

Oborožitveni sistem nevtralizacije raket, artilerijskih in minometnih izstrelkov

Counter-Rocket, Artillery, and Mortar Armament Systems

Povzetek

Oborožitveni sistem nevtralizacije raket, artilerijskih in minometnih izstrelkov, bolj znan z angleško kratico C-RAM, je skupen in združen pristop, ki zagotavlja zaščito pred celotnim spektrom nasprotnikovega delovanja z raketami, artilerijskimi in minometnimi izstrelki v okviru posrednega ognja, vključno s specializiranimi C-RAM enotami in zmogljivostmi.

Sistemi C-RAM so se razvili po koncu hladne vojne, da bi zapolnili potrebo po zmogljivostih, ki bi lahko sestrelile prihajajoče rakete, artilerijske, minometne in natančno vodene izstrelke ter letala, helikopterje in brezpilotna letala. Tehnološka sredstva, ki se poleg sistemov za zaznavanje in opozarjanje uporabljajo in razvijajo, vključujejo topniške sisteme za hitri ogenj, raketne sisteme kratkega dosega in usmerjena energetska orožja.

V prispevku so predstavljeni vsi trenutno delujoči sistemi C-RAM in analiza bojne uporabe ameriškega sistema C-RAM, ki je deloval v COB Basrah, v operacijah Iraška svoboda in Nova zora. Predstavljene so ugotovitve, povezane s ciljem zmogljivosti, ki ga je Nato zastavil na podlagi varnostnih izzivov za postavitev sistema C-RAM. Nakazan je tudi trend razvoja teh sistemov v prihodnosti.

Ključne besede: *oborožitveni sistem nevtralizacije raket, artilerijskih in minometnih izstrelkov, oborožitveni sistem nevtralizacije natančno vodenih izstrelkov, artilerija, zračna obramba, zračna obramba zelo kratkega dosega.*

Abstract

Counter-Rocket, Artillery, and Mortar systems, known by the abbreviation C-RAM, are a joint, combined approach which provides protection against enemy threats by rockets, artillery, and mortar shells within the enemy's indirect fire, including specialized C-RAM units and equipment.

C-RAM systems were developed to fill a capability need that has evolved since the end of the Cold War. These weapons are intended to shoot down incoming rockets, artillery and mortar rounds, as well as aircraft, helicopters, unmanned aerial vehicles and precision-guided munitions. Technologies proposed and developed for this purpose include systems for detection and warning, rapid-fire guns, short range missiles and directed energy weapons.

This article presents all the C-RAM systems that are currently operational, including analysis based on the combat experience of the American C-RAM system deployed to COB Basrah during the operations "IRAQI FREEDOM" and "NEW DAWN". Conclusions are given with regard to NATO forces goals for C-RAM capabilities, and the possibilities for the development of C-RAM systems in the future are explained.

Key words: *Counter-Rocket, Artillery, and Mortar, Counter Precision-Guided Munitions, Artillery, Air Defence, Very Short-Range Air Defence.*

1 Uvod

Prispevek obravnava oborožitvene sisteme nevtralizacije raket, artilerijskih in minometnih izstrelkov (C-RAM), njihov nastanek, razvoj in predvidevanja o razvoju v prihodnje. Obravnavano tematiko strokovnemu bralcu predstavi sistematično in postopno, skladno z njenim namenom, to je ugotovitev stanja na področju sistemov C-RAM.

Članek je prvo strokovno pisno delo v slovenščini, v katerem avtor odpira številna terminološka vprašanja. Namen članka je strokovni javnosti predstaviti ugotovitve o sistemih C-RAM in analizo oborožitvenih sistemov nevtralizacije raket, artilerijskih ter minometnih izstrelkov v povezavi z Natovim ciljem zmogljivosti za sisteme C-RAM. Čeprav so bili pri iskanju ustreznih slovenskih izrazov in besednih zvez uporabljeni številni slovarji, leksikoni in strokovna literatura s področij, ki so povezana z obravnavano

vsebinsko, so v prispevku uporabljena tudi izvirna angleška poimenovanja, predvsem zaradi morebitnega preimenovanja katerega izmed njih.

V prvem delu se bralec s predstavitvijo osnovnih pojmov, zgodovine in razvoja sistemov C-RAM pripravi na osrednji del, ki se ukvarja s konkretnimi oborožitvenimi sistemi C-RAM. Predstavljeni so sistemi, ki so dostopni na trgu oziroma jih nekatere oborožene sile že uporabljajo. Vsebina prispevka se ukvarja s temeljnim vprašanjem, ali je sistem C-RAM oborožitveni sistem, kot ga v svoji knjigi *Sodobni oborožitveni sistemi* definirata Anton Žabkar in Uroš Svete. Profesorja pravita, da je to »kompleksen integrirani sistem, sestavljen iz bojnega podsistema in množice podsistemov, ki omogočajo uspešno in učinkovito delovanje bojnega sistema v najrazličnejših astronomskih, meteoroloških in klimatsko-geografskih razmerah.« (Žabkar, Svete, 2010: 6).

Naslednje vprašanje, ki se postavlja, je, ali je to sodoben oborožitveni sistem. Po mnenju omenjenih profesorjev so »sodobni oborožitveni sistemi vse pogosteje integrirani s programskimi svežnji umetne inteligence in računalniško podprtim krmiljenjem, kar jim omogoča visoko stopnjo avtomatiziranega delovanja« (Žabkar, Svete, 2010: 6). Vsebina prispevka se ozre tudi v prihodnost in nakaže trend, po katerem se giblje razvoj sistemov C-RAM. Ta v celoti potrjuje ugotovitve znanstvene in strokovne analize Sveta za vojaško znanost in tehnologijo Nacionalne znanstvene akademije ZDA, ki je izpostavila nujnost razvoja sistemov C-RAM, ki ne temeljijo le na kinetičnem pristopu, temveč vse bolj na visokoenergetski laserski tehnologiji (O'Neill, 2008: 7–9).

Dodano vrednost analitičnemu delu na razpoložljivih strokovnih virih, ki so bili vsi v tujem jeziku, saj domačih o obravnavani vsebini ni bilo mogoče najti, doda poglavje, ki predstavi analizo bojne uporabe sistema C-RAM v operacijah Iraška svoboda in Nova zora.

