

# FEDÉLZETI DIAGNOSZTIKA ALAPÚ HELYMEGHATÁROZÁS

Írta:

**BUSZNYÁK TIBOR FERENC**

Okleveles járműmérnök

Témavezető:

**PROF. DR. HABIL. LAKATOS ISTVÁN**

Egyetemi tanár, tanszékvezető

Széchenyi István Egyetem, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék

DOKTORI ÉRTEKEZÉS



SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM

INFRASTRUKTURÁLIS RENDSZEREK MODELLEZÉSE ÉS FEJLESZTÉSE  
MULTIDISZCIPLINÁRIS MŰSZAKI TUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

GYŐR  
2023

# Tartalomjegyzék

<b>1. Fejezet .....</b>	<b>1</b>
<b>Bevezetés .....</b>	<b>1</b>
1.1. A kutatáshoz kapcsolódó előzmények, motiváció .....	1
1.2. A kutatás célkitűzése .....	3
1.3. Jármű energiafelhasználása és a helymeghatározás kapcsolata .....	5
1.4. A kutatási modell .....	10
1.5. A tudományterület aktuális állása .....	14
1.6. Az értekezés felépítése .....	16
<b>2. Fejezet .....</b>	<b>17</b>
<b>Szakirodalmi áttekintés .....</b>	<b>17</b>
2.1. Fedélzeti diagnosztika - kutatás első alappillére .....	17
2.1.1. Járműdiagnosztikai rendszerek .....	17
2.1.2. OBD I .....	18
2.1.3. OBD II, EOBD .....	18
2.1.4. A méréssorozatokhoz felhasznált diagnosztikai eszköz .....	19
2.2. Globális helymeghatározás – a kutatás második alappillére .....	20
2.2.1. Az RTK mérési módszer .....	20
2.2.2. Az RTK mérési módszer peremfeltételei .....	21
2.2.3. A méréssorozatokhoz felhasznált precíziós helymeghatározási eszköz .....	22
2.3. Menetellenállások, tüzelőanyag-fogyasztás elemzés – változók meghatározása .....	23
2.3.1. Menetellenállások .....	24
2.3.2. Menetellenállások számítógépes implementációja .....	27
2.3.3. Implementációs eredmények – állandó sebesség .....	29
2.3.4. Implementációs eredmények – változó sebesség .....	31

<b>3. Fejezet .....</b>	<b>35</b>
<b>Fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározás .....</b>	<b>35</b>
3.1. Méréstervezés .....	35
3.1.1. A mérésre és méréstervezésre vonatkozó peremfeltételek .....	36
3.1.2. Műholdkép .....	36
3.1.3. Lefedettségi térképek .....	38
3.2. Adatsorok létrehozása .....	39
3.2.1. GIS feldolgozás .....	40
3.2.3. Diagnosztikai adatfeldolgozás, lambda korrekció .....	48
3.2.3. Időszinkronizálás .....	51
<b>4. Fejezet .....</b>	<b>53</b>
<b>Eredmények .....</b>	<b>53</b>
4.1. Első méréssorozat .....	53
4.1.1. Az első méréssorozat eredményei .....	58
4.2. Második méréssorozat .....	60
4.2.1. A második méréssorozat eredményei .....	71
4.3. Harmadik méréssorozat .....	77
4.3.1. A harmadik méréssorozat eredményei .....	82
<b>5. Fejezet .....</b>	<b>85</b>
<b>Számítógépes implementáció .....</b>	<b>85</b>
5.1. Implementációs eredmények.....	88
<b>6. Fejezet .....</b>	<b>93</b>
<b>Összefoglalás .....</b>	<b>93</b>
<b>7. Fejezet .....</b>	<b>95</b>
<b>Angol nyelvű összefoglaló – Summary.....</b>	<b>95</b>
<b>8. Fejezet .....</b>	<b>96</b>
<b>A kutatás jövője.....</b>	<b>96</b>

<b>9. Fejezet .....</b>	<b>99</b>
<b>Új tudományos eredmények.....</b>	<b>99</b>
9.1. Tézisek összefoglalása .....	100
9.2. A módszerrel megcélzott fejlesztési területek .....	101
<b>Irodalomjegyzék.....</b>	<b>102</b>
<b>A szerző tézispontokhoz kapcsolódó munkái .....</b>	<b>108</b>

# 1. Fejezet

## Bevezetés

### 1.1. A kutatáshoz kapcsolódó előzmények, motiváció

Korunk egyik legdinamikusabban fejlődő, meghatározó területe a járműipar. Győr városa a Széchenyi István Egyetemmel karöltve nagy szerepet vállal a járműipar és a kapcsolódó tudományterületek integrálásában. Az intézmény, sok egyéb mellett élen jár a hazai és nemzetközi kutatási- és szakmai projektek összehangolásában, ezzel megbecsült tudásbázist hoz létre, mely folyamatosan bővül. Az alap- és mesterképzés keretein belül folytatott tanulmányaim során a szakmai támogatás és az infrastrukturális lehetőségek sarkalltak arra, hogy saját kutatási tevékenységgel törekedjek bekapcsolódni a tudományos életbe.

A XXI. század autóiipari jelszava az innováció. Az egyre szigorodó környezetvédelmi, biztonságtechnikai, közlekedés-optimalizálási kritériumok arra ösztönzik az autógyártókat, hogy az eddiginél összetettebb megoldásokkal álljanak elő. Megújulnak a hajtási technológiák (elektromos és alternatív hajtások), és párhuzamosan erősödnek a járművek vezetőasszisztens szolgáltatásai, egészen az autonóm szintig. Előtérbe kerülnek a Smart City („Okos” város) koncepciók is, egyre nagyobb szerephez jut a fenntartható közlekedés, melynek pontjai például az energiahatékonyság, mely általam is vizsgált téma, az online kommunikációs rendszerek fejlesztése, az autonóm közlekedés, vagy a transzport koncepciók is. Ezek megvalósítása komplex együttműködést követel meg több ágazattól, ezek között elsősorban az infokommunikációs cégektől, a városfejlesztéstől és az autóiipartól. Az említett részegységek mind hozzájárulnak az ITS (Intelligent Transport System – Intelligens Közlekedési Rendszer) fejlődéséhez [1, 2, 3, 4].

Az automatizált közlekedés részegységei közti információáramlás alapjaiban határozza meg a rendszer stabilitását. Könnyen belátható, hogy az adatforgalom stabilitása kulcsfontosságú. A kommunikációs csatornák rendelkezésre állása a mindennapi ember életét is alapvetően meghatározó tényezők, gondoljunk csak a világhálóról a felhasználóhoz eljutó adatmennyiségre. Ahogyan az adat minőségét is az információ tartalma, illetve az információcsere (adatátvitel) sebessége határozza meg, úgy a közlekedés kapcsolódó részegységeire vonatkozóan is megnöttek az igények [5].

Az utóbbi évek trendje a gépjárműállomány növekedése. Ez maga után vonja a nem várt közlekedési helyzetek számának növekedését is. Nem csak balesetekre kell gondolnunk, hanem közlekedési dugókra, olyan helyzetekre, melyek a sofőr kiegyensúlyozottságára nagy hatást gyakorolnak. Araszolás, zsúfolt nagyvárosi körülmények közti parkolóhely keresés és maga a parkolási művelet is próbára teszik a gépjármű vezetőjét. Mindez, sok egyéb tényezővel kiegészülve hozzájárult a vezetéstámogató rendszerek megjelenéséhez és elterjedéséhez.

Az adatátvitel, a meghibásodásokat tároló és jelző rendszerek, a szenzorok adatait kiértékelő egységek, vagy a fedélzeti diagnosztika mind a járműinformatikához tartozó részek. Ezek a technológiák segítik a vezetéstámogató rendszerek hatékony működését. Az automatizáltság mértéke lehetőséget ad arra, hogy a járművet bevonjuk valamilyen hálózatba, például a jármű és az infrastruktúra közti kapcsolat (V2X-Vehicle to Everything) megvalósításához. A hálózat összefoglalja azokat a járműveket, melyek ilyen módon részt vesznek a közlekedésben. Információt adhat a bejárni kívánt útvonalakról, ezáltal elkerülhetők a torlódások. Egy ilyen rendszer felállítása hozzájárulhat a biztonságos, kiszámítható közlekedéshez [6] [7].

A V2X a Vehicle-to-Everything rövidítése, és a jármű és az azt körülvevő egységek illetve környező infrastruktúra kapcsolatát jelenti. A V2X lehetővé teszi a közlekedésben résztvevő járművek egymással (V2V – jármű-jármű), valamint az őket körülvevő közúti infrastruktúrával (V2I – jármű-infrastruktúra), és annak részegységeivel való kommunikációját. Ez az Intelligens Közlekedési Rendszerrel (ITS – Intelligent Transportation System) együttműködve egy optimálisabban működő közlekedési struktúrát képes létrehozni. Az ilyen rendszerek alapjait támogató, potenciális adatbázisok feltérképezése fontos feladat [8, 9, 10, 11].

Az adatbázisok feltérképezéséhez több járható út is van, eldönthetjük, hogy a jármű, vagy az infrastruktúra oldaláról indulunk. Ha egy jármű szinte mindig intelligens infrastruktúrán belül közlekedik, akkor a járműbe épített rendszerek száma és komplexitása nagyban csökkenthető, mivel az információkat a környező infrastruktúra biztosítja a szenzorok helyett. Ez leginkább olyan járművekre alkalmazható, amelyek meghatározott útszakaszokon illetve területeken belül közlekednek, mint például a tömegközlekedés egységei. Ilyen járművek köré egyszerűbb infrastruktúrát építeni, az előre meghatározott útvonalak miatt. A másik esetben önálló egységként tekintünk a járműre. Infrastruktúra nélkül, saját szenzor és érzékelő rendszereire támaszkodva, lényegében bárhol közlekedhet, nem feltétlenül szükséges kiépített ITS kiszolgáló egység jelenléte.

## 1.2. A kutatás célkitűzése

Az automatizáltsági szint emelkedése magával hozza a járműirányítási rendszerek fejlődését is. Járművön belüli és járművön kívüli, útmenti infrastruktúra, SmartCity koncepciók modellezése és megvalósítása, új infokommunikációs technológiák, adatátviteli lehetőségek vizsgálata egyre inkább előtérbe kerülnek. Egy sor innovatív megoldás, melyek összegyűjtve olyan tesztkörnyezet kialakítását teszik lehetővé, ahol egy jármű komplex vizsgálata elvégezhető és egyre több közlekedési helyzet szimulálható valós és virtuális környezetben is [12, 13, 14].

A közlekedésben résztvevő járművek elhelyezése, pozíciójának lehető legpontosabb meghatározása a valóságban, de mobil vagy virtuális platformon is egyre inkább elvárás. Könnyebbséget jelent a felhasználónak és valós közlekedési helyzetekben nyújt segítséget a navigációs alkalmazás. A téradat-szolgáltatáson túl feladata az újratervezés, illetve az útvonalhálózat grafikus megjelenítése is. Egyszerű példa egy túlszűfolt útszakaszon történő manőverezés, többszörös sávváltás szükségessége esetén az előrelátás kérdése. Komoly biztonságkritikus helyzetek megoldásában nyújthat hatékony támogatást, hiszen ez is egyfajta vezetéstámogató, rendszer.

A helymeghatározási kritériumok mellett, felhasználói és gyártói szempontból is fontos, adott járműre jellemző paraméter a tüzelőanyag-fogyasztás. A jármű környezetterhelésének mértéke alapján kapja a környezetvédelmi besorolását, amely minősítés az évek előrehaladtával egyre szigorodik, ehhez a gyártóknak és a felhasználóknak is alkalmazkodni kell. A tüzelőanyag-fogyasztás a gépjármű kiválasztásánál is meghatározó paraméter. Flottaüzemeltető cégek esetén a kedvező energiafelhasználás, illetve annak lehető legpontosabb becslése is pozitív hatással lehet a rendelkezésre álló pénzügyi keretre.

Az említett két mérhető mennyiség (téradatok a helymeghatározás alapján és a tüzelőanyag-fogyasztás) és a hozzájuk tartozó eszközrendszerek esetleges szinergiájának vizsgálatát tűztem ki célul, amihez kapcsolódva több mérést is végeztem.

Az elsődleges kérdés az, hogy a gépjármű beépített szenzorrendszere mennyire hasznosítható, képes lehet-e az alapvetően gépjárműhöz tartozó OBD (fedélzeti diagnosztika) az ITS-hez és a helymeghatározáshoz szorosan kapcsolódó, segédrendszeri feladatokat ellátni.

Ennek alapján fogalmazódott meg bennem, hogy a tér adatok (tengerszint feletti magasság és annak változása) és a gépjárműre jellemző tüzelőanyag-fogyasztási adatok között milyen a kapcsolat. Az ebből következő alapkérdések adják a kutatás gerincét.

- Állandó (és később változó) sebességek mellett felírható-e összefüggés a globális helymeghatározás által szolgáltatott koordináták és a fedélzeti diagnosztika adatai között?
- Lehetséges-e belsőégésű motordiagnosztikai adatok alapján topográfiai domborzatmodellt alkotni?
- Előrejelezhető-e az energiaigény adott útvonalra jellemző topográfiai attribútumok alapján?
- A feltárt kapcsolatrendszer használható-e arra, hogy adott peremfeltételrendszer mellett a fedélzeti diagnosztika adatai alapján megadjuk a gépjármű helyzetét?



### **1.3. Jármű energiafelhasználása és a helymeghatározás kapcsolata**

A következőkben a kutatáshoz kapcsolódó tudományos munkák téma szerinti eloszlását elemzem, első körben kulcsszavas kereséssel. A Széchenyi István Egyetem, mint a kutatásomat befogadó intézmény hozzáférést biztosít a ScienceDirect adatbázishoz, mely a műszaki tudományos közeg egyik legátfogóbb, tudományos szintű munkákat összefoglaló, online elérhető felülete [15]. Az elérhető találatok számának feltárása segít a kutatási terület minél egzaktabb behatárolásában. A kulcsszavakat az adatbázishoz igazítva, angolul fogalmazom meg. Az alkalmazott séma a következő:

**Jármű (vehicle)**, mint kiindulási pont. Az értekezés interdiszciplináris, alapvetően járműtudományokhoz kapcsolódó és megjelennek benne a közlekedésre, mint közvetlen kapcsolódási pontra vonatkozó kritériumok, matematikai-fizikai levezetések, statisztikai számítások.

**Tüzelőanyag-fogyasztás (fuel consumption)**. Második helyen a gépjármű energiafelhasználására vonatkozó feltételt adom meg. A jármű energiahatékonysága kiemelt jelentőségű a felhasználók, gyártók és a szabályalkotók számára egyaránt. Ipari és felhasználási szempontból az egyik legfontosabb jellemző.

**Helymeghatározás (positioning)**. A disszertáció címében megjelenő, a jármű térbeli helyzetének meghatározása kerül a harmadik helyre. Ezt a feltételt szükséges a későbbiekben tovább szűkíteni, hiszen a szakirodalom sokféle helymeghatározási módszert tárgyal. A téradatok minősége kiemelt fontosságú a kutatás szempontjából, ezért a precíziós eljárásokat is elemzem, ahol a téradatok nagyságrendileg centiméter pontosak.

**GPS**. Globális helymeghatározás, Global Positioning System. A mindennapi nyelvezet sok esetben azonosítja a helymeghatározást, mint gyűjtőfogalmat a GPS-szel. Praktikus ezt a szűrőt is megadni. A kutatást megalapozó tesztmérések alatt realizáltam, hogy a Dunántúl nyugati részén (a disszertáció méréssorozatainak helyszínei ehhez az országrészhez sorolhatók) legtöbbször amerikai, európai és orosz műholdakkal lehetséges kommunikálni. (Itt megemlítem, hogy az alkalmazott precíziós eszköz mellett, mely az amerikai NAVSTAR rendszerre alapul teszteltem egy UBLOX eszközt is. Fontos tulajdonsága, hogy a többi műholdrendszerrel is kompatibilis, a műholdakkal való kapcsolat problémás terepen javítható.)

A műholdrendszerek együttese adja az egész világon elérhető komplex helymeghatározási rendszert. A szakirodalomban az angol betűszó használatos: GNSS, mint a Global Navigational Satellite System, magyarul Globális Navigációs Műholdrendszer. Az eddig a pontig tárgyalt séma segítségével a kutatás széles körű elhelyezése már lehetséges. Számszerű információt kapok a két, általam használni kívánt eszközrendszer tudományos munkákban való együttes megjelenéséről. A továbbiakban speciális szűkítéseket vezetek be.

**RTK.** Speciális, meghatározott feladatra alkalmas precíziós helymeghatározási módszer. Valós idejű, mozgás közbeni módszerrel a téradatok rögzítése a rendelkezésre álló időkeret szempontjából előnyös. A mérésorozatok megtervezését az elérhető eszközrendszer is befolyásolja. A precíziós helymeghatározási eszközök magas ára miatt a már rendelkezésre álló eszköz specifikációit elemezve adok meg további pontosítást a tárgyalt feltételre vonatkozóan. Az új feltétel a precíziós helymeghatározás, illetve a Valós Idejű Mozgás Közbeni mérési módszer, a szakirodalomban elsődlegesen használt, angol betűszóval RTK (Real-time Kinematic). Centiméter nagyságrendű téradatok rögzítésére alkalmas a járműre applikálva, annak mozgása közben. Ez már nem általános feltétel, a kutatások kisebb része alkalmazza. Hosszabb méréstervezést és adatfeldolgozást igényel, viszont a módszerrel az adott útvonal kiváló minőséggel dokumentálható.

A témában megjelenő kifejtések között megtalálható a mobiltelefon alapú helymeghatározás (AGPS – Asszisztens helymeghatározás). Kétségtelenül praktikus és kompakt megoldás, használata nem igényel különleges kompetenciákat. Hátránya, hogy az ilyen típusú terepi mérések adatai a precíziós helymeghatározáshoz képest pontatlanabbak. A disszertáció szempontjából viszont kulcskérdés, hogy a lehető legpontosabb adatokból induljunk ki. Tekintettel arra, hogy a rendelkezésre álló apparátus lehetővé teszi az RTK mérést, érdemes kihasználni.

**Lejtés (slope).** Máshogy fogalmazva iránytangens, a bejárt útvonal domborzati viszonyait írja le. A helymeghatározáshoz közvetlenül kapcsolódik, a koordináták adatbázisából származtatható.

Az adatrögzítési módszerek (valós időben, mozgás közben) és eszközök (helymeghatározás, diagnosztika) segítségével lehetséges a két független eszközrendszer potenciális szinergiáinak feltárása.

A rendelkezésre állás és az anyagi erőforrás determinálja a méréssorozatok útvonalait. Közel legyen, könnyen elérhető legyen, biztonságos legyen. Erre alapozva határoztam meg a méréssorozatok helyszíneit (releváns útvonali attribútumok – hossz, telekommunikációs lefedettség, „szabad” égbolt és természetesen az adott útvonal emelkedés-lejtés viszonyai). A későbbiekben három méréssorozatot mutatok be. Jól behatárolható emelkedők lejtők együttes vizsgálata a kiindulópont. Ennek kapcsán tűztem ki az első mérés helyszínét. Lakóhelyemhez közeli, megfelelő minőségű, úthibáktól mentes, könnyen bejárható útvonal, az eszközrendszerek peremfeltételrendszeréhez igazítva. A második mérés kiegészíti az első mérést. Markánsabb, változékonyságú útviszonyok jellemzik, itt a célom a teljes útvonal felbontása és a magasságváltozások mértéke szerinti csoportosítása. Ezzel a módszer hatékonyságára következtethetünk sík, emelkedőt tartalmazó, lejtőt tartalmazó és vegyes magasságváltozású szakaszokon. A harmadik útvonal ötvözi az első kettő útvonal jellemzőit és változatosabb menetdinamikai jellemzők mellett lehetséges a vizsgálat. Kanyarmenetek elemzése is elvégezhető. Az elméleti és gyakorlati megfontolások lehetővé teszik a megfelelő minőségű adatbázisok létrehozását. Ezt követően választottam ki az adatfeldolgozási módszert.

**Regresszió (regression).** A kutatási módszertan szabályaihoz illeszkedve, az utolsó feltétel az adatfeldolgozási módszerre vonatkozik. Elérhető, könnyen megérthető és széles körűen alkalmazott módszert választottam. Regresszióanalízissel lehetőség van adott változó változékonyságára következtetni magyarázó változó(k) segítségével. A gépi tanulás alapú módszerek, mint a kutatás folytatásának szempontjából potenciális lehetőségek előremutatók. Figyelembe véve a szoftveres hátteret, a lineáris regresszió elérhető és független adatok összehasonlításához alkalmazható. Ez a feltétel kellő megbízhatósággal teszi lehetővé kutatásomnak a teljes tudományos világban történő elhelyezését.

Összefoglalva, a kezdeti feltételek a kutatás tágabb elhelyezésére alkalmasak, egyúttal a kutatás alap gondolatait tartalmazzák. Tüzelőanyag-fogyasztás és a domborzati viszonyok összehasonlítása járművön történő, fedélzeti mérési eszközökkel. A speciális szűkítések reprezentálják az alap gondolatokból származtatott döntéseket a módszerekre vonatkoztatva. Jó példa a mérési apparátus összeállítása, az elvárt pontosságnak megfelelő, valós idejű mozgás közbeni terepi felmérés módszerének és a bejárni kívánt útvonal jellegének meghatározása.

1. táblázat: Szűrési séma a ScienceDirect adatbázis alapján (keresés ideje: 2023.01.29.)

Keresési feltételek (kulcsszavak)						Találatok
Széleskörű szűrés			Specifikus szűrés			(db)
Jármű						1 036 039
Jármű	Tüzelőanyag-f.					101 982
Jármű	Tüzelőanyag-f.	Helymeghatározás				41 456
Jármű	Tüzelőanyag-f.	Helymeghatározás	Precíziós			6 660
Jármű	Tüzelőanyag-f.	GPS				5 178
Jármű	Tüzelőanyag-f.	GPS	Precíziós			1 268
Jármű	Tüzelőanyag-f.	GPS	Precíziós	Lejtés		372
Jármű	Tüzelőanyag-f.	GPS	RTK	Lejtés		33
Jármű	Tüzelőanyag-f.	GPS	RTK	Lejtés	Regresszió	12

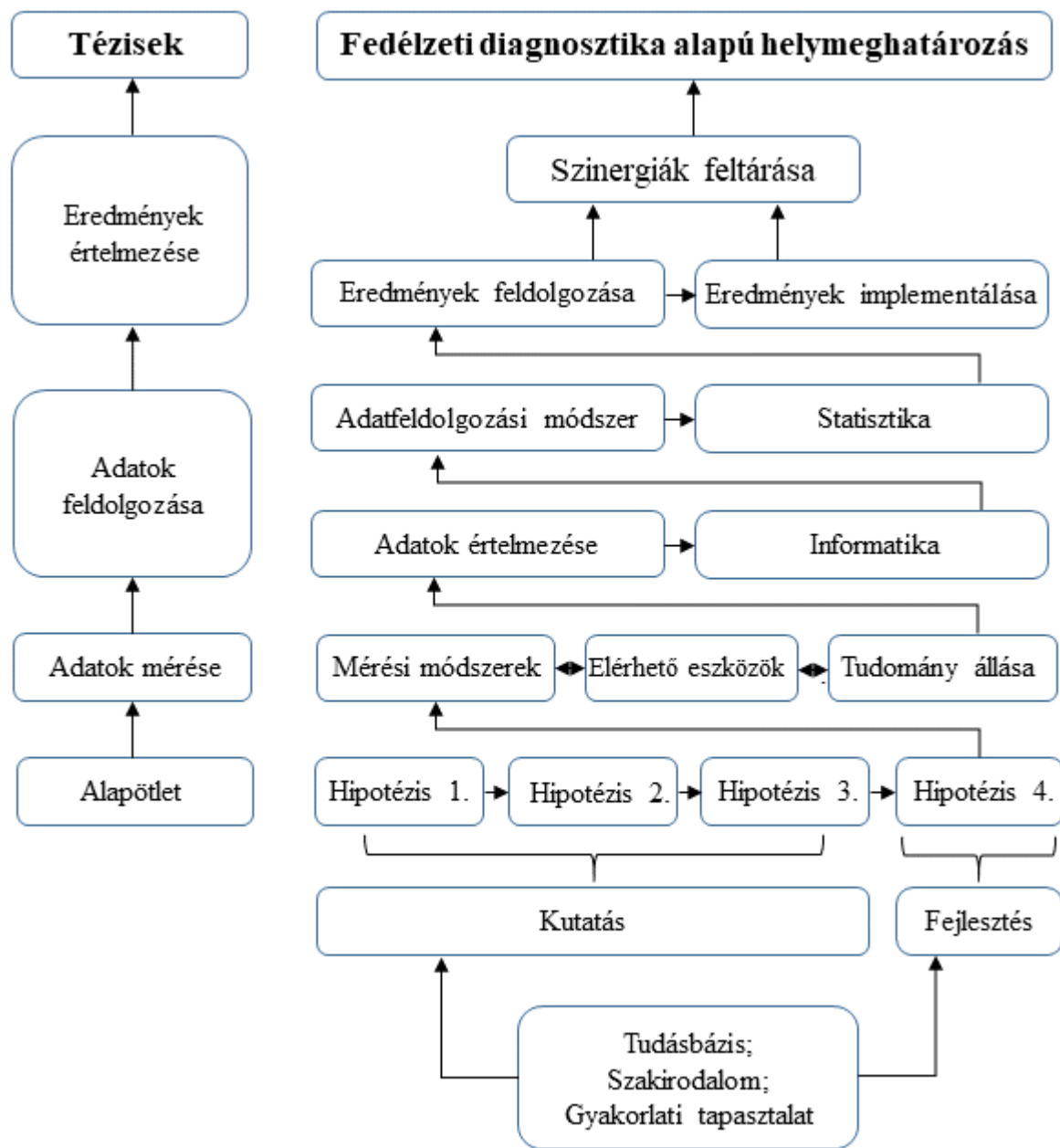
Az első táblázatot elemezve a következő megállapítások tehetők. Széles körben elterjedt a gépjárművek energiahatékonyságának vizsgálata, ezt bizonyítja a százezres nagyságrendű találat. A feltétel belsőégésű motorokkal hajtott járművekre vonatkozik, de a keresést kiterjesztve elektromos és hibrid koncepciók esetén is hasonló jelenség tapasztalható. Általános feltételként fogalmazom meg a helymeghatározást is, a találatok száma kevesebb, mint felére csökken. Ez azt mutatja, hogy a jármű térbeli helyzetének ismerete a jármű energiafelhasználására irányuló kutatások hozzávetőleg negyven százalékánál kiemelt feltétel. A helymeghatározási és energiahatékonysági vizsgálatok együtt a járműre irányuló kutatások négy százalékát teszik ki. A számok alapján belátható, hogy az ilyen típusú kutatások ugyan jelen vannak, láthatóak, de kis részét képezik a járműipari kutatásoknak. A téma elsősorban nemzetközi szakirodalomban van jelen.

A jármű, tüzelőanyag-fogyasztás, GPS kulcsszavak valamivel több, mint ötezer találatot adnak. A műholdas helymeghatározás tehát szintén szignifikáns része a kutatásoknak. A következő szűrő precíziós helymeghatározás. A helymeghatározáshoz képest a precíziós helymeghatározás a kutatások egyötödében jelenik meg. A kutatások nagy része nem használ precíziós helymeghatározási módszert.

Az útvonal lejtése, mint következő, speciális szűrési feltétel háromszáz feletti találatot eredményez. A precíziós helymeghatározást és tüzelőanyag-fogyasztást célzó kutatások egynegyede. Ez a megállapítás rávilágít, hogy a tüzelőanyag-fogyasztás adott helyszínen elemzett alakulásában szerepe van a domborzati viszonyoknak.

Végül a megjelölt adatfeldolgozási módszerre adok meg feltételt, a regressziós összehasonlítással kiegészített elemzések száma tizenkettő, aránya a járműhöz kapcsolódó kutatásokhoz viszonyítva egészen minimális.

## 1.4. A kutatási modell



1. ábra: A kutatási modell (forrás: saját kép)

Az első ábra a kutatás folyamatát ábrázolja. Célom annak elemzése és bemutatása, hogy a disszertáció megvalósulása során, az alapötlettől a tézisek megfogalmazásáig, milyen módszertani kérdések adódnak, ezek kapcsán milyen, akár a tervezett apparátusra, akár a mérési struktúrára, vagy a feldolgozási módszerválasztásra vonatkozó döntések meghozatala szükséges. A folyamatára bal oldalán feltüntetett részfeladatokat összekötő nyilak egy-egy ilyen döntést szimbolizálnak.

A dolgozat következő néhány bekezdésében a döntések háttérét tárom fel. A kifejtés során szorosán kapcsolódom a korábban tárgyalt behatároló sémához. A tudományos munka előrehaladását vizuálisan, az első ábrán, alulról felfelé történő irányítottsággal mutatom be. A kiindulási pontok alul helyezkednek el, majd az egymásra épülő részfeladatok megoldásával érem el a kitűzött célokat.

A hipotézisek, amelyek a dolgozat célkitűzései fejezetben már szövegesen megjelentek nem a legalsó szinten szerepelnek. Ennek fő oka, hogy a műszaki tudományok területe kiemelten foglalkozik az adott kutatás részletes kifejtése mellett annak gyakorlati megvalósíthatóságával is. Így a kutatási szisztéma felállításával munkámat a kutatás – fejlesztés együttműködő rendszerébe próbáltam illeszteni. A hipotézisek megfogalmazásánál törekedtem a téma gyakorlati jelentőségének figyelembe vételére. A kiindulási pont pedig az előzetes tudásbázis, a szakirodalom, az adott pontig megszerzett, saját elméleti és gyakorlati tapasztalat. Utóbbiakat foglaltam össze a blokkvázlat legalsó szintjén.

Az alapötlethez a tételesen feltüntetett pontokon keresztül jutottam el. Gépjárműfelhasználóként foglalkoztatott az energiafelhasználás és energiahatékonyság kérdésköre, ennek kapcsán alakítottam ki a dolgozat alapstratégiáját. A személyautót hajtó motor energiafelhasználásának mérése a dolgozat egyik fő alappillére. Ezt a jellemzőt természetesen sok dolog befolyásolja, célom egy olyan rendszer kialakítása, ahol elsősorban az útvonali attribútumok hatásait vizsgálom. Ennek érdekében törekedtem az instacioner befolyásoló hatások minimalizálására. Az energiafelhasználásra vonatkozó, a sofőr által befolyásolható paraméterek negatív hatásait, (így a gyorsítást-lassítást, a váratlan beavatkozásokat, a hirtelen kormánymozdulatokat, összességében a járművezetők stílusjegyeinek különbözőségeit) a mérések időpontjainak megválasztásával és a mérési útvonalak körültekintő tervezésével mérsékelni lehet. Hasonlóképp az állandó sebesség is elérhető, a sebességtartó automatika alkalmazásával. Ez az újonnan forgalomba helyezett személygépjárművek alapvető tartozéka.

A külső tényezők, mint a szélesebbesség, a légnyomás, vagy a közeg sűrűsége szintén hatással vannak a gépjármű energiaigényére. Az előzetes modell felállításánál ezeket kvázi-stacioner állapotra egyszerűsíttem. A mérési körülmények megválasztásánál a jármű oldaláról, ezek a pontok játszották a fő szerepet.

Az alapötletéhez tartozik a helymeghatározás kérdésköre is. Általánosan elérhető, már az emberek nagy részénél megtalálható az ilyen feladatokra alkalmas eszköz. Az okostelefon és a precíziós mérési apparátus működési struktúrája különböző, így a meghatározott téradat pontossága is jelentősen eltér. A megfelelő (precíziós) pontosságú téradatok mérése összetett feladat, a járműipar számára jól hasznosítható, ezért választottam ki a kutatás másik alappilléreinek.

Összefoglalva, a blokkdiagramon is ábrázolt alapötlet megfogalmazásának és a szükséges adatok előállításának fő irányvonalait mutattam be. Középpontban a precíziós téradatok és az energiafelhasználás. A mérési apparátus összeállításánál fő szempontok a feladatra való alkalmasság és rendelkezésre állás. Ez a kompakt és szabványosított diagnosztikai eszközöknél nem jelent különösebb gondot, helymeghatározási eszközök esetében annál inkább. A hazai kínálatban is elérhető Trimble, Leica vagy Stonex cégek eszközei magas technológiai szintet képviselnek, viszont nem kompatibilisek egymással, és kezelőfelületeik, szoftvereik is eltérőek. A korábban tárgyalt feladat a valós idejű, mozgás közbeni téradat mérése és naplózása. Elérhetősége és magas minősége miatt Trimble 5800-as vevőegységgel dolgoztam. A specifikus szakirodalmat és a működési elvet, vonatkozó peremfeltételeket a dolgozat későbbi részeiben részletesen kifejtem. Ebben a fejezetben általános lépéseket vázolok fel, a fő gondolatmenetek egymásra épülését kiemelve.

A meghatározott eszközrendszerrel lehetőség van téradatok (magasságváltozás) és energiafelhasználási adatok felvételezésére. Ezek összehasonlítása előzetes megfontolások alapján célszerű.

A mérési útvonal kiválasztása a következő feladat. A mindennapos meneteket nem könnyű egységesíteni, ezért olyan útvonalakat célszerű kitűzni, amelyek a legjobban lefedik az alapfelvetés tudományos igényeit, emellett megközelíthetők, és az eszközrendszer peremfeltételeihez illeszthetők. Közúti-kiterjesztett közúti-zárt teszt pályán végzett mérési sémát határoztam meg.

Az adatok előállítása után az adatfeldolgozás lépései következnek. Ezek megfontolásait a dolgozatban részletesen bemutatom. Céлом az adatok megfelelő minőségű feldolgozása. A munkához széles körben elterjedt szoftvereket használok, melyeket később szintén részletezek.



Az adatok elemzésének szakaszában bevezethetők a magyarázott és a magyarázó változók. A dolgozatban bemutatok egy levezetést arra vonatkozóan, hogy mik a kiinduló, kezdeti feltételek, milyen egyszerűsítésekkel élek és milyen relációkban vizsgálom az adatokat.

A statisztikai analízis két független változó között rámutat a köztük lévő kapcsolatra, egyúttal következtethetünk arra, hogy vizsgált összehasonlítások és eredmények tükröznék-e olyan szinergiákat, melyeket a tézisek megfogalmazásánál használhatók. Ha szinergia írható fel a két független eszközrendszer használatával, azzal a tézisek jól alátámaszthatók.

Az adatfeldolgozási módszerrel fő célom a kapcsolatok felírása volt, nem pedig már meglévő modell további pontosítása. A tanuló algoritmusok, neurális háló-alapú vizsgálatok a már létező modellek további pontosításához előnyösek, a kutatás későbbi fázisában potenciális lehetőségek. A célom egy új modell felállítása, ezért a statisztikai feladatokhoz, az általános számítástechnikai apparátus részeként elérhető lineáris regressziót választom.

