

1. ábra. A belga Discovery helikopter UAV farokrotor reduktora 3D-s nyomtatott karbonszálás poliamidból készül [22]



Hegedűs Ernő\*

# Szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának hadiipari alkalmazási lehetőségei **I. rész**

## UAV-k és könnyű járművek a haderőben és a katonai logisztikában

### BEVEZETÉS

A kétrészes cikksorozat a szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának alkalmazási lehetőségeit vizsgálja. A vágott (és) vagy folyamatos szálerősítésű kompozit műanyagok nyomtatásának terjedése a 3D-s műanyag nyomtatásban olyan új alapanyagot jelentenek, amelyek szilárdsága megközelítheti a könnyűfémekét. Kiemelt vizsgálati szempont a szerkezeti elemek tömegcsökkentésének lehetősége,

amely elsősorban a repülőiparban és az olyan tömegérzékeny konstrukciójú könnyű járművek esetében releváns, mint pl. az elektromos motorkerékpárok. Tekintettel a 3D-s nyomtatás UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle – ember nélküli légi jármű) gyártásában betöltött növekvő szerepére, a cikksorozatban vizsgált főbb területek:

- UAV-k és egyes könnyű járművek konstrukciós tömegérzékenysége a terhelhetőség és a hatótávolság tekintetében; a 3D-s nyomtatás szerepe és lehetősége,

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A cikksorozat a szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának alkalmazási lehetőségeit vizsgálja. Kiemelt vizsgálati szempont a szerkezeti elemek tömegcsökkentésének lehetősége, amely elsősorban a repülőiparban, az UAV-gyártásban és az olyan tömegérzékeny konstrukciójú könnyű járművek esetében releváns, mint pl. az elektromos motorkerékpárok.

**KULCSSZAVAK:** 3D-s nyomtatás, szálerősítésű anyagok, repülőipar, katonai logisztika, haditechnika, UAV, könnyű jármű

**ABSTRACT:** This series of articles explores the potential applications of 3D printing of fibre-reinforced materials. A particular area of investigation is the potential for weight reduction of structural components, which is particularly relevant in the aerospace industry - nowadays often in UAV manufacturing - and for lightweight vehicles with weight-sensitive designs such as electric motorcycles.

**KEY WORDS:** 3D printing, fibre-reinforced materials, aerospace, military logistics, military technology, UAV, light vehicle

\* Adjunktus, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztviselőképző Kar, Haditechnikai Tanszék. ORCID: 0000-0001-8457-5044

gei, a szerkezeti elemek gyárthatósága szálerősítéses 3D-s nyomtatással kisebb tömegű, de nagyobb szilárdságú kivitelben;

- az UAV-k és könnyű járművek sérülékenysége a katonai alkalmazás során és a könnyen sérülő, leggyakrabban cserélendő alkatrészek (pl. légcsavar, különféle borítások) pótlása területén a 3D-s nyomtatás szerepe (az üzemben tartás és a katonai logisztika, a hadszíntéri pótalkatrész-ellátás területeihez kötődően).

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kara (NKE HHK) 2022-ben több 3D-s nyomtatót szerzett be. A Kar Haditechnikai Tanszéke „3D nyomtatás alkalmazása katonai logisztikában és hadiiparban”<sup>1</sup> tárgyú kutatása kiemelt kutatási terület, amelynek célja a 3D-s nyomtatás katonai aspektusainak kutatása és oktatása. A 3D-s nyomtatók használatát elsajátító honvéd tisztjelöltek úgy kerülhetnek ki az egyetem Hadtudományi és Honvédtisztoképző Karáról, hogy felkészültek egy, a Magyar Honvédség számára kiemelt fontosságú technológia alkalmazására. A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program során létrehozott hadiipari üzemek a 3D-s nyomtatás technológiáit már alkalmazzák. Ez az eljárás napjainkban találja meg a helyét, mind a haderőben (a katonai logisztika és az üzemben tartás területén), mind a hadiiparban. [1] E folyamatot támogatja az NKE HHK TKP (Tématerületi Kiválósági Program) pályázati kutatása. Katonai szempontból például egy sérült UAV-légcsavar, vagy sárkányszerkezeti elem, esetleg bármely sérült műanyag alkatrész pótlása – a tábori raktárkészlet korlátai miatt – akadályokba ütközhet távoli hadszíntéren (pl. missziós alkalmazás). [2] Ilyen helyzetben jelentős segítséget nyújthat 3D-s nyomtatás helyszíni alkalmazása a pótalkatrész előállítás érdekében (a biztonságtechnikai és más szabályzók betartása mellett). [3]

