

Útburkolat ellenőrző, minősítő mérése drón-fotogrammetriával

MÉRNÖKGEODÉZIA KONFERENCIA 2021

*KONZULENS:
DR. TAKÁCS BENCE GÉZA
DR. ÉGETŐ CSABA
2020/2021/II*

KÖZUTAK GEODÉZIAI ELŐÍRÁSAI ÉS
GEOMETRIAI KÖVETELMÉNYEI



2018. december

Terjedelem: 46 oldal

A nemzeti fejlesztési miniszter
16/2017. (V. 25.) NFM rendelete alapján
közzétéve: 2018. december

Bevezetés

- ÚME: Közutak geodéziai előírásai és geometriai követelményei
- Drón - fotogrammetria alkalmazása minősítő mérésekhez
- Referencia mérések elvégzése

Felmérendő terület

- M4 autópút Abony-Törökszentmiklós közötti szakasza
- 90+980 km szelvénytől 92+000 km szelvényig
- Osztott pályás, 2x2 forgalmi sávos út (Jobb pálya)

Feladat ismertetés

- Tervezett felület modellezése
- Hagyományos geodéziai módszerrel történő minősítés
- Drón-fotogrammetria módszerrel történő minősítés
- Módszerek összehasonlítása



Tervezett felület modellezése

AutoCAD Civil 3D

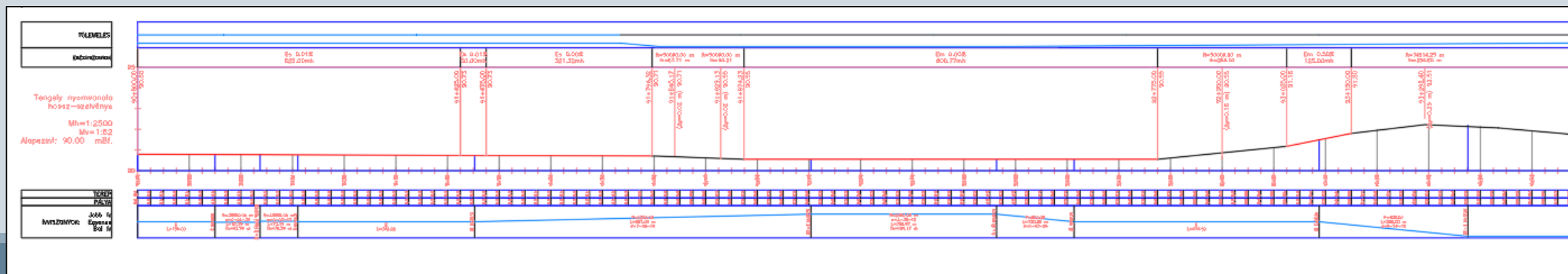
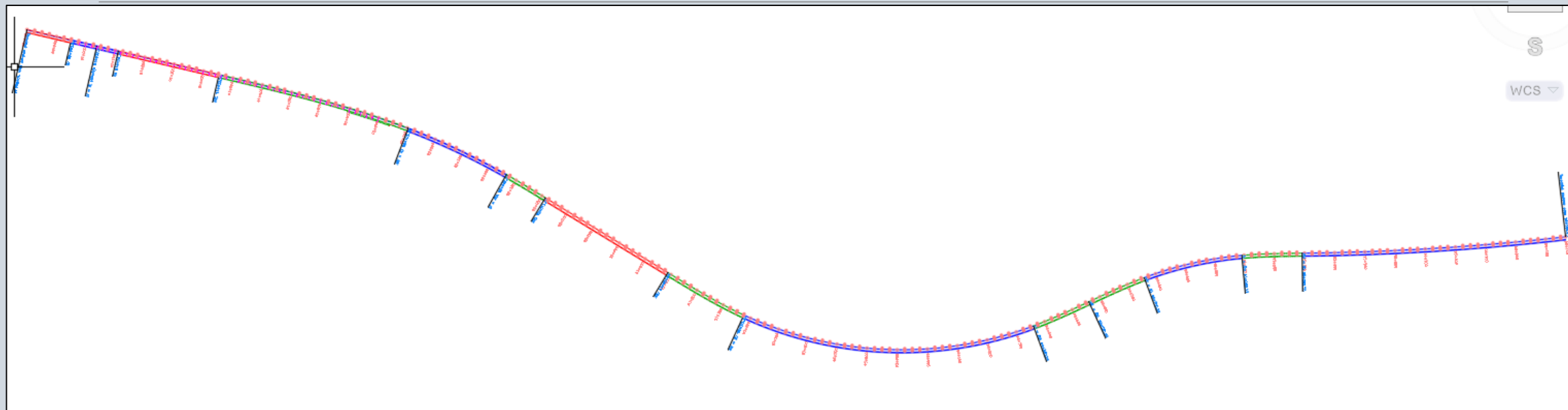
Nyomterv létrehozás (Corridor)

