

SOPRONI EGYETEM, ERDŐMÉRNÖKI KAR,  
FÖLDMÉRÉSI, TÉRKÉPÉSZETI, ERDŐFELTÁRÁSI ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI INTÉZET

JANKÓ SÁNDOR DÍJ KONFERENCIA  
KONFERENCIAKIADVÁNY



Szerkesztők: Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Péterfalvi József,

Technikai szerkesztő: Horváth Tímea

2021. JÚNIUS 08.



Soproni Egyetem Kiadó  
Sopron, 2021.

©Felelős Kiadó:

Prof. Dr. Fábrián Attila

a Soproni Egyetem rektora

Szerkesztők: Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Péterfalvi József

Lektorok: Czimmer Kornél, Király Géza, Gribovszki Zoltán, Horváth Tímea, Péterfalvi József

A konferencia helye: Sopron, Hungary

Ideje: 2021. június 08.

Szervezők: Földmérési, Térképészeti, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet (SoE)

Támogató: Jankó Péter

A konferencia kiadvány megjelenését támogatta az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerepvállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt, valamint az Agrárminisztérium (EGF/103/2021) támogatása.

© Minden jog fenntartva

ISBN 978-963-334-397-5 (pdf)

## Tartalom:

A Jankó Sándor Díjról	4
A konferencia menete	5
Az előadásokból készült konferenciaközlemények	5
HULLÁMTÉRI ÉS MENTETT OLDALI ERDŐK ÉS A VÍZVISZONYOK KAPCSOLATA	6
FELTÁRÓHÁLÓZAT TERVEZÉSE BAKONYERDŐ ZRT. BAKONYBÉLI ERDÉSZETÉNEK TERÜLETÉN A BÉCSI-ÁROK ÉS A KÖRIS-HEGY KÖRNYEZETÉNEK FELTÁRÓHÁLÓZAT TERVE	13
KÜLÖNBÖZŐ UAV FELVÉTELEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA ÉS ERDÉSZETI ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA A SOPRON 100 N ERDŐRÉSZLETBEN	19
LÉGI LÉZERES LETAPOGATÁSBÓL FAEGYEDEK FELISMERÉSE ÉS FAÁLLOMÁNY- JELLEMZŐK MEGHATÁROZÁSA	26
AZ AGRÁRERDÉSZETI RENDSZEREK HIDROLÓGIÁJÁNAK VIZSGÁLATA A FERTŐDI GYÜMÖLCSKUTATÓ INTÉZET TERÜLETÉN	32
VÍZMINŐSÉG ELEMZÉSEK A RÁBA FOLYÓN	38
HIDRO-METEOROLÓGIAI ADATOK ELEMZÉSE ÉS ELŐKÉSZÍTÉSE 2017-2020 KÖZÖTT A HIDEGVÍZ-VÖLGYI KÍSÉRLETI VÍZGYŰJTŐ TERÜLETEN	43
FAÁLLOMÁNY-JELLEMZŐK VIZSGÁLATA UAV-K SEGÍTSÉGÉVEL A SZOMBATHELYI ERDÉSZETI ZRT.-NÉL	47
HIDROLÓGIAI VIZSGÁLATOK EGY FÁS LEGELŐN	53

# KÜLÖNBÖZŐ UAV FELVÉTELEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA ÉS ERDÉSZETI ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA A SOPRON 100 N ERDŐRÉSZLETBEN

CSIZMADIA KRISZTINA – KIRÁLY GÉZA

Földmérési, Térképészeti, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet, Soproni Egyetem,  
csizmikritya@gmail.com

## Bevezetés

Kutatásainkban olyan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle, pilóta nélküli légi jármű*) használatot vizsgáltunk, amiben dendrometria méréseket végzünk. A vizsgált terület a Sopronhoz tartozó 100/N erdőrészt. Az erdőrészt az állományt tekintve kocsánytalan tölgyesből áll, de ezen kívül még elegyfajként fenyő és gyertyán is megtalálható az erdőrésztben. Az UAV felvételeket ősszel és kora tavasszal készítettük, mind a két alkalommal különböző drónokat használtunk fel a különböző magasságokban történő repülésekhez. Az őszi felmérés során egy borított felszínmodell (BFM) állítottunk elő. A tavaszi repülés során a domborzat modell megalkotására törekedtünk. A digitális domborzatmodellek (DDM) a tereptárgyak nélküli földfelszín magasságát írják le. (KIRÁLY *et al*, 2017) Fontossága ennek a felmérésnek, hogy feltérképezzük az UAV-k használhatóságát egy erdőrészt felmérése során. A repülések után a számítógépen számított eredmények mellett terepi felméréseket is végeztünk, ezzel alátámasztva az eljárás használhatóságát. Az ilyen jellegű kutatások kezdenek napi gyakorlattá válni a mai világban, egyre több erdőgazdálkodó vásárol pilóta nélküli légi járművet, azaz drónt és felügyeli vagy vizsgálja erdőrésztjeit annak segítségével.

