

# BORÍTOTT FELSZÍNMODELLEK ELŐÁLLÍTÁSA, ÉS FELHASZNÁLÁSA ERDÉSZETI CÉLOKRA.

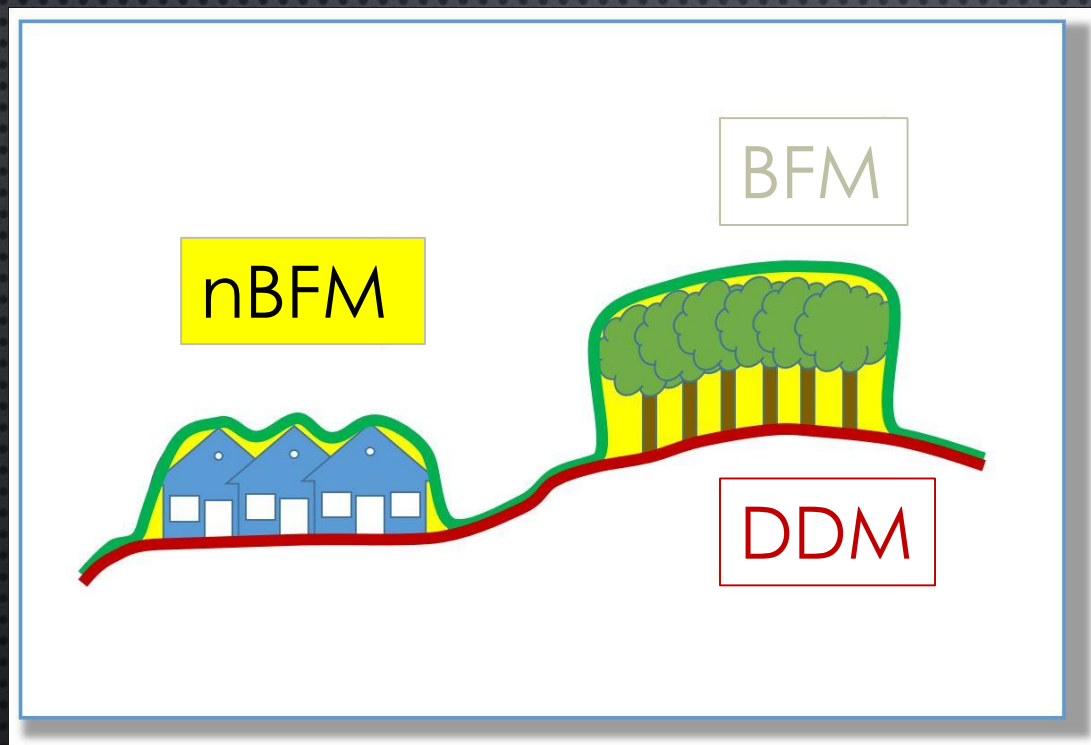
KIRÁLY GÉZA<sup>1</sup>, BROLLY GÁBOR<sup>1</sup>, GALLAI BENCE<sup>1</sup>, KOTTEK PÉTER<sup>2</sup>,  
SZABÓ KÁROLY<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SOPRONI EGYETEM, ERDŐMÉRNÖKI KAR, GEOMATIKAI, ERDŐFELTÁRÁSI ÉS VÍZGAZDÁLKODÁSI  
INTÉZET, FÖLDMÉRÉSI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI TANSZÉK

<sup>2</sup> NEMZETI ÉLELMISZERLÁNC-BIZTONSÁGI HIVATAL, ERDÉSZETI IGAZGATÓSÁG

<sup>3</sup> VAS MEGYEI KORMÁNYHIVATAL, ERDÉSZETI OSZTÁLY

# BORÍTOTT FELSZÍNMODELLEK (BFM)



- DDM: DIGITÁLIS DOMBORZATMODELL (DTM)
- BFM: BORÍTOTT FELSZÍNMODELL (DSM)
- nBFM: NORMALIZÁLT BFM (NDSM)



# BORÍTOTT FELSZÍNMODELLEK (BFM) ELŐÁLLÍTÁSA: TÁVÉRZÉKELEÉSSEL

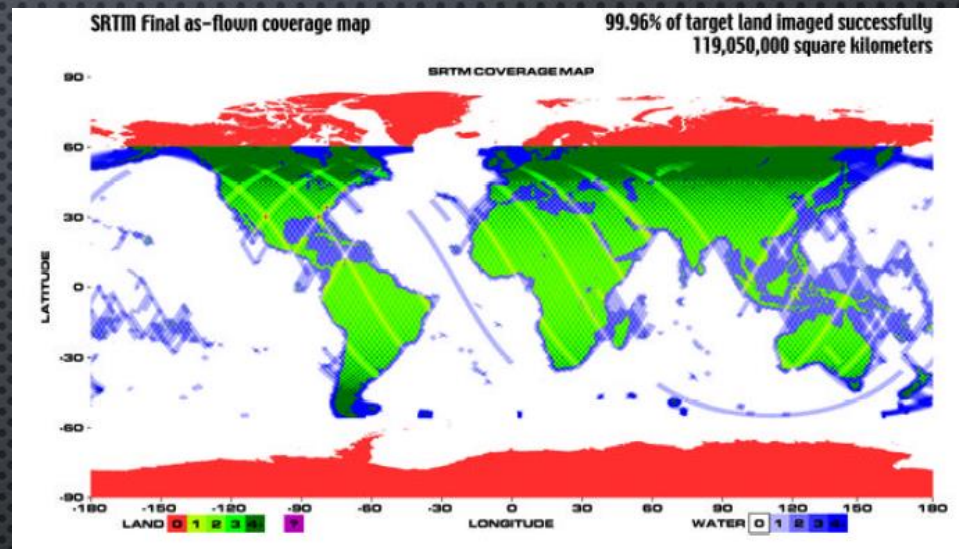
- AKTÍV
  - RADAR
  - LS
- PASSZÍV, KÉPEGYEZTETÉSI ELJÁRÁSOK  
ROHAMOS FEJLŐDÉSE
  - SEMIGLOBAL MATCHING
  - STRUCTURE FROM MOTION
- MŰHOLDAS
- LÉGI
  - MAV
  - UAV
- FÖLDI
  - MOBIL
  - STATIKUS



# SRTM

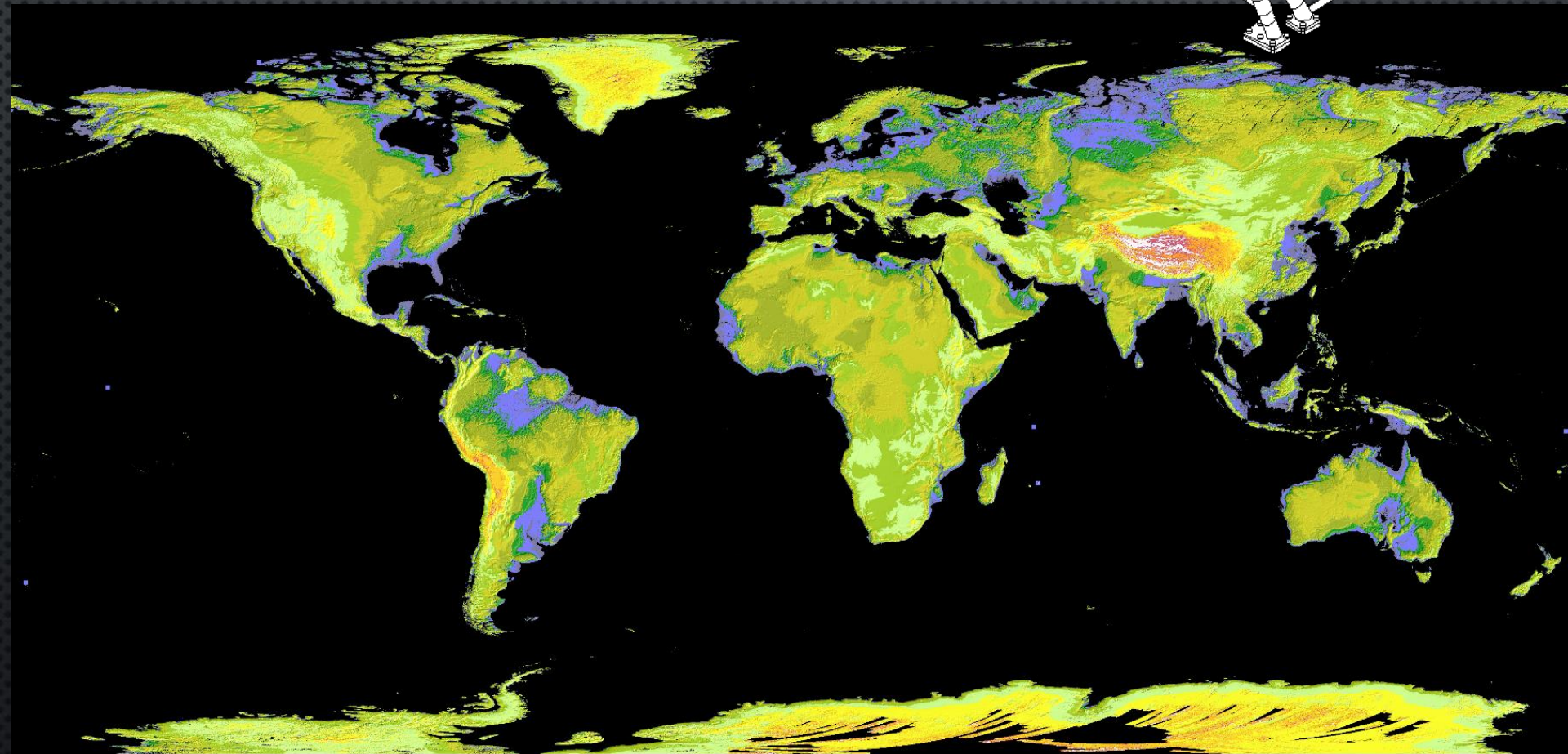
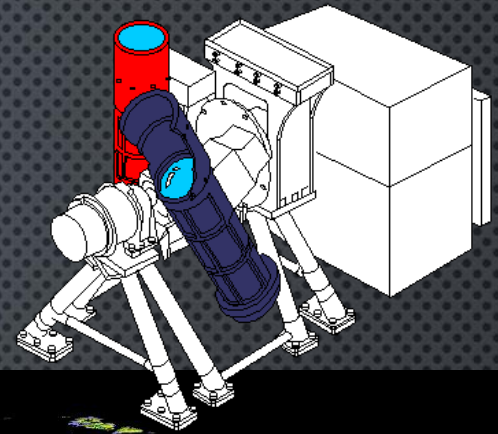
## SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION

- 2000.02.11
- ENDEAVOUR ŰRREPÜLŐGÉPEN
- 10 NAPOS KÜLDETÉS
- MAJDNEM GLOBÁLIS TOPOGRÁFIAI FELVÉTEL
- [HTTP://WWW.GLCFC.UMD.EDU/DATA/SRTM/](http://www.glcfc.umd.edu/data/srtm/)





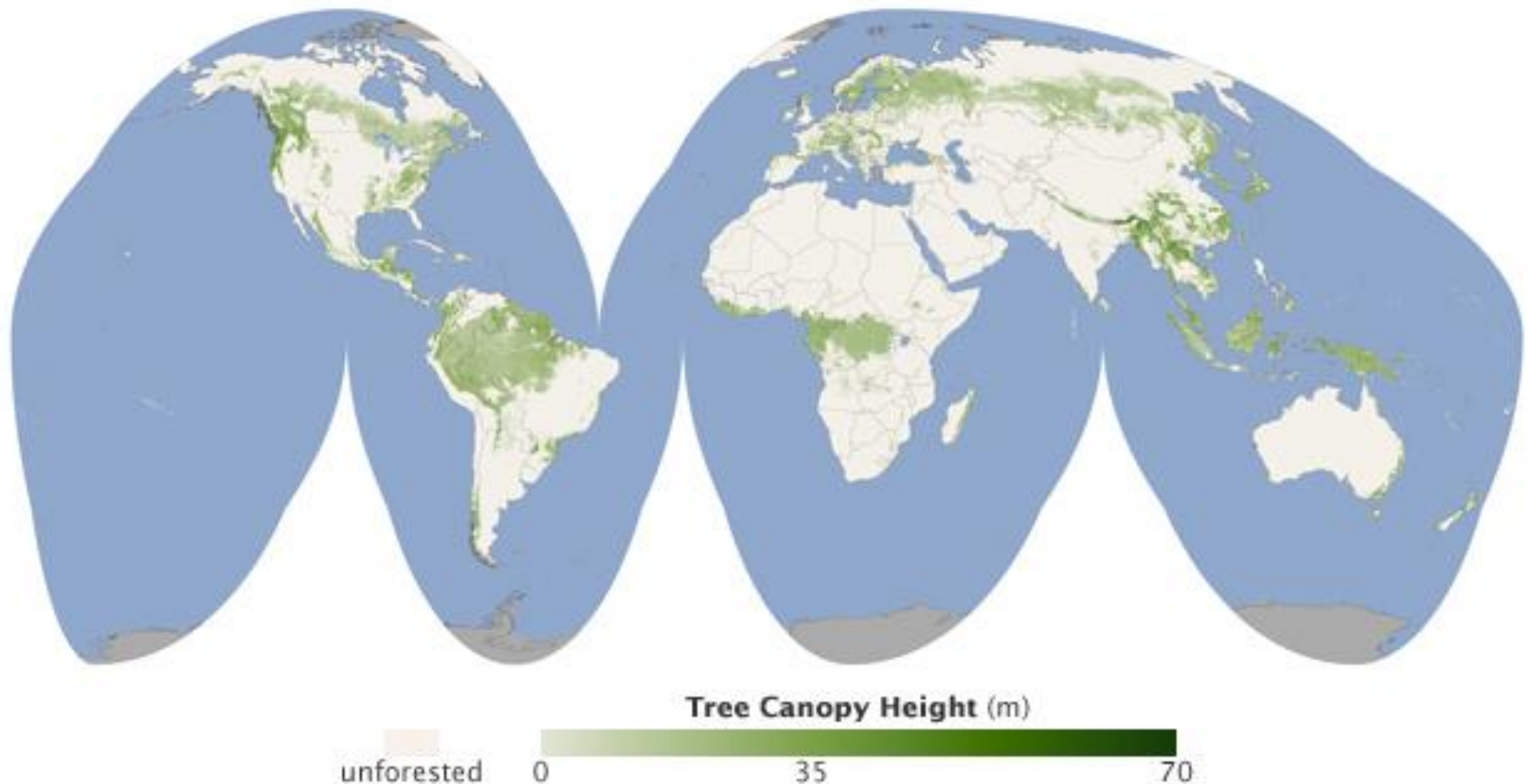
# ASTER GDEM2 GLOBAL DIGITAL ELEVATION MODEL VERSION 2