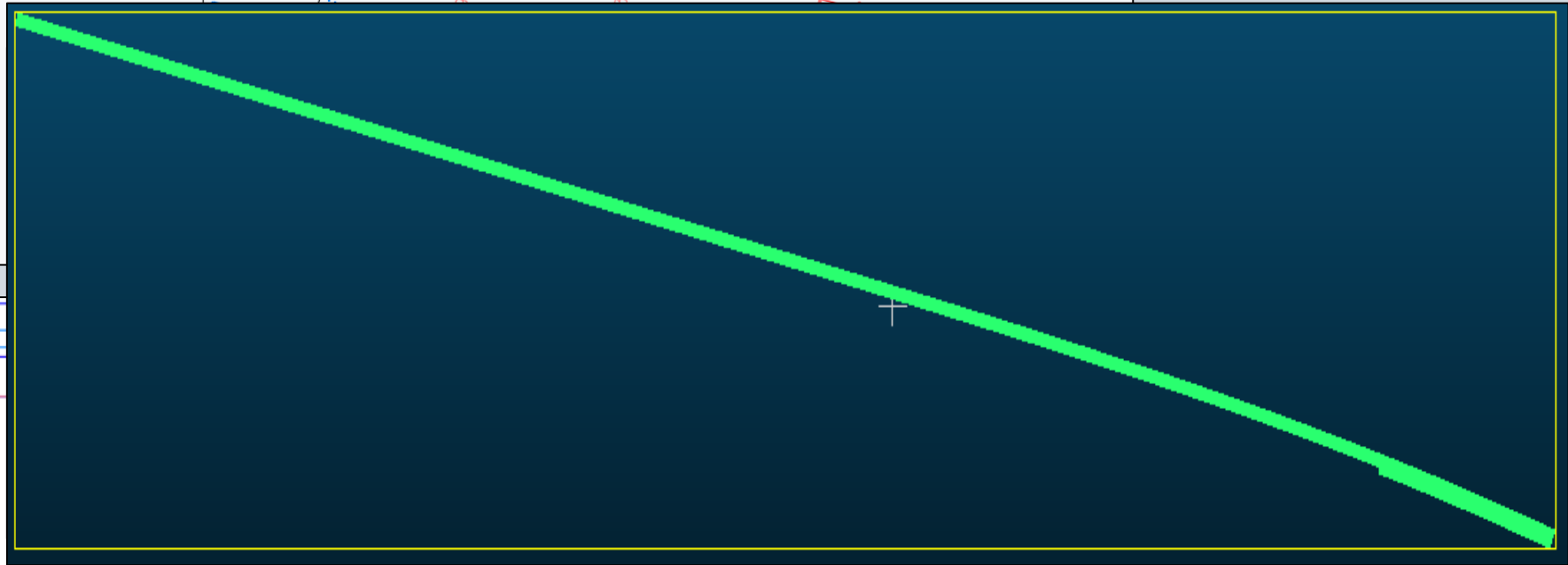
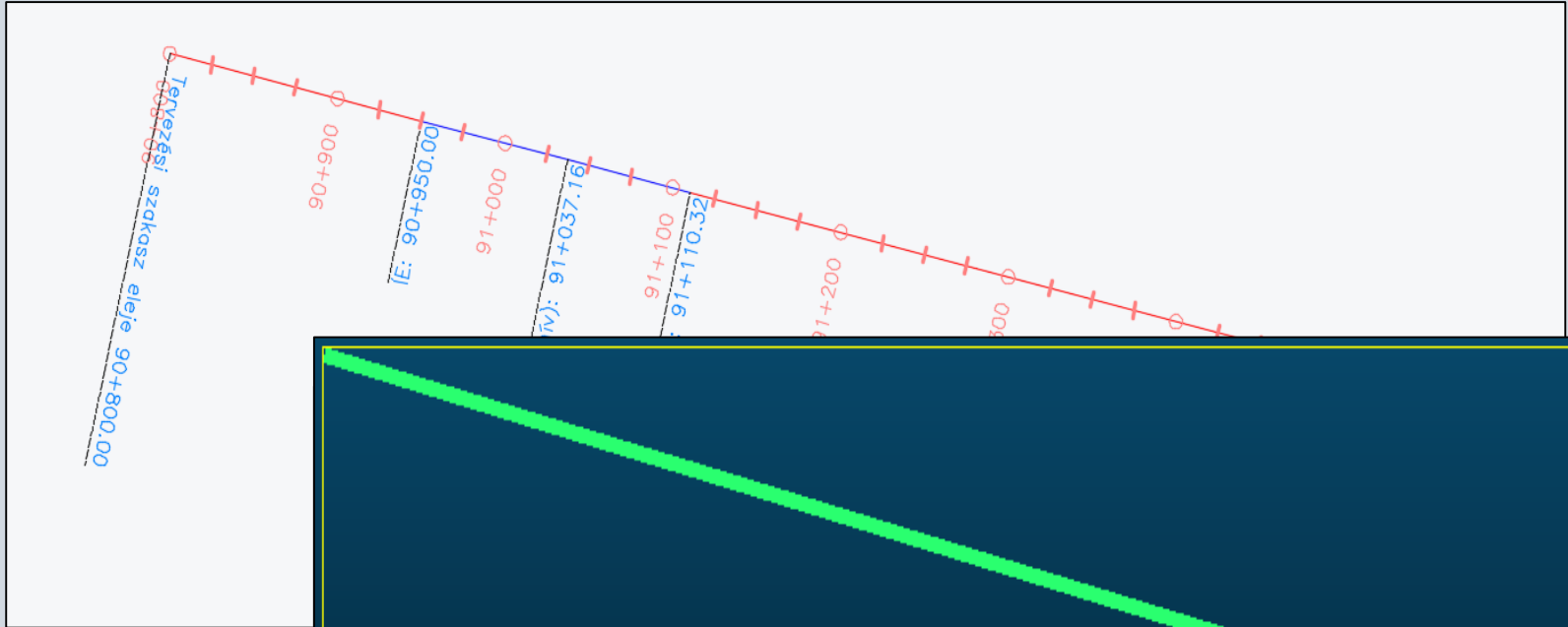
3 elemből: Nyomvonal, hossz-szelvény,
mintakereszt-szelvény

Papír alapú tervek alapján (EOV, EOMA)

