Odabir i opremanje zrakoplova Pilatus PC - 9M višenamjenskom kamerom za potrebe Obalne straže

Pekar, Dražen

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:831691

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Dražen Pekar

ODABIR I OPREMANJE ZRAKOPLOVA PILATUS PC-9M VIŠENAMJENSKOM KAMEROM ZA POTREBE OBALNE STRAŽE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ODABIR I OPREMANJE ZRAKOPLOVA PILATUS PC-9M VIŠENAMJENSKOM KAMEROM ZA POTREBE OBALNE STRAŽE

SELECTION AND EQUIPMENT OF THE AIRCRAFT PILATUS PC-9M WITH MULTIFUNCTIONAL CAMERA FOR THE NEEDS OF THE COAST GUARD

Mentor: **izv. prof. dr. sc. Doris Novak**

Student: **Dražen Pekar, univ. bacc. ing. aeronaut. 0135190470**

Zagreb, 2016.

SAŽETAK:

Misije Obalne straže Republike Hrvatske izvršavaju se izdvajanjem resursa Hrvatske ratne mornarice i Hrvatskog ratnog zrakoplovstva. Među glavnim su zadaćama OS traganje, odnosno spašavanje unesrećenih osoba na moru i kopnu. Dio letova za potrebe Obalne straže obavlja postrojba Eskadrile aviona 93 ZB tzv. vizualnim pretraživanjem uz pomoć zrakoplova Pilatus PC-9M. Kako bi se misije OS RH adekvatno izvršavale, potrebno je zrakoplove opremiti višenamjenskim kamerama. Opremanje zrakoplova višenamjenskim kamerama složen je proces koji zahtijeva poznavanje karakteristika zrakoplova, zadaća OS, glavnih principa daljinskog istraživanja, vrsta višenamjenskih kamera te zakona aerodinamike. Cilj ugradnje kamera povećanje je učinkovitosti izvršavanja zadaća OS RH, a posljedica su određena ograničenja zrakoplova uzrokovana povećanjem otpora. Izbor optimalne kamere izvršen je na temelju komparacije mogućnosti različitih kamera, analiziran je utjecaj ugradnje kamera na povećanje otpora zrakoplova rezultat čega je povećanje potrošnje goriva. Adekvatno rješenje toga problema pronađeno je u opremanju podvjesnih točaka zrakoplova dodatnim spremnicima goriva.

KLJUČNE RIJEČI:

Obalna straža; daljinska istraživanja; višenamjenske kamere; misije traganja i spašavanja; koeficijent otpora; proračun doleta;

SUMMARY

The Croatian Coastguard operations are resourced by the Croatian Navy and the Croatian Airforce. The search and rescue of people in distress on both land and sea is among the main tasks of the Croatian Coastguard. A part of the flights for the Coastguard is carried out by the 93rd Air Base Squadron Unit using so-called visual search with the aid of the Pilatus PC-9M aircraft. In order to adequately perform the Coastguard's operations, the aircrafts need to be equipped with multi-purpose cameras. The equipping of an aircraft is a complex process that demands a good knowledge of its characteristics, the Coastguard’s assignments, remote sensing basic principles, multi-purpose camera types, and laws of aerodynamics. The aim of installing cameras is to improve the Coastguard's task efficiency. As a consequence, it causes certain limitations in the work of the aircraft due to the resistance increase. The optimal camera choice has been based on comparing the features of different cameras. The

influence of camera instalment on the aircraft's resistance increase has been analysed, the result being an increase in fuel consumption. The adequate solution to the problem has been found in attaching additional fuel tanks to hard points.

KEYWORDS:

Coast Guard; Remote sensing; multifunctional camera; Search and rescue missions (SAR missions); drag count; calculation of air range

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OSNOVE I TEHNIKE DALJINSKIH ISTAŽIVANJA 4
2.1. Elektromagnetsko zračenje 4
2.1.1. Vidljiva svjetlost 5
2.1.2. Ultraljubičasti spektar 6
2.1.3. Infracrveni spektar 8
2.2. Interakcija atmosfere i zemlje 11
2.3. Hiperspektralno daljinsko istraživanje 14
2.4. Javna daljinska istraživanja 14
2.5. Ključni koncepti daljinskih istraživanja današnjice 15
3. FOTOGRAFSKE KAMERE 16
3.1. Objektiv 17
3.2. Tijelo fotoaparata 26
4. PROBLEMATIKA DOSADAŠNJEG KORIŠTENJA PILATUSA PC-9M ZA POTREBE OBALNE STRAŽE 31
4.1. Funkcija i svrhe Obalne straže u RH 31
4.2. Prijedlog modela ustrojstva Obalne straže u okviru HRZ-a 32
4.3. Nedostaci vizualnog pretraživanja iz Pilatusa PC-9M 33
5. USPOREDBA KAMERA, NJIHOVIH TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA I MOGUĆNOSTI 41
5.1. Proizvođač kamera L3 Wescam 42
5.1.1. Kamera MX-10 42
5.1.2. Kamera MX-15HDi 50
5.2. Proizvođač kamera FLIR Sistems 59
5.2.1. Kamera Star SAFIRE HD 59
5.2.2. Kamera Star SAFIRE 380HDc 63
5.3. Proizvođač kamera General Dynamics Global Imaging Technologies 72
5.3.1. Kamera V-14 72
5.3.2. Kamera V1-4LRx 76
6. ODABIR NAJPOGODNIJE KAMERE ZA NADOGRADNJU 82
6.1. Komparativni prikaz veličine senzora i lasera 82
6.2. Komparativni prikaz vidnog kuta kamera 84

6.3. Komparativni prikaz tehničkih detalja kamera 87
7. UTJECAJ VIŠENAMJENSKE KAMERE NA LETNE KARAKTERISTIKE ZRAKOPLOVA 91
7.1. Proračun povećanja otpora (DRAG COUNT) za podvjesne spremnike goriva.....93
7.2. Proračun povećanja potrošnje goriva za odlazak u zonu pretraživanja..... 102
8. ZAKLJUČAK..... 117
LITERATURA..... 119
POPIS SLIKA..... 123
POPIS GRAFOVA 127
POPIS TABLICA..... 128
POPIS KRATICA..... 129

1. UVOD

Republika Hrvatska smještena je na jugoistok Europe, njezina izrazito duga kopnena i morska granica (3322 km) te činjenica da je 1397 km granice RH ujedno i granica Europske Unije predstavlja izazov službama odgovornim za nadzor granica i osiguravanje sigurnosti. Razvedenost jadranske obale kao i površina mora od 31 067 km² te geografski položaj Republike Hrvatske koji je čini svojevrsnim vratima istočne Europe prema Europskoj Uniji zahtijevaju iznalaženje efikasnog sustava nadziranja granica te morskih prostranstava u svrhu traganja i spašavanja za unesrećenim osobama kao i sprečavanja ilegalnih radnji poput trgovine ljudima, ilegalnog izlova ribe, šverca drogom i drugim proizvodima. Efikasnim načinom nadzora teritorija smatra se nadzor iz zraka pomoću adekvatno opremljenih zrakoplova. Školska Eskadrila aviona – EA u sastavu 93. Zrakoplovne baze pored redovnih zadaća obuke pilota provodi i misije traganja i spašavanja – SAR unesrećenih osoba na moru i kopnu za potrebe Obalne straže Republike Hrvatske – OS RH.

Dvočlane posade pilota EA letove za potrebe OS RH obavljaju zrakoplovima Pilatus PC-9M korištenjem ručne kamere. Zrakoplov Pilatus PC-9M prvenstveno je namijenjen za obuku pilota te nije adekvatno tehnički opremljen za SAR misije. Svrha diplomskog rada je objasniti na koji način bi dodatno tehničko opremanje zrakoplova utjecalo na: povećanje kvalitete i učinkovitosti nadzora teritorija Republike Hrvatske, povećanje sigurnosti i sprečavanje kriminalnih radnji te na vrijeme traganja za unesrećenim i nestalim osobama na moru i kopnu. Cilj diplomskog rada je temeljem prikupljenih podataka o tehničkim karakteristikama kamera kojima bi se zrakoplov mogao opremiti analizirati mogućnosti unapređenja učinkovitosti izvršenja misija OS RH i korištenja resursa EA.

Kroz dosadašnja istraživanja vezana za Obalnu stražu opisan je ustroj OS, nadležnosti, funkcija, zadaće, namjena i pregled postojećeg stanja OS, [19]. Izvor [19] navodi prijedlog novog ustrojstva OS sa modernizacijom Pilatusa PC-9M kamerom, novom avionikom i naoružanjem te uvođenje informacijskih sustava i unaprjeđenje postojećih komunikacijskih sustava u svrhu povećanja učinkovitosti. Također navodi procedure letenja OS s načinima provođenja vizualnog pretraživanja. Izvor [42] opisuje značajke OS: pojam i definiciju OS, namjenu, pregled postojećeg stanja, zadaće te materijalni opremu. Dalje analizira okružje

provedbe misija sa značajkama obalnih, priobalnih i morskih područja. Provodi analizu tipova zrakoplova za potrebe OS s razradom temeljnih performansi.

Očekivani rezultati istraživanja su utvrđivanje prednosti opremanja zrakoplova Pilatus PC-9M adekvatnom multifunkcionalnom kamerom u odnosu na korištenje ručnih kamera. Definiranje utjecaja multifunkcionalnih kamera na letne karakteristike zrakoplova i na učinkovitost u izvršavanju misija za potrebe OS RH. Iznalaženje adekvatnog rješenja za uklanjanje detektiranih problema u svrhu povećanja ekonomičnosti i učinkovitosti HRZ-a čime bi se omogućio porast povjerenja hrvatskih građana u sigurnost nadležnih službi i opravdalo ulaganje u njih.

Naslov diplomskog rada je: **Odabir i opremanje zrakoplova Pilatus PC-9M višenamjenskom kamerom za potrebe Obalne straže**. Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod

2. Osnove i tehnike daljinskih istraživanja

3. Fotografske kamere

4. Problematika dosadašnjeg korištenja Pilatusa PC-9M za potrebe Obalne straže Republike Hrvatske

5. Usporedba kamera, njihovih tehničkih karakteristika i mogućnosti

6. Odabir najpogodnije kamere za nadogradnju

7. Utjecaj višenamjenske kamere na letne karakteristike zrakoplova

8. Zaključak

U drugom poglavlju prezentirana su daljinska istraživanja kroz osnove i tehnike fotografiranja. Pojašnjeno je elektromagnetsko zračenje – EZ, interakcija atmosfere i zemlje, hiperspektralno daljinsko istraživanje te javna daljinska istraživanja.

Treće poglavlje posvećeno je fotografskim kamerama i njihovim sastavnim dijelovima.

U četvrtom poglavlju uz prikaz ustroja i glavnih zadaća OS RH uočeni su nedostaci trenutnog, vizualnog načina pretraživanja tj. ograničenja vidnog polja Pilatusa PC-9M sa prednjeg i stražnjeg sjedišta kabine.

Poglavlje pet bavi se višenamjenskim kamerama proizvedenim od strane tri različita proizvođača koji se bave proizvodnjom opreme za nadzor i traganje iz zraka. U poglavlju se

daje prikaz glavnih karakteristika ukupno šest kamera koje predstavljaju temelj za daljnju analizu.

Komparativnim prikazom veličine senzora i jakosti lasera kamera, vidnih kutova i tehničkih karakteristika kamera danim u poglavlju šest izdvojena je kamera za koju se smatra da najbolje odgovara potrebama OS RH.

U poglavlju sedam obrađene su prednosti i mane opremanja Pilatusa PC-9M višenamjenskom kamerom na letne karakteristike zrakoplova, promjenu otpora i doleta. Temeljem podataka dobivenih iz *Flight Manuala* Pilatusa PC-9M napravljeni su proračuni na osnovu kojih je izdvojena odgovarajuća kombinacija opremanja podvjesnih točaka zrakoplova spremnicima goriva i S.C.A.R.POD-om.

Zaključak donosi konačna razmatranja vezana za problematiku sa prijedlogom rješenja nadogradnje Pilatusa PC-9M.

2. OSNOVE I TEHNIKE DALJINSKIH ISTRAŽIVANJA

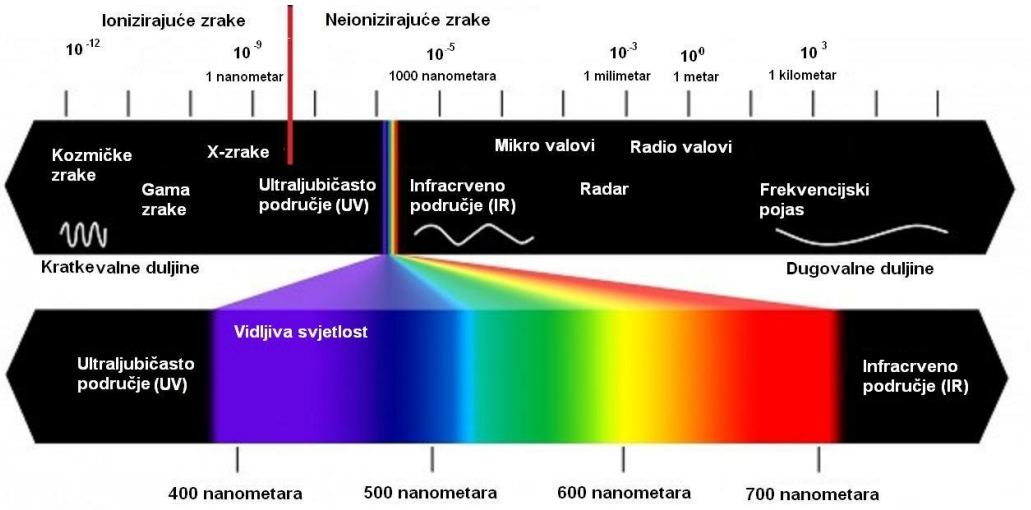
2.1. Elektromagnetsko zračenje

Sva tijela kojima je temperatura iznad apsolutne nule zrače elektromagnetske valove. Svako tijelo se sastoji od atoma. Prilikom grijanja nekog tijela, u njega se ulaže energija i atomi počinju titrati jer prelaze u pobuđena stanja (energija im se povećava).

Jezgre atoma nose električne naboje, pa tako pri titranju atoma dolazi do titranja električnih naboja. U točkama prostora oko električnog naboja uvijek postoji električno polje, ako se električni naboj giba, onda postoji još i magnetsko polje. Time, električni naboj koji titra predstavlja izvor elektromagnetskog vala [1].

Elektromagnetsko zračenje je fizikalna pojava širenja električnih i magnetskih valova, odnosno ultra sitnih čestica zvanih fotoni. Fotoni su čestice bez mase koje se gibaju brzinom svjetlosti (300000 km/s) i sadrže određenu količinu energije. Elektromagnetski valovi svrstani su u elektromagnetski spektar (slika 1.) koji se proteže od valova najmanje frekvencije i najveće valne dužine (tehnička izmjenična struja) do valova najveće frekvencije i najmanje valne dužine (visinske kozmičke zrake). Energija valova, odnosno fotona, veća je što je veća frekvencija titraja valova i što je kraća valna dužina. Elektromagnetski spektar dijeli se na dva dijela: ne ionizirajuće i ionizirajuće zračenje. Valovi, zrake velike energije, mogu iz ljuske atoma izbaciti elektrone i time ionizirati atom, zato se zovu ionizirajuće zrake. Ionizirajuće zrake: rendgenske (X-zrake), gama zrake, kozmičke zrake mogu štetno djelovati na ljudske stanice. Zrake manje energije: radiovalovi, mikrovalovi, vidljiva svjetlost, infracrvene i ultraljubičaste zrake nemaju te jačine da ioniziraju i zato se zovu ne ionizirajuće zrake. Njihovo djelovanje na organska tkiva, zbog slabe energije, može biti štetno pri dugom izlaganju, ali mnogo manje štetno od ionizirajućih zračenja [2].

Frekvencija je broj valova koji prolaze kroz određenu fiksnu točku u jedinici vremena. Valni ciklus se mjeri u sekundi i označava se hercima (Hz). Odnos između valne duljine (λ), frekvencije (v) i brzine svjetlosti (c) dan je formulom: $c=v\times\lambda$.



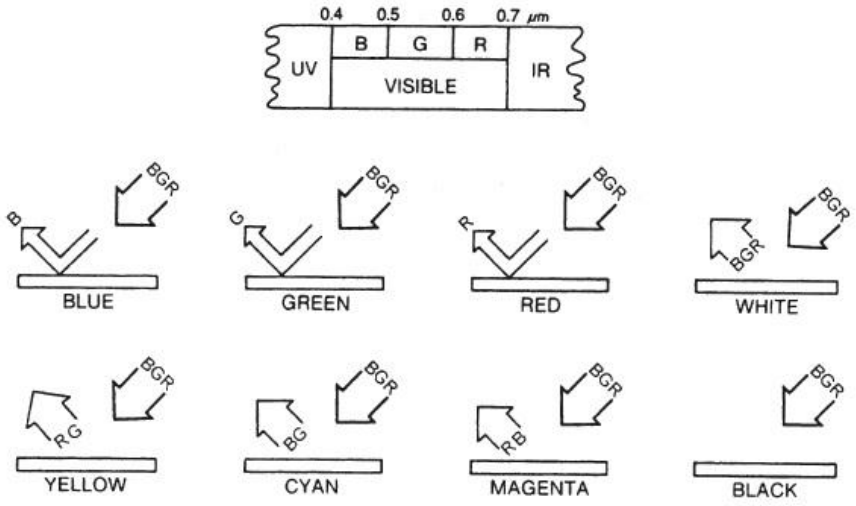
Slika 1. Spektar elektromagnetskog zračenja

Izvor: [3]

2.1.1. Vidljiva svjetlost

Svjetlost je dio spektra elektromagnetskog zračenja iz raspona valnih duljina vidljivih golim okom. Ljudsko oko reagira na vrlo ograničeni raspon valnih duljina, na vidljivu svjetlost. Međutim, ono odlično raspoznaje i vrlo male razlike unutar tog raspona. Te male razlike nazivamo boje. Boje su dakle male frekvencijske razlike u području vidljive svjetlosti. Najkraću valnu duljinu imaju ljubičasta i plava svjetlost, a najdulju crvena svjetlost. Vidljiva svjetlost se obično definira kao radijacija u rasponu valnih duljina od 380 nanometara (nm) do 720 nanometara - između infracrvene (s dugačkim valnim duljinama) i ultraljubičaste (s kratkim valnim duljinama). Često se infracrveni i ultraljubičasti raspon također nazivaju svjetlom [4].

Vidljivi spektar predstavlja vrlo mali dio elektromagnetskog spektra ali ima veliki značaj u daljinskim istraživanjima. Granice vidljivog spektra su definirane osjetljivošću ljudskog vizualnog sustava. Boja promatranog objekta definirana je bojom refleksije svjetlosti. Tako je plavi objekt plav jer odražava plavo svjetlo. Među boje nastaju kada se od objekt odražava dva ili više aditiva primarnih boja koji se kombiniraju i stvaraju osjećaj žute (crvena i zelena), ljubičaste (crvena i plava) ili drugih boja. (slika 2.).



Slika 2. Refleksija boja od podlogu [5]

2.1.2. Ultraljubičasti spektar

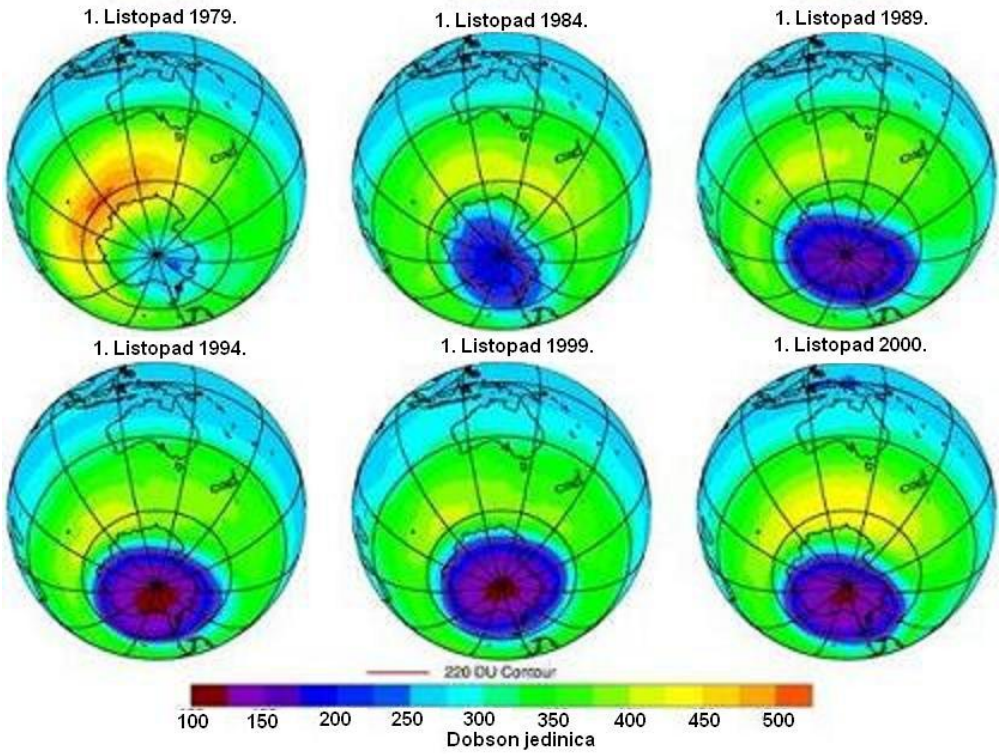
Ultraljubičasto zračenje (ultraljubičasta svjetlost; kratica UV prema eng. ultraviolet) obuhvaća elektromagnetsko zračenje s valnim duljinama manjim od onih koje ima vidljiva svjetlost ali većim od onih koje imaju meke X-zrake, u rasponu od 10 nm do 400 nm, i energijom fotona od 3 eV do 124 eV.

Kada se promatra njegovo djelovanje na ljudsko zdravlje i okolinu, ultraljubičasto zračenje se obično dijeli na UVA (400–315 nm) ili dugovalno (crno svjetlo), UVB (315–280 nm) ili srednjevalno i UVC (< 280 nm) ili kratkovalno (antimikrobno).

U spektru Sunčeva zračenja na ultraljubičasto zračenje otpada samo 10% energije. Ultraljubičasto zračenje ima važnu ulogu u stvaranju vitamina D, nužnog za ravnotežu kalcija u organizmu međutim ima i svojih štetnih djelovanja. Pozornost na moguće štetno djelovanje Sunčeva zračenja na ljudsku kožu valja obratiti kad je posrijedi ultraljubičasto zračenje tipa UVA i UVB. Dok zračenje tipa UVC uglavnom ne dopire do površine Zemlje, apsorbira ga ozon u gornjim slojevima atmosfere osim u slučaju bitno oštećenog ozonskog sloja (tzv. ozonske rupe). UVA i UVB zrake prodiru kroz vanjski sloj kože i izazivaju oštećenja:

opekline, rak kože, alergiju i sl. Oštećenju stanica kože naročito su izloženi ljudi svijetle puti [4].

Uočeno je da su se na zemljinim polovima stvorile ozonske rupe više izražene na južnom polu iznad Antarktika. U tim rupama dolazi do smanjenja koncentracije ozona zbog više čimbenika, jedan od najvažnijih je ljudski tj. zagađenje zraka.



Slika 3. Povećanje ozonskih rupa od 1979. do 2000.g

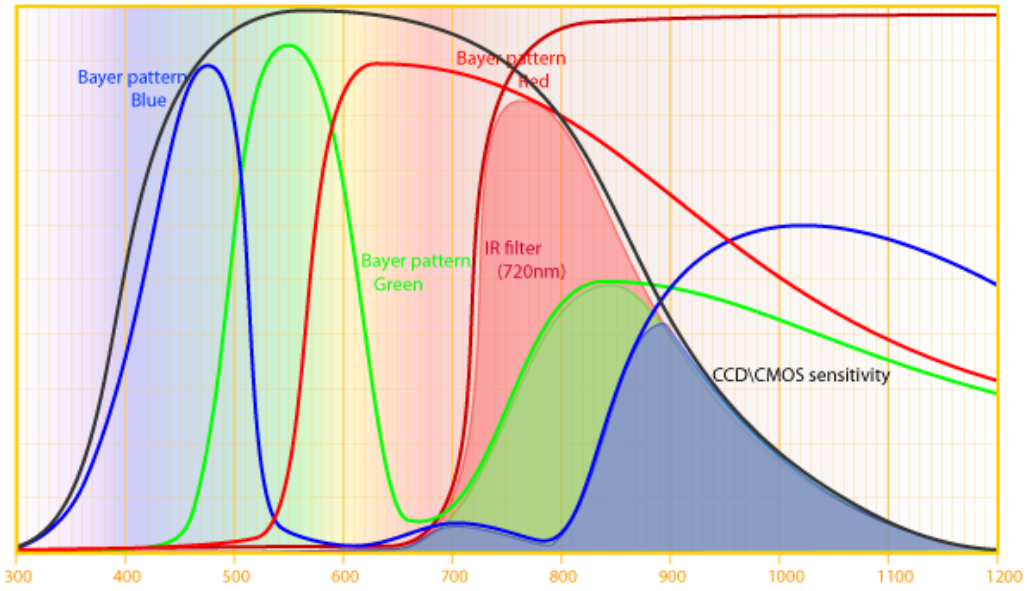
Izvor: [6]

Slika 3. prikazuje povećanje ozonskih rupa od kraja 70-tih godina prošlog stoljeća kad su otkrivene do 2000. godine. Samim povećanjem rupa povećava se prodiranje UVC zračenja do zemljine površine. Daljinskim istraživanjem se prati kretanje rupa a time i količina zračenja te se upozorava javnost na indeks zračenja kroz dnevnu prognozu.

2.1.3. Infracrveni spektar

Valne duljine duže od crvenog dijela vidljivog spektra označene kao infracrveni spektar otkrio je 1800. godine britanski astronom Williama Herschel (1738-1822). Ovaj segment spektra je vrlo velik u odnosu na vidljivo područje. Rasponom od 720-15000 nm 40 puta je veći od širine vidljivog spektra svjetlosti. Zbog svog širokog spektra obuhvaća zračenja s različitim svojstvima. U ovom rasponu razlikuju se dva važna područja: blisko infracrveno i srednje infracrveno zračenje te daleko infracrveno zračenje. Blisko infracrveno i srednje infracrveno zračenje nalazi se najbliže vidljivom području. Blisko infracrveno područje ponaša se s obzirom na optički sustav na način analogan zračenju u vidljivom spektru. Dakle, daljinska istraživanja bliskog infracrvenog područja mogu koristiti filmove, filtre i kamere s dizajnom sličnim onima namijenjenim za uporabu na vidljivom svjetlu.

Primjer: Slika 4. prikazuje uporabu niskopropusnog infracrvenog filtra od 720nm. Niskopropusni filter propušta manje frekvencije od granične vrijednosti (približno 10 na 14 Hz) tj. propušta područje koje ima veću valnu duljinu od 720 nm. Prikazan je način blokiranja filtra, crna linija označava osjetljivost digitalnog senzora profesionalnih fotoaparata (slično je i za normalne fotoaparate na filmove). Učinkovitost senzora pada smanjivanjem frekvencije tj. povećanjem valne duljine ali je dovoljna za fotografiranje bliskog infracrvenog područja. U ovom slučaju se filtriraju boje vidljive ljuskom oku koje imaju valnu duljinu manju od 720 nm. Dijelovi zelene i plave boje koji se pojavljuju na nižim frekvencijama ne dolaze do izražaja ali se mogu primijetiti u blagim nijansama plave i zelene (slika 4.).



Slika 4. Prikaz blokiranje filtra od 720 nm [7]

Ovim filtrom mogu se snimiti stvari neprimjetne ljudskom oku primjerice razlika između zdravog lišća drveća i lišća u početnoj fazi sušenja. Primjenom ovakvog filtra uklanja se zelena boja zdravog lišća i vidi se zračenje lišća s većim valnim duljinama što se na fotografijama prikazuje kao bijela boja (slika 5.). Bolesno lišće ili lišće u početnoj fazi sušenja u ranoj jeseni ljudskom oku može i dalje biti zeleno ali ono počinje drugačije zračiti u infracrvenom području, te se uporabom filtra drugačije vidi od zdravog lišća.



Slika 5. Usporedba standardne fotografije i fotografije sa filtrom od 720 nm
Izvor: [8]

Druga kategorija infracrvenog zračenja je daleko infracrveno područje, koje se sastoji od valnih duljina i izvan vidljivog područja te graniči s mikrovalnim područjem. Ovo zračenje je bitno drugačiji od vidljivog i blisko infracrvenog područja. Dok je u bliskom infracrvenom zračenju bitno sunčevo zračenje koje se reflektira od površine Zemlje, daleko infracrveno zračenje emitira zemlja. U svakodnevnom jeziku, daleko infracrveno zračenje sastoji od "topline" ili "toplinske energije" (Slika 6.).



Slika 6. Usporedba standardne i termalne fotografije
Izvor: [9]

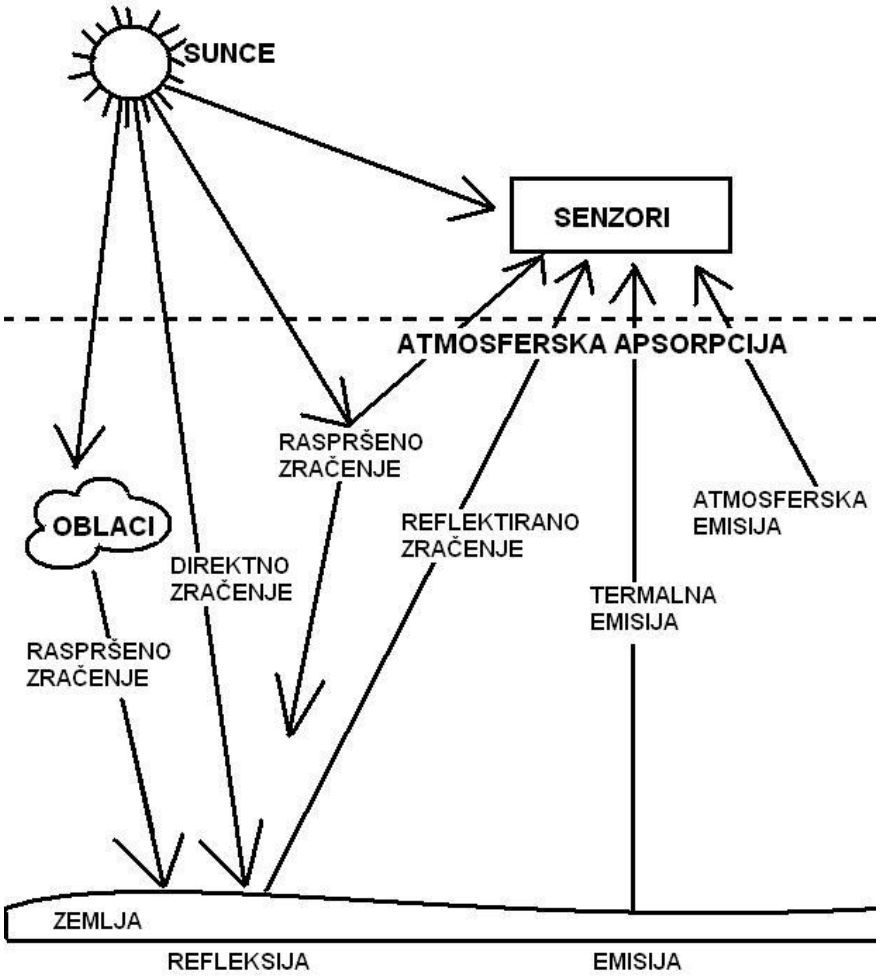
Infracrvena termografija ili termalno snimanje često se koristi u vojne i civilne svrhe. Vojna primjena uključuje: aktivno otkrivanje ciljeva u mraku, praćenje i otkrivanje neprijatelja te praćenje ciljeva na projektilima. Civilna primjena uključuje proučavanje stupnja termičkog iskorištenja objekata, daljinsko mjerenje temperature, bliske bežične komunikacije, spektroskopiju i vremensku prognozu. Infracrvena astronomija koristi teleskope s IC osjetilima za otkrivanje područja koja su prekrivena prašinom kao što su molekularni oblaci, za otkrivanje planeta i za gledanje objekata s velikim crvenim pomakom koji potječu iz vremena nastajanja svemira.

Daljinsko istraživanje u bliskom infracrvenom području može se vršiti samo tijekom dana i uglavnom se koristi za optičke fotografije kao što su infracrvene u boji tzv. infracrvene fotografije. Daleko infracrveno, još zvano toplinsko infracrveno područje može se koristiti noću kada se snima toplinsko isijavanje predmeta.

2.2. Interakcija atmosfere i zemlje

Interakcija izračene Sunčeve energije (Slika 7.) s fizičkim objektima u atmosferi i na površini Zemlje proizvodi elektromagnetsku energiju, koja može biti reflektirana, emitirana, apsorbirana, transmitirana i raspršena (disperzirana) [10].

Za optičke senzore osnovni izvor zračenja je Sunce a za emitiranu energiju izvor zračenja je Zemlja. U procesu su važni izvori energije i zračenje koje putuje kroz prostor u obliku valova različitih duljina.

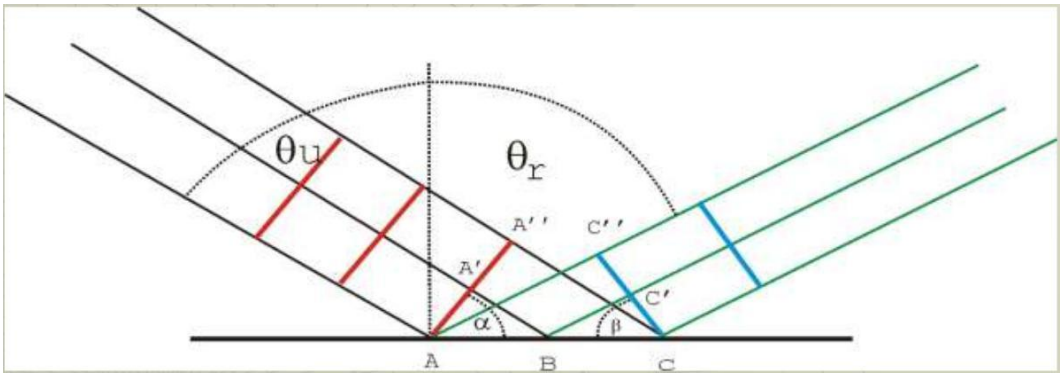


Slika 7. Prikaz interakcije atmosfere

Izvor: [10]

Refleksija je odbijanje elektromagnetskog zračenja o neku površinu, ona je posebno važna za dobivanje informacija. Potrebno je poznavati osnovne značajke refleksije pojedinih objekata u različitim dijelovima elektro magnetskog spektra. Tri su osnovna medija: čvrsto tlo-stijene, voda i vegetacija.

Ravni val se reflektira tako da je kut kojeg valna fronta upadnog vala zatvara s plohom ABC na kojoj se događa refleksija jednak kutu kojeg valna fronta reflektiranog vala zatvara s plohom refleksije (slika 8.).



Slika 8. Refleksija od ravnu podlogu [11]

Spektralna refleksija je refleksija elektromagnetskog zračenja u određenim valnim duljinama. Postoji više karakterističnih krivulja, koje se mogu precizno izdvojiti multi spektralnom analizom. Te krivulje ovisne su o broju interakcija između upadajućeg zračenja, te mikro i makro strukture snimanih objekata (slika 9.).

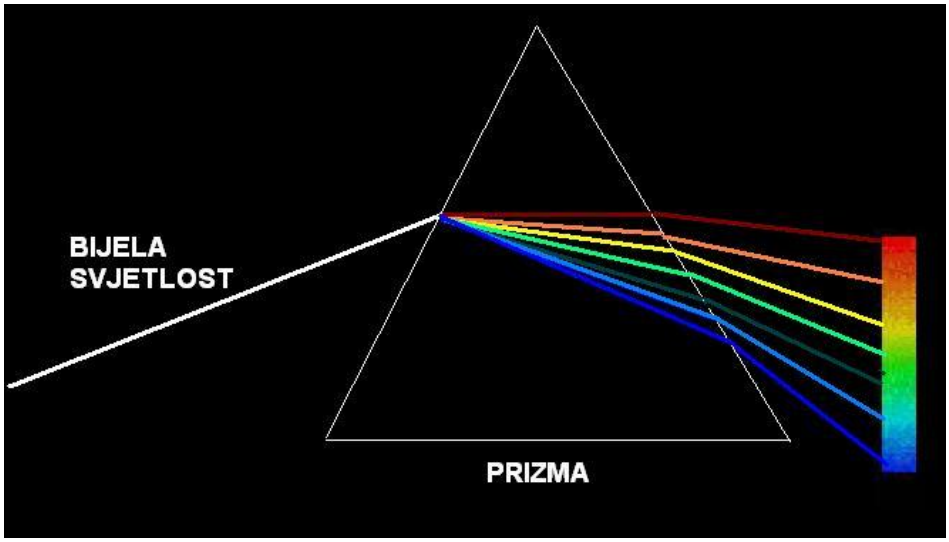


Slika 9. Spektralna refleksija o zemljinu površinu [10]

Apsorpcija je proces gdje se energija zračenja apsorbira i konvertira u druge oblike energije. Npr. sunčevo zračenje na beton, beton upija zračenje te se zagrijava i time emitira toplinsko zračenje tj. zračenje u daleko infracrvenom spektru. Interval apsorpcije je raspon valnih duljina (ili frekvencija) u elektromagnetskom spektru gdje je energija zračenja apsorbirana od tvari kao što su voda, ugljični dioksid, kisik, ozon i dušikov dioksid.

Atmosfersko raspršivanje svjetla događa se zbog prisutnosti različitih čestica u atmosferi. Raspršivanje je uzrokovano česticama koje lebde u atmosferi. Dvije osnovne kategorije raspršivanja su selektivno i neselektivno raspršivanje.

Transmisija je prolaženje elektro-magnetskog vala kroz neki medij npr. kroz zrak tj. atmosferu. Kako atmosfera nije homogena promjenom visine mijenja se njezina gustoća i sastav te tako dolazi do skretanja vala odnosno loma vala. Ta pojava se još zove refrakcija. Nju karakterizira promjena kretanja vala kada naiđe na granicu dvaju medija različitih gustoća u kojima su različite brzine kretanja vala. Kut skretanja ovisi o frekvenciji vala, najbolji primjer je nailazak bijele svijetlosti na staklenu prizmu i stvaranje efekta duge (slika 10.).



Slika 10. Lom svjetlosti kroz prizmu

Izvor: [12]

Iako se podaci mogu daljinski prikupljati u raznim oblicima (varijacije sile gravitacije, raspodjela akustičnih valova, raspodjela elektro-magnetske energije...) danas se pod

daljinskim istraživanjima podrazumijevaju elektromagnetska daljinska istraživanja zemljinih resursa.

Ova istraživanja obuhvaćaju mjerenje elektro-magnetske energije: reflektirane, apsorbirane ili emitirane od Zemljine površine, te dovođenje u vezu podataka mjerenja s prirodnim svojstvima objekata i pojava na Zemljinoj površini i u atmosferi.

Detekcija može biti izvedena fotografski ili elektronski. Fotografski (optički) senzori su jednostavniji i jeftiniji te daju visoki stupanj prostornog detalja i geometrijske cjelovitosti. Elektronski senzori su ponekad složeniji i skuplji od fotografskih sustava ali nude širu i veću spektralnu osjetljivost, poboljšani kalibracijski potencijal i mogućnost pohrane i prijenosa podataka. Među brojnim vrstama senzora u daljinskim istraživanjima najvažniji su:

- fotografske kamere za snimanje sa zemlje ili iz zraka
- multispektralni skeneri
- mikrovalni senzori (radari).

