ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT/ DIPLOMAMUNKA

LÉZER VEZÉRLÉS ALKALMAZÁSA, FÖLDMUNKAGÉPEKEN

OE-AMK
2021

Hallgató neve: Kiticsics Zoltán
Hallgató törzskönyvi száma: T000303/FI12904/A-G

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

Szakdolgozat feladatlap

Hallgató neve: Kiticsics Zoltán

Neptun kódja: [redacted]

Törzskönyvi száma: T000303/FI12904/A-G

Szakdolgozat száma: 630920455
Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

Szakdolgozat címe: Lézer vezérlés alkalmazása földmunkagépeknél

Szakdolgozat címe angolul: Application of laser control on earthmoving equipment

Feladatleírás:
Mutassa be a nyomvonalas létesítmények kivitelezési folyamatát!
Adjon áttekintést a kivitelezések során alkalmazott eszközökről, illetve munkagépekről!
Mutassa be a szintvezéléses technológia működését és a kivitelezésben betöltött jelentőségét!
Ismertesse a technológia alklamazásának geodéziai, valamint informatikai feltételeit!
Egy szabadon választott kivitelezési munkán keresztül végezzen statisztikai elemzéseket a technológia hatékonyságára vonatkozóan.
Beadandó munkarészek:
- M44 gyorsforgalmi út átnézeti helyszínrajza
- Minta keresztszelvény
- Alapponthálózat vonalszintezési terve
- Részlet a zászlózási táblázatból
- Erőforrás kimutatás
- Statisztikai kimutatás

Intézményi konzulens: Dr. Katona János

Külső konzulens: Molnár József, munkahelyi mérnök
Munkahely: Duna Aszfalt Kft.

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

A kiadott téma elévülési ideje: 2023. május 15.

Beadási határidő: Őszi félév esetén december 15, tavaszi félév esetén május 15.

Szakdolgozat titkos: Nem titkos

Kiadva: Székesfehérvár, 2021.03.04.

Alba Regia Műszaki Kar ÓBUDAI EGYETEM Geoinformatikai Intézet 1.

P.H.

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens

ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai 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/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2021.05.13.

.....

hallgató aláírása

Köszönetnyilvánítás

Hálával tartozom külső konzulensemnek, Molnár József kollégámnak, aki széleskörű geodéziai tapasztalatával segítette dolgozatomat.

Munkahelyem rugalmas hozzáállása nélkül nem jöhetett volna létre ez a kutatás, így köszönettel tartozom feléjük.

Szeretném kiemelni a Hírös Geo Kft. ügyvezetőjét Bodri Barnát, aki az alapponthálózati terv megismertetésével járult hozzá munkámhoz.

Végül, de nem utolsó sorban szeretnék köszönetet mondani Katona János tanár úrnak, aki mindvégig kitartóan támogatott a tanulmányaim során.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés ____ *7*

1.1. M44 gyorsforgalmi út projekt bemutatása ____ **7**

2. A nyomvonalas létesítmények kivitelezésének folyamata ____ *9*

2.1. A terület talajtani jellemzése ____ **9**

2.2. Alappont hálózat kiépítése ____ **9**

2.3. Régészet ____ **13**

2.4. Kisajátítás ____ **13**

2.5. Terep előkészítése ____ **14**

2.6. Töltésalapozás, töltésépítés ____ **14**

2.7. Szerkezeti rétegek ____ **17**

2.8. Alakító munkák ____ **17**

2.9. Befejező munkák ____ **18**

2.10. Vízépítés, közművek ____ **18**

3. A földmunkagépek bemutatása ____ *20*

3.1. Alkalmazási területeik ____ **20**

3.2. Típusai ____ **21**

3.3. A szintvezérlések feltételei ____ **25**

3.4. Tapogató berendezések fajtái ____ **26**

4. A szintvezérlés technológiai működése, a kivitelezésben betöltött jelentősége ____ *29*

4.1. Manuális szintvezérlés (zászlózás) bemutatása ____ **29**

4.2. Lézer vezérlés bemutatása ____ **32**

4.3. 3D gépvezérlés bemutatása ____ **35**

4.3.1. Mérőállomásos vezérlés ____ 36

4.3.2. GPS vezérlés ____ 40

4.4. Szoftverek a 3D vezérléshez ____ **42**

5. Összehasonlító elemzés ____ *44*

5.1. Egységárelemzés ____ **47**

5.2. Statisztikai kimutatás ____ **48**

6. Összegzés ____ *49*

Irodalomjegyzék ____ *51*

ÁBRAJEGYZÉK ____ *52*

Táblázatok ____ *53*

1. BEVEZETÉS

Szakdolgozatomban bemutatnám, hogy a földmunkagépek szintvezérlése milyen módon, milyen hatékonysággal segíti a kivitelezést egy gyorsforgalmi út építése során. Bemutatom az ehhez szükséges földmunkagépeket, eszközöket, a technológiai háttért és gazdasági hátérelemzést készítek.

A lézer vezérelt és a 3D szint vezérelt útépítési munkák prezentációját az M44 gyorsforgalmi út Tiszakürt- Kondoros közti szakaszon végzett munkám alapján készítettem. Bemutatom a általunk használatos szintvezérlési eljárásokat és az M44-es gyorsforgalmi út főbb tervezési paramétereit, és a pontos kivitelezéshez szükséges erőforrásokat. Egy ilyen méretű munka legfontosabb és elengedhetetlen feltétele a megfelelő felkészültségű és létszámú geodéziai csapat. A szintvezérléshez szükséges adatok kezelését minden esetben a geodéta szakemberek végzik. A töltésalapozástól, az aszfalt kopóréteg elkészüléséig minden egyes réteg meghatározásához, a megrendelő által jóváhagyott kiviteli tervek adatai az irányadóak.

Az M44 építése során magam is részt vettem kivitelezési munkákban. A technológiai újítások folyamatos használata, és a munkaterületen szerzett tudásom alapján választottam ezt a munkát a szakdolgozatomhoz. Tapasztalatim alapján szeretném egy konkrét példa alapján bemutatni, hogy miként lehet egy ilyen kaliberű munkán a szintvezérelt földmunkagépek hatékonyságát kihasználva időt és fizikai munkát megtakarítani.

1.1. M44 gyorsforgalmi út projekt bemutatása

Az autóút célja a 44-es számú főút tehermentesítése volt, valamint a biztonságos és gyors közlekedés kialakítása Békés megye irányába.

Az M44-es autóút tervezése és megépítése azért volt szükséges, mert megnövekedett a teherforgalom, ami már gondot jelentett azoknak a településeknek, ahol a 44. számú főút keresztül haladt. Ide tartozik Cserkeszőlő, Kunszentmárton, Öcsöd, Békésszentandrás, Szarvas, Kardos és Kondoros. A teherforgalmon kívül a másik cél a Békés megye gazdasági felzárkóztatása volt a hazai vérkeringésbe.

Eredetileg az M8-as autópályát kötötte volna össze a 441. számú út (Kecskemét-Nagykőrös között) csatlakozásától Békéscsabával és hosszabb távon a gyulai határátkelővel Románia felé. Az újabb tervek alapján ez módosult. Az autóút 5-ös főúton létesítendő turbó típusú körforgalomtól indul, mely csatlakozást biztosít a Kecskemét-észak autópálya csomóponton

keresztül az M5-ös autópályával. Ettől a szelvénytől, az M44-es autóút az eredetileg M8-as gyorsforgalmi útként tervezett nyomvonalon (1. ábra) halad tovább Nagykőrös felé, majd a terveknek megfelelően Gyula irányába.

A szakdolgozatom témájának alapját képező Tiszakürt és Kondoros közötti 62 km-es szakaszt 2019. október 2-án adták át a forgalomnak.

2020. decemberében, a Kondoros és Békéscsaba közti szakasz nyílt meg, így most jelenleg Békéscsaba-Tiszakürt között közel 80 km-en közlekedhet a forgalom az M44-es autóúton. Folyamatosan épülnek a további szakaszok is, ezek várhatóan 2024 év végéig lesznek átadva (Szentkirály - Lakitelek 4,6 km, Lakitelek - Tiszakürt 9,9 km).

Az autóút legújabb szakaszán (Kecskemét 5-ös főút- Szentkirály között 32,3 km) jelenleg az építkezéshez szükséges földterületek kisajátítása és a régészeti feltárások vannak folyamatban.”

1. ábra

Az M44-es autóút tervezett nyomvonala[1]

[1] https://magyarepitok.hu/utepites/2020/02/kiderult-ki-epiti-az-m44-es-kecskemet-kozeli-szakaszat (letöltés dátuma:2021.05.10.)

2. A NYOMVONALAS LÉTESÍTMÉNYEK KIVITELEZÉSÉNEK FOLYAMATA

Az autópályák kivitelezését egy rendkívül hosszú és összetett előkészítő folyamat előzi meg. A nyomvonal előzetes kijelölését és vizsgálatát, a Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. szakemberei végzik a Magyar Állam megbízásából.

2.1. A terület talajtani jellemzése

A terület talajtani jellemzéséhez szükség van talajminta vételére. A főpálya nyomvonalában 500 méterenként történt a mintavétel, fúrással. Összesen 125db minta került bevizsgálásra.
Három talajtípus fordult elő:

- mészlepedékes csernozjom
- réti csernozjom
- réti talaj

Elszórtan előforduló talajtípusok voltak:

- sós talajok
- karbonátos talajok

A mintavételi pontok és a területen lévő talajtípusok alapján meghatározták a humuszréteg vastagságát és az eltávolítandó humuszmennyiséget. Az eredmények alapján készült egy geotechnikai szakvélemény, ami a humuszoláson kívül a későbbi töltésalapozás alapjául is szolgált. A kitermelt humuszmennyiség ideiglenes depóniákban lett elhelyezve. A humuszdepóniát minden esetben óvni kell a lemosódástól, kiszáradástól, deflációtól és a gyomosodástól.
A depóniákba rakott humuszt az építkezés során elkészült rézsűk és az egyéb létesítmények parkosítására, füvesítésére lett felhasználva.

2.2. Alappont hálózat kiépítése

A megrendelőnk már előre létesített egy alapponthálózatot a munkaterületen, de szükségessé vált ezen alappontok sűrítése, így ellenőrző méréseket hajtottunk végre a meglévő alappontokon és ezek alapján végeztük el az alappontsűrítést.

Pontokat helyeztünk el a területen az autópálya helyszínrajzát alapul véve úgy, hogy az alappontok egymástól 300, maximum 400 méterre legyenek. Ezen pontok meghatározása úgy történt, hogy mindig tudtunk szabad álláspontot létesíteni két alappont között.

Az alappontok kerámia lapos FENO pontjelek (2. ábra).

A FENO pontjel két részből áll:

- gránitszerű betonnal kitöltött műanyag borítású fej
- földbe verhető maximum 60 centiméter hosszúságú rozsdamentes horgonycső

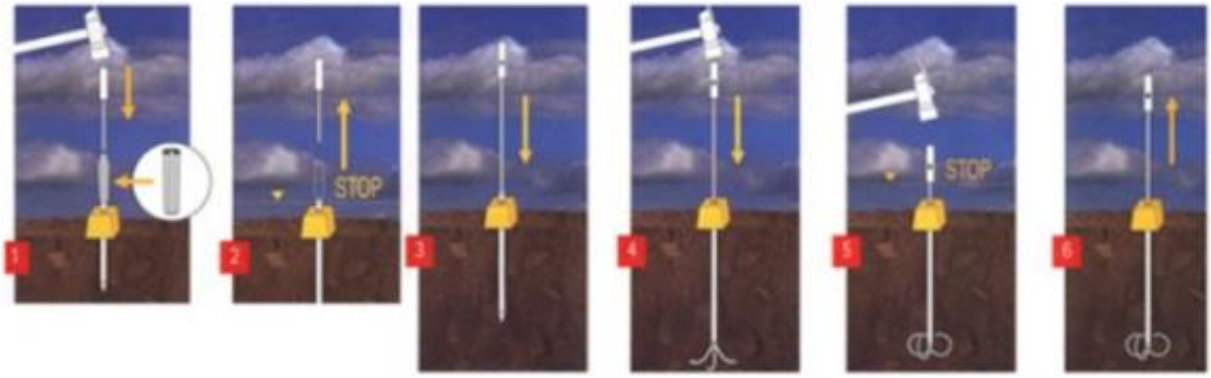
A fej úgy biztosítja a pont helyét, hogy a talajon felfekszik. A fejet élénk színekben gyártják, így az élénk szín miatt könnyen észrevehető.

A fémcsövet a műanyag talajon keresztül átdugva le kell verni a talajba, majd a csövön belüli fémszálakat is, amelyek a talajban horgonyszerűen szétnyílnak. A mélyen levert cső és a horgonyok biztosítják, hogy a pontjel ne tudjon elmozdulni.

A pontjel előnye, hogy könnyen elhelyezhető és kis súlya van, ami megkönnyíti a szállítást és kevésbé süllyed, így a magassága hosszú ideig állandó marad. Mérnöki utasításra az alappontokat időszakosan újra szinteztük.

2. ábra

FENO pontjel elhelyezése[2]



Annak érdekében, hogy az alappontokat megvédjük a munkagépek és a mezőgazdasági gépek okozta rongálás ellen, betongyűrűvel vettük körbe. A betongyűrű inkább segíti az alappont észrevételét, minthogy megvédené a fizikai hatások ellen. Ha a munkagép vezetője figyelmetlen, akkor a gép szinte akadály nélkül képes széttörni a betongyűrűt és áthajtani az alapponton, amivel már változik a magassága. Ha pedig földmunkát is végez, akkor szinte gond nélkül kiszedi vagy elmozdítja az alappontot.

[2] Dr. Busics György, Geodéziai hálózatok 2., 2010.

A FENO pontjel elhelyezése után, a geodéziai GPS-el az alappont létrehozás programja segítségével, a műszert a pontjel közepére helyezve megmérjük a pont vízszintes és magassági koordinátáit. Azonban a mérésekből csak a vízszintes koordinátákat fogjuk a FENO jelhez társítani (3. ábra). Az ilyen fajta alappont létrehozást RTK GNSS módszernek nevezzük, ami azt jelenti, hogy kellő számú, körülbelül 200 epochát (1 másodperc alatt 1 mérés) mérünk, és ezek átlagából határozzuk, meg a koordinátát.

