .....	29
5.3.1 Generace 0 .....	29
5.3.2 Generace 1 .....	30
5.3.3 Generace 2 .....	31
5.3.4 Generace 2+ .....	32
5.3.5 Generace 3 .....	33
5.3.6 Generace 3+ .....	33

5.4	Generace společnosti Photonis a program OMNIBUS .....	35
5.4.1	Program Omnibus .....	35
5.5	Brýle pro noční vidění .....	36
5.5.1	Druhy montáží a upevnění na nositele .....	37
6	Zvláštní a kombinované přístroje .....	39
6.1	ENVD – Enhanced Night Vision Devices .....	39
6.2	COTI a ECOTI .....	41
7	Použití uvedených přístrojů při výkonu činnosti Policie České republiky .....	43
7.1	Ruční pozorovací přístroje .....	43
7.2	Technologické nástavby a pozorovací komplety .....	44
8	Lze poskytnout Policii ČR výkonnější a novější prostředky? .....	46
9	Přístroje používané Armádou České Republiky .....	48
9.1	Ruční pozorovací přístroje a brýle pro noční vidění .....	48
9.2	Pozorovací průzkumné komplety .....	51
10	Lze AČR poskytnou výkonnější prostředky? .....	52
11	Druhy a typy technologií používané zahraničními ozbrojenými silami .....	54
11.1	Běžné přístroje .....	54
11.2	Méně běžné přístroje a technologie .....	55
	Závěr .....	57
	Seznam použité literatury .....	59
	Seznam příloh .....	64
	Přílohy práce .....	66

## Úvod

Bezpečnostní složky po celém světě se již desítky let snaží nalézt optimální řešení pro zefektivnění své činnosti v podmínkách, které nejsou pro pozorování pouhým okem příznivé. Řešením se již v první polovině 20. století stalo využívání přístrojů pro pozorování za ztížených podmínek. Vývoj těchto technologií má tedy velmi bohatou historii. Během této doby byl učiněn značný pokrok nejen v postupech výroby a použitých materiálech, ale i v taktice jejich použití. Při dělení zařízení pro pozorování za ztížených podmínek je nutné rozlišovat několik základních skupin. První skupinou jsou přístroje zdokonalující pozorování za relativně běžných podmínek. Druhou jsou zařízení umožňující pozorování za podmínek, kdy je nemožné využívat zrak.

Zařízení pro použití v relativně příznivých podmínkách jsou taková, která usnadňují pohled na méně dostupná místa, větší vzdálenosti nebo s nimi lze pořizovat záznamy pozorovaného objektu. Do této kategorie lze zařadit i ty, s nimiž lze měřit velikost objektu zájmu a odhadovat jeho vzdálenost od pozorujícího.

Druhou zásadní kategorií jsou přístroje, jejichž funkce zajišťují možnost pozorovat i v podmínkách, kdy je lidské oko částečně nebo úplně neschopné plného vnímání. Těmito podmínkami mohou být například nedostatečné osvětlení, velké množství prachových částic ve vzduchu, přílišná vegetace a další. Mezi zařízení této kategorie patří termovizní zobrazování, noktovize a další druhy technologií, které vznikly samostatně, jako kombinace či odnož od těchto dvou.

Cílem této bakalářské práce je v první části popsat a přiblížit jednotlivé druhy prostředků pro pozorování a jejich historii. Popsány zde budou technologie pro tepelné snímkování, noční vidění nebo kombinované přístroje. Dále budou vyjmenovány jejich příklady a bude vylíčeno praktické využití těchto přístrojů. Taktéž je nutné stanovit základních pojmy a principy fungování těchto zařízení včetně základních parametrů důležitých pro porovnávání v rámci jednotlivých kategorií. V druhé části práce bude cílem podrobnější popsání a přiblížení technologií používaných našimi ozbrojenými sbory, především Policií České republiky a Armádou České republiky. V tomto segmentu budou tyto přístroje

posouzeny a bude případně navrženo upravení požadavků na jejich možnou výměnu.

# 1 Historie prostředků pro pozorování

Člověk je stejně jako každý živý tvor limitován svými biologickými vlastnostmi a schopnostmi souvisejícími s jeho tělem a vývojem. Lidské tělo se v historii našeho druhu vyvíjelo směrem, který reflektoval chování a návyky předků. Mezi tyto zvyky patřil spánek v noční době. Tma omezuje jeden z hlavních smyslů člověka a tím je zrak. Stejně jako tma zrak omezuje mlha, prašné prostředí, déšť, ostré světlo nebo také například i vzdálenost. Ačkoli je lidské oko mistrovským výtvozem evoluce, není dokonalé. Z toho důvodu se lidstvo již odnepaměti snaží dokonalosti přiblížit. Chce být lepší, rychlejší, lépe vidět. Naprosto jednoduchý příklad drobného vylepšení zraku je něco tak obyčejného, jako roztažená dlaň přiložená k čelu. Od stínění rukou lidstvo však ušlo kus cesty a naše vynálezy dovolují toto jednoduché gesto daleko předčit, ruku nahradila čepice s kšiltem nebo sluneční brýle. Dlouhé pochody byly nahrazeny dalekohledy a je možné se dívat za roh. Místo pochodně ve tmě jsou k dispozici svítilny či noktovizory. Je dokonce možné pomocí speciálních přístrojů rozpoznávat rozdílné teploty povrchů. Zkrátka je toho mnoho, co se již lidský druh naučil a jistě je ještě více toho, co teprve objeví.

## 1.1 Význam prostředků pro pozorování

Význam těchto zařízení je prostý, vzrůstá potřeba v určitých situacích vidět lépe. Pozorovatel potřebuje vidět dál, ostřeji, jasněji. Jen málokdo si dnes dovede představit svět bez něčeho tak samozřejmého jako jsou již zmíněné sluneční brýle, i ty jsou jakýmsi prostředkem pro pozorování. Tato práce je však zaměřena na prostředky techničtějšího rázu. Jedná se zejména o zařízení, jakými jsou noktovizory, termální kamery a dalších podobné technologie. Slouží především pro usnadnění práce našich klíčových bezpečnostních složek v náročném prostředí a v některých případech bez nich nelze daný úkon vůbec provést. Pachatele na útěku v noci uprostřed lesa prakticky nelze z vrtulníku zahlédnout. K jeho nalezení je třeba užití noktovizoru či termální kamery. Je možné namítnout, že postačí dostatečně silný zdroj světla. V některých případech jistě, avšak světlo se odráží, vrhá stíny a může mást oko pozorovatele. Brýle pro noční vidění na rozdíl od reflektoru světlo nevydávají, nýbrž zesilují takové, které se již existuje.

## 1.2 První pokusy a jejich užití napříč dějinami

Poprvé se tyto prostředky, v pravém slova smyslu, začaly objevovat v první polovině 20. století. První větší rozmach byl zaznamenán těsně před a během 2. světové války, kdy s z mohutných přístrojů stávaly menší, přenosnější modely. Jednalo se o první zesilovače zbytkového světla v historii.

Tepelné snímkování bylo poprvé použito také během 30. let 20. století. Jednalo se však o prototyp s velmi omezenou funkcí, který sloužil spíše orientačně jako součást protivzdušné obrany. V širším spektru se s termokamerami setkáváme v souvislosti s technologií vyvinutou společnostmi *Texas Instruments*, *Hughes Aircraft* a *Honeywell*<sup>1</sup> ve Spojených státech amerických na přelomu 50. a 60. let. Tyto „kamery“ měly být využívány pro vyhledávání nepřítele v nočním prostředí, nicméně se brzy ukázalo, že širší využití najdou i v civilní sféře, zejména pro kontrolu vedení vysokého napětí a pro hasící práce.

---

<sup>1</sup> GROMICKO, Nick a John MCKENNA. *The History of Infrared Thermography* [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.nachi.org/history-ir.htm>

## 2 Druhy prostředků pro pozorování za běžných podmínek

Název „prostředky pro pozorování za běžných podmínek“ se zde může zdát lehce zavádějící. Sledování, například za rohem, není zcela běžnou podmínkou. Tento název slouží spíše pro odlišení od druhé kategorie přístrojů, a to zařízeními používanými v nepříznivých podmínkách.

V této kapitole je uvedeno vše, co slouží k pozorování od dalekohledů, přes bezpečnostní nebo taktická zrcadla až po periskopy či spřažené fotoaparáty. Všechny tyto přístroje, při správném použití, pomáhají lidskému oku objekt pozorování vyhledat, přesněji určit jeho totožnost či umožňují jeho sledování po delší dobu, než by jinak bylo možné. Je to možné například skrze optické zvětšením nebo úpravu úhlu, ze kterého je objekt sledován.

### 2.1 Dalekohledy

První dalekohled sestrojil Hans Lippershey a patentovat ho nechal v roce 1608. Tento „teleskop“ však není pro účely této práce příliš vhodný, byl sestrojen pro pozorování oblohy. Spíše se tak jedná o první velký dalekohled a předchůdce moderního pozorování na dálku. Prvními dalekohledy, které již zařadit do kategorie „přenosné“ zejména kvůli jejich velikosti, byly takzvané námořní dalekohledy. Ty byly využívány na lodích již od 18. století, a to nejen námořními silami různých mocností, ale i piráty, což ukazuje na širokou jejich dostupnost.<sup>2</sup>

V současné době je používáno několik typů ručních dalekohledů:

- Monokulární,
- Binokulární,
- Spřažené s dalším přístrojem.

Monokulární přístroje jsou nejstaršími přístroji tohoto druhu. Z hlediska konstrukce se dělí na refrakční (používají soustavy čoček) a reflexní (využívají soustavy

---

<sup>2</sup> AGE OF SAIL. *Naval Telescopes* [online]. 12.12. 2008 [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: <https://ageofsail.wordpress.com/2008/12/12/naval-telescopes/>

zrcadel). Největší nevýhodou refrakčních dalekohledů bývá jejich délka a relativní křehkost v nepoměru k menšímu zvětšení. Reflexní dalekohledy poskytují podstatně lepší zvětšení, a to 50násobné až 100násobné. V dnešní době lze nalézt už i monokulární dalekohledy, které používají soustavu Porro hranolů, používaných převážně uvnitř binokulárních dalekohledů.

## 2.2 Periskopy

Periskop je pozorovací zařízení sestávající se ze soustavy zrcadel. Nejčastěji se jedná o dvě zrcadla v poloze 45° paralelně proti sobě. Tělo je tvořeno většinou kovovou trubicí či hranatým profilem. Účel tohoto přístroje je prostý, umožňuje pozorovateli vidět za roh, případně za překážku či kryt v němž se nachází.

První periskop sestrojil v roce 1647 Johannes Hevelius. Už v tehdejší době byl spatřován vojenský potenciál tohoto vynálezu. V roce 1854 byl sestrojen nástupce prvního periskopu, který byl výrazně menší a odolnější. Hippolyte Marié – Davy svůj prototyp vytvořil ze soustavy zrcadel a malé kovové trubice. Další ze série vylepšení poskytl světu Simon Lake, když do svých modelů ponorek zakomponoval periskop jako pozorovací zařízení.

Opravdovou oblibu si periskopy získaly během 1. světové války, mezi lety 1914 a 1918. V této době se osvědčily v „zákopové válce“ při pozorování opevnění nepřítele, kdy zároveň poskytovaly kryt vlastním vojákům, zejména před odstřelovači protivníka. Sir Howard Grubb v této době dovedl tento jednoduchý typ přístroje k dokonalosti. V bojích o Gallipoli, mezi lety 1915 – 1916, se periskopy začaly v polních podmínkách kombinovat s puškami a vznikaly takzvané „periskopové pušky“<sup>3</sup>. Koncept tohoto střeleckého systému umožňoval střelci zaměřit cíl z bezpečí zákopu a ostřelovat pozice nepřítele. Tyto nástavby nahrazovali částečně činnost odstřelovačů, kteří byli snadněji zneškodnění nepřítelem.

---

<sup>3</sup> NRA, American Rifleman. *Sniping From Below: Periscope Rifles in World War I* [online]. 5.4.2018 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.americanrifleman.org/articles/2018/4/5/sniping-from-below-periscope-rifles-in-world-war-i/>



Neopomenutelnou součástí historie je použití periskopů zakomponovaných do konstrukce ponorek. Zde umožňuje pozorování hladiny a vyhledávání cíle při mělkém ponoru plavidla bez nutnosti se vynořit úplně.

Mezi zařízení využívající principu periskopu lze zařadit stereoskopické dálkoměry, používané během první světové války a zákopové dalekohledy. Za zmínku jistě stojí též periskopové puškohledy, které lze nalézt i v současnosti. Zaměřovače typu *angle sight*<sup>4</sup> umožňují vést střelbu jak standartním způsobem, tak i střelbu za roh pomocí průhledových zrcadel umístěných uvnitř. V poslední době jsou tradiční periskopy nahrazovány moderním řešením s použitím drobných stetoskopických videokamer a obrazovek. Nejmodernějším zařízením je pak izraelský *Corner Shot*<sup>5</sup>. Tento systém se zjednodušeně sestává z přední části zbraně s kamerou a zadní části zbraně s obrazovkou. Obě části jsou spojeny otočným kloubovým prvkem, a tím umožňují operátorovi pozorování ze skrytu. Výhodou oproti tradičním periskopům je možnost nejen pozorovat, ale i vést palbu zpoza krytu.



Obrázek 1 – Periskop 1.světová válka<sup>6</sup>

<sup>4</sup> GROHMANN, Jan. Accutact ANGLESIGHT: Střelba „za roh“ nebyla nikdy tak snadná. *Armádní noviny - Konzervativní armádní magazín* [online]. 9. 10. 2011 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/accutact-anglesight-strelba-e2809eza-rohe2809c-nebyla-nikdy-tak-snadna.html>

<sup>5</sup> CORNER SHOT ®. *Corner Shot* [online]. Yehuda, Izrael [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://cornershot.com>

<sup>6</sup> NATIONAL MUSEUM OF AMERICAN HISTORY. *Periskop 1. světová válka* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: [https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah\\_1436492](https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_1436492)

## 2.3 Bezpečnostní zrcadla

Pod názvy bezpečnostní zrcadla, dopravní zrcadla či panoramatická zrcadla lze zařadit nepřeberné množství výrobků používaných v různých odvětvích, od průmyslu, přes dopravu až po zabezpečení objektů. Zrcadlo má na rozdíl od tradičních zrcadel vypouklý tvar, připomínající čočku, díky kterému značně rozšiřuje zorný úhel pozorovatele. Jejich užití lze nalézt i u bezpečnostních složek, ať už při zabezpečování objektu nebo i u zásahových jednotek, kde umožňují pozorování potenciální hrozby z bezpečí krytu. Jako příklad těchto malých, ručních zrcadel, lze uvést zrcadla od firmy ESP<sup>7</sup>, dodávané v několika velikostech. Jiná středně velká zrcadla na malých pojezdech se používají například při kontrolách podvozků vozidel v oblastech, kde si to žádá bezpečnostní situace.

