

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

3-D modellezés hasznosításának lehetőségei az FGSZ Zrt.-nél (Possibilities of utilizing 3D modeling at FGSZ Zrt.)

Konzulens:
László Gergely
Simon Gyula

Készítette:
Szilágyi József Bence

Földmérő és földrendező mérnök (Bsc) Székesfehérvár, 2021.



Óbuda Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Szilágyi József Bence
Szakdolgozat száma: SZD20120110301734
Törzskönyvi száma: T000298/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: földmérő és földrendező mérnök
Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: 3-D modellezés hasznosításának lehetőségei az FGSZ Zrt.-nél

A dolgozat címe angolul:

A feladat részletezése: FGSZ Zrt. És a hazai földgázszállításának bemutatása, Lézerszkennelés technikai hátterének bemutatása, Mérés és feldolgozásának bemutatása Bugac gázátadó állomáson, Az eredmények feldolgozása utáni kiértékelés és az adatok hasznosításának lehetőségei

Intézményi konzulens neve: László Gergely Tibor

Külső konzulens neve: Simon Gyula

Munkahelye: FGSZ Zrt.

A kiadott téma elővívési határideje: 2023. december 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2021. 10. 28.

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom.


.....
belső konzulens




.....
Intézetigazgató


.....
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem, mint a feladatot kiíró intézmény saját céljaira térítés nélkül felhasználhatja.

Kelt: 2024.11.09.

hallgató aláírása

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a témavezetőmnek, László Gergelynek a segítségét és a következetes és pontos útmutatásait, ami nélkül ez a dolgozat nem készülhetett volna el. Köszönettel tartozom a sok hasznos tanácsért, intuícióért melynek hála fel tudtam dolgozni ezt a témát és a javítások is könnyen megoldhatóak voltak.

Köszönettel tartozom az FGSZ Zrt. geodéziai szakértőjének, Simon Gyulának, akinek segítségével megtaláltam ezt a remek témát, és közben járásának hála az FGSZ Zrt. K+F programjának keretében minden támogatást megkaptam. Nagy segítségemre voltak hasznos tanácsai, útmutatásai és ötletei.

Köszönöm a közvetlen főnökömnek, Gacsári-Kiss Péternek a türelmét és segítségét, hogy az időbeosztásom megvalósulhasson és ezáltal tudtam időt fordítani a dolgozat elkészítésére.

Köszönettel tartozom a családomnak és a páromnak, akik mindvégig támogattak a célom elérésében, és kitartottak mellettem, segítve a munkámat. Továbbá szeretném megköszönni minden olyan személy támogatását, biztatását, tanácsait, akik afelé tereltek, hogy ez a dolgozat megszülethessen, ezáltal a záróvizsga előtti utolsó akadály is elhárulhasson.

Tartalomjegyzék

1. Témaválasztás bemutatása	7
1.1. Cél	7
1.2. Technológiai innováció és fejlődés	8
2. FGSZ Zrt. bemutatása	10
2.1. Magyarországi földgázszállítás történeti áttekintése	10
2.2. FGSZ Zrt. műszaki felépítése	13
2.3. Gázszállító vezetékek bemutatása	14
2.4. FGSZ Zrt. terület és létesítmény gazdálkodása	16
2.5. ITO modell bemutatása	17
3. Lézerszkennер technológiai háttere	18
3.1. Alapfogalmak bemutatása	18
3.2. A lézer működési elvének bemutatása	20
3.2.1. Abszorció jelensége	20
3.2.2. Emisszió jelensége	21
3.2.3. Stimulált emisszió jelensége	21
3.3. Lézerszkennelési vertikális tagoltsága	22
3.4. Időméréses műszerek	24
3.5. Fázismérésen alapuló műszerek	25
3.6. Műszerek fejlődésének bemutatása	27
3.7. Lézerszkennerek alkalmazási területei	27
3.8. BIM modell	28
4. Gyakorlati munka bemutatása	30
4.1. Helyszín bemutatása	30
4.2. Helyszíni/terepi munka bemutatása, műszerek bemutatása	32
4.2.1. GNSS Felmérés	32
4.2.2. Leica RTC 360 statikus lézerszkennelés	34
4.2.3. Leica BLK 360 képalkotó lézerszkennер	35
4.2.4. DS 2000 georadar	37
5. Terepen mért adatok feldolgozása, illetve azok felhasználhatósága	40
5.1. Talajradaros mérés feldolgozása	40
5.2. Talajradar felhasználási lehetőségei	42

5.3.	Pontfelhő létrehozása	44
5.4.	Pontfelhőből alkotott modellek	46
6.	<i>Pontfelhő hasznosíthatóságának lehetőségei</i>	54
6.1.	Létesítmény és terület gazdálkodás támogatása	54
6.2.	Háromdimenziós adatbázis létrehozása	55
6.3.	Tervezési feladatok támogatása	56
6.4.	Csőmodell használata	57
6.5.	Gömbi felületek alkalmazása a pontfelhőben	58
7.	<i>Összefoglalás</i>	59
	<i>Summary</i>	61
	<i>Irodalomjegyzék</i>	62

1. TÉMAVÁLASZTÁS BEMUTATÁSA

A tanulmányaim lezárásaként megírandó szakdolgozati téma kiválasztásakor több szempont figyelembevétele is megtörtént.

Az egyik legfontosabb szempont egy számomra is érdekesítő és fejlesztő témát találni. Mellyel tágíthatom a tapasztalataimat egy napjainkban egyre jelentősebb technológiával. Ez által jobb teljesítményre sarkallva.

Fontos kritérium volt, hogy egy jelenkorunk igényeit abszolút meghatározó témát mutassak be, mely aktualitásával fontos mind a személyes fejlődésemet tekintve, mind jelenlegi munkáltatóm hatékonyabb munkavégzését szolgáló technológiát bemutatni.

Jelenleg a Földgázszállító Zrt. (FGSZ) dolgozója vagyok. A Közép-Magyar Régió Geodéziai csoportjának tagja, mint geodéta. Kézenfekvő volt tehát a gondolat, hogy egy a magyar gázipart segítve keressek magamnak szakdolgozati témát. Szerencsémre a vállalatnál kiterjedt K+F tevékenység folyik, így a Siófoki központ segítségével azonnal tudtam partnert találni geodéziai témájú dolgozatra. Munkámat mindenben segítve.

1.1. Cél

A szakdolgozatom témája bemutatni, hogyan lehetne a gázipari tevékenységeket a lézerszkennelés segítségével támogatni. Ismertetem a magyar gázipar történetét, fejlődését egészen napjainkig így bemutatva, hogyan is éri el az FGSZ Zrt., hogy biztonságosan ellássa az országot, illetve a térséget földgázzal. Bemutatom az FGSZ Zrt. bonyolult és összefüggő rendszerét, illetve, hogy ebben hogyan helyezkedhet el a geodéziai. Elsődleges célom a cégen belüli működések támogatása a lézerszkennelés támogatása által. Ezt egy gázátadó állomás szkennelése által kívánom bemutatni.

1.2. Technológiai innováció és fejlődés

A technológia, illetve annak fejlődése mindennapjaink szerves része. Ott van a munkánk során, a szórakozásunk során, sőt a pihenésünkben is. Ha keresnénk sem találnánk olyan területet, vagy földrajzi helyet, ahol ne jelenne meg az ember által alkotott technikai vívmányok. Világunk viszont folyamatosan változik, fejlődik. Ez a fejlődés azonban egyre gyorsul. Sőt talán rémisztő mértékben gyorsul. Elég, ha arra gondolunk mennyi idő telt el az első villanykörte és az első használható számítógépek megjelenése között. A múltban akár évtizedek is elteltek egy komolyabb vívmányok megjelenése között, ám a fejlődés exponenciális mértékben gyorsul. A legjobb példa erre a telefonok fejlődése. Az első telefonok már több mint százévesek. A mobiltelefon a széleshasználatba mindösszesen az ezredforduló környékére került. Ám ezen telefonok még nagyméretű ormótlan, csupán telefonálási eszközök voltak. Nézzük meg napjainkra milyenek ezen eszközök. Egy számítógép költözött a zsebünkbe, olyan számítási teljesítménnyel mely 20 éve még elképzelhetetlen szintet jelentettek volna még asztali számítógép szinten is. Ám ez által az információ éhségünk is egyre nagyobb és nagyobb és a fejlődés egyre csak gyorsul. Fel kell készülni ezen fejlődés befogadására és használatára.

Természetesen ezen hihetetlen mértékű fejlődés a geodéziára, a földmérésre is igaz. Elég arra gondolni, hogy az első katonai célú felmérés csupán grafikus megjelenésként létezett, melynek létrejötte jelentős humán erőforrás felhasználásával születhetett meg, természetesen a korra jellemző pontossággal. Ahogy fejlődött a technológia nagyságrendekkel javult a pontosság, azonban még mindig jelentős állomány dolgozott. Napjainkra azonban már ott tartunk, hogy akár egy ember is jelentős és rendkívül pontos felméréseket tud készíteni. Természetesen ezen fejlődés nem csak a felmérésre vonatkozik, hanem az adatok feldolgozását is jelentősen meggyorsította. A múltban a jellemző az volt, hogy a felmérés vett igénybe több időt, ám napjainkra már pont a fordítottja, vagyis az adatfeldolgozás vesz igénybe több energiát. Idővel maga a mérnöki gondolkodás is módosult, finomodott. Megjelent a geodéziában is a „reverse engineering” vagyis, hogy a célunkat visszafele oldjuk meg, tehát nem a felmérés során vesszük fel a kívánt adatokat, hanem egy hatalmas tömegű adathalmazból válogatjuk le a számunkra fontos adatokat.

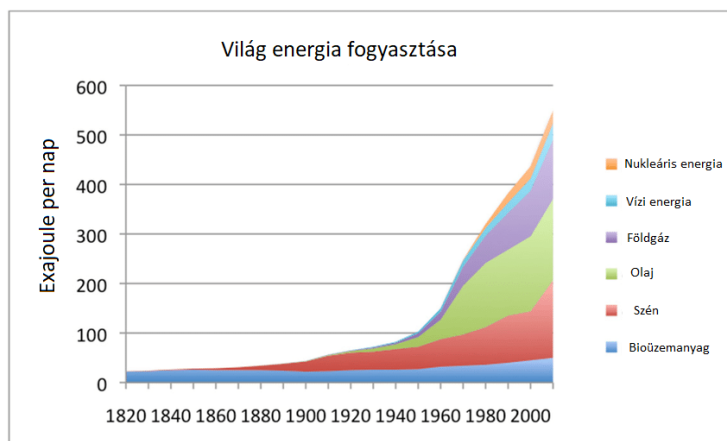
Jól látható tehát, hogy napjaink jellemző tendenciája a hatalmas mértékű adatfelhalmozás. Így tudunk más területeket is támogatni az adatainkkal, ez egy óriási előny. Természetesen, mint mindennek ezen módszernek is megvannak a maga hátrányai. Nagy adattömeget kell tárolnunk, melynek hardveres és szoftveres igényei egyre nagyobbak.

2. FGSZ ZRT. BEMUTATÁSA

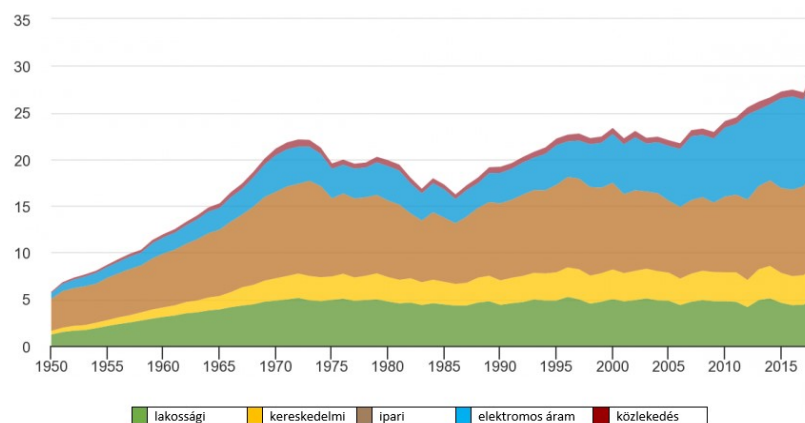
Az FGSZ Zrt. a MOL-csoport tagja és a Magyarországi nagynyomású földgázszállítást végző, egyedüli vállalat. A több mint 5800 km hosszú csővezeték hálózat, több kompresszor állomás és majd 400 gázátadó állomás adja és látja el a magyarországi földgázszolgáltatókat, nagyipari fogyasztókat, erőműveket földgázzal. Ezen felül jelentős az országon áthaladó földgáz tranzit jellege is.

2.1. Magyarországi földgázszállítás történeti áttekintése

Napjainkra a földgáz az emberiség egyik legfontosabb energiahordozójává nőtte ki magát (1. és 2. ábra), A 19. századra az Egyesült Államokban már megindult a termelés (Fredónia).



1. ábra. Világenergiafogyasztása a 2000-es évek elejéig szektoronkénti bontásban [forrás: [\[1\]](#)]



2. ábra Az USA földgázfogyasztása szektorokra lebontva, billió köbméterben megadva [2]

Magyarországon a XX. század elején épültek ki az első termelő kutak, ám ahhoz, hogy ezen adottságot széleskörben ki tudjuk aknázni szükség volt a kapcsolódó infrastruktúra kiépítésére. Az első magyar gázszállító vezeték átadására 1914. április 4.-én került sor. Ez volt a Kissármás-Torda-Marosújvási helyi 73 km hosszú vezeték, mely a maga idejében Európa leghosszabb vezetéke cím tulajdonosa is volt (maga a Kissármási gázmező is a kontinens legnagyobb hozamú mezője volt). 1916-ban került megalapításra a Magyar Földgáz Rt., mely ezen erdélyi mező kiaknázására épült elsősorban, viszont a trianoni békeszerződés újraírta az előzetes terveket. 1936-ig csupán a zalai mezőkről tudott a hazai közeg, ekkor fedezték fel budafapusztai mezőt, melynek kitermelésére létrejött a Magyar-Amerikai Olajipari Rt. (MAORT). Ezt követően rövid időn belül megépült a zalai térség kútvezetékei, illetve 1943-ra a környék regionális gázellátási infrastruktúrája kiépült (Zalaegerszeg, Nagykanizsa). A második világháborút követően a MAORT megszűnt, helyette megalapításra került az Ásványolaj- és Földgáz Távfúvó Nemzeti Vállalat a ma ismert siófoki központtal. 1949-re megépült a zalai 8-csós vezeték, mellyel megérkezett a földgázszállítás Budapestre, ezt politikai és propaganda céllal 1949. május 1.-i ünnepségen egy égő gázfáklyával prezentálták a parlament épülete előtt. A vezeték Dr. Gyulay Zoltán és Czupor Andor tervei alapján került kivitelezésre, mely Európában egyedülálló módon képes volt arra, hogy felváltva juttasson földgázt, illetve kőolajat a budapesti célállomásra, ennek a neve az úgy nevezett dugós szállítás.

1952-re megalakult a Magyar-Szovjet Olajipari Vállalat (MASZOLAJ), ebben az évben kidolgozta Zachemski Ferenc a katódvédelem technológiáját, mely gyenge áram vezetését jelenti a fémcsövekbe és ezáltal megóvva azt a korróziós hatásoktól, ez mind a mai napig aktív technológia a korrózióvédelemben. 1958-ra megépült az első nemzetközi összeköttetés Románia felé. 1964-ben a Hajdúszoboszló-Leninváros-Ózd vezeték mentén lefektetésre került a föld alá az első bányászati kábel, ezt követően fokozatosan kiváltották a korábbi légvezetékes hálózatot. A következő időszakban rengeteg vezeték épült ki mellyel egyre jobban ellátottá vált az ország földgázzal. 1974 a következő fontos dátum a hazai földgázipar történetében. Eddig a vezeték építés és üzemeltetés egy cégen belül történt ám ekkor külön vált és létrejött a Kőolajvezeték Építő Vállalat (KVV) és a Gáz- és Olajszállító Vállalat (GOV), valamint szétválasztották a gázvezeték és a hírközlőkábelek üzemeltetésének feladatait. 1975. március 16.-án átadták a beregdaróci állomást, ezzel megépült a Testvériség I.-II. gázvezeték, Magyarországra megérkezett az orosz gáz. Ezt követő időszakban megépültek az első kompresszorállomások (Beregdaróc, Városföld), és folyamatosan bővült a hazai vezeték hálózat. 1983-ban újabb nemzetközi kapcsolat jött létre, megépült a Kiskundorozsma-Röszke szakasz, ezzel Jugoszlávia felé is megindulhatott a tranzit. A rendszerváltozást követően nagy szervezeti változás állt be a gáziparban is. 1991. október 1.-én megalakult a MOL, melybe a GOV is integrálódott. Az ezt követő időszak a vállalat életében a technológiai fejlődés időszakaként vonult be a történelembe, ebben az időszakban fejlődött a légi nyomvonal felügyelet a ma ismert GPS alapú repülés felé. 1996-ban átadásra került az Országhatár-Győr vezeték szakasz (HAG vezeték) ezzel elérte az országos hálózat Ausztriát is, így megvalósulhatott a Kelet-Nyugat irányú teljes összeköttetés.