3. ábra

Alappontlista fejléce (részlet)[3]

M44 gyorsforgalmi út
Tiszakürt-Kunszentmárton szakasz

Geodéziai alappontok
meghatározása
RTK GNSS tecnikával

ELSŐ BEMÉRÉS (GPS)				MÁSODIK BEMÉRÉS (GPS)			HARMADIK BEMÉRÉS (GPS)			ELTÉRÉS		ÁTLAG		
pontszám	Y	X	M	Y	X	M	Y	X	M	dY (mm)	dX (mm)	pontszám	Y	X
5162	745024.114	169592.658	81.823	745024.111	169592.662	81.810				-3	4	5162	745024.113	169592.660
5212	745431.328	169408.236	85.123	745431.350	169408.234	85.108				22	-2	5212	745431.339	169408.235
5252	745792.692	169209.812	84.454	745792.691	169209.829	84.433				-1	17	5252	745792.692	169209.821
5272	745942.805	169103.365	85.293	745942.824	169103.362	85.256				19	-3	5272	745942.815	169103.364
5291	746071.047	168935.276	85.299	746071.037	168935.274	85.273				-10	-2	5291	746071.042	168935.275
5322	746324.991	168819.713	85.246	746324.993	168819.714	85.221				2	1	5322	746324.992	168819.714
5352	746589.257	168609.206	84.321	746589.241	168609.218	84.286				-16	12	5352	746589.249	168609.212
5412	747049.540	168236.344	83.757	747049.544	168236.360	83.724				4	16	5412	747049.542	168236.352
5452	747399.818	167958.240	83.403	747399.808	167958.260	83.372				-10	20	5452	747399.813	167958.250
5482	747575.997	167807.513	82.994	747575.987	167807.530	82.966				-10	17	5482	747575.992	167807.522

Ahhoz, hogy a műszer folyamatosan azonos pozícióban legyen, ahhoz szükségünk van egy háromlábú kitámasztóra, például: vasfiguráns, ami a mérés alatt fixen tartja a botot, amire a GPS vevő van felhelyezve.

Az alappontok magasságának a meghatározását digitális szintezővel végeztük. Szelvényszám szerint csökkenő irányba haladva, végigszinteztük az újonnan létesített sűrített alappontokat, majd az ellenőrzés (4. ábra) érdekében visszafele is megmértük ugyanazokat a pontokat.

Az oda-vissza szintezés eredményeit irodában kiértékeltük. Ismert pontról indítottuk a vonalat, és ismert pontra zártunk, így a záróhibákat az adott szakaszokon visszaosztottuk a meghatározandó pontokra.

Miután minden mérést elvégeztük, a rendelkezésre álló adatokból előállítottunk egy listát, ami tartalmazza az összes alappont számát, vízszintes és magassági koordinátáit, FENO vagy határkő, a pontjel védelmének típusát, valamint a főpálya szerint melyik szelvényben van és hány méterre van a tengelytől. A negatív előjel jelöli a tengely bal oldalát, a pozitív pedig a tengely jobb oldalát. Ez a táblázat megkönnyítette a terepi csapatok munkáját, hogy minden mérés előtt könnyebben megtalálják a szabad álláspont meghatározáshoz szükséges alappontokat.

[3] M44 gyorsforgalmi út, műszaki leírás, 2016.

4. ábra

Alappontok ellenőrző mérése (részlet)[4]

M44 gyorsfogalmi út
Tiszakürt-Kunszentmárton szakasz

Geodéziai alappontok
ellenőrző mérése
RTK GNSS tecnikával

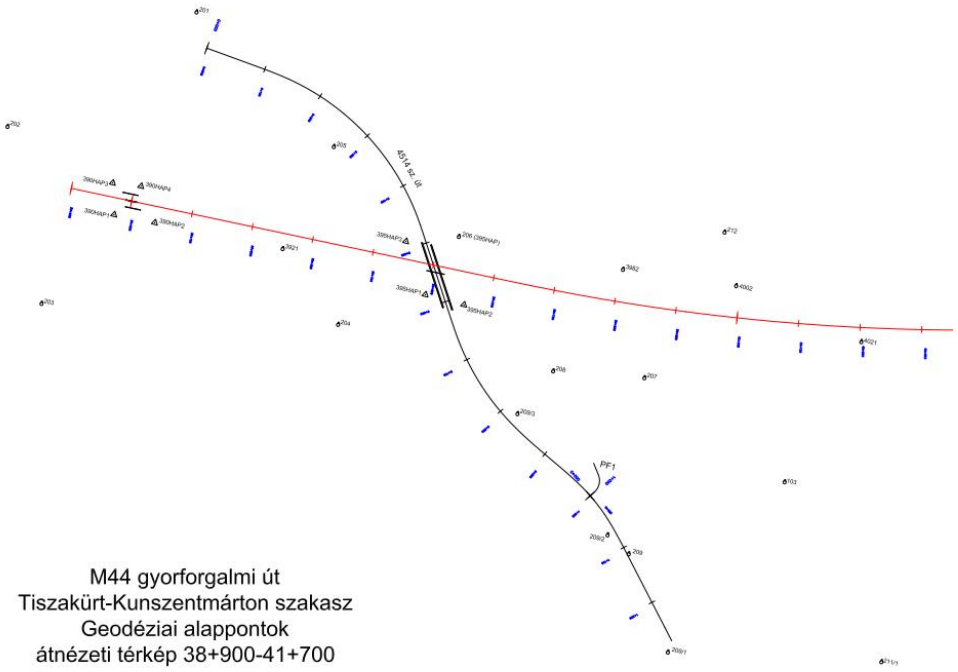
EREDETI KOORDINÁTA					ELLENŐRZŐ MÉRÉS				ELTÉRÉS	
Pontszám	Y (EOV)	X (EOV)	M (EOMA)		Y (EOV)	X (EOV)	M (GPS)		dY (mm)	dX (mm)
229	738278.050	171935.526	86.245		738278.042	171935.509	86.269		-7	-17
230	738301.931	171656.564	85.854		738301.931	171656.580	85.870		0	16
231	738551.121	171854.071	86.162		738551.121	171854.071	86.172		1	1
232	738707.310	171640.352	85.340		738707.343	171640.322	85.321		33	-30
					738707.344	171640.322	85.333		34	-30
					738707.330	171640.325	85.328		20	-27
233	739339.425	171760.520	85.270		739339.433	171760.528	85.283		8	8
234	739182.365	171582.975	85.439		739182.370	171582.977	85.484		5	3

A kivitelezés során folyamatosan vesztettünk alappontot a munkagépek rongálása miatt. Ezeket a pontokat a mérnök utasítására időközönként pótolnunk kellett. Mire az autópálya befejeződött, addigra a telepített alappontok (5. ábra) fele maradt csak meg és ezek közül csak pár darabon maradt meg a betongyűrű.

Az alábbi tervrészlet a főpálya és egy keresztező út környezetében lévő, számozott geodéziai alappontokat ábrázolja.

5. ábra

Alapponthálózat terv (részlet)[5]



[4] M44 gyorsforgalmi út, műszaki leírás, 2016.
[5] M44 gyorsforgalmi út, műszaki leírás, 2016.

2.3. Régészet

Az M44-es gyorsforgalmi út Tiszakürt- Kunszentmárton közötti szakaszán, valamint a keresztező utak, párhuzamos utak és a kapcsolódó műtárgyak területén, összesen 31db lelőhelyen végeztek régészeti feltárást. A régészek a feltárásokat csak kisajátított területeken végezhették.

A feltárási munkák (6. ábra) során a talajt munkagépek segítségével, rétegenként távolították el, majd minden réteget fémkeresővel átkutattak. A feltárások során kitermelt földet depókba kellett helyezni, majd azokat a feltárások elvégzése után, megfelelően tömörítve vissza kell tölteni a feltárt munkagödörbe.

A kitermelt munkagödröket és a hozzájuk tartozó depóniákat a geodétának kellett felmérnie és a felmért adatokból térfogatszámítást majd térfogatjelentést kellett készítenie.

6. ábra

Régészeti feltárás a 42+000 szelvényben[6]

2.4. Kisajátítás

A kisajátítás a törvényileg meghatározott közérdekű célok miatt szükséges, ingatlan megszerzése. A kisajátítás során kisajátított terület nagysága után az ingatlan tulajdonosának kártalanítás jár.

[6] saját készítésű fotó

A kisajátított terület átlagosan 50-55 méter széles sávban történt meg, a főpálya nyomvonalában. A főpályát keresztező utaknál, fel- és lehajtóknál, párhuzamos utaknál, pihenőknél, vadátjáróknál külön határozták meg a kisajátítási határt.
A kisajátítási határ kitűzése, nyomvonalas létesítmények építésekor rendkívül fontos. A határon belül történhet munkavégzés, az építési vállalkozók a kijelölt területen belül gazdálkodhatnak. Ha ezen a területen kívül mozognak, az idegen telkek gazdái beperelhetik az útépítőket.
Az építkezés megkezdéséhez szükséges az építési terület megközelítésére használatos beszállító utak nyomvonalait és határait kitűzni. A beszállító utakból volt olyan, amelyiket az állam véglegesen megvásárolt a kisajátítási eljárás során és voltak olyan utak melyeket csak addig használhattak, amíg az építkezés be nem fejeződött. Majd ezután helyreállították az eredeti állapotába és visszaadták az ingatlan tulajdonosának.

2.5. Terep előkészítése

A főpálya és az egyéb utak nyomvonalába, valamint az egyéb létesítmények területén lévő növényzetet el kellett távolítani. Ahol szükséges volt ott fakivágást és tuskóirtást végeztek. A talajmechanikai vizsgálatok alapján meghatározták, hogy adott szakaszokon milyen vastagságban volt szükséges a humusz és egyéb alkalmatlan anyag eltávolítása. A talaj felső humuszban gazdag rétegét szelvényenként a műszaki leírásban szereplő vastagságban eltávolították és deponálták.
A kisajátítási határon belül lévő árkokban és csatornákban iszapoló kotrást végeztek. Ahol szükséges volt az árkok és csatornák új szintre emelése, ott töltésépítésre is alkalmas anyaggal, a megfelelő szintre hozták.
Voltak olyan vízfolyások és csatornák, amelyekre már nem volt szükség, azokat homokos kaviccsal a terepszintig feltöltötték.
A felső humuszréteg eltávolítása után ahol szükséges volt, ott további réteget is eltávolítottak, majd az így kialakult terepet tömörítették.

2.6. Töltésalapozás, töltésépítés

A töltésalapozás során 2 típusú töltésalapozási technológiát alkalmaztak, helyenként meszes stabilizációval kiegészítve:

1. típusú töltésalapozás:

A műszaki leírásban meghatározott szelvények között a humuszt illetve az alkalmatlan felső réteget el kell távolítani. Az így kialakult felületre geotextíliát és georácsot kell teríteni, a táblázatban meghatározott szelvények között. A geotextíliára és georácsra durva szemcsés földanyagból, a tervezett töltésalapozási szintig fel kell tölteni és be kell tömöríteni.

A hasonló módon beépített durva szemcsés talajok gyakorlati tapasztalatok alapján megfelelő teherbírást és megfelelő alaktartást mutattak.

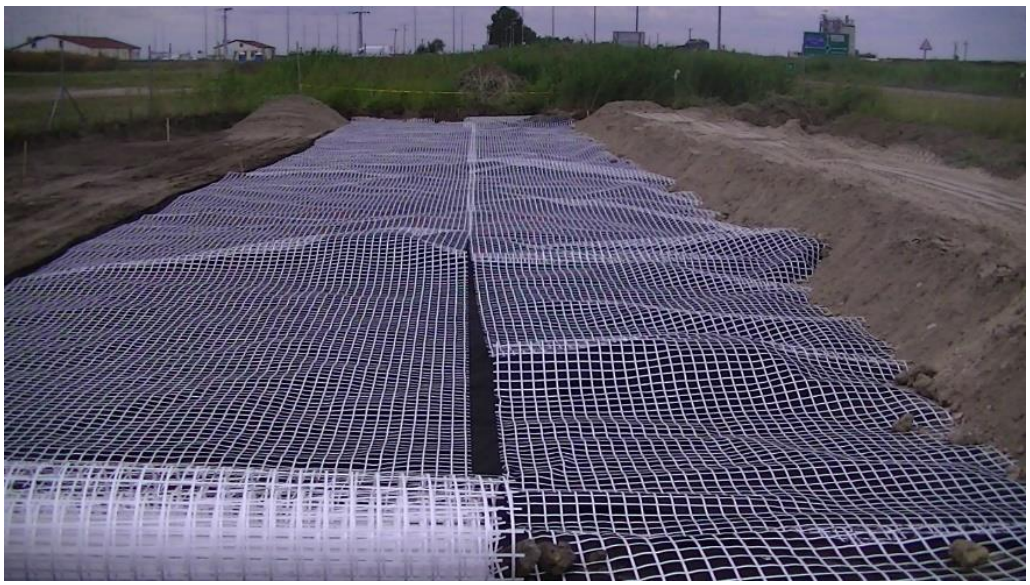
2. típusú töltésalapozás:

A táblázatban meghatározott szelvények között a humuszt illetve az alkalmatlan felső réteget el kell távolítani. Az így kialakult szintre geotextíliát és georácsot (7. ábra) kell teríteni a táblázatban meghatározott szelvények között. A geotextíliára és georácsra, alacsony agyag-iszap tartalmú földanyagból a tervezett töltésalapozási szintig fel kell tölteni és be kell tömöríteni.

Azokon a helyeken, ahol a talaj jó teherbíró és nem várható magas talajvíz illetve belvíz, ott a töltésalapozás elhanyagolható.

7. ábra

Geotextília és georács leterítve[7]



Meszes stabilizáció:

A meszes stabilizáció alkalmazása során a rossz teherbírású talajt mésszel keverik össze, melynek hatására a talaj nedvességtartalma csökken, ezáltal nő a teherbírása.