Tervezési szakasz eleje: 90+980 km /
Tervezési szakasz vége: 92+475 km

Felület modellezése





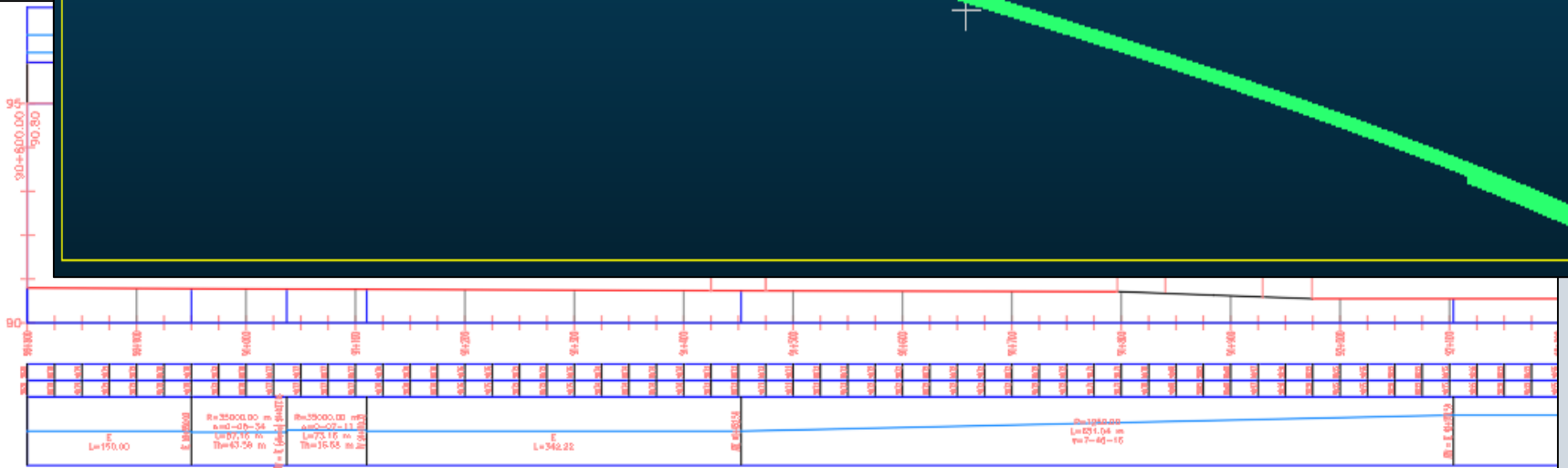
TÖLEMELEÉS
ESÉSVISZONYOK

Tengely nyomvonal
hossz-szelvénye

Mh=1:2500
Mv=1:62

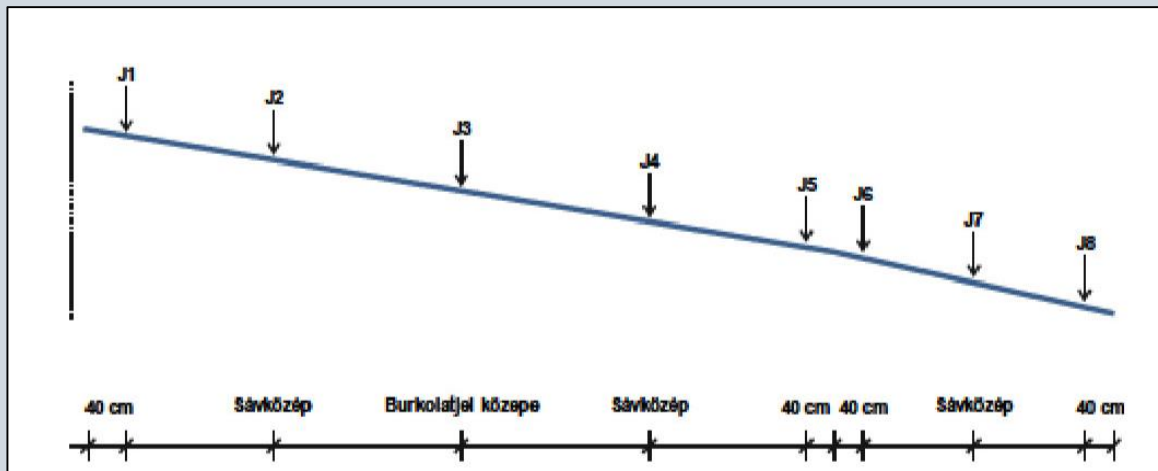
Alopszint: 90.00 mBf.

TEREP	Jobb IV
PÁLYA	Egyenes
IVISZONYOK:	Bal IV



Hagyományos geodéziával való felmérés

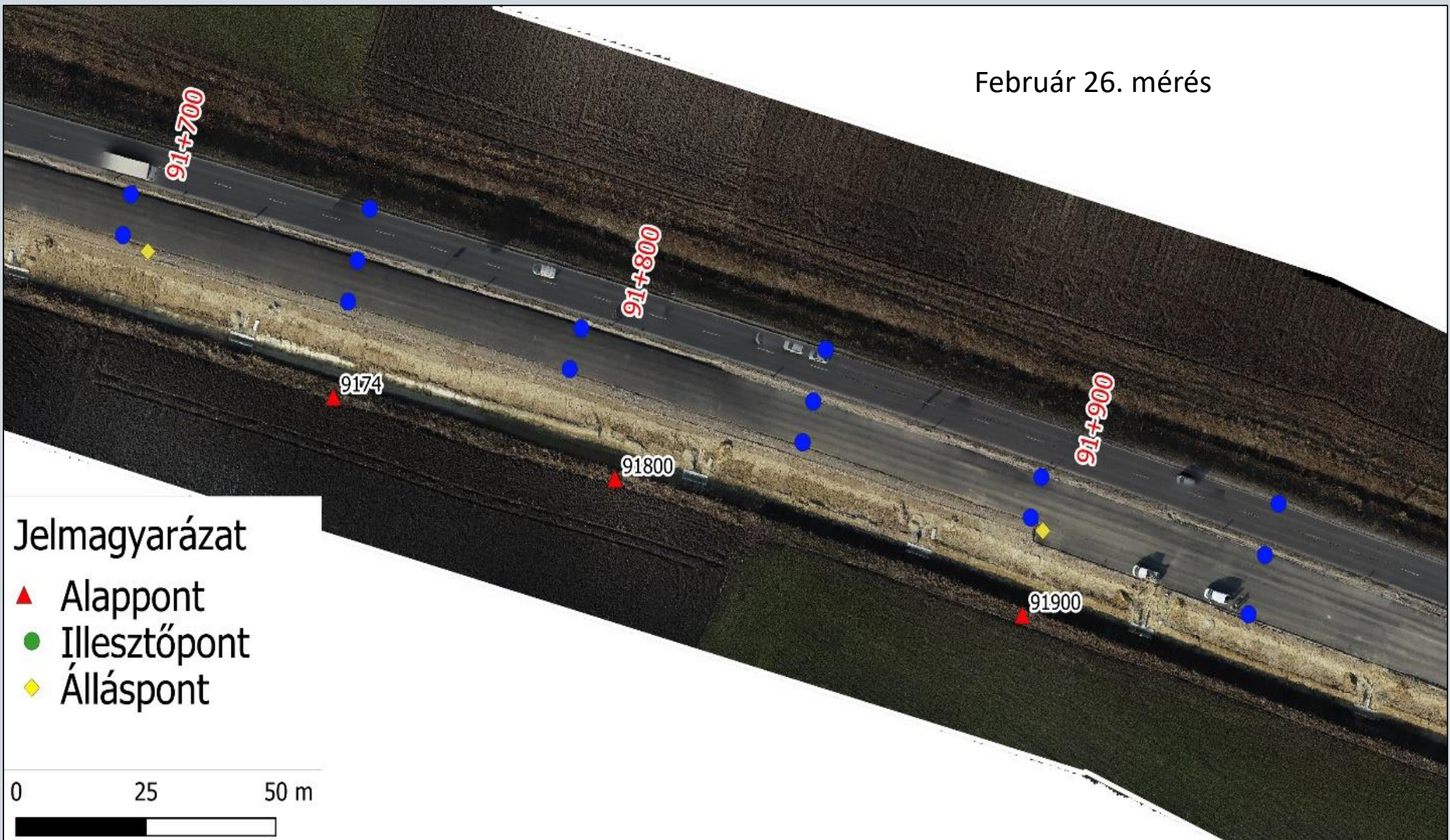
- Mérőállomással minősítési pontok és illesztőpontok mérése (Leica TS15i)
- Minősítési pontok: ÚME szerint (278 db) (20 m)
- „talpas prizma” – pénzérme prizma hegye alá



Február 5. mérés



Február 26. mérés



Drón-fotogrammetriával való felmérés

3 repülés:

- 25 méter - 30° kameratengelydőlés – Kereszt- és hosszirányú– sablonok/festések (50 m-ként) (minősítés) (713 kép)
- 25 méter - 30° kameratengelydőlés – Kereszt- és hosszirányú– csak festések (50 m-ként) (minősítés) (845 kép)
- 50 méter – nadír irányú fotózás – Hosszirányú – csak festések (100 m-ként) (ortofotó) (337 kép)

Mérések feldolgozása

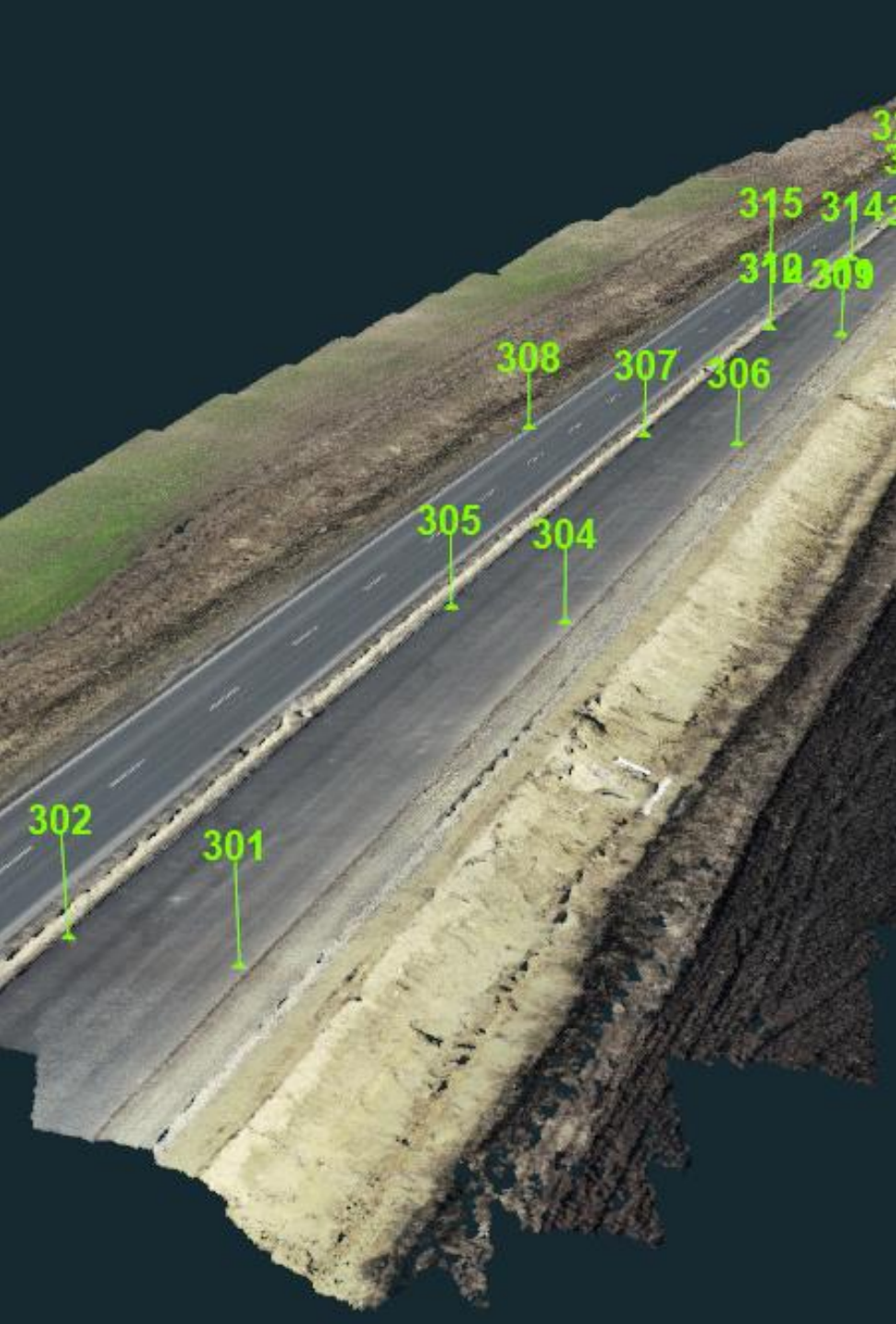
Mérőállomással való felmérés utófeldolgozása/mínősítés

Pontfelhők előállítása (3D Survey)

