



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai/Mérnöki/

Természettudományi és Szoftvertechnológiai Intézet



SAKDOLOZOZAT

3D szintvezérlés alkalmazása a mérnökgeodéziában

OE-AMK

Májercsik Bence

2023

Hallgató törzskönyvi száma: T000530/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Májericsik Bence

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000530/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: 3D szintvezérlés alkalmazása a mernökgeodéziában

A dolgozat címe angolul: 3D machine control of asphalt pavers from surveying point of view: a case study

A feladat részletezése:

1. A jelölt mutassa be egy esettanulmányon keresztül, a 3D szintvezérlés alkalmazását az utépítési gyakorlatban!
2. Ismertesse a munka előkészítése és végrehajtása során felmerülő feladatokat!
3. Ismertesse a felmerülő nehézségeket és az elkerülésük módjait!
4. Mutassa be az elkészült útszakasz minősítésének folyamatát és a minősítés eredményét!

Intézményi konzulens neve: Molnár Gábor Péter

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 02. 10.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 25.



[Signature]

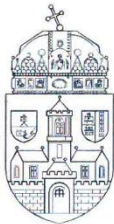
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 12. 15.

[Signature]

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2023.12.15.

Majncsik Zsolt

hallgató aláírása

Tartalom

1.	Bevezetés.....	1
1.1	A GPS rendszer	1
1.2	A szintvezérlés.....	2
2.	Technológiai Jellemzők.....	2
3.	Útminősítő szabályok	3
3.1	Utak osztályozása.....	3
3.2	Útminősítő szabályok.....	4
3.3	Út terhelhetősége	5
3.4	Környezetvédelem	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.	Aszfaltbedolgozás.....	7
4.1	Az aszfaltbedolgozó gép.....	7
4.2	Az aszfaltbedolgozás munkafolyamata	10
5.	Szenzorok és vezérlők.....	11
5.1	A GPS szenzor.....	11
5.2	Adatgyűjtés és navigáció.....	12
5.3	A szintvezérlést megvalósító rendszer.....	12
5.4	Dőlésérzékelő szenzor.....	15
5.5	Lejtésérzékelő szenzor	16
6.	A 3d vezérléses rendszerek használási területei	16
6.1	Maró.....	16
6.2	Finisher.....	17
7.	Finisherek Kalibrációja.....	18
8.	Projekt kezelése.....	21

8.1	A projekthez kapcsolódó állományok feltöltése	21
9.	Pozícionálás	24
9.1	ATR Search	26
9.2	Power Search	27
9.3	Cube Search.....	27
9.4	Window Section Search	28
10.	Adatok és modellek	29
10.1	Felületmodellek..... Hiba! A könyvjelző nem létezik.	
10.2	A középvonal	31
10.3	A felületmodell.....	32
11.	Diszkusszió.....	32
12.	Összefoglalás	35
13.	Summary	35
14.	Hivatkozások.....	37
15.	Ábrajegyzék	38

1. BEVEZETÉS

1.1 A GPS rendszer

A GPS (Global Positioning System) fejlődése a modern távközlési és navigációs technológiák fejlődésével együtt járt. A GPS-t kezdetben a hadsereg számára fejlesztették ki, majd később civil alkalmazásokra is alkalmazzák. A GPS működése alapvetően a műholdak segítségével történik. A világ körül keringő műholdak a földi állomásokkal kommunikálnak, és jeleket bocsátanak ki, amikből a vevők meghatározzák a pontos pozíciójukat és időt. A GPS-rendszer segítségével történő helymeghatározáshoz legalább három műhold szükséges ahhoz, hogy pontosan meghatározhassuk a tartózkodási helyünket.

A GPS fejlődése gyorsan történt az elmúlt évtizedekben. Az eredeti GPS-rendszer 1995-ben kezdte meg működését, és néhány méteres pontosságot nyújtott. Azóta folyamatosan fejlesztik a rendszert, hogy még nagyobb pontosságot érjenek el. Az egyik jelentős mérföldkő a GPS fejlődésében az általános használatra szánt GPS-vevők megjelenése volt. Az első GPS-vevők nagyok és drágák voltak, és csak szakemberek tudták használni őket. Azonban ma már a legtöbb okostelefon és autó beépített rendszert tartalmaz, amely lehetővé teszi, hogy bárki használja a GPS-t. A GPS rendkívül sok területen hasznos lehet. Az autós navigációs rendszerek lehetővé teszik, hogy pontosan megtudjuk, hol vagyunk, és meghatározhassuk a célpontunkat. A repülőgépek és hajók is használják a pontos navigációhoz. Az egészségügyben a GPS lehetővé teszi a betegek követését és a vészhelyzetek gyors lokalizálását. A GPS nagyobb pontossága további fejlődést igényel. Az egyre több műhold a rendszerben és az új technológiák (például a differenciális GPS) lehetővé teszik, hogy az elérhető pontosság a néhány centimétert is elérje. Azokban a régiókban, ahol a GPS jele gyengébb, más navigációs rendszerek használhatók. Az európai Galileo rendszer vagy az orosz GLONASS lehetőséget nyújt arra, hogy több rendszert kombináljunk a nagyobb pontosság érdekében. A GPS rendszerhez kifejlesztett technológiát alkalmazó navigációs rendszereket összefoglalóan GNSS-nek nevezzük.

A GPS fejlődése váratlan lehetőségeket nyújtott az embereknek és a vállalatoknak. Az autógyártók újra kihasználják a GPS-t az önvezető autók fejlesztéséhez. A kiskereskedelmi vállalkozások helyalapú szolgáltatásokat nyújtanak a GPS felhasználásával. Az építőiparban a GPS segíti a pontos térképezést és a telepítést. A GPS továbbra is dinamikus fejlődésen megy keresztül, és új

technológiákkal folyamatosan alkalmazkodik a változó igényekhez és kihívásokhoz. A GPS fejlődése további izgalmas lehetőségeket kínál az embereknek és a vállalatoknak.

A GPS geodézia felhasználása a kiépült bázisállomás hálózatnak köszönhető, amely mobiltelefon hálózaton keresztül korrekciós jelet küld, amivel a mozgásban levő vevő (rover) a saját pozícióját valós időben cm-es pontossággal meg tudja határozni. Innen ered a módszer neve: RTK – Real Time Kinematic (Correction).

1.2 A szintvezérlés

Az RTK technológia a földmérés után az építőiparban is hasznosul. A technológiát használó 3D Leica szintvezérelt gépek forradalmasítják a mérnöki és építészeti területeket a rendkívül precíz és hatékony munkavégzésük révén. Ezek a gépek a legmodernebb technológiát alkalmazzák a térinformatika és térbeli adatgyűjtés terén, lehetővé téve a pontos és részletes térképezést, modellezést és tervezést. A Leica által kifejlesztett szintvezérelt gépek az építőiparban és földmunkáknál jelentős segítséget nyújtanak. Ezek a rendszerek a legapróbb részletekig képesek pontosan és gyorsan térképezni a területeket, lehetővé téve a tervezőknek és építésvezetőknek, hogy pontos alapokon dolgozzanak. A precízió és pontosság, amit ezek a gépek nyújtanak, segíti a projektmenedzsmentet és a munkafolyamatok optimalizálását. Ezen gépek alkalmazásának előnyei közé tartozik a munka hatékonyságának növekedése, az emberi hibák csökkentése és a projektek időben történő elkészítése. Az úttörő technológia és az adatgyűjtési módszerek fejlesztése révén a vezérelt gépek a mérnöki és építészeti tervezésben új lehetőségeket nyitnak meg, hozzájárulva a minőségi és pontos munkavégzéshez [1]. Az építőipar folyamatosan fejlődik, és az útépítés hatékonyságának és fenntarthatóságának növeléséhez hozzájáruló egyik jelentős innováció a modern aszfaltburkoló. Ez a szakdolgozat a korszerű aszfaltozókkal kapcsolatos technológiai fejlesztéseket, működési jellemzőket és környezeti előnyöket vizsgálja, különös tekintettel a közúti infrastruktúra jövőjének alakításában betöltött szerepükre.

1.3 A Pave Smart rendszer Technológiai Jellemzői

A dolgozatban bemutatott Leica Pave Smart egy speciális útépítési vezérlőrendszer, amelyet az aszfaltozási munkafolyamatok során alkalmaznak. Ennek a rendszernek a működési elve a következőkön alapul:

GPS és szenzortechnológia: A Pave Smart rendszer GPS-t és egyéb érzékelőket használ, például inerciális mérőegységeket, ultrahangos vagy lézeres szenzorokat, amelyek segítségével pontosan meghatározza az útburkolat pozícióját és geometriáját.

Adatgyűjtés és feldolgozás: A szenzorok és a GPS segítségével a rendszer folyamatosan gyűjti az útburkolat aktuális pozíciójára, dőlésszögére, vastagságára vonatkozó adatokat. Ezek az adatok folyamatosan feldolgozásra kerülnek a Pave Smart rendszerben [2].

Valós idejű vezérlés: Az adatok feldolgozása után a rendszer valós idejű információkkal szolgál az aszfaltozó gépek vagy eszközök számára. Ez lehetővé teszi a munkásoknak vagy az operátoroknak, hogy pontosan lássák, hol és hogyan kell elvégezni az aszfaltozási munkákat.

Automatizált beállítások: A PaveSmart lehetővé teszi az automatizált beállításokat és irányítást a gépek számára az adott útszakasz pontos elkészítése érdekében. Ez magában foglalhatja az aszfalt réteg vastagságát, a megfelelő dőlésszöget vagy más specifikus paramétereket.

Pontos ellenőrzés és minőségirányítás: A rendszer lehetővé teszi az útburkolat folyamatos ellenőrzését és minőségirányítását az aszfaltozási folyamat során. Ez segít minimalizálni az esetleges hibákat és javítani az útburkolat minőségét.

A Leica PaveSmart célja, hogy segítsen a pontosabb és hatékonyabb útépitési projektekben, minimalizálva a hibákat és növelve az útburkolat minőségét. A rendszer használata általában speciális képzést igényel az operátorok részéről, hogy hatékonyan és pontosan tudjanak dolgozni vele az aszfaltozási projektek során.

2. ÚTMINŐSÍTÉS

Az útminősítő szabályok különböző országokban és régiókban változhatnak, de általánosságban véve az útminősítéshez a következőkben bemutatott alapvető szabályokat alkalmazzák.

2.1 Utak osztályozása

Az utakat különböző osztályokba sorolják a forgalom, az út jellege és a terhelés alapján. Például vannak főutak, mellékutak, autópályák stb. Autópályák (M-autópálya, gyorsforgalmi út stb.): Ezek az osztályok az adott ország legmagasabb szintű, gyorsforgalmi úthálózatát jelentik. Magas

megengedett sebességekkel, külön sávokkal és szigorú biztonsági előírásokkal rendelkeznek. Főutak (elsődleges utak): Ezek az utak jellemzően összekötik a városokat, fontosabb településeket, régiókat. Két vagy több sávval rendelkeznek, magasabb megengedett sebességgel és jobb karbantartással. Mellékutak (másodlagos utak): Ezek az utak a kisebb településeket, falvakat kötik össze egymással vagy a főbb úthálózattal. Általában kevesebb sávval rendelkeznek, alacsonyabb megengedett sebességgel és általában kevesebb karbantartással. Helyi utak: Ez a legalsóbb szintű úthálózat, amely az adott területen belül kisebb közösségeket, lakóhelyeket köt össze egymással. Általában alacsonyabb megengedett sebességgel, keskenyebb sávokkal és kevesebb forgalommal rendelkeznek.

Az útminősítési osztályok célja az úthálózat szegmentálása és szabályozása a forgalom, a biztonság, a tervezési és karbantartási igények alapján. Ezek az osztályok segítenek az infrastruktúra tervezésében és fejlesztésében, valamint az útkezelő hatóságoknak lehetőséget adnak a prioritások meghatározására az útkezelés során.

