

Maláta Gergő

## A LOPAKODÓ TECHNOLOGIA ÉS AZ AKTÍV ÁLCÁZÁS ALKALMAZÁSA REPÜLŐGÉPEKEN

*Már az egyes harcos kiképzés folyamán is megtanítták a katonáknak, hogy álcázzák magukat, tévesszék meg az ellenséget, hogy minél később szerezzon tudomást jelenlétükről, szándékaikról. Így van ez a katonai műveletek teljes vertikumában is. A legalapvetőbb és kezdetleges formája a rejtő színek használatából ered. A kutatások és fejlesztések eredményeiként az álcázásra alkalmazható technikák, technológiák számos formáját alkalmazzák katonai műveletekben. A katonai harcjárművek, felszerelések észlelhetőségének csökkentésével foglalkozó műszaki tudományt lopakodó („stealth”) technológiának nevezzük.*

**Kulcsszavak:** „stealth”, lopakodó technológia, álcázás, aktív álcázás

### BEVEZETÉS

„A lopakodó technológia azon elméletek, műszaki megoldások és anyagok együttes gyakorlati alkalmazása, amelyek segítségével a légijármű repülési magasságtól és sebességétől függetlenül teljesen, vagy döntő részben rejtve marad valamennyi felderítő eszközzel szemben”<sup>1</sup>. Célja, hogy az adott harceszköz észlelhetőségét (szabad szemmel, radarral, infravörös vagy hő érzékelővel stb.), azonosítását, bemérését, vagy támadhatóságának esélyeinek csökkentését, illetve támadási lehetőségeit segítse elő. Az álcázás természetes igényként merült fel a légierőkben alkalmazott eszközök esetében is. A bevetésre menő repülőgépek napjainkban szinte „láthatatlanul” repülhetnek be az ellenfél légtérébe, a feladat végrehajtás után pedig térhetnek vissza a bázisukra, felfedezetlenül és sértetlenül. Jelentős előnyöket biztosít az ellenséggel szemben a légi hadműveletek folyamán, melylyel a repülőgép képes kiharcolni a légi fölényt és ezzel támogatva a szárazföldi csapatokat a harcokban. Ehhez hozzájárul a katonai harci repülőgépek alapvető tulajdonságai, mint például: a rugalmasság és a mobilitás, valamint gyors, erőteljes, hatékony és váratlan támadások lehetőségei. A túlélőképességük függ a konstrukciós tényezők komplex ötvözetétől, azok alkalmazásuktól, a feladat tervezésétől és az abban alkalmazott harcászati eljárásoktól [3][4][9][10][21][22][23].

A lopakodó repülőgépek képességei a fent említett szempontok és az alkalmazás minőségének összessége, mely növeli annak túlélőképességét és az adott feladat sikeres végrehajtás után biztonságos hazatérés követ. Ezek a repülőgépek képesek olyan küldetések teljesítésére is, amelyekre más repülőgépek nem [3][9][10][21][22][23].

### Történelmi előzmények

A XX. században a repülőgépek katonai jelentősége egyre növekedett, ahogy kezdték felismerni, hogy sok előnnyel rendelkeznek. Fegyvereket hordozva képesek a levegőből a száraz-

<sup>1</sup> ÓVÁRI GYULA: A légijárművek gazdaságosságát és manőverező képességét javító sárkányszerkezeti megoldások, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, 1990. p. 280.

földet és a vízfelszínt támadni, valamint ellenséges katonai repülőgépekkel felvenni a légi harcot. Megjelentek az első radarállomások is, amelyek erősítették az adott ország légvédelmét, pontosabb és időben korábbi észlelési adatokat voltak képesek biztosítani a védelme számára, így hozzájárulva az ellenséges harci gépek túlélőképességének csökkentéséhez [3].

A háború befejezésével elkezdődött a „Hideg háború”, mely egyben nagy fegyverkezési verseny is volt. A Földön nagyobb részt amerikai és szovjet gyártmányú repülőgépek harcoltak egymással, amiket más országok alkalmaztak (például: Izrael, Észak-Korea, Dél-Korea, Irak, Irán stb.). A fegyverkezési verseny fokozta a katonai célú fejlesztéseket, mind amerikai, mind szovjet oldalon. Ekkor kezdődött el a lopakodó technológia fejlesztése és folyamatos modifikálása [3].