## 1.5. A tudományterület aktuális állása

A fejezetrész végén a kutatáshoz szorosan kapcsolódó munkákat elemzem a tudományos térben. A korábban tárgyalt adatbázis kulcsszavas keresési sémáját alapul véve, megállapítható, hogy a megadott feltételekkel behatárolt téma a járműipari kutatásokhoz képest ritka. A járművek energiafelhasználása viszont széles körben kutatott rész. A szakirodalom tárgyal fedélzeti diagnosztika alapú módszereket tüzelőanyag-fogyasztás meghatározására. Egy lehetséges módszert ír le Rimpas is munkatársaival, illetve tüzelőanyag-fogyasztási mérések pontosságának kérdéskörét vizsgálja Pavlovic a munkatársaival [16, 17]. Magyar vonatkozásban Péter Gáspár és Németh Balázs jármű sebességszabályzó automatika vezérlőt mutatnak be, ahol megemlítik a felesleges beavatkozások (gázadások, fékezések) számának az energiahatékonyságra kifejtett kedvezőtlen hatását [18]. A belsőégésű motorral hajtott járművek tüzelőanyag-fogyasztása összefügg annak károsanyag kibocsátásával. Ennek tárgyalása szintén széles a tudományos közegben benzin- és dízelüzemű járművek esetén is. Ilyen kapcsolatrendszeréről beszél Zhang és munkatársainak munkája [19].

Említés szinten megjelent már a precíziós helymeghatározás. A precíziós mezőgazdaság kiemelten foglalkozik vele. Földművelő és betakarító gépek sorvezetésére kifejezetten alkalmas. Kapcsolódó kutatást végzett a témában Vieira és Fernández munkatársaikkal [20, 21].

A mezőgazdasági felhasználáson kívül meg kell említeni a dróntechnológiát is. Cui és munkatársai egy vizuális technológián alapuló módszert mutatnak be [22]. Ezzel a navigációs alapú manőverezést segítik. Összességében elmondható, hogy egy RTK-s chippel szerelt drón ára lényegesen magasabb az alapverzióénál. A pontosság alapfeltétele a beépített „visszatérés a kiindulási pontra” biztonsági funkciónak, illetve mezőgazdasági drónoknál a vegyszerek kijuttatási terve pontosítható RTK technológiával, erről ír Severin a munkatársaival [23].

Több járműre szerelt konstrukció megfigyelhető, ezek a munkák elsősorban a helymeghatározási eszközök valós idejű mozgás közbeni tesztelésére irányulnak. Vizsgálják az eszközt többféle, például városi körülmények között, kiértékelik az eredményeket, rávilágítva az eszköz működési tartományára. Wang és munkatársai említik a nagyvárosi korlátokat, az égboltra való rálátás problémáját, hidak és felsővezetékek okozta nehézségeket [24].

Az eszköz ilyen helyeken nehezen kommunikál a műholdakkal és elveszítheti a kapcsolatot a pontosító adatokat szolgáltató bázisállomással, online mérés esetén. RTK alapú terepi felmérést végzett Jo munkatársaival [25]. Három féle módszert mutatnak be valós idejű magasságváltozás-becslő algoritmus tárgyalásánál. Rávilágítanak a precíziós mérés peremfeltételeire, kiegészítik gyorsulásmérőn alapuló, és a jármű menetegyenletéből kiinduló magasságváltozásokra vonatkozó számításokkal. Utóbbi módszeren alapult Sahlholm és Jansson munkája [26]. Régebbi, adott vevőegységhez csatlakoztatott két antennán alapuló megoldást mutat be Bae és munkatársainak tanulmánya. A jármű elején és végén elhelyezett antennák segítségével számítják a bejárt útvonal relatív magasságváltozását [27].

Capraz munkatársaival foglalkozik a bejárt útvonalak topográfiai attribútumaival. Munkájukban rávilágítanak magasságváltozások tüzelőanyag-fogyasztásra kifejtett hatásairól. Erre vonatkozóan három különböző adatfeldolgozási módszert mutatnak be, köztük a lineáris regressziót [28]. Ming Li és szerzőtársai szintén vizsgálják az energiafelhasználás és a topográfia kapcsolatrendszerét [29]. Helymeghatározási méréseiket 3-5 méteres (navigációs) pontossággal végezték. Adataik  $0,00001^\circ$  felbontásúak (méteres nagyságrend). Épített, ismert magasságváltozású objektumot, egy hidat vesznek alapul mérési eredményeik pontosításához.

Az elemzett munkák során általánosságban több méter nagyságrendű téradat-pontosságokkal találkoztam. A felvételezett táradatok pontossága alapján, adott helymeghatározási mérés három csoportba sorolható.

- Navigációs pontosság (1 méter feletti pontosság);
- Térinformatikai pontosság (1 méter alatti pontosság);
- Geodéziai pontosság (centiméteres nagyságrendű pontosság).

A helymeghatározás és a gépjárművek energiafelhasználása több esetben találkozik. Kutatásom során a precíziós, geodéziai pontosságú helymeghatározást veszem alapul, a hasonló témában elkészült munkákhoz képest ez adja a fő különbséget. A valós viszonyokat, az útvonalra jellemző topográfiai attribútumokat leginkább közelítő geodéziai pontosságú útvonal-adatbázis létrehozása az eredmények megbízhatóságát jelentősen növeli. A modell felállításával és az irodalom vonatkozó területeinek tanulmányozásával, a blokkvázlat felső szintjén a hipotézisek tézisekké formálhatók, a disszertáció címének megfelelően.

## 1.6. Az értekezés felépítése

Az első fejezet a kutatás alap gondolatait tartalmazza. A kapcsolódó tudományos munkák elemzésével, illetve a járműipari eszközrendszerek általános bemutatásán keresztül jutok el a dolgozat hipotéziseihez.

Az első részben bevezetett fogalmakat a második fejezetben járom körül, a kutatás szempontjából releváns, speciális szakirodalmi áttekintést közlöm. Ennek keretében összefoglalom a precíziós helymeghatározás elméleti és gyakorlati hátterét. A különböző műholdrendszerek és típusok bemutatása után szót ejtek az adott kritériumoknak megfelelő pontosságú téradatok előállításáról.

A szakirodalmi áttekintő következő részében a kutatáshoz szorosan kapcsolódó járműipari vívmányokat elemzem. Történeti áttekintő után bemutatom a fedélzeti diagnosztikai szabványokat, eszközöket. Felírom a gépjárművek menetterhelési egyenletét, részletezem ennek komponenseit. Az egyenletet alkotó különböző menetellenállásokat tulajdonságaik szerint csoportosítom, majd a matematikai- statisztikai szempontból előnyös változókat vezetem le.

A harmadik fejezetben bemutatom az összeállított mérési apparátust és a felhasznált mérési eszközök tulajdonságait. Meghatározom a helymeghatározási, valamint a diagnosztikai méréssorozatok peremfeltételeit. A fejezet tartalmazza az általam kidolgozott mérési és adatfeldolgozási módszert.

A negyedik fejezetben a statisztikai feldolgozás eredményei jelennek meg. Három különböző helyen, különböző időpontban elvégzett méréssorozat eredményeit mutatom be, 30km/h, 40km/h, illetve 50km/h állandó sebességek mellett.

Ezt követően, az ötödik fejezet az eredmények számítógépes implementációját foglalja össze. MATLAB fejlesztőkörnyezetben hozom létre a címhez kapcsolódó, naplózott diagnosztikai adatokra épülő, alternatív pozíciómeghatározási lehetőség algoritmusát. Végigvezetem az olvasót a szükséges tömbök meghatározásainak lépésein, majd vizuális megerősítésként bemutatom az algoritmust grafikusán. Végül részletezem a program működését, diagramokon keresztül.

A hatodik és hetedik fejezetben összefoglalom a dolgozat eredményeit. Az eredmények táblázatos összefoglalása után, a nyolcadik fejezetben bemutatom a kutatás lehetséges jövőjét és részeredményeket közlök, változó sebességek mellett végrehajtott vizsgálataimról.

A kilencedik, záró fejezetben tételesen felsorolom az új tudományos eredményeket, megfogalmazom a téziseket és csatolom a vonatkozó, saját publikációkat.

## 2. Fejezet

### Szakirodalmi áttekintés

Ebben a fejezetben a kutatáshoz szorosan kapcsolódó szakirodalmi ismereteket összegzem. Bemutatom a dolgozat két alappilléret, a globális helymeghatározás és a fedélzeti diagnosztika elméleti alapjait, csoportosítom a vonatkozó mérési módszereket. Kitérek a menetterhelési egyenlet különböző komponenseinek energiaigény szerinti hatásvizsgálatára. A szemléletesség kedvéért szimulációs implementációt hozok létre MATLAB fejlesztő környezetben. A menetterhelési egyenletben szereplő tagok elemzése fontos, hiszen ez alapján kiválaszthatók azok a változók, melyek leginkább befolyásolják az adott menet energiaigényét. Összefüggéseket keresek a globális helymeghatározás adatai és a motordiagnosztika tüzelőanyag-fogyasztási adatai között.

#### 2.1. Fedélzeti diagnosztika - kutatás első alappillére

A fedélzeti diagnosztikának több felhasználási területe ismert. Fő feladata a károsanyag kibocsátás, illetve az emisszió releváns jellemzők folyamatos monitorozása. Közvetetten a keverékképzés szabályozása is ennek a rendszernek a segítségével történik, a lambdaszondák állapotának felügyeletével. Az eszközrendszer másik fontos tulajdonsága a menet során a motor, katalizátor és egyéb alrendszerek jellemzőinek mérése és naplózása. Ezen tulajdonságok segítségével a hibakódok kiolvasása és a folyamatos rendszerfelügyeleten kívül megvalósíthatók az adatok naplózására épülő diagnosztikai mérésorozatok. A kutatás ezt a lehetőséget használja ki [30].

##### 2.1.1. Járműdiagnosztikai rendszerek

A járműdiagnosztika, vagy fedélzeti diagnosztika fő feladata a gépjármű állapotfelügyelete, a korszerű rendszereknél már a bekövetkező hiba felismerése és kijelzése, valamint az öndiagnosztika. Kezdetben a járművek emissziójának ellenőrzése megadott időintervallumonként zajlott. Az ebből fakadó problémák, meghibásodások és elégtelen emissziótechnikai jellemzők elkerülése érdekében kezdtek foglalkozni a folyamatos állapotfelügyeleti – rendszer megvalósításával. A cél az volt, hogy a gépjármű központi vezérlőegysége minden menet során kövesse a definiált rendszerek állapotát és ez a sofőr, illetve a javításokat végző márkakereskedések, műhelyek számára is megismerhető legyen.

Ezzel első körben ajánlások, később egyre komplexebb szabványok kerültek megfogalmazásra, különös tekintettel a járművek károsanyag kibocsátási normáira. A jármű fedélzetén végrehajtott, folyamatos ellenőrzés előírásainak első megfogalmazója a Kaliforniai levegőtisztaság-védelmi hatóság (CARB – Californian Air-Resources Board) [31, 32].

### **2.1.2. OBD I**

Első szabványa az OBD I – On-Board Diagnostic I. Ez a szabvány 1988-tól fogalomba helyezett, új gépjárművek számára kötelező, melyek részletes műszaki paramétereit a SAE – Society of Automobile Engineers – által megfogalmazott kritériumok rögzítik. Ez a szabvány csak a kipufogógázok szempontjából releváns hibák felismerését teszi kötelezővé, melyet a memória el is tárol [33].

### **2.1.3. OBD II, EOBD**

Az OBD II jelzésű rendszer pedig az 1994-es évtől kezdődően kezdte felváltani az OBD I-et. Európában az OBD II szabványt EOBD-nek hívják. Az OBD II-es rendszer már a hiba bekövetkeztekor jelen lévő aktuális paramétereket is rögzíti, ez az úgynevezett Freeze Frame funkció. A hibatároló kiolvasása rendszer teszterrel történik [34, 35, 36]. Az OBD II-nél már a legtöbb jellemző szabványosított, így a diagnosztikai aljzat, vagy a hibakódok. A gépjármű és a diagnosztikai mérést végző eszköz között zajló kommunikáció is szabványosított. Az OBD II-es csatlakozó szabványt az ISO/TC (International Organisation for Standardisation) tartalmazza (helyenként CARB-ISO). A Ford gyártó (a méréssorozatok során Ford B-Max típusú személygépjárművet használtam) OBD II-re (EOBD) vonatkozó kommunikációs jelzése a SAE J1580-PWM (Pulse Width Modulation – impulzus szélesség moduláció), melynek adatátviteli sebessége 41,6 kilobyte [37, 38, 39, 40].

## **Károsanyag kibocsátási normák**

A mérésekhez használt Ford B-Max széria a 2012-es évtől elérhető a vásárlók számára. Euro 5-ös besorolású. Az Euro 5-ös kibocsátási norma benzines személygépjárművekre 2009. szeptembertől 2014. szeptemberéig volt hatályban. 2014-ben felváltotta a legfrissebb, Euro 6 jelzésű szabvány. A személygépjárművek által kibocsátott, szabályozott káros anyagok a következők: elégetetlen szénhidrogének (HC), korom (PM – particulate matter), szén-monoxid (CO), valamint a nitrogén oxidjai (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O), melynek általános jelölése a NO<sub>x</sub>. A benzinmotorokra jellemző szabályozott káros anyagokat g/km-ben adják meg.

### **Az Euro 5 norma**

- Euro 5 CO: 1 [g/km]
- Euro 5 HC: 0,1 [g/km]
- Euro 5 NO<sub>x</sub>: 0,06 [g/km]
- Euro 5 PM: 0,005 [g/km]

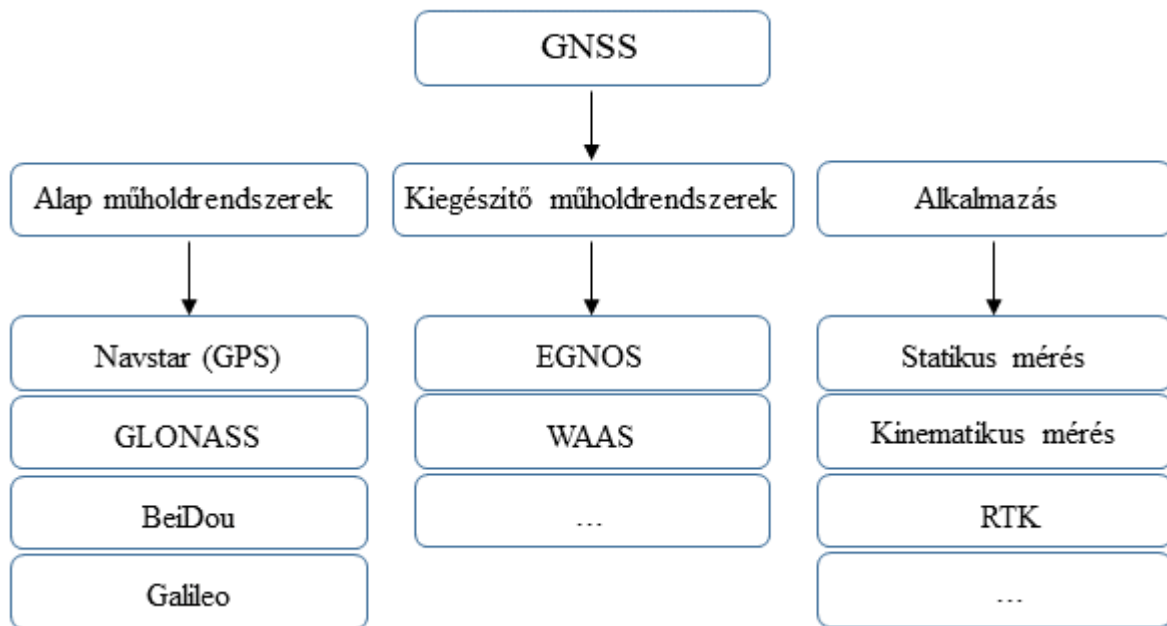
Az adatokból kiderül, hogy a legszigorúbb előírás a mikro részecske kibocsátás mértékére vonatkozik [41]. Ezek az értékek az idő előrehaladtával rendre csökkenő trendet követnek. Az OBD diagnosztika ellenőrzi azokat a rendszereket a gépjárműben, melyek emisszió korlátozó feladatkört látnak el, illetve elektronikusan kapcsolódnak a gépjármű vezérlőrendszeréhez. Abban az esetben, ha a rendszer hibát észlel, a műszerfalon visszajelző lámpa (MIL – Malfunction Indicator Light) értesíti a gépjármű vezetőjét, hogy valahol hiba lépett fel.

### **2.1.4. A méréssorozatokhoz felhasznált diagnosztikai eszköz**

A belsőégésű motor releváns paramétereinek naplózására a Davis Instruments által forgalmazott Car Chip Pro data loggert használtam. Az eszköz adott mintavételezési frekvenciával képes az adatok rögzítésére. Nagy előnye, hogy szabványosított, így egyszerűen csatlakoztatható a gépjármű, szintén szabványos, kimenetére. A mérés előzetesen az eszközhöz tartozó szoftveren keresztül paraméterezhető. A pillanatnyi sebesség, mint alapértelmezett mennyiség mellé egyszerre négy másik mennyiség választható adott menetciklus naplózásához [42].

## 2.2. Globális helymeghatározás – a kutatás második alappillére

A GPS (Global Positioning System vagy Navstar GPS), illetve a GNSS (Global Navigational Satellite System) alapú helymeghatározás manapság a mindennapok része. Egész világra kiterjedő, globális információforrás. A hadászati felhasználástól az időjárás előrejelzésig sokrétű felhasználása ismert. A különböző régiók mind fejlesztik saját rendszerüket, melyek együttes felhasználása adja az egész világon elérhető GNSS szolgáltatást (2. ábra). Erre a rendszerre támaszkodik a dróntechnológia és a légifelvételzés [43, 44, 45, 46, 47, 48].



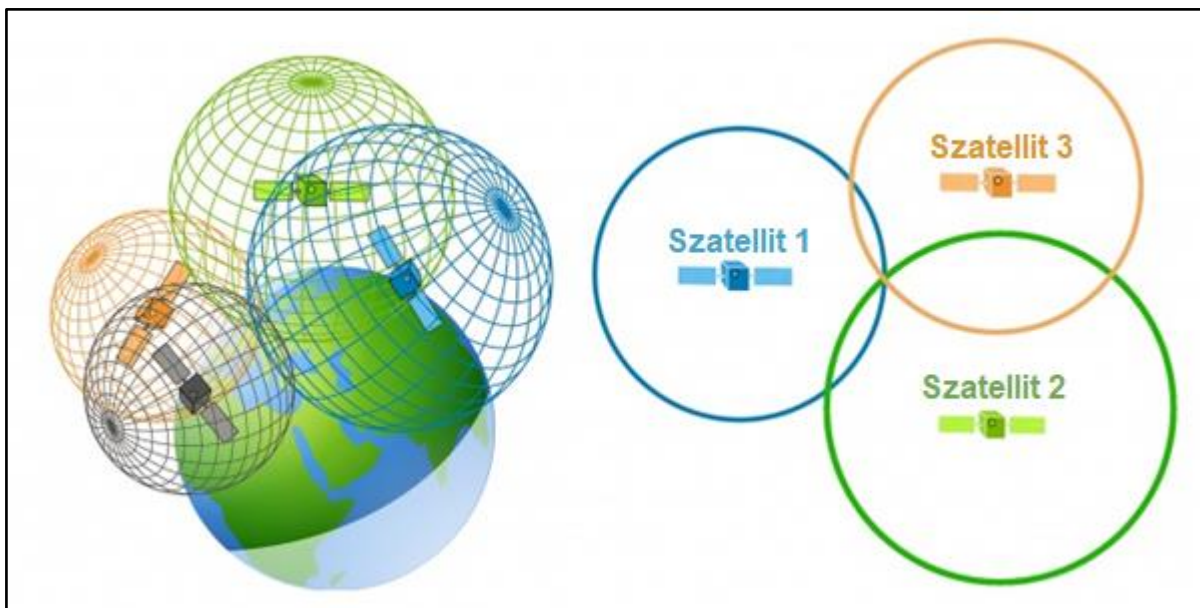
2. ábra: GNSS szolgáltatás szemléltető blokkvázlata (forrás: saját kép)

### 2.2.1. Az RTK mérési módszer

Fontos precíziós mérési módszer az RTK. Lehetővé teszi a geodéziai pontosságú terepi felmérést álló helyzetben és mozgás közben is. A járműipari felhasználás szempontjából fontos, hiszen így a terepi viszonyoknak megfelelően kapunk visszajelzést a járműről. Nagy jelentősége van, hogy a helymeghatározási adatok a fedélzeti diagnosztika adataihoz pontosan illeszkedjenek, és ne kerüljön az elemzésbe adat- és egyeztetési hiba. A geodéziai pontosság vízszintes irányban 3-4 cm, függőleges irányban pedig 5-6 cm. Ahhoz, hogy geodéziai pontosságot érhessünk el méréseink során elengedhetetlen a mintavételezés időpontjában elérhető minimum öt műhold, valamint a folyamatos online kapcsolat a pontosító adatokat szolgáltató bázisállomással. A bázis egy előre rögzített, ismert koordinátájú pontra helyezett GNSS eszköz, melynek hibavektora ismert, ezzel pontosítható a mérés. A műholdak mindegyike egy atomórát tartalmaz, ezzel a pontos idő ismert.



A szabványtól függően jellemzően egyetlen másodpercet késik 300 000 év alatt, de elérhető ennél pontosabb atomóra is. A műhold így rendelkezik pontos időbélyeggel, és rádió jellel küldi a földi megfigyelőnek. A vevőegység szintén tudja a pontos időt, így a kettő közti időkülönbség adja az eltelt időt. Adott közegben a rádióhullám terjedési sebessége állandó, vákuumban 300 000 km/s. A sebesség és az eltelt idő ismeretében pedig a megtett út kiszámítható. Adott ponttól egyenlő távolságra lévő pontok összessége egy gömböt határoz meg, mely az adott műholdhoz tartozik. Két műhold köré írható gömb metszete egy kör, ezt egy harmadik műhold köré írt gömbjével elmetszve kapunk két pontot. A két pont közül az egyik mindig nagy távolságra kerül a földfelszíntől, így az kizárható. A negyedik és ötödik műhold köré írt gömb tovább növeli a pontosságot és becslhetővé teszi a mérés hibáját. Összefoglalva az RTK méréshez öt műhold egy idejű elérésére van szükség, valamint stabil kapcsolatra a bázisállomással (3. ábra) [49, 50].



3. ábra: Földrajzi helyzet meghatározása [51]

### 2.2.2. Az RTK mérési módszer peremfeltételei

- GPS/GNSS műholdak megfelelő számú jelenléte (min. 5);
- GPS/GNSS műholdakkal való zavartalan kapcsolat biztosítása (takarás);
- Pontosító adatokat szolgáltató bázisállomás rendelkezésre állása (a lehető legrövidebb bázistávolság);
- Pontosító adatokat szolgáltató bázisállomással való zavartalan hálózati kapcsolat biztosítása (min. 2G lefedettség).

### **2.2.3. A méréssorozatokhoz felhasznált precíziós helymeghatározási eszköz**

A mérés során Trimble 5800 as vevőegységet és a hozzá tartozó TSC-2 terepi vezérlőt (Survey Controller) használtam. Az eszköz Navstar műholdakkal használható, mellette képes a WAAS (Wide Area Augmentation System) és az EGNOS távközlési műholdakkal kommunikálni.

Magyarországon az európai EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) regionális kiegészítő műholdrendszer elérhető. Ezek a távközlési műholdak földi alappontok vagy bázisállomások koordinátáit tartalmazzák és sugározzák. Geostacionárius pályán mozognak, ami azt jelenti, hogy a Föld adott pontjáról megfigyelve a Földhöz viszonyított helyzete nem változik. Ez a pályatulajdonság kifejezetten előnyös, hiszen az ilyen típusú műholdak elsősorban a pontosításban játszanak szerepet. A geostacionárius pálya síkjának az Egyenlítővel bezárt szöge, szakmai terminussal inklinációja zérus, excentricitása pedig majdnem zérus (közel kör alakú pálya) [52, 53, 54, 55, 56].

A Navstar navigációs műholdak is közel kör alakú pályán keringenek, 55°-os inklinációjú, közel 20200 méteres, közepes magasságú Föld körüli pályákon (MEO – Medium Earth Orbit). Periódusidejük majdnem 12 óra. Naponta kétszer kerülnek meg a Földet. A 24 műhold 6 különböző pályasíkon mozog, egy pályasíkon 4, egymástól oly módon eltolva, hogy a Föld tetszőleges pontján a felhasználó egyidejűleg 6 műholdat elérjen. A Navstar rendszer modernizációja során a robusztusabb jelek ugyan sokat javítottak a mérési pontosságon, de a terepi objektumok takarása a mérések során negatív hatással bír. Ezt az RTK-ra vonatkozó mérési peremfeltételek elemzésénél is figyelembe kell venni. A műholdpályák sajátossága a kelet-nyugati irányultság is, amit később a 9. ábra jól szemléltet. Ebből adódóan észak – déli irányultságú útvonalakon (jellemzően belvárosban) a műholdak egy része az út szélén elhelyezkedő objektumok (fák, házak) mögött takarásban van, ami rontja a mérés hatékonyságát [57, 58, 59].

A Trimble 5800-as vevőegysége tehát megbízható működésre képes, alkalmas a mozgás közbeni folyamatos terepi felmérésre. Kialakításának köszönhetően - a fáziscentrum az eszköz és a tartórudazat masszív átmérőjű (M15) menetes illesztésénél, a szerelvény középső metszősíkján helyezkedik el – személygépjárműre nagy biztonsággal applikálható.

## 2.3. Menetellenállások, tüzelőanyag-fogyasztás elemzés – változók meghatározása

2. táblázat: A fejezetben használt jelölések jegyzéke

Jelölés	Mértékegység	Leírás
$F_g$	[N]	Gördülési ellenállás
$F_l$	[N]	Légellenállás
$F_e$	[N]	Emelkedési ellenállás
$F_{gy}$	[N]	Gyorsítási ellenállás
$F_v$	[N]	Vonóerő
$P_g$	[W]	Gördülési ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény
$P_l$	[W]	Légellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény
$P_e$	[W]	Emelkedési ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény
$P_{gy}$	[W]	Gyorsítási ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény
$P_h$	[W]	Hajtómű ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény
$P_{eff}$	[W]	Hajtómű effektív teljesítménye
$P_{max}$	[W]	Jármű maximális teljesítménye
$W_{em}$	[J]	Emelési munka
$W_s$	[J]	Súrlódási munka
$W_{gy}$	[J]	Gyorsítási munka
$W_k$	[J]	Közegellenállással szemben végzett munka
$\alpha$	[°]	Menetemelkedési szög
$s$	[m]	Megtett út
$h$	[m]	Magasság
$m$	[kg]	A jármű tömege
$A$	[m <sup>2</sup> ]	A jármű homlokfelülete
$v$	$\left[\frac{m}{s}\right]$	A jármű sebessége
$a$	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$	A jármű gyorsulása
$g$	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$	Nehézségi gyorsulás adott magasságban és földrajzi szélességi körön
$\rho$	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	Levegő sűrűsége
$\eta$	[%]	Hatásfok
$\delta$	-	Forgórészek tehetetlenségét kifejező tényező
$c_w$	-	Légellenállási együttható
$\mu$	-	Súrlódási együttható a gumibroncs és az aszfalt között

### 2.3.1. Menetellenállások

A belsőégésű motor munkát végez, miközben elégeti az energiaigénynek megfelelő tüzelőanyag mennyiséget. Ebből a munkából származik a vonóerő, mely a hajtott kerekek és az pályatest találkozási pontjain ébred. A menet során adódó gátló tényezőket menetellenállásoknak hívjuk, amelyekkel a vonóerőnek egyensúlyt kell tartania [60, 61, 62]. A használt jelöléseket a 2. táblázatban foglalom össze.

#### Gördülési ellenállás:

$$F_g = \mu \cdot m \cdot g \quad (1)$$

A gördülési ellenállás felírásánál külső és belső tényezők is szerepet játszanak. Külső tényező a gördülési súrlódási együttható, amely az érintkező felületektől függ, belső pedig a gumibroncs deformációja, ami a jármű terhelésétől függ. Ez teljesítmény-veszteséggel jár, amit a gördülési ellenállás okoz.

A gördülési ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény:

$$P_g = F_g \cdot v \quad (2)$$

#### Légellenállás:

$$F_l = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_w \cdot A \cdot v^2 \quad (3)$$

A légellenállás a menet során a járművel szemben fellépő levegő ellenállása, amely hatással van a menetdinamikára és a gazdaságosságra is. Magasabb sebességeknél nagy jelentősége van, hiszen a légellenállási erő értéke a sebesség négyzetével arányosan változik.

A légellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény:

$$P_l = F_l \cdot v \quad (4)$$

### Emelkedési ellenállás:

$$F_e = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Az emelkedési ellenállás a magasságkülönbség leküzdését gátló erő, amely arányos az emelkedési szöggel és a gépjármű tömegével.

Az emelkedési ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény:

$$P_e = F_e \cdot v \quad (6)$$

### Gyorsítási ellenállás

$$F_{gy} = \delta \cdot m \cdot a \quad (7)$$

3. táblázat: Adott sebességi fokozathoz tartozó jellemzők [63]

Sebesség fokozat	$\delta$
1-es	1,5
2-es	1,2
3-as	1,1
4-es	1,07
5-ös	1,05

Delta [ $\delta$ ] a forgórészek tehetetlenségét kifejező tényező. A gyorsítások energiát igényelnek. A forgó részek tömegei és a gépjármű saját tömege adják a gyorsítási ellenállás tényezőit.

A gyorsítási ellenállás leküzdéséhez szükséges teljesítmény:

$$P_{gy} = F_{gy} \cdot v \quad (8)$$

### Hajtómű ellenállás

$$P_h = P_{eff} \cdot (1 - \eta) \quad (9)$$

A hajtómű ellenállás az erőátviteli rendszer mozgatásakor keletkezik. Hatásfoktól függő érték, ezért teljesítményt célszerű számolni.  $\eta = [0,8 \dots 0,9]$ . Ez a belső ellenállás mindig állandó, konstrukcióra jellemző érték. Magába foglalja a tengelykapcsoló (~0,99), a differenciálmű (~0,93), a kardántengely (~0,99), a sebességváltó (~0,97) és a féltengelyek, csapágyak (~0,98) hatásfokait.

$$\eta = \eta_{tk} \cdot \eta_{diff} \cdot \eta_{kt} \cdot \eta_{ny} \cdot \eta_{cs} \quad (10)$$

Összességében, az elégetett tüzelőanyagból nyert energia a tárgyalt komponensek energiaigényeit elégíti ki. Amennyiben egyenletes sebességeknél írjuk fel, a gyorsítási ellenállás zérus, a hajtómű-ellenállás pedig ismert, tehát a szükséges változók meghatározásánál nem játszik szerepet (4. táblázat).

A menetegyenlet a megszokott módon írható fel.

$$F_v = F_e + F_g + F_l \quad (11)$$

4. táblázat: Változók deklarációja

<b>Ismert, állandó és kvázi-állandó értékek</b>	A, m, g, $\mu$ , $c_w$ , $\rho$
<b>Változók</b>	v, $\alpha$

### 2.3.2. Menetellenállások számítógépes implementációja

A menetegyenlet komponenseinek hatásvizsgálatához MATLAB környezetben készítettem el a vizuális (és számszerű) segédletet. Az elemzés elméleti megfontolásokat tartalmaz, de az adatokat konkrét mérési és technikai adatok szerint adom meg. Célom annak meghatározása, hogy a sebesség és az emelkedési szög függvényében mekkora teljesítményigény adódik.

Gépjármű: Ford B-Max

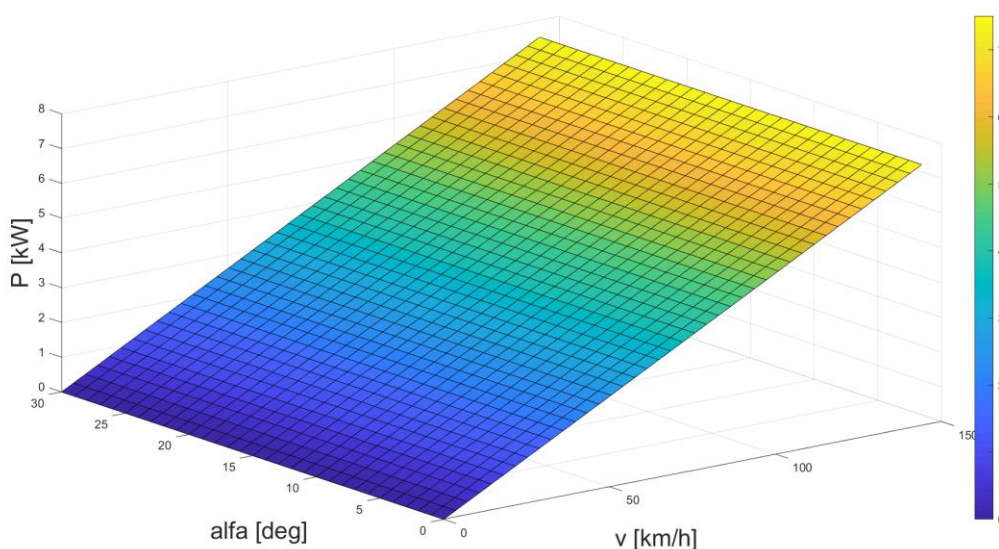
- saját tömeg ( $m$ ) = 1275 kg;
- névleges teljesítmény ( $P_{\max}$ ,  $P_{\text{eff}}$ ) = 74 kW;
- légellenállás tényező ( $c_w$ ) = 0,32;
- homlokfelület ( $A$ ) = 2,8 m<sup>2</sup> [64]
- becsült súrlódási együttható a gumiabroncs és aszfalt között ( $\mu$ ) = 0,015 [65].

