



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Külszíni fejtés bányafelmérési munkái Mine surveying works for open pit mine

OE-AMK Hallgató neve:

Kántor Dániel

2022

Hallgató törzskönyvi száma:

T000421/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Sármellé, 2027.12.12.

Sármellé

hallgató aláírása



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kántor Dániel

Szaktervezési száma: SZD22011414113798

Törzskönyvi száma: T000421/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Külszíni fejtés bányamérési munkái

A dolgozat címe angolul: Mine surveying works for open pit mine

A feladat részletezése: A bányamérés történelmi áttekintése, a bányamérés során alkalmazható technológiák bemutatása, a saját mérési terület és a munkafolyamat bemutatása, összegzés.

Intézményi konzulens neve: Dr. Tóth Zoltán

Külső konzulens neve: Németh László

Munkahelye: Geobakony Mérnöki és Szolgáltató Kft

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szaktervezési: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2022. 10. 12.

P.H.

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2022. 12. 15.

belső konzulens

külső konzulens

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
2. SZEMÉLYES MOTIVÁCIÓ	2
3. TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS	3
4. BÁNYÁK TÍPUSAINAK ISMERTETÉSE	7
5. BÁNYAFELMÉRÉSI MÓDSZEREK BEMUTATÁSA	13
5.1. MÉRŐÁLLOMÁS ÉS GNSS VEVŐ HASZNÁLATA A BÁNYÁSZATBAN	14
5.2. SZONÁR HASZNÁLATA A BÁNYAFELMÉRÉSBEN	17
5.3. FÖLDI LÉZERSZKENNELÉS A BÁNYÁSZATBAN.....	18
5.4. LÉGI FOTOGRAMMETRIA, UAV HASZNÁLATA A BÁNYÁSZATBAN.....	21
5.5. MŰHOLDFELVÉTELEK BÁNYÁSZATI PROJEKTEKHEZ.....	24
6. A HITES BÁNYAMÉRŐI TEVÉKENYSÉG	26
7. A KÜLFEJTÉSES BÁNYÁK TÉRKÉPEI	27
8. A BÁNYATELEK JOGI JELLEGÉNEK ISMERTETÉSE	29
9. SAJÁT MUNKA BEMUTATÁSA.....	30
9.1. MUNKATERÜLET RÉSZLETES BEMUTATÁSA	30
9.2. A DOLOMIT KELETKEZÉSE, ELŐFORDULÁSA.....	34
9.3. A MAGYARORSZÁGI DRÓNHASZNÁLAT JOGI HÁTTERE.....	36
9.4. A TEREPI MUNKAFOLYAMAT TELJESKÖRŰ BEMUTATÁSA.....	40
9.5. AZ IRODAI MUNKAFOLYAMAT TELJESKÖRŰ BEMUTATÁSA.....	46
10. A BÁNYAFELMÉRÉS JÖVŐJE	56
11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	58
12. ÖSSZEGZÉS	59

13. CONCLUSION.....	60
14. Irodalomjegyzék.....	61

1. BEVEZETÉS

Szakdolgozati témának a Pajtika-Bánya Kft. Keszthely közelében fekvő külszíni vagy más néven külfejtéses bányájának a geodéziai bányafelmérését választottam. Azért esett a bányafelmérésre a választásom, mert a földmérésnek ez az egyik leginnovatívabb ágazata, nagy területen gyorsan kell dolgozni és terepi, illetve irodai munkafolyamatból is áll, ami újabb kihívásokat tartogatott számomra. Mindezek felett ez egy különleges munkafolyamat, amit állandóan és gyorsan ér a technológia fejlődése. Dolgozatomban összehasonlítást fogok elvégezni a 2020. évi, illetve a 2021. évi bányaterület között, amelynek a geodéziai felmérésén lehetőségem adódott részt venni. A dolgozatom megírása közben arra törekszem, hogy átfogó képet és válaszokat adhassak az olvasó számára a témakört érintő kérdésekre.

Egy kedves ismerősöm, Mikolás Gábor által lehetőségem adódott részt venni 2021 telén a bányájának az időszakos geodéziai felmérésén, ezáltal Németh László földmérőmérnök cégén, a Geobakony Mérnöki és Szolgáltató Kft. keretein belül betekintést nyerhettem a leendő szakmám ezen területébe.

A munkaterületem a Pajtika-Bánya Kft. dolomitbányája, amely Zala megye egyik legnagyobb dolomitbányája, ahol már az 1990-es évek óta foglalkoznak dolomit bányászattal több, mint 40 Ha területen. Az itt előállított közeteket és egyéb alapanyagokat az építkezések számos területén felhasználják, mint például útalapokban.

A dolgozatomban foglalkozom a bányamérés történelmével, külfejtéses bányák geodéziai felmérésével. Bemutatom az évek során bánya felmérési célra kifejlesztett módszereket és a különböző módszerek ideális felhasználási területét is szemléltetem. Bemutatom az általam választott munkaterületet, körülírom az ott végbe ment munkafolyamatot és mindezek felett bemutatom a jelenleg Magyarországon érvényes jogi hátterét a drónhasználatnak. Továbbá leírom azt, hogy a jövőben milyen fejlődésen mehet majd keresztül a földmérés ezen ágazata.

2. SZEMÉLYES MOTIVÁCIÓ

A szakdolgozati témaválasztásomkor fontosnak éreztem, hogy a geodézián belül egy olyan területtel foglalkozzak, ami kevés hallgató társam érdeklődését kelltette fel, innovatív és a tanulmányaim során nem nyílt lehetőségem átfogóan foglalkozni vele. Szerettem volna betekintést nyerni egy olyan munkafolyamatba, ami közel áll az érdeklődési körömhöz és tudásra szert tenni az adott témában. Úgy gondolom, hogy a bányamérés választása egy jó döntés, mert ez a geodéziának az egyik leginnovatívabb ágazata, ezért alkalmam adódik új eszközök használatát látni és különleges munkafolyamatokat elkészíteni számítógépes környezetben. A tanulmányaim során észrevettem magamon, hogy a gyakorlatias feladatok sokkal közelebb állnak hozzám és a programok használatát is gyorsan el tudom sajátítani, amik elengedhetetlenek voltak a szakdolgozatom elkészítéséhez. Legvégül az is nagyban hozzá járult a döntésemhez, hogy a bányafelmérési feladatok végrehajtásához szükséges technológiáról, módszerekről és metódusokról tanulhassak.



2.1.ábra: saját kép, Pajtika-bánya Kft. dolomitbányája

3. TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS

A földmérés és a bányászat az idők kezdete óta fej-fej mellett fejlődnek. Mind a két tudományág az ókorba nyúlik vissza. Az első földmérések körülbelül az időszámításunk előtti 1000-es évekre vezethetők vissza, amikor is az első egyiptomi földmérők felosztották a Nílus környékén lévő földeket.



3.1.ábra: Királyi földmérők Egyiptomban [<https://vazrajkeszites.hu/wp-content/uploads/2020/10/Foldmerok-egyiptomban.jpeg>]

A bányamérés is hasonlóan nagy múltra vezethető vissza. A régészeti tanulmányoknak köszönhetően tudomásunk van arról, hogy a bányászat kulcsszerepet töltött be a civilizációk fejlődése és a történelmünk során. A történelem előtti időkben is fontos szerepet töltött be, hiszen Anglia és Francia ország területén régészeti feltárások során kovakőbányákra bukkantak, amelyek bizonyítják ezt az elméletet. [1] A fontos történelmi korok megjelenése is a bányászattal, illetve az ott kitermelt nyersanyagok hasznosításával köthető össze, hiszen a különböző nyersanyagok feldolgozása csak a kellő technológiai

fejlettséggel volt elérhető. Ezek alapján kapta az elnevezését például a bronzkorszak, vaskorszak. [2]

Az első földmérő eszköz, a dioptra létrejöttét az ókori görögöknek köszönhetjük. Ez az eszköz egy csillagászati és földmérési eszköz volt, amelynek a megalkotását az időszámításunk előtti harmadik századra teszik. [2]



3.2.ábra: Dioptra, csillagászati és földmérési műszer

[<http://sendasdeburgos.blogspot.com/2013/05/camino-de-los-romanos-en-bicicleta.html>]

A rómaiak a korszakukban híresek voltak a bányamérnöki innovációikról, amik segítségével olyan bányákat tudtak létesíteni, amelyek a világ legismertebb ősi bányászati komplexumai közé tartoznak. Ilyen bánya, a Rio Tino-ban található rézbánya. Ebben a korban, habár a felszíni bányászat volt a leggyakoribb bányászati típus, addig a rómaiak olyan módszereket és technológiákat alkalmaztak, amellyel képesek voltak alagutakon keresztül például az arany és az ezüst kitermelésére. [3] Ez a technológia rendkívül magas geometriai, matematikai és földmérési ismeretet követelt meg. A korszak egyik

földmérési eszköze a horizontális tárcsa volt, amit úgy kell elképzelnünk, mint egy föld alatti célokra készült iránytűt. Persze ez az eszköz kezdetleges volt és rendszerint megzavarták az iránytű működését a fémeszközök, illetve a bányákban lévő fém lerakódások, éppen ezért pontatlan volt. [2]

A 19.század közepére már sokkal fejlettebb eszközök álltak a földmérők rendelkezésére. Ekkoriban jelentek meg az első olyan teodolitok, amelyek teleszkópokkal, vízmértékekkel és függőleges kvadránsokkal (a szögek méréséért felelő rész) voltak felszerelve, amelyek lehetővé tették a viszonylagosan pontos távolság, illetve függőleges szögek mérését. A bányák pontosabb felmérését fix pontok, teodolitok segítségével történő mérésével érték el. Ekkor váltotta fel a horizontális tárcsa szerepét a bányászati munkálatokban a teodolit alkalmazása. [2]



3.3.ábra: Theodolit von Otto Fennel & Söhne, Kassel, 1900

[<https://tr.wikipedia.org/wiki/Teodolit#/media/Dosya:Theodolit-zeiss.JPG>]

A mostani bányamérés egy rendkívül gyors ütemben fejlődő iparág. A technológiai újítások hatalmas behatást gyakorolnak rá, ennek köszönhetően rendkívül szerteágazó, s gyakran egy-egy feladat megoldására több módszer is a rendelkezésünkre áll. A legmodernebb „teodolitok”, úgynevezett mérőállomások, amelyek több technológiát kombinálva jöttek létre. Ezek a földmérési eszközök lézeres célzást használnak és elektronikusan tárolják az adatokat. Ezt GNSS-el (Global Navigation Satellite System) párosítva magas precizitás érhető el. Ezek mellett számos új bányafelmérési módszert lehetne említeni például drón technológia, fotogrammetria és még sok más. Ezek a technológiák meghaladják a korai földmérők legvadabb állmait, akiknek sokszor csak egy mérőlánc állt a rendelkezésére. [2]



3.4.ábra: Trimble TS635-ös Total Station [<https://totalstations.co/trimble-ts635-total-station/>]

4. BÁNYÁK TÍPUSAINAK ISMERTETÉSE

A bányák könnyen csoportosíthatóak az ott kitermelt nyersanyagok, illetve a bányászat típusa szerint. A technológia fejlődésének köszönhetően az elmúlt évszázadokban egyre több és több ásványkincs gazdaságos kitermelésére nyílt lehetőség. A bányák fajtái a következők lehetnek az ott folytatott kitermelés módjai szerint: külszíni (külfejtéses), mélyműveléses, fúrótornyokkal történő és mélytengeri bányászat, amelyek további alcsoportokra bonthatóak, az ott kitermelt ásványkincsek szerint. A különböző bányák típusa nagyban behatárolja, hogy az adott esetben milyen földmérési vagy éppen fotogrammetriai eszköz használata lesz a legjobb választás az adott munkafolyamat elvégzésére. [4] [5] [6]

A külfejtéses bányászat során a gazdaságosan kibányászható ásványi anyagok felett lévő meddő réteget eltávolítják a kitermelendő anyagokról.



4.1.ábra: Saját kép, Pajtika-Bánya Kft. dolomit bányája

Ezáltal ennek a bányászati típusnak az alkalmazása a külszín nagymértékű roncsolásával jár. Jövesztéssel az eredeti környezetéből kibontják a különböző kőzetanyagokat. Ez a munkafolyamat történhet fúrással, robbantással, gépekkel, illetve homok és kavics esetén

vízszaggal. Ezzel a típusú bányászattal lehet kitermelni a tőzeget és lignitet, az építő- és díszítőköveket, építőanyagokat, továbbá előfordul a barnaszén és a nemesfemes ásványok bányászatában is. Mára már a technológia fejlődésének köszönhetően akár napi több, mint 10 000 tonna anyag kinyeréséről beszélhetünk bányánként. A külszíni fejtés során a homlokot úgy kell kialakítani, hogy a robbantásos jövesztés esetén az 50 méteres magasságot érheti el, gépi jövesztés alkalmazása esetén a homlok magassága maximálisan a gépek magassága lehet. A rézsülye (dőlésszöge) a bányának függ a kőzetszilárdságtól. A 70 °-ot csak olyan kőzet esetén haladhatja meg a rézsülye, amely omlásra nem hajlamos kemény kőzet. Az aláfejtés alkalmazása, amely a 90 ° -ot meghaladja, azaz úgynevezett visszahajló homlok létesítése még ideiglenesen is tilos. [4] [5] [6]

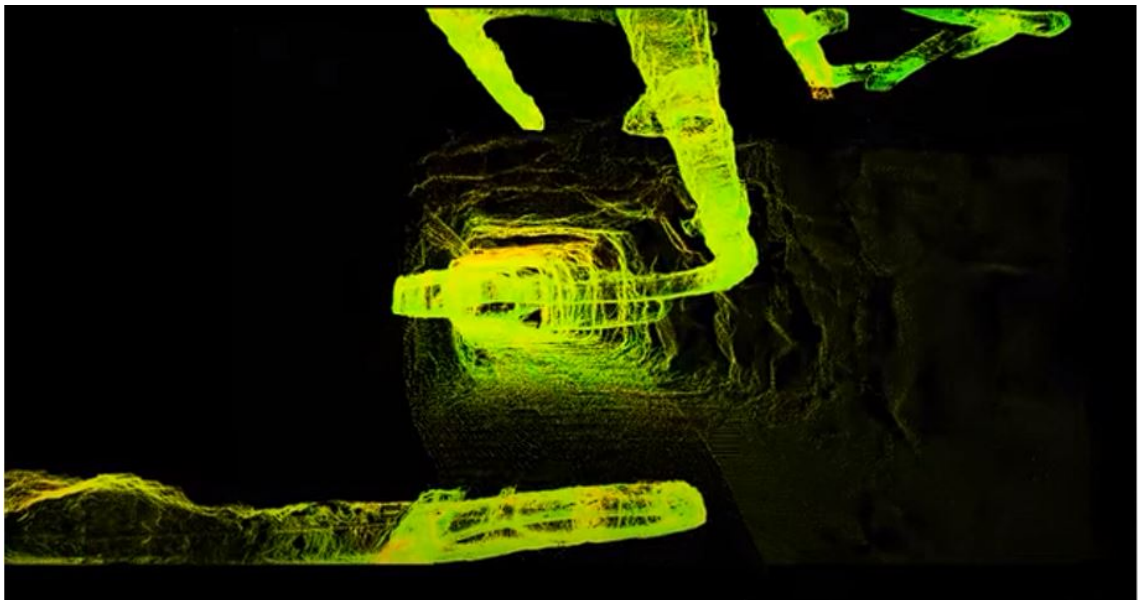
A mélyműveléses bányászat során a bányafelszín borító talaj, illetve kőzetréteg csak részben kerül eltávolításra. A kitermelendő ásványkincshez különböző létesítményeken keresztül jutnak le a mélységbe a különböző gépek és az emberek. Ezek a létesítmények lehetnek tárók, altárók, lejtaknák és aknák.



