

# Bányabeli tesztmérések egy képalkotó GNSS geodéziai mérőműszerrel

## Mining test measurements with an imaging GNSS geodetic surveying instrument

DR. HAVASI ISTVÁN

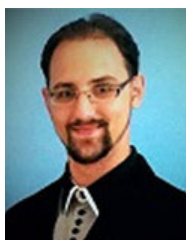
intézeti tanszékvezető egyetemi docens

SZILVÁSI MARCELL

egyetemi tanársegéd

Miskolci Egyetem Földrajz–Geoinformatika Intézet (FGI)

Geodéziai és Bányamérési Intézeti Tanszék (GBIT)



*A tanulmányban először a kutatómunka előzményeivel foglalkozunk. Ezt követően bemutatunk több a bányamérési gyakorlatban már használt, illetve bevezetési fázisban lévő korszerű mérési technikát, azok alkalmazásának előnyeit és hátrányait. A folytatásban a LEICA GS18 I mérőeszköz jellemzőit, a felhasználásához társítható előnyöket, esetleges hátrányokat, valamint annak műszaki paramétereit ismertetjük. Ezután térünk rá a tanulmányunk érdemi részére, a képalkotó GNSS mérőműszerrel végzett bányabeli tesztmérésekre, azok eredményeire, majd pedig értékeljük a kutatási feladattól leszármaztatott tapasztalatokat.*

**Kulcsszavak:** bányabeli tesztmérések, képalkotó GNSS geodéziai mérőműszer

*In our study, first we briefly deal with the antecedents of the research work related to coal mining in Borsod region. Then we will describe several modern surveying techniques already used in mine measurement practice or in the introduction phase, together with the advantages and disadvantages of their application. The kinds of terrestrial laser scanning are as follows: UAV (drone) based aerial photogrammetry and aerial laser scanning as well as ultrasonic (sonar) geodetic data acquisition procedures.*

*In the following, the characteristics of the LEICA GS18 I imaging GNSS measuring device, the advantages and disadvantages associated with its use, as well as its technical parameters are discussed. We will also examine the process of carrying out the survey and give a brief overview of the difficulties associated with geodetic data capture when we exceed the survey distance zone recommended by the device manufacturer.*

*Afterwards, we will turn to the most important part of our study, the mining test measurements executed with the imaging GNSS surveying instrument on January the 27th, 2023 in the Miskolc-Mexikóvölgy limestone mine, and their results. We will also present other test measurements carried out in a home mine and at another location. Finally, we evaluate the experience obtained from the research task.*

*On the basis of what mentioned above, we can state that this geodetic measuring device – considering its uniqueness due to its complexity – is nothing short of remarkable. We have pointed out all the advantages which can put its application in foreground in mine surveying in the future.*

*The initial results of our research work also highlighted that for the regular use of the Leica GS18 I imaging GNSS RTK rover in mines, further test measurements will be necessary, if we have the opportunity to buy it, considering the deeper understanding of the individual possibilities inherent in the surveying, and the accuracy questions. Among the additional advantages that can be associated with the use of the measuring device, we must emphasize that compared to other measuring methods (e.g. the discussed drone procedures), it does not require any special training or official authorization (e.g. the existence of a flight license, a UAV device and its operator registration, requesting a flight permit, remote sensing notification obligation, securing an aircraft, environmental protection permit, etc.). We must note as well that the price of this special imaging RTK measuring device is also quite high, but it is still more favorable than that of laser scanners.*

**Keywords:** mine surveying, modern surveying methods, imaging GNSS geodetic surveying instrument, mining test surveys

## A kutatómunka előzményeiről röviden

A LEICA GS18 I képkalkító GNSS geodéziai mérőeszköz egy, a jövőben várhatóan megvalósuló két, Miskolci Egyetemi (ME) kar közreműködését is igénylő K+F+I program kapcsán keltette fel a kutatási érdeklődésünket. Erről a következőket röviden érdemes megemlíteni.