2.2 Útminősítő szabályok

Az útburkolat állapota meghatározó tényező az útminősítés során. Az elhasználódott, repedezett vagy egyenetlen burkolatú utak rosszabb minősítést kapnak. Az útburkolat állapota kulcsfontosságú tényező az útminősítés során és közvetlen hatással van az út biztonságára és tartóságára. Az útburkolat állapota általában az alábbi szempontok alapján értékelhető:

Sérülések és repedések: Az útburkolat repedései, kátyúi, horpadásai az egyik legnyilvánvalóbb jelei az elhasználódásnak és az útburkolat rossz állapotának. Ezek a sérülések általában idővel tovább romlanak, ha nem javítják őket, és veszélyt jelenthetnek a járművekre és az emberekre nézve.

Fakadások és deformációk: Az útburkolat anyagának fakadása vagy deformációja jelezheti az alatta lévő talaj problémáit vagy az útburkolat anyagának elöregedését. Ez befolyásolhatja az út simaságát és stabilitását.

Kopás: Az útburkolat anyagának kopása az idő múlásával normális, de nagyfokú kopás esetén az útburkolat minősítése romolhat. Ez általában a járműforgalom intenzitásától, a teherbírásától és az időjárási viszonyoktól is függ.

Vízvezetés: Az útburkolatnak megfelelően kell kezelnie a csapadékokat és biztosítani kell a megfelelő vízvezetést. Ha az útburkolat nem megfelelően épül fel vagy tartják karban, akkor vízfelgyülemelés és elvezetési problémák jelentkezhetnek.

Az útburkolat állapotának folyamatos értékelése és karbantartása elengedhetetlen az úthálózat biztonságos és hatékony működéséhez. Rendszeres felmérések és javítások segítenek megelőzni az elhasználódást és biztosítani az utazók biztonságát. Az útburkolat állapotának javítása és fenntartása hozzájárul az útminőség javításához és az utak hosszú távú fenntarthatóságához.

Terhelhetőség: Az út minősítése attól is függhet, hogy mekkora tömegű járművek közlekednek rajta rendszeresen. Nehéz teherautók vagy kamionok gyakori közlekedése esetén az út kopása gyorsabb. Az út terhelhetősége az út képességét jelzi arra, hogy mennyire bírja el a rajta haladó járművek súlyát és terhelését anélkül, hogy az károsodna vagy veszélyessé válna. Az út terhelhetősége a következők alapján értékelhető:

- *Tervezett terhelhetőség:* Az út tervezésekor figyelembe veszik a tervezett forgalmi mennyiséget és típust. Például egy autópálya nagyobb terhelhetőséget igényel, mivel gyakran és nagy sebességgel közlekednek rajta nehéz tehergépjárművek.
- *Forgalmi intenzitás:* Az út terhelhetőségét befolyásolja a rajta haladó járművek száma és típusa. Az autók, teherautók és más nehéz járművek intenzív forgalma növelheti az út kopását és roncsolódását.
- *Alapanyagok és konstrukció:* Az út terhelhetősége nagymértékben függ az alkalmazott anyagoktól és az útépités technikájától. Minőségi alapanyagok és megfelelő konstrukció növelhetik az út teherbírását.
- *Időjárási viszonyok:* A változó időjárási feltételek, például a fagy, az eső vagy a hőség, jelentős hatással lehetnek az út terhelhetőségére. Az extrém időjárási viszonyokhoz való alkalmazkodás kulcsfontosságú az út hosszú távú terhelhetősége szempontjából.

2.3 Utak terhelhetősége

Az út terhelhetőségét rendszeresen kell figyelemmel kísérni és értékelni, mivel az intenzív forgalom és a nehéz járművek által okozott terhelés hosszú távon károsíthatja az útburkolatot és veszélyessé teheti az utazást. Az út terhelhetőségét optimalizáló tervezési és karbantartási intézkedések hozzájárulhatnak az út hosszabb élettartamához és a biztonságos közlekedéshez.

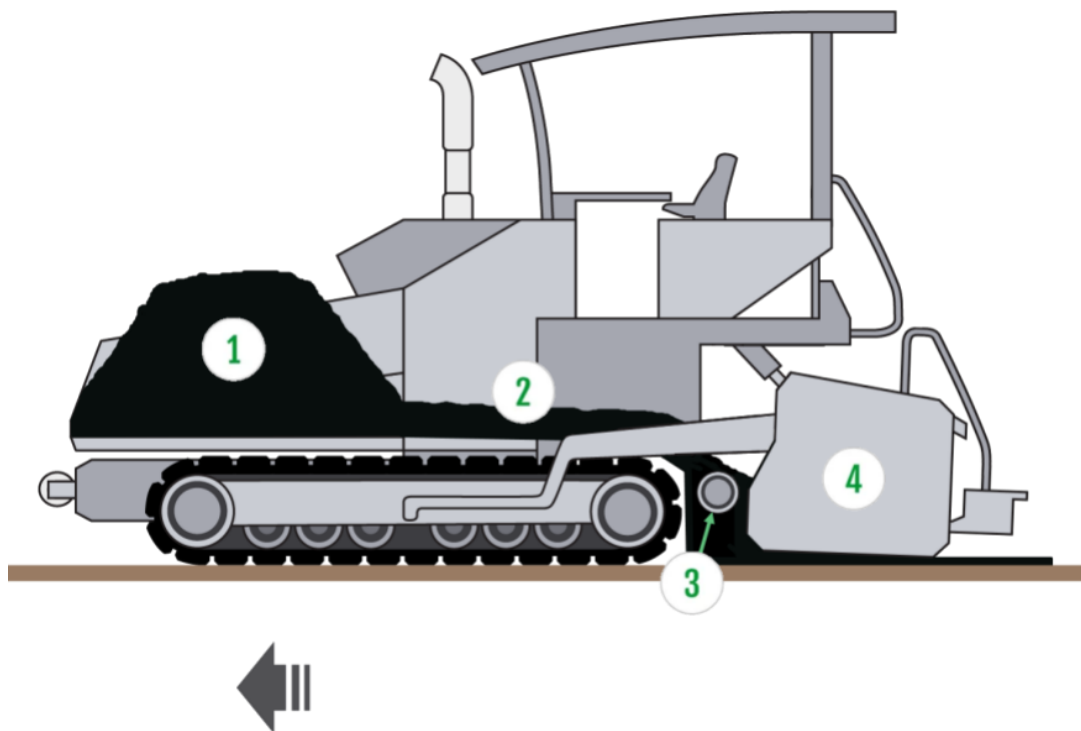
Biztonság: Az útminősítés során figyelembe veszik az út biztonságát is. Jellemzően veszélyes kanyarok, rossz láthatóságú szakaszok rosszabb minősítést kaphatnak. Az útminősítés és tervezés során az egyik legfontosabb szempont a biztonság. Az út biztonságát több szempontból értékelik:

- *Forgalom biztonsága:* Az útminősítés során figyelembe veszik a forgalom biztonságát, például a forgalmi sűrűséget, a járművek sebességét és a forgalmi folyamatokat. Jó útervezés és -kialakítás segít csökkenteni a baleseti kockázatot.
- *Közlekedési jelzések és jelzőrendszerek:* Az útminősítés során fontos szempont a megfelelő jelzőrendszerek és közlekedési jelzések, például sebességkorlátozások, jelzőtáblák és jelzőberendezések megléte, amely segíti a járművezetőket a biztonságos közlekedésben.
- *Út menti biztonság:* Az út melletti környezet, például a burkolat menti kanyarok, az út szélessége, a kerítések, a szélvédők és egyéb tényezők, mind fontosak a biztonságos közlekedés szempontjából.
- *Útburkolat ápolása és karbantartása:* Az útburkolat karbantartása, javítása, időszakos útfelújítások és karbantartások elengedhetetlenek a biztonságos útüzemeltetéshez. A kopott, repedezett, vagy rosszul karbantartott útburkolatok nagyobb baleseti kockázatot jelentenek.
- *Vízvezetés:* Az út megfelelő vízvezetése fontos a csapadékok és esetleges árvizek kezelése szempontjából. A megfelelő vízvezetés nélkül az út felülete csúszóssá válhat, növelve a baleseti kockázatot.

A biztonság az útminősítés egyik fő célja, és az útkezelő hatóságok felelőssége, hogy biztosítsák az utak biztonságos használatát. Ezért fontos, hogy az útminősítés során minden szempontot figyelembe vegyenek annak érdekében, hogy az utakat a lehető legbiztonságosabbá tegyék a közlekedők számára.

Karbantartás: Az út rendszeres karbantartása és javítása fontos a minősítés szempontjából. Az elhanyagolt vagy ritkán karbantartott utak általában rosszabb minősítést kapnak.

3. ASZFALTBEDOLGOZÁS



1. ábra : Aszfaltbedolgozó gép. 1: anyag 2. szalagcsatorna 3. csiga. 4. pad. és maga a traktor (erőgép)

3.1 Az aszfaltbedolgozó gép

Fontos megértenünk hogyan is működik a gép, mert ez teszi lehetővé az automatizálás működésének megértését. Sok olyan elemmel rendelkezik a gép, melyeknek harmóniában kell lenniük. Egyedi berendezésről beszélünk, a gépünk nem reagál azonnal a parancsra, mint a földmunkagépek. A munkahengerek beállításai nem feltétlenül láthatók több géphosszon, mivel szabadon lebegő. Fontos megértenünk, hogy mi befolyásolja a bedolgozott anyag minőségét, mielőtt megváltoztatjuk a beállításokat. Ha túlságosan gyakran állítgatjuk a minőséget, azzal hullámmossá tehetjük a lefektetett anyagszőnyegünket.

A gép két fő részből áll: a traktorból (erőgép) és a padból. A tarkor határozza meg a gép haladási sebességét és az anyag áramlását. Ez a motorból és a meghajtórendszerből, a tologörgőből, a teherautó vonószerkezetéből és az anyagadagoló rendszerből áll össze.

Kis sebességnél amikor dömpert használnak anyagszállításra, a szállítójármű a garathoz hátrál, és a teherautó vonószerkezetén keresztül kapcsolódik, majd a szállítójárművet üresbe helyezik, és a traktorunk azt maga előtt tolja.

Ha szállítószalagot használunk, akkor a szállítójármű a gép előtt halad, a felvonót, szállítószalagot úgy kell beállítani, hogy az megfeleljen az aszfaltelőadagoló traktor sebességének. A gép mozgásának sebessége is befolyással lehet a bedolgozni kívánt anyagunk vastagságára, és ezáltal a felületének magasságára.

Alacsony gépsebesség esetén a pad sarokpontján (angolul: screed) a keresztdőlés érzékelőkhöz viszonyított szöge megnőhet, ezzel a szőnyegünk vastagsága megnő. Ha megfelelő sebességet használunk, a szögünk visszatérhet a megfelelő egyensúlyi állapotba, ha túl gyorsan megyünk az anyagunk megvékonyodhat ugyanis ez a szög csökkenni kezd.

Az anyagáramlást a szállítószalag és a csiga sebessége szabályozza, és következetesen fenn kell tartani a burkolási művelet során. A garat üresjárata az anyag hőmérsékletének ingadozását és az adalékanyag szétválását okozhatja, ami negatívan befolyásolhatja a leterített anyagunkat.

Az anyagellátó rendszer három fő egységből áll, a garatból, a szállítószalagból és a csigából áll. A szállítószalag sebessége automatikusan illeszkedik a burkolati sebességünkhöz, és a munkahenger elé terített anyag magasságához. A csiga magassága állítható, hogy lehetővé tegye a különböző rétegvastagságokat.

A keveréket szállítószalag szállítja hátra a csigatérbe, ahol a csigák oldalsó irányba eloszlatják az anyagok, a csigák képesek egyik oldalról akár a másik oldalba is az anyag átmozgatásra. A csigatérben sem mindegy, hogy az anyagot mennyire engedjük ki a gép belsőjéből, hatással lehet a vezérlés során a leterített szőnyegünknek a magasság pozíció pontosságához és egyenletességéhez.

Az anyag tetejének nem szabad a csigatér $\frac{1}{2}$ -ének a magasságát elérnie, mert ha túl sok anyagunk lesz akkor a padunk elkezd felfelé kúszni, akkor az anyag megreked és várunk kell hogy az anyag fogyjon, viszont utána megint módosítanunk kell a gép magasságait, hogy megfelelő szintre vissza tudjuk süllyeszteni a padunkat. Ha az anyag mennyisége a csigatérben alacsony szinten van akkor emelni kell a padunkat.