Az UAV-k – *Unmanned Aerial Vehicle* – esetében olyan pilóta nélküli légi járműről beszélhetünk, aminek a fedélzetén nincs irányító ember. Gyakran használják a drone/drón elnevezést is. Az UAV-kat eleinte csak katonai célokra használták, mára már sok más területen is használjuk ezeket a műszereket (A-NPA 2019/945). Az emberek nagy része csak hobbiból használja a drónokat, de fontos kutatások része is lehet egy ilyen pilóta nélküli légi jármű. Az UAV-kat sokféle módon lehet csoportosítani, mint méret, súly, működési paraméterek felhasználás szerint. Mi esetünkben olyan drónokat használtunk, amik egy kategóriákba sorolhatók, mind a két drón forgószárnyas, VOLT (*Vertical Take Off and Landing*), azaz függőlegesen fel- és leszállni képes eszközök. Repülési idejük 10 perc eltérést tekintve megegyezik. A hatótávolságukban van különbség a kisebb drónnak 2 km a hatótávolsága, míg a nagyobb drónnak 5 km a hatótávolsága.

Erdőgazdálkodásban használt távérzékelés során a felvételezés tárgya általában a faállomány. Felvételeken a fakorona vagy másnéven a fénykorona, azaz a felső lombkorona alkot képet ezzel eltakarva általában a második lombkoronát és a cserjeszintet. A felvételek készítésekor figyelembe kell venni minden olyan tényezőt, amely a felvétel sikertelenségéhez vezethet, ilyenek az időjárási viszonyok, megvilágítás, felvevő rendszerek teljesítő képessége, felvételezés időpontja. Az UAV-k által készített felvételeket Agisoft Photoscan program segítségével 3 dimenziós modellt tudjuk alakítani, amely alkalmas az erdőben az egyes fák jellemzőinek értékelésére. UAV-képekből információt kapunk a fa tulajdonságairól, mint például a fák számáról, a fa magasságáról, a korona vetületekről és koronazáródásáról. Továbbá meg tudjuk állapítani az egyes fák vagy faállományok kapcsolatát a környezetével, amelyek elengedhetetlenek az erdő megújulásának monitorozásához, az erdő mennyiségi elemzéséhez (MIDHUN MOHAN 2017).

### *Vizsgálati anyag és módszer*

Méréseinket a Sopron 100/N erdőrésztletben végeztük (*1. ábra*). Az erdőrésztlet területe 1,58 ha. Ebben az erdőrésztletben kocsánytalantölgy az uralkodó (elegyaránya 78%), elegyfajaként megtalálható a gyertyán (elegyarány 18%) és néhány feketefenyő (4%). Az állomány záródása 40%.



1. ábra: A vizsgált terület a Google Earth programban

*1. ábra: A vizsgált terület a Google Earth programban*

### *UAV-val végzett mérések:*

A repülésekhez használt eszközök a DJI Matrice 100, DJI Zenmuse X3 kamerával illetve a DJI Matrice 600 Pro, Zenmuse Z15-A7 kamerafelfüggesztéssel, és egy Sony Alpha7R kamerával, amihez Sony Sonnar T\* FE 35 mm F2.8 ZA objektívet használtunk. A DJI Matrice 100 egy forgószárnyas drón, amely 4 rotorral rendelkezik, amelynek hatósugara 2 km és maximális repülési ideje 20 perc. DJI Matrice 600 Pro egy hat forgószárnyas drón (DJI 2019). Mindkét kamera egy RGB kamera, amely a látható tartományban érzékeli a hullámhosszokat és alkot digitális képet róluk.