### KOMPOZITANYAGOK ÉS A KOMPOZIT 3D-S NYOMTATÁS A REPÜLŐIPARBAN

Az utóbbi évtizedekben a kompozitanyagok a repülőiparban, a sárkányszerkezetek gyártása területén folyamatosan növekvő arányban szerepelnek, fokozatosan kiváltva az alumínium alapú szerkezeti anyagokat. A Boeing 787 Dreamliner és az Airbus A350 típusú repülőgépek sárkányszerkezet tömegének már mintegy 50%-a például szálerősítésű kompozit anyag. Az Airbus szintén széles körben alkalmaz különféle szálerősítésű kompozitanyagokat, köztük prepreg (fékezett térhálószálalattal összekevert műgyantával átitatott szövet, kompozit előgyártmány tekercs alakban tárolva) technológiájukat is. A negyedik generációs SAAB JAS-39 Gripen harcirepülőgép sárkányszerkezetének mintegy 30%-a kompozit anyagokból áll. A C-17-es katonai szállítórepülőgép alapvetően alumínium-ötvözet sárkányszerkezetében – a főbb területeket említve – az alábbi helyeken található szálerősítésű kompozit elemeket:

- a lokátor burkolata a törzsorr-részben (üvegszál);
- a hajtómű burkolólemezei (szénszál);
- a szárny-törzs átmenet borítólemezei és a wingletek (aerodinamikailag optimalizált szárnyvégi záróelem) továbbá a törzsnívűlvány zárókúp (szénszál, aramid);
- a szárny-mechanizáció egyes burkolatainak szendvicsszerkezetű elemei (szénszál);
- a hajtóműtartó konzolok és a függőleges, illetve vízszintes vezérsíkok belépőelei (aramid);
- a futóműgondolák esetleges köfelverődésnek kitett felületein alkalmazott szálerősítésű kompozit réteg (tábori leszállásra történő üzemelés esetén).

A műanyag 3D-s nyomtatásnál megkülönböztetünk homogén műanyag, és szálerősítésű műanyag termékeket. 2019-ben az ipari 3D-s nyomtatott termékek 18,9%-át a repülőiparban használták fel. [4] A szálerősítéses 3D-s nyomtatott műanyag alkatrészek részben azért is váltak alkalmassá a repülőiparban történő felhasználásra, mert napjainkra szilárdságuk megközelíti az alumínium alkatrészekét. Az 1970-es évek óta ismert, hogy a 30% üvegszál-kitöltéssel erősített poliamid sűrűsége mindössze 20%-kal növekszik, miközben fajlagos szakítószilárdsága több mint a kétszeresére nő. [5] Napjainkban a 3D-s nyomtatók képesek lehetnek folyamatos üvegszál-erősítést, illetve vágott vagy folyamatos szénszál-erősítést beépíteni a nyomtatott termékbe.