A pad a legfontosabb része a burkológépnek, mivel az aszfaltot a kívánt vastagságra, fokozatra és keresztlettre szintezi, és előtömöríti, miközben a lerakandó anyagon úszik. A vontatási ponton van a traktorhoz rögzítve, és az az a beállítási pont, amelyet azért manipulálunk, hogy folyamatosan állandó szinten tartsuk a padot.

A pad alsó lemeze és a burkolandó felület közötti szöglet támadási szögnek nevezzük. Mivel a pad szabadon lebegő, ezért nem mozgatható közvetlenül, és emiatt időbe telik amíg a pad újra egyensúlyba kerül. A vontatási pont magassága az anyag fejmagasságával együtt megadhatja a támadási szögletet. A támadási szöglet csak a vontatási pont szintjének emelésével, vagy csökkentésével lehet növelni vagy csökkenteni.

Mivel a padunk egy lerakandó anyagon úszik a terítés közben, ezért a réteg elindítása előtt be kell állítanunk egy indulási vastagságot, plusz egy becsült tömörítési tényezőt úgy, hogy fahasábokat helyezünk a talajra, majd a padot ráengedjük a tömbökre az előre mozgás előtt.

Amennyiben a géppel betont (Ckt réteget) terítettük, körülbelül 1 hét, a valóságban 3 nap száradási idővel kellett számolnunk. Folyamatos locsolást igényel, főleg a meleg időben, amikor annyira magas a hőmérséklet, hogy ha a szerkezetünkből elpárolog a víz, könnyebben fog törni az anyagunk, és kevésbé lesz ellenálló, mivel a sík felületünk úgy mond „meg fog égni”, hamarabb kifehéredik. A túlzott csapadékos időjárás sem a megfelelő, mert a cementet kimossa a leterített rétegből. Megoldásként takarófóliát használtunk, hogy a nagy esőzések ellen védelmet biztosítsunk a szerkezetünknek.

Aszfalt beépítés során más a helyzet. A terítés után következik a hengerelés. A még forró aszfaltot a tömörítő hengerek, majd utánuk a simító henger is eldolgozza. Ha a tömörítő hengerek a nagy hullámokat nem tudták kivenni, az utolsó nagy henger képes kisimítani és ezáltal egyenessé tenni az aszfaltfelületünket. Ezzel késznek tekinthetjük pályaszerkezetünket.

A finishert több dologra is lehet használni, bedolgozhatunk vele aszfaltot, Ckt-t (betont) és akár egyes esetekben zúzottkővet is teríthetünk a gépünkkel. Bár ma már vannak külön Ckt beépítésére kifejlesztve gépek, a gépek többsége aszfaltozási munkálatokra lett kitalálva. A Ckt beépítéshez lényegében az aszfaltbedolgozáshoz képest a padot meg kell emelnünk a nagyobb vastagságú terítés miatt. Átlagosan az előírt követelmény a 20 cm vastag Ckt-4 jelű anyag terítése, de rétegváltásoknál ügyelni kell arra, hogy változik-e a vastagságunk. Ha változik a vastagság,

akkor ék alakban ki kell futtatni az esetleges szinteltérések miatt, a két réteg között fellépő magasságkülönbséget.

3.2 Az aszfaltbedolgozás munkafolyamata

A burkológépet vagy a köznyelvben finishert (angolul: paver) hagyományosan mechanikus magassággal, vagy hangérzékelővel, esetleg néha forgólézerrel vezérlik. A gép kormányzását általában a sofőr kézzel végzi. A Leica IConnal az aszfaltbedolgozó gépnek mindkét oldali TPS (robotic total station(mérőállomás) vagy GNSS érzékelővel (GPS/GLONASS) vezérelhető. A Vögele Navitronic vezérlőjével együtt a lánctalpas járólapok automatikusan kormányozhatóak, és a kormányzás éle automatikusan követheti a meghatározott perem vonalát. Ez a hagyományos 3D alkalmazásokon felül, 3D magassággal (vagy TPS-sel vagy GNSS-sel) és 3D-s lejtéssel a másik oldalán. A Leica aszfaltvezérlő rendszerével a gép a tervezéshez képest vezérelhető, a gépre szerelt vezérlőpanellel [3]. A gépre szerelt célpont (prizma) vagy GNSS antenna helyzetét méri a TPS-ünk. Ezeket a méréseket a rendszer a gépbe szerelt Leica gépi számítógépre (MCP80) továbbítja. A gépre szerelt nagy pontosságú lejtésérzékelő további információkat és a gép keresztirányú lejtését biztosítja. Ebből a pozíció, a magasság, és a lejtő információkészetéből a Leica folyamatvezérlő műszere, folyamatosan kiszámítja a munkahenger jelenlegi helyzetét, vagy a ténylegest, a magasságokat és a lejtését, valamint a gép irányát, haladási irányát. Ezeket a tényleges pozíciót, magasságot és lejtést a rendszer összehasonlítja a projekt számított 3D tervezési modelljével. A tervezés és a tényleges összehasonlítás eredményeit eltéréseknek nevezzük. Ezek a korrekció mértékét jelentik (pozícióban, magasságban és lejtésnél), amely a gép magasabb szintre emeléséhez szükséges. A Leica ezeket a korrekciókat folyamatosan továbbítja a hidraulikát szabályzó gépvezérlőnek, így a gép hasonló módon reagál a hagyományos szenzoros vezérlésre.

4. SZENZOROK ÉS VEZÉRLŐK

Az útépités területén alkalmazott szenzortechnológiák kulcsszerepet játszanak az aszfaltburkolatok pontos kialakításában és karbantartásában. A 3D-s szint vezérelt aszfaltbedolgozó gépek működéséhez különböző szenzorokat alkalmaznak, amelyek segítik a precíz adatgyűjtést és a valós idejű információfeldolgozást.

4.1 A GPS szenzor

GPS (Global Positioning System): A GPS szenzorok segítségével a gépek pontosan meghatározzák a földrajzi helyzetüket és mozgásukat. Ezáltal lehetővé teszik az útburkolat szélességének, hosszúságának és magasságának mérését valós időben. A Global Positioning System, vagyis a GPS, a műholdas navigációs rendszerek egyike, melyet a 3D-s szintvezérelt aszfaltbedolgozó gépek is alkalmaznak az útépités során. A GPS szenzorok rendkívül fontosak az aszfaltburkolatok pontos kialakításában és az útminőség ellenőrzésében. Működési elvük, hogy a GPS rendszer működése több műhold közötti jelek trilaterációján (hosszmérésen) alapul. Legalább négy műhold jeleit használja, hogy meghatározza a vevő (például az aszfaltbedolgozó gép) földrajzi pozícióját.

A GPS rendszer működése három fő összetevőből áll:

- Műholdak: A Föld körül keringő műholdak, amelyek GPS jeleket sugároznak. Ezek a jelek tartalmazzák az adott műhold által sugárzott időpontot és az adott műhold által elküldött pozíciót.
- Korrekciós jelek: A vevőegység közelében levő bázisállomások is veszik a GPS műholdak jeleit, és azokhoz korrekciót számítanak az ismert saját pozíciójuk alapján. Ezt a korrekciót folyamatosan, internetes protokoll szerint, a mobiltelefon hálózaton sugározzák és a vevő ezt a jelet is veszi (RTK).
- Vevőegység: Ez lehet például egy GPS-vevő egység az aszfaltbedolgozó gépen. A vevőegység fogadja a műholdak által sugárzott jeleket és a korrekciós jeleket, majd ezekből az információkból számolja a vevő a saját pozícióját.

A GPS működési elve tehát a műholdak által küldött jelek időbeli késleltetésén alapul. Minél több műhold jelzését fogadja és használja a vevőegység, annál pontosabbá válik a meghatározott helyzet. A GPS rendszer az RTK korrekciónak köszönhetően centiméteres vagy akár

kisebb pontosságot is elérhet a földrajzi pozíció meghatározásában, amely kulcsfontosságú az útépités során a pontos navigációhoz és az aszfaltburkolatok precíz kialakításához.

4.2 Adatgyűjtés és navigáció

A GPS segítségével az aszfaltbedolgozó gépek folyamatosan gyűjtenek adatokat az útburkolat paramétereiről. Ez lehetővé teszi az automatikus navigációt az építendő vagy javítandó útszakaszokon, lehetővé téve a pontos tervezést és kivitelezést.

Valós idejű adatfeldolgozás: A GPS által gyűjtött adatokat valós időben feldolgozzák és használják az útburkolat paramétereinek beállításához. Ez lehetővé teszi a gépek számára, hogy azonnal reagáljanak a változó körülményekre, például az útburkolat vastagságában vagy dőlésszögében történő változásokra. A GPS szenzorok fontos szerepet játszanak a 3D-s szint vezérelt aszfaltbedolgozó gépek működésében, biztosítva a pontos navigációt és adatgyűjtést az útépités során, ami nélkülözhetetlen az útburkolatok precíz kialakításához és a minőségi úthálózat fenntartásához.

Lézeres érzékelők: Ezek a szenzorok képesek pontosan mérni az aszfalt réteg vastagságát és símaságát. A lézeres érzékelők nagy pontossággal képesek az útburkolat felületének topográfiáját érzékelni.

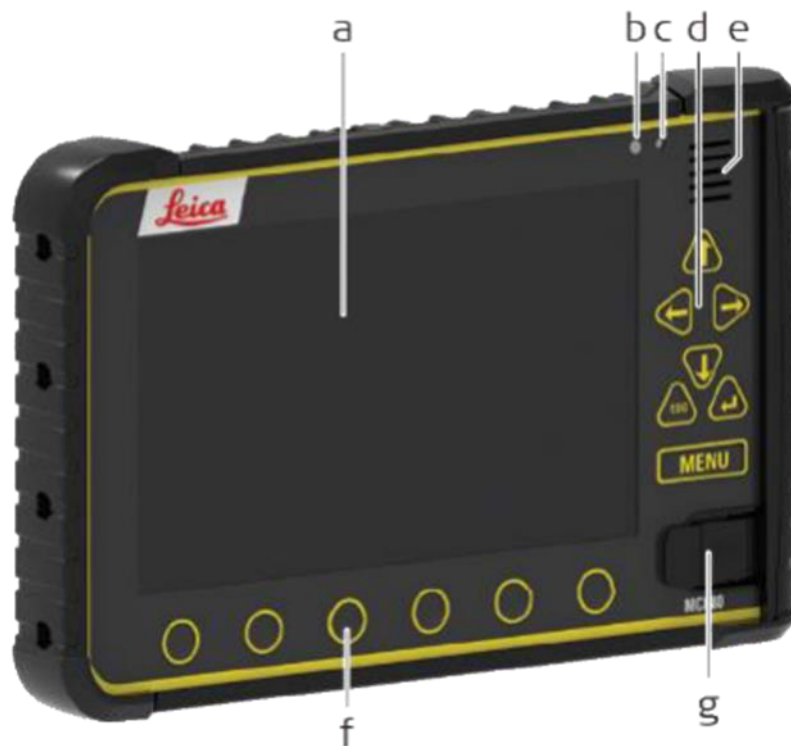
Ultrahangos érzékelők: Az ultrahangos szenzorok segítik az útburkolat dőlésszögének és egyenletességének pontos mérését. Képesek az aszfaltfelület struktúrájának és geometriájának pontos elemzésére.

Ezek a szenzortechnológiák együttesen alkotják a 3D-s szintvezérelt aszfaltbedolgozó gépek fő működési elvét, lehetővé téve számukra az útburkolat precíz felépítését és beállítását. Az adatokat valós időben gyűjtik és feldolgozzák, így lehetővé téve az útburkolatok pontos és egyenletes kialakítását az útépités során.