4.2.ábra: Robot lézerszkennerek használata mélyművelésű bányában

[<https://www.mining-technology.com/contractors/exploration/3d-laser-mapping/>]

Mivel a mélyműveléses bányászat megköveteli az emberi jelenlétet, ezért további a termelést kiszolgáló létesítmények és szellőző aknák telepítését szokták eszközölni. Ezek lehetnek aknatornyok, gépházak, műhelyek, raktárak, fürdők, irodák és utak. A kitermelt ásványkincsek helyét meddővel, idegen anyaggal töltik fel vagy más esetekben üregként hagyják. Ezt a bányászati technológiát gyakran alkalmazzák a szén, érces és a nemesfémes ásványok, illetve víz és egyéb egzotikus díszítőkövek bányászatánál is egyaránt. [4] [5] [6]



4.3.ábra: Mélyműveléses bányáról készült háromdimenziós pontfelhő

[<https://www.youtube.com/watch?v=8HdgliagAds>]

A fúrólyukakkal történő kitermelés mélyfúrási lyukakon keresztül történik. Az ezáltal kinyert nyersanyagok lehetnek kőolaj, földgáz, víz, szén-dioxid és nitrogén. A rézérc kinyerése úgynevezett kilúgozásos technológiával történik. Ebben az esetben a folyékony halmazállapotú kőzetet felszivattyúzzák, továbbá az elmúlt években a földalatti széneltelmezést elgázosított állapotában nyerik ki a mélyből. A fúrólyukakkal történő bányászat kombinálható a külszíni és mélyműveléses bányászattal is. Ebben az esetben a fúrólyukakat függőleges vagy meghatározott módon a függőlegestől eltérő hajlásszögben létesítik. A fúrt lyukakat vízmentesítésre, gázmentesítésre, vízkizárásra és egyéb kiegészítő tevékenységeknél is használják. [6]

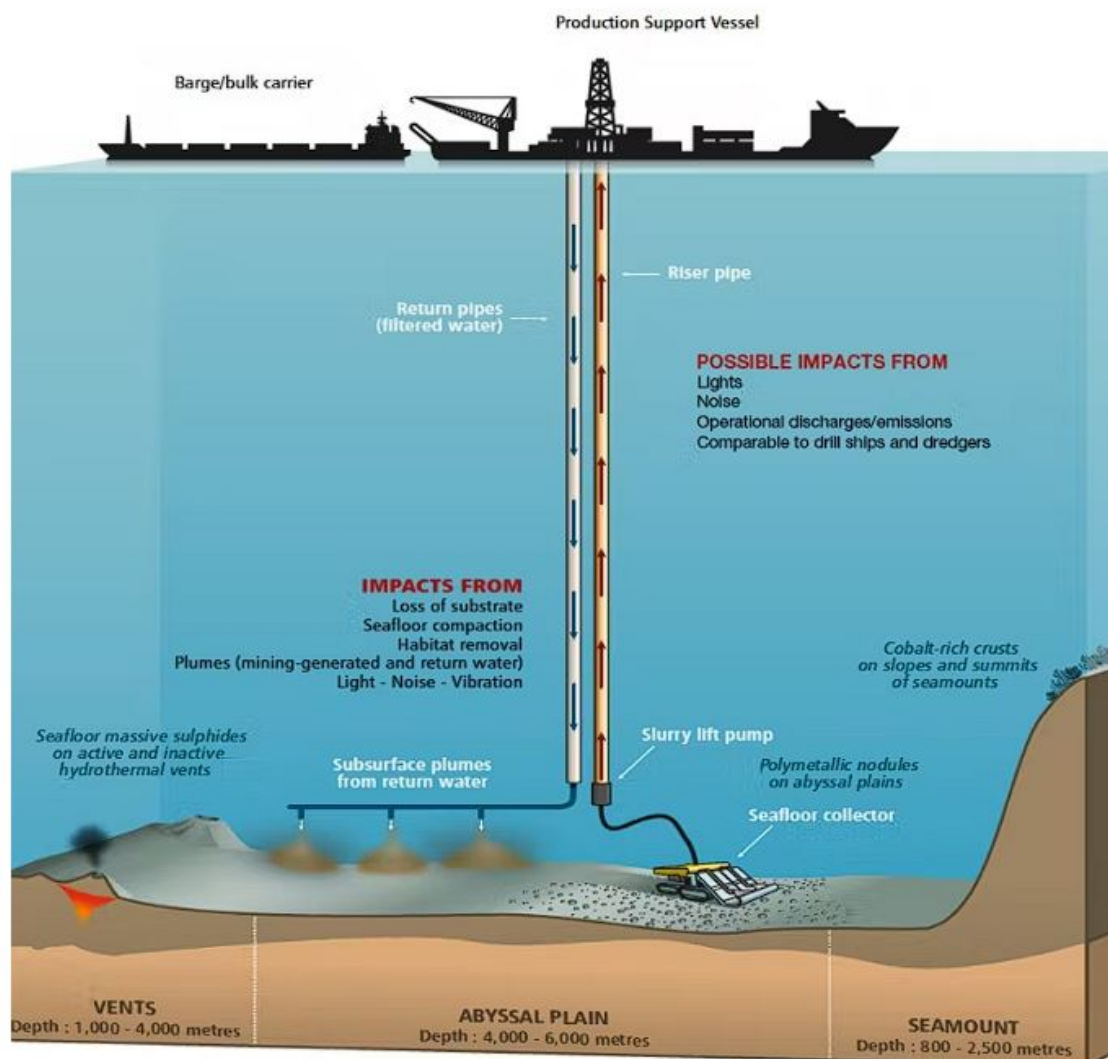


4.4.ábra: Mélyfúrási lyukak létesítése [https://www.mtu-solutions.com/content/dam/mtu/application/mining/images/04A_MTU_Drilling-in-mining-rigs.jpg/jcr_content/renditions/original/04A_MTU_Drilling-in-mining-rigs.jpg]

Az elmúlt időszak egyik legnagyobb újítása a bányászat terén a mélytengeri bányászat megvalósítása jelentette, amely még kezdeti technológiának tekinthető. Ennek a technológiának köszönhetően a tengerek és óceánok mélyéről, akár 6-7 km-es mélységből is kinyerhetővé válhatnak az ásványkincsek. Az ásványok a természetükből adódóan adott mélységeken nagyobb koncentrációban fordulnak elő. Az ásványkincs lelőhelyek felkutatását ROV-okkal (remotely operated underwater vehicle) végzik, amelyek távoli vezérlésű járművek. Amikor felkuttatták a lelőhelyet, akkor a tenger vagy óceán fenéken bányászati állomást létesítenek, amely a kitermelt ásványkincseket egy csővezetéken keresztül juttatja el a víz felszínén lévő bányáshajóhoz, vagy bányász állomásra, ahol megtörténik a kívánt anyagok kivonása és a zagyot (a kivonási eljárás után fennmaradt meddő anyag) visszajuttatják a fenékre. [6]

Ásványlelőhely típusa	Átlagos mélység	Talált források
Polifémes csomók Mangán csomó	4000 – 6000 méter	Nikkel, réz, kobalt és mangán
Mangán kéreg	800 – 2400 méter	Kobalt, vanádium, molibdén és platina
Szulfid lerakódások	1400 – 3700 méter	Réz, ólom, cink, arany és ezüst

4.5.ábra: Ásványkincsek rétegződése [Ahnert A., Borowski C. (2000): Environmental risk assessment of anthropogenic activity in the deep-sea-Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery]



4.6.ábra: Mélytengeri bányászat [<https://www.eco-business.com/news/explainer-what-is-deep-sea-mining/>]

5. BÁNYAFELMÉRÉSI MÓDSZEREK BEMUTATÁSA

Azért tartottam fontosnak bemutatni a különböző bányászati technológiákat, hogy mindenki megérthesse, hogy adott munkafolyamatnál miért használják az adott eszközöket. Ebben az esetben lehetünk a tanúi annak, hogy a fejlett technológiáknak köszönhetően egy adott feladatot számtalan sokféleképpen kivitelezhetünk. Éppen ezért törekedtek a szakemberek arra, hogy időhatékonyság és munkaminőség szempontjából is jobb értékeket produkáljanak az elődeiknél. Ez annak is köszönhető természetesen, hogy a mai rohanó és fejlődő világban megpróbáljuk mindenre a lehető legjobb és legegyszerűbb megoldást találni.

A bányaterületeken történt felmérések történhetnek mérőállomással, UAV-val (unmanned aerial vehicle), szonárral, lézerszkennelrel, GNSS-el (global navigational satellite system), légi fotogrammetriai eszközökkel és műholdképek segítségével. A következőkben szemléltetem a főbb bányamérési technikákat és azoknak felhasználási területeit.

5.1. MÉRŐÁLLOMÁS ÉS GNSS VEVŐ HASZNÁLATA A BÁNYÁSZATBAN

A mérőállomások is hatalmas fejlődésen mentek keresztül. Mára már olyan műszerek állnak a szakemberek rendelkezésére, amelyek robotizáltak és a segítségükkel akár nagyobb mérési feladat elvégzéséhez is elegendő egyetlen ember. Ebben az esetben a mérés automatikusan történik úgy, hogy a mérőállomás követi a prizmat és amikor a bemérendő helyen van a szakember akkor távirányítással el tudja végezni a mérést.



5.1.1.ábra: Leica ICR705 Robotic Total Station kit

[\[https://www.4kequipment.com/new-leica-icr70-5-robotic-total-station-kit-w-cs35-10-tablet-icon-software-ap20-tilt-pole/\]](https://www.4kequipment.com/new-leica-icr70-5-robotic-total-station-kit-w-cs35-10-tablet-icon-software-ap20-tilt-pole/)

A külszíni bányák felmérésénél ma már ritkán használnak mérőállomásokat. Ennek az az oka, hogy ezt a munkafolyamatot drónnal és GNSS vevővel sokkal gyorsabban el lehet végezni úgy, hogy a pontosságnak ez nem megy a kárára. A mérőállomás használata abban az esetben indokolt, amikor a GNSS vevőt a környezet jellege miatt nem lehet

használni illesztőpontok létesítésére vagy a bányák egyes részeinek a felmérésére. Ilyen területek értelemszerűen a leánykolt részek, ahol a GNSS vevő nem tud kellő számú műholdas kapcsolatot létesíteni. Mérőállomásokat jellemzően mélyműveléses bányák felmérésénél szoktak használni. A mérőállomással bemért pontokból utófeldolgozással hoznak létre ebben az esetben digitális felszín modellt és más a kiértékeléshez szükséges adathalmaz típust. Szelvényvonalak mérésére is van lehetőség. Amennyiben Leica mérőállomást szeretnénk venni abban az esetben egy nem robotizált állomás körülbelül 1 300 000 forintba, míg egy robotizált akár 20 millió forintba is kerülhet.

A GNSS rövidítés az angol Global Navigational Satellite System szólánból jött létre. A GNSS vevő képes a saját helyzetét meghatározni egy előre meghatározott koordináta rendszerben, műholdak segítségével. Kell legalább három műholddal létrejött kapcsolat a geodéziai, 1-2 cm-es pontosságú helymeghatározáshoz. A helymeghatározás során a bemért pontok rendelkeznek hosszúsági, szélességi és magassági értékekkel. A ma forgalomban lévő GNSS vevők sok esetben tudnak csatlakozni az amerikai GPS (Global Positioning System), az orosz GLONASS (Globalnaja Navigacionmaja Szputnyikovaja), az európai Galileo, vagy éppen a kínai BeiDou műhold rendszerekhez, ezáltal is biztosítva az állandó műholdkapcsolatot a mérésekhez. A Magyarországi RTK méréseket a 35 db országon belüli, illetve a 19 db szomszédos országban lévő földi állomás teszi lehetővé, mert ez a mérési fajta megköveteli a kiépített sűrű bázisállomásokat. Az RTK az angol Real Time Kinematic szavakból adódik össze, ami magyarul valós idejű helymeghatározást jelent. Ezzel a módszerrel lehetőségünk adódik a mozgásban lévő vevő méréseinek a javítására. Ezen állomások közül 51 darab rendelkezik GPS/GLONASS jelek vételére alkalmas vevővel, 3 pedig csak GPS jeleket tud venni. Ezeknek az eszközöknek a használata a mai napig széleskörű a bányászati munkafolyamatoknál.