## 2.4 Fotoaparáty a videokamery

Fotoaparáty a videokamery jsou v této práci zahrnuty taktéž, zejména z důvodu schopnosti zachytit na ně pozorovaný objekt. Na rozdíl od periskopů, dalekohledů a zrcadel neupravují viděný obraz. Ten je změněn pouze za předpokladu, že je v tomto zařízení integrovaná funkce optického, či digitálního přiblížení. V dnešní době je přítomnost přiblížení samozřejmostí a nechybí téměř v žádném fotoaparátu či videokameře. Hlavním důvodem pro zahrnutí zařízení zachycujících obraz pozorovaného je jejich přítomnost v kombinovaných přístrojích a pozorovacích soustavách, kde slouží k zachycení obrazu, nebo jeho přímém přenosu na obrazovku operátora kamerových systémů.

Historie fotoaparátů a videokamer sahá již do doby známého italského renesančního umělce. Byl to právě Leonardo da Vinci, kdo vymyslel jeden z prvních přístrojů. Byť se může zdát, že jde pouze o kuriozitu, byl tento model označovaný jako *camera obscura* skutečným prapředkem fotoaparátu. Nástroj se skládal z čočky a plátna, na kterém se promítaný obraz obkreslil uhlím.

Na začátku 19. století se při pokusech podařilo vytvořit první negativní snímek. Francouz Joseph Nicéphore Niepce, vynálezce, který došel k prvnímu negativu,

---

<sup>7</sup> ESP: *Euro Security Products* [online]. ČR [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: <https://www.euro-security.info/cs/>

svůj postup zdokonaloval, až roku 1826 došel k první skutečné fotografii v historii. Tu nazval *Pohled z okna v Le Gras*<sup>8</sup> a byla zaznamenána na primitivní fotoaparát. Proces, byl neuvěřitelně zdlouhavý a náročný a není předmětem této bakalářské práce, nicméně zmínka o skutečně prvním fotoaparátu sem jistě patří.

Vývoj fotoaparátu dále pokračoval přes vývoj prvního filmu až k moderním bez filmovým zařízením. Tyto se dnes používají na denní bázi v mnoha odvětvích a jejich vývoj jde stále vpřed. Zvětšuje se množství fotografií, které lze pořídit, jejich rozlišení i věrohodnost barev.

Co se videokamer týče, jejich vývoj probíhal od druhé poloviny 20. století společně s fotoaparáty. První záznam však pořídili o několik let dříve bratři Lumiérové<sup>9</sup>. Tento záznam byl pořízen na takzvaný *kinematograf*. Později byl sestrojen přístroj, jenž lze nazvat kamerou v nám známém slova smyslu, byl to obrázkový dissector Philia Farnswortha. Kamerám bylo nalezeno uplatnění zejména v televizním průmyslu, ale později si našli svou cestu i do sféry ostrahy a dalších.

#### **2.4.1 Bezpečnostní kamery**

CCTV kamery neboli kamery s uzavřeným okruhem jsou samostatnou skupinou. Nelze je zařadit pod cokoli jiného vyjmenovaného z důvodu jejich variability a možnosti fungovat v jakémkoli prostředí, v závislosti na použitém typu. Lze nalézt kamery, které pracují pouze se záznamem, nebo monitorované obsluhou. Vyráběné a používané jsou i takové, které mají snímač infračerveného světla, tedy jsou schopné zaznamenávání, či pozorování i za šera a tmy. Kamery s možností přepnutí do tepelného snímkování také nejsou výjimkou.

#### **2.4.2 Ruční kombinované přístroje**

Tyto prostředky vznikají kombinací dvou či více jiných, samostatně použitelných přístrojů. Mezi takové se řadí například fotoaparát vestavěný do dalekohledu či

---

<sup>8</sup> PHILLIPS, Ian. *Pohled z okna v Le Gras* [online]. 2016 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: <https://www.insider.com/first-photograph-in-history-2016-8>

<sup>9</sup> NATIONAL GEOGRAPHIC. Bratři Lumiérové: Taková hloupost jako film nemá budoucnost! *National Geographic* [online]. 28. 12. 2011 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://www.national-geographic.cz/osobnost-tydne/bratri-lumierove-takova-hloupost-jako-film-nema-budoucnost.html>

laserový dálkoměr sprážený s dalekohledem nebo fotoaparátem. Dnes lze nalézt nepřeborné množství typů těchto zařízení od mnoha výrobců. Za všechny lze jmenovat společnosti jako Bushnell<sup>10</sup> nebo Vortex Optics<sup>11</sup>, které jsou dlouhodobou stálicí na trhu s dalekohledy a přidruženou technikou. S drobnou dávkou fantazie lze jako ruční kombinovaný přístroj zmínit i puškohled se záměrným křížem a dílky. Ten totiž neslouží pouze k pozorování, ale lze s ním i vcelku přesně odhadovat vzdálenost a rychlost pohybu pozorovaného cíle.



Obrázek 2 – Vortex Optics Fury HD 5000<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> BUSHNELL. *Bushnell* [online]. 2021 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://www.bushnell.com>

<sup>11</sup> VORTEX OPTICS. *Vortex Optics* [online]. 2021 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://vortexoptics.com>

<sup>12</sup> VORTEX OPTICS. *FURY HD 5000 AB 10X42* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://vortexoptics.com/fury-hd-5000-ab-10x42.html>

### 3 Ztížené podmínky

Obecné pojetí ztížených podmínek je nám jistě všem známo. Jedná se o nepříznivé vnější vlivy působící na schopnost lidského oka vnímat barvy, vzdálenost, siluetu, velikost nebo dokonce samotnou existenci pozorovaného. Existují podmínky, za kterých je schopnost oka omezena nebo je úplně eliminována. Názorným příkladem je tma. Pod pojmem tmy si průměrný jedinec představí světelnou kondici okolí v noční době. Při dobrém vnímání si ale lze všimnout, že lidské oko se po určité době strávené v tomto prostředí částečně adaptuje (standartně 10 – 20 minut, případně až 45 minut)<sup>13</sup> a jedinec je schopen rozeznávat obrysy objektu pozorování, postupně i o něco zřetelněji než na začátku. To je zapříčiněno částečným zesilováním zbytkového světla přímo v oku samotném. V kontrastu s tradičním pojetím tmy, je tma „téměř absolutní“. Tedy tma, kterou lze pozorovat v místech se zdánlivou absencí jakéhokoli zdroje světla. Jedná se o sklepení, jeskyně nebo jakékoli stavby a přírodní objekty s dostatečnou hustotou a absencí otvorů, kudy dovnitř proniká svit. Totální absenci světla nelze zaručit, z toho důvodu se termín „absolutní tma“ téměř nepoužívá. Dokud existuje dostatečně silné vnější světlo, existuje i možnost vidět ve tmě pouhým okem. Toto vidění je však výrazně limitováno biologickými vlastnostmi oka.

S objasněním pojmu nepříznivých podmínek je nutné též uvést jejich stručný přehled. Mezi ty nejzákladnější se řadí tma, šero, přílišné osvětlení, mlžné podmínky, rozvířený prach, kouř nebo například hustá okolní vegetace.

---

<sup>13</sup> WIKISKRIPTA. Adaptace oka na intenzitu světla: projekt 1. lékařské fakulty a Univerzity Karlovy, příspěvek UK k výukovým zdrojům sítě lékařských fakult MEFANET [online]. 25. 10. 2018 [cit. 2021-11-19]. ISSN 1804-6517. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Adaptace\\_oka\\_na\\_intenzitu\\_svetla](https://www.wikiskripta.eu/w/Adaptace_oka_na_intenzitu_svetla)

## 4 Prostředky pro pozorování za ztížených podmínek a jejich historie

Tyto pozorovací prostředky se dělí na dvě základní kategorie<sup>14</sup>. Těmi jsou prostředky zintenzivňující zbytkové světlo v okolí a prostředky pracující v oblasti vlnových délek tepelného vyzařování těles o běžných teplotách. První zmíněné se nazývají noktovizory, nebo také přístroje pro noční vidění. Druhé jsou jmenované jsou zařízení, jejichž funkci lze shrnout jako detekci tepelného záření, které je pouhým okem neviditelné. K oběma kategoriím bude blíže přistupováno v následujících kapitolách. Nemalou součástí je i vysvětlení pojmu elektromagnetického spektra.

### 4.1 Elektromagnetické spektrum

Jedná se o spektrum neboli pásmo záření, které se dělí podle vlnových délek jednotlivých druhů radiace od těch neškodných a relativně přínosných, až po ty velmi škodlivé. Pro snazší představu o posloupnosti tohoto spektra lze použít jednotlivé vlnové délky záření od největších délek (radiové vlny) až po nejkratší (gama záření). Toto spektrum se dělí na:

- Radiové vlny – více než 1 metr, jedná se o největší neviditelné vlny
- Mikrovlny – 1 m – 1 mm
- Infračervené pásmo - 1 mm - 750 nm (nanometr)
- Pásmo viditelného světla – 750 – 400 nm
- Ultrafialové světlo – 400 nm - 10 nm
- Rentgenové záření – 10 nm a menší
- Jaderné záření gama – menší než 0,01 nm

#### 4.1.1 Infračervené záření

Tento druh záření poprvé objevil v roce 1800 Sir Frederick William Herchel, který se v této době zabýval otázkou, proč různé barvy emitují různé teploty. Na tento problém narazil během výzkumu čoček pro pozorování slunce. Pomocí slunečního

---

<sup>14</sup> TUREČEK, Jaroslav. Policejní technika. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-119-9. Strana 59

záření, které promítal skrz skleněný hranol, objevil světelné spektrum a poté měřil teploty jednotlivých barev. Měřením zjistil, že teplota na povrchu ozářeném určitou barvou se zvyšuje od fialové po červenou. Při tomto experimentu také změřil teplotu v místě hned za poslední barvou (tedy červenou). K jeho údivu naměřil právě tam nejvyšší teplotu. Toto pásmo s tepelnou radiací nazval *černé teplo* nebo jednoduše *neviditelné paprsky*. Principem samotného tepelného snímkování, tedy termografie, je skutečnost, že čím je pozorovaný objekt teplejší, tím více emituje infračerveného (tepelného) záření.

Infračervené záření se nachází na světelném spektru mezi viditelnou červenou barvou a mikrovlnným zářením. Nicméně není přesně známo, kdo se samotným termínem infračervené přišel. Odhadována je pouze doba, a tou je přelom 19. a 20. století.

Tento druh záření se dělí na několik částí, podle vlnové délky.

- Blízké (NIR)
- Krátkovlnné (Short – wavelenght IR – SWIR)
- Střední vlny (MWIR)
- Dlouhé vlny (LWIR)
- Vzdálené (FIR)

Všechna nalézají uplatnění u technologií pro pozorování za ztížených podmínek a rozdíl mezi nimi je právě ve vlnových délkách a frekvencích. NIR existuje ve vlnových délkách 0.75–1.4  $\mu\text{m}$  a používá se nejčastěji pro noční vidění. SWIR s vlnovou délkou 1.4–3  $\mu\text{m}$  slouží převážně při kontrolách a pozorování. MWIR 3 – 8  $\mu\text{m}$  je spolu s LWIR ve vlnových délkách které používá technologie termovize. LWIR délka vln je 8–15  $\mu\text{m}$  a FIR od 15 do 1000  $\mu\text{m}$  (tento druh se používá například ve zdravotnictví). NIR se nejvíce blíží viditelnému světelnému spektru, a tak je možné některé přístroje operující právě s touto kategorií IR záření pozorovat pouhým okem. V některých případech se uvádí pouze stručnější dělení na vzdálené, střední a blízké IR.

## 5 Termovizní přístroje a jejich konstrukce

Termovize, jak už sám název napovídá, je prostředkem pro vidění tepelných stop a jejich rozdílů oproti okolním teplotám. Jedná se o elektronické zařízení, které je v dnešní době používané v mnoha odvětvích a lze jej nalézt v mnoha podobách. V následujících kapitolách bude stručně vysvětlena historie této technologie, princip jejího fungování a prvky konstrukce.

### 5.1 Termokamery – historie

Jak již bylo zmíněno hned v úvodu této práce, první přístroje, které zvládaly orientační termografické snímky, sestrojili v Británii okolo roku 1929<sup>15</sup>. Tyto primitivní termokamery sehrály nemalou roli při pozdějším konfliktu jako součást protivzdušné obrany jak Spojeného království Velké Británie, tak Spojených států amerických. Dalšího zřetelného pokroku docílili vědci v roce 1947, kdy vznikl první stabilní termografický snímek, tedy termogram. Proces byl však velmi zdoluhavý a trval téměř hodinu. V 70. letech byla technologie pokročilejší, ovšem stále daleko od dokonalosti. K správnému fungování bylo nutné procesory termokamer chladit na velmi nízké teploty, a právě z důvodů přídavného chlazení se jednalo o přístroje velmi velké a těžké. Jejich váha se pohybovala přibližně okolo 20-30 kilogramů, tedy ještě ne zcela manipulovatelné přístroje. Během následujících let byl vyvinut typ procesoru, který nebylo potřeba dodatečně chladit. To vedlo ke zmenšení zařízení a jeho většímu a širšímu použití. První lehčí kamery byly použity například hasiči Královského námořnictva při hašení požárů lodí během bojů o Falklandské ostrovy v roce 1982. Od 80. let, kdy vznikaly první ruční nechlazené kamery, je technologie posouvána dopředu a stává se stále dostupnější. V dnešní době lze sehnat množství variací přístrojů různých tvarů a funkcí podle jejich určení. Mezi největší odvětví se řadí například stavebnictví (prověřování tepelné izolace domů), elektrotechnické práce (zjišťování stavu rozvodů), zdravotnictví, hasící práce a v neposlední řadě také široké užití u ozbrojených sborů. V současné době je největším výrobcem a šířitelem technologií společnost *Teledyne FLIR LLC*, která

---

<sup>15</sup> SPEEDIR THERMAL VISION. *The History of Thermal Imaging Cameras* [online], 15.4.2020 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://speedir.com/blog/the-history-of-thermal-imaging-cameras/>



se v oboru pohybuje od založení v roce 1978 pod tehdejším názvem *FLIR Systems*.

## 5.2 Termokamery – princip funkce konstrukce

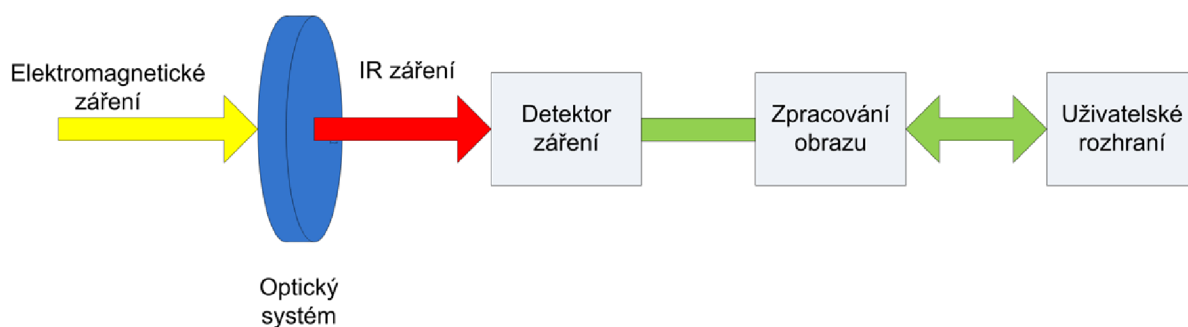
Princip funkce termokamery spočívá ve využívání IR záření, a to bezkontaktním způsobem. Narozdíl od noktovizních přístrojů (zesilujících zbytkové světlo) se zde ovšem nejedná o NIR (blízké – infračervené záření), ale o tepelné IR záření emitované objekty a jejich okolím. Následným porovnáváním zjištěných teplot je zařízením tvořen obraz, u nejmodernějších modelů s přesností až jedné desetiny stupně Celsia<sup>16</sup>.