2 Osnovni pojmi in razvoj sistemov C-RAM

Oborožitveni sistem nevtralizacije raket, artilerijskih in minometnih izstrelkov (angl. Counter-Rocket, Artillery, and Mortar – C-RAM) je skupen in združen pristop, ki zagotavlja zaščito pred celotnim spektrom nasprotnikovega delovanja z raketami, artilerijskimi in minometnimi izstrelki v okviru posrednega ognja (angl. Indirect Fire – IDF) in ki vključuje specializirane enote C-RAM in zmogljivosti (ATP 3-01.60, 2005: 17). Sistemi C-RAM so

se razvili po koncu hladne vojne, da bi zapolnili potrebo po zmogljivostih s sposobnostjo sestrelitve prihajajočih raket, artilerijskih, minometnih in natančno vodenih (angl. Precision-Guided Munitions – PGM) izstrelkov, tudi letal in helikopterjev ter brezpilotnih letal (angl. Unmanned Aerial Vehicle – UAV) (Rafael, 2009: 1). Tehnološka sredstva, ki se uporabljajo in razvijajo, vključujejo topniške sisteme za hitri ogenj, raketne sisteme kratkega dosega in usmerjena energetska orožja (angl. Directed Energy Weapons – DEW) (Kopp, 2010: 36).

2.1 Zgodovina in razvoj sistemov C-RAM na Zahodu

Rakete, artilerijski in minometni izstrelki (angl. Rocket, Artillery, and Mortar – RAM) so temeljni stebri vojaških sil skozi stoletja. Zgodovinski pogled na obrambo proti RAM lahko opredelimo z dvema pristopoma, in sicer:

1. obrambno delovanje, npr. uporaba zaklona, v bunkerjih in oklepnih vozilih,
2. napadno delovanje, npr. ognjeno delovanje po nasprotnikovih raketnih lanserjih in topniških orožjih.

Tradicionalistični pristop, ki so mu dajale prednost tudi oborožene sile ZDA, je bil utemeljen na delovanju proti RAM in IDF-grožnjam v obliki kontrabatiranja ter ob sprejemu boja z nasprotnikom v obliki napadalnega delovanja na vojaške formacije (O'Neill, 2008: 7).

Premislek o spremembi taktičnega pristopa in razvoj sistemov za zaznavanje in nevtralizacijo prihajajočih raket, artilerijskih in minometnih izstrelkov se začneta, ko so morebitni cilji postali civilisti ter civilno okolje in ne več vojaške formacije (O'Neill, 2008: 7). Napadi palestinskih skrajnežev na civilno prebivalstvo na obmejnem območju Izraela so spodbudili razvoj sistemov C-RAM, kot jih poznamo danes (Kopp, 2010: 36).

Izkušnje, pridobljene v bojih med letoma 1982 in 2006 v južnem Libanonu in severnem Izraelu (O'Neill, 2008: 7), ter izkušnje, pridobljene v operacijah v Afganistanu in predvsem v Iraku ter po terorističnem napadu 11. septembra 2001 v New Yorku (Kopp, 2010: 36) so ob neposredni medijski pokritosti povzročile vsesplošno zavedanje, da ima uporaba RAM in IDF proti civilnemu prebivalstvu z minimalnimi vloženi sredstvi strateški vpliv na razplet dogodkov znotraj posamezne operacije. Asimetrični pristop uporniških

gibanj je povzročil politični pritisk na oborožene sile, da najdejo rešitev, kako ustaviti napade na civilno prebivalstvo. Primeren odgovor na te grožnje ni zahteval le sprememb v taktiki, temveč tudi ključne strateške odločitve, kako in kdaj se upreti tem vrstam groženj (O'Neill, 2008: 7).

Znanstvena in strokovna analiza Sveta za vojaško znanost in tehnologijo Nacionalne znanstvene akademije ZDA pod vodstvom Malcolma R. O'Neilla je ugotovila, da se je potreba po zaščiti civilnega prebivalstva, vojaških objektov in zmogljivosti pred RAM in IDF-grožnjami zelo povečala. V študiji so izpostavili nujnost nadaljnega razvoja in vzpostavitev sistemov C-RAM, ki ne temeljijo le na kinetičnem pristopu, temveč vse bolj na visokoenergetski laserski tehnologiji (angl. High-Energy Laser – HEL). Bistven poudarek v tej študiji je v prid razvoju sistemov, ki ne povzročajo kolateralne škode (O'Neill, 2008: 7–9).

Do enakih ugotovitev na področju RAM in IDF je prišlo tudi Severnoatlantsko zavezništvo. Natovo poveljstvo za transformacijo (angl. Allied Command Transformation – ACT) je znotraj Severnoatlantskega zavezništva odgovorno za razvoj konceptov, izvedbo vojaških eksperimentov ter za oblikovanje doktrin in standardov vojaškega izobraževanja in usposabljanja. Naloga ACT je tudi priprava zavezništva na prihodnje varnostne izzive in grožnje (<http://www.act.nato.int/>: 7. 7. 2016). ACT je na podlagi varnostnih izzivov pripravil zahteve za oblikovanje ciljev zmogljivosti sil, ki vključujejo tudi sistem C-RAM znotraj kolektivne obrambe zavezništva. Ta cilj zmogljivosti je bil posredovan 22 državam članicam, tudi Republiki Sloveniji (Nato MCR, 2011: para 429–431).

Cilj za oblikovanje zmogljivosti predvideva udeležbo in prispevek Republike Slovenije znotraj mednarodne kooperacije pri razvoju zmogljivosti C-RAM. Minimalne zahteve za zmogljivost iz leta 2011 predvidevajo postavitev sistema, ki je sposoben zaznavanja, opozarjanja in samostojne nevtralizacije prihajajočih raket kratkega in dolgega dosega ter artilerijskih in minometnih izstrelkov različnega izvora, kar ima za cilj zaščititi osebje, sredstva in opremo (Nato MCR, 2011: para 429–431). Leta 2016, ko so se minimalne zahteve za zmogljivost dopolnjevale, so razširili tudi obseg sposobnosti, ki jih mora izpolnjevati sistem C-RAM kot del kolektivne obrambe zavezništva. Skladno z novimi zahtevami mora sistem C-RAM tudi zaznavati, opozarjati in samostojno nevtralizirati brezpilotna letala (angl. Unmanned Aerial Vehicle – UAV) na nizkih višinah ter izvesti zračno obrambo zelo kratkega dosega

(angl. Very Short-Range Air Defense – VSHORAD) v omejenem obsegu (Nato MCR, 2016: para 429–431).

2.2 Zgodovina in razvoj sistemov C-RAM na Vzhodu

Medtem ko je bilo zahodno razmišljanje o sistemih C-RAM determinirano z imperativom, kako zaščititi vojaško in civilno osebje ter objekte pred IDF iz pogosto primitivnega nevedenega orožja, se je vzhodno razmišljanje, predvsem rusko, nanašalo na tehnološko strategijo novih orožij in bilo determinirano s povsem drugačnim imperativom.

V Rusiji so po letu 1992 začeli razvijati sistem za zaznavanje in nevtralizacijo natančno vodenih izstrelkov (angl. Counter Precision-Guided Munitions – C-PGM). Pri tem so jih vodile izkušnje iz prve zalivske vojne leta 1991. Ugotovili so, da so bili iraški sistemi zračne obrambe, ki so bili večinoma sovjetske proizvodnje, onesposobljeni za bojno delovanje v nekaj urah in v celoti uničeni v nekaj dneh. Ti izjemni rezultati, ki so jih dosegli zavezniki, so bili posledica množične uporabe natančno vodenih izstrelkov (angl. Precision-Guided Munitions – PGM), ki so jih uporabljale oborožene sile ZDA in Velike Britanije (Kopp, 2010: 36–39).