Az orosz–ukrán háború okozta energiaellátási gondok következményeként létrejött hazai lakossági fűtési problémák kezelésének lehetséges megoldására az Országos Katasztrófavédelmi Főfelügyelőség Barnaköszén Munkacsoportjának vezetése megkereste a Miskolci Egyetem szakmai területen kompetens karait (Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar [MFK], Anyag- és Vegyészmérnöki Kar) a barnaköszén tüzelőanyag program tudományos támogatása érdekében. E program a Borsodi medencében található bányatelkeken (Felsőnyárad III, Izsófalva IV, Sajókaza IV) korszerű tudományos kutatási, fejlesztési és innovatív módszerek bevezetésével a barnaköszén-kitermelés jelentős növelését; a késztermék-, illetve a szénporfeldolgozás optimalizálását, továbbá a kazán- és a tüzeléstechnika témaköröket foglalja magába. A három javasolt MFK kutatási tématerület pedig: a nyersanyagkutatás, a barnaköszén-kitermelés kapacitásának bővítése, a felhasználható barnaköszén-készletek telephelyi optimalizálása és a barnaköszén finomfrakciójának hasznosítása. A tanulmány tárgyát képező mérőeszköz esetleges alkalmazása a második kutatási tématerület részeként vetődött fel. Konkrétan megfogalmazva, a végrehajtandó mérési feladat a következő: bányabeli 3D felmérés (felület és térfogat meghatározása) korszerű földi vizuális (fotogrammetriai) helymeghatározással a vonatkozó tématerülethez kötődő hites bányamérői munka támogatására.

## Napjaink korszerű bányamérési technikáinak áttekintése

Az elmúlt időszakban a bányamérés területén jelentős változás, komoly fejlődés volt tapasztalható, figyelembe véve azt, hogy egyes új mérési eljárások/mérőműszerek alkalmazása (pl. drónos felmérés) a bányákban rendszeressé kezd válni, más modern mérőeszközök kísérleti alkalmazására (pl. szonárok) pedig egyre többször kerül sor.

Szakmai körökben közismert az is, hogy a hazai bányüzemekben dolgozó hites bányamérő szakemberek mind a nyersanyagok kitermelése, mind pedig a bányászati tervezés kapcsán a legkülönbözőbb bányamérői munkákat hajtják végre, amelyek során valamilyen mérési módszerrel igen gyakran végeznek térbeli adatgyűjtést. Legfontosabb feladataik között a következők említhetők meg: bányanyitást megelőző

kutatás mérési támogatása, kitermelt területek pontos felmérése, különféle nyersanyagok mennyiségének (készletek) pontos meghatározása, különböző bányatérképeken a felszíni, ill. föld alatti térbeli helyzet, valamint a bányászati tevékenység szempontjából fontos egyéb jellemzők ábrázolása.

Visszatérve a már említett korszerű új mérési módszerekre, röviden vizsgáljuk meg a földi lézerszkennelés, az UAV (drón) alapú légi fotogrammetria és légi lézerszkennelés, valamint az ultrahangos (szonáros) geodéziai adatnyerési eljárások főbb jellemzőit, alkalmazásuk előnyeit, esetleges hátrányait [1].

A földi lézerszkennelés (angol mozaikszóval TLS) a mérőműszer és a mérendő/visszaverő felület közötti lézerrel mért távolságok rögzítésén alapul. A szkennert helyéhez képest, annak környezetéről automatizált módon nagy mennyiségű térbeli információ (sűrű 3D pontfelhő) mérésére használható. A mérési eljárás alkalmas topográfiai felmérésre, a bányászati tevékenység időbeli előrehaladását jellemző térbeli változások meghatározására, ezáltal köbtartalom-számításra, újabban lejtőmonitoringra, továbbá a bekövetkezett sajnálatos balesetek dokumentálására is. A mérési technika néhány fontos további jellemzője: kalibrálás referenciapontokkal, lényeges a műszer-távolság helyes megválasztása, cm-es pontosság és a viszonylag könnyű mérőeszközök. Az esetleges alkalmazási korlátok közül két tényezőt érdemes e helyen is megemlíteni. Az egyik a mérési környezet, amelybe beleértendők a mért felület/falazat jellemzői, a légköri körülmények/por és a megvilágítottság. A másik a TLS műszereinek magas beruházási ára, amely ugyan csökken folyamatosan, de még mindig jelentős. Mint-hogy használatuk a bányamérőtől nem igényel semmiféle különleges képzettséget vagy hatósági engedélyeztetést, kísérleti bányabeli alkalmazásuk manapság egyre inkább kezd terjedni.