2004-ben Magyarország csatlakozott az Európai Unióhoz, ennek hatására az ágazatban szükségessé vált egy új, az uniós elvárásoknak megfelelő szabályozási környezet kialakítása. 2004. január 1-től érvénybe léptek a 2003. évi földgázellátásról szóló XLII. törvény és a végrehajtásáról szóló kormányrendeletek. Ennek lényegi része, hogy a termelést, a kereskedelmet és a szállítást a szénhidrogén iparban külön kell választani.

Ezért 2004-ben létrejött a MOL Földgázszállító Rt., majd 2008-ban a MOL Nyrt. 100%-os tulajdonrészrel bíró leányvállalat az Földgázszállító Zrt. vagyis az FGSZ. (3.ábra)



3. ábra Magyarországi földgázszállítás szervezeti evolúciója [forrás: saját szerkesztés]

2.2. FGSZ Zrt. műszaki felépítése

Az FGSZ Zrt. jelenleg Magyarországon az egyetlen olyan vállalat mely teljes mértékben integrált magasnyomású gázszállító rendszert működtet. A rendszernek a főbb alkotó elemei a betáplálási pontok, kompresszor állomások, vezetéki csomópontok, gázátadó állomások, szűrő mérőállomások, irányító központ, hírközlő kábelek és maguk a távvezetékek.

Rendszer elemei	Leírás
Betáplálási pontok (Rendszerbe be- és kilépő mennyiség)	A rendszerbe betáplált gáz itt lép be az FGSZ rendszereibe. Ez lehet tranzit forgalom, termelésből származó kapacitás, vagy a gáztározókból származó mennyiség.
Kompresszorállomás	A szállítás során a súrlódás miatt csökken a gáz nyomása a csővezetékben. A folyamatos szállítás érdekében szükséges a nyomás növelése. 8 helyen található ilyen az országban, melyeken a repülőgép turbinákhoz hasonló nagyméretű gázturbinákkal növelik a vezetékekben lévő nyomást.

Gázátadóállomások	A szolgáltatóknak való gázátadás történik meg, mely során a magasnyomást lecsökkentik. Továbbá minőség és mennyiség ellenőrzés után történik a szagosítás, ugyanis a földgáz alapállapota szerint színtelen, szagtalan. Ezt követően kerül a szolgáltatók kis- és középnyomású hálózatába a földgáz.
Vezetéki csomópont	Több vezeték egyhelyen való találkozása. Itt igény szerint lehetőség van a szállítási irányok váltására, illetve diagnosztikai feladatok elvégzésére.
Irányító központ	A hírközlő hálózat miatt az állomások és a rendszer megfigyelése távolról is lehetséges. Itt történik a rendszer felügyelet, illetve változtathatóak az egyes szállítási útvonalak. Az országos hálózatban 18 irányító központ található, plusz a főközpont mely Siófokon található
Szűrő mérőállomások	Feladata a földgáz minőségi ellenőrzése, és az esetleges szennyeződések eltávolítása.
Távvezetékek	Földalatti található csőhálózat, melyben a földgázszállítása történik. A vezetékek vastag falú acélból készülnek és mind passzív mind aktív korrózió védelemmel elvannak látva. A felszínen irányjelző táblák jelzik a haladási irányát.
Hírközlő kábelek	Általában a távvezetékek mellett párhuzamosan futnak. Rajtuk keresztül történik az információ továbbadása az irányító központok felé.

A rendszer elemei bár önmagukban léteznek mégis feladatukat szoros összhangban teszik a többi elemmel. Illetve ezen részek felügyeletének feladata a létesítménygazdálkodás és a technológiai felügyelet.

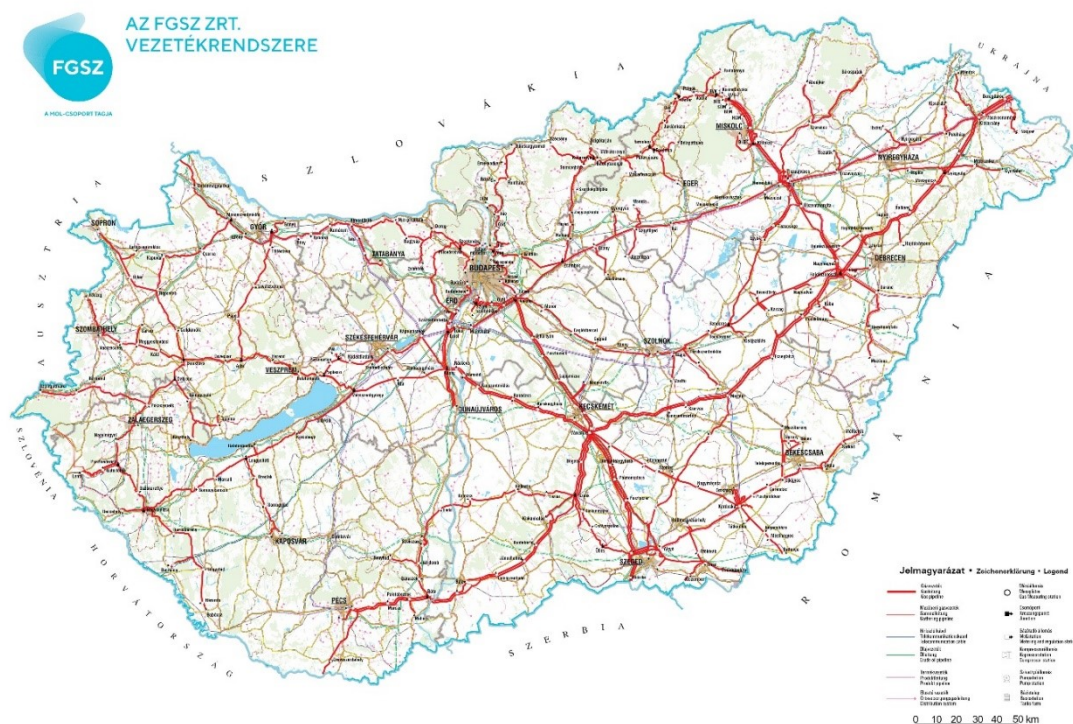
2.3. Gázszállító vezetékek bemutatása

A rendszer legnagyobb eleme az 5782 km hosszú szállítóvezetékek, melyeken keresztül a vállalat eltudja látni a lakossági szolgáltatókat, a tározókat, egyes gyáregységeket és erőműveket az energiát jelentő földgázzal. A szállítás a legtöbb vezetéken esetében 63-75 bar-on történik.

A gázvezetékek leginkább az átmérőjük alapján csoportosíthatóak. A vezetékek kapacitása két tényezőtől függ. Az egyik az átmérő, a másik pedig a vezetékekben lévő nyomás nagysága.

Könnyen belátható, hogy a nagyobb átmérő távvezetéseken ugyanakkora nyomás mellett több gáz szállítható, mint a nála kisebb átmérőjű vezetéseken. Az FGSZ vezetékhálózatának fő ütőerei az 1000 milliméter vagy annál nagyobb átmérőjű gázvezetékek. Ezen vezetésekről ágaznak le a főbb csomópontokban a kisebb vezetések, így juttatva el a földgázt az ország minden pontjára.

A gázvezetékek pontos hálózatáról a 4. ábra ad információt. Jelenleg az országba 5 helyen lép be a szállított gáz. Ez döntőrészt orosz eredetű földgáz, kiegészülve a horvátországi LNG terminálról szállított amerikai cseppfolyósított földgázzal. A belépési pontok a következők: Beregdaróc, Mosonmagyaróvár, Balassagyarmat, Csanádpalota, Drávaszerdahely, Kiskundorozsma (Röszke). További betáplálási pontok lehetnek a hazai gáz termelési kutak, illetve a tározókkal való összeköttetés. Ezen betáplálási pontok összeköttetése adja meg az FGSZ hálózatának a fő sodorvonalát. Ezek a vezetések átmérői általában nagyobbak, és nem ritka, hogy párban haladnak. A fent említett pontokon kívül további 4 csomópont alkotja az így 9 pontból álló országos hálózatot. Maguk a gázvezetékek szinte kivétel nélkül a föld alatt futnak minimum 1 méteres takarás mellett (4. ábra). A nyomvonalai távvezetékek felügyelete a gépészek feladata jórészt, maguk a vezetéseket érintő keresztezések vagy a biztonsági övezetet érintő kérdések pedig a geodézia kezében futnak össze.



4. ábra Az FGSZ Zrt. által üzemeltetett gázvezeték hálózat magyarországi elhelyezkedése [forrás: FGSZ belső térkép]

2.4. FGSZ Zrt. terület és létesítmény gazdálkodása

Az FGSZ Zrt. többféle és különböző jellegű objektummal rendelkezik, mint az a korábban bemutatásra került. Az objektumok kezelése, karbantartása, fejlesztése, üzemeltetése több szakág összehangolt munkája adja. Ilyen szakágak a gépészeti csoport, technológusi csoport, kompresszorállomás üzemeltetők, villamos csoport, körzetfelügyeleti csoport, hírközlési csoport és természetesen a geodéziai csoport. Minden csoport gyökeresen más tevékenységi kört végez, ám az összehangolt működésük nélkülözhetetlen a hazai gázellátás biztosításában. Alapvetően 2 hatalmas csoportra bomlik az FGSZ létesítményeinek jellege. Az egyik a föld alatt futó távvezetékek, míg a másik a felszíni objektumok, létesítmények). Jelenleg az országban 432 FGSZ által üzemeltetett gázipari objektum található. A létesítmények területe változatos szórást mutat, található mindösszesen 100 m² nagyságú szakaszoló állomás, de a legnagyobb Városléti komplexum majd 10 hektárt elérő nagyságú.

A felszíni objektumok (gázátadó, kompresszorállomás, szakaszoló állomás, üzemközpont) kezelése 3 szervezet közt oszlik meg jelenleg (természetesen a határok nincsenek kőbe vésve, jelentős átjárások, és egymás közti koordináció történik). A technológia „gazdája” a technológiai és a gépész csoport. Ez minden gáziparral kapcsolatos szerelvényt és technológiát magában foglal. A terület karbantartás a geodéziai feladata, ez a létesítményeken belüli szabad felület (általában gyp/fű) kezelését jelenti. Míg a harmadik nagy csoport a létesítmény gazdálkodás. A vállalat életén belül ez egy friss szervezet. Az ő feladatuk az épületek, járdák, burkolatok, kerítések, árkok, illetve egyéb a technológiához nem tartozó létesítmény egységek kezelése, karbantartása, fejlesztése. A szervezet nagy mértékben igénybe veszik a geodéziai csoport segítségét.

Jelenleg a létesítmény gazdálkodás csupán a geodéziai térképekre tud támaszkodni, mely például az épületek belső részéről nem tartalmaz információt. Egy esetleges beruházást így több körből álló helyszíni szemle előz meg, míg a folyamat lezárásaképp létrejövő D-terv is csak felrögzítésre kerül, egységes adatbázis kialakítása nem történik meg.

2.5. ITO modell bemutatása

2004-es Európai Unió csatlakozás követő új szabályzás miatt, mely szerint a szállítást, a termelést és a kereskedést az olajiparban egy cég nem végezhet, új kihívásokkal nézett szembe a szektor. Miután megszületett az FGSZ az ITO modellben kezdett el működni. A modell biztosítja a vertikálisan integrált vállalatok önállóságát és függetlenségét. A lényege, hogy a cég egy másik vállalat része, de önálló vállalkozásként létezik a piacon. Ez alapján az FGSZ Zrt. független és önálló döntéshozatali jogkörrel rendelkezik, de a MOL-csoport tagja, és a felügyelő bizottságnak való beszámoló kötelezőek. Fő célja a modellnek a rendszerüzemeltetés biztonságos ellátása, a termelési érdekektől függetlenül.

3. LÉZERSZKENNER TECHNOLÓGIAI HÁTTERE

Jelen fejezetben a távérzékelési technológiákról szeretnék egy rövid áttekintést adni, kiemelve a dolgozat szempontjából lényeges lézerszkennelési eljárást.

3.1. Alapfogalmak bemutatása

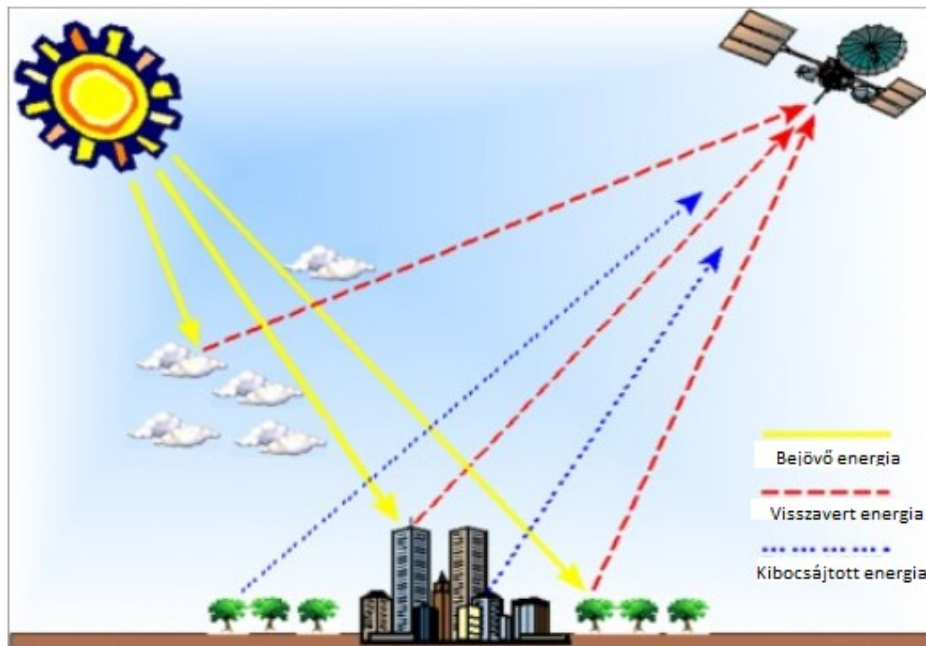
Maga a technológiai számtalan más területhez kapcsolódik, nem korlátozódik a geodézia tárgyköréhez. Alapvetően négy fő területet érint a földi lézerszkennertudomány, ez a geodézia, a távérzékelés, a mérnökgeodézia és a fotogrammetria. Ezáltal definiálnunk kell mit jelentenek ezen szakterületek:

-Távérzékelés: „Olyan adatgyűjtési technológia, mely során a tárgyakról, területekről és jelenségekről, eltérő módszerekkel, eszközökkel, távolságból közvetve azok direkt érintése nélkül gyűjtünk adatokat. A távérzékelésben alkalmazott technológia alapja, hogy a földfelszín és a tereptárgyak által kibocsátott elektromágneses sugárzást képesek rögzíteni.” (5.ábra) (Balázsik et al [7])

-Geodézia: A Föld felületével és azokon található tereptárgyainak helyének meghatározásával foglalkozó tudomány. Helymeghatározás másszóval.

-Mérnökgeodézia: Mérnöki objektumok tervezésével és kivitelezését, üzemeltetését támogató geodéziai munkák összessége.

-Fotogrammetria: Távérzékelési eljárások egy speciális fajtája. Tárgyak alakja és elhelyezkedése szerinti állapot meghatározásával foglalkozó szakterület.



5. ábra Távérzékelés elve [forrás: 7]

A lézerszkennelés eljárása során ezen három szakterület sok megoldását alkalmazzuk. Ez köszönhető a műszerek hihetetlen gyors technológiai fejlődésének, mely által egyre szorosabb a különböző szakterületek közti összefonódás. Elég csak arra gondolni, hogy a kétezres évektől már széles körben elterjedt direkt reflexes méréssel már a tárgyakról közvetve is tudunk mérni, nem kell a figuránsnak a mérendőpontra állnia fizikailag.