# ICESAT-1

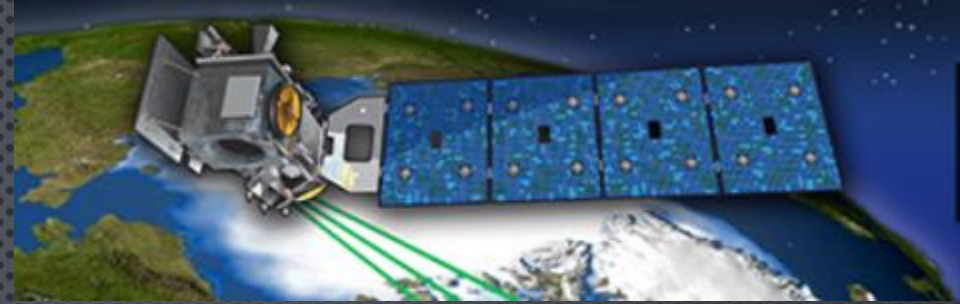
## MICHAEL LEFSKY: GLOBAL FOREST HEIGHT





# ICESAT-2

## ICE, CLOUD AND LAND ELEVATION SATELLITE-2



- ADVANCED TOPOGRAPHIC LASER ALTIMETER SYSTEM (ATLAS)
- 2018. SZEPTEMBER 15-ÉN ÁLLÍTOTTÁK PÁLYÁRA
- [TOVÁBBI INFORMÁCIÓ](#)



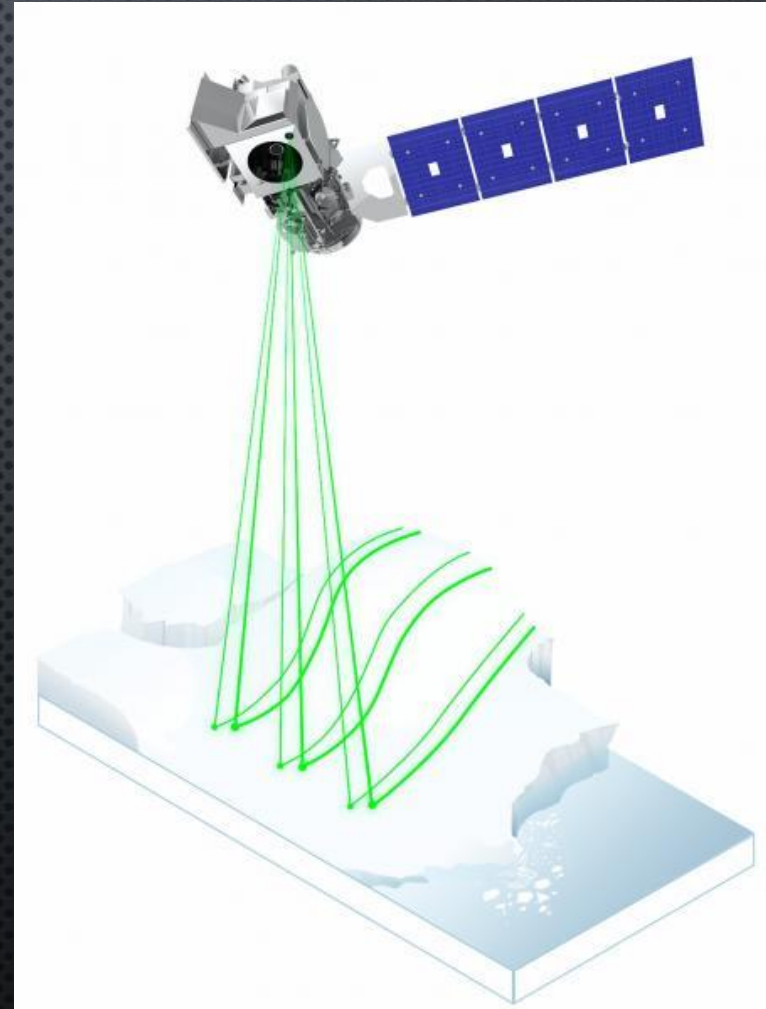






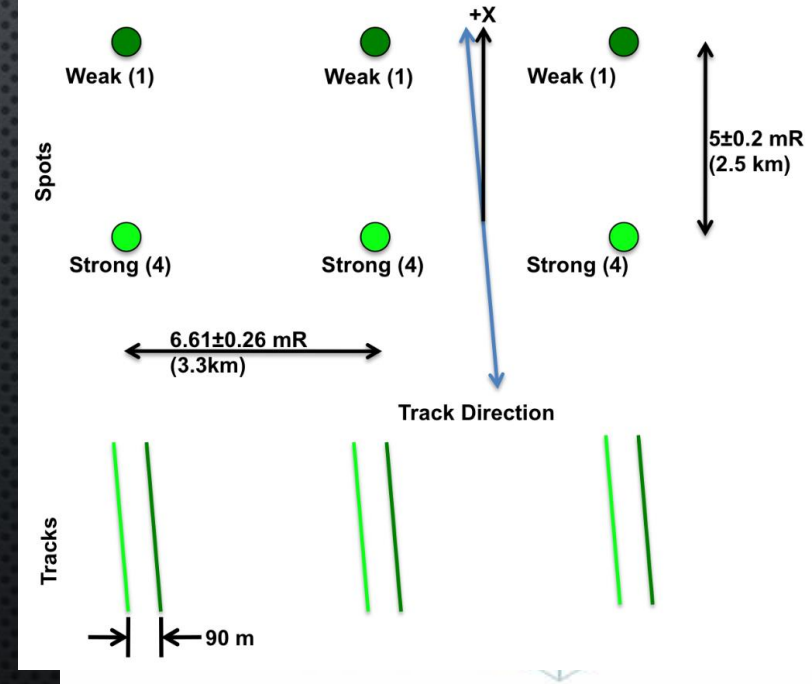
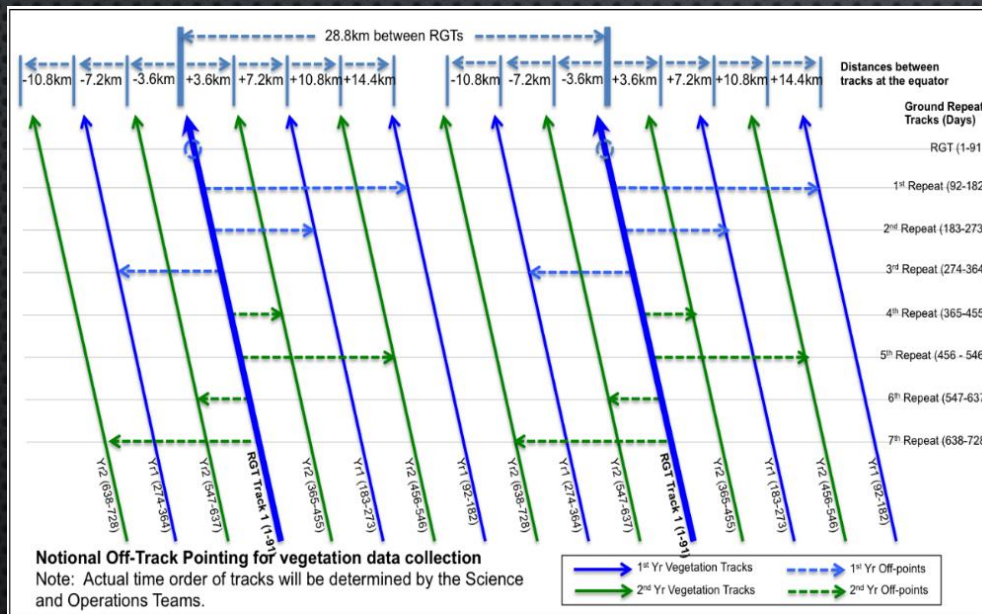
# ADVANCED TOPOGRAPHIC LASER ALTIMETER SYSTEM (ATLAS)

- 532 NM
- 3 SUGÁRPÁRRA BONTVA
- 10 KHz
- 800 PS



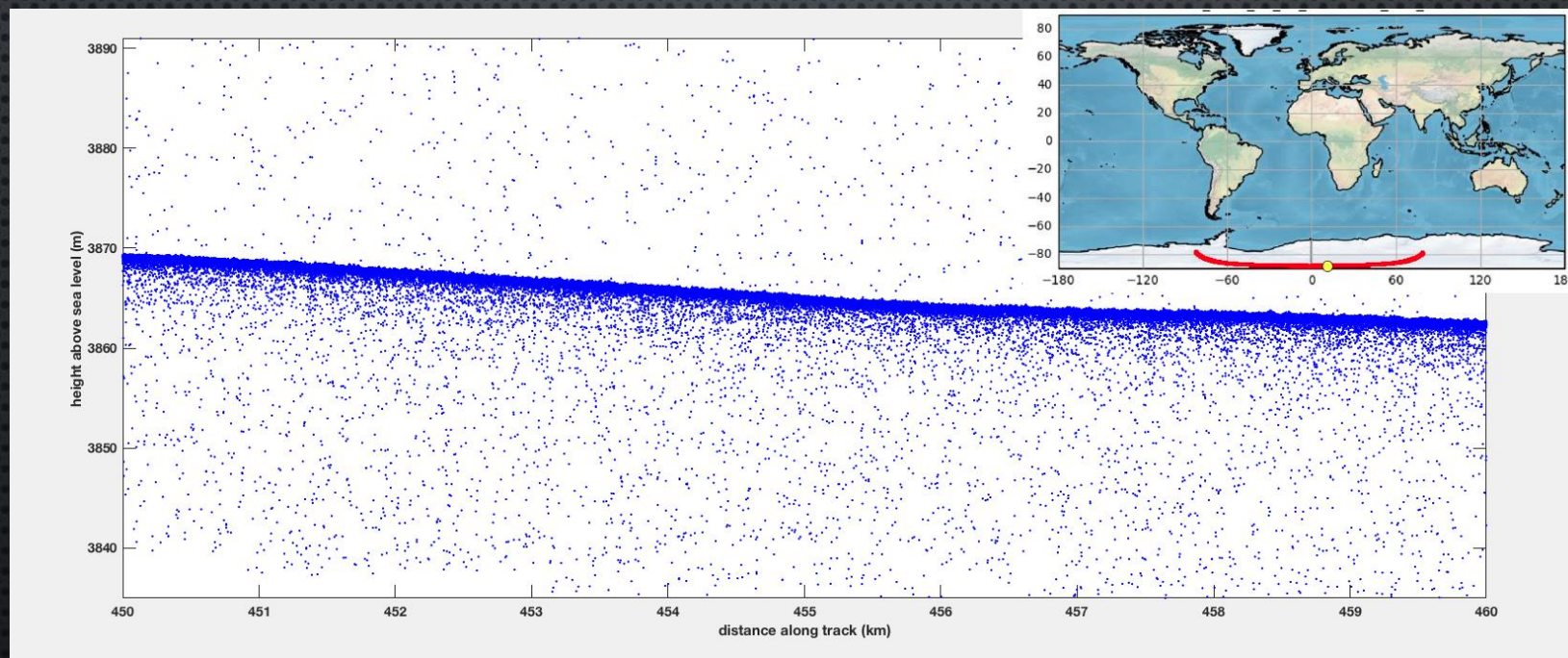


# ADVANCED TOPOGRAPHIC LASER ALTIMETER SYSTEM (ATLAS)



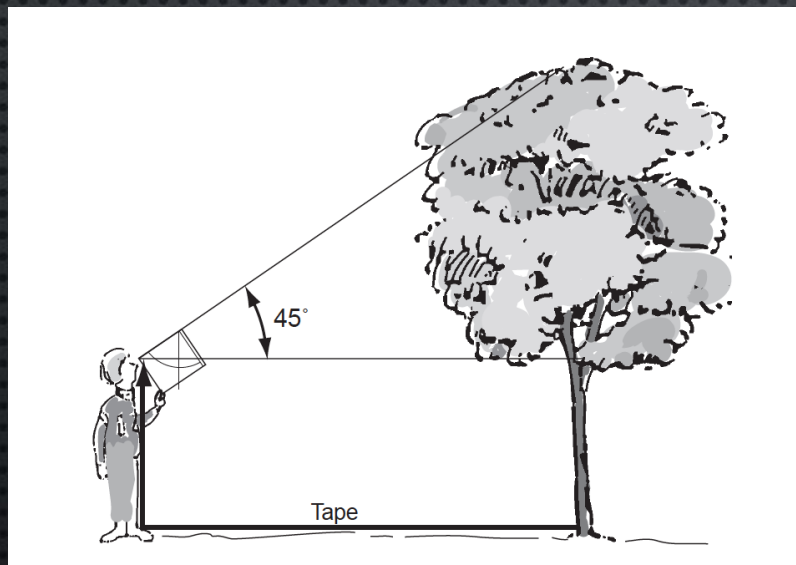


# ATLAS WAS FIRED ON 30/09/2018





# TREES AROUND THE GLOBE CAMPAIGN



# LÉGI TÁVÉRZÉKELEÉS

## LÉGIFÉNYKÉPEK

- MAGYARORSZÁGON 3-4 ÉVENTE KÉSZÜL ORSZÁGOSAN
  - ~0,4 M TEREPI FELBONTÁS
  - 4 SPEKTRÁLIS SÁV
  - 12 BIT
- MEGFIZETHETŐ
- TERMÉKEK
  - ORTOFOTÓ
  - BORÍTOTT FELSZÍNMODELL (BFM)
  - 3D PONTFELHŐ