Nespornou výhodou zařízení je skutečnost, že jeho funkci nelimitují světelné podmínky, mlha, kouř ani další vlivy, které jinak velmi ovlivňují zařízení pro zesilování zbytkového světla (noktovizory). Další velkou výhodou je větší dosah, který v případech nových výkonnějších modelů je i několik kilometrů bez nutnosti přísvitů. Přestože je s termokamerou možné pozorovat skrze množství různých materiálů, jsou i takové, které tomuto zabraňují. Jedná se o sklo, které působí jako zrcadlo pro tepelnou radiaci, dalšími jsou lesklé povrchy tenkých kovových předmětů (například některé kryty zařízení). Stěny jsou taktéž problémem, neboť zajišťují ve většině případů dostatečnou izolaci.

Každá kamera schopná tvorby tepelného snímku musí mít určité části, těmi zde jsou optika ve formě čočky z germania s antireflexní vrstvou, detektor a popřípadě zesilovač IR záření, procesorová jednotka pro zpracování obrazu a samotný displej nebo jiné uživatelské rozhraní. Od těchto komponent se také odvíjí parametry dané termokamery.

---

<sup>16</sup> Teledyne FLIR LLC. *TELEDYNE FLIR – Thermal Imaging Cameras* [online]. [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: <https://www.flir.com/discover/ots/thermal-vs-night-vision/>



Obrázek 3 – Konstrukce termokamer<sup>17</sup>

### 5.2.1 Parametry termokamer

Teplotní rozsah znamená schopnost měřit nejnižší a nejvyšší teplotní bod. V dnešní době lze měřit přibližně mezi  $-40^{\circ}$  až  $+3000^{\circ}\text{C}$ .

Parametr teplotní citlivosti vyjadřuje, jak velký rozdíl musí být mezi měřenými objekty, aby byl zaznamenanatelný. Tento rozdíl musí být větší, než šum, nebo nepřesnost přístroje.

Přesnost stanovení teploty se pohybuje podle kvality zařízení od  $\pm 2\%$  nebo  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , u nejkvalitnějších kamer se jedná o  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Spektrální rozsah se odvíjí od vlnových délek, se kterými daná technologie pracuje, nejčastěji se pohybuje od  $8\mu\text{m}$  až  $14\mu\text{m}$ .

Posledním parametrem je rozlišení obrazu uživatelského rozhraní, to je ovlivněno počtem pixelů na obrazovce detektoru IR záření. Spektrum rozlišení se pohybuje od  $60 \times 60$  pixelů až po  $1024 \times 768$  pixelů, standardem je rozlišení  $320 \times 240$  pixelů.

### 5.3 Jednotlivé typy termokamer

Přístroje pro tepelné snímkování lze nalézt v široké škále tvarů a typů podle použití. Mezi nejčastější dělení se řadí termokamery s tepelným detektorem a s kvantovým detektorem, dále stacionární kamery a ruční kamery, a jako poslední jsou zařízení pro vidění v noci.

<sup>17</sup> TERMOKAMERA.CZ. *Konstrukce termokamer* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/konstrukce-termokamery/>

Přístroje s tepelným detektorem mají oproti těm s kvantovým detektorem nevýhodu nižší citlivosti a konstrukce pro jednotné vlnové pásmo. Kvantové detektory jsou konstruovány pro vyšší citlivost a libovolné vlnové pásmo. Dalším z rozdílů je, že tepelné kamery mívají nižší rozlišení, tento rozdíl je však již v dnešní době pomalu smazáván. Posledním zásadním rozdílem je chlazení, to mají kvantové detektory na rozdíl od tepelných vždy.

Ruční kamery jsou oproti těm stacionárním používány zcela jiným způsobem. Ruční mají téměř vždy displej s uživatelským rozhraním, zatímco stacionární jsou propojeny s počítačem, kam přenášejí, jak obraz v reálném čase, tak popřípadě i svůj záznam. Pevné kamery se používají na ostrahu, dále monitoring procesů při kterých vzniká nadměrné teplo, nebo například v protipožárním sektoru.

Vidění v noci je jedna z vlastností všech termokamer, nepotřebují ke své funkci světlo. Aby bylo možno se podle takovéto kamery ve tmě orientovat a pohybovat, je potřeba vyšší citlivosti a vyššího rozlišení a podstatně větší dosah. Termokamery pro vidění v noci jsou častěji nastaveny na černobílé zobrazení pro snazší přizpůsobení lidského oka obrazu. Největší uplatnění nachází tento typ kamer u ozbrojených sil a bezpečnostních sborů jako klíčová technologie pro zjišťování a sledování pohybu zájmových osob či předmětů. Může se jednat o přístroje ve formě ručních monokulárů, binokulárů, předsádek před optiky nebo pevných pozorovacích kamer.



Obrázek 4 – Tepelný snímek tří postav<sup>18</sup>

<sup>18</sup> TELEDYNE FLIR. *Tepelný snímek tří postav* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.flir.com/discover/security/thermal/insights-from-the-field-how-thermal-cameras-safeguard-remote-substation-perimeters/>

### 5.3.1 Clip On Thermal Imager a Enhanced Clip On Thermal Imager

Clip On Thermal Imager, zkráceně COTI<sup>19</sup>, je přístroj používaný k rozšíření využitelnosti noktovizorů přidáním funkce termovize. Slouží k zviditelnění tepelných stop při současném zachování obrazu nočního vidění promítáním přímo na objektiv noktovizoru. Jeho použití je snadné a nezasahuje do konstrukce samotného zařízení pro noční vidění, pouze se nasadí na samotný přístroj pomocí vlastního upevnění, není tedy potřeba žádné další speciální vybavení pro montáž. COTI poskytuje výhodu spojení svou technologií v dostupné ceně a relativně kompaktní velikosti. Jako nevýhodu lze přičíst nízký zorný úhel 20° a váhu 150 gramů. Oba tyto parametry byly v novější verzi ECOTI<sup>20</sup> upraveny na zorný úhel 30° a váhu okolo 110 gramů. Mezi verzemi COTI a ECOTI uplynula doba téměř deseti let. Obě zařízení používají k napájení baterie CR123, což jsou baterie obecně velmi často používané v podobných zařízeních.



Obrázek 5 – COTI<sup>21</sup>

<sup>19</sup> Clip On Thermal Imager. *US Night Vision* [online]. 2021 [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: <https://usnightvision.com/coti-clip-on-thermal-imager-pas-29a/>

<sup>20</sup> ECOTI. *TNVC* [online]. 2021 [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: <https://tnvc.com/shop/optics1-e-coti/>

<sup>21</sup> SAFRAN - GROUP. *COTI* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.safran-group.com/products-services/ecoti-enhanced-clip-thermal-imager-soldiers-night-vision-devices>

## 5.4 Pozorovací soustavy

Do této kategorie lze zařadit také pozorovací soustavy. Je tomu tak z důvodu, že pozorovací soustava se v naprosté většině případů skládá z přístroje pro denní pozorování, přístroje pro pozorování v noci a dalších specifických prostředků. Parametry jsou vždy velmi rozdílné podle typu vozu, potřeby uživatele a samotného určení soustavy. Mezi ty, jež na našem území lze spatřit, se řadí dělostřelecký pozorovací a průzkumný komplet LOS, průzkumný komplet SNĚŽKA. Dále jsou to soustavy ve věžích kolových bojových vozidel PANDUR II RCWS 30, bezosádkové prostředky UGV<sup>22</sup> nebo policejní monitorovací vozidla s termovizí SMV.

U vojenských kompletů LOS a SNĚŽKA lze nalézt podobnosti sensorových hlav systémů. Na obou je namontována denní a noční kamera, laserový dálkoměr a zaměřovač cílů. U modelu SNĚŽKA je navíc instalována termovizní kamera, samostatná přehledová kamera a meteosnímač s radiolokátorem. Dosahy jednotlivých přístrojů se u kompletů liší, ve všech parametrech je SNĚŽKA o něco výkonnější než LOS. Dosah dálkoměru až 20 km, dosah kamer pro denní pozorování podle detailu od 6 (nejdetailnější) až po 18 kilometrů (nejméně detailní – přehledová), termovizní kamera 5 až 14 kilometrů. Lepším parametrům pomáhá i bojová výška vozidla, která činí 15 metrů.

Vozidla s termovizí SMV<sup>23</sup>, používaná například cizineckou policií ČR od firmy EVPÚ Defence a.s., obsahují sensorovou hlavu složenou z denní kamery, moderní chlazené termovizní kamery, laserového dálkoměru, GPS a kompasu. Montáž zařízení probíhá například na vozidla VW Crafter.

---

<sup>22</sup> VOJENSKÝ TECHNICKÝ ÚSTAV. *LOS, SNĚŽKA, UGV* [online]. [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: <https://www.vtusp.cz/produkty/pruzkumne-a-monitorovaci-systemy/automatizovany-bezosadkovy-pruzkumny-pozemni-prostredok-ugv-pz/>

<sup>23</sup> EVPÚ DEFENCE. *Mobilní elektro-optické systémy: Monitorovací vozidla s termovizí SMV* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://www.evpudefence.com/cs/p-monitorovaci-vozidla-s-termovizi-smv>



Obrázek 6 – VW Crafter s termovizí SMV<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> EVPÚ DEFENCE. *VW Crafter s termovizí SMV* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.evpufence.com/cs/p-monitorovaci-vozidla-s-termovizi-smv>

## 6 Přístroje pro pozorování v noci

Noktovizory (neboli také NVD – night vision device<sup>25</sup>) jsou elektro – optickými (lze použít i termín optoelektronickými) zařízeními, které zesilují zbytkové osvětlení v okolním prostředí. Záleží tedy na aktuálních podmínkách a na technologii použité v daném zařízení. První generace noktovizorů fungovaly jen za jasných nocí a s infračerveným přísvitem, který prozrazoval polohu uživatele. Od tohoto bylo postoupeno přes přístroje, které nepotřebují přísvit a stačí jim jen noční obloha až po přístroje které si zbytkové světlo vytvoří minimálním zdrojem IR záření a jsou tedy schopné pracovat i v naprosté tmě, například v jeskyních.

První pokusy o funkční zesilovač zbytkového světla se objevili během druhé světové války na korbách tanků, tehdy nacistického Německa. Tyto přístroje byly na dnešní poměry primitivní, avšak v té době to byl obrovský skok v technologiích a v nočním boji. Souhrnně se tyto přístroje označují jako generace 0 a přinesly novou vývojovou větev prostředků tehdy pro boj, dnes již nejen ten. Od té doby se ve vývoji následujících zařízení nejvíce angažují Spojené státy americké, které si přisvojují mnoho pokroku v této oblasti. Z USA se také rozšířil asi nejpoužívanější systém značení generací noktovizorů.

Z hlediska užití a zamýšlené funkce v dnešní době rozeznáváme 4 základní druhy noktovizorů<sup>26</sup>:

1. Brýle pro noční vidění,
2. Monokulární přístroje,
3. Binokulární přístroje,
4. Noktovizní zaměřovače a předsádky k dalekohledům.

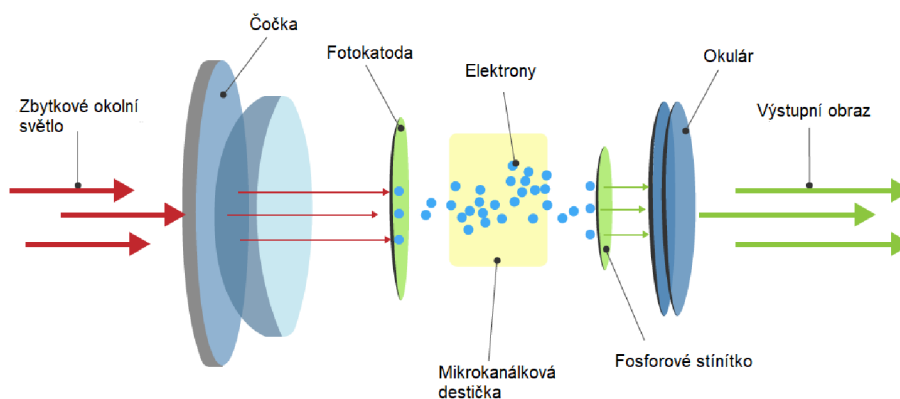
---

<sup>25</sup> Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic a U.S. Department of Homeland Security. *Night Vision Technologies Handbook: SAVER* [online]. USA, 2013 [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: [https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB\\_1013-508.pdf](https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB_1013-508.pdf) Strana 1

<sup>26</sup> CHRZANOWSKI, K. *Review of night vision technology. OPTO-ELECTRONICS REVIEW* [online]. Association of Polish Electrical Engineering and Polish Academy of Sciences in cooperation with Military University of Technology, 2013, 15.5., **21**(2), 153–181 [cit. 2021-8-11]. ISSN 1896-3757. Dostupné z: doi:10.2478/s11772-013-0089-3 Strana 154

## 6.1 Konstrukce

Společným prvkem je pro všechny noktovizory náročná konstrukce a složitost výroby. Každý přístroj se skládá z částí jako jsou objektiv, fotokatoda, mikro – kanálková destička, zdroj energie, fosforové stínítko a okulár. Složení se může měnit podle generace přístroje, ale v základě je přibližně stejné. Do naprostých detailů konstrukce jednotlivých generací zde nebude zacházeno, neboť tato práce není primárně zaměřena jen na noktovizory, byť mají největší podíl. Samotný noktovizor funguje, na principu zesilování zbytkového světla (odtud anglický název Image Intensifier - I<sup>2</sup> <sup>27</sup>). Toto světlo ve formě fotonů prochází přední čočkou (objektivem) do trubice fotonásobiče, kde se mění na elektrony. Elektrony jsou poté procesem, jenž záleží na generaci přístroje, znásobeny a promítány skrz fosforové stínítko na okulár. U fosforového stínítka je důležité znát druh použitého fosforu, ten ovlivňuje barvu výsledného obrazu (viz Tabulka 3). Nejčastější barvou je žluto-zelená, lze se ovšem setkat s druhy čistě v zelených odstínech. Mezi uživateli oblíbené patří bílo-modré zabarvení fosforů P45 a P47, které je nejpříjemnější lidskému oku. Tuto barvu označuje u specifikací noktovizoru většinou nápis „bílý fosfor“.