- Intel Core I7 7800X CPU @ 3.5 GHz
- Memória → 96 GB RAM

Országos rendszerbe illesztés sablonokkal és festésekkel

- Illesztés maradék ellentmondásai néhány mm mindkét esetben

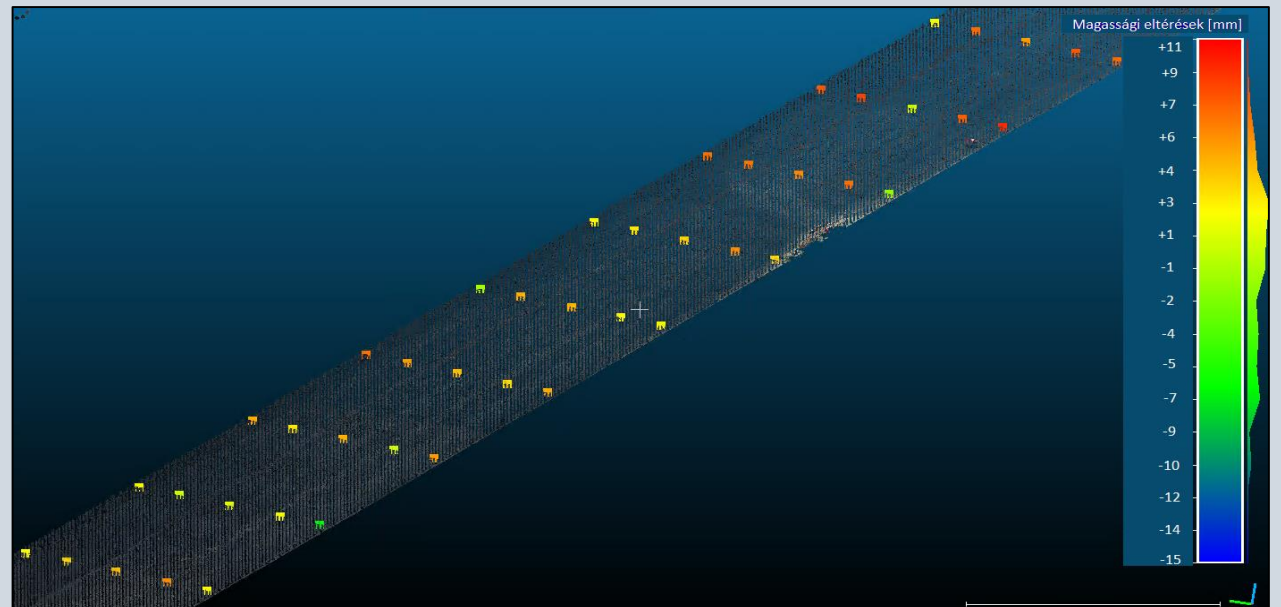


Előállított pontfelhők

1. Első szakasz (480 m) - 25 méter – Rácsos – sablonok/festések – közepes sűrűség - (83 millió pont) (711 kép)
2. Első szakasz (480 m) - 25 méter – Rácsos – sablonok/festések – magas sűrűség - (128 millió pont) (711 kép)
3. Első szakasz (480 m) - 25 méter – Vonalas – sablonok/festések – közepes sűrűség - (43 millió pont) (301 kép)
4. Második szakasz (560 m) - 25 méter – Rácsos – festések - közepes sűrűség - (105 millió pont) (842 kép)
5. Második szakasz (560 m) - 25 méter – Vonalas – festések - közepes sűrűség - (72 millió pont) (361 kép)
6. Teljes szakasz (1020 m) – 50 méter – Vonalas – festések – közepes sűrűség - (61 millió pont) (331 kép)

Felmérési módszerek technológiai összehasonlítása

- Mérőállomással mért pontokat hibátlannak tekintetem
- Magassági eltérések vizsgálata
- CloudCompare -> „Closest point set”
- Pontfelhő metszetek előállítása

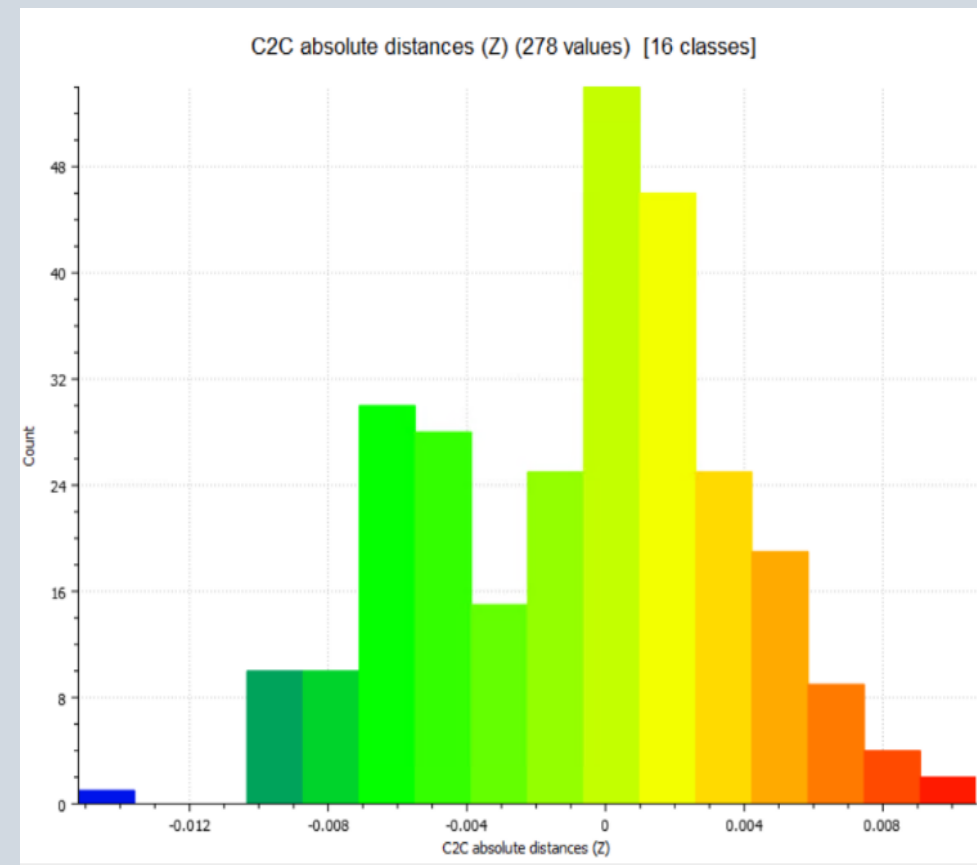


Magassági eltérések vizsgálata

- Legkedvezőbb eredményt magas sűrűségű beállítás biztosítja (-8 mm és +9 mm)
- Közepes sűrűségű kevesebb erőforrással hasonló eredményt mutat (-15 mm és +11 mm)
- Vonalas feldolgozás szignifikáns romlással jár (-16 mm + 17 mm)