Sebesség értékkészlet:

- $v = [0, 140 \text{ km/h}]$

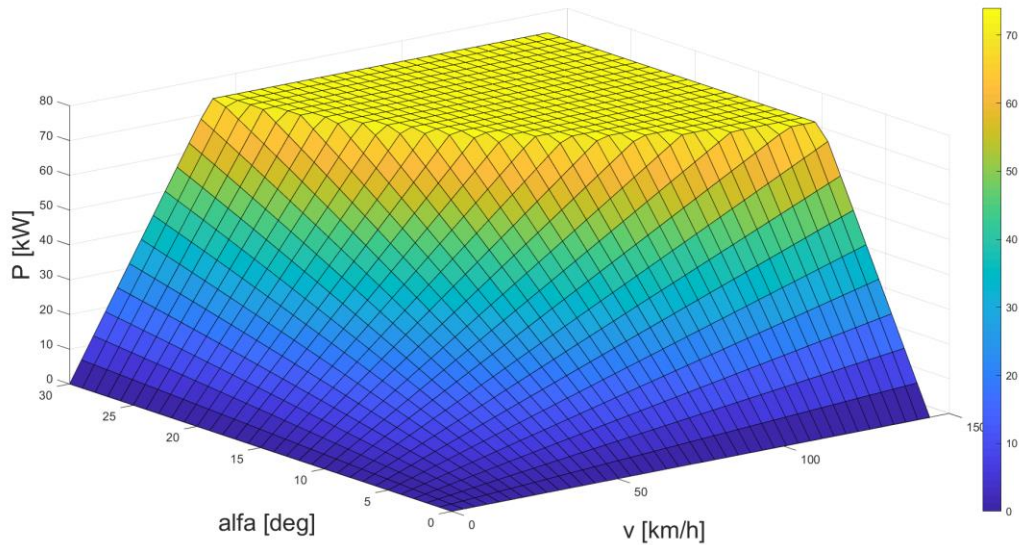
Emelkedési szög értékkészlet:

- $\alpha = [0, 30^\circ]$

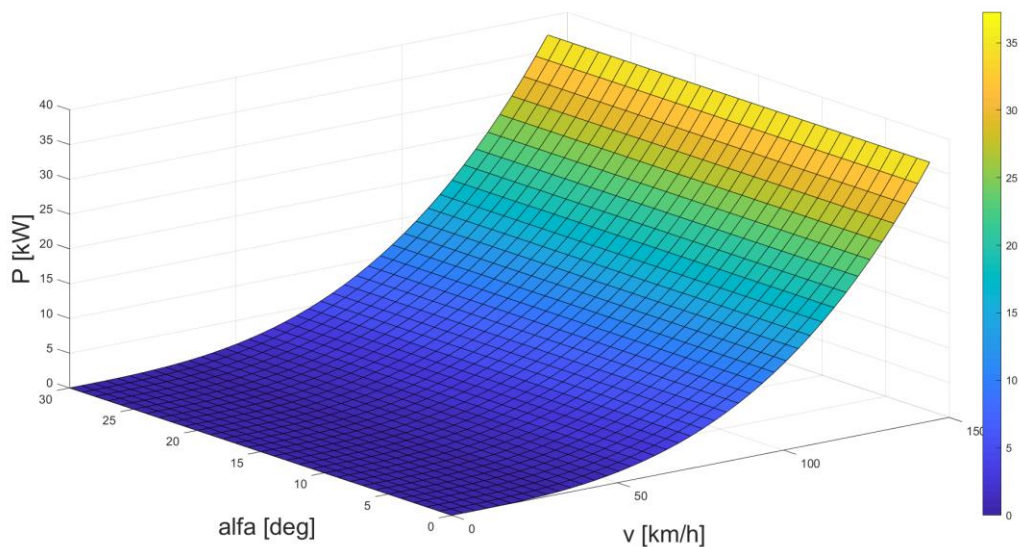


4. ábra: Gördülési ellenállás teljesítményigénye a sebesség és az emelkedés függvényében  
(forrás: saját kép)





5. ábra: Emelkedési ellenállás teljesítményigénye a sebesség és az emelkedés függvényében  
(forrás: saját kép)

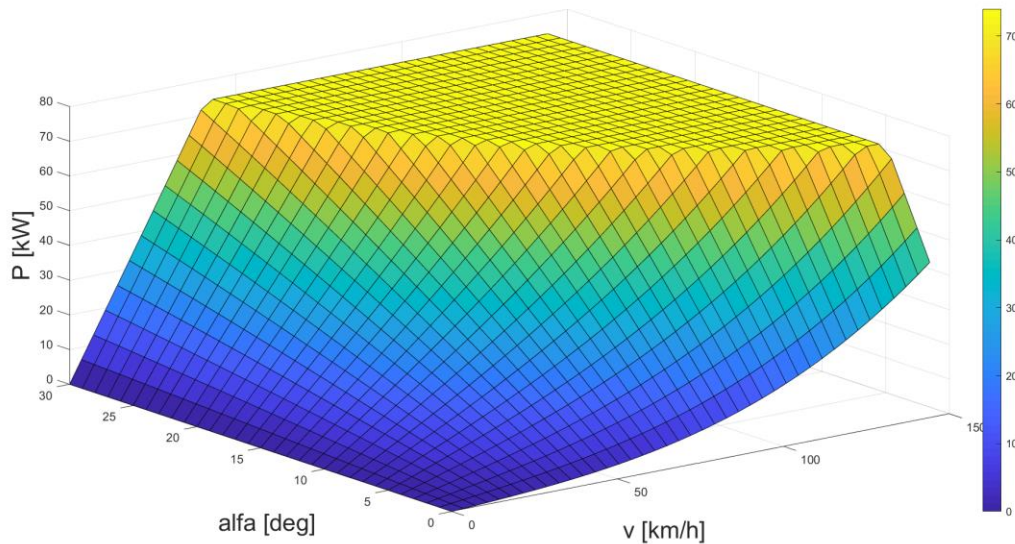


6. ábra: Légellenállás teljesítményigénye a sebesség és az emelkedés függvényében  
(forrás: saját kép)

A 4-es, 5-ös és 6-os számú diagram mutatja a menetellenállások hatásait. A gördülési ellenállás jól láthatóan lineáris kapcsolatrendszerrel mutat. Előzetesen is ezt vártuk, hiszen ennél a komponensnél az alapképlet csak első fokú tagokat tartalmaz. A sebesség és az emelkedési szög növekedését lineárisan követi a teljesítmény növekedése. Az emelkedési ellenállás diagramja, hasonlóan az előzőhöz szintén lineáris kapcsolatokat tár elénk. Szükséges bevezetni egy teljesítményhatárt, amely a gépjármű maximális teljesítménye.



Az adott érték felett ugyanis nincs szükség vizsgálatokra, mert a motor nem képes a teljesítményigény garantálására, a jármű lassul vagy nem képes a tovább haladásra. A légellenállás diagramon pedig az előzetesen várt négyzetes kapcsolat is megjelenik, a képletben szereplő sebesség – tag másodfokú, ez alapján a diagram megfelel a várakozásoknak.



7. ábra: A három menetellenállás teljesítményigénye a sebesség és az emelkedés függvényében (forrás: saját kép)

Az 7. ábra a három vizsgált menetellenállás teljesítményigényét mutatja be. A jellemző értékeket az 5. és 6. táblázatban foglalom össze.

### 2.3.3. Implementációs eredmények – állandó sebesség

5. táblázat: Sebességek és emelkedések besorolásai

$v (\downarrow)$	alacsony sebesség(ek)
$v (\leftarrow)$	közepes sebesség(ek)
$v (\uparrow)$	nagy sebesség(ek)
$\alpha (\downarrow)$	kis emelkedési szög(ek)
$\alpha (\leftarrow)$	közepes emelkedési szög(ek)
$\alpha (\uparrow)$	nagy emelkedési szög(ek)

6. táblázat: MATLAB környezetben számolt a menetterhelésre jellemző értékek ( $\Delta v=0$ )

$v (\downarrow) = 3,6$ [km/h]	$\alpha (\downarrow) = 0^\circ$	$P = 0,1882$ [kW]
	$\alpha (\leftarrow) = 5^\circ$	$P = 1,2780$ [kW]
	$\alpha (\uparrow) = 30^\circ$	$P = 6,4420$ [kW]
$v (\leftarrow) = 50$ [km/h]	$\alpha (\downarrow) = 0^\circ$	$P = 4,2250$ [kW]
	$\alpha (\leftarrow) = 5^\circ$	$P = 19,490$ [kW]
	$\alpha_{\max}(50) = 24^\circ$	$P = 74$ [kW]
$v (\uparrow) = 140$ [km/h]	$\alpha (\downarrow) = 0^\circ$	$P = 41,860$ [kW]
	$\alpha_{\max}(140) = 4^\circ$	$P = 74$ [kW]
	$\alpha (\uparrow) = \alpha (\leftarrow) = \alpha_{\max}$	

7. táblázat:  $P[v, \alpha]$  mátrix

<b><math>P [v, \alpha]</math></b>	$v (\downarrow)$	$v (\leftarrow)$	$v (\uparrow)$
$\alpha (\downarrow)$	$P (\downarrow)$	$P (\downarrow)$	$P (\leftarrow)$
$\alpha (\leftarrow)$	$P (\downarrow)$	$P (\leftarrow)$	$P (\uparrow)$
$\alpha (\uparrow)$	$P (\leftarrow)$	$P (\uparrow)$	$P (\uparrow)$

Az előzőekben  $\Delta v=0$ , diszkrét sebességeket vizsgáltam. A következő lépésben gyorsításokat is paraméterezek. A delta értékeit a 3. táblázat tartalmazza.

### 2.3.4. Implementációs eredmények – változó sebesség

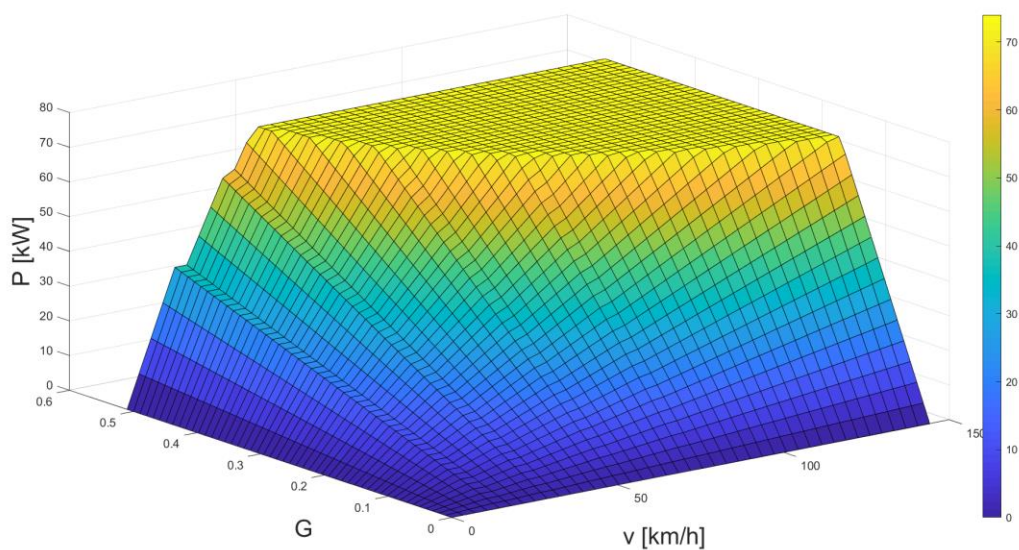
Gyorsulás értékkészlet:

$$a = [0, 5 \text{ m/s}^2].$$

A nehézségi gyorsulás [G] a gyorsulás szemléletes, de nem hivatalos dimenzió nélküli mérőszáma. A gyorsulás értékkészletét átváltom G-be, könnyen származtatható.

A felhasznált formula:

$$(0 \text{ G} \leq \Delta v \leq 0,5097 \text{ G}):$$



8. ábra: A gyorsítások teljesítményigénye a gyorsulás és a sebesség függvényében  
(forrás: saját kép)

A 8. ábrán szemléltetem a gyorsítások hatásait. Jól látható, hogy az előre megadott sebességváltások miatt (4, 8, 14, 20  $\text{m/s}$ ) megtörik a diagram futása. Ez jól modellezi a valóságot. A jellemző értékeket a 8. és 9. táblázatban foglalom össze.

8. táblázat: Sebességek és gyorsulások besorolásai

v (↓)	alacsony sebesség(ek)
v (←)	közepes sebesség(ek)
v (↑)	nagy sebesség(ek)
G (↓)	kis gyorsítás(ok)
G (←)	közepes gyorsítás(ok)
G (↑)	nagy gyorsítás(ok)

9. táblázat: MATLAB környezetben számolt a menetterhelésre jellemző értékek ( $\Delta v \neq 0$ )

$v (\downarrow) = 3,6$ [km/h]	$G (\downarrow) = 0,01$	$P = 0,1913$ [kW]
	$G (\leftarrow) = 0,1$	$P = 1,9130$ [kW]
	$G (\uparrow) = 0,3$	$P = 5,7370$ [kW]
$v (\leftarrow) = 50$ [km/h]	$G (\downarrow) = 0,01$	$P = 1,9640$ [kW]
	$G (\leftarrow) = 0,1$	$P = 19,640$ [kW]
	$G (\uparrow) = 0,3$	$P = 58,9100$ [kW]
$v (\uparrow) = 140$ [km/h]	$G (\downarrow) = 0,01$	$P = 5,2210$ [kW]
	$G_{\max} (140) = 0,1529$	$P = 74$ [kW]
	$G (\uparrow) = G (\leftarrow) = G_{\max}$	

10. táblázat:  $P[v, G]$  mátrix

<b>P [v, G]</b>	$v (\downarrow)$	$v (\leftarrow)$	$v (\uparrow)$
$G (\downarrow)$	$P (\downarrow)$	$P (\downarrow)$	$P (\leftarrow)$
$G (\leftarrow)$	$P (\downarrow)$	$P (\leftarrow)$	$P (\uparrow)$
$G (\uparrow)$	$P (\leftarrow)$	$P (\uparrow)$	$P (\uparrow)$

A 7-es és 10-es táblázat reprezentálja az eredményeket. Nagy sebesség nagy emelkedés és nagy gyorsítás mellett nagy a teljesítményigény is. A változók deklarálására azért is van szükség, hogy a következőkben, tüzelőanyag-fogyasztásra vonatkozó diagnosztikai mérősorozatok alatt az útvonal és a menet tervezése megfelelő legyen. A mérősorozatokhoz tartozó két független rendszer, a GPS és az OBD összehasonlítható.

**Emelési munka:**

$$W_{em} = F_{em} \cdot \Delta s = m \cdot g \cdot \Delta h \quad (12)$$

$$\sin \alpha = \frac{\Delta h}{\Delta s} \quad (13)$$

Az időegység alatt elvégzett emelési munka arányos a sebességgel és a magasságváltozással.

**Súrlódási munka:**

$$W_s = \mu \cdot m \cdot g \cdot \Delta s \quad (14)$$

Az időegység alatt elvégzett súrlódási munka arányos a sebességgel.

**Gyorsítási munka:**

$$W_{gy} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \Delta v^2 \quad (15)$$

Az időegység alatt elvégzett gyorsítási munka négyzetesen arányos a sebességváltozással.

**Közegellenállással szembeni munka:**

$$W_k = \frac{1}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot \rho \cdot v^2 \cdot \Delta s \quad (16)$$

Az időegység alatt elvégzett közegellenállási munka négyzetesen arányos a sebességgel. A 11. táblázatban összesítem az eredményeket.

11. táblázat: Időegységre vonatkozó arányosságok

Menet közben végzett munka	Fő arányossági tényezők
Emelési munka $W_{em}$	$v$ és $\Delta h$
Súrlódási munka $W_s$	$v$
Gyorsítási munka $W_{gy}$	$v, (\Delta v^2)$
Közegellenállás ellenében $W_k$	$v, (v^2)$

Ezek összhangban vannak a teljesítményigények tárgyalásánál kapott változókkal. Ezt követően elvégezhető a statisztikai analízis. A menetegyenletből levezetem az adott menet fő tüzelőanyag-fogyasztási komponenseit. Ezek alapján terveztem a valós közlekedési helyzetben megvalósuló diagnosztikai és precíziós helymeghatározási mérésorozatot.

A fejezetet összefoglalva: a szakirodalomra támaszkodva, illetve az implementáció számítási és vizuális megjelenítési lehetőségeit kihasználva meghatároztam a modell fő tüzelőanyag-fogyasztást magyarázó változóit, melyek a magasságváltozás, a sebesség és a sebesség négyzet. Később a levezetett magyarázó változókra a diagnosztikai és precíziós helymeghatározási mérésorozatok tervezésekor figyelmet fordítottam.

### Lineáris regresszió

A mérésorozatok közti kapcsolatot a következőkben statisztikai elemzéssel írom fel. Lineáris regressziós elemzéseket végzek a két adatsoron. Elemzem a pontthalmazok változékonyságait és ezek egymáshoz való viszonyait. A kapcsolat jóságáról a korrelációs ( $R$ ) és determinációs együttható ( $R^2$ ) ad információt. A modell felépítéséhez elsőfokú és elsőfokúra visszavezethető másodfokú illesztéseket használok. Az illesztés tulajdonságait a pontokra legjobban illeszkedő lineáris vagy másodfokú trendvonal szemlélteti. Az együtthatókat táblázatkezelővel és statisztikai szoftverrel határozom meg és pontdiagramokon ábrázolom [66].

A kapcsolatot leíró regressziós függvényekkel és determinációs együtthatókkal következtetni tudok arra, hogy a vizsgált adatsorok változékonyságai milyen viszonyban vannak egymással, mennyire magyarázható és származtatható egyik a másikból. A tüzelőanyag-fogyasztásból a domborzatmodell és fordítva, a domborzati viszonyokból a tüzelőanyag-fogyasztás.

## 3. Fejezet

### Fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározás

Ebben a fejezetben bemutatom a fedélzeti diagnosztikára támaszkodó helymeghatározási modellt. A menetegyenletből levezetett magyarázó változók segítségével bemutatok egy modellt, ahol a mért tüzelőanyag-fogyasztást felhasználva adok becslést a gépjármű valós, GPS adatbázisból kiragadott tengerszint feletti magasságkoordinátáira, ezáltal a gépjármű helyzetére. Első lépésben bemutatom a mérési apparátust, így a GPS vevő- és terepi vezérlőegységet, valamint a fedélzeti diagnosztikai eszközt. Rávilágítok a terepi mérés kockázataira, a megfelelő méréstervezés sarokpontjaira. Szót ejtek a Magyarországon elérhető telekommunikációs hálózatok tulajdonságairól, a műholdak eloszlásáról. Kihangsúlyozom a koordinátákra és a tüzelőanyag-fogyasztási adatokra vonatkozó adattábla műveleteket, az adatok pre- és posztprocesszálását. A két, egymástól független méréssorozat szinkronizálása, adategyeztetése szintén a fejezet témája. Összefoglalva: bemutatom a tézisek alapját képező, a statisztikai elemzésre alkalmas, szinkronizált tüzelőanyag-fogyasztási és topográfiai adatsorokat.

#### 3.1. Méréstervezés

A terepi mérések egyik fő tulajdonsága azok helyi viszonyokhoz való kötöttsége. Az adott helyszín pontos ismerete és feltérképezése elsődleges feladat. Így van ez a precíziós topográfiai felméréseknél is. Személygépjárművel bejárni kívánt, lehetőleg közútszakaszok attribútumai meghatározzák a mérés sikerességét, minőségét. Igyekeztem elkerülni az elégtelen műholdkapcsolatból, forgalmi viszonyokból adódó adathibákat. Az értekezésben tárgyalt útvonalak három típusból adódnak. Első körben egyenes útszakaszokat felvételeztem, második körben a bejárt útvonal elágazásokat is tartalmazott, végül pedig zárt, forgalomtól elszeparált versenypályán, ideális tesztkörülmények között végeztem az adatok felvételét. Mindhárom esetben célom volt a valóságot minél inkább közelítő, valós időben történő méréssorozatok kivitelezése. Városi sebességtartományokat vettem alapul, így alakult ki a modellt alkotó, szintén három, diszkrét sebességtartomány. 30 km/h, 40 km/h és 50km/h állandó sebességek mellett végeztem a fő méréseket. Említés szintjén kitérek 20 km/h és 60 km/h között elvégzett változó sebességű szakasz eredményeire is.

### **3.1.1. A mérésre és méréstervezésre vonatkozó peremfeltételek**

Következik a mérési apparátus összeállítása, és a menetciklusokra vonatkozó peremfeltételek tárgyalása. A diagnosztikai adatrögzítő egység különös gondot nem igényel. A gépjármű adott, szabványos kimenetére csatlakoztattam. Figyelembe véve, hogy városi menetekre jellemző sebességtartományokat tűztem ki a vizsgálat alapjául, az elkerülhető beavatkozásokat, például hirtelen fékezéseket, megállásokat, tehát a meghatározott sebességtartományból történő váratlan kilépéseket igyekeztem elkerülni. A közúti méréseket kora reggeli órákban végeztem, a forgalom gátló hatásait mérséklendő. Ez a diagnosztikai méréssorozat tervezésére vonatkozó első fontos peremfeltétel. Emellett (közel) állandó külső hőmérséklet és kvázi-szélcsend említendő meg. A két körülmény a valóságban csak közelítőleg állandó, a modell egyszerűsítése érdekében ezek változásait nem vizsgálom. Előre definiáltam a naplózni kívánt mennyiségeket. Erre a CarChip Pro vezérlőszoftverben van lehetőség. A Trimble 5800-as vevőegység felhelyezése a gépjárműre nagy gondosságot igényel, hiszen a már tárgyalt geodéziai pontosság elérése a célunk. A vevőegység egyik fontos jellemzője a fáziscentrum. Ez az a virtuális pont a térben, ahova a vevőegység a felvételezett pontokat vetíti. Ennek a pontnak, így az eszköznek egyértelműen meghatározottnak kell lennie, a menet során nem mozdulhat el. Ennek érdekében az eszköz összes szabadságfokát lekötöttem, miután libella segítségével biztosítottam a vevőegység merőleges helyzetét a jármű keréktalppontjai által kifeszített síkra. Ezzel elértem, hogy a menet során a jármű és a vevő között relatív elmozdulás nem fordulhat elő, a később felvételezett pontok leképezése egyértelmű. Korábbi fejezetekben kifejtettem az RTK módszer peremfeltételeit. Egyrészt szó volt arról, hogy a pontosító vektort folyamatosan (felvételezett pontonként) streamelő bázisállomás elérhető legyen. A menet szempontjából a jármű - bázis távolságra tekintettel kell lenni, hiszen a folyamatos adatátviteli sebesség, így az inicializálás időtartama mind ennek a távolságnak folyománya.

### **3.1.2. Műholdkép**

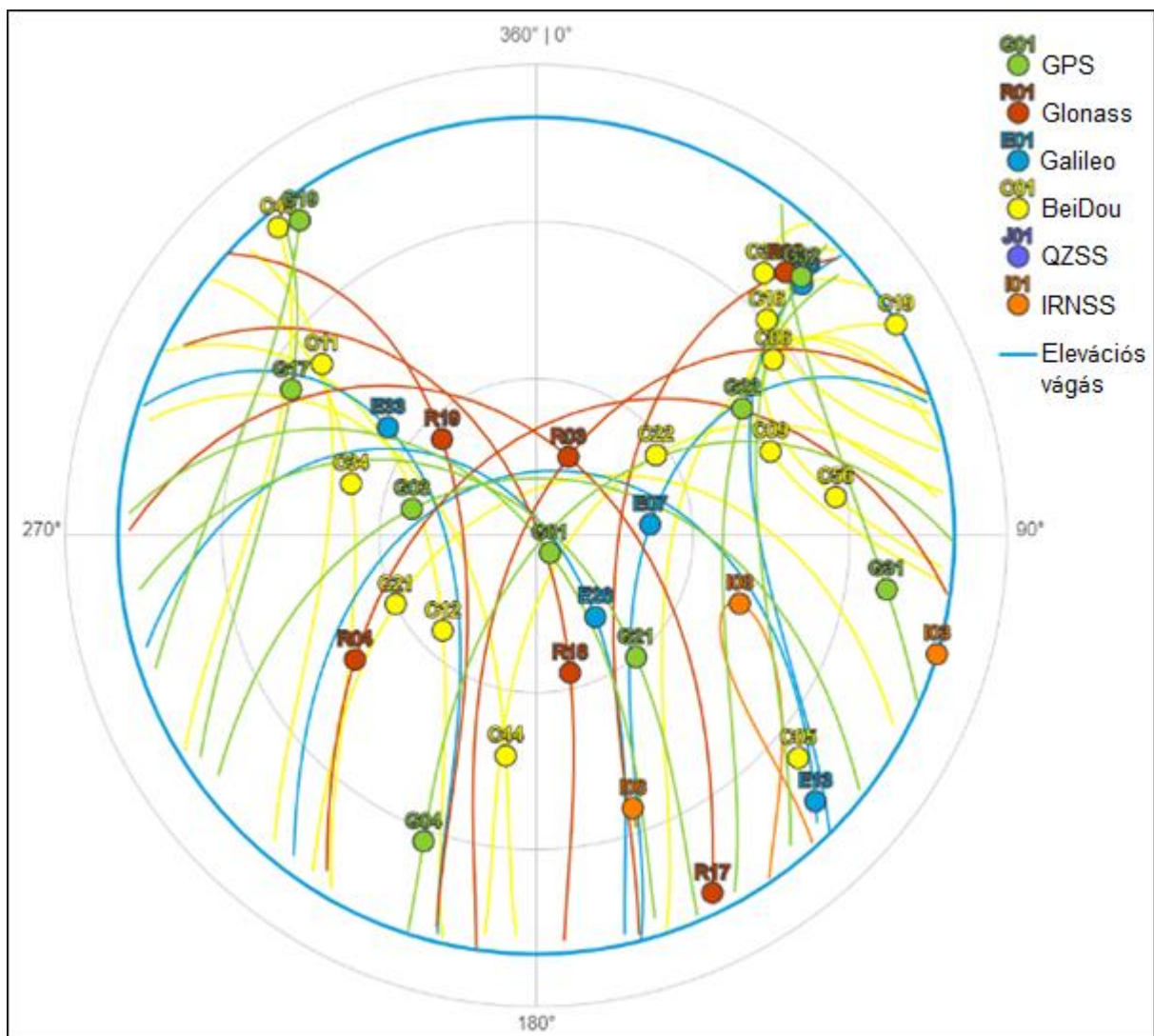
A műholdak elhelyezkedése a mérés környezetében, annak időtartama alatt, valamint a műholdak pályáinak ellenőrzése fontos feladat a tervezés fázisában. 24 órás előrejelzés alapján lehetőség van megbecsülni a potenciális műholdszámot. Vizuális példaként a 9. ábrán Győr városának koordinátáit tűztem ki. A műholdkép délelőtt 10 órakor reprezentálja, 15 fokos elevációs vágás mellett az égbolton feltűnő műholdakat. Az elevációs vágás fontos jellemző, hiszen még nyílt terepen sem képes az eszköz az adott sík feletti teljes horizontot belátni.



Adott pontból csak bizonyos vertikális látószög felett feltűnő objektumokat detektálhatunk, a többi a tárgyalt horizont alá esik. Az elevációs vágás egyúttal rávilágít arra is, hogy a bejárási kívánt útvonali adottságokat érdemes ellenőrizni. Felsővezetékek, fák, hegyek, jelentősebb méretű tereptárgyak mind árnyékolnak vagy takarják az égboltot. Az ilyen körülmények még alapos méréstervezés esetében sem minden esetben kerülhetők el, így az ezekből adódó mérési hibákat az utófeldolgozáskor korrigálni kell [67].

Győr (egy adott pont koordinátája):

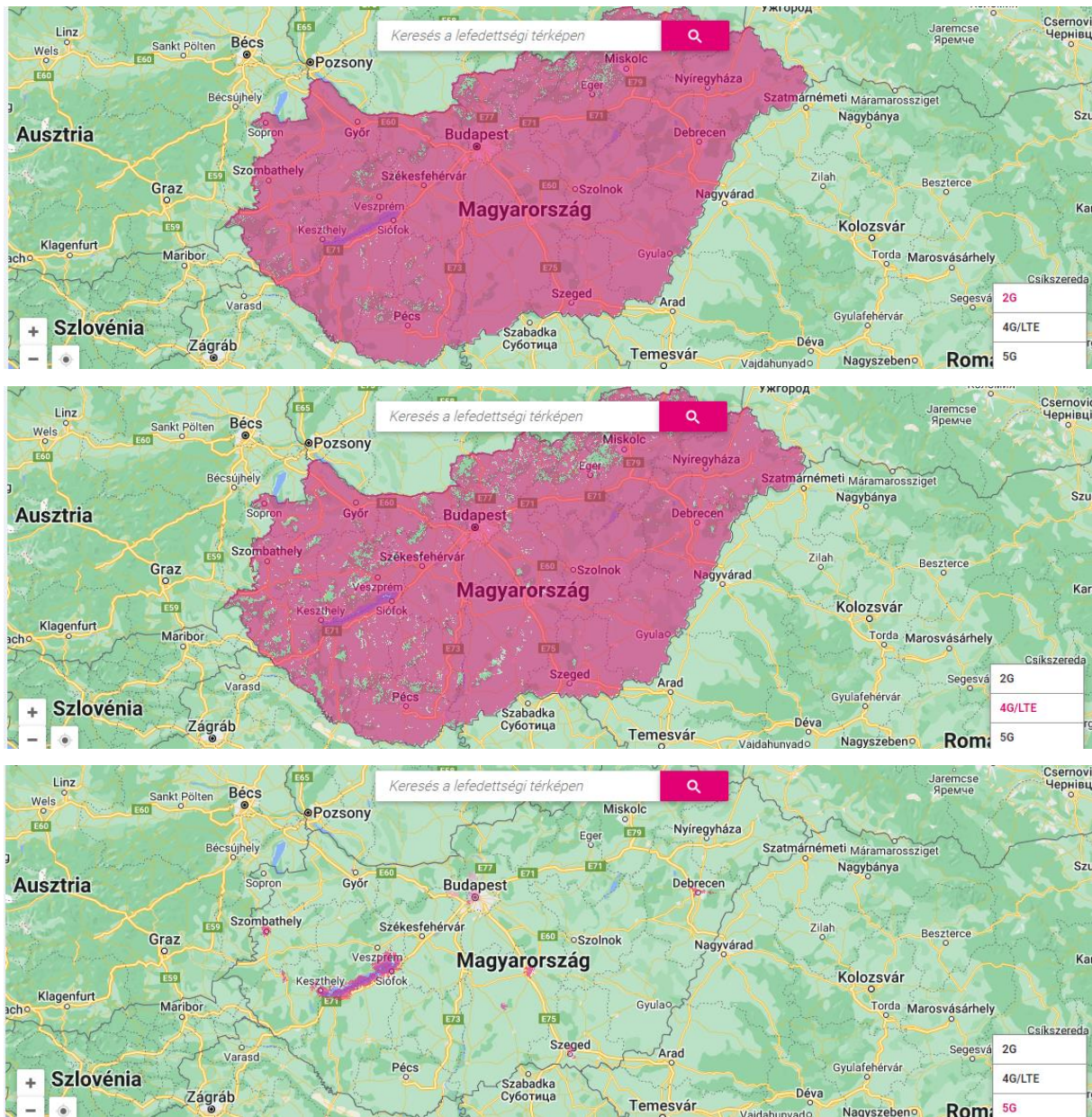
- Hosszúság (Latitude):  $47^{\circ} 41' 2''$
- Szélesség (Longitude):  $17^{\circ} 38' 6''$



9. ábra: Adott időpillanatban kimerevített műholdkép [68]  
Megtétele: 2022. 09. 14.

### 3.1.3. Lefedettségi térképek

Az alábbi lefedettségi térképeken a lakossági felhasználók számára is elérhető vezeték nélküli szolgáltatások látszanak. A precíziós mérés peremfeltételei között említettem a folyamatos online kapcsolatot a bázisállomással. Ez determinálja a pontok minőségét. Ahol a stream szolgáltatás megszakad, azon időbéllyeg körül felvételezett pontok utófeldolgozásra szorulnak.



10. ábra: Magyarország 2G, 4G és 5G lefedettségi térképei [69]  
Megtétekintve: 2022. 09. 14.

A 10. ábrán feltüntettem a Magyarországon 2022-ben elérhető, lakossági, vezeték nélküli, a Magyar Telekom által biztosított hozzáférést.

A térképekre tekintve kirajzolódik a szinte teljes területre kiterjedő, apró hézagokkal adódó 2G, a Dunántúl és az Eszaki-középhegység kivételével az ország nagy részén összefüggő 4G, valamint a kiépítés alatt álló 5G hálózat.

A TSC vezérlő Telekom SIM kártyát fogadott. Dedikált és normál sáv szélességen is használható, minimum GPRS (2G) hálózat biztosítása mellett. A 2G lefedettségi térképen láthatóak olyan helyek, ahol a szolgáltatás nem elérhető, ha ilyen helyen kerül a pont felvételezésre, azt az utófeldolgozás során pontosítani kell. A fejezet első részében összefoglalt előzetes megfontolások alapján végrehajthatók a mérésorozatok, a második részben a későbbi statisztikai elemzésre szánt adatsorok kialakítását mutatom be.

### 3.2. Adatsorok létrehozása

Az értekezés három különböző helyen, különböző időpontokban végrehajtott mérésorozatra támaszkodik. Az első mérést a 71-es számú főúton Keszthely térségében rögzítettem. A másodikat szintén Keszthelyen, a város és a 71-es számú főút érintésével, körforgalmak bevonásával. A harmadikat pedig az ostffyasszonyfai Pannonia-Ring gyorsasági autós és motoros versenypályán. Mindhárom helyszín más-más tulajdonságokkal bír. Míg először csak jól behatárolható emelkedőt és lejtőt tartalmazó útvonal került feldolgozásra, a második mérésorozat már különböző útvonali attribútumokkal rendelkező szakaszokat vizsgál. A második útvonal a közel sík szakaszoktól elkezdve egészen a meredek lejtőkig tartalmaz útszakaszokat. A harmadik mérés pedig forgalomtól teljesen elzárt helyen, változatos terepi tulajdonságok mellett történt. A mérések elvégzése után a felvételezett adatok közül a légnyelési (Otto-motoroknál a tüzelőanyag-fogyasztásra jellemző) és tengerszint feletti magassági (itiner) adatsorokat véglegesítem.