2.3. Hiperspektralno daljinsko istraživanje

Tijekom 1980-ih, uz podršku NASA-e (eng. *National Aeronautics and Space Administration* – Nacionalna aeronautička i svemirska administracija), znanstvenici iz Jet Propulsion Laboratory razvili su instrumente koji bi mogli stvoriti slike Zemlje na neviđenu razinu spektralnih detalja. Dok prethodni multispektralni senzori prikupljaju podatke u nekoliko vrlo široko definiranih spektralnih područja, ti novi instrumenti mogu prikupiti 200 ili više vrlo precizno definiranih spektralnih područja. Ovi instrumenti stvorili su polje hiperspektralnih daljinskih istraživanja, koje se još uvijek razvija.

2.4. Javna daljinska istraživanja

Tijekom prvog desetljeća 21. stoljeća rastuća moć Interneta otvara mogućnosti i potrebe za javnim pristupom daljinskim istraživanjima dijelom kroz pregled slika napravljenih za distribuciju preko Interneta, a dijelom kroz dizajn potrošačkih proizvoda i usluga na kojima su daljinska istraživanja predstavljena u obliku raznovrsnih karata.

Kompjuterski program Google Earth iz 2005. čini virtualni prikaz Zemljine površine prikazan kao kompozit raznovrsnih digitalnih slika. Google Earth je pravi primjer dizajna namijenjenog široj javnosti bez specijaliziranih znanja koja su prethodno bila preduvjet za razumijevanje daljinskih istraživanja i očitavanje snimaka. Osnovna inovacija Google Earth je prepoznavanje vrijednosti velikog broja slikovnih proizvoda koje su georeferencirane te su nastale tijekom dugog niza godina u različitim mjerilima i rezolucijama.

Google Earth čini prekretnicu u daljinskom istraživanju. Prije je daljinska istraživanja provodila vojska tj. državna tijela sigurnosti u svrhu nadzora protivničkih snaga, u njih su se ulagala ogromna sredstva i bila su tajna tj. nisu bila dostupna javnosti. Danas se rezultati daljinskih istraživanja kroz razne proizvode, programe i aplikacije za mobitele plasiraju široj javnosti, te tako predstavljaju ozbiljnu industriju koja donosi prihode.

2.5. Ključni koncepti daljinskih istraživanja današnjice

U današnje vrijeme daljinsko istraživanje ne služi isključivo za vojne svrhe već se koristi za znanstvena istraživanja, medicinske svrhe, u poljoprivredi, za traganje za unesrećenim osobama… Provodi se pomoću uređaja za snimanje ili istraživanje u realnom vremenu koji je bežičan ili nije u fizičkom ili bliskom kontaktu s objektom (tj. pomoću zrakoplova, svemirske letjelice, satelita, bove ili broda…). U praksi se daljinsko istraživanje provodi pomoću različitih na daljinu postavljenih uređaja za prikupljanje informacija o nekom objektu ili području. Svi sljedeći postupci primjeri su daljinskih istraživanja: promatranje Zemlje ili meteorološke satelitske kolekcijske platforme, promatranje oceana i atmosfere s meteoroloških plutajućih platformi, nadzor trudnoće pomoću ultrazvuka, magnetska rezonancijska vizualizacija (MRI-*Magnetic resonance imaging*), pozitronska emisijska tomografija (PET), praćenje suša i bolesti poljoprivrednih polja, svemirske sonde... U modernoj uporabi termin se općenito odnosi na uporabu tehnologija vizualizacijskih senzora koji uključuju, ali nisu ograničeni uporabom instrumenata u zrakoplovima ili svemirskim letjelicama, te se razlikuje od ostalih srodnih vizualizacijskih polja kao što je medicinska vizualizacija.

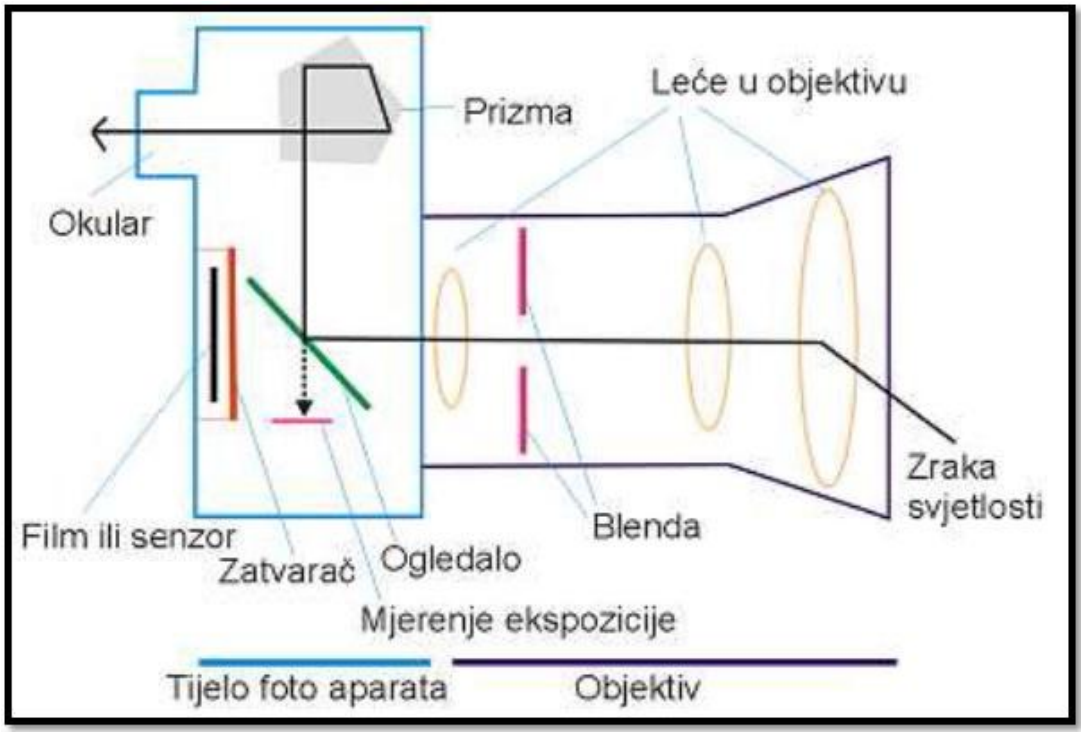
3. FOTOGRAFSKE KAMERE

Fotografija je tehnika digitalnog ili kemijskog zapisivanja prizora iz stvarnosti na sloju materijala koji je osjetljiv na svjetlost koja na njega pada. Riječ dolazi od grčkog phos ("svjetlo"), te graphis ("crtanje") ili graphê, što znači "crtanje pomoću svjetla". Fotografija je način bilježenja događaja, stvari kao i likovnih elemenata i svijeta oko nas uz pomoć leće i svjetlosti [13].

Uz klasični postupak snimanja i pohrane fotografija i pokretne slike na filmsku traku, krajem 20. stoljeća javljaju se uređaji za snimanje pokretnih slika na magnetski medij video-snimači (video recorder) i reproduciranje takvih snimaka - video reproduktor (video-player). Usavršeni su objektivi i brojni uređaji koji djelomično ili potpuno automatiziraju rutinske radnje pri snimanju u području: mjerenja osvijetljenosti, izračunavanja i automatske postave parametara za snimanje (otvora, vremena eksponiranja filma, automatskog fokusiranja), umjetnog rasvjetljavanja objekta - bljeskalice, snimanja zvučnog zapisa i dr., što je bio preduvjet za razvoj današnjih kamera koje su uglavnom digitalne [13].

U digitalnoj se fotografiji umjesto filma i kemije koristi svjetlosni senzor (čip) i električna energija. Digitalni fotoaparati stoga ne mogu raditi bez izvora električne energije (baterije). Prvi digitalni fotoaparati bili su puno slabije kvalitete u odnosu na analogne, ali s vremenom je digitalna fotografija dostigla analognu i pokazala određene prednosti. Jeftinija je i praktičnija, digitalnu fotografiju možemo odmah vidjeti na zaslonu fotoaparata- ne moramo kupovati filmove. Pohranjivanje fotografija je jednostavno i brzo, zauzima mnogo manje prostora od pohranjivanja negativa. Digitalne fotografije munjevitom se brzinom distribuiraju putem Interneta, obrada fotografije je brža i jednostavnija s više mogućnosti nego što je to slučaj kod analogne fotografije [14].

Foto aparat se sastoji se od objektiva i tijela koje se postavlja na platformu tj. na nosač fotoaparata. Foto aparat nazivamo još i optičkim senzorom (Slika 11.).



Slika 11. Osnovni dijelovi osobnog fotoaparata

Izvor [15]

3.1. Objektiv

Objektiv je „oko“ fotoaparata, optički instrument zadužen za sabiranje ili prikupljanje svjetla na svjetlosni senzor smješten u tijelo fotoaparata. Primjer: Canon EOS sustav koristi EF – objektive (EF Electro Focus, - električni fokus). Električni fokus znači da objektiv u sebi ima ugrađen motor koji prema uputama iz tijela fotoaparata pokreće staklene leće u objektivu i automatski fokusira (izoštrava) sliku koja se projicira na svjetlosni senzor. U tijelu fotoaparata između pentaprizme i zrcala nalazi se uređaj za fokusiranje. Računalo u tijelu u određenim točkama buduće fotografije pokušava pokretanjem motora za fokusiranje u

objektivu napraviti čim kontrastniju sliku. Taj motor okreće prsten za fokusiranje u objektivu u jednu ili drugu stranu. Kad je fokus tj. oštrina postignuta, motor auto-fokusa se zaustavlja.

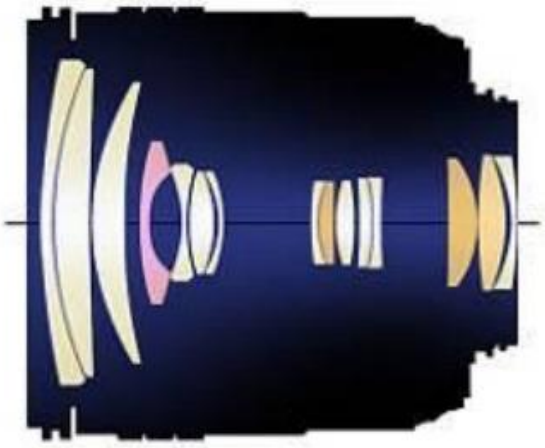
Osnovne vanjske dijelove objektiva: bajonet, prsten za zumiranje, prsten za izoštravanje i prekidač za fokusiranje prikazuje slika 12. Bajonet je vrsta navoja pomoću kojeg se objektiv učvršćuje na fotoaparat. Može biti plastičan ili metalan. Na bajonetu su kontakti za komunikaciju objektiva s tijelom fotoaparata. Prsten za zumiranje (na zum-objektivima) služi za promjenu fokusne dužine objektiva tj. za promjenu kuta vidnog polja objektiva (približavanje i udaljavanje slike). On je širi od prstena za fokusiranje (izoštravanje) koji služi za ručno izoštravanje kada je prekidač za fokusiranje na MF (*manual focus*-ručni fokus) [14].



Slika 12. Vanjski dijelovi objektiva [14]

Unutrašnjost svakog objektiva sastoji se od tri osnovna dijela: skupine leća, motora za fokusiranje i blende.

Leće su najvažniji dio svakog objektiva. To su posebno brušena okrugla stakla koja imaju zadatak preciznog usmjeravanja svijetla na svjetlosni senzor. Takva stakla su optički instrumenti. Optika je znanost koja se bavi proučavanjem prirode svjetlosti. Staklo lomi svjetlo pa je zato pogodno za preusmjeravanje svjetlosnih zraka u željenom pravcu. Optičari su dugogodišnjim istraživanjem prepravljali i poboljšavali leće kako bi slika koju stvaraju bila što čišća, jasnija i preciznija. Sve leće imaju zakrivljenu (sfernu) površinu. Takvu je površinu vrlo teško izbrusiti pa su zbog toga leće skupe. Za kvalitetnu sliku načinjenu fotoaparatom nije dovoljna jedna leća (kao recimo za naočale) pa svaki objektiv ima više leća (neki i dvadesetak). Osim što su izrađene od posebnih optičkih stakala ili posebnih minerala, leće na svojim površinama imaju i posebne kemijske premaze koji služe za bolji prolazak svjetlosti. Takvi premazi zovu se antirefleksivni premazi (od njih su leće zelenkastih, plavkastih i crvenkastih boja). Premazi leća su osjetljivi na dodir i masne otiske prstiju (mogu se izgrebati ili oštetiti) pa se zbog toga leće objektiva ne smiju dirati prstima ili čistiti grubim krpicama. Za čišćenje su dizajnirane posebne mekane krpice pomoću kojih, ukoliko je to potrebno možemo očistiti vanjsku leću objektiva.

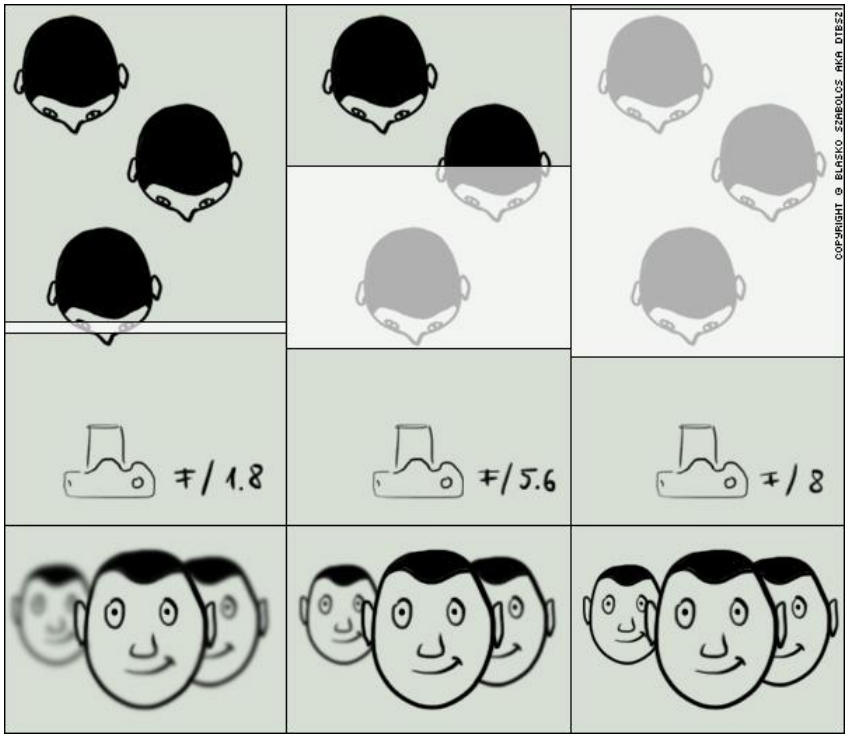


Slika 13. Primjer rasporeda leća unutar objektiva [14]

Motor za fokusiranje u objektivu pomiče skupinu leća kako bi se postignuo fokus ili izoštren dio slike. Na fotografiji će uvijek biti potpuno oštar samo jedan njezin dio koji je od fotoaparata udaljen za točno određenu dužinu. Neki objektivi na sebi imaju prozorčić koji

pokazuje na kojoj će udaljenosti slika biti potpuno oštra. Pojedini proizvođači umjesto u objektiv stavljaju u tijelo fotoaparata elektro motor kojim se pomoću male osovine i zupčanika pomiče skupina leća za fokusiranje.

Treći važan dio objektiva je blenda. Ona predstavlja otvor objektiva. Sastoji se od tankih metalnih listića koji se uz pomoć malenog motora otvaraju i zatvaraju u veći ili manji krug. Blendom kontroliramo količinu svjetlosti koju propuštamo kroz objektiv ali i kut pod kojim svjetlost iz objektiva pada na svjetlosni senzor. Kada je blenda otvorena dolazi više svjetla pod širim kutom, a kada je pritvorena dolazi manje svjetla pod užim (oštrijim) kutom. Blendom kontroliramo količinu oštrine na fotografiji (slika 14.). Ako želimo u potpunosti oštru fotografiju pritvorit ćemo blendu, a ako želimo oštar samo maleni dio na fotografiji otvorit ćemo blendu.



Slika 14. Primjer oštrine fotografije s različitim otvorom blende [16]

Blenda funkcionira na principu ljudskog oka točnije na principu zjenice. Zjenica primarno služi za kontrolu količine svjetlosti koja ulazi u unutrašnji dio oka te se ovisno o izloženosti svjetlu sužava i širi. Prilikom fotografiranja tijekom sunčanog dana kada je

izloženost svjetlosti velika blenda je poput zjenice maksimalno sužena, dok je po noći prilikom izlaganja minimalnoj svjetlosti maksimalno otvorena. Ljudsko oko ne može značajno kontrolirati koliko će dugo trajati ekspozicija objekta promatranja dok digitalni fotoaparati to mogu. Pri statičkom fotografiranju ekspozicije mogu trajati i po nekoliko minuta. Za to vrijeme senzor prikuplja informacije o minimalno osvijetljenom objektu. Izvor svijetlosti mogu biti zvijezde ili mjesec. Također ekspozicija može trajati jako kratko primjer 1/10000 dijela sekunde što se koristi za dinamičko fotografiranje objekata u kretanju ili fotografiranje statičnih predmeta iz kretanja (fotografiranje zemljine površine iz zraka) što je važno za daljinska istraživanja. Da bi se postigla jako kratka ekspozicija potrebno je da na senzor dođe što više svjetlosti što se postiže većim otvorom blende (slika 15.).



Slika 15. Primjer otvorenosti blende [17]

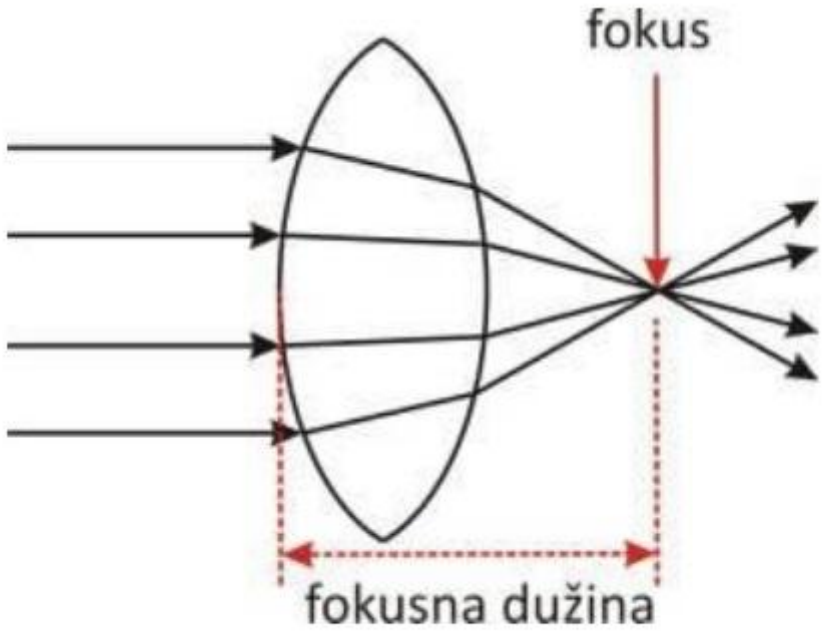
Ponekad jednostavno vanjska svjetlost nije dovoljna za kratku ekspoziciju. Kako bi dobili izoštrenu fotografiju možemo upotrijebiti stabilizirajuću platformu za stabiliziranje cijelog fotoaparata ili samo manjeg važnog dijela. Povećanjem ISO osjetljivosti moguće je smanjiti dužinu ekspozicije.

Brojčana oznaka otvorenosti blende je zapravo odnos između fokusne dužine i otvora blende. Pa tako za oznaku blende f/2 za objektiv fokusne dužine od 200mm blenda je otvorena 100mm, a za objektiv od 50mm blenda je otvorena tek 25mm. Isto tako za f/22 za

objektiv od 200mm blenda je otvorena približno 9mm, a za objektiv od 50mm blenda je otvorena približno 2.27mm [14].

Fokusna dužina (žarišna daljina) objektiva označena je velikim brojevima na vanjskom dijelu objektiva. Zum-objektivi imaju više fokusnih dužina (npr. 18-55 mm, 17-40 mm, 70-200 mm, 100-400 mm), a fiksni objektivi samo jednu fokusnu dužinu (npr. 16 mm, 50 mm, 85 mm, 500 mm) [14].

Fokusna dužina objektiva označava udaljenost optičkog središta objektiva do mjesta u kojem se skupljaju sve zrake svjetlosti (slika 16.) [14].



Slika 16. Fokusna dužina

Izvor: [14]

Za fotografe je od same fokusne dužine važniji vidni kut objektiva koji zatvara. Fokusnu su dužinu zadržali radi lakšeg snalaženja među različitim objektivima. Objektiv s kraćom fokusnom dužinom uhvatit će sliku u širem kutu, a objektiv s većom fokusnom dužinom u užem kutu. Zato se objektivi dijele na širokokutne, normalne i teleobjektive (uskokutne objektive) [14].

Širokokutni objektivi (od 6 mm do 35 mm)

Ovi objektivi imaju vidno polje od 180° do 54°. Njima se hvata kadar puno šireg vidnog polja od vidnog polja ljudskog oka. Objektivi koji hvataju 180° vidnog polja još se nazivaju „riblje oko“ (fisheye). Ovakvim objektivima snimamo široke prostore ali slika je na rubovima izobličena (primjenjuju se u tzv. kreativnoj fotografiji).



Slika 17. Široko kutni objektivi [14]

Normalni objektivi (od 35mm do 70 mm)

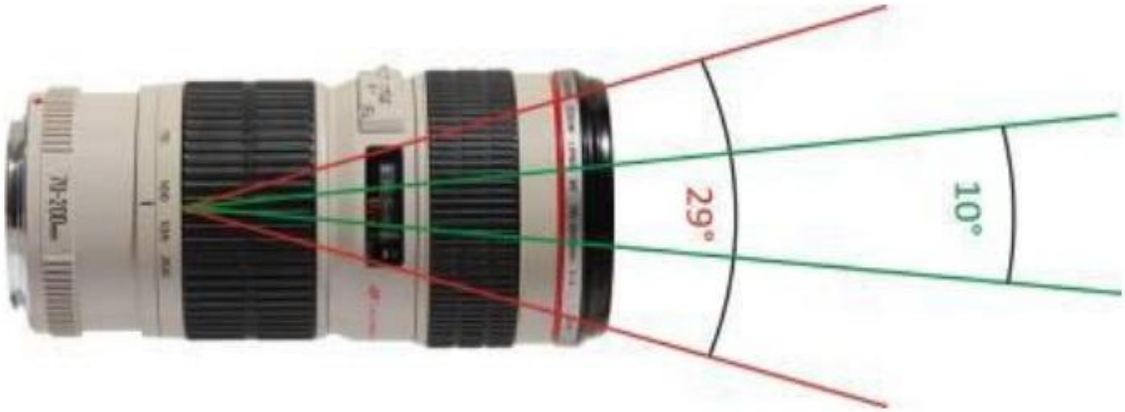
Vidno polje 50 mm objektiva od 46° odgovara vidnom kutu ljudskog oka. Normalni objektivi zatvaraju vidno polje od 54° do 30°. Pomoću njih se mogu izraditi „najprirodnije“ fotografije. Imaju vrlo široku primjenu. Objektiv od 50 mm s vidnim poljem od 46° najčešći je objektiv koji se koristi na SLR (Single-lens reflex camera) fotoaparatima. Pogodni su za fotografiranje portreta (ne izobličuju lica), pejzaža, predmeta i sl. [14].



Slika 18. 50mm objektiv iz skupine normalnih objektiva [14]

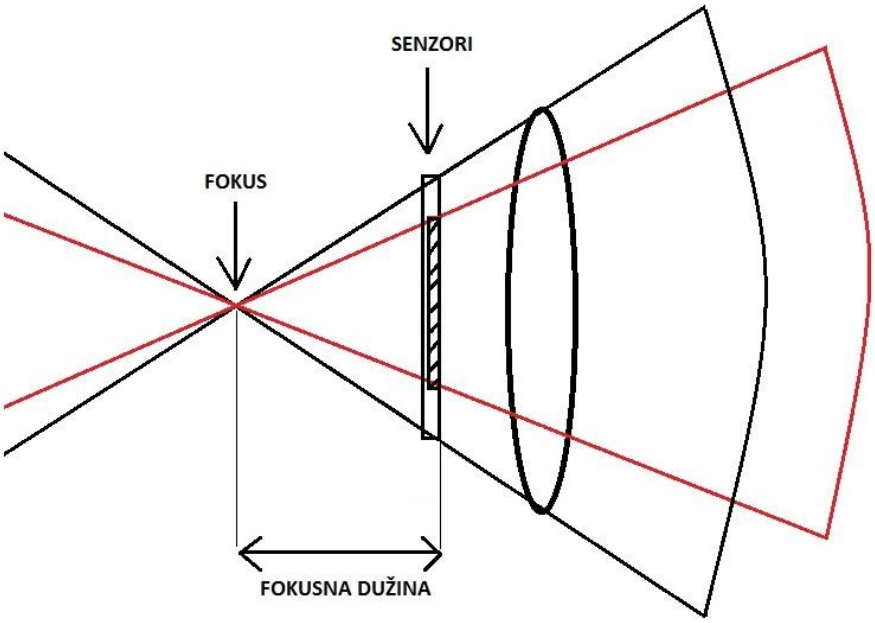
Teleobjektivi (od 70mm do 600 mm)

Teleobjektivi zatvaraju kut od 30° do 5°. Riječ „thelos“ na grčkom jeziku znači „udaljen“. Ovi se objektivi koriste za približavanje vrlo udaljenih predmeta, najčešće za snimanje sporta, ali i za portrete i pejzaže. Teško su primjenjivi u zatvorenim prostorima jer najbolje hvataju udaljenije predmete [14].



Slika 19. Teleobjektiv [14]

Fokusna dužina i vidni kut objektiva su usko vezani trigonometrijom. Treća varijabla je veličina senzora., pa tako ako je senzor fotoaparata veći a fokusna dužina ista onda je i vidni kut veći.



Slika 20. Razlika vidnog kuta s obzirom na veličinu senzora

Slika 20. prikazuje odnos između veličina senzora i vidnog kuta. Što je senzor manji, manji je i vidni kut. Prema tome jako mali senzor stvara jako mali vidni kut što bi značilo da je predmet promatranja super zumiran. To je istina, ali mali senzor ima ograničenja. Manja površina senzora u istim uvjetima prima manje svjetlosti u odnosu na veći senzor, a to znači da do manjeg senzora dopire manje informacija. Situacija se može pojasniti primjerom dvije cijevi različitih promjera kroz koje protječe voda ili zrak. Ukoliko su u cijevima isti uvjeti (npr. tlak od 5 bara) kroz veću cijev će proći više vode ili zraka Prema tome veći senzori su bolji jer mogu primiti i spremiti više svjetlosti odnosno informacija.

Filtri su stakla koja se stavljaju ispred objektiva i služe različitim svrhama. Filtri se najčešće pomoću navoja pričvršćuju na objektiv, a postoje i sistemi gdje se filtri u obliku pločica umeću u za to predviđen nosač. Svaki objektiv ima naznačen promjer navoja (najčešći su 58 mm, 67 mm i 77 mm). Filtri između ostalog štite staklo objektiva od udaraca, prašine i prljavštine [14].

UV-filter služi za djelomično blokiranje UV zraka i na digitalnim se fotoaparatima koristi uglavnom za zaštitu (naziva se još protect-filter). Može se koristiti kod snimanja na velikim visinama (planine) i pri magličastoj atmosferi. Bezbojan je pa ne utječe na boje.

Polarizacijski filtar služi za polariziranje svjetla tj. za skidanje neželjenih refleksija s površine vode, stakla i sl. Polarizacijskim filtrom dobivamo i puno zasićenije (jače) boje i kontraste. Može se koristiti za sunčana vremena ili sa studijskom rasvjetom.

Infracrveni filtar – o njemu je bilo govora u poglavlju o infracrvenom spektru.

3.2. Tijelo fotoaparata

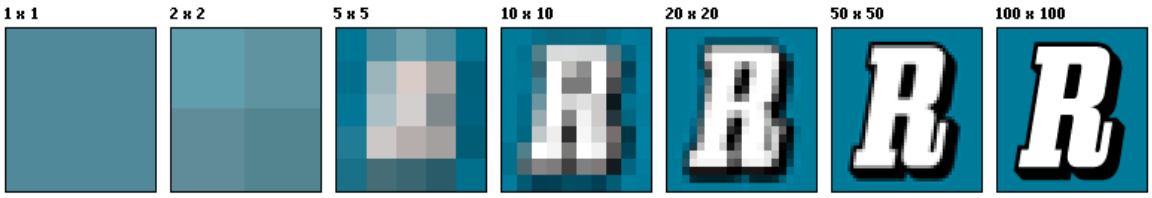
Tijelo digitalnog fotoaparata sastoji se od više dijelova. Nije potrebno spominjati sve, već samo one najvažnije. Kod profesionalnih fotoaparata u tijelu se nalazi: osjetilni senzor (filmska vrpca ili digitalni čip), procesor za obradu slika i upravljanje fotoaparatom, baterija kao izvor napajanja, servomotori za upravljanje stabilizacije slike ili za izoštravanje, ogledalo za usmjeravanje svjetlosti, zatvarač („zaštitnik“ senzora), memorija za pohranjivanje slika... Na vanjskom dijelu s prednje strane nalazi se prsten (ležište) za spajanje s objektivom, kontrolne tipke za upravljanje i podešavanje fotoaparata. Sa stražnje strane nalazi se tražilo s okularom koji služi za određivanje kadra koji će se fotografirati, a može se naći i LCD zaslon na kojem se vidi objekt fotografiranja te podešeni parametri: otvor blende, fokusna dužina, trajanje ekspozicije i sl. Na vanjskom dijelu se nalazi bljeskalica koja služi kao umjetni izvor svjetlosti, a mogu se još naći razni priključci za napajanje ili za prijenos podataka na drugi uređaj.

Tijela fotoaparata koji se koriste za daljinska istraživanja opremljena su svim navedenim dijelovima, međutim dijelovi su drugačije raspoređeni. Tipičan položaj daljinskih fotoaparata ispod je trupa ili krila zrakoplova. Upravljačka konzola smješta se u kabinu zrakoplova zajedno sa LCD (panelom za promatranje). Daljinski fotoaparati nemaju vlastiti izvor napajanja već koriste napajanje zrakoplova.

U tijelu se nalaze svi važni uređaju koji obavljaju proces fotografiranja. Tijelo se još naziva „mozgom“ fotoaparate jer se u njemu nalazi procesorski čip koji podešava sve parametre za dobivanje što kvalitetnije fotografije (postoji mogućnost ručnog podešavanja).

Današnji visoko profesionalni fotoaparati (npr. profesionalno slikanje vjenčanja) imaju, ovisno o proizvođaču, veličinu senzora između 35 i 36 mm. Kao referentna veličina senzora uzima se 36x24 mm prema 35 mm filmskim vrpcama i naziva se „Full frame“ (eng. Full frame - puni okvir). Za usporedbu zrakoplov za izviđanje U-2 je bio opremljen filmskom vrpcom od 127 mm.

Kvaliteta fotografije ovisi o broju Piksela koje sama fotografija sadrži. Piksel (eng. PIX (picture) Element - Piksel) je najmanji element na ekranu ili nekoj bitmap slici koji sadrži plavi, crveni i zeleni podpiksel (eng. subpixel). Piksel se može definirati i kao boja. Digitalni senzori se mjere po broju vodoravnih i uspravnih piksela zvanih rezolucija, pa tako npr. rezolucija od 800x600 ima 800 vodoravnih piksela i 600 uspravnih piksela. Full frame senzori obično imaju rezoluciju od 24 Mp (6000x4000 piksela), a može biti i puno veća. Što je veća rezolucija to su detalji na fotografiji veći (Slika 21.).



Slika 21. Ilustracija različitih rezolucija [18]

Navedeno je kako su fokusna dužina, veličina senzora i vidni kut povezani. Ako je fotografija nastala iz zraka i poznata je visina leta pomoću trigonometrije i teorije omjera moguće je odrediti veličinu područja na fotografiji.

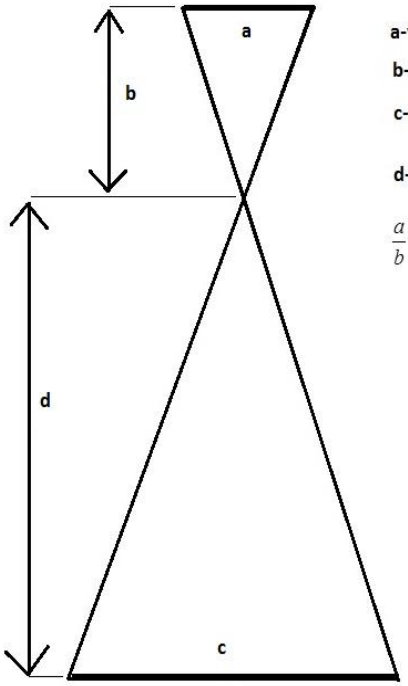
Primjer: - full frame sezor (36x24 mm)

- 200 mm objektiv

- visina leta 1000 m iznad zemlje

- 24 Mp (6000x4000 piksela)

- vertikalna fotogragija (okomita na zemlju)



a-veličina senzora
b-fokusna dužina
c-dužina vidliva na zemlji
d-visina leta

$\frac{a}{b}=\frac{c}{d}\Rightarrow c*b=a*d$

$$\frac{a}{b}=\frac{c}{d}\Rightarrow c*b=a*d$$
$$c*200=36*1000$$
$$200c=36000\Rightarrow c=180m$$

Ako uvrstimo 24 mm dobijemo 120 m

$$\frac{a}{b}=\frac{c}{d}\Rightarrow c*b=a*d$$
$$c*200=24*1000$$
$$200c=24000\Rightarrow c=120m$$

Ako uvrstimo 36 mm dobijemo 180 m

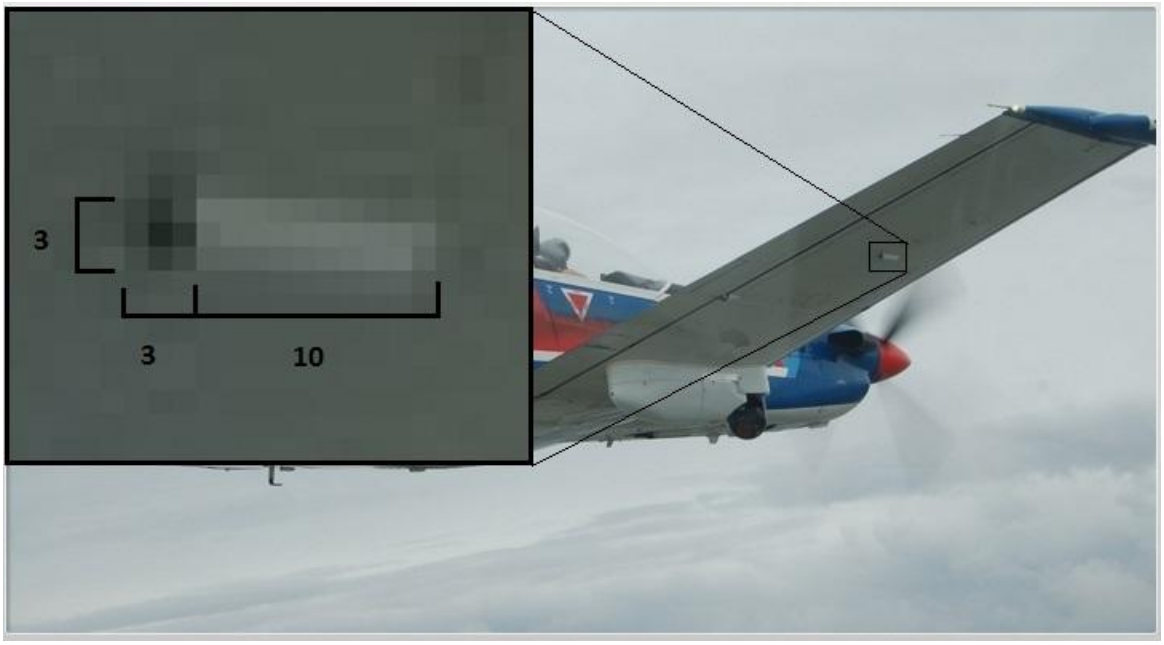
Slika 22. Ilustracija fotografiranja iz zraka

Ako znamo da je rezolucija fotoaparata 24 Mp (6000x4000 piksela) i da je područje na fotografiji 180x120 metara, vrlo lako možemo izračunati koliko 1 piksel na fotografiji predstavlja prostora u stvarnosti.

$$\frac{180}{6000}=0{,}03m\Rightarrow 3cm$$
$$\frac{120}{4000}=0{,}03m\Rightarrow 3cm$$

Iz primjera se vidi da jedan piksel na fotografiji zauzima prostor od 3x3 centimetra u stvarnosti. U ovom primjeru svi objekti u području promatranja veći od3x3cm će biti

zabilježeni na fotografiji Jedan piksel je ljudskim okom teško uočiti na fotografiji od 24 Mp osim u slučaju velike razlike u kontrastu objekta i okoline oko njega. Npr. ako smo fotografirali bijeli papir veličine 180x120m na kojemu je nacrtan crni kvadratić veličine 3x3 cm fotografija će biti potpuno bijela s jednim crnim pikselom koji će zbog razlike u kontrastu u odnosu na podlogu biti uočljiv ljudskim okom.



Slika 23. Primjer uočljivosti piksela

Slika 23. prikazuje zrakoplov, ispod njegovog desnog krila nalazi se otvor za ispuštanje viška goriva iz spremnika, ispred otvora se vidi aerodinamično izbočenje. Oba su objekta uočljiva i prepoznatljiva na slici. Ako taj detalj uvećamo 15 puta (na slici 23. gore ljevo) na digitalnoj fotografiji jasno se vidi da otvor zauzima prostor od 3x3 piksela, a aerodinamično izbočenje otprilike 3x10 piksela. Da je ovaj otvor fotografiran u uvjetima identičnim onima u zadatku 1 (udaljenost 1000 m, full frame senzor, 200 mm objektiv i 24 Mp)i da bi bio jednako uočljiv kao na slici 23 morao bi biti veličine 9x9 cm (za 3x3 piksela), a aerodinamično izbočenje bi trebalo biti veliko 9x30 cm (za 3x10 piksela).

Ovi proračuni su važni u daljinskim istraživanjima jer je pomoću njih moguće odrediti minimalnu i maksimalnu visinu leta zrakoplova. Ako je visina premala područje na fotografiji

će također biti malo. Ukoliko je zadatak fotografirati veliko područje biti će potrebno izvršiti više preleta kako bi ga se cijelog istražilo s manje visine. Ako je visina prevelika onda može doći to toga da neki detalji na zemlji ne budu zabilježeni na fotografiji. Npr. ako jedan piksel na fotografiji zauzima 1x1 m u stvarnosti, a silueta čovjeka iz zraka je manja od 0,5 m čovjek neće biti uočljiv na fotografiji.