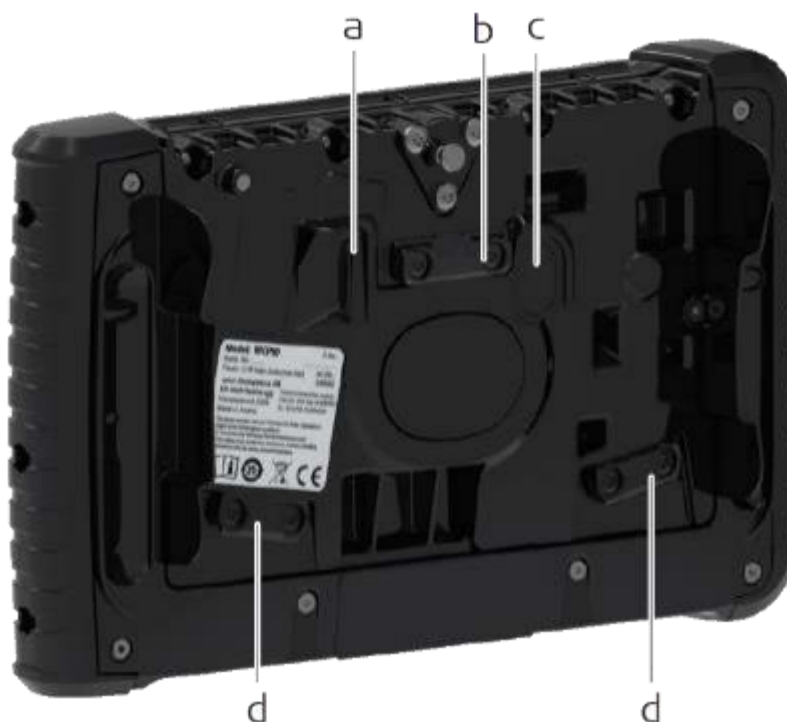
4.3 A szintvezérlést megvalósító rendszer

Az aszfaltozó gépen egy külön panelen kapott helyet a szintvezérlést megvalósító rendszer kezelőfelülete. Az MCP80 panel kezelőfelülete (1.1 ábra):

- a) 8" LCD kijelző
- b) Státusz LED
- c) környezeti fényérzékelő
- d) irányítási nyilak (billentyűzet)
- e) Kihangosító
- f) Keypad
- g) Usb port



2. ábra MCP80 panelünk szemből való nézete során a következőket láthatjuk. A betűk magyarázatát lásd a szövegben



3. ábra Az MPC80 panel hátsó nézete. A betűk magyarázatát lásd a szövegben.

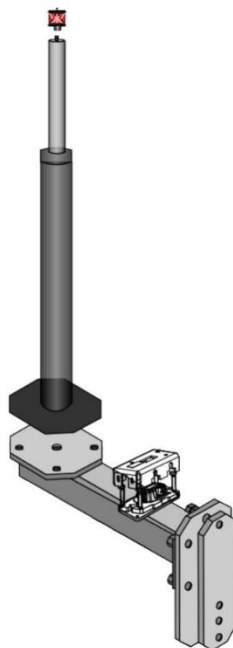
- a) Optikai csatlakozó
- b) IR csatlakozó
- c) Felső és alsó csatlakozók
- d) Alsó kapcsolók és rögzítők

A panelen a státusz LED jelzi nekünk, hogy a panelünk aktív. Ha rosszul helyeztük fel és az érzékelők nem megfelelően létesítenek kapcsolatot, kvázi csak tölt a kijelzőnk de mivel az optikai érzékelők nem lettek jól összekapcsolva, ezért áramot kap, de a rendszert nem tudja elindítani.

Ezért a munka megkezdése előtt figyelmesen helyezzük fel a panelünket. A Környezeti fényérzékelő, a kijelző fényerejét szabályozza. Ha fényes, napos időben dolgozunk, és a Nap sugarai úgy vetülnek a kijelzőre, a panel ezt érzékeli és úgy módosítja a fényviszonyokat, hogy abban az állapotban láthatók legyenek a panelen levő információs adatok, és a vezérléshez szükséges paraméterek. Értelmszerűen az irányítási nyilakkal van lehetőségünk, az érintő kijelző mellett a navigációra a menüpontok között.

4.4 Dőlésérzékelő szenzor

A dőlésérzékelőket az árbóctartó keresztvasára felhelyezzük. Ez fogja a későbbiekben az dőlést és ugyanúgy a magasságért felelős dolgokat ellátni. Az árbóc helyzete kulcsfontosságú a vezérlőkör működéséhez, az árbóc ugyanazon pozícióba van felszerelve, mint a hagyományos



4. ábra Dőlésérzékelő az árbóctartó keresztvasán, tetején a 360° körprizmánk, melyet a munkavégzés során a robotmérőáll-lomás folyamatosan követi mozgását.

magasságérzékelők, a gép és az úszó pad közé, körülbelül a csiga helyzete fölé olyan távolságra rakjuk, amely az első vontatási ponttól megfelelő távolságra helyezkedjen el. Az emelőoszlop helyzetének előre vagy hátra mozgatása hatással lehet az érzékenységre, és a reakciósebességre. A Reakciósebesség azért is lehet fontos, hogy ha a gépnek a parancsot megadjuk, hogy süllyessze vagy épp emelje a padot, ennek van egy átfutási ideje. Ezzel az idővel számolnunk kell mielőtt újra kívánjuk változtatni a pad térbeli helyzetét.

A finsiher szabad kezelőfülkéjében a tető alá el van helyezve egy csúsztatható tetőszélesítő, ügyeljünk, hogy az árbóc mozgatásánál ne érjen hozzá a tetőhöz. Az árbóc tetején helyezkedik el, a 360 fokos Leica MPR122 prizma, melyet használunk a mérőállomás pozicionálásához. Ez a prizma egy rendkívül pontos reflektor célpont, és nagy mérete alkalmassá teszi a gép vezérlésére.

4.5 Lejtésérzékelő szenzor

Leica vezérlésnél használatos lejtésszenzorok, melyek lehetnek egytengelyes lejtésérzékelők, és két tengelyes lejtésérzékelők. A kéttengelyes lejtésérzékelők, amely a gépünknek a keresztirányú lejtését (angolul: crossfall) és a hosszirányú lejtését (angolul: longslope) méri. A mért lejtéseket egy CAN kábelon juttatja el a rendszer számítógépébe és a pozícióadatokkal együtt feldolgozza a 3D gép pontos helyzetének és tájolásának meghatározásához. A kéttengelyes lejtésérzékelő a rendszer egyik alapvető eleme. A pontosság és a megbízhatóság érdekében mereven a gép védett területére kell felszerelni. A lejtésérzékelő csatlakozójának a gép hátsó haladási irányába kell mutatnia. Ha szükséges a vibráció csökkentése érdekében a tartókonzolt kell használni. A lejtésszenzorok 5 tűs CAN-kábelrel csatlakoznak az MCP80 tablethez adat és tápellátás céljából. Végezetül ellenőriznünk kell, hogy a telepítést helyesen végeztük el, és manuálisan ellenőriznünk kell, hogy a lejtésérzékelő helyes értékeket jelez.

A fő kábelkötegek beszerelése után ellenőriznünk kell az interfészeket. A kezelőfelületen a Machine Diagnostics menübe belépve elkezdhetjük az ellenőrzéseket. A Gépdiaosztika menü második oldala a lejtőszensor megfelelő telepítésének tesztelésére szolgál. A harmadik oldal, a CAN kommunikáció tesztelésére szolgál.

5. A 3D VEZÉRLÉSES RENDSZEREK FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI

5.1 Maró

A marógéppel végzett jellemző munkafolyamat során a helyadatok szolgáltatását a GPS-végzi, de a maró munkája segíthető mérőállomás használatával is. A marások során ügyelni kell, hogy a felületet menetiránynak megfelelően és megfelelő sávokra lebontva hozzuk létre, ügyelnünk kell továbbá a pálya szerkezetének az esésviszonyaira is. GPS használata során (TOPCON) mely a maró tetején helyezkedik el, és a gép az oldalán rendelkezik egy kezelőfelülettel, ha szükséges a manuális beavatkozás a munkafolyamat közben is.

Ha mérőállomást használunk, szükségünk van egy vezérlő mérőállomásra, és egy ellenőrző mérőállomásra, ha tehetjük egy pót műszert tartalékoljunk az esetleges munkafolyamatot akadályozó tényezők miatt, a terep a legnagyobb ellenségünk ebből a szempontból.

Marás során megnéztük, hogy ha egy sort kimarunk folyamatos ellenőrzéssel, megtudjuk vizsgálni. Elméletben egy sávot ellenőrzés nélkül elengedhetünk.

A marót nem szükséges kalibrálni ugyanis egy fix, merev szerkezetről beszélünk, nincs egy olyan forgó, vagy esetleg csukló eleme, mint a finisher padjának, tehát jó eséllyel kizárhatjuk a térbeli elmozdulásokból adódó hibákat. A marás marófogakkal történik, ezeket használat előtt a gépkezelőknek fel kell helyezni az új marófejeket, kézi módszerrel. Ezeknek a marófogaknak a kopását a gépkezelők kinullázzák az adott értéket, tehát utána az az állapot lesz az kiindulási állapontunk. Hibalehetőségek lehetnek a csatlakozók felcserélése pl: CAN 2-3 felcserélése.

Folyamatos optikai kapcsolatra van szükség mérőállomások használata során. Szükséges a mérőállomások jó elhelyezkedése, hogy mindkét prizmat használni lehessen. Előre figyelembe kell venni az íveket, hogy az egész munkafolyamat során biztosított legyen az összelátás. A kitakarás miatt figyelembe kell venni továbbá, hogy milyen irányba áll majd a szállító szalag, melyen a mart törmelék eljut a négytengelyes autóba, hogy utána a mart aszfaltot eljuttassák a telephelyre, ahol igyekeznek a martaszfaltot begyűjteni és újra hasznosítani.

Ha a maró beállt, és az ellenőrzéseink is sikeresek, utána a gépet engedhetjük dolgozni. Azt marja le igazából amit megadtunk a modellen. Az úrszelvénybe nyúló ágakat 4.5-5 m magasságig ki kell tisztítanunk. 1 cm alatti pontosság marás esetén már igazán jó eredménynek számíthat.

5.2 Finisher

A gép összeszerelésénél, maga a gép belsőjében szereljük össze a kábeleket, ez a gépen található a két vezető ülés között található padlóajtó felnyitásával hozzáférünk a vezérlésünk csatlakozószerelvényeihez.

Ha beszereltük a vezérléshez szükséges rendszert, érdemes nagyon oda figyelni a kábelek helyes használatára. Ügyeljünk a CAN2 – CAN3 kábelek helyes használatára [3]. A kábeleken lévő vonalkódszám és a jelzett információk a segítségünkre lehetnek az összeszerelés során. Ha a kábe-

leket helyesen csatlakoztattuk össze, a következő feladat a CR30S bluetooth helyes elhelyezése, ugyanis előfordulhatnak olyan helyzetek, például egy magasfeszültségű kábelek környezetében, vagy csak pusztán felfogja valamilyen tárgy vagy a gépen lévő szerkezet, a jel áramlását. Ha a finisherbe megtörtén egy adott gyártó eszközeinek a beszerelése, utána a gépet kalibrálnunk kell. A bányászatban is alkalmazzák itt bemutatott vezérlési eljárásokat, elsősorban exkavátorok vezérléséhez [4].

6. FINISHEREK KALIBRÁCIÓJA

A Kalibráció a finishereknél elengedhetetlen, ha a vezérlést akarjuk alkalmazni. A finishert szállítása során a padot a gépről leveszik, és ennek újbóli felhelyezésekor szükséges a sok mozgó elem miatt kalibrálni szükséges.

Kalibrálás előtt hossz és keresztirányba be kell állítanunk a padot. Kalibrációhoz szükségünk van egy gépkezelőre, egy mérőállomásra, vízmértékre, és egy mérőszalagra. Kalibráció során fontos, hogy olyan magasságon és szélességen kalibráljuk a gépet, mellyel későbbiekben kívánunk dolgozni. Ez nem azt jelenti, hogy esetlegesen változó magasságnál és szélességnél mindig újra kellene kalibrálni a gépet, fogja tudni kezelni, átlagban kell gondolkoznunk ilyen esetekben.

Egy példát tekintve, a padot 20 cm-es magasságra emeljük ilyenkor, és fatuskókat teszünk be a pad alá, hogy megtartsák a padot. A padot ráhelyezzük a kalibráláshoz, de ügyelve, hogy hossz és keresztirányban vízszintes legyen a pad.



5. ábra Aszfaltbedolgozó gép hátsó nézetből. Az ábrán látható a két árbóc és a pad szélénél a két digitális vezérlőpanel melyeket a kalibráció során szükséges használnunk.