[7] saját készítésű fotó

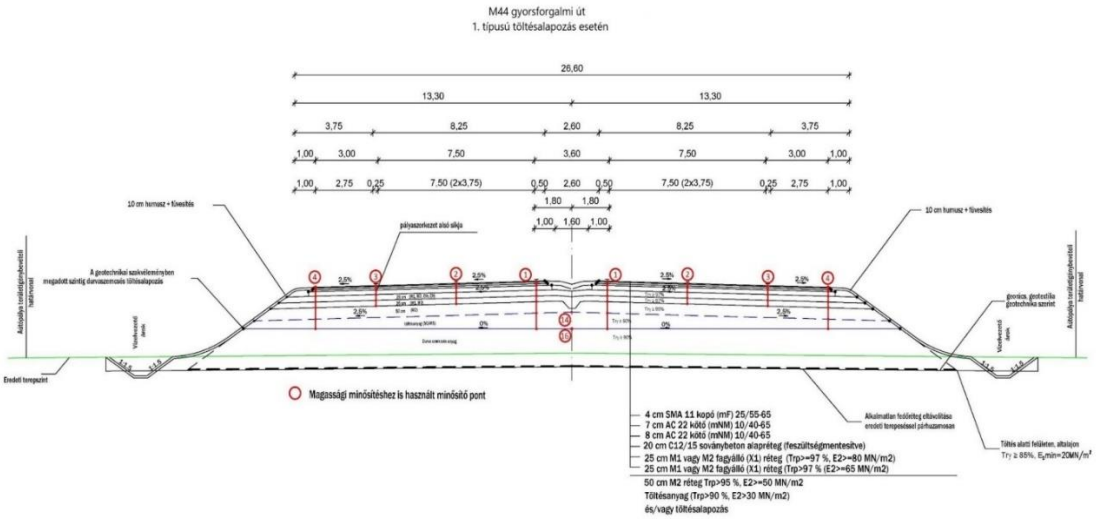
Az optimális mész mennyiségének meghatározásához az építkezés megkezdése előtt mintát kell venni és a minta kiértékelése után próbabeépítést kell végrehajtani.
A talaj meszes stabilizációját nem szabad csapadékos időben végezni, mert a keverés nem lesz homogén, jó minőségű.
A megfelelő töltésalapozás elkészülte után, töltésépítésre alkalmas földanyagból meg kell építeni a magassági vonalvezetés által meghatározott szintre a földművet, amire majd a szerkezeti rétegek kerülnek. A földmű két részből áll, földfeltöltés és védőréteg.

Földfeltöltés:
A talajlabor által kiadott talajmechanikai jegyzőkönyv alapján meghatározott típusú és minőségű földanyagot szabad csak beépíteni, hogy a kellő tömörséget és állékonyságot biztosítani tudja a tervezett rézsűhajlásokkal.
A vállalkozónak el kell készíteni az MMT-t (mintavételi és minősítési terv) és a TU-t (technológiai utasítást), amiben meghatározza, hogyan építi és milyen anyagokat épít be. Ez a két dokumentáció az építkezés minősítésének alapjául szolgál.

Védőréteg:
A védőréteg homokos kavicsból készített réteg, melynek feladata a terhelés egyenletes elosztása, vízelvezetés, fagyvédelem és rezgéscsökkentés. A védőréteget a földfeltöltésre kell építeni a tervekben szereplő minőséggel, vastagsággal és rétegszámmal. A védőréteg kialakítása során elengedhetetlen a szintvezérlés alkalmazása munkaterületen. A főpálya esetén 3 rétegben terítettek védőrétegek, 50-25-25 cm vastagságban.

2.7. Szerkezeti rétegek

8. ábra
M44-es autóút, mintakeresztszelvény[8]



A következő sorokban a földmű felső szintje feletti rétegeket szeretném leírni:
A szerkezeti rétegek (8. ábra) kialakítását aszfalt finisherrel végeztük. A védő- javító réteg felső szintjéről 20cm C12/15 sovány földnedves beton réteg épült, majd következtek az aszfalt rétegek. Az alsó réteg AC22kötő mNM 8cm vastagságban, a kötő réteg szintén AC22 kötő nMN típusú aszfaltkeverékből épült 7cm vastagságban. A kopó réteget általában csak a befejező munkák előtt építjük meg, mert az építési forgalom használja előtte a kötő rétegeket.

2.8. Alakító munkák

A nagytömegű földmunka és a szerkezet építése után az alakító munkák következnek. Ez az egyik olyan folyamat amikor a pálya töltéséhez szükséges földmennyiségeket már behordták és a műszaki leírásban előírtak szerint kellően betömörítették és a szerkezeti rétegek is már elkészültek.
Az alakító munkarészek közé tartozik:

- Rézsűképzés
- Padka feltöltés
- Vízszintes területrendezés

[8] M44 gyorsforgalmi út, kiviteli terv dokumentáció, 2016.

- Rézsűs és vízszintes területek humuszolása
- Vízelvezető árkok megépítése, szükséges helyeken burkolása
- Rézsűsurrantók építése előre gyártott elemekből

Amint elkészülnek ezeket a munkákat is minősíteni kell. A minősítő felmérés a geodéta feladata, amit a megbízója felé folyamatosan szolgáltatnia kell.

2.9. Befejező munkák

A befejező munkák közé tartozik az összes olyan munka, ami ahhoz szükséges, hogy az autópálya véglegesen elkészüljön. Ezeket a munkákat akkor lehet elkezdeni, ha már legalább az utolsó réteg (kopóréteg) alatti réteg (2. kötőréteg) megépült.
A befejező munkarészek közé tartozik:

- A két útpálya közötti terület humuszolása
- A két útpálya közötti sávban és a pálya szélén szalagkorlát építése
- Forgalomtechnikai táblák elhelyezése
- Forgalomtechnikai jelek felfestése
- Vadvédőkerítés megépítése

Befejező munkákat közvetlenül az átadás előtti munkákhoz sorolnám A forgalomtechnika, felfestések, a táblák kihelyezése tartozik ide és minden, ami ahhoz szükséges az autópálya , autóút rendeltetésszerű működéséhez.

2.10. Vízépítés, közművek

A vízépítési műtárgyak helyét előre megtervezték, majd a műtárgyak létesítésének helyén talajmechanikai vizsgálatok alapján méretezték.
Az főpálya nyomvonalában lévő közműveket előzetes egyeztetések alapján tervezték meg. A területen új vezetékeket létesítettek és a régi vezetékeket áthelyezték vagy védőcsővel bevédték.
A következő vízépítési műtárgyak épültek:

- Aknák és keresztcsatornák
- Átereszek
- Műtárgyak
- Meliorációs csövek

- Csapadékvíz elvezető csatornák
- Hossz és keresztszivárgók
- A főpálya és egyéb utak és a pihenők mellett burkolt vagy földmedrű árkok is épültek.

A következő közművek épültek:

- Hírközlési vezetékek
- Kis- és középfeszültségű elektromos vezetékek
- Nagyfeszültségű vezetékek
- Cserkeszőlői pihenő vízellátása és szennyvízelvezetése
- Kardosi pihenő vízellátása és szennyvízelvezetése
- Szénhidrogén vezetékek keresztezése
- Vasúti közmű
- Védőkerítés érintésvédelme – Kis- és középfeszültség
- Védőkerítés érintésvédelme – Nagyfeszültség

Külön kiemelném a Ckt alaprétegre és az után lévő rétegekre az útpálya szélén épült ideiglenes vízelvezető beton szegélyeket. A 2018-as év nyarán és őszén jellemző volt a heves intenzitású nagy mennyiségű csapadék. Mivel a rézsűk még nem voltak füvesítve és a rézsűsurrantók sem épültek meg, ezért egy nagy intenzitású csapadékot nem tudott károsodás nélkül elvezetni. A csapadék lefolyása erősen megrongálta a rézsűoldalt elszórtan és sok helyen. A lefolyás okozta olykor 0,3 – 0,8 m mély suvadások sok többletmunkát és időt jelentett, amíg azokat visszatöltötték és betömörítették. A további hasonló mértékű rongálódások elkerülése miatt a C12/15 alapréteg és a felette levő rétegek szélére egy 5 cm széles és 5cm magas vízelvezető szegélyt alakítottak ki, amelyet 50-100 méterenként megszakítottunk, így biztosítva a lefolyást a rézsű oldalon. Minden kivezetéshez rézsű surrantó betonelemet helyeztek el, így biztosítva vízelvezetést, a vízelvezető árokba való lefolyást anélkül, hogy a víz meg tudta volna rongálni a rézsűoldalt. Ezt az ideiglenes szegélyt a következő réteg beépítése előtt eltávolították, majd az újonnan felkerült rétegre újra húzták.

3. A FÖLDMUNKAGÉPEK BEMUTATÁSA

A földmunkagépeket alapvetően az jellemzi, hogy a haladási sebességükkel megegyező a föld nyesési és szállítási folyamata, amit egy mereven szerelt munkaeszköz végez. Ezt az eszközt dózernél tolólapnak, grédernél vágóélnek nevezünk.
Két fő csoportjuk van:
- vágóéllel szerelt gépek: a vágóél előtt göngyölik és rövid távolságokra tolják el a lenyesett talajt
- puttonyos gépek: földnyesők vagy szképerekládák , feladatuk a lenyesett föld ládákba gyűjtése és elszállítása a tervezett helyszínre[9]

Dolgozatomban a szakaszos üzemű illetve a folyamatos üzemű vágóéllel felszerelt gépek szintvezérlésével foglalkozom. Ide tartozik a földtoló, földnyeső és a földgyalu.

3.1. Alkalmazási területeik

A nagytömegű földmunkák során a földtológépek minden esetben gépláncban más gépekkel közösen dolgoznak. A földmunkagép feladata elvégzésekor lenyesi, szállítja és a megfelelő helyre teríti a töltésanyagot. Ez a nyesési művelet a gép haladása közben jön létre, úgy hogy a tolólap vágóéle besüllyed a talajba.
Ez a talaj torlódik és torlasztási vagy göngyölési prizmát képez a vágóél előtt. A folyamat mindaddig tart, míg a gölgyölési prizma el nem éri a tolólap felső részét. Amint eléri a tolólap felső szélét a gépkezelő kiemeli a vágóélt és a talajprizmát a földtológép előrehaladása közben az ürítési helyig tolja. A földszállításra nem alkalmasak, nagyon rossz hatásfokkal dolgoznak a nagy szállítási ellenállás miatt. Kisebb távolság (100-150 m-ig) esetén ez a módszer is gazdaságosnak hatékonynak mutatkozik. A földtológép működése közben egyéb kiegészítő mozgások (pl.: ládaemelés, ládaürítés) elmaradnak, amely a ládás gépeknél minden esetben a földmunka részét képzik. A dózer tolólapja a munkagép tengelyére merőleges vagy azzal φ szöget zár be. A talajt oldalirányban tolja el a gép előrehaladása közben, ha a tolólap nem merőleges a hossztengelyével. A tolólapvázra az egyes géptípusoknál talajlazító, bokorírtó és ároknyitó szerelékek illeszthetők.

[9] Balpataki, Benkő, Földmunkagépek, 2012.

A földmunkagépek közül dózert a grédert és a szintvezérelt forgó kotrót és az anyagterítő gépet(finishert) szeretném bemutatni.[10]

3.2. Típusai

A dózer (9. ábra) többféle vezérléssel szerelhető fel. Különböző pontosságú lézer szintjelzővel, vagy a szabad mozgást biztosító GPS vezérléssel.

9. ábra

Dózer[11]

Amíg a gép nagy mennyiségű anyagot tol, addig a megszokott, kézi vezérléssel kell irányítani. A végső szint elérésekor kell a szintvezérlést bekapcsolni, ekkor a számítógép vezérli a tólólap hidraulikáját és az készre húzza a szintet.

A dózerre általában nem szokás nagy pontosságú szintvezérlő rendszert szerelni, mert a dózernek nem a végső tükörszint kialakítása az elsődleges funkciója. A dózer által mozgatott szemcsenagysághoz és felületi minőséghez teljesen elégséges a GPS, mert gyors és magassági pontossága ±4 cm belül mozog. A következő munkafázisban a gréder gondoskodik a végső felület kialakításáról.

[10] Balpataki, Benkő, Földmunkagépek, 2012.
[11] http://www.szintvezerles.hu/?at=32 (letöltés dátuma: 2021.05.11.)

10. ábra

Gréder[12]

A gréder (10. ábra) szintvezérlésének irányítását robot mérőállomás, más néven ATS végzi. Ez a műszer képes a pontos távolságot, valamint szögadatokat közvetíteni a munkagép fedélzeti egysége felé, az adat létrejöttével azonos időben. A fedélzeti számítógép kezeli a digitális terepmodell adatállományát, mely egy alap koordináta listából elkészíthető. Az előírt magasságok és az aktuális pozíció számítása a szoftver feladata. A vágóélek mozgatását hidraulika szelepek végzik, melyek a számított eltérés ismeretében tartják az előírt magasságot. Egy szögérzékelőkből és egy hidraulikus kezelő rendszerből épül fel mind a tolólappal, mind a vágóéllel rendelkező földmegmunkáló gépek vezérlése. Alkalmazható 3D vezérlés, vagy ultrahangos vezérlés egyaránt, ezt a feladat bonyolultsága határozza meg.

[12] https://sitech.hu/greder/#1600951133470-56396c61-015b (letöltés dátuma: 2021.05.11.)

11. ábra

Forgó rakodógép[13]

A forgókotró vezérlésénél az egyszerűen párosított lézerjeladó és lézerdetektor alkalmas a kanalat tartó gém hosszának megfelelő mélységű árok, akna vagy pince kiásására. Ferde lézersíkkal rézsűs felületet tud a gépkezelő kialakítani további segítség nélkül.

Alapvető követelmények a forgórakodók (11. ábra) lézerdetektoraival szemben:

- A gémhossz ismeretében szögkompenzáció 30°-ig
- 500 méteres vételi távolság
- 23 cm-es érzékelési hossz
- 360°-os vétel

A vezérlés egy adapter segítségével kapcsolható a kanálvezérlő rendszeréhez A 3D vezérlést műholdak segítségével lehet megoldani a kotrógépeknél. Ennek első lépése, hogy szögelfordulás érzékelőket helyezünk a kanalat tartó gém összes csuklópontjához. Ezután a vezérlő számítógép meghatározza a kanál élének a helyzetét a műholdak által szolgáltatott adatokból. Ez a vezérlés kitűnően alkalmazható az esetleges víz alatti kotrásoknál és a bonyolultabb feladatok, pl. pótpadka kialakításánál. A 3D vezérlés alapja egy fedélzeti

[13] https://sitech.hu/kotrogep/#GCS900-3D (letöltés dátuma: 2021.05.11.)

számítógép, ami a digitális terepmodell adatait kezeli. A képernyőn megjelenik az összes információ, és a gépkezelő ez alapján hajtja végre a műveletet. Ez a központi egység majdnem az összes vezérlendő géptípusra felszerelhető és rendkívül könnyen alkalmazható. Többek között alkalmas az ATS mérőállomás adatainak és a GPS jelek feldolgozására is.
Eredetileg a földmunkagép egy előzetesen beállított magasság értéket huzamosabb ideig és távon tud tartani, viszont a talaj egyenetlenségei és az alváz helyzetének folyamatos változásai miatt nincs fixált bázis amihez a tólólap vagy vágóél igazodhatna.
A pontos magasság tartásához használhatóak egyszerű rendszerek, melyeknél nincs gépi beavatkozásra szükség, csak a meglévő szint különbségi eltéréseit próbálja a gépkezelő a lehető legjobban koorigálni. A legegyszerűbb ilyenfajta kijelző „berendezés" a gép egymáson mozgó elemeinek festékcsíkkal való összejelölése, ekkor csak a vágóél géphez mért relatív helyzete látható, a hibákat kijavítani csak az elvégzett munka utáni tapasztalatokból lehet. Ez a technika rendkívül megbízhatatlan módszer, nagy felületi pontosság kialakítására teljes mértékben alkalmatlan.
A szintvezérlés talán legfontosabb jellemzője, hogy valamilyen vezérlőrendszert alkalmazunk és a hidraulika egy zárt folyamaton keresztül kiegyenlíti a tervektől való eltérést.