A távérzékelésben megkülönböztetünk aktív és passzív típusokat. Ezen technológia elektromos sugárzás terjedésére alapul:

$$c=\lambda \cdot f$$

ahol:

C-fény terjedési sebessége (m/s)

f-frekvencia (Hz)

λ -hullámhossz (m)

Bármilyen anyag mely hőmérséklete nagyobb mint 0 kelvin az elektromágneses sugárzást bocsát ki. Ezen alapulnak a passzív rendszerek alapja.

A passzív rendszerek jellemzője, hogy a felszín által kibocsájtott (és a napsugárzást visszavert) sugárzást mérik be a szenzorok, míg az aktív rendszerek jellemzője egy jeladó által sugárzott jelek reflexióját fogják fel. Jól belátható, hogy ezen aktív módszerek közé sorolható a földi lézerszkennelés is, mivel a műszer maga sugározza a jelet, melyet a visszaverődést követően rögzít.

3.2. A lézer működési elvének bemutatása

A lézer, mint szó az angol Light Amplification by Stimulated Emissions of Radiation (LASER) származik. Az első működő lézert 1960-ban az USA-ban hozták létre. A lézer olyan energiaforrás, mely egy úgy nevezett stimulált emisszió által hoz létre fénysugarat.

Fény létrehozásának folyamatára az atommagok és az elektronok energiaszintjei közti kapcsolat válaszol. Természetes körülmények közt az elektronok az alacsonyabb energiájú pályákon tartózkodnak, ez az atom alapállapota. Viszont az elektronok képesek a magasabb energiaszintű pályákon is elhelyezkedni, ekkor beszélhetünk abszorpcióról (elnyelés) vagy az emisszió (kibocsátás) jelenségéről, így az elektronok változtathatják az energiaszintjüket. Ezen váltakozás egyik fajtája a stimulált emisszió.

3.2.1. Abszorció jelenége

Ezen változatban az elektron külső forrástól vesz fel energiát. Mikor az elektront egy nagy energiájú foton éri el, azt magasabb energiaszint felé tolja el, így növelve azok energiáját. Ily módon gerjesztett állapotba kerül az atomunk. Az elektron pályák energiaszintjei diszkrét értékűek, vagyis pontos érték esetén képesek a pályaváltoztatására. Részünkről ez azért fontos, mivel így meghatározott energiájú és hullámhosszú fotonok tudnak változást eredményezni.

3.2.2. Emisszió jelensége

A természetben minden, így az atomok szerkezete is a legkisebb energia felé mutat. Így könnyen belátható, hogy egy gerjesztett atom vagy elektron visszakerülhet alacsonyabb energiájú állapotba és közben energia szabadul fel (lehet hő vagy éppen a fotonok spontán emissziója). Amennyiben az emisszió során foton szabadul fel úgy annak energiájának változását a következő képlet mutatja meg:

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

ahol:

ν -frekvencia

h -Planck állandó

E -energiaszintek

Ezen folyamat a fotonok spontán emissziója.

3.2.3. Stimulált emisszió jelensége

A stimulált emisszió a lézerek működésének alapja, az emisszió egy mesterségesen generált fajtája. Lényege, hogy két eltérő energiaszint (E_1 és E_2) esetén a $h\nu = E_2 - E_1$ frekvencia feltétel fennáll abban az esetben az indukált fotonemisszió megkezdődik, mely során atom alacsonyabb energiaszintű állapotba kerül, az így keletkező energiatöbblet során pedig egy fotont indít el. Ezen lépés során két fényrészecske hagyja el a rendszert (az eredeti, ami beérkezett és a kibocsájtott). Az új, atom által keletkező részecske az energiáját, irányát, frekvenciáját, fázisát tekintve ugyanaz, mint az eredetileg beérkező fotoné. Az így kibocsájtott energia, további atomokat stimulálnak, azok pedig újabbakat és így tovább. A kibocsájtás során akár el is nyelődhetnek a közegben a fotonok, így leállva a folyamat. Ezt egy megadott hullámhossz tartományban tudjuk elkerülni, melynek neve az erősítési sáv. Így el tudjuk azt érni, hogy a lézer működéséhez elengedhetetlen emisszió során az energia ne nyelődjön el a közegben.

Fontos az irányunk megadása is, mivel alapesetben véletlenszerűen minden irányban történik a foton átadás. Ezt tükrök segítségével tudjuk elérni. A tükrök egy rezonátor üregben helyezkednek el. A nem merőlegesen haladó fotonok elszöknek ebből az üregből, míg a többi a tükrök közt folyamatos visszaverődés folyamán újabb atomokat stimulálnak, így az energiaszint folyamatosan nő. A két tükör közül az egyik részlegesen átereszti a fotonokat, ezen áteresztett sugárzást nevezzük lézersugárzásnak.

Az így létrejövő lézersugár legfontosabb tulajdonságai, hogy rendezettek és koherensek. A létrejövőfény sugar hullámainak fázisa minden keresztmetszetben azonos. Nagyon kis széttartással rendelkeznek (javarészt párhuzamos, kis szóródási szöggel), így szűk sugárban nagy energia érhető el.

Az irányítottság a divergencia értékével jellemezhető, mely a folt átmérőjétől, a lencsének a fókusztávolságától és a lézernyaláb divergenciájától függ. A legkisebb felvehető értéke (ekkor a legpontosabb) a hullámhossz körüli érték, ám erre csak az úgynevezett transzverzális alap modusú műszerek képesek. Továbbá a mágneses iránya állandó, vagyis polarizált.

3.3. Lézerszkennelési vertikális tagoltsága

A technológiai újítás a légi lézerszkenneléssel került be a tágabb köztudatba. Ez a technológia lett a LiDAR (Light Detection and Ranging). Mivel ez volt az első így sok esetben ezt magával a lézerszkenneléssel is azonosították. A légi szkennelésben magát a műszert rögzíthetik fix szárnyú repülőgépre, helikopterre, ballonra vagy épp UAV-ra. A légi (igaz ez a földre is) szkennelés fejlődésének fontos eleme volt a navigációs megoldások fejlődése (GNSS, INS), mivel a fotogrammetriával ellentétben itt földi illesztőpontok használatát nem tudjuk megvalósítani. A szkennelési technológia másik nagy csoportja a földi lézerszkennerek.

Szélesebb körű használatba a földi lézerszkennelés az 1990-es évekbe került. Mint már korábban említettem az aktív távérzékelés családjába tartozik ezen technológia, a műszer az elektromágneses sugárzást lézer formájában állítja elő.

A lézer komoly előnye, mivel nagy energiájú így nagy hatótávolságú műszerek tudnak készülni. A módszer alapvető lényegét a LiDAR egyenlet írja le, melynek lényege, hogy megtudjuk határozni a visszavert energia nagyságát ($P(R)$) az távolság (R) függvényében az alábbi módon:

$$P(R) = K * G(R) * \beta(R) * T(R)$$

ahol:

Az alábbi két tag a műszert jellemző paraméter:

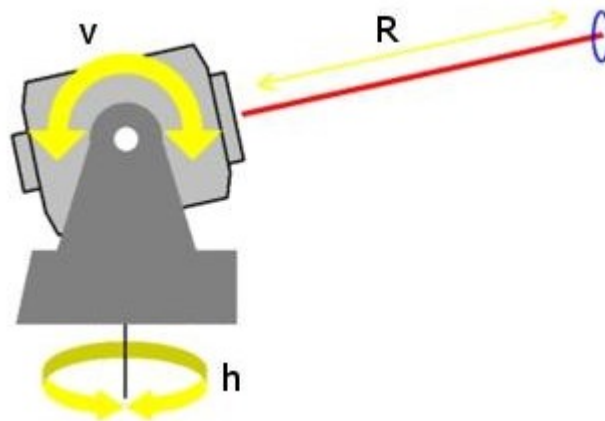
K -rendszer állandó (a műszer teljesítményét adja meg)

$G(R)$ -távolság függő mérési geometria

Légkört jellemző értékek:

$\beta(R)$ -visszaverődési koefficiens (légkör fényvisszaverő képessége)

$T(R)$ -átviteli egyenlet (Megmutatja mennyi fény nyelődik el)



6. ábra A földilézerszkennerek elvének bemutatása [8]

A földi lézerszkennelés működésének alapelve a 6. ábrán látható. Egy pont koordinátáinak rögzítéséhez a műszer elraktározza a vízszintes szöget (h) és a magassági szöget (v) valamint a pont távolságát (R). A magassági szöget egy beépített (forgó) tükör segítségével tudja meghatározni a műszer.

Két fajta tükör típussal szerelik a szkennereket, az egyik az oszcilláló tükör, melyet magasabb pontosság jellemez, a másik a forgó tükrös rendszer, ami magasabb pont mennyiség befogadására alkalmas. Meg kell viszont említeni, hogy amennyiben a munkánk szempontjából hatékonyabb a forgó tükrös megoldás is képes oszcillálva mérni.

A pont távolságának megadására két módszer terjedt el.

3.4. Időmérési műszerek

A jelnek (lézer) a kibocsátás és a beérkezés közti idő felhasználásával számítja ki a pont távolságát. Akár több kilométeres hatótáv is lehetséges.

$$D = \frac{v}{2} \cdot t$$

ahol:

D- távolság

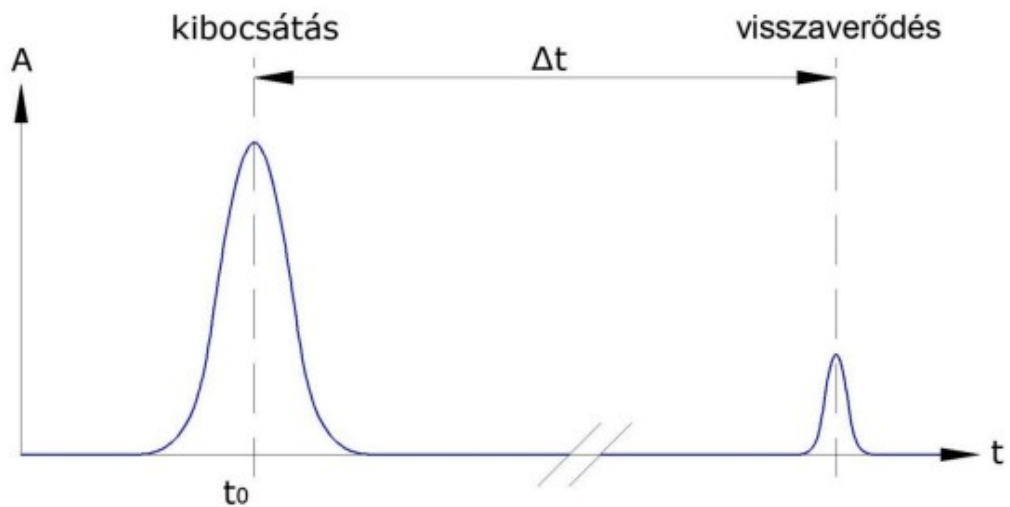
t- idő, a kibocsátás és a visszaérkezés között

v-állandó, fény terjedési sebessége

A „t” időnek számítását a műszer végzi el, így fontos, hogy a kibocsátás mellett képes legyen a visszavert jel felismerésére is. Ennek a módja a következők szerint történik:

Ismert a kibocsátott jel szinusza → a visszaérkező jel impulzusát elektronikusan felerősíti a műszer → az impulzus maximuma (szinusza) így egyértelműen beazonosíthatóak. (7.ábra)

Amennyiben a függvény nullát vesz fel, úgy a mérés elindul vagy leáll. Ezen módszer méréseinek pontossága szorosan függ az idő megmérésének precizitásától.



7. ábra Kibocsátott és visszavert jelek maximumai, időmérési műszerek mérési elve [8]

3.5. Fázismérésen alapuló műszerek

A megtett jel fázisainak ismeretében számítható a távolság. A számítás alapja hullámhossz nagyságának és azok számának a szorzata. (8.ábra) Tehát szükséges a hullámhosszak nagyságának és számának ismerete, mely meghatározása bonyolult művelet. Az alábbi módon számítható:

$$D = N \cdot \frac{\lambda}{2} + \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Ahol:

D-távolság

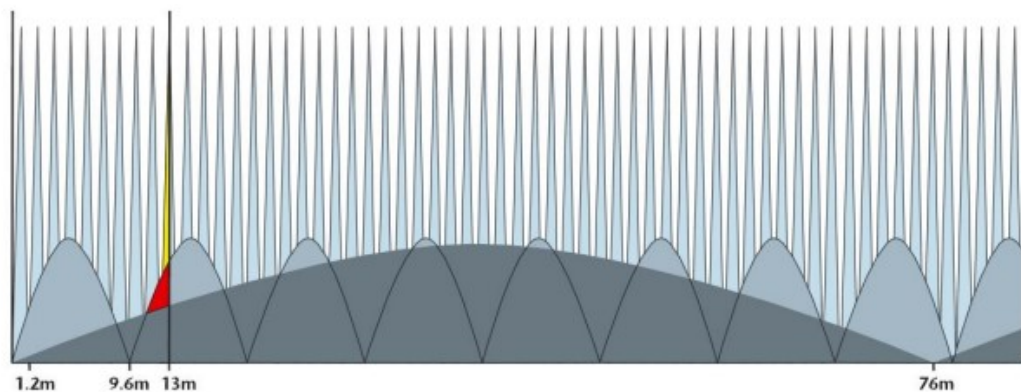
N-egész hullámok száma (db)

$\frac{\lambda}{2}$ hullámhossz

$\frac{\Delta\varphi}{2\pi} \cdot \frac{\lambda}{2}$ csonkafázis mértéke, nem egész hullámhosszal számolunk, hanem egy tört számmal szorzunk.

A fázismérési módszer esetén további két eljárást tudunk megkülönböztetni. Használhatunk állandó és változó mérőfrekvenciás mérést. Az állandó esetén a mérés ideje alatt a hullámhossz nem változik meg. Ennek okán létrejön egy csonka fázis, mely visszavezethető az időmérési távmérés elvére. A fázispontok közti időt impulzusok számlálásával határozza meg.

A változtatható mérőfrekvenciás elv szerint már csonkafázisok nem jönnek létre, mivel a frekvenciát modulálja a vevő, egészen addig amíg a csonkafázis nulla értéket nem vesz fel, ezáltal csak egész hullámhosszokkal számolunk. A módszer előnye az egyszerűbb számítás, viszont ismernünk kell a frekvenciák pontos értékét. Napjainkban ez egy visszaszoruló mérési elv, a terepi nehézségei miatt.



8. ábra Fázismérésen alapuló mérés elve [8]

Meg kell még említeni az utóbbi években egyre inkább megjelenő teljes hullámforma (full waveform) mérésének elvét is, mely elvi szinten képes végtelen számú visszaverődést rögzíteni, egy sugárhoz. Ezen technológia bár a légi lézerszkennelésben már bizonyított, a földi lézerszkennelések esetén még nem elterjedt módszer. Ezen módszer által gyűjtött adatok jelentős többlett információt adnak a mért felület tulajdonságairól, így például a felület anyaga, színe, beesési szög nagysága. A hullámok intenzitás adatai alapján pedig leolvasható az egyes típusú adatok.

3.6. Műszerek fejlődésének bemutatása

Az első műszerek a lézer megjelenét követően nem sokkal megjelentek az 1960-as években, légi alkalmazásban jóval kisebb pontosság mellett. 1980-as években jelent meg a földi lézerszkennerek első műszerei. Ekkor kezdték meg a napjainkban is jelentős gyártók az első műszereik forgalmazását. Alapvetően három nagyobb generációt ismerhetünk fel. Az első generációt követően körülbelül 5 éven belül megjelentek a második generációs műszerek. Ezen generációban már a napjainkra jellemző főbb tulajdonságok (hatótáv, pontosság) megjelentek. A legfőbb különbség a napjainkat jellemző harmadik generációra nézve, hogy ezen műszerek még nem támogatták a full waveform mérési elvét.

Napjainkra természetesen jellemző, hogy a műszerek egyre kisebbek kompaktabbak és természetesen számos technológiai tulajdonságot magukba foglalnak, így például a beépített GNSS vevő vagy épp a hátrametszési eljárás. Megemlíthetjük az egyre csökkenő akkumulátorok méretét, felhasználó-barát kezelőfelületet vagy éppen a vezeték nélküli csatlakozás lehetőségét.