Repüléseket 2019. októberében és 2020. márciusában hajtottuk végre, mind a két alkalommal kedvező időjárási viszonyok tették lehetővé a repülést. Drón reptetés során elengedhetetlen a szélcsendes idő, hiszen ezzel is növelni tudjuk a mérés pontosságát.

Mint már a bevezetésben említettük az októberi repülésnél egy BFM volt a cél (*2. ábra*). A borított felszín modellek, minden olyan objektumot tartalmaznak, amelyek a légifényképek által készült képeken a terepen jól láthatók. Ilyenek a kiemelkedő természetes és mesterséges tereptárgyak, mint például a növényzet és az épületek (KIRÁLY *et al*, 2017).

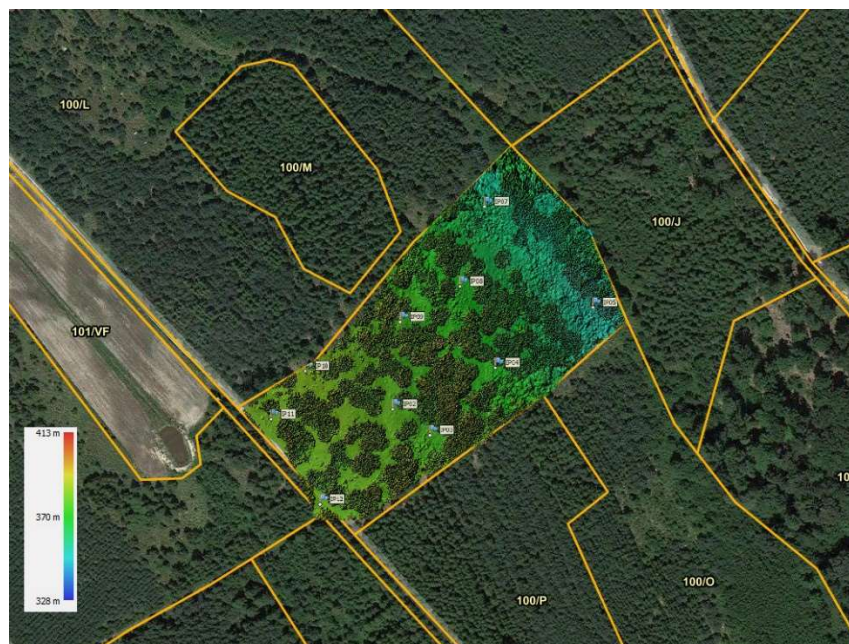
Előre megírt repülési tervet követett a drón. A Matrice 100 repülési magassága 70 m és 35 m, a Matrice 600 Pro-nál ez a magasság 70 m és 105 m volt (*1.táblázat*).



	Őszi repülés			
	Matrice 600 Pro		Matrice 100	
Repülési magasság	105 m	70 m	70 m	35 m
Repülési idő				
<i>Kezdés</i>	12:09	12:22	12:48	12:56
<i>Befejezés</i>	12:13	12:33	12:52	13:15
Repülési sáv	3	5	3	5
Képek száma	51	134	35	109
Illesztőpontok száma	12	12	12	12

1. táblázat: Az őszi repülés adatai

A területen 12 darab illesztőpontot helyeztünk el. Az illesztőpontok helyzetét GNSS méréssel határoztuk meg. A mind a két drónban található beépített GPS rendszer, amely folyamatosan rögzíti a drón helyzetét. Az illesztőpontoknak a felvételek tájékozásánál van fontos szerepe.



2. ábra: Agisoft Photoscan programban előállított borított felszínmodell

A koratavaszi repülésnél a digitális domborzatmodell (DDM) előállítása érdekében történő felvételek készítése volt a cél (3.ábra). A digitális domborzatmodellek (DDM) a tereptárgyak nélküli földfelszín magasságát írják le (KIRÁLY *et al*, 2017). Március elején mentünk ki a felvételeket elkészíteni, ilyenkor a kocsánytalan tölgy esetében még nem történt meg a lombfakadás így a felvételeken látható a terep. A repülési magasságok és a repülési tervek megegyeztettek az őszi repülés során használt magasságokkal, paraméterekkel (2. táblázat).