4. PROBLEMATIKA DOSADAŠNJEG KORIŠTENJA PILATUSA PC-9M ZA POTREBE OBALNE STRAŽE

Ustroj Obalne straže Republike Hrvatske u okviru Oružanih snaga postoji, ali iskustva s terena govore da zahtijeva reorganizaciju. Dokumenti MORH-a koji pored Zakona reguliraju funkcioniranje Obalne straže su: „Standardni operativni postupci (SOP) u sustavu nadzora i zaštite unutrašnjih voda, teritorijalnog mora i zaštićenog ekološko-ribolovnog pojasa RH“ (1. ožujka 2008.g.) „Elaborat dežurne posade Eskadrile aviona u sustavu NOS HRZ i PZO za nadzor i zaštitu unutrašnjih morskih voda, teritorijalnog mora i zaštićenog ribolovno-ekološkog pojasa“ i „Program osposobljavanja pilota za potrebe dežurstva Obalne straže“(prosinac 2007.g.) Obalna straža sastavni je dio Hrvatske ratne mornarice. Zapovjedništvo Obalne straže nalazi se u luci Lora u Splitu. OS RH trenutno nije ustrojena sa zasebnim snagama, već je organizirana je kao NOS (namjenski organizirane snage), tj. po potrebi se izdvajaju potencijali u tehnici i ljudstvu iz mornarice i zrakoplovstva. Zrakoplovni dio zadaća OS RH izvršava se pomoću helikoptera Mi-8 iz sastava Eskadrile transportnih helikoptera i dva aviona Pilatus PC-9M iz sastava Eskadrile aviona 93. ZB, sa svim pratećim osiguranjem (u smislu letenja). Što se tiče ljudstva, ono se za zrakoplove Pilatus PC-9M također osigurava iz sastava eskadrila aviona 93 ZB. Svakoga trenutka u sustavu dežurstva nalaze se dvije posade od po dva pilota i 5 tehničara. Prva posada (2 pilota) nalazi se u pripravnosti 30 min za polijetanje (od dobivanja poziva, tj. zapovjedi za polijetanje). Druga posada (2 pilota) nalazi se u pripravnosti 90 minuta za polijetanje (od dobivanja poziva, tj. zapovjedi za polijetanje). Izvor [19]

4.1. Funkcija i svrhe Obalne straže u RH

Temeljna funkcija Obalne straže je zaštita suverenih prava i provedba jurisdikcije Republike Hrvatske u zaštićenom ekološko-ribolovnom pojasu, epikontinentalnom pojasu i na otvorenu moru. Ona pruža potporu drugim nadležnim tijelima državne uprave u provođenju zakona i drugih propisa iz njihove nadležnosti [20].

4.2. Prijedlog modela ustrojstva Obalne straže u okviru HRZ-a

U ovome poglavlju iznijet će se prijedlog ustroja Obalne straže kako bi obzirom na raspoloživu tehniku i ljudstvo, ostvarili maksimalne učinke. Iskazat će se potreba za modernizacijom tehnike koju posjeduje RH, jer 1996.g. u vrijeme nabave zrakoplova tipa Pilatus PC-9M, nisu postojali uvjeti koji su ukazivali na potrebu uporabe ove vrste zrakoplova u svrhu, tada buduće, Obalne straže. Zrakoplovi su nabavljeni isključivo za obuku pilota. Bez obzira na činjenicu da ovaj zrakoplov nije prvotno zamišljen kao platforma koja će se koristiti za potrebe Obalne straže, modernizacija je nužna i zbog ostalih zadaće za koje ga se koristi. Izvor [19]

Obzirom na činjenicu da su zrakoplovi Pilatus PC-9M već predodređeni za izvršavanje zadaća OS RH nećemo razmatrati mogućnost nabave nove vrste zrakoplova već mogućnost modernizacije postojećih. Potrebne su preinake, tj. modernizacija i to poglavito u svrhu povećavanja perioda ostajanja zrakoplova u zraku (endurance), ugradnjom podvjesnih dodatnih spremnika goriva, kao i poboljšanje i obnova avionike (opreme za praćenje terena, povezane sa GPS uređajem te opremom za snimanje velike rezolucije). Smatra se da je zrakoplov u sustavu Obalne straže potrebno opremiti i zrakoplovnim topom u svrhu samozaštite u slučaju možebitnih incidenata tijekom provođenja misije. Oprema bi se nabavljala javnom ponudom ili direktnom pogodbom. Ista oprema je bitna i za modernizaciju helikoptera u službi Obalne straže. Također treba imati na umu i obučavanje osoblja za rad sa novom opremom. Ova točka, koja se odnosi na modernizaciju i nabavku opreme, će se detaljno elaborirati u sljedećim navodima. Izvor [19]

Zrakoplov Pilatus PC-9M je jednomotorni niskokrilac sa turbo-prop motorom Pratt & Whitney. Pilatus je zrakoplov švicarske proizvodnje. U stalni sastav HRZ -a uvršten je 1996. godine i od tada služi za temeljnu i naprednu obuku kadeta-pilota, polaznika, pilota i nastavnika letenja iz sastava HRZ-a. Od 2004.g. zrakoplov se koristi i za posebne zadaće izviđanja iz zraka u razdoblju protupožarne sezone, za potrebe Obalne straže RH te za potrebe Snaga brzog odgovora. Dosadašnje zadaće odvijale su se zadovoljavajućim stupnjem uspješnosti, što znači da je velik broj misija uspješno izvršen, međutim iskustva stjecana iz misije u misiju ukazuju na činjenicu da je za obavljanje navedenih zadaća zrakoplov potrebno

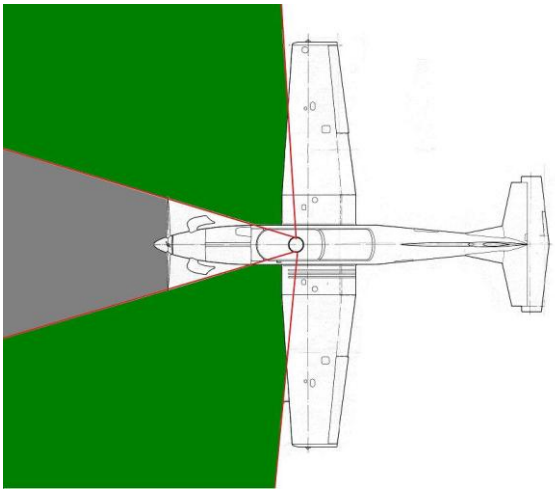
dodatno opremiti i modernizirati među ostalim kako bi se mogao koristiti u složenim meteo-uvjetima i noću. Primjer iz prakse koji ukazuje na ozbiljnost problema je zahtjev zapovjedništva OS RH da se izvrši izviđački let prema zapaljenom turskom brodu „Und Adriyatik“, 6. veljače 2008. g. Posada je morala poletjeti u sumrak i odraditi zadaću bez adekvatne opreme za ovakav tip noćne misije. Potrebu za modernizacijom tehnike te dodatnim obučavanjem ljudstva naglašava činjenica da se većina izvanrednih zadaća traganja i spašavanja na moru vrši po lošim vremenskim uvjetima i noću. Čak i kada se leti u okviru redovnih zadaća izviđanja akvatorija, trenutna oprema je neprimjerena. Kada se uspije fotografirati, primjerice, strana ribarica u našim teritorijalnim vodama, nema se čime, osim, riječju pilota potkrijepiti tvrdnja da se na fotografiji prikazana ribarica nalazila na određenoj koordinati. Također prilikom provedbe zadaća za potrebe Obalne straže RH u povoljnim vizualnim meteo-uvjetima (VMC-Visual Meteorological Conditions) uvidjelo se da je sadašnji način izviđanja te dokumentiranja određenih događaja neprimjeren i utječe na sigurnost letenja. Tvrdnja o utjecaju misija na sigurnost letenja proizlazi iz vlastitog iskustva izvršavanja misija za potrebe Obalne straže. Primjerice, da bi se učinkovito dokumentirale (fotografirale) talijanske ribarice u izlovu ribe u teritorijalnim vodama RH tj. da bi snimka bila uspješna i zadovoljavajuće kvalitete, pilot u određenim situacijama mora letjeti niže od predviđenih 300 ft AGL (Above Ground Level) što je odstupanje od zadaće i izravno utječe na sigurnost letenja. Identične situacije događaju se i u slučaju kada posada Obalne straže leti u svrhu potrage za unesrećenima na moru. Ovakve situacije riješile bi se ugradnjom kvalitetne opreme za snimanje iz zraka sa sigurnih visina jer cijena ugradnje je zanemariva u usporedbi sa mogućim gubitkom života dvojice pilota i zrakoplova. Izvor [19]

4.3. Nedostaci vizualnog pretraživanja iz Pilatusa PC-9M

Poklopac kabine Pilatusa PC-9M gotovo bez prepreka pilotu pruža pogled 360° u horizontalnoj ravnini te 180° prema gore u vertikalnoj ravnini. Za preostalih 180° prema dolje u vertikalnoj ravnini postoje ograničenja u vidnom polju pilota uzrokovana konstrukcijom zrakoplova. Dva su glavna uzroka ograničenja vidnog polja pilota. Prvi je krilo zrakoplova koje je konstrukcijski postavljeno ispod razine kabine te stvara ograničenja u vidnom polju pilota

prema dolje u bočnim segmentima. Drugi razlog vizualnih ograničenja prema dolje predstavlja trup zrakoplova koji stvara ograničenja u uzdužnom segmentu obzirom na položaj zrakoplova.

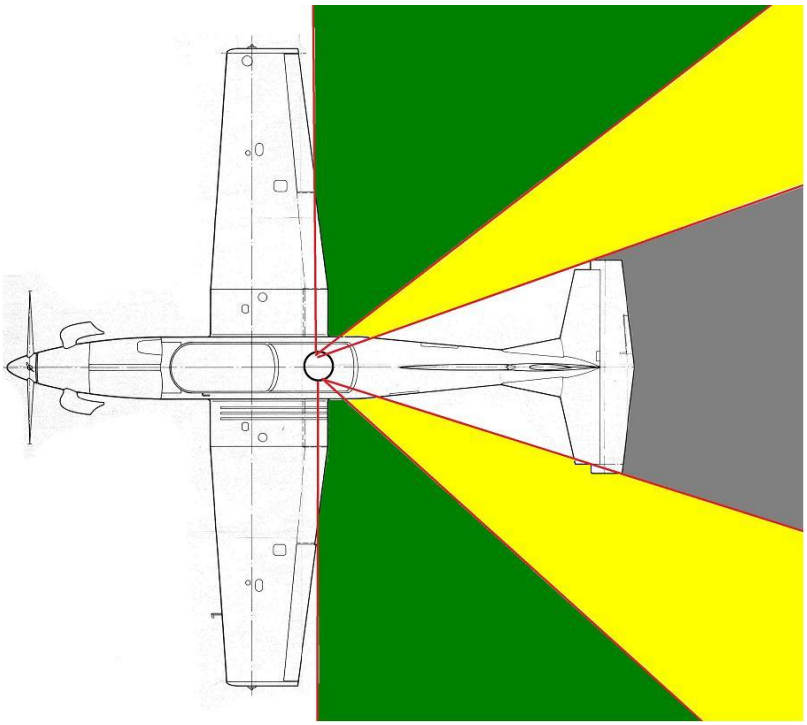
Pilotska sjedala u kabini Pilatusa PC-9M uzdužno su razmaknuta. Vidno polje pilota ovisi o tome sjedi li na prednjem ili stražnjem sjedištu kabine. Pilot smješten na prednje sjedište ima bolju vidnu preglednost prema naprijed. Prikaz vidnog polja sa prednjeg sjedišta dan je slikom 24. pri čemu zelena boja prikazuje pregledno područje dok siva boja označava područje prema naprijed koje pilot ne vidi zbog prednjeg dijela zrakoplova gdje se nalazi motor. Vidno polje pilota na prednjem sjedištu proteže se i prema nazad (iza krila) međutim tijekom traganja za unesrećenom osobom pilot s prednjeg sjedišta iz praktičnih razloga koristi prednja dva sektora. Prvi razlog je taj što pilot smješten na prednje sjedište upravlja zrakoplovom i bilo bi nezgodno da cijelo vrijeme gleda u natrag. Drugi razlog je taj što mu položaj krila dosta smanjuje vidno polje prema nazad.



Slika 24. Vidno polje pilota s prednjeg sjedala

Pilot na zadnjem sjedištu je smješten paralelno sa zadnjim rubom krila, pa tako ima bolju preglednost iza krila što je označeno zelenom bojom na slici 25. Žuta boja označava područje koje pilot može vidjeti sa zadnjeg sjedišta. Pilot pri tom mora biti fizički okrenut prema nazad zbog čega nepravilno sjedi na izbacivom sjedištu što je potencijalno opasno i

vrlo zamarajuće za pilota. Siva boja na slici 25. označava područje koje pilot iz zadnje kabine ne može promatrati zbog zadnjeg dijela zrakoplova koji ograničava vidno polje.



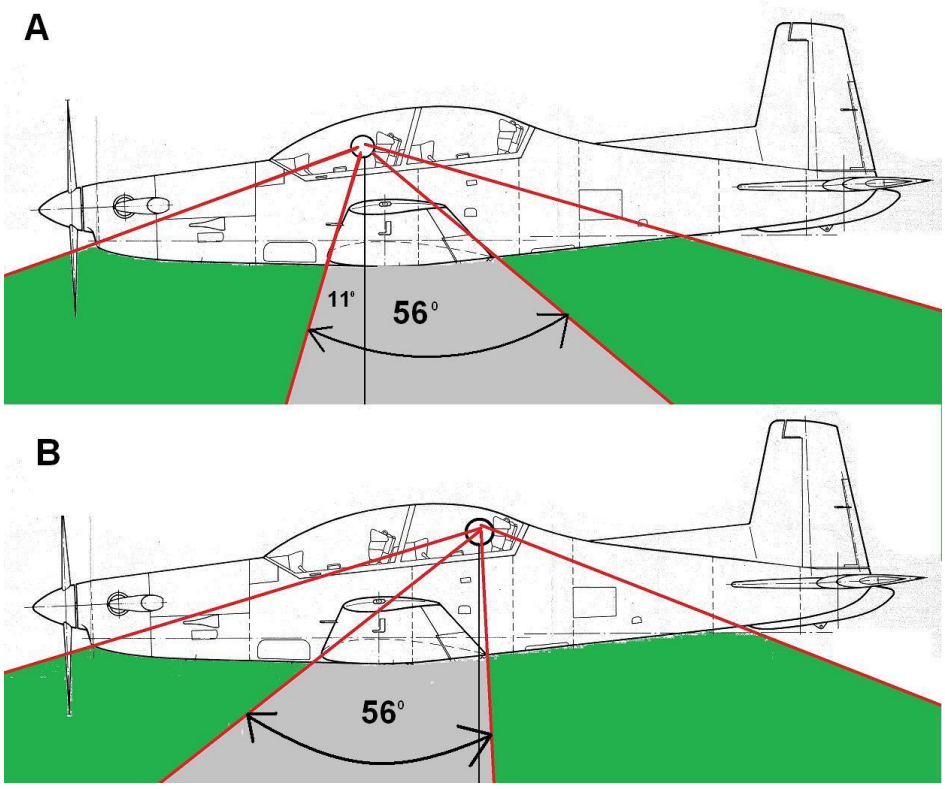
Slika 25. Vidno polje pilota sa stražnjeg sjedala

Na slici 26. promatran je Pilatus PC-9M s boka te su prikazana vidna ograničenja s obzirom na krilo promatrano iz prednje i zadnje kabine. U području A je prikazana vidna preglednost pilota s prednjeg sjedišta, pa tako pilot od krila ne vidi 11° prema naprijed i 45° u nazad. Ranije je navedeno da pilot s prednjeg sjedišta promatra prednji segment. Područje B prikazuje vidnu preglednost pilota sa zadnjeg sjedišta gdje se vidi da krilo ograničava preglednost od približno 56°, od toga je 51° unaprijed, a 5° u nazad.

Ovi podaci tj. vrijednosti izračunate su pomoću trigonometrije, a dužine za izračun dobivene su mjerenjem udaljenosti koje pilot vidi sa prednjeg i stražnjeg sjedišta dok je zrakoplov na zemlji. Prvi korak prilikom mjerenja je bilo označavanje točaka u obliku crte koje pilot prvo vidi na podu ispred i iza krila. Potom je mjerena horizontalna udaljenost od položaja glave pilota do obilježene crte ispred i iza krila, također je izmjerena visina od zemlje do glave pilota. Za prednju kabinu visina od zemlje do glave pilota je 2,1 m, a do

prednje obilježene crte je 0,4 m. Iz ovih informacija pomoću trigonometrije može se izračunati kut: arctg α = 0,4/2,1 => arctgα = 0,1904 => α = 10,78° što je približno 11°. Do zadnje obilježene crte ima 2,1 m iz čega slijedi: arctgα = 2,1/2,1 =1, a arctg od 1 je 45°. Na istom principu napravljen je proračun vidnog polja za stražnje sjedište.

Pilot sa stražnjeg sjedišta ne vidi 51° ispred zrakoplova. Na prvi pogled ovo ograničenje u vidnom polju se ne čini prevelikim međutim pomoću trigonometrije se može izračunati kolika je udaljenost koju pilot sa zadnjeg sjedišta prilikom leta ne vidi prema naprijed. Tg51°x visina leta iznad terena. Ako zrakoplov leti na visini od 1 km iznad mora, pilot sa zadnjeg sjedišta zbog krila neće vidjeti 1,23 km ispred zrakoplova, što je jako puno. Iz tog razloga pilot sa zadnjeg sjedišta tijekom traganja za unesrećenom osobom promatra segmente iza krila gdje ima bolju preglednost.



Slika 26. A) Vidno polje pilota s prednjeg sjedala B) Vidno polje pilota sa stražnjeg sjedala

Zbog krila postoji područje ispod Pilatusa PC-9M koje se u istom trenutku nalazi izvan vidnog polja oba pilota i ono iznosi približno 16°. Područje izvan vidnog polja oba pilota na

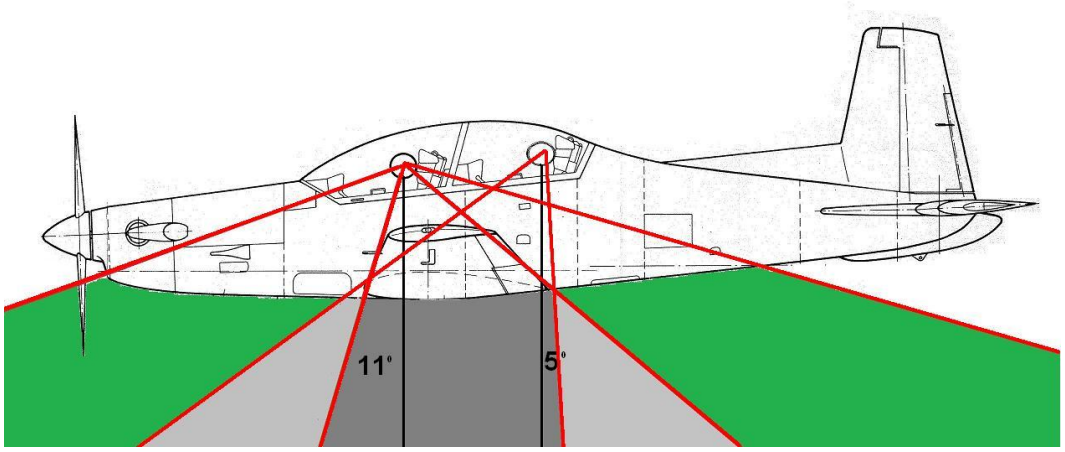
slici 27. označeno je tamno sivom bojom. Svijetlo siva boja na slici 27. označava područje koje vidi bar jedan pilot, a zelena boja označava područje koje mogu vidjeti oba pilota.

Primjer: Koliko je područje koje ne vidi niti jedan pilot zbog krila ako zrakoplov leti na 1 km iznad mora?

tg11° x visina leta + tg5° x visina leta + razmak između sjedala

0,1944x1000+0,0875x1000= 194,4+87,5+1,2=283,1 m

Ako je brzina leta prilikom pretraživanja 140kn što je približno 72m/s potrebne su skoro 4 sekunde da zrakoplov preleti objekt promatranja. Za to vrijeme objekt promatranja zaklonjen je krilom i nalazi se izvan vidnog polja obaju pilota. Te 4 sekunde označavaju vrijeme nakon što pilot na prednjem sjedištu izgubi vizualni kontakt s objektom do ponovnog uspostavljanja vizualnog kontakta od strane pilota sa stražnjeg sjedišta. U ovom će slučaju pilot na stražnjem sjedištu vizualni kontakt s objektom uspostaviti iza krila zrakoplova.



Slika 27. Preklapanje vidnog polja prednjeg i stražnjeg sjedala

Ovaj nedostatak ne predstavlja veliki problem jer objekt pretraživanja u jednom trenutku može biti vidljiv jednom, a u drugom trenutku drugom pilotu. Izvan vidnog polja nalazi se svega četiri sekunde. Puno veći problem predstavljaju ograničenja koja uzrokuje trup zrakoplova budući su vizualna ograničenja usmjerena paralelno sa kretanjem zrakoplova, pa tako postoji područje ispod zrakoplova koje niti jedan pilot ne može vidjeti.

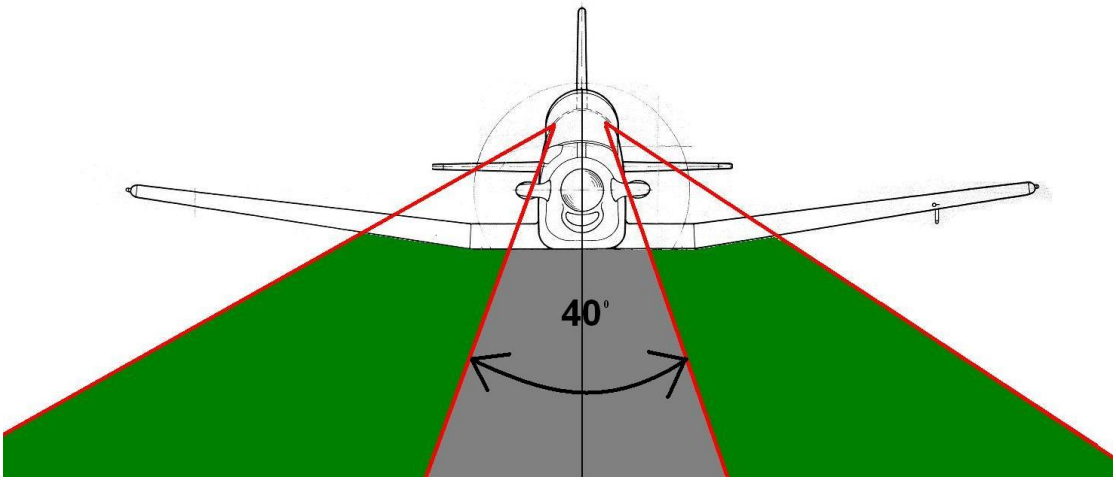
Na slici 28. prikazan je Pilatus PC-9M s prednje strane. Zelenom bojom je označeno područje koje vide piloti s prednjeg i zadnjeg sjedišta, dok je sivom bojom označeno područje koje nije vidljivo nijednom pilotu i ono iznosi približno 40°. Ovaj je podatak također izračunat pomoću trigonometrije kao i kod ograničenja vidnog polja uzrokovanog položajem krila. Prvo je na zemlji ocrtana najbliža bočna točka koju pilot može vidjeti iz kabine dok se zrakoplov nalazi na zemlji, te je izmjerena horizontalna udaljenost od glave pilota do te točke i ona iznosi 0,76 m. Visina za prednju kabinu je poznata od prije (2,1 m). Pomoću trigonometrije, kao i u prethodnom primjeru proračunat je kut od 19.89° odnosno približno 20°.

Primjer: Koliko područje ne vide piloti ako lete na visini od 1km?

Odgovor: 2xtg20°x visina leta

2x 0,364x 1000=720m

Ovaj podatak predstavlja veliki problem kada je u pitanju traganje za nestalom osobom na moru. U slučaju da se zrakoplovom Pilatus PC-9M preleti točno preko osobe velike su šanse da ju piloti neće uočiti. Iz osobnog iskustva tijekom provođenja vježbi traganja za lutkama u moru često se događalo da se nađe jedna do dvije od tri lutke koje su bile u području 5x5 nm. Potrebno je naglasiti da su lutke žarko narančaste boje i izrazito uočljive dok osobe za kojima se traga na moru često nemaju ni narančasti pojas za spašavanje , te su stoga teže uočljive.



Slika 28. Prikaz vidnog polja s prednje strane

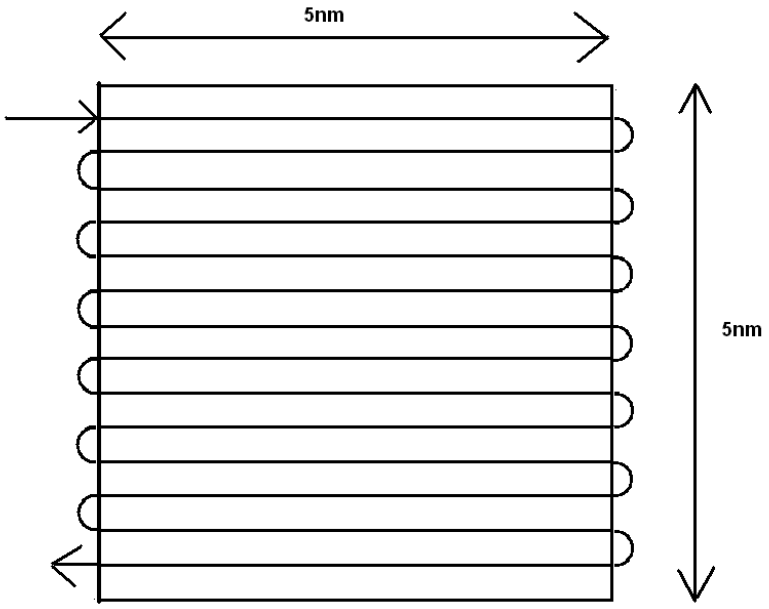
Provođenje vježbe traganja za lutkama provodi se metodom paralelnih kursova u području 5x5 nm (slika 29.). Brzina leta je 140 kn, visina 1000 ft, zaokreti se provode s nagibom 60°. Pilot na prednjem sjedištu je zadužen za održavanje normi te dio svog vremena tijekom pretraživanja gubi na njihovo održavanje što smanjuje vrijeme za samo pretraživanje.

Da bi se pretražilo cijelo područje (u uvjetima bez vjetra) potrebno je 13 puta paralelno preletjeti područje s razmakom koji iznosi promjer zaokreta od 0,33 nm te se na taj način stvori 13 sektora. Piloti pretražuju lijevu i desnu stranu zrakoplova na načina da se dogovore da jedan pretražuje lijevu a drugi desnu stranu.

Ako je visina leta 1000 ft širina područja koje piloti ne vide iznosi:

1000 x (2 x tg20°) = 728 ft => 0,12 nm

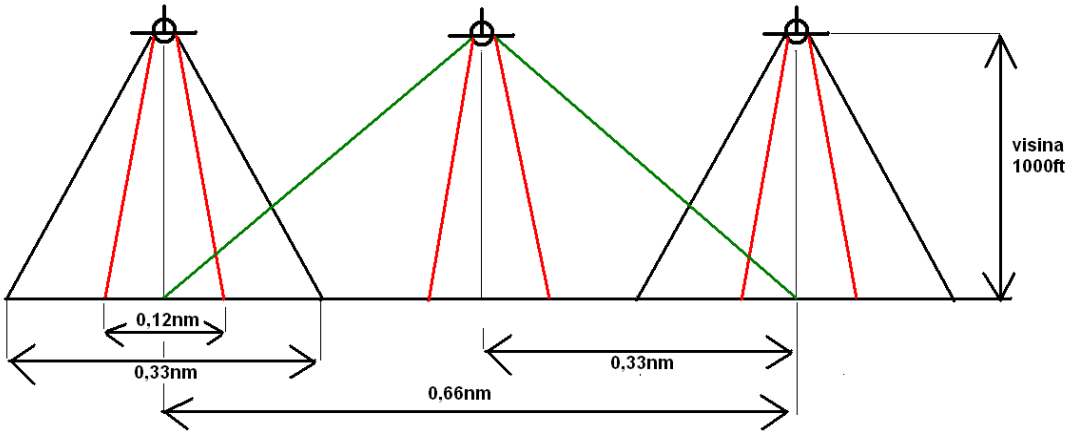
Preletimo li područje 13 puta i ako prilikom svakog preleta piloti ispod zrakoplova ne vide širinu od 0,12 nm onda se tijekom vježbe ne vidi područje u širini od 13 x 0,12 = 1,56 nm. Usporedimo li 1,56 nm sa širinom područje od 5 nm to je skoro jedna trećina. Uzmemo li u obzir činjenicu da pilot na prednjem sjedištu dosta vremena utroši na upravljanje zrakoplovom i održavanje normi ne čudi što se u konačnici tijekom vježbe ne pronađu sve lutke.



Slika 29. Pretraživanje metodom paralelnih kursova

Da bi se povećala učinkovitost piloti moraju minimalno duplo povećati širinu pretraživanja na susjedne paralelne sektore (Slika 30.). Na taj način iz susjednih sektora pretražuju se područja koje nisu mogli vidjeti.

Slika 30. prikazuje prošireno paralelno pretraživanje pomoću tri zrakoplova. Na slici je crvenom bojom označeno područje ispod zrakoplova koje piloti ne vide, crnom bojom je označeno područje normalnog pretraživanja, a zelenom bojom je označen središnji Pilatus PC-9M koji ima prošireno područje pretraživanja.



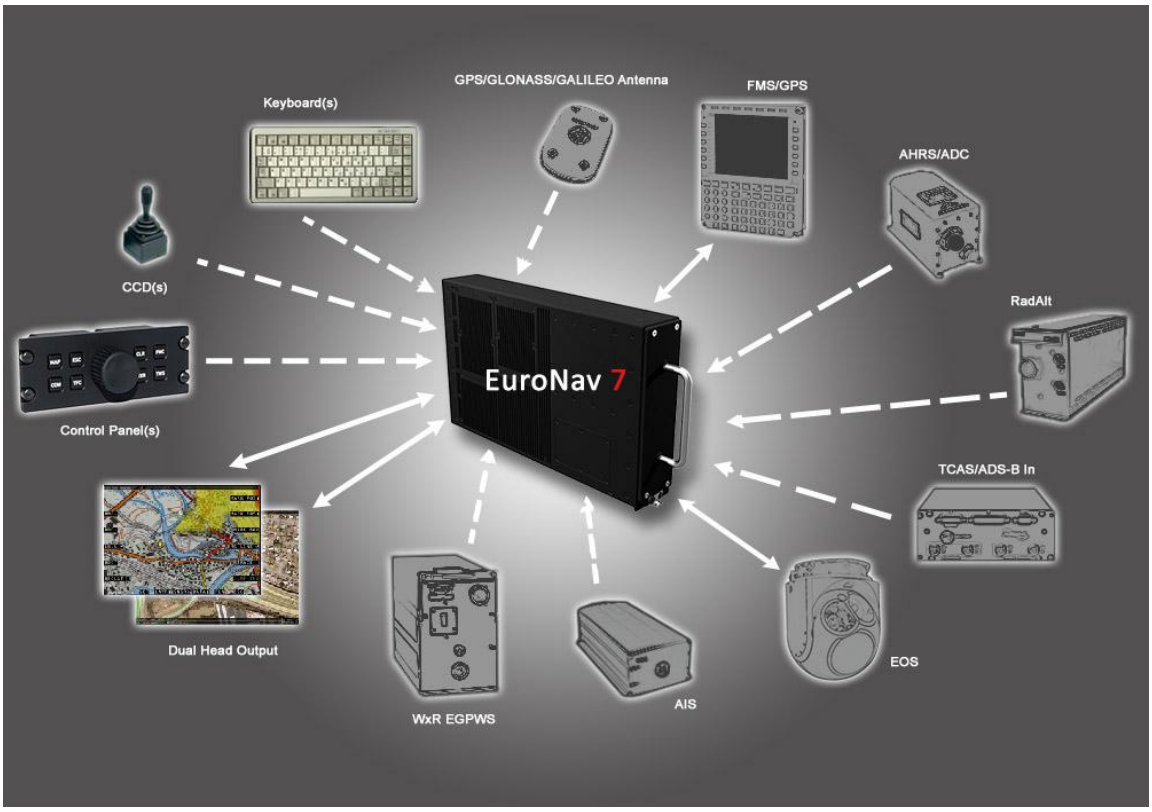
Slika 30. Prošireno paralelno pretraživanje

Prošireno područje je 0,66 nm tj. približno 1,22 km. Veliko područje pretraživanja prilično je zamarajuće za pilote posebice kad se u obzir uzme trajanje vježbe koje po proračunu iznosi 31 minutu.

Sve ove činjenice potkrijepljene primjerima ukazuju na nedostatke vizualnog pretraživanja i traganja za nestalim osobama pomoću ovako opremljenog Pilatusa PC-9M. Utvrđena je potreba nadogradnje kamerom koja bi se smjestila s donje strane zrakoplova te ne bi imala vizualnih prepreka i ograničenja čime bi se povećala učinkovitost pretraživanja i traganja za nestalim osobama.

5. USPOREDBA KAMERA, NJIHOVIH TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA I MOGUĆNOSTI

Kada govorimo o nadogradnji zrakoplova višenamjenskom kamerom, ne govorimo samo o kameri već o sustavu koji se sastoji od ulaznih elemenata (kamera, GPS, ulazni podatkovni sustava sa zemlje...), upravljačkih elemenata (Joystik, tipkovnica, upravljački panel...), izlaznih elemenata (prikazni panel u zrakoplovu - zaslon, izlazni podatkovni sustav prema kopnu...) koje objedinjuje centralna procesorska jedinica koja npr. uživo georeferencira sliku sa kamere te je u kabini prikazuje pilotu i pomoću podatkovnog sustava uživo šalje video prema kopnu (Slika 31.).



Slika 31. Primjer sustava daljinskog istraživanja

Razmatranje kamera ograničit ćemo na kamere podesivog smjera "gledanja" tj. kamere sa servo motorima.

5.1. Proizvođač kamera L3 Wescam

WESCAM je proizvođač napredne elektro-optičke / infracrvene (EO IR- Electro-Optic / Infrared) i laserske senzorske opreme koja pruža neusporedivu stabilnost slike i dalekometnu sposobnost detekcije. WESCAM sustavi mogu se naći na više od 100 različitih vrsta platformi, uključujući avione, helikoptere, bespilotne letjelice (dronove) i aerostate (balone i cepeline), kao i na brojnim zemaljskim vozilima i morskim platformama.

WESCAM je za opremanje zrakoplova razvio više multi-senzornih, multi-spektralnih sustava širokog raspona spektralne osjetljivosti koji pružaju mogućnost preklapanja vidnog polja različitih senzora i na taj način omogućavaju neometani nadzor granica i traganje za unesrećenima na moru iz zraka, s velikih udaljenosti.

WESCAM-ova MX-serija optičkih senzora se proizvodi u 4 veličine: MX-10, MX-15, MX-20 i MX-25. Brojčana oznaka označava veličinu postolja kamere u inčima, pa tako postoje kamere od 10", 15", 20" i 25". Što je kamera veća to su joj veće mogućnosti ali i ograničenja uzrokovana težinom.

Modeli MX-20 i MX-25 zbog svoje veličine i težine nisu pogodni za ugradnju na Pilatus PC-9M dok modeli MX-10 i MX-15HDi veličinom i tehničkim karakteristikama odgovaraju potrebama OS RH.

5.1.1. Kamera MX-10

Namijenjena za male visine, taktički nadzor i SAR misije (eng. Search And Rescue-traganje i spašavanje) koje zahtijevaju fleksibilnu kameru male težine. Težina kamere sa svih 6 senzora iznosi 37 libri (16,8 kg). Dio je senzora moguće izostaviti i na taj način smanjiti težinu. Kamera je to promjera 10,24" (26 cm) i visine 13,98" (35,5 cm), prosječna potrošnja struje je 112W, a u prijelaznim razdobljima raste do 280W [21].

Ručica za upravljanje kamerom (slika 32. desno dolje) dimenzija 4,25 x 8,97 x 3" (10,8 x 22,8 x 7,6cm) teška je 1kg. Prosječna potrošnja iznosi joj 3.5W a maksimalna 5W [21]

Kamera MX-10 dio je sustava kojeg pored ručice za upravljanje čine: antena za prijenos podataka zrak-zemlja-zrak, GPS antena, WESCAM Kinetic - elektronski sklop za obradu slike, zaslon u zrakoplovu i uređaj za pohranu. Sustav se može nadograditi radarom, a u zrakoplovima kojima prostor dozvoljava može se postaviti računalo i dodatni zasloni za jednostavnije unošenje podataka, upravljanje kamerom i bolju preglednost (slika 32.).

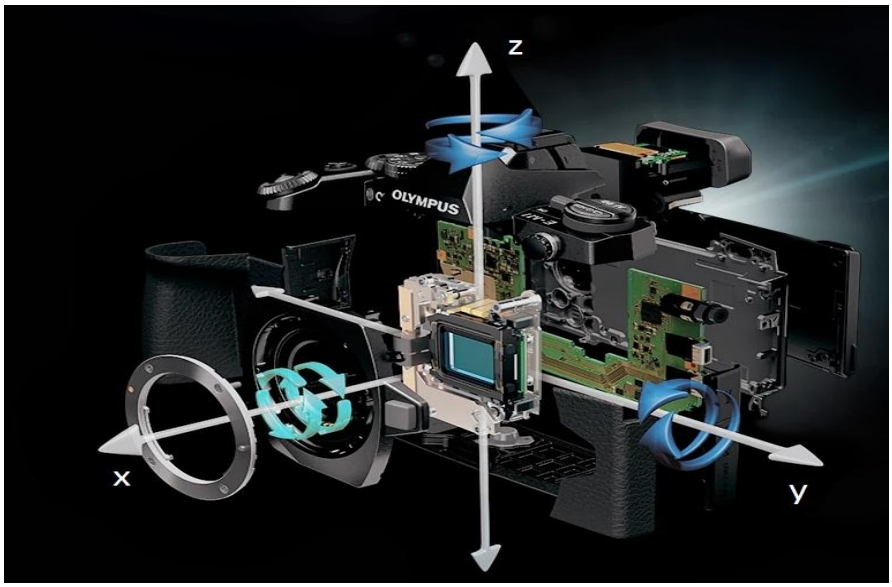


Slika 32. Način spajanja MX-10 [21]

MX-10 opremljena je sa 6 senzora [21]:

1. Termalna kamera u području 3000-5000 nm, rezolucija (640x512), vidno polje 30°-1,8°
2. Dnevna kamera u boji sa senzorom od 5 Mp, vidno polje 36,3°-1°
3. Snimanje pri slabom osvjetljenju pomoću EMCCD (eng. *Electron Multiplied Charge-Coupled Device*) senzora, s rezolucijom 640x480 piksela te s vidnim poljem od 40,8°-2,38°
4. Dnevna daljinska kamera u boji od sa senzorom od 5 Mp, vidno polje 0,81° za rezoluciju od 1080 p (1920x1080), te 0,54° za rezoluciju 720 p (1280×720)
5. Laserski daljinomjer dometa 20km, siguran za oči
6. Laserski osvjetljivač (klase 3B) može biti u varijanti širokog ili uskog kuta

Stabilizacija i upravljanje kamerom se vrši pomoću servomotora. Kamera se po azimutu može okretati 360°, a po vertikalnoj ravnini +90° (prema gore) i -120° (prema dolje) s brzinom okretanja od 0-60° u sekundi. Stabilizacija vibracije je po 6 osi: longitudinalna po osima x,y i z te zakretanje oko x,y i z osi (slika 33.).



Slika 33. Stabilizacija po 6 osi

Izvor: [22]

Slika 34. prikazuje sliku sa zaslona koju pilot vidi tijekom upravljanja kamerom. U području jedan nalazi se datum, vrijeme i oznaka vremenske zone. Područje dva prikazuje smjer sjevera s obzirom na promatrani objekt. U području tri je vizualno i brojčano prikazan položaj kamere s obzirom na zrakoplov: 28° na dolje i 43° po pravcu u desno. Područje četiri prikazuje informacije o zrakoplovu: koordinate, smjer kretanja te visinu zrakoplova. Područje pet prikazuje informacije o objektu promatranja: nadmorska visina, udaljenost od zrakoplova, smjer od zrakoplova prema objektu te koordinate objekta promatranja. Područje šest prikazuje fokusnu dužinu, a slovo W označava Wide - široki kut koji još može biti N Narrow - uski vidni kut. Područje sedam prikazuje mod prikaza: EO (eng. *Electro-Optical* Elektro-optički prikaz), DL (eng Daylight - dnevna svjetlost), LL (eng. *Low Light*- slabo osvjetljenje), može još biti IR-Infrared (infracrveno-termalno).