3.7. Lézerszkennerek alkalmazási területei

Mint azt láthatjuk napjaink mobilis, pontos nagy adatkapacitással rendelkező műszerek számtalan területen használhatóak. Rendkívül pontos képet adnak, ez 2 mm-en belüli hibahatárt is jelenthet, illetve a műszeres és szoftveres fejlődésnek köszönhetően egy színes és jól áttekinthető modell építhető fel, a műszer által létrehozott pontfelhőből. A műszer rövid idő alatt képes egy akár több tíz millió pontból álló állományt rögzíteni, ezáltal képes a terep és a környezet pontos másolatát, modelljét létrehozni. Köszönhetően annak, hogy ezen állomány a terep minden részletét megméri, így elég egyszer kimenni a terepre, majd ezt követően bármikor előtudjuk venni az állományt, akár más munka vagy egyéb területek kiszolgálása végett. Emiatt a tulajdonsága miatt nem csak a földmérésben vagy az építészeti tevékenységekhez kapcsolódóan használjuk a technológiát.

Ilyen terület lehet például a régészet, romok felmérése vagy leletek felmérése és mivel ez nem igényel fizikai kontaktot így a leletek védelme is egy nagy előnye a módszernek.

Ugyanezen analógia mentén jól látható, hogy például a bűnügyi helyszínelés esetében is egy használható és előreutató módszerként alkalmazható. De például a napjainkban egyre inkább teret hódító 3-D nyomtatás egyik hasznos kísérő technológiája lehet.

Természetesen a leggyakrabban használt alkalmazási terület a földmérésben és az építőiparban keresendő. Könnyű belátni, hogy mondjuk egy épület homlokzata, vagy éppen alaprajzának előállított modellje alapján a tervező sokkal könnyebben tud dolgozni. Ami nem csak a könnyebbiséget jelenti, hanem a pontosság növekedését, az idő rövidülését és sokkal könnyebben becsülhető meg egy projekt tényleges költsége. A módszerrel az esetlegesen legyártott vagy már beépített elemek geometriája is ellenőrizhető, szükség esetén időben korrigálható. Ezzel a módszerrel a terep is jól felmérhető. De például egy vulkán geometriájának követése alapján egy esetleges kitörés előrejelzésének lehetőségére is használható a technológia.

3.8. BIM modell

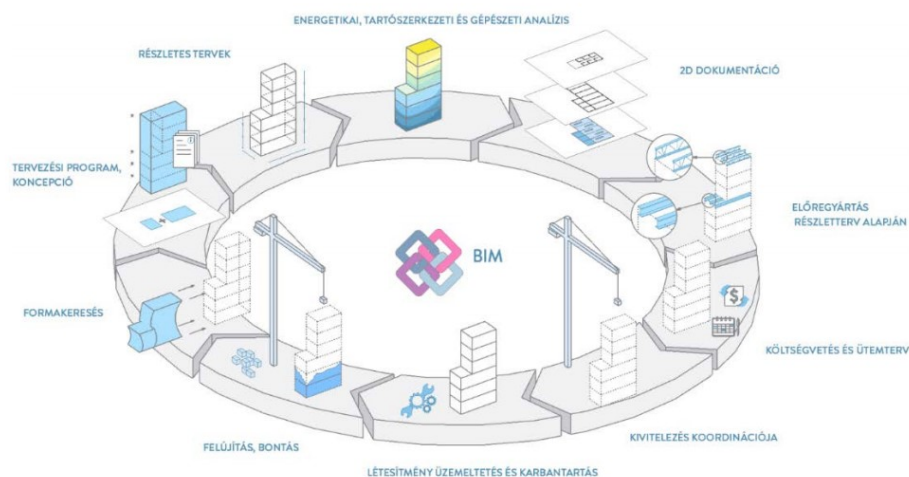
A feldolgozott pontfelhőt hívhatjuk BIM modellnek. Természetesen ez, így nagyon pongyola megfogalmazás. Magát a BIM definícióját az amerikai BIM szabvány fogalmazta meg, mely szerint:

„Az épületinformációs modellezés (BIM) egy létesítmény fizikai és funkcionális tulajdonságainak digitális leképezése. A BIM segítségével egy olyan közös, megosztott információforrás jön létre a létesítményről, amely megbízható alapot jelent a döntéshozatalhoz a teljes életciklusban; a legelső koncepció kidolgozásától a bontásig” [10].

Tehát maga a BIM egy olyan komplex modell, melyben az épületről készült felmérést tudjuk tárolni, kezelni vagy épp megosztani másokkal.

Magának az épületnek a ciklusa is végig nyomon követhető a magától a tervezéstől, a kivitelezésen át, a végeredmény ábrázolásáig. Segítséget nyújthat magának a költségeknek a megtervezésében és nagy támogatást nyújthat a „facility management”-ben is. A létrejövő modell egy CAD alapokon nyugvó, de különböző IT szolgáltatásokkal ellátott végeredményt eredményez. (9.ábra)

Egy ilyen modell megbízható működéséhez óriási mennyiségű adatra van szükségünk, amit a legcélszerűbb a lézerszkennelési technológiával begyűjteni. A módszer nagy előnye még, hogy képesek vagyunk a modell egyes elemeihez további adatokat vagy számunkra fontos információt rögzíteni, melyet igényel az adott projekt. A modellel az egyes szakágak közti kommunikáció hatékonysága is nagy növelhető.



9. ábra BIM-modell [10]

4. GYAKORLATI MUNKA BEMUTATÁSA

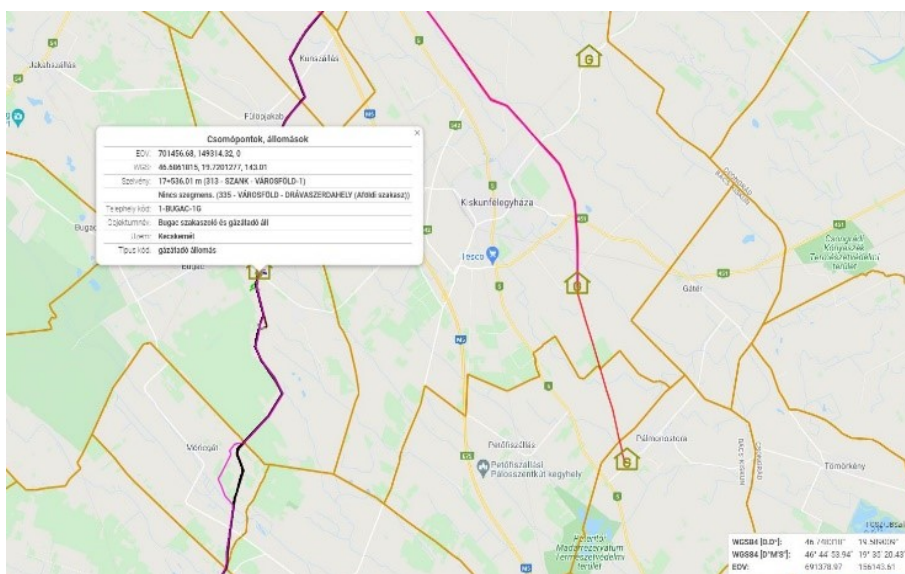
A szakdolgozatom helyszíni felmérése 2021. augusztus 31.-én 10-15 óra között valósult meg, az FGSZ Zrt. K+F programjának keretében. A cég K+F programjának és költségvetésének keretében a Leica Geosystem Hungary Kft. munkatársai segítségével a helyszínen 4 különböző korszerű eszközzel került felmérésre a Bugac szakaszoló és gázátadó állomás. A mérések elsődlegesen a földilézer szkenneléses technológiát kihasználva készültek el, a GNSS segítségével készült felmérés elsősorban azt a cél szolgálta, hogy a mért állomány beillesztésre tudjon kerülni az országos vetületi rendszerbe.

4.1. Helyszín bemutatása

A mérésre kiválasztott objektum Bugac szakaszoló és gázátadó állomás. Ezen K+F-ben megvalósuló projektmunka elsősorban demonstrációs célokat szolgál, bemutatásra került mit tudunk ezzel a technológiával megvalósítani a gáziparban. Így a helyszín választás során azt tartottam szem előtt, hogy többféle objektum megjelenjen (épület, szerelvény kert, villámhárító, kerítés, útburkolat) ezért esett erre a helyszínre a választás. Az állomás Közép-Magyarországon, Kiskunfélegyházától 20 km-re található, Bugac külterületén a 059/5 helyrajzi számon (10. és 11. ábra).



10. ábra Bugaci állomás levegőből fényképezve



11. ábra Bugac gázátadó elhelyezkedése Kiskunfélegyháza viszonylatában

Az állomást két magasnyomású gázvezeték érinti (egy a Szank-Városföld DN 700 csak megközelíti) ezek a Szank-Városföld DN 400 és a Városföld-Drávaszerdahely DN 800 („Horvát tranzit”). A horvát tranzit az állomáson egy szakaszoló pontot tartalmaz, melyhez felszínre jön és itt találhatóak szerelvények rajta. A Szank-Városföld DN 400 gázvezeték ugyancsak szakaszolható ezen objektumon, viszont a felszínen külön szerelvény csoportot tartalmaz a DN 800-tól. Az állomás másik funkciója a gázátadás, ennek a technológiai tere az állomás területén megtalálható épületben található. Az épületben 4 helyiség található melynek különböző funkciói ismertek. A gázátadás során a szállítási nyomást (60 bar) lecsökkentik 4 bar-ra amit átadnak a lakossági szolgáltatóknak. Ezen folyamat során nagymértékű a hőmérséklet csökkenése így szükség van egy gázkazánra is a gáz melegítéséhez. Természetes állapotában a földgáz színtelen és szagtalan, így szükség van a gáz szagosítására, hogy észlelhető legyen a lakosság számára. Ezen az állomáson erre is van lehetőség. Az állomáson találhatóak még hírközlési kábelek, műszerkábelek, katódvédelmi kábelek, valamint a hozzájuk tartozó egyéb infrastruktúra (villamos szekrény, műszer- illetve hírközlési szoba).

4.2. Helyszíni/terepi munka bemutatása, műszerek bemutatása

A terepi munka bemutatását 4 részre bontanám, mivel alapvetően 4 különböző műszerrel volt a helyszín felmérve. A mérés napján (2021.08.31) 24-28 °C volt, derült napos idővel, ideális körülményeket biztosítva a terepi felméréshez. A helyszíni munkavégzéshez szükséges eszközöket a Leica Geosystem Kft. biztosította.

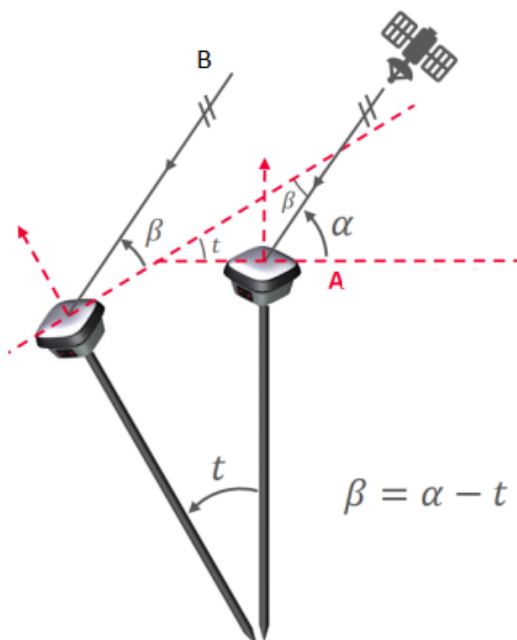
4.2.1. GNSS Felmérés

A GPS-szel való mérésre elsősorban azért volt szükség, mivel a szkennelés során nem történt tájékozás, így szükség volt néhány jellemző pont felmérésére, hogy a keletkező pontfelhőnket betudjuk illeszteni EOVS koordinátákra megfelelő orientációval. A használt eszközünk a Leica GS 18 GNSS RTK Rover. (12.ábra) A műszer elindítás után 4 másodpercen belül inicializált, így mérést hamar megtudtuk kezdeni. Egy pont megmérése 1-2 másodpercig tartott, melyet 6 epochával tett meg, így nagy gyorsasággal vagyunk képesek a felmérés elvégzésére. Amennyiben kihasználjuk a műszer dőléskompenzátora adta előnyöket, a mérési időt ez nem befolyásolja.



12. ábra GS 18 mérés közben

Magát a műszert a gyártó nagy pontosságúnak írja le, horizontálisa 8 mm+0.5 ppm, vertikálisan 15 mm+0.5 ppm. A mérés közbeni tapasztalatok ezt megerősítik, jellemzően 5 mm és 12 mm közti intervallumon belül alakult a hibáink mértéke. A helyszíni munkavégzés során viszont elsősorban a beépített dőléskompenzátort bekapcsolva használtam a műszert. A technológia lényege, hogy a műszert tartó állványt nem kell függőlegesen tartanunk, így megmérhetővé válnak olyan pontok is melyek függőleges mérés esetén nem azok (pl.: eresz alatti pontok, épület pontjai). A GS 18 a dőléskompenzálást a beépített kamerájának segítségével végzi el.



13. ábra: Dőléskompenzátor működési elve (t -árbóc dőlésének a szöge, B - GNSS jel, A -Antenna horizontja)

A dőléskompenzált mérés megbízhatóan 30 fokok szögig történhet (ekkor a hibalehetőség 8 mm, a statikus méréshez képest). A mérés során ez az érték jellemzően 2-6 mm-es tartományban maradt. Így a mért pontjaink hibahatára mindenhol 25 mm alatt maradt, ami ideális a jelenlegi mérési célunkhoz.

Érdemes megemlíteni, hogy a Leicának ezen új műszerét ellátták egy kamerával, mely fotogrammetriai módszerekkel képes kezdetleges pontfelhőt generálni, illetve arra is, hogy olyan pontokat megmérjük 3 koordinátával, amihez fizikailag nem férünk hozzá. Ilyen pont lehet a tetőnek pontja, egy árokban lévő pont vagy éppen egy fa alatti takart

részen meghatározandó rész. A tapasztalatok azt mutatták ezen pontok pontossága (a fizikailag megmért pontokhoz mérten) 15 mm és 35 mm közti intervallumba estek.

Nagy előny lehet egy későbbi adatszükséglet esetén (állomási átalakítás, épület korszerűsítés) a képek pixeleinek geometriai adatainak felhasználhatósága, amennyiben a hibahatárunk elégséges. Viszont ez a verzió nagyobb hibákat hordozhat magában, mintha a pontunkat fizikailag mértük volna meg.

A mért állomány alapján a szkennelt állományok jellemző pontjai (kerítés, épület sarokpont, csavar) a mért GNSS állománnyal való hibaértékei 18 mm alatt maradtak, így a pontfelhőnk EOVS rendszerbe való illesztését is könnyen megtudtuk tenni. Így elmondható, hogy a helyi rendszer és az EOVS rendszer között maximum 18 mm-es hiba lép fel.

4.2.2. Leica RTC 360 statikus lézerszkennelés

Az állomás statikus mérése másfél óráig tartott, mely során az állomás külterét illetve egy helyiséget (technológiai helyiség) mértünk meg, ehhez 14 álláspont volt szükséges. (14.ábra) Az álláspontok között nincs szükség semmilyen tájékozásra, ugyanis miközben visszük a műszert a következő szkennelési helyszínre a VIS technológia által a műszeren található kamerák segítségével követi a saját mozgását a pontfelhőhöz képest ez által megteremtve a valós idejű álláspont illesztés lehetőségét. A módszer lényege a műszeren található kamerák rögzítik a környezet képeit és ezeket egymásra illesztve képes a kész pontfelhőhöz rendelni a műszer pontos helyzetét, így az összes álláspont illeszkedik a mérési állomány pontfelhőjébe.

A mérés során fontos, hogy megfelelő távolságon belül tudunk megbízhatóan mérni. A szögmérési pontosság 18 szögmásodperc és 100 méterig használható egy álláspont. Itt viszont fontos megjegyezni, hogy folyamatosan romlik a pontosság a távolság függvényében. 10 méter esetén 1,9 mm, 20 méter esetén 2.9 mm, 40 méter esetén pedig már 5,3 mm, viszont még 100 méter esetén is 2 centiméter alatt marad a pontossági hibahatár. Ezen adatokat figyelembe véve, úgy hoztuk létre a mérési pontokat, hogy minden objektumok 20 méteres sugarú körön belül megtudjunk mérni, így a

pontossági hiba 3,5 mm alatt maradt. A távmérési zaj ezen 20 méteres távolságon belül 0,5 mm alatt maradt.