	Tavaszi repülés				
	Matrice 100		Matrice 600 Pro		FIMI X8
Repülési magasság	70 m	35 m	105 m	70 m	70 m
Repülési idő					
Kezdés	11:10	11:14	12:09	11:45	11:10
Befejezés	11:11	11:20	12:13	11:55	11:11
Repülési sáv	2	5	3	4	3
Képek száma	26	114	51	95	26
Illesztőpontok száma	10	10	10	10	10

2. táblázat: A koratavaszi repülés adatai

A területen minden fának bemértük a pozícióját, hogy referencia adatokhoz jussunk. Ehhez egy Leica TS03 mérőállomást használtunk. A fák pozícióján kívül minden fának megmértük a magasságát Lasertech TruPulse 360B magasságmérővel. Koronavetületet is meghatároztuk a terepen. Illetve mellmagasságban átlalóval megmértük az átmérőket is. Ezek közül a famagasságot és a koronavetületet tudjuk közvetlenül összehasonlítani a légifényképeken mért értékekkel.

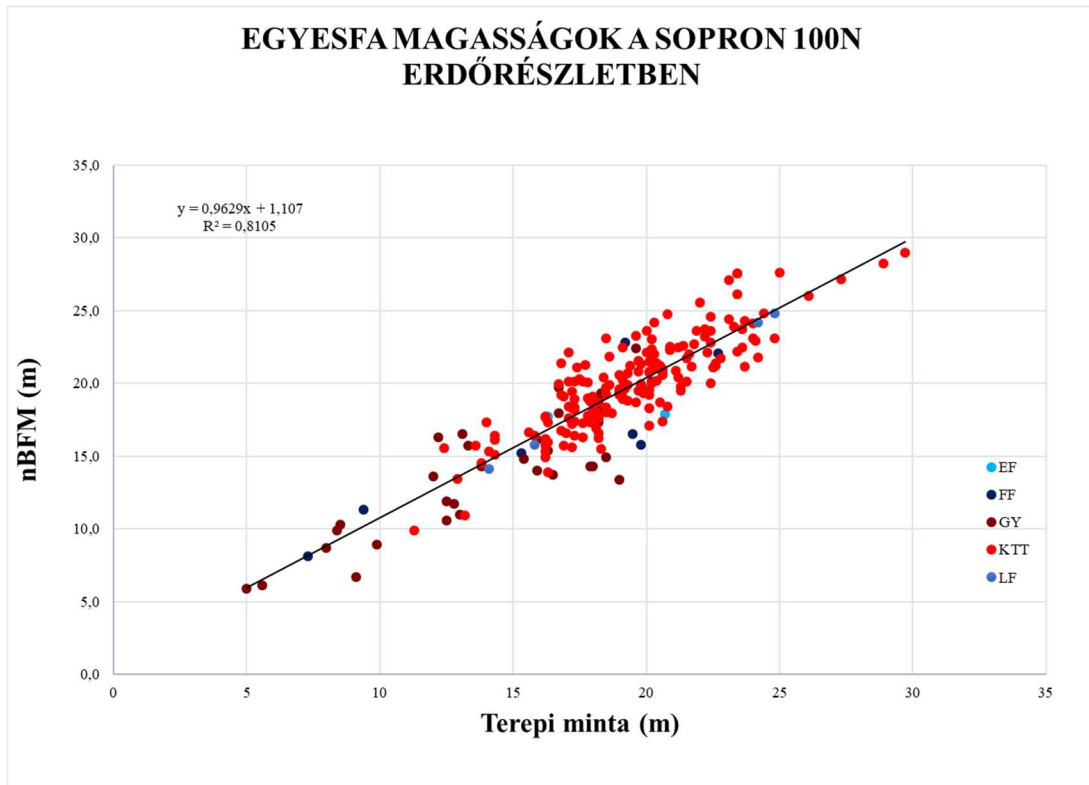
A képek feldolgozásához az Agisoft Photoscan 1.2.6 programot használtuk. Minden repülést külön kell kezelni a programban. A betöltött képek között megkeresi a képen az azonos tulajdonságokat. Párosítja azokat és létrehoz egy előzetes pontfelhőt. Ezután fontos az illesztőpontok használata, ezek helyeit megkeressük a képeken és utána rögzítjük őket azokon. Ha mindegyiket felkerestük, a kamerák kalibrálása következik, amelynek segítségével a legkisebb hibát próbáljuk elérni. Az illesztőpontok rögzítése és kamerák kalibrálása után, létrehozunk egy részletes pont felhőt. A legpontosabb értékek elérése érdekében a pontfelhőt „Ultra high” azaz legmagasabb felbontásban futtattuk le. A program segítségével létrehoztunk egy borított felszínmodellt az őszi repülés képeiből. A sűrű pontfelhőn látszik, hogy nagyon zajos, ezért az OPALS programmal borított felszínmodell állítottunk elő. Ez a program pontosabban ki tudja szűrni a terep feletti pontokat, mint az Agisoft Photoscan. A tavaszi repülés képeiből pedig egy digitális domborzatmodellt állítottunk elő. A DDM előállításánál szintén másik programot kellett alkalmaznunk, mert az Agisoft Photoscan által előállított domborzatmodell zajos volt, így nem volt alkalmas egy pontos nBFM előállításához. A LAStools QGIS alatti modulja nagyon hatékony, kötegeltszkriptálható, többmagos parancssori eszközök gyűjteménye. Emiatt LiDAR felvételek feldolgozására alkalmas, ennek köszönhetően tudtuk mi is alkalmazni.