## LÉGI LÉZERES LETAPOGATÁSOK

- MAGYARORSZÁGON MÉG NEM KÉSZÜLT ORSZÁGOS FELMÉRÉS
- [HTTP://ALS.NYME.HU/](http://als.ny-me.hu/)
- DRÁGÁBB
- TERMÉKEK
  - 3D PONTFELHŐ
  - DIGITÁLIS DOMBORZATMODELL (DDM)
  - BORÍTOTT FELSZÍNMODELL (BFM)



# PILÓTÁVAL VAGY NÉLKÜLE

## PILÓTÁVAL

- JELENTŐSEN KÖLTSÉGESEBB
- KEVÉSBÉ RUGALMAS
- BIZTONSÁGOSABB
- KIALAKULT SZABÁLYOZÁS

## NÉLKÜLE

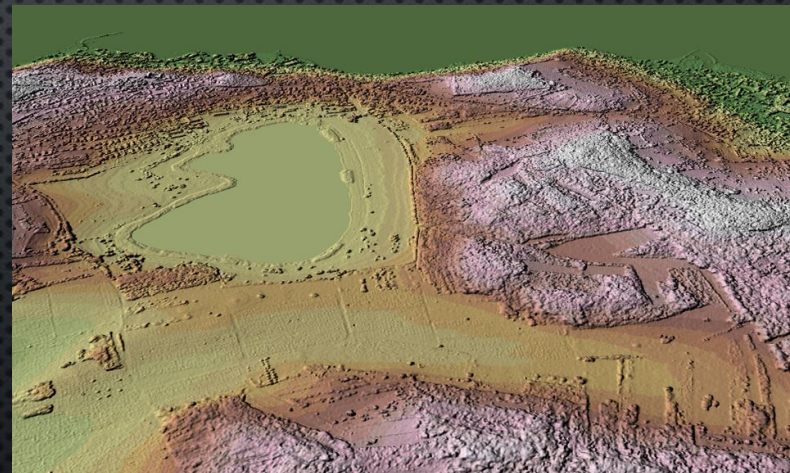
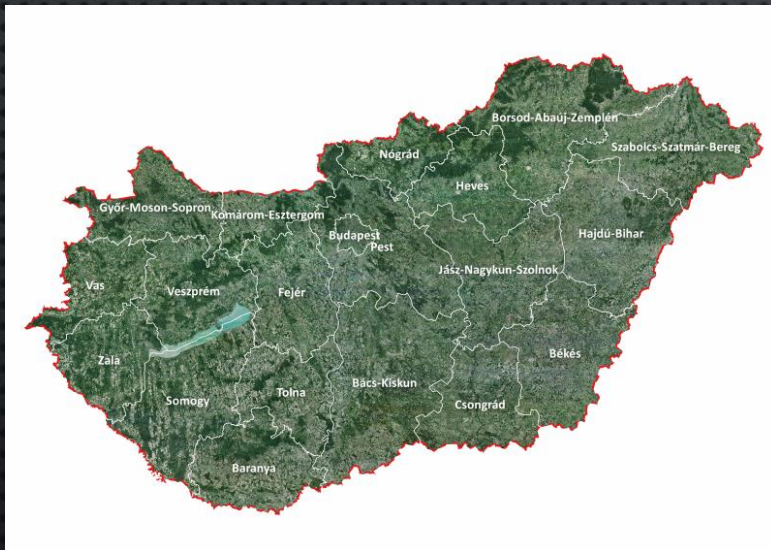
- OLCSÓBB
- SOKKAL RUGALMASABB
- KEVÉSBÉ BIZTONSÁGOS
- ALAKULÓBAN LÉVŐ, KAOTIKUS SZABÁLYOZÁS



# BFKH-FTFF (FÖMI) ORSZÁGOS LÉGIFÉNYKÉPEZÉSEI

ORSZÁGOS LÉGIFÉNYKÉPEZÉSEK  
3-4 (5) ÉVENTE

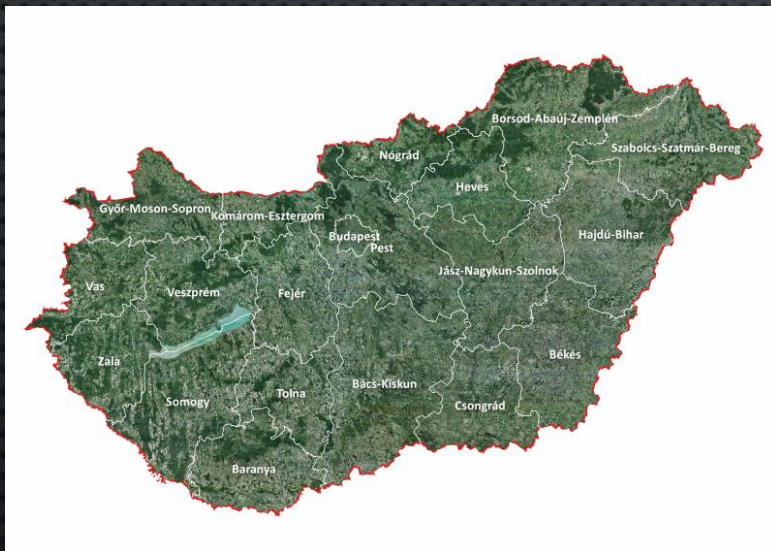
BORÍTOTT FELSZÍNMODELL  
BFM / DFM





# BFKH-FTFF (FÖMI) ORSZÁGOS LÉGIFÉNYKÉPEZÉSEI

ORSZÁGOS LÉGIFÉNYKÉPEZÉSEK  
3-4 (5) ÉVENTE



3D PONTFELHŐ

SZÍNEZETT DIGITÁLIS FELSZÍNMODELL (CDFM)





# DJI MATRICE600PRO



- HEXACOPTER
- ~2 KG HASZNOS TEHER
- ~30 PERC REPÜLÉSI IDŐ
- SONY A7R KAMERA
- 35 MM-ES OPTIKA
- SEQUOIA MULTISPEKTRÁLIS KAMERA





# DJI MATRICE600PRO

Sony A7R kamera  
Parrot Sequoia





# DJI MATRICE600PRO

Sony A7R kamera  
Parrot Sequoia













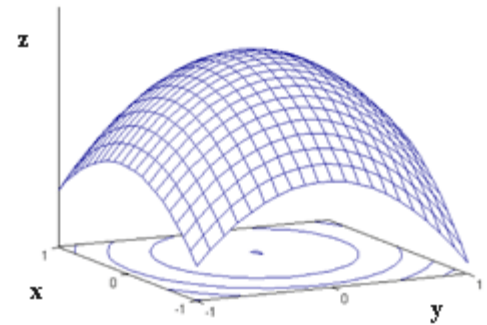
# FÖLDI LÉZERES LETAPOGATÁS LEICA BLK360



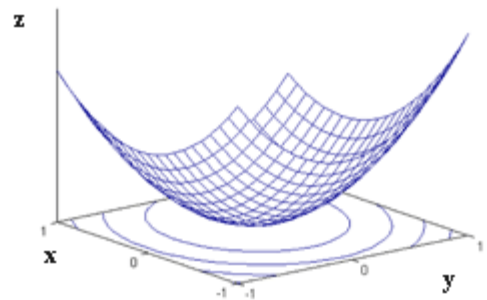


# BORÍTOTT FELSZÍNMODELL (BFM) ERDŐBEN LOMBKORONA FELÜLETMODELLJE (DSM)

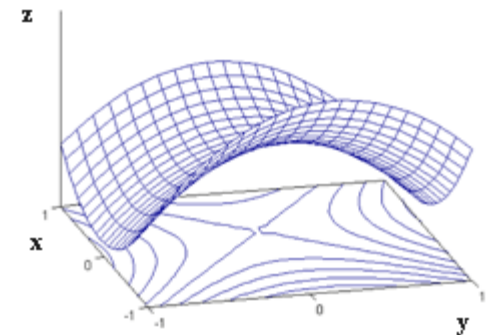
- FUNKCIONÁLIS MODELL
  - FAMAGASSÁG
  - EGYEDI KORONÁK
  - KÖZEL FOLYTONOS FELÜLET
- JELLEMZŐK
  - LOMBKORONA LEGMAGASABB PONTJAI
  - KORONÁN BELÜL VISZONYLAG SIMA LEFUTÁSÚ FELÜLET
  - KORONÁK KÖZÖTT LEHÚZÓDIK A TALAJRA
- POLINOMIÁLIS KÖZBESÍTÉS
  - APPROXIMÁCIÓ
  - LOKÁLIS PONTSZŰRÉS
  - LEGFELJEBB MÁSODFOKÚ FELÜLETELEMEK



(a)



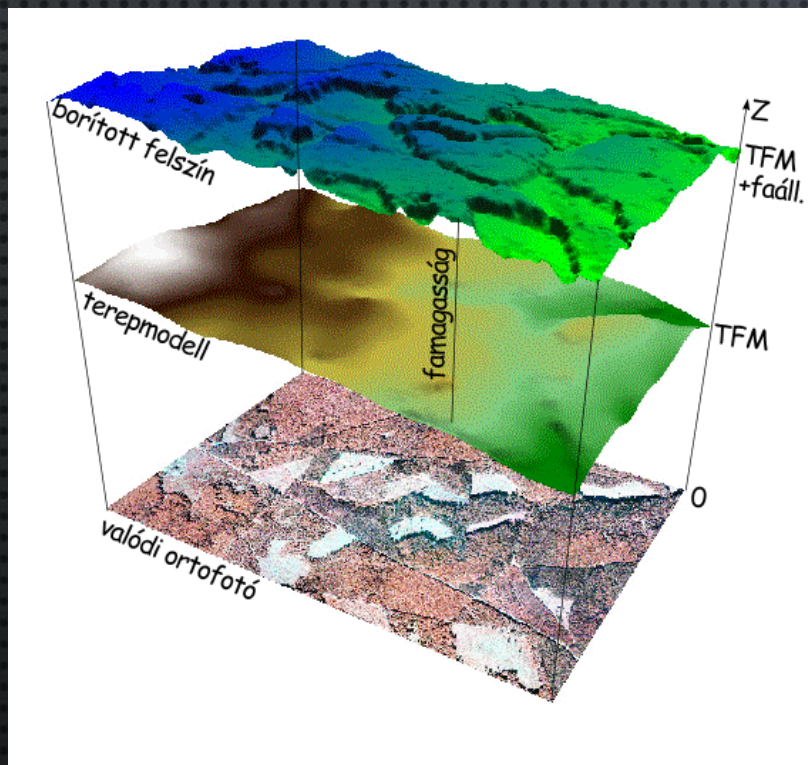
(b)



(c)



# NORMALIZÁLT BORÍTOTT-FELSZÍNMODELL, FAMAGASSÁG MODELLJE (nDSM – CHM)



$$nDSM = DSM - DTM$$

$$V = F \cdot G \cdot H$$

A faállomány szerkezetének alaptétele

$$V = F_c \cdot G_c \cdot H$$

Módosított alaptétel koronavetületre

ahol:

V: Faállomány fatérfogata (m<sup>3</sup>)

F<sub>c</sub>: Koronavetületi alakszám

G<sub>c</sub>: Koronavetületek összege (m<sup>2</sup>)

