

Sándor Zsolt

## Pilóta nélküli légi járművek látótávolságon belüli és azon túli üzemeltetésének kihívásai

*Sokszor felmerül a kérdés, hogy a látótávolságon belüli üzemben (VLOS) végrehajtott művelet során mekkora lehet az UAV maximális eltávolodása a távpilótától. A válasz összetett, és nincs konkrét számérték hozzárendelve, ugyanis több tényező együttes figyelembevételével lehet ezt megállapítani. A sokszor említett 1 km-es ökölszabály sajnos nem alkalmazható teljeskörűen, minden esetre. Bizonyos esetekben az 1 km jelenti az abszolút maximumot, de figyelembe kell venni, hogy akár már néhány 100 m-es eltávolodás esetén is kikerülhet a művelet a VLOS-ból, még akkor is, ha az UAV-ra való rálátást tereptárgyak vagy egyéb tényezők nem akadályozzák.*

**Kulcsszavak:** pilóta nélküli légi jármű, UAS, UAV, látótávolság, látótávolságon túli üzem, látótávolságon belüli üzem, drón

### 1. Bevezetés

Jelen cikkben az európai szabályozási környezet alapján mutatom be, hogy a pilóta nélküli légi járművek használata során a látótávolságon belüli üzemeltetés milyen kihívásokat és milyen korlátokat jelent egy-egy művelet elvégzése kapcsán. A cikk az európai szabályozási keretre épül, továbbá kifejezetten repülésbiztonsági szempontból mutatja be a látótávolságon belüli és azon túli üzemeltetési kihívásokat.

A téma megértéséhez szükséges alapfogalmakat és definíciókat az alábbiakban tekintjük át, a szerző által hozzáfűzött magyarázatokkal együtt.

- Látótávolságon belüli üzem (VLOS – Visual Line of Sight): Az EU 947/2019 rendelet 2. cikk 7. pontja szerinti definíció [1, 2. cikk 7.] kimondja: „Az UAS-műveletek azon típusa, amelyben a távpilóta képes a pilóta nélküli légi járművel való folyamatos, segítség nélküli vizuális kapcsolattartásra, ami lehetővé teszi, hogy a távpilóta az ütközések elkerülése érdekében képes legyen befolyásolni a pilóta nélküli légi jármű repülési útvonalát más légi járművekhez, személyekhez és akadályokhoz képest.” Ennek alapján biztosított, hogy a távpilóta a művelet elvégzésének minden időpontjában a saját szemével rálát az UAV-ra, és képes szemmel tartani a járművet és annak közvetlen környezetét is. Ehhez képest az Amerikai Egyesült Államokban alkalmazott szabály [2] némileg pontosabb, ugyanis egyértelműen meghatározza, hogy a távpilótának pontosan mit kell tudnia észlelni, a repülési művelet végrehajtása során. Folyamatosan észlelendő tételek:

- UAV aktuális pozíciója;
- a jármű mozgási iránya;
- magassága és mozgási helyzete (irányultsága);
- érintett légtér megfigyelése egyéb forgalom és veszélyek észlelése érdekében;
- az UAV a művelet során nem veszélyezteti mások testi épségét és a vagyontárgyakat vagy a természeti képződményeket.
- Látótávolságon kívüli üzem (BVLOS – Beyond Visual Line of Sight): Az EU 947/2019 rendelet 2. cikk 8. pontja szerinti definíció [1, 2. cikk 8.]: „Az UAS-műveletek azon típusa, amelyet nem látótávolságon belüli üzemben (VLOS) hajtanak végre.” Ennek alapján minden olyan művelet, ahol a VLOS nem tud megvalósulni. A későbbiekben áttekintjük, hogy a BVLOS is több részre osztható, a végrehajtás pontos módjától függően.
- Látástávolság: E fogalom több tényező együttes vizsgálatát igényli, ugyanis több módon is meg lehet határozni. Pilóta nélküli légi járművekkel végzett tevékenységek esetén az alábbi meteorológiai és az EASA<sup>1</sup> által kiadott AMC<sup>2</sup>-ben szereplő szakmai szempontból is alkalmazott meghatározást kell figyelembe venni (*flight visibility*) [3]: A látástávolság az a vízszintesen mért távolság, amelynél nappali körülmények esetén valamely tereptárgy vagy mesterséges nem kivilágított tárgy a háttérével teljesen egybeolvad, de még éppenhogy felismerhető. Ez maga a repülés közbeni horizontális látástávolság (*flight visibility*). Pilóta nélküli légi járművek üzemeltetése esetén a horizontális látástávolság megegyezik a vízszintes látástávolsággal (*visual range*), mivel az észlelést a földön álló távpilóta és/vagy megfigyelő végzi. Éppen ezért földi látástávolsággént (*ground visibility*) is hivatkoznak rá [4]. Meghatározásához az észlelést végző egyén a mérés helyszínén ismert távolságban elhelyezkedő tereptárgyakat vagy mesterséges akadályokat (úgynevezett vonatkoztatási pontokat) használ annak megállapítására, hogy az aktuális észlelési pontból melyik irányba milyen messzire lát el. A mérést lehetőség van éjszaka is elvégezni, ilyen esetekben ismert távolságban elhelyezkedő, jól megvilágított tárgyak alapján történik a viszonyítás. A látástávolság maximumát 5 km-ben lehet meghatározni, illeszkedve a VFR repülési szabályokhoz (Visual Flight Rules – látvarepülési szabályok). Amennyiben ennél nagyobb távolságig biztosított az ellátás, akkor is ezt az 5 km-t kell figyelembe venni minden további számításnál [4].
- UAV térbeli észlelési határa: Az a maximális távolság, ameddig a távpilóta képes az UAV pozícióját és haladási irányát észlelni. Ezen távolság eléréséig képes a távpilóta az UAV repülési pályájának irányítására és magasságának, valamint pozíciójának meghatározására a vizuális megfigyelés által. A pontos érték tapasztalati képlet alapján határozható meg, figyelembe véve az eszköz szerkezeti jellegét (merevszárnyú vagy multitoros), illetve legnagyobb jellemző méretét (átlós tengelytávolság – CD) [4]:
  - multitoros eszköz esetén:  $327 \times CD + 20$  m;
  - merevszárnyú eszköz esetén:  $490 \times CD + 30$  m.
- Észlelhetőségi határ: Az a távolság, ameddig más repülőgépek vizuálisan észlelhetők, és elegendő idő áll rendelkezésre egy elkerülő manőver végrehajtására. Ez a határ

<sup>1</sup> European Union Aviation Safety Agency – Európai Unió Repülésbiztonsági Ügynöksége.

<sup>2</sup> Acceptable Means of Compliance, azaz a megfelelés elfogadható módzatai.

mindig az aktuális földfelszínen mért vízszintes látástávolság 30%-a [4]. Éjszakai vagy korlátozott látási viszonyok során tapasztalati úton más érték is megállapítható, azonban a további számításokhoz ezt az értéket használja a szerző.

- VLOS-határ: Az UAS távpilótától való eltávolodásának legnagyobb engedélyezett mértéke, ameddig a VLOS körülményei fennállhatnak. Ez az UAV térbeli észlelési határa vagy az észlelhetőségi határ közül az *alacsonyabb érték* az adott műveletre vonatkozóan, amely a látástávolság 5 km-es számítási maximumát figyelembe véve nem lehet több mint 1,5 km, tekintettel arra, hogy az észlelhetőségi határ maximális értéke az aktuális földfelszínen mért vízszintes látástávolság 30%-a.

## 2. UAS-műveletek szempontjából kötelezően figyelembe veendő tételek

Egy-egy UAS-művelet lebonyolítása során különösen nagy hangsúlyt kap a kockázatelemzés és az üzemeltetés, valamint a lebonyolítás szempontjából, hogy az adott műveletet VLOS- vagy BVLOS-módon valósítják meg. Utóbbi esetben csak a speciális kategóriára vonatkozó szabályoknak megfelelően hajtható végre. A VLOS/BVLOS-mód továbbá meghatározza a földi kockázati osztályt, az alkalmazandó kockázatcsökkentési megoldásokat és a hatóság számára benyújtandó megfelelőségi bizonyítékokat is, ami alapján az egyedi engedélyezési folyamat során megítélhető, hogy a tervezett műveletet az UAS-üzembentartó és a távpilóta biztonságosan végre tudja-e hajtani.

Lényeges, hogy a művelet lebonyolítása során a távpilóta felelőssége, hogy a vonatkozó szabályokat betartsa.