Obrázek 7 – Schéma konstrukce noktovizoru<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic a U.S. Department of Homeland Security. *Night Vision Technologies Handbook: SAVER* [online]. USA, 2013 [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: [https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB\\_1013-508.pdf](https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB_1013-508.pdf) Strana 1

<sup>28</sup> THE PROFESSIONAL'S SOURCE. *Schéma konstrukce noktovizoru* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.bhphotovideo.com/explora/amp/outdoors/buying-guide/night-vision-101-seeing-dark>



Pro uživatele je důležité, aby znal jednotlivé konstrukční rozdíly mezi druhy přístrojů. Jsou rozlišovány přístroje čistě elektronické (digitální), zařízení analogová (standardní nejrozšířenější forma noktovizoru). Dalším z konstrukčních rozdílů je poté dělení přístrojů na binokulární, monokulární, s jedním okulárem či dvěma a pouze jednou čočkou. Nutno také v současné době zmínit netradiční přístupy, například použití čtyř, slangově „trubek“. Jedná se o samostatná noktovizní zařízení spojená do jednoho přístroje. Tím jsou brýle GPNVG – 18. Dalším ne zcela tradičním přístrojem je průhledový AN/PVS – 21, kdy se uživatel nedívá skrze přístroj, ale obraz je mu opticky promítán na průhledový zorník mimo „trubku“.

## 6.2 IR záření a noktovizory

Ruku v ruce s nočním viděním jde i problematika samotného světla. Pokud je používán zesilovač zbytkového světla, tedy  $I^2$ , je nutné, aby se v okolí nacházelo alespoň nějaké minimální osvětlení. Pokud tomu tak není je nutno využít přídatný zdroj světla. Tato situace nastává například při vstupu do podzemí. V tento moment lze využít světla, které za určitých vlnových délek nelze zachytit lidským okem, tedy infračerveného. Toto světlo promítáme použitím IR přísvitu noktovizoru, jinými slovy svítilny, která má tuto funkci.

### 6.2.1 Kamery zesilující zbytkové světlo - Infračervené kamery

Infračervené kamery lze řadit pod kapitolu nočního vidění. Jedná o přístroje, které ke své činnosti potřebují, tak jako první generace noktovizorů zdroj IR světla. Toto světlo se následně odráží od objektu zpět do kamery, kde pomocí elektronického procesu vzniká obraz. Tyto kamery mají ovšem vysokou cenu a krátký dosah<sup>29</sup>. Často nalezneme označení infrakamery u termokamer a naopak. To kvůli skutečnosti, že obě zařízení pracují se stejným druhem záření, tedy s infračerveným tepelným zářením, nicméně každé jiným způsobem. Infrakamery jsou aktivními přístroji, zatímco termokamery pasivními<sup>30</sup>. Ve zkratce, kamery

<sup>29</sup> Teledyne FLIR LLC. *TELEDYNE FLIR - Infrared Illuminated Cameras* [online]. [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: <https://www.flir.com/discover/ots/thermal-vs-night-vision/>

<sup>30</sup> SKOČOVSKÁ, Petra. *Pozorování za ztížených podmínek* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2021-8-12]. Dostupné z:

zesilující zbytkové světlo pracují na stejném principu jako noktovizory (zesilují světlo již existující), zatímco termokamery pracují s rozdíly v teplotách objektů, tedy zviditelňují teplo emitované ve formě IR paprsků.

### 6.3 Generace přístrojů pro noční vidění

Co se generací noktovizorů týká, nepanuje obecná shoda v jejich dělení. Jako generace by bylo možné označit spoustu dodatkových technologií a patentů různých firem na vylepšení a sražení ceny u jednotlivých přístrojů. Zahnutí těchto patentů mezi generace by znamenalo vcelku nepřehledný zmatek, kdy výrobce přidáním novější čočky vytvoří další generaci. V základě se tato práce věnovat generacím 0, 1, 2, 2+, 3 a generace 3+ (nebo generace 4), podle dělení použitého v materiálech podpořených Ministerstvem pro vnitřní bezpečnost USA (U.S. Department of Homeland Security)<sup>31</sup>.

#### 6.3.1 Generace 0

První noktovizní zařízení byla představena již během druhé světové války. Koncept využití vidění v noci během boje poprvé navrhli důstojníci německé armády už okolo roku 1939. Tuto technologii se jim podařilo implementovat, byť v malé míře, už během 2. světové války.<sup>32</sup> V této době také vlastní zařízení vyvinuli Spojenci a úspěšně první prototypy nasadili ke konci války. Tato technologie zažila první velké nasazení ve válce v Koreji, kde ji používali Spojené státy americké.<sup>33</sup>

---

[https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/105394/SKO0042\\_FBI\\_B3908\\_3908R005\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/105394/SKO0042_FBI_B3908_3908R005_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Doc. RNDr. Jiří Švec, CSc. Strana 35

<sup>31</sup> Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic a U.S. Department of Homeland Security. *Night Vision Technologies Handbook: SAVER* [online]. USA, 2013 [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: [https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB\\_1013-508.pdf](https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB_1013-508.pdf) Strana 3

<sup>32</sup> The History of Night Vision Technology. *NightVision Australia* [online]. 2021 [cit. 2021-8-13]. Dostupné z: <https://www.nightvision.com.au/the-history-of-night-vision-technology/>

<sup>33</sup> Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic a U.S. Department of Homeland Security. *Night Vision Technologies Handbook: SAVER* [online]. USA, 2013 [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: [https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB\\_1013-508.pdf](https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB_1013-508.pdf) Strana 2

Jednalo se o zařízení velmi křehká a velmi prostorově výrazná<sup>34</sup>. Němci první zařízení nasadili na korbách tanků, a to v počtu jednotek kusů. V té době byly noktovizory převážně aktivními přístroji z důvodu nízkého výkonu zesilovače jasu obrazu. Ke své činnosti potřebovaly přístroje generace 0 silný zdroj IR záření, tedy přisvit ve formě svítilny.

Vzhledem k omezenému počtu vyrobených zařízení lze jen stěží vypisovat všechny variace a prototypy. Těmi nejdůležitějšími jsou německé přístroje montované na tanky Panter s označením FG 1250 „Sperber“ (Krahujec). Dále německý pěchotní přístroj ZG 1229 „Vampir“, jehož nositeli se přezdívalo „Nachtjäger“ neboli noční lovec. Je důležité zmínit, že tento přístroj byl jeden z prvních a jen samotný zdroj napájení vážil 13,5 kilogramu, celý komplet poté 15 kilogramů. Poslední zmíněný prototyp je americký zaměřovač M2 montovaný na karabinu M1. Tato sestava dostala dle amerického označovacího systému přezdívku T3 a poprvé byla nasazena do boje při tažení v Tichém oceánu.



Obrázek 8 - M2 Sniper scope - T3<sup>35</sup>

### 6.3.2 Generace 1

U přístrojů první generace vyvinuli konstruktéři novou fotokatody (S20) s vyšší citlivostí na světlo, konkrétně 160  $\mu\text{A}/\text{lm}$  ( $\mu\text{A}/\text{lm}$  = mikroampér/lumen světelnosti), které následně zesílilo až 1000krát. A to dokonce až do té míry, že za určitých podmínek nebylo nutné přístroj podporovat přisvitem, například za jasných nocí

<sup>34</sup> CHRZANOWSKI, K. Review of night vision technology. *OPTO-ELECTRONICS REVIEW* [online]. Association of Polish Electrical Engineering and Polish Academy of Sciences in cooperation with Military University of Technology, 2013, 15.5., **21**(2), 153–181 [cit. 2021-8-11]. ISSN 1896-3757. Dostupné z: doi:10.2478/s11772-013-0089-3 Strana 157

<sup>35</sup> CANFIELD, Bruce. *M2 Sniper scope - T3* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.americanriflemans.org/content/the-t3-carbine-first-nvg-equipped-fighting-rifle/>

při silném svitu měsíce. Technologie a konstrukce zůstala přibližně stejná, pouze v menších rozměrech, to zajistila právě zmíněná nová fotokatoda.

Mezi přístroje se řadí kousky jako AN/PVS – 1 Starlight scope, nebo PAS 6 Varo Metascope. Lze samo sebou nalézt mnoho rozličných dalších zařízení této kategorie, a to hlavně z důvodu nízké produkční ceny v dnešní době a velkého počtu zájemců z řady veřejnosti.

### 6.3.3 Generace 2

Tím největším dosavadním pokrokem v oblasti noktovizorů je generace 2, představená okolo roku 1970. Stalo se tak vylepšením všech komponent, například fotokatody na typ S25 (s citlivostí na světlo až 360  $\mu A/lm$ ) a příchodem zcela nové součásti přístroje. Touto součástí byla mikrokanálková destička (v angličtině micro-channel plate MCP<sup>36</sup>). Tato destička, kterou prochází elektrony vyzařované fotokatodou, v sobě má doslova miliony drobných dírek, tedy kanálků (odtud název). Elektron, který vejde do destičky, svým průchodem naráží do stěn kanálku, a tím se dělí na další elektrony, čímž ještě více zesiluje zbytkové světlo promítané na fosforové stínítko a to až 20 000krát. Tato generace je skutečnou revolucí v nočním vidění, neboť předchozí přístroje zcela postrádali technologii MCP čímž měli nízkou kvalitu a světlost obrazu.

---

<sup>36</sup> CHRZANOWSKI, K. Review of night vision technology. *OPTO-ELECTRONICS REVIEW* [online]. Association of Polish Electrical Engineering and Polish Academy of Sciences in cooperation with Military University of Technology, 2013, 15.5., **21**(2), 153–181 [cit. 2021-8-11]. ISSN 1896-3757. Dostupné z: doi:10.2478/s11772-013-0089-3 Strana 158



Obrázek 9 – AN/PVS – 5<sup>37</sup>

Jelikož je tato generace přelomovým bodem v této technologii, lze tu nalézt opravdu zajímavé modely z dílen různých výrobců po celém světě. Jedná se například o model AN/PVS – 5. Tyto jsou jedny z prvních výkonnějších brýlí pro noční vidění, používaných i piloty. Z dnešního hlediska se samozřejmě jedná o bezpečnostní riziko pokusit se s nimi pilotovat, nicméně v té době to byl obrovský skok dopředu. V dnešní době, kdy velký počet výrobců uvádí na trh stále nové a nové přístroje, se lze s generací dvě setkat v jakékoli formě a tvaru noktovizoru. Je například možné se setkat s přístrojem, který obsahuje trubici generace dvě a tělo odkazuje na pozdější přístroje generace 2+ nebo rovnou 3.

### 6.3.4 Generace 2+

I když generace 2+ není vždy uznávána jako jedna z oficiálních vývojových větví, je důležité ji zde zmínit. V této generaci se uplatnil nový druh fotokatody a nový, vylepšený druh MCP. Citlivost fotokatody byla oproti generaci dvě zvýšena více než dvakrát. První přístroj představila společnost *Photonis company* v roce 1989<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> THEFIREARMBLOG. AN/PVS - 5 [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.thefirearmblog.com/blog/2021/09/10/friday-night-lights-pvs-5/>

<sup>38</sup> CHRZANOWSKI, K. Review of night vision technology. *OPTO-ELECTRONICS REVIEW* [online]. Association of Polish Electrical Engineering and Polish Academy of Sciences in cooperation with Military University of Technology, 2013, 15.5., 21(2), 153–181 [cit. 2021-8-11]. ISSN 1896-3757. Dostupné z: doi:10.2478/s11772-013-0089-3 Strana 160

Přístroje řady 2+ také trpí stejným počtem variací jako zařízení předchozí generace. Lze nalézt velké množství různých druhů brýlí, předsádek a zaměřovačů, které jsou stavěné za použití podobných technologií a dílů. Často se liší v nepříliš zásadních parametrech. Lze zmínit například model společnosti Armasight, SIRIUS GEN 2+.

### **6.3.5 Generace 3**

S vývojem nové fotokatody na bázi směsi galia a arsenu, která poskytuje podstatně větší zesílení obrazu, přišla na přelomu 90. let nová generace nočního vidění. Tyto přístroje byly poprvé nasazeny ve Válce v Perském zálivu, především při operaci Pouštní Bouře. Jejich největší předností je zvýšená odolnost a životnost přístroje (a to až na 10 000 hodin<sup>39</sup>) a jas zesílený až 50 000krát. Výskyt této generace na trhu je značně omezen výrobci, kteří je prodávají převážně vojenským a vládním subjektům.

Brzy po svém vzniku se v této kategorii vyrobilo množství modelů noktovizorů. Dokonce se zdá, že generace 3 přinesla největší rozmach v unikátnosti a rozmanitosti jednotlivých přístrojů. Od AN/PVS – 7 přes AN/PVS – 14 až po AN/PSQ – 20 se jedná o opravdu širokou škálu využívanou po celém světě.

### **6.3.6 Generace 3+**

Přístroje generace 3+ jsou v popkultuře podporované formou vyobrazování ve filmech a zábavních pořadech. Důvody proto jsou jejich až futuristický vzhled, a také téměř bezchybná funkčnost. Tyto přístroje, někdy mylně označované jako generace 4, se začaly objevovat po roce 2000. Při rozboru změn konstrukce se znovu jedná o trubici noktovizoru, která se u této generace dělí na dva druhy. Jsou to takzvané filmless a thin-filmed, tedy trubice postrádající ochranný film a trubice jenž tento prvek mají. První zmíněné jsou určeny především pro klidnější nasazení, například na helmách pilotů. Je tak činěno z důvodu náchylnosti na mechanické poškození. Druhý typ je podstatně odolnější a poskytuje ochranou funkci noktovizoru proti přesvícení. Tato funkce se anglicky nazývá „gating“ či

---

<sup>39</sup> BORISSOVA, Daniela. *NIGHT VISION DEVICES Modeling and Optimal Design* [online]. Sofia - Bulgarian Academy of Sciences: Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2015 [cit. 2021-9-3]. ISBN 978-954-322-829-4. Strana 23

„auto-gate“ (ATG). Při příliš silném zdroji světla vcházejícího do noktovizoru se zařízení uzavře, čímž předejde poškození jako u starších generací. Díky této dodatečné ochraně se výdrž přístroje pohybuje okolo 15 tisíc hodin provozu. Jedná se o nejrozšířenější přístroje u profesionálních armád světových velmocí, jakými jsou například USA. Tato generace je srovnatelná s typem XR5 od firmy *Photonis*, ty jsou ovšem podstatě modernější a přestojí i vystavení dennímu světlu<sup>40</sup>.

Nejprominentnějším zástupcem je GPNVG – 18 (Ground panoramic night vision goggles). Jedná se o panoramatické noční vidění se zorným úhlem 97°. Tohoto zorného pole je docíleno sestavou hned čtyř samostatných trubic. Uveden na trh společností *L3Harris*, je tento noktovizor stále představitelem toho nejlepšího v této kategorii prostředků pro pozorování. Jako jeho potenciální nástupce se před nedávnem objevil model AN/PVS – 21. Toto zařízení společnosti *STEINER eOptics*, označované také jako LPNVG (Low profile night vision goggles – nízko profilové brýle pro noční vidění), se vyznačuje průhledovým hledím, které zaručuje, že jeho operátor uvidí i při vypnutí noktovizoru. Taktéž poskytuje minimální zkreslení při pozorování a pohybu, díky absenci dlouhého tubusu před okem. Jedná se o jeden z nejmodernějších a nejvšestrannějších přístrojů, jehož koupi zvažuje dle některých zdrojů i Armáda České republiky.