A diagnosztikai aljzatra csatlakoztatott adatrögzítőn rendre a következő mért mennyiségek szerepelnek:

- Időbélyeg (abszolút) [s - secundum];
- Sebesség [ $v$  – m/s vagy km/h]
- Légnyelés [kg/s – g/s]
- Beszívott levegő hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- Fordulatszám [RPM]

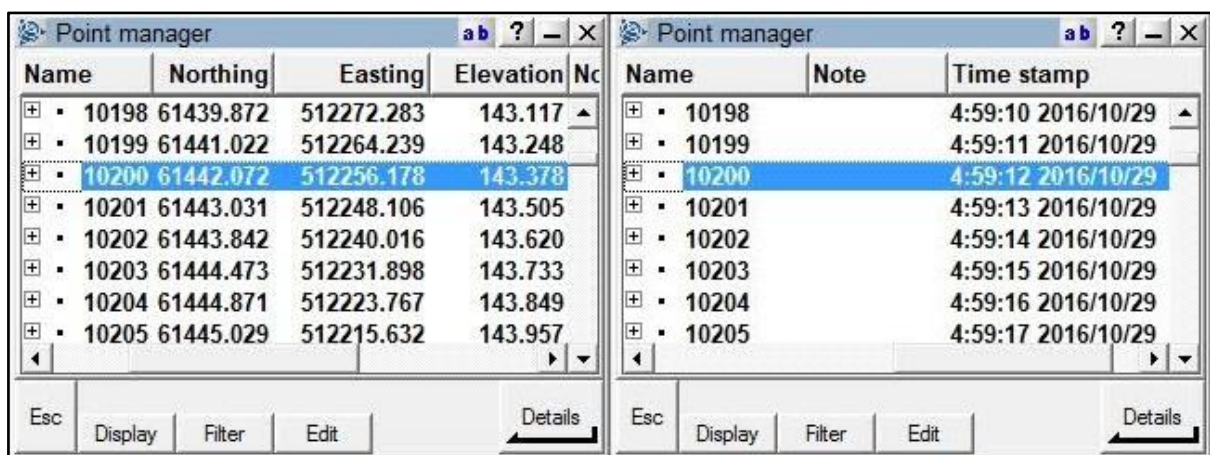
Egyéb a mérések során naplózott mennyiség:

- Lambda szonda feszültség [V]



### 3.2.1. GIS feldolgozás

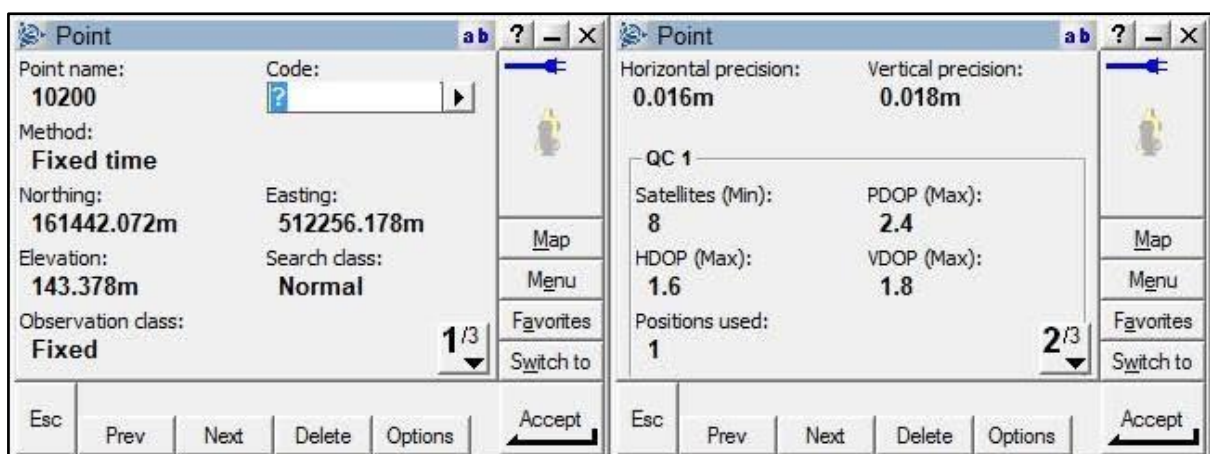
Mindenek előtt röviden bemutatom a GIS (Geographic Information System – Földrajzi Információs Rendszer) feldolgozás alaplépéseit. A használt szoftver verziószáma ArcGIS desktop 10.1-es, ezzel készítettem a térképezést. A Survey Controller, vagyis a GPS terepi vezérlője tartalmazza a rögzített geográfiai adatokat. Az eszköz segítségével paraméterezhetők a mérések, ezen kívül a szoftverhez tartozó emulátorprogram segítségével asztali számítógépen is megjeleníthetők a beépített menüpontok. A feldolgozáshoz tartozó műveleteket a Point manager segítségével szemléltetem. A pontok az adott pont kódjával azonosíthatók be. Mellettük rendre helyrajzi koordináták láthatók, illetve a tengerszint feletti magasság.



Name	Northing	Easting	Elevation	Note	Time stamp
10198	61439.872	512272.283	143.117		4:59:10 2016/10/29
10199	61441.022	512264.239	143.248		4:59:11 2016/10/29
10200	61442.072	512256.178	143.378		4:59:12 2016/10/29
10201	61443.031	512248.106	143.505		4:59:13 2016/10/29
10202	61443.842	512240.016	143.620		4:59:14 2016/10/29
10203	61444.473	512231.898	143.733		4:59:15 2016/10/29
10204	61444.871	512223.767	143.849		4:59:16 2016/10/29
10205	61445.029	512215.632	143.957		4:59:17 2016/10/29

11. ábra: Topográfiai pontok időbélyegei (forrás: saját kép)

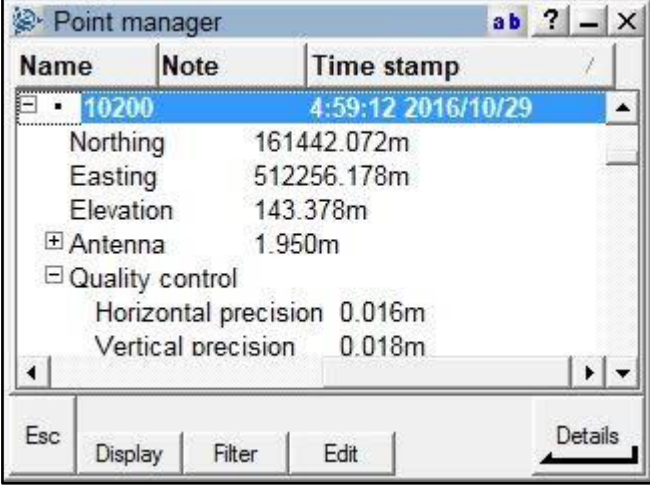
A pontok azonosítására az időbélyeg (timestamp) is leolvasható. Kifejezetten hasznos adat a későbbi diagnosztikai adatokkal történő szinkronizálást tekintve.



Point name:	Code:	Horizontal precision:	Vertical precision:
10200		0.016m	0.018m
Method:		QC 1	
Fixed time		Satellites (Min):	PDOP (Max):
Northing:	Easting:	8	2.4
161442.072m	512256.178m	HDOP (Max):	VDOP (Max):
Elevation:	Search class:	1.6	1.8
143.378m	Normal	Positions used:	
Observation class:		1	
Fixed			

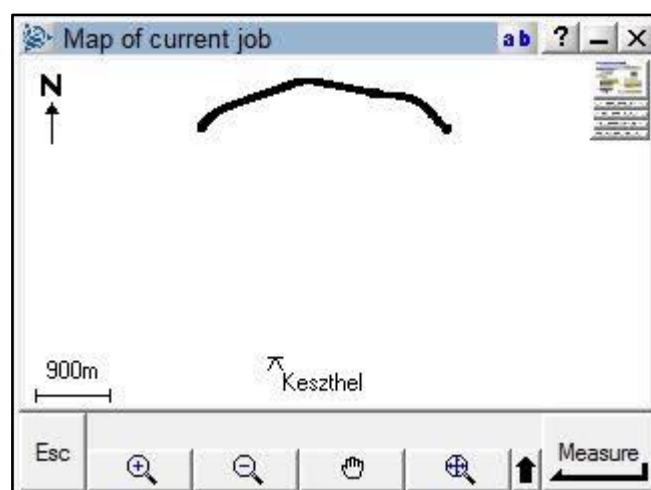
12. ábra: Topográfiai pontok koordinátái (forrás: saját kép)

A mérés pontossága fontos peremfeltétele a módszernek, a 11. ábra jobb oldali része a mérés pontosságát szemlélteti. Leolvasható a műholdak száma (Satellites), valamint a pontosság. A horizontális (HDOP), vertikális (VDOP), illetve maga a pozíció (PDOP) pontatlanságának értékei információt adnak a pozíciók hígulásáról (Dilution of Precision). Ez könnyebben úgy képzelhető el, hogy a pont körül feltételezünk egy tojás alakzatot. Ez reprezentálja a vízszintes és függőleges pontatlanságot. Minél nagyobb a tojás, annál bizonytalanabb, ezzel együtt pontatlanabb a pont helyzete. 3-as érték alatt geodéziai pontosságot érünk el, az értékek leolvashatók.



Name	Note	Time stamp
10200		4:59:12 2016/10/29
Northing	161442.072m	
Easting	512256.178m	
Elevation	143.378m	
Antenna	1.950m	
Quality control		
Horizontal precision	0.016m	
Vertical precision	0.018m	

13. ábra: Időpont és pontosság értékek (forrás: saját kép)

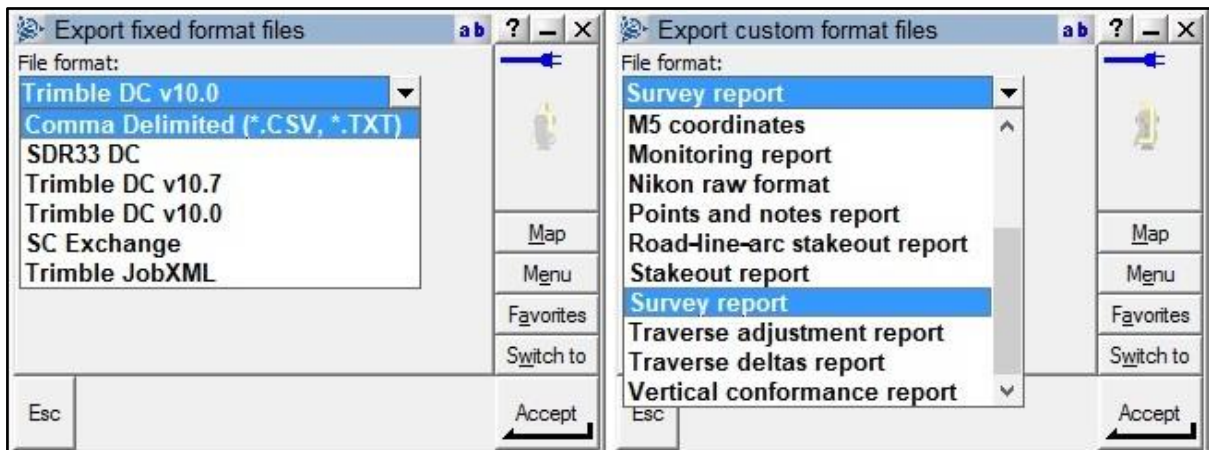


14. ábra: A bejárt útvonal miniatűr képe (forrás: saját kép)



15. ábra: A terepi vezérlő menüje (forrás: saját kép)

Ennél a menüpontnál van lehetőség a vezérlő egység konfigurálására, adatszerkesztésre, mérési metódusok beállítására és még sok mindenre. Innen exportálhatók az adatok, fix formátumban.



16. ábra: Export és mérési összefoglaló (forrás: saját kép)

Ellenőrizhetők továbbá a hiba paraméterek és az időpontok. Az antenna magassága is visszakereshető. Ez a korábban említett fáziscentrum magassága. Generálható miniatűr előnézet is az útvonalról és a bázisállomás a méréshez viszonyított tájolásáról. Az exportálás során figyelni kell, hogy formátumnak a CSV és TXT formátumokat adjuk meg (16. ábra bal oldali része). Ezeket a formátumokat tudjuk majd könnyen kezelni az adattábla műveleteknél. Az emulátor felkínál egy mérési összefoglalót, Survey report-ot is. Ez a geodéziai pontosságú mérés jegyzőkönyve (16. ábra jobb oldali része).

A jegyzőkönyv minden előzetesen kért adatot és paramétert rögzít (mikor mértünk, hol mértünk, milyen metódussal mértünk, mekkora volt a környezeti hőmérséklet stb.)

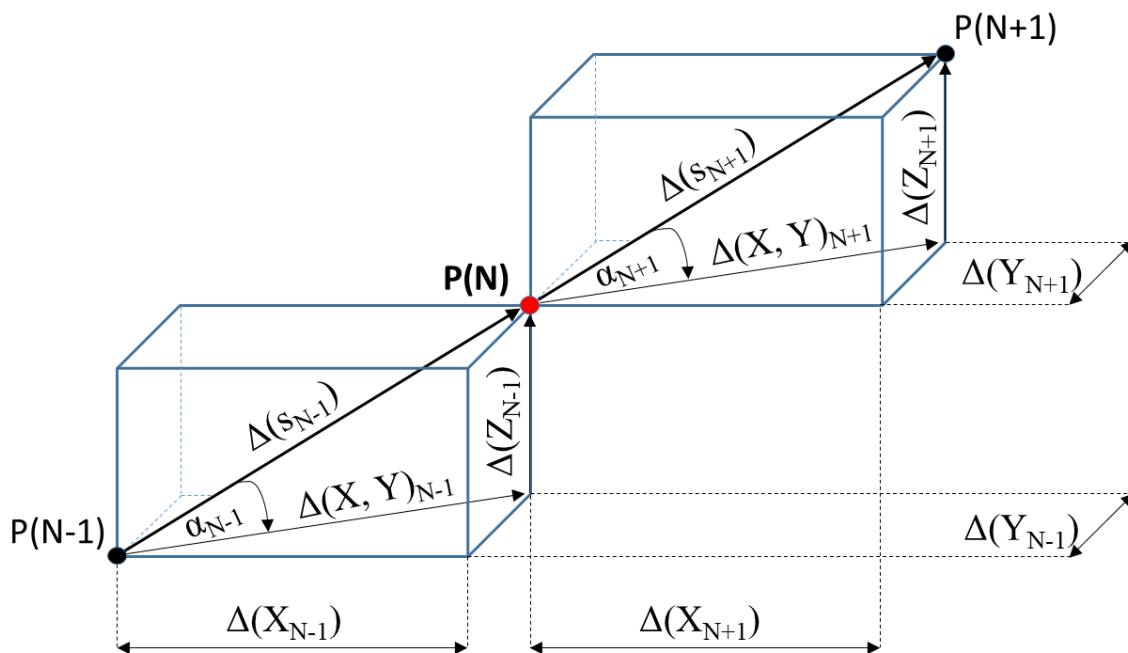
Az emulátorprogram beállítási lehetőségein a 11-15. ábra vezet végig. A mért koordináták EOVS (Egységes Országos Vetület) szerint vannak megadva, nem pedig a szokványos földrajzi fokpercben. Az attribútumtábla a pontjaim adatait tartalmazó adatbázis (kód, koordináták, tengerszint feletti magasság). Így térképen is megjelenik a mérés pontos helyrajza. Az itt-ott elmosódott kép valójában nem a rossz felbontásból adódik, hanem az alaptérkép tulajdonsága. Ezt követően a felesleges szakaszokat (pontokat) eltávolítottam. Ezek a pontok az adott sebességre történő gyorsítás és a mérés végén, az álló helyzet eléréséig rögzített, a mérések releváns kezdő- és végpontjain kívül eső adatok. Létrehoztam egy Shape fájlt az ezt megelőző CSV-ből [70]. Ezután már futtatható az editor, ahol hely alapján válogattam ki az adatokat. A Shape fájl egy vektoros térképformátum. A térképen ábrázoltam a mérés adatait a Balaton Vízyűjtő (bvtt) 1:10000 méretarányú topográfiai térképén. Ez később, a 27. ábrán köszön vissza.

### **Adattábla műveletek**

A következő fejezet részben az adatsorokon elvégzett korrekciók kerülnek bemutatásra. A korábbiakban bemutatott precíziós mérési módszer szigorú feltételrendszere ellenére a három méréssorozat elenyésző részét képezik a hiányzó vagy fals adatok. Összességében az adatok 1-5 százalékában detektáltam jelkimaradást, ezeket egyszerű matematikai számításokkal, a hiányzó adatokat környezetében felvételezett, megfelelő minőségű pontok alapján pótoltam. Ez a módszer kis hézagok pótlására megfelelő. Sorozatos jelkimaradás az útvonalakon alig adódott, ahol mégis, ott a téradatok pontosságára való törekvés miatt az adott útvonalat kivettem az elemzésből. A teljes adatsorra kiterjedő, folyamatos interpolációs műveletet az adathiányok nem indokoltak, ez a körülmény visszacsatolást ad a téradatok megfelelő minőségéről. A pontatlanságokat, esetleges adathibákat a későbbiekben, a különböző időpontban végrehajtott méréssorozatok eredményeit tartalmazó fejezet részekben részletesen bemutatom. Az attribútumtábla adatok közül a három koordináta, illetve a pontok kódja kerül exportálásra. A számításokat táblázatkezelőben végeztem. Első lépésben meghatároztam a szomszédos pontok függőleges és vízszintes síkra vetített távolságát. Az értelmezési keret,  $\Delta(Z)$ , mint vertikális és  $\Delta(X,Y)$ , mint horizontális elmozdulások. Második lépés a domborzati viszonyokat jellemző irányszög (Lejtés) meghatározása. A trigonometriából ismert tangens felírható, mint szögvel szemközti befogó ( $\Delta(Z)$ ) osztva a szög melletti befogóval ( $\Delta(X,Y)$ ). Ezzel a módszerrel képezzük le a felmért domborzatot a térbeli elmozdulás ismeretében. A következő fejezet részben részletezem a számolás részleteit.

### Síkbeli és térbeli elmozdulások:

A személygépjármű adott menet során, adott sebesség mellett adott utat tesz meg. Az elmozdulás a terepviszonyoknak megfelelően felbontható horizontális komponensre ( $\Delta(X, Y)$ ), illetve vertikális komponensre ( $\Delta(Z)$ ). A kettő elmozdulás mértékének aránya határozza meg a menetemelkedési szöget, amiből a lejtést jellemző tangens érték kiszámítható. A fejezet részben két viszonyítási módszert mutatok be. Egyrészt elemzem a kapcsolatrendszer a függőleges elmozdulásra ( $\Delta(Z)$ ) koncentrálva. Ebben az esetben a felvételezett pont két szomszédos pontját vizsgálom, és ezek különbsége adja meg a kitüntetett pontra, pontosabban a pont környezetére jellemző, függőleges magasságváltozást. A másik módszer pedig az iránytangens meghatározása. Itt szintén az adott pont két szomszédos pontja jelenti a számítás alapját, viszont a függőleges elmozdulás mellett a vízszintes elmozdulást is számolok, majd ezeket viszonyítom egymáshoz. A módszer vizuális értelmezése a 17. ábrán követhető.



17. ábra: Az N-edik felvételezett ponthoz viszonyított térbeli elmozdulások  
(forrás: saját kép)



F4								
=(D5-D3)								
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Mért mennyiségek					Származtatott mennyiségek		
2	ID	X [Ny-K]	Y [D-É]	Z		$\Delta(Z)$	$\Delta(X;Y)$	Lejtés
3	10044	161327,032	512855,625	135,142		-0,032	15,3179614	-0,0020891
4	10045	161328,505	512848,109	135,126		-0,030	15,3049383	-0,0019602
5	10046	161329,951	512840,601	135,112		-0,037	15,3004397	-0,0024182
6	10047	161331,421	512833,089	135,089		-0,049	15,3058007	-0,0032014
7	10048	161332,895	512825,581	135,063		-0,070	15,2983176	-0,0045757
8	10049	161334,372	512818,078	135,019		-0,095	15,3132671	-0,0062038
9	10050	161335,837	512810,553	134,968		-0,105	15,3238494	-0,0068521
10	10051	161337,318	512803,040	134,914		-0,108	15,3096897	-0,0070544
11	10052	161338,791	512795,531	134,860		-0,132	15,2910472	-0,0086325
12	10053	161340,272	512788,037	134,782		-0,140	15,2804229	-0,0091621
13	10054	161341,756	512780,541	134,720		-0,146	15,281184	-0,0095542
14	10055	161343,251	512773,049	134,636		-0,174	15,2731426	-0,0113925
15	10056	161344,734	512765,561	134,546		-0,148	15,2450625	-0,0097081
16	10057	161346,170	512758,086	134,488		-0,148	15,2316	-0,0097166
17	10058	161347,608	512750,603	134,398		-0,158	15,2254548	-0,0103774
18	10059	161349,027	512743,131	134,330		-0,146	15,2060679	-0,0096014
19	10060	161350,482	512735,671	134,252		-0,155	15,1895262	-0,0102044
20	10061	161351,943	512728,224	134,175		-0,145	15,1550067	-0,0095678

18. ábra: Függőleges elmozdulás számítása (forrás: saját kép)

### Jelmagyarázat:

$\Delta(Z)$ : Z-irányú elmozdulás (függőleges).

A 18. ábrán a koordinátákat tüntetem fel, adott identifikációs számokhoz rendelve. Amennyiben hagyományos Descartes-féle koordináta-rendszerben képzeljük el, az adott X koordináta nyugat-kelet orientációt, az Y koordináta pedig dél-észak orientációt ad meg. A Z érték pedig a tengerszint feletti magasság méterben értelmezve.

G4								
=GYÖK(NÉGYZETÖSSZEG(B5-B3;C5-C3))								
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Mért mennyiségek				Származtatott mennyiségek			
2	ID	X [Ny-K]	Y [D-É]	Z		$\Delta(Z)$	$\Delta(X;Y)$	Lejtés
3	10044	161327,032	512855,625	135,142		-0,032	15,3179614	-0,0020891
4	10045	161328,505	512848,109	135,126		-0,030	15,3049383	-0,0019602
5	10046	161329,951	512840,601	135,112		-0,037	15,3004397	-0,0024182
6	10047	161331,421	512833,089	135,089		-0,049	15,3058007	-0,0032014
7	10048	161332,895	512825,581	135,063		-0,070	15,2983176	-0,0045757
8	10049	161334,372	512818,078	135,019		-0,095	15,3132671	-0,0062038
9	10050	161335,837	512810,553	134,968		-0,105	15,3238494	-0,0068521
10	10051	161337,318	512803,040	134,914		-0,108	15,3096897	-0,0070544
11	10052	161338,791	512795,531	134,860		-0,132	15,2910472	-0,0086325
12	10053	161340,272	512788,037	134,782		-0,140	15,2804229	-0,0091621
13	10054	161341,756	512780,541	134,720		-0,146	15,281184	-0,0095542
14	10055	161343,251	512773,049	134,636		-0,174	15,2731426	-0,0113925
15	10056	161344,734	512765,561	134,546		-0,148	15,2450625	-0,0097081
16	10057	161346,170	512758,086	134,488		-0,148	15,2316	-0,0097166
17	10058	161347,608	512750,603	134,398		-0,158	15,2254548	-0,0103774
18	10059	161349,027	512743,131	134,330		-0,146	15,2060679	-0,0096014
19	10060	161350,482	512735,671	134,252		-0,155	15,1895262	-0,0102044
20	10061	161351,943	512728,224	134,175		-0,145	15,1550067	-0,0095678

19. ábra: Vízszintes elmozdulás számítása (forrás: saját kép)

### Jelmagyarázat:

$\Delta(X)$ : X-irányú elmozdulás (vízszintes);

$\Delta(Y)$ : Y-irányú elmozdulás (vízszintes);

### Számítási módszer:

$$\Delta(X_N) = \sqrt{(X_{N+1} - X_{N-1})^2} \quad (17)$$

$$\Delta(Y_N) = \sqrt{(Y_{N+1} - Y_{N-1})^2} \quad (18)$$

A vízszintes síkban értelmezett elmozdulás (19. ábra):

$$\Delta(X_N, Y_N) = \sqrt{\Delta X_N^2 + \Delta Y_N^2} \quad (19)$$

H4								
=F4/G4								
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Mért mennyiségek					Származtatott mennyiségek		
2	ID	X [Ny-K]	Y [D-É]	Z		$\Delta(Z)$	$\Delta(X;Y)$	Lejtés
3	10044	161327,032	512855,625	135,142		-0,032	15,3179614	-0,0020891
4	10045	161328,505	512848,109	135,126		-0,030	15,3049383	-0,0019602
5	10046	161329,951	512840,601	135,112		-0,037	15,3004397	-0,0024182
6	10047	161331,421	512833,089	135,089		-0,049	15,3058007	-0,0032014
7	10048	161332,895	512825,581	135,063		-0,070	15,2983176	-0,0045757
8	10049	161334,372	512818,078	135,019		-0,095	15,3132671	-0,0062038
9	10050	161335,837	512810,553	134,968		-0,105	15,3238494	-0,0068521
10	10051	161337,318	512803,040	134,914		-0,108	15,3096897	-0,0070544
11	10052	161338,791	512795,531	134,860		-0,132	15,2910472	-0,0086325
12	10053	161340,272	512788,037	134,782		-0,140	15,2804229	-0,0091621
13	10054	161341,756	512780,541	134,720		-0,146	15,281184	-0,0095542
14	10055	161343,251	512773,049	134,636		-0,174	15,2731426	-0,0113925
15	10056	161344,734	512765,561	134,546		-0,148	15,2450625	-0,0097081
16	10057	161346,170	512758,086	134,488		-0,148	15,2316	-0,0097166
17	10058	161347,608	512750,603	134,398		-0,158	15,2254548	-0,0103774
18	10059	161349,027	512743,131	134,330		-0,146	15,2060679	-0,0096014
19	10060	161350,482	512735,671	134,252		-0,155	15,1895262	-0,0102044
20	10061	161351,943	512728,224	134,175		-0,145	15,1550067	-0,0095678

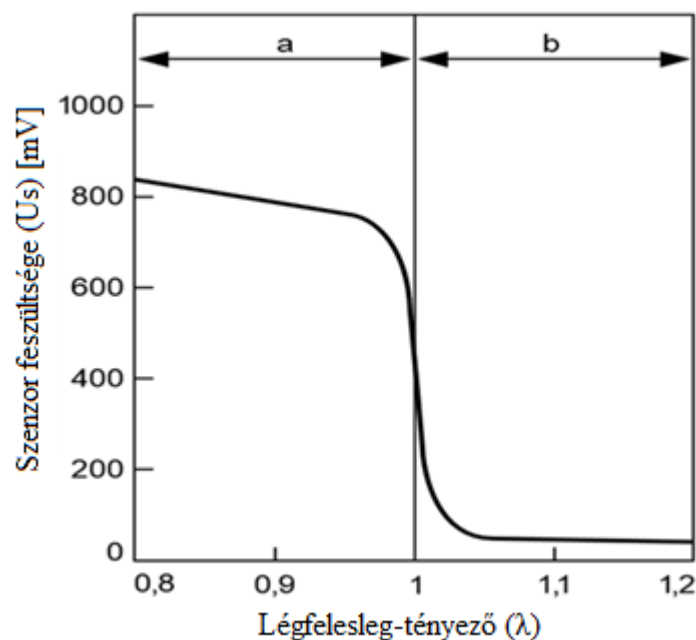
20. ábra: A magasságváltozást jellemző “iránytangens” számítása  
(forrás: saját kép)

Ebből a menetemelkedést jellemző iránytangens (20. ábra):

$$\tan \alpha = \frac{\Delta(X_N, Y_N)}{\Delta(Z_N)} \quad (20)$$

### 3.2.3. Diagnosztikai adatfeldolgozás, lambda korrekció

A téradatok mellett a diagnosztika naplózott adatait is előzetes adatelemzésnek vetem alá. A CarChip Pro szoftver lehetőséget ad a naplózni kívánt, adott menetre jellemző mennyiségek megadására. A dolgozatban légnyelés – domborzat és tüzelőanyag-fogyasztás – domborzat összehasonlítást végzek. A sebességek és az időbélyeg mellett a motor légnyelési adatait rögzítettem. Az első mérésorozatot alkalmával naplóztam a lambda szonda feszültségértékeit is. Erre az egzakt tüzelőanyag-fogyasztás számításához volt szükség [71, 72, 73]. A használt Data Loggerrel tüzelőanyag-fogyasztás naplózásra nincs lehetőség, de a légnyelésből és az aktuális szondafeszültségből származtatható. A következő fejezet részben a számítás lépéseit mutatom be. Első körben a lambda szonda karakterisztikáját vizsgálom.



21. ábra: Lambdaszonda karakterisztika [74]

A 21. ábra a kapcsolatot szemlélteti a szondafeszültség (U<sub>s</sub>) és a légfelesleg-tényező (λ) között. A képlet ebből adódóan a következő:

$$\lambda = \frac{(1+U) \cdot 10}{14,64} \quad (21)$$

A belsőégésű Otto- motorok keverékképzése az úgynevezett sztöchiometrikus keverési arány körül optimális. Sztöchiometrikus keverék esetén pontosan a befecskendezett tüzelőanyag tökéletes elégetéséhez szükséges mennyiségű levegő adódik.

Ez az elméleti keverési arány a  $\lambda=1$ -hez tartozó levegő : tüzelőanyag-arány. Számszerűen 1 egység tüzelőanyag tökéletes elégetéséhez 14,64 egység levegő jut. Ahogy a diagramról leolvasható, az adott pillanatban fellépő teljesítményigényhez igazítva a keverék összetétele módosulhat. Lehetséges szegényített, vagy dús keverék előállítás.

- $\lambda > 1$ , a keverék tüzelőanyagban szegény;
- $\lambda = 1$ , elméleti keverési arány;
- $\lambda < 1$ , a keverék tüzelőanyagban dús.

A légviszonytényező alakulása a keverék összetételéről ad információt. A megadott képlettel származtatom a  $\lambda$  adatsort.

E3		= ((1+B3)*10)/14,64					
	A	B	C	D	E	F	G
1	Naplózott (mért) mennyiségek				Származtatott mennyiségek		
2	Légnyelés [g/s]	Us [V]	Sebesség [km/h]		$\lambda$	Légnyelés/ $\lambda$	Tüaf. [l/100km]
3	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
4	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
5	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
6	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
7	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
8	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
9	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
10	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
11	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
12	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
13	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
14	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
15	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
16	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
17	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769
18	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769
19	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769
20	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769

22. ábra: Lambda érték számítása (forrás: saját kép)

A légviszonytényezővel korrigálom a légnyelés adatsort. Így adódik a szükséges levegőigény, az ideálshoz viszonyítva.

F3							
=A3/E3							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Naplózott (mért) mennyiségek				Származtatott mennyiségek		
2	Légnyelés [g/s]	Us [V]	Sebesség [km/h]		$\lambda$	Légnyelés/ $\lambda$	Tüaf. [l/100km]
3	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
4	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
5	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
6	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
7	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
8	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
9	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
10	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
11	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
12	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
13	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
14	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
15	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
16	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
17	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769
18	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769
19	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769
20	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769

23. ábra: Légnyelés – korrekció (forrás: saját kép)

Végezetül a feldolgozó szoftver és a számítás alapját képező mértékegységet átváltom. A műszerfalon, a katalógusokban és a műszaki leírásokban legelterjedtebb formula az adott jármű tüzelőanyag-fogyasztásának jellemzésére a száz kilométerre vetített üzemanyagigény.

#### Az átváltás lépései:

- $[g/s] \cdot 1000 \rightarrow [kg/s]$ ;
- $[kg/s] \cdot 3600 \rightarrow [kg/h]$ ;
- $[kg/h] \cdot 1,35 \rightarrow [l/h]$  MSZ EN 228 szabvány-előírás, MSZ EN ISO 12185, ESZ 95 sűrűség: 0,72-0,775  $[g/cm^3]$ (Az átlag reciprok közelítőleg 1,35) [75];
- $[l/h] \cdot (60/v) \rightarrow [l/100km]$ .



G3							=F3/14,64*3600/1000*1,35*(60/C3)
	A	B	C	D	E	F	G
1	Naplózott (mért) mennyiségek				Származtatott mennyiségek		
2	Légnyelés [g/s]	Us [V]	Sebesség [km/h]		$\lambda$	Légnyelés/ $\lambda$	Tüaf. [l/100km]
3	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
4	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
5	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
6	2,91	0,71	27		1,168033	2,491368421	1,837894737
7	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
8	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
9	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
10	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
11	2,66	0,7	27		1,161202	2,290729412	1,689882353
12	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
13	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
14	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
15	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
16	2,27	0,7	27		1,161202	1,954870588	1,442117647
17	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769
18	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769
19	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769
20	2,08	0,69	27		1,154372	1,801846154	1,329230769

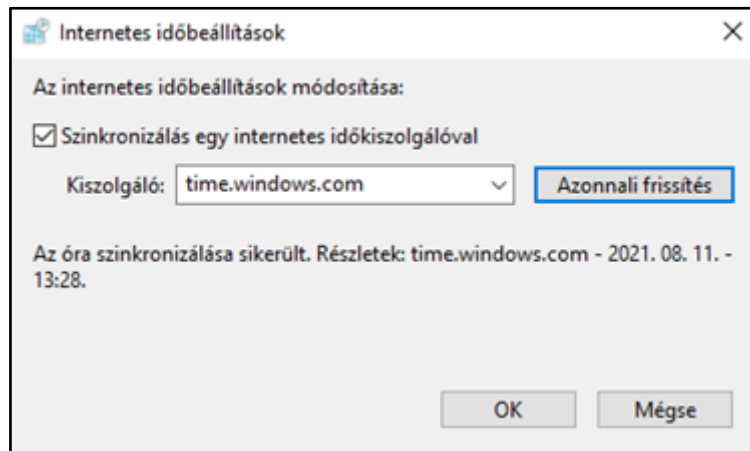
24. ábra: Tüzelőanyag-fogyasztás számítása (forrás: saját kép)

A bemutatott számítási módszer segítségével előállítottam a statisztikai elemzés alapját képező adatsorokat (22-24. ábra). A statisztikai feldolgozás során légnyelés – domborzat és tüzelőanyag-fogyasztás – domborzat közti kapcsolatot keresünk [76, 77, 78].

### 3.2.3. Időszinkronizálás

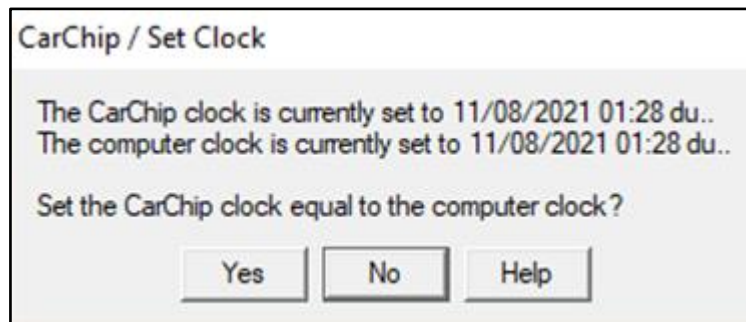
Következő feladat az egymásnak megfelelő, tehát adott időponthoz tartozó koordináták és diagnosztikai adatok szinkronizálása. Az adategyeztetési hibák elkerülése az időbélyegek vizsgálatával lehetséges. Korábban, az emulátorprogram miniatűrjeinek bemutatásakor esett szó a koordinátákhoz tartozó kódokról, attribútumokról. Ezek közé tartozik az időbélyeg, ami a pont felvételezésének pontos idejét tárolja, 24 órás, óra:perc:másodperc formátumban. Ezzel szemben a diagnosztika szoftvere más időbélyeget használ. Itt a mérés abszolút idejével találkozunk, nulla időpillanattól kezdve a mérés végéig eltelt idő formátumban. Lehetőség van a Data Logger óráját a számítógép idejéhez igazítani. Amennyiben a számítógép órája a mérést megelőzően pontosításra került, akkor az időszinkronizálás megfelelő.

A 25. ábrán megfigyelhető módon a számítógép óráját a Vezérlőpultban frissíthetjük, egy kiválasztott internetes időkiszolgálóval.



25. ábra: Internetes időkiszolgáló (forrás: saját kép)

Ugyanezt megtehetjük a CarChip Pro szoftverben, az óra beállításánál (26. ábra).



26. ábra: Data Logger időegyeztetés (forrás: saját kép)

Ezeket a lépéseket minden mérés előtt célszerű megtenni, hiszen így a számítógép órája jó viszonyítási alap a két méréssorozat kitüntetés, közös pontjainak meghatározására, az adateltolódás kockázata így jóval mérsékeltebb.