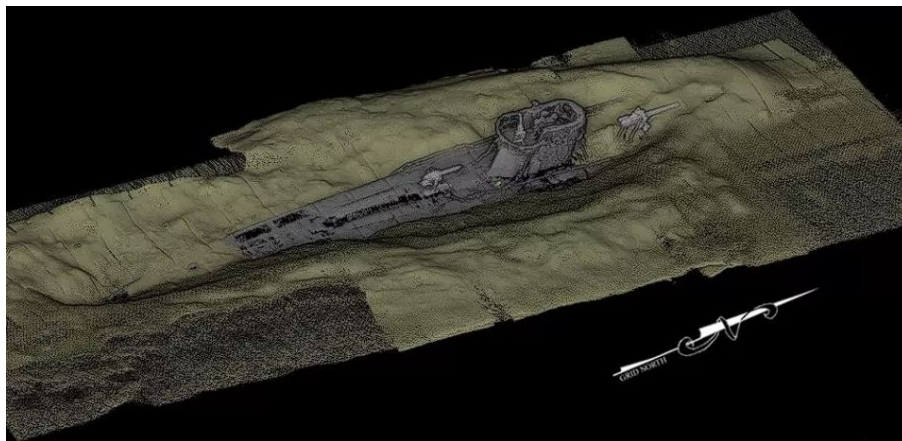


5.1.2.ábra: Leica GS18 T GNSS RTK rover Leica CS20 terepi vezérlővel [<https://leica-geosystems.com/es-mx/products/gnss-systems/smart-antennas/leica-gs18-t/world-fastest-gnss-rtk-rover>]

A módszer hátránya az, hogy kell stabil műholdas és mobil internet kapcsolat. A mobilinternet hiányával nagyobb gödrökben találkozhatunk, míg a műholdas kapcsolat hiányával leányékolt helyeken. Az előbbi problémát áthidalhatjuk saját bázis létesítésével, amely segítségével tudjuk biztosítani az internet kapcsolatot nehéz körülmények között is. Külfejtési bányák felmérési munkálatainál ezt a műszert használják az illesztőpontok létesítésére, a bánya részeinek a felmérésére, RTK mérésre és még sok másra. A mai értelemben vett külfejtési bányamérési munkálatok e nélkül a műszer nélkül nem valósulhatnak meg. Az eszköznek az ára nagyjából 1,5 millió forintnál kezdődik. [7]

5.2. SZONÁR HASZNÁLATA A BÁNYAFELMÉRÉSBEN

Ezt a módszert olyan bányák felmérésénél használják, amelyek víz alatt helyezkednek el vagy ahol szükséges a víz alatti mérés. A ma forgalomban lévő szonár rendszerek képesek másodpercenként 15 000 pont bemérésére. A működési elvük hasonló a lézerszkennerekéhez, csak ebben az esetben a hanghullámok visszaverődéseinek a segítségével történik a pontok bemérése. Vannak olyan felmérési változatok, ahol egyszerre mérnek szonárral miközben egy Lidar szenzorral rendelkező UAV rögzíti a tengerfenékről vagy folyómederből visszaverődő fényeket, úgynevezett bathymetrikus eljárás folyamán. Jellemző ezekre az eszközökre, hogy többnyire könnyűek és nagy a mobilitásuk. Használatuk csónakhoz vagy hajóhoz rögzítve történik. GPS antennák és beépített GPS vevők segítségével valósul meg a műholdas helymeghatározás. Ezekkel a műszerekkel körülbelül néhány cm²-es pontosságú pontfelhők állíthatók elő. A méréseknek köszönhetően előállítható a TIN (Triangulated Irregular Network) modell. Továbbá kinyerhető a tengerfenékről például DTM (Digitális terep modell) és szintezési térkép is. Egy szonár rendszer ára megközelítőleg 50 millió forintnál kezdődik. [8]



5.2.1.ábra: Az U-166 elsüllyedt, német tengeralattjáróról szonár és lézer szkennerek segítségével készített modell [<https://www.nps.gov/articles/000/3d-laser-and-sonar-scanning-to-monitor-shipwrecks-in-the-gulf-of-mexico.htm>]

5.3. FÖLDI LÉZERSZKENNELÉS A BÁNYÁSZATBAN

Földi lézerszkennert használhatunk külszíni és mélyműveléses bányafelmérésnél is. Különböző bányászati munkákhoz, mint például bányák térbeli változásainak a felmérésére és vizsgálata. Ez a technológia a nagy pontsűrűségnek és pontosságának köszönhetően kifejezetten alkalmazható a bányaterületen történt változások detektálása és ezáltal a digitális terepmodell, digitális domborzatmodell előállítására utófeldolgozás során.

A földi lézerszkennerek használata során rendkívül sok és részletes információt nyerhetünk ki a környezetből, amelyek pontfelhőt alkotnak. Ezek az eszközök automatizált módon működnek.



5.3.1. ábra: Riegl VZ-2000i földi lézerszkennер [<https://www.gim-international.com/content/news/a-closer-look-at-the-riegl-vz-2000i-terrestrial-laser-scanner>]

A Lidar és a GNSS technológiák együttes alkalmazásával olyan térinformatikai adathalmaz nyerhető ki, amely a felhasználók számára lehetőséget teremt a térbeli változások közvetlen mérésére és időbeli vizsgálatára. Ennek a technológiának a felhasználása sok munka esetében megvalósul a bányászatban. Ezek lehetnek földalatti

bányászati munkák előrehaladásának felügyelete, térfogatszámítás, balesetek vagy károk során fellelhető kiegészítő bizonyítékok rögzítése, a bányatelepek biztonságának, védelmének segítése. Továbbá a bányatelepek stabilitásának, ezáltal a munkavállalók egészségének, biztonságának értékelése és a deformációk nyomon követése. Valamint használják a folyosókon, valamint infrastruktúrában végbement változások dokumentálására is. A hosszú falú bányászat során még nem annyira terjedt el a használata. Ezt a bányászati típust a föld alatti szénbányászat során használják, ahol a szénfalat szeletenként bányásszák ki. Ez a technológia jelentősen elterjedt a bányászati szektorban a sokrétű alkalmazási lehetőségének köszönhetően. A lézerszkennerek gyártói gyakran nem csak eszközt gyártanak, hanem a hozzá használható, a digitális munkafolyamatot megkönnyítő szoftvereket is készítenek. A földi lézerszkennerek beszerzési ára nagyjából 20 000 eurótól 100 000 euróig terjed, amely átszámítva körülbelül 8 és 40 millió Ft között van. [2] [9] [10] [11]

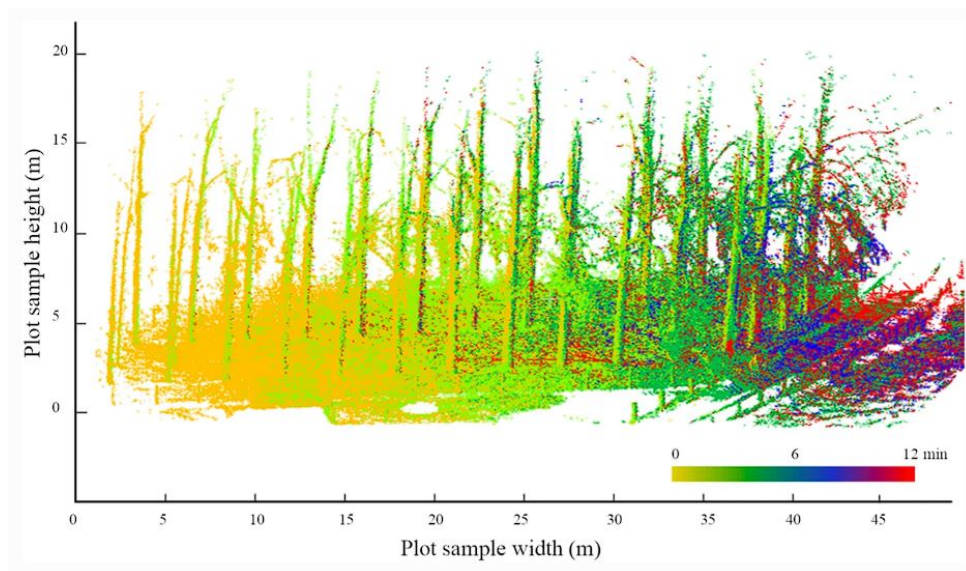
A földi lézerszkennelésnek van egy másik módja, a kézi vagy hordozható lézerszkennер, amely egyre nagyobb népszerűségnek örvend a bányászati felmérések területén. Az oka az elterjedésének a könnyű hordozhatóság és a kedvező ára. Vannak olyan változatai is, amelyek telefonra is felszerelhetők.



5.3.2.ábra: GeoSLAM ZEB1 kézi mobil lézerszkennер részei

[<https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-020-01214-7/figures/5>]

Ezek a műszerek egyszerűbben kezelhetőek a társaikkal szemben. Megfelelően alkalmazhatóak bányászati alagutak felmérésére és olyan munkálatokhoz, amelyek során a terepben történt változásokat kell felmérni, illetve anyagmennyiségeket. A műszer úgynevezett SLAM (Simultaneous localization and mapping) algoritmusokat használ, amely egyszerűen elmagyarázva annyit jelent, hogy a lézerszkennelés közben szenzorok és látó algoritmusok segítségével minden egyes ponthoz rögzíti a mérésnek a kiindulási bázisát, ezáltal teljes háromdimenziós térképek felmérésére is lehetőség adódik ezzel a technológiával.



5.3.3.ábra: GeoSLAM ZEB1 kézi mobil lézerszkennerral generált minta oldalnézetből

[\[https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-020-01214-7/figures/7\]](https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-020-01214-7/figures/7)

Ez az egyik alternatívája a GNSS-alapú felmérésnek, hiszen ez a módszer föld alatti és fedett helyeken is jól használható, mert nem kell hozzá műholdas kapcsolat. Fedett bányák esetében borítékolható ennek az eszköznek az elterjedése az elkövetkező években. Az ára ennek az eszköznek körülbelül 6 milliótól 12 millió forintig terjed. Érdekességgént megemlíteném, hogy ennek a technológiának hatalmas szerepe van a robottechnológiában, hiszen ennek a segítségével képesek a szakemberek a környezetet úgymond láthatóvá tenni a robotok számára. [2] [12] [13]

5.4. LÉGI FOTOGRAMMETRIA, UAV HASZNÁLATA A BÁNYÁSZATBAN

A légi felmérések és a fotogrammetria az utóbbi évtizedben teljesen megváltozott, ezek miatt alakult át ennek a szakterületnek az alkalmazása is a bányászati környezetben. A technológia fejlődésével egyre jobban csökkent az ára és a felmérési feladatok, amelyek régebben komplikáltak voltak, de mára már sokat egyszerűsödtek.

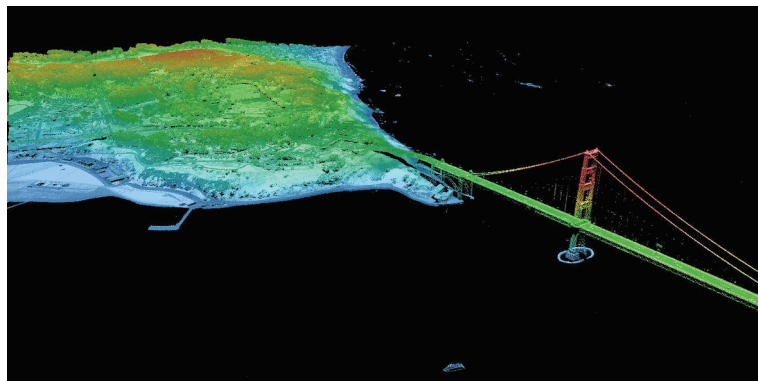
Ezt a csoportot két nagyobbra bonthatjuk, a Lidar technológiával, illetve a hagyományosabbnak nevezhető fotogrammetriai drónnal történő feltérképezési módszerekre. A légifotogrammetria sokszor Lidar-ral van kombinálva és a legelterjedtebb használati eszköz a UAV (Unmanned Aerial Vehicle), azaz ember nélküli légi jármű. Előfordul még helikopterre, repülőgépre, de még autókra szerelt változata is létezik. A drónra szerelt változat számottevően olcsóbb és probléma mentesebb felmérést biztosít, mint egy repülőgépből elvégzett fotogrammetriai felmérés.



5.4.1.ábra: DJI M300 RTK Zenmuse L1 Lidarral felszerelt drón

[<https://geoprema.com/products/survey-equipment/drones-unmanned-aerial-vehicles-and-systems/dji-m300-rtk-matrice-300-rtk-zenmuse-l1-lidar-payload/>]

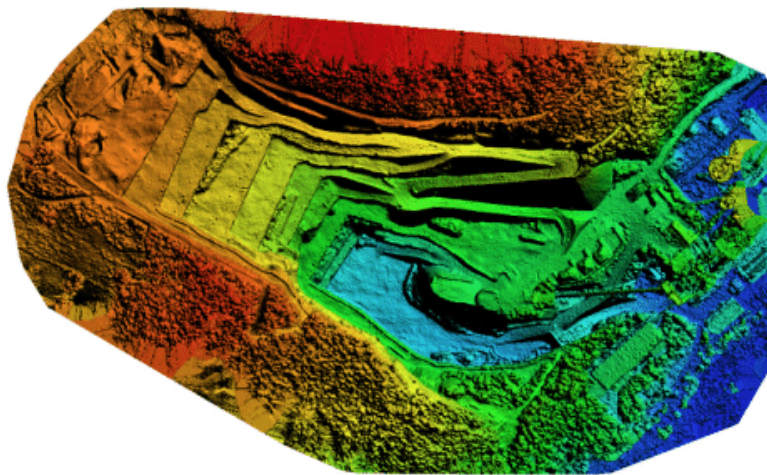
A légi Lidar, más néven Airborne Lidar a bányászati környezet rögzítésének egy másik alternatívája. Ennek a fejlett technikának a használata lehetővé teszi az adatok megszerzését olyan körülmények között is, ahol korábban csak nehezen vagy egyáltalán nem nyílt lehetőség a felmérésre. A Lidar bányászati alkalmazása nem véletlen, hiszen képes négyzetkilométerenként több millió terepi pont bemérésére. Ez a rendkívül részletes adathalmaz digitális terepmodell (DTM-digital terrain model) vagy digitális magassági modell (DEM-digital elevation model) formájában valósul meg, amelyek bányászati alkalmazásokhoz használhatóak, mint például térfogatszámításokhoz, lejtőelemzéshez, felszíni lefolyási modellezéshez, geomorfológiához, szerkezeti geológiához, megvalósíthatósági tanulmányaihoz és környezeti hatástanulmányokhoz. Az e fajta felmérési módszer csak nagyon nagy kiterjedésű külfejtéses bányák esetén indokolt, hiszen a költségei meglehetősen drágák. Emiatt hazánkban nem igazán része a hétköznapi használatnak. Az egyszerű emberek számára is nagyjából elérhető távolságban lévő Lidar drónok árai 20 millió forinttól 120 millió forintig terjednek. [2] [9]



5.4.2.ábra: Lidar DEM [<https://gisgeography.com/top-6-free-lidar-data-sources/>]

Másik módja a bányászati környezetből történő adat kinyerésének, a fotogrammetriai UAV-k használata. Az ilyen felmérések során olyan JPEG formátumú képeket kapunk, amelyek fájlmérete akár 6-8 gigabájt is lehet. Ezeknek a képeknek a

pixeli olyan információkat tartalmaznak, amelyek segítségével az adott képkocka térben elhelyezhető. Ezért van szükség az ilyen felmérések folyamán illesztőpontok mérésére, hogy azok segítségével a téradatokkal rendelkező képünket vagy pontfelhőnket el tudjuk helyezni például a Magyarországon használt EOV koordináta rendszerbe. A külfejtéses bányák felmérésénél használt UAV-k munkafolyamatára a későbbiekben részletesebben kitérek a terepi felmérés bemutatásánál. Ilyen eszközökkel nyerhetünk ki a környezetből DTM-et (digitális terep modell), DFM-et (digitális felszín modell), DEM-et (Digitális szintezési modell), ortofotókat, pontfelhőket, topográfiai térképeket és georeferált képeket. Kifejezetten jól alkalmazható olyan területeken, amik emberi megközelítése veszélyes, nincsenek olyan objektumok a területen, amik leárnyékolnák a műholdakat és akár nehéz környezeti körülmények esetén is alkalmazható. Ezeknek a módszereknek a használatával nyomon követhető a kitermelt ásványi nyersanyagok mennyisége, a bánya változása és fejlődése. Felszíni bánya felmérésére tökéletesen alkalmas drónokat lehet venni már akár 1 millió Ft-ért. A DJI Phantom 4pro-nak a piaci ára körülbelül 750 ezer Ft körül van, ami a mai napig tökéletes a bányászati felmérésekhez. [2] [9] [14]