Ehhez szükségünk lesz egy darab vízmértékre. Kalibráláshoz a továbbiakban felállítunk egy mérőállomást, melyet a vízszintbe állítás után tájékozni sem kell. Bluetooth kapcsolatot létesítünk a mérőállomásunk és a gépen található vezérlőegység között. Ezt úgy tudjuk megtenni, hogy a panelen található eszközök menüpontban CRS3S Bluetootht kiválasztva párosítjuk az eszközt a panelhez. Ha a párosítás megtörtént, rendszergazdai hozzáféréssel belépve kiválaszthatjuk a kalibrációt, és ezzel elindítjuk a folyamatot, melyet utána egy ideig a mérőállomáson követjük nyomon. A mérőállomáshoz odaérve az állomás menüpontjai között fellelhető egy gép kontroll ikon, melyre rákattintva a lehetőségek közül kiválaszthatjuk a kalibrációs eljárást.

Ha esetleg a kalibráció nem úgy sikerülne ahogy kellene, és megvannak manuálisan, analóg formában kiírva az előző kalibráció eredményei, akkor azokkal vissza tudjuk állítani az értékek felcserélésével az előző állapotot. Ha esetleg elfelejtettük megtenni, úgy további visszaállítási módunk nem maradt. A kalibráció során meg kell mérnünk jobb és bal oldalon a gépen oldalanként 3, illetve összesen a két oldalon 6 alkatrészt. Elsőnek a pad bal oldali sarokpontját kell megmérni. Ennek megirányzásához használhatjuk a mérőállomásba beépített lézeres irányzékot, vagy pedig

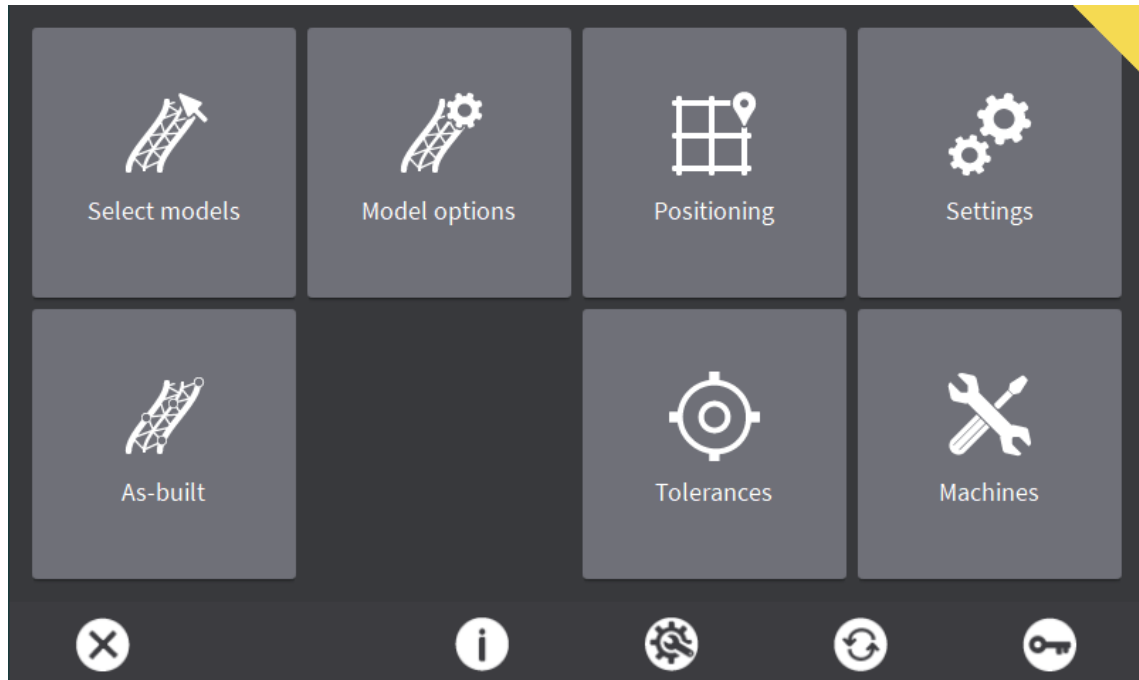
fóliát melyet segítők a pad sarkához helyez, úgy, hogy a célkereszt közepe a sarokponton legyen. Megmérjük mind a két oldalt, majd a mérőállomás kijelzőjének menüjében tovább lépünk a varázslóba, és megmérjük az aszfaltbedolgozógépnél a hidraulikus csuklószerkezetének a pántjait és azoknak is a közepét. (Itt is mérhetünk fóliával vagy lézerrel.) Harmadik megmérendő dolgunk a gép oldalán elhelyezkedő árbócok, melyeknek a tetején helyezkednek el a 360 fokos körprizmáink. Ha ezeket is megmértük a mérőállomásunkkal további teendő nincs, vissza kell fáradnunk a finisher vezérlőpaneljéhez. Itt összevetjük az előző állapottal (ha leírtuk egy papírra az adatokat, esetleg telefonnal készítettünk egy képet) ha nem történt nagy mértékű elváltozás a kalibrációnak sikeresnek tekinthető.

A gépen több érzékelő is elhelyezkedik, és bár ezek más gyártó termékei, ezek kommunikálni tudnak egymással. A padszélesség érzékelő szoros kapcsolatban áll a Leica vezérlővel, hiába más a termékek neve. A finisheren lévő padszélesség érzékelő a Wirtgen (Vögele) terméke, míg a vezérlés rendszere Leica termék, de a Leica vezérlő képes irányítani a padszélesség értékelőt.

A pad kalibráció után szükséges kalibrálnunk a szélességérzékelőket, melyek a finisher padján levő tableten történik a varázsló segítségével, melyeket a „padosok” kezelnek. A tableten van egy varázspálca alakú ikon, melyben elvégezhetjük a kalibrációt. Minimum és maximum értéket adunk meg. A minimum érték a pad összezárt állapotában, maximum érték pedig a pad teljesen nyitott állapotában. Ehhez nincs más dolgunk, mint egy mérőszalaggal lemérni a pad közepétől a nyitott padnak a távolságát jobb és baloldalt egyaránt. Majd összevetjük, hogy a szalag által mért érték és a gépen jelzett érték között mekkora a különbség. Tehát ha 2,5 m a szalaggal mért padtávolság az nekünk a kezelőfelület 2.6 m-t ír ki, akkor kézzel módosítjuk és elmentjük a helyes értéket.

Mivel két külön álló cég termékei, így, ha felmerülnek problémák, nehéz megfejtetni az okát ugyanis nehéz összeegyeztetni a két céget. Felmerülő hibák lehetnek: össze-vissza értékek, kiemelések után a szélességérzékelők összeérhetnek és elmozdulhatnak, álló helyzetben ugráló értékek melyek szálszakadásra, és kontakthibára utalhatnak.

7. PROJEKT KEZELÉSE



6. ábra MCP80 panelünk kezelőfelületének menüje. A rendszer elindulásakor ez a kiindulási pontunk, innen érthetjük el a különfajta beállítási lehetőségeket, a modell választását és beállításait. Részletek szövegben.

7.1 A projekthez kapcsolódó állományok feltöltése

A sikeres munkához elengedhetetlen, hogy a tervből a vezérléshez áttöltött adatállomány gondosan elő legyen készítve, hogy az eséseket jól futtassuk ki, különben, ha rosszul készítettük el és nincsen rendesen megoldva a vonalláncunknak a kifuttatása, az problémát okozhat a munkafolyamat során.

Az ellenőrzés után elsőként a modellünket kell kiválasztani, melyet két féle módon importálhatunk. Pendrivera helyeztük előzőlegesen a .dxf. fájlunkat, vagy esetleg a geo. lmd. idx. fájljainkat. A .dxf. formátum az AutoCad-ben kimentett fájlformátumunk. Ez 3D vonalakat tartalmaz, így nincs szükségünk a tervünk elkészítésére. Ha esetleg a vonalláncuk csak 2D ilyenkor vagy a tervező átalakítja, ám ez nem jellemző a való életben, így nekünk kell módosítani 3D vonallá a láncot, ügyelve az esésekre.

A feltöltéshez kiválasztjuk az importálandó fájlt, és megadjuk a koordináta rendszert. Szinkronizálás után megkeressük a megfelelő projektet. Kiválasztjuk a munkához szükséges fájlt. Ellenőrizzük a projektspecifikus koordinátarendszert. Válasszuk ki, vagy esetleg meg is tudjuk szüntetni a modellek kijelölését a projektben.

A projektünket szinkronizálhatjuk a Leica által létrehozott ConX felhőből is. A felhőalapú szolgáltatás igen hasznos tud lenni a munkánk megkönnyítése érdekében. A címkék használata lehetővé teszi a modellek intelligens szűrését a rendszerben. A modelleket ahogy hozzá tudjuk adni, úgy a már nem szükséges modelleket törölni is tudjuk. A modellek meg vannak címkézve amikor importáljuk vagy szinkronizálunk ConX-szel. Az MC1-ben létrehozott nem szinkronizált modellek és az USB adathordozón lévő projektek sincsenek címkézve. A címkék a ConX projekt almapái alapján jönnek létre kivéve az első almappát. Ez azt jelenti, hogy a modellek egy címkét kapnak, amelyet az almappáról neveznek el, kivéve, ha az első almappában vannak tárolva, akkor nem ad meg címkét. Az adathozzáférések egyszerűsítése érdekében az MC1-ben nem jelennek meg mappák, ehelyett szűrhetünk, és így megtalálhatjuk a számunkra releváns modellünket a címkék kiválasztásával. A modellhez csatolt címkék száma és hierarchiája a modell tárolási helyéhez vezető almappáktól függ. Ez azt jelenti, hogy a címkék keresőkifejezésként használhatók arra vonatkozóan, hogy hol található egy modell, és milyen más modellekhez kapcsolódik. A címkék munkamegrendelésként is használhatók, például a művezető megmondja, hogy Árpád utcán dolgozzon, és csak az ilyen címkével rendelkező fájlokat használja. Miután a címkék alapján szűrünk, magát a modellt továbbra is ki kell választani, hogy megjelenjenek a futtatási képernyőn.

Annyi modellt tölthetünk be amennyit csak szeretnénk, viszont csak egy aktív modellünk lehet kiválasztva. Az aktív modell referenciaként szolgál: -magasság -keresztlejtés-állomás – vonalválasztás. Passzív modellünk segítőként működik a háttérben. A projektadatokkal együtt tárolva a koordinátarendszerek a projekt gyökérmappájába, vagy valamelyik projekt almappájába kerülnek. A koordinátarendszerek beépíthetők a projekt gyökérmappájába. A projekt gyökérmappájában levő koordinátarendszer lefedi a projektben lévő összes modellt, kivéve azokat a modelleket, amelyek almappát osztanak meg egy másik koordinátarendszerrel. A projekt-almappában lévő koordinátarendszer csak az adott almappában lévő modelleket fedi le.

A ConX projektekben a koordinátarendszer és a földrajzi azonosító fájlok kiválasztása a projekt konfigurálása során történik. A koordinátarendszer fájlt manuálisan kell hozzárendelni minden géphez. A rendszer automatikusan hozzárendeli a földrajzi azonosító fájlt a koordinátarendszer fájllal együtt.

Usb-n adathordozón lévő projektekben a koordinátarendszer és a földrajzi azonosító fájlokat a helyszínen kell kiválasztanunk. Sem a koordinátarendszer fájl, sem a földrajzi azonosító fájl nincs automatikusan hozzárendelve, hanem ezeket manuálisan kell kiválasztanunk az előre meghatározott országspecifikus mappákból. Ha a koordinátarendszer földrajzi azonosító információkat hordoz, akkor egy földrajzi azonosító fájlt fog javasolni a tabletünk. Támogatott fájlformátumaink: .dc .lok .loc .hexml. Ha sikerült, kiválasztjuk a nekünk szükséges fájlt [5].

Ezután a projekt és a gép összekapcsolását végezzük el. Először a magasság kontroll pozíció beállítása történik, itt meg tudjuk adni, hogy mind a két árbócot használjuk, esetleg önállóan a jobb, vagy csak a baloldali árbócot használjuk. Ha csak önálló árbócot használunk ilyenkor, elég két mérőállomást használunk. Az ellenőrző állomásunk a gép mögött helyezkedjen el, olyan helyre felállítva, ahonnan jó rálátási viszonyok között hagyhatjuk a mérőeszközünket. Másik mérőállomásunkat pedig elhelyezzük hasonló módon, viszont már a gép haladási irányára visszatérve legyen, így akár nagyobb távolságot hagyhatunk, és időt spórolhatunk meg azzal, hogy nem veszünk el sok időt az átállásokkal, a munka gördülékenyebben tud haladni.