### 2.1. A nyílt kategóriára vonatkozó peremfeltételek

Nyílt kategóriában csak és kizárólag VLOS-művelet hajtható végre, azaz a VLOS feltételeit minden esetben biztosítani kell, ellenkező esetben meg kell szakítani a műveletet [UAS. OPEN.060(2)(b)]. A jogszabályponthoz kiadott AMC is kimondja, hogy a távpilóta olyan maximális távolságba irányíthatja az UAV-ot, hogy azt képes legyen mindig tisztán kivenni, és meg tudja állapítani a távolságát az akadályoktól. Amennyiben a műveleti környezetben nincs akadály, akkor az eltávolodás maximális mértéke a láthatósági korlátja az eszköznek (azaz ameddig látható a távolból – eszközészlelési határ). Akadályok esetén az eltávolodás maximális mértéke akkora lehet, hogy a távpilóta képes legyen értékelni az UAV és az akadályok közötti relatív távolságot.

Nyílt kategória esetén nincs jogszabályban meghatározva, hogy pontosan mekkora a VLOS-határa. Ennek oka, hogy számos tényező együttesen határozza meg ezt az értéket. Nézzük ezeket részletesen!

Műszaki és környezeti tényezők:

- UAV mérete: minél nagyobb, annál könnyebben észlelhető;
- UAV színe és festése: feltűnő színű és mintázatú eszköz távolabbról is észlelhető. Továbbá figyelembe kell venni, hogy a felhő színével egybeolvadó eszköz már néhány 10 m-ről sem látható (például egy fehér színű eszköz, borult időben);

- aktuális időjárási és légköri jelenségek: felhőzet, felhőalap, pára, füst, köd stb.;
- megvilágítottság és mértéke: napsütés, nap állása és a megvilágítás iránya és mértéke, éjszakai, szürkületi és nappali körülmények;
- épített vagy mesterséges környezet, és az esetleges akadályok elhelyezkedése: a horizont mely része, milyen távolságig látható;
- UAV mozgási pályája és sebessége: a 3 dimenziós trajektória intenzitása alapján képes-e a távpilóta a mozgást követni – van-e rá lehetőség, figyelembe véve a fiziológiai és fizikai lehetőségeket;
- viszonyítási pontok, árnyék: vannak-e jelen olyan pontok, amelyek alapján a pontos pozíció egyértelműen meghatározható;
- UAV-ra felszerelt láthatóságot növelő eszközök (fények, villanók stb.).

#### Humán tényezők:

- szem mint érzékszerv aktuális fiziológiai állapota > szubjektív tényezők, amelyek függenek az életkortól és a pillanatnyi fényhatásoktól is (például szem érzékenysége, szem alkalmazkodóképessége stb.). Jelentősen befolyásolja a látást, tekintettel arra, hogy az életkor előrehaladtával a látás fokozatosan romlik;
- távpilóta mentális állapota > feladatok összetettsége és a távpilóta stressz-szintje, valamint egyéb környezeti zavaró tényezők felbukkanása akadályozhatja a hatékony észlelést és a döntéshozatalt is;
- távpilóta gyakorlata > kezdő vagy kevés tapasztalattal rendelkező pilóták számára kihívást jelent a feladatok hatékony kezelése és az észlelés megvalósítása.

A listákon szereplő tényezők alapján látható, hogy elképzelhető olyan eset, amikor csak néhány 10 m a VLOS-határa. Ezt a művelet elvégzésekor mindenképp figyelembe kell venni.

Az 1. táblázat néhány jellemző multikopter kialakítású UAV-ra mutatja meg az eszköz VLOS-eltávolodási határát méterben, az UAV térbeli észlelési határának figyelembevételével, különböző látástávolságok esetén (egész méterre kerekítve).

1. táblázat

Multikopter kialakítású eszközök VLOS-eltávolodási határértékei [saját szerkesztés, DJI-eszközspecifikációk alapján, DJI.com oldalon szereplő adatok felhasználásával]

	Átlós tengely-táv (m)	UAV térbeli észlelési határa (m)	Észlelhetőségi határ (m) – az aktuális földfelszínen mért vízszintes látástávolság 30%-a			VLOS-határ (m) – Az UAV térbeli észlelési határa vagy az észlelhetőségi határ közül az alacsonyabb érték		
			Látás-távolság: 5 km	Látás-távolság: 3 km	Látás-távolság: 1 km	Látás-távolság: 5 km	Látás-távolság: 3 km	Látás-távolság: 1 km
DJI Agras T10	2,68	896	1500	900	300	896	896	300
DJI Agras T30	2,98	994	1500	900	300	994	900	300
DJI Matrice 300	0,9	314	1500	900	300	314	314	300
DJI Mavic 3	0,38	144	1500	900	300	144	144	144
DJI Mini 3 Pro	0,25	101	1500	900	300	101	101	101
DJI Mini 2	0,21	90	1500	900	300	90	90	90
DJI Phantom 4	0,35	134	1500	900	300	134	134	134
DJI Air 2	0,30	119	1500	900	300	119	119	119

A táblázat alapján látható, hogy még a legnagyobb<sup>3</sup> T30-as permetező UAV esetén sem lehet VLOS-ban elérni az 1 km-t mint maximális eltávolodási mértéket.