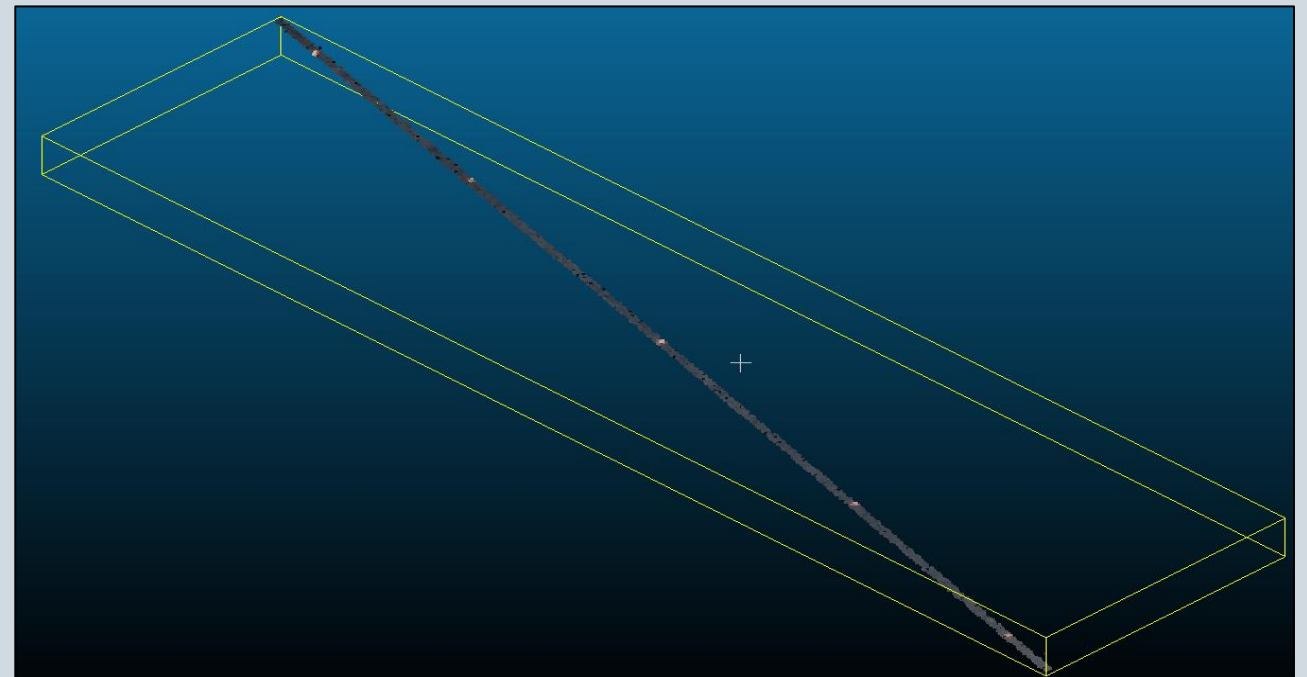
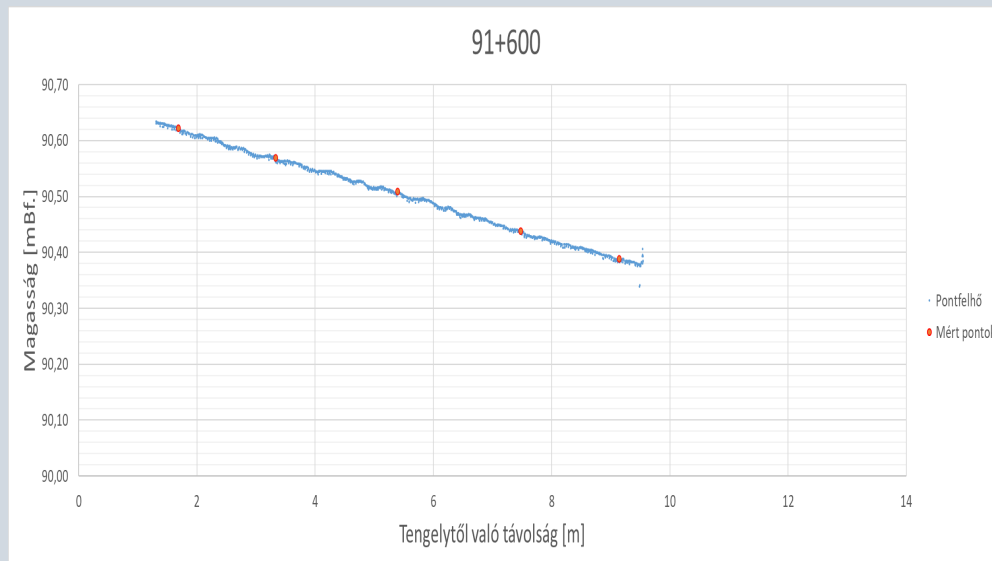
Egyesített pontfelhő	Függőleges eltérés [mm]	Vízszintes eltérés [mm]
Átlag	-1	+7
Absz. Átlag	+4	+7
Max	+11	+17
Min	-15	+1
Szórás	+4	+8

Rácsos feldolgozású és közepes sűrűségű beállítással készült pontfelhő magassági eltérései

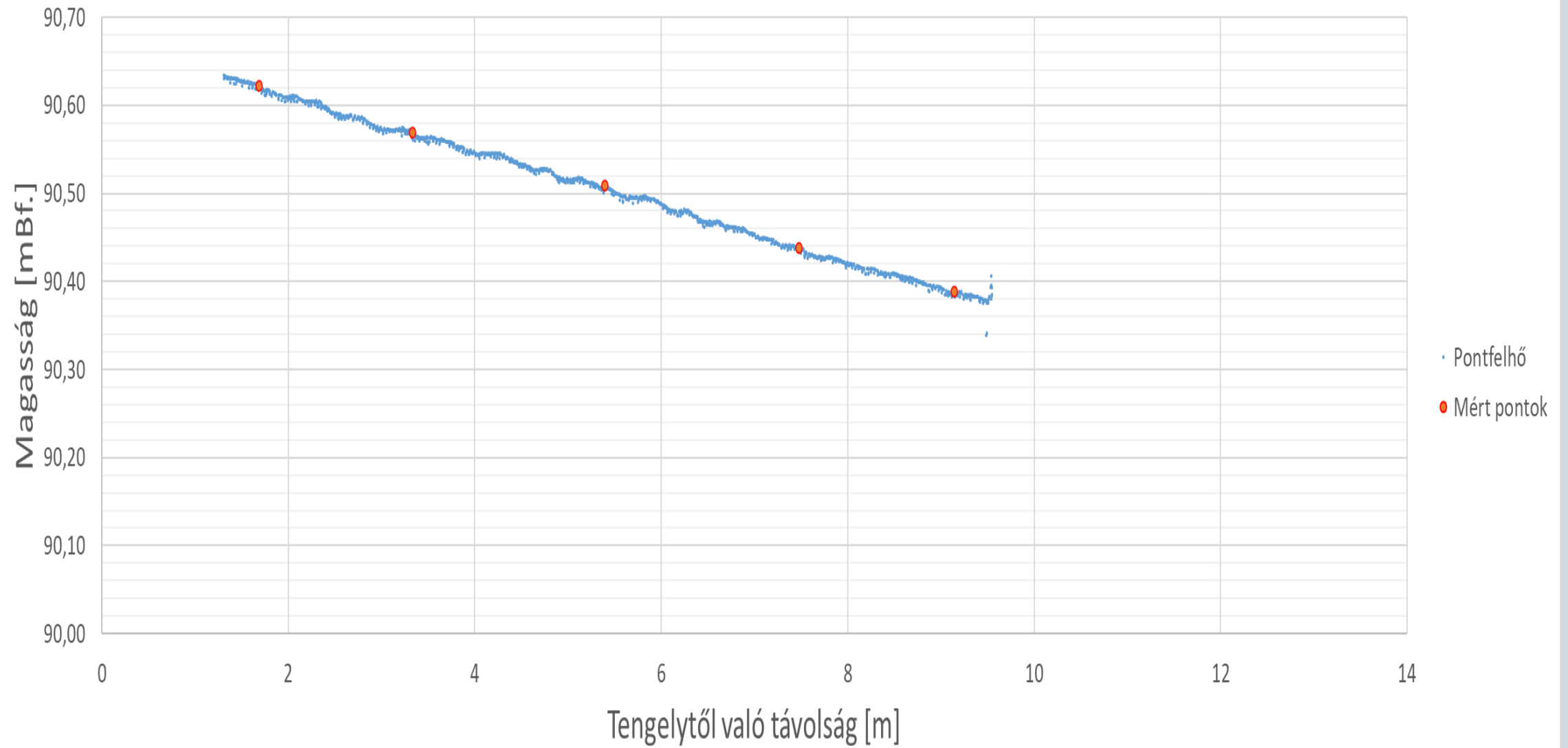


Keresztmetszetek

- Három metszet készítése az alkalmazott pontfelhőből (91+340; 91+600; 91+900)
- Metszeteken jól láthatók a festett minősítési pontok
- Pontfelhő pontjainak „hullámzása”