Alapvetően 2 típusát használjuk a gépvezérléseknek a letapogató vezérlést, amit az úgynevezett zászlózás előz meg, illetve a lézeres és mérőállomásos szintvezérlő eljárásokat a 3D vezérlést:

- Letapogatáskor a referencia magasságot egy geodéziai kitűzési módszerrel meghatározott, a pálya mentén kifeszített huzallal határozzuk meg. Legtöbbször a már korábban megépített és minősített burkolat vagy betonszegély adja a referencia síkot. Ez a módszer végrehajtható ultrahangos letapintó berendezéssel, vagy lézer impulzussal.
- A 3D vezérlésnél kialakítandó felület magasságát nem egy sík adja meg, hanem a tervek alapján elkészített „digitális terepmodell (DTM)". A munkavégzés közben a földmunkagép pozíciójának X, Y, Z koordinátáit folyamatosan számolja a fedélzeti számítógép. A vágóél magasságot folyamatosan összehasonlítja a gép helyzetéhez tartozó a „DTM" ugyanazon helyhez tartozó Z magassági értékével és ha eltérést tapasztal, akkor a hidraulika a megfelelő pozícióba automatikusan beállítja a tolólapot.

A „DTM"-ek előállíthatók egyszerű text fájlokból, a főpontok adott koordináta rendszerben levő pl. szelvényszám és a szelvényen belüli pozíció koordinátái. A digitális terepmodellek előállítására sok műszaki felhasználók számára kifejlesztett szoftver is alkalmas.

A régebbi fejlesztésű vezérlő rendszerek leginkább egy konkrét géptípusra készültek, amit csak az megadott érzékelőkkel tudták ellátni a feladatot. A számítástechnika folyamatos fejlődésével elterjedtek a tetszés szerint programozható vezérlések és így a munka jellegének megfelelően lehet választani gépvezérlést az ultrahangos szint vezetéstől a műholdas vezérlésig.

3.3. A szintvezérlések feltételei

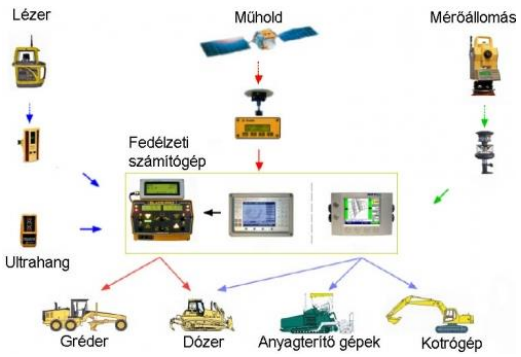
A földmunkagép vezérlések általában különböző igények alapján vannak kiválasztva. Fontos szempont a kialakítandó felület bonyolultsága. Gyakorlatilag az összes építési feladathoz megvan a megfelelő vezérlési rendszer aminek az az oka, hogy nem megfelelő feladatnál a túlzott pontosság például a költségek növekedését eredményezheti.

Általános követelmények között megemlíthetjük a gyorsreakció időt amit nagy munkasebességnél csak gyors adatátviteli sebességgel lehet kivitelezni. Ehhez szükséges a számítások felgyorsítása és a hidraulika szelepek nyitási idejének gyors és pontos beállítása.

Amikor a munkaterület tereptárgyakkal, akadályokkal van tele, a jeladóval az áttelepül sok akadállyal rendelkező munkaterületen a jeladóval való állandó áttelepülés a pontosság rovására mehet és a gép állásideje megnövekedhet. A jeladót mindig olyan helyen kell felállítani, ahol az adott munkafolyamat során állandó jelet biztosít és folyamatosak képes kommunikálni a géppel.A fedélzeti egységek (12. ábra) kezelése a gépkezelő feladata. Ezeknél az eszközöknél nagyon fontos a könnyű kezelhetőség és az, hogy ne kelljen speciális ismereteket elsajátítania a pontos értékek beállításához.[14]

12. ábra

A szintvezérlés eszközei és a földmunkagépek[15]



[14] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.
[15] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.

3.4. Tapogató berendezések fajtái

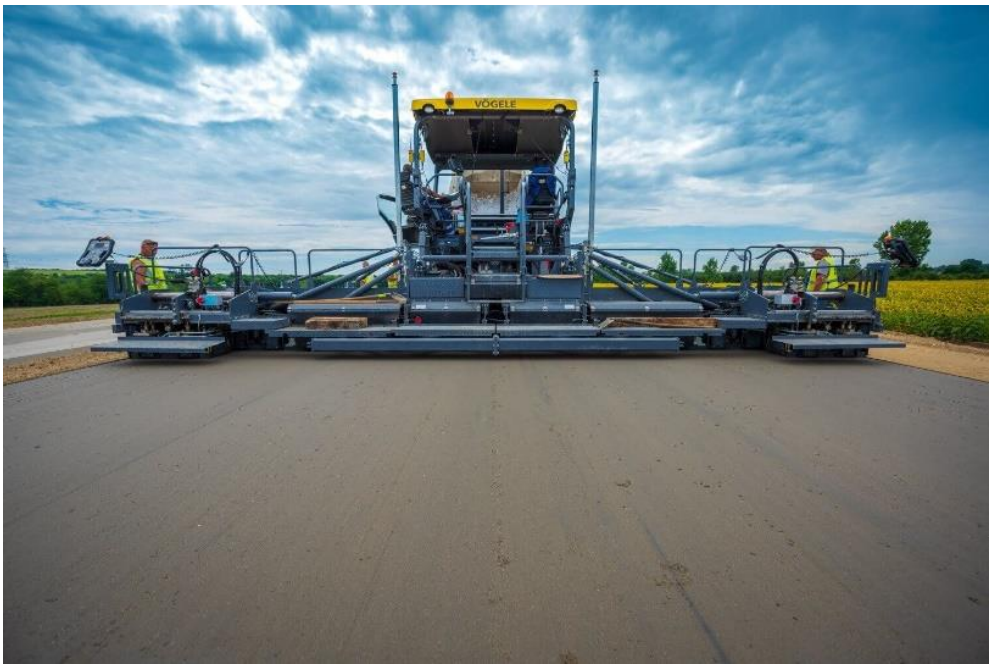
A tapintó eszközök a megmunkálandó felületet egy referencia felülettel történő érintkezés alapján képezik le. Ezt a letapintást végezheti kerék vagy huzalt lekövető „pillangó” eszköz. A pillangó egy billegő kart foglal magába, ami két ponton leköveti a vezetőhuzalt.

A szintvezérlésen kívül a „pillangó” képes érzékelni a gép esetleges előre hátra billenő mozgását is.

Ez a technika a munkafolyamat pontos előkészítését feltételezi, mert az esetlegesen felmerülő felületi egyenetlenségek átmásolódnak az újonnan kialakított felületre is.

13. ábra

Anyagterítőgép (finisher)[16]



Finishereknél (13. ábra) alkalmazzunk egy fém gerendát, amely átlagolja az egyenetlenségeket 6 méter hosszan fut a párhuzamosan a géppel. Fél méterenként vannak csúszó talpak szerelve, hogy a finisher ne érzékelje a referencia sík apróbb hibáit.

Az új típusú vezérlések lassan kiszorítják a statikus elven működő felületmásoló berendezéseket. Ilyen újfajta felületkövető vezérlési eljárás az ultrahangos felületkövetés. Az ultrahangos vezérlés egy szenzorrendszerrel csatlakozik a munkagépre, amit a munka megkezdése előtt felszerelnek. Az alapgép dőlését is figyelembe kell venni. Képes követni a

[16] https://magyarepitok.hu/iparagi-hirek/2020/01/a-nagy-ugras-utan-iden-johet-a-hatekonysagnoveles-az-epitoiparban (letöltés dátuma: 2021.05.11.)

szegélykövet, illetve az egyéb referencia síkokat. Az előre programozott keresztdőléssel (14. ábra) épül ki az alakítandó felület.

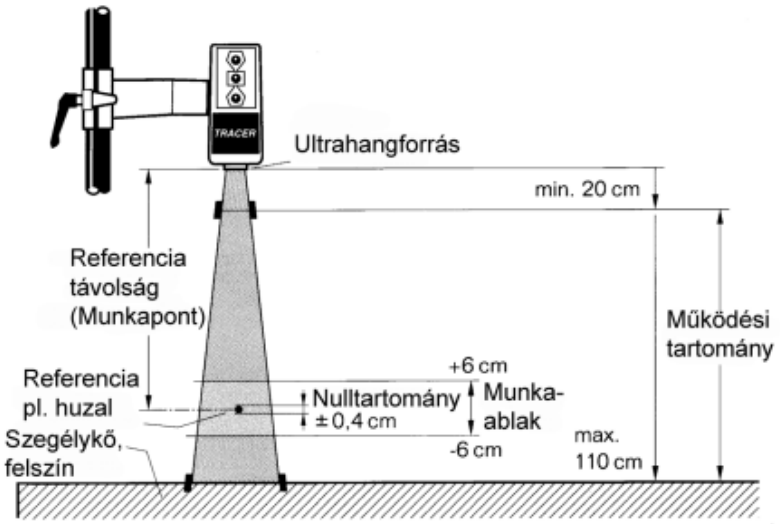
14. ábra

A vízszintes felülettől való eltérés kezelése[17]

Az ultrahangos eljárás során a jeladó egy hanghullámot bocsát ki a felület felé. Amikor megindul az impulzus, akkor egy számláló is elindul és a jel visszaérkezési idejét méri. Ebből kiszámítható a referenciafelület távolsága.

15. ábra

Ultrahangos felületkövető eljárás modellje[18]



[17] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.

[18] http://www.geotrade.hu/index.php?page=letoltes&spage=fajl&id=80 (letöltés dátuma: 2021.05.11.)

16. ábra

Az ultrahangosforrás finisheren való elhelyezkedése[19]

Az irányító panelen a gépkezelők letárolják a referencia távolságot, beállítják a szintet. Talajmegmunkálás során a kezelő panelen lévő lámpák egyszerre jelzik a megadott magasságtól való különbséget.

Az ultrahang készülék (16. ábra) 20cm-től 110cm magasságig alkalmazható. Ezen a tartományon belül állítható be a munkapont kívánt magassága.

[19] http://www.geotrade.hu/index.php?page=letoltes&spage=fajl&id=80 (letöltés dátuma: 2021.05.11.)

4. A SZINTVEZÉRLÉS TECHNOLÓGIAI MŰKÖDÉSE, A KIVITELEZÉSBEN BETÖLTÖTT JELENTŐSÉGE

Magyarországon az autópályák kivitelezése során több fajta szintvezérléssel ellátott földmunkagép is használatos. Precizitásuknak és könnyű kezelhetőségüknek köszönhetően szinte egy menetben készre munkálható az autópályák- és autóutak alépítménye. A nagytömegű földmunkáknál komoly szempont a pontosság, mivel akár pár centiméteres eltérésen is erősen visszavetheti a várható pénzügyi eredményt.

Ahogy már az előző fejezetekben leírtam, minden egyes munkafolyamathoz más-más szintvezérlési technológiát alkalmaztunk.

A szintvezérlés során egy magasságérzékelő és egy dőlésérzékelő inga elektromos jeleket közvetít a központi egységnek detektora felé.

Az alábbiakban részletesen bemutatom a különféle szintvezérlési technológiákat, és eszközeiket.

4.1. Manuális szintvezérlés (zászlózás) bemutatása

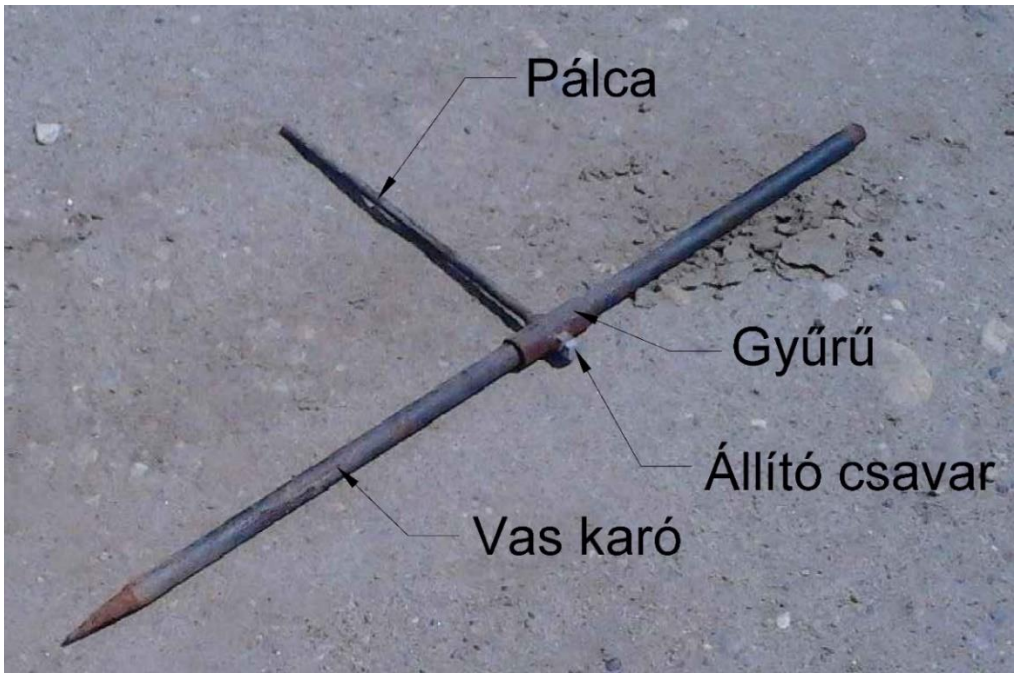
A zászló egy olyan vasból készült karó (17. ábra), amin egy gyűrű mozog, és a gyűrűhöz rögzítve van egy vas pálca oldal irányban. A gyűrű magasságát egy csavar lazításával vagy szorításával lehet állítani. Ezeknek a vas karóknak a kitűzését és a pálcák magasságának a beállításait nevezzük zászlózásnak. A zászlók főként a finisher által húzott beton vagy aszfalt szélességét és magasságát jelzik, de használjuk a földmű felső rétegének, a védőréteg pontos magasságának a beállításához is.