Az USA a Szovjetunióval kapcsolatos információs szükségleteit kémrepülőgépek alkalmazásával igyekezett csökkenteni. Az U-2, A-12<sup>2</sup> kém repülőgépek fejlesztése nagy előre lépést jelentettek a lopakodó technológia fejlődésében. További koncepciók nyomán született meg a már fejlettebb jellemzőkkel rendelkező B-1B, illetve a mai ötödik generációs repülőgépek (1. ábra), amelyek a 90-es évek elején jelentek meg a negyedik generációs repülőgépektől jelentősen nagyobb fejlesztési különbségekkel [3][10].



1. ábra A lopakodó technológia fejlődése [4]

## A LOPAKODÓ TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA NAPJAINKBAN

Fejlett lopakodó technológiával az ötödik generációs repülőgépek (2. ábra) rendelkeznek, amelyeket mai napig alkalmaznak. Ők képviselik a „stealth” technológia eddigi fejlesztéseinek csúcsát. Fontos prioritás volt ennek fejlesztésének idején, hogy nagysebességű szuper manőverezhetőséget képviseljen, miközben láthatatlan az ellenséges radarokkal szemben. Például az X-

<sup>2</sup> A-12: Az SR-71 Blackbird kezdeti típusa

35<sup>3</sup> fejlesztésekor fontos szempont volt, hogy a beömlő nyílásokat úgy tervezzék, hogy csökkentsen a radarvisszaverő keresztmetszet. Ez új hajtómű kifejlesztését igényelte, ami nagysebességen is képes az adott repülőgép fordulásokor annak sebességét folyamatosan fenntartani. A láthatatlanság képességének biztosítását a következő szempontok figyelembe vételével kellett megoldani:

- alacsony észlelhetőség infravörös és rádiólokációs érzékelőkkel szemben;
- fegyverzetét a törzsébe süllyesztve hordozza;
- magas manőverezhetőség hangsebességnél gyorsabb állapotban;
- utazó sebessége hangsebességnél magasabb utánégető használata nélkül;
- emberi szemmel nehezen észlelhető [1][4][10][11][12][14][15][16][17][18][19][20][23].



2. ábra Ötödik generációs vadászpilóták (F-22 Raptor, F-35A Lightning II, PAK FA, Chengdu J-20, ATD-X (Shinshin)) [2]

A lopakodó technológia két formáját különböztethetjük meg:

- passzív álcázás;
- aktív álcázás [4].

<sup>3</sup> X-35: F-35A Lightning II kísérleti típusa

## A passzív álcázás

A lopakodó technológia a repülőgépek sárkányszerkezetének kialakításával és a radar által kibocsátott sugarak elnyelésére alkalmas anyagok és bevonatok használatával érhető el. Célja:

- „a sárkány és hajtómű lokátor hullámokat nagymértékben csökkentse;
- gyenge tükröződési tulajdonságú anyagok felhasználásával elnyelje a radar által kibocsátott sugarakat;
- a repülőgép által kibocsátott hő, elektromos, mágneses, fény, hang stb. kisugárzásokat megszüntesse”<sup>4</sup>.

Mivel a rádiólokációs érzékelők a sárkányszerkezet sík felülete, valamint annak függesztményei által észlelik a repülőgépet a kibocsátott sugarai révén. Ezért a felderíthetőség elkerülése érdekében fontos, hogy a hatásos keresztmetszetet csökkentsük. Szigorú és titkos előírások vonatkoznak ezek megtervezésére, legyártására, üzemben tartására, alkalmazására.

A passzív álcázás hatékonysága függ a repülőgép:

- formájától;
- anyagától;
- méretétől;
- vizuális észlelhetőségétől;
- kibocsátott hőjétől [3][4][8][9][20][21][22][23].

## AZ AKTÍV ÁLCÁZÁS

A második világháborúban alkalmazták legelőször, mikor az 1940-es évek elején az USA-ban a „Yehudi-Terv” a vizuális elrejtéssel kapcsolatos technikai eredmények születtek. A TDM-3D vezérsíkjaira erős fényű lámpákat szereltek fel, melynek fényereje megtévesztette az ellenséges vadászgépeket, hogy hibásan becsüljék meg az amerikai repülőgépek távolságát. Később a B-24 Liberator-ra is fel lettek szerelve a „Yehudi-lámpák” [3][5].