Figyelembe kell venni, hogy amennyiben a távpilótát pilóta nélküli légi jármű-megfigyelő (UAO<sup>4</sup>) segíti, akkor is VLOS-ként kell a műveletet végrehajtani, ugyanis a pilóta nélküli légi jármű-megfigyelő a távpilóta mellett tartózkodó személy, aki segédeszköz nélküli vizuális megfigyelése révén segíti a távpilótát az UAV VLOS-ban tartásában és a repülés biztonságos végrehajtásában.

Segédeszköznek tekinthető a távcső és bármilyen olyan elektronikus eszköz, amely külön platformon pozíciót, élképet vagy egyéb adatokat jelenít meg.

A repülési műveletek elvégzése során a távpilótának vagy az UAS-üzembentartónak (attól függően, hogy a művelet megtervezéséért ki a felelős) figyelembe kell vennie ezeket a tényezőket, és ezek alapján kell tudnia meghatározni az eltávolodás maximumát, hogy a VLOS biztosítható legyen. Továbbá a távpilótának a művelet végrehajtása során biztosítania kell, hogy VLOS-üzem esetén az UAV hozzá képest ezen távolságon belül tartózkodjon.

## 2.2. A speciális kategóriára vonatkozó peremfeltételek

Speciális kategóriájú művelet végrehajtása során és azon belül sztenderd forgatókönyv (STS<sup>5</sup>) vagy előre meghatározott kockázatelemzés (PDRA<sup>6</sup>) alapján végrehajtott művelet esetében is figyelembe kell venni a szabályozókban szereplő peremfeltételeket az eltávolodás maximális mértékénél, és minden műveletet egyenként kell értékelni. A PDRA-ban és az STS-ben feltüntetett VLOS-határok minden esetben abszolút határok, amelyeket optimális időjárási körülmények között sem lehet túllépni. Lényeges, hogy ha a számítás alapján alacsonyabb értékek adódnak, akkor hiába lehetne akár 1 km-ig is eltávolodni a távpilótától, a szabályok alapján azt nem lehet megtenni, mivel az eszköz észlelése ilyen távolságból nem biztosított.

Emiatt az 1 km-es (vagy egyéb rögzített) eltávolodási értékek csak iránymutatásként szolgálnak. Ezeket csak megfelelő méretű eszközökkel és optimális időjárási körülmények között lehet kihasználni. Az 1 km az STS-02-ben meghatározott feltételekből származik [1] [UAS.STS-02.020 (6) (c)], ugyanis az UAS-művelet esetén a pilóta nélküli légi jármű a hozzá legközelebb eső légtér megfigyelőtől legfeljebb 1 km-re távolodhat el.

## 3. A látótávolságon túli műveletek sajátosságai

Amennyiben a művelet elvégzése során a távpilóta az UAV-val a VLOS-határánál nagyobb mértékben szeretne eltávolodni, úgy a műveletet csak a BVLOS-ra vonatkozó szabályok alapján lehet végrehajtani.

BVLOS-ban végrehajtott műveletek esetén két típus különböztethető meg – a megkülönböztetést kizárólag a művelet operatív végrehajtása szempontjából elemezzük, a feladatokhoz kapcsolódó egyéb jogszabályi sajátosságok nem képezik jelen elemzés tárgyát, például

<sup>3</sup> Európában engedélyezett és elérhető.

<sup>4</sup> Unmanned Aircraft Observer.