A zászlókat általában a kivitelező cég feladata volt beszerezni és a helyszínre szállítani és neki kellett gondoskodnia a megfelelő számú és minőségű zászlók biztosításáról

Azt, hogy mikor és melyik szakaszon kell zászlózni, azt az építésvezetők egyeztetik a geodétákkal és gondoskodnak róla, hogy kellő mennyiségű zászló legyen a helyszínen, hogy el lehessen végezni a kitűzést.

17. ábra

A zászló elemei[20]



A pálcáknak a magasságát a földnedves beton alapréteg szintjére kellett beállítani. A védőréteg végleges szintjét a pálcák alapján készítették el. Mivel a pálcákat a Ckt szintjére állítottuk, ezért a művezetők tudták, hogy a pálcák szintjéhez képes 20 centiméterrel lejjebb lesz a védőréteg végleges szintje.

A zászlózás három ütemben történt. Az első ütemben a tengely mellé a zászlózási terv alapján kitűztük 20 méterenként a zászlókat a tengelytől átlagosan 13 centiméterre és a pálya szélén, ami a tengelytől 13 – 15 méterre voltak. A kitűzést mérőállomással végeztük.

A második ütemben a kitűzött zászlók pálcájának a magasságát állítottuk be. A magassági beállítását digitális vagy optikai szintezővel végeztük. A terepen szerzett tapasztalataim alapján kijelenthetem, hogy optikai szintezővel kétszer vagy akár háromszor gyorsabban lehet a pálcák magasságát beállítani, mint digitális szintezővel. A pálca végleges magassága csak sok – sok állítás után került a helyére. A digitális szintezővel (18. ábra)minden egyes állítás után mérést kellett végrehajtani, ami 5–10 másodpercbe telt, ehhez képest az optikai szintezővel azonnal meg tudtuk nézni, hogy a pálcára helyezett szintezőléc a megfelelő állásban van-e. Digitális szintezővel való méréskor megadtam a szintező programjába a tervezett pálca magasságát és a szintezőlécre való mérés után kijelezte, hogy mennyi a magasságkülönbség a jelenlegi szint és a beírt szint között. Optikai szintezővel való méréskor szükség volt egy számológépre is. A

[20] saját készítésű ábra

látsík magasságából kivontam a tervezett pálcamagasságot, így megkaptam, hogy mit kell leolvassak a szintezőlécről, hogy a pont megfelelő magasságon legyen.

18. ábra

Zászló pálcájának beállítása digitális szintezővel[21]

A harmadik ütemben a zászlók sűrítése történt. A finisher a pálcákra helyezett vezető drótot követi és az alapján pozícionálja magát. De a madzagnak az önsúlyából adódóan nagyobb fesztávok esetén már szemmel látható belógása van. Ahhoz, hogy ez a belógás ne legyen, 5 méterenként sűríteni kellett a zászlókat. Ezt a sűrítést már nem a geodéták végezték, hanem művezető felügyelete mellett zászlózáshoz értő fizikai munkások. A fizikai munkások nem mérőállomással és szintezővel tették ezt meg, de az általunk kitűzött zászlók alapján könnyeden meg tudták oldani a sűrítést.

Az első ütemtervben az szerepelt, hogy a Ckt szintjét, a két kötőréteg szintjét és az utolsó kopóréteg szintjét is külön zászlózás mellett fogják elvégezni, de ez annyira megterhelte volna a geodézia csapatokat, hogy akkor az egyéb más kitűzéseket és méréseket nem tudtuk volna időben befejezni. Ezért az a döntés született, hogy ha a Ckt minősítés kiváló lesz, akkor nem fontos a további rétegek zászlózása, hisz a finisher képes mindig fix vastagságú aszfaltot építeni. Mivel a beton réteg adja az aszfalt rétegek alapját, ha az alap vastagsága és a tervezett magasság a minősítésnek megfelel, akkor a rajta levő aszfalt szélessége és magassága meg fog felelni a terveknek. Az, hogy valóban ez a döntés jó ötlet volt, azt a minősítési jegyzőkönyvek

[21] saját készítésű fotó

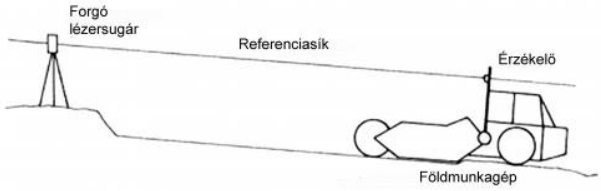
is bizonyítják, mivel az összes réteg minősítése kiváló volt és minden a tervekben szereplő magasságban és szélességben épült meg.

4.2. Lézer vezérlés bemutatása

A földmunkagép elsődleges feladata, hogy a meghatározott szintet tartsa a töltésépítés rétegeinek kivitelezésekor és minél kisebb tűrésen belül dolgozzon.
A lézer vezérlés alkalmazása közben nincs lemásolható felület, ezért szükséges a lézerjeladó és egy detektor eszköz használata. Ez a két műszer egy a referencia síkkal párhuzamos síkot alkot.
A detektor egy olyan fedélzeti egység, melynek a munkagép vezetőfülkéjében található a nagy méretű, jól látható kijelzője.
A rendszer 2cm-en belüli magasságot képes tartani, akár 450m távolságból is, ezzel a földmunkák kivitelezésében kulcsfontosságú eszköznek számít. A műszer teljesítményétől függ, hogy a gép a jelforrástól milyen távolságra helyezkedhet el.
A kezelő szenzorok irányítják a vágóélt, tolólapot és a kitűzött magassági értékek rögzítését a lézer jeladóból származó referencia sík garantálja. Ezt általában egy vevő egység detektálja majd a hidraulikarendszert a központi eszközzel párosítva irányítja.
A vezérlés folyamata a következőképpen épül fel:
A jeladót a munkaterület közepén helyezik el. A munkákhoz mindig infravörös lézersugarat alkalmazunk. A tervezett referencia szintvonal észleléséhez a detektort le és fel mozgatják, amíg meg nem találják. Ilyenkor a gépkezelő elmenti a detektort tartójának magasságát és elindulhat a munka végrehajtása.
A feladat végrehajtásakor a munkagép kezelője a fedélzeti kezelő panelen keresztül kap visszajelzést az pillanatnyi szint és az végleges szint eltéréseiről. Ezek az információk szűkségesek az esetleges koorekcióhoz.

19. ábra

A lézer vezérlés modellje[22]



[22] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.

A lézerjeladó egy olyan eszköz, amit egy üvegből készült kompenzátor egységbe és egy foglalatba ágyazott dióda képez. A sugár a kilépő ablakhoz a kollimátor lencsén keresztül jut. A kilépő sugarat 90º-ban megtöri a prizma, majd ekkor egy vízszintes sugár jön létre. A prizma forgásról egy motor felel, aminek változtatható a fordulatszáma. Ezt az egységet két csapágy tartja a tengely vonalában.

Mindig a feladathoz viszonyítottan határozzuk meg a lézerjeladókat. Olyan is választható, amelyen a függőleges tengelyt bizonyos szögben el tudjuk dönteni. Azokat a jeladókat tudjuk használni ilyenkor, melyek vízszintes irányába 20º-os szögben forgathatók és további 10º-kal függőleges irányba is.

A x-tengely irányú szintezést a lézer jeladó készülékek automatán elvégzik. A felállított eszköz pozícióját egy szintező libella buborék ellenőrzi. Ezt a bubrékot egy infravörös fény megvilágítja és ha az eszköz túloldalán lévő két fotodióda ugyanolyan jeleket vesz, akkor a készülék megfelelő helyzetbe került.

A munka kezdetén a bekapcsolt állapotú jeladó magasságát egy mérőlécre szerelt detektorral tudjuk ellenőrizni. (20. ábra) lézer jeladó magasságát addig állítjuk, amíg a detektor helyes magasságra kerül. Mivel a földmű tömörítése süllyedéshez vezet, ezért a jeladó magasságot a bedolgozandó anyaghoz kell megállapítani.

20. ábra

A lézer vezérlés eszközei[23]

[23] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.

Detektorok

Nappal a lézerfény intenzitása annyira le tud csökkenni, hogy nem lehet 10-20m-ről sem érzékelni. A fényt ennél nagyobb távolságon már csak fotoelektromos technikával tudjuk detektálni.

Speciális detektorokat alkalmaznak a jel felfogására. Ezek a detektorok fényérzékeny cellákkal vannak felszerelve, amelyek lekorlátozzák a lézersík keresztmetszet középvonalát. A távolsági szóródás miatt említhetjük meg a sík keresztmetszeti középvonalát. A jeladó berendezéstől 300-400 méterre lévő forgólézer referencia síkja szétszóródik, az elméleti középtől eltér és már sávként jelenik meg, aminek hibája akár centiméterben is mérhető lehet. A detektor feladata, hogy a jelsáv energiaközpontját megtalálja.

2 típusú fotoelektromos érzékelőt, fotódetektort lehet megkülönböztetni:

- mérhető feszültséget ad a fény hatására a detektor
- a detektor az ellenállást fény hatására megváltoztatja.

A jel ami létrejött vagy egy vizuális vagy egy audio eszközt aktivál:

- vizuális eszköz esetén függőleges fénysor vagy nyilak jelzik a lézersík magasságát.
- hangjelzés esetén a szaggatott hang folyamatos sípolásba megy át.
- elektromos kimenetesetén a gép vezérlőrendszeréhez kerül a jel.

A fényérzékeny cellák (lásd ábra) különböző alakzatokban vannak elrendezve a detektor típusától függően, oszlop vagy henger alak a megszokott. Nagyobb érzékelési hossz gyorsabb érzékelést jelent, mivel kevesebb kereső üzemmódban való működésre van szükség a lézersík megtalálásához.

Bár különböző detektorokat gyártanak, felhasználás szerint mégis mind besorolható ebbe a két fő kategóriába: általános felhasználású és gépvezérlésre alkalmas típusok.

A gépvezérlésnél használatos detektorok általában nagyobbak, nehezebbek és drágábbak, mint az általános felhasználású társaik.

További különbségek:

- 360º-os vételi szöggel rendelkeznek. Ezt úgy érik el, hogy a fényérzékeny cellákat függőleges henger alakban szerelik fel, így bármely irányból érkezhet a lézersugár
- Nagyobb érzékelési tartománnyal rendelkeznek, hogy jobb irányíthatóságot biztosítsanak a gépnek. A cellák 200 mm-nél hosszabb sorban vannak elhelyezve, de van olyan rendszer is, melyben az érzékelési tartomány 1 m.
- A növelt méretek és nagyobb érzékelési képesség miatt több energiát igényelnek, melyet külső akkumulátorról, vagy az alapgép elektromos rendszeréből vesznek.

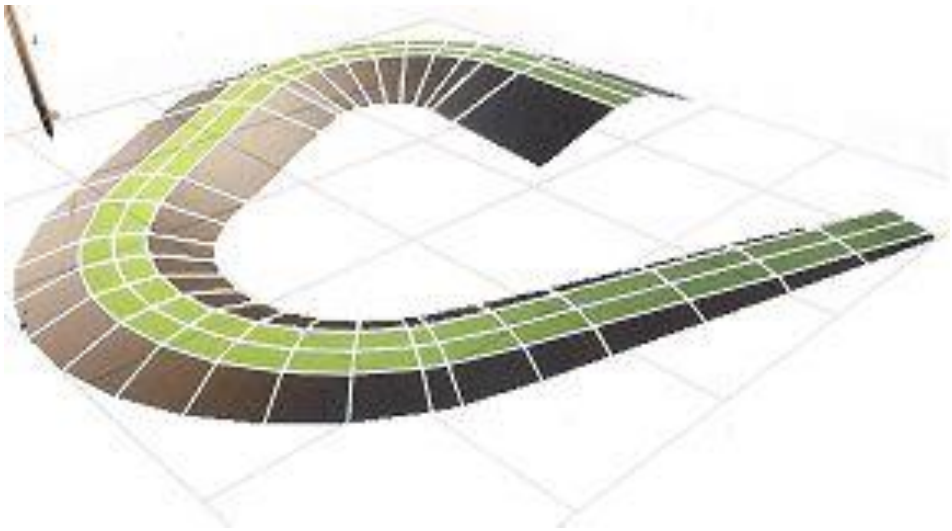
Az eszközök erős és vízhatlan kialakítása azt eredményezi, hogy ellenállnak a munkaterületen előforduló körülményeknek. Mindig egy merev vagy egy teleszkópos árbocon állnak, mely a gép egy megfelelő pontjára van függőlegesen szerelve, pl. a vágóél fölé.
A lézersugár fordulatszámának elegendően nagynak kell lennie ahhoz, hogy a detektor ne veszítse el a jelet. Ha túl lassan forog, akkor a vágóél a szenzor által utoljára kapott jel alapján dolgozik. Ez egyenetlenségekhez vezet, mivel a hidraulika nem tud azonnal válaszolni, ha a késett jelhez kell igazodnia. A 300 1/perc fordulatszámmal forgó lézersugár másodpercenként 5-ször, a 600 1/perc fordulatszámú 10-szer találkozik a detektorral, ez növeli az elvégzett munkaminőségét.
Ha megfelelő fordulatszám van beállítva, a sugár útját akkor is megzavarhatják fák vagy más akadályok, melyeknek ugyanaz a hatása lehet, mint a lassú lézer fordulatszámnak. Ennek elkerülése végett a rendszerek rendelkeznek beépített memóriával, mely folyamatosan figyeli a jeleket és időleges kimaradás esetén az előző jelfolyam alapján irányítja a gépet, míg a jelet újra megtalálja.
Az újabban Controller Area Network (CAN) buszrendszerrel szerelt gépek kommunikációs hálózatot biztosítanak az összes elem számára. Ez az elektronikus adatátviteli szabvány lehetővé teszi, hogy az alkotóelemek az alkalmazási környezettől függően könnyen felszerelhetők vagy eltávolíthatók legyenek. A kotrógépes talajkitermelés is segíthető a fenti rendszerrel, szennyvíz és öntöző csatornák kiépítésénél.

4.3. 3D gépvezérlés bemutatása

Első és legfontosabb feltétel, hogy a munkagép pillanatnyi helyzetét a terepen folyamatosan ismernünk kell. A megadott terepmodell (21. ábra) paramétereit figyelembe véve egy automatikusan vezérlést biztosítunk a munkagép tólólapja-, vágóéle részére. A digitális térképen alkotott modell a kiviteli tervek alapján készül.
A számítógép elsődleges feladata a korrekció számítás amit a kapott koordinátákból a munkagép pillanatnyi helyzetének megfelelően számol ki a valós terep és a tervezett közötti eltérésből. A képernyőn megjelenő digitális terepmodell bemeneti adatai többféle forrásból állíthatók elő. Ezek közé tartoznak a txt fájlok, az AutoCad vagy MicroStation-ből elérhető tervezői adatok.
A tervezett terep töréspontjainak koordinátái által előállított virtuális térképet terepmodellnek nevezzük.