Ami pedig az UAV (drón) alapú légi fotogrammetriát illeti, annak használata ma már a bányamérői gyakorlatban rendszeresen előfordul. Egyes bányüzemekben azonban ez a mérési eljárás valamilyen korlátozó (pl. környezetvédelmi) oknál fogva ideiglenesen vagy egyáltalán nem vehető számításba. Ott viszont, ahol ez a mérési technika alkalmazható, a korszerű digitális fényképezőgépekkel nagy felbontású légi felvételek készíthetők, amelyek feldolgozása után többféle értékes felmérési termék (pl. ortofotó-térkép, pontfelhők, 3D modell stb.) állítható elő. Ez a mérési módszer is olyan bányászati és bányamérési feladatok elvégzését könnyítheti meg, mint például a feltárás, a készletek felmérése, bányatérképezés vagy az időben változó folyamatok követése. A távérzékelés e fotogrammetriai módszerének előnyei között a következők adhatók meg: a tömeges és homogén pontosságú adatok, a gyors és hatékony terepi munkavégzés, az

imént említett értékes felmérési termékek, a kedvezőbb ár és az elfogadható feldolgozási idő. A használathoz kötődő hátrányok/korlátozások között először is a légi távérzékelés és a drónos repülést szabályozó szigorú jogi környezetet kell megemlíteni [2]. Az utóbbiba pedig beleértendő az UAV hivatalos regisztrálása, a repülő eszköz üzemeltetői nyilvántartásba vétele és az arra vonatkozó megkötött biztosítás, továbbá az adott drón reptetéséhez megszerzendő előírt jogosítvány is. A további hátrányok közé sorolhatók még az időjárás- (szél, eső, hó, köd) függőség és a különféle takartsági (pl. fák okozta) problémák. Itt jegyezzük meg azt is, hogy az említett bányamérési technikák többségének illesztőpont igénye is van.

Az UAV LIDAR-ral való kombinálása szintén többféle bányabeli monitoring (pl. környezetvédelmi, kitermelési stb.) tevékenység végrehajtását teszi lehetővé. A mérési módszer széles körű elterjedése a bányászatban ma még egyáltalán nem jelenthető ki. Ennek legfőbb oka minden bizonnyal a LIDAR eszközök viszonylag magas ára. Ami pedig a légi járműhöz (drónhoz) kapcsolódó további alkalmazási hátrányokat/korlátozásokat illeti, ezekre mindazok vonatkoznak, amelyeket az UAV alapú légi fotogrammetria bemutatásakor a reptetés és a repülőjármű kapcsán az előbb már ismertettünk.

A bányászatban a szonár mérőeszközöknek a víznívó alatti kitermelés bányamérési támogatásában van igen fontos szerepük. A folyamatos mélységmérés ugyanis egyrészt lehetővé teszi a meder térképezését, másrészt pedig hozzájárulhat az adott nyersanyag szakszerű kitermelésének mindenkori ellenőrzéséhez is.

A bányatavak mederdomborzatának 3D felmérésekor az ultrahangos (szonáros) felmérő rendszereknek két típusa is számításba vehető [3]. Ezek az egysugaras (egy jel egy időben) és a multisugaras (egyidejűleg nagyszámú jel) mérőeszközök. Ma még gyakoribb az egysugaras szonárok alkalmazása, ugyanakkor a jövőben biztosan a multisugaras mélységmérők használata – tekintetbe véve azok fejlettebb mérési képességeit és pontosságát – válik majd meghatározóvá. Az utóbbi mérőeszközök az RTK pozicionálás mellett még inerciális egység támogatással is bírnak. Előnyük a gyors és pontos felmérés, hátrányuk pedig az, hogy drágák. Használhatnak még teljesen automatizált szonáros rendszereket is, amelyeknél a mérőrendszert hordozó vízi jármű távirányítással működtethető. Ezek angol neve: Unmanned Survey Vessels (USVs).

### A LEICA GS18 I képközpontú GNSS RTK Rover bemutatása, főbb jellemzői

Ez a különleges GNSS RTK Rover (1. ábra) magában foglalja a GNSS, az IMU (Inertial Measurement Unit,

dőlésmérő egység) és egy kamera műszaki sajátosságait. E szenzorok egy mérőeszközbe illesztésének eredménye az a vizuális helymeghatározó technológia, amely nagy hatékonyságú, pontos és könnyen végrehajtható méréseket tesz lehetővé [4]. Az egyedi mérőműszer a „látott” felmérendő területek/felületek 3D modellezésére/térképezésére alkalmas.