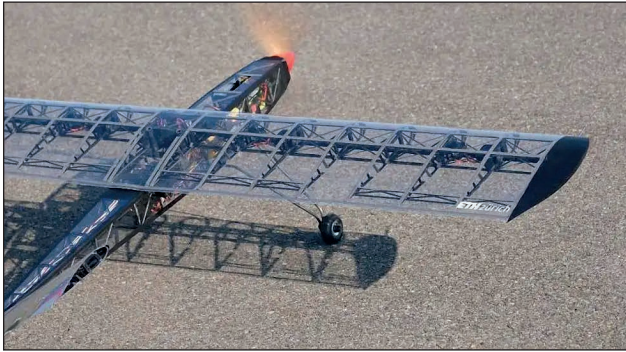
A Stratasys kompozitgyártásra optimalizált nyomtatóiban alkalmazott SR-30 vágott szénszál-erősítésű poliamid (PA12), FDM (Fused Deposition Modeling – olvasztható anyag felhordása rétegenként) Nylon 12CF például 70%-kal könnyebb az alumíniumnál, miközben szilárdsága 76–83 MPa. [6] Erősítésére 35% vágott szénszálalattal alkalmaztak, amely az alapanyag szilárdságát megkétszerezte. A Nylon 12CF kompozitanyag a Stratasys Fortus450 és az F900 additív gyártóberendezéseken alkalmazható. [7] A Stratasys F-széria CR additív gyártóberendezésén az ABS-CF10 és a Nylon-CF10 szálerősített alapanyagok érhetőek el. A Stratasys kisebb, F123 sorozatú nyomtatóiban 10 térfogatszázalék szénszál tartalmú alapanyagok érhetőek el ABS vagy Nylon (PA) mátrixanyagba ágyazva. Mindegyik alapanyagmátrix fontos ismérve, hogy a kritikus szálhosszúság többszörösével dolgoznak, így tudnak megfelelő erősítő hatást elérni. A Nylon 12CF anyagot a repülőiparban is alkalmazzák „mivel képes a szálerősítésű kompozitanyagok és Kevlar-termékek kiváltására olyan módon, hogy FDM eljárással azoknál jóval komplexebb geometriákat valósíthat meg”. [8]

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar Haditechnikai Tanszék kompozitnyomtatásra Markforged Onyx Pro nyomtatót alkalmaz, amelynek munkatere 320×130×160 mm, a létrehozott rétegvastagság: 100–200 µm. Az eszköz képes folyamatos szálerősítéses munkadarabok nyomtatására. Az alkalmazott Onyx mátrixanyag: nylon (PA6 poliamid), rövid (vágott) szálú szénszál-erősítéssel (szakító szilárdság 40 MPa, hajlítási szilárdsága 90 MPa). [9] Ebben helyezik el a folyamatos szálerősítést. A mátrixszál kompozit szerkezet maximális szilárdsága üvegszállal erősített alapanyaggal 200 MPa, míg nagyszilárdságú HSHT (High Strength High Temperature) üvegszál esetében 400 MPa. A fejlettebb Markforged nyomtatók folyamatos szénszál-erősítésű Onyx alapanyaggal 550 MPa szilárdságot érnek el. A nyomtató képes folyamatos szálerősítéssel zárt cellák létrehozására is. E képességek alkalmassá tehetik a nyomtatót és szálerősítésű alapanyagát pl. egyes UAV-, és könnyűjármű-alkatrészek szerkezetitömeg-optimalizált formában történő gyártására is. A folyamatos és vágott szálerősítéssel is dolgozó technológia helyenként alumínium alkatrészek kiváltását is lehetővé teheti.

A JaggerBot cég P3-44 3D nyomtatóját úgy alakították ki, hogy képes legyen a DSM<sup>2</sup> üvegszál-erősítésű Arnite AM8527 (G) PET granulátumának feldolgozására.

Az Arkema cég a svájci 9T Labs kisvállalattal működik együtt, amely a szénszál-erősítésű kompozit alkatrészek gyártásával foglalkozik, jelenleg a cég Kepstan márkanévű PEEK (poli[éter-éter-keton]) polimerének fejlesztését végzi. A 9T Labs 2018-ban alakult az ETH Zurich<sup>3</sup>-ból kiválva; a cég kifejlesztette a 3D-s nyomtatású termékekben az optimális szálrendezést kialakítani képes Fibrify szoftvert.





2. ábra. A 9T Labs által szénszálerősítéses 3D-s nyomtatás-technológiával gyártott UAV szárnya szabályozottan elcsavarható [24]

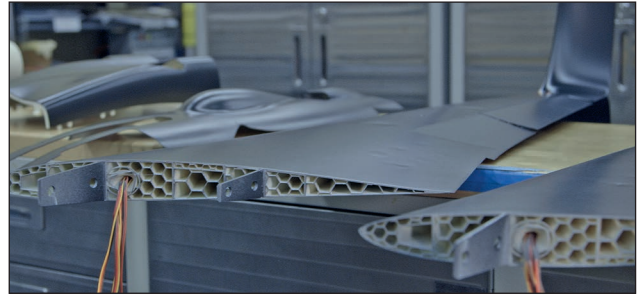
A 9T Labs Red Series szolgáltatása kombinálja a szoftvert, a 3D-s nyomtató berendezést és a műszaki támogatást, továbbá az alapanyagokat is, köztük az adalékotlan polimer huzalt és a kompozitok kialakításához szükséges erősítő szájakat. Így megvalósítható a szénszál erősítésű kompozitok 3D-s nyomtatása az FML/FFF (Fiber Metal Laminate/Fused Filament Fabrication) technológiával. [10] A 9T Labs által szénszálerősítéses 3D-s nyomtatás technológiával gyártott UAV flexibilis, rugalmas anyagú szárnya szabályozottan elcsavarható (aktív alakvezérlésű szárny) – ezzel a csűrőkormány elhagyható, amely egyszerűsíti a szerkezetet és csökkenti a tömeget. [11] (2. ábra)