Ha fennáll olyan helyzet, hogy a modellünkön a felületünknek vége szakad, viszont a kimart felület tovább folytatódna, lehetőségünk van a felületünket kibővíteni. Annyit jelent, hogy az MC1 panel, automatikusan meghosszabbítja az úttestnek a két szélső vonalát. Ilyenkor az ellenőrző műszerünkkel kontrollálhatjuk a gépet, bár nem biztos, hogy a kihosszabbított felületet minden esetben jól fogja kezelni a gép. Fontos, hogy az ellenőrző méréseket igyekezzünk 5 pontban megmérni, de legalább 3 mérésre szükségünk van. Egy mérést végeztünk a tengelyvonal mentén, főként ha kétoldali eséssel dolgozunk, vagy a tetőszelvényezés miatt. Maga a terítés folyamata úszópaddal történik, a padot a gép hidraulikus rendszere mozgatja, melynek mozgásába beleszólásunk van [5].

A zsinóros vezetéshez hasonlóan a gép működése során rendszeres időközönként módosítani kell a magasságot, vagy a pozíciót olyan külső hatások miatt, mint például az anyagjellemzők

változása. Például a keverékünk, nagyobb szemcseösszetételű, esetleg a Ckt terítés esetén nem megfelelő a víztartalma, túlságosan nedves a keverékünk, esetleg száraz [6].

Mind a két példával találkozhatunk a való életben. Például tekinthetjük az az esetet, amikor a kavicsanyagunk 0-63, ami azt jelenti, hogy a szemcsék 0-63 mm-ig terjedően bármely szemcsenagyság előfordulhat. Két cementfajta közül választhatnak: az egyik költséghatékony a „cem2” olcsóbb, a másik a „cem3”, ami gyorskötésű, de ennek szilárdsága kevés, szinte elenyésző, nem mérvadó. Tehát ha például a CEM3-nak kisebb a szilárdsága, abban az esetben többet tesznek bele a cementből, ha a CEM2-nek nagyobb a szilárdsága akkor kevesebb cementet raknak bele belőle. Adalékanyagokat, általában mosott anyagból csinálnak, például a 0-34-es szemcsenagyságú anyagnál, ha a szitálásnak az eredménye azt hozza, hogy túl finom, a skálán is ezt látjuk, raknak bele több kavicsot, majd próbahengerlés után megnézik, hogy a megfelelő szilárdságot elérte-e a bányakavics szemszerkezete. A költséghatékonyabb továbbra is fontos szempont, például Szlovákiában durvább frakciókból állítják össze mert nincs mosott anyag: a 0-24 frakció nincs a hegyekben ott az aprószemű frakciót darálással állítják elő, ezért drágább. Magyarországon általános a 0-32 anyag, pl. Ártándon van mert ott állították fel az ehhez szükséges szitát. Különböző országokban különböző anyagokból állítják össze a CK-t: Síkvidéken 0-24 vagy 0-63 anyagból, mert az olcsóbb az osztályozott anyagnál.

8. POZÍCIONÁLÁS

A pozícionálás során az MC1-s panelen megadott módon, lényegében egy bluetooth kapcsolatot létesítünk aszfaltbedolgozón lévő vezérlőegység és a mérőállomások között. Ehhez egy CR30s készülék biztosítja a kapcsolatot.

Mérőállomásinknak az akkumulátor behelyező nyílásánál találunk egy vonalkódot, mely tartalmazza az állomásunk sorozatszámát, mely alapján ki tudjuk választani mely műszereket kívánjuk párosítani a használatra. A munka megkönnyítése érdekében ne számokat használjunk, hanem a pozícionálás fölön belül tudjuk módosítani a mérőállomásunk nevét (7 megengedett karakter). Célszerű színeket használni a megnevezésekhez, mint pl: kék, zöld, piros. Ha a TPS kapcsolat felállt és a TPS profilokat létrehoztuk, a panelen is kapunk visszajelzést: TPS connected [5]. Meg

kell adnunk, hogy melyik mérőállomás mely prizmának a mozgását kövesse. Beállítjuk az elsődleges árbócot és a hozzá tartozó mérőállomást, és a másodlagossal ugyan ezt megtesszük, viszont már más színnel jelölt mérőállomást kapcsoljunk hozzá.

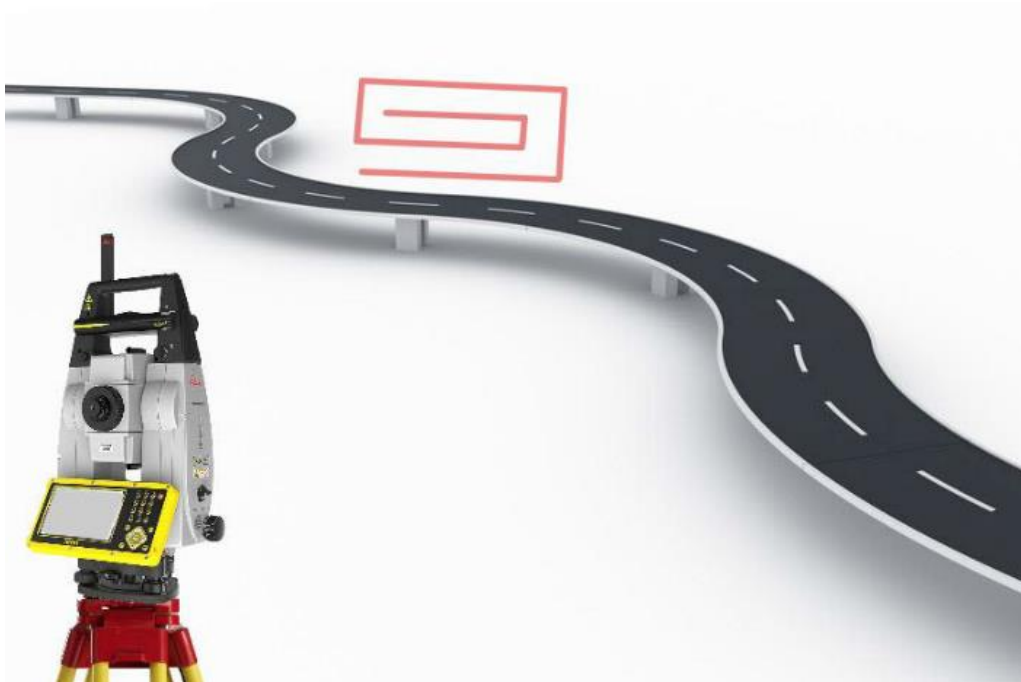
Kiegészítésként, ha több mint három mérőállomással rendelkezünk, akkor megadhatjuk őket is, hogy kövessék a prizmát, viszont munkába csak akkor állnak ezek az állomások, ha az elsődleges vagy a másodlagos műszerünk takarásban van, és nincs meg a megfelelő rálátás a prizmára. Ilyenkor lép életbe a tartalékként felállított állomásunk, mely eddig csak követte a mozgást és nem volt konkrét szerepe eddig, az most átveszi az előző elsődleges állomásunk szerepét, tehát a munkafolyamatunk nem szakad meg akkor sem ha valamilyen okból kifolyólag a műszerünk nem lát. Rádiós kommunikációval is történhet a munkavégzés, de ez az opció eddig még nem került használatba munkánk során.

A mérőállomás automatikusan követi a prizmánkat, ha esetleg elveszti a prizmát, nincs konkrét takarásunk, egyszerűen csak a kapcsolatunk megszakad, helyezzük át a CR30S készülékünknek az antennáját olyan helyre a gépen, ahol fix helyen marad, és a rádió túske olyan irányba néz melyre mérőállomásaink állnak. Elveszett prizmát megtudunk kerestetni a gépről, megspórolva azt az időt, ha már mondjuk egy 100 m távolságra vagyunk a műszertől, ezt nem kell lesétálnunk elég, ha a gépen választunk a három opció közül.

7. ábra ATR SEARCH keresés mozgástartománya.

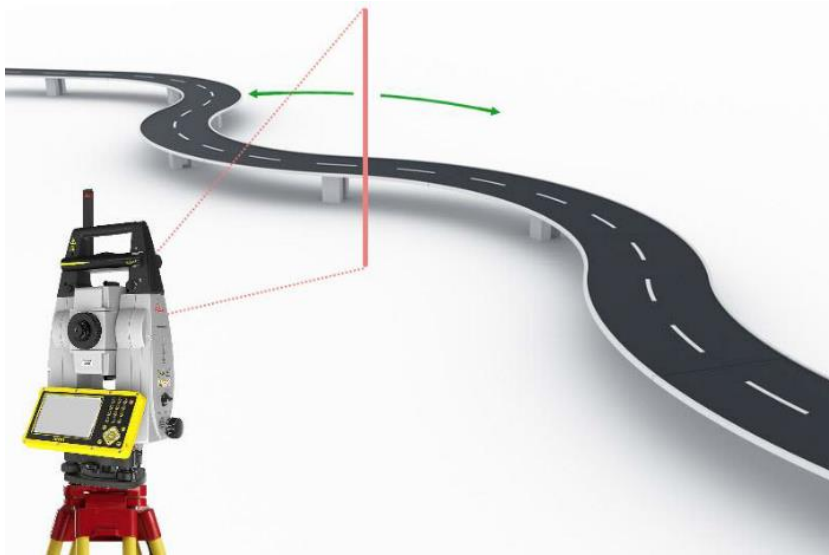
8.1 ATR Search

Az utolsó ismert pozícióhoz közeli prizmát keresi meg. Az ATR szenzor lézersugarat továbbít, melyet egy prizma ver vissza, és egy nagy felbontású kamera fogad. A visszavert fény intenzitását és karakterisztikáját a kamera középpontjához viszonyítva számítják ki. Az ettől a referencia értéktől számított eltolásokat a rendszer függőleges és vízszintes síkban is kiszámíthatja. Ezeket az eltolásokat azután a teleszkóp tengelyeinek motorjának vezérlésére használják, melyek azonnal reagálnak és a műszer szálkeresztjét a prizmára helyezik. A műszer szálkeresztjének nem kell pontosan a prizma közepén elhelyezkednie. A lézer helyzete és a prizma közepe közötti eltolás



automatikusan kiszámításra kerül, és a prizma helyes pozíciójának a meghatározására szolgál.

8.2 Power Search



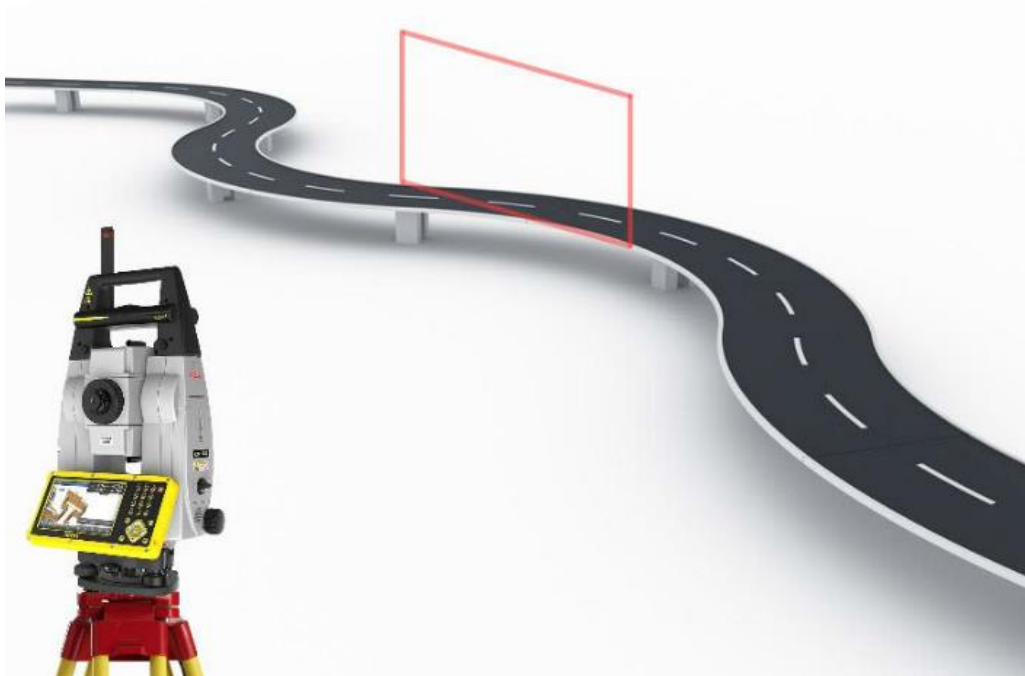
8. ábra Power Search keresés mozgástartományai

A műszer forogni kezd az állótengelye körül, miközben az adó függőleges lézersugarat bocsát ki. Ha a lézersugár prizmat észlel, a visszavert fényjelet kiértékeli, hogy ellenőrizze, hogy a célt találta-e meg. Ha a cél ellenőrzése megtörtént, a forgatás leáll, és ATR keresés történik.