1. ábra. Képek a LEICA GS18 I GNSS RTK Roveréről (<https://leica-geosystems.com/>)

A hagyományos, alacsony termelékenységű pontonkénti RTK felmérés, az IMU-val és az innovatív képfeldolgozó szenzorral kiegészítve (fotogrammetriai bővítés), egy magas (akár több száz részletpont is) rögzített pontszámot produkáló geodéziai adatnyerésre cserélhető. A hagyományos GNSS technológia számára problémát jelentő, takart (az égboltra gátolt kilátású) területek (fák alatt, bányafalak közelében stb.) jellemző pontjainak, valamint a bányatelen belüli fizikailag nem hozzáférhető vagy csak veszélyesen megközelíthető helyek, bányafalperemek bemérése is gyorsan és könnyedén hajtható végre ezzel a mérőeszközzel. A GS18 I alkalmazásával tehát a tradicionális RTK mérési korlátai viszonylag könnyedén leküzdhetők. A terepen eltöltendő mérési idő pedig jelentősen rövidíthető, továbbá ha a felmérendő területről a képi adatnyerés már befejeződött, akkor annak minden részlete bármikor kiértékelhetővé válik, akár még a mérési helyszínen automatikusan, akár az irodában manuálisan, és az esetleges pótmérések is elkerülhetők.

A GS18 I képközpontú GNSS RTK Roverrel történő mérés menetét illetően a következők mondhatók el [4]. A felmérést végző személy, jelen esetben a bányamérő a függőlegesítendő mérőrudon rögzített műszert a kezében tartva, a számára érdekes bemérendő felületre ráirányított kamerával, attól egy, a gyártó által előre meghatározott távolságon ( $d = 2-10$  m) belül a felmérendő felületről  $d$  távolság mentén mozogva végzi az adatgyűjtést. Ennek során a mérőeszköz végig ellenőrzi azt, hogy a helymeghatározás (pozíció) és a dőlés pontossága megfelelnek-e az elvárásoknak. Amennyiben ez nem teljesül, a mérés automatikusan leáll, ez azonban nem befolyásolja a korábbi képek

feldolgozását. A  $d$  távolság tökéletes állandósága azonban nem garantálható, de nem is szükséges, sőt a feldolgozás során jobb eredmény érhető el, ha ugyanazon felületről különböző távolságból kapott felvételek is rendelkezésre állnak. Az IMU egység kalibrálás nélkül azonnal használható, és a mágneses zavaroknak is ellenáll. Az egyes méréseknél a mérőrúd dőlése mérhető és korrigálható, így annak függőleges tartása nem feltétlenül szükséges, bár érdemes odafigyelni arra. A jó dőléskompenzálást nem egy dőlésmérő, hanem gyorsulásmérők, giroszkópok és szoftveres támogatás teszi lehetővé. Topográfiai pontosságú felméréskor a mérés közben tartott mérőkamerával is végrehajtható. Nehezen bemérhető felületrészeknél a mérőrúdon rögzített mérőkamerával, akár a rúddal lefelé fordított kamerapozícióval is dőléskompenzációval dolgozhatunk.

A GS18 I GNSS RTK berendezés kamerája 2 Hz-es frekvenciával folyamatosan és automatikusan készíti a fényképeket. Ezek minősége függ a kamera és a mért objektum távolságától. Az optimális képátfedés biztosítása fontos. A Leica Captivate szoftverrel a fényképek már valós időben is automatikusan feldolgozhatók, beleértve ebbe az egymást követő képek közötti geometriai kapcsolat meghatározását is. Ezt követően azok pontmérésre akár azonnal is használhatók lesznek. A felmérő számára érdekes mérési pontok koordinátái egyetlen klikkeléssel lekérdezhetők. A feldolgozószoftver futtatásához BASIC kontroller vagy CS30 (35) tablet is számításba vehető. A CS30 táblagépen 64 bites Windows 10-es operációs rendszer fut, ami lehetővé teszi a mérőeszköz által rögzített terepi adatok azonnali, első körös feldolgozását, továbbá a mért objektumokon néhány egyszerűbb feladat elvégzését. Ilyen lehet például a koordináták meghatározása a képfelületeken, a távolságmérés vagy még a vonalas szerkezetek kijelölése. A már említett és a napi gyakorlatban széleskörűen használt operációs rendszernek köszönhetően akár más hasznos terepi munkát segítő alkalmazás is telepíthető a terepi táblagépre, ha az amúgy is bőséges funkciókat kínáló Leica szoftver nem lenne elegendő a számunkra.