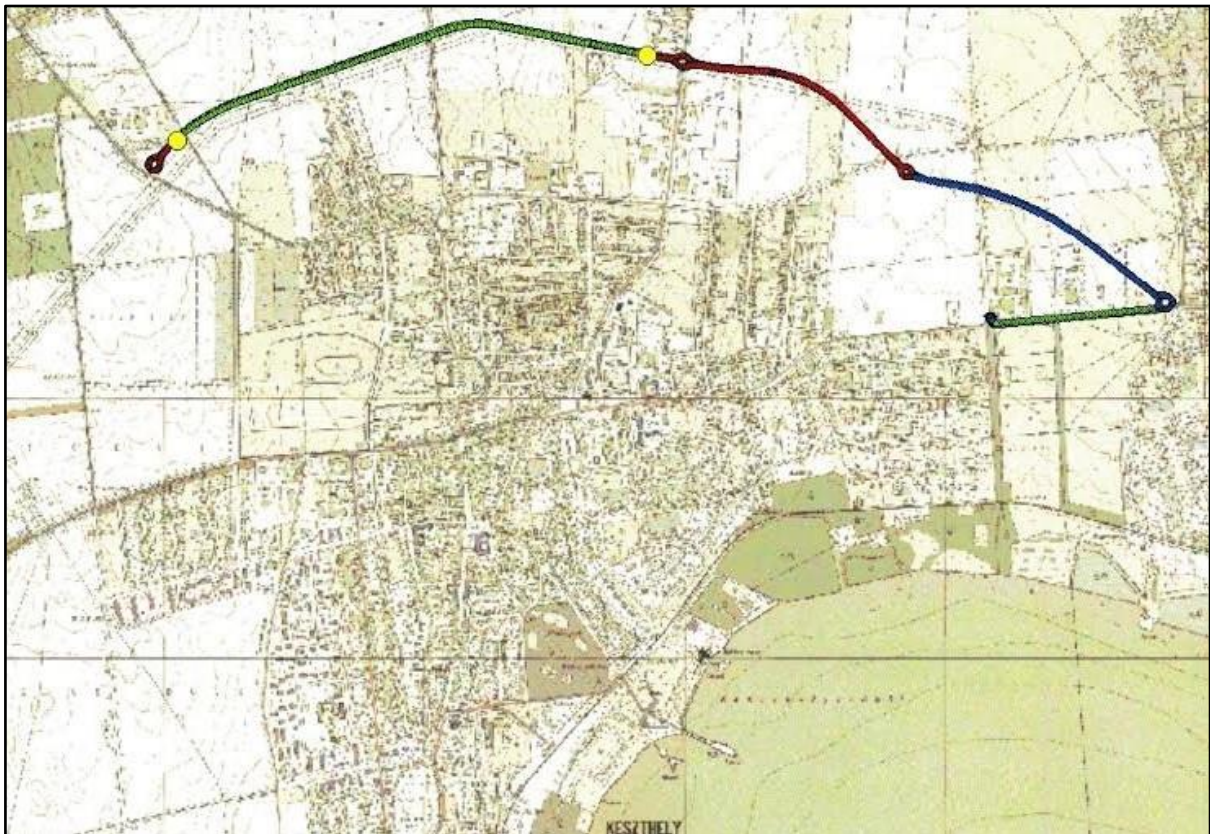
## 4. Fejezet

### Eredmények

A negyedik fejezet a korábbiakban lefektetett elméleti megfontolásokra támaszkodva az eredményeket tárgyalja. Három különböző helyen, különböző időpontban, eltérő útvonali attribútumok és a méréssorozatokra vonatkozóan az évszakra jellemző, stacioner időjárási viszonyok mellett végrehajtott méréssorozat statisztikai feldolgozása kerül bemutatásra.

#### 4.1. Első méréssorozat

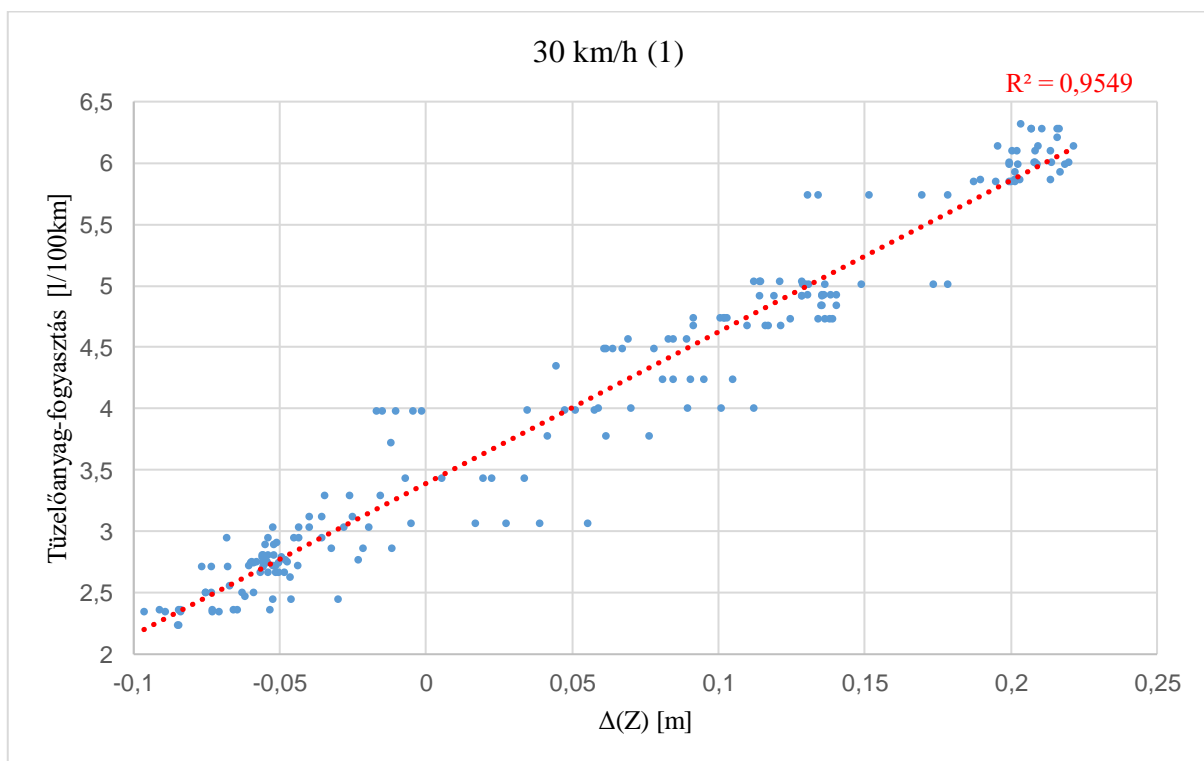
Az első méréssorozatot a 71-es főúton végeztem el. Behatároltam két körforgalom közti szakaszt, amely jól azonosítható emelkedőt és lejtőt tartalmaz, ennek megfelelően végeztem el a mérés feldolgozását. Sebességtartó automatikával, 30, 40 és 50 km/h állandó sebességek mellett felvételeztem. Az adott menetciklust tekintve a sebesség értéke még mindig közel állandó, viszont tartományát tekintve, a különböző menetciklusokról beszélhetünk. Ez a három tartomány jó elkülöníthető egymástól és a városi haladási viszonyokat is jól jellemzi, a forgalom gátló tényezői mégiscsenek hatással a mérésre. Ez a körülmény az első lépéseknél kedvező.



27. ábra: Az első mérés helyszíne (forrás: saját kép)

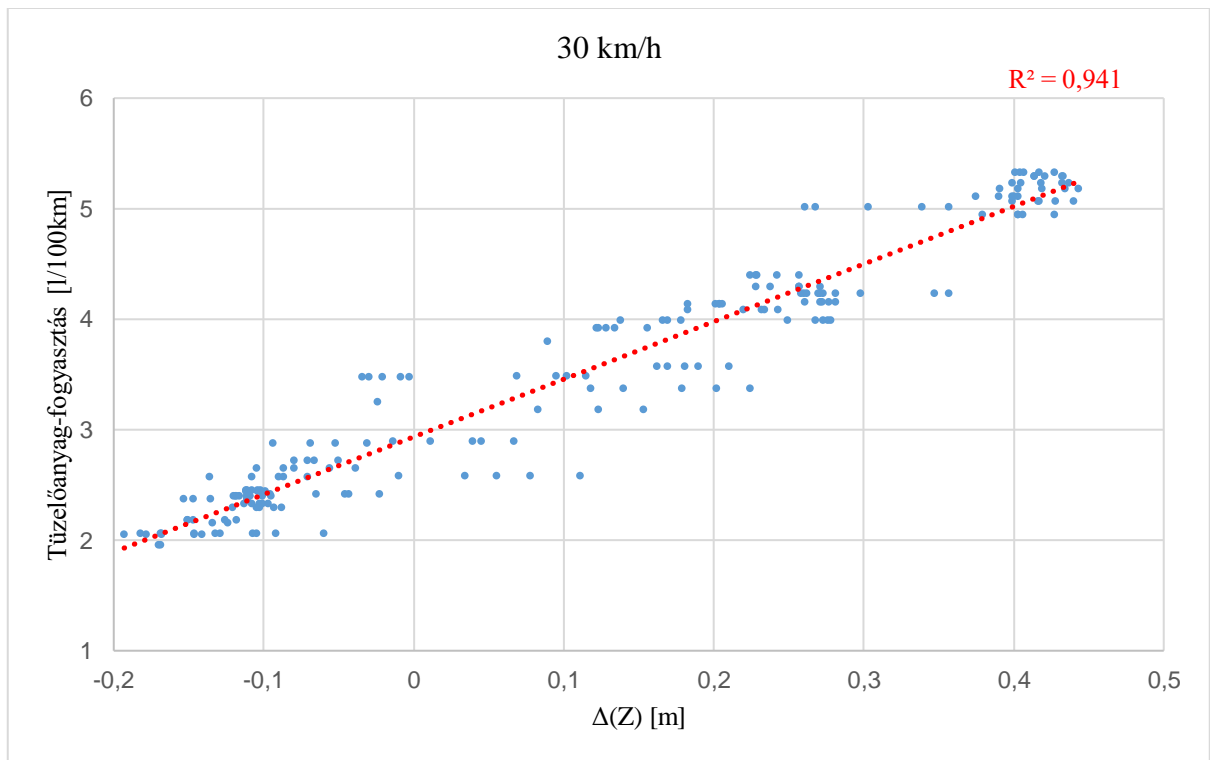
Az ábrázolt pontthalmazok (valójában az útvonalak) alá a szemléletesebb ábrázolás kedvéért illeszttek egy 10000-es topográfiai térképet. (<http://vector.georgikon.hu/arcgis/services>). Ez a Pannon Egyetem Georgikon Karán működtetett térképszerverről vett adat. Ez a szokásosan használatos legrészletesebb topográfiai térkép, ami teljes Magyarországra létezik (27. ábra). A folytatásban bemutatom a méréssorozatokat.

- 30 (1): 30 km/h állandó sebességű méréssorozat, első kör;
- 30: 30 km/h állandó sebességű méréssorozat;
- 40: 40 km/h állandó sebességű méréssorozat;
- 50: 50 km/h állandó sebességű méréssorozat.

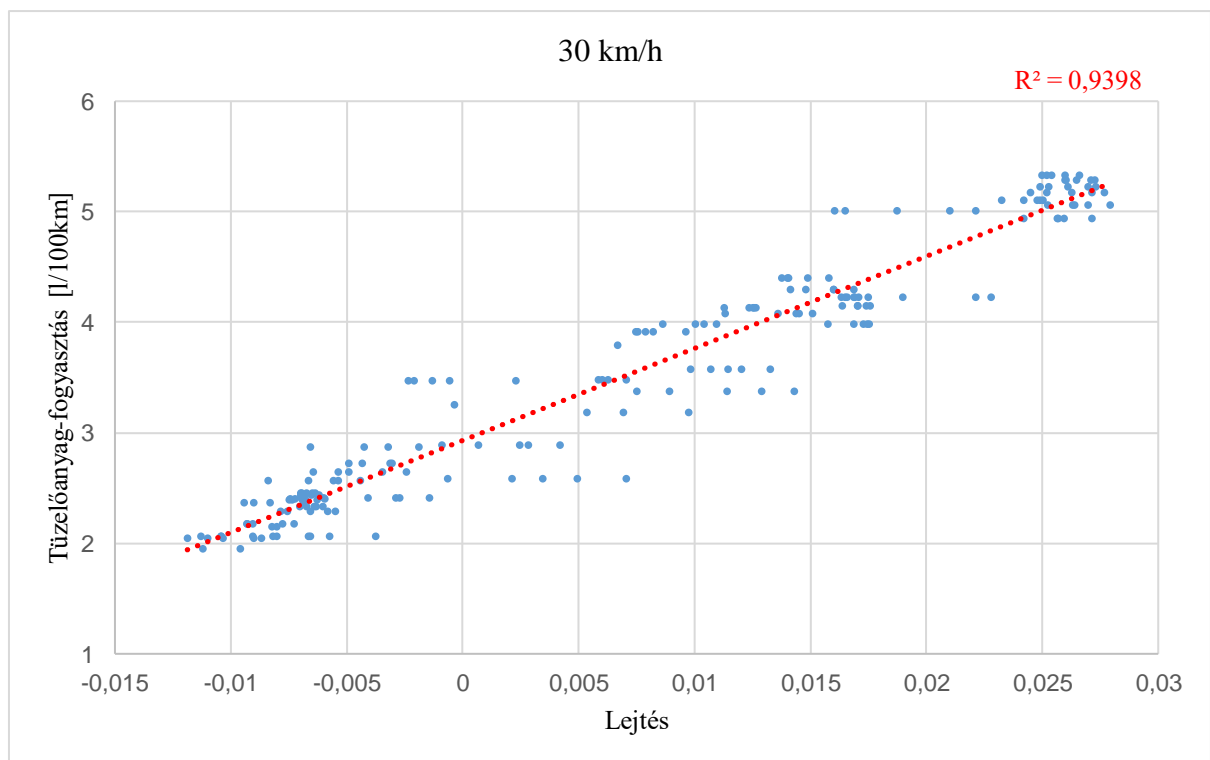


28. ábra: A tüzelőanyag-fogyasztás és a magasságváltozás közti kapcsolat (30km/h)  
(forrás: saját kép)

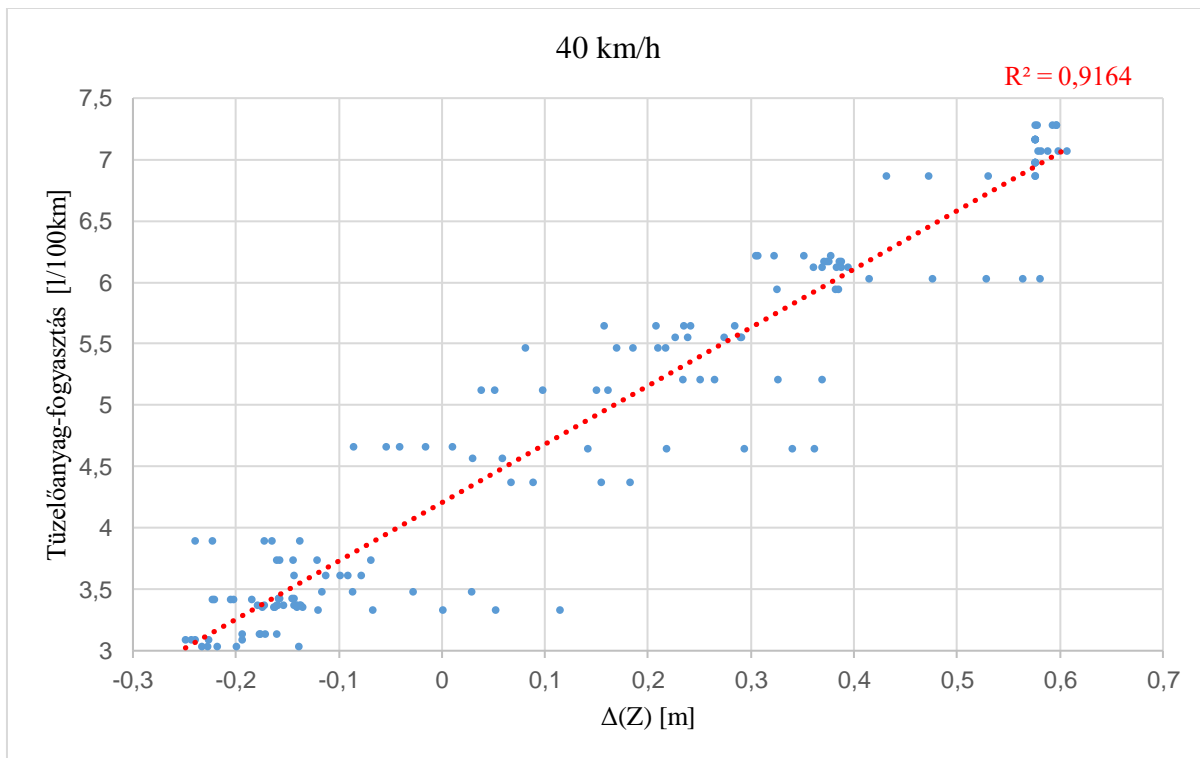
A méréssorozat sajátossága, hogy nem végeztem teljes adatsorra vetített interpolációs műveletet, nem korrigáltam az eltérő mintavételezési frekvenciákat. Néhány hiányos adatot detektáltam, ezeket manuálisan, a megfelelő matematikai műveletekkel pótoltam/korrigáltam. A diagramon jól látszik a magas értékű determinációs együttható, az adatsor jellegére a ritkább mintavételezés inkább vizuális hatást gyakorol, a megfeleltetés magas minősége így is garantálható. Az eredmények a 28-34. ábrán követhetők.



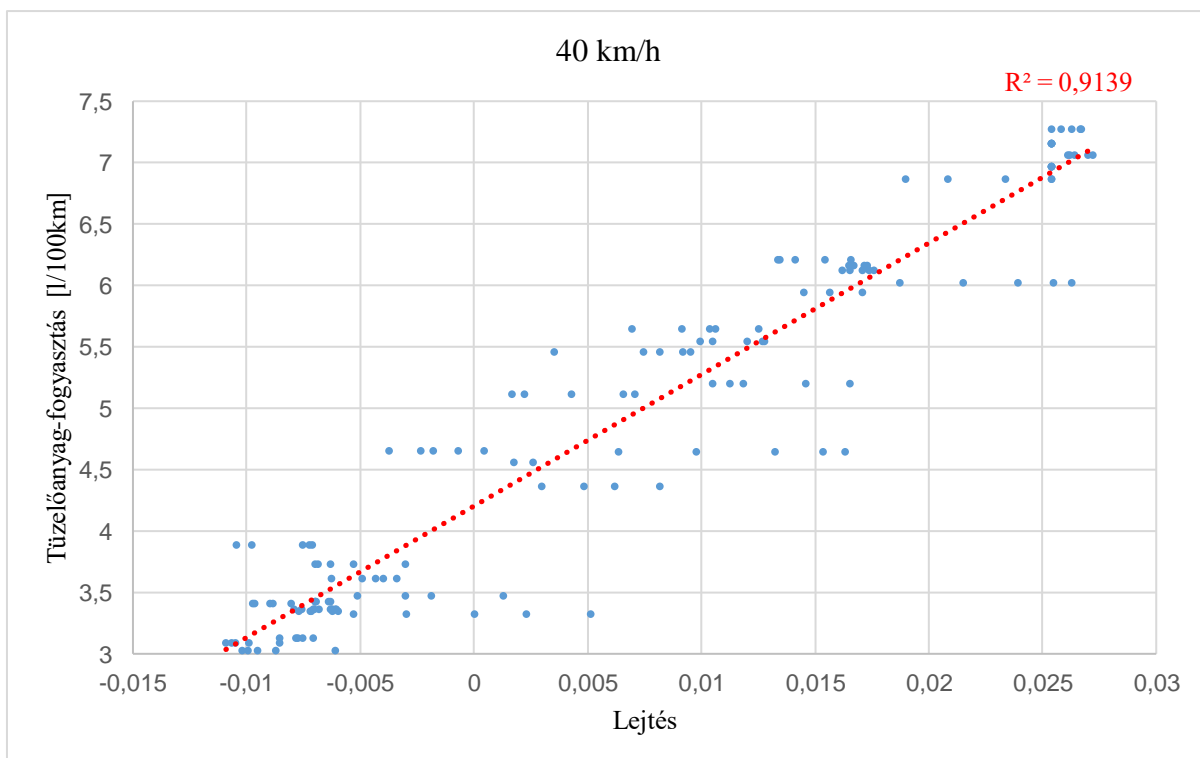
29. ábra: A tüzelőanyag-fogyasztás és a magasságváltozás közti kapcsolat (30 km/h)  
(forrás: saját kép)



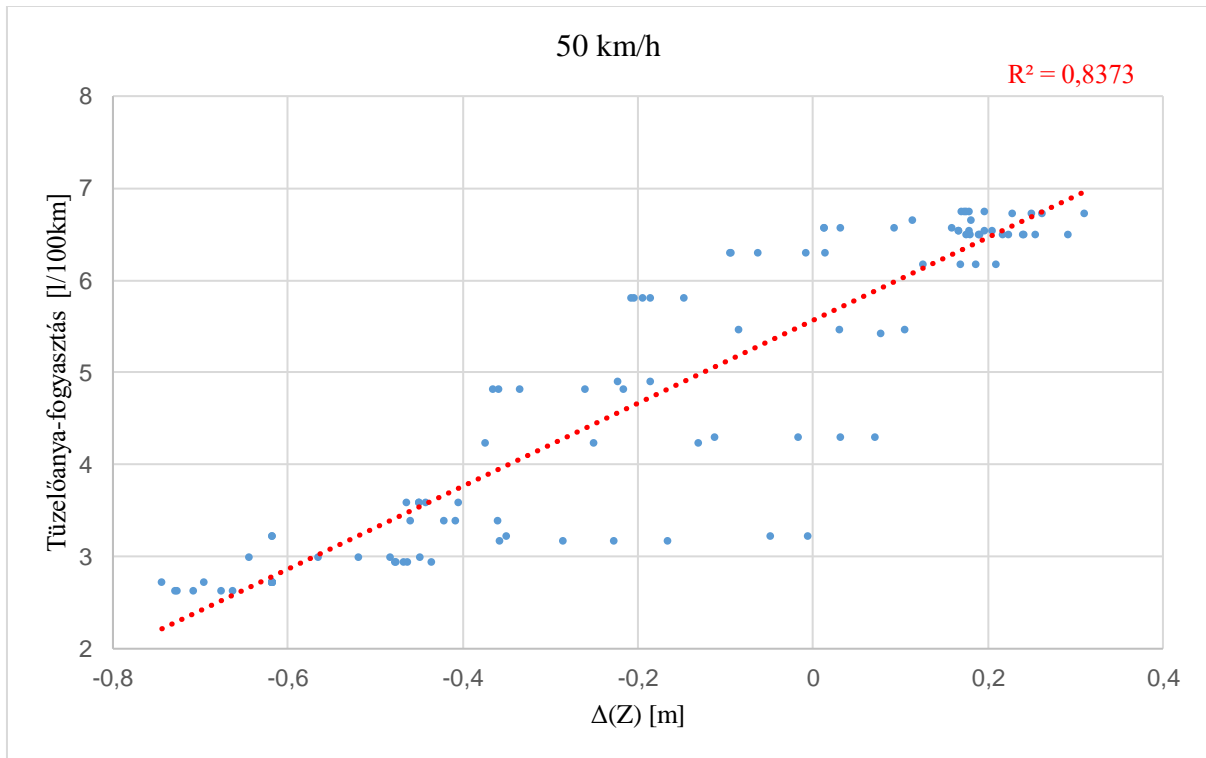
30. ábra: A tüzelőanyag-fogyasztás és az iránytangens közti kapcsolat (30 km/h)  
(forrás: saját kép)



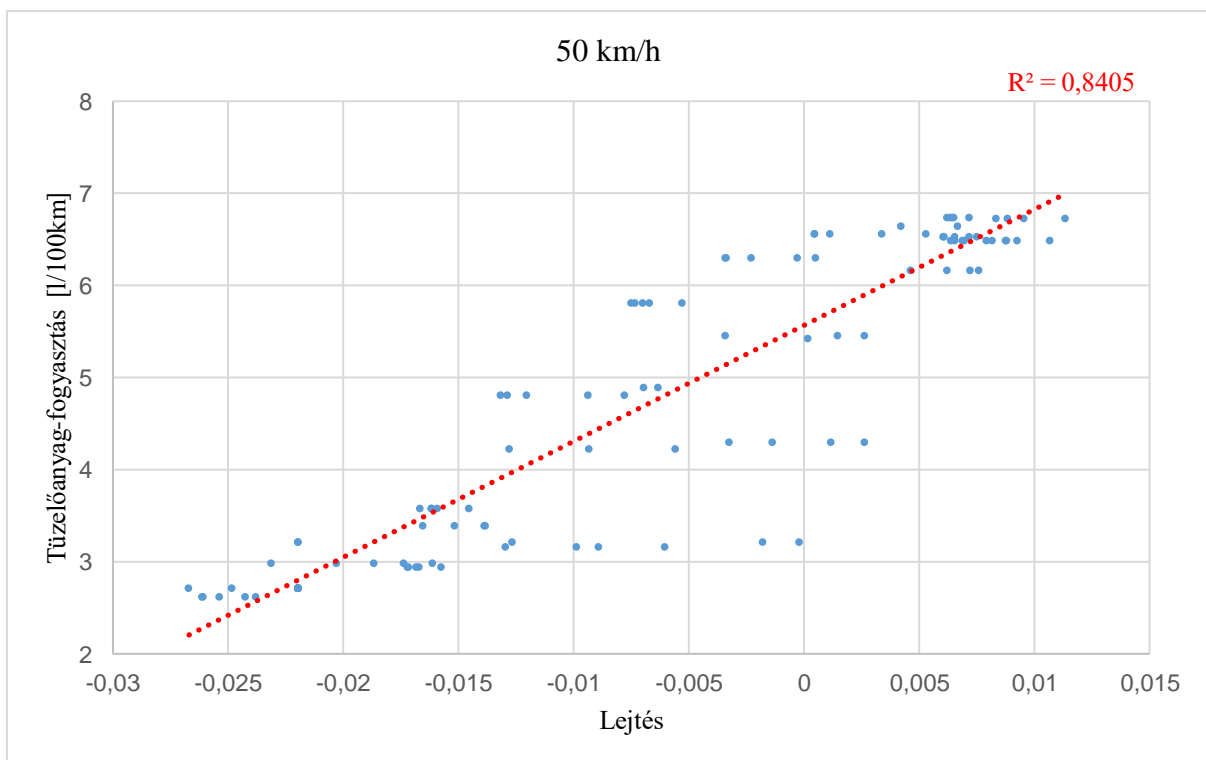
31. ábra: A tüzelőanyag-fogyasztás és a magasságváltozás közti kapcsolat (40km/h)  
(forrás: saját kép)



32. ábra: A tüzelőanyag-fogyasztás és az iránytangens közti kapcsolat (40km/h)  
(forrás: saját kép)



33. ábra: A tüzelőanyag-fogyasztás és a magasságváltozás közti kapcsolat (50km/h)  
(forrás: saját kép)



34. ábra: A tüzelőanyag-fogyasztás és az iránytangens közti kapcsolat (50km/h)  
(forrás: saját kép)

#### 4.1.1. Az első mérésorozat eredményei

Az első mérésorozat során több különböző, állandó sebességű mérés végrehajtására törekedtem. A bemutatott sebességtartományok elemzése után a következő eredmények adódtak.

12. táblázat: Az első mérésorozat eredményei

Sebességtartomány	R <sup>2</sup>	Illesztés típusa
30 km/h (1)	0,9549	Lineáris; tüzelőanyag-fogyasztás – $\Delta(Z)$
30 km/h	0,9410	Lineáris; tüzelőanyag-fogyasztás – $\Delta(Z)$
	0,9398	Lineáris; tüzelőanyag-fogyasztás – iránytangens
40 km/h	0,9164	Lineáris; tüzelőanyag-fogyasztás – $\Delta(Z)$
	0,9139	Lineáris; tüzelőanyag-fogyasztás – iránytangens
50 km/h	0,8373	Lineáris; tüzelőanyag-fogyasztás – $\Delta(Z)$
	0,8405	Lineáris; tüzelőanyag-fogyasztás – iránytangens

Az adatok feldolgozására két módszer használtam. Első körben elemeztem az adatsorok hasonlóságát a felvételezett tengerszint feletti magasságok változásaira támaszkodva. A determinációs együtthatók nagyon magas fokú egyezést mutatnak. Az adatok eloszlásának számszerűsítésére lineáris illesztést használok a mérésorozat összes, a feldolgozásba bevont adatsora esetén. Az elemzésre alkalmas adatsorok kialakításáról a korábbi fejezetben beszámoltam. A tanulságok után az iránytangensek változékonyságát is összehasonlítottam a tüzelőanyag-fogyasztás változékonyságával. Tapasztalataim szerint a determinációs együtthatót minimális mértékben befolyásolja. A 12. táblázatból kiolvashatók a különbségek, melyek rendre 0,0012, 0,0027 és 0,0038. A maximális eltérés 0,38%, ami módszer szempontjából elhanyagolható, így összességében mind a két módszer eredményesen alkalmazható.

## Dimenzióanalízis

A méréssorozat eredményei, így a regressziós egyenletek is alapértelmezettként statisztikai alakban adódnak. Célszerű ezeket a járműmérnöki gyakorlathoz jobban illeszthető alakra hozni. Ennek módszertanát rögzíti a dimenzióanalízis [79, 80]. Röviden összefoglalom ennek lépéseit a saját kutatásomra vonatkozóan. Az első méréssorozat elemzett változói a következők:

- Tüzelőanyag-fogyasztás:  $Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]$  – Magasságváltozás:  $\Delta(Z)$  [m];
- Tüzelőanyag-fogyasztás:  $Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]$  – Lejtés:  $\text{tg}\alpha$ .

A baloldalon térfogat jellegű dimenzió jelenik meg, hosszdimenzióval elosztva. A jobboldalon pedig hosszúság jellegű dimenziók találhatók. A szögfüggvények dimenziómentesek. Az egyenletek jobb- és baloldalának dimenziója meg kell, hogy egyezzen. Ennek biztosítása érdekében a konstansokhoz a megfelelő dimenziókat rendeltem. A 13. táblázatban a statisztikai alak mellé illeszttem a dimenzionálisan homogén alakot is. Ennek eredményeképp a valós fizikai jellemzők tüntethetők fel az egyenletekben. A további méréssorozatok eredményeinek tárgyalásánál is hasonlóan járok el.

13. táblázat: Regressziós egyenletek és dimenzióanalízis, 1. méréssorozat

<b>Tüzelőanyag-fogyasztás: <math>Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]</math> - Magasságváltozás: <math>\Delta(Z)</math> [m]</b>		
<b>Kód</b>	<b>Statisztikai alak</b>	<b>Dimenzionálisan homogén alak</b>
30 km/h (1)	$y=12,334x+3,3911$	$Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]=12,334 \left[ \frac{1}{100000\text{m}^2} \right] \Delta(Z)[\text{m}] + 3,3911 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]$
30 km/h	$y=5,2117x+2,9351$	$Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]=5,2117 \left[ \frac{1}{100000\text{m}^2} \right] \Delta(Z)[\text{m}] + 2,9351 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]$
40 km/h	$y=4,7515x+4,2064$	$Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]=4,7515 \left[ \frac{1}{100000\text{m}^2} \right] \Delta(Z)[\text{m}] + 4,2064 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]$
50 km/h	$y=4,5009x+5,5652$	$Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]=4,5009 \left[ \frac{1}{100000\text{m}^2} \right] \Delta(Z)[\text{m}] + 5,5652 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]$
<b>Tüzelőanyag-fogyasztás: <math>Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]</math> - Lejtés: <math>\text{tg}\alpha</math></b>		
30 km/h	$y=83,304x+2,9306$	$Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]=83,304 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right] \text{tg}\alpha + 2,9306 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]$
40 km/h	$y=107,07x+4,2034$	$Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]=107,07 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right] \text{tg}\alpha + 4,2034 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]$
50 km/h	$y=125,92x+5,5664$	$Q \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]=125,92 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right] \text{tg}\alpha + 5,5664 \left[ \frac{1}{100\text{km}} \right]$

## 4.2. Második mérésorozat

A második mérésorozat az elsőhöz hasonlóan közúton zajlott. Tartalmazza a Keszthelyt elkerülő 71-es főút város körüli részét, valamint annak körforgalmait és összekötő, belvárosi szakaszokat.

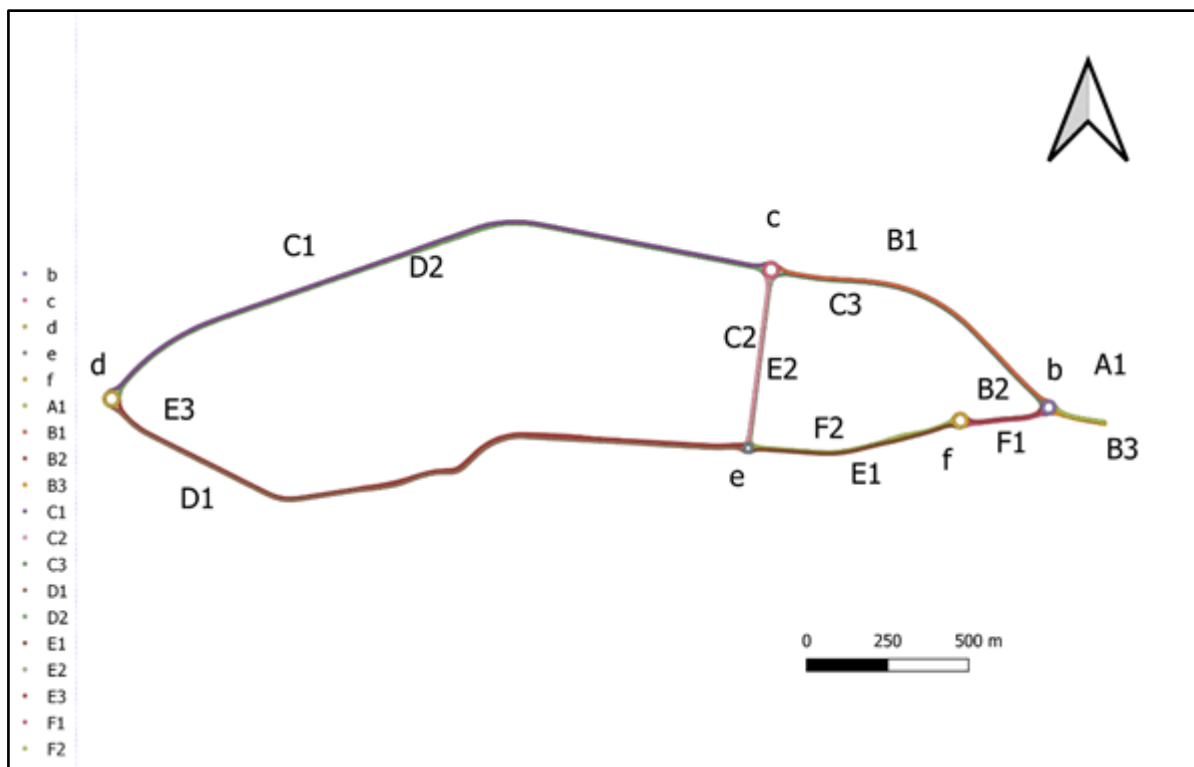
A következőkben bemutatásra kerülő mérésorozat elemzésekor adott útvonal speciális felbontási lehetőségeit elemzem. Céлом specifikus útvonali jellemzők, emelkedés és lejtés alapján besorolni az útvonalakat, ezzel segítve a fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározási modell felépítését. Első lépésben nagypontosságú helymeghatározási mérésekkel mérem fel a gépjármű útvonalát. Második lépésben a fedélzeti diagnosztika tüzelőanyag-fogyasztási adatait elemzem ugyanazon a bejárt útvonalon, adott sebességtartományban. Vizsgálataim során arra keresem a választ, hogy az útvonal részekre bontása azok domborzati viszonyai alapján, milyen hatásokat fejt ki az adatelemzésre.