Slika 34. Prikaz zaslona prilikom korištenja kamere MX-10

Izvor: [23]

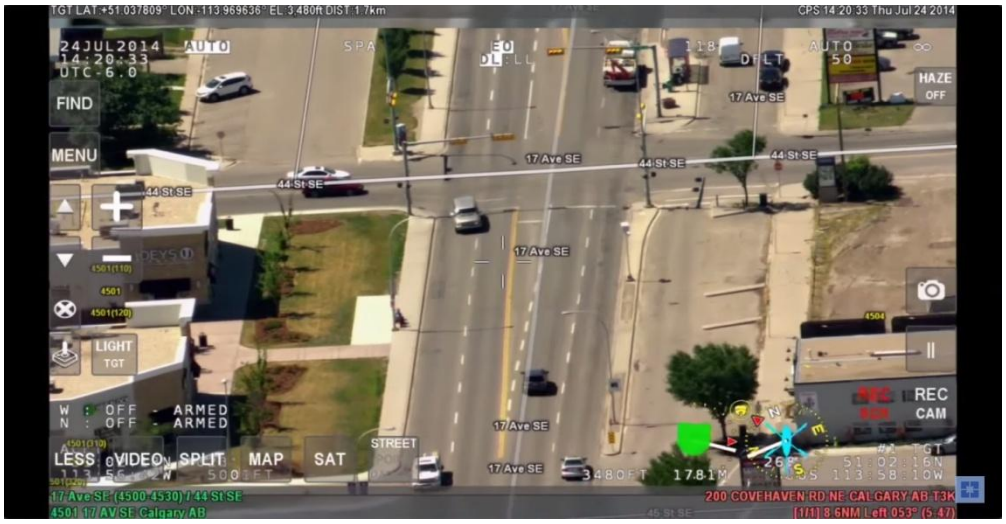
MX-10 ima mogućnost preklapanja više slika sa različitih senzora u jednu kompozitnu multispektralnu sliku. Slika 35. prikazuje kompozitni prikaz termalne i dnevne slike.



Slika 35. Kompozitni prikaz termalne i dnevne slike

Izvor: [23]

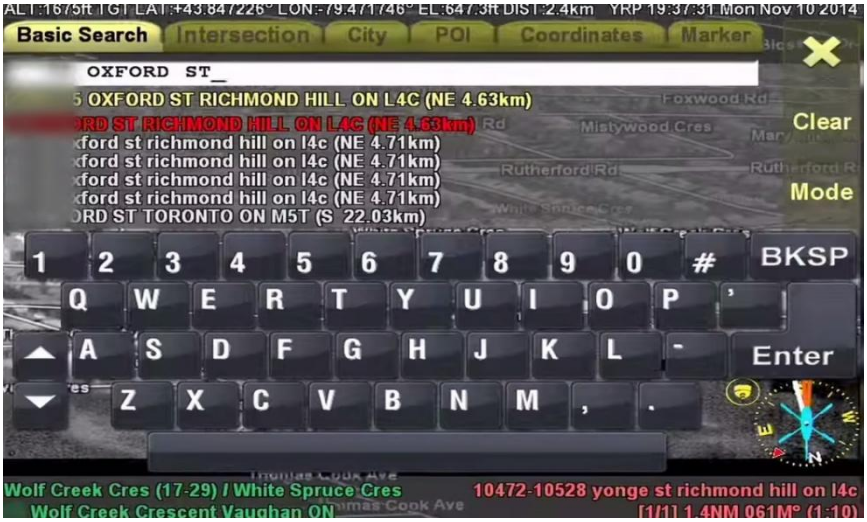
WESCAM Kinetic - elektronski sklop za obradu slike služi za georeferenciranje slike napravljene uz pomoć kamere sa već postojećim kartama npr. kartom s nazivom ulica. U konačnici preklapa sliku dobivenu sa kamere sa postojećom kartom, pa se tako na zaslonu u zrakoplovu mogu vidjeti ucrtane ulice s njihovim nazivom (Slika 36.). Kako operater okreće kameru ucrtane ulice se prilagođavaju trenutnoj slici kamere.



Slika 36. Georeferencirana slika

Izvor: [23]

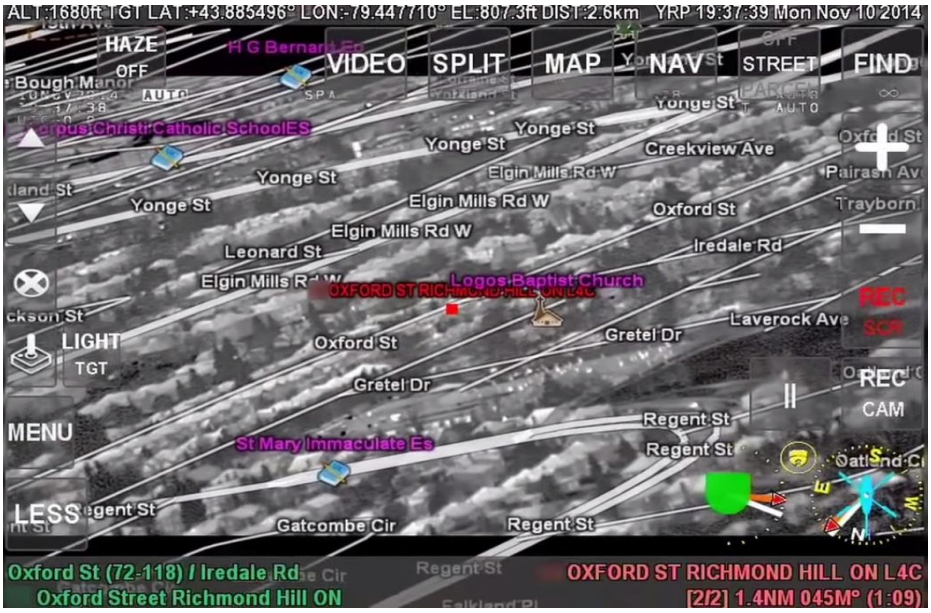
MX-10 ima opciju jednostavnog pretraživanja. Operater preko zaslona osjetljivog na dodir može upisati željenu adresu te će mu tražilica ponuditi moguće objekte traganja nakon čega se odabire željeni cilj (Slika 37.). Na sličan se način mogu unijeti koordinate objekta traganja koji nije u naseljenom području.



Slika 37. Pretraživanje po adresi

Izvor: [23]

Nakon odabira objekta traganja kamera se automatski okreće prema objektu i u sredini slike ga crveno označi. Pored toga daje pilotu upute gdje se objekt nalazi s obzirom na zrakoplov te informacije o njemu; koordinate, visina, udaljenost (Slika 38.).



Slika 38. Prikaz odabranog objekta pretraživanja

Izvor: [23]

MX-10 ima opciju automatskog praćenja objekata u kretanju npr. auta ili kamiona na cesti. Sustav prepoznaje odabrani objekt te cijelo vrijeme usmjerava kameru prema njemu (Slika 39.).



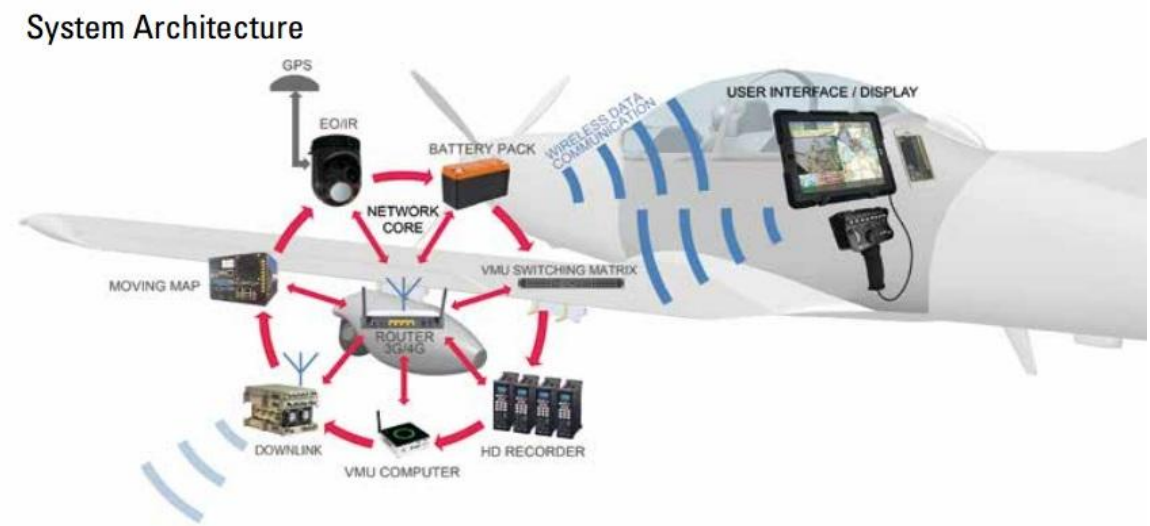
Slika 39. Automatsko praćenje objekata u kretanju

Izvor: [23]

Kamera se na Pilatus PC-9M može postaviti na dva mjesta. Jedno je trup zrakoplova iza nosnog kotača, a druga opcije je postavljanje kamere ispod krila na način da se postave podvijesne točke, a na njih se postavi nosač kamere S.C.A.R. - POD (*eng. Self Contained Aerial Reconnaissance Pod* - Samostalni kontejner za izviđanje iz zraka) (Slika 40.). Sva elektronika se postavlja u S.C.A.R. - POD te se bežičnim putem povezuje s upravljačkom jedinicom unutar kabine što predstavlja jednostavnije postavljanje i uklanjanje cijelog sustava (manje od 15 minuta) te prenošenje na drugi zrakoplov. Težina cijelog kontejnera s kompletnom elektronikom, baterijom i kamerom MX-10 je 66kg [24].



Slika 40. S.C.A.R. - POD montiran na Pilatus PC-9M slovenske vojske [25]



Slika 41. Prikaz spajanja S.C.A.R. - POD -a[24]

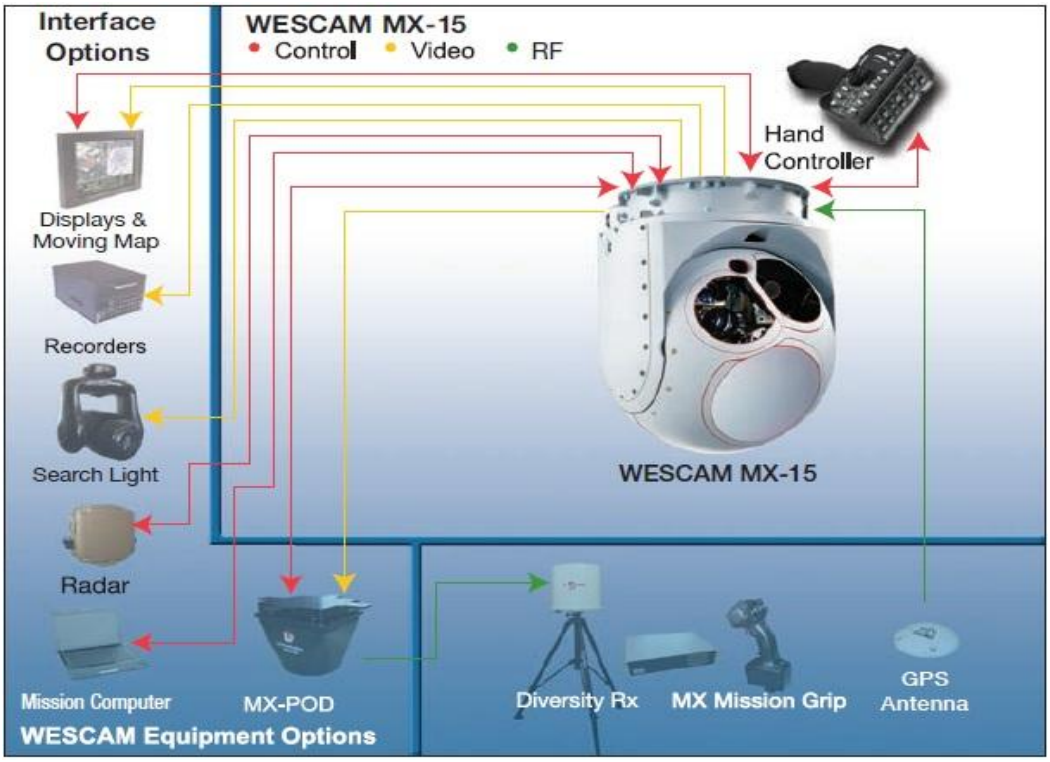
5.1.2. Kamera MX-15HDi

MX-15HDi je namijenjena za srednje visine leta, nadzor i izviđanje te SAR misije. Ova se kamere još može koristiti za tajne obavještajne svrhe.

Sastoji se od 6 senzora [26]:

1. Termalna kamera u području 3000-5000 nm, rezolucija od 1080 p (1920x1080), vidno polje 26,7°; 5,4°; 1,1°; 0,36°
2. Dnevna kamera u boji sa senzorom od 2 Mp, video rezolucija od 1080 p (1920x1080), vidno polje 27,6°-0,69°
3. Pomoćna dnevna kamera u boji sa senzorom od 2 Mp, video rezolucija od 1080 p (1920x1080), vidno polje 0,61°-0,15°
4. Promatranje u uvjetima slabog svijetla, rezolucija od 1080 p, vidno polje 0,22°-0,44°
5. Laserski daljinomjer dometa 20km s 12 mjerenja u minuti
6. Laserski osvjetljivač klase 4 snage 350mW ili od 700mW

Najveća težina kamera je 43,5kg (može biti i manja izmjenom dijela senzora). Kamera je to promjera 15,5" (39,8 cm) i visine 18,98" (48,2 cm). Maksimalna potrošnja kamere je 900W, a prosječna 225W. Okretnost kamere je ista kao kod MX-10 360° u horizontalnoj ravnini, a u vertikalnoj ravnini +90° (prema gore) i -120° (prema dolje) s brzinom okretanja od 0-60° u sekundi [26]. Kao i kod MX-10 sustav ne čini samo kamera već i ručica za upravljanje, antena za prijenos podataka zrak-zemlja-zrak, GPS antena, WESCAM Kinetic - elektronski sklop za obradu slike, zaslon u zrakoplovu, uređaj za pohranu. Sustav se može nadograditi radarom, a u zrakoplovima kojima prostor dozvoljava može se postaviti računalo i dodatni zasloni za jednostavnije upravljanje kamerom i bolju preglednost (Slika 42.).

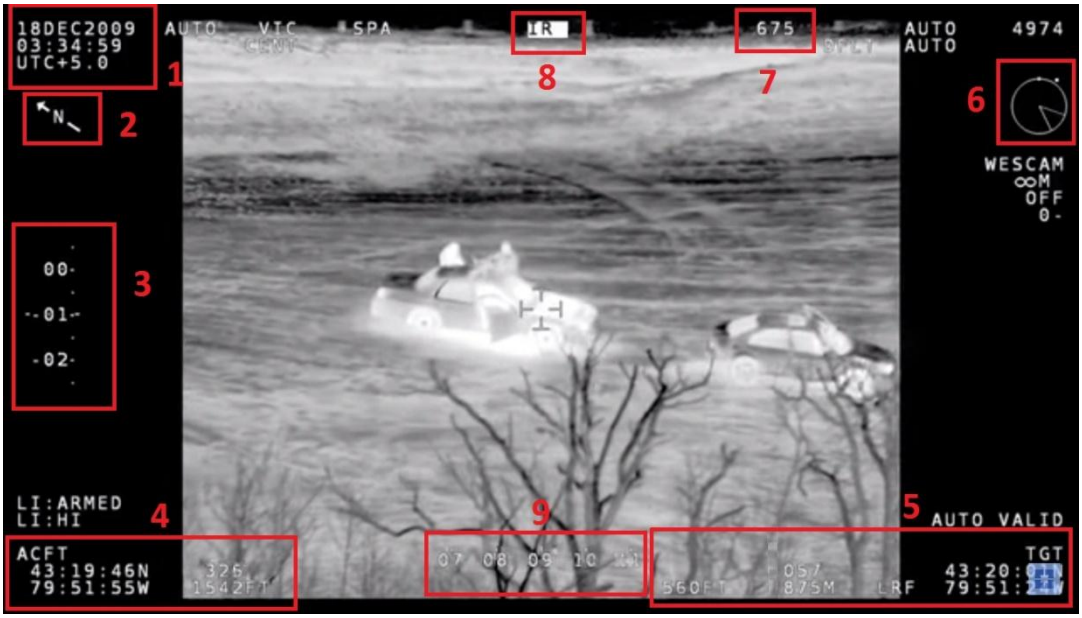


Slika 42. Način spajanja MX15HDi [26]

Ručica za upravljanje kamerom (slika 42. desno gore) je teška 1kg s dimenzijama 4,25 x 8,97 x 3" (10,8 x 22,8 x 7,6 cm) s prosječnom potrošnjom od 3.5W, i maksimalnom potrošnjom od 5W isto kao kod MX-10. Stabilizacija vibracije je po 6 osi: longitudinalna po osima x,y i z te zakretanje oko x,y i z osi (slika 33.).

Na slici 43. je prikazan termalni prikaz MX-15HDi kamere na kojoj se jasno vide dva automobila i dvije osobe pored jednog automobila. Zapravo je riječ o rutinskoj kontroli policije nad sumnjivim vozilom koje se nalazilo u polju u kasnim noćnim satima. Slika 43. je nastala kao isječak iz video spota (reklame) kamere MX-15HDi [27].

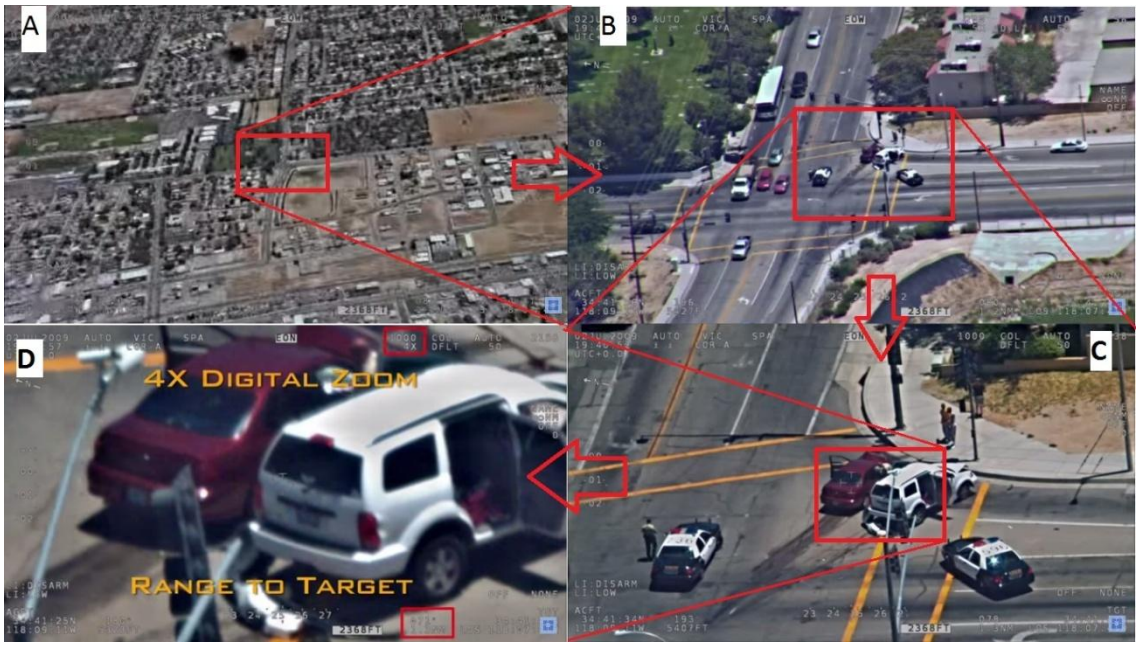
Na zaslonu osim što pokazuje sliku kamere pokazuje i ostale informacije. Na slici 43. u području jedan se nalazi datum i vrijeme snimanja sa vremenskom zonom u ovom slučaju je UTC +5. U području dva je prikaz sjevera s obzirom na promatrani objekt na slici. Područje tri prikazuje kut snimanja u vertikalnoj ravnini u ovom slučaju je to približno -10° (prema dolje) obzirom na horizont. Područje četiri prikazuje informacije o zrakoplovu: trenutne koordinate, smjer kretanja i visinu leta. Područje pet prikazuje informacije o objektu promatranja (u ovom slučaju automobilu): visina na kojom se objekt nalazi, smjer i udaljenost od zrakoplova te koordinate objekta promatranja. Područje šest pokazuje vizualni, a područje devet numerički relativni položaj kamere s obzirom na zrakoplov u ovom slučaju je to približno 90° u desno. Područje sedam prikazuje fokusnu dužinu. Područje osam označava način prikaza, IR-Infrared (infracrveno-termalno) Područje prikaza još može biti: EOW (eng. *Electro-Optical Wide* Elektro-optički širokokutni) i EON (eng. *Electro-Optical Narrow* Elektro-optički uskokutni).



Slika 43. Infracrveni način prikaza

Izvor: [27]

Slika 44. prikazuje snagu zumiranja kamere MX-15HDi. U području **A** širokokutni je prikaz dijela grada na kojem se vidi naselje, prometnice i raskrižje. Raskrižje je od zrakoplova udaljeno 1,3 nm (2,4 km). Ako raskrižje uvećamo 15 puta dobiti ćemo područje **B** gdje se razaznaju vozila, njihovo kretanje te zastoj na istom raskrižju. Dodatnim uvećanjem od 5 puta dobivamo područje **C** gdje se vidi da je zastoj zapravo prometna nesreća te da su na licu mjesta dva policijska vozila. Područje **C** predstavlja maksimalno optičko zumiranje za MX-15HDi ali postoji i opcija od 4 puta digitalnog zumiranja, pa tako dobivamo područje **D** gdje bi se dodatnim istraživanjem mogla utvrditi primjerice marka vozila i ostali detalji.



Slika 44. Prikaz zumiranja

Izvor: [27]

Prednost kamere MX-15 u odnosu na običnu kameru s CCD senzorom jasno se uočava usporedbom slika 45. i 46. Slika 45. prikazuje snimanje pri slabom osvjetljenju pomoću obične kamere s CCD senzorom. Na slici se vide dvije crvene točke. Pogled na sliku 46. napravljenu pomoću kamere MX-15HDi opremljene CMCCD senzorom, tehnologijom dodatnog umnažanja naboja (fotona) uočava se da su ranije spomenute dvije točke zapravo stražnja svjetla automobila pokraj kojega se jasno vide dvije osobe.



Slika 45. Snimanje pri slabom osvjetljenju sa CCD senzorom

Izvor: [27]



Slika 46. Snimanje pri slabom osvjetljenju sa CMCCD senzorom

Izvor: [27]

Kameri MX-15HDi za snimanje u slabom osvjetljenju potreban je minimalni izvor svjetlosti, na slici 46. to je svjetlo od vozila, a u slučaju kad nema dovoljno svjetlosti MX-15HDi je opremljena laserskim osvjetljivačem koji služi kao umjetni izvor svjetlosti za osvjetljivanje objekata promatranja u potpunom mraku.



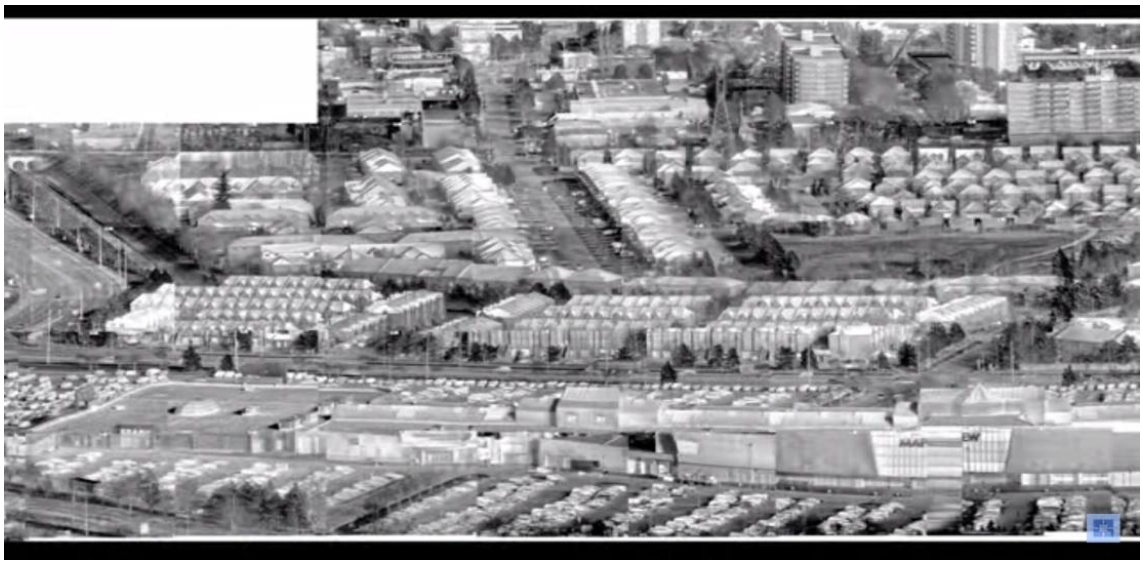
Slika 47. Prikaz mogućnosti laserskog osvjetljivača

Izvor: [27]

Područje **A** na slici 47. prikazuje termalni prikaz usidrenog broda. Jasno se vidi da se brod nalazi na gatu, iza broda uočljive su zgrade, ali se ne može pročitati naziv broda jer je termalni odraz naziva broda isti kao i njegov ostatak. Područje **B** prikazuje isti objekt promatranja u normalnom prikazu gdje se vidi samo rasvjeta luke. Maksimalnim zumiranjem uz pomoć CMCCD senzora i dalje se ne može pročitati naziv broda u području **C** jer nema dovoljno svijetlosti. Područje **D** prikazuje osvijetljeni objekt promatranja pomoću lasera te se jasno može pročitati naziv broda "CANADIAN LEADER". Sve su fotografije slikane sa udaljenosti od približno 1.6 km.

MX-15HDi ima mnoštvo funkcija za što kvalitetnije i jednostavnije upravljanje. Jedna od njih je GEO-POINTING što predstavlja automatsko usmjeravanje kamere u jednu točku koja je definirana koordinatama. Koordinata može biti unaprijed zadana unosom ili jednostavno usmjeravanjem i "zaključavanjem" kamere od strane pilota (operatera) na određenom objektu. Kako se zrakoplov kreće kamera će prikazivati iste koordinate. Slijedeća od funkcija je GEO-TRACKING koja je namIjenjena za objekte u pokretu npr. kretanje auta po cesti. Sustav prepoznaje objekt promatranja i automatski fokusira kameru na njega bez obzira na njegovo kretanje ili kretanje zrakoplova. Slijedeća funkcija je GEO-SCAN, funkcija je namijenjena za pretraživanje velikog područja i spremanje informacija u obliku fotografije velike rezolucije. Skeniranje radi na principu da se kamera automatski kreće lijevo-desno i

fotografira područje te na kraju spaja slike u jednu veliku koja se sastoji od 50 manjih (slika 48.).



Slika 48. GEO-SCAN

Izvor: [27]

Pomoću antene MX-POD za prijenos podataka zrakoplov se može povezati sa zemaljskom stanicom te se slika kamere može uživo prenositi. Zemaljski operater može pratiti sliku kamere i slati informacije operaterima u zrakoplovu. Postoji i opcija da zemaljski operater upravlja kamerom.



Slika 49. Prikaz spajanja MX-POD-a [28]

Zasloni koji služe za prikazivanje i upravljanje kamerama MX-10 i MX-15HDi dolaze u raznim oblicima i dimenzijama od 4" (10,16 cm) pa čak do 20" (50,8 cm). Zaslon može biti jednostavniji za prikaz jednog segmenta ili višenamjenski koji prikazuje više različitih segmenata npr. dio zaslona prikazuje segment kamere dok drugi dio prikazuje parametre motora ili leta zrakoplova (Slika 50.).



Slika 50. Razne verzije zaslona

Izvor: [29]

Instrumentalni panel Pilatusa PC-9M popunjen je instrumentima. Postavljanje novog zaslona za upravljanje kamerom zahtijevalo bi uklanjanje dijela postojećih instrumenata. U tom slučaju bilo bi poželjno postaviti višenamjenski zaslon kojim bi se moglo upravljati kamerom i osigurati prikaz uklonjenih instrumenata (Slika 51.).

Na slici 51. je prikazan instrumentalni panel koji je svojom veličinom i oblikom isti kao u Pilatusa PC-9M. U sredini je zaslon veličine 6"×8" (15,24 × 20,32 cm) koji može prikazivati instrument letenja, a ujedno može prikazivati sliku sa kamere u kombinaciji s nekim instrumentom letenja. Desno do njega se nalazi manji zaslon 4"×5" (10,16 × 12,7 cm) koji u ovom slučaju prikazuje parametre motora, a također se može podijeliti u dva dijela tako na jednom bude prikazana slika s kamere a na drugom bude dio parametara motora.



Slika 51. Prikaz zaslona za prikaz kamere

Izvor [30]

5.2. Proizvođač kamera FLIR Systems

FLIR Systems je najveća svjetska komercijalna tvrtka specijalizirana za projektiranje i proizvodnju toplinskih kamera, komponenti i daljinskih senzora. Osnovana je 1978., sa sjedištem u Sjedinjenim Američkim Državama. Tvrtka proizvodi termalne kamere i komponente za razne komercijalne i državne programe.

Od specijalnih daljinskih senzora razvili su cijelu liniju proizvoda različitih veličina i performansi ovisno o potrebama za zemaljska vozila, vodena plovila i zrakoplove. Od linije za zrakoplove prezentirat će se dvije kamere Star Safir HD i Star Safir 380HDc

5.2.1. Kamera Star Safir HD

Star SAFIRE HD je druga generacija EO / IR senzora u svojoj klasi, pruža puni digitalni video visoke razlučivosti na svim slikovnim senzorima – koji udovoljavaju standardima US DoD-a (*eng. United States Department of Defense* - Ministarstvo obrane Sjedinjenih Američkih Država) i NATO-a (*eng. North Atlantic Treaty Organisation* - Sjevernoatlantski savez). Star Safire HD ima termalni senzor, senzor za danje svjetlo, senzor za snimanje pri slabom osvjetljenju, optiku koja omogućava veliko zumiranje i laser. To je pravi digitalni sustav, ne hibridni analogno - digitalni sustav.

Star SAFIRE HD se sastoji od slijedećih senzora:

1. Termalna senzor u području 3000-5000 nm, rezolucija senzora 640x512, vidno polje 30°-0,25°
2. Dnevni senzor u boji, rezolucije 1080 p, vidno polje 29°-0,25°
3. Snimanje pri slabom osvjetljenju pomoću NIR CCD senzora, s rezolucijom 1080 p te vidnim poljem od 55°-1,5°
4. Laserski daljinomjer dometa 20km +/-5m, klase 1

5. Laserski osvjetljivač klase 4, snage 1W ili 2W (opcija)
6. Laserski usmjerivač klase 3b, snage 100mW

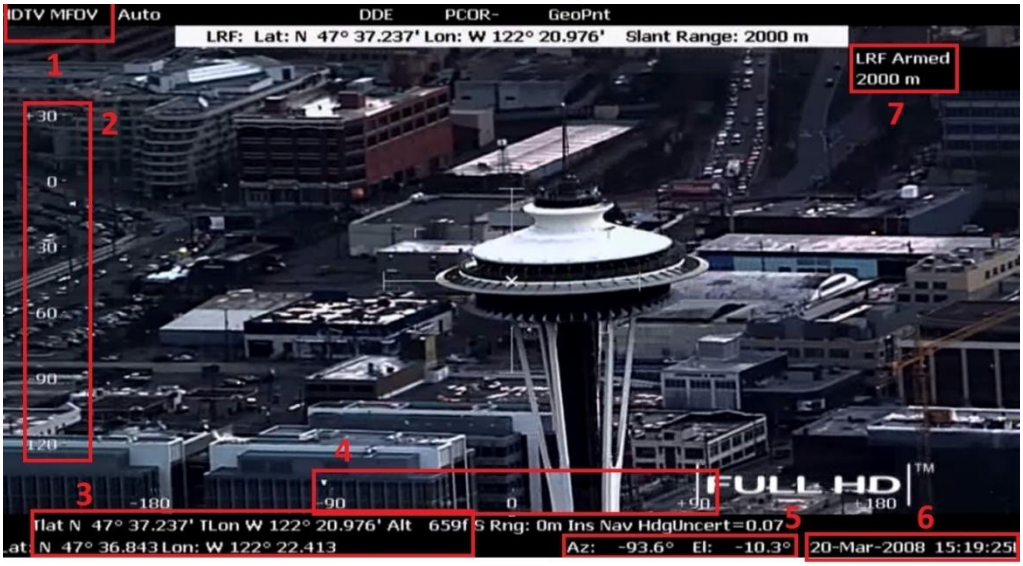
Star SAFIRE HD (Slika 52.) opremljen je GPS-om i IMU za geo-usmjeravanje i geo-praćenje. Ima stabilizaciju po 4 osi. Okretan je 360° po pravcu, 30° prema gore i 120° prema dolje, maksimalna brzina zrakoplova pri kojoj ga je moguće koristiti je 405kn. Temperatura rada od -40C do 55C. Prosječna potrošnja kamere je 200W, a maksimalna 600W. Težina kamere je 45 kg, promjer kamere je 15" (38.1 cm), a visina 17.5" (44.5 cm).



Slika 52. Star SAFIRE HD i ručica za upravljanje [31]

Slika 53. prikazuje sliku sa kamere Star SAFIRE HD. U području jedan je mod prikaza HDTV (*eng. High Definition TV* - Televizija visoke razlučivosti), a može još biti HDIR (*eng. High Definition Infra Red* - Termalna slika visoke razlučivosti), MFOV (*eng. Middle Fields of View* - Srednje široko vidno polje), a može još biti SNFOV (*eng. Super Narrow Fields of View* - super usko vidno polje), NFOV (*eng. Narrow Fields of View*- usko vidno polje), WFOV (*eng. Wide Fields of View* - široko vidno polje). Svako od vidnih polja je određeno kutom: SNFOV 0.7° x 0.5°, NFOV 1.4° x 1.05°, MFOV 5.4° x 4.0° i WFOV 25° x 19°. Područje dva vizualno prikazuje položaj kamere u vertikalnoj ravnini, a područje četiri vizualno prikazuje položaj kamere u horizontalnoj ravnini s obzirom na položaj zrakoplova. Područje pet pokazuje brojčano u stupnjevima položaj kamere u vertikalnoj i horizontalnoj ravnini. Područje tri prikazuje

informacije o objektu promatranja: koordinate i nadmorska visina te informacije o zrakoplovu i njegove koordinate. Područje šest prikazuje datum i vrijeme snimanja. Područje sedam prikazuje udaljenost zrakoplova od objekta promatranja.



Slika 53. Prikaz slike Star SAFIRE HD

Izvor: [31]

Slika 54. prikazuje mogućnost uvećanja kamere Star SAFIRE HD. Područje A prikazuje veliko područje promatranja, uočljiva je samo rijeka. Uvećavanjem slike u području B se vidi poluotok na rijeci, dodatnim uvećavanjem se vidi da se na poluotoku nalazi silos. Dodatnim uvećanjem može se prepoznati kuća u području D.



Slika 54. Prikaz mogućnosti uvećanja Star SAFIRE HD

Izvor: [31]

Postoji mogućnost dodatnog digitalnog uvećanja te se na slici 55. može uočiti osoba pored kuće. Slike 54. i 55. su načinjene na visini većoj od 20000 fita, a udaljenost do objekta promatranja je približno 23.5 km.



Slika 55. Dodatno digitalno uvećanje

Izvor: [31]

Star SAFIRE HD ima opciju Geo Lock odnosno automatsko usmjeravanje kamere u određeni cilj ili objekt promatranja koji može biti određen koordinatama bez obzira na kretanje zrakoplova. Ima opciju prikrivenog osvjetljavanja širokog područja, vizualno označavanje udaljenih ciljeva pomoću laserskog usmjerivača za treće osobe te određivanje udaljenosti cilja i mjesta.

5.2.2. Kamera Star Safir 380HDc

Star Safir 380HDc (Slika 56.) je kamera s dalekometnim performansama smještenim u kompaktni sustav. Star Safire 380-HDC, prvi u novoj klasi manjih kompaktnih kamera s velikim performansama te stabiliziranom slikom visoke rezolucije, posebno projektirana za helikopter i manje zrakoplove gdje su potrebni kompaktni sustavi (kamere) za ISR (eng. *Airborne Intelligence, Surveillance and Reconnaissance* – Zrakoplovne obavještajne, izviđačke i nadzorne misije). Star Safire 380-HDc pruža jedinstveni Swap-C (eng. *Size, Weight and Power – Cooling* – Veličina, težina i snaga te rashlađivanje) što je prednost za primjenu u zraku za vrijeme provedbe ISR misija koje zahtijevaju visoku učinkovitost. [32].



Slika 56. Star Safir 380HDc [32]

Star Safir 380HDc se sastoji od slijedećih senzora [32]:

1. Termalna senzor u području 3000-5000 nm, rezolucija senzora 1280x720, rezolucija prikaza 1080 p, vidno polje 40°- 1°, fokusna dužina 25 mm-500 mm
2. Dnevni senzor u boji, rezolucije senzora 1080 p, vidno polje 40°- 1,2°, fokusna dužina 8,5 mm-340 mm
3. Drugi dnevni senzor u boji, rezolucije senzora 1080 p, vidno polje 25°- 0,2°, fokusna dužina 16,5 mm - 985 mm
4. Snimanje pri slabom osvjetljenju pomoću EMCCD senzora, rezolucija senzora 1080 p, vidno polje 40°- 1,2°, fokusna dužina 8,5 mm - 340 mm
5. SWIR (eng. *Short Wave IR Camera* - Kratkovalna infracrvena kamera) sa InGaAs (eng. Indium Gallium Arsenide - Indij Galij Arsenid) senzorom, rezolucije senzora 1080 p, vidno polje 33°- 0,25°, fokusna dužina 16,5 mm - 985 mm
6. Laserski daljinomjer dometa 30km, klase 1, siguran za oči

7. Laserski osvjetljivač klase 4, snage 1 W ili 2 W
8. Laserski usmjerivač, snage 150 mW klase 3b ili 650 mW klase 4b

Star Safir 380HDc radi na principu potpune integracije IMU (eng. *Inertial Measurement Unit* – Inercijalna mjerna jedinica) i GPS-a za što bolji GEO-pointing (usmjeravanje kamere u određenu točku) i GEO-target moving (praćenje objekta promatranja koji se kreće). 380HDc ima stabilizaciju po 4 osi, a otpornost na vibracije po 6 osi. Okretnost kamere je 360° po pravcu, 16° prema gore i 100° prema dolje. Maksimalna brzina zrakoplova prilikom korištenja 380HDc je 250 nm KIAS (eng. *Knots-Indicated Air Speed* – indicirana brzina u čvorima), a maksimalna visina korištenja je 50000' (15240 metara). Radna temperatura korištenja kamere je od -40°C do +55°C. Radni napon je 22-29 VDC, prosječna potrošnja struje je 225W, a maksimalna 350W. Dimenzije kamere Star Safir 380HDc 15.0” (promjer) x 13.9” (visina) odnosno 38.0 cm x 35.3 cm. Za usporedbu kamera MX-10 je visoka 13.98" (35.5 cm), a MX-15HD 18,98" (48,2cm). Težina kamere je 62 libre (28kg) [32].

Na slici 57. se može vidjeti usporedba kompaktnosti kamere Star Safir 380HDc sa konkurentnim kamerama od 10”. Na slici 57. plava boja predstavlja 380HDc, a crvena normalne 10” kamere.