A 7 inches 1280×800 pixel felbontású kijelző mögött egy kétmagos 2,4 GHz-es processzor végzi a számításokat. Az előzetes fotogrammetriai feldolgozást



2. ábra. Különböző távolságból és szögből rögzített képcsoport

egy 4 GB-os RAM és egy 64 GB-os háttértár segíti. Ez a tárolási kapacitás első hallásra nem tűnik ugyan nagyoknak, a mérőeszköz azonban csupán 1,2 megapixelos felbontású képcsoportokat rögzít. A GS18 I GNSS RTK Rover egy felvétel során maximum egy percig képes a felmérendő objektum felületének rögzítésére, amely kb. 50 MB-nyi adatmennyiséget jelent. Nagyobb a valószínűsége annak, hogy az akkumulátor hamarabb lemerül (ennek üzemideje kb. nyolc óra), vagy hogy a nap előbb lemegy, minthogy a teljes háttértár betelne. A nap végén azonban a felvett adatokat az irodai PC-re/laptopra mindenképp érdemes átmásolni azért, hogy a következő napon a méréseket újra teljes kapacitással végezhessük. A képek felbontása nem túl nagy ugyan, de ahhoz éppen elegendő, hogy megfelelő pontosságot biztosítson az adatok kiértékeléséhez. A GS18 I mérőműszer termékismertetőjében 2–10 m mérési távolságra a gyártó átlagosan 2–4 cm-es hibát ad meg képi pontmérésre (2D), amelyet a mérőeszköz az elvégzett terepi tesztmérésünk során teljesített is (legalábbis a saját hibaszámításai alapján ezt írta ki). Ugyanakkor néhányszor előfordult az is, hogy ennél kicsit pontosabb eredményeket produkált.

A hamarosan bemutatásra kerülő tesztmérésünk során azt is kipróbáltuk, hogy milyen pontossági jellemzőt kapunk, ha túllépjük a 10 méteres ajánlott felmérési távolságot. Az előzőekben megadott pontmérési hibaérték-tartomány természetesen már jócskán megnőtt, de alapvetően ezt a mérőeszközt nem is a felmérendő objektumtól 10 m-nél messzebb lévő műszeres adatgyűjtésre tervezték. Pozitívumaként említhető meg viszont, hogy a GS18 I GNSS RTK Rover nagyobb távolságokból is képes a képfelületeket létrehozni. Ez pedig akkor lehet jó, ha valamely tereptárgy nem megközelíthető, 10 m-nél távolabb van, továbbá a megrendelő részéről még a termékismertetőben garantált 2–4 cm-es pontossági jellemző sem elvárás.

A fotogrammetriai feldolgozáshoz szükséges képrögzítés lényege, hogy a műszer a mérendő objektumot megfelelő átfedésekkel több kameraszögből is rögzítse. A mérőeszközbe integrált GNSS RTK egységnek köszönhetően a kamera pontos pozíciója mindvégig ismert, a beépített érzékelőknek köszönhetően pedig annak orientációja is folyamatosan ki-

számításra kerül. A VIS technológia [4] a videofelvétel közben a különböző szögekből felvett képeken automatikusan és folyamatosan keresi az illesztőpontokat, és a közös kiértékeléshez ezek alapján kapcsolja össze azokat. E képfeldolgozási techniká-

ból az is érthető, hogy egy teljesen homogén felületen (pl. egy havas tájon) a VIS technológia nem talál illesztőpontokat, és ezért a feldolgozás leáll. Ilyenkor, hogy segítsük a szoftveres kiértékelést, a nagyobb pontosság eléréséhez a terepen saját mesterséges illesztőpontokat kell elhelyeznünk. A pontosság fokozása érdekében sokat tehetünk, ha a különböző szögből felvett felvételeket több távolságról is elkészítjük (2. ábra).

A tíz méternél távolabbi objektumok felmérése azért is nehézkes, mert hiába készítjük el a felvételeket horizontális irányban, a több méter távolságra eső pontokból, a rögzítés látószögében ennek ellenére nem lesz túl nagy különbség, így pedig a pontos felület is nehezen lesz előállítható. Természetesen, ha a felvétel készítése során el tudunk jutni több olyan helyszíni pontba, ahonnan a távoli bemérendő tereptárgy nagyban különböző látószögben kerül rögzítésre, akkor az előbb említett probléma hatása csökkenni fog. Ugyanakkor a felvett képek nem túl nagy felbontása miatt a távoli objektumok már csak nagyon pixelesen körvonalazódnak, így a pontos illesztés is meglehetősen nehézkes. Ez azonban nem tekinthető a mérőeszköz hibájának, mivel azt nem ilyen mérési távolságokra tervezték. Az imént inkább csak a műszer funkcióhatárainak a kitolását vizsgáltuk.