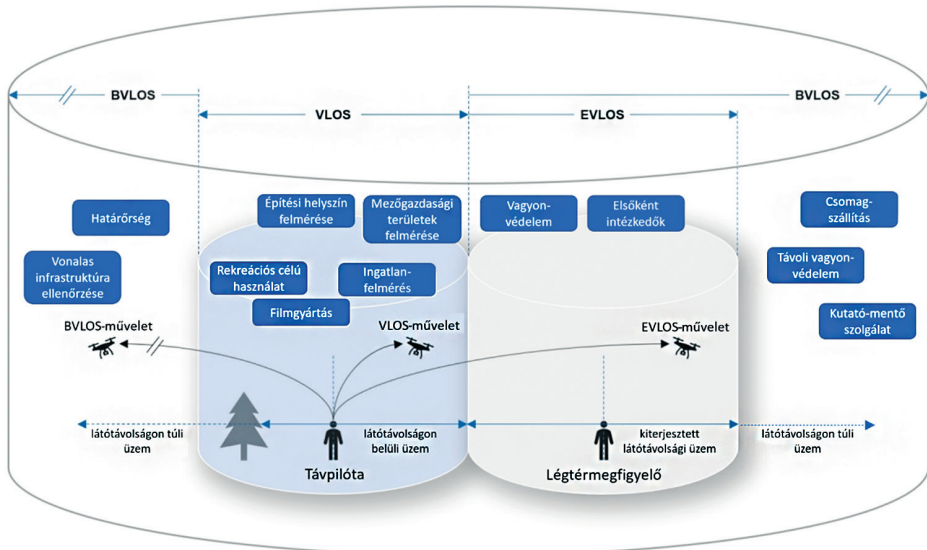
<sup>5</sup> Standard Scenario.

<sup>6</sup> Predefined Risk Assessment.

növényvédelmi célú kijuttatási művelet során alkalmazandó repülésfigyelő vagy egyéb célú, nem a repülési művelet végrehajtásában részt vevő személy stb.:

- Egy vagy több képzett légtérfigyelő közreműködésével végrehajtott művelet az úgynevezett kiterjesztett látótávolságon belüli üzem (EVLOS – Extended Visual Line of Sight). A légtérfigyelő a légtérben fellépő esetleges veszélyek észlelése céljából azon légtér segédeszköz nélküli vizuális megfigyelése révén segíti a távpilótát, amelyben a pilóta nélküli légi jármű repül. Permetezési művelet elvégzése esetén a magyar jogszabályok alapján [5] közreműködése kötelező.
- Légtérfigyelők nélkül végrehajtott művelet – hagyományos BVLOS –, amely során a távpilóta az UAV-ot a művelet alatt nem látja, azonban a rendelkezésre álló műszaki eszközök felhasználásával képes a művelet irányítására az UAV által biztosított adatok, biztonsági funkciók és az élőkép alapján. A széles körű biztonsági megoldások lehetővé tudják tenni az egypilótás üzemet, ahol a távpilótán kívül nincs más, aki részt vesz a művelet operatív lebonyolításában.

Az 1. ábra szemlélteti a látótávolságon belüli és azon túli műveleteket.



1. ábra

VLOS és BVLOS közötti különbségek szemléltetése (saját szerkesztés [7] felhasználásával)

Amennyiben speciális kategóriába tartozó műveletet hajtanak végre, úgy minden esetben meg kell határozni az eltávolodás maximális mértékét. VLOS esetén ez az UAV méretétől és a környezettől függ, BVLOS esetén pedig az alkalmazott műszaki megoldásoktól. Speciális kategóriájú műveletek esetén a kiadott műveleti engedély meghatározza, hogy a műveletet VLOS-ban vagy BVLOS-ban kell végrehajtani, és a művelet végrehajtására vonatkozó egyéb peremfeltételeket is tartalmazza (például időjárás körülmények stb.). BVLOS esetén több lehetőség közül tud a felhasználó választani a művelet végrehajtási módja szerint, amely meghatározza az eltávolodás maximális mértékét. Ezek az alábbiak:

- Előre meghatározott kockázatelemzések alapján végrehajtott műveletek (PDRA): ezen esetekben a PDRA keretrendszer biztosít, amely előre kialakított kockázatsökkentő intézkedések kötelező alkalmazásából áll. A megoldás lényege, hogy ameddig a felhasználó a PDRA-ban foglaltakat betartja, biztosítható, hogy a művelet egy adott eredő kockázati szint alatt maradjon (SAIL II kategóriában<sup>7</sup>). A műveletek során felhasználható PDRA-kat az EASA dolgozza ki és publikálja a honlapján, továbbá az AMC-be is bekerül [3]. A felhasználó a leendő művelethez leginkább alkalmazható változatot választja ki, és annak megfelelően építi fel a műveleti kereteket, amelyekre a műveleti engedélyt megkéri. Ezek részletesen meghatározzák a működés módját (B/VLOS) és az eltávolodás mértékét a műveletet végrehajtó személyzet nagyságától függően. A PDRA-k a kockázatsökkentő intézkedéseket és megoldásokat általánosabban tartalmazzák. Ez kellő rugalmasságot biztosít az UAS-üzembentartók számára, hogy a szándékolt üzemeltetés sajátosságaihoz illeszkedő korlátozásokat alkothassanak meg. A PDRA-k száma az újabb felhasználási igények megjelenésével együtt folyamatosan bővül, így időről időre újabbak jelennek meg, amelyek az EASA honlapján érhetőek el.
- Sztenderd forgatókönyvek alapján megvalósított műveletek (STS): ezen esetekben lehetőség van külön műveleti engedély nélkül, úgynevezett üzembentartói nyilatkozat szerint megvalósítani a műveletet a jogszabályban előre meghatározott keretrendszer alapján [1], megfelelő osztályazonosítóval (C5 vagy C6) rendelkező eszközökkel. Ezek részletesen meghatározzák és előzetesen rögzítik a működés módját (B/VLOS) és az eltávolodás mértékét a műveletet végrehajtó személyzet nagyságától függően.
- Egyedi kockázatelemzésen alapuló művelet: amennyiben a felhasználó olyan műveletet szeretne végrehajtani, amelyre nem áll rendelkezésre STS vagy PDRA, úgy a SORA kockázatelemzési módszertan alkalmazásával kell a megfelelést igazolni, és a művelet eredő kockázata alapján a szükséges megalapozottsági szinteket igazolt módon kielégíteni. Ebben az esetben a kockázatelemzés alapján lehet meghatározni az eltávolodás mértékét, figyelembe véve az eredő kockázati besorolás alapján előálló peremfeltételeket.

BVLOS esetén figyelembe kell venni a művelet fizikai jellemzőit és a megvalósítandó feladatot, amely egyértelműen meghatározza, hogy milyen környezetben hajtják végre a műveletet.

Műszaki szempontból az UAV repülési teljesítményén (maximális repülési idő, sebesség stb.) és a láthatóság fokozásán túl alkalmazott megoldásokon kívül figyelembe kell venni az irányítójel és a vizuális összeköttetést biztosító videójel maximális hatótávolságát. Ezt befolyásolja az épített és mesterséges környezet, ami a jel terjedésére hatással lehet. Vannak olyan előre ismert jelenségek, mint például a nagyfeszültségű távvezetékek, amelyek környezetében a jel terjedése megbízhatatlanná válik, így ezeket számításba kell venni. Amennyiben a célfeladat ilyen infrastruktúra közvetlen közelében való repülés, akkor további kiegészítő intézkedések megtétele válhat szükségessé (redundáns antennarendszer, műholdas adatkommunikáció stb.).

<sup>7</sup> Specific Assurance and Integrity Level – azaz speciális bizonyossági és integritási szint –, amely kifejezi, hogy a művelet milyen kockázatot jelent a földi és légi környezetre.



BVLOS-művelet különösen kockázatos, mivel ezen esetekben az UAV és a környezete vizuálisan nem figyelhető meg, arról a távpilótának csak a távirányító által közvetített adatok alapján van ismerete. Ez indokolja, hogy ilyenkor további biztonságnövelő intézkedések álljanak rendelkezésre, és azokat alkalmazzuk.

#### 4. A látótávolságon túli műveletek jövője

A BVLOS-műveletek várhatóan egyre inkább terjednek majd a jövőben, amit támogatnak az olyan ütközésérzékelő és -elkerülő megoldások (DAA<sup>8</sup>), amelyeket a nagygépes környezetből vesznek át. Ehhez a hagyományos légi járműveknél már megszokott transzponderhez hasonló, de annál olcsóbb, könnyebb és kisebb hatótávolságú eszközöket alkalmaznak (például ADS-B, Flarm stb.). Ezekkel a földön elhelyezkedő távoli pilótának lehetősége van észlelni a közelben a levegőben tartózkodó és műveletet végző eszközöket, azokat a repülési és orientációs adatokkal együtt a távirányítón megjeleníteni, így a potenciális ütközési helyzeteket el tudja kerülni. Lényeges, hogy az alkalmazott eszközöknek a távpilótát kell támogatni a többi légi járműről szóló információk megjelenítésével – mivel az elkülönítésért a távpilóta a felelős –, és nem lehetséges az, hogy az UAV-okról származó információk felesleges zavart keltsenek a hagyományos légi közlekedési szereplők között. Emiatt ADS-B In eszközöket használnak az UAV-okon.