Slika 57. Usporedba Star Safir 380HDc sa ostalim kamerama od 10“ [33]

Slika 58. prikazuje sliku na zaslonu odnosno sliku sa kamere 380HDc. U području jedan se nalaze informacije o zrakoplovu: koordinate, brzina, kurs leta i visina. Područje dva prikazuje datum i vrijeme. Područje tri prikazuje smjer sjevera u odnosu na promatrani objekt. Područje četiri prikazuje način prikaza odnosno odabrani senzor : HDIR, koji može još biti HDEO (eng. *High Definition Electro-Optical* - Elektro-optički prikaz visoke rezolucije)

odnosno dnevni senzor u boji, HDEO 2 - Drugi dnevni senzor u boji i HDIR/EO – kombinacija infracrvenog i dnevnog prikaza. Područje pet vizualno prikazuje vidno područje, W označava široki kut, a N uski kut. Područje šest prikazuje vizualno i brojčano položaj kamere u odnosu na zrakoplov u ovom slučaju je to 32° na dolje i 13° u lijevo. U području sedam se nalaze informacije o objektu promatranja: koordinate, nadmorska visina i udaljenost od zrakoplova. Područje osam prikazuje kurs prema objektu promatranja.



Slika 58. Prikaz slike Star Safir 380HDc

Izvor: [34]

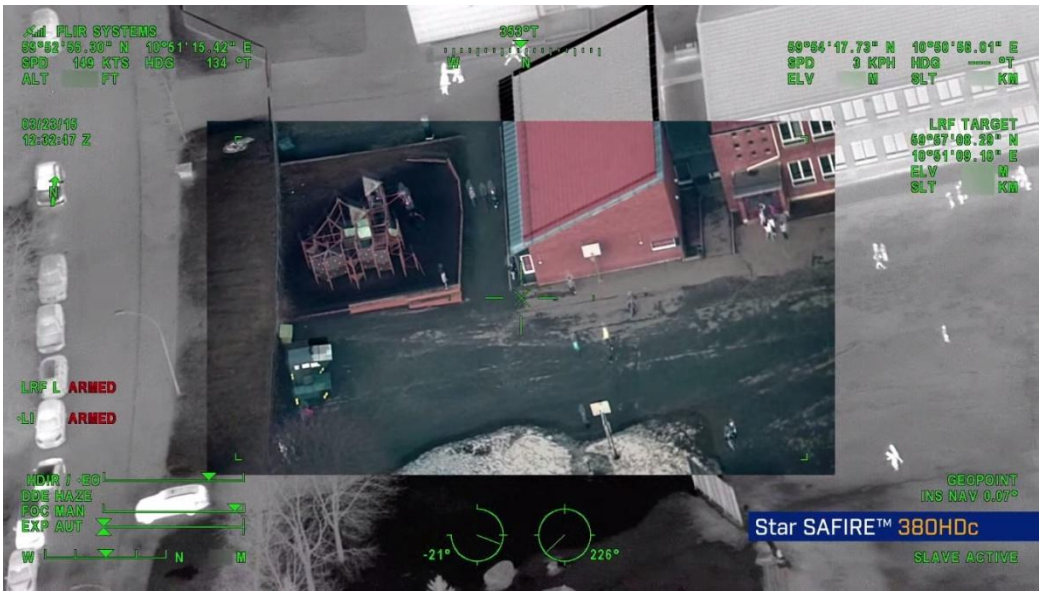
Slika 59. prikazuje mogućnosti uvećanja Star Safir 380HDc od širokog prikaza na kojem se vidi grad do uskog prikaza na koje se vidi trg ispred crkve na kojem je moguće pobrojati ljude.



Slika 59. Prikaz mogućnosti uvećanja Star Safir 380HDc

Izvor: [34]

Slika 60. prikazuje preklapanje dvije slike istog objekta promatranja sa dva različita senzora (IR i EO senzor). Postoji mogućnost podešavanja količine preklapanja.



Slika 60. Preklapanje slike sa dva senzora

Izvor: [34]

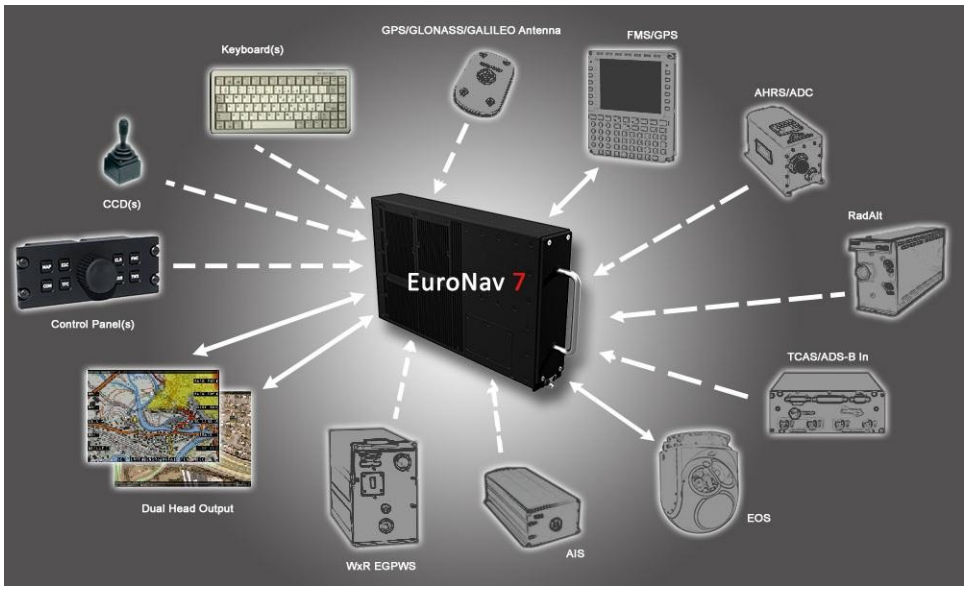
Kao i svaki drugi sustav kamera tako i Flir-ove kamere same po sebi su nekorisne ukoliko ne postoji elektronski sustav koji povezuje sliku kamera sa ostalim sustavima.

Napredni sustav elektronike kao EuroNav7 (Slika 61.) je osmišljen od početka kao snažan, sposoban i vrlo fleksibilan integrirani sustav koji se spaja na širok raspon avionike, senzora i komunikacijskih uređaja (Slika 62.).



Slika 61. EuroNav7 [35]

Slika 62. prikazuje primjer spajanja uređaja na EuroNav7. Neke od njih: GPS, FMS/GPS *(eng. Flight Management Systems* - Sustav za upravljanje letom), AHRS (eng. Attitude Heading Reference System - Referentni sustav položaja i pravca kretanja), mjerač relativne visine iznad terena, višenamjenska kamera, AIS (*eng. Aeronautical Information Service* - Zrakoplovna informacijska usluga), dvostruki video izlaz i uređaj za upravljanje.



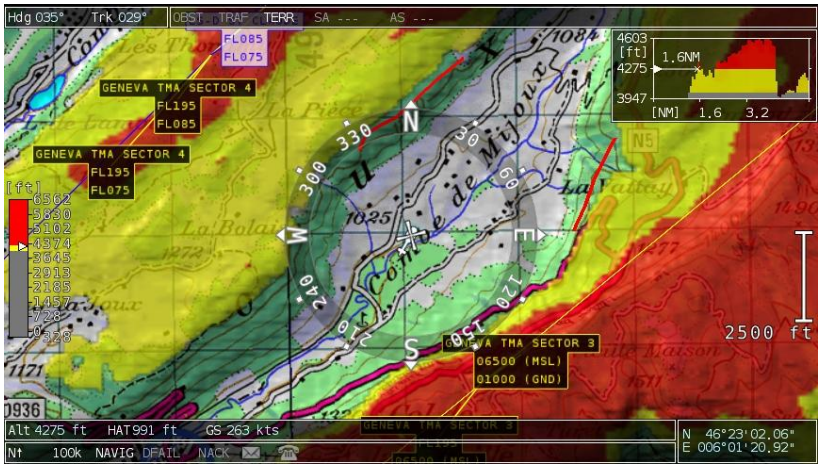
Slika 62. Primjer spajanja EuroNav7 sa ostalim uređajima [35]

EuroNav7 obrađuje ulazne informacije uspoređuje ih sa bazom podataka, goreferencira sliku kamere sa postojećim kartama te konačan rezultat može prikazivati na dva zaslona koji mogu prikazivati u potpunosti različite informacije o promatranom području. Na slici 63. lijevi zaslon prikazuje topografsku kartu, na njoj je prikazano kretanje zrakoplova, desni zaslon prikazuje georeferenciranu sliku kamere na kojoj su pored slike kamere ucrtane ulice sa svojim nazivima.



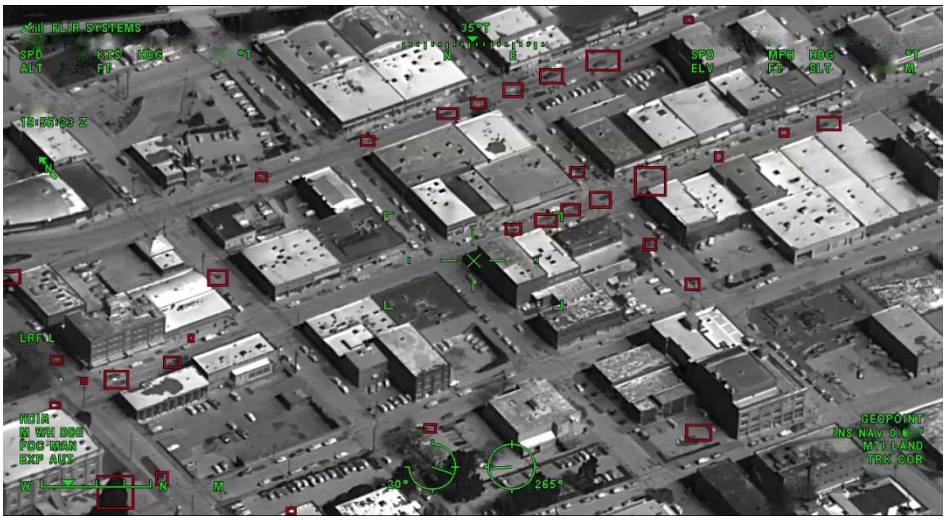
Slika 63. Prikaz dvostrukog video izlaza [35]

Prikaz topografske karte ne svodi se samo ucrtavanje položaja zrakoplova na njoj. Sustav iz karte učitava visinu te putem zaslona pilota upozorava na opasnosti. Žutom bojom su označena područja na kojima je relativna visina manja od 300 fita, a crvenom bojom je označeno područje na kojemu je visina terena veća od leta zrakoplova (Slika 64.).



Slika 64. Prikaz topografske karte s upozorenjima na prepreke [35]

EuroNav7 uz pomoć naprednog inteligentnog Flir Merlin softvera i Flirovih kamera može prepoznati i pratiti više ciljeva odjednom. Na slici 65. prikazan je način istovremenog praćenja više ciljeva na način da su ciljevi praćenja označeni crvenim kvadratićem. U ovom slučaju ciljeve predstavljaju vozila u pokretu. Na spomenutoj slici softver prepoznaje i prati 31 cilj.



Slika 65. Prikaz praćenja ciljeva [36]

Na isti način ovaj sustav može pronalaziti i pratiti unesrećene osobe na moru. U situacijama u kojima bi fizička osoba (operator) propustila uočiti objekt traganja primjena ovog sustava koji će prepoznati i obavijestiti operatora o pronalasku objekta traganja značajno povećava učinkovitost i brzinu pronalaska unesrećene osobe što je od iznimne važnosti (Slika 66.).



Slika 66. Pronalaženje i praćenje unesrećenih osoba u moru [36]

5.3. Proizvođač kamera General Dynamics Global Imaging Technologies

General Dynamics Global Imaging Technologies osmišlja i proizvodi cijeli raspon visoko funkcionalnih preciznih detektorskih sistema i kamera koji klijentima pružaju jasnoću, točnost i pouzdanost te im omogućuju da snime odlučujuće kadrove i uspješno okončaju zadatak.

Specijalizirani za razvoj žiroskopskih kamera, optika, preciznih struktura i proizvoda za kontrolu pokreta. Raznovrsnost komponenti omogućava im fleksibilnost pri razvoju prilagođenih rješenja kojima udovoljavaju specifičnim potrebama kupaca. Komponente koriste za izradu potpuno vertikalno integriranih sustava malog volumena i visoke složenosti rješenja za masovne programe proizvodnje.

5.3.1. Kamera V-14

V-14 (slika 67.) je elektro-optička infracrvena (EO / IR) kamera, pruža iznimne mogućnosti nadzora i detekcije kod provođenja zakona u zračnom prometu i stalnih nadzornih operacija. Infracrveni senzori i vidljiva kamera visoke rezolucije (HD) su integrirani u 4-aksijalni sklop kardanskog prstena kako bi se osigurala iznimna stabilnost kod dalekih dometa. U sistem je ugrađen napredni prijemnik slike i kontinuirani EO/IR zoom kako bi poboljšala izvedba na većim dometima čije se granice neprestano pomiču. V-14 uključuje visoko-funkcionalni video procesor i pojačivač snage čime korisniku omogućava jednostavno unošenje podataka, kontrolu i nadzor svih osobina sistema. Pomoću interakcijskog zaslona na dodir, sistem pruža iznimnu mogućnost potpune kontrole i nadzora svih njegovih funkcija [37].



Slika 67. Kamera V-14 [38]

V-14 se sastoji od slijedećih senzora [37]:

1. Termalna senzor u području 3000-5000 nm, rezolucija senzora 640x480, vidno polje 8,8°- 0,77°, optički uvećanje 12x, digitalno uvećanje 2x
2. Dnevni senzor u boji, veličina senzora 2/3", tip senzora CCD, rezolucije senzora 1080 p, vidno polje 32,4°- 0,67°, optički uvećanje 50x, digitalno uvećanje 2x
3. Laserski daljinomjer dometa 20km, klase 1, siguran za oči, 12 pulsova u minuti

V-14 ima stabilizaciju po 4 osi. Pokretljiva je 360° u horizontalnoj ravnini te +32° prema gore i -155° prema dolje s brzinom okretanja 0-30° u sekundi. Dimenzije kamere su 19,8" x 14,9" x 17,6" (50.3 cm x 37.8 cm x 44.7 cm). Težina kamere je 85 lb (38,55 kg), težina kontrolnog panela je 6 lb (2,72 kg), a težina cijelog sustava je 155 lb (70,30 kg). Napajanje kamere je 28 V, dok potrošnja je 560 W, a najveća potrošnja 1300 W.

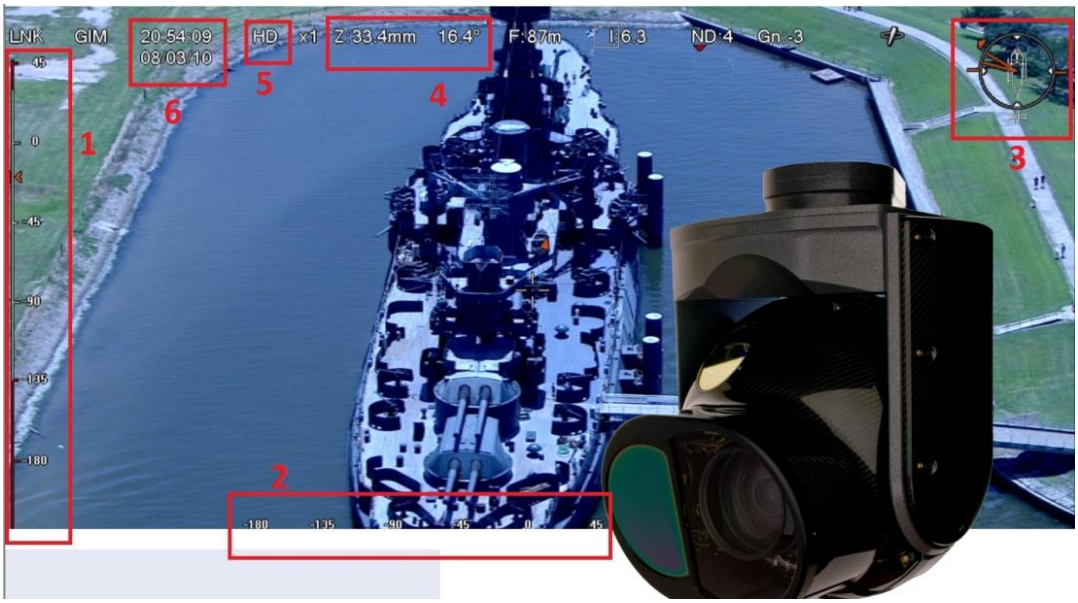
V-14 uključuje visoko performansi video procesor, pojednostavljeno upravljane od strane operatera, kontrolu i praćenje svih mogućnosti sustavnih obilježja. S interakcijom

dodirnih ekrana ovaj sustav pruža jedinstvenu mogućnost da u potpunosti kontrolira i nadgleda sve aspekte sustava.



Slika 68. V-14 kontrolni panel

Slike 69. i 70. daju prikaz kamere V-14. U području jedan se nalazi skala koja pokazuje vertikalni položaj kamere, u ovom slučaju to je približno -20° odnosno prema dolje. Područje dva prikazuje položaj kamere u horizontalnoj ravnini u ovom slučaju je to približno -75° odnosno kamera se nalazi u lijevo što je vidljivo u području tri gdje je vizualno prikazan položaj kamere u odnosu na zrakoplov. Područje četiri prikazuje žarišnu daljinu i vidni kut kamere. Područje pet prikazuje način rada kamere, HD ili IR način. Slika 70. prikazuje termalni način rada. Područje šest označava vrijeme i datum snimanja. Područje 7 na slici 70. prikazuje koordinate zrakoplova, a područje 8 koordinate objekta promatranja.



Slika 69. Prikaz kamere V-14

Izvor [37]



Slika 70. Termalni prikaz kamere V-14

Izvor [37]

5.3.2. Kamera V-14LRx

V14-LRx kamera je dizajnirana za podršku operativnih ciljeva povećanog opsega primjene, poboljšanih osobina detekcije i performansi prepoznavanja, također nudi softver za eksploataciju slike koji smanjuje opterećenje operatora i povećava učinkovitost misije. V14-LRx ima mogućnost velikog uvećanja, optiku za kontinuirani zum za infracrveni i dnevni senzor. V14-LRx maksimizira učinak senzora kroz korištenje super teleobjektiva za održavanje stalne situacijske svijesti i omogućuje detaljnu tehničku analizu na ekstremnim kosim udaljenostima za povećanje operativne učinkovitosti.



Slika 71. Kamera V14-LRx

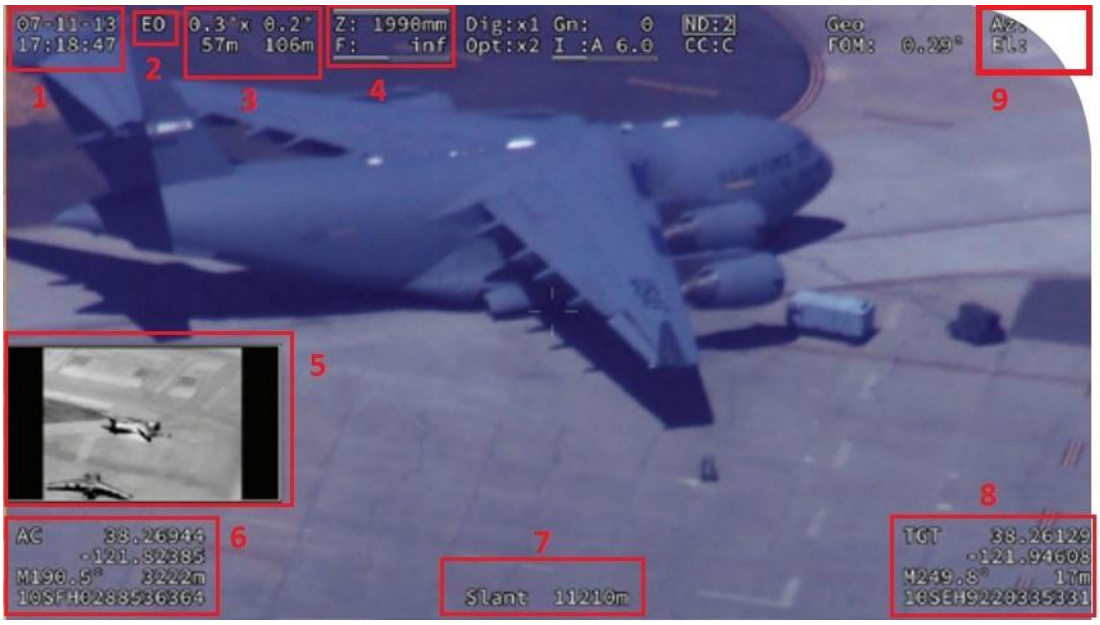
Izvor [39]

Kamera V14-LRx se sastoji od slijedećih senzora [39]:

1. Termalni senzor u području 3000-5000 nm, rezolucija senzora 640x480 (1920x1080 digitalno uvećanje), vidno polje 8,8°- 0,77°, fokusna daljina 50-570 mm, optičko uvećanje 12x, digitalno uvećanje 2x, efektivna maksimalna fokusna daljina 1140 mm, maksimalni kut uvećanja 0.39°
2. Dnevni senzor u boji, veličina senzora 2/3", tip senzora 3CCD, rezolucija senzora 1080p, vidno polje 9,8°- 0,27°, fokusna daljina 56-2016 mm optičko uvećanje 36x, digitalno uvećanje 2x, efektivna maksimalna fokusna daljina 4032 mm, maksimalni kut uvećanja 0.14°

Kamera ima stabilizaciju po 4 osi. Okretnost po horizontalnoj ravnini je 360°, a po vertikalnoj je +20° i -195°. Brzina okretanje kamere je 0-30° u sekundi. Veličina kamere je 19.8" x 14.9" x 19.9" (50.3 cm x 37.8 cm x 50.5 cm). Kamera je teška 81 lb (36,7kg), a cijeli sustav sa standardnim kablovima je težak 125 lb (56.7 kg) [39].

Područje jedan na slici 72. prikazuje vrijeme i datum snimanja. Područje dva označava jedan od dva moguća načina snimanja EO i IR. Područje tri prikazuje vidni kut, 0.3° je za horizontalnu, a 0.2°za vertikalnu ravninu. Dan je i podatak prikazanog područja u metrima horizontalno 57m i vertikalno 106m. Kamera veličinu prikazanog područja proračunava pomoću vidnog kuta i udaljenosti od objekta promatranja. Kamera V-14LRx nema laserski daljinomjer već sama pomoću vertikalnog kuta promatranja objekta i visinske razlike između zrakoplova i objekta promatranja proračunava udaljenost (područje sedam). Područje četiri prikazuje žarišnu daljinu i položaj fokusa. 1998 mm predstavlja skoro maksimalno uvećanje, a inf (*eng. Infinity – beskonačno*) znači da je položaj fokusa postavljen na beskonačnost. Područje pet pokazuje sliku s drugog senzora (termalnog senzora). Prikaz termalnog senzora ostaje neizmijenjen neovisno o uvećanju koje ima dnevni senzor što prikazuje slika 73. Područje šest prikazuje informacije o zrakoplovu, njegove koordinate, smjer kretanja i visinu. Dok područje osam prikazuje informacije o objektu promatranja njegove koordinate, smjer u kojem se nalazi s obzirom na zrakoplov te nadmorsku visinu.



Slika 72. Prikaz kamere V-14LRx

Izvor [39]

Područje 9 na slici 72. i 73. prikazuje položaj kamere u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini s obzirom na zrakoplov. Na slici 73 se jasno vidi da je po azimutu 51° što znači 51° u desno od kretanja zrakoplova i -13° po elevaciji odnosno prema dolje.



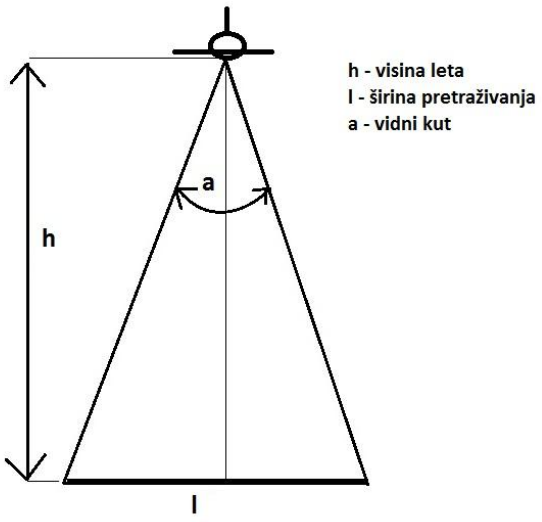
Slika 73. Širi prikaz kamere V-14LRx

Izvor [39]

Kamera V-14LRx ima jako kvalitetno uvećanje što je vidljivo na slici 72. Slika ne prikazuje maksimalno optičko uvećanje, postoji opcija dodatnog digitalnog uvećanja od dva puta. Da se na slici 72. pored aviona nalazi čovjek jasno bi se vidio, a udaljenost je veća od 11 km.

Slika 73. prikazuje šire područje gdje se vidi skoro cijela zrakoplovna baza, a ujedno prikazuje maksimalnu širinu koju kamera može postići od 9.8°. Usporedbom s ostalim analiziranim kamerama kojima je maksimalna širina vidnog polja između 30° i 40° uočavamo kako ova kamera, namijenjena izviđanju s većih udaljenosti i visina nije najpogodniji izbor za potrebe obalne straže.

Primjer: Zrakoplov leti iznad mora, kamera je okrenuta prema dolje i snima područje s maksimalnim kutom. Kolika je potrebna visina leta da bi kamera snimila područje u širini od 600m (standardna širina područje kod vizualnog pretraživanja).



$$tg\frac{\alpha}{2} = \frac{l/2}{h} \Rightarrow$$

$$h = \frac{l/2}{tg\,\alpha/2} \Rightarrow$$

$$h = \frac{300}{tg\,4.9^\circ} = 3499.4m$$

Slika 74. Ilustracija vidnog kuta iz zraka

Iz primjera je jasno vidljivo da bi zrakoplov morao letjeti na visini od 3.5km (približno 11500ft) da bi se na kameri vidjela širina područja od 600m. Ova činjenica je vrlo nezgodna za potrebe obalne straže. U slučaju da se za vrijeme potrage javi potreba da se zrakoplov mora spusti na minimalnu visinu i ponovno vratiti na operativnu visinu utrošit će se dosta

vremena i goriva. Vrijeme i gorivo predstavljaju dva ključna faktora koja utječu na uspješnost misija traganja i spašavanja.

S druge strane ako zrakoplov leti na visini 3.5km i operator kamere primijeti nešto sumnjivo, maksimalnim optičkim uvećanjem on će vidjeti širinu od 16.5m što je vidljivo iz slijedećeg:

$$tg\frac{\alpha}{2}=\frac{l/2}{h}\Rightarrow l/2=tg\frac{\alpha}{2}*h\Rightarrow l=2*tg\frac{\alpha}{2}*h\Rightarrow l=2*tg\frac{0.27}{2}*3500\Rightarrow l=16.5m$$

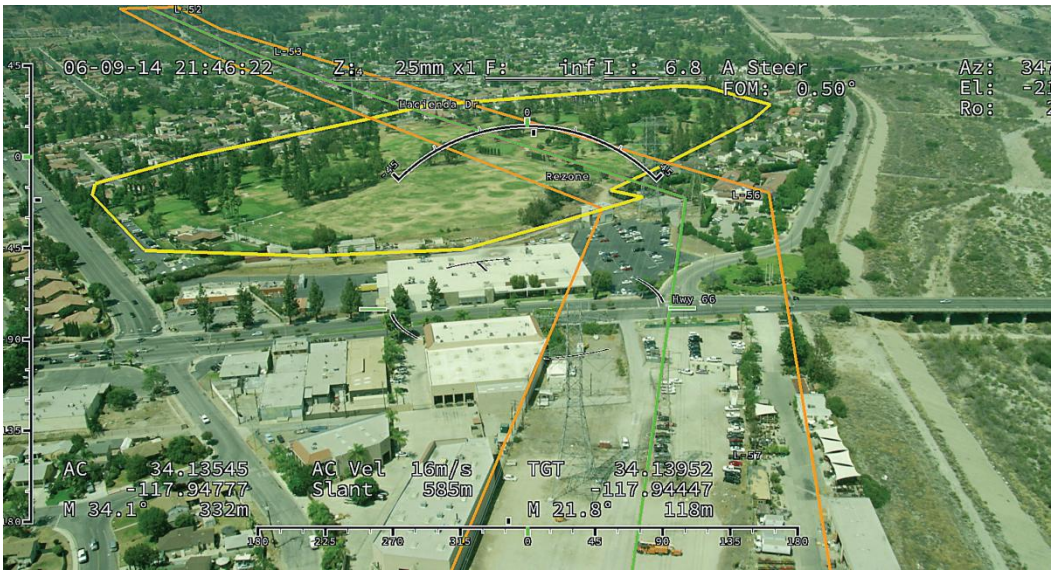
Ako se uzme u obzir da je silueta čovjeka koji pluta u vodi s pojasom za spašavanje približno pola metra, a rezolucija slike je 1920*1080 vrlo lako se može izračunati koliko piksela bi ta osoba zauzela na toj slici:

$$\frac{1920}{16.5m}*0.5m\approx 58 \text{ piksela}$$

Objekt veličine 58 piksela na zaslonu kamere jako je upadljiv, usporedbe radi slova u tekstu rada veličine su 12 piksela a objekt koji bi vidjeli na zaslonu bio bi skoro 5 puta veći od njih.

General Dynamics sustavi za misije opremljeni su svojim inteligentnim sustavom obrade i georeferenciranja slike kamere te imaju mogućnost dodavanje informacija iz baze podataka. Ovaj sustav pod nazivom Geo+ povećava funkcionalnost i korisnost General Dynamics kamera. On pruža prikaz operacija na zaslonu, interakciju s navigacijskim sustavom, geo-usmjeravanje, geo-lociranje te geo upravljanje, ima sučelje digitalnih karata, sučelje daljinskog upravljanja i sinkroniziranje metapodataka. Izvor [40]

Slika 75. prikazuje sliku s kamere na kojoj je program Geo+ iscrtao rutu prethodno unesenu u program. Zelena linija označava zadanu rutu dok narančaste linije označavaju bočno odstupanje od zadane rute i u ovom slučaju iznose po 50m.



Slika 75. Geo+ iscrtana ruta leta

Izvor [40]

Geo+ program ima opciju iscrtavanja virtualnih objekata na slici koji su prethodno zadani u sustavu. Na slici 76. su prikazana dva virtualna objekta i kako se zrakoplov kreće virtualni objekti zadržavaju poziciju koja je određena koordinatama. Ovi virtualni objekti mogu predstavljati zgrade i u slučaju noćnog leta pri potpunom nestanku električne energije u gradu, pilotu će zgrade biti virtualno prikazane te će na taj način izbjeći potencijalne opasnosti.



Slika 76. Geo+ iscrtavanje virtualnih objekata

Izvor [40]

6. ODABIR NAJPOGODNIJE KAMERE ZA NADOGRADNJU

Odabir najpogodnije kamere za nadogradnju izvršiti će se komparacijom glavnih karakteristika prezentiranih modela. Izvršiti će se usporedba kamera na temelju veličine senzora i snage lasera, na temelju vidnog kuta te tehničkih detalja kamera.

6.1. Komparativni prikaz veličine senzora i lasera

Tablica 1. prikazuje informacije o veličini senzora u pikselima i karakteristike lasera prezentiranih kamera. Zelenom bojom označena područja predstavljaju najbolju opciju senzora i lasera, a narančasta boja predstavlja senzore i lasere kojima pojedine kamere nisu opremljene.

Tablica 1. Komparativni prikaz veličine senzora i lasera

Senzori	**Kamere**					
	MX-10	**MX-15HDi**	**Star Safir HD**	**Star Safir 380HDc**	**V-14**	**V-14LRx**
Termalni senzor	640x512	1920x1080	640x512	1280x720	640x480	640x480
Dnevni senzor	5Mp	1920x1080	1920x1080	1920x1080	1920x1080	1920x1080
Pomoćni dnevni senzor	5Mp	1920x1080	**x**	1920x1080	**x**	**x**
Snimanje pri slabom osvjetljenju	640x480 EMCCD	1920x1080 CMCCD	1920x1080 NIR CCD	1920x1080 EMCCD	**x**	**x**
Kratkovalni IC senzor	**x**	**x**	**x**	1920x1080 InGaAs	**x**	**x**
Laserski daljinomjer	dometa 20km	dometa 20km	dometa 20km	dometa 30km	dometa 20km	**x** ali proračunava daljinu
Laserski osvjetljivač	klase 3B	klase 4	klase 4	klase 4	**x**	**x**
Laserski usmjerivač	**x**	**x**	klase 3b	klase 4b	**x**	**x**

Prvi senzor u nizu je termalni senzor iznimno važan za traganje na moru. Što je rezolucija senzora veća to kamera bolje udovoljava zahtjevima misija OS RH. Najbolje karakteristike ima kamera MX-15HDi koja jedina ima FHD rezoluciju, a odmah iza nje je kamera Star Safir 380HDc.

Slijedeća dva senzora su senzori za snimanje po danu (glavni i pomoćni dnevni senzor). U toj kategoriji najbolje karakteristike ima kamera MX-10 kojoj je rezolucija senzora 5 Mp, ali rezolucija prikaza na zaslonu je FHD kao i kod ostalih kamera. U ovoj kategoriji sve kamere imaju dnevni senzor dok pomoćni dnevni senzor nemaju: Star Safir HD i obje kamere General Dynamics-a V-14 i V-14LRx što je vidljivo u tablici 1.

Slijedeća kategorija su senzori za noćno snimanje tj. senzori za snimanje pri slabom osvjetljenju. Kamere General Dynamics-a nemaju ovaj senzor. Najbolje karakteristike senzora ima Star Safir 380HDc sa FHD rezolucijom. F-HD rezoluciju imaju kamere Star Safir HD i MX-15HDi. Star Safir HD senzor za snimanje pri slabom osvjetljenju je zasnovan na bliskom IR području. Senzor MX-15HDi je CMCCD senzor što je vrlo slično EMCCD senzoru kojim je opremljena kamera Star Safir 380HDc.

Slijedeća kategorija je kratkovalni IR senzor kojeg ima samo kamera Star Safir 380HDc. Ovaj senzor nije uobičajen element sustava traganja za unesrećenim i nestalim osobama na moru. On se nalazi u sustavima za multispektralnu analizu terena. Ali zbog svojih mogućnosti može uvelike pomoći prilikom nadzora mora. Npr. vrlo lako može otkriti mrlje goriva na vodenoj površini koje su uobičajena posljedica nesreća na moru (sudara ili potonuća brodova). Pomoću ovog senzora moguće je ograničiti područje traganja na područje gdje je uočena mrlja te time skratiti vrijeme pronalaska nestale/unesrećene osobe, žrtve morske nesreće. Pomoću ovog senzora mogu se pratiti onečišćenja mora što je sekundarna zadaća obalne straže.

Zadnji dio tablice 1. je vezan za lasere. Prvi je laserski daljinomjer, najveći domet od 30 km ima kamera Star Safir 380HDc. Drugi je laserski osvjetljivač i on je vezan za senzor za snimanje pri slabom osvjetljenju, tri kamere dijele najbolje karakteristike Star Safir 380HDc, Star Safir HD i MX-15HDi. Zadnji laser je laserski usmjerivač i njega imaju samo Flirove kamere Star Safir 380HDc i Star Safir HD. Ovaj se laser ne razlikuje puno od laserskih pokazivača koji se sve više koriste u nastavi za skretanje pažnje na važne elemente PPT

prezentacija. Jedina razlika je u snazi lasera. Snaga lasera koji se koristi u učionici je manja od 5 mW dok je snaga lasera u kameri Star Safir 380HDc 650 mW. Oba lasera imaju istu primjenu. U učionici profesor ukazuje drugim osobama (studentima) na neki važan detalj dok iz zrakoplova pilot primjerice može pokazivati drugim osobama (pilotu drugog zrakoplova ili kapetanu broda) da je uočio nešto važno (nestalu osobu) u moru. Prilikom provođenja SAR misija znalo se dogoditi da za vrijeme potrage pilot uoči nestalu osobu u moru nakon čega navodi brod obalne straže do unesrećene osobe. U uvjetima velikih valova i lošeg vremena posada broda ne bi uočila unesrećenu osobu makar bi prošli od nje 50-100m. S ovim laserom pilot bi mogao „označiti“ pronađenu osobu te bi ju posada broda brže uočila čime bi se skratilo vrijeme potrage.

Provedena usporedba senzora i lasera prezentiranih kamera dovodi do zaključka da se kamera Star Safir 380HDc nalazi na prvom mjestu u pet od osam analiziranih stavki dok je u preostale tri na drugom mjestu. Star Safir 380HDc ujedno je i kamera opremljena najvećim brojem različitih senzora.

6.2. Komparativni prikaz vidnog kuta kamera

U tablici 2. prikazana je komparativna usporedba vidnog kuta kamera. Zelenom bojom označeno je područje koje je najpogodnije za pojedini tip senzora, a narančastom bojom je označena opcija senzora koju pojedina kamera nema. Usporedba vidnog kuta je jako problematična budući su kod ovih šest kamera vidni kutovi vrlo raznoliki. Pojedini senzori u kamerama imaju jako mali maksimalni vidni kut, manji od 10° što bi značilo da kamera ne može snimati šire područje te je čini neprikladnom za SAR misije. Da bi pregledali šire područje zrakoplovi opremljeni takvom kamerom morali bi letjeti jako visoko. Primjer ako zrakoplov leti na visini od 1 km s kutom od 10° vidjet će područje u širini od 174m, a s visine od 4 km vidi područje u širini nešto manjoj od 700m. Ovo su razlozi zbog kojih je bolje da je maksimalni vidni kut veći. Usporedbe radi zrakoplov s vidnim kutom od 30° s visine od 1km će vidjeti područje u širini od 517m, a s 4km područje u širini 2070m. Stoga kao prihvatljivu donju granicu maksimalnog vidnog kuta postavljamo kut veći od 30°.

S druge strane za minimalni vidni kut je poželjno da bude što manji. Razlog tome je mogućnost zumiranja u slučaju uočavanja sumnjivih detalja. Ako je minimalni vidni kut 1° operator će sa visine od 1km na zaslonu vidjeti područje u širini od 17.45m a s visine od 4km širinu od 69.8m.Kamera koja ima najmanji vidni kut od 0'2° s visine od 1km će vidjeti područje u širini od 3,49m, a s visine od 4km će se vidjeti područje u širini od 13,96m. Ako se uzme u obzir da je prosječna dužina ribarice (kočarice) koje se nalaze na otvorenom moru oko 15m operater bi sa udaljenosti od 4 km mogao pročitati naziv ribarice i ostale tražene detalje bez većih problema budući bi gotovo cijela ribarica stala u kadar.

Tablica 2 Komparativni prikaz vidnog kuta kamera

Senzori	**MX-10**	**MX-15HDi**	**Star Safir HD**	**Star Safir 380HDc**	**V-14**	**V-14LRx**
Termalni senzor	30°- 1,8°	26,7°, 5,4°, 1,1°, 0,36°	30°- 0,25°	40°- 1°	8,8°- 0,77°	8,8°- 0,77°
Dnevni senzor	36,3°-1	27,6°- 0,69°	29°- 0,25°	40°- 1,2°	32,4°- 0,67°	9,8°- 0,27°
Pomoćni dnevni senzor	0,81° /0,54°	0,61°- 0,15°	**x**	25°- 0,2°	**x**	**x**
Snimanje pri slabom osvjetljenju	40,8°- 2,38°	0,44°- 0,22°	55°-1,5°	40°- 1,2°	**x**	**x**
Kratkovalna IC senzor	**x**	**x**	**x**	33°- 0,25°	**x**	**x**

Ako u tablici 2. promatramo termalni senzor najbolje karakteristike imala bi kamera Star Safire HD. Zadovoljava uvjet da ima maksimalni vidni kut od 30°, a ujedno ima najmanji vidni kut s obzirom na ostale kamere od 0,25°. Druga kamera u toj kategoriji bila bi Star Safir 380HDc. Ona ima maksimalni vidni kut od 40° zbog čega bi zrakoplov mogao letjeti na manjoj visini u odnosu na zrakoplov opremljen kamerom Star Safire HD da bi se područje potrage snimilo u istoj širini. Nedostatak kamere Star Safir 380HDc je njen minimalni vidni kut od 1°. Zbog većeg maksimalnog kuta zrakoplov bi mogao letjeti na manjim visinama te time kompenzirati nedostatak nedovoljno malog minimalnog kuta. Slijedeća kamera u ovoj kategoriji bi bila MX-10. Kamere General Dynamics-a imaju maksimalni vidni kut od 8,8° što nije pogodno za potrebe traganja za unesrećenima na moru.