Mindemellett szálerősítés nélküli műanyag 3D-s nyomtatott alkatrészeket is széles körben felhasználnak a különböző repülőgépeken. Erre példa, hogy az Airbus utasszállítórepülőgépek fedélzetén ma már több száz, jellemzően nem teherviselő 3D-s nyomtatott alkatrész (például elektromos csatlakozó) található. [12]

### A 3D-S NYOMTATÁS ÉS A REPÜLŐIPAR ÁLTAL PREFERÁLT SZERKEZETIELEM-TÖMEGCSÖKKENTÉS

A szerkezeti elemek tömeg-csökkentésének fő területe a repülőipar. Repülőgépek tervezése és gyártása során kulcsfontosságú a szerkezeti tömeg alacsony szinten tartása, a tömegcsökkentés, amely a hasznos terhelhetőség, a hatótávolság, a gazdaságosság (üzemanyag-fogyasztás), és a szén-dioxid-kibocsátásra, esetleg a sebesség növelésének egyidejű eszköze lehet.

A szálerősítésű 3D-s nyomtatás alkalmazásával felmerülhet új alkatrész tervezése kisebb tömegű, illetve nagyobb szilárdságú kivitelben. Az ilyen szerkezeti elemek repülőipari célú felhasználására – az iparágra jellemző komplex és szigorú minőségbiztosítási és biztonsági követelmények miatt – napjainkban elsősorban a pilóta nélküli repülőeszközök világában kerül sor. (Mindemellett jelentős a 3D-s nyomtatott alkatrészek felhasználása a fedélzetükön emberrel repülő légi járműveken is.) Az UAV napjaink hadviselésének kiemelkedően fontos eszköze, amelyre a 2020. évi azeri–örmény háború és a 2022–2023. évi orosz–ukrán háború tapasztalatai egyaránt rávilágítottak, hiszen napjaink háborúira az UAV-k tömeges alkalmazása jellemző. Az UAV-k fejlesztése területén – az European Defense Found pályázati leírása alapján – „e rendszerek leginkább korlátozott képessége a hasznos teher hordozásának mértéke ... az additív gyártás technológiája azonban lehetővé teszi a megfelelő paraméterek megvalósítását”. [13] Az elemzés rámutat a 3D-s nyomtatás eredményes alkalmazhatóságára a szerkezeti tömeg csökkentése területén.



3. ábra. Az Aurora Flight Sciences UAV 3D-s nyomtatással gyártott szárnya [25]

A Rotors and Cams Kft. UAV-fejlesztési és gyártási tevékenysége (MilVércse, ProTar, M6E, SECOP X-4, JANUS X-4, X-8, Gigarotor-6, MV03/MV04, Flyranger 5 UAV-k) során szintén alkalmaz 3D-s nyomtatási technológiát. [14] A belga Flying-Cam Discovery helikopter UAV tömege 75 kg, a farokrotor reduktora 3D-s nyomtatott karbonszálás poliamid – amely lehetővé tette a szerkezeti tömeg csökkentését. [15] (1. ábra)

A 3D-s nyomtatás gyártástechnológiának más előnyös tulajdonságai is felmerülnek az UAV-gyártásban. Dr. Németh András cikkében rámutat a 3D-s nyomtatás-technológia alkalmazásának szerepére az antennák UAV-sárkányszerkezetbe integrálhatóságában. [16]