Podobne izkušnje so bile pridobljene tudi v drugih akcijah Nata, vključno z letalskimi napadi na Zvezno republiko Jugoslavijo (ZRJ) oziroma Srbijo, pri čemer je bila škoda na ključnih sredstvih velika. Pomembna ugotovitev teh akcij je, da je bila škoda povzročena zelo hitro, predvsem zaradi množične uporabe PGM-jev, kot so vodene GPS-bombe, protiradarske rakete (angl. Anti-Radiation Missiles – ARM, High-Speed Anti-Radiation Missile – HARM in Air-Launched Anti-Radiation Missile – ALARM) ter taktične in manevrirne rakete (angl. Cruise Missiles – CM). Tako Irak kot ZRJ sta z velikimi izgubami zelo drago plačala to, da se v miru pri razvoju zračne obrambe nista osredotočila na razvoj pravih sil (Žabkar, 2003: 147, 220).

Ruski analitiki so v devetdesetih letih prejšnjega stoletja trdili, da je najboljši pristop k obravnavanju obrambe pred PGM-ji zahodnega izvora njihova sestrelitev s pomočjo raketnih in topniških sistemov zračne obrambe kratkega dosega (angl. Short-Range Air Defense – SHORAD). Ta pristop je temeljil na razvoju in prilagoditvi tedanjih ruskih sistemov SHORAD. Po desetih letih je ruska industrija ponudila dva oborožitvena sistema, ki sta optimizirana za prav ta namen (Kopp, 2010: 36).

S tehnološkega vidika je le malo praktičnih razlik med zahtevami za gradnjo ruskih sistemov C-PGM in zahtevami za gradnjo zahodnih sistemov C-RAM. Oba koncepta se osredotočata na idejo nevtraliziranja prihajajočih projektilov oziroma IDF. Oba temeljita na uporabi specifičnega oborožitvenega sistema kot zmogljivosti za zaščito osebja, sredstev in opreme. Na podlagi Natovih zahtev po nadgraditvi zmogljivosti sistemov C-RAM iz leta 2016 praktično tudi ni več razlik pri obsegu sposobnosti, ki jih mora izpolnjevati sistem C-PGM ali C-RAM.

3 Pregled stanja na področju delujočih sistemov C-RAM

Ob ne dovolj natančnem pregledu stanja že delujočih sistemov C-RAM kmalu dobimo vtis, da so ti oborožitveni sistemi značilni za zahodne države z razvitejšo tehnologijo. Vendar je podrobnejša analiza pokazala, da imajo podobne oborožitvene sisteme tudi vzhodne države. Bistvena razlika je predvsem v različnem pojmovanju vzhodnih oborožitvenih sistemov. Te razlike so nastale, ker so bile primarne grožnje, zaradi katerih so razvili sistem C-RAM oziroma C-PGM, različne.

Grožnje, s katerimi se spoprijema tipični sistem C-RAM, so podzvočni ali nadzvočni nevodeni izstrelki, ki letijo po preprosti balistični poti. To so cilji z razmeroma nizkim sevanjem infrardeče svetlobe, ob tem imajo tudi zelo majhno radarsko odbojno sliko, ki jo je mogoče zaznati znotraj zgornjega mikrovalovnega pasu. Najpogosteje se sistemi C-RAM srečujejo le s posameznimi cilji ali majhnim številom ciljev znotraj IDF- napada. Cilji so precej počasni, s predvidljivo potjo leta ter fizično zelo majhni, zato jim je težko natančno slediti in jih še težje zadeti (Kopp, 2010: 38).

Na drugi strani so primarne grožnje, s katerimi se srečuje tipični sistem C-PGM, podzvočni ali nadzvočni vodeni izstrelki, ki letijo po kompleksno vodenih trajektorijah. Trajektorije leta izstrelkov so zasnovane tako, da onemogočajo optimalno sledenje cilju. Izstrelki letijo navadno na nizkih višinah in ob tem sledijo terenu. Trajektorije so zasnovane tudi tako, da omogočajo idealno usmeritev in optimalen kot udarca izstrelka v cilj. Za uspešno zaznavanje in nevtralizacijo teh izstrelkov sistemi C-PGM uporabljajo

radarje znotraj frekvenčnih pasov X in Ku¹. Ti frekvenčni pasovi so se pokazali kot najprimernejši za obrambo pred PGM-grožnjami (Kopp, 2010: 38–39).

Ne glede na to, ali sledimo zahodni ali vzhodni doktrini, so oborožitveni sistemi C-RAM in C-PGM zasnovani tako, da lahko zaznajo in izvedejo nevtralizacijo več hkratnih napadov. Sistemi C-PGM so zasnovani za soočenje z več hkratnimi cilji, ki jih je treba v zelo kratkem času zaznati, jim slediti in jih napasti. Uspešnost teh sistemov je nujna zaradi specifik PGM-groženj. Če prvi napad ni bil uspešen, sistemi C-PGM nimajo dovolj časa za izvedbo ponovnega napada na prihajajoče PGM-grožnje. Nasprotno so sistemi C-RAM soočeni večinoma le s posameznimi cilji ali majhnim številom teh, ki letijo po preprosti balistični poti. Te vrste groženj, ki so navadno izražene v obliki IDF-napada, omogočajo sistemom C-RAM izvedbo ponovnega napada, če prvi napad ni bil uspešen (Kopp, 2010: 37–39). Ta dejstva so zelo vplivala na razlike v tehničnih rešitvah pri snovanju in razvoju oborožitvenih sistemov C-RAM oziroma C-PGM.

Na področju zmogljivosti za zaznavanje in sledenje morebitnim grožnjam so razlike med C-RAM in C-PGM bistveno večje. Kažejo se v uporabi različnih osnovnih tehnologij. Zahodni sistemi C-RAM za zaznavanje in sledenje prihajajočih izstrelkov uporabljajo prilagojene oziroma že znane artilerijske radarje (angl. Counter Battery Radar – CBR), ki so namenjeni usmerjanju natančnejših senzorjev, kot so opazovalni in namerilni radarji ter optični sledilniki oborožitvenih postaj/sistemov. Vzhodni sistemi C-PGM pa za zaznavanje in sledenje morebitnim grožnjam uporabljajo izvedenke senzorjev zračne obrambe, ki temeljijo na tehnologiji radarjev lovskega letalstva s pasivno elektronsko krmiljeno rešetko (angl. Passive Electronically Steered Array – PESA). Radarji z elektronsko krmiljeno rešetko sistemom C-PGM zagotavljajo ključno sposobnost, to pa je hkratno spremljanje večjega števila ciljev znotraj ozkega sektorja (Kopp, 2010: 39). Glede na smernice v razvoju zahodnih sistemov C-RAM v smeri njihove univerzalnosti, povezane z grožnjami iz zračnega prostora, je tudi na področju zmogljivosti za zaznavanje in sledenje potencialnim grožnjam pričakovati zmanjševanje trenutnih razlik med obema konceptoma.