Druga kategorija je dnevni senzor, u obzir uzimamo zajedničke rezultate glavnog i pomoćnog dnevnog senzora budući glavni senzor ima širi vidni kut, a pomoćni senzor ima manji vidni kut, ta dva senzora gledaju se kao jedna cjelina. Maksimalni raspon između minimalnog i maksimalnog vidnog kuta ima Star Safir 380HDc. Njen je raspon od 40° do 0,2°. Ujedno ima i najveći vidni kut (40°) dok druga po redu kamera ima vidni kut od 36,3°. Star Safir 380HDc nema najmanji vidni kut, manji od nje ima kamera MX-15DHi od 0,15°. Ali Star Safir 380HDc zbog svog šireg maksimalnog kuta može letjeti niže, pa je ova minimalna razlika u najmanjem kutu zanemariva.

Obzirom da sve kamere nemaju pomoćni dnevni senzor i kad bi se promatrao samo glavni senzor najbolje karakteristike bi imala kamera Star Safire HD. Ona ima najmanji minimalni vidni kut, nema najveći maksimalni vidni kut ali uzmemo li u obzir raspon između maksimalnog i minimalnog vidnog kuta i utjecaj tog raspona na mogućnosti određivanja optimalne visine leta ona bi bila najbolji izbor.

Slijedeća kategorija je senzor za snimanje pri slabom osvjetljenju. Uvidom u karakteristike senzora pojavila se dvojba između kamera Star Safir HD i Star Safir 380HDc. Star Safir HD ima bolji maksimalni vidni kut dok Star Safir 380HDc ima bolji minimalni vidni kut. U tablici je kao najbolja označena kamera Star Safir 380HDc međutim jednako tako mogla je biti i Star Safir HD.

Zadnja kategorija je kratkovalni IC senzor kojim je opremljena samo kamera Star Safir 380HDc.

Sveukupno gledajući komparativni prikaz vidnog kuta kamera kao prvi izbor nameće se Flirova kamera Star Safir 380HDc slijede je kamere Star Safir HD i kamera MX-10. Kamera MX-15DHi ima opciju postavljanja drugačijih senzora sa različitim vidnim poljima u odnosu na prezentirani primjer, nudi i najbolje performanse za snimanje pri slabom osvjetljenju međutim ne može zauzeti prvo mjesto na ljestvici uspoređivanih kamera. Kao neprihvatljive za potrebe OS RH pokazale su se kamere General Dynamics-a. Kamere su to s malim vidnim poljem, namijenjene izviđanju s veće udaljenosti što nije pogodno za misije traganja. Maksimalni vidni kut od 8,8° postavlja zrakoplov na visinu od 4 km da bi se snimilo područje u širini od 615 m. Činjenica da se nesreće najčešće događaju za vrijeme nepovoljnih

vremenskih prilika te učestalost pojave naoblake na visini nižoj od 4 km čini kamere General Dynamics-a neučinkovitima za primjenu pri provedbi misija traganja i spašavanja.

6.3. Komparativni prikaz tehničkih detalja kamera

Slijedeći komparativni prikaz bavi se tehničkim detaljima kamera. Uspoređuje: jačinu stabilizacije kamera, okretnost kamera po pravcu i visini, brzine rotacije, potrošnju struje, dimenzije te težinu. Zelenom bojom su označene najpogodnije stavke kamera u pojedinim kategorijama.

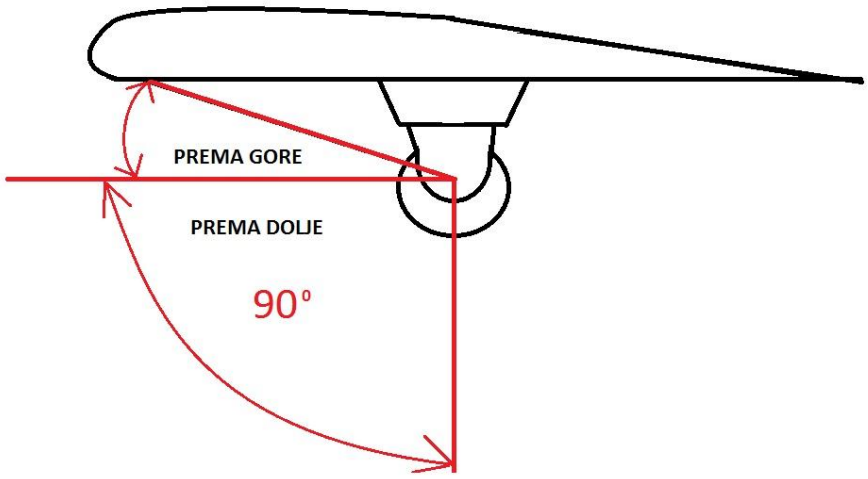
Tablica 3. Komparativni prikaz tehničkih detalja kamera

Karakteristike	**MX-10**	**MX-15HDi**	**Star Safir HD**	**Star Safir 380HDc**	**V-14**	**V-14LRx**
Stabilizacija	6 osi	6 osi	4 osi	6 osi	4 osi	4 osi
Okretnost po pravcu/visini	360°/+90° -120°	360°/+90° -120°	360°/+30° -120°	360°/+16° -100°	360°/+32° -155°	360°/+20° -195°
Brzina rotacije	0-60° u sekundi	0-60° u sekundi	Nema inf.	Nema inf.	0-30° u sekundi	0-30° u sekundi
Prosječna potrošnja/maks. potrošnja	112W/ 280W	225W/ 900W	200W/ 600W	225W/ 350W	560W/ 1300W	Nema inf. Ali slično kao u V-14
Dimenzije	26cm x 35.5cm	39,8cm x 48,2cm	38.1cm x 44.5cm	38.0cm x 35.3cm	50.3cm x 37.8cm x 44.7cm	50.3 cm x 37.8 cm x 50.5 cm
Težina	16.8 kg	43,5kg	45kg	28kg	38,55kg	36,7kg

Prva kategorije je stabilizacija kamere. Stabilizacija sprječava trešnju i vibracije kamere što se direktno odražava na kvalitetu slike. Poželjno je da kamera ima stabilizaciju po što više osi. Najbolje karakteristike, stabilizacije i to one po šest osi imaju tri kamere: obje kamere L3, MX-10 i MX-15HDi te Star Safir 380HDc.Ostale tri kamere imaju stabilizaciju po četiri osi.

Slijedeća kategorija je okretnost kamere po pravcu i po vertikalnoj ravnini (po visini). Sve kamere su okretne po pravcu 360° što znači da se mogu okretati u svim pravcima oko

zrakoplova. Slijedeći podatak je okretnost pa vertikalnoj ravnini, odnosno prema dolje i prema gore. Ovdje je važno naglasiti da je okretnosti prema dolje značajnija u odnosu na okretnost prema gore. Dokaz važnosti okretnosti prema dolje vidljiv je na slici 77., naime kamera je smještena ispod krila. Vidno polje kameri otvoreno je prema dolje dok ga prema gore zaklanja krilo ili trup zrakoplova (druga moguća lokacija za smještanje kamere). Drugi razlog važnosti okretljivosti prema dole je činjenica da se objekt traganja tj. izviđanja nalazi u području ispod zrakoplova.



Slika 77. Okretnost kamere

Da bi kamere zadovoljile potrebu da se „pokrije“ cijelo područje ispod zrakoplova trebale bi biti okretne prema dolje minimalno 90° (oznaka -90°), neke su okretne čak do -195° što realno nije potrebno. U ovoj kategoriji sve kamere zadovoljavaju uvijete. Ali neke se ističu i sa pokrivanjem područja prema gore (za što nema potrebe). Prema tehničkim karakteristikama izdvajaju se kamere proizvođača L3: MX-10 i MX-15HDi.

Slijedeća kategorija je brzina rotacije kamere za koju je poželjno da bude što veća. Najbolje karakteristika imaju L3 kamere. Njihova brzina je 0-60°/sec. Kamere GD su duplo sporije tek 30°/sec, dok za Firove kamere nije pronađen podatak.

Slijedeća kategorija je potrošnja struje odabranih kamera. Ona prikazuje prosječnu i maksimalnu potrošnju u prijelaznim (opterećenim) fazama rukovanja. Poželjno je što da

potrošnja bude što manja radi što manjeg opterećenja postojećeg električnog sustava. Pažnju je potrebno obratiti na potrošnju u prijelaznim fazama kada kod kamera zna biti i do četiri puta veća od prosječne. Također je poželjno da razlika između prosječne i maksimalne bude što manja tako da šokovi na sustav budu što manji. U ovoj kategoriji najmanju potrošnju, očekivano zbog svoje veličine ima kamera MX-10. Slijedeća po potrošnji je Star Safir 380HDc što je zanimljivo jer ona ima najviše različitih senzora, razlika između prosječne i maksimalne potrošnje je malo veća od 50%. Za usporedbu MX-15HDc ima istu prosječnu potrošnju ali ima četiri puta veću maksimalnu potrošnju. Dok kamera V-14 ima puno veću potrošnju pogotovo u prijelaznim fazama i nije pogodna za ugradnju zbog mogućeg preopterećenja sustava. Za kameru V-14LRx nema podataka o potrošnji. S obzirom da se radi o kameri istog proizvođača i sličnih karakteristika kao i V-14 za pretpostaviti je da je i potrošnja slična što je čini nepogodnom za ugradnju.

Slijedeća kategorija su dimenzije kamere. Ovdje je važno da visina kamere bude što manja u slučaju ugrađivanja na nosač ispod krila cilj je da bude što udaljenija od zemlje kako bi se smanjio rizik od oštećenja. U ovoj kategoriji najmanja kamera je MX-10 ide na 10˝ nosač. Sve ostale kamere idu na 15 inčni nosač što znači da su u prosjeku šire od MX-10 za 5 inča (12,65 cm). Tu se po malim dimenzijama ističe kamera Star Safir 380HDc (s razlogom zvana kompakt) koja je po visini manja i od MX-10 za 2 mm. Ostale kamere su veće po visini za 10 do 15 centimetara, što u konačnici rezultira povećanim rizikom od oštećenja kamere u slučaju njezina smještanja ispod krila.

U zadnjoj kategoriji komparacije je težina kamera. Poželjno je da kamera bude što lakša tj. da ima što manje utjecaja na letne karakteristike zrakoplova. Najmanju težinu od 16,8 kg ima kamera MX-10. Slijedeća po težini je kamera sa najviše senzora Star Safir 380HDc. Za usporedbu V-14 ima samo dva senzora i sa svojih 38.55kg puno je teža. Gledajući generalno uloženo i dobiveno kamera Star Safir 380HDc je najbolja u ovoj kategoriji iako nije najlakša među uspoređivanim kamerama.

Gledajući komparativni prikaz tehničkih detalja kamera koja ima najbolje performanse u većini kategorija je kamera MX-10. Druga je kamera Star Safir 380HDc koja i u kategorijama u kojima nije smještena na prvo mjesto udovoljava zahtjevima letačkih misija i uvjetima rada.

Ukupno gledajući sva tri komparativna prikaza kamera koja se pokazala najboljom u većini kategorija je Star Safir 380HDc. Kamera je to koja se ističe širokom lepezom senzora visoke rezolucije te velikim rasponom vidnog kuta.

7. PRIMJENA KAMERE SA NAČINOM UPORABE I MOGUĆNOSTIMA

U današnje vrijeme postoje jednostavna rješenja za opremanje zrakoplova kamerama. Jedno od rješenja je ugradnja na trup zrakoplova između glavnih kotača (slika 78.). Na slici 78. je prikazan Texan T-6 II američka verzija Pilatusa PC-9M. Na slici je vidljivo da se kamera nalazi ispod trupa zrakoplova, sva je elektronika smještena unutar zrakoplova. Postavljenje elektronike i potrebnih instalacija zahtijeva modificiranje unutarnjeg prostora zrakoplova. Mogućnost kvara zrakoplova (nositelja kamere) predstavlja potencijalan problem budući je kod ovakvog načina ugradnje kameru problem ukloniti i prebaciti na drugi zrakoplov.



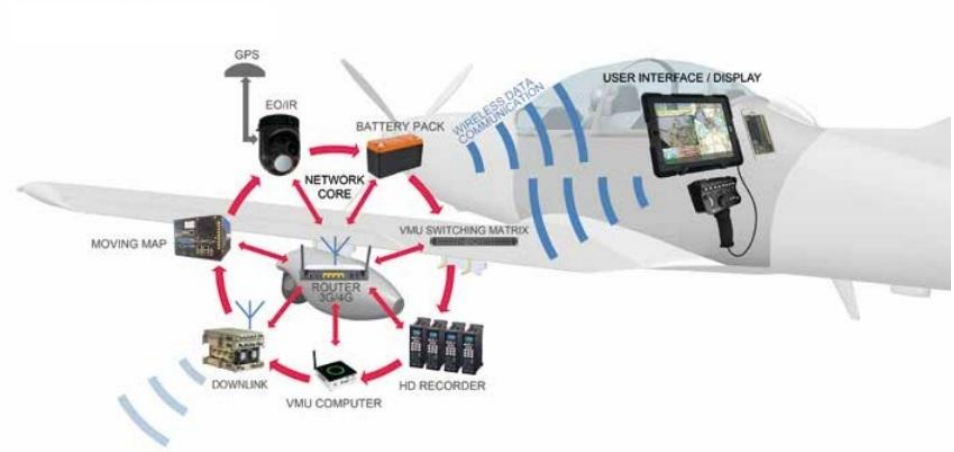
Slika 78. Teksan T-6 II s kamerom na trupu zrakoplova

Druga metoda je postavljanje kamere ispod krila pomoću aerodinamičnog nosača zvanog *Pod* (slika 79.) oblika sličnog podvjesnom spremniku goriva. U Pod se smješta elektronika potrebna za funkcioniranje kamere s pomoćnim sustavom napajanja te se kamera putem modema bežično povezuje s upravljačkom konzolom smještenom u kabini zrakoplova.



Slika 79. S.C.A.R. - POD podvjesni nosač kamere

Cijeli sustav je vrlo mobilan. Ukoliko se pojavi potreba u svega nekoliko minuta kamera se sa cijelim sustavom može ukloniti te montirati na drugi zrakoplov. Ova metoda ugradnje ima nekoliko prednosti s obzirom na prethodnu: jednostavnija ugradnja, jednostavnije održavanje i mobilnost. Nedostatak ove metode je taj da kamera zauzima jedno mjesto na podvjesnoj točki te se time smanjuju mogućnosti postavljanje drugih elemenata na njih.

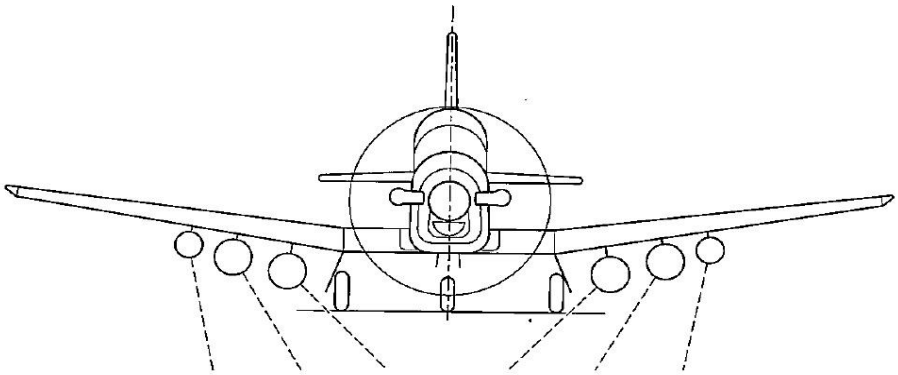


Slika 80. Način komunikacije S.C.A.R. – POD-a, njegovih elemenata s upravljačkom konzolom

Prema Izvoru [41] S.C.A.R. - POD prikazan na slici 80 za kameru veličine 15'' sa svom potrebnom opremom i kamerom MX-15 teži 120 kg. Kamera Star Safir 380HDc lakša je od kamere od MX-15 za 15.5 kg pa će prema tome težina Pod-a opremljenog kamerom Star Safir 380HDc iznositi 104.5 kg.

7.1. Proračun povećanja otpora (DRAG COUNT) za podvjesne spremnike goriva

Pilatus PC-9M ima mogućnost ugradnje podvjesnih točaka na krila. Na svako krilo moguće je ugraditi po tri točke. Na srednje i unutrašnje podvjesne točke mogu se postaviti dvije vrste spremnika goriva od 250 i 160 litara (iskoristiva količina goriva je nešto manja). Slika 81. prikazuje mogućnosti kombiniranja spremnika goriva na Pilatusu PC-9M, izvor [19]. Brojka jedan označava spremnik od 250 litara, a brojka dva spremnik od 160 litara. S lijeve strane je prikazan koeficijent otpora za pojedinu kombinaciju spremnika, a s desne strane je prikazana ukupna iskoristiva količina goriva. Na vanjske podvjesne točke moguće je montiranti primjerice zrakoplovni top od 20 mm ili strojnicu od 12,7 mm kao i školske nenavođene i navođene rakete.



OTPOR	VANJSKI	SREDIŠNJI	UNUTARNJI		SREDIŠNJI	VANJSKI	ISKORISTIVO GORIVO UKLJ. UNUTARNJE
130		2	1	1	2		1332 ltr
130		1	1	1	1		1510 ltr
50		1			1		1014 ltr
60		2			2		826 ltr

Slika 81. Kombinacije podvjesnih spremnika goriva

Izvor [19]

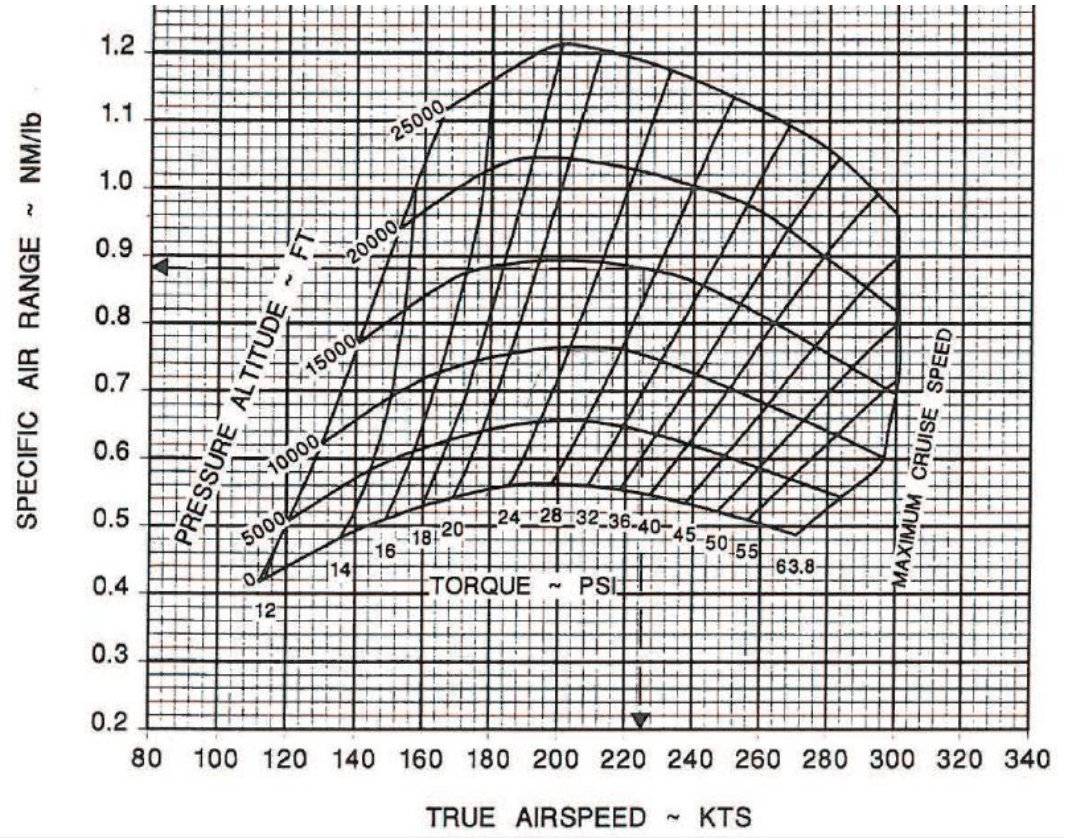
Pod je izrađen aerodinamički s ciljem da stvara što manji otpor, izgledom vrlo sličan podvjesnom spremniku goriva Sličnost u izgledu navodi na zaključak da postoji sličnost i u koeficijentu otpora . U literaturi nedostupna informacija o koeficijentu otpora Pod-a razlog je zbog kojeg se u proračunima u nastavku koriste podaci o koeficijentu otpora podvjesnog spremnika goriva. Tablica 4. prikazuje kombinaciju podvjesnih spremnika goriva i Pod-a. Koeficijent otpora je ostao isti, a ukupna iskoristivost goriva se smanjila za količinu spremnika koji je zamijenjen Pod-om.

Tablica 4 Prikaz kombinacije spremnika goriva i Pod-a

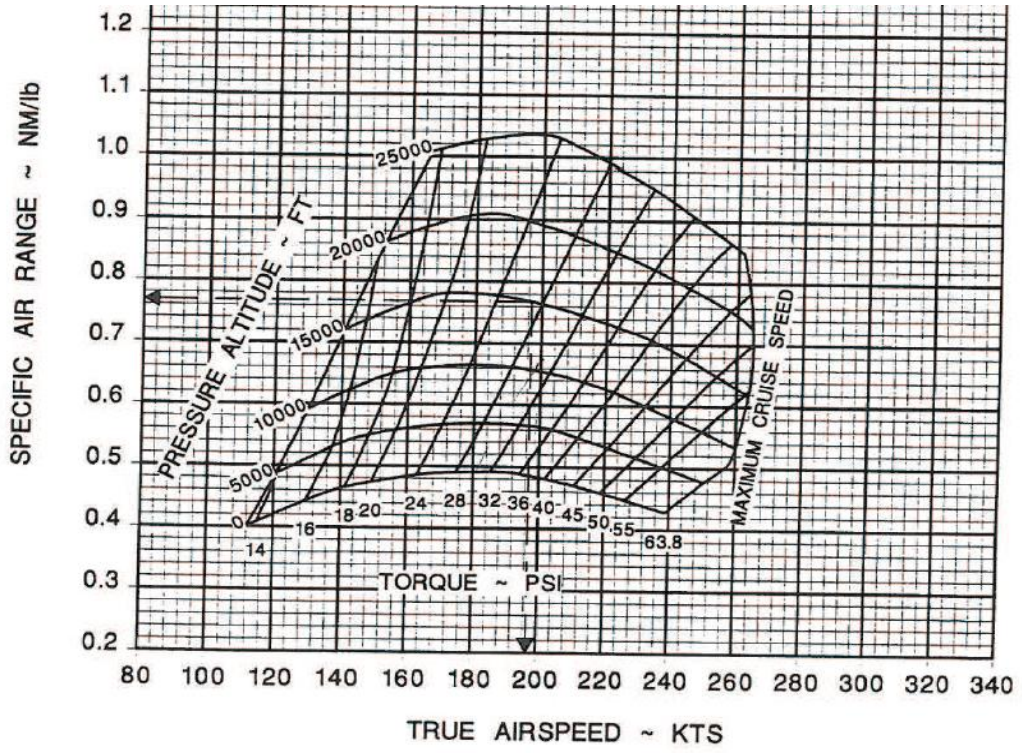
Kombinacije	Otpor	Vanjski	Središnji	Unutarnji		Središnji	Vanjski	Iskoristivost goriva u litrama
Kom 1.	130	-	POD	1	1	2	-	1178
Kom 2.	130	-	POD	1	1	1	-	1262
Kom 3.	50	-	POD	-	-	1	-	776
Kom 4.	60	-	POD	-	-	2	-	672

Flight manual Pilatusa PC-9M u Sekciji 9 daje prikaz grafikona iz kojih se mogu dobiti informacije o doletu zrakoplova ukoliko su poznate varijable: brzina, visina, uvjeti leta te DC-Drag Caunt (*eng. Drag Count – proračunski otpor*). Grafikoni prikazuju specifični dolet zrakoplova u miljama po libri goriva (svi grafikoni prikazuju anglosaksonske mjere). u ISA uvjetima za akrobatik kategoriju Pilatusa (težina 2350 kg) te za DC 0. Ako su parametri leta za obalnu stražu: brzina v=140 kn i visina 3000 ft onda se iz grafikona može izvući da će specifični dolet biti 0.55 nm/lb. U grafikonu 2 svi su parametri isti izmijenjen je jedino DC i iznosi 100,ako su parametri leta ostali neizmjenjeni specifični će dolet biti 0.518 nm/lb. U grafikonu 3 DC 200, za iste uvjete leta specifični dolet je 0.482 nm/lb. Iz ovoga proizlazi da je specifični dolet manji što je otpor veći što je u skladu s pravilima aerodinamike. Problem grafikona je taj što prikazuju proračun za vrijednost DC 0, 100 i 200, a prema slici 81. i tablici 4. nama za proračun treba DC 50, 60 i 130. Proračunima je moguće približno odrediti tražene vrijednosti. Tako se specifični dolet za Kom 3. proračunava prosjekom DC 0 i 100 te iznosi 0.534 nm/lb. Ako se zna da je količina goriva za Kom 3. 776 litara što je 1370 lb onda je ukupni dolet Pilatusa 731.6 nm. Treba uzeti u obzir da je pravilnikom propisana obvezna rezerva goriva od 200lb, te prema tome dolet iznosi 624.8 nm. Ako je brzina leta Pilatusa za

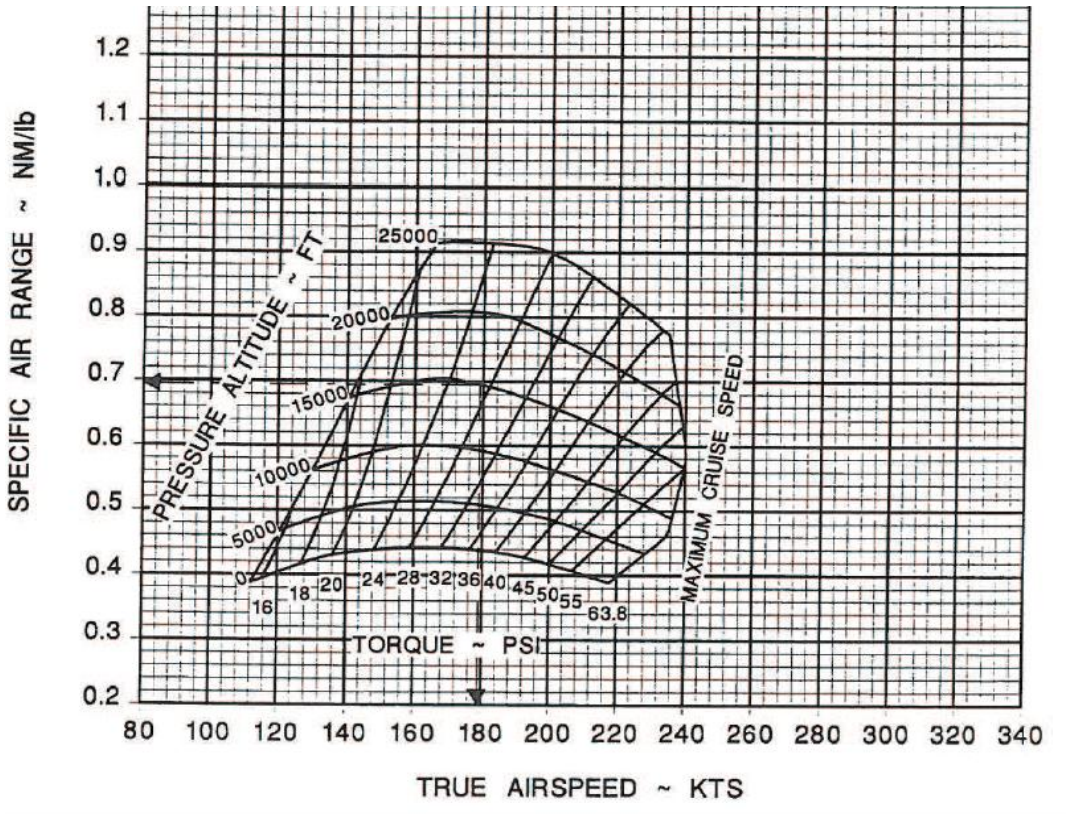
potrebe obalne straže 140 kn onda će istrajnost leta biti približno 4 sata 28 min. U obzir treba uzeti da se specifični dolet odnosno istrajnost leta mijenja promjenom brzine i visine leta Pilatusa. Kako se brzina povećava prema 210 kn tako će se i specifični dolet povećavati, a nakon 210 kn specifični dolet će se početi smanjivati. Povećanjem visine povećava se i specifični dolet , pa tako na visini od 25000 ft i brzini leta od 200 kn za DC 0 specifični dolet će biti 1.218 nm/lb što je vidljivo na grafikonu 1.



Grafikon 1. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 2350 i DC 000

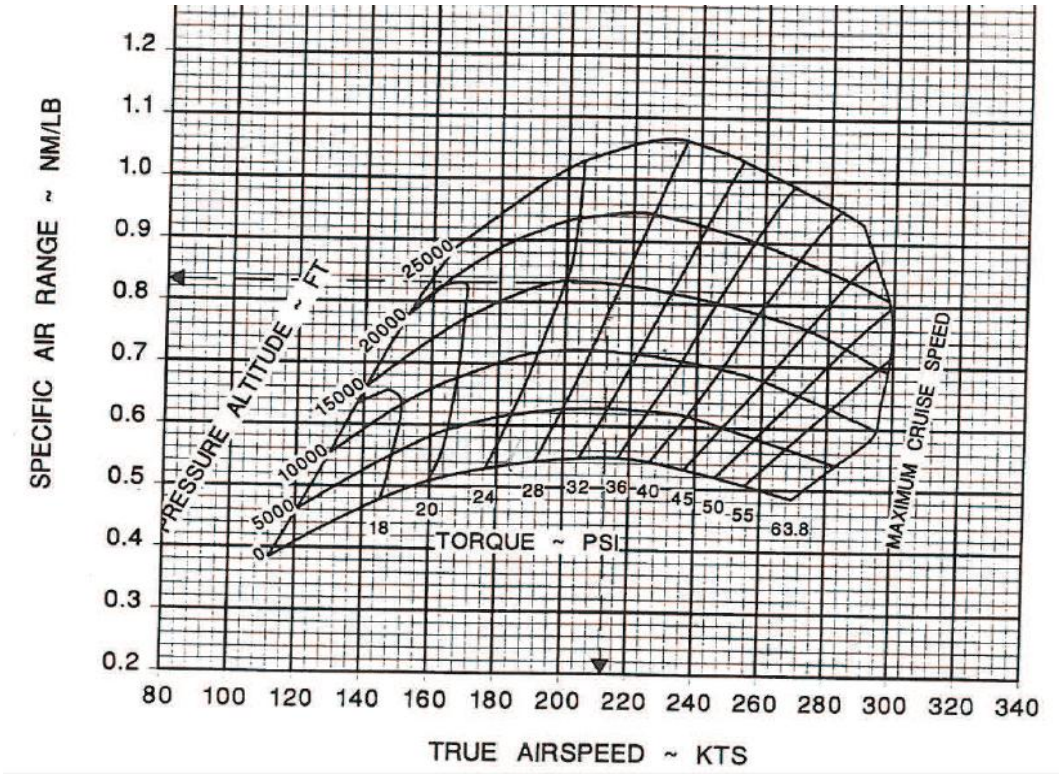


Grafikon 2. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 2350 i DC 100

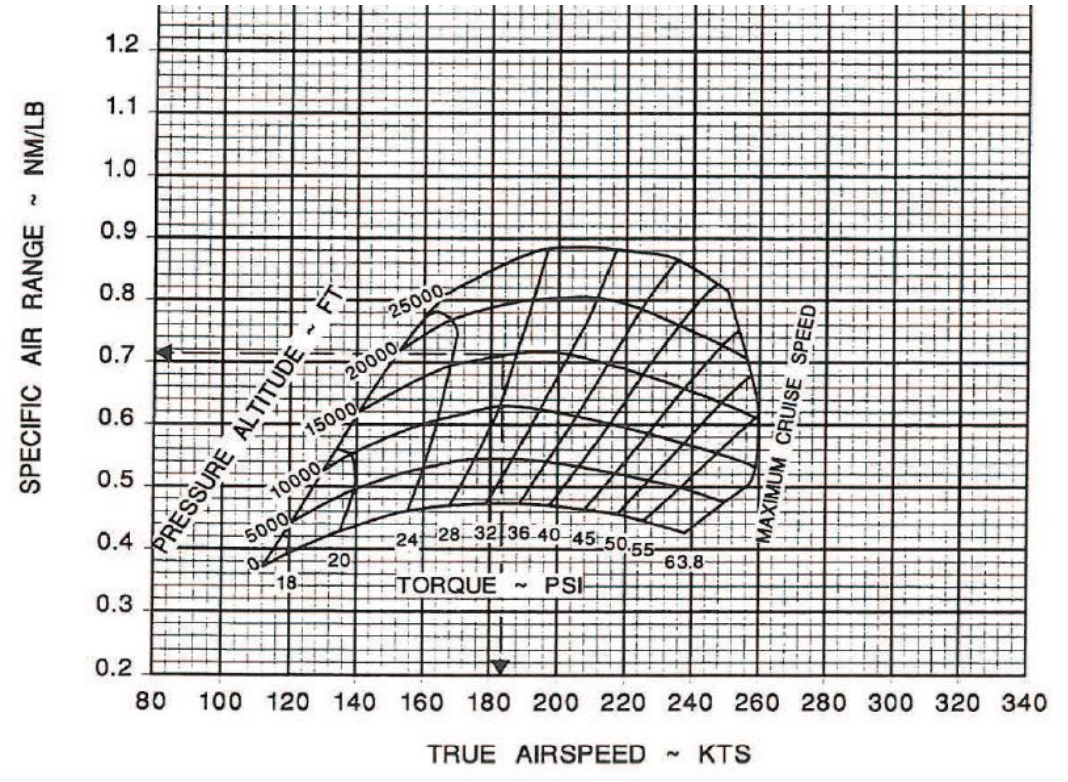


Grafikon 3. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 2350 i DC 200

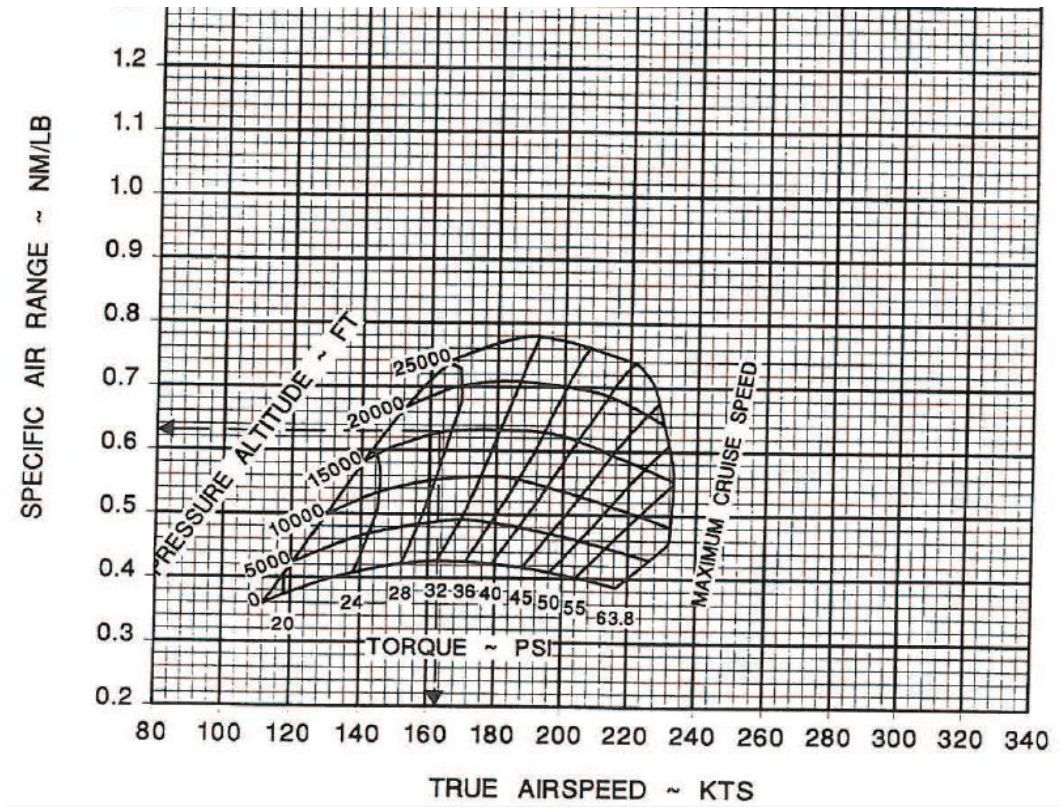
Grafikoni 1., 2. i 3. prikazuju vrijednosti za Akrobatik kategoriju Pilatusa (maksimalna težina polijetanja 2350 kg). Postavljanjem podvjesnih točaka sa spremnicima goriva i Pod-om povećava se ukupna težina i Pilatus prelazi u Utiliti kategoriju gdje je maksimalna težina polijetanja 3200 kg. U toj kategoriji grafikoni se pod utjecajem veće težine zrakoplova mijenjaju. Grafikoni 4., 5. i 6. prikazuju specifični dolet Pilatusa u ISA uvjetima za maksimalnu težinu poleta zrakoplova od 3200 kg za DC 0, 100 i 200.



Grafikon 4. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 3200 i DC 000



Grafikon 5. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 3200 i DC 100



Grafikon 6. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 3200 i DC 200

Iz grafikona se mogu očitati podaci za specifični dolet Pilatusa pri brzini od v=140 kn i visini leta od 3000 ft. Za DC 0 specifični dolet je 0.502 nm/lb, za DC 100 specifični dolet je 0.48 nm/lb i za DC 200 je 0.45 nm/lb.

Iz očitanih rezultata proračunavaju se vrijednosti specifičnog doleta Pilatusa za DC 50, 60 i 130.

DC 50= DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.5)= 0.502-((0.502-0.48)x0.5)=0.491 nm/lb

DC 60= DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.6)= 0.502-((0.502-0.48)x0.6)=0.489 nm/lb

DC 130= DC 100 - ((DC 100 – DC 200) x 0.3)= 0.48-((0.48-0.45)x0.3)=0.471 nm/lb

Iz dobivenih vrijednosti vidljiv je specifični dolet Pilatusa u miljama po libri goriva za pojedine kombinacije podvjesnog tereta. Prema tablici 4. postoje četiri kombinacije podvjesnih spremnika i POD-a. Svaka kombinacija ima različitu iskoristivu količinu goriva, stoga će svaka kombinacija imati različit dolet. Kod proračuna doleta u obzir se mora uzeti pravilnikom propisana obvezna rezerva goriva od 200 lb. Pilatus bi nakon slijetanja trebao imati minimalno 200 lb goriva što u konačnici smanjuje ukupni dolet.