Obrázek 10 – GPNVG – 18<sup>41</sup>

---

<sup>40</sup> BORISSOVA, Daniela. *NIGHT VISION DEVICES Modeling and Optimal Design* [online]. Sofia - Bulgarian Academy of Sciences: Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2015 [cit. 2021-9-3]. ISBN 978-954-322-829-4. Strana 24

<sup>41</sup> L3HARRIS. *GPNVG - 18* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.l3harris.com/all-capabilities/ground-panoramic-night-vision-goggle>

## 6.4 Generace společnosti Photonis a program OMNIBUS

Společnost *Photonis* je největší evropský výrobce noktovizorů. Tato firma, zastává názor, že generace představené světu výrobci z USA jsou zavádějící a nepřesné. Právě z toho důvodu představil *Photonis Technologies SAS* vlastní kategorie jimi patentované. Těmi jsou:

- 1. Gen II Plus® - 468 FOM
- 2. SuperGen® - 1071 FOM
- 3. XD4® - 1472 FOM
- 4. XR5® - 2016 FOM

Rozdělují se a základě dvou parametrů, rozlišení a poměr signálu k šumu (SNR – signal to noise ratio). Popřípadě lze dělit podle souhrnu těchto dvou parametrů, kterým je jednotka kvality noktovizoru FOM (Figure of Merit). Výhoda jednotek FOM je v tom, že lze snadněji změřit bez poškození přístroje a jedná se snad o jediný měrný systém, který přijali všichni výrobci.

Na základě jednotky FOM je také v USA založen systém exportu nočního vidění, kdy přístroje s výkonem větším než 1400 FOM nesmí být, až na výjimky exportovány za hranice Spojených států amerických.

### 6.4.1 Program Omnibus

Program Omnibus je dalším členěním generací noktovizorů. Používá se při velkých zakázkách a jeho autorem jsou výrobci z USA. Rozděluje zařízení do sedmi kategorií (OMNI I – OMNI VII) podle parametrů jako jsou rozlišení, FOM, materiál fotokatody či druh použitého fosforu.

Dělí se na následující skupiny:

- OMNI I je nejstarším druhem používaným od roku 1982, FOM činí 583;
- OMNI II se zvýšenou jednotkou FOM na úroveň 729, zařízení používána od roku 1985;
- OMNI III je kategorie používaná od roku 1990, poprvé zde byla možnost výměny fosforu P20 za P43. FOM zde dosahuje hodnoty 969;



- OMNI IV a OMNI V jsou generace vytvořené v letech 1995 – 1999, obě dosahují hodnot FOM 1344 a u obou je použit výhradně fosfor P43;
- OMNI VI – prvním generace přístrojů vyvinutých v 21. století s 1600 FOM;
- OMNI VII – nejnovější generace roku 2006 s 1792 FOM.

## 6.5 Brýle pro noční vidění

Brýle pro noční vidění, často označované jako NVG, tedy Night Vision Goggles jsou noktovizorem uzpůsobeným pro nošení přímo na hlavě vojáka (či policisty), nejčastěji za použití montáže na helmu nebo nosiče, který přilbu nahrazuje. V oblasti NVG je potřeba dbát na skutečnost, že brýle značně omezují zorné pole nositele, a to na 40 - 60°<sup>42</sup>, přičemž přibližné zorné pole lidského oka je 135° horizontálně a okolo 180° vertikálně<sup>43</sup>. Nutno podotknout, že zorné pole zahrnuje vždy i periferní vidění, tedy část pole, kam se naše oko nesoustředí. S omezením souvisí také nutnost naučení se orientace s tímto přístrojem, která je zejména při nošení binokulárního zařízení ze začátku obtížná. Člověk, který si brýle nasadí poprvé je často lehce dezorientovaný a má problémy s odhadem vzdálenosti kvůli přenesení obrazu skrz zařízení.

Z pohledu počtu samostatných zařízení známe tři druhy brýlí pro noční vidění:

- Binokulární, tedy dvě separované trubky noktovizoru, v podstatě dva monokulární noktovizory, jeden pro každé oko, spojené společnou montáží,
- Poté čistě monokulární, tedy takové, kdy máme na jednom oku jeden separovaný přístroj schopný funkce sám o sobě,
- Pomyslným třetím druhem konstrukce je takzvaný biokulár. Tedy zařízení obsahující jen jednu jednotku zintenzivňující obraz s jedním objektivem, která následně obraz rozděljuje do dvou okulárů, každý pro jedno oko uživatele. Jinými slovy, využívá se zde jedna optická jednotka rozdělující

---

<sup>42</sup> JOHNSON, Chris. *The role of night vision equipment in military incidents and accidents* [online]. 16 [cit. 2022-02-10]. ISSN 978-1-4020-8152-1. Dostupné z: [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F1-4020-8153-7\\_1.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F1-4020-8153-7_1.pdf)

<sup>43</sup> WHATIS.COM. *Human Eye Field Of View* [online]. 2017 [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: <https://whatis.techtarget.com/definition/field-of-view-FOV>

obraz pro obě oči. Tento design je cenově efektivní při zachování komfortu kdy obě oči vidí stejný obraz.



Obrázek 11 – AN/PVS – 7 biokulární noční vidění<sup>44</sup>

### 6.5.1 Druhy montáží a upevnění na nositele

V dnešní době se noktovizory používají buď samostatně, jako takzvaná „kapesní kukátka“, na montáži zbraně, nejčastěji dlouhé pušky, nebo ve formě NVG.

Od počátku vývoje nočního vidění se různé společnosti i jednotlivci pokoušeli vyvinout takový prostředek, jenž by se nacházel na hlavě nositele a nebyl jen umístěn na zbraní v těžkém a nekomfortním balení. Vývoj tohoto druhu, tedy brýlí pro noční vidění, byl možný až s příchodem modernějších technologií a celkovém zmenšení přístroje, zejména jeho hlavních částí. Tento moment nastal až na přelomu generací jedna a dvě. Nyní se ovšem stále potýkáme s váhou noktovizorů, kdy některé moderní modely stále váží přes 500 gramů. Tuto váhu je třeba na hlavě uživatele rozložit a zároveň uzpůsobit postroj tak, aby se přístroj při prudkém pohybu neuvolnil a nespádl. Důležité je také používání protizávaží (častější je anglický termín counterweight), které zajišťují právě zmiňované vyrovnání váhy. Vývoj těchto montáží se posunul až do takové fáze, že lze rozlišovat 2 základní druhy prostředků pro upevnění na hlavu uživatele/operátora.

Prvním druhem jsou helmy. Noktovizor samozřejmě nelze upevnit na každou helmu. Helma k tomu uzpůsobená musí mít základnu pro montáž a je zapotřebí i samotná montáž ve formě výrobků firmy *Norotos* nebo *Wilcox*. Montáž je vlastě

---

<sup>44</sup> AGM GLOBAL VISION LTD. AN/PVS - 7 [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://cs.agmglobalvision.eu/agm-pvs-7-nl1i-night-vision-goggles>

takový mezikus, jenž umožňuje manipulaci s NVG. Například jeho odklopení na stranu, přiblížení k oku, či oddálení.

Druhým druhem jsou postroje na hlavu bez skořepiny, takzvané Skullcrusher (dle způsobu uchycení na hlavě uživatele) nebo Nightcap. Jedná se o lehčí alternativu proti helmě, přijatelnější pro některá období či určité klima a během situací, kdy není zapotřebí nosit helmu. Při výběru záleží na druhu postroje, ty starší nejsou tolik pohodlné a často ani příliš univerzální. Největší výrobci jsou *Litton*, *Ops-Core* a *Crye Precision*. Zejména poslední zmíněný uvedl na trh nejverzatilnější alternativu, a to právě *Nightcap* od *Crye Precision*. Ta v sobě kombinuje pohodlí, možnost upevnění protiváhy a panely suchého zipu na další příslušenství jako jsou stroboskopy a ID štítky.

## 7 Zvláštní a kombinované přístroje

Mezi tyto se řadí zařízení schopná kombinace různých technologií, popřípadě přídavné technologie, pro již existující modely. Jsou jimi ENVD a Clip On Thermal Imager. V těchto přístrojích je pomocí současných metod sloučena možnost termálního a nočního zobrazení, stejně jako další elektronické prvky. Přiblíženy jsou v následujících podkapitolách.

### 7.1 ENVD – Enhanced Night Vision Devices

Kategorie ENVD (Enhanced night vision device – vylepšené zařízení pro noční vidění) zahrnuje moderní přístroje, které v sobě komponují schopnosti několika technologií a zařízení. Těmi jsou například kombinace noktovizoru a termovize (DSNVG – dual sensor night vision goggles), kamery a přenosu obrazu a jiných, libovolně kombinovaných souprav. Na rozdíl od COTI se jedná o fúzi dvou technologií do jednoho kompletu pro pozorování. Je tak činěno za účelem zvýšení přesnosti pozorování a takzvané *situational awareness* (v tomto oboru často používaný termín přeložitelný jako povědomí o situaci). Tyto druhy nočního jsou lehké a zamýšlené pro použití jednotlivcem, nejedná se tedy o těžké pozorovací soustavy, jak by mohlo vyplývat ze začátku této kapitoly. Už od základu jsou noktovizní části většinou vybavovány bílým fosforem typu P45 pro lepší kontrast obrazu. Termální zobrazování, stejně jako noční vidění lze v případě těchto zařízení zapínat jednotlivě nebo obě technologie najednou, což umožňuje použití i v denních podmínkách. Jako bonus jsou některé přístroje této kategorie schopné přenosu obrazu, což při vojenských operacích dává veliteli mnohem lepší přehled o pozicích spřátelených jednotek. Další z prvků těchto přístrojů je i možnost propojení s určitými druhy zbraňových zaměřovačů a tím docílit určitého rozšíření reality. Je tedy možné vést střelbu nejen v náročných podmínkách, ale dokonce i zpoza překážky či rohu.

Těmito přístroji a zařízeními se zabývali agentury plnící programy ministerstva obrany spojených států. Mezi tyto programy se řadily *Future Force Warrior*, *Nett Warrior* nebo stále aktuální *Soldier 2025*. Cílem těchto programů ovšem nebyl a není pouze rozvoj pozorovacích technologií, proto jim nebude věnován větší

úsek této práce. Společným cílem všech programů byla převážně bezpečnost vojáka a zvýšení jeho efektivity na bojišti, což lze navíc docílit i poskytováním zařízení pro tepelné a noční pozorování.

Co se samotných zařízení týká, je jich, vyjma těch experimentálních, několik komerčně dostupných druhů. Je ovšem třeba uvést, že komerčně dostupný v USA neznamena, že ho lze nakoupit soukromě v České republice. Pověštinou lze tyto přístroje vyjednat pouze smlouvami mezi vládami a ministerstvy prostřednictvím oficiálních zakázek. Těmi nejznámějšími přístroji jsou AN/PSQ – 20, ENVG- I, II, III a ENVG – B, vyráběná několika společnostmi, jako *ITT Exelis*, *L3Harris* a *BAE Systems*.

AN/PSQ – 20 je asi nejstarším zařízením tohoto typu, které bylo vyvinuté jako součást programu *Future Force Warrior* v roce 2004 a používané speciálními jednotkami Spojených států okolo let 2008 – 2009. Tyto jednotky se svou zpětnou vazbou zasadili o rozvoj tohoto zařízením do dnešní podoby, kdy je lehčí, přesnější a obecně pokročilejší než předchozí verze. U modernějších verzí existuje možnost propojení s přístroji FWS – I. Je zde také možnost přenosu obrazu od operátor přístroje na vzdálené stanoviště.



Obrázek 12 – Výstup z AN/PSQ – 20<sup>45</sup>

<sup>45</sup> MILITARY.COM. *Výstup z AN/PSQ - 20* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.military.com/equipment/psq-20-enhanced-night-vision-goggle#lg=1&slide=2>

U přístrojů typu ENVG – I, II a III je opět možnost propojení se zmiňovanou zaměřovací jednotkou označovanou jako FWS – I a je stejně jako zmíněné ENVG vyráběna pro americkou armádu společností *BAE Systems*<sup>46</sup>. Jedná se o monokulární konstrukci jejíž vývoj začal souběžně s AN/PSQ – 20, ale zařazení těchto systémů bylo plánováno až na rok 2018. Výhodou tohoto systému při použití FWS – I je skutečnost, že oba komponenty tvoří komplet vyráběný stejnou firmou za účelem použití dohromady. Není tedy zbytečná komplikace s navazováním systémů různých výrobců. Komplet umožňuje v konečném stadiu nejen lepší pozorování ale i efektivnější vedení palby.

ENVG – B<sup>47</sup> společnosti *L3Harris* je jediný z přístrojů, které jsou zmíněny v této kapitole, který je plně binokulární, to znamená, že je dodáván pouze v této formě a nelze jej rozdělit na pravý a levý monokulár. Jedná se o zařízení třetí generace s bílým fosforem, spřaženou termokamerou vestavěnou do výstupního obrazu a překrývaným displejem (overlay) pro zobrazování map přímo do obrazu. Zařízení je také plně kompatibilní s programy U.S. Department of Defence jako je *Nett Warrior*. Nespornou výhodou tohoto přístroje je fakt, že se jedná v základu o binokulární konstrukci, a že je nejvšestrannější a nejpokročilejší z těchto zařízení.