A műszer menüjében mindösszesen a mérés időtartamát állítottuk be, amit 2 és fél percre vettünk (ebből 1 perc a HDR létrehozása, 1,5 perc maga a LIDAR mérés). Ezen paraméter segítségével tudjuk befolyásolni a pontfelhőnk sűrűségét, viszont a magas sűrűség nem feltétlenül egyenlő a pontosság növekedésével. Ez az időtartam egy közepes mérésnek felelt meg.



14. ábra RTC 360 lézerszkennelés mérés közben

Az így kapott pontfelhőnk pontossága az FGSZ Zrt. céljaira tökéletesen elegendő, ugyanakkor a mért objektumaink távolságára (100 alatt, ajánlott a 20 méter) és a megfelelő álláspontok számára figyelniük kell.

4.2.3. Leica BLK 360 képkészítő lézerszkennelés

Az RTC 360-nal ellentétben, ami statikus mérést enged meg nekünk, a BLK 360 kinematikus mérési elven alapul. Tehát a mérés közben a műszernek nem kell mozdulatlan helyzetet felvennie, hanem mozgás közben rögzíti a pontfelhőt. A műszer két részből áll: magából a mérő egységből, illetve a hozzátartozó talpból (15.ábra).

Miután kiválasztottuk a pozíciókat a talpat lehelyezzük egy fix felületre, és erre rá a műszert. Elindítjuk a mérést és körbe hordozzuk a mérendő területen majd visszazárunk vele a földön hagyott műszertalpra.



15. ábra BLK 360 lézerskenner

Maga a műszer jóval kevesebb pontot rögzít másodpercenként, mint az RTC 360 (körülbelül hatodával) viszont ez csupán csak azt eredményezi, hogy a pontfelhőnk mérete kisebb lesz, ez érdemben nem befolyásolja a pontosságot. Indítás előtt nem lehet egyéb beállításokat megadni, a pontfelhő sűrűségét csupán az befolyásolja milyen sebességgel sétálunk, illetve hányszor sétálunk el egy objektum mellett (Bugac esetén jellemzően kétszer).

A BLK ajánlott hatótávja 60 méter, de a mérés közben tapasztaltak szerint 20-30 méterig tudtuk megbízhatóan használni, felette a mérési körök záró hibája 1 méter is lehet. Magát a pontfelhőt 20 méteren belül 3-12 mm pontossággal tudta felmérni a műszer.

Fontos, hogy miután elindítottuk a talpról a mérést (majd elindultunk) és miután befejeztük (visszahelyeztük a talpra) a mérési kört, kontrolleren (esetünkben telefon) megtudjuk nézni a mérési kör záróhibáját.

Ez az érték, ha minden jól sikerült 3-35 cm, amennyiben ezt elfogadjuk úgy a feldolgozás során tudjuk javítani az egyéb körök illesztésével, így alakult ki a 2.8 centiméteres hibahatár. Viszont több esetben (2) a záróhiba magas lett (1 illetve 2,6 méter) így ezen méréseket megkellett ismételni. Ilyen módon a gázátadó teljes területét 7 darab mérési körrel lehetett felmérni.

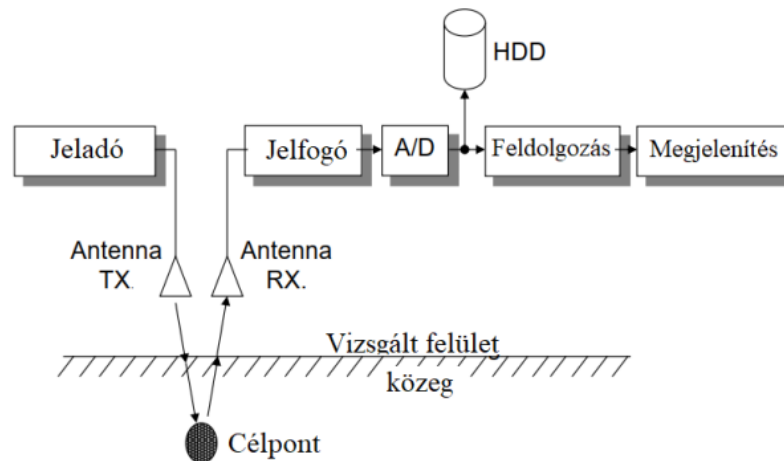
A mérés során 150 MP-es panoráma fényképet tudunk készíteni, melyet a pontfelhő azon részéhez rendel, amelyről készült, így nagy segítséget nyújt az irodában végezhető „vizuális mérésekhez”, állomáson belüli tájékozódásokhoz.

A BLK pontatlanabb a statikus méréshez képest, bár ennek mértéke (2 cm) nem magas, az FGSZ céljaira ideálisan használható. Előnye a hordozhatóság és a gyors mérési lehetősége. Viszont a megismételt körök miatt a gyorsaság nem jelentős a pontosabb mérést biztosító RTC 360-hoz képes, így a javaslatom szerint a cég számára megfelelőbb a statikus mérést adó műszer.

4.2.4. DS 2000 georadar

A mérési nap során lehetőség nyílt az állomás föld alatti objektumainak földfelszín alatti felmérésére is. Ehhez a napjainkban egyre szélesebb körben használt GPR (Ground Penetrating Radar) technológiát hívhatjuk segítségül, vagyis a talajradart. Ezt a Leica DS 2000 talajradar segítségével tettük meg. Maga a műszer küllemre egy fűnyíróra hasonlít, és ugyanúgy kell „tologatni” a mérendő terület felett. (17.ábra) A műszer nagy frekvencia tartományú (UHF/VHF) elektromágneses hullámokat bocsájt ki majd a visszaverődő jeleket detektálja, így nyújtva betekintést a földfelszín alatti viszonyokban.

A mi esetünkben a közművek megkutatására használtuk, de emellett még számtalan tudományág számára hasznos lehet (régészet, geológia, hidrogeológia, stb.).



16. ábra GPR működési elve [17]

Maga a műszer három fő részből áll: adóantenna, vevőantenna és a vezérlőegység. (16.ábra). A környezet felé leadott energiát (TX) a vezérlőegység az antennán keresztül adja le a vezérlőegység. A visszavert hullámokat (RX) a vevőantenna fogadja és a vezérlőegység digitális jellé alakítja. Ezen jel alapján meghatározható a mélység, illetve a pozíció ugyanis a földfelszín alatti eltérő viszonyok befolyásolják a jelek terjedésének minőségét. Maga radar a visszavert hullámokat rögzíti és időt mér, tehát a kibocsátás időpontja és a reflektálódott hullám beérkezése közti időt méri. Ez az idő függ a relatív permittivitástól, vezetőképességtől, terjedési sebességtől. Így egy nedvesebb közegben a hullámok terjedése rosszabb. Vizuálisan ez számunkra hiperbolák képében jelenik meg, így tudjuk kiolvasni, hogy a felszín alatti átlagos közegben megjelenik egy gázvezeték vagy egy kábel. A műszer tulajdonságai közé tartozik, hogy a nem fémes anyagokat is jelzi, szemben egy hagyományos közmű keresővel, ugyanis ez mindent mutat, ahol a környezethez képest eltér a dielektromos állandó. A műszerhez rögzíthető egy GNSS RTK vevő is mellyel rögzíthető a pontos helyzete, így georeferált szelvényeket fogunk kapni. A másik mérési módszer egy a terepen megalkotott grid háló, melynek pontjait GNSS-szel megmérjük és ezen cellák mentén toljuk a DS 2000-t, majd a feldolgozás során ezen mért pontokra illesztjük a feldolgozott állományt.

Ez a módszer bár lassabb és körülményesebb (grid háló pontjainak megmérése és a pontok megfestése terepen) viszont pontosabb helymeghatározást tesz lehetővé.



17. ábra DS 2000 talajradar mérés közben

5. TEREPEN MÉRT ADATOK FELDOLGOZÁSA, ILLETVE AZOK FELHASZNÁLHATÓSÁGA

A most következő részben bemutatom, hogy a mérés során nyert adatok feldolgozása, hogyan történt, illetve az így nyer adatokat az FGSZ Zrt. miben tudja hasznosítani.

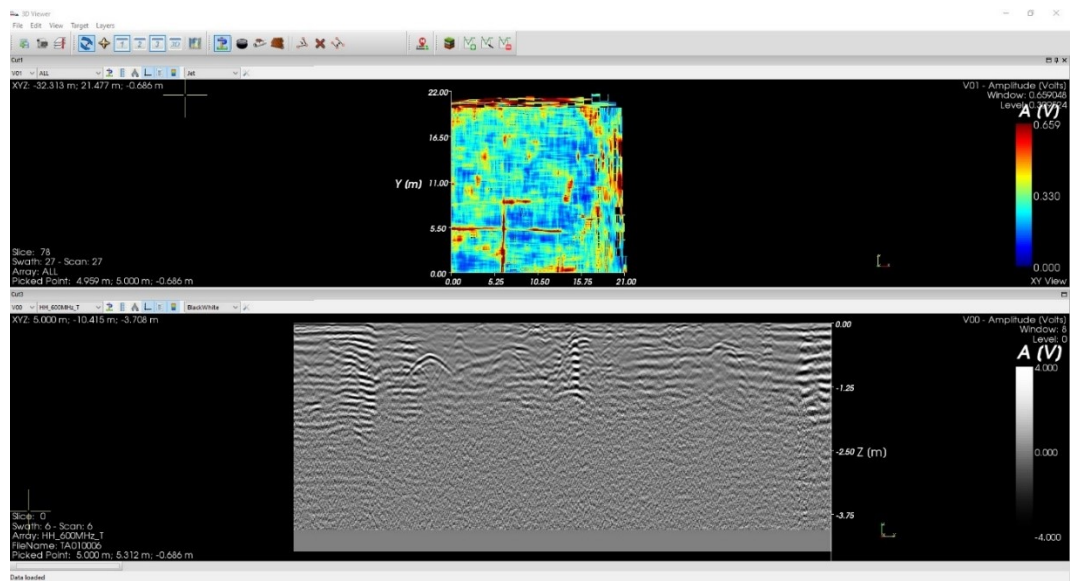
5.1. Talajradaros mérés feldolgozása

A talajradar által mért eredmények már a mérés során is látható volt a kontroller felületén. (18.ábra)



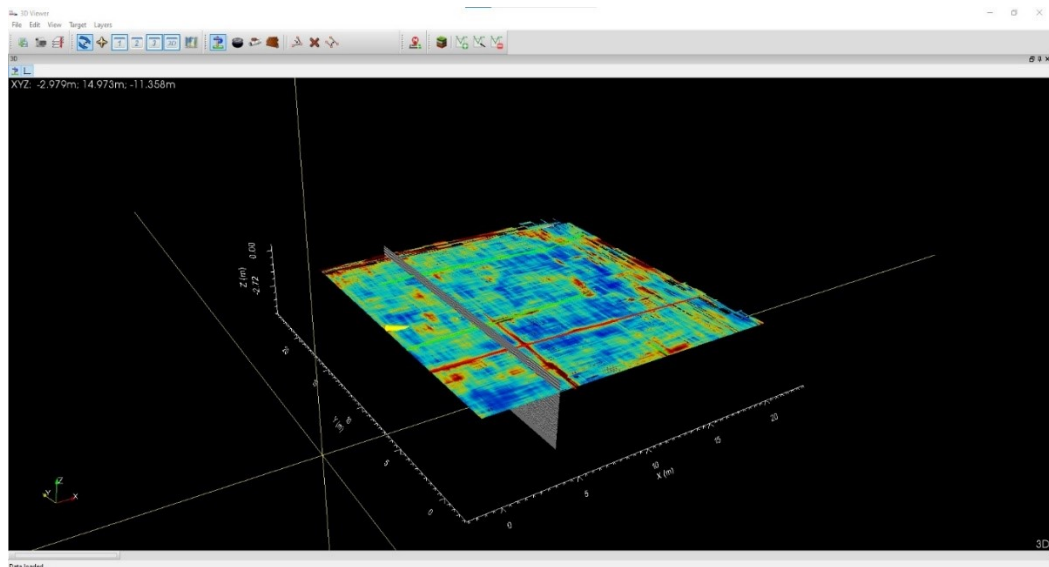
18. ábra Talajradar mérés közben látható eredményei

Erre a Unext Basic terepi szoftverrel voltunk képesek. Az irodai feldolgozás a Gred HD CAD feldolgozó szoftver segítségével valósult meg. Az első lépésben a szűrjük az állományunkat a különböző zavaró tényezőkre, ilyen lehet például a háttérzaj, frekvencia érték beállításai, a filterek finomhangolása. Ezt követően a beépített algoritmus a georadar szelvényekből (ami esetünkben 1 méter) készít egy tomográf képet. Ezen tomográf képen jelennek meg a részletek, és ha a szelvényünkben kattintunk egy hiperbola csúcs értékére az megjelenik a tomográf képen, ezzel látva a pontos pozícióját. (19.ábra)

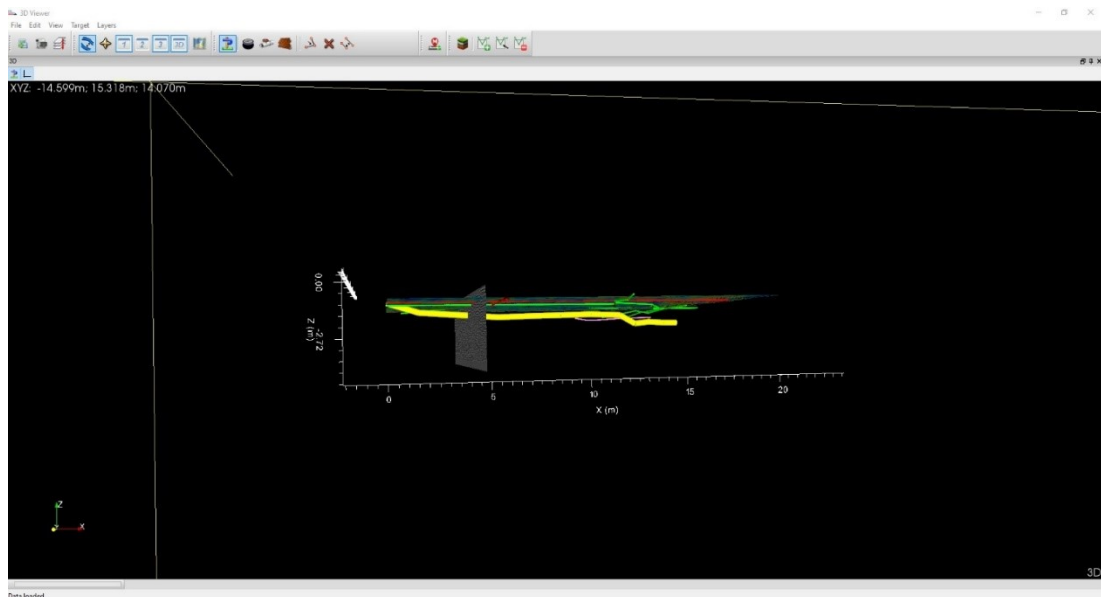


19. ábra Mért hiperbolák és az ebből létrehozott tomográf kép

A hiperbola legfelső része az objektum felső palástja, a 19.ábrán az a DN 400 gázvezeték. Az így elkészült tomográf alapján a programban kattintva megtudjuk rajzolni az objektumainkat és mindezt tudjuk 3 dimenzióban tudjuk ábrázolni. (20. és 21.ábra)



20. ábra 3 dimenzióban megjelenített tomográf képe



21. ábra A mérésből szerkesztett földfelszín alatti csőhálózat

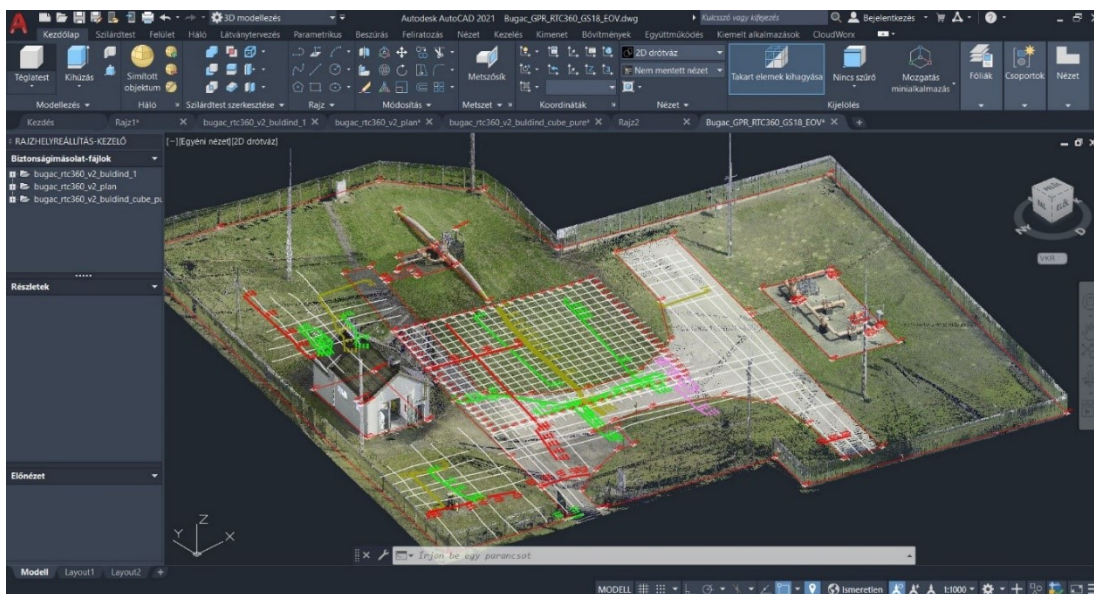
Az így elkészült állományunk háromdimenziós vektoros formában tudjuk exportálni. Esetemben ezt dwg-ben exportáltam és ezen állományt összeemeltam a lézerszenkerek által készített pontfelhővel. A georadar által felmért állományt legjobban úgy tudjuk ellenőrizni, hogy a szerelvények lebukáspontja az esetek döntő többségében egyenesen halad tovább (az első méterben biztosan) és ezzel illesztve kirajzolódik helyes-e az ábrázolás. A bugaci állomás esetén a talajradaros felmérés a DN 400-as vezetékre szépen illeszkedik és pontos képet mutat. Továbbá a lefűvatóhoz tartó vezeték jelenlegi 2 dimenziós ábrázolása nem helyes, ezt szépen kirajzolta a talajradar.