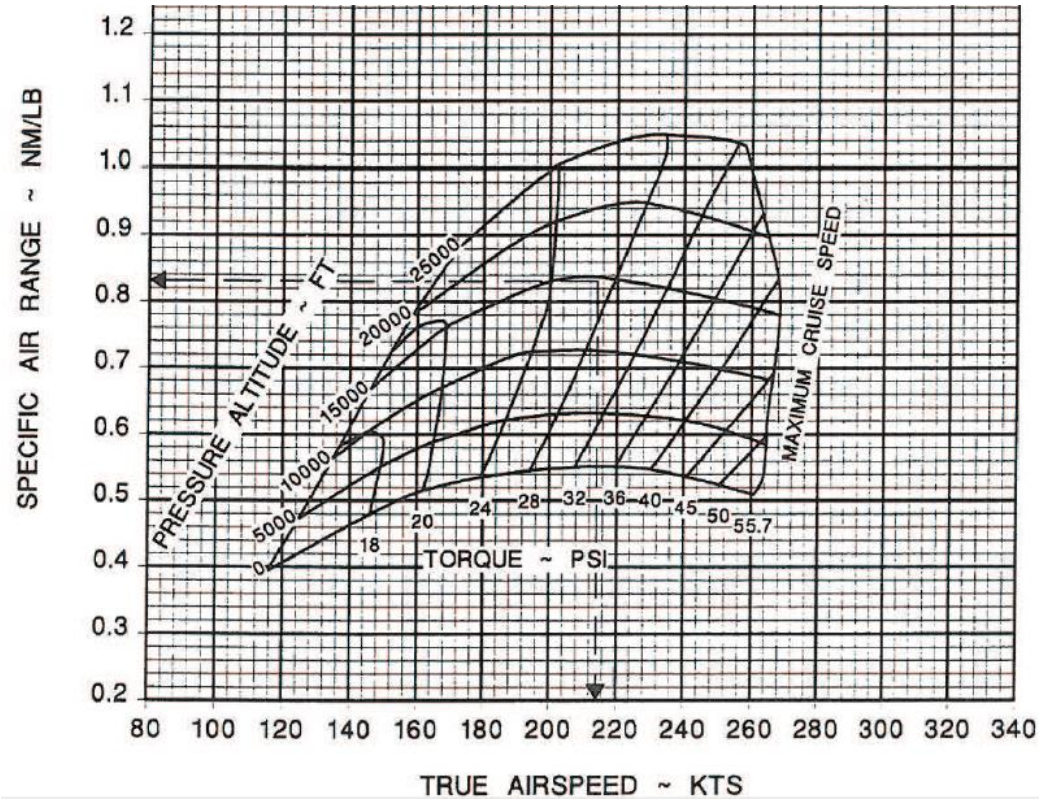
Tablica 5. Ukupni dolet s istrajnosti leta za ISA uvjete

Kombinacije	Drag Count	Iskoristivo gorivo u litrama l	Iskoristivo gorivo u librama lb	Iskoristivo gorivo bez rezerve u lb	Specifični dolet milja po libri nm/lb	Ukupni dolet u miljama nm	Istrajnost leta u satima h
Kom 1.	DC 130	1178	2080,3	1880,3	0,471	885,6	6:20
Kom 2.	DC 130	1262	2228,7	2028,7	0,471	955,5	6:50
Kom 3.	DC 50	776	1370,4	1170,4	0,491	574,7	4:06
Kom 4.	DC 60	672	1186,8	986,752	0,489	482,5	3:27

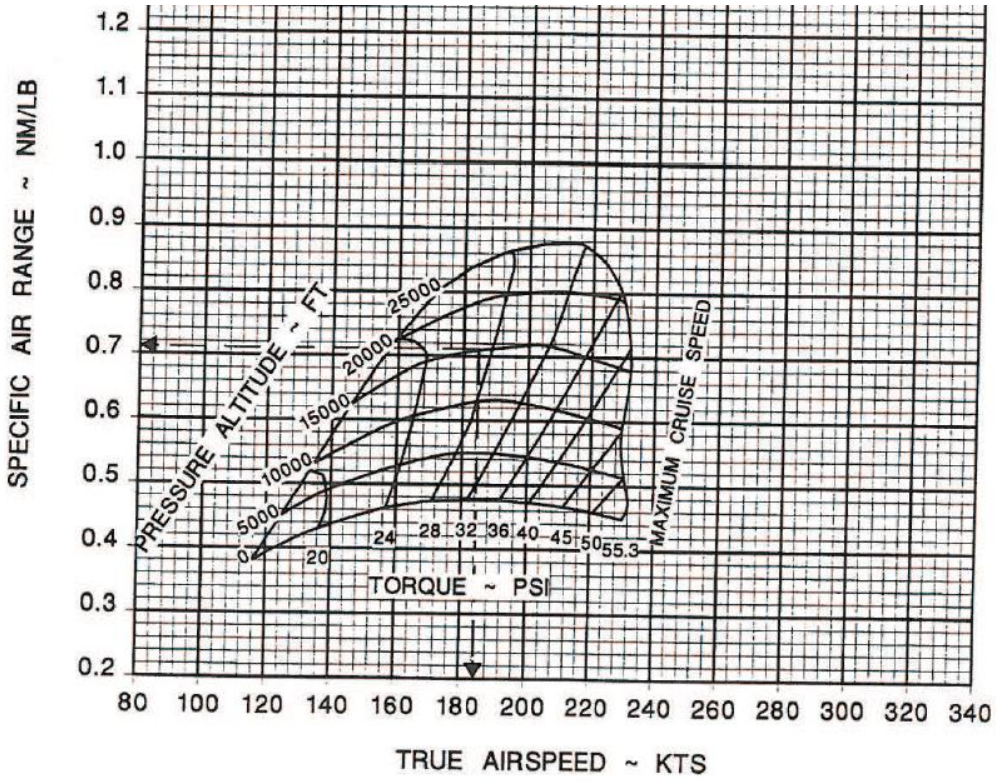
Za usporedbu dosadašnji letovi za obalnu stražu su se provodili bez podvjesnih spremnika. Ukupna iskoristivost goriva je 922 libri umanjena za rezervu iznosi 722 libri. Iz grafikona 1. gdje je MTW 2350 kg, DC 0 i ISL može se očitati da je specifični dolet 0.55 nm/lb za brzinu 140 kn i visinu leta od 3000 ft. Na temelju navedenih podataka izračunava se ukupni dolet od 391 nm i istrajnost leta od 2 sata i 50 minuta. Podvjesni spremnici povećavaju otpor, time i potrošnju goriva, ali osiguravaju dodatno gorivo što u konačnici

rezultira većom istrajnosti leta. Vidljivo je da najmanja dodatna količina goriva (Kom 4.) povećava istrajnost leta za 37 minuta u odnosu na sadašnje stanje. Duže vrijeme rada u zoni pretraživanja povećava šanse pronalaska nestale osobe. Kombinacija 2 s najvećom količinom goriva pruža puno duži rad zrakoplova u zoni pretraživanja s obzirom na dosadašnje stanje.

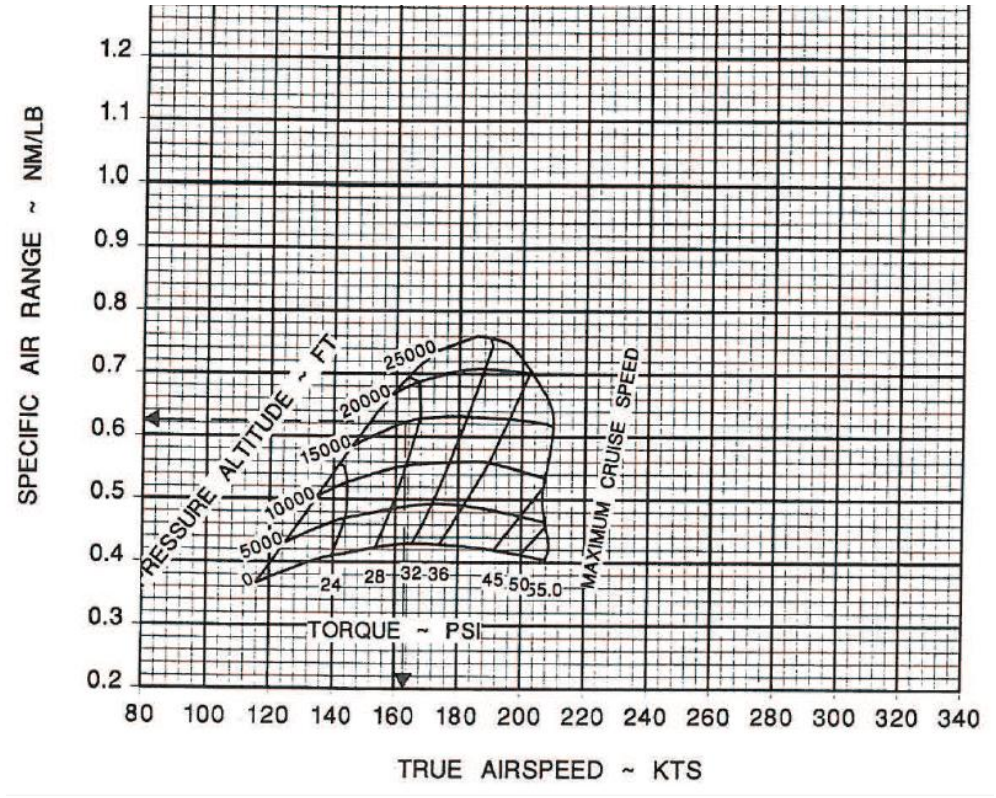
Rezultati dobiveni u tablici 5. su za ISA standardne uvjete atmosfere što je temperatura od 15 °C na razini mora, a postoje tablice za ISA + 20 °C i ISA - 20 °C. Vremenski uvjeti na Jadranu u proljeće i jesen tijekom dana većinu vremena su približni ISA standardnim uvjetima. Ljeti tijekom dana uvjeti uglavnom budu približno ISA + 20 °C. Zimi rijetko, gotovo nikad uvjeti ne odgovaraju uvjetima atmosfere ISA - 20 °C što je temperatura od - 5 °C. Proračune je potrebno napraviti za ISA +20 °C budući se većina potraga za unesrećenima i nestalim osobama događa tijekom ljetnih mjeseci. Grafikoni 7., 8. i 9. prikazuju specifični dolet Pilatusa u nm/lb za MTW 3200kg, ISA +20 °C za DC 0, 100 i 200.



Grafikon 7. Specifični dolet za ISA + 20 °C uvjete, MTW 3200 i DC 000



Grafikon 8. Specifični dolet za ISA + 20 °C uvjete, MTW 3200 DC 100



Grafikon 9. Specifični dolet za ISA + 20 °C uvjete, MTW 3200 DC 200

Iz grafikona 7., 8. i 9. očitava se specifični dolet za brzinu 140 kn i visinu 3000 ft: za DC 0 specifični dolet je 0,5 nm/lb, za DC 100 je 0,478 nm/lb i za DC 200 je 0,44 nm/lb.

Iz očitanih rezultata se moguće je proračunati vrijednosti specifičnog doleta Pilatusa za DC 50, 60 i 130.

DC 50= DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.5)= 0.5-((0.5-0.478)x0.5)=0.489 nm/lb

DC 60= DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.6)= 0.5-((0.5-0.478)x0.6)=0.487 nm/lb

DC 130= DC 100 - ((DC 100 – DC 200) x 0.3)= 0.478-((0.478-0.44)x0.3)=0.467 nm/lb

Tablica 6 Ukupni dolet s istrajnosti leta za uvjete ISA + 20 °C

Kombinacije	Drag Count	Iskoristivo gorivo u litrama l	Iskoristivo gorivo u librama lb	Iskoristivo gorivo bez rezerve u lb	Specifični dolet milja po libri nm/lb	Ukupni dolet u miljama nm	Istrajnost leta u satima h
Kom 1.	DC 130	1178	2080,3	1880,3	0,467	878,1	6:16
Kom 2.	DC 130	1262	2228,7	2028,7	0,467	947,4	6:46
Kom 3.	DC 50	776	1370,4	1170,4	0,489	572,3	4:05
Kom 4.	DC 60	672	1186,8	986,752	0,487	480,5	3:26

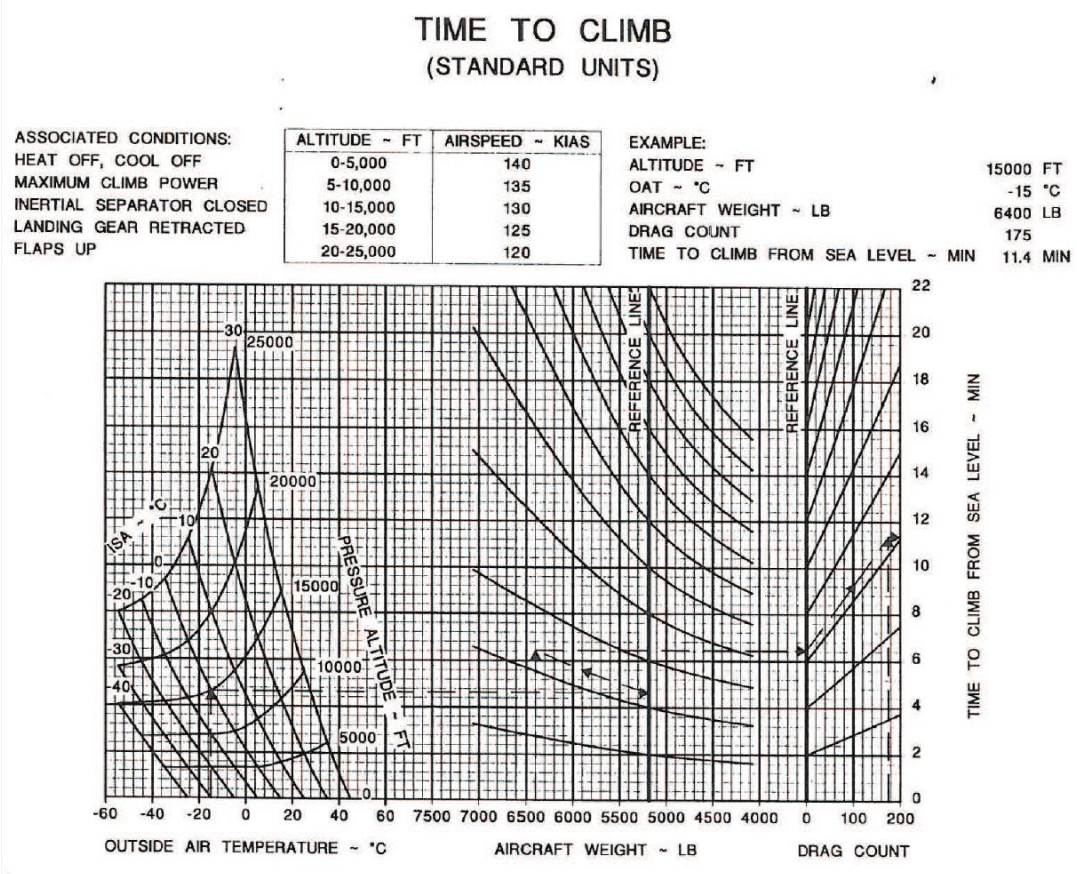
Usporedbom tablice 5. i 6. vidljivo je da je dolet i istrajnost leta manja s većom temperaturom zraka. Razlike su vrlo male između 1 i 4 minute za pojedinu kombinaciju.

7.2. Proračun povećanja potrošnje goriva za odlazak u zonu pretraživanja

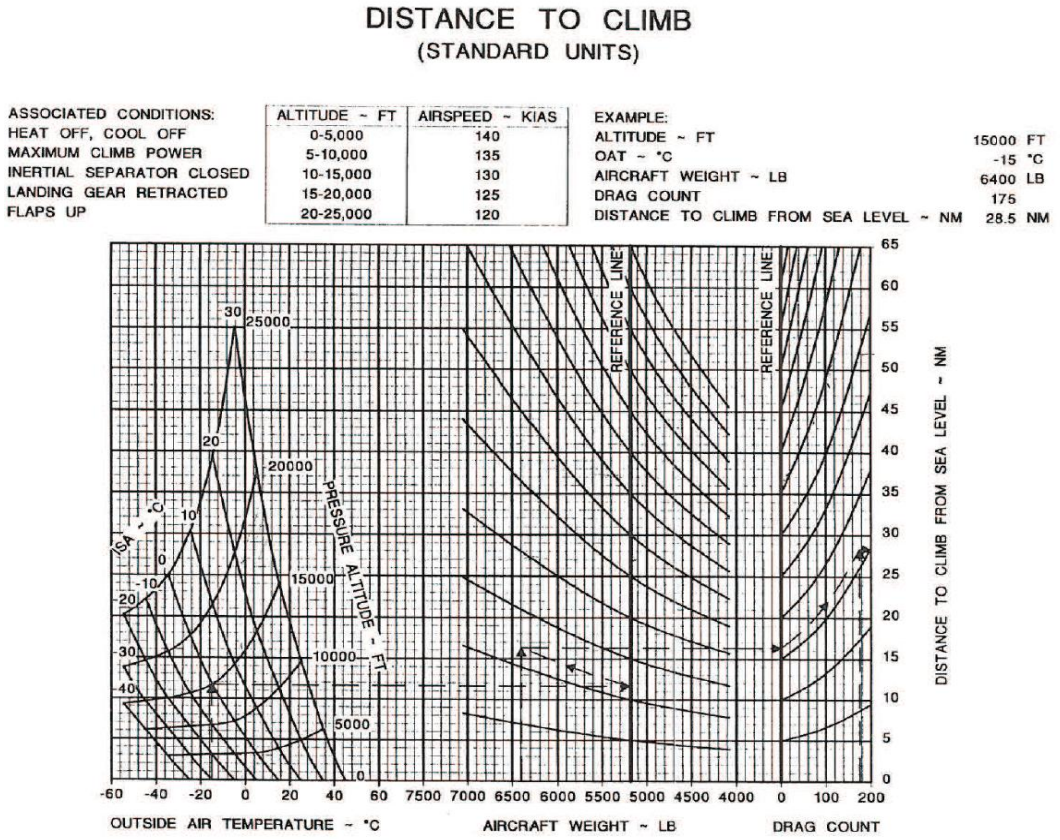
Proračuni potrošnje goriva su važni pogotovo kad zrakoplov ima podvjesni teret koji povećava otpor a time i potrošnja goriva. Pretpostavimo da imamo misiju traganja za nestalom osobom na području otoka Palagruže koji je udaljen od zračne luke Zadar 110 nm. Pitanje je koliko je vremena i goriva potrebno za dolazak do zone pretraživanja? Prvo se radi proračun odlaska do zone traganja u uvjetima iz tablice 5. (u ISA uvjetima): polijetanje, penjanje na 3000 ft te let do zone brzinom 140 kn. Potom se radi proračun gdje će brzina za horizontalni let na visini od 3000ft biti idealna tj. imat ćemo najmanju potrošnja goriva do

zone traganja za pojedinu kombinaciju. Sljedeći proračun dočarava slučaj kada se Pilatus prvo penje na veliku visinu te iskorištava manju potrošnju goriva na toj visini. Dobiveni se proračun uspoređuje se usporediti s prethodnim primjerom.

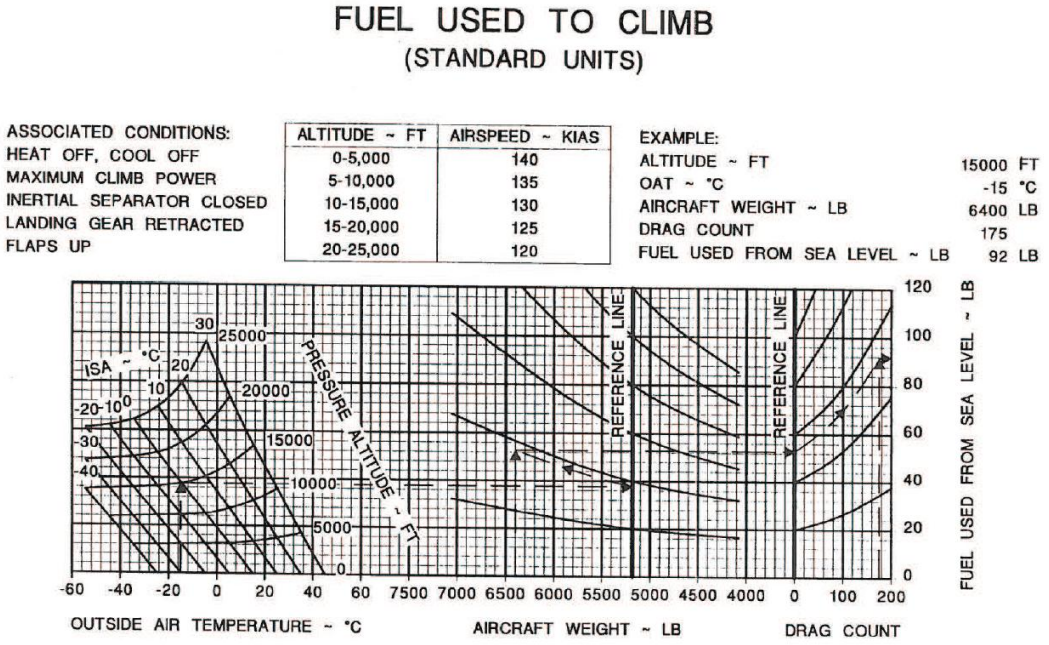
Informacije potrebne za proračun su: vrijeme, prijeđena udaljenost te potrošnja goriva na visinu horizontalnog leta. Ove informacije očitavaju se iz grafikona 10., 11. i 12. Grafikon 10. prikazuje potrebno penjanja na željenu visinu, grafikon 11. prijeđenu udaljenost tijekom penjanja na željenu visinu i grafikon 12. podatke o potrošnji goriva do postizanja željene visine.



Grafikon 10. Vrijeme penjanja



Grafikon 11. Prijeđena udaljenost tijekom penjanja



Grafikon 12. Potrošnja tijekom penjanja

Zadani parametri ISA uvjeti, DC 50, 60 i 130, penjanje na visinu od 3000 ft, te ukupna težina Pilatusa koja je različita za svaku kombinaciju zbog razlike u količini goriva. Pod s kamerom teži 104.5 kg, manji spremnik goriva s gorivom 153,2 kg a veći spremnik goriva 245,3 kg. Znamo da težina Pilatusa s dva potpuno opremljena pilota (prosječne težine) i gorivom bez podvjesnog tereta iznosi 2350 kg. Pomoću ovog podatka i podataka iz tablice 4. slijedi da je ukupna težina Pilatusa po pojedinim kombinacijama: Kom 1. = 3098,3 kg = 6830 lb, Kom 2. = 3190,4 kg = 7033 lb, Kom 3. = 2699,8 kg = 5952 lb i Kom 4. = 2607,7 kg = 5747 lb.

Tablica 7. prikazuje informacije za dana četiri primjera kombinacija opreme podvjesnih točaka zrakoplova. Stupci prikazuju redom otpor u DC, težinu vanjskog tereta za svaku kategoriju, ukupnu težinu zrakoplova u kilogramima pri polijetanju za svaku kategoriju, ukupnu težinu u librama budući je prikaz na grafikonima dan u librama. Posljednja tri stupca tablice 7. predstavljaju podatke o penjanju na 3000 ft preuzete iz grafikona 10., 11. i 12. redom: vrijeme penjanja, prijeđena udaljenost tijekom penjanja i potrebna potrošnja goriva za sve četiri kombinacije tereta.

Tablica 7. Vrijeme penjanja, prijeđena udaljenost i potrošeno gorivo

Kombinacije	Otpor u DC	Vanjski teret u kg	Ukupna težina na polijetanju u kg	Ukupna težina na polijetanj u u lb	Vrijeme penjanja u min	Pređena udaljenost tijekom penjanja u nm	Potrošeno gorivo za penjanje u lb
Kom 1.	130	748,3	3098,3	6830	2:24	5	20
Kom 2.	130	840,4	3190,4	7033	2:36	5,5	24
Kom 3.	50	349,8	2699,8	5952	1:12	3	12
Kom 4.	60	257,7	260,7	5747	1:12	3	12

Ako znamo koliko je milja prošao Pilatus tijekom penjanja, jednostavno je izračunati koliko je preostalo do zone pretraživanja udaljene 110 nm od zračne luke Zadar. Tablica 8. u prvoj koloni prikazuje preostalu dužinu do zone za horizontalni let za pojedinu kategoriju. Druga kolona prikazuje potrebno vrijeme da Pilatus dođe do zone brzinom od 140 kn. Treća kolona prikazuje ukupno vrijeme potrebno da Pilatus dođe do zone sa polijetanjem i horizontalnim letom. Četvrta kolona prikazuje gorivo utrošeno za vrijeme horizontalnog leta

do zone, dok peta kolona prikazuje ukupno potrebno gorivo do zone sa polijetanjem za pojedinu kategoriju.

Tablica 8. Ukupno vrijeme i potrošeno gorivo do zone s brzinom od 140 kn

Kombinacije	Preostala dužina za horizontalni let u nm	Vrijeme trajanja horizontalnog leta u min	Ukupno vrijeme do zone u min	Potrošeno gorivo za horizontalni let u lb	Ukupno potrošeno gorivo u lb
Kom 1.	105	45:00	47:24	223	243
Kom 2.	104,5	44:47	47:23	222	246
Kom 3.	107	45:51	47:03	218	230
Kom 4.	107	45:51	47:03	219	231

U tablici 8. je vidljivo da među kombinacijama nema velike razlike. Ukupno vrijeme dolaska u zonu razlikuje se unutar 21 sekunde, a ukupna potrošnja goriva unutar 16 libri.

Brzina optimalna za pretraživanje područja iznosi 140 kn. Pri toj brzini potrošnja goriva uvećana je u odnosu na brzinu najboljeg doleta zato što je napadni kut zrakoplova veći a time je veći i otpor zraka. Do zone nema potrebe letjeti na manjim brzinama budući pretraživanje započinje tek u zoni. Prema tome do zone je bolje letjeti većom brzinom zbog optimiziranja potrošnje goriva i skraćivanja vremena dolaska u zonu. Idealna brzina leta ovisi o DC. Iz grafikona 4., 5. i 6. mogu se očitati podatci za DC 0, 100 i 200. Najbolji specifični dolet na 3000 ft za DC 0 je 0.6 nm/lb pri brzini od 220 kn, za DC 100 je 0,52 nm/lb pri brzini od 190 kn i za DC 200 je 0.47 pri brzini od 170 kn. Na temelju ovih podataka utvrdit će se vrijednosti za DC 50, 60 i 130.

DC 50 = DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.5) = 0.6-((0.6-0.52)x0.5) = 0.56 nm/lb

DC 60 = DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.6) = 0.6-((0.6-0.52)x0.6) = 0.552 nm/lb

DC 130 = DC 100 - ((DC 100 – DC 200) x 0.3) = 0.52-((0.52-0.47)x0.3) = 0.505 nm/lb

Na isti način odredit će se i idealna brzina:

DC 50 = DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.5) = 220-((220-190)x0.5) = 205 kn

DC 60 = DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.6) = 220-((220-190)x0.6) = 202 kn

DC 130 = DC 100 - ((DC 100 – DC 200) x 0.3) = 190-((190-170)x0.3) = 184 kn

Pomoću izračunatih vrijednosti izračunava se vrijeme i potrošnja goriva potrebna za odlazak do zone pretraživanja što je vidljivo u tablici 9.

Tablica 9. Ukupno vrijeme i potrošno gorivo do zone s idealnom brzinom

Kombinacije	Preostala dužina za horizontalni let u nm	vrijeme trajanja horizontalnog leta u min	Ukupno vrijeme do zone u min	Potrošnja goriva za horizontalni let u lb	Ukupna potrošnja goriva u lb
Kom 1.	105	34:14	36:38	208	228
Kom 2.	104,5	34:05	36:41	207	231
Kom 3.	107	31:19	32:31	191	203
Kom 4.	107	31:47	32:59	194	206

Raniji prikaz dan u tablici 8. ukazuje na činjenicu da među kombinacijama nema većih odstupanja dok tablica 9 ukazuje na pojavu većih razlika među kombinacijama. U ukupnom vremenu dolaska u zonu razlika je veća od 3 minute, a u ukupnoj potrošnji goriva razlika je unutar 28 lb. Kombinacija 3. se pokazala najučinkovitijom, uz najmanju potrošnju goriva do zone se stiže u najkraćem roku.

Usporedbom tablica 8. i 9. odnosno leta do zone brzinom 140 kn i idealnom brzinom na visini od 3000 ft dolazi do velikih razlika u ukupnom potrebnom vremenu što je vidljivo u tablici 10. Vrijeme odlaska do zone se letom pri idealnoj brzini smanjuje za više od 10 minuta. U kombinaciji 3. čak i do 14 i pol minuta. Smanjenje potrošnje goriva varira između 15 i 27 libri.

Tablica 10. Usporedba potrebnog vremena i goriva do zone

Kombinacije	Ukupno vrijeme do zone pri v=140kn	Ukupno vrijeme do zone pri v=idealna	Ukupno potrošeno gorivo u lb pri v=140kn	Ukupno potrošeno gorivo u lb pri v=idealna
Kom 1.	47:24	36:38	243	228
Kom 2.	47:25	36:41	246	231
Kom 3.	47:03	32:31	230	203
Kom 4.	47:03	32:59	231	206

Činjenica da je potrošnja goriva pri letu na većim visinama manja utječe na povećanje doleta. Za potrebe usporedbe leta do zone na manjim visinama analizira se situacija u kojoj se pri početku leta zrakoplov penje na visinu od 15000 ft potom horizontalno leti prema zoni te se spušta da u zoni bude na visini od točno 3000 ft.

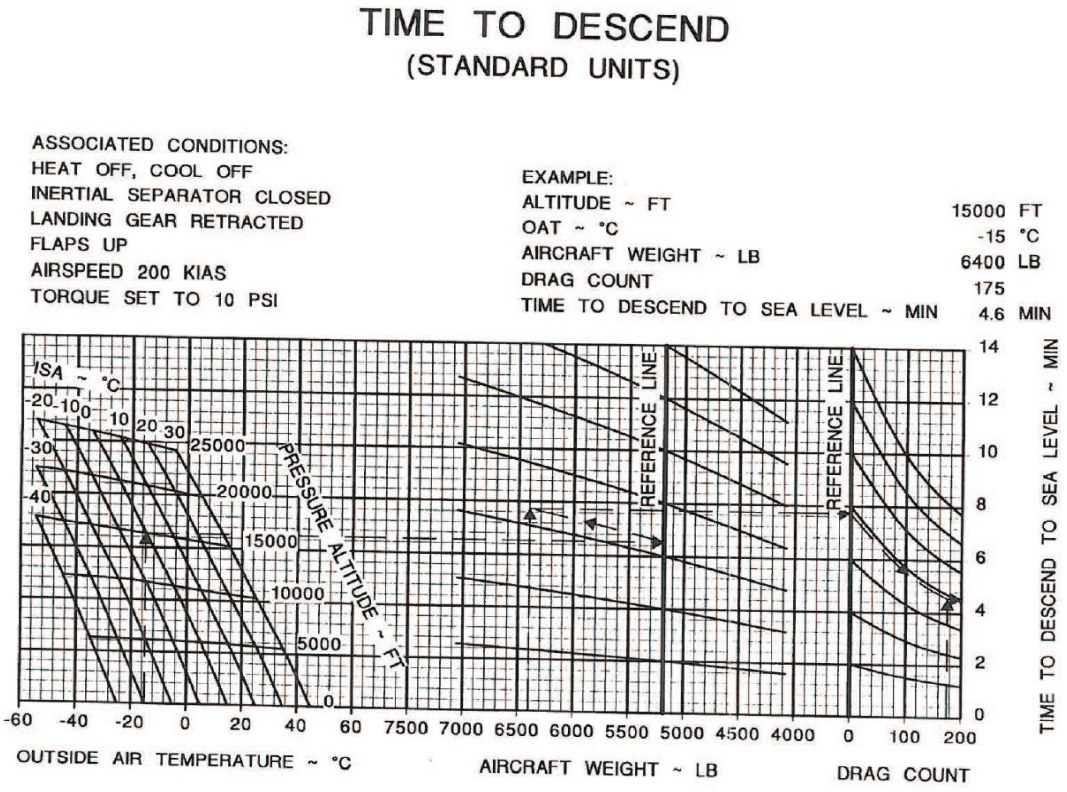
Informacije o penjanju na visinu od 15000 ft osigurane su grafikonima 10., 11. i 12. te su vidljive u tablici 11.

Tablica 11. Penjanje na 15000 ft

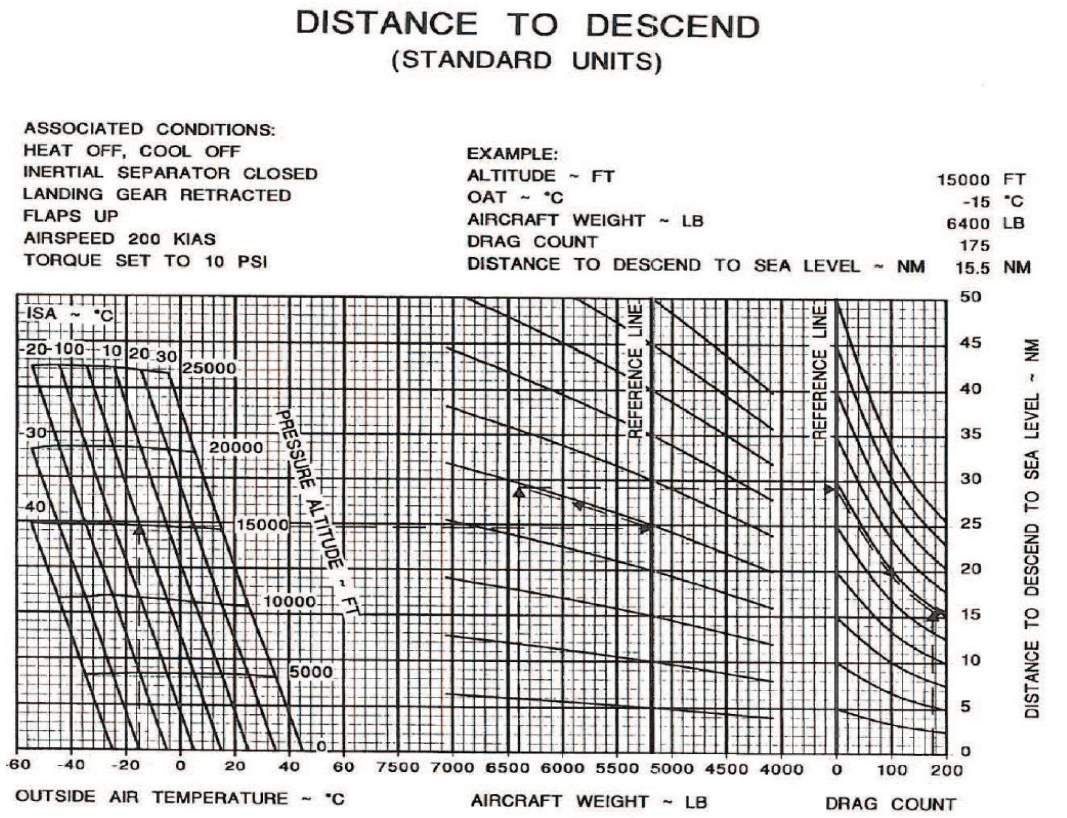
Kombinacije	Otpor u DC	Vanjski teret u kg	Ukupna težina pri polijetanju u kg	Ukupna težina pri polijetanj u u lb	Vrijeme penjanja u min	Pređena udaljenost tijekom penjanja u nm	Potrošeno gorivo za penjanje u lb
Kom 1.	130	748,3	3098,3	6830	11:36	27,5	88
Kom 2.	130	840,4	3190,4	7033	12:00	28	96
Kom 3.	50	349,8	2699,8	5952	6:48	16,5	56
Kom 4.	60	257,7	260,7	5747	6:36	16	54

U tablici 11. je vidljivo da među kombinacijama dolazi do velikih razlika u vremenu, prijeđenoj udaljenosti i potrošnji goriva prilikom penjanja na 15000 ft. Pilatusu PC- 9M je pri većoj težini i većem DC-u (što je slučaj u kombinacijama 1. i 2.) potrebno puno više vremena za penjanje na 15000 ft. Time je i potrošnja goriva puno veća.

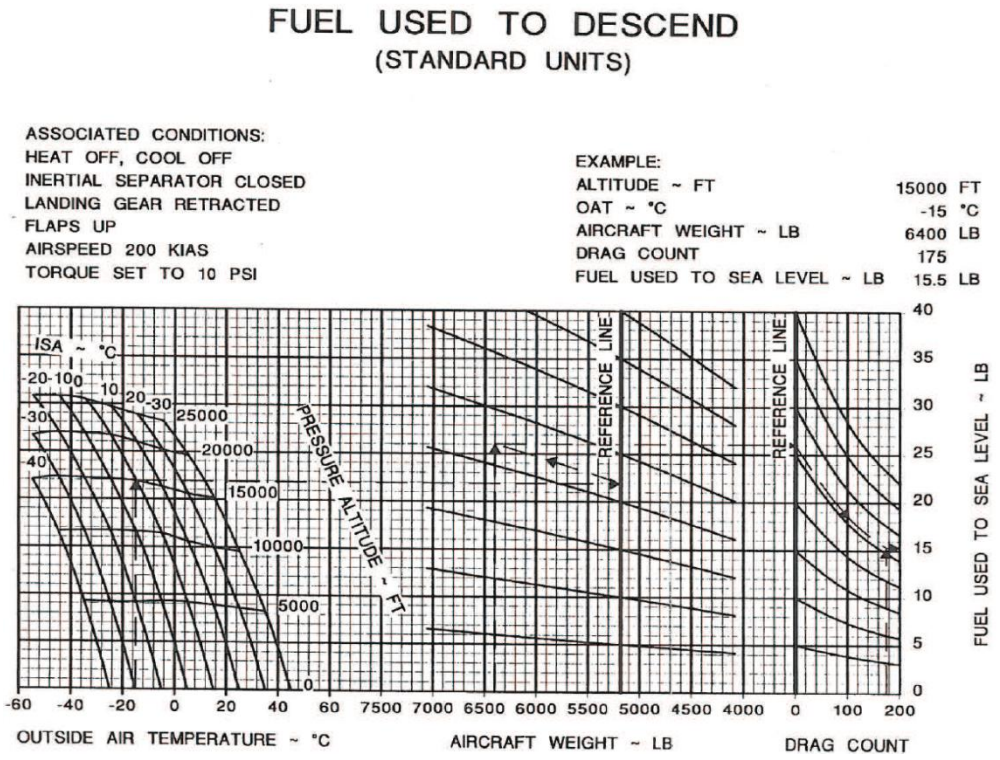
Među kombinacijama se razlikuje i udaljenost horizontalnog leta budući se zrakoplov mora spustiti sa 15000 ft na 3000 ft. Svaka kombinacija ima svoju točku za uvođenje u spuštanje. Podatci o spuštanju dani su u grafikonima: 13., 14. i 15.



Grafikon 13. Vrijeme spuštanja



Grafikon 14. Pređena udaljenost u spuštanju



Grafikon 15. Potrošeno gorivu u spuštanju

U grafikonima nije moguće očitati vrijednosti spuštanja s 15000 ft na 3000 ft. Prvo se očitava vrijednost spuštanja sa 15000 ft na 0 ft, potom vrijednosti spuštanja s 3000 ft na 0 ft. Dobivena razlika daje podatak o vrijednostima spuštanja s 15000 na 3000 ft.

Tablica 12. Spuštanje s 15000 ft na 3000 ft

Kombinacije	Spuštanje s 15000 na 0 ft			Spuštanje s 3000 na 0 ft			Spuštanje s 15000 na 3000 ft		
	Vrijeme min	Udaljenost nm	Potrošeno gorivo lb	Vrijeme min	Udaljenost nm	Potrošeno gorivo lb	Vrijeme min	Udaljenost nm	Potrošeno gorivo lb
Kom 1.	5:24	18,5	18	1:12	3,5	6	4:12	15	12
Kom 2.	5:36	19	18,5	1:24	4	6	4:12	15	12,5
Kom 3.	6:24	22,5	20,5	1:24	5	6	5:00	15,5	14,5
Kom 4.	6:00	22	20	1:24	4,5	6	4:36	15,5	14

Poznate varijable su prijeđena udaljenost pri penjanju i spuštanju, ostatak udaljenosti predstavlja horizontalni let što je vidljivo u tablici 13. Iz dobivene udaljenosti za horizontalni let izračunava se vrijeme i potrošeno gorivo. Iz grafikona 4., 5. i 6. očitava se najbolji

specifični dolet i brzina za visinu od 15000 ft za DC 0, 100 i 200. Pomoću dobivenih vrijednosti vrši se proračun vrijednosti za DC 50, 60 i 130. Za DC 0 brzina maksimalnog doleta je 210 kn, a specifični dolet je 0,83 nm/lb. Za DC 100 brzina je 200 kn, a specifični dolet je 0,72 nm/lb, a za DC 200 brzina je 190 kn, a specifični dolet 0,63 nm/lb.