¹Frekvenčni spekter, ki ga uporabljajo radarski sistemi, oziroma področje mikrovalov je zelo široko, zato je razdeljeno na frekvenčne pasove. Frekvenčni spekter se deli glede na uporabljeno frekvenco oziroma valovno dolžino. Frekvenčni pas X leži v spektru od 8 do 12 GHz, frekvenčni pas Ku (nem. Kurz-unter) pomeni pas pod frekvenčnim pasom K. Zavzema pa del spektra od 12 do 18 GHz.

3.1 Pregled delujočih sistemov C-RAM na Zahodu

Na Zahodu je mogoče najti kar nekaj oborožitvenih sistemov, ki so opredeljeni kot sistemi C-RAM. Najbolj razširjen je sistem C-RAM, ki ga uporabljajo oborožene sile ZDA. Zasnovan je kot integriran skupni sistem večjega števila senzorjev z osnovnim oborožitvenim sistemom. Temelji na modifikaciji mornariškega oborožitvenega sistema Mk 15 Phalanx CIWS (angl. Close-In Weapon System) in učinkovite poveljniške strukture, ki vključuje omenjene komponente v robustno, fleksibilno ukrojeno in razširljivo arhitekturo (ATP 3-01.60, 2005: 2-2-2-7).

Srce ameriškega sistema C-RAM, ki ga zagotavlja ameriška korporacija Northrop-Grumman, je Raytheonova kopenska različica oborožitvenega sistema Phalanx (Land-based Phalanx Weapon System – LPWS). LPWS lahko kot samostojen oborožitveni sistem s pomočjo svojega opazovalnega radarja, ki deluje znotraj frekvenčnega pasu Ku, sam zazna in spremlja IDF. S pomočjo infrardeče sledilne kamere (angl. Forward-Looking Infrared – FLIR) in namerilnega radarja pa usmerja šestcevni 20-milimetrski Gatlingov top M61A1 proti prihajajočemu izstrelku in ga ves čas vodi do njegove končne nevtralizacije (LPWS Data Sheet, 2006). Prava vrednost oborožitvenega sistema LPWS pride do izraza šele ob njegovi integraciji v robusten sistem, ki je namenjen podpori pravočasnim in natančnim operacijam C-RAM.



Slika 1: Raytheonova kopenska različica oborožitvenega sistema Phalanx (Vir: LPWS Data Sheet, 2006)

Poudariti je treba, da je ameriška kopenska vojska s korporacijo Northrop-Grumman 9. 3. 2016 podpisala 71,7 milijona dolarjev vreden posel, s katerim bo brigadne bojne skupine (angl. Brigade Combat Team – BCT) opremila s sistemi C-RAM. Tako bodo BCT-ji dobili lastno zmogljivost za zaščito pred IDF-grožnjami in C2 sistem, ki jim bo omogočal lasten nadzor in kontrolo ZP ter izvajanje zgodnjega opozarjanja znotraj lastnega območja odgovornosti. (Keller, 2016: 1–2).

Drugi izmed sistemov je Rafaelov Iron Dome System, ki ga opredeljujejo kot sistem C-RAM in VSHORAD. Iron Dome omogoča uspešno zaznavanje in nevtralizacijo RAM-ov, pa tudi obrambo pred letali, helikopterji, UAV-ji in PGM-ji. Učinkovitost sistema za boj proti RAM-grožnjam je do razdalje 70 kilometrov, kot sistem VSHORAD pa omogoča zračno obrambo do razdalje 10 kilometrov. Sistem deluje v vseh vremenskih razmerah, tudi v megli in ob nizki oblačnosti (Rafael, 2009).

Izraelski sistem Iron Dome, katerega razvoj je spodbudila PLO, ki je imela za cilj vzbujati strah med civilnim prebivalstvom (Kopp, 2010: 36), lahko simultano in učinkovito deluje na več groženj hkrati. Sistem omogoča učinkovito in selektivno obravnavo kritičnih groženj znotraj branjenega objekta in tako določa potrebo po lansiranju prestrezne rakete. Odkar je bil aprila leta 2011 uveden v operativno uporabo v izraelske oborožene sile, je sistem uspešno prestregel več kot 500 raket, ki so bile izstreljene z območja Gaze v južni in srednji Izrael (Rafael, 2009).



Slika 2: Rafaelov Iron Dome C-RAM in VSHORAD sistem
(Vir: Rafael, 2009)

Baterija sistema Iron Dome, ki stane okoli 50 milijonov dolarjev, je sestavljena iz radarja ELM-2084, centra za upravljanje z ognjem in, odvisno od naloge, določenega števila ognjenih enot (BMD, 2012: para 2–3).

V svoji sestavi ima najmanj tri in, odvisno od naloge, tudi večje število ognjenih enot. Vsaka ognjena enota ima v lanserju do 20 prestreznih raket tipa Tamir, ki delujejo na razdaljah od 4 do 17 kilometrov, vse do cilja pa jih usmerja in vodi center za upravljanje ognja. V fazi leta se raketa vodi tudi sama s pomočjo lastnega radarja (BMD, 2012: para 6–9).

Naslednji zahodni sistem C-RAM je nemški Nächstbereichschutzsystem (NBS) MANTIS (angl. Modular, Automatic and Network capable Targeting and Interception System). To je sistem zračne obrambe zelo kratkega dosega, ki je bil razvit za zaščito prednjih operativnih baz (angl. Forward Operating Base – FOB) nemške vojske v Afganistanu. Ta sistem je uradno poznan kot NBS C-RAM oziroma zaščitni sistem zračne obrambe zelo kratkega dosega (angl. Close-Range Protection System) NBS MANTIS. Temelji na 35-milimetrskem, popolnoma avtomatiziranem topniškem sistemu zračne obrambe Skyshield, ki ga je za nemško kopensko vojsko (nem. Bundeswehr) razvila družba Rheinmetall Air Defence (Army-Technology, 2012: para 1–5).



Slika 3: Zaščitni sistem zračne obrambe zelo kratkega dosega NBS MANTIS (Vir: Army-Technology, 2012)

Razvoj zaščitnega sistema zračne obrambe NBS MANTIS se je začel na zahtevo nemške kopenske vojske, ker ta ni imela primerne oborožitvenega sistema za zaznavanje in nevtralizacijo manjših izstrelkov v okviru IDF-groženj, ki so

pretile nemškimi vojakom v FOB Mazar-e Šarif in FOB Kunduz v severnem Afganistanu. Marca 2007 je nemška kopenska vojska podpisala pogodbo za razvoj NBS C-RAM z Rheinmetall Air Defence, pred tem imenovanim Oerlikon Contraves. Vrednost pogodbe za razvoj je znašala 48 milijonov evrov (Army-Technology, 2012: para 3–5).