5.2. Talajradar felhasználási lehetőségei

A georadar hatalmas előnye, hogy a felszín alatt húzódó közműveket, melyek lehetnek csövek, rézkábelek, optikai kábelek, kötések megtudjuk sérülés mentesen keresni és ezt követően kutatni. Az FGSZ Zrt. jelenleg vagy koordináták alapján tűzi ki a földalatti közműveit, illetve amennyiben konduktív a vezeték (fémes) úgy a nyomvonalkereső/közműkutató műszer segítségével határozza meg annak pozícióját. Viszont ezen jelenlegi technológia hátránya, hogy az állomások területén rendkívül

sok közmű húzódhat, ezáltal a jelek áttevődhetnek, így nehéz vagy nem kereshető, illetve csakis fémet tartalmazó közművek kereshetőek vele, tehát az optikai kábelek jelenleg csak koordinátából tűzhetőek, sajnos a kábelek nyomvonalainak ábrázolása tapasztalataim szerint több esetben csupán tervállapotot rögzítik.

A talajradar nagy előnye minden kereshető a felszín alatt és így sérülés mentesen feltárhatóak azok és természetesen egy tervezőnek átadva az adatokat jóval egyszerűbb és pontosabb a tervezési folyamat egy beruházás esetén (kevesebb utómunka, illetve a beruházás közbeni kellemetlen „meglepetés” érheti a kivitelezőt). (22.ábra) Viszont ez a technika önmagában nem elegendő szükséges egyéb geodéziai mérésekkel kombinálni. Ez lehet GPS, mérőállomás vagy éppen lézershakenner. Ezen műszerekkel felmért állományokhoz csatolva a talajradaros mérés már egy használható és pontos képet ad a felszín alatti viszonyokról. A hátránya lehet a kezelő személyzet oktatásának szüksége, ugyanis a parabolák értelmezése és a feldolgozás folyamata szakértelmet és tapasztalatot követel meg.



22. ábra Talajradar eredménye a mért pontfelhővel összeemelve

5.3. Pontfelhő létrehozása

A mérést követően szükségünk van a pontfelhő létrehozására és annak tisztítására. Meg kell szüntetni a zavaró tényezőket és az esetleges olyan objektumokat melyekre nincs szükségünk a mérés folyamán (például emberek). A terepi nap folyamán 2 műszerrel történt felmérés (RTC 360, BLK 360) ezáltal két különböző pontfelhő készült. Elsősorban azért, hogy a mérések közti különbségek demonstrálásra kerüljenek. A pontosságuk alapvetően az FGSZ céljait tekintve hasonló és csupán a mérési metodika mutat különbséget. Ezen okok miatt a feldolgozás és a kiértékelés során az RTC 360 lézerszkennert által rögzített pontfelhővel dolgoztam.

Első lépésben a műszerből kinyert vagy a mérés közben azonnal a felhőben továbbított adatokat kell betöltenünk. Az erre használt szoftver a Cyclone REGISTER 360. Az állományt betöltve láthatjuk a teljes pontfelhő állományát. Első lépésben le kell ellenőriznünk a mért álláspontok illesztését, mivel a terepen nem használtunk referencia pontokat. Az illesztések kapnak egy előregisztrációt (ezt a mérés közben láthatjuk a tableten is) amennyiben ez az előregisztrált állapot számunkra túl pontatlan, lehetőségünk van finomítani azokon. A mi állományunkban ezen illesztés hibahatára 3 cm alatt volt.

Amennyiben finomítani szeretnénk rajta úgy keresnünk kell 2 közel lévő álláspontot és ezeket addig húzzuk amíg a 2 álláspont közös pontjai nem fedik egymást (ilyen pont lehet például egy kerítés vonal, vagy egy közös csőszakasz). A program ezután automatikusan felajánlja nekünk, ha van a közelben másik álláspont. Ezt követően kikell egyenlíteni a hálózatunkat egy másik program funkcióval. Ezen módosításokkal a hiba érték lecsökkent 6 milliméterre. (23.ábra, 1.függelék)

Overall Quality

Error Results for Bundle 1		Bundle Error 0.006 m	
Setup Count:	27	Overlap 60 % ✓	Strength 36 %
Link Count:	38		
Strength:	36 %	Cloud-to-Cloud 0.006 m	Target Error --
Overlap:	60 %		

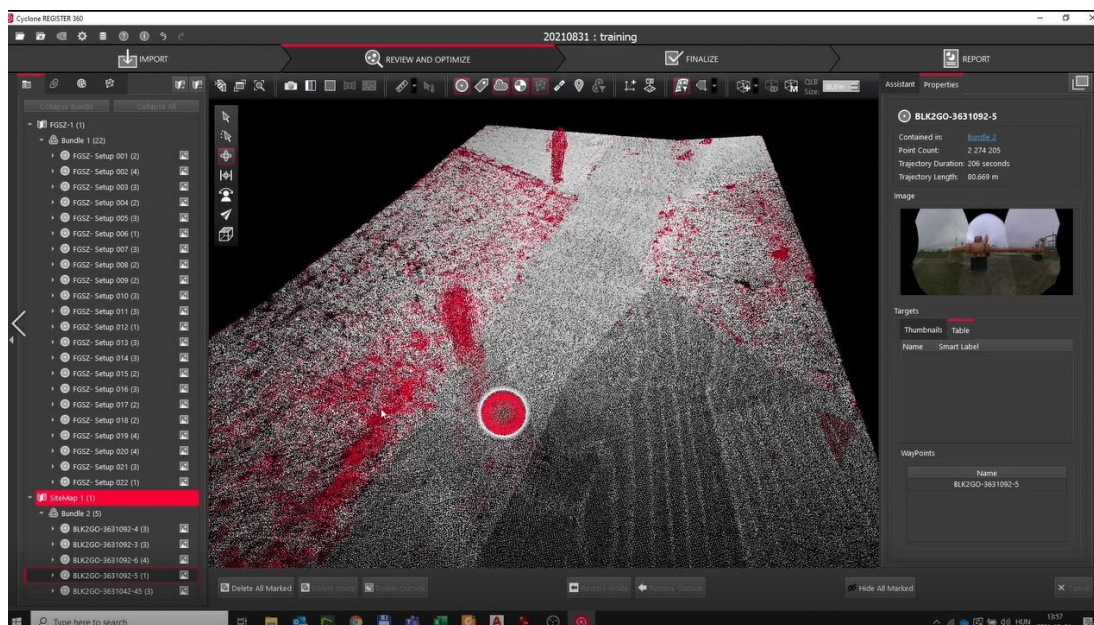
23. ábra Teljes pontfelhőnk összesített hibaértékei [RTC 360 eredeti report]

Ez a pontossági érték az FGSZ Zrt. jelenlegi szabályainak megfelel. Jelenleg a 3D-s pontfelhőre nem vonatkozik sem törvényben rögzített kötelezettségünk, sem belső szabályzatunk. Ezen szabályzat kidolgozására érdemes a jövőben figyelmet szentelni. A mérés során ügyelnünk kell a megfelelő távolságokra, illetve álláspontok számára (minden látható legyen), az illesztésünk során pedig érdemes egy 3 cm alatti pontossági értéket megkövetelni, mely a mérési tapasztalat szerint megoldható kihívás.

Miután az illesztéseinket elfogadtuk meg kell tisztítani a pontfelhőnket a zavaró tényezőktől. (24.ábra) Jelen mérés esetében ez a helyszínen tartózkodó embereket jelentette, de például ilyen módszerrel tudjuk eltüntetni a bútorokat egy belső térből, ha arra nincs szükségünk. Kettő módszerrel tehetjük meg az ilyen „levágásokat”. Az első egy manuális levágás ebben az esetben létrehozunk egy Limit Boxot (így érjük el, hogy szűkítsük a feldolgozandó területet, kímélve a hardveres erőforrást) ahol az emberek álltak így csak azt látjuk, ahol a probléma volt. Ezt követően oldalnézetbe váltunk és levágjuk a nem kívánt részeket.

A másik megoldás egy automatizált eljárás, ez abban az esetben lehet hasznos, ha a „zaj” nagyobb területet érint ezáltal a levágás funkció érinthet olyan részt melyre szükségünk lenne. Ezt a *Find Smooth Surface* funkcióval tudjuk megtenni. Ezzel kijelölhetünk manuálisan olyan pontokat melyek a valós szinteket (felületeket) jelölik és a program automatikusan legyűjti az ezen pontok feletti „felesleget” ezt pirossal emeli ki, és ha elégedettek vagyunk az eredménnyel ezt egyszerűen levágja.

Ezen folyamatokkal megkaptuk a kész pontfelhőnket, mellyel tudunk további méréseket eszközölni, vagy éppen modellt építeni.



24. ábra "Nyers" pontfelhőn lévő zajok, esetünkben emberek

5.4. Pontfelhőből alkotott modellek

Az pontfelhő további alkalmazási lehetőségeit 2 programban dolgozva kaptam meg. A *TrueView* nevű ingyenes szoftverrel megtekinthető a kész pontfelhő, illetve alapvető méréseket is tudunk ebben a szoftverben elvégezni.

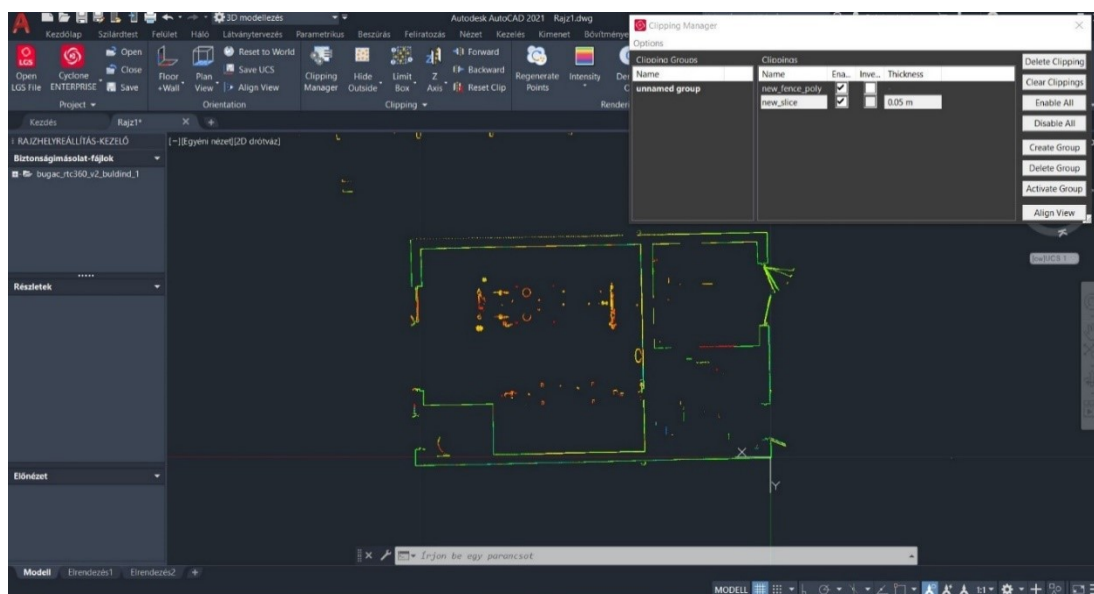
A másik program az *AutoCAD*-ben használható beépülő modul a *CloudWorx*. Elsőnek az *AutoCAD*-ben futtattható *CloudWorx* bővítményt mutatom be.

Miután behívtuk a pontfelhőnket többfajta műveletet végezhetünk a programon belül.

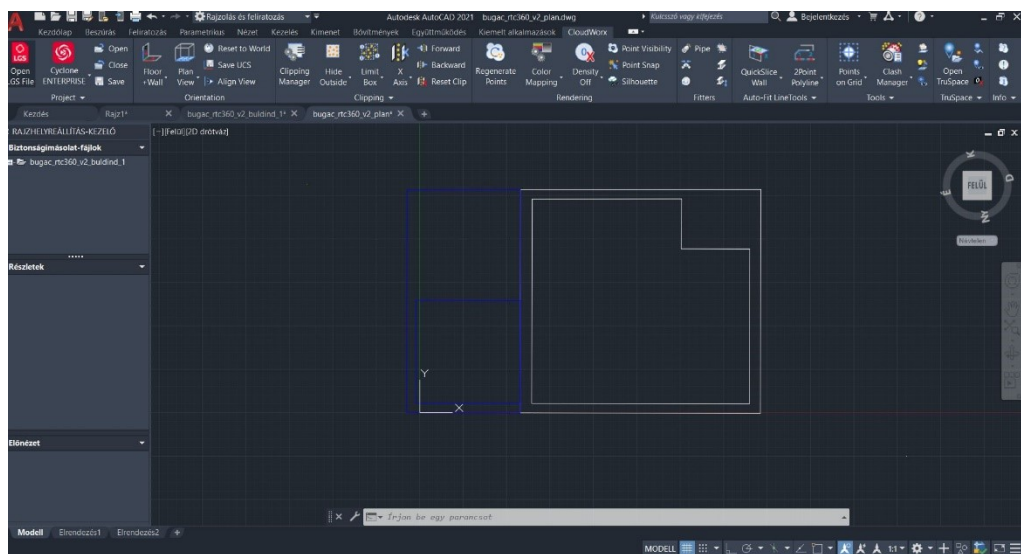
Amikor megkezdjük a munkánkat célszerű szűkíteni a területet melyen dolgozunk ezt a *Hide Outside* menüvel tudjuk megtenni. Ezáltal a pontok mennyisége jóval kevesebb így gyorsabb futásra bírható a program és mivel csak a kívánt objektumok jelennek meg így a felhasználó számára is kizárhatóak a felesleges információk. A most következő részben az épülettel kivitelezhető dolgokat mutatom be.

Ezt követően létrehoztam egy segéd koordináta-rendszert User Coordinate System 1 néven, ez által könnyebbé válik a síkokban való munka. Mivel az *AutoCAD* elsősorban 2 dimenziós síkban képes gondolkodni, ahhoz, hogy a végeredmény háromdimenziós projekciója megfelelő legyen, kénytelenek vagyunk a koordináta-rendszereinket forgatni a számunkra megfelelő irányban. Ezt megtehetjük parancsokkal is, de a *Cloudworx* bővítménnyel egyszerű, mivel a menüben elérhető funkciók az alapból fellelhető parancsok összevonásai, így például 2 kattintással elérhető, hogy az x és y irány a két falsík legyen míg a z irány a tető fele mutasson (ez az *orientation* menüben érhető el).