21. ábra

Digitális terepmodell[24]



A 3 dimenziós földmunkagép élvezérléseknek két fő típusát ismerjük:

- mérőállomás irányítású vezérlés
- GPS irányítású vezérlés

4.3.1. Mérőállomásos vezérlés

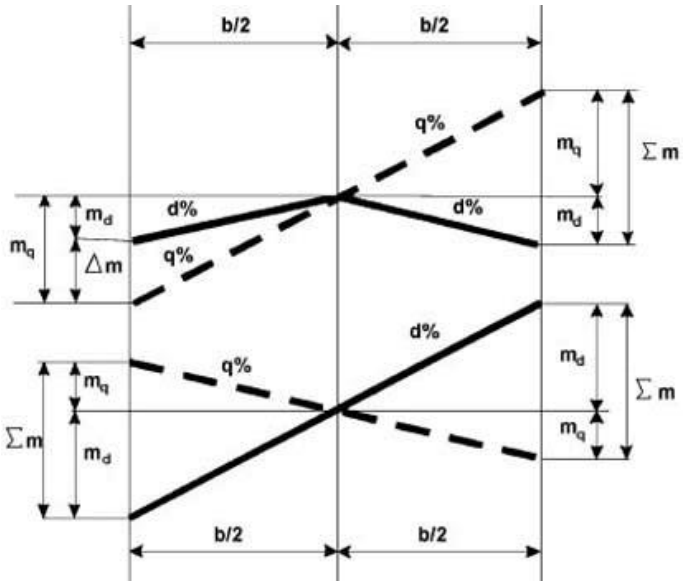
Útépítések tervezésénél a keresztmetszeti kialakítás vagy tetőszelvény vagy egyoldali esésű, ami biztosítja az útfelületek víztelenítését. Az oldalesés kialakítást az ívek külső szélén az építés során a tervezett %-ban kell megemelni. Ezt az kialakítást túlemelésnek hívjuk. Az túlemeléseket nagy precizitással, folyamatosan kontrolálva, állandó ellenőrző mérésekkel lehet megépíteni. A szelvényenkénti, folyamatosan változó oldalesések esetén mindenképp hasznos a 3D vezérlés alkalmazása.

A 3D gépvezérlés ott bizonyult a leghatékonyabbnak, ahol bonyolult profilt, földtükröt, változó keresztirányú dőlést (ferde gerinc), kellett megépíteni. A viszonylag egyszerű, egyirányú oldalesés vagy a hosszan azonos szerkezetű és magasságú földmunka előállítható lézeres vezérléssel, de minden komplikáltabb felület igazán gazdaságosan csak gazdaságosan 3D vezérléssel alakítható ki.

[24] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.

22. ábra

A mérőállomásos gépvezérlés elvi ábrája[25]



A 3D vezérléssel ellátott géppel a munka magas szinten automatizálható. Egy egyszerű földmunka végzésekor – pl. parkoló kialakításakor – a földmunka határa megadható a szoftvernek és a munkagép – amint elérte a határt – felemeli a munkaszereléket és mindaddig, felemelt állapotban tartja, amíg újra el nem éri a munkaterületet. Ekkor vissza kell kormányozni egy új nyomvonalra, a gyalukést, a tolólapot automatikusan a megfelelő magasságra engedve végzi a munkát tovább, a gépkezelő csak felügyeli a gép biztonságos működését.
A pozícionálás alapja a lézeres távmérővel szerelt motoros teodolit (mérőállomás) (22. ábra), mely önállóan képes bemérni és követni a megadott célpontot.
A megfelelő tájékozások elvégzése után a külső pozicionáló eszköz követni kezdi a munkagépen kitolható árbocra felszerelt aktív prizmát. A prizma egy különleges tükörrendszer, amely a beeső lézersugárnak pontos visszaverődést biztosít.

23. ábra

Gréder vezérlés mérőállomással[26]

[25] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.
[26] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.

A mérőállomás 3 féle jelet bocsájt ki, a kereső-követő, a távolságmérő jelet és egy olyan rádió jelet ami a munkagép pozícióját tartalmazza.

A távolságmérés akkor kezdődik, ha a kereső jel megtalálja a munkagépen elhelyezett aktív prizmát. A mérőállomás mindig a prizma irányába fordul a szervomotorok segítségével (23. ábra). A mérőállomáson elhelyezett rádióadó állandóan méri és közli a gép aktuális helyzetét a munkagépen elhelyezett fedélzeti számítógéppel.

Ezekhez az adatokhoz rendel a digitális terepmodellben egy magasságértéket, melyet a gép a tolólapok, vágóélek segítségével készre munkál.

A munkavégzés közben esetlegesen fellépő rádió interferenciák kiküszöbölésére a mérőállomás két utas lézerjeleket bocsájt ki, amelyek kódolva a távolságot és kódolva közlik is a munkagéppel (24. ábra).

24. ábra

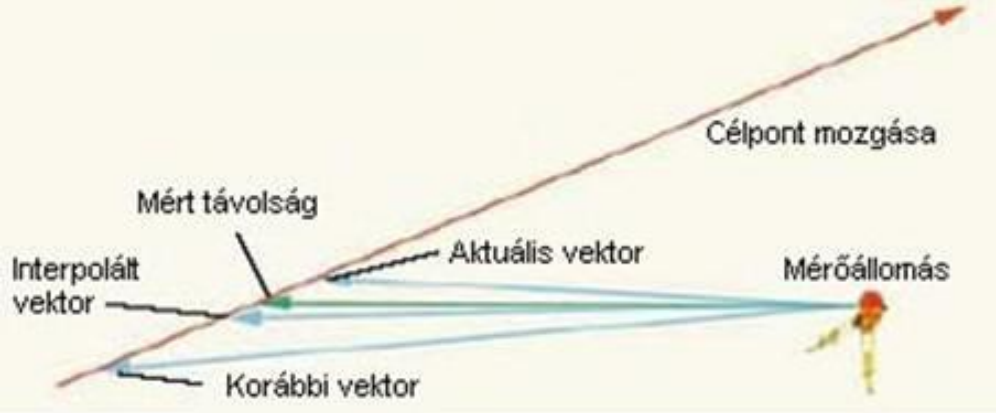
Mérőállomás és a detektor[27]

[27] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.

Az adatáramlás szempontjából talán a legfontosabb a folyamatos adatszinkronizáció. Az adatszinkronizáció annak a mértéke, hogy egy adathalmazt alkotó polárkoordináták időben hogyan követik egymást. A gép aktuális helyzetét két mért vektor interpolálásával számolja ki. A hiba mértéke attól függ, hogy a különböző komponenseket (szög és távolságadatok, a mozgó célpont sebessége és iránya) milyen időközönként mérik.
A hiba mértékét csökkenteni lehet a mérés számának növelésével, a jelenlegi sorozatgyártású mérőállomások 6 Hz-es mérési frekvenciára képesek.

25. ábra

A munkagép mozgásának nyomonkövetése[28]



A pillanatnyi takarás (fa vagy elhaladó másik jármű) közbeni nyomkövetést (25. ábra) úgy valósítja meg a mérőállomás, hogy a célpont előző mozgás vektorát veszi alapul, ha ezután sem találja a gépet, csak akkor vált kereső üzemmódba.
A mérőállomást a munkaterületen védett, de jól belátható helyre kell telepíteni. Ha közvetlenül a munkaterületen kerül elhelyezésre, akkor karózással, szalagozással kell biztosítani a láthatóságot.
A jelterjedési késedelem annak a mértéke, hogy az adat a mérés kezdetétől mennyi idő múltán érkezik a feldolgozó számítógépbe. A különböző rádió összeköttetések különböző késedelmet eredményeznek, továbbá függ az adatátviteli modemtől (köztes késedelem).
Az automatikus terepfelmérés eszközeit használjuk a gépvezérléseknél is. A felméréskor a mérendő pont fölé kell tartjuk a prizmát, amit a gépvezérlés alkalmával a munkagépen helyeznek el. Az adatátviteli sebesség programozható 6 Hz-ig. A mérőállomáson lévő szervomotorok a lassú és gyors módok között automatikusan váltanak. A közeli célpontok

[28] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.

követéséből adódó nagyobb sebességigényhez nagyobb teljesítményű motorokkal rendelkezik a mérőállomás.
Jellemzője:

- Az adatrendszerezés üteme kevesebb 2 ms-nál
- A távolság és szög értékek közti szinkronizáció ±5 ms-on belül van
- 360º-os tartományban történik követi a munkagépet

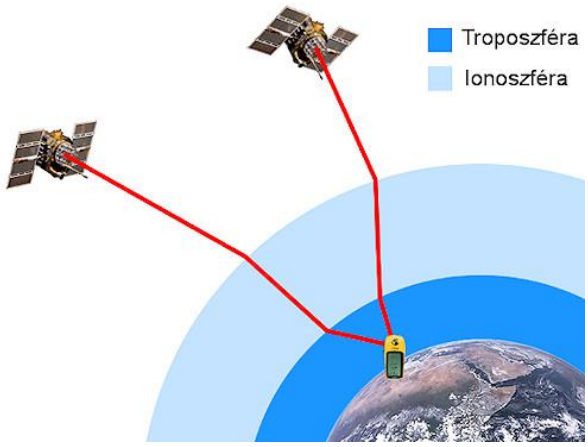
A gyártók a mérőállomásos vezérlésre 1 mm-es magassági és 5 mm-es helyzeti pontosságot garantálnak. Ezt az értéket csak a vezérelt eszköz esetlegesen kopott alkatrészeiből adódó hibák ronthatják le, ezért kizárólag karbantartott eszközökkel ellátott gépre ajánlott telepíteni.

4.3.2. GPS vezérlés

A GPS (Global Positioning System) egy amerikai tulajdonú globális helymeghatározó rendszer. A geodéziai pontosságú helymeghatározást műholdak és földi állomások segítségével végzi. A GPS rendszerrel együtt a GLONASS műholdakat is használjuk.
A helymeghatározás céljából készített műholdak rádióhullámokat bocsájtanak fénysebességgel a Föld felé. Ezeket a rádiójeleket a GPS vevő fogja és értelmezi. A rádióhullámok a műholdtól való kibocsájtás pillanatának idejét tartalmazza, ami állandó fénysebességgel haladva (a Föld légköri rétegeiben más sebességgel, de közel fénysebességgel halad a rádióhullám) eléri a vevőkészüléket, ami rögzíti a beérkezés időpontját.

26. ábra

Rádióhullám változása a rétegekben[29]



[29] Bartha, Havasi, Térinformatikai alapismeretek, 2011.

Mivel ismert a sebesség, a műhold és a vevő közötti időkülönbség, így kiszámítható a műhold és a vevő közötti távolság, Sebesség szorozva az időkülönbséggel megadja a távolságot. Ahhoz, hogy a pontos helyet háromszögeléses módszerrel meg tudjuk határozni a geodéziai méréshez minimum 5 műhold jelét kell egyszerre fogni.

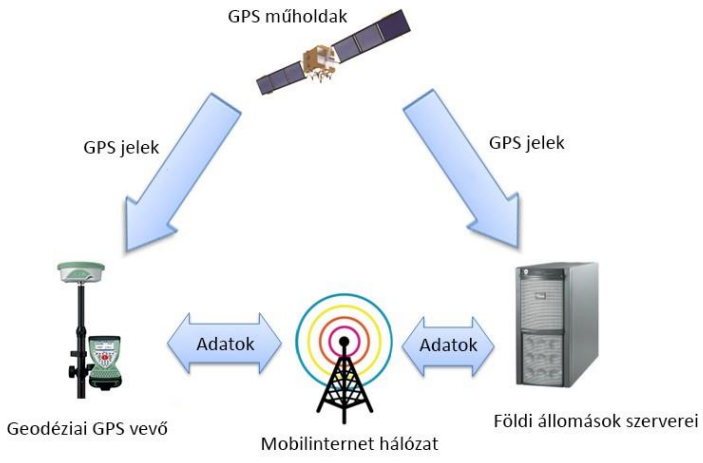
A műholdak jelei önmagukban nem adnak megfelelő pontosságot, mivel a műholdak órája és a GPS vevő órája nincs mindig tökéletes szinkronban és a műholdak helyzete is változik. A pontosság növelése érdekében létrehoztak földi állomásokból egy hálózatot, amik folyamatosan kapcsolatban vannak a műholdakkal és állandóan szinkronban vannak a műholdak óráival és ezt a szinkronizált időt küldik tovább a GPS vevőnek. Ezt külön mobilinternet-kapcsolaton segítségével teszik meg.

Az 1-2 centiméteres vízszintes koordináta pontossághoz minimum 8 műhold szükséges. A magassági koordináta 8 vagy annál több műhold esetén 5 centiméteren belül van. A GPS vevő mozgatásával a pontosság sosem állandó és olykor akár 10-20 centiméteres pontatlanság is előfordulhat.

Mivel a GPS rendszerrel (27. ábra) való mérés nem ad megfelelő pontosságot egy autópálya szintű munkához, ezért mindenféle GPS használata kifejezetten tilos volt az autópálya legtöbb munkája alatt, kivéve a közművek, kisajátítási határpontok és a vadvédő kerítés kitűzéséhez. Egyedül az alappontok vízszintes koordinátáinak meghatározását végeztük GPS-el, mivel a GPS egyik beépített programja képes a sok mért pontok átlagolásával 1 centiméteren belüli pontossággal mérni egy adott pontot.