Az EU-s jogszabályokban nevesített közvetlen távoli azonosítási funkció is ezt szolgálja [6]. Ezt a funkciót meghatározott osztályazonosítóval (C1, C2, C3, C5 és C6) rendelkező eszközöknek biztosítaniuk kell, ami lehetőséget teremt mind a nyílt, mind a speciális kategóriájú műveletek fokozott biztonsággal történő lebonyolítására.

Az UAS-ok felhasználási területei egyre inkább bővülnek, így sorra jelennek meg olyan felhasználási esetek, ahol csak és kizárólag BVLOS-jellegű üzemeltetéssel lehet az adott repülési műveletet megvalósítani. Ezek olyan értéktobbletet jelentő műveletek, amelyekkel a hagyományos élőmunka kiváltható, főleg olyan kritikus területeken, ahol az emberi munka veszélyes, lassú vagy költséges lenne. Ilyenre példa a nagy magasságban megvalósított infrastruktúra-felmérés, a veszélyes létesítmények felmérése, de akár idesorolható a vonalas létesítmények felmérése, vagy akár a határszakaszok ellenőrzése és azokon való járőrözés is.

A jövőben egyes szolgáltatások hatékony működéséhez (például áruszállítás) elengedhetetlen lesz az autonóm üzemű működés, amihez létfontosságú, hogy az eszközök képesek legyenek önállóan észlelni a potenciális veszélyeket, ezeket saját maguk, emberi beavatkozás nélkül ki tudják kerülni, adott esetben a mozgási pálya módosításával. Ezek olyan DAA-rendszerekkel valósíthatók csak meg, amelyek képesek észlelni nemcsak a levegőben, hanem a földfelszínen lévő akadályokat is, különböző szenzorok együttműködése által.

A BVLOS-működést nagyban fogja segíteni az UTM<sup>9</sup>/U-Space<sup>10</sup> szolgáltatások megjelenése és elterjedése, ami hasonló a hagyományos légi járművek irányítási rendszeréhez. Ezáltal a pilóta nélküli légi járművek forgalmi menedzsmentje is elérhetővé válik, sőt ezek

<sup>8</sup> Detection and Avoidance.

<sup>9</sup> Unmanned Aircraft System Traffic Management – pilóta nélküli légi járművek forgalmi menedzsmentje.

<sup>10</sup> Biztonsági intézkedések kombinációjából előálló légtér, ahol speciális követelményeket kell kielégíteniük a felhasználóknak.



forgalomirányítása is megoldódhat, és ez nagyban képes csökkenteni a jövőben a számos UAV-együttes felhasználásából származó összeütközési kockázatot.

A technológiai fejlődés az UAS-ok minden területére kihat. Így a BVLOS-repülések jövője is nagyban függ majd az újonnan megjelenő műszaki megoldásoktól, a rájuk vonatkozó új szabályoktól és szabványoktól. Az egyre nagyobb teljesítményű eszközök megjelenése a távközlési és adatátviteli megoldásokra is hatással lesz, így a telekommunikáció során is számos újdonság megjelenése várható az UAS-ok szempontjából a közeljövőben. Ennek oka, hogy a távirányítók hatótávolsága a végtelenségig nem növelhető, továbbá a környezeti akadályok sem teszik lehetővé a korlátlan jelterjedést, így alternatív megoldások szükségeltetnek a nagyobb távolságú BVLOS-műveletek lebonyolításához.

## 5. Összefoglaló

A pilóta nélküli légi járművekkel végrehajtott látótávolságon belüli műveletek esetén az eltávolodás maximális mértékének meghatározásához számos tényező együttes figyelembevétele szükséges, amelyek közül az egyik legfontosabb az UAV jellemző mérete és az aktuális látástávolság. Amennyiben a művelet látótávolságon belül nem hajtható végre, úgy az mindenképp speciális kategóriájú műveletnek fog minősülni, és ilyen szempontból további kockázatcsökkentő intézkedések alkalmazásával kell az UAS-üzembentartónak garantálni a művelet biztonságos lebonyolítását.