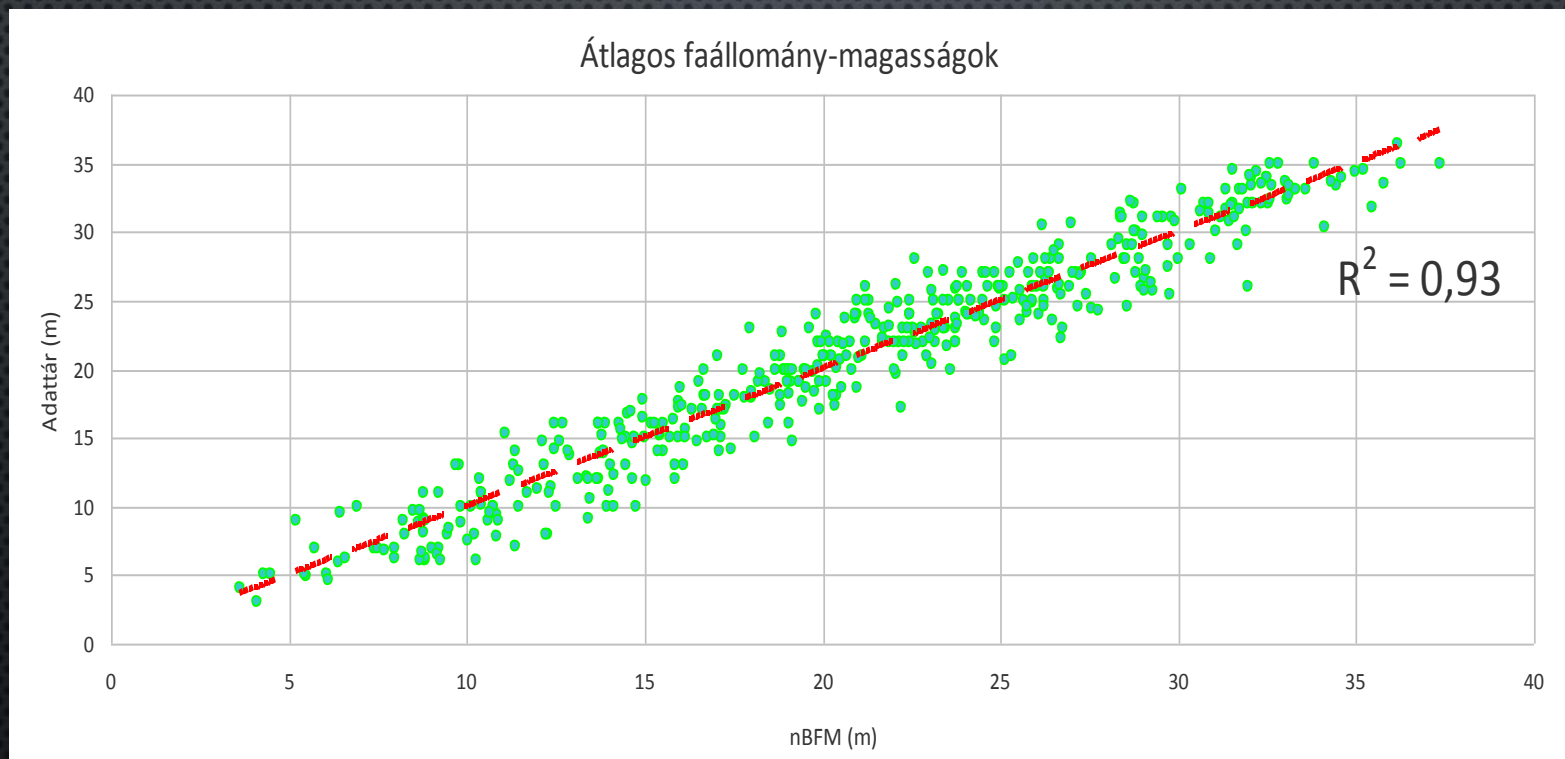
H: Átlagos faállomány-magasság(m)

$$V = F_c \cdot \sum_{i=1}^p V_i$$

Módosított alaptétel a faállomány-növértére, amely geoinformatikai környezetben könnyen kiszámolható.



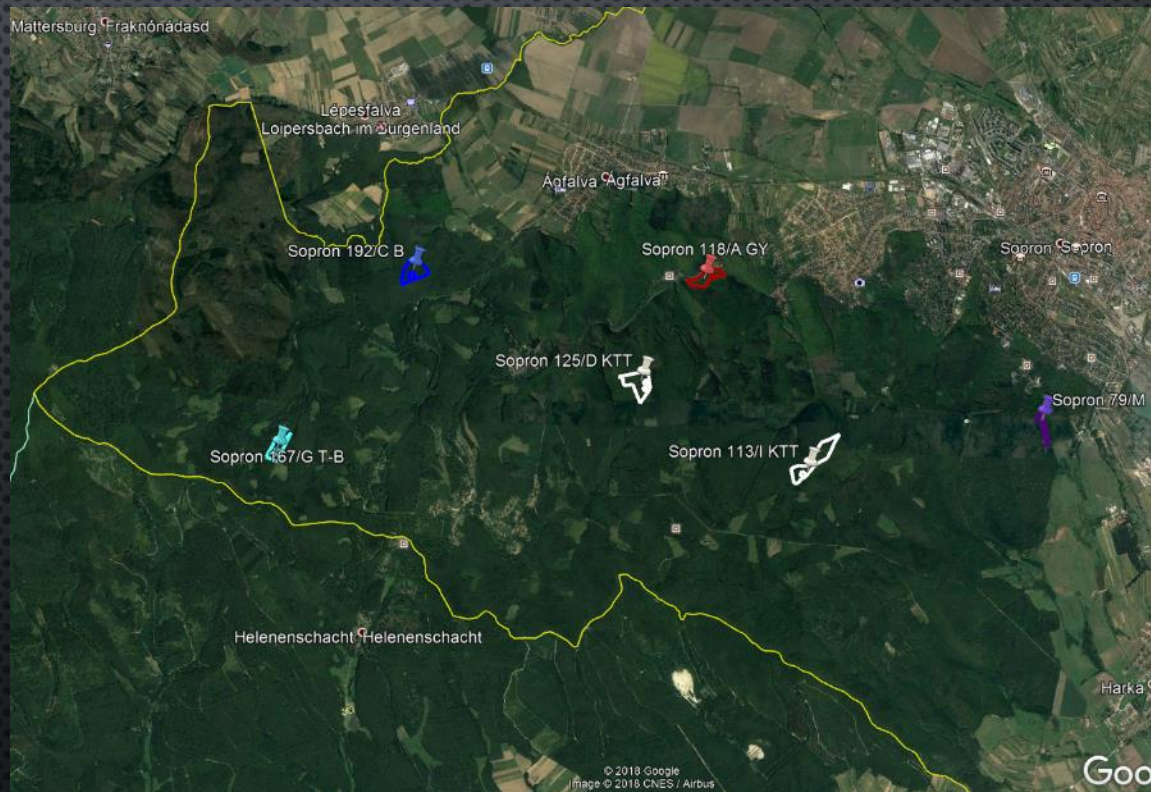
# BFM – FAÁLLOMÁNYOK VIZSGÁLATA, HANSÁG





# NAIK-ERTI HOSSZÚLEJÁRATÚ TARTAMKÍSÉRLETI MINTATERÜLETEK

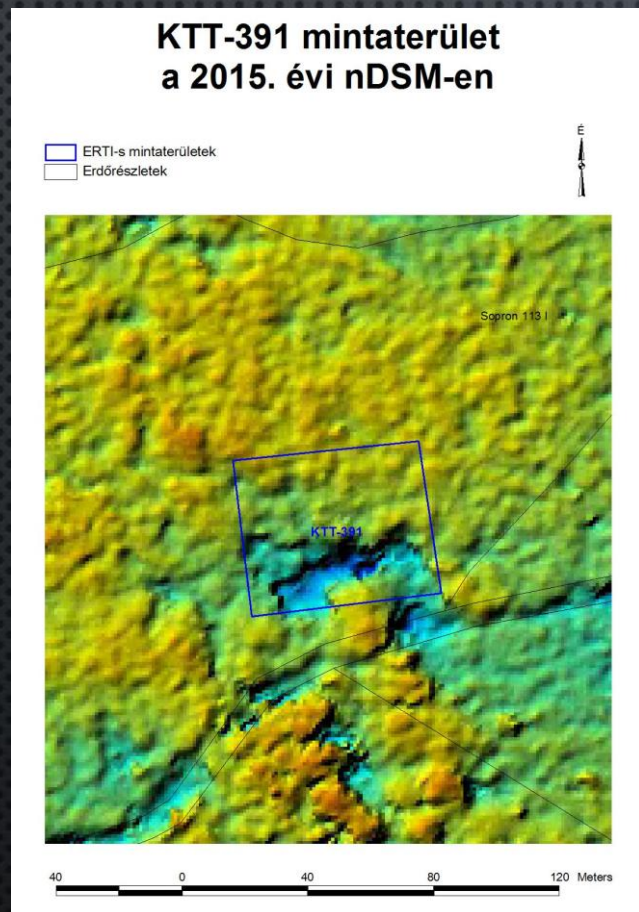
- 1950-ES ÉVEKBEN KEZDŐDÖTT
- 1962-TŐL EGYSÉGES (BIRCK ET AL. 1962)
- ERDŐMŰVELÉS, FATERMÉS
- ~ 50 \* 50 M-ES PARCELLÁK
- SZÁMOZOTT FAEGYEDEK (DE POZÍCIÓK NÉLKÜL)
  - FAFAJ,
  - D 1,3
  - H
  - NEVELÉSI ÉS MAGASSÁGI OSZTÁLYOK