A QGIS 3.12 programban raszterművelet segítségével a borított felszínmodellből (BFM) kivontuk a digitális domborzatmodellt (DDM), az így kiszámított érték megadta a két raszter magasság különbségét, így kaptunk egy normalizált borított felszínmodellt (nBFM), ami valójában egy relatív magassági modell. A terepen meghatározott fák pozícióit a QGIS-ben felhasználtuk, így a mérés során pontosan tudtuk azonosítani a vizsgált fákat. Ennek köszönhetően minden fának a magasságát, amit terepen mértünk, össze tudjuk hasonlítani azokkal a magasságokkal amiket a programból olvasunk ki.

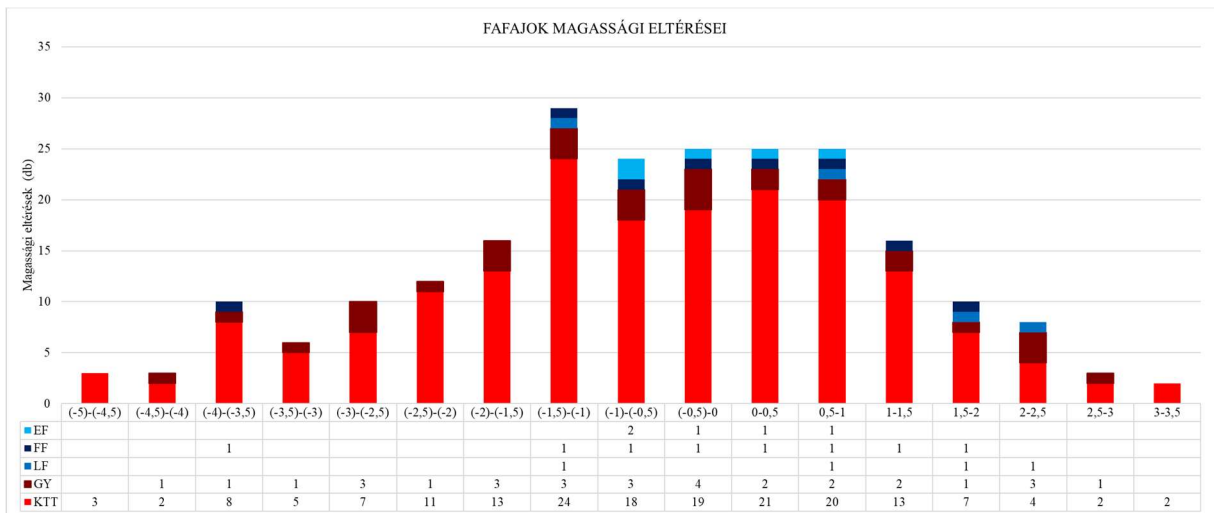
#### Vizsgálati eredmények

A Matrice 600 Pro 105 méteres repülés során az összes fafajt tekintve ~81%-os  $R^2$  értékek adódtak az egyesfa magasságokra (4. ábra: A rögzített és simító keresés szemléltetése (piros: rögzített keresés során megjelölt maximumok; zöld: simító keresés során eltávolított maximumok)). Az átlagos eltérés 0,4 méter volt, 1,8 méteres szórással. Az eltéréseket egy hisztogramon is ábrázoltuk (5. ábra: Fatérfogat a növénytér függvényében (CSDO 1C)). A hisztogramon láthatjuk,

hogy a legtöbb érték a -1,5 és 1,5 méteres érték között mozog. Fafajonkénti  $R^2$  értékek a következők voltak: EF 57% , FF 23% , LF 97% , GY 75% , KTT 73%.