Az aktív álcázáson az adott harceszköz elfedését, elrejtése elektronikai, plazmatechnikai, illetve lézeres eszközök használatát értjük a felderítő rádiólokációs sugarakkal szemben. Feladata: a rádiólokátorok által kibocsátott jeleinek semlegesítése. Ezzel a technológiával kapcsolatban számos terv van jelenleg is fejlesztés alatt. A teljes álcázás elérése a végső cél, melyet csak teljes láthatatlanságnak nevezünk [3][5][7].

### Aktív rádiólokátor elhárító rendszer

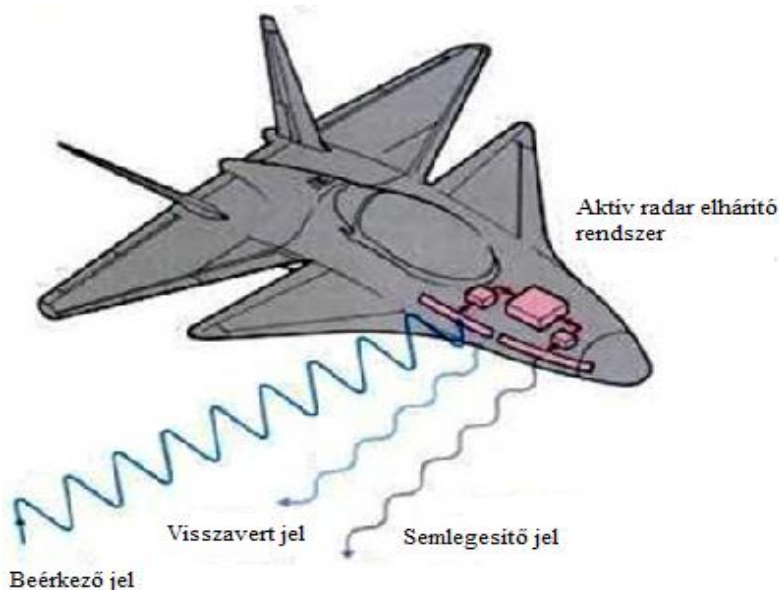
Az aktív rádiólokátor elhárításon az ellenséges radarok által kibocsátott elektromágneses hullámokkal szembeni semlegesítő sugarak létrehozásának módszerét értjük, amely fázishelyzetéből adódóan a repülőgép sárkányszerkezetéről visszaverődő jeleket oltja ki. Az aktív rádiólokátor elhárítás alacsony teljesítményű átvitelt igényel. Működési elve: a cél objektum radarkeztmetszetének (RCS)<sup>5</sup> csökkentése olyan elektromágneses jelek kibocsátásával, amelyek ugyanakkora amplitúdóval rendelkeznek, mint a céltárgyról visszavert jelek. A kisugárzott jel

---

<sup>4</sup> Óvári Gyula: A Stealth repülőgépek szerkezeti kialakításának néhány kérdése. Haditechnika, 1991/4. p. 2.

<sup>5</sup> Radar Cross Section – A radar által mutatott repülőgép láthatósága

iránya meg kell, hogy egyezzen a visszavert jelet generáló besugárzó jel irányával, polaritásával, de a fázishelyzete ellentétesnek kell lennie (3. ábra) [5][6].



3. ábra Az aktív rádiólokátor elhárító rendszer működése [3]

Ahhoz, hogy az álcázás hatékony legyen, a repülőgép sárkányszerkezetére beeső jelek következő tulajdonságait kell ismernünk:

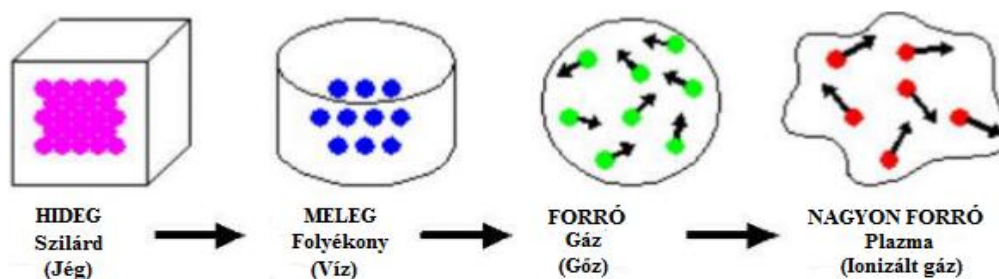
- a beesési szögét;
- az intenzitását;
- a hullámformáját;
- a polaritását;
- és a frekvenciáját [5].

Ez a folyamat komplex, intelligens, gyors adatfeldolgozási sebességgel rendelkező rendszereket igényel [5].