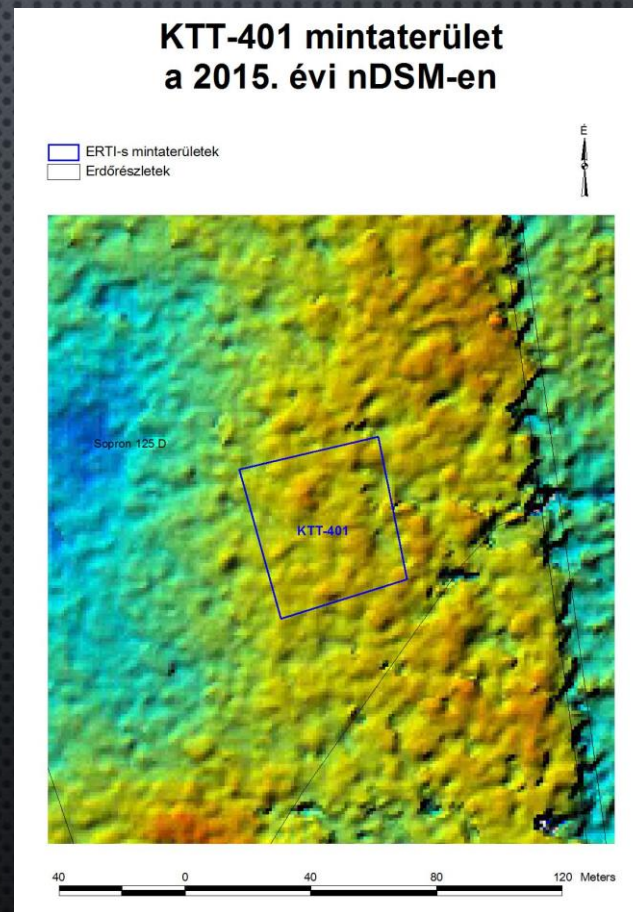


# FELMERÜLŐ PROBLÉMÁK POZÍCIÓ

## nDSM



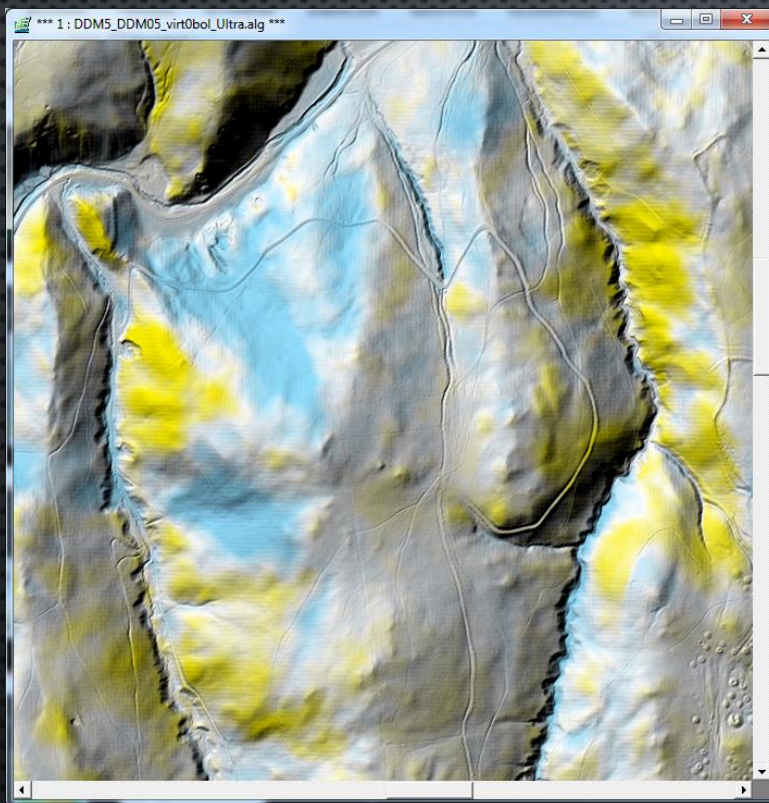
-5,82 m



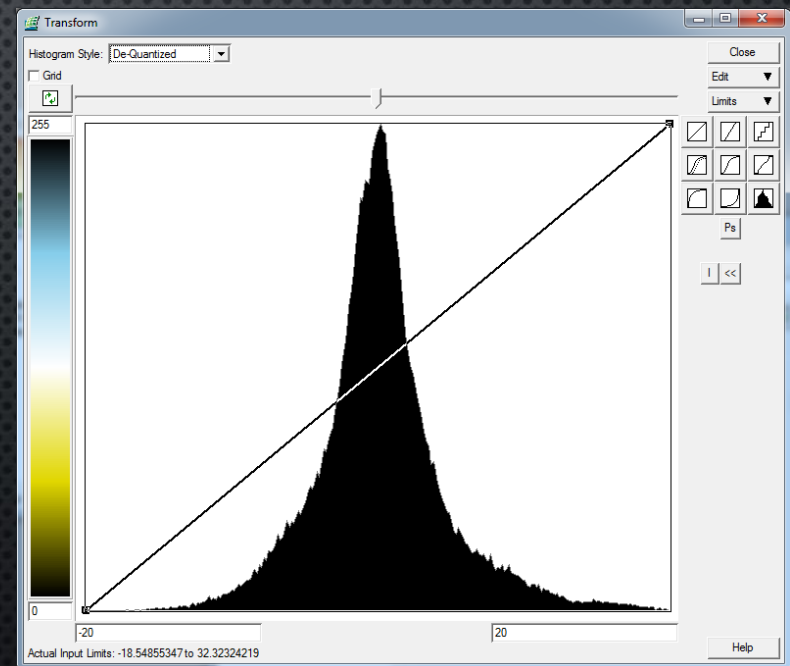
-2,67 m



# DDM5 ÉS AZ ALS-ALAPÚ DDM KÜLÖNBSÉGE



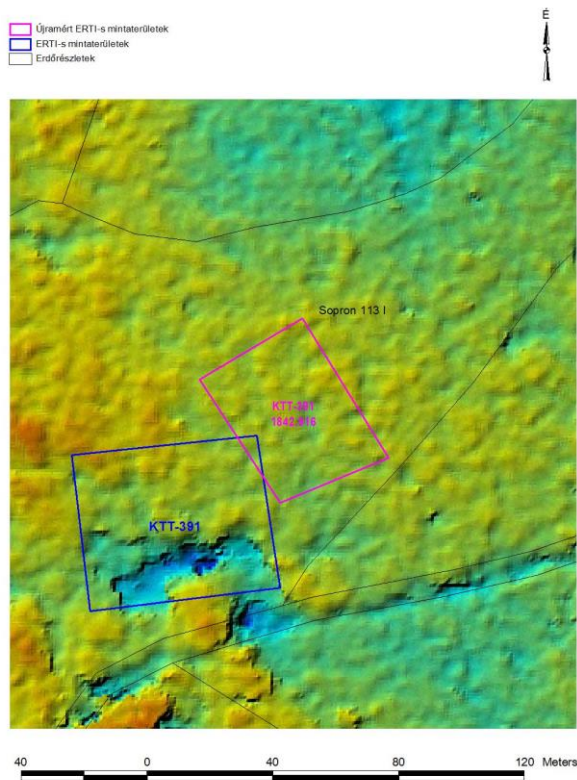
DDM5: 2,5 m szintköz, +/- 1 m  
Eltérések: -18,5 m - +32,3 m



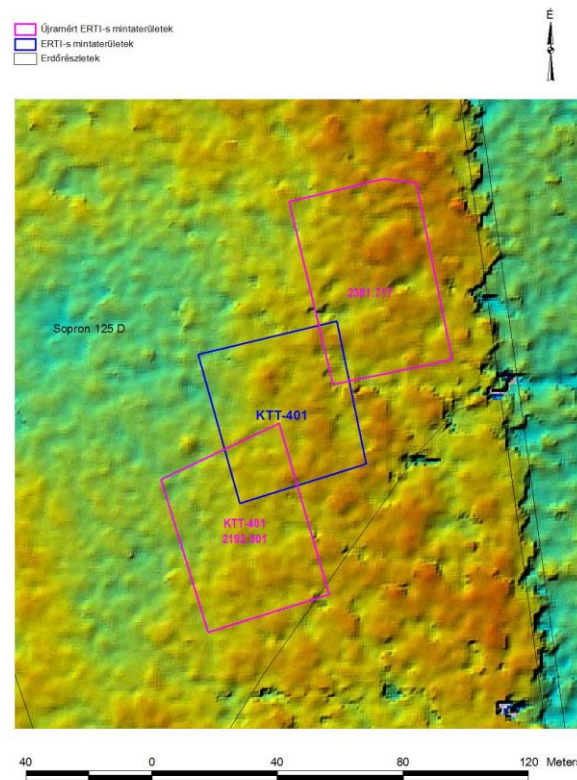


# MEGOLDÁSOK JAVÍTOTT POZÍCIÓ JAVÍTOTT NDSM

**KTT-391 mintaterület  
a 2015. évi nDSM-en**



**KTT-401 mintaterület  
a 2015. évi nDSM-en**



Javított  
magassági  
statisztika a 6  
mintaterületre

|        |       |
|--------|-------|
| Átlag  | -1.22 |
| Min    | -3.01 |
| Max    | 3.80  |
| Szórás | 2.52  |



# SOPRONI EGYETEM BOTANIKUS KERT

- 2018.06.10-ÉN
- ~180 M-ES REPÜLÉSI MAGASSÁGBÓL
- 124 FÉNYKÉP ALAPJÁN
- ~2,5 CM-ES TEREPEI FELBONTÁS
- TERMÉKEK
  - ORTOFOTÓ-MOZAIK
  - BORÍTOTT FELSZÍNMODELL

## Survey Data

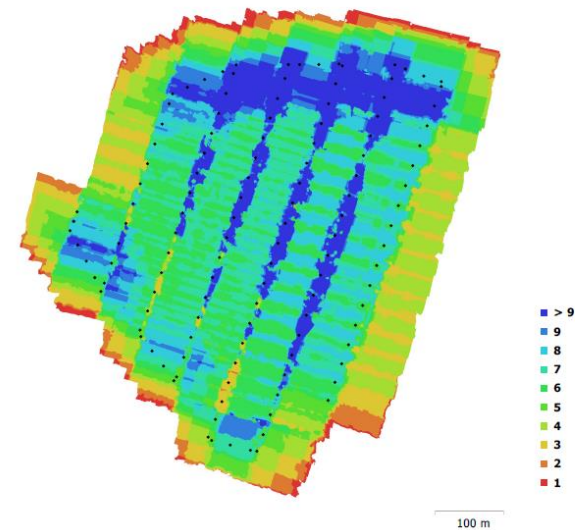


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

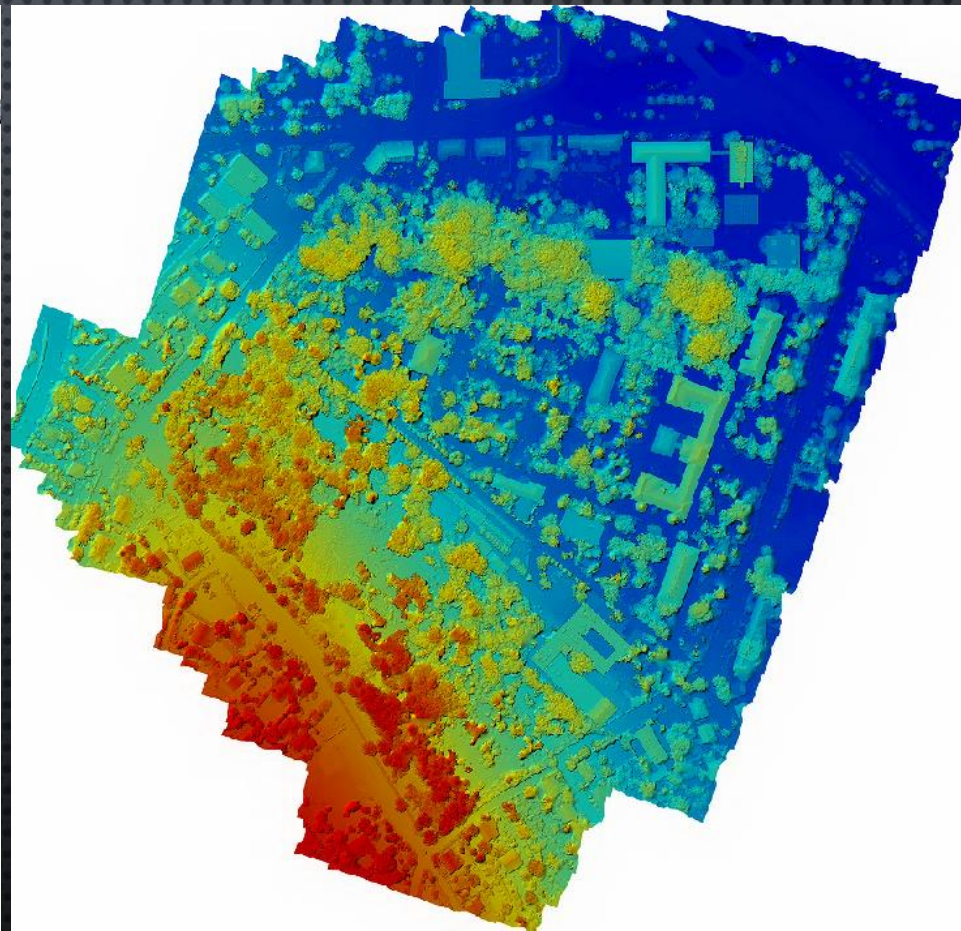
|                    |                       |                     |           |
|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------|
| Number of images:  | 124                   | Camera stations:    | 124       |
| Flying altitude:   | 171 m                 | Tie points:         | 154,243   |
| Ground resolution: | 2.19 cm/pix           | Projections:        | 379,361   |
| Coverage area:     | 0.328 km <sup>2</sup> | Reprojection error: | 0.504 pix |

| Camera Model    | Resolution  | Focal Length | Pixel Size     | Precalibrated |
|-----------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| ILCE-7R (35 mm) | 7360 x 4912 | 35 mm        | 4.89 x 4.89 µm | No            |

Table 1. Cameras.

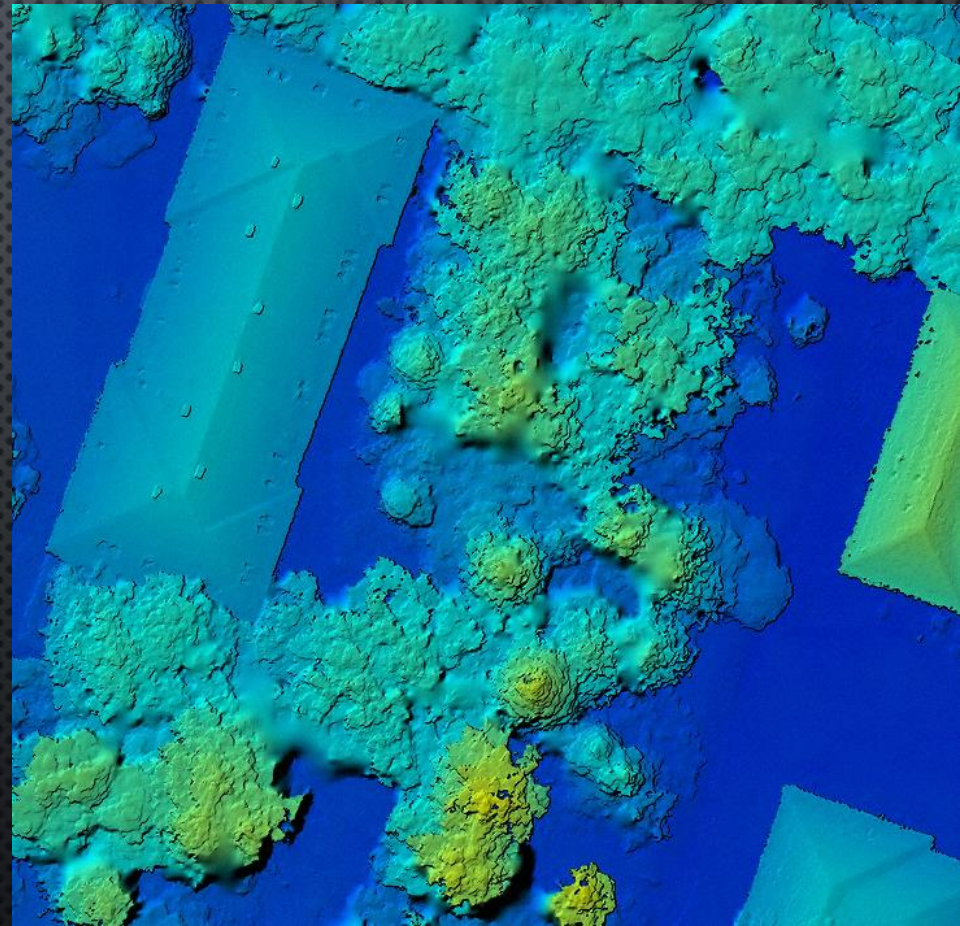


# SOPRONI EGYETEM BOTANIKUS KERT ORTOFOTÓ BFM





# SOPRONI EGYETEM BOTANIKUS KERT ORTOFOTÓ BFM





# SZALAFŐ ŐSERDŐ ERDŐREZERVÁTUM

- 2018.08.17-ÉN
- ~180 M-ES REPÜLÉSI MAGASSÁGBÓL
- 126 FÉNYKÉP ALAPJÁN
- ~2,5 CM-ES TEREPEI FELBONTÁS
- TERMÉKEK
  - ORTOFOTÓ-MOZAIK
  - BORÍTOTT FELSZÍNMODELL