Az Aurora Flight Sciences immár 30 éve UAV-kat fejleszt mind polgári, mind katonai célokra. A folyamatosan növekvő megrendelői igények kielégítése érdekében a kutató-fejlesztő részlegük a Stratasys 3D-s nyomtatási technológiáit is egyre gyakrabban használja alkatrészek és szerzőmök gyártására. Az Aurora és a Stratasys mérnökei újabb egy még ambiciózusabb projektbe kezdtek: egy sugárhajtású, tolóerővektor-eltérítéses, csupaszárny, távirányítással vezérelt repülőgépet építenek. A gép a 98 N tolóerővel rendelkező gázturbinás hajtóműve és a tolóerővektor-eltérítő mechanizmus biztosítja a nagy sebességét és irányíthatóságát. Az UAV szárnyfesztávolsága 2,9 méter, tömege 6,4 kg. A 240 km/h maximális sebességre képes UAV 34 elemből épül fel, ebből 26 készült 3D-s nyomtatással, amelyek a gép tömegének 80%-át teszik ki. Az UAV 3D-s nyomtatott alkatrészei, főbb részegységei: a két szárnyvég, a két szárnyszelvény, a repülőgép törzse, a hasznos teher modul és az üzemanyagtartály, illetve a tolóerővektor-eltérítő mechanizmus. [17]

Az Aurora Flight Sciences UAV gyártásához Stratasys Fortus 3D-s nyomtatókat használtak az ASA termoplaszt alapanyagú szárny és géptörzs legyártására. Az üzemanyagtartály nylon alapanyagból, lézer szinterezéssel készült, a szívócsatorna fedelét ULTEM<sup>4</sup> 1010 termoplaszt 3D-s nyomtatásával gyártották le. [18] (4. ábra)

A HM Elektronikai, Logisztikai és Vagyonkezelő Zrt. évtizedek óta foglalkozik UAV-k fejlesztésével és gyártásával, amelyekhez 3D-s nyomtatott alkatrészeket is felhasználnak. Ezeket Craftbot Plus típusú 3D-s nyomtatóval állítja elő a HM EI Zrt. Repülési Divíziója, pilóta nélküli repülőeszközök gyártó műhelyében. (5. ábra)

A pilóta nélküli repülőgépek fejlesztése, illetve az azokhoz köthető elektronikai, távközlési, robotpilóta-fejlesztések kapcsán meg kell említeni a BHE (Bonn Hungary Electric) Kft.-t, amely jelentős fejlesztési munkát végzett e területen. 2018-tól az NKE HHK Szolnoki Repülőműszaki Intézete a BHE UAV-val folytat kutatásokat, és azokhoz gyártanak 3D-s nyomtatással alkatrészeket. [19] „A 3D nyomtatás ... az additív technológia tökéletesen alkalmas arra, hogy akár bonyolult szerkezetű pilóta nélküli légi-





4. ábra. Az Aurora Flight Sciences gázturbinás UAV szerkezetének 80%-át 3D-s nyomtatással állították elő [26]



5. ábra. A HM EI Zrt. által gyártott METEOR-3MA gázturbinás, pilóta nélküli célrepülőgép 3D-s nyomtatott kameratartó konzolja (Forrás: HM EI Zrt.)

járművek... sárkányszerkezetét és egyéb kiegészítő elemeit állítsunk elő. Kutatásunk során a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék UAV laborjában tevékenykedtünk, ahol minden feltétel adott volt a munkánk elvégzéséhez. Kutatásunk folyamán a laborban található CraftUnique CraftBot XL 3D nyomtatót használtuk, mely megítélésünk szerint teljes mértékben kielégítette minden igényünket, amire a munkánk folyamán szükség volt. Ennek eredményeképpen elmondható, hogy – a jelenlegi online oktatás körülményeit figyelembe véve – hozzávetőlegesen egy hónap alatt létrehoztunk egy javarészt saját készítésű pilóta nélküli légi járművet a 3D nyomtatási technológia segítségével.” [20] [21]

A 2022-től zajló orosz–ukrán háború során bebizonyosodott, hogy katonai szempontból kiemelt fontosságúak a polgári alkalmazású UAV-átalakítások (felfegyverzett UAV-vá alakítás), amely folyamatban – kiegészítő állványok, csatlakozóelemek stb. gyártásában fontos szerephez jut a kis szerkezeti tömeget biztosító és egyedi, vagy kis szélességi 3D-s nyomtatás. UAV kiegészítő szerelvények (részben) 3D-s nyomtatott formában történő gyártására hazai kutatási példák is ismertek (pl. UAV-teherkonténer). [22]

A cikk a TKP2021-NVA-16 számú project az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2021 TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.