Ezt követően metszetet veszünk fel az épületünkről. (25.ábra) Itt lehetőségünk van felvenni vonalként az alaprajzot a *2point Polyline* menüponttal kattintunk két pontot a ponthalmazon és a program automatikusan behúzza azt az egyenest, ami erre a kifelölt ponthalmazra legjobban illeszkedik. Így létrehoztam egy alaprajz réteget és megrajzoltam az alaprajzot vonalláncként. (25. és 26. ábra)

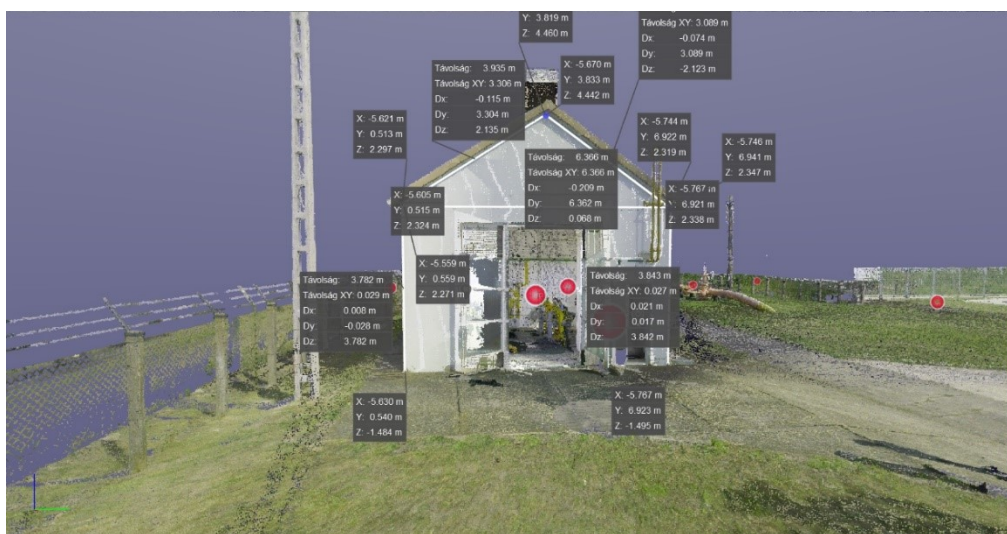


25. ábra Pontfelhőből Limit Boxsal nyert alaprajz



26. ábra Vonalláncként megrajzolt alaprajza az épületnek

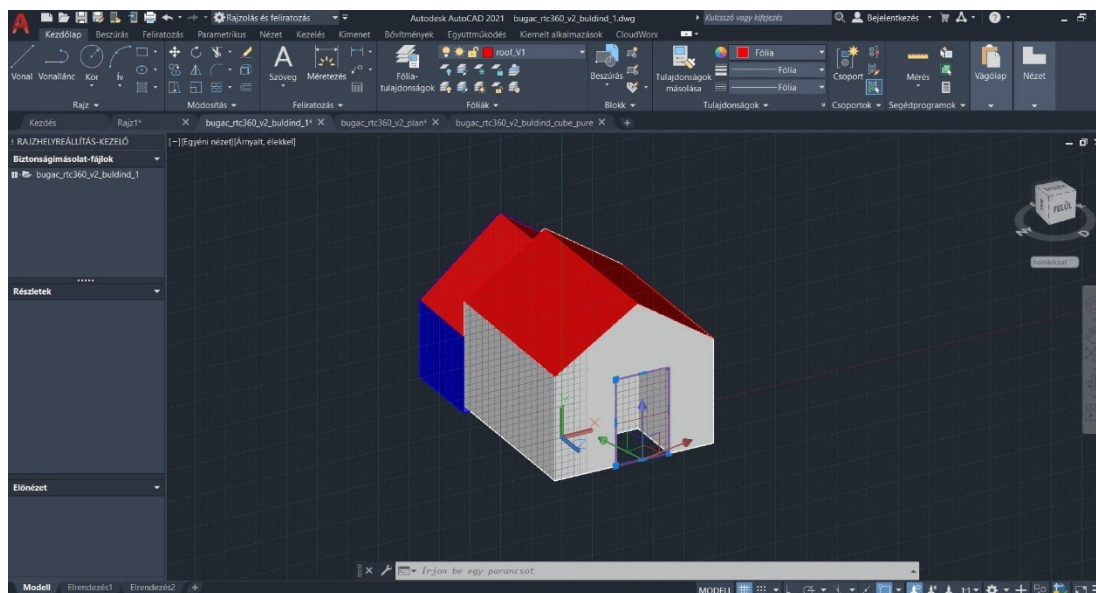
Így egy épület alaprajza (amennyiben a belső helyiségek is mérésre kerültek) tökéletesen kirajzolható, illetve a szögek is lemérhetőek, így megállapítva a derékszög meglétét. Ezen analógia alapján oldalnézeti alaprajzot is felvehetünk, így dőlésvizsgálatok végezhetőek, amennyiben egy erre a célra kijelölt objektumok bizonyos időközönként megmérjük és az adatokat feldolgozva az eredményeket kiértékeljük. A méréseket a pontfelhőn vonallánc megrajzolása nélkül is megtehetjük, erre tökéletesen alkalmas a *TrueView* program mérés funkciói. (27.ábra)



27. ábra TrueView mérési funkciója

Miután megrajzoltuk *AutoCAD*-ben az alaprajzunkat lehetőség van ezen épület térbeli modelljének megalkotására. Ehhez a program *3D Modellezés* funkcióját kell használnunk. Átállítva lehetőségünk van az alaprajz testté alakítására a *Kihúzás* parancsot használva. Ehhez először a koordináta rendszert kell megfelelően beállítani, mivel az szoftver csak a *Z* tengely irányában tudja ezt megtenni. Miután ezt megtettük oldalnézetbe váltunk és így a tető szintjéig kihúztam a testünket.

Ahhoz, hogy a tetőt is megtudjuk formálni a *Szel* parancsot használtam (természetesen ez is csak a *z* tengely irányában működik így forgatnom kellett előtte a koordinátarendszert). Így a vágóéleket a pontfelhő szélső tetőpontjait használva levágtam a kihúzott testünkről a tető által kijelölt síkot. Az ajtó (valamint a többi ajtó, illetve az ablakok) ezen a testen még nem jelentek meg. Ehhez a *szilárd test, kivonás* parancsot használva létrehoztam egy újabb testet (ez esetben téglatest) úgy, hogy az elmetssze az épület alapján kihúzott testet. A parancs ezt követően kivágta a megfelelő testből az új testet (ez esetben az épületből az ajtó által kijelölt téglatest volt a kivont). Így megalkottam az épület főbb elemeit. (28.ábra)



28. ábra AutoCAD-ben megalkotott épületmodell

Mivel a dolgozat bemutató célokat szolgál így az egyéb elemeket, mint például a kémény vagy az ablakok, nem dolgoztam tovább. ezt követően a szétbontás paranccsal az így létrejövő testet szétbontottam lapjaira, így tökéletesen levehető azok felülete, pontos paraméterei.

Maga az épület külső falfelülete 108.7 m^2 a modell alapján, ha manuálisan vesszük fel a méreteket az ± 10 százalékos eltérést mutathat (4 méretlevétel után, ha közepelem az eredményeket úgy $111,85 \text{ m}^2$ jön ki).

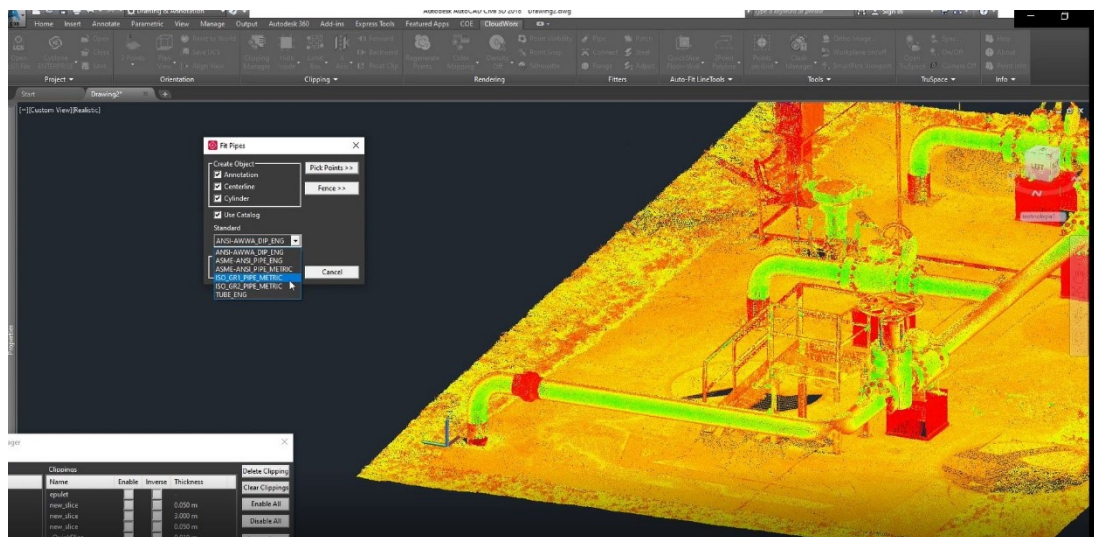
Fontos megjegyezni ugyanakkor, hogy bár az *AutoCAD*-ben alapvetően megoldható feladat az épület háromdimenzióban való megalkotása, ez időigényes és bonyolult feladat. Számptalan parancsot ismernünk kell, és az apró részletek megalkotása egy sok lépésből álló összetett feladat (ugyanezen analógia igaz a villanyoszlopokra, kerítésre és az egyéb épített elemekre). Érdemes megvizsgálni egyéb szoftver alkalmazásának lehetőségeit (pl.: *ArchiCAD*), melyekkel pontosabban és gyorsabban (automatizálva) kirajzolhatóak a modelljeink.

A pontfelhőből lehetőségünk van a csőhálózat modelljének megalkotására is. Erre 2 út lehetséges. Az egyik egy teljesen automatizált modellezés, mely minden részletet tartalmaz (tartók, csavarok is) mely amennyiben a létesítménygazdálkodást kell támogatni a gyorsasága miatt ajánlott, viszont nem mm pontosságú. (29.ábra)



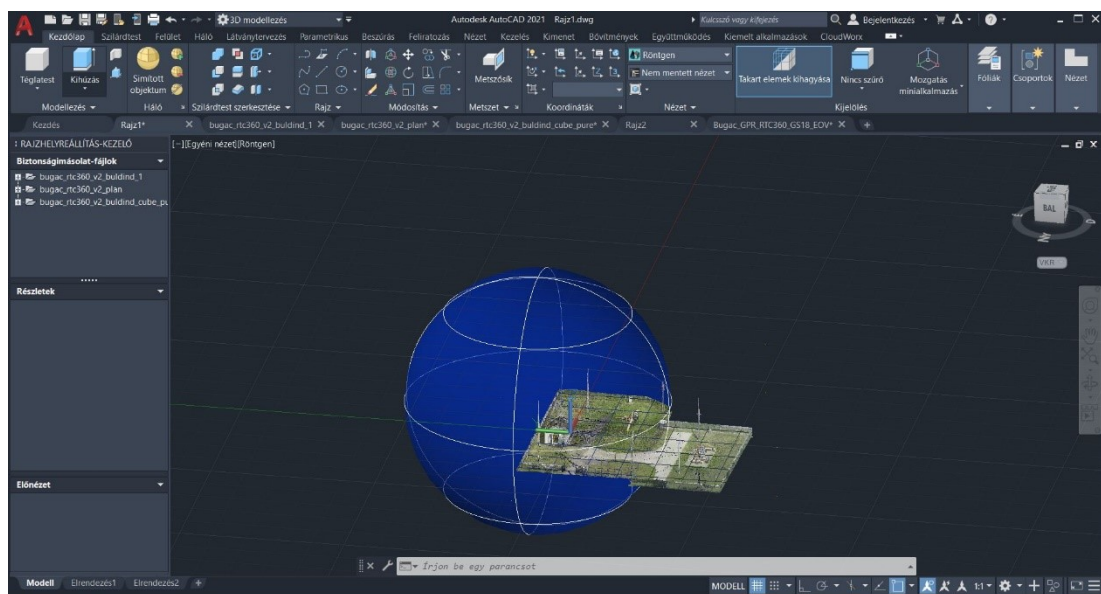
29. ábra Teljesen automatizált eljárással létrehozott csőmodell

A másik lehetőség, ha manuálisan hozzuk létre a csőhálózat modelljét. A dolgozatomban a felszín feletti csőhálózat modellezését a pipe paranccsal tudjuk megtenni. Az első lépés itt egy clipping boxzal való szűkítés a kívánt területre. (30.ábra)



30. ábra Csőhálózat Clipping Boxzal szűkített képe

Ezt követően megadhatjuk az illesztési paramétereinket (Centerline, Cyclinder, Annotation). A programban két utat választhatunk a modellezésként illesztendő felület létrehozására. Az egyik opció, hogy geometriailag a pontfelhőre legjobban illeszkedő testet generálja a szoftver. A másik lehetőség a szabvány katalógusból (országoként, akár cégenként eltérő, ehhez a módszerhez ismernünk kell a pontos típusát a mérendő objektumunknak) és a program azon méretet illeszti rá a felhőre, melyre a katalógusból a legpontosabb méretbeli egyezést mutatja. A program a kanyarokat, íveket nem illeszti automatikusan azokat manuálisan kell megrajzolni. Ezt a *Connect* paranccsal tudjuk megtenni, ehhez szükség van a sugár megadására így tudunk könyök idomot rajzolni. (31.ábra) A módszer előnye a milliméteres pontosságú modell alkotása, így tervezők is használhatják, akár magának a csőidomoknak a gyártási folyamatához is. (32.ábra)



33. ábra Villámhárító csúcspontjára illesztett gömb, a villámvédelmi zóna ábrázolásához

6. PONTFELHŐ HASZNOSÍTHATÓSÁGÁNAK LEHETŐSÉGEI

A mérési állomány hasznosíthatósága széles skálán mozog, amit az FGSZ Zrt. számára előnyös lehet. A *Trueview* által nyújtott alapvető mérési funkciók (terület, hossz, szögek) számtalan előnyt adhat. Amennyiben használunk egyéb pontfelhő kezelésére alkalmas szoftvert (a dolgozat esetében az *AutoCAD CloudWorx*) úgy jóval mélyebb lehetőségek nyílnak a felhasználó számára. A lézerszkennelés során létrehozott állomány nem csak geodéziai célokra alkalmas, hanem további szakágak támogatására is előnyös lehet. Ilyen szakág lehet a gépészet, technológusok, hírközlés, villamosműszerezsek, létesítménygazdálkodás vagy éppen a beruházás.

6.1. Létesítmény és terület gazdálkodás támogatása

Mint az az eddigieken is látszódik az eljárás fő előnye, hogy pontosan, bárholnan elérhetőek az épületekről és azt övező területekről adatok, tehát nem kell értük a helyszínre utazni. Ez egyrészt költséghatékonyságot eredményezhet, ugyanis számtalan utat spórolhat a cég. Ezzel nem csak költségvetési előnyök kovácsolhatóak, hanem a manapság előtérbe került „zöld” energia is támogatható azáltal, hogy a vezetett kilométerek jelentősen csökkenhetnek a helyszíni szemlék elhagyásával.

Könnyen belátható, hogy egy esetleges beruházás vagy karbantartás tervezése vagy éppen karbantartása is jóval pontosabb lehet, illetve a költségek becslése is könnyebbé válik. Vegyünk például egy festést az épületen, az állományt megnyitva (lehet ez pontfelhő vagy épített modell) irodából kényelmesen és precízen levehető méretek alapján kiszámolható a négyzetméternyi falfelület és ebből könnyedén kalkulálható a festék mennyisége amire szükség van a munkához. Így a költségek becslése nagyságrendekkel pontosabb lehet. Ugyanezen gondolatmenet mentén ezt elvégezhetjük a tetőre, aszfaltra vagy éppen a kerítéshez szükséges anyagok beszerzésénél és azok kivitelezési munkálatainál.

Az FGSZ Zrt.-nél a geodéziai csoport végzi a létesítmények területkarbantartását, ami javarészt a fű nyírását fedi le.

Az így nyert adatok alapján pontos négyzetméterben megkaphatjuk a füves felületek nagyságát, így a területkarbantartást végző alvállalkozóval való szerződéskötés is pontosabb értékeken alapulhatnak, ami jóval feszebb elszámolást eredményezhet.

6.2. Háromdimenziós adatbázis létrehozása

A legtöbb cég, ezek közé értve az FGSZ Zrt. is a nyilvántartását javarészt *Excel*, illetve *Access* alapú adatbázisokban rögzíti, kiegészülve papíralapú dokumentumokkal. Ezen egységekhez társulhat még céges szinten iktató program, illetve egyéb működés támogató szoftver (Például *SAP*).