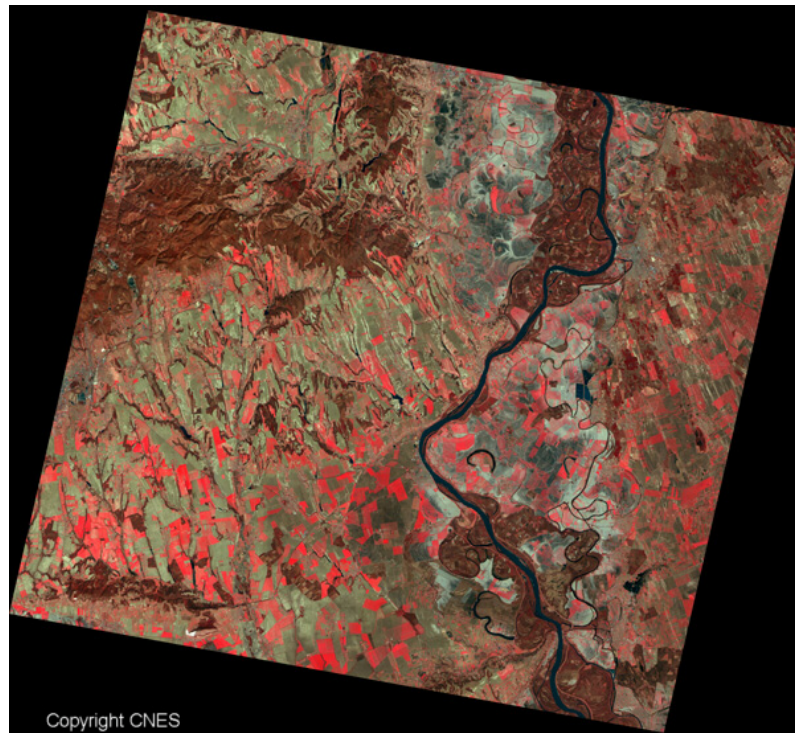


5.4.3.ábra: Drónnal készített DEM egy külfejtéses bányáról

[<https://dronephotographsurveys.co.uk/mapping/3d-mapping/>]

5.5. MŰHOLD FELVÉTELEK Bányászati Projektekhez

A bányászatban nagy segítségünkre lehetnek a műholdak, amik segítségével számtalan információt nyerhetünk ki a környezetből. Használják például ásványkutatásra. A nagy felbontású felvételeknek köszönhetően könnyen megfigyelhető a lelőhelyeken az ásványkincsek mintázata. Ennek a technológiának a használatával a feltételezett lelőhelyen még azelőtt kutatásokat folytathatnak a bányász cégek mielőtt megvették volna az adott területet ilyen célokra.



5.5.1.ábra: Az első SPOT4 felvétel 1998. március 27-én, Mohács a kép közepétől délre (©copyright CNES 1998) [<http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-Geoinfo-tananyag/ch07s02.html>]

A globális lefedettsége miatt távoli régiókban is jól alkalmazható, továbbá ez egy biztonságos és költséghatékony formája az információk kinyerésére a környezetből.

Nehezen megközelíthető helyeken is jól alkalmazható. Ennek a módszernek az alkalmazásával könnyen nyomon tudjuk követni a bányák magassági változását. Segítségével lehetőségünk adódik képfeldolgozásra, ortorektifikálásra (egy eljárás folyamán a távérzékelte perspektivikus képet perspektív torzulástól mentessé alakítjuk és ezzel egyidejűleg vetületi rendszerbe is helyezzük, ami által egy térbeli ortofotó-térképet kapunk), georeferálásra (vetületbe illesztett felvétel), egyéb adatok kinyerésére és mozaikolásra (egy olyan munkafolyamat, ami során azonos vonatkozási rendszerben lévő felvételeket illesztnek össze vagy osztanak fel több részre), amelyek segítségével testre tudjuk szabni a képadatokat különböző bányászati, illetve geológiai alkalmazáshoz. Ezek a műholdak rövidhullámú infravörös (SWIR= short-wave infrared) sávot használnak. Ezáltal alkalmazható olyan egyedi távérzékelési feladatokhoz, amiket korábban, más technológiával lehetetlen lett volna elvégezni. Ilyen munkafolyamat például az anyag érzékelés. [2] [15]



5.5.2.ábra: A SPOT5 HRG 2,5 m felbontású űrfelvétele Peking a Tiltott város részéről
 (©copyright CNES 2002) [<http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-Geoinfo-tananyag/ch07s02.html>]

6. A HITES BÁNYAMÉRŐI TEVÉKENYSÉG

A bányászat során számos olyan mérési feladat van, amelyek elvégzését a magyar jogrendszer által meghatározva csak hites bányamérői minősítéssel rendelkező személy végezhet el. Ő felügyeli a bányaméréseket. Továbbá a bányaműveleteket, a bányakárokat, illetve a bányászati tevékenységet követő tájrendezéssel kapcsolatos feladatok elvégzését, amelyek olyan feladatok, amik a bányavállalkozót terhelik. [16]

A hites bányamérő önállóan és saját felelőséggel képes minden az ő munkakörébe tartozó tevékenységet ellátni, ügyelve arra, hogy az aktuális jogszabályoknak megfeleljen a munkája. A munkáit a bányakapitányság felügyeli. A magyarországi bányamérői tevékenységeknek három szakterülete van. A szénhidrogén bányászati, a külszíni bányászati és a külszíni és mélyműveléses bányászati ágazatok. [16]

A hites bányamérői nyilvántartásba való felvétel saját kérelemre történik a hites bányamérőkről szóló 12/2010. évi (III.4.) KHEM rendelet alapján. A nyilvántartásba való felvételi kérelmet a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ) részére kell benyújtani. [16]

7. A KÜLFEJTÉSES BÁNYÁK TÉRKÉPEI

A térképeket a 19/2022. (I.28.) Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának (SZTFH) a rendelete alapján kell előállítanunk, amely részletezi a bányatérképek méretarányára és tartalmára vonatkozó bányabiztonsági szabályzatot. [17]

A külfejtéses bányák bányaművelési térképei olyan térképek, amelyek terepi mérések alapján készített vektoros formátumú digitális adatbázisok. Ezek a térképek alkalmasak térképi megjelenítésre és háromdimenziós térmodell előállítására is. Hitelességükért minden esetben a hites bányamérő felel. Kötelezően betartandó méretarány nincs megszabva, de célszerű kisebb bánya esetében 1:1000, nagyobb esetén pedig 1:2000 méretarányt alkalmazni. Nyomtatásra alkalmas példányt is elő kell állítani. Az ez esetben feltüntetendő objektumok listáját és egyéb betartandó szabályokat tartalmazza a 19/2022. (I.28.) SZTFH rendelet. Az adott évről mindig a következő év április 20-ig le kell adni. [17]

A tervtérkép a bányaművelési térkép digitálisan tovább szerkesztéséből jön létre. Méretarányának azonosnak kell lennie a bányaművelési térkép méretarányával. A tervtérképen minden olyan munkálatot fel kell tüntetni, ami a bánya területén történik. Továbbá mellékletként csatolni kell a megfelelő méretarányban a megfelelő számú metszetrajzot, amelyekből a bányára vonatkozó környezeti viszonyok teljesen megállapíthatóak. Ebből a térképből mindig kell, hogy legyen egy papír alapú változat, könnyen hozzáférhető helyen. A betartandó szabályok teljes listáját a 19/2022. (I.28.) SZTFH rendelet a külfejtéses bányák térképeiről szóló bekezdése tartalmazza. [17]

A környezetvédelmi térképet minden bányászati tevékenység esetén a műszaki üzemi terv mellékleteként kell csatolni. Ez a térkép a terület nagyságától függően lehet 1:1000-1:100 000 méretarányú. Ezeket állami térképek felhasználásával kell készíteni. Tartalmaznia kell például a környezetet károsító tevékenységeket, a Natura 2000-es területeket és a barlangokat, a tervezett és a már megvalósult tájrendezést és még sok más. A környezetvédelmi térképek tartalmára vonatkozó bővebb információt a 19/2022. (I.28.) SZTFH rendeletben olvashatunk. [17]



7.1.ábra: Natura 2000 logo [<https://www.mme.hu/mi-natura-2000>]

8. A BÁNYATELEK JOGI JELLEGÉNEK ISMERTETÉSE

A koncesszióról szóló 1991. évi XVI. törvény 5. § (1) bekezdése szerinti kormányrendeletben kijelölt személlyel vagy szervezettel kötött koncessziós szerződéssel meghatározott időre átengedheti a zárt területen az ásványi nyersanyagok kutatását, feltárását, kitermelését, a geotermikus energia kutatását, kinyerését, hasznosítását; a kőolaj, a kőolajtermékek és a földgáz kivételével az egyéb szénhidrogén-gáz szállítóvezetékek létesítését és üzemben tartását. [18]

Koncessziós pályázatra csak olyan terület jelölhető ki, amely a kijelölt ásványi nyersanyag kutatása, feltárása, kitermelése céljából le van határolva. A lehatárolás EOV koordináta rendszerben történik az érintett települések megnevezésével. [18]

A koncesszió szerződéses bányákat pályázatok révén lehet megszerezni, ahol bizonyos feltételeknek és jogi követelményeknek meg kell felelnie a leendő bányavállalkozónak. Ezek a szerződések mindig határozott időre szólnak, de nem haladhatják meg a 35 évet. A szerződést aláírónak koncessziós társaságot kell alapítania és a megalakuláskor, továbbá a teljes tevékenysége alatt is a részvények, üzletrészek, illetve a szavazatok többségével rendelkeznie kell és mindemellett a szerződésben foglaltakat a gazdasági társaságban tulajdonosként köteles érvényesíteni. Minden jog és kötelezettség a koncessziós társaságot, mint bányavállalkozót terheli. [18]

Magyarországon a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény 50. § (5) bekezdése és 9. § (4) bekezdése alapján a szénhidrogének, a szén-dioxid, a széntelepekben lekötött metán, az ércek és a szén lelőhelyeket az ország teljes területén zárt területté minősíti. [18]

9. SAJÁT MUNKA BEMUTATÁSA

9.1. MUNKATERÜLET RÉSZLETES BEMUTATÁSA

Pajtika-Bánya Kft.

A Pajtika-Bánya Kft. Zala megye egyik legnagyobb dolomitbányája, ahol már az 1990-es évek óta foglalkoznak dolomit bányászattal több, mint 40 Ha területen. A dolomit bánya Keszthelytől 3 km-re található a Várvölgyi úton. A bánya fő profilja a dolomit bányászat, illetve a kitermelt nyersanyag feldolgozása. Minden termék rendelkezik teljesítmény nyilatkozattal. A dolomit kő kitermelését robbantásos technológiával végzik és tovább aprítva állítanak elő: 0/4 dolomitot, 4/11 zúzott követ, 11/22 zúzott követ, 0/32 dolomitot, 30/100 henger követ, illetve az e-Út 06.03.52 (Út 2-3.207:2007) útügyi műszaki előírásnak megfelelő útalapnak kiválóan alkalmas M56 és útalapokban, CKt beton, illetve CKh (úgynevezett soványbeton) alapjául szolgáló M22 dolomit termékeket. [19]



9.1.1.ábra: Pajtika-bánya Kft. dolomitbányájának a felülnézete [google térkép]

A bánya területén előállított termékek:

NZ 20/40: Ezt a zúzott és osztályozott dolomit terméket leggyakrabban szivárgó, vagy stabilizáló réteggként használják olyan esetekben, ahol különösen fontos, hogy pormentes anyag kerüljön az adott területre. Amiatt mert pormentes az ebből képzett réteg a víz számára szabad elfolyást biztosít. [19]

30/100: Ezt a dolomit terméket is szivárgó, vagy stabilizáló réteggként használják, ahol fontos a pormentesség és ezáltal a víz útjának a szabadon hagyása. [19]

NZ 4/11: Az Új-Budahegyi bányánkban gyártják ezt az osztályozott zúzott dolomitot. Ez képezi az utak burkolatában az aszfalt kötőréteg alapját, valamint az úgynevezett szakaszos elosztású makadám típusú utak hengerlési zúzalékát. Továbbá kiválóan alkalmas beton termékek előállítására és parkok útjainak, bejárók és magánutak kialakítására. [19]



9.1.2.ábra: Saját kép, Pajtika-bánya Kft. külfejtése

NZ 11/22: Ez a zúzott dolomit az aszfalt gyártás egyik alapja. Továbbá gyakori az alkalmazása mezőgazdasági utak, leginkább aszfaltmakadám utak kiékelésénél, zúzalékként és kisebb forgalmú utak, gépkocsi bejárók kialakításakor. Gyakran használják dekorációként kertekben és udvarokban. [19]

FZKA 0/32: Ez a zúzott és osztályozott dolomit alkotja az Európában legnagyobb mennyiségben felhasznált alapréteget. A szemeloszlása folytonos és kötőanyag nélküli. Az A forgalmi terhelésű forgalmi utaktól kezdve az R terhelési szintig használható a megfelelő feltételek mellett. Jól tömöríthető, ezért padkák létrehozására is használják az útépítésben. [19]

0/4 kőpor: Ezt mészhiányos talajok javítására használják. Ezáltal lehet javítani a savanyú talaj állapotán. Ez a kőpor mészen kívül tartalmaz magnéziumot is, aminek köszönhetően ezt a hiányt is lehet javítani ennek a terméknek a használatával. Alkalmazása kora tavasszal, trágyázás után javasolt úgy, hogy 5-10 cm-es mélységben össze legyen keverve a talaj felső rétegével. [19]



9.1.3.ábra: Saját kép, Pajtika-bánya Kft. külfejtésese

M22: Az M22 egy folytonos eloszlású zúzott osztályozott dolomit, amely 0 mm-től 22 mm-ig terjed és az e-Út 06.03.52 (Út 2-3.207:2007) útügyi műszaki előírásban foglaltaknak megfelelő szemmegoszlással rendelkezik. Használják A-C terhelésű forgalmi osztályba eső utak mechanikai stabilizációjaként, valamint Cement kötőanyagú hidraulikus alaprétegekben. A dolomit szilárdsági tulajdonságait tekintve alkalmas a cementtel kevert homokos kavics (CKt) kiváltására. [19]

M56: Az M56 egy folytonos eloszlású zúzott osztályozott dolomit, amely 0 mm-től 56 mm-ig terjed. Az e-Út 06.03.52 (Út 2-3.207:2007) útügyi műszaki előírásban foglaltaknak megfelelő szemmegoszlással rendelkezik. Az M 56 dolomitot használják A-E terhelésű forgalmi osztályba eső utak mechanikai stabilizációjaként és erdészeti utak kialakítására egyaránt. [19]

0/200 Vegyeskő: Olyan kőzet, amelynek a bányafalról való leválasztása és aprózódása a robbantások során létrejött rezgések segítségével történik. Ezen termék elsődleges feldolgozása rögtön a robbantások után történik. A kövek méretében nagy az eltérés ezért az alkalmazása olyan területekre ajánlott, ahol nagy lyukak/gödrök feltöltése céljából alkalmazzák. [19]