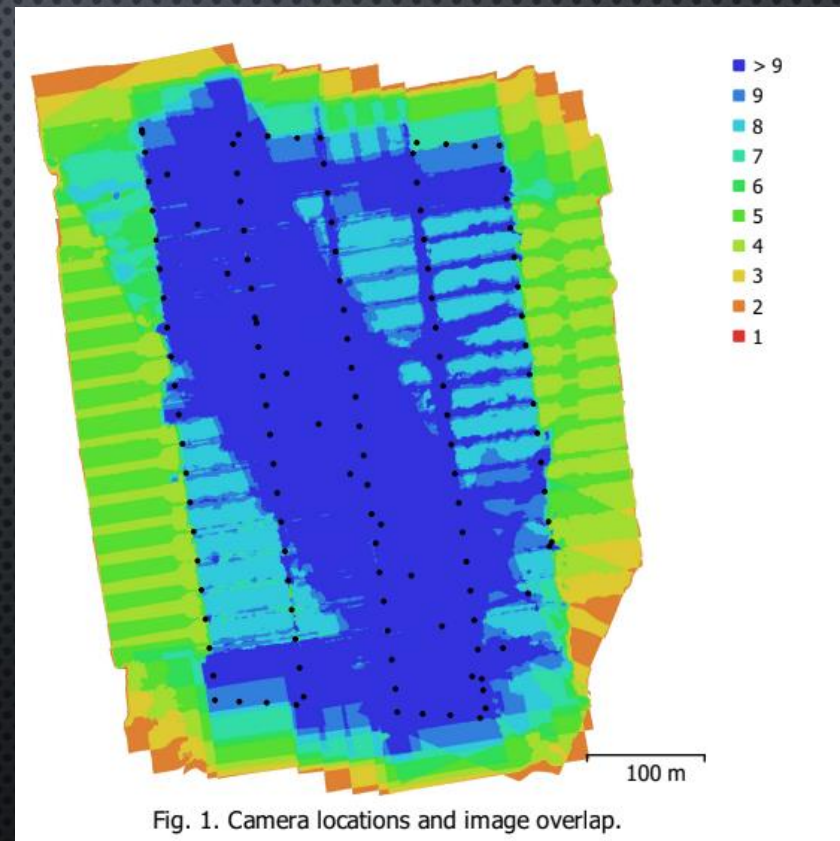
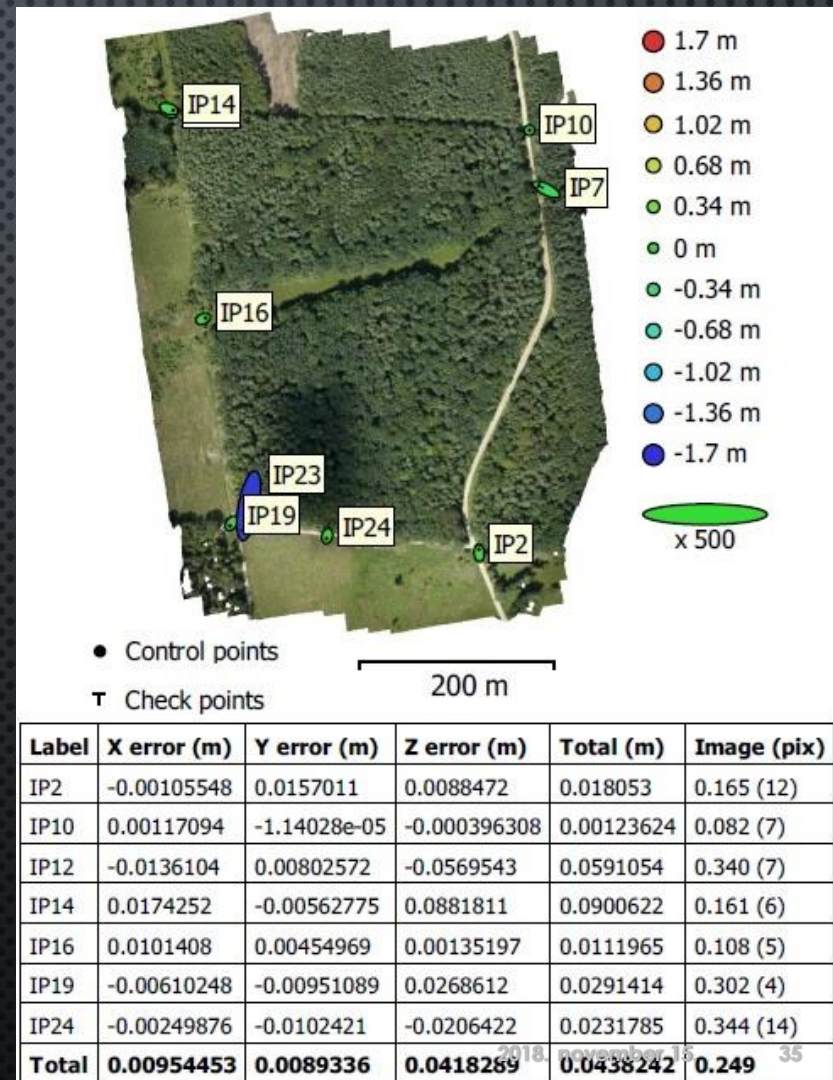


Fig. 1. Camera locations and image overlap.



# SZALAFŐ ERDŐREZERVÁTUM 2018.08.17.

- A REZERVÁTUM HATÁRÁN ILLESZTŐPONTOK MÉRÉSE
  - A KAMERÁHOZ NEM ÁLL RENDELKEZÉSRE KAMERA-KALIBRÁCIÓS JEGYZŐKÖNYV
- A SZOFTVERBEN MEGHATÁROZOTT PARAMÉTEREK KEVÉS MÉRT PONT ESETÉN BIZONYTALANOK, AZ ILLESZTŐPONTOK HIBÁI AZ OPTIMALIZÁLT PARAMÉTEREKTŐL ERŐSEN FÜGGENEK.

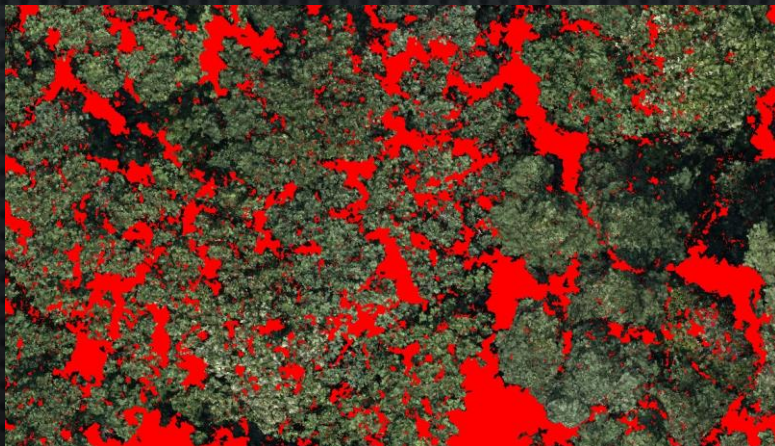




# KÉPANYAG FELDOLGOZÁSA

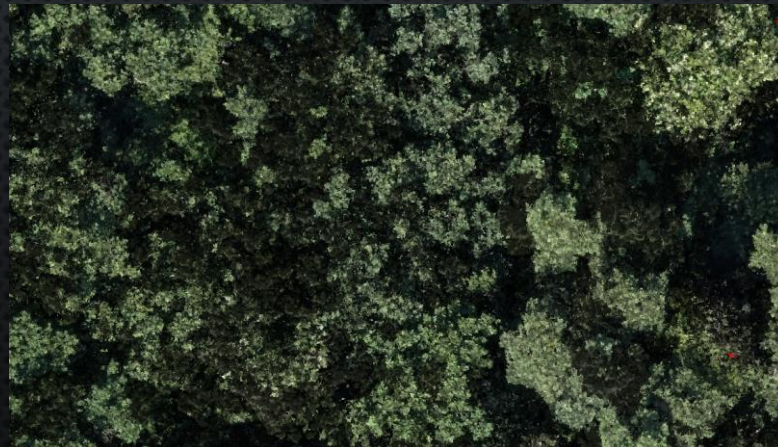
## AGISOFT

- 2\*2 PIRELENKÉNT
- 2:28 FUTÁSI IDŐ
- 165'660'122 PONT
- 765'873 PONT



## INPHO

- 3X3 PIRELENKÉNT
- 34:55 FUTÁSI IDŐ (PRECISION)
- 9:22 (BALANCED)
- 77'487'181 PONT
- 368'855 PONT





KÉ

A

• 2

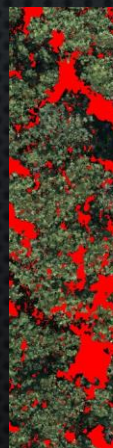
• 2

• 1

•

■ Szalafő 13/B  
■ Szalafő 13/I

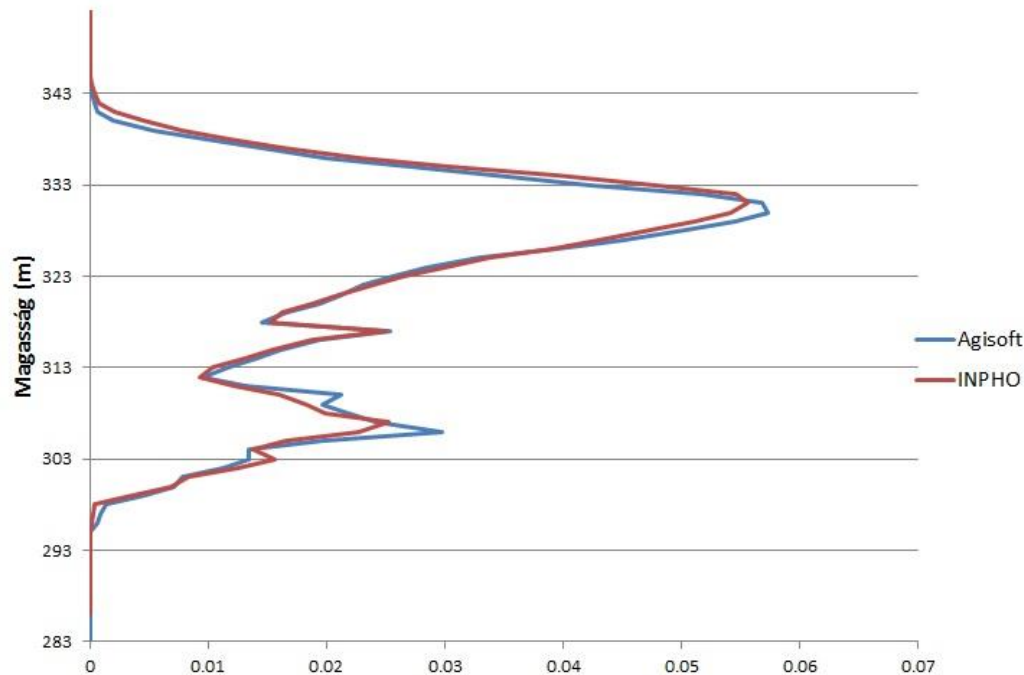
50 0 50 100 150 200 m





# AGISOFT VS INPHO

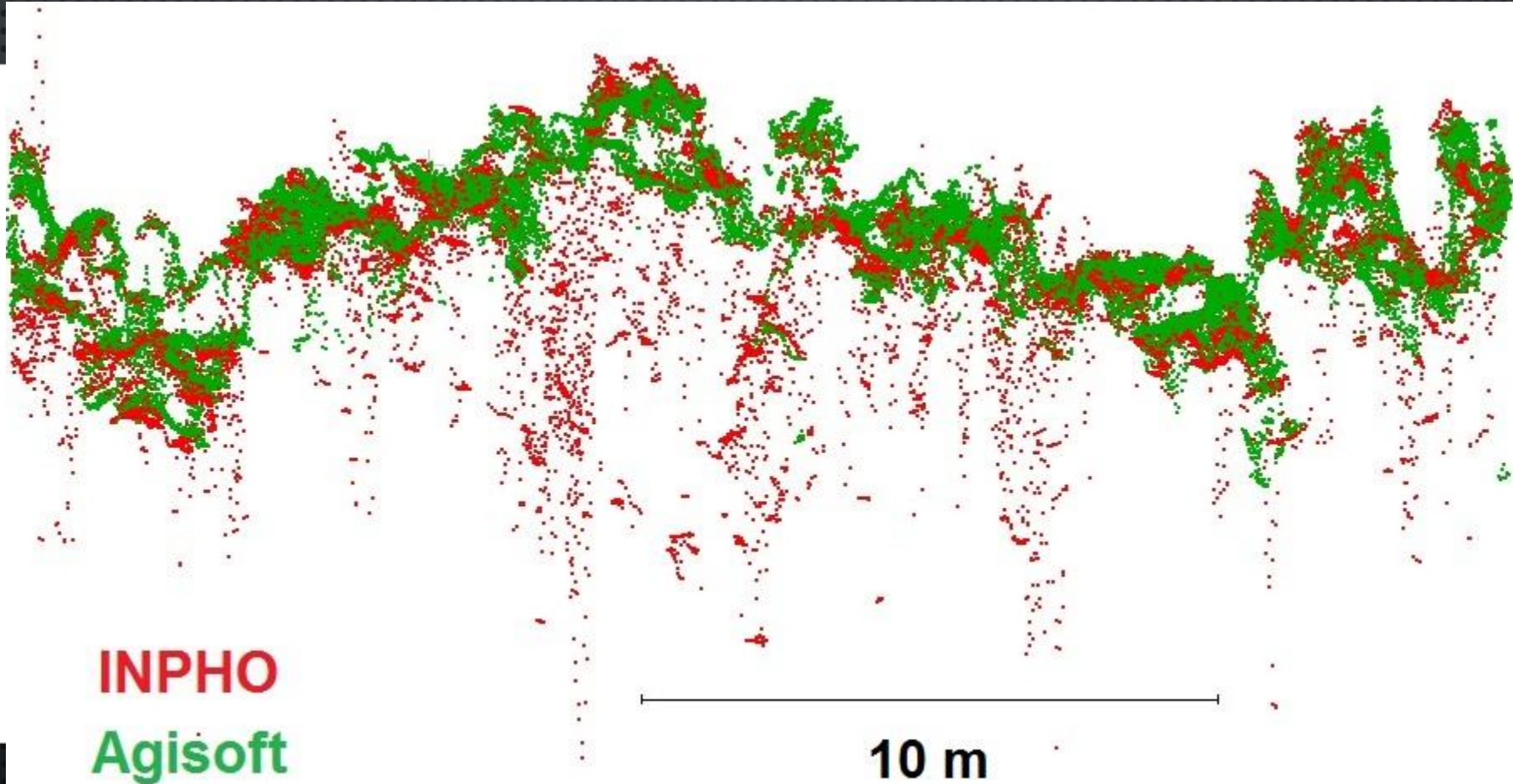
Pontok magassági értékeinek relatív gyakorisága