INNOVÁCIÓS ÉS  
TECHNOLÓGIAI  
MINISZTERIUM



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

(Folytatjuk)

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Zentay Péter, Hegedűs Ernő, Végvári Zsolt. A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei I. rész. *Haditechnika* 56. évf. 6. szám pp. 56–60 (2022). DOI: 10.23713/HT.56.6.09;
- [2] Gyarmati József. Az üzemfenntartás speciális katonai követelményei. *Haditechnika* 53. évf. 4. szám pp. 3–10. (2019);
- [3] Rákosi Sára, Sebők István, Szalai Tamás, Vég Róbert László. A 3D-nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai. *Műszaki Katonai Közlöny* 33. évf. 1. szám pp. 133–148. (2023);
- [4] Diederichs, Hans. *Investors meet additive manufacturing*. Market Steel, 2019;
- [5] Hildebrand, Christfried. *Műanyagok az építészetben*. Műszaki Könyvkiadó, 1977. p. 299.;
- [6] FDM Nylon 12CF (Carbon Fiber) Data Sheet 2021. [https://www.stratasys.com/siteassets/materials/materials-catalog/fdm-materials/nylon-12cf/mds\\_fdm\\_nylon-12cf\\_0921a.pdf?v=48e2e4](https://www.stratasys.com/siteassets/materials/materials-catalog/fdm-materials/nylon-12cf/mds_fdm_nylon-12cf_0921a.pdf?v=48e2e4) (Letöltve: 2023.4.26.);
- [7] Varinex Industrial 3D printing - Additív gyártás és 3D nyomtatás 5 ipari technológiával. <https://3dnyomtatatas.varinex.hu/> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [8] Kushan, Melih Cemal. *Aircraft Technology*. IntechOpen, 2018. ISBN-13: 978-1789236446 p. 161.;
- [9] Composites. <https://static.markforged.com/downloads/composites-data-sheet.pdf> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [10] Füzes László. *Műanyagok feldolgozása, additív technológiák – Egyre népszerűbb a 3D nyomtatás*. <https://quattroplast.hu/muanyagipariszemle/2020/05/egyre-nepszerubb-a-3d-nyomtatatas-11.pdf> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [11] Fasel, U., Keidel D., Baumann, L. et al. Composite additive manufacturing of morphing aerospace structures. *Manufacturing Letters*. Volume 23, January 2020, pp. 85–88. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2019.12.004>;
- [12] 3D nyomtatóval készülnek az Airbus A350-es alkatrészei. (2018.09.26.) <https://www.jetfly.hu/polgari-tipusok/3d-nyomtatoval-keszulnek-az-airbus-a350-es-alkatreszei> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [13] Additive Manufacturing of Lightweight Laser Target Designator <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/44181033/101102480/EDF> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [14] Rotors and Cams Kft. <https://rotorsandcams.com/> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [15] Nehls, Grace. 3D-printed composite tail rotor gear box housing enhances Discovery super drone. *CompositesWorld* 2022.09.21. <https://www.compositesworld.com/news/3d-printed-composite-tail-rotor-gear-box-housing-enhances-discovery-super-drone> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [16] Gál Bence, Németh András. Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére *Hadmérnök XIV. Évfolyam* 1. szám – 2019. március [http://hadmernok.hu/191\\_19\\_gal.pdf](http://hadmernok.hu/191_19_gal.pdf) (Letöltve: 2023.4.26.);