## Plazmatechnika

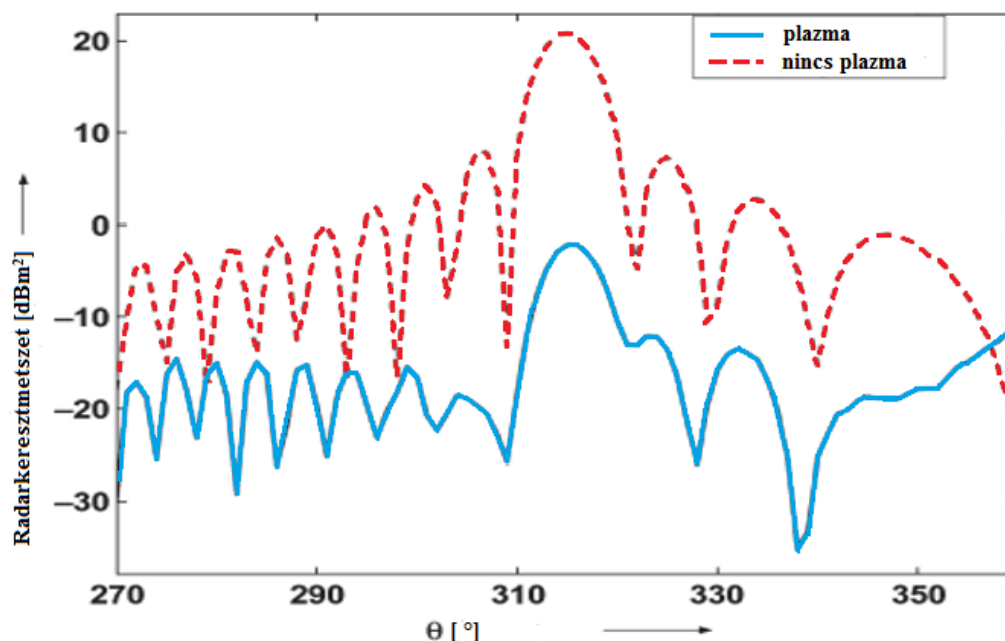
A plazma az anyagok negyedik halmazállapota (4. ábra), amely ionizált, áramvezető gáz, amellyel kapcsolatos fizikai megfigyelések alapján a szovjet tudósok arra jutottak az 1950-es években, hogy az elektromágneses terekre erősen reagál szabad elektronjainak köszönhetően. Egy űrrepülőgép Ionoszférabeli repülése alatt kommunikációs szakadás keletkezett, így megszakadt az összeköttetés a bázissal, és ezt a jelenséget a plazmaréteg idézte elő, mely a sárkányszerkezet felületén volt. A radar által kibocsátott hullámok energiája hővé alakult a réteggel való érintkezésből kifolyólag annak elektronjai egymásközi helyzetük felcserélődése által. Ez a tulajdonság lehetőséget jelent az aktív álcázás új technikájának alkalmazására. A plazma és az elektromágneses hullám közötti kölcsönhatás erősen függ a réteg fizikai paramétereitől, legfőképp annak hőmérsékletétől és a sűrűségétől. Másik fontos jellemző a radar által kibocsátott sugár frekvenciája, mely egy meghatározott értéke alatt visszaverődik a közegről. A plazma felhasználásával a radarkeresztmetszetet is lehet csökkenteni (5. ábra). Ahhoz hogy egy ilyen réteget hozzunk létre a repülőgép felületén, nem igényel speciális anyagokat és jobb manőverekre lesz képes a közeg jelenléte miatti tompább áramlásnak köszönhetően [3][6][8].





4. ábra Az anyag halmazállapotai [4]

Ámbár ennek a technikának vannak hátrányai az alacsony érzékelhetőség terén. Mégpedig az elektromágneses sugárzás a réteggel való érintkezés révén fényjelenség keletkezik, ezzel észlelhető a plazma. Nagy teljesítményre és fejlett technológiájú rendszerekre van szükség, hogy egy ilyen radar-elnyelő réteg létrehozható legyen a sárkányszerkezet felületén. Ugyanúgy képes a repülőgép-vezető kommunikációját is blokkolni. Azonban az orosz tudósok bebizonyították, hogy a repülőgép radarelnyelő keresztmetszetét százszorososan lecsökkentette ez a technika, ez további motivációt adott hatékonyabb plazma általi álcázás kifejlesztésében [3][8].