A technológia nemcsak felmérésre, hanem rendelkezésre álló lokális információk megjelenítésére is alkalmas. A korábbi rögzített adatokat vagy a tervet lehetőségek van ugyanis a tablet memóriájába betáplálni, és az pedig azokat rávetíti a már felvett környezeti modellre, megkönnyítve így a tájékozódást. Ennek megfelelően nemcsak egyedi pontok, hanem vonalas szerkezetek implementálása is végrehajtható.

A többutas terjedési és interferenciacsökkentési adatfeldolgozási opció nehéz körülmények között is segíti a minőségi GNSS jelkötést. Nemcsak az

előbb említett pontmérés, hanem a 3D vizualizáció, a mért objektum pontfelhőjének létrehozása is megoldható a műszerrel. Eszerint az ismételt mérések után az időben változó folyamatok követése, pl. egy meddőhányó térfogata is meghatározhatóvá válik. Összegezve a GS18 I képkötő RTK Rover a bányamérőnek maximális terepi rugalmasságot nyújthat, igen hatékony és megfelelő pontosságú integrált adatgyűjtési módszert biztosít, sőt a méréshez még segédmunkaerőre (figuránsra) sincs szükség.

Néhány tényezőről a műszaki paraméterek kapcsán is szólnunk kell [4]. Kezdjük ezt a fejlett multikonstellációs GNSS technológiával! Menet közbeni műholdválasztás, több műholdas alap- és kiegészítő rendszert (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, QZSS, NavIC, WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, TerraStar) is magában foglaló jelkötés, 555 csatorna, a hibás műholdjelek detektálása és kizárása. Az IMU egység jellemzésére már korábban kitértünk. A mérésre és annak pontosságára pedig a következők adhatók meg: négy sec. jellemző inicializálási idő, RTK mérési pontosság: H<sub>z</sub> 8 mm + 1 ppm, V 15 mm + 1 ppm (egy alapvonal), H<sub>z</sub> 8 mm + 0,5 ppm, V 15 mm + 0,5 ppm (hálózati), dőléskompenzált RTK mérési pontosság (nem statikus kontrol, hanem topográfiai pontokra), az előzőek hibajellemzők növelése max. H<sub>z</sub> 8 mm + 0,4 mm értékekkel (30°-os dőlésszögig). További pontossági mérőszámok: statikus fázismérés hosszú észlelési idővel (utófeldolgozás): H<sub>z</sub> 3 mm + 0,1 ppm, V 3,5 mm + 0,1 ppm, statikus és gyorsstatikus fázismérés (utófeldolgozás): H<sub>z</sub> 3 mm + 0,5 ppm, V 5 mm + 0,5 ppm; differenciális kód mérés: H<sub>z</sub> 25 cm és V 50 cm, képi pontmérés: jellemzően 2–4 cm (2D) a mért objektumtól 2–10 m műsbertávolságig. A belső memória mintegy 4 GB; a mérőrudra helyezett mérőeszköz súlya: kb. 4 kg, és a mérésre fordítható idő belső akkumulátorral kb. 8 óra.



3. ábra. Szinképhelyes pontfelhő a rögzített képek térbeli helyzetével

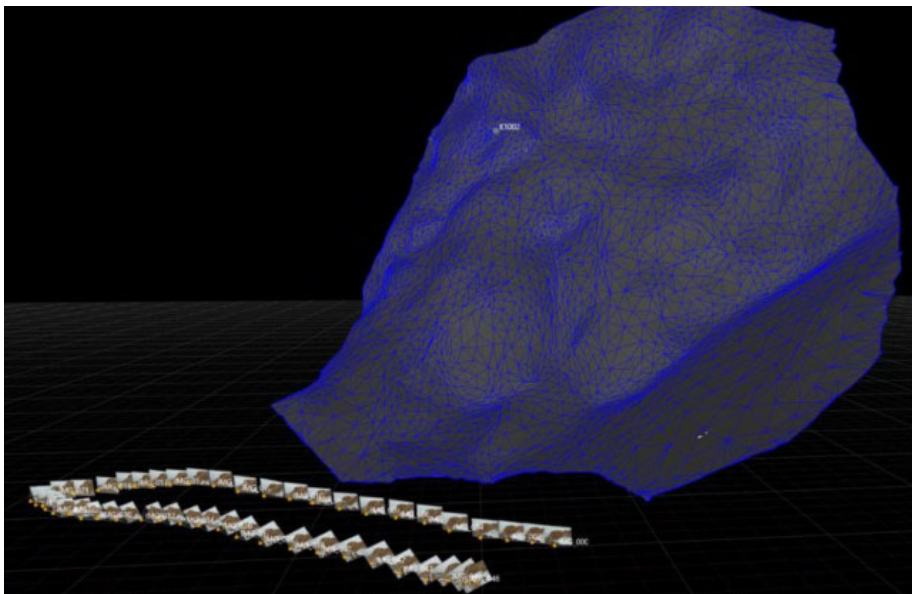
### Tesztmérések a vizsgált mérőműszerrel, bányászati környezetben