Sistem NBS C-RAM je popolnoma avtomatiziran in lahko deluje v ritmu 24 ur na dan, 7 dni v tednu (24/7). Sestavljen je iz centra za upravljanje ognja, dveh senzorjev in šestih ognjenih enot. Ognjene enote so opremljene s 35-milimetrskimi Oerlikonovimi avtomatskimi topovi, ki so sposobni izstreliti 1000 nabojev na minuto in so skupaj s centrom za upravljanje ognja avtomatizirane. Ognjene enote uporabljajo strelivo AHEAD, ki ga je Rheinmetall razvil posebej za sistem C-RAM (Hoffmann, 2009).

3.2 Pregled delujočih sistemov C-RAM na Vzhodu

Vzhodni oborožitveni sistemi, kot je bilo že pojasnjeno, niso opredeljeni kot C-RAM, temveč kot sistemi C-PGM, vendar se po svojih lastnostih bistveno ne razlikujejo od sistemov C-RAM. Mogoče je celo trditi, da so na področju tehničnih rešitev naprednejši in modernejši od sistemov C-RAM zahodnega porekla, in sicer predvsem zaradi njihove naravnosti na PGM-grožnje, saj so PGM-ji modernejši in tehnično bolj izpopolnjeni od preprostih izstrelkov RAM.

Prvi izmed dveh ruskih sistemov, ki sta optimizirana za ta namen, je oborožitveni sistem PANCIR S-1E oziroma 96K6 z Natovo oznako SA-22 Greyhound. To je samovozni raketnotopniški sistem zračne obrambe (angl. Self-Propelled Anti-Air Gun-Missiles – SPAAGM). Ognjena enota je oborožena s po 12 raketami tipa 9M311 ali 57E6, katerih poševni horizontalni doseg je od 1,2 do 20 kilometrov, vertikalni od 15 metrov do 15 kilometrov ter dvema 30-milimetrskima protiletalskima avtomatskima topovoma tipa 2A38M z dometom od 200 metrov do 4 kilometre (Kopp, 2012: para 22-45 in KBP, 2016).

Sistem PANCIR S-1 je po navedbah proizvajalca zasnovan za izvajanje zračne obrambe manjših vojaških ali upravno-industrijskih objektov ter območij pred izvidovanjem in napadi z letali, helikopterji, manevrirnimi raketami, PGM-ji, GPS-bombami in UAV-ji. Zelo uporaben je tudi kot sistem za zapolnjevanje vrzeli ali kot enakovreden sistem znotraj kombinirane cone raketnih sistemov

zračne obrambe (CLUSTER). Uporaben je tudi kot dopolnilni sistem za uničevanje rahlo oklepnih ciljev (KBP, 2016).

Bojno vozilo, ki stane približno 15 milijonov dolarjev, je modularno zasnovano. Deluje lahko kot samostojna ognjena enota, znotraj katere so integrirani vsi potrebni podsistemi za samostojno delovanje. Ti podsistemi so: podsistem za zaznavanje groženj oziroma odkrivanje cilja, podsistem za sledenje ter podsistem za ognjeno delovanje. Modularna zasnova ognjene enote omogoča njeno pritrnitev na različne tipe transportnih platform², lahko pa se uporablja kot stacionarna različica brez transportnega vozila (KBP, 2016).

Navadno je v bateriji oborožitvenega sistema PANCIR S-1 do šest ognjenih enot oziroma bojnih vozil. Vlogo poveljniškega vozila prevzame tista ognjena enota, ki ima najkakovostnejšo lokalno sliko o situaciji v zračnem prostoru (angl. Local Air Picture – LAP). Na ravni bataljona oziroma polka je oborožitveni sistem PANCIR S-1 navadno opremljen tudi s posebnim poveljniškim nadzornim centrom, ki skrbi za avtomatski nadzor nad bojnimi operacijami, zlasti med množičnimi zračnimi napadi, imenovanim ADMGS (angl. Air Defense Missile Guiding System) (Kopp, 2012: para 22–45 in KBP, 2016).



Slika 4: PANCIR S-1E oziroma 96K6 na vozilu MAN Cat SX 45 8 x 8 (Vir: KBP, 2016)

²Kot transportno platformo že proizvajalec ponuja različna vozila, kot so KAMAZ-6560 8 x 8, Ural-5323.4 8 x 8, MZKT-7930 8 x 8, BAZ-6909 8 x 8 ali MAN Cat SX 45 8 x 8. Tip vozila, ki se uporablja kot transportna platforma, je lahko tudi predmet individualne izbire naročnika.

Drugi ruski oborožitveni sistem je TOR M2E oziroma 9A331MK z Natovo oznako SA-15D Gauntlet. TOR M2E je nadgrajena različica sistema SHORAD TOR M1, ki lahko poleg letal in helikopterjev uspešno zazna in nevtralizira tudi manevrirne rakete, PGM-je, GPS-bombe in UAV-je, ki letijo na zelo nizkih in srednjih višinah v težkih pogojih elektronskega bojevanja (Kopp, 2014: para 27–50).



Slika 5: TOR M2E oziroma 9A331MK (Vir: KUPOL JSC, 2016)

TOR M2E nosi 8 prestreznih raket tipa 9M331 ali 16 raket tipa 9M338 s povečanim dosegom in višino. Te rakete imajo poševni horizontalni doseg do 16 kilometrov, vertikalnega pa do 10 kilometrov in največjo hitrost 1000 metrov na sekundo. Sistem je samovozen, na šasiji s kolesi v različici 6 x 6 ali na šasiji z gosenicami. Ima sposobnost izstrelitve prestrezne rakete s kratkega postanka. Čas, potreben za prehod iz transportnega v bojni položaj, ni daljši od 2 do 3 sekunde. Opremljen je z novim digitalnim računalniškim sistemom in optičnim sistemom za sledenje, ki deluje v vseh vremenskih razmerah. Proizvaja ga rusko podjetje KUPOL JSC iz Iževska (Kopp, 2014: para 27–50).

Na Vzhodu se kot vojaška velesila vse bolj dokazuje tudi Kitajska. Svoj preboj na področje C-RAM poskuša doseči z oborožitvenim sistemom »LD-2000 SPAAGM«. Zgrajen je na podlagi nizozemskega 30-milimetrskega topniškega sistema CIWS Goalkeeper, postavljenega na šasijo tovornega vozila 8 x 8, na katero so vgradili tudi kitajski posnetek ameriškega artilerijskega radarja AN/TPQ-36. Kitajci sicer trdijo, da je sistem konkurenčen, vendar pa je bolj kot to pomembno dejstvo, da s tem sistemom Kitajska sledi ameriško-ruski oboroževalni tekmi na področju oborožitvenih sistemov C-RAM in C-PGM (Kopp, 2014: para 19–29).