9.2. A DOLOMIT KELETKEZÉSE, ELŐFORDULÁSA

A dolomitfajták, amelyet nagyrészen a $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ összetételű ásvány alkot a CaCO_3 mészkőásványból álló mészkőfajtákkal együttesen a karbonátos kőzetek két nagy csoportját alkotják. A dolomit képződésének jelenleg három ismert típusa van. Ezek lehetnek közvetlen dolomitkiválás az üledékképződési közeg vizéből, dolomitosodás mészüledékből vagy mészkőből ásványhelyettesítéssel és dolomitcementációval a pórusfluidumból való kiválás során. [20] [21]

A földtörténeti múltban kialakult karbonátos kőzetek között a dolomit gyakorinak tekinthető. Nagy számban vannak jelen a természetben olyan kőzettestek, ahol petrográfiai (kőzetek minőségének, összetételének, szerkezetének és egyéb viszonyainak vizsgálata) és geokémiai (kémiai összetételének vizsgálata) vizsgálatok segítségével kimutatható, hogy a földfelszín közelében, felszíni hőmérsékleten (25-30 °C) és felszíni nyomáson (1 bar) ment végbe a teljes dolomitképződési folyamat. A keletkezésének a folyamata egy hosszú időt átfogó kristálycsíra-képződéssel és ennek az indukciós folyamatával indul, amelynek következtében egy magas Mg-tartalmú kalcit keletkezik. Ezután ásványhelyettesítési folyamat kezdődik, amely során Ca-ban gazdag, de alacsony rendezettségű dolomitkristály képződik, ami a későbbiekben átkristályosodással rendezett szerkezetű dolomittá alakul. Az indukciós folyamat függ a hőmérséklettől. A felszínközeli hőmérsékleten ez a folyamat 10^5 - 10^6 évre becsülhető. A dolomitképződést befolyásolja a hőmérséklet, a Mg/Ca aránya, a dolomitosodásnak kitett CaCO_3 üledék oldhatósága, a dolomitosodást okozó fluidum alkalinitása és pH-ja, szulfát jelenléte vagy hiánya, bizonyos mikrobák vagy szerves anyagok jelenléte és a Mg^{2+} iont körülvevő hidrat burrok. [20] [21]

A legszebb dolomitkristályokat Tirol, Szt.-Gotthard, Freiberg, Joachimsthal és Traversalla szolgáltatják. Magyarországon, s környékén jelentős mennyiségben található a következő helyeken: Gellérthegy, Sashegy, Mátyáshegy, Háromhatárhegy, Vértes, Bakony, Iszkaszentgyörgy, Alsótelkes, Gánt, Selmec vidékein és az Alpokban. [22]



9.2.1. ábra: Fehér dolomit [<https://www.geologysuperstore.com/product/dolomite-white/>]

A dolomit alkot pseudomorfózisokat, azaz az ásvány bizonyos részei átalakulási folyamaton mennek át, aminek köszönhetően egyes részeit más anyagok alkotják. Ebben az esetben a színük lehet fehér, vöröses, barna, zöldes, szürke és fekete is, ami utal a vas és mangán tartalomra. [20] [21]



9.2.2. ábra: Dolomit pseudomorfózis

[https://www.fabreminerals.com/search_show.php?SECTION=DAU&CODE=DY27AF

9.3. A MAGYARORSZÁGI DRÓNHASZNÁLAT JOGI HÁTTERE

A pilóta nélküli légijárművekkel kapcsolatos és az általuk végzett műveletekre vonatkozó betartandó szabályokról az EU Bizottság 2019/947. rendelete, illetve a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény szól. Az érvényben lévő szabályozás három kategóriát különböztet meg. Ezek a nyílt, speciális és az engedélyköteles kategóriák. A pilóta nélküli járművek (UA-unmanned aircraft) nagy része ezekbe a kategóriákba sorolható. [23] [24]

A nyílt kategória A1, A2 és A3-as alkategóriákra bontható. E szerint az UA maximálisnak meghatározott felszálló tömege nem érheti el a 25 kg-ot. A2-es alkategóriában lehet emberektől biztonságos távolságban drónt reptetni. Drónt tilos ember tömeg felé reptetni a balesetveszély miatt. Eltávolodni a drónnal legfeljebb 120 méterre lehet a földfelszín legközelebbi pontjától, de ez alól kivételt képez, ha akadály átrepülésére van szükség. Ez esetben a jogszabály szerint kell eljárni. A távpilótának a művelet végrehajtása teljes ideje alatt szemmel kell tartania a légi járművet. Ez utóbbi alól kivételt képez a követési mód használata és/vagy megfigyelő személy alkalmazása. Veszélyes árut szállítani, illetve anyagot leszórni drón segítségével tilos. [23] [24]

A drón reptetése közben köteles a pilóta nélküli légiközlekedésben résztvevő személy vigyázni a külső személyek, környezet, infrastruktúra, a légi közlekedésben résztvevők és a maguk biztonságára. Lakott területen való röptetés esetén kötelesek vagyunk az eseti légtér igénylésére. Körültekintően kell repülni, hiszen a távpilóta kezében van az irányítás és emiatt a felelősség is. [23] [24]

Csoportosításuk a felépítésük szerint lehetnek a drónok:

- Légballon
- Merevszárnyú repülőgépek
- Forgószárnyú modellek:
 - hagyományos helikopterek
 - multikopterek:
 - 3 rotoros multikopter (Tricopter)
 - 4 rotoros multikopter (Quadcopter)
 - 4-nél több rotoros multikopter (Hexa, octa, stb.-copter)

Csoportosításuk a felhasználásuk szerint lehetnek:

- Polgári drónok
- Kereskedelmi drónok
- Kutatás-fejlesztési drónok
- Katonai felderítői és harcászati drónok

2023. december 31.-éig úgynevezett átmeneti időszak van érvényben, ami annyit jelent, hogy a jelenleg forgalomban lévő drónokat még nem sorolták be osztályokba, ezért minden drónra ez a táblázat érvényes. Az összes drón A1, A2 és A3 kategóriába van jelenleg. [23] [24]

Drón		Művelet		Drón Pilóta			
Osztály	Súly	Alkategória	Műveleti megkötések	Biztosítás	Üzemeltető regisztráció	Távpilóta kompetencia	Távpilóta alsó korhatára
Egyedi építésű	<250g	A1, de repülhet A3-banis.	Be nem vont személyek közelébe várhatóan nem repül, ha mégis akkor el kell hagyni a területet.	Nem, kivéve kereskedelmi cél esetén	Nem (kivéve, ha a UA kamera szenzorral van felszerelve és nem játék)	Nem szükséges	Nincs
Osztály nélküli drón	<500g			Igen	Igen	Használati utasítás elolvasása, hatóság szerinti képzés és A1/A3 vizsga.	16
Osztály nélküli drón	<2kg	A2, de repülhet A3-banis.	Be nem vont személyek felett nem repülhet és vízszintesen 50 méteres távolságot kell tartani.	Igen	Igen	Használati utasítás elolvasása, hatóság szerinti képzés és A2 vizsga.	16
Osztály nélküli vagy egyedi építésű drón	<25kg	A3	Emberek közelébe nem repüljön, lakott területektől vízszintesen tartsa a 150 méteres távolságot.	Igen	Igen	Használati utasítás elolvasása, hatóság szerinti képzés és A1/A3 vizsga.	16

9.3.1.ábra: Drón kategóriákra vonatkozó szabályok [<https://www.djiars.hu/blog/a-dronozas-szabalyai-37>]

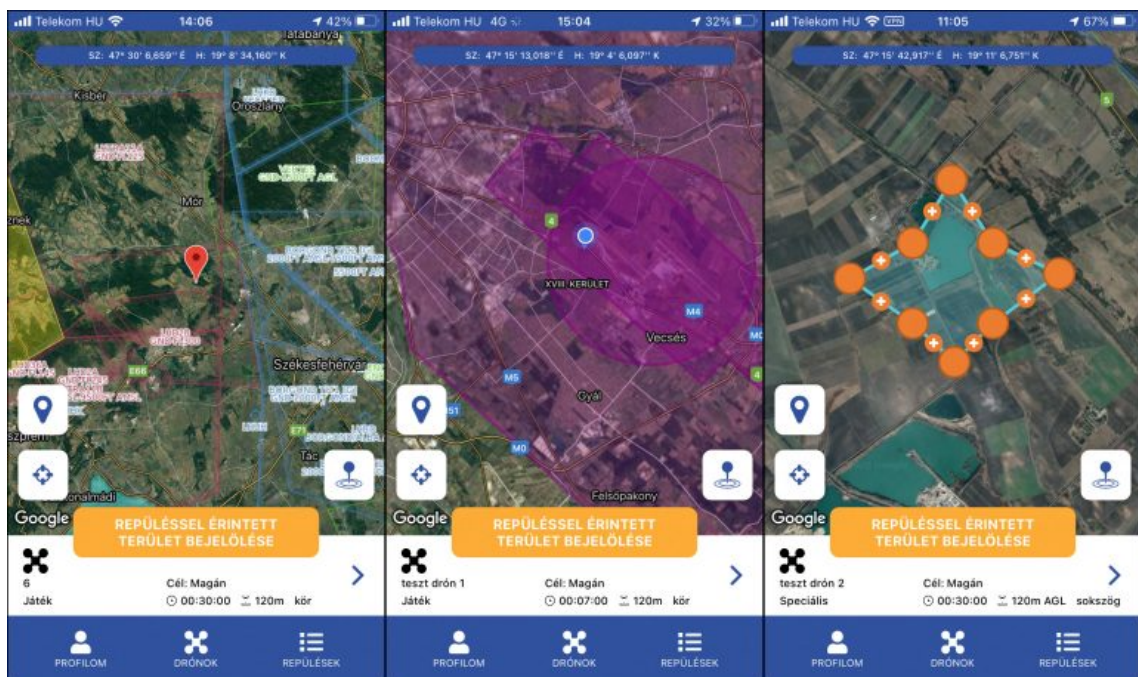
A drón használata során vannak olyan mobilalkalmazások, amelyeknek a használata kötelező. Ezek:

A GoodID segítségével történik az azonosítás. Ide kell feltölteni például a személyazonosító igazolvány mindkét oldalát.

MyDroneSpace alkalmazás segítségével meg kell adni a drón reptetésével kapcsolatos műveleti kategóriát, a repülés célját, az érintett területet, a repülési

magasságot, a repülés időtartamát, továbbá a repülés kezdetét is. Ezt az alkalmazást mindig használni kell. Abban az esetben is, ha van eseti légtérenedély. Az adott munkafolyamat szabályos elkezdéséhez meg kell várnunk a HungaroControl jóváhagyását. Ennek az applikációnak a segítségével információt kaphatunk a légtérrel, illetve annak korlátozásairól. [23] [24]

A drónhasználatban 2024.január 1-jét követően változások fognak életbe lépni. A mostani osztálybesorolás nélküli légi járművek csak A1 és A3 alkategóriában használhatók majd. A1 alkategóriában olyan UAV, amelyik osztálybesorolás nélküli csak akkor végezhet műveletet, ha a felszállótömege maximum 250 grammos. A 250 grammos vagy a feletti tömeggel, de a 25 kg-os súlyt el nem érő UAV-k átsorolódnak automatikusan az A3 alkategóriába. [23] [24]



9.3.2.ábra: MyDroneSpace, telefonos alkalmazás

[<https://blog.hungarocontrol.hu/cikk/mutatjuk-mit-tud-a-január-1-jetol-elesedo-mydronespace-alkalmazas/>]

9.4. A TEREPI MUNKAFOLYAMAT TELJESKÖRŰ BEMUTATÁSA

A felmérések okai lehetnek a bányaművelési térkép, tervtérkép leadása, térbeli elhelyezkedés nyomon követése, bányajáradék bevallása, ásványi nyersanyag nyilvántartásának felügyelete és egyéb a bányaterületen zajló munkákat. A bányavállalkozó a bányaterületen kitermelt ásványi nyersanyag, geotermikus energia után köteles az államnak részesedés fizetni, amit bányajáradék formában kell megtennie a jogszabályi előírások szerint. A bányajáradék bevallást akkor is el kell készíteni, ha az adott időszakban nem volt kitermelés a bányában. Továbbá a bányavállalkozó köteles az adott évben kitermelt ásványvagyon méretét bejelenteni a bányafelügyeletnek az adott évről a következő év február 28-ig. Erre azért van szükség, mert ez által az országban naprakész információk nyerhetők ki a bányákról. [18]

A külszíni bányáknál használható felmérési módszerek közül a drón technológiával való mérést alkalmaztuk ennél a bányánál. Az illesztőpontokat egy Leica 500-as típusú GPS vevővel mértük be. Ennek a módszernek az alkalmazásával egy nagyobb bánya bemérése is lehetséges körülbelül 3-4 óra alatt. Azért választottuk ezt a terepi mérési lehetőséget, mert idő és költség hatékony, továbbá nagy pontosság elérhető ennek a módszernek a használatával. Mindezek felett konzulensem műszer parkja is lehetővé tette ennek a technikának az alkalmazását. Ebben az esetben nem kell állandósított alappontokat létrehozni és nem kell IV. rendű alappontokat se használni.

A mérést minden esetben irodai tervezés előzi meg, különösen drónhasználat esetében. Az irodában meg kell tervezni előre a drón repülési tervét, felszállási helyét, repülési magasságot, illetve az illesztőpontok helyét. A bányafelmérések során gyakran előfordul, hogy az állandósított alappontok megsérülnek vagy teljesen megsemmisülnek, éppen ezért egyre ritkábban használják őket a külszíni bányák esetében. A GNSS technika és technológia fejlődésével a probléma mára leginkább a mobil internet kapcsolat esetleges hiánya a bányagödrökben, de erre a problémára is van megoldás. Rossz mobilinternet kapcsolat esetén saját bázist kell létesíteni, amivel ez a gond teljesen át

hidálható. A bányaterületre való megérkezés előtt egyeztetni kell a bányavállalkozóval, mivel a bányaterületeken veszélyes munkálatok zajlanak és rendszerint nagy forgalomra lehet számítani, hiszen a kibányászott anyagokat a kamionok sokszor megállás nélkül egymást váltva hordják el a bányaterületekről. A bányamérés olyan munkafolyamat, amelyet egyedül többnyire nem lehet végrehajtani. Az előkészületnek fontos lépése a légtér lefoglalása, illetve ügyeljünk arra, hogy próbáljuk meg kiválasztani azt az időpontot, amikor nem várható semmilyen extrém időjárási körülmény.

A bányához való megérkezésem során megfigyeltem, hogy a bányák civilek által történő megközelítése engedélyhez kötött és erre a bányaterületre vezető úton figyelmeztető tábla, illetve sorompó hívja fel a figyelmet. Továbbá azt is megfigyeltem, hogy az adott területen történő robbantási munkálatok miatt is figyelmeztető tábla van kihelyezve. A megérkezésem után GPS vevő műszerrel illesztőpontokat helyeztünk el a bányaterületen mátrix alakzatban. A DJI Phantom 4 pro nem rendelkezik RTK képességű GPS-el, ezért van szükség több illesztőpontra. A mi esetünkben hektáronként legalább 1 illesztőpontra van szükség 100-150 méterenként. Erre továbbá azért is van szükség, hogy a drón által készített felvételekből pontfelhőt tudjunk létrehozni és azt az illesztőpontoknak köszönhetően bele tudjuk illeszteni EOVS koordináta rendszerbe. Az illesztőpontok elhelyezésekor figyelniünk kell arra, hogy legyenek a legalacsonyabban, a legmagasabban és középtájban is elhelyezkedő pontok. A növényzettel határos és vagy részben fedett területek mérését GNSS technológiával egészítjük ki, melyet a terepbejárás során határozunk meg. Miután létesítettük az összes illesztőpontot, amelyeket 24 cm átmérőjű fekete-fehér műanyag jelzővel jelöltünk, elkezdődhetett a bányaterület drónos felmérése. A felméréshez egy DJI Phantom 4 pro drónt használtunk.