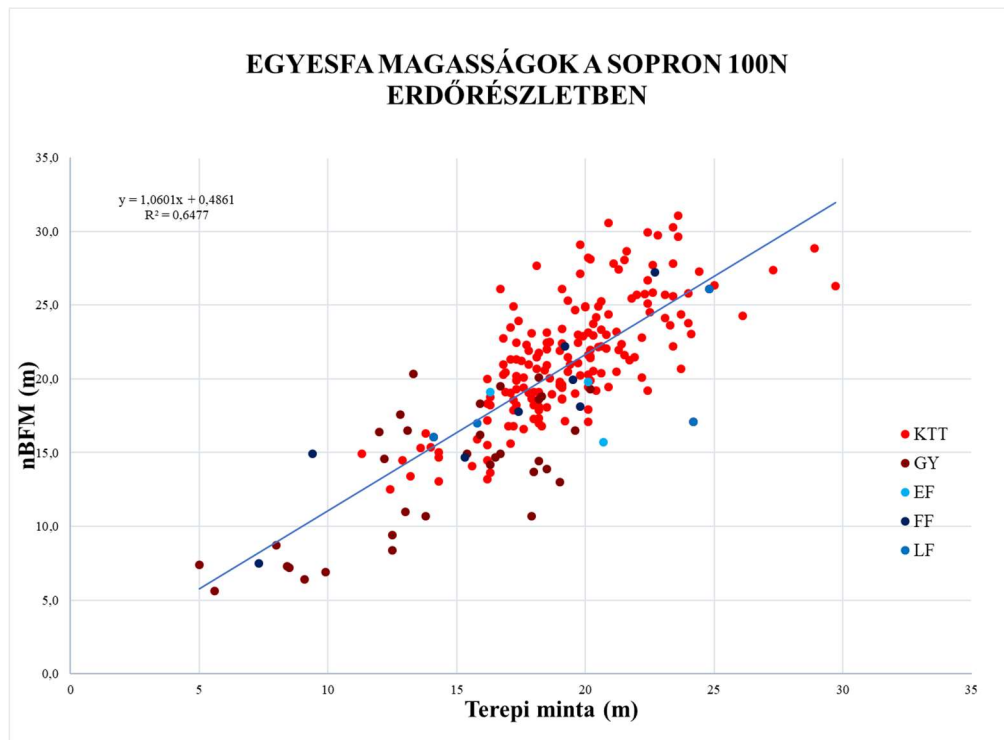
3.ábra: Egyesfa magasságok a Sony 105 méteres képek alapján, manuális mérés eredményei



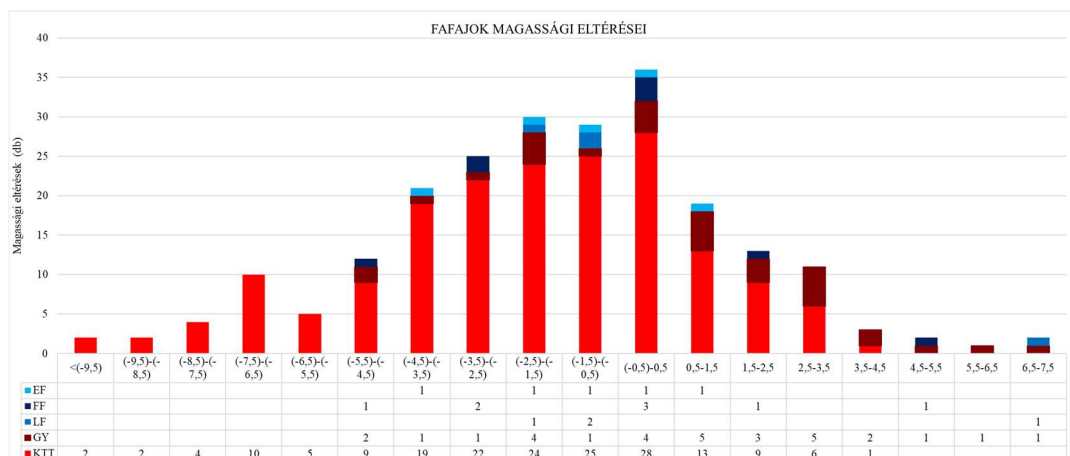
4.ábra: Egyesfa magasságok a Sony 105 méteres képek alapján, manuális mérés eredményei