## 7.2 COTI a ECOTI

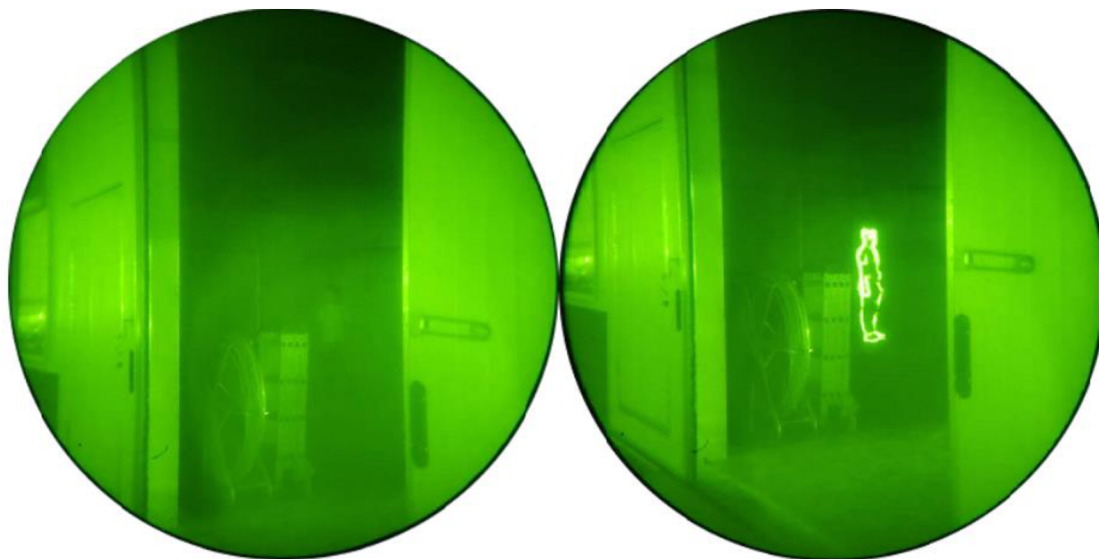
Mezi zvláštní a kombinované přístroje je řazen i Clip – On Thermal Imager a jeho novější verzi Enhanced Clip – On Thermal Imager, které byly již popsány v kapitole zabývající se přístroji pro termální zobrazení. Byť tyto přístroje nejsou použitelné bez noktovizoru či dalekohledu, stále pracují na bázi zobrazení tepelného záření objektu a jeho promítání. Nejsou tedy přímo kombinovanými zařízeními v doslovném slova smyslu. Svě zmínění v této kategorii si ale zaslouží

---

<sup>46</sup> BAE SYSTEMS. *ENVG III/ FWS-I night vision mobility and targeting system* [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.baesystems.com/en-us/product/envg-iii-fws-i-night-vision-mobility-and-targeting-system>

<sup>47</sup> L3HARRIS. *ENVG-B ENHANCED NIGHT VISION GOGGLE-BINOCULAR* [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.l3harris.com/sites/default/files/2021-09/cs-ivs-envg-b-enhanced-night-vision-goggle-binocular-sell-sheet.pdf>

už jen tím, že se nejedná o zcela běžný kus technologie, který obohacuje základní NVG o prvek termovize.



Obrázek 13 – Výstupu noktovizoru bez COTI (vlevo) a s COTI (vpravo)<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> JERRY GS. *Výstupu noktovizoru bez COTI (vlevo) a s COTI (vpravo)* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.snipershide.com/shooting/threads/clip-on-thermal-imager.7038738/>

## **8 Použití uvedených přístrojů při výkonu činnosti Policie České republiky**

Ve sféře Policie České republiky lze nalézt prakticky tři hlavní oblasti pro využití prostředků pro pozorování. Při výkonu letecké služby policie, při pozemních zásazích a při monitorování z kolových prostředků. Podle druhu prostředku je tedy možné dělení na ruční a montované přístroje, zejména soustavy kamer na vrtulnících a vozidlech.

### **8.1 Ruční pozorovací přístroje**

Jako první jsou zde uvedeny ruční pozorovací přístroje. Lze je popsat jako kapesní kukátka nebo brýle pro noční vidění. Do této kategorie je možné zařadit všechny přístroje, jejichž užití dovoluje příslušníkovi rychlou manipulaci a flexibilitu při zásahu. Může se jednat o noktovizor či termokameru uchycenou na helmě člena zásahové jednotky, příruční nástroj hlídky pořádkové policie, závěsnou termovizi letecké služby nebo komplet na střešní platformě pozorovacího vozidla. U sboru lze nalézt širokou škálu modelů, a to hlavně z důvodu necentralizovaného systému nakupování tohoto materiálu. Komerčně dostupné noktovizory a termokamery různých generací a parametrů, původně například pro myslivost, však při výkonu služby na běžných útvarech dostačují a není třeba je zásadně měnit. Například u služby cizinecké policie jsou při službě používány termokamery řady FLIR HS-X<sup>49</sup>. Se svými parametry, rozlišením 320 x 240 pixelů, zorným polem 24° x 18° a výdrží na 4 AA baterie okolo 4 hodin se řadí mezi přístroje s velmi dobrým poměrem cena/výkon. Tato konkrétní termokamera byla zkonstruována zejména pro potřeby myslivosti a bezpečnostních sborů.

---

<sup>49</sup> W-TECHNIKA GROUP S.R.O., Oficiální dodavatel FLIR. *TERMOKAMERY ŘADY FLIR HS-X* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/termokamery-flir-hs-x/>





Obrázek 14 – Termokamera FLIR HS-X 320<sup>50</sup>

## 8.2 Technologické nastavby a pozorovací komplety

Přístroje používané na technologických nastavbách nebo přímo na vozidlech jsou většími a méně pohyblivými zařízeními pro pozorování rozlehlých ploch či na delší vzdálenosti. Často se jedná o kombinované přístroje s možností záznamu nebo přenosu do vozidla velitele zásahu. U Odboru cizinecké policie hlavního města Prahy se používají monitorovací nastavby na vozidlech Volkswagen Crafter, Ford Tranzit a Mercedes Sprinter. Na těchto vozidlech je montována nastavba SMV<sup>51</sup> od firmy *EVPÚ Defence* z Uherského Hradiště, která kromě denní pozorovací kamery obsahuje také termokameru dle výběru zadavatele. Policie ČR také disponuje technologiemi pro pozorování za ztížených podmínek v oddělení letecké služby. Jedná se o závěsné pozorovací systémy pro vrtulníky a bezpilotní prostředky (drony). Jako závěsné prostředky u vrtulníků Bell 412 a Eurocopter EC 135 lze nalézt pátrací světlomety Spectrolab SX-16 Nightsun a soustavy kamer FLIR 200 FN nebo UltraForce II. Piloti jsou taktéž vybaveni brýlemi pro noční vidění, konkrétně typem AN/AVS – 9 (ANVIS – 9) společnosti *Nightline INC* na přílbě SPH – 5 od výrobce *Gentex*. Jedná se o brýle vyvinuté speciálně pro piloty se zorným úhlem 40° a možností montáže na různé druhy leteckých přileb.

---

<sup>50</sup> W-TECHNIKA GROUP S.R.O. *Termokamera FLIR HS-X 320* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/termokamery-flir-hs-x/>

<sup>51</sup> EVPÚ DEFENCE. *Mobilní elektro-optické systémy: Monitorovací vozidla s termovizí SMV* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://www.evpudefence.com/cs/p-monitorovaci-vozidla-s-termovizi-smv>

Zařízení 3. generace s FOM 1800 je jedním z lepších zařízení v kategorii. Vyrábí se jak s použitím zeleného fosforu, tak s použitím bílého pro lepší kontrast. Letecká služba disponuje modelem s použitým zeleným fosforem. Váha přístroje je bez baterií 350 gramů. Výdrž přístroje napájeného čtyřmi bateriemi typu AA umístěných v přídatném pouzdru na přilbě je až 50 hodin.



Obrázek 15 – FLIR UltraForce 275 (modernější verze FLIR UltraForce II)<sup>52</sup>

---

<sup>52</sup> TELEDYNE FLIR LLC. *FLIR UltraForce 275* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.flir.com/products/ultraforce-275-hd/>

## 9 Lze poskytnout Policii ČR výkonnější a novější prostředky?

Vzhledem k velmi malému počtu těchto druhů zařízení distribuovaných mezi policisty bylo by výhledově výhodnější zajistit nákup alespoň základního počtu termovizí či noktovizorů. Nákup by měl být řízen centrálně a dané přístroje by měly být rozmístěny proporčně mezi útvary, kde je jejich užití žádoucí. Není potřebné zajišťovat dostupnost těchto zařízení pro každého policistu, či každou služebnu policie. Bylo by však užitečné, kdyby tato zařízení (zejména termovize) měla k dispozici obvodní oddělení v méně zalidněných oblastech, kde by je hlídky mohly užívat k pátrání nebo i pronásledování pachatelů *po horké stopě*. Noktovizní zařízení jsou pak spíše doménou letecké služby, případně zásahových jednotek.

Oproti standartnímu užití u řadových příslušníků je velmi nutné neustále zlepšovat kvalitu prostředků pro pozorování za obtížných podmínek u útvarů jako jsou krajské zásahové jednotky, Útvar rychlého nasazení a Skupina operativního nasazení (Celní správa). Zde se policie a celní správa dlouhodobě potýká s problémy v oblasti nákupu a aktualizace tohoto vybavení. Ačkoli je výcvik těchto jednotek špičkový, vybavení velmi brzy neodpovídá moderním požadavkům a je třeba jej měnit. Z toho důvodu probíhá u těchto útvarů častý souboj o finance na výměnu materiálu. Možnou výhodou elitních skupin je, že při bezprostředním zásahu se spoléhají převážně na světelné a zvukové efekty. Například brýle pro noční vidění by zde na rozdíl od speciálních jednotek armády, které se zaměřují na tichou eliminaci, byly často spíše na obtíž. Své využití zde ale najdou termovizní i noktovizní předsádky pro puškohledy, zejména u odstřelovačů těchto policejních jednotek.

Piloti helikoptér Letecké služby PČR by vzhledem ke své činnosti, která se neohlíží na denní dobu, měli mít možnost používat ty nejmodernější prostředky s co nejmenším profilem samotného zařízení. Takovým je například zařízení AN/PVS – 21. Jeho velká výdrž a možnost připojení externí baterie je velkou výhodou pro dlouhodobé operace ve vzdušném prostoru. Možnost montáže COTI by mohla ještě zefektivnit jeho použití pilotem. Největší předností tohoto typu je

průhledový zorník brýlí, který v případě přsvícení umožňuje přirozený výhled skrz. Letecká služba má samozřejmě také k dispozici letecké termovizní kamery, zejména zmiňované FLIR 2000 FN a UltraForce II, taktéž od společnosti *FLIR*. Tyto jsou velmi výkonné a není třeba je v dohledné době měnit. Například kamera UltraForce II, operující v pásmu LWIR má tři možná nastavení pro šířku záběru s úhlem 25°x19°. Tento komplet v sobě mimo termokamery zahrnuje denní kameru, laserový zaměřovač, systém GPS a další elektronické součásti usnadňující operátorovi sledování zamýšleného cíle. Jedná se tedy o jeden z nejspolehlivějších a nejmodernějších systémů. UltraForce II je také jednou z nejrozšířenějších kamerových soustav mezi bezpečnostními složkami a agenturami po celém světě. Není tedy divu, že si ji do své služby vybrala i Policie České republiky.



Obrázek 16 – AN/PVS – 21 Low profile NVG<sup>53</sup>

---

<sup>53</sup> STEINER EOPTICS. *AN/PVS - 21* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.steiner-defense.com/imaging-systems/anpvs-21-low-profile-nvg>

## 10 Přístroje používané Armádou České republiky

V současné době používají vojáci Armády České republiky množství přístrojů pro podpoření vidění v nepříznivých podmínkách. Lze zde nalézt samostatné přístroje jako je například noktovizor MUM-14<sup>54</sup> nebo montované na zbraňové systémy vozidel jakým je například věž vozidla PANDUR, Samson RCWS-30 od firmy *RAFAEL*<sup>55</sup>. Dalšími z kompletů jsou i soustavy jako LOS či SNĚŽKA nebo bezpilotní UGV – Pz<sup>56</sup>. Pomyslnou špičkou technologií používaných v AČR je přístroj typu AN/PVS – 31 amerického výrobce *L3Harris*<sup>57</sup>.

### 10.1 Ruční pozorovací přístroje a brýle pro noční vidění

MUM – 14 je nejrozšířenější přístroj pro noční vidění v Armádě České republiky dodávaný firmou *PRAMACOM-HT*<sup>58</sup>, s výrobcem *Nivisys, LLC*. Jedná se o víceúčelový přístroj, který je však primárně používán vojáky při uchycení na helmu. Lze ho ovšem nainstalovat na zbraň za současného použití kolimátoru či optiky. Je vodotěsný do 20 metrů, takže využití je možné i u jednotek, které operují ve vodním prostředí. Zařízení technologie či generace XD-4 je v mnoha ohledech srovnatelné s přístroji 3. generace z USA, nikoli však totožné (společná je zde například možnost instalace bílého fosforu P45). Vestavěný IR přísvit s výkonem dostatečným pro pěchotní užití je také součástí tohoto modelu přístroje. Stejně jako nejmodernější přístroje je v MUM – 14 instalována funkce auto-gate, byť dle některých příslušníků AČR není tolik rychlá a výkonná jako u jiných modelů. Napájení je zde konstrukčně vyřešeno vkládáním baterie CR123

---

<sup>54</sup> GROHMANN, Jan. Přístroje nočního vidění MUM - 14 pro AČR [online]. 2016 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.armadinoviny.cz/pristroje-nocniho-videni-mum-14-pro-armadu-cr.html>

<sup>55</sup> RAFAEL ADVANCED DEFENSE SYSTEMS LTD. SAMSON™ Remote Control Weapon Station [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.rafael.co.il/worlds/land/all-in-one-remote-controlled-weapon-stations/>

<sup>56</sup> VOJENSKÝ TECHNICKÝ ÚSTAV. Automatizovaný bezosádkový průzkumný pozemní prostředek UGV-Pz [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.vtusp.cz/produkty/pruzkumne-a-monitorovaci-systemy/automatizovany-bezosadkovy-pruzkumny-pozemni-prostredok-ugv-pz/>

<sup>57</sup> L3HARRIS TECHNOLOGIES, Inc. L3Harris [online]. 2021 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: <https://www.l3harris.com>

<sup>58</sup> INFRARED.CZ . MUM – 14 PRAHMACOM [online]. 2016 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: <http://www.infrared.cz/domains/infrared.cz/cz/produkty/noktovize/mum.html>

nebo AA do těla noktovizoru. Nevýhodou tohoto konceptu je velká spotřeba baterie a nutnost časté výměny článku.



Obrázek 17 – Příslušník AČR s noktovizorem MUM – 14<sup>59</sup>

Přístroj AN/PVS – 31 je binokulární noktovizní zařízení s trubicemi třetí generace (filmless), které již lze vybavit bílým fosforem P45. Jedná se o jeden z nejmodernějších přístrojů této kategorie, zaváděný v armádách členských států NATO, a to na úrovni použití pro zvláštní jednotky. Armáda jej pro složku vojenské policie zavádí v počtu 75 kusů, přičemž cena jednoho kusu se pohybuje okolo 14 000 USD (v přepočtu přibližně 300 000 Kč). Váha takového přístroje činí 450 gramů. Napájení je obstaráno lithiovou baterií typu AA přímo ze zařízení a dodatečně čtyřmi bateriemi AA v přídatném pouzdru na helmě. Napájení vydrží při běžném režimu okolo 15 hodin na baterii v přístroji a okolo 50 hodin s přídatným pouzdrem. Se zorným polem 40° se řadí mezi standard této

---

<sup>59</sup> PRAHMACOM - HT S.R.O. *Příslušník AČR s noktovizorem MUM – 14* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <http://www.infrared.cz/domains/infrared.cz/cz/component/content/article/96-novinky/296-mum-14.html>



kategorie. Zařízení pracuje s režimem auto-gate, tedy tlumením funkcí při přesvícení trubice.<sup>60</sup>



Obrázek 18 – AN/PVS – 31<sup>61</sup>

Dalším přístrojem pro pozorování používaným naší armádou je NV-Mag 3 vyráběný domácí společností *Meopta*. Jedná se o přídavný dalekohled s trojnásobným zvětšením pro zaměřování cílů a vedení střelby v noci. Zařízení je od výroby vybaveno trubicí zesilovače jasu XD-4, tedy ekvivalent generace 3. S váhou 630 – 800 g (podle konfigurace) se jedná o těžší přístroj této kategorie. Napájení je řešeno opět pomocí baterií AA. V dnešní době už *Meopta* vyvíjí modernější typy noktovizorů jako jsou MeoNox DF 1 Tarsius, DF 4 Lynx a DF 3 Serval, přičemž poslední zmíněný bude přímou náhradou modelu NV-Mag 3.