8.3 Cube Search

A kockakeresés egy módszer a prizmakeresés optimalizálására. Ez a módszer egy virtuális kockát hoz létre, amely áthelyezhető egy másik helyre a térképen. A kocka méretei nem változtathatók, de a függőleges szög szükség szerint frissíthető. Ha a prizma követése megszakad, a műszer csak a meghatározott virtuális kockán belül keres.

8.4 Window Section Search



9. ábra Ablak keresés mozgástartománya

Az ablakkeresés a műszer függőleges és vízszintes szöge körül kialakított kúpot használ, amely állítható. A függőleges keresési szög felső és alsó határa beállítható és látható a keresőablakban. A bal és jobb oldali vízszintes szektor állítható. A keresési sík maximális távolsága állítható.

Az ugrás a gépprizma mérésének egyik TPS-ről a másikra történő átvitelének módszere, amely biztosítja a folyamatos burkolási műveletet akár az aszfaltkeverék lerakásának megszakítása nélkül. Erre általában akkor van szükség, ha a gép előre meghatározott távolságot ér el a robottól. A tényleges távolságot a rálátás, a felület simasága és ideális esetben a gép álló helyzetében (pl anyagra vár) végrehajtott változtatások alapján kell meghatározni. A műszer és a gép közötti távolság maximális működési távolság a következőktől függően változik: Hőfok, páratartalom, időjárási viszonyok, levegő minősége. A Leica 100 m távolságot ad meg a műszer és a gép között, a megrendelő felelőssége, hogy az építési tűréseket, és a szükséges felületi simaságot biztosítsák, és ennek megfelelően adják meg a maximális távolságot.

A konfiguráció után az ugrás „leapfrog” funkció egy teljesen automatizált folyamat. A kezelőnek először meg kell határoznia a távolságokat, és a tűréseket. Az ugrás funkció le van tiltva, ha nem

áll rendelkezésre az összes szükséges érzékelő. Az ugrás során a rendszer automatikusan felcseréli az elsődlegest a bal tartalékkal és a másodlagos TPS-t a jobb oldali tartalékkal. Egy ugrás után a felhasználó ellenőrizheti a TPS közötti korrekciókat.

9. ADATOK ÉS MODELLEK

A vezérlő lehetővé teszi a munka során a műveletek ellenőrzését és az esetleges beavatkozást. Az „As-Built” menü segítségével (6. ábra) a szőnyeg terítése közben lehetőségünk van ellenőrizni és módosítani a munkavégzés folyamata alatt. Ez nem egy beépített eszköz, hanem kvázi egy termelési segéd, montírozó opció, ami a munkaterület kezeléséhez további lehetőségeket biztosít. Ha ez a termelési naplózás aktív, a rendszer meghatározott távolság vagy idő alapján gyűjti a termelési adatokat. Ezeket az adatokat, USB-n keresztül tudjuk exportálni. Az adatok a projekten belül egy ún. Pave Prod nevű mappában tárolódnak. Az exportált fájlok kulcsfontosságú naplózott paramétereket tartalmaznak, amelyek minden egyes burkolási megoldáshoz előre meghatározottak, pl: idő, állomáshely, vízszintes korrekciók, gépmodell, aktívmodell, tervezés, sebesség és maga a pozicionálás adatai. A termelési naplófájl oszlopaiban lévő adatok a használt géptől függően változnak. A gyártási napló oszlop, a legtöbb gépen közös. A többi mező: eltolás a referenciavonalhoz a gépspecifikus referenciaponttól, magasságeltérés a gépspecifikus referenciapontnál.

Általában elérhető az online belépési mód képessége, hogy a gép menet közben, várakozás nélkül gyűjti az adatokat anélkül, hogy a földmérőre várni kellene. A beépített mérések elvégezhetők egy extra prizmával egy felmérő rúdon, és bármely projektkoordinátán felállított mérőállomással, amely tartalékként csatlakozik az MC1- panelhez. Nincs szükség vezérlőre ezzel a módszerrel, az eltárolt pontok azonnal megjelennek a runscreen online változatában.

Óvatosan kell eljárni amikor egy szabadon álló élhez nagyon közel végzünk méréseket friss tömörítetlen aszfalton, ez félrevezető eredményeket adhat az anyag ellenőrizetlen süllyedése miatt a nem alátámasztott élnél. Az is rendkívül fontos, hogy a megfelelő rúd magasságot alkalmazzuk a beépített ellenőrzéseknél, és hogy a felmérő rúd hegye ne süllyedjen bele a friss aszfaltba, használjunk talplemezt, a magasság pontos mérése érdekében.

A burkolási munkák tervezési típusának kiválasztása során figyelembe kell vennünk, hogy az robot mérőállomással (Icon) felszerelt aszfaltbedolgozó gép hogyan kezeli az adatokat. A burkolatmodellünk állhat zsinórvonalakból, felületből vagy a kettő kombinációjából. Az aszfaltburkolat tervének elkészítéséhez, erősen ajánlott a zsinórvonalakat tartalmazó modell használata. Nem egyformán készítik el a tervmintákat, ami például a földmunka számára elfogadható lehet, az az aszfaltozási burkolati munkákra már nem biztos, hogy alkalmazható. Támogatott fájlformátumok: .lmd .dxf .landXML.

9.1 Adattípusok

A felületmodellek kevésbé pontosak, mint a vonalas elemeket tartalmazó modellek. A háromszög (TIN) felületmodellek azokban az esetekben alkalmazhatjuk, amikor az alacsony pontossággal is megelégszünk.

A .dxf fájlok felületei gyakran 3D-s lapokként (önálló háromszögekként) jönnek létre, ami növeli a hibalehetőséget. Az autocad DXF egy olyan Cad fájlformátum, amely tartalmazhat felületet vagy egy igazított felületet. Ezt a fájlt az Autodesk fejlesztette ki, hogy lehetővé tegye az AutoCad és más adatok közötti együttműködést. A .dxf koordináták mindig méret nélküliek. A felhasználónak ismerniük kell a rajzi egységeket, vagy ki kell bontaniuk a lapok szöveges megjegyzéseiből.

Az .lmd fájl egy karakterlánc vonalmodell, amely az ICon-ból exportált hosszanti vonalakon alapul. Az .lmd-t gyakran használják utakhoz és más hosszanti projektekhez, és az ideális burkolati projektekhez. A karakterlánc-modell tartalmazhat felépített rétegeknek az egyszerű szerkezetét is. Az .lmd formátumot vízszintes és függőleges vonaladatok (.l3d) és koordináta adatok (.geo) építik fel. Minden oldalvonal törésvonalként jelenik meg. Minden törésvonalnak saját egyedi sorkóddal kell rendelkeznie. A kódok segítségével megtalálják a megfelelő sort. Az (.lmd) karakterlánc-modell nem használja a pontkódokat.

A Leica kompatibilis szoftverből exportált .landXML fájlok az RR („roadrunner”) protokollt alkalmaznak. Ezek a fájlok karakterláncokat tartalmaznak a .landxml kiegészítései. A .landxml string lines hosszanti vonalakat tartalmaznak, felületeket leíró kódokat használva.

9.2 A középvonal

A középvonal egy olyan összevont vízszintes és függőleges 3D-vé vonal, amit általában azért definiálunk, hogy a munkagép ezt a vonalat kövesse. A középvonalnak nem kell a burkolandó sáv középvonalában lennie.

A középvonal szegmensekből és ívekből áll. Több szegmensvonalon, minden olyan elemet, amelyet az előző típusok egyike sem tud leírni, pontokkal ábrázolja a görbe mentén.

A mérőállomások felállítását jellemzően a középvonal vonalában vagy annak két oldalra tervezük. A gép pillanatnyi pozícióját, ha egy mennyiséggel akarjuk megadni, akkor az a kumulatív távolság a középvonal mentén. Az állomásozás gyakran a nulláról kezdődik, de ez nem minden esetben van így. Az élvonalak, az út széleit és a lejtőket a középvonal helyzetéhez képest leíró vonalak ugyancsak szerepelnek a .geo fájlban, amit az ICon hoz létre. Ez biztosítja, hogy a vonal kezdő és végpontja a megfelelő irányba fusson.

Szögváltásra az egyenes szakaszok között azért van szükség, mert nem minden CAD-csomag képes ívelt 3 dimenziós vonalláncokat előállítani. A szegmensek számos egyedi egyenes szegmensre vannak felosztva, amelyek megközelítik az eredeti tervet. Minél közelebb vannak egymáshoz az egyenes szegmensek, annál közelebb kerül az eredeti kialakításához. Két összekapcsolt vonalszakasz közötti szögváltozásnak mindig 1 foknál kisebbnek kell lennie, ha ívelt 3d vonalszakaszokat közelítünk meg. Nem szükséges több pontot hozzáadni egy egyenes közepén.

A kormányzásunk használatához azt javasolom mindig íveket használjunk, ha a sugár mérete kisebb 30 méternél.

A burkolási munka kezdetekor a kezelőnek ki kell választani a megfelelő középvonalat, amelyből dolgozni szeretne. Megfelelő állomány nevének olyannak kell lenni, amelyben megszakítás nélküli karakterláncok vannak, hézagok nélkül. Ha hézag van egy CAD állománynevekben, akkor az két különálló karaktersorozatként jelenik meg a panelen. Ha ez megtörténik csak az egyik vagy csak a másik karakterláncot lehet kiválasztani. A gyártásnál ez azt jelenti, hogy a gép nem tud folyamatosan teljes hosszában burkolni, a gyártás megszakad. Ez ellen a CAD szoftverben ellenőrizni kell, hogy nincsenek-e hiányosságok a vezető vonalakon az átalakítás előtt vagy után. Egy apró kis hézag a vezető vonalnak a fájljában és nagy hézagot okozhat a gyártásban.

A vezető vonal (paraméteres) modellek a teljes geometriát tartalmazzák a vonalszakaszokon. Beállítható útvonal vízszintes geometriával, azaz vonal, sugár, spirál. Az útvonal függőleges geometriájú, azaz vonal, sugár, spirál. Választható lejtőszegmensek, jellemzően olyan keresztmetszeti modellből épül fel, amely szabványos metszetre és sablonra hivatkozik a keresztmetszeti vázlatokhoz. A vezető vonal modellek lehetővé teszik a tervezett útdatok legpontosabb reprodukálását.

9.3 A felületmodell

A középvnalból és a átemelés tervezési adatokból a program egy felületmodellt állít elő, mert ez minden síkkoordináta-hoz tud magasságot rendelni, és a gép vezérléséhez ez szükséges.