DJI Phantom 4 pro: A drón oldalsó és alsó érzékelőkkel van felszerelve, ami biztosítja az eszköz biztonságos használatát. Van benne hang radar. A rajta lévő gimball felel azért, hogy a kamera mindig vízszintesen helyezkedjen el. A begyűjtött információkat SD kártyára rögzíti a drón. Ezek az információk JPEG formátumban kerülnek rögzítésre a drónon lévő 20 megapixeles kamera segítségével. Nem rendelkezik RTK képességű GPS-el. Egy darab kép 8 gigabyte méretű, mivel ezek a fájlok

tartalmaznak olyan cella információkat, amelyeket később a feldolgozó program használni fog a 3 dimenziós modell előállításában. Az akkumulátora körülbelül 15-25 perc repülési időt biztosít a felhasználónak az időjárási körülményektől függően. A megbízhatósága nagyjából 3-4 cm. A drón légi térképezésre teljesen alkalmas, ára körülbelül 6-700 000 Ft. [25]



9.4.1.ábra: Saját kép, DJI Phantom 4 pro a bázison

Elsőként meg kell győződnünk arról, hogy a drón reptetéséhez megfelelőek-e az időjárási körülmények. Ha igen, akkor megkeressük az előkészületeink során meghatározott felszálló helyet, amelyet a drón bázispontként tud használni a későbbiekben. Ennek a helynek könnyen megközelíthetőnek és sík felületűnek kell lennie, hogy bármilyen

probléma esetén, például: rossz időjárási körülmények, akkumulátor lemerülése során a drón biztonságosan vissza tudjon térni ide. Ha megtaláltuk ezt akkor jelezzük valamilyen módon, hogy a felmérés során látható legyen ezzel kikerülve az olyan lehetőségeket, hogy valaki vagy valami a visszatérő drón útjában legyen. Ezután a drónt elhelyezzük a bázisponton és a drón reptetéséhez használt tableten megnyitjuk a DJI GO4 alkalmazást, amely a nevéből adódóan a DJI saját fejlesztésű szoftvere. Ennek a szoftvernek a segítségével történik a drón kalibrálása és a kamerái beállítása. A kalibrációt úgy végezzük el, hogy a drónt először 90 fokkal elforgatjuk utána pedig 360 fokkal. Az ezutáni lépés a dőlésérzékelő Compass kalibrálása. A felmérés során alkalmazható maximum repülési magasság 200 méter, a távolság pedig 2000 méter. A 3D Survey Pilot szoftver segítségével készítjük el a repülési tervet. A repülési terv megtervezésekor az útvonalat egy poligon kijelölő segítségével határozzuk meg. Célszerű úgy kiválasztani a repülési tervet, hogy egy kicsit nagyobb területet lefedjen, mint a felméréndő bánya területe, a célból, hogy biztosan minden olyan adatot begyűjthessünk a környezetből, amire szükségünk lesz az irodai feldolgozás során.

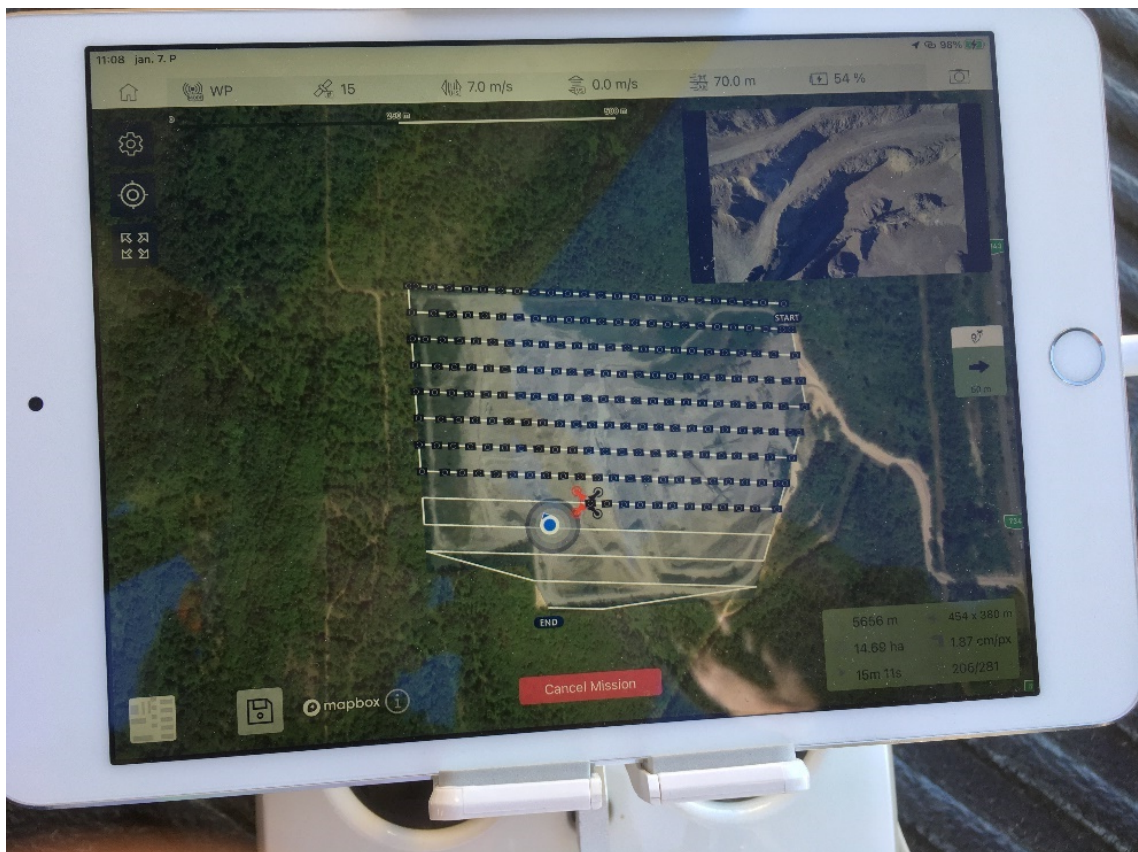


9.4.2.ábra: Saját kép, 3D Survey Pilot repülési paraméterek megjelenítése

A repülés paramétereit az alapbeállításokon hagytuk, amely a következőket jelentette: Path Angle 95°, Front Overlap 72%, Side Overlap 71%, Max Speed 7 m/s, Camera Angle 90°, Flying Height (AGL) 70 m, Grid type-single, Trigger Camera-In flight, Flight Path Mode-Normal, Shoot Photo Mode-Distance.

Miután kiválasztottuk a megfelelő beállításokat elindíthatjuk az útjára a drónunkat. Bármilyen probléma esetén a return home funkciót használva a drón visszatér a kiindulási helyre, alacsony töltöttségi szint esetén automatikusan. Egész munkánk során különösen ügyeljünk a jogszabályok betartására. A felmérés teljesen automatikus módon

zajlik. A drón kezelő felülete olyan információkat tartalmaz, amely segítségével tisztába lehetünk például azzal, hogy a drón hány műholddal áll éppen kapcsolatban az adott időpillanatban, mekkora a drón repülési sebessége, milyen magasságban van, mekkora a megteendő távolság, a bejárandó terület hektár értéke, a várható befejezési idő és még sok más. A területről bemért információ Jpeg fájlformátumban került mentésre. A repülési idő a mi esetünkben körülbelül 20 percet vett igénybe. A felmérés során a DJI Phantom 4 pro kezelő kijelzőjén egy pixel a valóságban 1,87 cm átmérőjű négyzetnek felelt meg. A terepi mérés befejeztével az illesztőpontok jelölőit összeszedtük és elhagytuk a bányaterületet.



9.4.3.ábra: Saját kép, 3D Survey Pilot szoftverben a drón repülésének a nyomon követése

9.5. AZ IRODAI MUNKAFOLYAMAT TELJESKÖRŰ BEMUTATÁSA

Az irodai munka egy másik napon történt, mivel a külső konzulensemnek, Németh Lászlónak más munkái is voltak az adott napra. A téli időszakban történnek az időszakos bányamérések és emiatt gyakran túlsúfoltak lehetnek a bányamérői munkálatokat ellátó személyek hétköznapijai.

Az irodai feldolgozás során a drón által rögzített képeket és adatbázisaikat használjuk. Esetünkben egy szlovén fejlesztésű szoftvert használunk a 3D SURVEY-t.

3D Survey szoftver:

A 3D Survey programcsalád magába foglalja a 3Dsurvey, 3Dsurvey Pilot és a 3Dsurvey Viewer programokat. Ennek köszönhetően a terepi mérésektől a feldolgozási folyamat végéig lehetőségünk adódik minden munkafolyamatot ezzel a szoftverrel elkészíteni. Ez a program magába foglalja a földmérés, bányászat, építkezés, építészet, közbiztonság és egyéb munkafolyamatok során felmerülő adatok kinyerését és feldolgozását. A felhasználóbarát felületének köszönhetően könnyen tudunk automatizált pontfelhő osztályozást végezni, digitális terep és felszínmodelleket létrehozni, digitális ortofotót létrehozni, térfogatszámítást végezni, keresztmetszeteket szerkeszteni és még sok más. Az integrált CAD eszközök segítségével a teljes munkafolyamat befejezése lehetségessé válik ezzel a programmal, ezáltal pénzt tudunk megtakarítani, hiszen nincs szükség más programok használatára. Ár-érték arányában a piacon fellelhető szoftverek közt kiemelkedő. További előnye, hogy segítségével kezelhetünk UAV, Lidar, Szonár, lézerszkenner, mérőállomás és sok más eszközzel kinyert adatokat vagy fényképeket. Mindezeket magasan automatizált környezetben tehetjük, ezáltal időt spórolhatunk meg. A havi előfizetési díja 200 euró, amely tovább csökken, ha hosszabb időre fizetünk elő. Az örökös használat díja pedig 3000 euró. [26] [27]

Ajánlott rendszerigény:

- Windows 10
- 64 bites Intel i7 or Ryzen 7 processzor
- 16-64 GB RAM
- nVidia RTX 3060
- 256 GB SSD + 1 TB HDD [27]

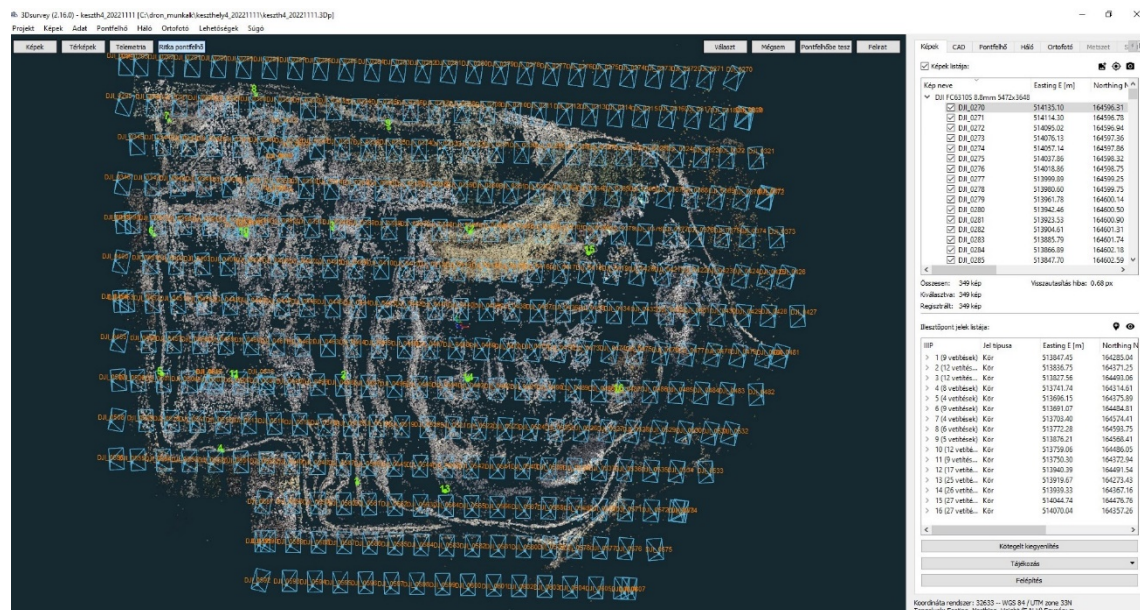
Első lépésként megnyitjuk a 3D Survey nevű programot és rá megyünk az új projekt létrehozása lehetőségre. Itt tudjuk importálni a terepi felmérés során a drónnal készített képeinket, amelyekből összesen 349 db áll a rendelkezésünkre. Az importálás pár másodpercet vesz igénybe és a lefutása után megjelenik egy ablak, ahol importálni tudjuk a telemetriás adatokat. Itt lehetőségünk adódik kiválasztani az UAV modell típusát és ha van ismert koordináta rendszerünk, akkor azt is.



9.5.1.ábra: Saját kép, 3D Survey Pilot programban a képek importálása után

Az UAV modell típusánál kiválasztjuk az Exif data lehetőséget, hiszen a terepi felmérést egy DJI Phntom 4 pro-val végeztük el és a koordináta rendszerre vonatkozó beállításokat pedig alapértelmezetten hagyjuk, ami a WGS 84-es koordinátarendszer. A felugró telemetriás adatokat bezárhatjuk. Ezután a kapott ábrán megfigyelhetjük a drón a repülési útvonalát és a képek rögzítésének a pontos helyét. A telemetria fül-re kattintva megfigyelhető, hogy a bányafalak dőlésszöge miatt néhány kép ferde kamerával készült, amely jól látható a következő ábrán is.

Következő lépésként létrehozuk a program segítségével a ritka pontfelhőt. Ezt köteget kiegészítéssel tudjuk megtenni, ahol a beállításokat az alapértelmezetten hagyjuk és jóvá hagyjuk.