- APRÓBB ELTÉRÉSEK A KÉT PONTFELHŐ KÖZÖTT
- AGISOFT: TÖBB PONT
- INPHO: „TERASZOS” MATCHING
- NEM EGYÉRTELMŰ, HOGY A TÖBB A JOBB

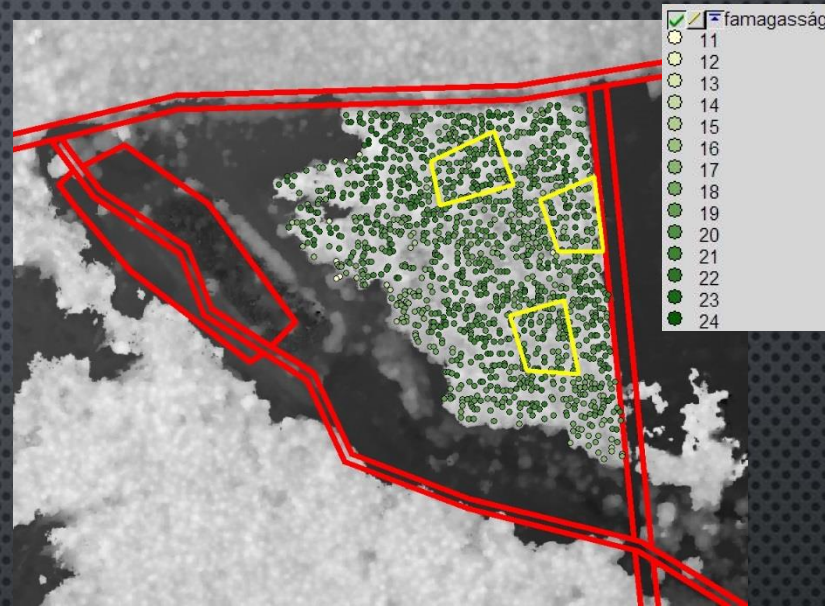


# AGISOFT VS INPHO





# UAV – Őrség, Csákánydoroszló 9C (52 éves LF)



Egészség, záródás, természetesség (mintater. törzselegya. LF 90, EF 4, KTT 6)

Törzsszám, famagasság

CSDO 9C (1,40 ha) bruttó fakészletbecslés



Fény-Tér-Kép Konferencia, Gárdony

| Magasság  | Átmérő | Törzsszám | m3/db | m3     | Egyesfa térfogat |       |        |       |
|-----------|--------|-----------|-------|--------|------------------|-------|--------|-------|
|           |        | BFM       |       |        | LF 90%           | EF 4% | KTT 6% | Átlag |
| 11        | 11     | 2         | 0,08  | 0,16   | 0,08             | 0,07  | 0,07   | 0,08  |
| 12        | 12     | 2         | 0,10  | 0,20   | 0,10             | 0,09  | 0,08   | 0,10  |
| 13        | 13     | 3         | 0,12  | 0,35   | 0,12             | 0,10  | 0,10   | 0,12  |
| 14        | 14     | 2         | 0,14  | 0,28   | 0,14             | 0,13  | 0,13   | 0,14  |
| 15        | 15     | 6         | 0,17  | 1,01   | 0,17             | 0,15  | 0,16   | 0,17  |
| 16        | 16     | 20        | 0,21  | 4,15   | 0,21             | 0,18  | 0,19   | 0,21  |
| 17        | 17     | 50        | 0,24  | 11,91  | 0,24             | 0,21  | 0,23   | 0,24  |
| 18        | 18     | 144       | 0,28  | 40,00  | 0,28             | 0,24  | 0,27   | 0,28  |
| 19        | 19     | 336       | 0,33  | 109,80 | 0,33             | 0,28  | 0,31   | 0,33  |
| 20        | 20     | 445       | 0,38  | 167,50 | 0,38             | 0,32  | 0,36   | 0,38  |
| 21        | 23     | 301       | 0,51  | 152,67 | 0,51             | 0,44  | 0,51   | 0,51  |
| 22        | 27     | 102       | 0,73  | 74,11  | 0,73             | 0,63  | 0,74   | 0,73  |
| 23        | 29     | 10        | 0,86  | 8,58   | 0,86             | 0,76  | 0,90   | 0,86  |
| 24        | 32     | 2         | 1,08  | 2,16   | 1,08             | 0,96  | 1,14   | 1,08  |
| Összesen: |        | 1425      |       | 573    |                  |       |        |       |

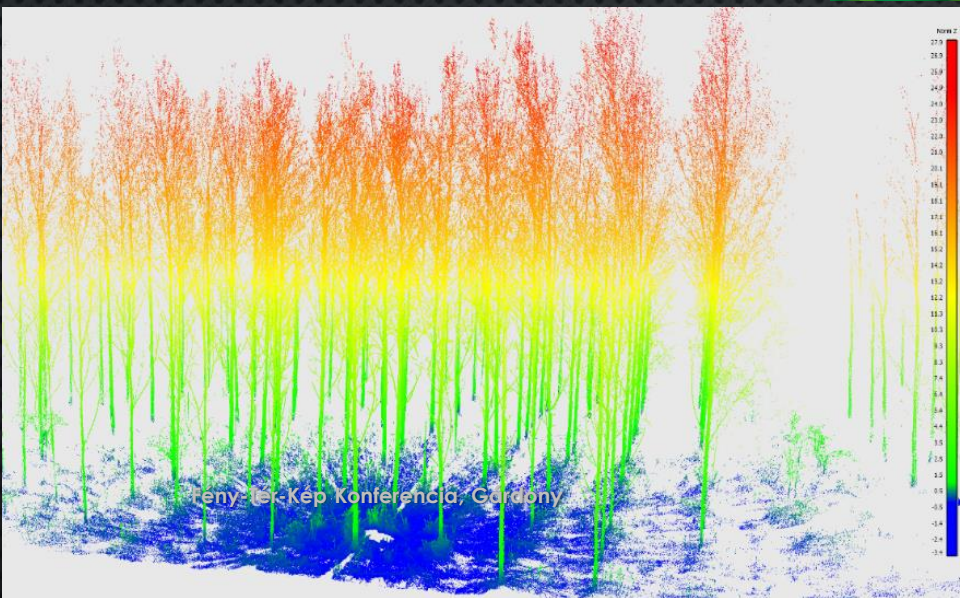
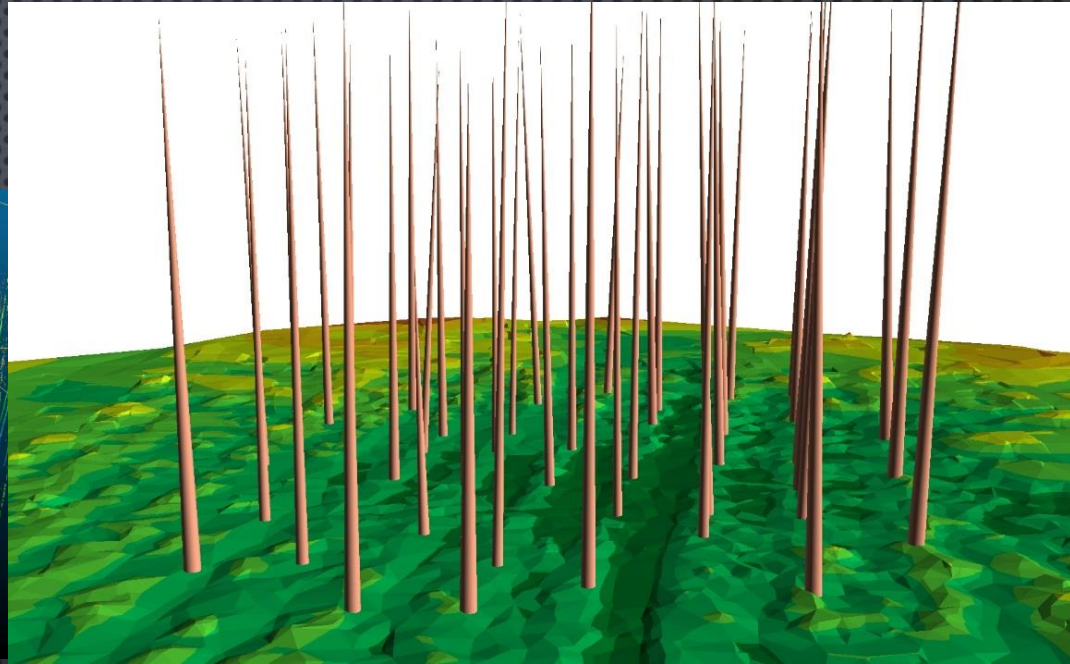
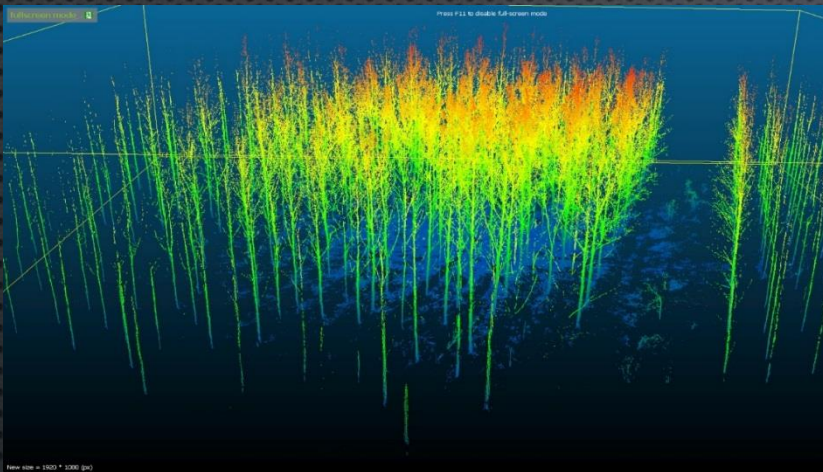
2019. november 15.

40



# EGYESFÁK MODELLEZÉSE A HANSÁGBAN TLS ALAPJÁN

## 3D PONTFELHŐ



- DDM
- MODELLEZETT TÖRZSEK
  - POZÍCIÓ
  - MELLMAGASSÁGI ÁTMÉRŐ
  - DŐLÉS
  - MAGASSÁG



## *a motiváció*

*minek?  
hogyan lesz ebből  
fa magasság?*

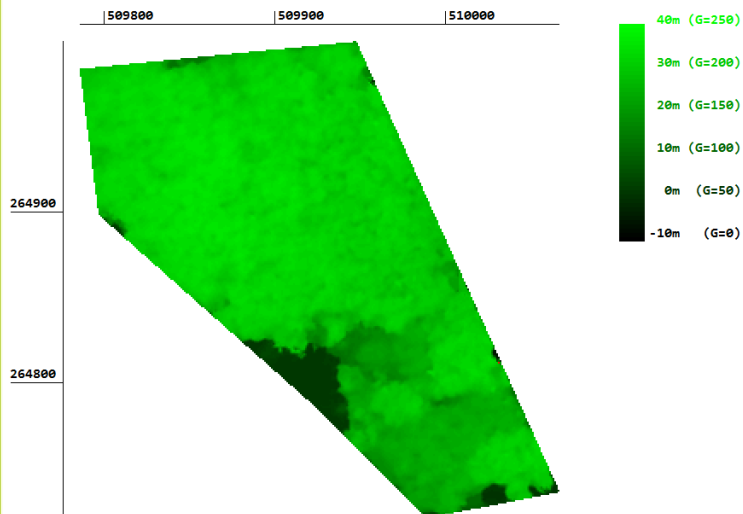
### **A távérzékelés-alapú új faterméstannról és erdőbecslésről**

- Az Országos Erdőállomány Adattár problémái
- Megállapodás: SE Földmérési és Távérzékelési Tanszék – BFKH\_FTFF (volt FÖMI) – Nébih Erdészeti Ig.
- A távérzékelte adattömegből faterméstannal kell csinálni.
- Hogyan lesznek a távérzékelte adatokból:
  - a faterméstanni definícióknak megfelelő szám (pl. a Lorey-féle magasság, 1901)?
  - a korábbi pár száz év gyakorlatával összehasonlítható eredmény?
  - a faállomány-szerkezet igazgatási leírásába építhető adat?
- Alapegység: az erdőrésztlet. Átlagos területe 3-4 ha. A geometria leggyakrabban a tulajdonviszonyokhoz igazodik (hrsz).
- Nem a faegyedek magasság érdekes, hanem a faállományé.
- A területmodellek erdészeti tárgyú vizsgálata mindig úgy kezdődik a szakirodalomban, hogy válasszuk ki a homogén, egyszintes, egyenletes borítottságú erdőrésztleteket (kiesik az erdőrésztletek 20-80%-a), majd a szegélyhatás kiküszöbölésére alkalmazzunk egy 5-10 méteres belső buffert.
- Az üzemi alkalmazáshoz ez nem elég, mert le kell tudni írni a teljes erdőterületet, a magassági szerkezet változatosságát az erdőrésztleten belül, a szegéllyel együtt.