5. ábra Elektromágneses hullám elnyelődése annak beérkezési szögének a függvényében [8]

## ÖSSZEFOGLALÁS

A jövő lopakodó technológiájának eredménye a teljes láthatatlanság, de az még ismeretlen számunkra, hogy hogyan, milyen anyagok alkalmazásával, milyen felépítés révén, milyen fizikai tapasztalat, törvény vagy eljárás alapján tudnánk ezt létrehozni. A kutatások folyamatosak, így jelen pillanatban is zajlik a lopakodó technológia továbbfejlesztése. Ennek egyik eredményeképp a következő elméletek jelentek meg, amit „Hyper Stealth” vagy „Quantum Stealth” technológiának neveznek. A látható fénytartományában működik, amely egy személy vagy tárgy észlelhetetlenségét eredményezi a mikrohullámú vagy infravörös tartományokban, de mindkétben egyszerre nem. Az adott felületére érkező fényt hullámvezetők segítségével megtörik,

ezzel létrehozva egy „láthatatlan köpenyszerű” álcázást, mely hő érzékelőkkel szemben is hatékony védelem [2][4][11][13].

E technológia tovább fejlesztése révén még hatékonyabb lenne a lopakodó technológia. Ezt légi járműveken alkalmazva még nagyobb biztonságban lennének a repülőgépek számos veszéllyel szemben a feladatok végrehajtása során, mint például: légi fölény kivívása, légi csapás, csapat-szállítás, légi utántöltés, légi utánpótlás [2][9][11][12][20][21][23].

#### **FELHASZNÁLT IRODALOM**

- [1] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Trendek a vadászrepülőgépek legújabb generációinak fejlesztésére alkalmazására. XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia. Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely 2015. pp. 151–162. (ISBN: 978-963-359-053-9)
- [2] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Napjainkban fejlesztett fegyverrendszerek megjelenése a jövő hadszínterein, a tudásalkalmazás és fejlesztés szempontjából. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2015/3. pp. 105–116. (online), url: [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015\\_3/2015-3-08-0223\\_Bekesi\\_B-Szegedi\\_P.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_3/2015-3-08-0223_Bekesi_B-Szegedi_P.pdf) (2016.03.02)
- [3] SERDAR CADIRCI: RF stealth (or low observable) and counter-RF stealth technologies: Implications of counter-RF stealth solutions for Turkish Air Force. 2009. 161 p. (online) url: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a496936.pdf> (2016.03.02)
- [4] SANDOR VASS: Stealth technology deployed on the battlefield. AARMS, Informatics – Robotics, Vol. 2, No. 2 (2003) pp. 257–269 (online) url: <http://www.zmne.hu/aarms/docs/Volume2/Issue2/pdf/08vass.pdf> (2016.03.02)
- [5] KENT W. MCKEE, DAVID W. TACK: Active camouflage for infantry headwear applications. February 2007. (online) url: <http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc69/p528895.pdf> (2016.02.24)
- [6] JUSTIN WILSON: Electromagnetic Stealth: The Fight Against Radar. (online) url: <https://www.google.com/url?q=https://www.calvin.edu/~pribeiro/courses/engr302/Samples/wilson-paper.doc&sa=U&ved=0ahUKEWje7Nz7hebLahXCOhQKHRDwAB4QFggEMAA&client=internal-uds-cse&usq=AFQjCNGxEjHk2KrlMZAafLninoLdCizgDA> (2016.03.09)
- [7] CHRISTOPHER R. BESKAR: Stavatti White Paper: Cold Plasma Cavity Active Stealth Technology. 2004. (online) url: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a432633.pdf> (2016.03.02)
- [8] JANG YUNE-SEOK, LEE JUN-HYUK: Electromagnetic Stealth: The Fight Against Radar. (online) url: [http://tera.yonsei.ac.kr/class/2014\\_1\\_1/lecture/Student%20presnetation4.pdf](http://tera.yonsei.ac.kr/class/2014_1_1/lecture/Student%20presnetation4.pdf) (2016.03.09)
- [9] KESZTHELYI GYULA, ÓVÁRI GYULA: A stealth – technológia hatása a XXI. század katonai repülőeszközeinek alkalmazhatóságára, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/1, pp. 155–166.
- [10] ÓVÁRI GYULA: A légijárművek gazdaságosságát és manőverezőképességét javító sárkányszerkezeti megoldások, Kilián György Repülő Műszaki Főiskola, Szolnok, 1990. pp. 278–292.
- [11] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Napjaink fegyverrendszer fejlesztési trendjei, ECONOMICA (Szolnok) 2015 (4/2. szám), pp. 158–168.
- [12] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Ötödik generációs vadászrepülőgépek fejlesztésének filozófiái, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2015, 591 p, Debrecen. 2015. pp. 194–206. (ISBN: 978-963-7064-32-6)
- [13] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Gondolatok a jövőbeni fegyverek alkalmazási lehetőségeiről, XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely 2015. pp. 183–188. (ISBN: 978-963-359-053-9)
- [14] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: A XXI. század egységes csapásmérő vadászrepülőgépének (JSF) várható megvalósításai, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/2, pp. 117–124.
- [15] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Az egységesített csapásmérő vadászrepülőgép (JSF) fejlesztésének jelenlegi helyzete, Bolyai Szemle X. évfolyam 1. szám, 2001. pp. 9–18.
- [16] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Az új generációs vadászrepülőgép nemzetközi fejlesztése, Bolyai Szemle X. évfolyam (Különszám), 2001. pp. 151–162.
- [17] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Changed by Joint Strike Fighter possibilities in the military forces. The 29<sup>th</sup> Conference of Research Topics „Modern Technologies in the XXI Century”. Bucuresti, Románia, 2001.11.15–2001.11.16. Bucuresti, pp. 1–6.