91+600



Útburkolat minősítés mérőállomással

- Mérőállomással történő minősítés szerint $\longrightarrow$ megfelelőségi határon belül esik
 - 278 minősítópontból két esetben esik az eltérés az előírt határon kívül

A közöbbsézt megnevezése	Tervezési sebesség, km/h					
	≥90			<90		
	Értékelési szakasz hossza, m					
	<500	500–1000	1000	<500	500–1000	1000
Egyedi előírt határok, M_{AET} , mm	előírt érték ±30			előírt érték ±35		
Egyedi megfelelőségi határok, M_{Mth} , mm	előírt érték ±40			előírt érték ±50		
Átlageltérés előírt határok, M_{AET} , mm	–	±20	±15	–	±25	±20
Átlageltérés megfelelőségi határok, M_{Mth} , mm	–	±27	±20	–	±35	±27

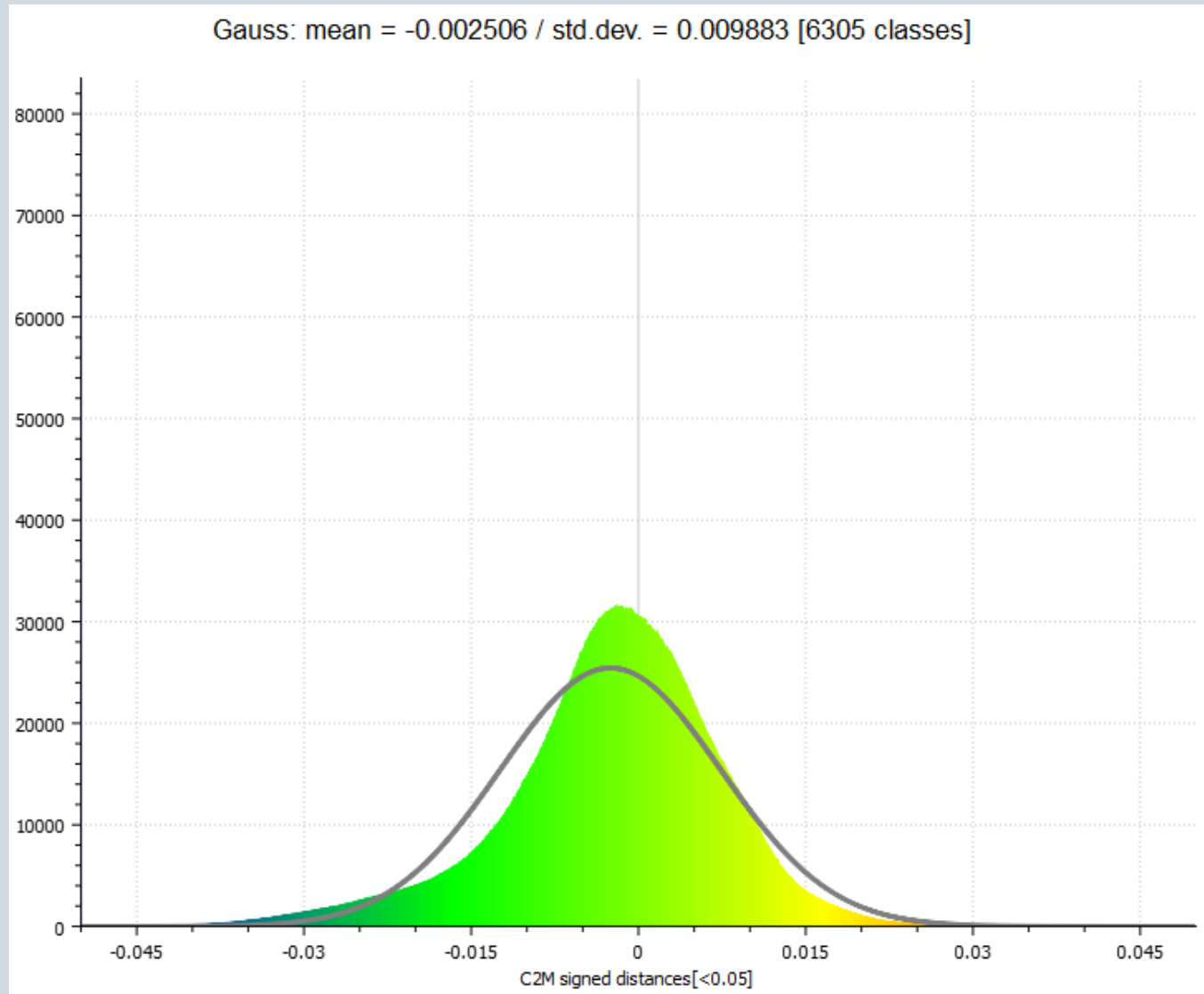
	Függőleges eltérés [mm]
Átlag	+0
Absz.Átlag	+8
Max	+27
Min	-34
Szórás	+11

Útburkolat minősítés drón-fotogrammetriával

- Pontfelhő összevetése létrehozott felülettel (CloudCompare)
- Eltérések szabályos rácsban (5 x 5 cm) (CloudCompare)
- Eltérések megjelenítése színezéssel (QGIS)
- Alkalmazott pontfelhő paraméterei:
 - 25 méteres repülési magasság / 30°-os kameratengely dőlés
 - Rács feldolgozás (kereszt- és hosszirányú repülés együttes feldolgozása)
 - Közepes pontfelhő sűrűség (Feldolgozási idő 500 méterenként 8 óra)