A cikkben bemutatott számítási eljárás alapján látható, hogy sok esetben már néhány száz méteres eltávolodás esetén is a művelet csak BVLOS-ban hajtható végre, mivel az UAV-ra való rálátás nem biztosított – a térbeli észlelési határtávolságon túli reptetés esetén. Ez jelentős kihívást jelent az UAS-üzembentartók számára, mivel a nyílt kategórián túlmutató kötelezettségekkel tudják csak megvalósítani az üzemeltetést.

A BVLOS-műveletek biztonságát jelenleg is számos műszaki megoldás javítja, azonban a jövőben újabb technológiai fejlesztések megjelenése várható, amelyek sok esetben a nyílt kategóriájú műveleteknél is használhatók majd. Ezek szenzorok komplex alkalmazása és adatátviteli megoldások, amelyek a felhasználók számára aktív kommunikációt, információ megjelenítést és ütközésselkerülést biztosítanak, növelve a légi közlekedés biztonságát.

A műveletek biztonságos lebonyolítása szempontjából lényeges, hogy a sokszor említett és ökölszabályként alkalmazott VLOS 1 km-es eltávolodási maximum nem alkalmazható, helyette észszerű, az aktuális környezeti paramétereket figyelembe vevő számítást érdemes végezni a művelet végrehajtását megelőzően.

## Felhasznált irodalom

- [1] „Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the Rules and Procedures for the Operation of Unmanned Aircraft,” Official Journal of the European Union L 152, 62. évf. 2019. június 11. Online: [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2019/947/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2019/947/oj)
- [2] FAA regulation: Code of Federal Regulations. Title 14 – Aeronautics and Space, Subchapter F – Air Traffic and General Operating Rules, Part 107 – Small Unmanned Aircraft Systems, § 107.31 Visual Line of Sight Aircraft Operation.

- [3] European Union Aviation Safety Agency, Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947. 2022. szeptember. Online: [www.easa.europa.eu/downloads/110913/en](http://www.easa.europa.eu/downloads/110913/en)
- [4] Luftfahrt-Bundesamt (LBA) útmutató: Guidance for Dimensioning of Flight Geography, Contingency Volume and Ground Risk Buffer. 2023. február 15. Verzió 1.5. Online: [www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/B/B5\\_UAS/Leitfaden\\_FG\\_CV\\_GRB\\_eng.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](http://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/B/B5_UAS/Leitfaden_FG_CV_GRB_eng.pdf?__blob=publicationFile&v=8)
- [5] 44/2005. (V. 6.) FVM-GKM-KvVM együttes rendelet a mező- és erdőgazdasági légi munkavégzésről. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0500044.fvm>
- [6] „Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on Unmanned Aircraft Systems and on Third-country Operators of Unmanned Aircraft Systems,” Official Journal of the European Union L 152, 62. évf. 2019. június 11. Online: [http://data.europa.eu/eli/reg\\_del/2019/945/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_del/2019/945/oj)
- [7] E. Alvarado, „BVLOS Operations: Expanding the Frontier,” *Drone Industry Insight*, 2021. 11. 25. Online: <https://droneii.com/bvlos-operations-expanding-the-frontier>

---

## ***Challenges of the Operation of Unmanned Aerial Vehicles in Visual Line of Sight and Beyond***

*The question often arises: What is the maximum distance of the UAV from the remote pilot during a VLOS operation? The answer is complex, and no specific numerical value is assigned, as it can be determined by considering a combination of factors. Unfortunately, the oft-mentioned rule of thumb of 1 km cannot be applied in all cases. In some cases, 1 km is the absolute maximum. However, it should be taken into account that the operation can become a BVLOS operation even a few times at a distance of 100 m, even if landmarks or other factors do not obstruct the visibility of the UAV.*

**Keywords:** *unmanned aerial vehicle, drone, visual line of sight, beyond visual line of sight, drone operation, visual distance*

---

Dr. Sándor Zsolt  
egyetemi docens  
Tokaj-Hegyalja Egyetem  
[zsolt.sandor1@gmail.com](mailto:zsolt.sandor1@gmail.com)  
[orcid.org/0000-0001-7117-9069](https://orcid.org/0000-0001-7117-9069)

---

Zsolt Sándor, PhD  
Assistant Professor  
University of Tokaj  
[zsolt.sandor1@gmail.com](mailto:zsolt.sandor1@gmail.com)  
[orcid.org/0000-0001-7117-9069](https://orcid.org/0000-0001-7117-9069)

---