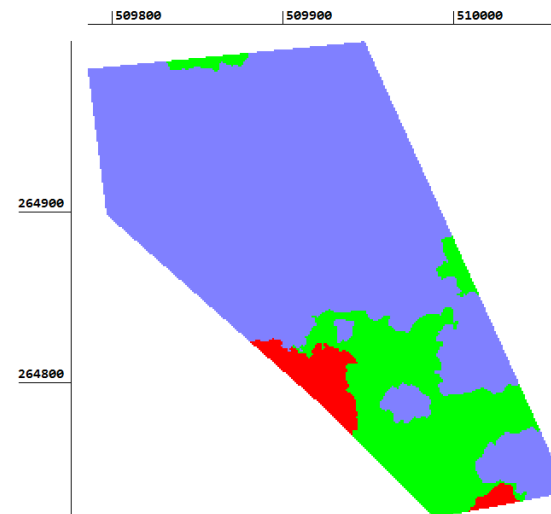


*hogyan  
ragadható  
meg a  
faállomány  
magassági  
szerkezete?  
– klaszterekkel*

451\_3093056032 - Kapuvár /3093/ 056 C2  
Terjedelem X×Y (m): 280×279  
Nagyítás (képi pixel : cella) = 2:1  
Terület nDSM (ha): 4,10  
nDSM átlag és terjedelem (m): 28,60 [-21,72; 37,19]  
No Data Value (db): 0



451\_3093056032 - Kapuvár /3093/ 056 C2  
Terjedelem X×Y (m): 280×279  
Nagyítás (képi pixel : cella) = 2:1  
Terület nDSM (ha): 4,10  
nDSM átlag és terjedelem (m): 28,60 [-21,72; 37,19]  
No Data Value (db): 0



**Kapuvár 56 C2** (SE hansági mintaterület)

Terepi referencia-adatgyűjtés 2015-2016-ban (Szabó Károly, Vas Megyei KH).

2db állományrész + üres (tisztás).

Az alapadat itt egyedileg normalizált felszínmodell, 1pixeles (Király at al, 2017).

Üzemi alkalmazásban: ex-FÖMI standard 2pixeles termék, vagy UAV, LiDAR.



## mi a matek?

a normalizált  
felszínmodell  
elemzése  
klaszterekkel

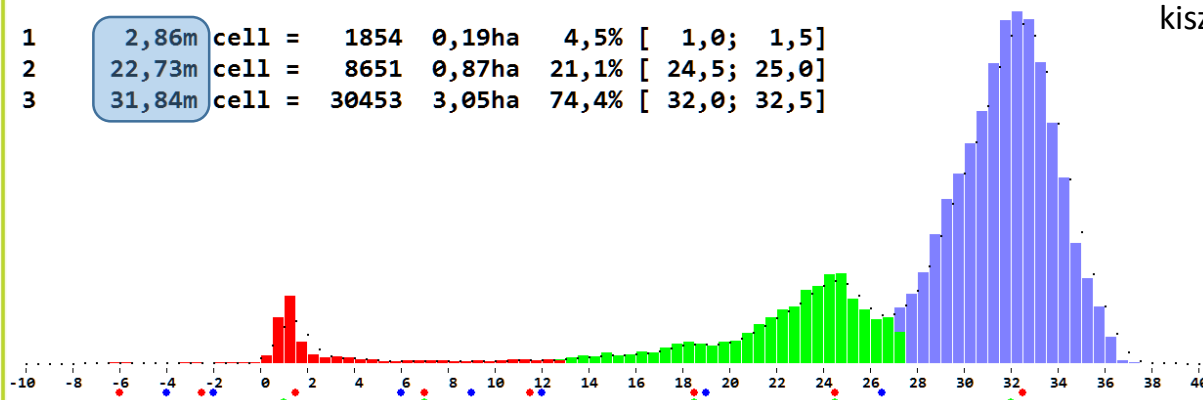
451\_3093056032 - Kapuvár /3093/ 056 C2

1 1 OLN ear= 95% FŐ zár= 75% 36év 35m 129db/ha 8fm

2 1 FFÜ ear= 5% MOZAIK zár= 75% 36év 24m 24db/ha 8fm

|              |        |       |        |       |              |        |       |
|--------------|--------|-------|--------|-------|--------------|--------|-------|
|              | Cell = | 40957 | 4,10ha |       |              | Tres = | 24,6  |
| mag = -6,00m | cell = | 8     | 0,00ha | 0,0%  | [-7,5; -4,0] | stee = | 1,6   |
| mag = -2,50m | cell = | 3     | 0,00ha | 0,0%  | [-3,5; -2,0] | stee = | 0,6   |
| mag = 1,50m  | cell = | 1536  | 0,15ha | 3,8%  | [-1,5; 6,0]  | stee = | 96,8  |
| mag = 7,00m  | cell = | 117   | 0,01ha | 0,3%  | [6,5; 9,0]   | stee = | 1,9   |
| mag = 11,50m | cell = | 141   | 0,01ha | 0,3%  | [9,5; 12,0]  | stee = | 4,0   |
| mag = 18,50m | cell = | 1284  | 0,13ha | 3,1%  | [12,5; 19,0] | stee = | 21,6  |
| mag = 24,50m | cell = | 6757  | 0,68ha | 16,5% | [19,5; 26,5] | stee = | 122,5 |
| mag = 32,50m | cell = | 31111 | 3,11ha | 76,0% | [27,0; 39,0] | stee = | 458,7 |

|   |        |        |       |        |       |              |
|---|--------|--------|-------|--------|-------|--------------|
| 1 | 2,86m  | cell = | 1854  | 0,19ha | 4,5%  | [1,0; 1,5]   |
| 2 | 22,73m | cell = | 8651  | 0,87ha | 21,1% | [24,5; 25,0] |
| 3 | 31,84m | cell = | 30453 | 3,05ha | 74,4% | [32,0; 32,5] |



Miért pont ez a  
faállomány  
magasságának  
mérőszáma:

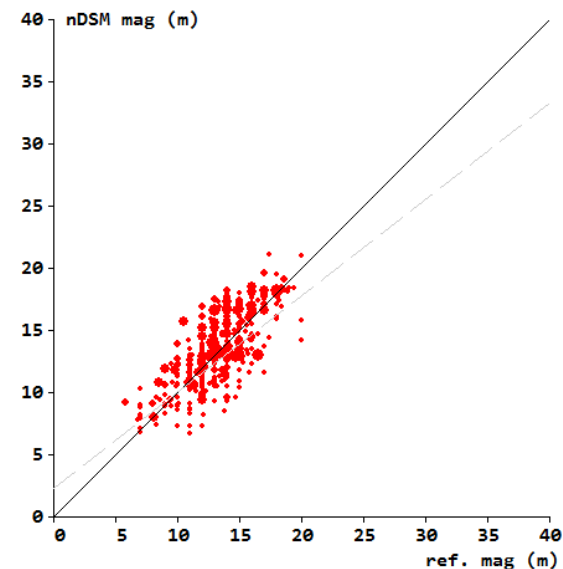
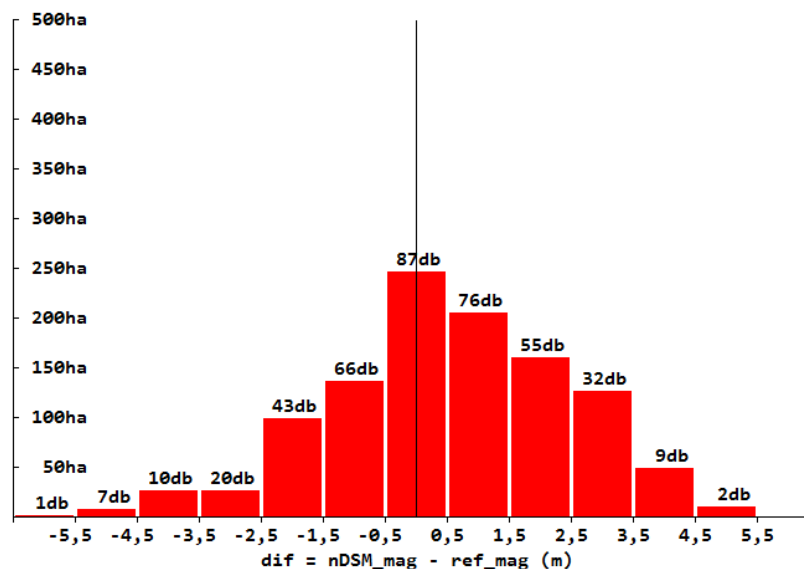
- van ~10000 db/ha magasságmérés
- a 10000 pontból hogy kell kiválasztani, ami számít?
- azokból mit kell kiszámolni?



## a faállomány magassága #1

mit szoktak  
még mérni az  
erdőtervezők?

Forrás: mag\_stat\_10\_511\_maxc\_suite (849db részlet)  
Magasság-statisztika: CL\_MEAN  
Szűrve: 408db részlet (1085,90ha)  
Alfa = 2,2967; Beta = 0,8323; R2 = 0,5414  
Súlyozatlan átlagos különbség (dif, m): 0,0802 [konf. int. 95%: +/-0,1874]



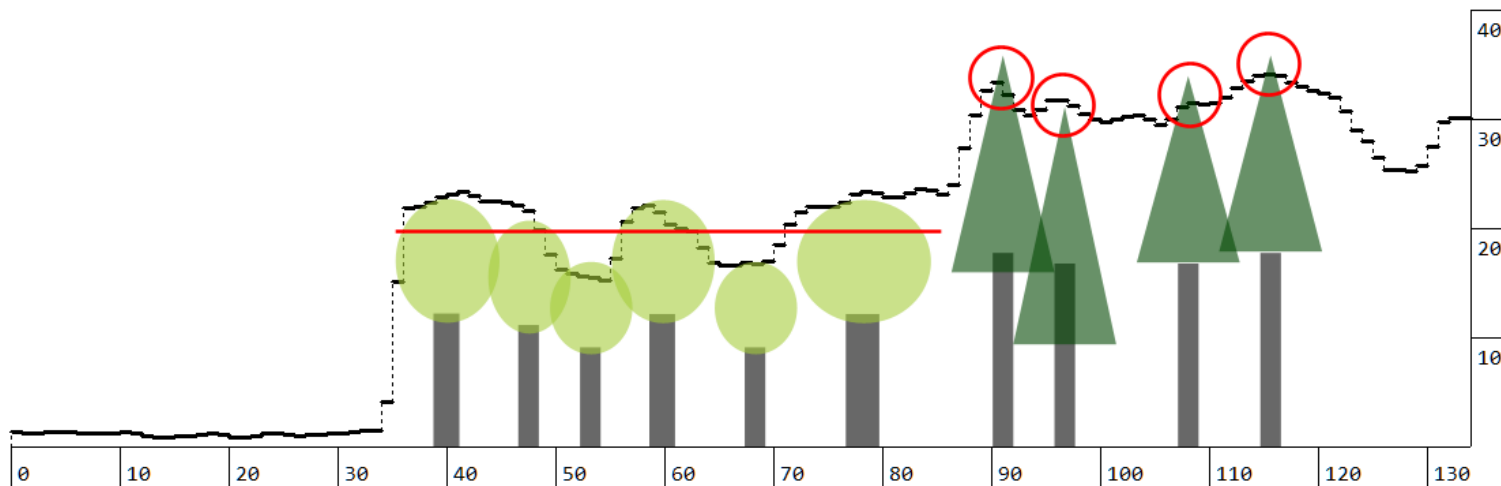
Módszer:

- A torzítás (reziduálisok) várható értéke és szórása, szimmetriája.
- nDSM vs. referencia:  $R^2$ , szimmetria a 45 fokos tengelyre, kor-tartomány.



## a faállomány magassága #2

mit szoktak  
még mérni az  
erdőtervezők?



Melyik magassági statisztika korrelál a referencia magasságmérésekkel?

**Fenyves (EF):** a felületmodell maximumaiból származó magassági mérőszámok jók

**NNY:** nagy, különálló koronák; szintén a maximumok válnak be.

**Lombos:** a felületmodell átlagát megragadó magassági mérőszámok megfelelőek.

**Konklúzió:** a faállományok terepi (erdőtervezői) magasságmérése kiváltható a borított felszínmodellekből levezetett becslésekkel.



KÖSZÖNJÜK A FIGYELMET!