- [18] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER, SZILVÁSSY LÁSZLÓ: Changed by New Generation Aircraft Possibilities in the Military Forces, Third International Conference on Unconventional Flight, Budapest, 2001.09.12–2001.09.14. Budapest, pp. 1–11.
- [19] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: History of active X-flyers programme, 7<sup>th</sup> MINI Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, University of Technology and Economics, 2000. pp. 481–489, (ISBN 963-420-704-9)
- [20] ÓVÁRI GYULA: A Stealth repülőgépek szerkezeti kialakításának néhány kérdése, Haditechnika, 1991/4. p. 2. (online) url: [http://epa.oszk.hu/02600/02694/00007/pdf/EPA02694\\_rtk\\_1991\\_1\\_043-056.pdf](http://epa.oszk.hu/02600/02694/00007/pdf/EPA02694_rtk_1991_1_043-056.pdf) (2016.02.24)
- [21] ÓVÁRI GYULA: Korszerű csapásmérő helikopterek harcászati-technikai jellemzői, alkalmazási lehetőségei. Katonai Logisztika, 2000/2 p. 147–180.
- [22] ÓVÁRI GYULA: Biztonság- és repüléstechnikai megoldások katonai helikopterek harci túlélőképességének javítására Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/2. pp. 1–14.
- [23] KAVAS LÁSZLÓ: Harcászati repülőgépek túlélőképessége. Szolnoki Tudományos Közlemények XII. Szolnok, 2008. pp. 1–10. (HU ISSN 2060-3002) (online), url: <http://tudomany.szolnok-mtesz.hu/kulonszamok/2008/cikkek/kavas-laszlo.pdf> (2016.02.24)

---

#### APPLICATION OF STEALTH TECHNOLOGY AND ACTIVE CAMOUFLAGE ON AIRCRAFTS

---

*Camouflage is taught during training of soldiers for deceive their enemy to delay their recognition of presence and intents of the soldiers as late as possible. It exists in the complex verticality of military operations, The first way of application of camouflage are the colors. With the improval of technology and the results of research, several new methods of application of camouflage were arrived, which is used in military operations. The technology which is used for reducing the perceptibility of combat vehicles and equipments is called stealth technology.*

**Keywords:** *stealth, stealth technology, camouflage, active camouflage*

---

---

MALÁTA Gergő  
honvéd tisztjelölt  
Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Katonai Repülő Intézet  
Fedélzeti Rendszerek Tanszék  
[hmg42@citromail.hu](mailto:hmg42@citromail.hu)  
[orcid.org/0000-0002-8146-6683](https://orcid.org/0000-0002-8146-6683)

---

MALÁTA Gergő  
Officer candidate  
National University of Public Service  
Faculty of Military Science and Officer Training  
Institute of Military Aviation  
Department of Aircraft Onboard Systems  
[hmg42@citromail.hu](mailto:hmg42@citromail.hu)  
[orcid.org/0000-0002-8146-6683](https://orcid.org/0000-0002-8146-6683)

---



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016\\_1/2016-1-06-0320\\_Malata\\_Gergo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-06-0320_Malata_Gergo.pdf)