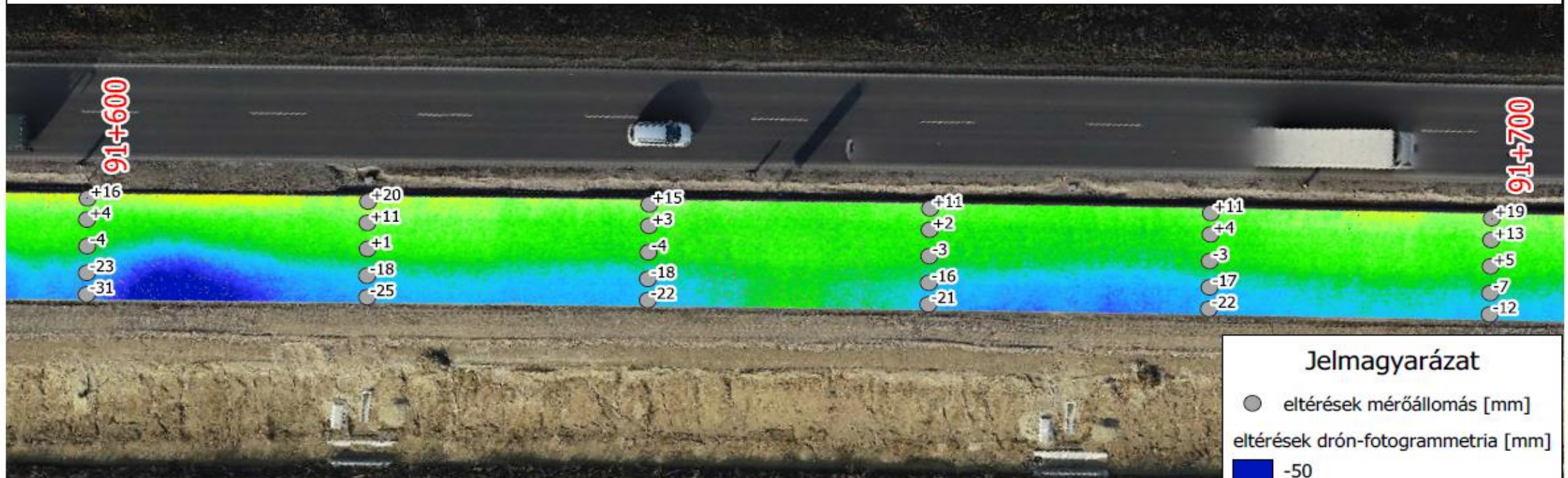
Pontfelhő és felület eltérései

- Alkalmazott pontfelhő hisztogramja alapján:
- eltérések átlaga -2,5 mm
- eltérések szórása ± 10 mm
- max. és min. értékek meghatározására új módszer szükséges
- kétszeres/háromszoros szórás



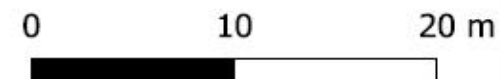


Útburkolat magassági eltérései



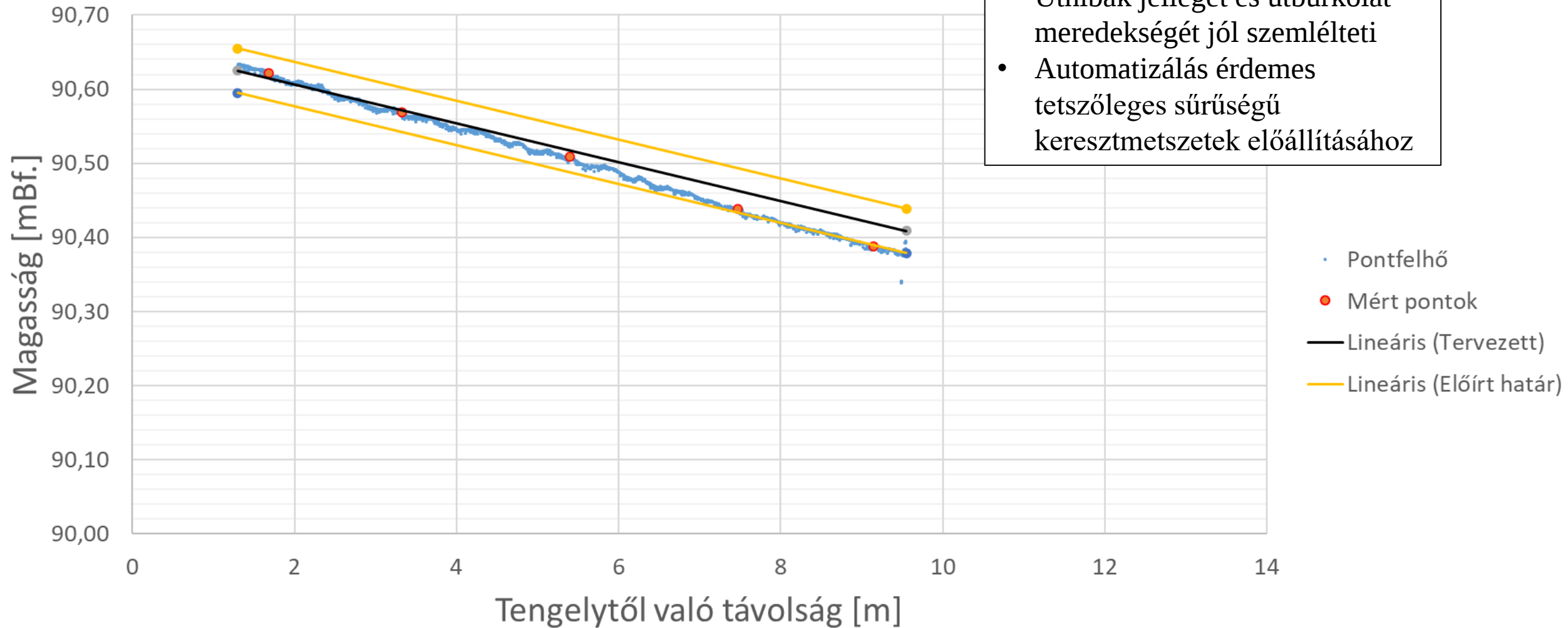
- Szembevető az útburkolat hibáinak mértéke és elhelyezkedése a szakasz tetszőleges szelvényében

M = 1 : 400



Keresztmetszetek

91+600



Összefoglalás

Több eltérő paraméterű pontfelhő vizsgálata alapján

Egy kilométer hosszú szakasz minősítésére
legalkalmasabb pontfelhő kiválasztása

Pontfelhő összevetése a tervezett felülettel

Minősítésre alkalmas térképek elkészítése

Drón-fotogrammetriával történő minősítés

Előnyei

Tetszőleges sűrűségű mintavételezés
Reális költségvetésű módszer (egyéb pontfelhőtechnikákhoz képest)
Útszakasz gyors és akadálymentes felmérése
Feldolgozás nagy része automatizálható
Vizuális megjelenítés

Hátrányai

Pontossága elmarad (hagyományos módszerekhez képest)
Jelentős feldolgozási idő (nagy gépigény)
Időjáráshoz való alkalmazkodás
Bonyolult jogi háttér

Konklúzió:

- Minősítési célokra bizonyos esetekben kiválóan alkalmazható (oldalesés, burkolat szélesség) (Építkezési ütem követése)
- Egyéb technológiai mintavételezés szükséges
- Tapasztalatokból eljárás kidolgozása (ÚME)

Köszönöm a figyelmet!

Mayer Christoph