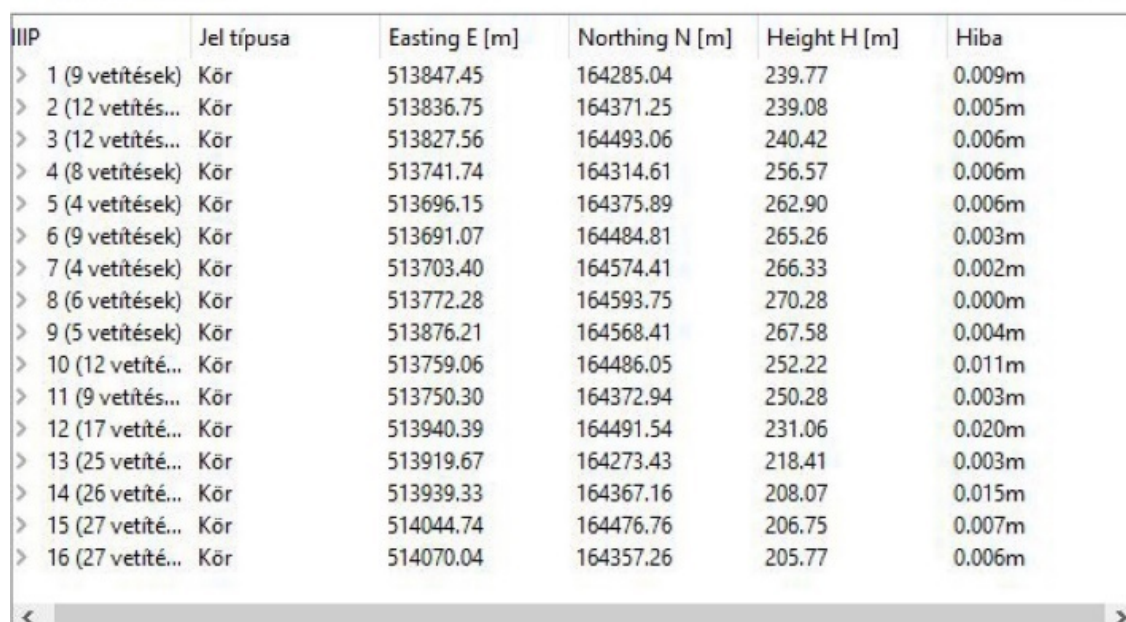
9.5.2.ábra: Saját kép, 3D Survey Pilotban létrehozott ritka pontfelhő, illetve az illesztőpontjaink térbeli elhelyezkedése

Ezzel elkezdődik a munkafolyamat, amely körülbelül 40 percet vett igénybe a mi esetünkben. Ahogyan lefutott ez a folyamat, a jobb alsó sarokban lévő lehetőségek közül

kiválasztjuk a tájékozást, azon belül pedig a tájékozás illesztőpontok segítségével lehetőséget. Ezzel a funkcióval végezzük el a pontfelhőnk transzformálását is EOVS koordináta rendszerbe. Az itt felugró ablakban behívjuk az illesztőpontjainknak a listáját. Itt kiválasztjuk, hogy ismert a koordináta rendszer és azon belül kikeressük a lehetőségek közül az EOVS koordináta rendszert. Az illesztőpontok által tudjuk transzformálni a pontfelhőnket, azaz beilleszteni egy megadott koordinátarendszerbe.

Ezután következik az illesztőpontok bemérése a képeken a program segítségével. Elkezdjük megkeresni az illesztőpontjainkat a képeken. Ezek a tereptől jól elkülönülő 24 cm átmérőjű fekete/fehér jeltárcsák műanyagból. A képeken haladva megkeressük a bemérendő illesztőpontokat. Ahogy megtaláltunk egyet jobb klikkel rá kattintunk a közepére. Így haladunk tovább addig, ameddig a program nem kap elegendő információt arra, hogy kiszámítsa a maradék illesztőpontok pontos helyeit. A mi esetünkben elég volt 3 illesztőpontot megkeresni, a maradékot viszonylag pontosan meghatározta az algoritmus a szoftvernek. Ahogy ezzel megvagyunk a jobb alsó sarokban rákattintunk a következő nevű fülre. Itt tudjuk pontosítani az illesztőpontok helyzetét, illetve ki tudjuk venni (deaktiválhatjuk) a mérésből azokat a képeket, amelyeken egy adott illesztőpont nincs rajta, vagy hiányos. Rákattintunk a következőre. Megjelenik egy töltőképérnyő a tájékozásról, ami egy néhány másodperces folyamat.

Illesztőpont jelek listája:

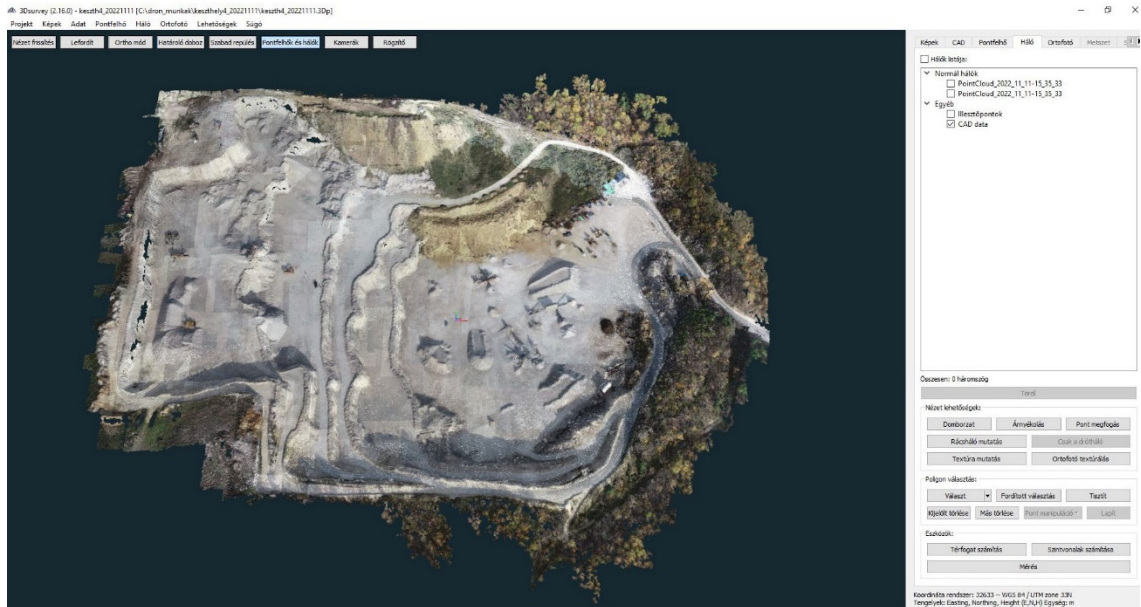


IIP	Jel típusa	Easting E [m]	Northing N [m]	Height H [m]	Hiba
> 1 (9 vetítések)	Kör	513847.45	164285.04	239.77	0.009m
> 2 (12 vetítés...	Kör	513836.75	164371.25	239.08	0.005m
> 3 (12 vetítés...	Kör	513827.56	164493.06	240.42	0.006m
> 4 (8 vetítések)	Kör	513741.74	164314.61	256.57	0.006m
> 5 (4 vetítések)	Kör	513696.15	164375.89	262.90	0.006m
> 6 (9 vetítések)	Kör	513691.07	164484.81	265.26	0.003m
> 7 (4 vetítések)	Kör	513703.40	164574.41	266.33	0.002m
> 8 (6 vetítések)	Kör	513772.28	164593.75	270.28	0.000m
> 9 (5 vetítések)	Kör	513876.21	164568.41	267.58	0.004m
> 10 (12 vetítés...	Kör	513759.06	164486.05	252.22	0.011m
> 11 (9 vetítés...	Kör	513750.30	164372.94	250.28	0.003m
> 12 (17 vetítés...	Kör	513940.39	164491.54	231.06	0.020m
> 13 (25 vetítés...	Kör	513919.67	164273.43	218.41	0.003m
> 14 (26 vetítés...	Kör	513939.33	164367.16	208.07	0.015m
> 15 (27 vetítés...	Kör	514044.74	164476.76	206.75	0.007m
> 16 (27 vetítés...	Kör	514070.04	164357.26	205.77	0.006m

9.5.3.ábra: Saját kép, az illesztőpontok listája

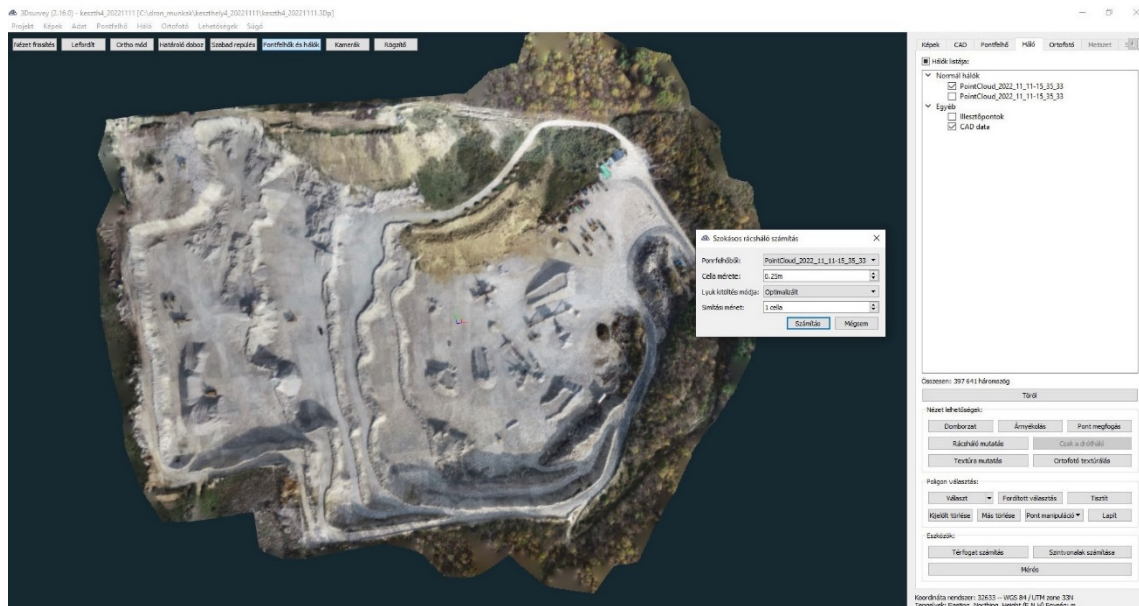
A transzformáció eredménye, a középhibák és egyéb információk találhatóak az alábbi ábrán. A transzformáció pontossága magáért beszél, amit a program szinte teljesen automatikusan hajt végre. Befejez gombbal befejeződik teljesen ez a folyamat is és ezután megjelennek az illesztőpontjaink a ritka pontfelhőben.

A következő lépésünk a sűrű pontfelhő létrehozása. A program négy lehetőséget kínál fel a felhasználók számára. Ezek az alacsony, közepes, magas és az extrém lehetőségek. Ezek a pontfelhő sűrűségére utalnak. A bányák esetében a terület és a későbbi feldolgozás függvénye, hogy melyiket választjuk, a mi esetünkben a közepes pont sűrűség elegendő. Ezután rá megyünk az ok gombra. Ez a folyamat hosszú időt vesz igénybe. Körülbelül egy és fél óra, amit csökkenteni lehet jobb videokártyával. Végeredményként egy 3.4 millió pontból álló pontfelhőt kaptunk.



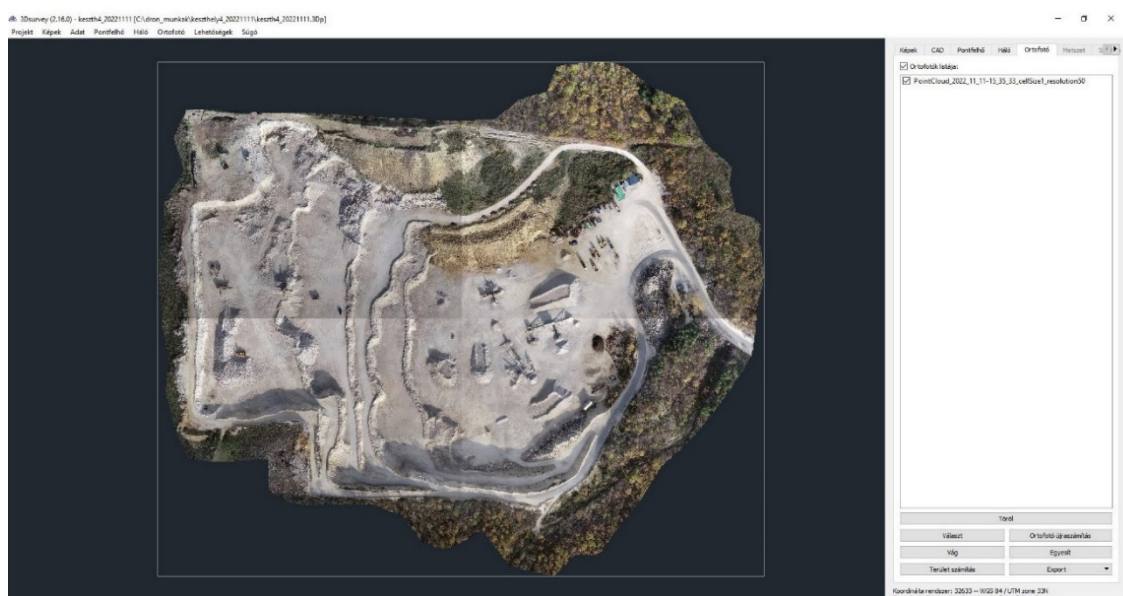
9.5.4.ábra: Saját kép, 3D Survey Pilotban létrehozott sűrű pontfelhő

A pontfelhő elkészülte után következik a DFM (digitális felület modell) létrehozása a rácsháló méretének a megadásával. Ezt a felső menüsorban, a háló lehetőséggel tudjuk megtenni. Először érdemes egy nagyobb rácshálóméretet választani (1 m) majd utána lehet egy 1-3 dm nagyságúval dolgoztatni a programot, melynek időigénye 3-5 perc.



9.5.5.ábra: Saját kép, A DFM létrehozásának beállítási paraméterei

A pontfelhő és a DFM után létrehozhatjuk az ortofotót is, melyet a DFM nagyobb cella méretéből képzünk szintén automatikusan a program által felajánlott felbontásban az ortofotó fülnél.