27. ábra

GPS (geodéziai) elvi működése



4.4. Szoftverek a 3D vezérléshez

Minden gyártónak más programjai vannak a más-más műszerek által kezelt adatok le és feltöltésére a műszer és a számítógép között. A programok neve és felülete eltérhet a gyártótól függően, de az elv mindnél ugyanaz.
Az adatok felöltését vezérlő programok, azért felelnek, hogy a előzetesen elkészített adatok a megfelelő formában vannak-e, a műszer tudja-e kezelni és a felöltéskor a megfelelő helyre kerüljenek a műszer memóriájába, hogy azt a munka során gond nélkül használhassuk.
Az adatok letöltését vezérlő programok, azért felelnek, hogy a mért adatokat ki tudjuk olvasni a műszer memóriájából. A műszer egy pont mérésekor eltárolja a pont vízszintes és magassági koordinátáját, pontszámát, pontkódját, egyéb megjegyzést, és a mérés pontos idejét másodperc pontosan. Sokszor csak a pont koordinátájára van szükségünk. A letöltő programba megadjuk a műszer által készített mérési állományt, majd program felületén ki tudjuk választani, hogy mely adatokat, milyen módon, és milyen formában exportálja ki a műszerből a számítógépre.
A 3D vezérléskor a munkagép fedélzeti számítógépén megtalálható az alakítandó felszín és az eredeti felszín modellje is.
A felületi terv alapul szolgál ahhoz, hogy kiszámolja a gép a nyesésének és feltöltésnek pontos értékét a terep minden pontjára. Ezen kívül a térkép betölthető kész formátumban. (AutoCAD, DXF/DWG).
Jellemzői:

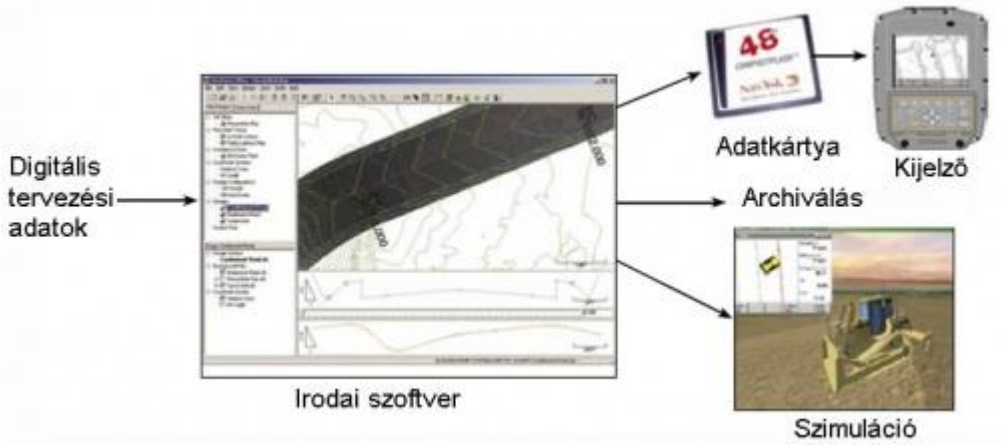
- a létesítmény körvonalait tartalmazza
- kijelöli azokat a területeket amiket el kell kerülni
- a telekhatároknál rézsűlábaknál és a koronaéleknél biztosítja a vízszintes szintvezetést

Az irodai szoftverek készítik elő a vezérlés alapjául szolgáló terepmodelleket. A következő tulajdonságokkal kell rendelkezniük az előkészítéshez:

- az adatok konvertálása az építész terveitől, a GPS által kezelt állományokig
- a nagyobb méretű beruházások kisebb elemekre osztja
- a memória kártya írása és kezelése
- adattárolás, napra pontosan előkereshetők a kiküldött tartalmak
- a fedélzeti eszköz analóg jelekké alakítja a digitális információkat és a végrehajtó egységek számára továbbítja

28. ábra

Szoftwerek működési modellje[30]



[30] Pinczés Ferenc, Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.

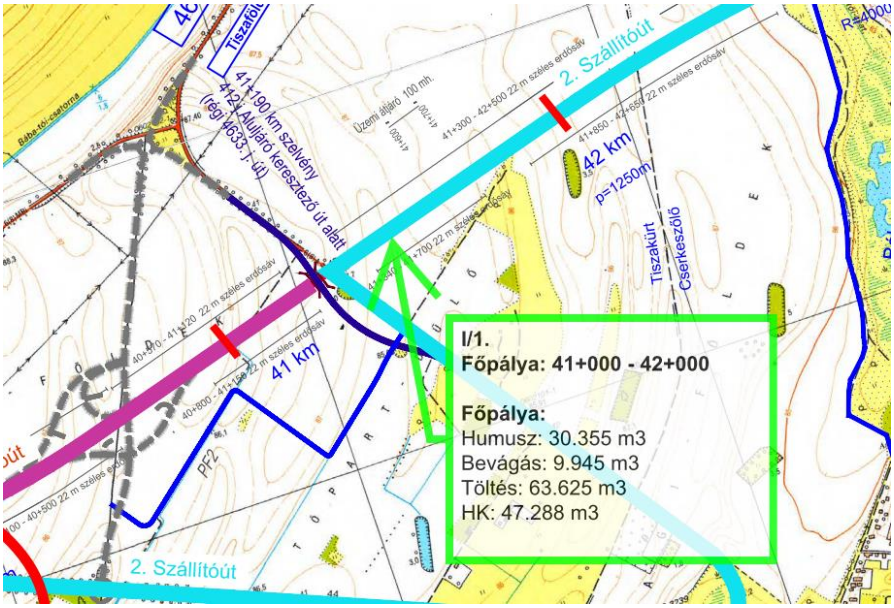
5. ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉS

A következőkben gazdasági oldalról szeretném elemezni azt, hogy milyen mértékű anyagi megtakarítást érhetünk el a szint vezérelt eszközök használatával. Ezt a kimutatást az M44 autóút 41+000–tól 42+000 km szelvény közötti szakaszának építési költség elemzésével prezentálom.

Első lépésként a kiviteli tervekből és a geotechnikai szakvélemény alapján kiszámítottam (29. ábra) az 1km-re jutó kiszoruló humusz és a nagytömegű töltésépítés mennyiségeit. Ezekből az eredményekből fogom elkészíteni az egységárelemzést.

29. ábra

Átnézeti helyszínrajz és annak mennyiségi adatai[31]



A folyamatot az 1m3 töltésépítés költségeinek összehasonlításával szemléltetem. Ehhez egy úgynevezett m3-es egységárelemzést készítek, amiben a hagyományos zászlózás technológiáját a modern szintvezérlős technikával hasonlítom össze.

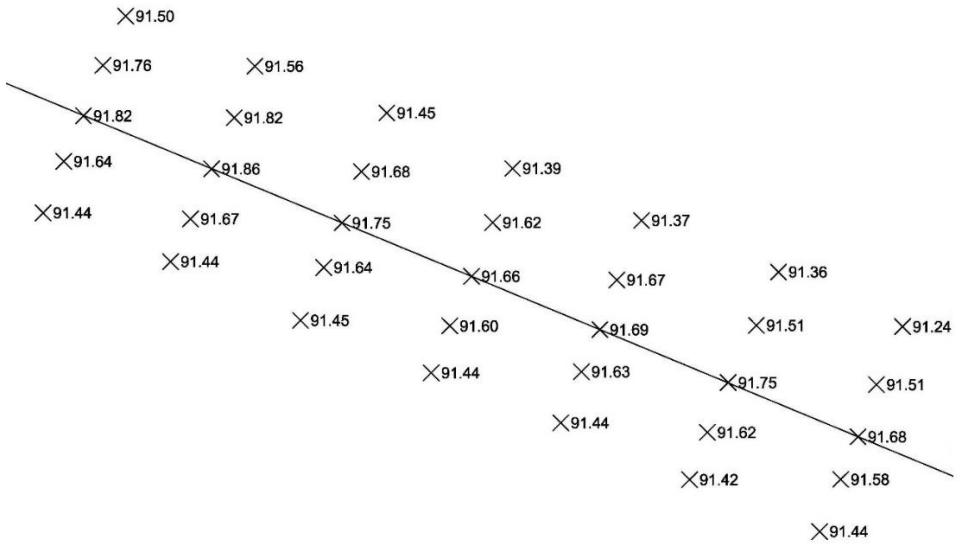
Megjegyezném, hogy a szakaszon dolgozó földmunkás vállalkozók szintén a havi teljesített m3 alapján voltak elszámolva. Minden hónap végén felmérésre került a munkájuk, amit a geodéta szakemberek felmértek, feldolgoztak és továbbítottak a fővállalkozó felé.

[31] saját szerkesztés

A hóvégi felméréseket mérőállomással hajtják végre. A felmérést 20 méterenként kell elvégezni, és minden 20 méteren 5 pontot kell mérni (30. ábra), 1–1 pontot a pálya egyik és másik szélén, 1–1 pontot a pálya széle és a tengely között, 1 pontot a tengelyben.

30. ábra

5 pontos szelvénymérés 20 méterenként[32]



A hóvégi mérések során mivel a pálya szerkezete nem egyforma volt minden szakaszon, így különbséget kellett tenni, hogy mikor mérünk földművet és mikor védőréteget vagy egyéb létesítményt.

Ahogy már korábban is említést tettem róla a szintvezérlős földmunkagépek mindig gépláncban dolgoznak más eszközökkel. A beépítés minősége nagyban függ attól, hogy a töltést a tervek szerint 25-50cm vastagságban folyamatosan a megfelelő tömörségűre (85%-95%) tömörítettük. Ehhez a munkafolyamathoz szükségünk volt gumihengerekre, vegyes(juhláb) hengerekre és sima palástú úthengerekre egyaránt. Esetenként, ha a beépítendő anyag víztartalma meghaladta a 10%-ot, szükség volt a töltés szárítására, amit folyamatos tárcsázással értünk el.

Zászlózás (1. táblázat) esetén minimum 6fő fizika dolgozóval kell számolni. 1 fő a szállító járműveket irányítja. A billentés helyszínét ő jelzi a tehergépjármű sofőrnek és folyamatosan tartja a kapcsolatot a dózer kezelőjével. Eközben a brigád többi tagja a zászlózással foglalkozik. A tervezett magasságot geodéták egyeztetik a brigáddal, viszont a zászlók sűrítését már egyedül végzik. A folyamat bonyolult kivitelezése rendkívül időigényes, ezért az idő tényezővel mindenképpen számolnunk kell az építési ütemterv készítésekor. A beszállítás és a földmű

[32] saját szerkesztés

kialakítása alkalmanként sokkal gyorsabban kivitelezhető, mint a zászlózási munkafolyamat. Az építésvezetők általában tartanak egy „próba napot”, amikor a kivitelezés ütemét mérik fel. Ez alapján határozzák meg a másnapi beszállító járművek, a földmunkagépek és a tömörítő gépek számát. Fontos megjegyeznem, hogy logisztikai szempontból sem kedvező a zászlózás, mivel a teherautók a vezetőhuzalok megkerülése miatt sokszor több száz métereket tolatnak a munkaterületen.

1. táblázat

Zászlózási tervrészlet[33]

C12 - Zászlózási terv (magasság pálca vége)						Szelvény	C12 - Zászlózási terv (magasság pálca vége)					
Bal oldal							Jobb oldal					
Magasság	Tengelytől való távolság	Magasság	Tengelytől való távolság	Magasság	Tengelytől való távolság		Tengelytől való távolság	Magasság	Tengelytől való távolság	Magasság	Tengelytől való távolság	Magasság
87,110	-13,47	87,223	-8,33	87,428	-0,13	**41+000**	0,13	87,428	8,33	87,223	13,47	87,110
87,120	-13,47	87,233	-8,33	87,438	-0,13	**41+020**	0,13	87,438	8,33	87,233	13,47	87,120
87,130	-13,47	87,243	-8,33	87,448	-0,13	**41+040**	0,13	87,448	8,33	87,243	13,47	87,130
87,140	-13,47	87,253	-8,33	87,458	-0,13	**41+060**	0,13	87,458	8,33	87,253	13,47	87,140
87,150	-13,47	87,263	-8,33	87,468	-0,13	**41+080**	0,13	87,468	8,33	87,263	13,47	87,150
87,160	-13,47	87,273	-8,33	87,478	-0,13	**41+100**	0,13	87,478	8,33	87,273	13,47	87,160
87,170	-13,47	87,283	-8,33	87,488	-0,13	**41+120**	0,13	87,488	8,33	87,283	13,47	87,170
87,180	-13,47	87,293	-8,33	87,498	-0,13	**41+140**	0,13	87,498	8,33	87,293	13,47	87,180
87,190	-13,47	87,303	-8,33	87,508	-0,13	**41+160**	0,13	87,508	8,33	87,303	13,47	87,190
87,200	-13,47	87,313	-8,33	87,518	-0,13	**41+180**	0,13	87,518	8,33	87,313	13,47	87,200
87,210	-13,47	87,323	-8,33	87,528	-0,13	**41+200**	0,13	87,528	8,33	87,323	13,47	87,210
87,220	-13,47	87,333	-8,33	87,538	-0,13	**41+220**	0,13	87,538	8,33	87,333	13,47	87,220
87,230	-13,47	87,343	-8,33	87,548	-0,13	**41+240**	0,13	87,548	8,33	87,343	13,47	87,230
87,240	-13,47	87,353	-8,33	87,558	-0,13	**41+260**	0,13	87,558	8,33	87,353	13,47	87,240
87,250	-13,47	87,363	-8,33	87,568	-0,13	**41+280**	0,13	87,568	8,33	87,363	13,47	87,250
87,260	-13,47	87,373	-8,33	87,578	-0,13	**41+300**	0,13	87,578	8,33	87,373	13,47	87,260
87,270	-13,47	87,383	-8,33	87,588	-0,13	**41+320**	0,13	87,588	8,33	87,383	13,47	87,270
87,280	-13,47	87,393	-8,33	87,598	-0,13	**41+340**	0,13	87,598	8,33	87,393	13,47	87,280
87,290	-13,47	87,403	-8,33	87,608	-0,13	**41+360**	0,13	87,608	8,33	87,403	13,47	87,290
87,300	-13,47	87,413	-8,33	87,618	-0,13	**41+380**	0,13	87,618	8,33	87,413	13,47	87,300
87,310	-13,47	87,423	-8,33	87,628	-0,13	**41+400**	0,13	87,628	8,33	87,423	13,47	87,310
87,320	-13,47	87,433	-8,33	87,638	-0,13	**41+420**	0,13	87,638	8,33	87,433	13,47	87,320
87,330	-13,47	87,443	-8,33	87,648	-0,13	**41+440**	0,13	87,648	8,33	87,443	13,47	87,330
87,340	-13,47	87,453	-8,33	87,658	-0,13	**41+460**	0,13	87,658	8,33	87,453	13,47	87,340
87,350	-13,47	87,463	-8,33	87,668	-0,13	**41+480**	0,13	87,668	8,33	87,463	13,47	87,350
87,360	-13,47	87,473	-8,33	87,678	-0,13	**41+500**	0,13	87,678	8,33	87,473	13,47	87,360
87,370	-13,47	87,483	-8,33	87,688	-0,13	**41+520**	0,13	87,688	8,33	87,483	13,47	87,370
87,380	-13,47	87,493	-8,33	87,698	-0,13	**41+540**	0,13	87,698	8,33	87,493	13,47	87,380
87,390	-13,47	87,503	-8,33	87,708	-0,13	**41+560**	0,13	87,708	8,33	87,503	13,47	87,390
87,400	-13,47	87,513	-8,33	87,718	-0,13	**41+580**	0,13	87,718	8,33	87,513	13,47	87,400
87,410	-13,47	87,523	-8,33	87,728	-0,13	**41+600**	0,13	87,728	8,33	87,523	13,47	87,410
87,420	-13,47	87,533	-8,33	87,738	-0,13	**41+620**	0,13	87,738	8,33	87,533	13,47	87,420
87,430	-13,47	87,543	-8,33	87,748	-0,13	**41+640**	0,13	87,748	8,33	87,543	13,47	87,430
87,440	-13,47	87,553	-8,33	87,758	-0,13	**41+660**	0,13	87,758	8,33	87,553	13,47	87,440
87,450	-13,47	87,563	-8,33	87,768	-0,13	**41+680**	0,13	87,768	8,33	87,563	13,47	87,450
87,460	-13,47	87,573	-8,33	87,778	-0,13	**41+700**	0,13	87,778	8,33	87,573	13,47	87,460
87,470	-13,47	87,583	-8,33	87,788	-0,13	**41+720**	0,13	87,788	8,33	87,583	13,47	87,470
87,480	-13,47	87,593	-8,33	87,798	-0,13	**41+740**	0,13	87,798	8,33	87,593	13,47	87,480
87,490	-13,47	87,603	-8,33	87,808	-0,13	**41+760**	0,13	87,808	8,33	87,603	13,47	87,490
87,500	-13,47	87,613	-8,33	87,818	-0,13	**41+780**	0,13	87,818	8,33	87,613	13,47	87,500
87,510	-13,47	87,623	-8,33	87,828	-0,13	**41+800**	0,13	87,828	8,33	87,623	13,47	87,510
87,520	-13,47	87,633	-8,33	87,838	-0,13	**41+820**	0,13	87,838	8,33	87,633	13,47	87,520
87,530	-13,47	87,643	-8,33	87,848	-0,13	**41+840**	0,13	87,848	8,33	87,643	13,47	87,530
87,540	-13,47	87,653	-8,33	87,858	-0,13	**41+860**	0,13	87,858	8,33	87,653	13,47	87,540
87,550	-13,47	87,663	-8,33	87,868	-0,13	**41+880**	0,13	87,868	8,33	87,663	13,47	87,550
87,560	-13,47	87,673	-8,33	87,878	-0,13	**41+900**	0,13	87,878	8,33	87,673	13,47	87,560
87,570	-13,47	87,683	-8,33	87,888	-0,13	**41+920**	0,13	87,888	8,33	87,683	13,47	87,570
87,580	-13,47	87,693	-8,33	87,898	-0,13	**41+940**	0,13	87,898	8,33	87,693	13,47	87,580
87,590	-13,47	87,703	-8,33	87,908	-0,13	**41+960**	0,13	87,908	8,33	87,703	13,47	87,590
87,600	-13,47	87,713	-8,33	87,918	-0,13	**41+980**	0,13	87,918	8,33	87,713	13,47	87,600
87,610	-13,47	87,723	-8,33	87,928	-0,13	**42+000**	0,13	87,928	8,33	87,723	13,47	87,610