Ruční termovizní přístroje lze také nalézt, převážně u průzkumu, přesných střelců nebo odstřelovačů. Jedním takovým zařízením je například Prometheus 336 od společnosti *Armasight*. Tato společnost je součástí koncernu *FLIR* od roku 2016.

---

<sup>60</sup> ŠÍŠKA, Martin. Vojenští policisté uvidí i v noci, nakupují desítky systémů nočního vidění. *CZDEFENCE* [online]. 5.9.2021 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: <https://www.czdefence.cz/clanek/vojensti-policiste-uvidi-i-v-noci-nakupuji-desitky-systemu-nocniho-videni?fbclid=IwAR0eODReaVHUqQk-yLy12Nm9eE1UPkirOPHceh8IXnUBT2QlhDIP0lpsy4s>

<sup>61</sup> ŠÍŠKA, Martin. AN/PVS - 31 [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.czdefence.cz/clanek/vojensti-policiste-uvidi-i-v-noci-nakupuji-desitky-systemu-nocniho-videni>

## 10.2 Pozorovací průzkumné komplety

V oblasti tepelného snímkování lze u AČR nalézt převážně průzkumné komplety. Mezi tyto soustavy se potom řadí systémy jako je LOS, SNĚŽKA, UGV – Pz nebo věž vozidla Pandur v průzkumné konfiguraci. Tato zařízení byla popsána v kapitole Pozorovací soustavy, nebudou tu tedy znovu podrobně rozebírána.



Obrázek 19 – UGV - Pz<sup>62</sup>

---

<sup>62</sup> VOJENSKÝ TECHNICKÝ ÚSTAV. *UGV-Pz* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.vtusp.cz/produkty/pruzkumne-a-monitorovaci-systemy/automatizovany-bezosadkovy-pruzkumny-pozemni-prostredk-ugv-pz/>



## 11 Lze AČR poskytnou výkonnější prostředky?

Na tuto otázku je velmi složité odpovědět. Není pravdou, že by si vojáci Armády České republiky, stejně jako policisté, nezasloužili lepší přístroje pro výkon svého povolání. Zásadní problém zde leží ve financování obrany. Není možné dodávat armádě neustále nové a nové technologie v jakémkoli odvětví. Většina přístrojů v armádě již nějaký čas plní svůj účel a bylo by tedy logické je nahradit za odpovídající moderní technologií. Například zařízení pro montáž na zbraň NV – Mag 3 je jedním ze starších kusů technologie a existuje pro něj náhrada, Meonox DF – 3 Serval. V budoucnu by tedy bylo vhodné postupně začít tyto přístroje měnit. Při zaměření se na pěchotní použití přístrojů, dalším zařízením je MUM – 14 dodávaný do české armády od roku 2014. Jedná se o derivát noktovizoru ze Spojených států PVS – 14, který je aktivně používán vojenskými silami USA od roku 2000. Přístroj je ekvivalentem 3. generace, ale jak již bylo zmíněno, některé jeho součásti a funkce nejsou ničím zářné. Zařízení i přes deklarovanou odolnost vůči přesvícení není schopné dostatečně rychlé reakce a podléhá zkáze v důsledku přímého světla jako zařízení starších generací. Spotřeba energie současného hlavního noktovizoru AČR také není z těch nejlepších, jednu baterii CR123 je zařízení schopné vybit za podstatně menší časový úsek než konkurenční noční vidění. Jistým přínosem by byla možnost přídavné baterie s upevněním na helmu. Na druhou stranu, co se kvality a rozlišení obrazu týká, není moc co tomuto typu vytknout.

Co je naopak velmi dobrým krokem je nákup přístrojů AN/PVS – 31. Zařízení patří ke špičce této technologie a jeho relativní cenová dostupnost zajišťuje nákup alespoň menších počtů pro naše elitní útvary. Se svou životností, výdrží baterie, možností dodatečné zdroje, již integrovaným bílým fosforem a velmi spolehlivou funkcí ochrany proti přesvícení se skutečně jedná o přístroj vhodný pro potřeby moderního vojáka.

Termovize jsou v případě pěchotního použití převážně doménou bojových vozidel. U mechanizované pěchoty je hlavním vozidlem PANDUR II, jehož věž obsahuje mimo jiné senzory i termální kameru. V tomto případě je použití ručních přístrojů vyloučeno. Dle komentářů současných vojáků lze soudit, že termovize se pro

pěchotní použití hodí. Její nejvyšší uplatnění nalézají pro vojáky – pátrače a pro velitele čet a velitele rot, kteří potřebují mít o nejlepší přehled o prostoru a pozicích jednotek. Jako další bonus zde lze spatřovat skutečnost, že před termovizí je možné se skrýt podstatně hůře než před noktovizorem. Vojáci by tak získali výhodu oproti méně vyspělému nepříteli a armáda by smazala svůj deficit vůči vyspělejšími konkurentům.

## 12 Druhy a typy technologií používané zahraničními ozbrojenými silami

### 12.1 Běžné přístroje

Mezi běžné přístroje jsou zde řazeny ty, které jsou hojně požívány bezpečnostními silami států po celém světě. Nejedná se tak jen o armády těchto států, ale i o jejich policejní sbory a další složky. Jelikož je téměř nemožné dohledat všechny možná označení pro takové přístroje, bude tato kapitola shrnuta o něco stručněji než kapitoly předchozí. Jen v Evropě existuje několik velkých výrobců těchto přístrojů, jako je například *Photonis*. Po celém světě pak existují desítky, možná i více, velkých společností zaměřujících se na vývoj a výrobu technologií pro vidění za nepříznivých podmínek. Jen ve Spojených státech amerických pak najdeme tři největší a nejprominentnější světové výrobce. Jsou to společnosti *L3Harris*, *BAE Systems* a *Teledyne FLIR*. Vzhledem ke skutečnosti, že tito výrobci ovládají velkou až téměř většinou část trhu, lze po celém světě nalézt přístroje odvozené od modelů těchto firem. Mezi ty nejrozšířenější patří druhy zmíněné v následujících řádcích.

Deriváty zařízení AN/PVS – 14, které se objevují již od jeho uvedení na trh, jsou nedílnou součástí mnoha armád. Mnohdy se jedná o přístroje identické a lze také nalézt různé vylepšené verze. Nutno podotknout, že původní výrobce *Litton Industries* (dnes společnost *L3Harris*), sama ve vývoji pokračovala a z přístroje zkonstruovaného jako generace 2 se postupem času díky úpravám stal přístroj generace 3 s velkým množstvím kombinací součástí. Tyto součásti vyrábí například i francouzská společnost *Photonis*.

Mezi další z modelů, které často sloužily jako předloha pro jinou společnost a jiný noktovizor, je zařízení AN/PVS – 7. Tento přístroj, zkonstruovaný jako náhrada noktovizorů krátce po válce ve Vietnamu, je na poli noktovizorů již dlouholetým hráčem. S netradiční konstrukcí, která zahrnuje jen jednu čočku, zato dva okuláry se stal součástí výzbroje obranných složek USA a mnohých dalších států. Tato zvláštní konstrukce vede k nižší váze přístroje, než bylo zvykem. Tento typ se poté začal objevovat u množství výrobců a v mnoha konfiguracích. V dnešní době jej

lze soukromě sehnat jakožto přístroj generace 2+, v některých případech i generace 3, s použitím bílého i zeleného fosforu.

Mezi jednotkami zvláštního určení se poté velmi často objevují přístroje jako jsou AN/PVS – 15. Dnes pomalu nahrazovány modelem AN/PVS – 31 se předchozí brýle staly často přejímaným typem. Jiným společnostem tak slouží jako základ nebo inspirace pro mnoho rozličných druhů brýlí pro noční vidění. I přesto, že u původního objednavatele (bezpečnostní síly USA) byly již nahrazeny, stále je možné nalézt starší PVS – 15 mezi složkami po celém světě. Současné PVS – 31 můžeme nalézt i u Armády České republiky, konkrétně u vojenské policie.

Poslední zmínkou budou blíže neurčené typy domácí produkce různých států, kde vládou či armádou řízené společnosti vytvářejí produkty pro domácí trh. Tyto modely často slouží pouze pro účely tamní armády a policie a nelze je tak nalézt nikde jinde. Lze je ale jakožto kategorii domácí výroby zařadit do běžných přístrojů. Může se jednat o licenčně i nelicenčně vyráběné kopie, nebo vlastní vývoj.

## **12.2 Méně běžné přístroje a technologie**

Do této kapitoly lze zařadit všechny přístroje, které jsou svou konstrukcí natolik netradiční, svou cenou natolik nedostupné nebo je nelze exportovat od jejich výrobce do jiného státu, že se jedná o vcelku málo používaná zařízení. Mezi takovými lze nalézt modely jako GPNVG – 18, používané například jednotkami Námořnictva Spojených států při dopadení a zneškodnění Usámy Bin Ládina. Dále se jedná o typy ENVD, jakými jsou ENVG B nebo ENVG III nebo AN/PSQ – 20. Lze sem také zařadit AN/PVS – 31, které slouží u elitních jednotek jako náhrada za starší binokulární PVS – 15. Dalším z modelů, které nejsou tak rozšířené, jsou nízkoprofilové brýle AN/PVS – 20. Jinými netradičními modely jsou například zesilovaná noční vidění, tedy taková s větší odolností proti okolním vlivům. Jedná se zde například o TNV/RNVG společnosti *Tactical Night Vision Company, Inc.* Mezi méně časté se také řadí termovizní brýle montované na přilby nositele. Výhodou těchto je, že jsou schopny identifikovat tepelné stopy a zároveň je možné se podle jejich obrazu orientovat a pohybovat.

### **12.2.1 Letecké brýle pro noční vidění**

Dalšími, ne zcela běžnými prostředky, jsou letecké brýle pro noční vidění. Není tak dáno skutečností, že by se jednalo o velmi drahé, nebo velmi nedostupné brýle. Je tomu tak spíše z důvodů potřeby pro tyto přístroje. Nebývají rozšířené, protože nejsou často zapotřebí. V dnešní době, kdy se pilot orientuje převážně za pomoci přístrojů ve své kabině, je výhled z ní za jistých podmínek zbytečný. Kde se tyto typy uplatňují jsou sektory využívající helikoptér. Ty nelétají v takových výškách jako letadla a často je pro potřeby policie nutné zajistit kvalitní výhled z kabiny. To samé platí i u použití těchto přístrojů v armádě. Dále tyto brýle, mimo pilotů a navigátorů, využívá i dodatečná posádka letadel a vrtulníků, která zajišťuje hladký průběh výsadek a seskoků padákem.

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo shromáždit informace, analyzovat, přiblížit a popsat druhy přístrojů pro pozorování za ztížených podmínek. V jednotlivých kapitolách byly popsány jejich kategorie, principy funkce a základní modely.

Přestože je tato tematika prakticky neznámá široké veřejnosti, je nutné se s ní seznámit. Přístroje pro pozorování za ztížených podmínek tvoří páteř efektivního vyhledávání a pátrání po osobách a věcech. Díky dlouholetému vývoji a pokroku v technologiích se tato zařízení stala velmi spolehlivými a účelnými. Po celém světě se používá široká škála těchto prostředků. Jako příklad mohou být uvedeny brýle pro noční vidění, termovizní kamery či soustavy čidel. Uplatnění těchto prostředků lze nalézt u bezpečnostních sil, myslivců, agentur zajišťujících stavební práce, hasičů a dalších oborů.

Tyto prostředky jsou v České republice využívány zejména ozbrojenými silami, tedy policií a armádou. Na mnoha místech tyto složky využívají kvalitní zařízení, přesto lze stále nalézt méně výkonné a místy i nevhodné přístroje. V posledních letech probíhají nákupy nových zařízení. Tyto zakázky nejsou mnohdy centrálně řízeny, tudíž je možné se setkat s velkou rozmanitostí prostředků pro pozorování, jako u Policie ČR. Důkazem modernizace je například nákup vozidel s termovizí SMV pro cizineckou policii nebo probíhající obměna noktovizních zaměřovačů pro Armádu ČR.

Tato práce je rozdělena do dvanácti kapitol. První kapitola se zaměřuje na kořeny těchto technologií a jejich počáteční vývoj včetně prvních prototypů. Druhá kapitola je cílena na prostředky vylepšující pozorování za relativně normálních podmínek, tedy dalekohledy, periskopy, videokamery a další obdobná zařízení. Třetí a čtvrtá kapitola obsahuje vypsání ztížených podmínek a jevy spjaté s problematikou přístrojů pro pozorování za ztížených podmínek. V páté kapitole byly rozvedeny termovizní zařízení, včetně principů funkce, parametrů a jednotlivých typů termokamer. Do této části jsou též zahrnuty pozorovací soustavy. Šestá kapitola obsahuje informace o noktovizních zařízeních. Je zde možné nalézt vše od prvků konstrukce a druhů, přes jednotlivé generace, brýle pro noční vidění, až po druhy montáží noktovizorů. Kapitola sedmá je zaměřena na zvláštní a kombinovaná zařízení, jakými jsou ENVD a COTI. Kapitoly osmá a devět

cílí na prostředky používané Policií České republiky, jejich zhodnocení z hlediska použitelnosti a jednotlivé druhy používané tímto ozbrojeným sborem. V desáté a jedenácté kapitole lze nalézt stejné informace a úvahy jako v předchozích dvou kapitolách, jen se zaměřením na Armádu ČR. V poslední dvanácté kapitole jsou popsána zařízení používaná po celém světě jinými ozbrojenými sbory, od běžných až po méně běžné přístroje.

## Seznam použité literatury

### Monografie

BORISSOVA, Daniela. *NIGHT VISION DEVICES Modeling and Optimal Design* [online]. Sofia - Bulgarian Academy of Sciences: Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2015 [cit. 2021-9-3]. ISBN 978-954-322-829-4.

CHRZANOWSKI, K. *Review of night vision technology. OPTO-ELECTRONICS REVIEW* [online]. Association of Polish Electrical Engineering and Polish Academy of Sciences in cooperation with Military University of Technology, 2013, 15.5., 21(2), 153–181 [cit. 2021-8-11]. ISSN 1896-3757. Dostupné z: doi:10.2478/s11772-013-0089-3 :  
[https://www.researchgate.net/publication/257909095\\_Review\\_of\\_night\\_vision\\_technology](https://www.researchgate.net/publication/257909095_Review_of_night_vision_technology)

JOHNSON, Chris. *The role of night vision equipment in military incidents and accidents* [online]. 16 [cit. 2022-02-10]. ISSN 978-1-4020-8152-1. Dostupné z: [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F1-4020-8153-7\\_1.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F1-4020-8153-7_1.pdf)

NOVOTNÝ, Tomáš. *Nesmrtící zbraně a další technické prostředky*. Praha: Euromedia Group, 2021. Universum (Euromedia Group). ISBN 978-80-242-7418-8.