A felületmodell diszkrét, egyenes elemekből épül fel, és nincs geometriája a vonalszakaszokon. Ezeket gyakran TIN-modelleknek nevezik, és szépen vizualizálnak, de sokkal kisebb a pontosságuk, mint a vezető vonal modelleknek. A felület modell a következőket tartalmazza a háromszögekből álló felületet, és egy rácsfelületet tartalmaz. A felületi modellek a következőkből készülnek. A TIN felületmodellek úgy épülnek fel, hogy a 3D pontokból vagy vonalakból egy interpolált háromszögletű szabálytalan hálózatot (háromszög alakú felületeket) hoznak létre, amelyek nagymértékben támaszkodnak a törésvonalakra, hogy közös útvonalat (a lejtő teteje, vagy alja) hozzanak létre, de az interpolált útvonal mentén a törések soha nem lesznek annyira pontosak mint egy húr-vonal-modellnél [5]. A TIN modellek kiválóan használhatók földmunkagépeknél, amelyeket a pálya kontúrozására és simítására használnak, de problémát okozhatnak a legtöbb burkolási alkalmazásnál. Javasolom, hogy a .dxf fájlokban korlátozzuk a 3D-s felületek használatát azokra a burkolási helyekre, ahol az alacsony pontosság elfogadható. Ha a TIN felület modellt zsinórvonalak nélkül használunk a burkoláshoz, akkor a kormányzás problémát okozhat a sugárral, vagy spirálokkal, amelyek nem támogatottak a felületi modellben.

10. DISZKUSSZIÓ

A 3D-s szint vezérelt aszfaltbedolgozó gépek használata számos előnnyel jár, de számos kihívást is felvet a jelenlegi és jövőbeli felhasználás során. Néhány fontos kihívás és a jövőbeli kilátások.

Technológiai fejlődés: A szenzortechnológiák és a GPS rendszerek folyamatos fejlődése nélkülözhetetlen a gépek pontosságának és hatékonyságának további javításához. Az újabb szenzorok és adatfeldolgozási módszerek fejlesztése lehetővé teszi még pontosabb és megbízhatóbb működést. A technológiai fejlődés az útépítés és -karbantartás területén, különösen a 3D-s szint vezérelt aszfaltbedolgozó gépek esetében, folyamatos és dinamikus folyamat. Számos területen várható további előrehaladás és fejlődés: Szenzortechnológiák: A szenzorok fejlődése lehetővé teszi még pontosabb és sokoldalúbb adatgyűjtést. Az új szenzorok alkalmazása, például a környezeti feltételek jobb érzékelésére vagy a precízebb mérésekre irányuló kutatások javíthatják a gépek teljesítményét. Adatfeldolgozás és analitika: Az adatfeldolgozási módszerek és analitikai eszközök folyamatos fejlődése lehetővé teszi az adatok gyorsabb és hatékonyabb feldolgozását. Az adatok még pontosabb elemzése révén az útburkolatok kialakítása és minőségének ellenőrzése is hatékonyabbá válhat. Ezek a folyamatok lehetővé teszik az adatok hatékony elemzését és felhasználását a döntéshozatalban és a munkafolyamatok optimalizálásában. Néhány fontos aspektus: Valós idejű adatgyűjtés: Az aszfaltbedolgozó gépek folyamatosan gyűjtenek adatokat az útburkolatok állapotáról, vastagságáról, dőlésszögéről és más fontos paramétereiről. Az adatok valós időben történő feldolgozása lehetővé teszi a munkavégzés közbeni gyors és hatékony reagálást a változó körülményekre [3]. Adattárolás és elemzés: Az adatokat tárolják és analizálják olyan szoftveres megoldásokkal, amelyek segítségével azokat részletesen elemezni lehet. Ez lehetővé teszi az útburkolatok állapotának és minőségének részletes értékelését.

Minőségi ellenőrzés: Az adatfeldolgozás és analitika segítségével lehetőség van az útburkolatok minőségének ellenőrzésére és a hibák azonosítására. Ez segíthet a problémás területek felismerésében és javításában. Döntéshozatal támogatása: Az adatok alapján hozott döntések lehetőséget adnak az optimalizált munkafolyamatok kialakítására és a javítások célzott végrehajtására. Jövőbeli tervezés: Az adatok hosszú távú elemzése és azokból levont következtetések lehetővé teszik a jövőbeli tervek kidolgozását és az útépítési projektek hatékonyságának növelését. Energiahatékonyság: Az energiahatékonyság növelése és a fenntarthatóság iránti igény a gépek tervezésében és működtetésében is fontos tényezővé válik. Az olyan új technológiák és megoldások bevezetése, amelyek csökkentik az energiafelhasználást és környezeti hatást, prioritást élveznek. Mobilalkalmazások és felhőalapú megoldások: Az olyan innovatív megoldások, amelyek le-

hetővé teszik a gépek és adatok távoli elérését, könnyebb adatmegosztást és valós idejű monitorozást biztosítanak, javíthatják a projektek irányítását és felügyeletét. Autonóm működés: Az autonóm gépek fejlesztése és alkalmazása terén várható előrelépés lehetővé teszi az emberi beavatkozás minimálisra csökkentését, növelve a gépek önállóságát és hatékonyságát. Ezek a technológiai fejlesztések és irányok kulcsfontosságúak a 3D-s szint vezérelt aszfaltbedolgozó gépek jövőbeli hatékonyságának növelésében és a szakma folyamatos fejlődésében. Az innovációk segíthetnek a gépek hatékonyságának növelésében, a munkafolyamatok optimalizálásában és a minőségi útburkolatok kialakításában, hozzájárulva az infrastrukturális fejlesztések fenntarthatóságához és hatékonyságához. Költségek és elérhetőség: Az ilyen típusú gépek beszerzése és karbantartása költséges lehet, ami korlátozhatja azok elterjedését és hozzáférhetőségét, különösen a kisebb vállalkozások vagy kevésbé fejlett régiók számára. Képzett munkaerő: Az ilyen gépek kezelése speciális szaktudást és képzett munkaerőt igényel, így a megfelelően kiképzett szakemberek hiánya akadályt jelenthet a gépek hatékony használatában. Környezeti hatások: A gépek használata során az esetleges energiafelhasználás és környezeti lábnyom fontos kérdések lehetnek, amelyekre figyelemmel kell lenni a fenntarthatóság érdekében. A jövőbeni kilátások azonban ígéretesek lehetnek: Fejlettebb technológia: A szenzortechnológiák és GPS rendszerek további fejlődése lehetővé teszi még pontosabb és megbízhatóbb működést, csökkentve a jelenlegi korlátokat. Költségcsökkentés és elérhetőség: A technológia fejlődésével és a gyártási folyamatok hatékonyságával a gépek költségei csökkenhetnek, ezáltal szélesebb körben lesznek elérhetővé azok a vállalkozások és régiók számára, amelyek korábban nem tudták megengedni maguknak ezeket az eszközöket. Képzett munkaerő növekedése: A képzési programok és oktatások segíthetnek a szakemberek számának növelésében és a gépek hatékonyabb kezelésében. A 3D-s szint vezérelt aszfaltbedolgozó gépek és technológiák hosszú távon fontos szerepet játszhatnak az útépitési és -karbantartási projektek hatékonyságának és minőségének növelésében, de további fejlődésre és kihívások kezelésére van szükségük annak érdekében, hogy teljes potenciáljukat kihasználják.

11. ÖSSZEFOGLALÁS

A 3D-s szint vezérelt aszfaltbedolgozó gépek az útépités és -karbantartás területén forradalmasítják a munkafolyamatokat és hozzájárulnak az útburkolatok minőségének és fenntarthatóságának javításához. Ezek az eszközök precíziós technológiákat alkalmaznak, beleértve a korszerű szenzorokat és GPS rendszereket, amelyek valós idejű adatgyűjtést tesznek lehetővé, és lehetővé teszik az útburkolatok pontosabb kialakítását és ellenőrzését.

Szakdolgozatomban részletesen bemutatom ezeknek a gépeknek a részeit, a működési elvüket.

Mivel az egész folyamat célja a jó minőségű utak kialakítása, ezért összefoglalva bemutatom az utakkal szemben támasztott minőségi követelményeket és az utak minősítési rendszerét.

Ismertetem a vezérlés megvalósításához szükséges szenzorokat, a GPS és a dőlésmérő szenzorokat, és a robot mérőállomások működését és alkalmazási módjukat.

A szintvezérlés megvalósítása a marógépeknél is szükséges, az itt alkalmazott technológiát is bemutatom.

A sikeres vezérléshez elengedhetetlen a munkavégzés előtt a rendszer kalibrációja, amit lépésekre bontva ismertetek.

A vezérléshez a terveket olyan formátumba kell átalakítani, amit a vezérlő szoftver értelmezni tud, ezért bemutatom a szükséges vektoros, és felületmodellt tartalmazó állományok formátumait. Ismertetem az ívek vektorizálása során fellépő problémákat és azok megoldását.

Bemutatom a vezérlőrendszer működését, felhívva a figyelmet a gyakorlatban fellépő nehézségekre.

12.SUMMARY

3D level-controlled asphalt pavers are revolutionising workflows in road construction and maintenance and contributing to improving the quality and sustainability of pavements. These machines use precision technologies, including advanced sensors and GPS systems that enable real-time data collection and allow for more accurate pavement design and control.

In my thesis, I will describe in detail the components of these machines and the principles of their operation.

Since the aim of the whole process is to build high quality roads, I will summarise the quality requirements for roads and the point of view of the road quality evaluation.

I will describe the sensors needed to implement the control, the GPS and inclinometry sensors, and the operation of the robotic total stations and their applications.

The implementation of level control is also required for milling machines, and the technology used here is also presented.

For successful control, the calibration of the system prior to operation is essential, which is described in steps.

For the control, the construction plans must be converted into a format that the control software can interpret, so I present the format of the necessary vector and surface model files. I describe the problems encountered when vectorizing arcs and how to solve them.

I describe the operation of the control system, pointing out the difficulties encountered in practice.

13.HIVATKOZÁSOK

- [1] S. Jonasson, P. D. S., K. Ahmed és J. Hamilton, „Factors in productivity and unit cost for advanced machine guidance.,” *Journal of construction engineering and management*, %1. kötet128, %1. szám5, pp. 367-374, 2002.
- [2] G. RETSCHER, „Trajectory determination for machine guidance systems.,” in *KIS2001 Symposium*, (2001, June)..
- [3] Stempfhuber, W., Leica Geosystems AG, „1d and 3d systems in machine automation,” 2006.
- [4] G. Engin és B. Akpınar, „Applications of GPS based machine guidance systems in open pit mining operations,” 2003.
- [5] „Leica Geosystems,” [Online]. Available: <https://leica-geosystems.com/products/total-stations/software>. [Hozzáférés dátuma: 11 12 2023].
- [6] J. K. Cable, „Stringless portland cement concrete paving.,” *Journal of construction engineering and management*, pp. 1253-1260, 2009.
- [7] G.-M. Hector, D. U. Jeffrey és W. Jennifer, *Adatbázisrendszerek megvalósítása*, Budapest: Panem, 2001.
- [8] N. D. Tillett, „Automatic guidance sensors for agricultural field machines: a review.,” *Journal of agricultural engineering research*, pp. 167-187, 1991.
- [9] D. Makarov, „Comprehensive real-time pavement operation support system using machine-to-machine communication,” *International Journal of Pavement Research and Technology*, pp. 93-107, 2020.

- [10] Z. Kvíz, M. Kroulik és J. Chyba, „achinery guidance systems analysis concerning pass-to-pass accuracy as a tool for efficient plant production in fields and for soil damage reduction.,” *Plant, Soil and Environment*, pp. 36-42, 2014.

14.ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra : Aszfaltbedolgozó gép. 1: anyag 2. szalagcsatorna 3. csiga. 4. pad. és maga a traktor (erőgép).....	7
2. ábra MCP80 panelünk szemből való nézete során a következőket láthatjuk. A betűk magyarázatát lásd a szövegben	13
3. ábra Az MPC80 panel hátsó nézete. A betűk magyarázatát lásd a szövegben.....	14
4. ábra Dőlésérzékelő az árbóctartó keresztvasán, tetején a 360° körprizmánk, melyet a munkavégzés során a robotmérőál-lomás folyamatosan követi mozgását.	15
5. ábra Aszfaltbedolgozó gép hátsó nézetből. Az ábrán látható a két árbóc és a pad szélénél a két digitális vezérlőpanel melyeket a kalibráció során szükséges használnunk.	19
6. ábra MCP80 panelünk kezelőfelületének menüje. A rendszer elindulásakor ez a kiindulási pontunk, innen érthetjük el a különfajta beállítási lehetőségeket, a modell választását és beállításait. Részletek szövegben.....	21
7. ábra ATR SEARCH keresés mozgástartománya.	26
8. ábra Power Search keresés mozgástartományai	27
9. ábra Ablak keresés mozgástartománya	28