Szintvezérlésnél nincs szükség a brigád közreműködésére, mert a munkagép egy külső jelforrásból automatikusan kapja az információkat.

[33] M44 gyorsforgalmi út, kiviteli terv dokumentáció, 2016.

5.1. Egységárelemzés

Az egységárelemzést tapasztalati úton építettem fel. Az eredmény tükrözi az 1m3 töltésépítés mekkora összegbe kerül. Meghatározható, hogy egy gép lánc ami szintvezérléssel van ellátva naponta 3000-3500m3 töltést képes megépíteni. Ezzel szemben zászlózással 2000-2500m3 az elvárható napi maximum, ami jóval elmarad a automata szint vezérelt technikának.

2. táblázat

Egységárelemzés[34]

Egységárelemzés												
									Zászlózás	*Szintvezérlés*		Hagyományos zászlózási technológiával	Szintvezérelt földmunkagép használatával
Anyagok megnevezése				**Munkafolyamat**	anyagár	m.e.			norma	norma	m.e.	**ár(Ft/m3)**	**ár(Ft/m3)**
XXX bánya töltésanyag, homok				anyagbeszerzés	855	Ft/m3			0,600	0,600	m3/m3	513	513
				2. Szállítási költségek									
Megnevezés				Munkafolyamat	költség	m.e.	távolság (km)		norma	norma	m.e.	ár	ár
XXX bánya (átlag távolságok összege) 2 irányú szállítás				anyagszállítás	3 850	Ft/m3	15		0,600	0,600	m3/m3	2310	2 310,00
				3. Gépköltségek								**7 338 Ft**	**4 380 Ft**
Megnevezés				Munkafolyamat	óradíj (Ft/óra)	db	Munkaidő (óra/nap)		norma	norma	m.e.		ár
4-tengelyes tehergépkocsi MAN				anyagszállítás	8 500	1	8,5		0,300	0,200	mü.ó/m3	2550	1 700,00
dózer				anyagterítés	10 600	1	8,5		0,025	0,016	mü.ó/m3	265	169,60
lánctalpas forgókotró 1432002 - Caterpillar 330FL				anyag felrakása	12 450	1	8,5		0,060	0,050	mü.ó/m3	747	622,50
döngölőbéka, lapvidrátor és egyéb kisgépek				tömörítés	3 200	1	8,5		0,400	0,200	mü.ó/m3	1280	640,00
gumihenger				tömörítés	6 240	1	8,5		0,400	0,200	mü.ó/m3	2496	1 248,00
				4. Bérköltségek								**4 088 Ft**	**1 434 Ft**
Megnevezés				Munkafolyamat	óradíj	fő	Munkaidő (óra/nap)		norma	norma	m.e.		ár
építésvezető				műszaki felügyelet	4 848	1	8,5		0,200	0,2000	mü.ó/m3	1300	970
segédmunkás				fizikai munka	2 323	6	8,5		0,200	0,2000	mü.ó/m3	2788	465
I.	Közvetlen költségek (1. + 2. + 3. + 4. + 5. vetítési alap)											2310	2310
a.	Geodézia											600	300
b.	Minőségirányítás											250	250,00
	Mindösszesen										**Ft/m^3**	**11 426 Ft**	**8 674 Ft**

Az egységárelemzésből (2. táblázat) egyértelműen kijelenthető, hogy a szintvezérlés több mint 24% költségmegtakarítást eredményez. Egy ilyen volumenű projektnél a töltésépítés jelentős anyagi kiadásokkal jár, ezért nagy százalékban hozzájárul a pénzügyi eredményhez.

[34] saját szerkesztésű táblázat

5.2. Statisztikai kimutatás

Az előző egységárelemzés adatait figyelembe véve szeretném meghatározni a szintvezérlő eszköz megtérülési idejét.
Az elemzéshez vettem egy 20munkanapból álló időszakot. A munkaterületen szerzett tapasztalataimból tudom, hogy mennyi töltést lehet elkészíteni szintvezérelt eszközzel, illetve a hagyományos technológiával.

3. táblázat

A vezérlő eszköz megtérülési kimutatása

		Napi teljesítmény		Napi költségek összesen																				
	A bedolgott egységára (m3)	**Menny.**	**M.e.**	***1. munkanap***	***2. munkanap***	***3. munkanap***	***4. munkanap***	***5. munkanap***	***6. munkanap***	***7. munkanap***	***8. munkanap***	***9. munkanap***	***10. munkanap***	***11. munkanap***	***12. munkanap***	***13. munkanap***	***14. munkanap***	***15. munkanap***	***16. munkanap***	***17. munkanap***	***18. munkanap***	***19. munkanap***	***20. munkanap***
Hagyományos szintvezérlés+ géplác teljesítménye	***11 426 Ft***	2500	m3	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000	28 565 000
Lézer gépvezérlés+ géplánc teljesítménye	***8 674 Ft***	3500	m3	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000	30 359 000
	Napi göngyölt különbség, haszon:			***1 794 000 Ft***	***3 588 000 Ft***	***5 382 000 Ft***	***7 176 000 Ft***	***8 970 000 Ft***	***10 764 000 Ft***	***12 558 000 Ft***	***14 352 000 Ft***	***16 146 000 Ft***	***17 940 000 Ft***	***19 734 000 Ft***	***21 528 000 Ft***	***23 322 000 Ft***	***25 116 000 Ft***	***26 910 000 Ft***	***28 704 000 Ft***	***30 498 000 Ft***	***32 292 000 Ft***	***34 086 000 Ft***	***35 880 000 Ft***

Egy földmunkagépre építhető vezérlés 30-35m forint beruházással jár az üzemeltetőjének, de ha nagytömegű töltésépítésen dolgozik, és minden körülmény megfelelő, akkor nagyságrendileg 1 hónap alatt képes a befektetés megtérülni (3. táblázat).

6. ÖSSZEGZÉS

A lézeres irányítással felszerelt géprendszerek előnyei:

- A hibás bemérések és a beállított vezetőhuzalok miatti átépítések meg fognak szűnni
- Az alá- és fölényesés megszűnik, amivel idő és anyag , így pénz takarítható meg
- az építési logisztika egyszerűbbé válik
- A zászlózási folyamat szükségtelenné válik, csak a nyomvonal tengelyvonalát jelöljük
- A vezérlés egyidejűleg több gépnél is megoldható
- Az anyag terítési járatszám lecsökken, ezzel pénz takarítható meg
- ±10 mm közötti pontosság is elérhető és folyamatosan tartható
- Az éjszakai munkavégzésre is lehetőség van, amivel jelentősen javulhat a kivitelezés időtartama

A szakdolgozatomban bemutattam hogyan is zajlott az M44-es gyorsforgalmi út teljes munkafolyamata. Részleteztem minden előkészületi és kivitelezési munkát, és a kivitelezési feladatokat végrehajtását. Kifejtettem, hogy a nagytömegű földmunkák elvégzéséhez, milyen gépeket használtunk. Írtam arról, hogy milyen feltételek szükségesek ahhoz, hogy a legnagyobb pontossággal tudjuk elvégezni a feladatunkat és ezekről milyen ellenőrző munkálatok

A szakdolgozatomat témájának kiválasztásakor az volt a célom, hogy bemutassam, hogy a geodéziai munkák a nyomvonalas létesítmények töltésépítése során mekkora jelentőséggel bírnak. Mélyépítő technikusként próbáltam egy átfogó képet adni a földmunkagépek szintvezérlési lehetőségeiről. Gazdaságossági szempontokat figyelembe véve elemeztem a manuális módon végzett szintvezérlés és a lézeres szintvezérlést. Továbbá bemutattam a GPS vezérlést is. Úgy gondolom, hogy a szintvezérlés bemutatását egy nagytömegű földmunkán, keresztül lehetett a legjobban összefoglalni.

Az Óbudai Egyetem, Alba Regia Főiskolai karán megszerzett tudásomat tökéletesen ki tudtam egészíteni az M44-es autópálya kivitelezése alatt szerzett tapasztalataimmal. Sok tapasztalatot szereztem a geodéziában használt mérőműszerekkel kapcsolatban. Az általan használt műszerekről és a feladatok végrehajtásáról leírtak alapján majd a későbbi munkáim során el tudom majd dönteni, hogy a különböző munkákhoz milyen műszereket fogok használni, ha továbbra is kivitelezésben fogok dolgozni. Képes leszek végrehajtani minden feladatot és az esetlegesen felmerülő problémákat meg fogom tudni oldani. Ha esetleg tervezési munkakörben fogok elhelyezkedni, akkor a főiskolán szerzett elméleti tudásomat és a munkatapasztalanom

alapján már, még jobb terveket tudok majd készíteni, hisz tudom, hogy a munkarészeket hogyan hajtják végre és a kivitelezés során tapasztalt nehézségek és problémák miként küszöbölhetők ki már a tervezőasztalnál.

IRODALOMJEGYZÉK

- Balpataki, Benkő, Károly, Márton, Szilasi, Földmunkagépek, 2012., Typotex Kiadó
- Bartha, Havasi, Térinformatikai alapismeretek, 2011.
- Busics György, Geodéziai hálózatok 2., 2010.
- GNSS elmélete és alkalmazása (oktatási segédlet)
- Neszmélyi L., Földmunkák gépesítése, 2016.
- Pinczés F., Lézeres gépvezérlés alkalmazása földmunkagépeken, 2010.
- M44 gyorsforgalmi út, műszaki leírás, 2016.
- M44 gyorsforgalmi út, kiviteli terv dokumentáció, 2016.
- www.tankonyvtar.hu/hu/bongeszes/konyvek/termeszettudomanyok/foldmeres_geodezia_terkepeszet
- www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019_Kozlekedesi_halozatok/adatok.html
- https://magyarepitok.hu/utepites/2020/02/kiderult-ki-epiti-az-m44-es-kecskemet-kozeli-szakaszat
- http://www.szintvezerles.hu/?at=32
- https://sitech.hu/greder/#1600951133470-56396c61-015b
- https://sitech.hu/kotrogep/#GCS900-3D
- https://magyarepitok.hu/iparagi-hirek/2020/01/a-nagy-ugras-utan-iden-johet-a-hatekonysagnoveles-az-epitoiparban
- http://www.geotrade.hu/index.php?page=letoltes&spage=fajl&id=80

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Az M44-es autóút tervezett nyomvonala 8
2. ábra FENO pontjel elhelyezése 10
3. ábra Alappontlista fejléce (részlet) 11
4. ábra Alappontok ellenőrző mérése (részlet) 12
5. ábra Alapponthálózat terv (részlet) 12
6. ábra Régészeti feltárás a 42+000 szelvényben 13
7. ábra Geotextília és georács leterítve 15
8. ábra M44-es autóút, mintakeresztszelvény 17
9. ábra Dózer 21
10. ábra Gréder 22
11. ábra Forgó rakodógép 23
12. ábra A szintvezérlés eszközei és a földmunkagépek 25
13. ábra Anyagterítőgép (finisher) 26
14. ábra A vízszintes felülettől való eltérés kezelése 27
15. ábra Ultrahangos felületkövető eljárás modellje 27
16. ábra Az ultrahangosforrás finisheren való elhelyezkedése 28
17. ábra A zászló elemei 30
18. ábra Zászló pálcájának beállítása digitális szintezővel 31
19. ábra A lézer vezérlés modellje 32
20. ábra A lézer vezérlés eszközei 33
21. ábra Digitális terepmodell 36
22. ábra A mérőállomásos gépvezérlés elvi ábrája 37
23. ábra Gréder vezérlés mérőállomással 37
24. ábra Mérőállomás és a detektor 38
25. ábra A munkagép mozgásának nyomonkövetése 39
26. ábra Rádióhullám változása a rétegekben 40
27. ábra GPS (geodéziai) elvi működése 41
28. ábra Szoftwerek működési modellje 43
29. ábra Átnézeti helyszínrajz és annak mennyiségi adatai 44
30. ábra 5 pontos szelvénymérés 20 méterenként 45

TÁBLÁZATOK

1. táblázat Zászlózási tervrészlet 46
2. táblázat Egységárelemzés 47
3. táblázat A vezérlő eszköz megtérülési kimutatása 48