Slika 6: Kitajski sistem C-RAM LD-2000 (Vir: Kopp, 2014)

3.3 C-RAM-sistemi, sistemi prihodnosti

Sistemi C-RAM bodo v prihodnosti temeljili na laserskem orožju, saj je to orožje privlačno predvsem zaradi bistveno nižjega stroška na posamezen izstrelak (angl. Cost Per Shot) v primerjavi s klasičnim ognjenim orožjem. Slaba stran laserskega orožja je, da laserji ne morejo prodreti skozi goste oblake ali aerosole ter dosegati večjih razdalj. Največji tehnološki izziv za lasersko orožje je še vedno prodiranje laserskih žarkov skozi spodnje plasti atmosfere (O'Neill, 2008: 7–9).

Medtem ko privlačnost laserskega orožja izhaja iz znanstvenofantastične popularizacije z začetka 20. stoletja, je šele pragmatična resničnost, predvsem zaradi želje po zniževanju stroškov na izstrelak, spodbudila velike finančne vložke v to tehnologijo. Najpomembnejši razvojni programi na področju laserskega orožja so v ZDA in na Kitajskem, kljub temu pa se ne sme zanemariti potencial, ki je v Evropski uniji in Rusiji. Trenuten razvoj laserskega orožja je osredotočen na dve področji. Prvo obsega zelo velika večmegavatna orožja, namenjena nevtralizaciji balističnih raket v predterminalni fazi leta ter uničevanju satelitov, ki krožijo v bližnjih orbitah. Drugo področje pokriva sisteme SHORAD z izhodnimi močmi do nekaj sto kilovatov. V operativnem smislu je poudarek na razvoju orožij za nevtralizacijo IDF oziroma na laserskih orožjih C-RAM in C-PGM (Kopp, 2008: 40).

V kategorijo laserskih orožij C-RAM spada taktično visokoenergetsko lasersko orožje (angl. Tactical High Energy Laser – THEL), ki ga razvijajo

ameriška in izraelska podjetja že od leta 1996. THEL naj bi bil zgrajen v dveh izvedbah, in sicer v statični različici in premični, imenovani Mobile THEL (MTHEL). Prototip sistema THEL so med letoma 2000 in 2004 večkrat preizkusili. Uničili naj bi 28 raket tipa »Katyusha«, večje število artilerijskih in minometnih izstrelkov ter uspešno nevtralizirali minometni napad v salvi. Pri razvoju sistema THEL/MTHEL sodelujejo podjetja TRW/Northrop-Grumman, Ball Aerospace, ELBIT/El-Op in IAI/ELTA, ki je razvilo radar in center za upravljanje ognja, ter podjetji RAFAEL in Tadiran (Kopp, 2008: 41).



Slika 7: Prototip visokoenergetskega laserskega orožja (THEL)
(Vir: Kopp, 2008)

Tudi ameriško podjetje Raytheon razvija laserski sistem C-RAM, imenovan Laser Area Defense System (LADS), s katerim poskuša zagotoviti nadomestilo za sistem Phalanx CIWS. Z uporabo sedanje konstrukcije in strojne opreme sistemov Phalanx CIWS in LPWS ter 20-kilovatnega laserja želijo ustvariti nov oborožitveni sistem, ki bo dovolj učinkovit za obrambo pred grožnjami RAM (Kopp, 2008: 42).

Seveda tudi Evropa ne stoji križem rok na tem področju. Znotraj evropske obrambne agencije MBDA je kot nosilec projekta visokoenergetskega laserskega orožja zračne obrambe Air Defence High Energy Laser Weapon (AD-HELW) izbrano nemško podjetje LFK-Lenkflugkörperysteme GmbH, ki s svojimi partnerji iz petih evropskih držav dela pri projektu laserskega sistema C-RAM (LFK, 2011: 2–6).

4 Primer uporabe sistema C-RAM med izvajanjem operacij Iraška svoboda in Nova zora

Za zaključno nalogo višjega štabnega tečaja so bile analizirane izkušnje iz bojne uporabe sistema C-RAM. Analiza je temeljila na teoretičnih podlagah, prepletenih z izkušnjami stotnika Kevina Beaversa, pripadnika enote zračne obrambe ameriške vojske. Stotnik Beavers je bil od januarja 2010 do januarja 2011 eden od članov projektne skupine C-RAM v operacijah Iraška svoboda in pozneje Nova zora.

Ameriške oborožene sile ob invaziji na Irak leta 2003 niso imele ustreznega oborožitvenega sistema, ki bi lahko uspešno nevtraliziral rakete, artilerijske granate in minometne izstrelke, preden so ti imeli neposreden negativni učinek na vojaka v območju delovanja. Zavedali so se, da potrebujejo oborožitveni sistem, ki bo imel sposobnost zaznati prihajajoč posredni ognjeni napad. Poleg tega mora ta zagotoviti tudi zgodnje opozarjanje enot, da se lahko omogoči njihovo pravočasno zaklanjanje. Hkrati mora biti sposoben izvesti še nevtralizacijo prihajajočih projektilov, ko so ti še v coni, v kateri ne ogrožajo napadenega objekta in enot. Rešitev za take izzive je bil razvoj posebnega oborožitvenega sistema, ki je bil zgrajen iz več različnih oborožitvenih sistemov (Beavers, 2011).

Ta novi oborožitveni sistem sistemov so poimenovali »oborožitveni sistem nevtralizacije raket, artilerijskih ter minometnih izstrelkov« (angl. Counter-Rocket, Artillery, and Mortar – C-RAM). Oborožitveni sistem C-RAM mora združevati vsa temeljna načela uporabe enot in oborožitvenih sistemov zračne obrambe (ZO), kot jih je definiral že brigadni general James A. Shipton³, hkrati pa mora zagotavljati obrambo pred IDF.

Na podlagi groženj IDF in načel uporabe enot ter oborožitvenih sistemov zračne obrambe je bilo treba razviti oziroma vzpostaviti tudi temeljne funkcionalne sposobnosti sistema C-RAM. Funkcionalne sposobnosti so podlaga, na kateri temelji razvoj novega oborožitvenega sistema. Organizacija in oprema sistemov C-RAM se bosta načeloma s časom in razvojem tehnologije spreminjali, funkcionalne sposobnosti pa bodo ostale kot trajna pravila za njegov prihodnji razvoj (ATP 3-01.60, 2005: 2-2-2-7).

³ Brigadni general James A. Shipton je bil prvi poveljnik protiletalskih sil ZDA in je poznan tudi kot oče protizračne obrambe (angl. Air Defense Artillery).

Oborožitveni sistem C-RAM, kot ga danes razumejo v oboroženih silah ZDA, je produkt spiralnega razvoja, ki ponuja operativno funkcionalno rešitev za kompleksne IDF-grožnje, s katerimi se srečujejo oborožene sile ZDA na sodobnem bojišču. Zasnovan je kot integriran skupni sistem na principu »plug-and-fight«, zato ima številne prednosti, pa tudi omejitve, povezane z integracijo in mreženjem dodatnih senzorjev z osnovnim oborožitvenim sistemom.