A Leica Geosystems Hungary Kft. jóvoltából – Bogár Ádám közreműködésével – lehetőségünk volt a GS18 I képkötő GNSS RTK Rover bányabeli környezetben való kipróbálására. A tesztelésre a Miskolc-Mexikóvölgyi mészkőbányában 2023. január 27-én került sor. Itt egy bányafalat és annak környezetét mértük

meg, majd pedig a rögzített adatok feldolgozását is elvégeztük. A több különböző szögből és távolságból felvett képcsoportokból a feldolgozószoftver egy szinképhehelyes pontfelhőt generált, amelyet a 3. ábra szemléltet.

Az irodai számítógépen a 3. ábrabeli pontfelhőből a Leica Infinity szoftver környezetben már elkészíthető volt a domborzat poligonok által határolt felülete (4. ábra). Ennek a felbontása, pontsűrűsége már csupán csak beállítás kérdése. Ebből pedig már térfogat is számítható, ha a program számára valamilyen alapsíkot vagy egy előző időpillanatban felvett korábbi állapotban lévő felületet megadunk.

A GS18 I képkalkoló GNSS RTK műszerrel más magyarországi bányákban is végeztek tesztméréseket.



4. ábra. A domborzat poligonok által határolt felülete a rögzített képek térbeli helyzetével



5. ábra. Bányafal fényképe

Ezek néhány eredményét az alábbi ábrákon mutatjuk be. Az 5. ábrán egy bányafalról készített fotó, míg a 6. ábrán ugyanazon felmérésből generált térbeli modell látható.

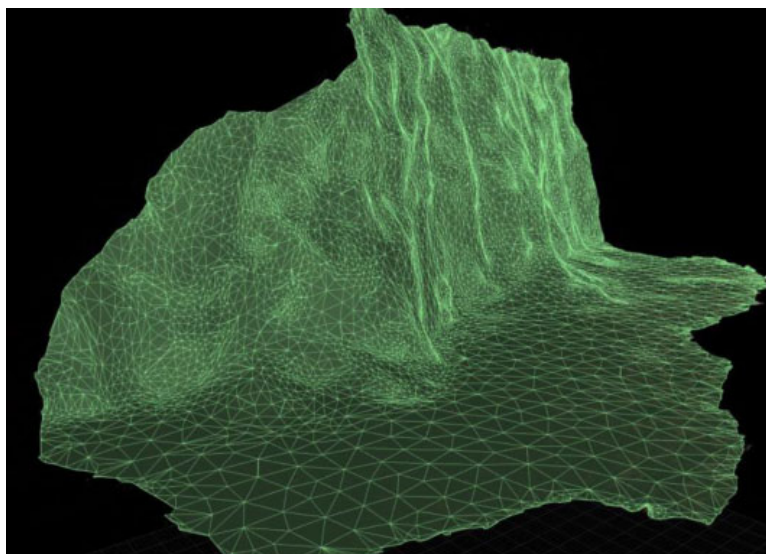
Ha a felméréndő terepi objektum teljesen körbe mérhető, akkor a kapott eredmény is minden bizonynyal jobb lesz. Ebben az esetben a feldolgozó szoftver már 360°-os rögzített adatokkal működtethető, szemben azzal, amikor a mérőműszer egy bányafalat nem túl nagy szöghelyesből tud csak bemérni. A most ismertettek példát a 7. ábrán szemléltetjük.