DC 50 = DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.5) = 0.83-((0.83-0.72)x0.5) = 0.775 nm/lb

DC 60 = DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.6) = 0.83-((0.83-0.72)x0.6) = 0.764 nm/lb

DC 130 = DC 100 - ((DC 100 – DC 200) x 0.3) = 0.72-((0.72-0.63)x0.3) = 0.693 nm/lb

Na sličan se način određuje idealna brzina:

DC 50 = DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.5) = 210-((210-200)x0.5) = 205 kn

DC 60 = DC 0 - ((DC 0 – DC 100) x 0.6) = 210-((210-200)x0.6) = 204 kn

DC 130 = DC 100 - ((DC 100 – DC 200) x 0.3) = 200-((200-190)x0.3) = 197 kn

Tablica 13. pruža podatke o količini vremena i goriva potrebnog za stizanje do zone za pojedine kombinacije. Kod Kom 1. i 2. udaljenost horizontalnog leta je manja pa je i potrebno vrijeme kraće u odnosu na Kom 3. i 4. Manja je i količina potrebnog goriva.

Tablica 13. Horizontalni let: udaljenost, vrijeme i gorivo

Kombinacije	Pređena udaljenost			Horizontalni let	
	U penjanju nm	U spuštanju nm	Horizontalni let nm	Vrijeme min	Potrošeno gorivo lb
Kom 1.	27,5	15	67,5	20:34	97,4
Kom 2.	28	15	67	20:24	96,7
Kom 3.	16,5	15,5	78	22:50	100,6
Kom 4.	16	15,5	78,5	23:05	102,7

U tablici 14. prikazana su vremena polijetanja, horizontalnog leta i spuštanja te ukupno potrebno vrijeme odlaska u zonu za svaku kombinaciju. Tablica prikazuje i potrošnju goriva pri penjanju, horizontalnom letu i spuštanju te ukupnu količinu goriva potrebnog za odlazak u zonu po kombinacijama.

Tablica 14. Ukupno potrebno vrijeme i gorivo do zone u trećem slučaju

Kombinacije	Vrijeme min				Gorivo lb			
	Penjanje	Horizontalni let	Spuštanje	Ukupno	Penjanje	Horizontalni let	Spuštanje	Ukupno
Kom 1.	11:36	20:34	4:12	36:22	88	97,4	12	197,4
Kom 2.	12:00	20:24	4:12	36:36	96	96,7	12,5	205,2
Kom 3.	6:48	22:50	5:00	34:38	56	100,6	14,5	171,1
Kom 4.	6:36	23:05	4:36	34:27	54	102,7	14	170,7

Dobiveni podatci u tablicama temelj su za izradu tablice 15. koja prikazuje uloženo vrijeme i gorivo potrebno za dolazak do zone u tri slučaja: ako se leti na radnoj visini od 3000 ft i brzini od 140 kn, ako se leti na radnoj visini i idealnoj brzini te ako se penje na 15000 ft i leti idealnom brzinom prema zoni.

Tablica 15. Ukupna potrebna vremena i gorivo do zone za sva tri slučaja

Kombinacije	Vrijeme do zone			Gorivo do zone		
	Brzina V=140kn	Idealna brzina na 3000 ft	Let na 15000 ft	Brzina V=140kn	Idealna brzina na 3000 ft	Let na 15000 ft
Kom 1.	47:24	36:38	36:22	243	228	197,4
Kom 2.	47:23	36:41	36:36	246	231	205,2
Kom 3.	47:03	32:31	34:38	230	203	171,1
Kom 4.	47:03	32:59	34:27	231	206	170,7

Usporedbom vremena u tablici 15. zaključuje se kako je za dolazak u zonu potrebno najmanje vremena za Kom 3. i 4. kad se nakon polijetanja penje na 3000 ft te se ubrzava na idealnu brzinu s najboljim doletom. Najsporije se u zonu dolazi u prvom slučaju kad je i brzina najmanja. Uspoređujući Kom. 1. i 2. za drugi i treći slučaj zaključuje se kako su vremena relativno slična. S tim da je u trećem slučaju u odnosu na drugi potrebno nešto manje vremena. Usporedba Kom. 1. i 2. sa Kom 3. i 4. u trećem slučaju dovodi do zaključka da Pilatus pri Kom. 3. i 4. dolazi u zonu sporije za jednu i pol do dvije minute u odnosu na drugi slučaj. Uzrok tome leži u činjenici da je dosta vremena utrošeno pri penjanju na veliku visinu.

Usporedba podataka o potrošnji goriva danih u tablici 15. dovodi do zaključka da je potrošnja najmanja u trećem slučaju u kojem se zrakoplov penje na veću visinu i koristi prednosti manje potrošnje goriva na većoj visini. Razlika u potrebnom gorivu između drugog i trećeg slučaja je između 11 i 17% ovisno o kombinaciji podvjesnog tereta. Ova razlika se povećava s povećanjem udaljenosti do zone pretraživanja budući se učinkovitost leta na velikim visinama povećava s uvećanjem udaljenosti. Da je zona bliže razlika u potrošnji goriva bi se smanjivala do razine kada bi se više goriva utrošilo na penjanje u odnosu na let kojemu je maksimalna visina 3000 ft.

Usporedba ove 4 kombinacije sa dosadašnjim načinom izvođenja letova za obalnu stražu ukazuje na razliku u potrošnji vremena i goriva do zone. Dosadašnje izvođenje letova za obalnu straži se provodi bez podvjesnih spremnika goriva i bez kamere, pa je DC 0 a maksimalna težina pri polijetanju 2360 kg. Tablici 16. prikazuje proširenu tablicu 15 sa Kom 5. koja predstavlja upravo spomenuti način provođenja letova obalne straže. Da bi došli do potrebnih informacija o horizontalnom letu za ovu kombinaciju na visini od 3000 ft i 15000 ft koristi se grafikon 1., za informacije o penjanju grafikoni 10., 11. i 12., a za informacije o spuštanju grafikoni 13., 14. i 15.

Očitane i proračunate rezultate za dosadašnje letove obalne straže daje tablica 16. pod Kom 5. Usporedba potrebnog vremena do zone pri brzini od 140 kn dovodi do uočavanja sličnosti s Kom 3. i 4. Pri letu na 3000 ft i idealnoj brzini na toj visini vidljive su promjene, zrakoplovu neopterećenom podvjesnim teretom potrebna je gotovo minuta vremena manje do zone u odnosu na Kombinaciju 3. (najbolju kombinaciju) Najveća promjena u vremenu uočava se u trećem slučaju pri odlasku u zonu na velikoj visini, potrebno vrijeme do zone je kod Kom. 5. manje za više od minut i pol od najbolje ranije razmatrane kombinacije. Kod potrebnog goriva do zone u prvom i drugom slučaju Pilatusu bez podvjesnih spremnika je potrebno oko 20 libri goriva manje od najbolje kombinacije sa spremnikom. Dok u trećem slučaju je potrebno čak 30 libri goriva manje od najbolje kombinacije s spremnikom.

Tablica 16. Usporedba potrebnog vremena i goriva sa i bez podvjesnih spremnika goriva

Kombinacije	Vrijeme do zone			Gorivo do zone		
	Brzina V=140kn	Idealna brzina na 3000 ft	Let na 15000 ft	Brzina V=140kn	Idealna brzina na 3000 ft	Let na 15000 ft
Kom 1.	47:24	36:38	36:22	243	228	197,4
Kom 2.	47:23	36:41	36:36	246	231	205,2
Kom 3.	47:03	32:31	34:38	230	203	171,1
Kom 4.	47:03	32:59	34:27	231	206	170,7
Kom 5.	47:05	31: 39	32:49	208	184	140,7

Manja težina pri polijetanju i manji otpor neopremljenog Pilatusa u Kom. 5. rezultiraju manjom količinom goriva i vremena potrebnog za dolazak u zonu. Spomenute prednosti u potrošnji resursa pri petoj kombinaciji smanjuju se kada u obzir uđe činjenica da je raspoloživo gorivo u zoni, zbog nedostatka vanjskih spremnika daleko manje od druge kombinacije. Ukupno iskoristivo gorivo u Kom 2. je 2228,7 lb a u Kom 5. je 922 lb. Umanjenje iskoristive količine goriva za propisanu rezervu od 200 lb daje podatak o gorivu raspoloživom za let od 2028,7 lb za Kom 2. i 722 lb za Kom 5. Oduzimanjem goriva potrebnog za let do zone u trećem slučaju (let na 15000 ft) dolazi se do brojke od 1823,5 lb za Kom 2. i 581,3 lb za Kom 5. Na kraju u obzir se uzima i gorivo potrebno za povratak iz zone i tako se dobiva količina goriva raspoloživog za rad u zoni od 1618,3 lb za Kom 2. i 440,6 lb za Kom 5. Prilikom procjene goriva potrebnog za povratak iz zone može se koristiti podatak o potrošnji goriva potrebnog za odlazak u zonu premda u tom slučaju u obzir nije uzeta činjenica da će se pri povratku utrošiti nešto manje goriva zbog smanjenja težine Pilatusa. Smanjenu težinu Pilatusa pri povratku uzrokuje potrošnja goriva u zoni.

Usporedba količine raspoloživog goriva za rad u zoni dovodi do zaključka da se u dosadašnjem načinu provedbe letova za obalnu stražu raspolaže sa skoro 4 puta manje goriva u odnosu na Kom 2. Za vrijeme rada u zoni na visini 3000 ft i brzinom od 140 kn Pilatus će s Kom 2. prijeći 762 nm, a s Kom 5. 238 nm. Odnosno s Kom 2. u zoni se može zadržati 5 sati i 26 minuta, a s Kom 5. 1 sat i 42 minute. Iz ovoga se vidi da Pilatus u Kom 2. može ostati u zoni rada više od 3 puta duže od dosadašnjeg načina rada. Ova vremena se odnose na horizontalni let na 3000 ft s brzinom od 140 kn. Svaka promjena brzine i visine utjecati će na vrijeme rada. Dosadašnjim načinom rada posada Pilatusa vraćala se u bazu kako bi dopunila

gorivo te ponovno otišla u zonu. Na tom postupku gubilo se vrijeme. U ovakvom slučaju za povratak iz zone biti će potrebno oko 33 minute. Prilikom slijetanja u zračnu luku zrakoplov prolazi proceduru vožnje na parkirno mjesto, dopune gorivom, međuletnog pregleda, ponovnog pokretanja i vožnje do piste što traje oko pola sata. Let do zone traje oko 33 minute. Ovaj će postupak u najboljem slučaju trajati nešto više od sat i pol. To vrijeme je „prazan hod“ odnosno zona je prazna.

Postoji opcija da drugi Pilatus s drugom posadom dođe u zonu u vrijeme kada prvi Pilatus završi s radom. Dok drugi Pilatus radi u zoni prvi Pilatus ima 1:42 h (vrijeme rada drugog Pilatusa) za odlazak u bazu dopunu goriva i povratak u zonu. Ovim načinom potrebna su tri odlaska u zonu bi se bi se pokrio neprestani rad u zoni od 5 sati i 6 minuta što je u konačnici 20 minuta leta manje u odnosu na Kom 2.

Usporedba potrošnje resursa i kvalitete izvršenja misija OS RH na primjeru Kom. 5 (trenutan način organizacije letova za potrebe OS RH) i kom. 2. (vršenja misija Pilatusom opremljenim podvjesnim točkama):

1. Za Kom 5 znatno je veća potrošnja resursa: potrebna su dva Pilatusa i dvije posade pilota. Do zone se odlazi i vraća tri puta umjesto jednom, dva dodatna odlaska u zonu u odnosu na Kom.2. u konačnici rezultiraju većom potrošnjom goriva. U jednom je smjeru potrebno je 140 lb, još toliko za povratak puta dva leta dovodi nas do podatka da je 560 lb odnosno 315 litara "nepotrebno" utrošeno goriva. Za isto vrijeme provedeno u zoni pretraživanja pri Kom. 5 utrošilo bi se ukupno 9:00 sati leta dok bi se za Kom 2. utrošilo 6:50 sati. (Kao što je spomenuto u stavci prije, dva su dodatna odlaska i povratka u zonu u Kom. 5. i tu se stvara razlika nešto veća od 2 sata) Uzmemo li u obzir cijenu sata naleta na Pilatusu dobivamo dodatne argumente u korist Kom. 2. Potrebni su dodatni sati rada tehničkog osoblja a obzirom da su u zraku istovremeno dva Pilatusa potrebno je osigurati povećati podršku u vidu tehničkog osoblja na zemlji

2. U kombinaciji 5. dolazi do neadekvatne razmjene informacija. Posade Pilatusa se ne sastaju da bi razmijenile informacije koje je područje jedna posada pretražila da bi druga nastavila budući su obje posade u zraku. Komunikacije je ograničena na radio vezu i može se dogoditi da se ne prenesu sve bitne informacije. Moguće je da zbog izostanka informacija posade pretražuju isto područje ili još gore da se dio područja izostavi. U Kom 2. posada ima

GPS i ocrtani treck pretraženog područja i u slučaju da potraga potraje predugo (više od utvrđenih 6:50 sati) i stvori se potreba uključivanja dodatnog zrakoplova lako se drugoj posadi proslijede informacije o GPS treck-u obliku podatkovne datoteke te druga posada može nastaviti gdje je prva stala s radom. Učinkovitost vizualnog pretraživanja Kom.5. je daleko manja u odnosu na Kom 2. gdje je Pilatus opremljen multifunkcionalnom kamerom.

Iskustva pilota iz sastava Eskadrile aviona 93 ZB. dokazala su kako SAR misije nemaju uvijek sretan ishod. Događalo se da posada EA pronađe beživotno tijelo unesrećene osobe, a ponekad i da uopće ne pronađu unesrećene osobu. Primjer je nesreća koja se dogodila u vrijeme utrke balona "Gordon Bennet 2010.". Iznad Jadrana je nestala dvočlana Američka posada balona, zbog nevremena mogući pad balona prostirao se na veliko područje jugozapadno od otoka Palagruže. Nakon dvodnevnog traganja u kojem su izvršena 2 leta s 5:15 sati naleta nažalost, unesrećene osobe nisu pronađene. Ostaje pitanje bili ishod ove potrage bio identičan da su u to vrijeme zrakoplovi OS RH bili opremljeni višenamjenskom kamerom.

8. ZAKLJUČAK

Eskadrila aviona 93. ZB uspješno je tehnikom vizualnog pretraživanja izvršila cijeli niz misija tijekom kojih su pronađene brojne unesrećene osobe, uočeni požari, zabilježeni slučajevi narušavanja suvereniteta teritorijalnih voda Republike Hrvatske od strane stranih ribarica (kočarica) i zagađenja morskih površina. Svojim djelovanjem u sastavu OS RH izravno je utjecala na spašavanje ljudskih života i imovine te na očuvanje prirodnih bogatstava Republike Hrvatske.

Ideja opremanja zrakoplova Pilatus PC-9M višenamjenskom kamerom proizašla je iz nedostataka do sada primjenjivanog, vizualnog načina pretraživanja. Među najvažnije nedostatke ubrajaju se ograničenja vidnih polja pilota uzrokovana konstrukcijom zrakoplova. Naime, zbog konstrukcije piloti nemaju dobru preglednost područja ispod zrakoplova. Ovaj je nedostatak najizraženiji prilikom izvršavanja SAR misija. U procesu traženja rješenja provedena je analiza stanja na tržištu višenamjenskih kamera. Analizirane su njihove mogućnosti i utvrđeno je kako današnji stupanj razvoja tehnologije kao rješenje nameće nadogradnju zrakoplova novim hibridnim tehnologijama, tj. kombinacijom višenamjenske kamere, GPS-a, podatkovne veze i baza podataka integriranih u napredni sustav.

Spomenuti proces nadogradnje odvijao bi se u tri faze. Prva faza je pretvaranje zrakoplova u „platformu“ ugradnjom podvjesnih točaka. Druga faza je nabava opreme, tj. podvjesnih spremnika goriva i S.C.A.R – POD-a s kamerom. Treća faza bila bi umrežavanje sustava prijenosa podataka između Pilatusa PC-9M i zemaljskih postaja odnosno brodova OS i po potrebi drugog zrakoplova.

U radu je napravljena analiza šest različitih višenamjenskih kamera. Uspoređivane su veličine senzora i jakost lasera, vidni kutovi za svaki senzor te tehničke karakteristike kamera. Među tehničkim karakteristikama analizirana je mogućnost stabilizacije, okretnost po pravcu/ visini, brzina rotacije, prosječna i maksimalna potrošnja, dimenzije i težina. Kao kamera koja svojim karakteristikama najviše odgovara zahtjevima struke pokazala se kamera Star Safir 380HDc proizvođača FLIR Systems. Kamera je to koja među analiziranima ima najviše senzora s najboljim karakteristikama što pruža najveću učinkovitost u traganju za nestalim osobama i uočavanju nepovoljnih radnji i pojava u zonama nadzora. Kod usporedbe

vidnih kutova tj. optike također se istaknula kao najbolja, ima najveći raspon između maksimalnog i minimalnog vidnog kuta što joj osigurava širu mogućnost primjene u odnosu na ostale. U usporedbi tehničkih karakteristika pokazala se kompaktnom i laganom, a u potrošnji struje efikasnom. Troši manje struje osobito u prijelaznim opterećenjima u odnosu na druge, veće kamere koje su opremljene manjim brojem senzora.

U radu je napravljen proračun povećanja potrošnje goriva koji je nastao kao posljedica povećanja otpora koji se stvara na S.C.A.R. - POD-u. Izračuni su pokazali da opremanje zrakoplova S.C.A.R.- POD-om uvjetuje dodavanje podvjesnih spremnika goriva. Konačno, napravljen je proračun povećanja potrošnje goriva za četiri različite kombinacije podvjesnog tereta. Svaka kombinacija ima drugačiju količinu goriva. Za svaku je proračunat dolet i istrajnost leta za uvjete ISA +0 °C i ISA +20 °C, potrošnja goriva i potrebno vrijeme do zone za tri odabrana načina odlaska u zonu te su rezulatati uspoređeni s dosadašnjim načinom odlaska u zonu tj. na misiju traganja i spašavanja zrakoplovom neopremljenim podvjesnim točkama.

Radom se nastojalo ukazati na pozitivne učinke nadogradnje Pilatusa PC-9M višenamjenskom kamerom. Među pozitivnim učincima ističe se povećanje učinkovitosti: traganja i spašavanja nestalih osoba, nadzora kopnene i morske granice te općenito teritorija RH kao i opsega obuke koje bi Eskadrila aviona kao školska eskadrila mogla provoditi. Povećanje efikasnosti nadziranja granica doprinosi zadovoljenju dijela uvjeta koje nam nameće Europska Unija za ulazak u Scengensku zona, a tiče se sigurnosti granica.

Ovim radom ukazalo se na činjenicu da je nadogradnja Pilatusa PC-9M hibridnim sustavom jednostavnije i jeftinije rješenje za povećanje učinkovitosti letova za potrebe OS RH u odnosu na, u javnosti spominjanu nabavku novog tipa zrakoplova. Činjenica da za postojeći zrakoplov Oružane snage Republike Hrvatske raspolažu osposobljenim pilotima, tehničkim osobljem i infrastrukturom dodatni je argument za zadržavanje zrakoplova Pilatus PC-9M u funkciji OS RH. Uvođenje novog tipa zrakoplova sa svim što taj postupak obuhvaća trajao bi godinama. Vrijeme obuke pilota i tehničara te izgradnja infrastrukture dodatno bi odgodilo približavanje RH ispunjenju uvjeta za ulazak u ranije spomenutu Schengensku zonu.

LITERATURA

[1] Elektromagnetsko zračenje; 8.7.2015. https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetsko_zra%C4%8Denje

[2] Elektromagnetsko zračenje; 8.7.2015. http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/librenjak/uvod_em.htm

[3] Spektar elektromagnetskog zračenja; 8.7.2015. http://www.racunalo.com/wp-content/uploads/2013/01/elektromagnetski-spektar-635x303.jpeg

[4] Canada Centre for remote Sensing - Fundamentals of Remote Sensing; http://www.ldeo.columbia.edu/res/fac/rsvlab/fundamentals_e.pdf

[5] JameSB. CampBell nad Randolph h. Wynne; Campbell, Wynne - Introduction to Remote Sensing; 2011

[6] Eko-oglasnik; Ozonske rupe; 13.7.2015. http://eko-oglasnik.com/media/img_clanci/ozonska_rupa_razvoj.jpg

[7] Ir-photo; 10.07.2015. http://www.ir-photo.net/image/moddedcamera_720filter.png

[8] Lifepixel; 10.07.2015. http://www.lifepixel.com/infrared-filters-choices

[9] Black-body radiation; Human body emission; 10.7.2015. https://en.wikipedia.org/wiki/Black-body_radiation#/media/File:Human-Infrared.jpg

[10] Dario Perković; Osnove geoinformatike; Daljinska istraživanja – 1. dio; 2010. http://rudar.rgn.hr/~dperko/nids_dperkovic/predavanja/07_Daljinska_istrazivanja_1_dio_01092010.pdf

[11] Ivica Sorić; Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu; Valovi; http://marjan.fesb.hr/~suri/ktf/predavanja/predavanje_11_Valovi.pdf

[12] Kako nastaje duga; 17.7.3015 http://os-mareljkovic-cerna.skole.hr/u_imo_zajedno?news_id=873

[13] Fotografija; 14.7.2015. https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotografija

[14] Osnove Fotografije – foto-priručnik za početnike u fotografiji; OŠ Strahoninec; listopad 2009

[15] Dijelovi foto aparata; 20.7.2015. https://snezafodora.files.wordpress.com/2011/01/blenda1.jpg

[16] Otvor blende; 20.7.2015. http://blog.wipetheworldsass.com/wp-content/uploads/2010/04/aperture_examples_blasko_szabolcs_dtbsz.jpg

[17] Otvot blendr; 20.7.2015. http://www.klubputnika.org/images/foto-uputstva/osnove/otvor-blende.jpg

[18] Image resolution; 22.7.2015. https://en.wikipedia.org/wiki/Image_resolution#/media/File:Resolution_illustration.png

[19] Vjekoslav Pavlović; Model ustrojstva obalne straže HRZ i PZO; 2010.

[20] Narodne novine (2007): Odluka o proglašenju Zakona o Obalnoj straži Republike Hrvatske. Zagreb: Narodne novine d.d., br. 109

[21] WESCAM; MX-10; 22.8.2015. http://www.wescam.com/wp-content/uploads/PDS-MX-10-64686J-July-2015.pdf

[22] Osi fotoaparata; 6.8.2015. http://3zgehi1uaxi23dphbrgqa50r6z.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2014/12/Olympus-e-m1_image_stabiliser.jpg

[23] Product video; Wescam – MX-10; 27.8.2015. https://www.youtube.com/watch?v=VXdDXP9ZyLI

[24] S.C.A.R. POD; 28.8.2015. http://www.airbornetechnologies.at/images/neu/media/downloads/Folder_Pod_3-15_Webansicht.pdf

[25] Airborne Technologies - Part of the Adriatic Strike NATO exercise; 19.8.2015. http://www.airbornetechnologies.at/media-news/news/264-adriatic-strike

[26] WESCAM; MX-15HDi; 7.4.2014. http://www.wescam.com/index.php/products-services/airborne-surveillance-and-reconnaissance/mx-15/

[27] L-3 WESCAM MX™-15HD Product Video – MX-15HDi; 14.8.2015. https://www.youtube.com/watch?v=Cs6LnqDIEA0

[28] WESCAM; MX-POD; 29.8.2015. http://www.wescam.com/wp-content/uploads/PDS-MX-POD-60938B-Jan-19-2011.pdf

[29] Aero News Network; Map System Integrated with L-3 Systems By AeroComputers; 12.8.2015. http://www.aero-news.net/index.cfm?do=main.textpost&id=495a0ea6-760f-46fa-9dd5-3461263ae07f

[30] Open System Architecture (OSA) Display System; 12.8.2015. http://www2.l-3com.com/displays/products/military/superset_family.html

[31] Flir; Star SAFIRE HD; 4.9.2015.

http://www.flir.com/uploadedFiles/flirGS/Surveillance/Products/Star_SAFIRE_HD_Family/Star_SAFIRE_HD_Family/HD/flir-star-safire-hd-datasheet-a4.pdf

[31] Star SAFIRE HD Product Video; 2.9.2015. https://www.youtube.com/watch?v=Eh06nCegv5g

[32] Flir; Star SAFIRE 380HDC; 3.9.2015. http://www.flir.com/uploadedFiles/flirGS/Surveillance/Products/Star_SAFIRE_HD_Family/Star_SAFIRE_HD_Family/380-HDc/flir-star-safire-380-hdc-datasheet.pdf

[33] Star SAFIRE 380-HDc; 9.9.2015. http://www.flir.com/surveillance/display/?id=64191

[34] FLIR Star SAFIRE® 380-HDc; Product Video; 3.9.2015. https://www.youtube.com/watch?v=gCdnyOBzb-I

[35] EuroNav 7 - Situational Awareness and Mission Management System; 21.9.2015.

https://www.euroavionics.com/?q=euronav7

[36] Flir; MERLIN™ Intelligence Suite; 29.9.2015.

http://www.flir.com/uploadedFiles/flirGS/Surveillance/Products/Merlin/flir-merlin-datasheet-print.pdf

[37] General Dynamics Global Imaging Technologies; V-14; 11.10.2015. http://www.gd-imaging.com/Documents/GDGIT%20Datasheets/Products/GDGIT-V-14-DS3-0112-8.pdf

[38] General Dynamics Global Imaging Technologies; 11.10.2015. http://droneamerica.com/wp/wp-content/uploads/2014/05/Sutter-Product-Photos-001.jpg

[39] General Dynamics Global Imaging Technologies; 27.10.2015. https://gdmissionsystems.com/wp-content/uploads/2015/08/D-V14-LRx-3-1015.pdf?utm_source=gdmissionsystems.com&utm_medium=pdf&utm_campaign=link

[40] General Dynamics Mission Systems; 9.11.2015. https://gdmissionsystems.com/imaging/cameras/eo-ir-camera-systems/geo-camera-system/

[41] Airborne technologies S.C.A.R. –POD; 28.12.2015. http://www.airbornetechnologies.at/images/neu/media/downloads/Folder_Pod_11-15_Webansicht.pdf

[42] Goran Huljev; Odabir aviona za potrebe obalne straže Republike Hrvatske metodom višekriterijskog odlučivanja

POPIS SLIKA

Slika 1. Spektar elektromagnetskog zračenja 5

Slika 2. Refleksija boja od podlogu 6

Slika 3. Povećanje ozonskih rupa od 1979. do 2000.g 7

Slika 4. Prikaz blokiranje filtra od 720 nm 9

Slika 5. Usporedba standardne fotografije i fotografije sa filtrom od 720 nm 9

Slika 6. Usporedba standardne i termalne fotografije 10

Slika 7. Prikaz interakcije atmosfere 11

Slika 8. Refleksija od ravnu podlogu 12

Slika 9. Spektralna refleksija od zemljinu površinu 12

Slika 10. Lom svjetlosti kroz prizmu 13

Slika 11. Osnovni dijelovi osobnog fotoaparata 17

Slika 12. Vanjski dijelovi objektiva 18

Slika 13. Primjer rasporeda leća unutar objektiva 19

Slika 14. Primjer oštrine fotografije s različitim otvorom blende 20

Slika 15. Primjer otvorenosti blende 21

Slika 16. Fokusna dužina 22

Slika 17. Široko kutni objektivi 23

Slika 18. 50mm objektiv iz skupine normalnih objektiva 24

Slika 19. Teleobjektiv 24

Slika 20. Razlika vidnog kuta s obzirom na veličinu senzora 25

Slika 21. Ilustracija različitih rezolucija 27

Slika 22. Ilustracija fotografiranja iz zraka 28

Slika 23. Primjer uočljivosti piksela 29

Slika 24. Vidno polje pilota s prednjeg sjedala 34

Slika 25. Vidno polje pilota sa stražnjeg sjedala 35

Slika 26. A) Vidno polje pilota s prednjeg sjedala B) Vidno polje pilota sa stražnjeg sjedala 36

Slika 27. Preklapanje vidnog polja prednjeg i stražnjeg sjedala 37

Slika 28. Prikaz vidnog polja s prednje strane 38

Slika 29. Pretraživanje metodom paralelnih kursova 39

Slika 30. Prošireno paralelno pretraživanje 40

Slika 31. Primjer sustava daljinskog istraživanja 41

Slika 32. Način spajanja MX-10 43

Slika 33. Stabilizacija po 6 osi 44

Slika 34. Prikaz zaslona prilikom korištenja kamere MX-10 45

Slika 35. Kompozitni prikaz termalne i dnevne slike 46

Slika 36. Georeferencirana slika 46

Slika 37. Pretraživanje po adresi 47

Slika 38. Prikaz odabranog objekta pretraživanja 48

Slika 39. Automatsko praćenje objekata u kretanju 48

Slika 40. S.C.A.R. - POD montiran na Pilatus PC-9M slovenske vojske 49

Slika 41. Prikaz spajanja S.C.A.R. – POD-a 50

Slika 42. Način spajanja MX15HDi 51

Slika 43. Infracrveni način prikaza 52

Slika 44. Prikaz zumiranja 53

Slika 45. Snimanje pri slabom osvjetljenju sa CCD senzorom 54

Slika 46. Snimanje pri slabom osvjetljenju sa CMCCD senzorom 54

Slika 47. Prikaz mogućnosti laserskog osvjetlivača 55

Slika 48. GEO-SCAN 56

Slika 49. Prikaz spajanja MX-POD-a 57

Slika 50. Razne verzije zaslona 57

Slika 51. Prikaz zaslona za prikaz kamere 58

Slika 52. Star SAFIRE HD i ručica za upravljanje 60

Slika 53. Prikaz slike Star SAFIRE HD 61

Slika 54. Prikaz mogućnosti uvećanja Star SAFIRE HD 62

Slika 55. Dodatno digitalno uvećanje 62

Slika 56. Star Safir 380HDc 64

Slika 57. Usporedba Star Safir 380HDc sa ostalim kamerama od 10“ 65

Slika 58. Prikaz slike Star Safir 380HDc 66

Slika 59. Prikaz mogućnosti uvećanja Star Safir 380HDc 67

Slika 60. Preklapanje slike sa dva senzora 67

Slika 61. EuroNav7 68

Slika 62. Primjer spajanja EuroNav7 sa ostalim uređajima 69

Slika 63. Prikaz dvostrukog video izlaza 69

Slika 64. Prikaz topografske karte s upozorenjima na prepreke 70

Slika 65. Prikaz praćenja ciljeva 71

Slika 66. Pronalaženje i praćenje unesrećenih osoba u moru 71

Slika 67. Kamera V-14 73

Slika 68. V-14 kontrolni panel 74

Slika 69. Prikaz kamere V-14 75

Slika 70. Termalni prikaz kamere V-14 75

Slika 71. Kamera V14-LRx 76

Slika 72. Prikaz kamere V-14LRx 78

Slika 73. Širi prikaz kamere V-14LRx 78

Slika 74. Ilustracija vidnog kuta iz zraka 79

Slika 75. Geo+ iscrtana ruta leta 81

Slika 76. Geo+ iscrtavanje virtualnih objekata 81

Slika 77. Okretnost kamere 88

Slika 78. Teksan T-6 II s kamerom na trupu zrakoplova 91

Slika 79. S.C.A.R. - POD podvjesni nosač kamere 92

Slika 80. Način komunikacije S.C.A.R. – Pod-a, njegovih elemenata s upravljačkom konzolom 92

Slika 81. Kombinacije podvjesnih spremnika goriva 93

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 2350 i DC 000 95

Grafikon 2. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 2350 i DC 100 96

Grafikon 3. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 2350 i DC 200 96

Grafikon 4. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 3200 i DC 000 97

Grafikon 5. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 3200 i DC 100 98

Grafikon 6. Specifični dolet za ISA uvjete, MTW 3200 i DC 200 98

Grafikon 7. Specifični dolet za ISA + 20 °C uvjete, MTW 3200 i DC 000 100

Grafikon 8. Specifični dolet za ISA + 20 °C uvjete, MTW 3200 DC 100 101

Grafikon 9. Specifični dolet za ISA + 20 °C uvjete, MTW 3200 DC 200 101

Grafikon 10. Vrijeme penjanja 103

Grafikon 11. Prijeđena udaljenost tijekom penjanja 104

Grafikon 12. Potrošnja tijekom penjanja 104

Grafikon 13. Vrijeme spuštanja 109

Grafikon 14. Pređena udaljenost u spuštanju 109

Grafikon 15. Potrošeno gorivu u spuštanju 110

POPIS TABLICA

Tablica 1. Komparativni prikaz veličine senzora i lasera 82

Tablica 2. Komparativni prikaz vidnog kuta kamera 85

Tablica 3. Komparativni prikaz tehničkih detalja kamera 87

Tablica 4. Prikaz kombinacije spremnika goriva i Pod-a 94

Tablica 5. Ukupni dolet s istrajnosti leta za ISA uvjete 99

Tablica 6. Ukupni dolet s istrajnosti leta za uvjete ISA + 20°C 102

Tablica 7. Vrijeme penjanja, prijeđena udaljenost i potrošeno gorivo 105

Tablica 8. Ukupno vrijeme i potrošeno gorivo do zone s brzinom od 140 kn 106

Tablica 9. Ukupno vrijeme i potrošno gorivo do zone s idealnom brzinom 107

Tablica 10. Usporedba potrebnog vremena i goriva do zone 107

Tablica 11. Penjanje na 15000 ft 108

Tablica 12. Spuštanje s 15000 ft na 3000 ft 110

Tablica 13. Horizontalni let: udaljenost, vrijeme i gorivo 111

Tablica 14. Ukupno potrebno vrijeme i gorivo do zone u trećem slučaju 112

Tablica 15. Ukupna potrebna vremena i gorivo do zone za sva tri slučaja 112

Tablica 16. Usporedba potrebnog vremena i goriva sa i bez podvjesnih spremnika goriva 114

POPIS KRATICA

AGL – *Above Ground Level* – Iznad razine zemlje

AIS – *Aeronautical Information Service* –

Zrakoplovna informacijske usluge

ALE – *Airborne Law Enforcement* – Zračna provedba zakona

CCD – *Charge Coupled Device*

cm – centimetar

CMCCD – *Charged Multiplied Charge Coupled Device* – Naknadno umnožavanje naboj u sklop s prijenosom naboja

DC – DRAG COUNT – P*roračunski otpor*

DL – Daylight – dnevno svjetlo

EA – Eskadrila Aviona

EF – Elektronički Fokus

EMCCD – *Electron Multiplied Charge Coupled Device* – Elektroničko umnožavanje naboj u sklop s prijenosom naboja

EO IR – *Electro-Optic / Infrared* - Elektro-optički / infracrveni

EON – *Electro-Optical Narrow* – Elektro-optički uskokutni

EOS – *Electro-Optical System* – Elektro-optički uređaj

EOW – *Electro-Optical Wide* – Elektro-optički širokokutni

eV – elektron Volt

FHD – *Full High Definition* – Ful Visoka razlučivost

FMS – *Flight Management Systems* – Sustav za upravljanje letom

ft – *feet* – stopa

GD – General Dynamics

GPS – Glonal Position System

HD – *High definition* – Visoka razlučivost

HDEO – *High Definition Electro-Optical* - Elektro-optički prikaz visoke rezolucije

HDIR – *High Definition Infra Red* – Termalna slika visoke razlučivosti

HDTV – *High Definition TV* – Televizija visoke razlučivosti

HRZ – Hrvatsko Ratno Zrakoplovstvo

Hz – *Hertz*

IC – Infracrveno zračenje

IMU – *Inertial Measurement Unit* – Inercijalna mjerna jedinica

inf – *Infinity – beskonačno*

InGaAs – Indium Gallium Arsenide – Indij Galij Arsenid

IR – *Infra Red* – Infracrveno zračenje

ISO – *International Organization for Standardization* – Međunarodna organizacija za standarde

ISR – *Airborne Intelligence, Surveillance and Reconnaissance* – Zrakoplovne obavještajne, izviđačke i nadzorne misije

KIAS – *Knots-Indicated Air Speed* – indicirana brzina u čvorima

Kn – knot – Brzina: nautičke milje u satu

Kom – kombinacija

Lb – Libra

LCD – *Liquid Crystal Display* – Ekran s tekućim kristalom

LL – Low Light – slabo osvjetljenje

m – metar

m/s – metara u sekundi

MF – *Manual Focus* – ručni fokus

MFOV – *Middle Fields of View* – Srednje široko vidno polje

mm – milimetar

MORH – Ministarstvo Obrane Republike Hrvatske

Mp – Mega piksela

MRI – *Magnetic resonance imaging* - magnetska rezonancijska vizualizacija

MTW – Max Takeoff Weight – Maksimalna težina pri polijetanju

N – Narrow – uski vidni kut

NASA – *National Aeronautics and Space Administration* – Nacionalna aeronautička i svemirska

NATO – *North Atlantic Treaty Organisation* - Sjevernoatlantski savez

NFOV – *Narrow Fields of View* – usko vidno polje

NIR – Near infrared – Blisko infracrveno područje

nm – nano metara

nm – nautička milja

NOS – Namjenski Organizirane Snage

Npr – Na primjer

OS – Obalna Straža

OS HR – Obalna Straža Republike Hrvatske

PET – Pozitronska Emisijska Tomografija

PP - Power Point – prezentacija

PZO – Protu Zračna Obrana

S.C.A.R. - POD – *Self Contained Aerial Reconnaissance Pod* - Samostalni kontejner za izviđanje iz zraka

SAR – *Search And Rescue* – traganje i spašavanje

SLR – *Single-lens reflex camera* –

SNFOV – *Super Narrow Fields of View* – super usko vidno polje

SOP – Standardni operativni postupci

Swap-C – *Size, Weight and Power – Cooling* – Veličina, težina i snaga te rashlađivanje

SWIR – *Short Wave IR Camera* – Kratkovalna infracrvena kamera

Tg – Tanges

US DoD – *United States Department of Defense* - Ministarstvo obrane Sjedinjenih Američkih Država

UV – *Ultra Violet* – Ultraljubičaste zrake

UVA – *Ultra Violet* A

UVB – *Ultra Violet* B

UVC – *Ultra Violet* C

VMC – *Visual Meteorological Conditions* – Vizualni meteo uvjeti

W – Wat

W – Wide – široki vidni kut

WFOV – *Wide Fields of View* – šoroko visno polje

ZB – Zrakoplovna Baza

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000
Zagreb
Vukelićeva 4

METAPODACI

Naslov rada: Odabir i opremanje zrakoplova Pilatus PC-9M višenamjenskom kamerom za potrebe Obalne straže

Autor: Dražen Pekar, univ. bacc. ing. aeronaut.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Selection and equipment of the aircraft Pilatus PC-9M with multifunctional camera for the needs of the Coast Guard

Povjerenstvo za obranu:

- prof. dr. sc. Tino Bucak ,predsjednik
- izv. prof. dr. sc. Doris Novak , mentor
- dr. sc. Tomislav Radišić , član
- doc. dr. sc. Anita Domitrović , zamjena

Ustanova koja je dodjelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za aeronautiku
Vrsta studija: sveučilišni
Naziv studijskog programa: Aeronautika
Stupanj: diplomski
Akademski naziv: univ. bacc. ing. aeronaut.
Datum obrane diplomskog rada:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih
znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomski rad pod naslovom: **Odabir i opremanje zrakoplova Pilatus PC-9M višenamjenskom kamerom za potrebe Obalne straže**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student:

U Zagrebu, 16.3.2016

(potpis)