A Matrice 100 70 méteres repülése során az összes fajt tekintve ~65%-os  $R^2$  értékek adódtak az egyesfa magasságokra (5. ábra). Az átlagos eltérés 1,6 méter volt, 3,0 méteres szórással. Magasságok eloszlása a terepi és a nBFM-ből számított magasság különbségeket ábrázolja. Az eltérések hisztogramját diagramon ábrázoltuk (6. ábra). A legtöbb eltérés a hisztogram alapján -5,5 és 3,5 m között található. Fafajonkénti  $R^2$  értékek a következők voltak: EF 21% , FF 81% , LF 44% , GY 52% , KTT 50%.





5. ábra: Egyesfa magasságok a M100 70m méteres képek alapján, manuális mérés eredményei



6. ábra: A M100 70 méteres képek alapján az eltérések hisztogramja, manuális mérés eredményei

#### Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

Famagasságokat tekintve különböző eredményeket kaptam, de ezek sok tényezőtől függenek. Minden repülés más eredményhez vezetett. Több mérést is végeztem, az eredményeket vizsgáltam az Agisoft Photoscan által előállított borított felszínmodellel és az OPALS programban szűrt pontok által készült borított felszínmodellel is. Vizsgálati eredményekben az OPALS programban előállított borított felszínmodell használtam fel. Ennek az volt az oka, hogy a két modell eltért egymástól. Az Agisoft Photoscanben előállított modellen sajnos 31 darab fát nem tudtunk azonosítani, ez a zajos modellnek és annak túlzott simításának köszönhető. A famagasságokat manuálisan és automatikusan is megmértük. A manuális mérés során az eredményeknél azt láthattuk, hogy magasabb pontokat vettem figyelembe, mint az automatizált mérés, így a manuális mérés során a sok negatív érték ebből adódik. Az automatikus mérés eredményei eltérnek a manuális eredményektől. Ennek ellenére mégis a

manuális mérés lett pontosabb. A pontos eredmények érdekében az időigényesebb de pontosabb manuális mérést célszerű alkalmazni egy ilyen kutatás során. Összeségében elmondható, hogy a Matrice 600 Pro-val készült képek használata során pontosabb eredményeket kaptunk, mint a Matrice 100-zal készült képek használatával.

Tapasztalataim alapján elmondhatom, hogy az ilyen mérésekhez elengedhetetlen egy megfelelő domborzatmodell és egy olyan borított felszínmodell, ahol jobban ki tudjuk szűrni a számunkra felesleges pontokat, ezzel is növelve a borított felszínmodell pontosságát. Az automatikus mérés a famagasságokra megfelelően alkalmazható, de a koronavetület méréseknél manuálisan javítanunk kell a pontosság elérése érdekében. Egy ilyen kutatást, valószínűleg érdekesebb egy olyan területen készíteni, ahol a famagasság mérést egyértelműen végre tudjuk hajtani a terepen és a programban is.

#### *Köszönetnyilvánítás*

A kutatásaink során felhasznált eszközöket, a DJI Matrice 100 és a DJI Matrice 600Pro UAV-eket, valamint a Leica TS03 mérőállomást a „GINOP-2.3.3-15-2016-00039 – Fás biomassa termesztési feltételeinek vizsgálata” című projekt támogatása tette lehetővé.

#### *Irodalomjegyzék*

EASA A-NPA 2019/945.: A pilóta nélküli légi jármű-rendszerekről és a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek harmadik országbeli üzembentartóiról.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32019R0945>

(2020.04.30)

KIRÁLY G.– BALLA CS. – BARTON I. – MÉSZÁROS GY. – PETRÁNYI B. – SZABÓ K. (2017): Borított felszínmodellek erdészeti felhasználása. In: VI. Kari Tudományos Konferencia, Soproni Egyetem Kiadó, Sopron. pp 118-122.

MIDHUN, MOHAN (2017): Individual tree detection from unmanned aerial vehicle (UAV) Derived Canopy Height model in an open canopy mixed conifer forest