### Összefoglalás

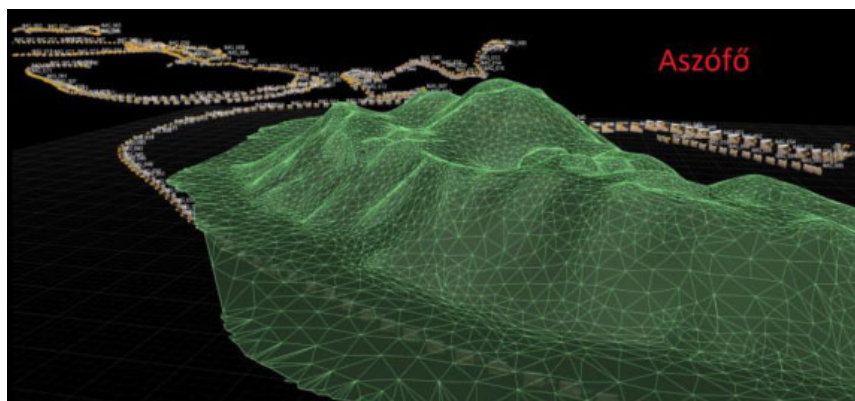
Tanulmányunk megírását az motiválta, hogy a már tárgyalt előzményeket röviden figyelembe véve, a

BKL olvasóinak a bányabeli tesztmérések kapcsán, bemutassuk a Leica GS18 I képkalkoló GNSS RTK Rovert, és megvizsgáljuk annak bányabeli alkalmazhatóságát. Szakcikkünk ábráin (3–7. ábra) pedig szemléltetjük a saját és más bányabeli tesztmérések eredményeit. Megállapíthatjuk, hogy ez a mérőműszer – komplexitása miatti egyediségét tekintve – igencsak figyelemreméltó. Rámutatunk mindazon előnyeire, amelyek annak bányamérési alkalmazását a jövőben előtérbe helyezhetik.

A kutatómunkánk kezdeti eredményei arra is rávilágítottak, hogy a Leica GS18 I képkalkoló GNSS RTK Rover rendszeres bányabeli felhasználásához, ha lesz majd lehetőségünk annak beszerzésére – tekintettel a mérőműszerben rejlő egyes lehetőségek mélyebb megismerése és a kapcsolódó pontosság kérdéskörére – még újabb vizsgálatok, tesztmérések lesznek szükségesek. A mérőeszköz alkalmazásához társítható



6. ábra. Bányafal felméréséből kapott térmodell



7. ábra. Körbe felvett közethalom térmodellje

további előnyök között hangsúlyoznunk kell, hogy az a bányamérőtől, más mérési módszerrel összevetve (pl. a tárgyalt drónos eljárások) nem igényel semmiféle speciális képzettséget vagy hatósági engedélyeztetést (pl. reptetési jogosítvány megléte, egy UAV eszköz és üzemtartójának regisztrálása, a reptetési engedély megkérése, távérzékelési bejelentési kötelezettség, repülőjármű biztosítása, környezetvédelmi engedély stb.). Azt is meg kell azonban jegyeznünk, hogy ennek a különleges képalkotó RTK mérőeszköznek az ára is meglehetősen magas, de a lézerszkennerekénél még mindig kedvezőbb.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők e tanulmány elkészítése érdekében nyújtott szakmai támogatásért (az eszközzel történt bányabeli tesztmérési anyagok egyes dokumentumainak rendelkezésünkre bocsátásáért) köszönetüket fejezik ki a Leica Geosystems Hungary Kft. munkatársainak. Közülük is külön köszönet illeti Bogár Ádámot, aki

kérésünkre a tanulmányban ismertetett és általunk megszervezett miskolci Mexikóvölgyi Mészköbányában a GS18 I GNSS RTK tesztmérést elvégezte, és a kapott mérési eredményeket részünkre átadta.

### IRODALOM

- [1] Havasi I. (2019): Korszerű bányamérési eljárások meddőhányók mozgásvizsgálatára. In: „Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban” c. konferencia. Konferenciakötet, pp. 129–132., (Szerk: dr. Bodzás Sándor, dr. habil. Antal Tamás), Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen, 2019. 05. 29. ISBN: 978-963-7064-38-8
- [2] Marcis L. (2022): Bányamérés drónnal a gyakorlati tapasztalatok tükrében. In: „Múltunk és a modern jövő, LX. Bányamérő Továbbképző és Tapasztalatcsere”. Konferenciakiadvány, pp. 32–41, (Szerk.: Weber 2000 Kft.), Balatongyörök, 2022. 05. 25–27.
- [3] Eke Z., Havasi I. (2021): Multisugaras szonár alkalmazása a bányamérésben. Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, Kőolaj és Földgáz, 154(III), 25–30. ISSN: 2498-8332
- [4] <https://leica-geosystems.com/hu-hu/products>