V osnovno konfiguracijo oborožitvenega sistema C-RAM trenutno spadajo:

- sistem za poveljevanje in kontrolo v zračni obrambi na območju delovanja (Forward Area Air Defense – FAAD)⁴,
- delovne postaje za zračno obrambo (Air and Missile Defense Workstation – AMDWS)⁵,
- sistem za zgodnje opozarjanje o nevarnosti (Wireless Audio-Visual Emergency System – WAVES)⁶,
- lahki protiminometri radarji (Lightweight Counter-Mortar Radar – LCMR),
- kopenska različica oborožitvenega sistema Phalanx (Land-based Phalanx Weapon System – LPWS) ,
- komunikacijski sistem »Redline« (Redline Communications) (ATP 3-01.60, 2005: 3-1).

Poleg sistemov iz osnovne konfiguracije lahko oborožitveni sistem C-RAM izkorišča oziroma integrira še druge sisteme, ki pa niso pod operativno kontrolo enote C-RAM. To so dodatni artilerijski radarji za iskanje artilerijskega in minometnega ognja. Na primer radarji TPQ-36, TPQ-46, TPQ-37, hitro namestljiv sistem za opazovanje iz zračnega prostora (Rapid Aerostat Initial Deployment System – RAID)⁷ ter integriran varnostni sistem baze (Integrated

⁴FAAD se uporablja za korelacijo lokalne slike RAM in lokalne slike v zračnem prostoru iz radarja Sentinel ter drugih razpoložljivih senzorjev za potrebe ENGAGEMENT in FORCE OPS. FAAD pošlje korelirano sliko o situaciji v zračnem prostoru v AMDWS in vmesnik za EW ter drugim »need to know« agencijam.

⁵AMDWS uporablja podatke o situaciji v zračnem prostoru iz FAAD, jih analizira in nato posreduje le pomembne informacije, potrebne za ukrepanje, v različne C2-sisteme.

⁶WAVES prenaša zvočna opozorila in signale. Sprejme podatke o POI od FAAD ter posledično določa ustrezne mikrolokacije za alarmiranje. Za to uporablja kombinacijo zunanjih in notranjih zvočnikov in luči, ki opozarjajo osebe na nevarnost IDF-napada.

⁷RAID je hitro namestljiv sistem za opazovanje iz zračnega prostora, ki temelji na napihljivem zrakoplovu – cepelinu s številnimi senzorji in na zemeljski kontrolni postaji. Zagotavlja dnevno in nočno zmogljivost za prepoznavo ciljev ter zavedanje o razmerah v zračnem prostoru. Zagotavlja predvsem pravočasne in ustrezne informacije za odzivanje pri neposrednem napadu ali IDF-napadu.

Base Defense Security System – IBDSS), ki se brani s sistemom C-RAM (ATP 3-01.60, 2005: 3-1).

Poudariti je treba, da poveljniki lahko sami določajo, kateri sistemi bodo integrirani znotraj omrežja COB/FOB v skupni oborožitveni sistem za podporo misiji C-RAM. Koncept C-RAM temelji na predpostavki, da je to oborožitveni sistem, ki se še razvija in se uspešno integrira z že uveljavljenimi oborožitvenimi sistemi ter je odprt za vključevanje novih sistemov, ki so še v eksperimentalni fazi uporabe (Beavers, 2011).

5 Sklep

Na podlagi analize posameznih že delujočih oborožitvenih sistemov C-RAM skozi prizmo Natovega MCR⁸ oziroma Natovega cilja zmogljivosti za sisteme C-RAM je mogoče skleniti, da:

- Northrop-Grummanov sistem C-RAM izpolnjuje kriterije oziroma dosega zmogljivosti, ki so predvidene v Natovem MCR iz leta 2011, medtem ko tiste, ki so zahtevane v Natovem MCR iz leta 2016, izpolnjuje le deloma. To pomeni, da ima ta sistem le delno sposobnost samostojne zaznave in nevtralizacije UAV-jev na nizkih višinah ter delovanja, ki se jih pričakuje od sistemov VSHORAD. Zato se v bližnji prihodnosti pričakuje njegovo nadgrajevanje. Podjetje Raytheon že razvija laserski sistem C-RAM, s katerim poskuša zagotoviti nadomestilo za sistem Phalanx CIWS, ki je srce Northrop-Grummanovega oborožitvenega sistema.
- Rafaelov sistem Iron Dome je sposoben zaznati prihajajoče rakete, artilerijske in minometne izstrelke na razdaljah do 100 kilometrov in jih nevtralizirati na razdaljah od 4 do 70 kilometrov. Hkrati je lahko tudi učinkovit sistem zračne obrambe zelo kratkega dosega oziroma VSHORAD do razdalje 10 kilometrov. Brani lahko površino okoli 150 kvadratnih kilometrov, kar je znotraj zahtev za sisteme VSHORAD. To pomeni, da Rafaelov Iron Dome System že izpolnjuje vse zmogljivosti, ki jih predvidevajo Natovi MCR iz leta 2016. Pomembno je, da je tudi uspešno bojno preizkušen.

⁸Natove minimalne zahteve za gradnjo zmogljivosti oziroma Nato Minimum Capability Requirement (MCR). Sprejele so jih države članice v okviru Natovega obrambnega načrtovanja.

- Sistem NBS MANTIS je sistem C-RAM, razvit iz sistema SHORAD Skyshield. Njegovi snovalci so ob širitvi njegovih zmogljivosti v sistem C-RAM ohranili vse lastnosti oborožitvenega sistema Skyshield, ki je tipičen predstavnik kopenske zračne obrambe kratkega dosega (SHORAD). Sposoben je zaznati in nevtralizirati prihajajoče RAM-izstrelke, pa tudi letala, helikopterje, UAV-je in PGM-je na razdalji do tri kilometre od objekta obrambe. Lahko se integrira tudi z drugimi oborožitvenimi sistemi zračne obrambe v skupen integriran sistem zračne obrambe objekta oziroma območja, kar preraste v bistveno povečanje branjenega območja. Na podlagi tega je mogoče skleniti, da Rheinmetallov sistem NBS MANTIS izpolnjuje vse kriterije, ki jih predvidevajo Natove MCR iz leta 2016.
- Oborožitveni sistem PANCIR S-1 ruske proizvodnje, s konstrukcijo, ki poleg sistemov za zaznavanje in spremljanje groženj iz zračnega prostora uspešno integrira tudi lanserje prestreznih raket in protiletalska avtomatska topa v okviru ene ognjene enote oziroma na enem vozilu, predstavlja resno, predvsem pa kakovostno alternativo zahodnim sistemom C-RAM. To je univerzalni zaščitni sistem zračne obrambe kratkega dosega, ki omogoča zaščito pred najmodernejšimi grožnjami iz zračnega prostora, kot jih predstavljajo letala, helikopterji, manevrirne rakete, PGM-ji, GPS-bombe in UAV-ji. Poudariti je treba še en pomemben podatek o sistemu PANCIR S-1. To je njegova sposobnost izvajanja C-RAM oziroma C-PGM operacij, skladno z Natovim MCR iz leta 2016, s samo eno ognjeno enoto oziroma enim vozilom.
- Alternativo zahodnim sistemom C-RAM predstavljata še dva delujoča C-RAM oziroma C-PGM sistema. To sta ruski oborožitveni sistem TOR M2E, ki izpolnjuje vse kriterije, predvidene v sistemu Nato MCR iz leta 2016, ter kitajski sistem C-RAM LD-2000, ki izpolnjuje le kriterije, ki jih predvidevajo Natovi MCR iz leta 2011.