SKOČOVSKÁ, Petra. *Pozorování za ztížených podmínek* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: [https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/105394/SKO0042\\_FBI\\_B3908\\_3908R005\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/105394/SKO0042_FBI_B3908_3908R005_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Doc. RNDr. Jiří Švec, CSc.

TUREČEK, Jaroslav. *Policejní technika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-119-9.

ČECH, Bedřich a Václav SOCHOR. *Policejní technika*. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2004. ISBN 80-725-1152-1.



JUŘÍČEK, Ludvík a Petr ROŽŇÁK. *Bezpečnost, hrozby a rizika v 21. století*. Ostrava: Key Publishing, 2014. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-201-3.

### **Zákonná úprava**

Zákon č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu.

Zákon č. 273/2008 Sb. o Policii České republiky.

### **Webové stránky a elektronické zdroje**

AGE OF SAIL. *Naval Telescopes* [online]. 12.12. 2008 [cit. 2021-11-01]. Dostupné z: <https://ageofsail.wordpress.com/2008/12/12/naval-telescopes/>

BAE SYSTEMS. *ENVG III/ FWS-I night vision mobility and targeting system* [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.baesystems.com/en-us/product/envg-iii-fws-i-night-vision-mobility-and-targeting-system>

BUSHNELL. *Bushnell* [online]. 2021 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://www.bushnell.com>

CLARK, James. *I'm Pretty Sure The Army's New Night-Vision Technology Is Black Magic* [online]. 31.7.2017 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://taskandpurpose.com/gear-tech/armys-new-thermal-sights-nvgs/>

CORNER SHOT ®. *Corner Shot* [online]. Yehuda, Izrael [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://cornershot.com>

ECOTI. *TNVC* [online]. 2021 [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: <https://tnvc.com/shop/optics1-e-coti/>

ESP. *Euro Security Products* [online]. ČR [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: <https://www.euro-security.info/cs/>

EVPÚ DEFENCE. *Mobilní elektro-optické systémy: Monitorovací vozidla s termovizí SMV* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://www.evpudefence.com/cs/p-monitorovaci-vozidla-s-termovizi-smv>

GROHMANN, Jan. *Accutact ANGLESIGHT: Střelba „za roh“ nebyla nikdy tak snadná. Armádní noviny - Konzervativní armádní magazín* [online]. 9. 10. 2011 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/accutact-anglesight-strelba-e2809eza-rohe2809c-nebyla-nikdy-tak-snadna.html>

GROHMANN, Jan. *Přístroje nočního vidění MUM - 14 pro AČR* [online]. 2016 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/pristroje-nocniho-videni-mum-14-pro-armadu-cr.html>

GROMICKO, Nick a John MCKENNA. *The History of Infrared Thermography* [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.nachi.org/history-ir.htm>

INFRARED.CZ . *MUM – 14 PRAHMACOM* [online]. 2016 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: <http://www.infrared.cz/domains/infrared.cz/cz/produkty/noktovize/mum.html>

KLASNA, Filip. *Policie ČR převzala nové brýle pro noční vidění* [online]. 18.5.2018 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/policejni-drony.aspx>

L3HARRIS TECHNOLOGIES. *L3Harris* [online]. 2021 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: <https://www.l3harris.com>

L3HARRIS. *ENVG-B ENHANCED NIGHT VISION GOGGLE-BINOCULAR* [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.l3harris.com/sites/default/files/2021-09/cs-ivs-envg-b-enhanced-night-vision-goggle-binocular-sell-sheet.pdf>

MEFANET. *Adaptace oka na intenzitu světla: projekt 1. lékařské fakulty a Univerzity Karlovy, příspěvek UK k výukovým zdrojům sítě lékařských fakult* [online]. 25. 10. 2018 [cit. 2021-11-19]. ISSN 1804-6517. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Adaptace\\_oka\\_na\\_intenzitu\\_svetla](https://www.wikiskripta.eu/w/Adaptace_oka_na_intenzitu_svetla)

NATIONAL GEOGRAPHIC. *Bratři Lumiérové: Taková hloupost jako film nemá budoucnost! National Geographic* [online]. 28. 12. 2011 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://www.national-geographic.cz/osobnost-tydne/bratri-lumierove-takova-hloupost-jako-film-nema-budoucnost.html>

NIGHTVISION AUSTRALIA. *The History of Night Vision Technology* [online]. 2021 [cit. 2021-8-13]. Dostupné z: <https://www.nightvision.com.au/the-history-of-night-vision-technology/>

NRA, American Rifleman. *Sniping From Below: Periscope Rifles in World War I* [online]. 5.4.2018 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.americanrifleman.org/articles/2018/4/5/sniping-from-below-periscope-rifles-in-world-war-i/>

PHILLIPS, Ian. *Pohled z okna v Le Gras* [online]. 2016 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: <https://www.insider.com/first-photograph-in-history-2016-8>

RAFAEL ADVANCED DEFENSE SYSTEMS LTD. SAMSON™ *Remote Control Weapon Station* [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.rafael.co.il/worlds/land/all-in-one-remote-controlled-weapon-stations/>

SCHINDLOVÁ, Monika. *Policejní drony* [online]. 18.5.2017 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/policejni-drony.aspx>

SOUTH, Todd. *New night vision means soldiers can shoot around corners* [online]. 28.7.2017 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.armytimes.com/news/your-army/2017/07/29/new-night-vision-means-soldiers-can-shoot-around-corners/>

SPACE AND NAVAL WARFARE SYSTEMS CENTER ATLANTIC A U.S. DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY. *Night Vision Technologies Handbook: SAVER* [online]. USA, 2013 [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: [https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB\\_1013-508.pdf](https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB_1013-508.pdf)

Strana 1

SPEEDIR THERMAL VISION. *The History of Thermal Imaging Cameras* [online], 15.4.2020 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://speedir.com/blog/the-history-of-thermal-imaging-cameras/>

ŠIŠKA, Martin. *Vojenští policisté uvidí i v noci, nakupují desítky systémů nočního vidění* [online]. 5.9.2021 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z:

<https://www.czdefence.cz/clanek/vojensti-policiste-uvidi-i-v-noci-nakupuji-desitky-systemu-nocniho->

TELEDYNE FLIR LLC. *Infrared Illuminated Cameras* [online]. [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: <https://www.flir.com/discover/ots/thermal-vs-night-vision>

TELEDYNE FLIR LLC. *Thermal Imaging Cameras* [online]. [cit. 2021-8-12]. Dostupné z: <https://www.flir.com/discover/ots/thermal-vs-night-vision/>

TELEDYNE FLIR LLC. *FLIR* [online]. 2021 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.flir.com>

US NIGHT VISION. *Clip On Thermal Imager* [online]. 2021 [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: <https://usnightvision.com/coti-clip-on-thermal-imager-pas-29a/>

VOJENSKÝ TECHNICKÝ ÚSTAV. *Automatizovaný bezosádkový průzkumný pozemní prostředek UGV-Pz* [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.vtusp.cz/produkty/pruzkumne-a-monitorovaci-systemy/automatizovany-bezosadkovy-pruzkumny-pozemni-prostredek-ugv-pz/>

VOJENSKÝ TECHNICKÝ ÚSTAV. *Jsme Vojenský technický ústav* [online]. 2022 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.vtusp.cz>

VOJENSKÝ TECHNICKÝ ÚSTAV. *LOS, SNĚŽKA, UGV* [online]. [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: <https://www.vtusp.cz/produkty/pruzkumne-a-monitorovaci-systemy/automatizovany-bezosadkovy-pruzkumny-pozemni-prostredek-ugv-pz/>

VORTEX OPTICS. *Vortex Optics* [online]. 2021 [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: <https://vortexoptics.com>

WHATIS.COM. *Human Eye Field Of View* [online]. 2017 [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: <https://whatis.techtarget.com/definition/field-of-view-FOV>

W-TECHNIKA GROUP S.R.O., Oficiální dodavatel FLIR. *Termokamery Řady Flir Hs-X* [online]. [cit. 2021-12-27]. Dostupné z: <https://www.termokamery-flir.cz/termokamery-flir-hs-x/>

## Seznam příloh

Obrázek 1 – Periskop 1. světová válka .....	12
Obrázek 2 – Vortex Optics Fury HD 5000 .....	15
Obrázek 3 – Konstrukce termokamer.....	21
Obrázek 4 – Tepelný snímek tří postav .....	22
Obrázek 5 – COTI.....	23
Obrázek 6 – VW Crafter s termovizí SMV .....	25
Obrázek 7 – Schéma konstrukce noktovizoru .....	27
Obrázek 8 - M2 Sniper scope - T3 .....	30
Obrázek 9 – AN/PVS – 5 .....	32
Obrázek 10 – GPNVG – 18.....	34
Obrázek 11 – AN/PVS – 7 biokulární noční vidění .....	37
Obrázek 12 – Výstup z AN/PSQ – 20 .....	40
Obrázek 13 – Výstupu noktovizoru bez COTI (vlevo) a s COTI (vpravo).....	42
Obrázek 14 – Termokamera FLIR HS-X 320 .....	44
Obrázek 15 – FLIR UltraForce 275 (modernější verze FLIR UltraForce II).....	45
Obrázek 16 – AN/PVS – 21 Low profile NVG.....	47
Obrázek 17 – Příslušík AČR s noktovizorem MUM – 14 .....	49
Obrázek 18 – AN/PVS – 31 .....	50
Obrázek 19 – UGV - Pz .....	51
Tabulka 1 – Projekt OMNIBUS .....	66
Tabulka 2 – Generace společnosti Photonis .....	66
Tabulka 3 – Druhy fosforu používaných v NVD.....	66

Obrázek 20 – Schéma zleva: binokulární, binokulární, monokulární NVD.....	67
Obrázek 21 – Srovnání generací nočního vidění .....	67

## Přílohy práce

Contract	Omni I	Omni II	Omni III	Omni IV	Omni V	Omni VI	Omni VII
Resolution lp/mm	36	45	51	64	64	64	64
S/N	16.2	16.2	19	21	21	25	28
FOM	583	729	969	1344	1344	1600	1792
Photocathode sensitivity $\mu\text{A}/\text{lm}@2856\text{ K}$	1000	1000	1350	1800	1800	2000	2200
Gain [fL/fc]	20000–35000	40000–70000	40000–70000	40000–70000	40000–70000	50000–80000	50000–80000
MTF@2.5 lp/mm	0.83	0.83	0.9	0.92	0.92	0.92	0.92
MTF@7.5 lp/mm	0.58	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
MTF@15 lp/mm	0.28	0.38	0.45	0.61	0.61	0.61	0.61
MTF@25 lp/mm	0.08	0.18	0.2	0.38	0.38	0.38	0.38
Halo (mm)	1.47	1.47	1.47	1.25	1.25	0.90	0.70
Phosphor	P–20	P–20	P–20/P–43	P–43	P–43	P–43	P–43
Year	1982	1985	1990	1996	1999	2002	2006

Tabulka 1 – Projekt OMNIBUS<sup>63</sup>

Generation code	Resolution [lp/mm]	SNR	FOM
Gen II Plus®	36	13	468
SuperGen®	51	21	1071
XD4®	64	23	1472
XR5®	72	28	2016

Tabulka 2 – Generace společnosti Photonis<sup>64</sup>

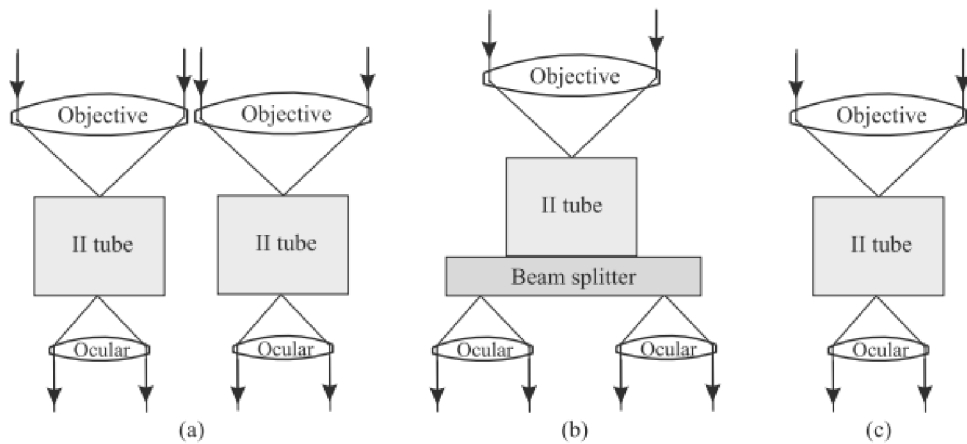
Číslo	Typ fosforu	Barva	Světelná efektivita
1	P20	Žluto - zelená	Vysoká
2	P43	Žluto - zelená	Vysoká
3	P45	Bílá	Střední
4	P46	Zelená	Nízká
5	P47	Modrá	Velmi nízká

Tabulka 3 – Druhy fosforu používaných v NVD<sup>65</sup>

<sup>63</sup> CHRZANOWSKI, K. *Review of night vision technology. OPTO-ELECTRONICS REVIEW* [online]. Association of Polish Electrical Engineering and Polish Academy of Sciences in cooperation with Military University of Technology, 2013, 15.5., **21**(2), 153–181 [cit. 2021-8-11]. ISSN 1896-3757. Dostupné z: doi:10.2478/s11772-013-0089-3 : [https://www.researchgate.net/publication/257909095\\_Review\\_of\\_night\\_vision\\_technology](https://www.researchgate.net/publication/257909095_Review_of_night_vision_technology)  
Strana 163

<sup>64</sup> Tamtéž strana 163

<sup>65</sup> Tamtéž, překlad, strana 166



Obrázek 20 – Schéma zleva: binokulární, binokulární, monokulární NVD<sup>66</sup>



Obrázek 21 – Srovnání generací nočního vidění<sup>67</sup>

<sup>66</sup> CHRZANOWSKI, K. *Review of night vision technology*. *OPTO-ELECTRONICS REVIEW* [online]. Association of Polish Electrical Engineering and Polish Academy of Sciences in cooperation with Military University of Technology, 2013, 15.5., **21**(2), 153–181 [cit. 2021-8-11]. ISSN 1896-3757. Dostupné z: doi:10.2478/s11772-013-0089-3 : [https://www.researchgate.net/publication/257909095\\_Review\\_of\\_night\\_vision\\_technology](https://www.researchgate.net/publication/257909095_Review_of_night_vision_technology)  
Strana 165

<sup>67</sup> PORTER, Cameron. *Srovnání generací nočního vidění* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.bestguarder.net/how-to-choose-the-budget-night-vision-scope-in-2021/>