A változók meghatározásánál fontos ismerni az attribútumok, két független mérésorozat közti megfeleltethetőségre kifejtett, közelítőleges hatását. Erről a második fejezetben részletesen beszámoltam. A megfeleltethetőség mértékét számszerűsítem, nemcsak a teljes bejárt útvonalra vonatkoztatva, hanem az útvonal különböző jellegzetes részleteire is. Az útvonalat részekre bontom, kategóriákba sorolom és a módszer tanulságait a fedélzeti diagnosztikán alapuló pozíció meghatározási módszer számítógépes implementációjánál is felhasználom.

Könnyen bejárható útvonalhálózatra volt szükség, mely tartalmaz elágazásokat, és különböző típusú részleteket, így sík részeket, szignifikáns emelkedőket és lejtőket, valamint ezek kombinációját. A bejárhatóság, és a kedvezőtlen beavatkozások, mint a fékezés és gázadás elkerülése érdekében az útvonalat úgy választottam ki, ahol az elágazásokat körforgalmak jelentik.

Gráfelméleti példával élve, a csomópontok a körforgalmak, ahol feltételezzük, hogy valamilyen változás történik, az élek pedig maguk az útvonalak a hálózatban. A körforgalmak az elemzett szakaszok kezdő- és végpontjai.

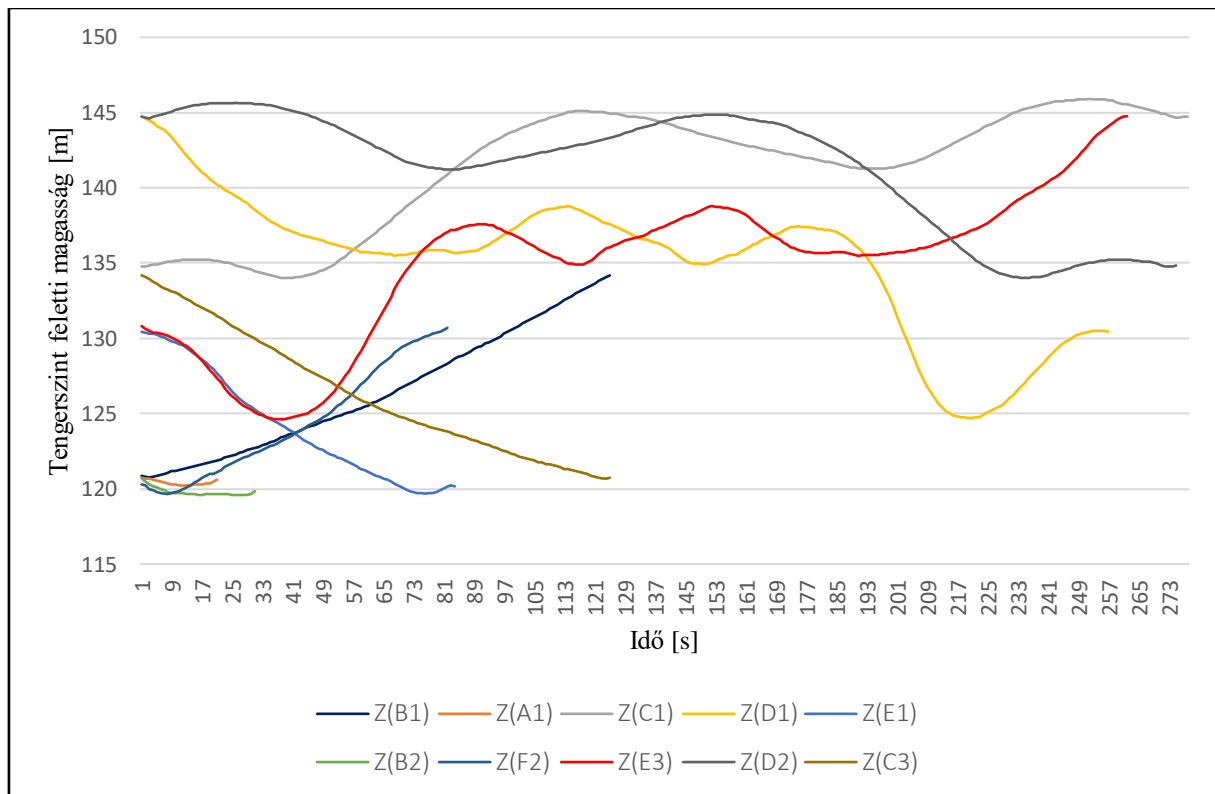




35. ábra: A második mérés topológiája (forrás: saját kép)

A 35. ábra szemlélteti az új mérési útvonalat, amely tartalmaz 5 körforgalmat és 12 teljes értékű útvonalat egy kilépő és egy belépő szakasszal. Ezt az útvonalhálózatot szükséges felbontani, a besorolásokat meghatározni, és a különböző determinációs együtthatókat meghatározni. A fő kérdés itt az, hogy az útvonali attribútumok (emelkedő, lejtő, sík részek) milyen hatást fejtenek ki a megfeleltethetőségre.

A tanulságok segítenek a későbbi mérések tervezésénél, szemléltetik az illesztés pontosságát, előre vetítik a nagyobb sebességtartományokra vonatkozó kritériumokat.



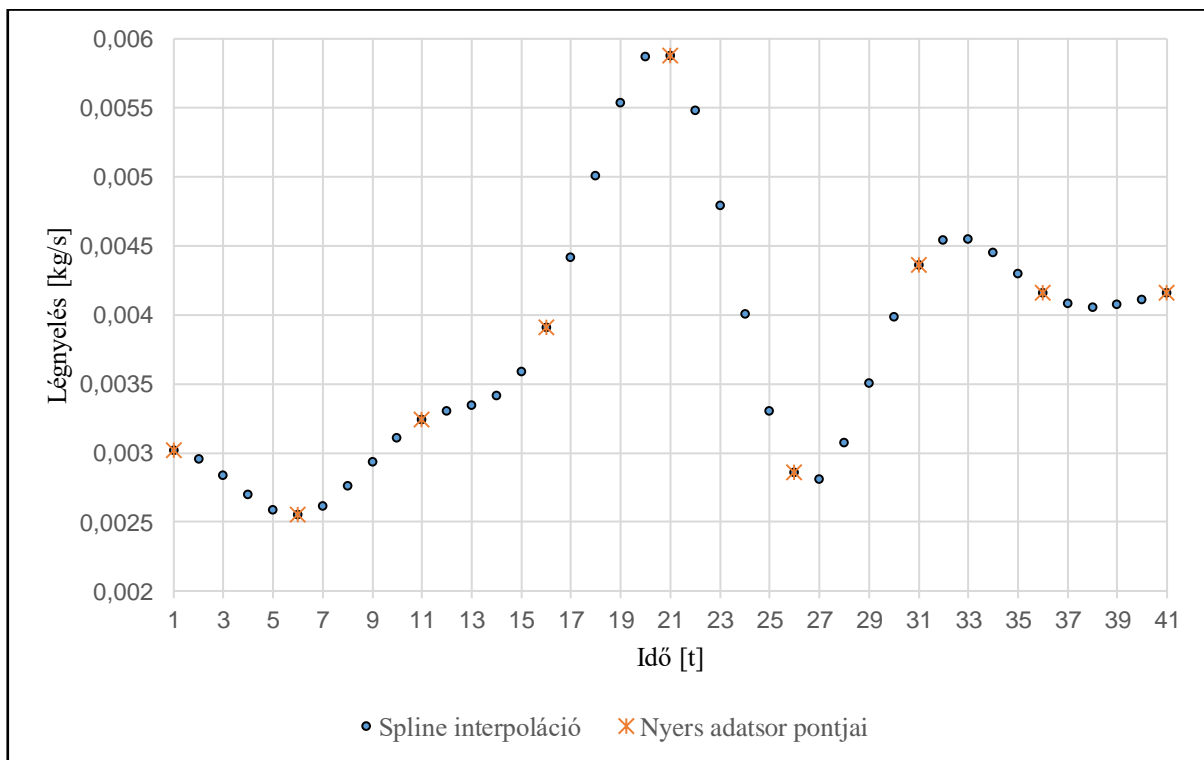
36. ábra: Vizuális adatelemzés, magasságváltozások (forrás: saját kép)

A 35. ábra a hálózat topográfiája mellett a GIS elemzés – Geographic Information System, földrajzi információs rendszer - utáni koordináták megjelenítése. A Trimble 5800-as GPS eszköz szolgáltatja nekünk a geodéziai pontosságú téradatokat. Az RTK módszerrel vízszintes síkban 4-5 cm, függőleges síkban 6-8 cm pontosság garantálható. Folyamatos topográfiai felméréssel 10 Hz-es mintavételezési frekvenciával, másodpercenként felvételezem az adatokat, Egységes Országos Vetületben. Az EOVS, a Magyarországon hivatalos térképi vetület, ahol X, Y és Z koordinátákkal, metrikus rendszerbe dolgozunk. A 36. ábrán az útvonalak magassági adatbázisának grafikus megjelenítése látható.

### Mérési pontatlanságok, eltérések, interpolációs műveletek

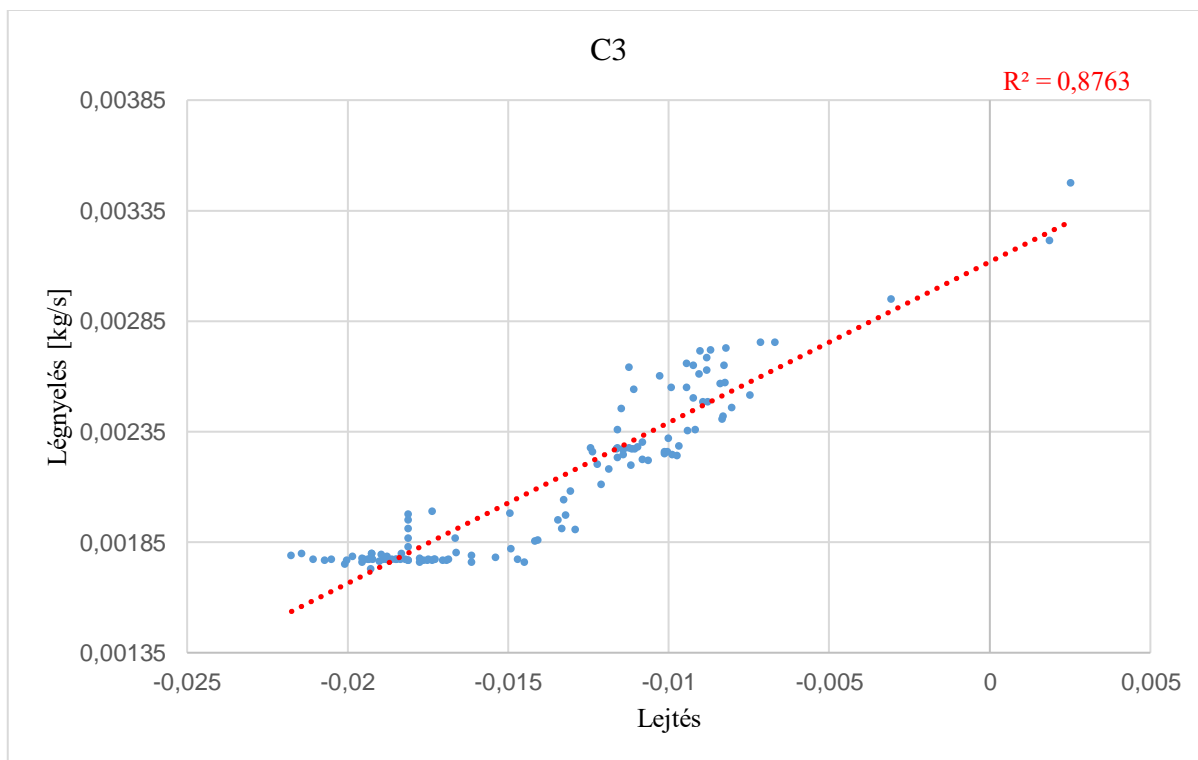
A GIS szerkesztés során az 1723 koordinátából 98 volt hibás. Ezek az adatok 5,67%-át jelentik, ami elfogadható. A hiányzó adatokat lineáris interpolációval pótoltam a két szomszédos adatot felhasználva. Az első ábrán megjelenített 14 lehetséges útvonalból hármat ki kellett vennem, GPS adathibák miatt. A C2 és E2 útvonalakon egymás utáni, sorozatos jelkimaradásokat lokalizáltam, amely pótlása új mérés nélkül nem lehetséges. Tekintettel a precíziós mérés nehézségeire ezeket az útvonalakat nem elemzem.

Az F1 útvonal elemzése során pedig adategyeztetési hibák léptek fel, ennek a közelítőleg sík szakasznak a helyére vettem be az A1-es, szintén közel sík, bevezető, így kevés adatpontot tartalmazó szakaszt. A diagnosztikai mérésorozatot CarChip Pro dataloggerrel végeztem, szélcsendben, üzemmeleg motorral. Az OBD eredmények feldolgozásánál tekintettel kellett lennem arra, hogy a mintavételezési frekvencia nem egyezik meg a GPS eszköz mintavételezési frekvenciájával, előbbi rendszer 5, utóbbi 1 másodpercenként szolgáltat adatokat, ezért az OBD adatsoron spline típusú interpolációs műveletet végeztem. A spline típusú interpolációs művelet során két szomszédos pont közé harmadfokú polinomot illesztünk, a pontok ezen a görbén helyezkednek el. A görbék kezdő- és végpontjai illeszkednek az előzetes pontokhoz. Ez a tulajdonság közúti viszonyok modellezésére alkalmas és MATLAB környezetben beépített lehetőségként adódik. Két szomszédos pont közé négy adatot pótoltam (37. ábra).

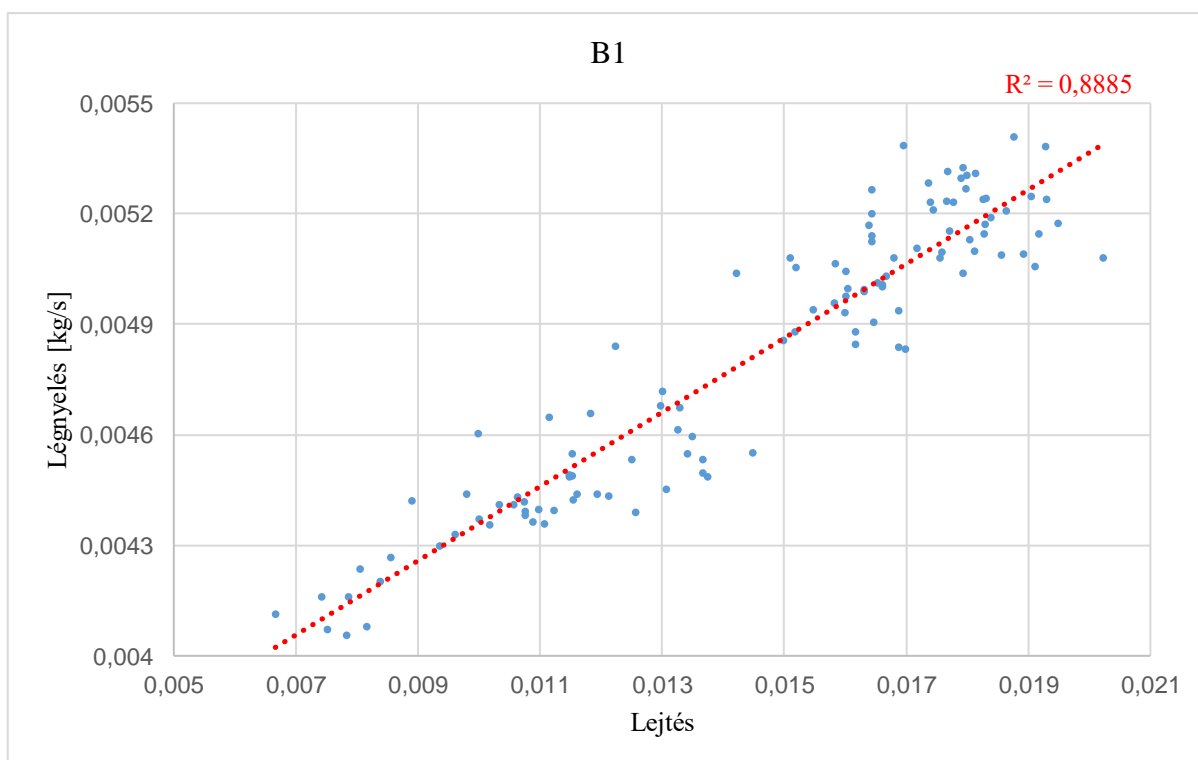


37. ábra: Interpolációs művelet, kiragadott részlet (forrás: saját kép)

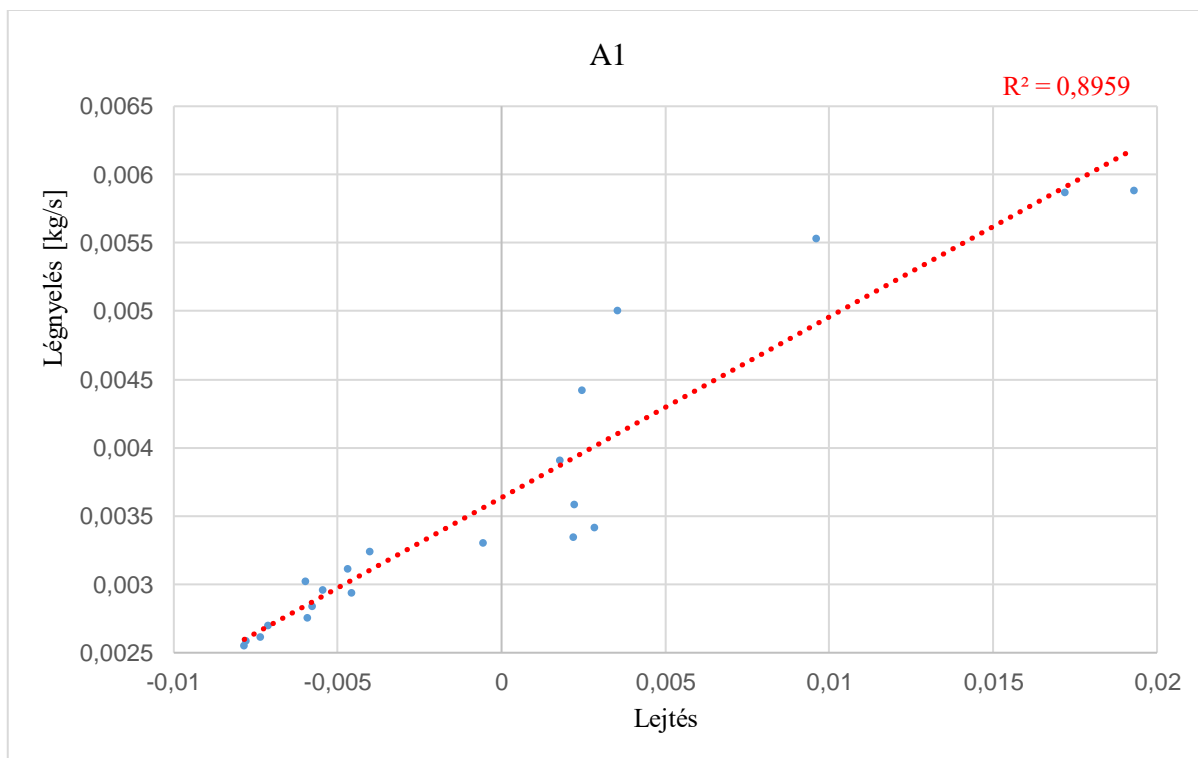
A lépések után illeszttem egymáshoz az adatsorokat az időbélyegek alapján és elkezdem a szakaszokra bontást. A topológiából adódóan a körforgalmak közti útszakaszokat választom ki. Az adott körforgalomba bevezető és kivezető összes szakasz a körforgalomhoz elméletileg már nem tartozó meghatározott pontját tekintem a megfelelő szakasz kezdő vagy végpontjának.



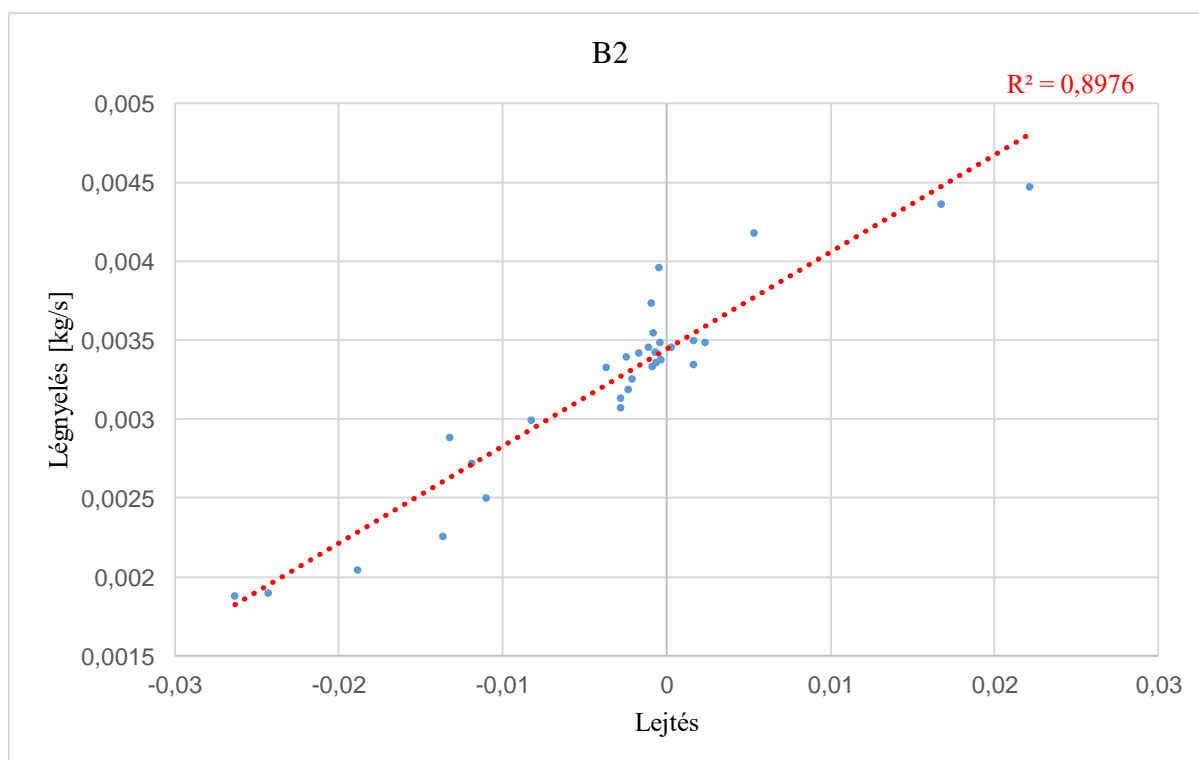
38. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (C3 szakasz, 30km/h)  
(forrás: saját kép)

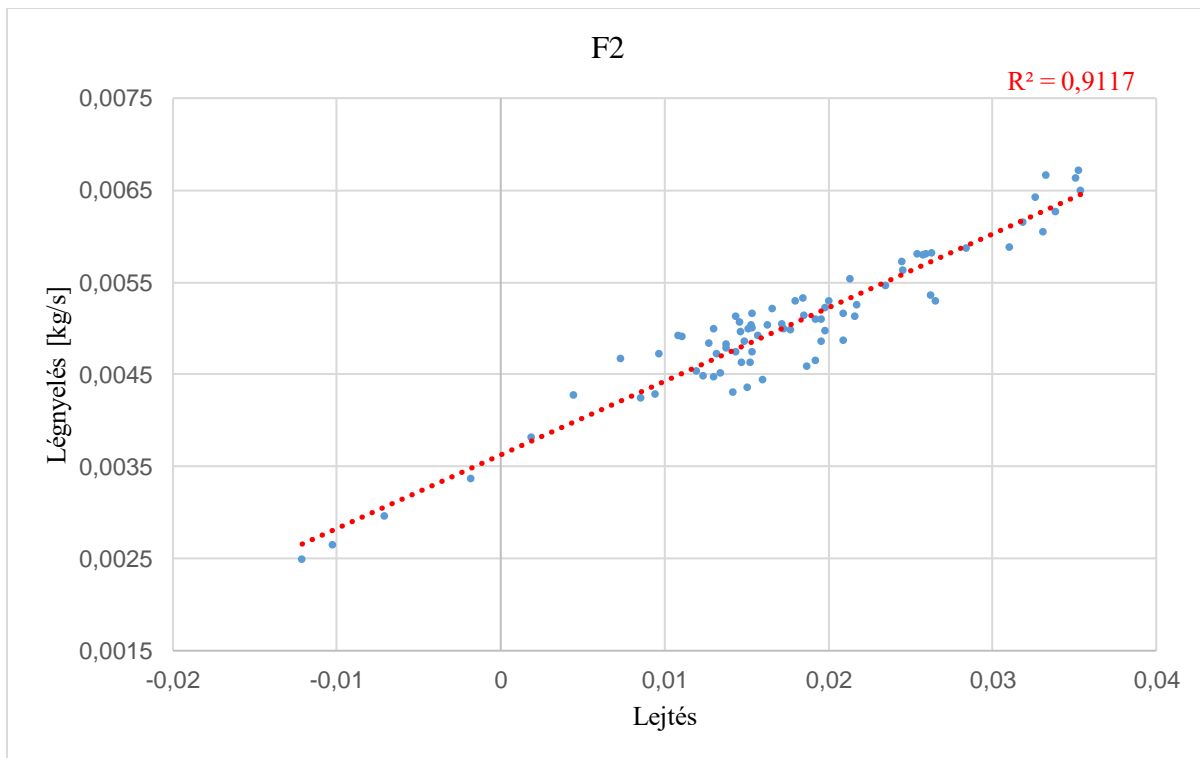


39. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (B1 szakasz, 30km/h)  
(forrás: saját kép)

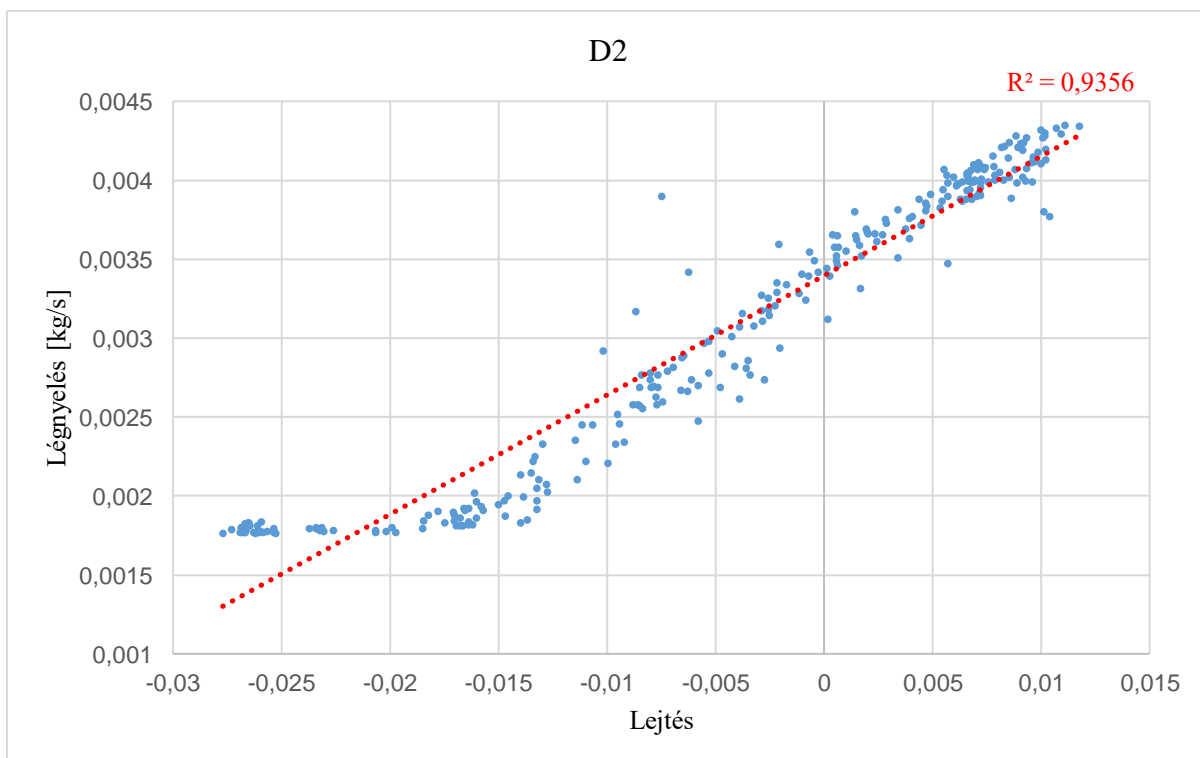


40. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (A1 szakasz, 30km/h)  
(forrás: saját kép)

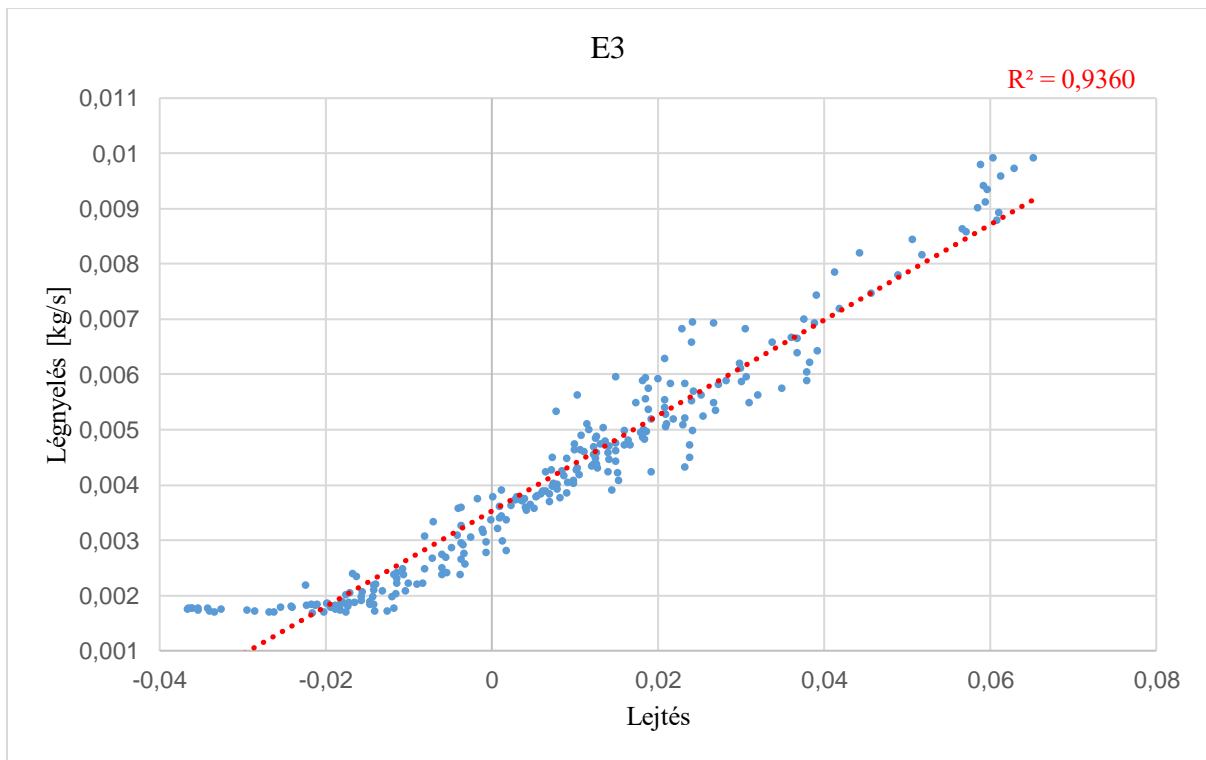




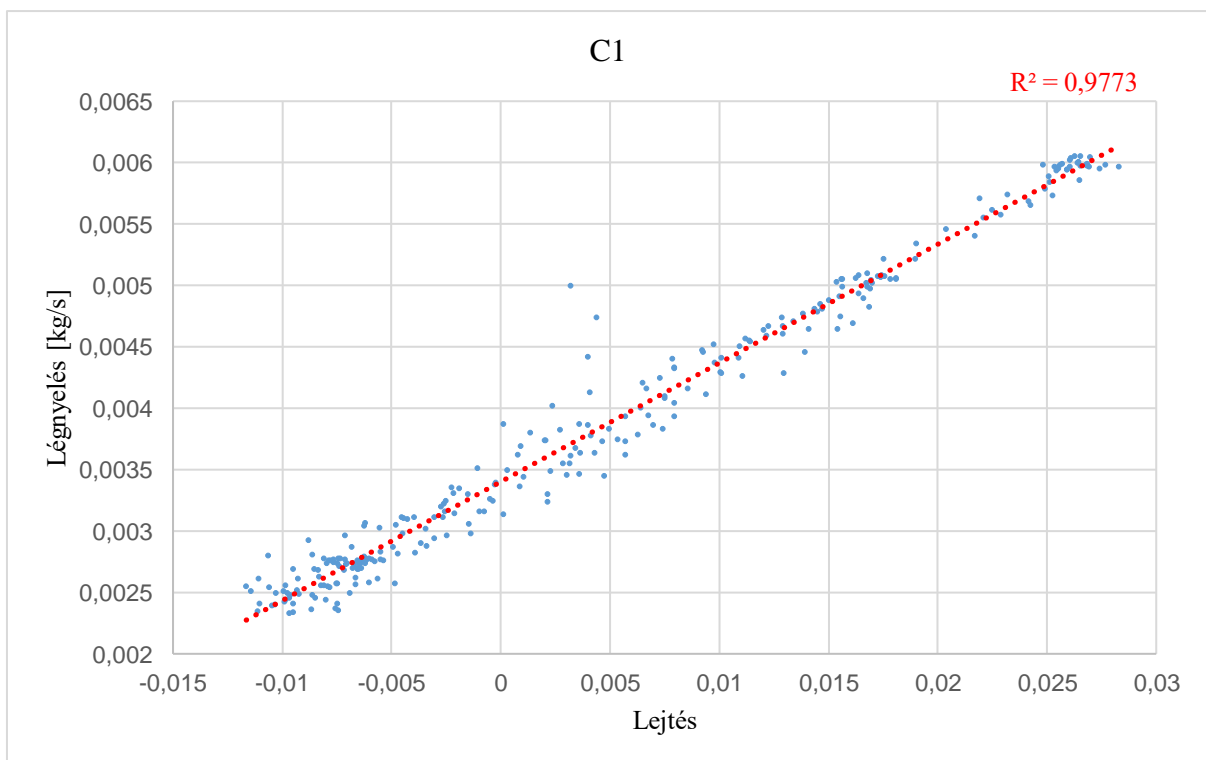
42. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (F2 szakasz, 30km/h)  
(forrás: saját kép)



43. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (D2 szakasz, 30km/h)  
(forrás: saját kép)

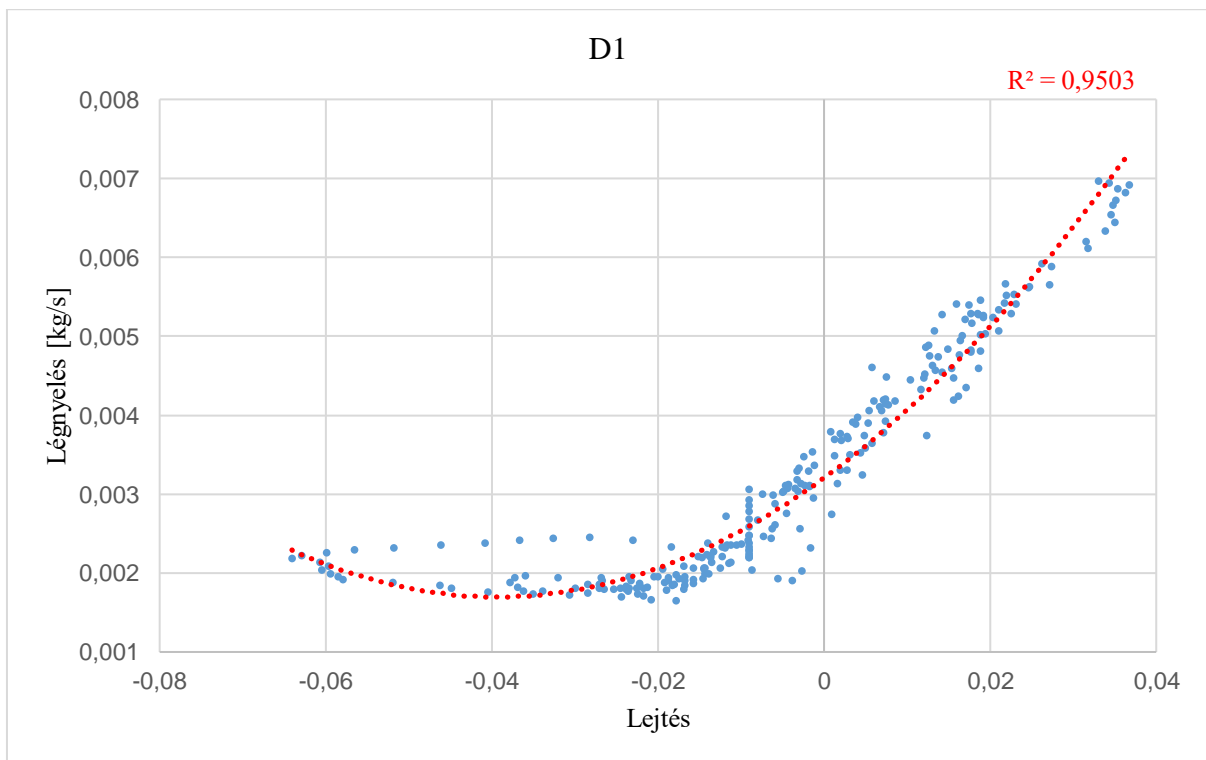


44. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (E3 szakasz, 30km/h)  
(forrás: saját kép)



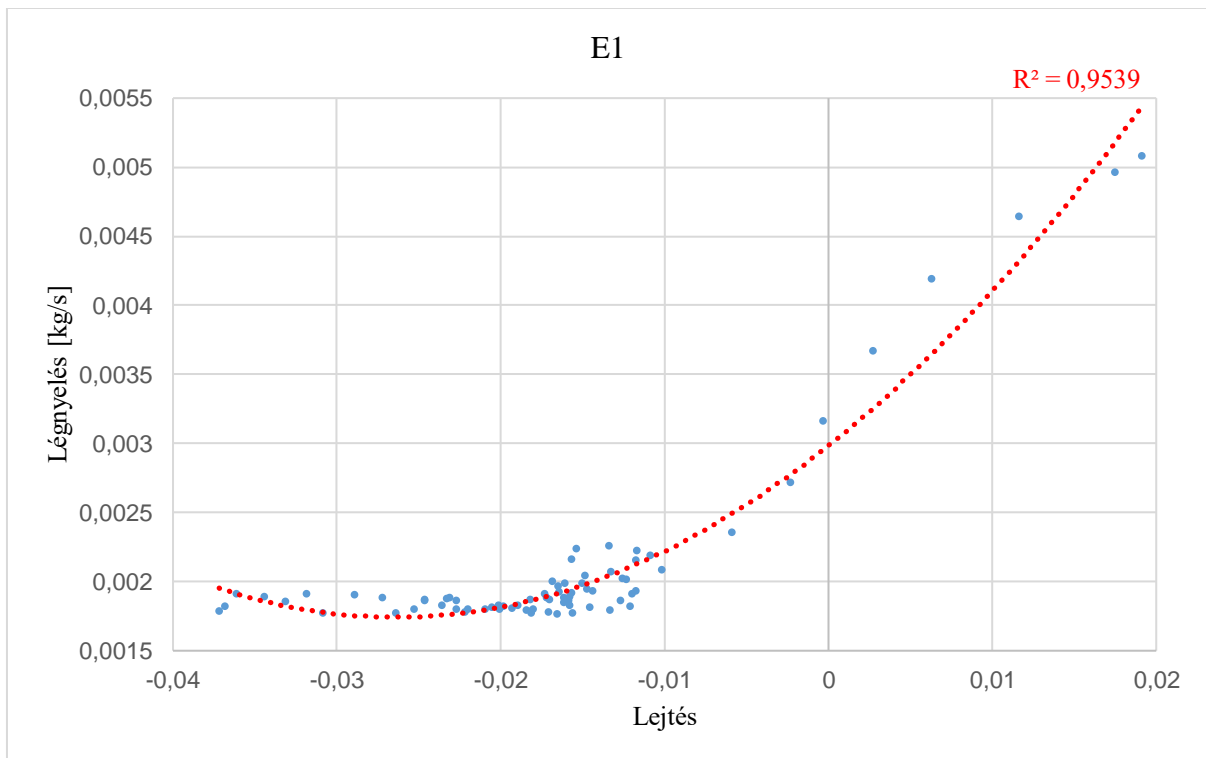
45. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (C1 szakasz, 30km/h)  
(forrás: saját kép)

A 38-45. számú ábrákon a különböző útvonalszakaszok determinációs együtthatóit szemléltetem. Leolvasható, hogy a C3 útvonalon adódó legalacsonyabb érték is 87,83%. Ez azt jelenti, hogy a fedélzeti diagnosztikával mért fogyasztási adatok (légnyelés) 87.83%-ban tudják lekövetni a domborzati értékek változásait. A 38-45. ábrákon bemutatott útvonalakon lineáris, elsőfokú kapcsolatot írok fel az adatsorok között, magas determinációs együtthatók adódnak.



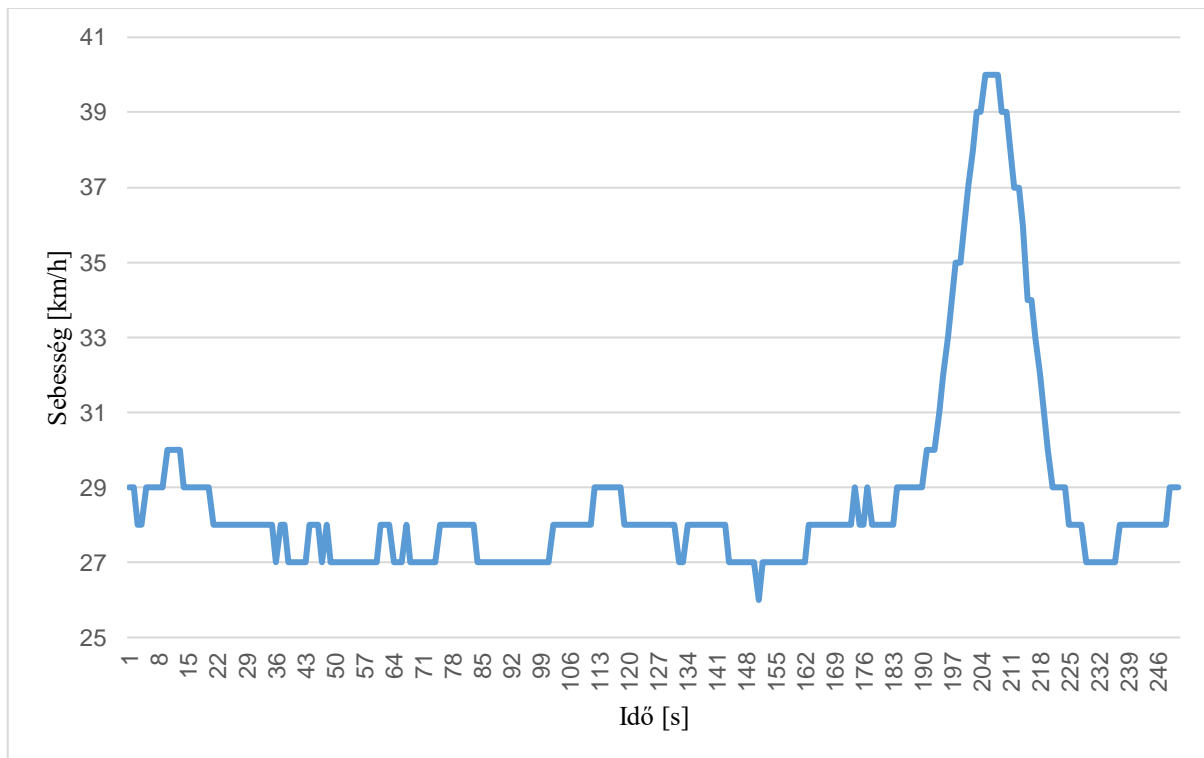
46. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti négyzetes kapcsolat (D1 szakasz, 30km/h)  
(forrás: saját kép)





47. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti négyzetes kapcsolat (E1 szakasz, 30km/h)  
(forrás: saját kép)

A 46. és a 47. ábrán viszont másodfokú görbe illesztésével a determinációs együttható jelentősen magasabb értéke mutat az elsőfokúhoz képest. Először elvégeztem az elemzést lineáris illesztéssel, ebben az esetben az E1 útvonalon 67,11%, a D1 útvonalon pedig 75,27% írható fel. Ehhez képest másodfokú görbe illesztésével rendre 95% feletti kapcsolatot. A két útszakaszban az a közös, hogy egyaránt tartalmaznak meredek lejtőt. Itt a menet során is megfigyelhető volt, hogy a jármű jelentősen felgyorsult a sebességtartó automatika segítségével beállított 30 km/h sebességértéke fölé. Mivel az automatika nem képes egy adott szintnél tovább fékezni a járművet így 35-40 km/h sebességre is felgyorsult, ahogy a 48. ábra illusztrálja.



48. ábra: Sebességugrás szemléltetése: D1 (forrás: saját kép)

A korábbi mérések során elvégzett regressziós számítások igazolták, hogy a nagyobb sebességtartományokban megjelenő determinációs együttható romlásának egyik oka, hogy a sebesség négyzetesen is befolyásolja a modellt. Ez a menetegyenletben is megjelenik, hiszen a sebesség változását is jellemző gyorsítási munka a sebességváltozás négyzetével arányos. Ezért ilyen helyzetekben érdemes a másodfokú illesztést használni. A meghatározó különbség láttán elvégeztem az összes szakaszra az összehasonlítást a lineáris és a másodfokú illesztések között.

Az összehasonlítás eredményeit az 14-es, 15-ös, 16-os és 17-es táblázatban foglalom össze.

### 4.2.1. A második mérésorozat eredményei

14. táblázat: Vízszintes szakaszok elemzése (iránytangens - légnyelés)

<b>Közel vízszintes szakaszok</b>		
A1	$R^2=0,8959$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,8979$	Másodfokú kapcsolat
B2	$R^2=0,8976$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,9062$	Másodfokú kapcsolat

15. táblázat: Emelkedő szakaszok elemzése (iránytangens - légnyelés)

<b>Emelkedő szakaszok</b>		
B1	$R^2=0,8885$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,8886$	Másodfokú kapcsolat
F2	$R^2=0,9117$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,9118$	Másodfokú kapcsolat

16. táblázat: Lejtős szakaszok elemzése (iránytangens - légnyelés)

<b>Lejtő szakaszok</b>		
C3	$R^2=0,8763$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,8889$	Másodfokú kapcsolat
E1	$R^2=0,6711$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,9539$	Másodfokú kapcsolat

17. táblázat: Vegyes szakaszok elemzése (iránytangens - légnyelés)

<b>Vegyes magasságváltozású szakaszok</b>		
D1	$R^2=0,7527$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,9503$	Másodfokú kapcsolat
E3	$R^2=0,9360$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,9510$	Másodfokú kapcsolat
D2	$R^2=0,9356$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,9562$	Másodfokú kapcsolat
C1	$R^2=0,9773$	Lineáris kapcsolat
	$R^2=0,9774$	Másodfokú kapcsolat

## Dimenzióanalízis

A dimenzióanalízis homogén alakokat a korábban tárgyaltaknak megfelelően a második mérésorozat egyenleteire is felírom és a 18. táblázatban foglalom össze. A második mérésorozat elemzett változói a következők:

- Légnyelés:  $\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$  – Lejtés:  $\text{tg}\alpha$ .

18. táblázat: Regressziós egyenletek és dimenzióanalízis, 2. mérésorozat

Légnyelés: $\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$ - Lejtés: $\text{tg}\alpha$		
Kód	Statisztikai alak	Dimenzióanalízis homogén alak
C3	$y=0,0727x+0,0031$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=0,0727 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0031 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
B1	$y=0,1007x+0,0034$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=0,1007 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0034 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
A1	$y=0,1322x+0,0036$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=0,1322 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0036 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
B2	$y=0,0615x+0,0034$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=0,0615 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0034 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
F2	$y=0,0799x+0,0036$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=0,0799 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0036 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
D2	$y=0,0756x+0,0034$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=0,0756 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0034 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
E3	$y=0,0864x+0,0035$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=0,0864 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0035 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
C1	$y=0,0967x+0,0034$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=0,0967 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0034 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
D1	$y=0,9723x^2+0,0766x+0,0032$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=0,9723 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}^2\alpha+0,0766 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0032 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
E1	$y=1,7875x^2+0,0942x+0,0030$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]=1,7875 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}^2\alpha+0,0942 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha+0,0030 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$

### **Lejtős útvonalak tanulságai**

A 14-17. táblázatokban összefoglalt determinációs együtthatók értékei alapján az alábbi következtetések vonhatók le. Sík és emelkedő szakaszokon az illesztési módszerek közti különbség elhanyagolható:

- sík szakaszokon 1%-on belül van,
- emelkedő szakaszokon 0,1%.
- Vegyes magasságváltozású szakaszokon, ahol jelentősen nem lépünk ki a definiált sebességtartományból, szintén alig van különbség (maximális a D2 szakaszon: 2,2%).

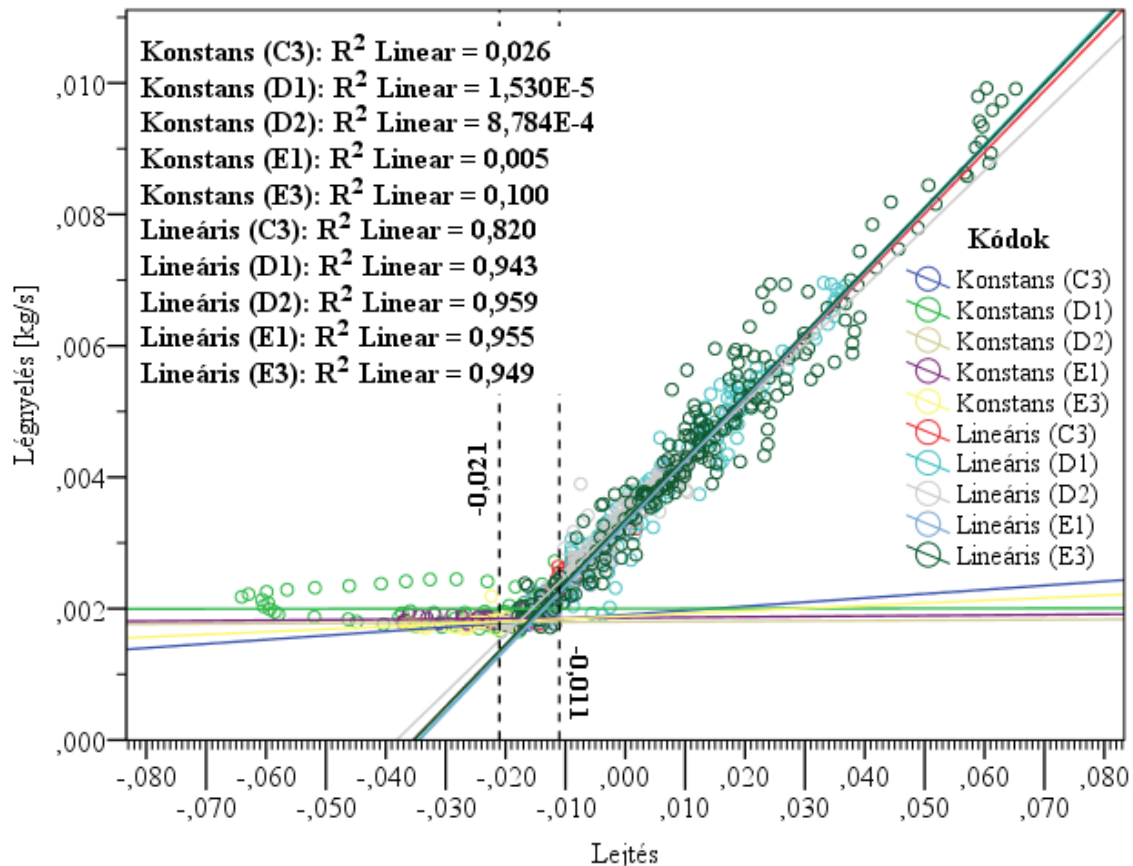
A meredek lejtésű, és a meredek lejtőt tartalmazó szakaszokon viszont számottevő, akár 20 % körüli különbség adódhat. Ilyen esetekben elsőfokú, lineáris illesztés helyett érdemesebb másodfokú illesztést használni. A 48. ábrán illusztrált példa megmutatta, hogy alacsony sebességtartományban a meredek lejtő okozhat problémát, ami annyit jelent, hogy számottevően kilépünk az előre definiált sebességtartományból. Ezeket a magasabb fokszámú illesztésen kívül, tekintettel annak a lineáris modellhez viszonyított számítási komplexitására, részekre is bonthatjuk, ami a kutatás következő lépésőjét is jelentheti. A következő részben erről fogalmazok meg egy elméleti lehetőséget

### **Kitekintés - Másodfokú illesztés közelítése elsőfokú modellel**

A menet során öt olyan útvonalrészlet volt, amely tartalmazott meredek lejtőt. Elméleti megfontolások alapján élhetünk azzal a hipotézissel, hogy ilyen körülmények között a keverékképzés, így a tüzelőanyag-fogyasztás is másképpen alakul. Ilyenkor a keverékképzés csak annyi üzemanyag-levegő keveréket jutatt a motorba, hogy az adott sebességi fokozatban a szükséges fordulatszámot biztosítsa. Emellett a menetellenállások és a motorfék nem lassítja le a járművet a beállított sebességre.

A járművet saját tömege tehát gyorsítja, a keverékképzés visszavesz. Ahogy azt a táblázatos besorolás is megmutatta, ilyen esetekre a felállított modell csak másodfokú regressziós egyenes illesztése esetén adja vissza 30 km/h sebességnél a 90% körüli megfeleltelhetőséget. Érdemes a regressziós modellt első fokú trendvonalakkal is értelmezni. Az meredek lejtők hatásának modellezésére két részre bontom az útvonalelemzéseket.

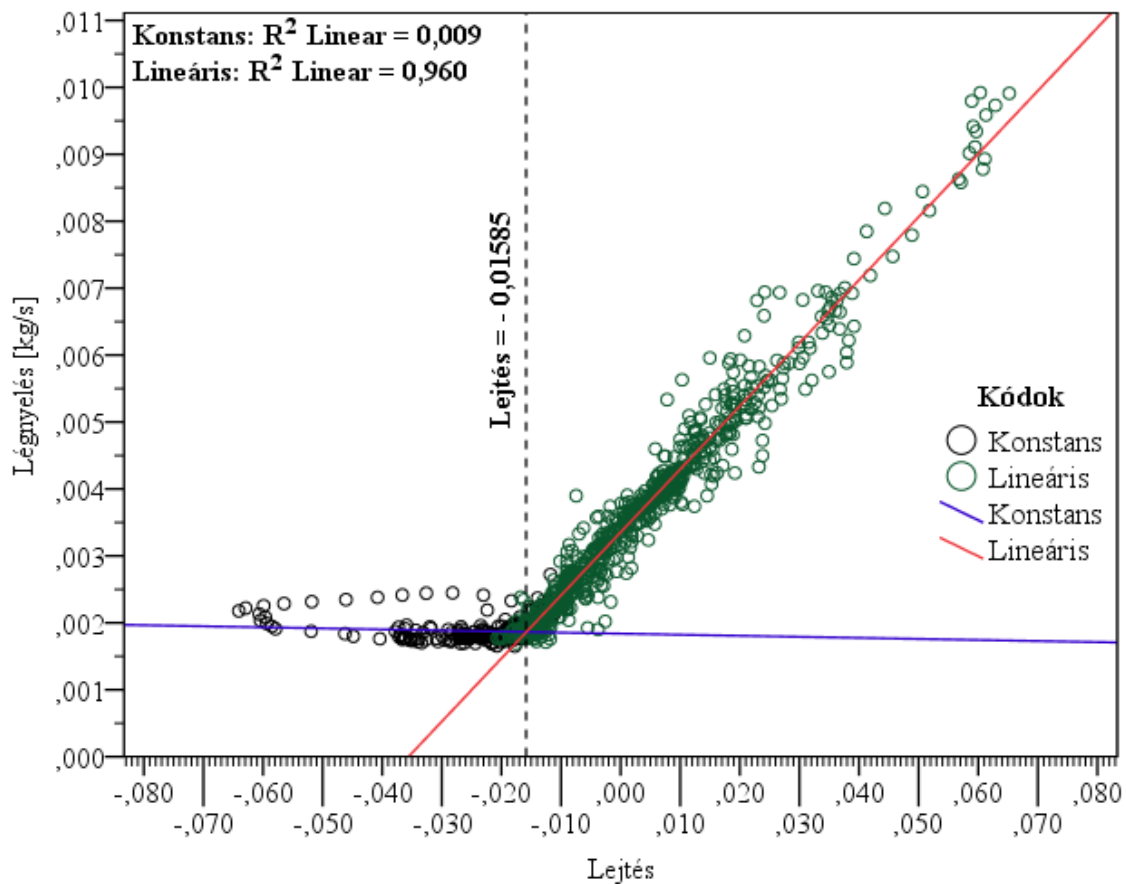
A C3, D1, D2, E1 és E3 jelzésű útvonalak regressziós eredményeit a 11-14. táblázatok tartalmazzák. A 38. 43. 44. 46. és 47. ábrák szemügyre vételekor tapasztalhatjuk, hogy -0,015 értékű iránytangens környezetében a trendek lefutása megváltozik. A kitüntetett értéktől jobbra eső diagramterületen lineáris jelleget feltételezhetünk, míg az értéktől balra konstans közeli trendeket. A töréspontok helyének meghatározása és a töréspontok mentén történő részekre bontás segítségemre lesz a meredek lejtő hatásainak megértésében.



49. ábra: Meredek lejtőt tartalmazó útvonalrészletek elemzése, értékhatárok szemléltetése (forrás: saját kép)

A 49. ábrán szemléltetem a töréspontok összesített modelljét. Ebben az esetben mind az öt útvonalat két részletre bontottam. A célom az volt, hogy a konstans (valójában konstans közeli) részeket minél pontosabban különítsem el a többi résztől. Ezt a pontok érték szerinti szűrésével és az elkülönített determinációs együtthatók meghatározásával értem el. A regresszió tulajdonságai miatt a korrelációs és a determinációs együttható konstans trendvonal mentén zérus.

Ezzel a módszerrel mind az öt esetben meghatároztam azt az értékhatárt, ami alatt (lejtés értelmezésénél, amekkora iránytangens felett) a pontok már konstans trendvonal mentén sorakoznak. Ez az érték nem a metszéspont, hanem az az érték, amelynek környezetében a metszéspont megkereshető. A minimális értékhatár a D1 útvonalhoz tartozó  $-0,011$ , a maximális pedig a D2 útvonalhoz tartozó  $-0,021$ . Az értékek a 49. ábráról is leolvashatók. A modellben mind az öt útvonalrészlet külön egységként kezeltem, megkülönböztetve a konstans és lineáris részeket. Így adódnak az értékhatárok, amelyek környezetében a metszéspontok kiszámíthatók. A metszéspontok számítási módszerei a kutatás jövőjét jelenthetik, a továbbiakban vizuális közelítést mutatok be, ahol a modellt az alábbiak szerint változtatom meg. Tekintettel arra, hogy az útvonalrészletek értelmezési tartománya közel azonos, egy egységként tekintek az öt útvonalrészletre. Az adatok szűrése az egy egységbe történő rendezés után következik. Ezt felhasználva nem öt különböző metszéspontot és értékhatárt kell elemezni, hanem csak egyet. Vizuális közelítésről lévén szó a módszer nem adja vissza a töréspont pontos helyét, de jó közelítést ad a vizsgált adatbázist illetően.



50. ábra: Az öt útvonalrészlet egységésítése, töréspont szemléltetése  
(forrás: saját kép)

Az 50. ábrán az egy egységbe vont útvonalrészletek regressziós modellje látható. Leolvasható, hogy a teljes adatbázis lineáris részére kifejezetten magas, 0,96 értékű determinációs együttható adódik. A trendvonalak metszéspontja jó közelítést ad a töréspont helyére vonatkozóan, emellett a teljes modellre vonatkozó tanulságok is levonhatók. Ezek alapján létezik egy olyan lejtés-határérték, ahol a lineáris modell korlátai kirajzolódnak. Adott jármű a határszögnél vagy annál nagyobb meredekségű lejtőn történő haladásakor a tüzelőanyag-fogyasztás (légnyelés) nem elégséges magyarázó változó a menetemelkedés becslésére. Az 50. ábra törésponttól balra eső része megmutatja, hogy a légnyelésből jóval kevésbé tudjuk modellezni a domborzati viszonyokat a meredek lejtő miatt, ugyanakkor, ha megfordítjuk, a meredek lejtős szakasz alapján következtethetünk az állandó (közel állandó) tüzelőanyag-fogyasztásra. Szignifikáns lejtmenet részletes modellezése nem végezhető el a törésponton szétbontott modellel.

Az útvonal ismerete kedvező hatással lehet a modell kiválasztására. Az eredményeket tartalmazó, 19. összehasonlító táblázat megmutatja, hogy az adatok eloszlásának figyelembe vételével, a töréspontnál szétbontott modell jól közelíti a másodfokú modellt.

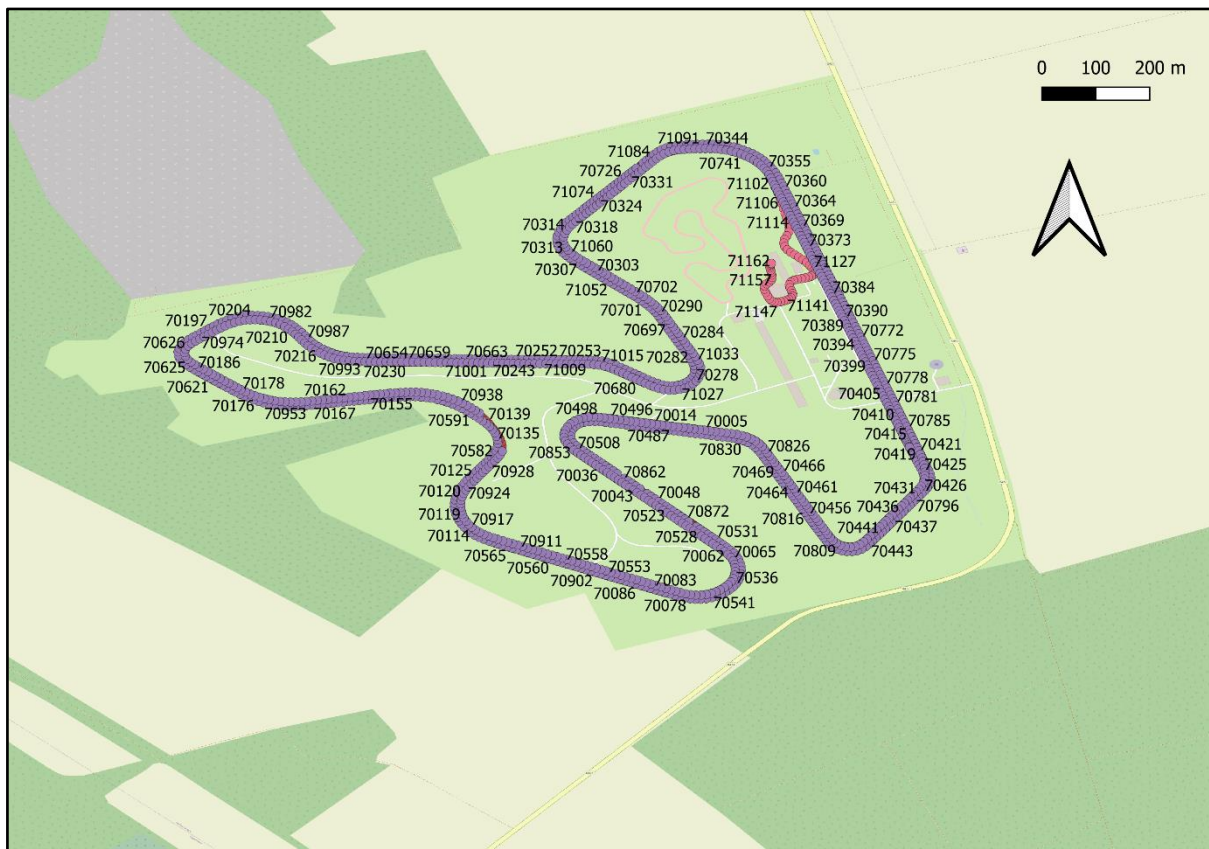
19. táblázat: Lineáris, másodfokú és töréspont melletti lineáris modellek összehasonlítása

Útvonalrészlet	Sebességtartomány	R <sup>2</sup>	Illesztés típusa
C3	30 km/h	R <sup>2</sup> =0,8763	Lineáris illesztés
		R <sup>2</sup> =0,8889	Másodfokú illesztés
		R <sup>2</sup> =0,8200	Lineáris illesztés, töréspont alapján
D1	30 km/h	R <sup>2</sup> =0,7527	Lineáris illesztés
		R <sup>2</sup> =0,9503	Másodfokú illesztés
		R <sup>2</sup> =0,9430	Lineáris illesztés, töréspont alapján
D2	30 km/h	R <sup>2</sup> =0,9356	Lineáris illesztés
		R <sup>2</sup> =0,9562	Másodfokú illesztés
		R <sup>2</sup> =0,9590	Lineáris illesztés, töréspont alapján
E1	30 km/h	R <sup>2</sup> =0,9360	Lineáris illesztés
		R <sup>2</sup> =0,9539	Másodfokú illesztés
		R <sup>2</sup> =0,9550	Lineáris illesztés, töréspont alapján
E3	30 km/h	R <sup>2</sup> =0,9360	Lineáris illesztés
		R <sup>2</sup> =0,9510	Másodfokú illesztés
		R <sup>2</sup> =0,9490	Lineáris illesztés, töréspont alapján



### 4.3. Harmadik méréssorozat

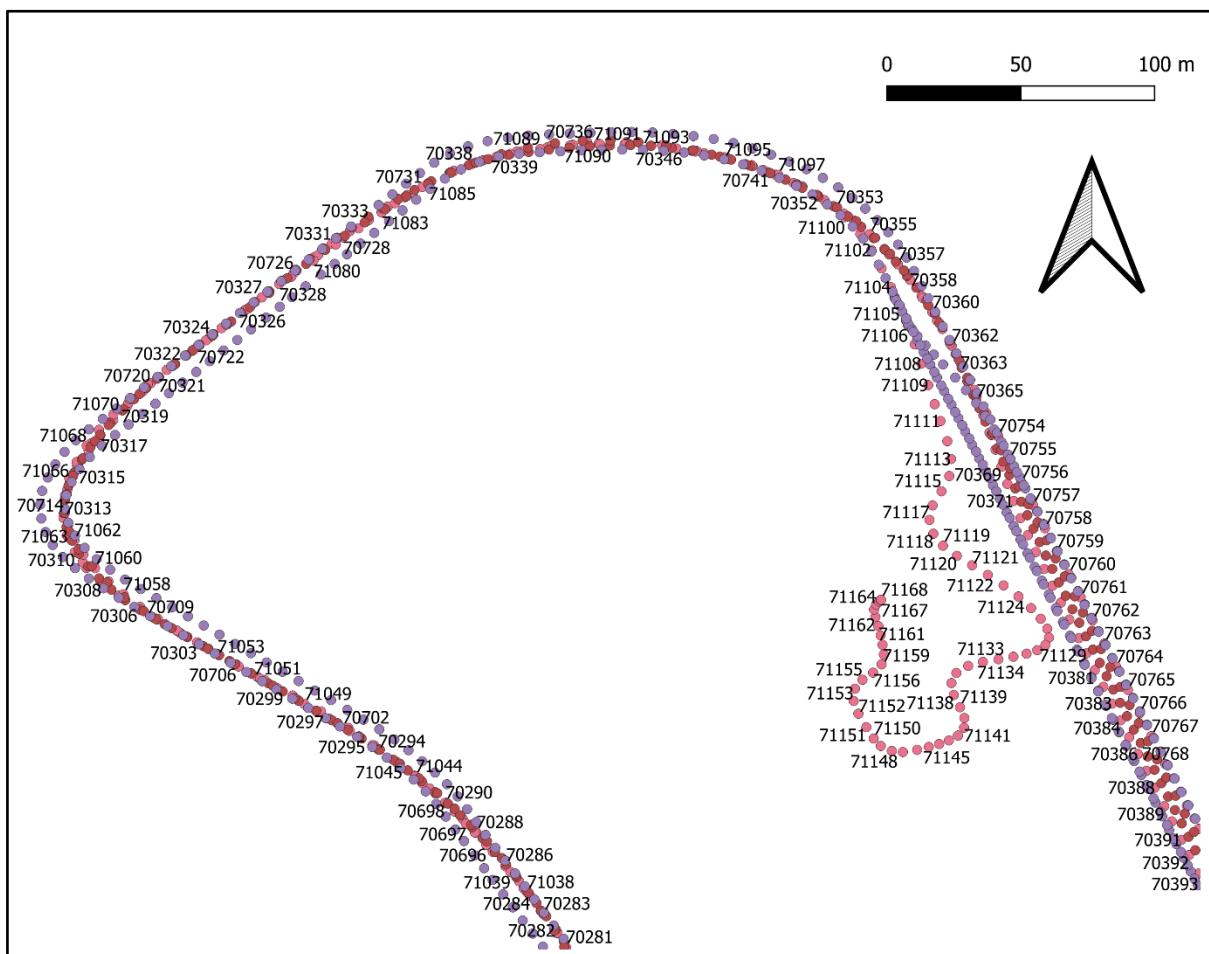
Tekintettel a mérési eszközrendszer és a menet közbeni vezetési manőverek peremfeltételekhez kötöttségéhez, ezúttal közút helyett a forgalomtól teljesen elszeparált autós-gyorsasági motoros verseny- és tesztpályán végeztem a terepi felméréseket. A harmadik méréssorozat helyszíne a Vas vármegyei Pannonia-Ring. A versenypálya adott pontból kiinduló, önmagába végződő, zárt hurok, így a városi útvonalakhoz viszonyított manőverezési korlátok kevésbé befolyásolnak. A nyomvonal és az útpálya viszonyai minden esetben adottak. Vizsgálom az adott, állandó sebességtartományok útvonali és jármű diagnosztikai attribútumait, elemzem a pálya domborzati viszonyait, végül minden sebességtartományban számszerűsítem a megfeleltethetőséget a tüzelőanyag-fogyasztás és a bejárt pálya tengerszint feletti magassági adatbázisa között. Az új mérési eredményekkel tovább bővítettem a fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározás elméleti és gyakorlati alapjait. A Pannonia-Ring 4740 méter hosszú, összesen 18 kanyart tartalmazó mindkét irányban homologizált versenypálya (51. ábra).