Ezen rendszer fenntartása sok esetben hordozhatnak hibát, illetve módosítások esetén külön-külön kell az esetleges változásokat kezelni minden eltérő felületen. Egy esetleges táblázatkezelésben rögzített adatokban való térbeli attribútum vagy csupán csak térbeli szemléltetés megvalósítása nehézkes, ezáltal kihívást jelenthet egyes szakterületek munkájának összehangolása. Szükség van meetingekre, helyszíni bejárásokra, személyes tapasztalatcserékre.

Mindkét műszer, amivel dolgoztam (RTC 360, BLK2GO) rendelkezik HDR panorámakép készítésének lehetőségével, melyek nem csak arra alkalmasak, hogy a pontfelhők elemei valós színeket kapnak, hanem bizonyos elemekről, melyeket megválasztunk letudjuk fotózni. Ezen fotókat a pontfelhő megfelelő részéhez rendel, mint egy „bele integrálva” azt. A céges nyilvántartás háromdimenziós irányba tereléséhez, ez a technika adhatja meg annak alapját.

Az eljárás lényege, hogy a helyszínen készítünk fényképet olyan objektumokról, melyek fontosak lehetnek. Ilyen lehet például a teljesség igénye nélkül egy tűzjelző, tűzoltó készülék, kapcsolótábla, hírközlési szekrény vagy éppen állomási vészleállító kapcsoló. A készített képeket lehetőségünk van felhőbe feltölteni, így elkerülve azt, hogy minden dolgozónak biztosítani kelljen egy erős hardvert, valamint a hálózatba való feltöltés adja meg az alapját az adatbázisok összekötésére.

A felhőben egyrészt van lehetőségünk a pontfelhő megtekintésére, valamint létre tudunk geocímkéket hozni. A kiválasztott objektum ellátható egy névvel, amit helyiséghez és mérési állásponthoz tudunk rendelni.

Például a 2865-ös számú poroltót, ha lefotózzuk, hozzárendeljük, hogy Bugac mérőépület→technológiai térben található. Innen a nyilvántartás két irányú egyrészt, ha rászűrünk a 2865-ös számú tűzoltó készülékre az adatbázis megadja, hol található pontosan, valamint megmutatja mely álláspontok vannak a közelben és ezekre kattintva megjelenik a képernyőn a kiválasztott álláspont és az azon szereplő poroltó. A másik irány, ha a pontfelhőben elhelyezett geocímkét használva nyitjuk meg, ez esetben letudjuk olvasni, hogy az ott található egységnek mi a pontos száma. Mivel linkeket is tudunk generálni ebből így ezeket máshol is feltudjuk használni, így integrálva különböző adatbázisokat. Például, ha a poroltó linkjét beletesszük új oszlopban egy olyan *Excel* táblázatban melyben szerepel azok nyilvántartási adatai ott rákattintva azonnal a kívánt helyszínre navigálhatja a felhasználót. Természetesen bármilyen eszközzel, technológiával megtehető ez az eljárás.

A különböző eszközöknek lehet hitelesítési, vagy karbantartási időtartama, melyeket adatbázisban rögzíteni kell, hogy mikor esedékes ezen beavatkozások. Rögzíthetőek a technológiai számok, melyeket kombinálva a technológiai ábrákkal sokkal pontosabbá és kezelhetőbbé válik a helyszíni tájékozódás (ezzel segítve a munkatársakat) valamint sokkal átláthatóbbá válik egy rendszer térben is. Így egy esetleges tervezés is precízebbé könnyebbé válhat, valamint rendszerüzemeltetés is hatékonyabbá. A módszer használható akár hibák rögzítésére is, lefényképezve mondjuk a karbantartandó elektromos szekrényt így ezt könnyen elérheti bárki, akinek van hozzáférése, így fokozva a tervezhetőséget és az adatbázisok átláthatatlanságot csökkenteni.

6.3. Tervezési feladatok támogatása

Az épület kapcsán jól látható volt, hogy milyen szinten is képes támogatni a létesítmény gazdálkodás működését.

Egy esetleges beruházás kapcsán tervezésre van szükségünk, egy elkészített mozgatható pontfelhő hatalmas segítséget adhat a tervezési munkálatokban. Pontosabb méreteket vehetünk le bármiről, modell építve pedig a tervezésbe is beépíthető, integrálható.

Az így megtervezett beruházások anyagrendelése pontosabbá válhatnak (ez által költséghatékonyabbá) és nem kell attól tartani, hogy a kivitelezés során kellemetlen meglepetés ér minket (mondjuk nem fér be az adott csőszakasz a tervezési helyére). Az így megtervezett kiviteli tervek alapján annak az esélye, hogy megrongálunk egy egységet bárhol jelentősen csökkent. Egyrészt azért, mert mindennek ismerjük a pontos helyszínét így nem érhetnek meglepetések, valamint ezen okok miatt megtudjuk tervezni a munkafázisait.

6.4. Csőmodell használata

Amint azt a korábbiakban láthattuk az *AutoCAD* pluginjában lehetőségünk van modellt alkotni a csőhálózat pontjaiból, így alkotva összefüggő felületet. Ezzel a modellel az épülethez hasonlóan tudjuk támogatni a karbantartást, például egy újra festés esetén. Mivel a csöveket egy speciális UV álló festékkal kezelik, így a beszerzés költségei csökkenthetők a pontos mennyiséggel.

Egy esetleges létesítmény fejlesztés, beruházás esetén a tervezéshez is nagy és pontos segítséget nyújthat. A tervező letudja ellenőrizni a pontos méreteket, illetve maguknak a csöveknek a térbeni elhelyezkedését is. Érdeemes lehetne azt is megvizsgálni, hogy a technológusok által használt technológiai ábrák (nem ad pontos térbeli adatokat, csupán a viszonyrendszereket mutatja meg) és egy esetleges pontfelhő összekapcsolható-e, egy térbeni modell létrehozható-e, akár áramlási modellekkel.

6.5. Gömbi felületek alkalmazása a pontfelhőben

A pontfelhőn (vagy a modellen) alkalmazható másik fontos rajzi elemünk lehet a gömbök, hengerek rajzolása. A módszerrel a villámvédelem és a robbanás veszélyes terek ábrázolása pontosabbá és szemléletesebbé válik.

Minden állomás esetén kell készíteni egy dokumentációt arra vonatkozóan, hogy egy esetleges havária esetén mekkora területre terjedhet ki a szerencsétlenség. A csőhálózat bizonyos pontjain (ezen pontok meghatározását más szakterületek végzik el) léteznek ilyen robbanás veszélyes pontok.

A modell létrehozásához henger alakú testet képzelhetünk el, mivel a jogszabály felülnézeti 2 dimenziós térben határozta meg az RB-s tereket. Ezek alapján 5-7 méter átmérőjű hengerek vehetőek fel a potenciálisan veszélyes pontokon (varrat, szerelvények, manométer stb.), melyek magasságát szabadon határozthatjuk, meg mivel jelenleg csupán síkbéli kiterjedést értelmek a törvény és könnyen belátható, hogy egy robbanásnak van magassági kiterjedése is. A jelenleg hatályos szabályokat a 79/2055. (X.11) GKM rendelet egyes és kettes számú táblázata tartalmazza. A jelenleg használható henger, helyett célszerűbb lehet egy gömb használata viszont ennek használatához, hogy szabályzásra lenne szükség, melyben a jogalkotó követi a műszaki újdonságok adta előnyöket.

A villámvédelem szemléltetése és ábrázolása hasonlóan működik. A gömb rajzolás funkcióját használhatjuk, és a gömbünk középpontja a villámvédelmi objektum (jelenleg a villámhárító csúcsa) pontja. A gömbi sugármeghatározása esetenként eltérhet, ezen feladat más szakágakra háruló feladat.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatom során lehetőségem nyílt az FGSZ Zrt. K+F programjának keretében megvizsgálni, hogy napjaink modern LIDAR felmérő műszerei, szkennerei a megfelelő térinformatikai szoftveres közeggel kombinálva, hogyan tud egy ilyen céget segíteni a működésében. A dolgozat első felében bemutattam a magyarországi földgázszállítás működését, illetve a lézerszkennelés technológiai hátterét. Ezt követően a gyakorlati munka prezentálását tettem meg, a bugaci gázátadó állomáson.

A helyszíni felmérés során használtam egy GNSS-t, két különböző elven működő lézerszkennert (RTC, BLK) valamint egy georadart. A műszerek segítségével felmérésre kerültek a bugaci létesítmény felszín feletti és felszín alatti objektumai. A mérés során használt statikus és kinematikus elven működő lézerszkennert használatával is megismerkedtem. A tapasztalataim azt mutatták, hogy érdekesebb a statikus (RTC 360) műszert alkalmazni a nagyobb pontossága miatt, a gyártó által reklámozott gyorsasága a BLK 360-nak nem volt nagyságrendekkel jobb, sőt az elrontott mérési körök miatt még körülményesebb is lett. Így a feldolgozás során csupán a nagyobb pontosságot garantáló RTC 360 által alkotott pontfelhőt értékeltem ki. Továbbá használtunk egy DS 2000 talajradart is, mellyel a felszín alatti létesítményeinket tudtuk felmérni, és pontos képet kapni a földalatti közműhálózatunkról.

A kiértékelés több program segítségével történt külön alkalmazva a talajradar eredményeire, a pontfelhő tisztítására és az álláspontok illesztésére, valamint a modell alkotásra, mely során a pontfelhőnkéből felületeket hoztunk létre. Ezen módszerek segítségével vizsgáltam meg a háromdimenziós szkennelés adta lehetőségeket, melyet a vállalat tud hasznosítani.

Az eredmények megmutatták, hogy a cégen belül számtalan szakág működését pozitívan tudja segíteni a technológia. Pontosabb tervezés lehetőségét adja meg, mint költség oldaláról mind a műszaki paraméterek felől.

Egy esetleges háromdimenziós adatbázis létrehozásával a mindennapi működés, az adatbázisok kezelése válik pontosabbá és egyszerűbbé. Tudjuk ábrázolni a törvényben előírt köteleességek (villámvédelem, robbanás veszélyes terek) pontos hatótávját, veszélyességi övezetét. Egy beruházás során jóval pontosabb költségbecslés kapható, míg maga a beruházás folyamán annak az esélye, hogy megsérül egy esetleges közmű, vagy egyéb váratlan kihívás történik jelentősen csökken.

Természetesen kihívásokkal is szembesülhetünk. A megfelelő műszer választás fontos, és bár jelen körülmények között a különböző műszerek pontossága nem volt releváns ez annak is köszönhető, hogy egy pontfelhő létrehozására nincs egységes jogszabályi szabályozás, és belső szabályzat sem került még kidolgozásra köszönhetően, hogy az olaj- és gáziparban a háromdimenziós pontfelhő alkalmazására még nem történtek komolyabb kísérletek. Fontos megemlíteni tehát, amennyiben a technológia bevezetésre kerül, egy szabály rendszer kidolgozása nélkülözhetetlenné válik.

Beruházásoknak kell történni, ami elsősorban a műszerbeszerzést és a hozzá megfelelő szoftverek beszerzését és az ehhez szükséges hardveres igények kielégítését jelenti. Természetesen szükségünk van a megfelelő szellemi tőkére is egy kezelő személyzet képében, aki nem csak felméri helyszínen az objektumainkat, hanem ezen eredményeket feldolgozzák. Majd meg kell vizsgálni, hogy a feldolgozott eredmények adta lehetőségeket, hogyan tudjuk integrálni a vállalat mindennapos működésébe, illetve hogyan lehet támogatni a különböző szakágakat, akiknek ezáltal a működésük könnyebbé és pontosabbá válik.

Az elvitathatatlan, hogy a pontfelhő adta technológia óriási segítséget adhat egy műszaki alapokon nyugvó vállalatnak és hogy ezen eljárás a mai világunkban már nem a jövőt, hanem a jelent jelenti.

SUMMARY

In my thesis, I had the opportunity to examine how the currently used LIDAR surveying instruments and scanners, combined with the appropriate geographical information software medium, can help such a company at its work.

In the first half of my thesis, I discussed the operation of natural gas delivery in Hungary, as well as the technological background of laser scanning. Then I presented the work in practice at the gas delivery station of Bugac. During the field survey I used a GNSS, two laser scanners working based on different principles (RTC, BLK) and a ground-penetrating radar. The above- and underground objects of the facility in Bugac were surveyed with the help of these instruments. While surveying I learned how to use the static and the kinematic laser scanners. In my experience, it is more ideal to use a static (RTC 360) instrument for its higher accuracy. The speed of the BLK 360, which is advertised by the manufacturer, was not only insignificantly better, but its use even became circumstantial due to botched surveying sessions. Therefore, I only evaluated the point cloud created by the RTC 360 which provided higher accuracy. Moreover, we used a DS 2000 ground-penetrating radar as well. It aided us at surveying our underground facilities and gave us an accurate picture of our underground system of public utilities. The evaluation was done with the help of several programs which were separately applied for GPR results, the clearing of the point cloud, the coordination of positions, as well as designing models when we created surfaces based on our point cloud. Using these methods, I examined the opportunities given by 3D scanning which can be taken by the company. According to the results, this technology can improve the operation of innumerable divisions at the company, as it makes planning more accurate both financially and technically.

With the creation of a 3D database, data management can become simpler and more precise. We can illustrate the exact range of obligations (lightning protection, areas with the risk of explosion) as it is required by the law.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] World energy consump diagramm https://www.unimiskolc.hu/~www_fiz/paripas/diagn/lezerek_diagn_15.pdf tion 1820-2010 (Tverberg 2012; based on Smil... | Download Scientific Diagram (researchgate.net)
- [2] World energy comsupt per Region diagramm https://www.researchgate.net/figure/World-Energy-consumption-per-Region-3_fig4_270873028
- [3] FGSZ Zrt. honlapja www.fgsz.hu
- [4] MOL-csoport honlapja www.molgroup.info
- [5] FöldgázWikipedia(wikipedia.org) <https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%B6ldg%C3%A1z>
- [6] 100 éves a Magyar földgázszállítás kiadvány, Az FGSZ és a Magyar Olaj- és gázipari múzeum 100 éves a magyar földgázszállítás című, 2014 októberében Zalaegerszegen megnyílt vándorkiállításának katalógusa (fgsz.hu honlapról letölthető)
- [7] Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara Balázsik Valéria Fotogrammetria 1.FOT1 modul A távérzékelés fogalma, a fotogrammetria és a távérzékelés kapcsolata
- [8] A lézerek működési elve https://www.unimiskolc.hu/~www_fiz/paripas/diagn/lezerek_diagn_15.pdf
- [9] Berényi Attila: Földi lézerszkennelés mérnökgeodéziai célú alkalmazása, PhD értekezés
- [10] Zagorác Márk, Szabó Beatrix: BIM-kézikönyv,
- [11] Tóth Tamás : A lézerskenner mérnökgeodéziai alkalmazásának lehetőségei a gáziparban, 2016
- [12] Engler Péter dr., Fotogrammetria 1. jegyzet
- [13] Mi az a GPR? Avagy a roncsolásmentes közműkutatás titka! | Leica Geosystems Magyarország (svajcipontosan.com), svajcipontosan.hu
- [14] Tartsoly Péter dr. , Geodézia 1 és 2 jegyzet 2010
- [15] Talajradarról [GeoVisi http://www.geovision.hu/talajradarmukodesielve.html](http://www.geovision.hu/talajradarmukodesielve.html) o n - A TALAJRADAR MŰKÖDÉSI ELVE
- [16] Verőné Wojtaszek Malgorzota, Fotointerpretáció és távérzékelés 1. jegyzet
- [17] Geolink Kft. honlapja: www.geolink3d.hu.0
- [18] Vincze László dr., Nagyméretarányú térképezés 3. jegyzet
- [19] Dr.Xiaoguang Luo, Stefan Schaufler, Bernhard Richter : Leica GS 18T, World's Fastest GNSS RTK Rover, Svájc 2018
- [20] Leica Geosystems honlapja, www.leica-geosystems.hu
- [21] 2003. évi XLII. törvény a földgázellátásról
- [22] Ágfalvi Mihály dr., Mérnökgeodézia 2. jegyzet
- [23] Ágfalvi Mihály dr., Mérnökgeodézia 6. jegyzet
- [24] Ágfalvi Mihály dr., Mérnökgeodézia 8. jegyzet