- [17] CNC Media: A repülés jövőjét formálva <https://www.cnc.hu/2016/03/a-repules-jovojet-formalva/> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [18] <https://www.aurora.aero/applied-research-and-development/> (Letöltve: 2023.5.3.);
- [19] „Komplett merevszárnyas UAS kísérleti repülőeszköz rendszer beszerzése” Két UAS merevszárnyas kísérleti repülőeszköz készlet. GINOP 2.3.2-15-2016-00007. BHE Bonn Hungary Elektronikai Korlátolt Felelősségű Társaság. Közbeszerzési Értesítő 2018/31.;
- [20] Gajdács László, Szűcs Viktor Dániel. A 3D additív nyomtatási technológia jelene és jövője a pilóta nélküli légi járművek gyártásában. Repüléstudományi Konferencia 2021. <https://ludevent.uni-nke.hu/event/723/contributions/1023/> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [21] Gajdács László, Szűcs Viktor. A 3D nyomtatás lehetőségei a repülőgépiparban. Repüléstudományi Közlemények 2020. január, 32. évf. 2. szám pp. 97–104. <https://doi.org/10.32560/rk.2020.2.7;>
- [22] IoT Zóna: Drónra szerelhető szállítódobozt fejlesztett a magyar cég. <https://iotzona.hu/logisztika/kulonleges-dronra-szerelhető-doboz-a-magyar-makettezo-cegtol> (Letöltve: 2023.4.26.);
- [23] Forrás: <https://www.compositesworld.com/news/3d-printed-composite-tail-rotor-gear-box-housing-enhances-discovery-super-drone> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [24] Forrás: Researchers Create 3D Printed Morphing Composites Drone <https://www.compositestoday.com/2020/01/researchers-create-3d-printed-morphing-composites-drone/> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [25] Forrás: Aurora Flight Sciences, Stratasys 3D print jet UAV <https://www.aerospacemanufacturinganddesign.com/article/aurora-flight-sciences-stratasys-3d-print-jet-uav/> (Letöltve: 2023.4.20.);
- [26] Forrás: Ian Sheppard: Stratasys Prints, Builds, Flies A UAV <https://www.ainonline.com/aviation-news/aerospace/2015-11-09/stratasys-prints-builds-flies-uav> (Letöltve: 2023.4.20.).

**JEGYZETEK**

- 1 Tématerületi Kiválósági Program TKP2021-NVA-16 – Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal.
- 2 A DSM-et 1902-ben hozta létre a holland kormány a déli Limburg tartomány szénkészleteinek bányászatára. A cég neve a Nederlandse Staatsmijnennek (Holland Állami Bányák) angol fordításából származik: Dutch State Mines.
- 3 Az ETH Swiss Federal Institute of Technology in Zürich (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich) Svájci Szövetségi Technológiai Intézet.
- 4 A SABIC Innovative Plastics által gyártott Ultem®, egy poliéterimid (PEI) a poliimidek közé tartozó amorf szerkezetű polimer, hőre lágyuló műanyag.

**A lapunk posztermellékletén látható Panzerhaubitze (PzH) 2000HU önjáró löveg főbb harcászati-műszaki adatai:**

<b>Kezelőszemélyzet [fő]</b>	max. 5 fő (parancsnok, vezető, irányzó, 2 fő töltőkezelő)	
<b>Hosszúság [m]</b>	teljes, lövegcsővel előre	11,67
	páncéltest	7,30
<b>Szélesség [m]</b>	teljes	3,58
	kötény nélkül	3,37
<b>Magasság [m]</b>	teljes	3,46
	géppuskaállvány nélkül	3,06
<b>Hasmagasság [m]</b>	0,44	
<b>Lánc talp [m]</b>	szélessége	0,55
	felfekvő hosszúság	4,91
<b>Tömeg [t]</b>	üres tömeg	49
	harc tömeg	55,33
<b>Erőforrás [kW]</b>	típusa	MTU 881 dízelmotor
	teljesítmény	735 (1000 LE)
<b>Nyomatékváltó</b>	Renk HSWL 284, automata, 4 előre-, 2 hátrameneti fokozat	
<b>Felfüggesztés</b>	torziós rugós, lengőkaros	
<b>Fajlagos teljesítmény [kW/t]</b>	13 (18 LE/t)	
<b>Sebesség (max.) [km/h]</b>	60	
<b>Hatótávolság [km]</b>	420	
<b>Emelkedő-kapaszkodó képesség</b>	50%	
<b>Oldaldőlés</b>	25%	
<b>Lépcsőmászó képesség [m]</b>	1	
<b>Árokáthidaló képesség [m]</b>	3	
<b>Fegyverzet</b>	fő	155 mm-es L/52-es ágyútarack
	másodlagos	7,62 mm-es MG3 típusú géppuska
	ködgránátvetők	2x4 db, 76 mm-es gránátvető

\* Forrás: IHS Jane's Land warfare Platforms: Artillery & Air Defense 2016–2017