Na podlagi analize posameznih že delujočih sistemov C-RAM skozi definicijo oborožitvenega sistema, kot ga v svoji knjigi *Sodobni oborožitveni sistemi* definirata profesorja Žabkar in Svete, je mogoče skleniti, da vsi delujoči sistemi C-RAM izpolnjujejo vse kriterije, ki jih Žabkar in Svete opredelita kot potrebne, da lahko neki sistem pojmujeemo kot oborožitveni sistem. Prav tako vsi opisani sistemi C-RAM izpolnjujejo kriterije, ki jih definirata s pojmom »sodoben oborožitveni sistem«.

V okviru ciljev zmogljivosti Nata za Republiko Slovenijo, v katerih je v perspektivi omenjen tudi razvoj zmogljivosti C-RAM, lahko izpostavimo, da jih je kar nekaj, zlasti v obliki večnacionalnih ali regionalnih razvojnih možnosti, ki se ponujajo Republiki Sloveniji v obliki projektov C-RAM. Ti so sicer še daleč od prototipa, imajo pa resno možnost, da iz njih nastane sodoben oborožitveni sistem C-RAM. V tej perspektivi ne gre zanemariti tudi možnosti, ki se ponuja slovenskemu intelektualnemu in gospodarskemu potencialu. Ta bi si znotraj mednarodne kooperacije lahko zagotovil primerno soudeležbo, Republika Slovenija pa kompenzacijo finančnega vložka v realizacijo Natovega cilja zmogljivosti za sisteme C-RAM.

6 Literatura in viri

1. O'Neill, R. Malcolm, ur., 2008. Review of directed energy technology for countering rockets, artillery, and mortars (RAM). Washington DC: Board of Army Science and Technology.
2. Žabkar, Anton, 2003. Marsova dediščina – Temelji vojaških ved, 1. knjiga. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
3. Žabkar, Anton, Svete, Uroš, 2010. Sodobni oborožitveni sistemi (življenjski cikli, načini nabave in faze razvoja). Knjiga. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.
4. Hoffmann, Oliver, 2009. High-tech response to rocket attacks. Düsseldorf: Rheinmetall Defence.
5. Kopp, Carlo, 2008. High energy laser air defence weapons. Queensland Australia: DefenceToday.
6. Kopp, Carlo, 2010. Counter-Rocket Artillery Mortar futures. Queensland Australia: DefenceToday.
7. Keller, John, 2016. Northrop-Grumman moving Counter-Rocket, Artillery, and Mortar capabilities to brigade combat teams. Huntsville: Military Periscope.
8. NATO, 2011. Izvleček iz Minimum Capability Requirement (MCR), vezano na C-RAM zmogljivost L 6204 N. North Atlantic Treaty Organization.
9. NATO, 2016. Izvleček iz Minimum Capability Requirement (MCR), vezano na C-RAM zmogljivost L 6204 N. North Atlantic Treaty Organization.
10. Army-Technology, 2012. NBS MANTIS Air Defence Protection System. <http://www.army-technology.com/projects/mantis/>, 17. 6. 2016.

11. ATP 3-01.60, (Army, Tactics, Techniques, And Procedures), 2005. Counter-Rocket, Artillery, and Mortar Operations. Fort Sill, OK: United States Army Air Defense Artillery School.
12. Ballistic Missile Defense, 2012. Iron Dome Description <https://mostlymissiledefense.com/2012/12/05/ballistic-missile-defense-iron-dome-description-december-5-2012/>, 17. 6. 2016.
13. KBP Instrument Design Bureau, 2016. Pantsir S1 Air Defense Missile-gun System. Moscow: <http://www.kbptula.ru/en/productions/air-defense-weapon-systems/pantsir-s1>, 1. 7. 2016.
14. Kopp, Carlo, 2012. KBP 2K22/2K22M/M1 Tunguska SA-19 Grison / 96K6 Pantsir S1 / SA-22 Greyhound SPAAGM Самоходный Зенитный Ракетно-Пушечный Комплекс КБП 2K22M/M1 Тунгуска-М/М1 / 96К6 Панцирь-С. Technical Report APA-TR-2009-0703. <http://www.ausairpower.net/APA-96K6-Pantsir-2K22-Tunguska.html#mozTocId239351>, 1. 7. 2016.
15. Kopp, Carlo, 2014. PLA Mechanised Infantry Division Air Defence Systems. PLA Point Defence Systems. Technical Report APA-TR-2009-0301. <http://www.ausairpower.net/APA-PLA-Div-ADS.html#mozTocId541017>, 1. 7. 2016.
16. Kopp, Carlo, 2014. Russian / Soviet Point Defence Weapons. Technical Report APA-TR-2008-0502. <http://www.ausairpower.net/APA-Rus-PLA-PD-SAM.html>, 1. 7. 2016.
17. Land-Based Phalanx Weapon System - LPWS Data Sheet, 2006. Raytheon Company. http://www.mobileradar.org/Documents/Ray_Phalanx.pdf, 30. 5. 2016.
18. LFK-Lenkflugkörpersysteme GmbH, 2011. AD-HELW Air Defence High Energy Laser Weapon (A-0690-RT-GC). Schrobenhausen: MBDA Missile sistem.
19. Rafael, 2009, Iron Dome - Defense System Against Short Range Artillery Rockets. Rafael Advanced Defense Systems / Missile and NCW Division.
20. Umek, Aleš, 2016. Oborožitveni sistem nevtralizacije raket, artilerijskih ter minometnih izstrelkov. Zaključna naloga višještabnega tečaja, Center vojaških šol, Maribor.

Intervju:

- Več pogovorov o izkušnjah pri bojni uporabi oborožitvenega sistema C-RAM, s poudarkom na uporabi načel uporabe enot zračne obrambe, je s stotnikom Kevinom Beaversom, pripadnikom enote zračne obrambe ameriške vojske, potekalo oktobra 2011 v vojaški bazi Fort Sill v Oklahomi.