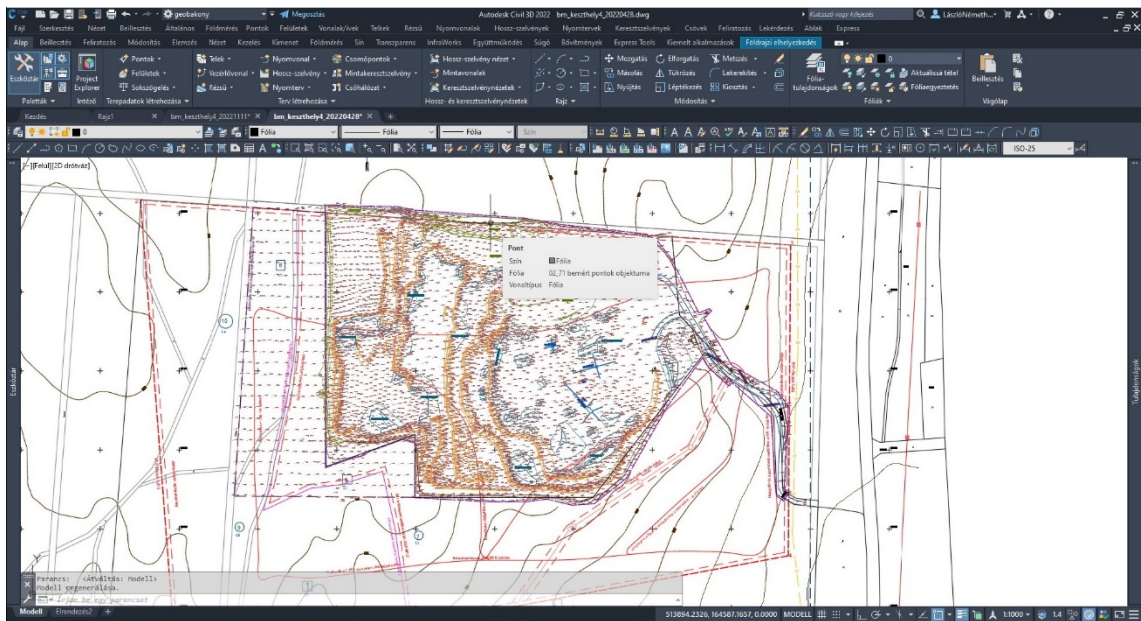
9.5.6.ábra: Saját kép, a létrejött ortofotó

Az ortofotóra a későbbiek folyamán szükség lehet textúrázott alkalmazással valósághű megjelenítéshez, továbbá exportálásra is lehetőségünk van. Miután a főbb feldolgozási elemeket létrehoztuk következhet a 3 dimenziós kiértékelés, az úgynevezett CAD munkafolyamat. Ezzel a funkcióval rétegorientált vonal és egyedi pont digitalizálásra van lehetőség 3 dimenziós alkotóelemek létrehozásával.

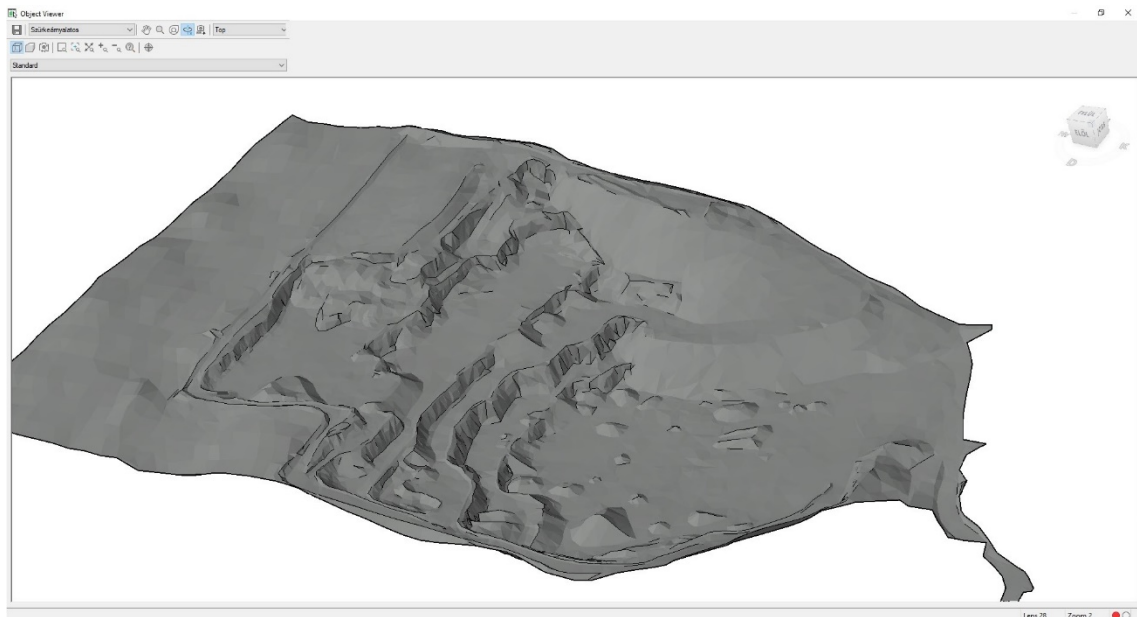


9.5.7.ábra: 3D Survey programon belüli CAD munkafolyamat

Itt segítségünkre lehetnek az egy évvel korábbi felmérés 3D vonalkapcsolatai, amelyet importálás segítségével .dxf formátumból be tudunk hívni az állományba. A behívott 3 dimenziós vonalak fehér színnel jelennek meg.



9.5.9.ábra: CAD-es feldolgozás után ezt a bányatérképet kapjuk



9.5.10.ábra: CAD-es felületből generált 3D modell

10. A BÁNYAFELMÉRÉS JÖVŐJE

Az elmúlt évtizedekben bekövetkezett technológiai fejlődésnek köszönhetően mára már nagyban leegyszerűsödött a bányafelméréssel foglalkozó emberek munkája. Az eddigi fejlődést áttekintve és megvizsgálva azt, hogy csak az utolsó 10 évben milyen innovációk történtek ezen a szakterületen borítékolható, hogy a jelenlegi helyzet még koránt sem a jéghegy csúcsa. Számos olyan kutatási és fejlesztési projekt látott napvilágot az utóbbi időkben is, amelyek még nagyobb segítséget jelenthetnek a bányaterületeken zajló munkálatokban. A saját véleményem szerint, ami több a témával foglalkozó publikáció elolvasása után és a saját tapasztalataim alapján jött létre, arra az elképzelésre jutottam, hogy ennek a technológiának a tovább fejlődéséhez nagyban hozzá fog járulni a mesterséges intelligencia, robotizáció, BIM megoldások és a különböző számítógépes szórakoztató eszközök fejlődése. Továbbá azt is megemlíteném, hogy a NASA tervezi elindítani 2023 október 10.-én a Psyche küldetést, aminek a keretén belül aszteroidából fognak kinyerni értékes ásványokat és az ilyen extrém helyzetek extrém megoldásokat igényelnek, amik biztosan behatással lesznek a bányafelmérésre is. A mélytengeri bányászat kibontakozásán is érdemes lesz a szemünket rajta tartani.

Az egyik olyan új fejlesztésű eszköz, amelynek még nem terjedt el az alkalmazása ilyen téren, az a VR (virtual reality-virtuális valóság). Ezzel a módszerrel hihetetlen nagy felbontású pontfelhőket lehet létrehozni, amelyeknek a kiértékeléseit VR segítségével végzik el.

A virtuális valósággal párhuzamosan fejlődik az AR (augmented reality-kiterjesztett valóság). Ennek a fejlesztésében a Microsoft az egyik legmeghatározóbb a HoloLens AR eszközével, amelyet tovább fejlesztett a Trimble-el. Ezzel az eszközzel képesek lehetünk tervrajzokkal, modellekkel, pontfelhőkkel dolgozni úgy, hogy mindezt háromdimenzióban tudjuk szemlélni a saját környezetünkben. Ilyen speciális szemüvege van már Magyarországon például az Uvaterv Út-, Vasúttervező Zrt.-nek, amely nagyban

mutatja az igényt és az érdeklődést az erre az irányba történő fejlesztések iránt. Ennek az ára körülbelül 2 millió forint.

Ezeknek köszönhetően biztosan lesz olyan kutatási-fejlesztési hozománya, amelynek köszönhetően a bányafelmérés tovább fejlődik majd és biztosan új iparágak megjelenését is fogja okozni. Biztos vagyok abban is, hogy az új technológiák megjelenése nagyobb pontosságot, magasabb automatizációt és a most még megfizethetetlen eszközök árának a csökkenését fogja eredményezni.

Megfigyelhető a bányamérő szakembereknél egy szakmai átalakulás, ahol a korábbi munkafolyamatok elemzői munkafolyamatokká alakulnak át. Ezáltal a felmérések egyre jobban automatizáltak és robotizáltak lesznek és a szakembereknek a feladatukra inkább az adatok kiértékelésére, feldolgozására fog összpontosulni.

11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálás köszönettel tartozom az Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Földmérő és földrendező mérnöki szak tanárainak, akik fáradhatatlan és szenvedélyes munkájuknak köszönhetően tanulhattam a leendő szakmám fortélyairól és rejtelseiről. Továbbá külön köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Tóth Zoltán Tanár Úrnak, aki rengeteg hasznos információval és tanáccsal látott el a tanulmányaim, illetve a szakdolgozatom írása során. Szeretnék ezúton köszönetet mondani kedves ismerősömnek, Mikolás Gábornak, aki nélkül nem valósulhatott volna meg a szakdolgozatom. Mindezek felett hálás köszönettel tartozom külső konzulensemnek, aki bevezetett a Külszíni Bányafelmérések világába és a szakdolgozatomat támogatta szakértelmével és számtalan tanácsával. Legvégül szeretnék köszönetet mondani a családomnak, akik segítettek a tanulmányaim és a szakdolgozatom írása közben mindenben, amiben csak tudtak.

12. ÖSSZEGZÉS

A szakdolgozatom elolvasása közben az olvasó releváns és napra kész információt kaphat a bányafelmérések, különösképpen a külfejtéses bányákkal kapcsolatos munkafolyamatokról és a bányaterületeken használatos mérőeszközökről. A dolgozatom írása közben nem láttam értelmét csak kifejezetten az én általam használt módszerek bemutatására, mert úgy nem adta volna át azt az élményt, amit ebben a formájában képvisel. Érdekes volt megtapasztalni, hogy a technológiának köszönhetően egy ilyen nagy területet mennyivel egyszerűbb most felmérni, mint 15 évvel ezelőtt. Érdekes volt a változásokat a mai módszerek segítségével szemügyre vennem. Tudtam, hogy érdekes lesz a bányafelmérés, de nem gondoltam volna, hogy ennyire magával fog ragadni.

A szakdolgozatomban alkalmazott felmérési módszernek több pozitívuma is van a korábbi felmérési módszerekhez képest. Régebben a terepi, illetve az irodai felmérés is bonyolult munkafolyamat volt, ahol nagy volt a hibázás lehetősége. A mai műszerek és a nagy arányú automatizálás ezeknek a hibalehetőségeknek a számát jelentősen lecsökkenti, ahogyan a felmérés és a feldolgozás időtartamát is. A drónos technológiával magas pontosság érhető el és segítségével a vizualizációra, a bányafelügyeletre és az ásványvagyon nyilvántartására is új lehetőségek adódnak. Segítségével az állam naprakészen tudja követni az ásványvagyon változását. Az eszközök fejlődésével a környezetből egyre nagyobb adathalmazok kinyerésére van lehetőség úgy, hogy közben sokszor a feldolgozás ideje is csökken. Ennek a felmérési megoldásnak legfőbb előnyei a költséghatékonyság, pontosság, vizualizáció minősége és a magas automatizált működés.

Kíváncsi vagyok, hogy az általam leírtak meddig fogják megállni a helyüket a való életben és hogy a feltételezéseim a jövő felmérői munkálataival kapcsolatba meg fognak-e valósulni. Biztos vagyok abban, hogy a lézerszkennerek és drónok árai a jövőben tovább fognak csökkenni és ezzel szemben pedig a pontosságuk növekedni fog. Az RTK vevővel felszerelt UAV-kel nagyobb pontosságot fognak tudni elérni és ezáltal a felhasználási területük is nőni fog.

13. CONCLUSION

Reading my thesis will provide the reader with relevant and up-to-date information on the workflow of mine surveying, especially about open pit mines, and the measuring instruments used in the mine areas. In writing my thesis, I saw no point in presenting only specifically the methods I use, as it would not have conveyed the experience it represents in this form. It was interesting to experience how much easier it is to survey such a large area now than it was 15 years ago, thanks to technology. It was interesting to look at the changes using today's methods. I knew it would be interesting to survey mines, but I didn't think it would be so engaging.

The survey method used in my thesis has several positive aspects compared to previous survey methods. In the past, both field and office surveys were a complicated process with a high potential for error. Today's instrumentation and high levels of automation significantly reduce these opportunities for error, as well as the time taken to survey and process. With drone technology, high accuracy can be achieved and also new possibilities for visualisation; Mine monitoring and mineral inventory are also opened up. It will allow the state to monitor changes in mineral wealth on an up-to-date basis. As the tools evolve, it is possible to extract ever larger data sets from the environment, often with less processing time. The main advantages of this survey solution are cost-effectiveness, accuracy, quality of visualisation and high automation.

I am curious to see how far the ideas I have described will hold up in real life and whether my assumptions will be realised in relation to future survey work. I am sure that the prices of laser scanners and drones will continue to fall in the future and that, in turn, their accuracy will increase. UAVs equipped with RTK receivers will be able to achieve greater accuracy and thus their field of application will also increase.

14. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] B. Martyn, F. David és T. Peter, The Neolithic Flint Mines of England, 1999.
- [2] W. v. Wegen, „Surveying in the Mining Sector An Overview of Geospatial Methods in Mining Engineering,” *GIM International*, 2018..
- [3] G. Jones, The Roman Mines at Riotino, 1980.
- [4] K. Schulte, Fundamentals of Geology, 2022.
- [5] K. Tamás, Bányászati alapismeretek, 2011.
- [6] D. N. Béla, Ipari technológiák, 2013.
- [7] G. Dr. Busics, Műholdas helymeghatározás 1..
- [8] Z. Eke és I. Havasi, „Development of Underwater Surface Measurement-Multibeam Sonar,” *Geosciences and Engineering*, %1. számVol. 9 No. 14 (2021), pp. 81-95., 2022.
- [9] K. Alojz, E. Ján és K. Peter, Engineerin Survey for Industry, 2020.
- [10] M. Vermeer, Geodesy The science underneath, 2019.
- [11] M. Barbara és C. Luigi, „Terrestrial Laser Scanning,” *GIM Internacional*, 2010.
- [12] <https://www.navvis.com/technology/slam>.
- [13] O. Agnieszka, L. Tomasz és J. Wojchiech, „Handheld 3D Laser Scanning in Underground Heritage Documentation,” *GIM Internacional*, 2022.
- [14] R. Lautenschlager, „UAVs in the Mining Industry,” *GIM Internacional*, 2015.
- [15] L. Dr. Mucsi, Műholdas távérzékelés Elmélet és gyakorlat, 2013.

- [16] 12/2010. (III.4.) KHEM rendelet a hites bányamérőről, 2010.
- [17] 19/2022. (I.28.) SZTFH rendelet a bányatérképek méretarányára és tartalmára vonatkozó Bányabiztonsági Szabályzatról, 2022.
- [18] 1993. évi XLVIII.törvény a bányászatról, 1993.
- [19] <http://pajtikabanya.hu/>.
- [20] J. Haas és K. Hips, A rejtelmes dolomit, 2020.
- [21] D. S. Sándor, Geokémia, 2008.
- [22] <http://www.kislexikon.hu/dolomit4.html>.
- [23] <https://www.djiars.hu/blog/a-dronozas-szabalyai-37>.
- [24] <https://legter.hu/blog/dron-torveny-2021-erthetoen-szakertoktol/>.
- [25] DJI, „Phantom 4 Pro/Pro+ User Manual,” 2016.
- [26] <https://3dsurvey.si/>.
- [27] 3Dsuryey, „Mapping and Aerial Image Processing Software User Manual”.