51. ábra: A harmadik mérés topológiája (forrás: saját kép)

A 51. ábra bemutatja a mérési útvonal felvételezett pontjait. A szemléletesség kedvéért a pontok alá georeferált, tehát térképileg helyes alaptérképet illeszttek. Ez az adatbázis tartalmazza a következő köröket és ezek rövidített kódjait:

- 30k: 30 km/h állandó sebességű méréssorozat a pálya külső ívén;
- 30i: 30 km/h állandó sebességű méréssorozat a pálya ideális ívén;
- 40i: 40 km/h állandó sebességű méréssorozat a pálya ideális ívén;
- 40imix: 40 km/h állandó sebességű méréssorozat a pálya ideálistól kicsit eltérő ívén;
- 50i: 50 km/h állandó sebességű méréssorozat a pálya ideális ívén.



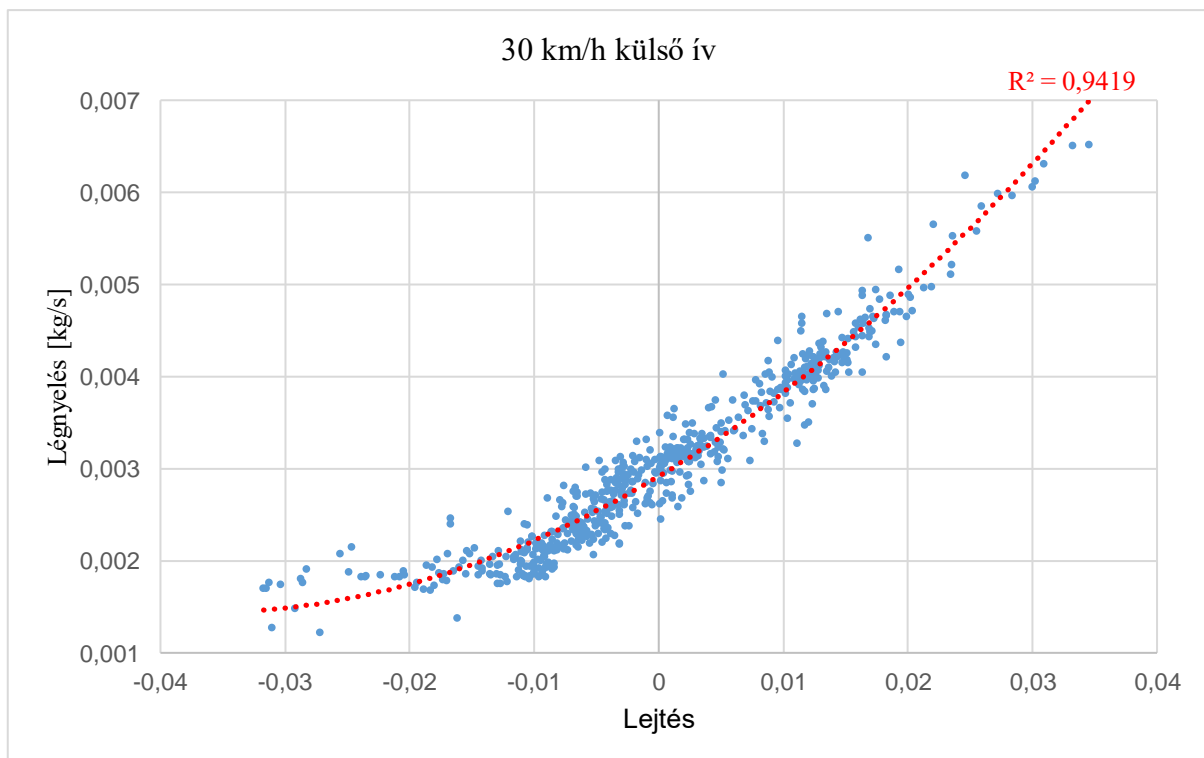
52. ábra: A harmadik méréssorozat kinagyított részletének GIS pontjai  
(forrás: saját kép)

Összesen öt különböző mérésorozat készült, három különböző íven (52. ábra). Felmérésre került a pálya belső íve is, de néhány helyen sorozatos GPS jelkimaradást lokalizáltam. Ennek oka például a boxfal beton alapja, illetve a rajta futó fém kerítés árnyékolása és egyéb zavaró tényezők. A hiányzó pontok pótlása új méréssel lenne lehetséges.

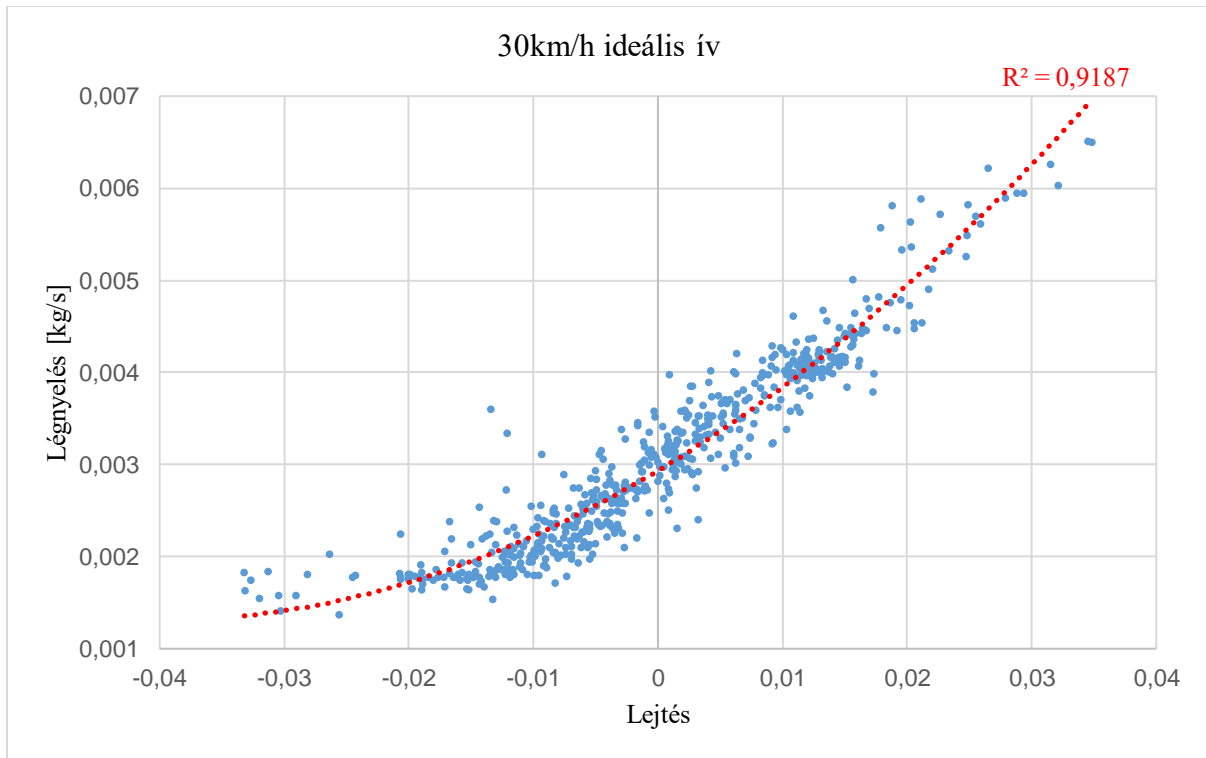
### Mérési pontatlanságok, eltérések, interpolációs műveletek

Az második mérésorozathoz hasonlóan a mintavételezési frekvenciák eltérése miatt, a légnyelés adatsorokon végrehajtom a spline típusú interpolációs műveletet. Nagyságrendileg 30 km/h esetén 600, 40km/h esetén 450 és 50 km/h esetén 350 pontot felvételeztem egy adott körben. Az adatok között 1-1 pontatlan, vagy kimaradó pontot detektáltam.

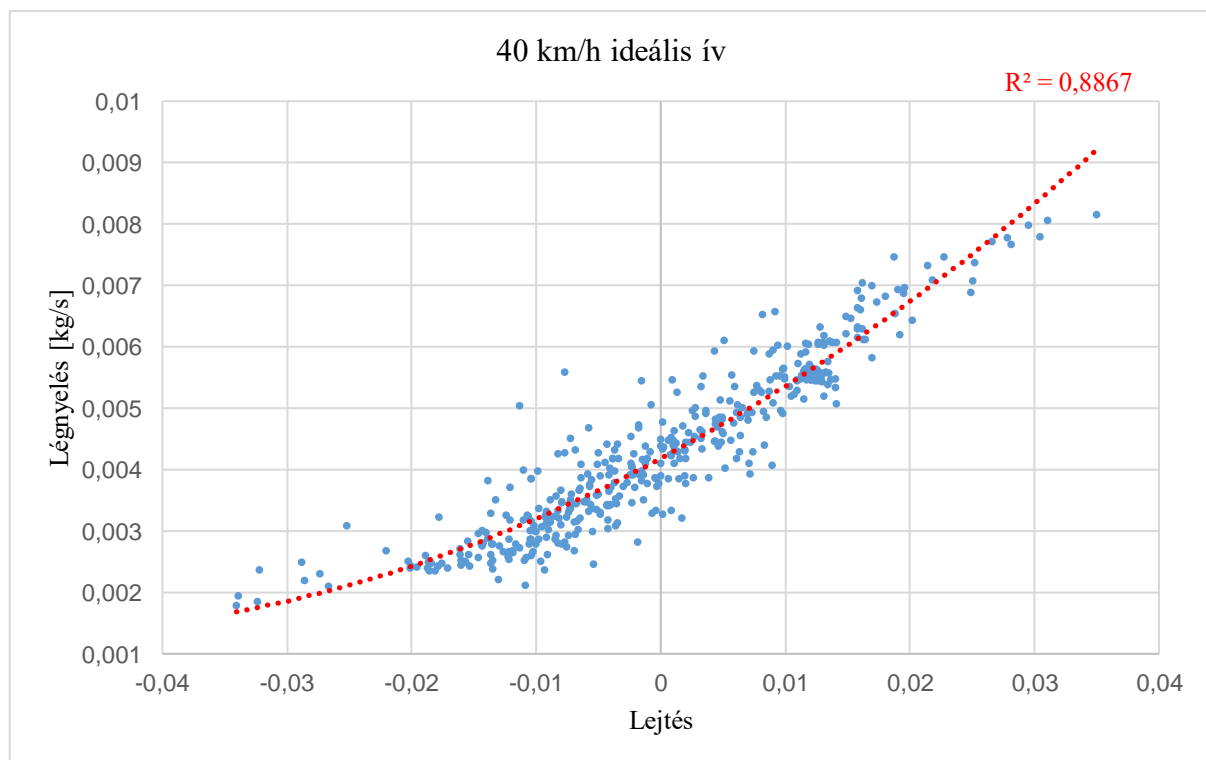
Ez a teljes mérési adatbázis kevesebb, mint 1%-a, ami alapján kijelenthető, hogy a mérés megfelelő minőségű, további elemzésekhez felhasználható. A két független adatsor statisztikai feldolgozása elvégezhető.



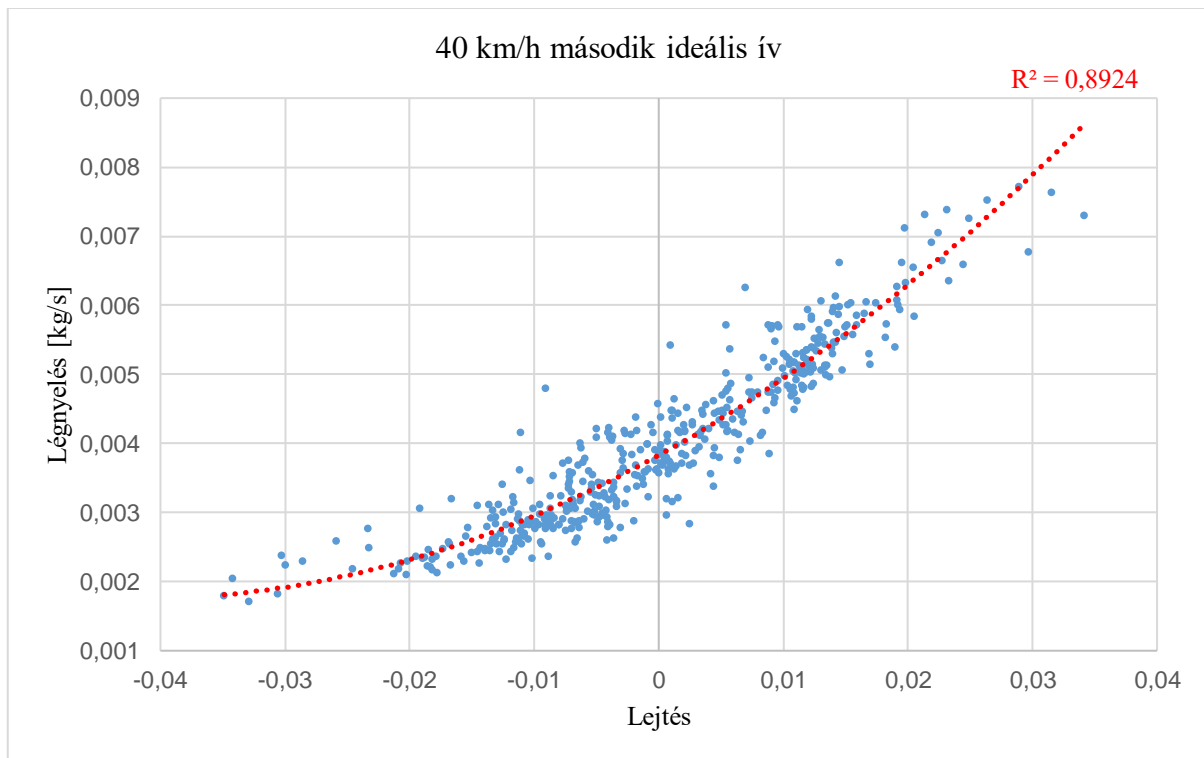
53. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (külső ív, 30km/h)  
(forrás: saját kép)



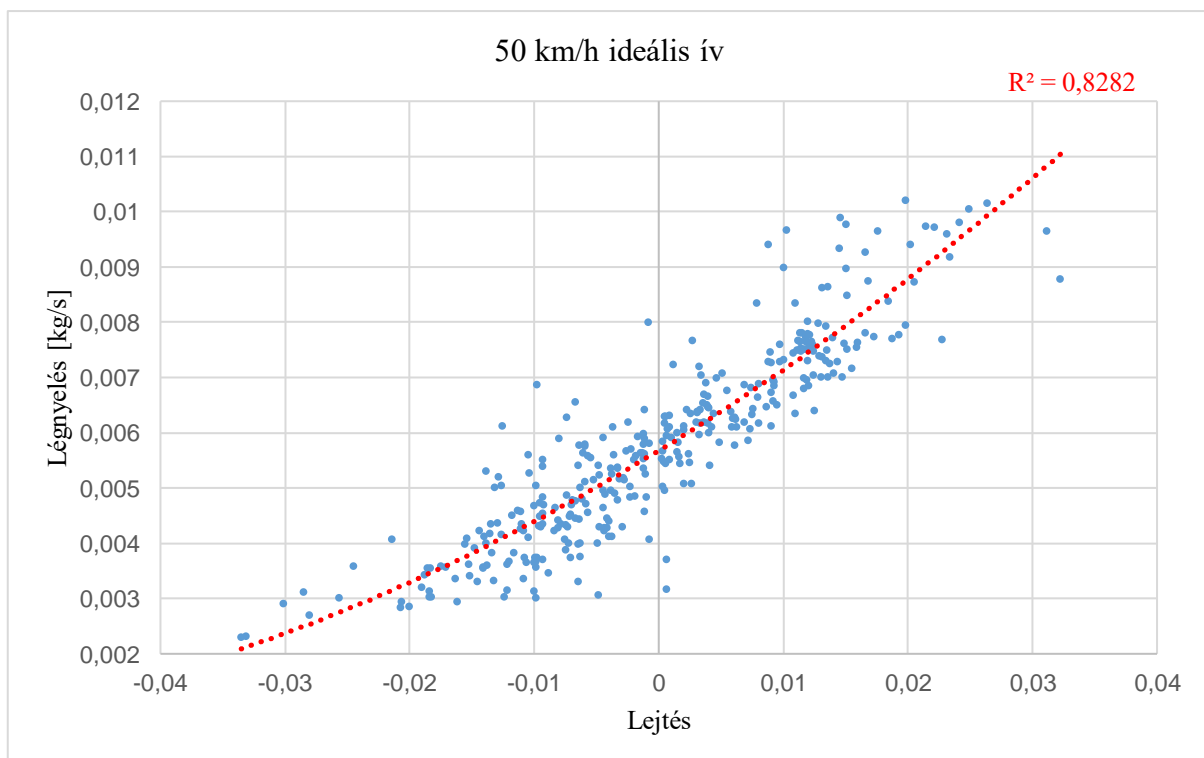
54. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (ideális ív, 30km/h)  
(forrás: saját kép)



55. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (ideális ív, 40km/h)  
(forrás: saját kép)



56. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (második ideális ív, 40km/h)  
(forrás: saját kép)



57. ábra: A légnyelés és az iránytangens közti kapcsolat (ideális ív, 50km/h)  
(forrás: saját kép)

### 4.3.1. A harmadik méréssorozat eredményei

Az 53-54-es számú ábrák a 30 km/h melletti determinációs együtthatókat szemléltetik. A megfeleltethetőség 90% feletti. A kapott értékek illeszkednek a korábbi mérések alkalmával, hasonló sebességtartományban kapott értékekhez. Ez azt jelenti, hogy a tüzelőanyag-fogyasztás (légnyelés) adatsor változékonysága 91-94%-os pontossággal modellezhető az adott útvonal magasságváltozásaival. Az 55-56-os ábra 40 km/h mellett ad információt a kapcsolat mértékéről, 88 és 89%-os eredmény adódik, 50 km/h esetén pedig 82% (57. ábra). A két, független adatsor között rendre másodfokú illesztést alkalmaztam. Megfontolandó a lineáris illesztés is, hiszen ebben az esetben nem szerepel az egyenletben másodfokú tag, ami bizonyos munkákat megkönnyíthet. Az eredményeket a 20-as és 21-es táblázatban foglalom össze.

20. táblázat: A harmadik méréssorozat eredményei

Kör kódja	Sebességtartomány	R <sup>2</sup>	Illesztés típusa
30k	30 km/h	0,9419	Másodfokú
30i	30 km/h	0,9187	Másodfokú
40i	40 km/h	0,8867	Másodfokú
40imix	40 km/h	0,8924	Másodfokú
50i	50 km/h	0,8282	Másodfokú

### Dimenzióanalízis

A harmadik méréssorozat elemzett változói a következők:

- Légnyelés:  $\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$  – Lejtés:  $\text{tg}\alpha$ .

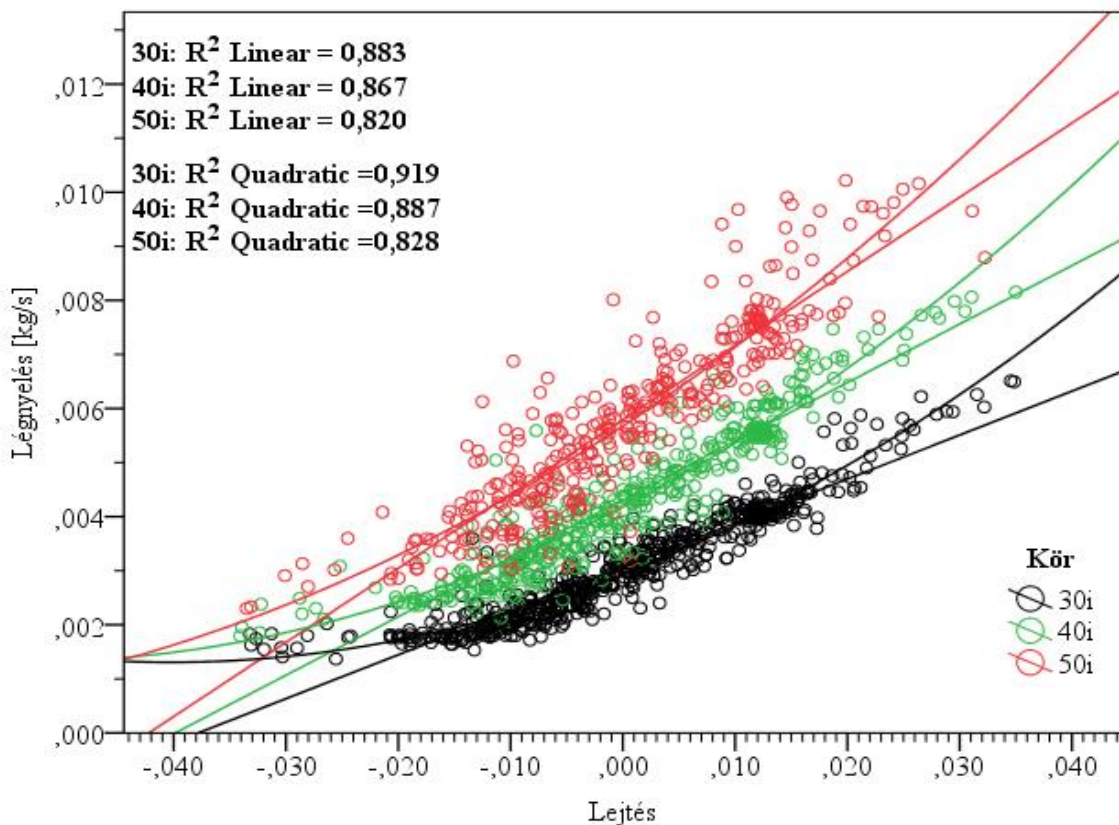
21. táblázat: Regressziós egyenletek és dimenzióanalízis, 3. méréssorozat

Légnyelés: $\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$ - Lejtés: $\text{tg}\alpha$		
Kód	Statisztikai alak	Dimenzionálisan homogén alak
30k	$y=1,0927x^2+0,0804x+0,0029$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] = 1,0927 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}^2\alpha + 0,0804 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha + 0,0029 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
30i	$y=1,0031x^2+0,0808x+0,0029$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] = 1,0031 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}^2\alpha + 0,0808 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha + 0,0029 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
40i	$y=1,0191x^2+0,1079x+0,0042$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] = 1,0191 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}^2\alpha + 0,1079 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha + 0,0042 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
40imix	$y=1,1925x^2+0,0995x+0,0038$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] = 1,1925 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}^2\alpha + 0,0995 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha + 0,0038 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$
50i	$y=0,9040x^2+0,1373x+0,0057$	$\dot{m} \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] = 0,9040 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}^2\alpha + 0,1373 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right] \text{tg}\alpha + 0,0057 \left[ \frac{\text{g}}{\text{s}} \right]$

### Kitekintés – egyenesek, kanyarmenetek

Az előző két mérésorozattal összehasonlítva a harmadik mérésorozat újdonsága a kanyarmenetek hozzáadása. A jármű továbbra is egyenletes sebességgel halad, viszont nem csak egyenes vonalú mozgást végez. A harmadik mérésorozat másodfokú eredményeit elemezve, a második mérésorozathoz hasonlóan kirajzolódik a megfogalmazott, meredek lejtőre vonatkozó kritérium.

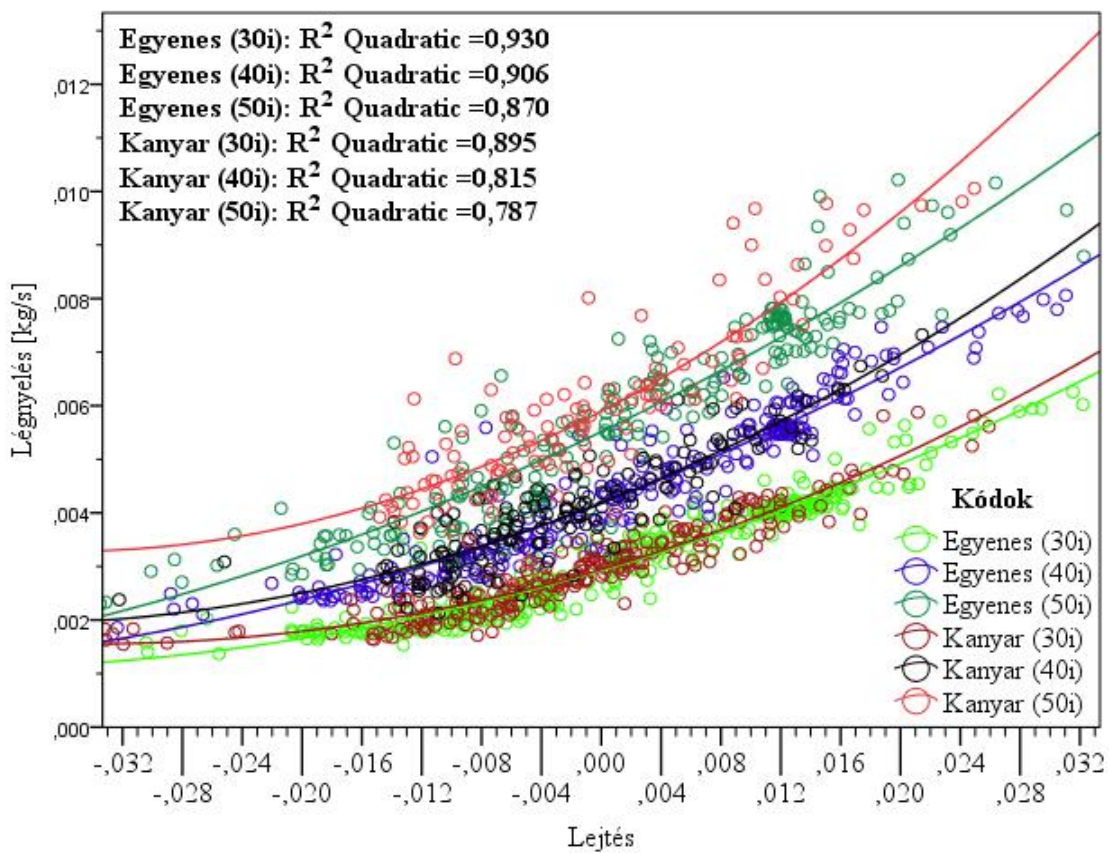
Tekintettel arra, hogy az új mérésorozat nem tartalmaz extrém meredekségű lejtőt, így a jármű nem gyorsul az előre beállított sebességértékek fölé, a szétbontott modell nem tartalmaz közel konstans részeket, így két lineáris részre lehetne bontani, amit most részletesebben nem tárgyalok. Az 58. ábrán szemléltetem a lineáris és másodfokú együtthatók közti különbséget. A kettő között egészen minimális különbség adódik, így hasonló körülmények között mindkét modell eredményesen használható.



58. ábra: A három ideális ív regressziós modelljei a különböző illesztésekkel (forrás: saját kép)



A pálya külső ívének felvételezésekor annak karakterisztikáját előzetesen elemezve az egyenes és kanyarmenetek aránya kettő az egyhez. Minden sebességtartományban változik ez az arányszám, a 30, 40 és 50 km/ állandó sebességek mellett felvételezett ideális ívek alatt meg is fordul. Ez logikus, hiszen elméletben az ideális íven járható be leggyorsabban a pálya. A kanyarsúcspontok megtalálásához jóval többször van szükség a kormánykerék elfordításához vagy a járművet kanyarmenetben tartani. Az egyenesek mellett tehát a kanyarok és a kanyarsebességek hatásvizsgálata is elvégezhető. Ilyen típusú elemzések adhatják a kutatás jövőjét, ehhez néhány elméleti szempontot bemutatok.



59. ábra: Egyenes és kanyarmenetek regressziós modelljei, egyenes és kanyarmenetek (forrás: saját kép)

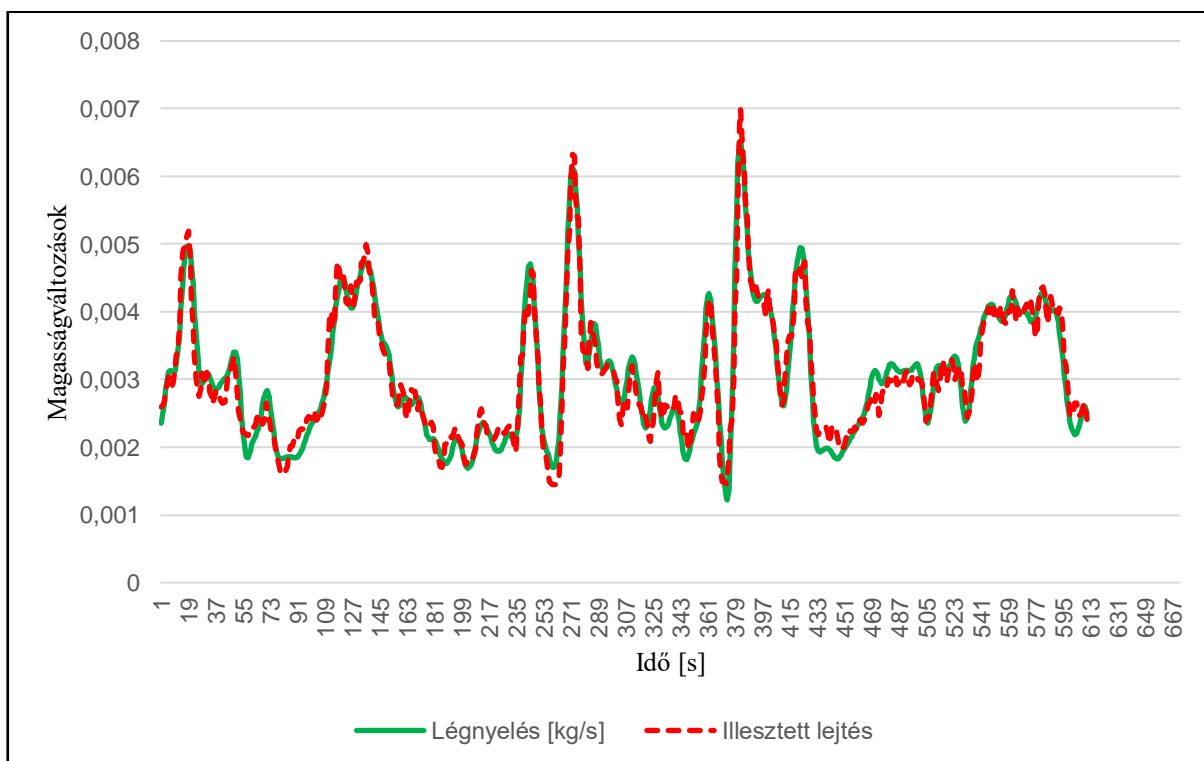
Az 59. ábra alapján megállapítható, hogy kanyarmenetben a légnyelés magasabb az egyenesekhez képest. A magasabb fogyasztást és az alacsonyabb korrelációt magyarázhatják oldal irányú gyorsulások vagy a járműre ható centripetális erő. Az új magyarázó változók felderítése és ezek beépítése a modellbe szintén a kutatás következő lépcsőjét jelenthetik.



## 5. Fejezet

### Számítógépes implementáció

Célom a helymeghatározási adatokat alapul vevő, de a fedélzeti diagnosztikára támaszkodó algoritmus megalkotása. Az elvégzett mérésorozatok eredményeinek megfeleltethetőségre vonatkozó kedvező tanulságai, így a magas tartományban mozgó determinációs együtthatók alapján hozok létre pontkereső algoritmust. Ennek részleteit közlöm, első lépésben a regressziós egyenlet segítségével egy diagramon ábrázolom a két adatsort. A 60. ábra a harmadik mérésorozat 30 km/h mellett felvételezett külső ív eredményeit veszi alapul. Praktikus vizuális megjelenítése az adatsorok nagyon hasonló lefutásának (94,19%).



60. ábra: Az útvonal kiterített magassági jellemzői (itiner) (forrás: saját kép)

A pontkereső algoritmus működése röviden a következő:

- Meghatározzuk egy referencia adatbázist (térkép, GPS);
- Naplózzuk a diagnosztika adatait;
- A fogyasztási (légnyelés) adatokra idősor-szerűen tekintünk;
- A térkép-adatbázist, a teljes adatsort mérési adatpontonként vizsgáljuk;

- Kiszámoljuk a pontok, ponthalmazok közti négyzetes eltéréseket;
- A négyzetes eltéréseknek megkeressük a minimumát;
- A minimum eltéréshez tartozó adatpont indexét rögzítjük és bejelöljük a térképen.

A program első lépésben meghatározza a fogyasztási (légnyelési) OBD adatok számát ( $n$ ). A térkép adatbázis ponthalmaza pedig ismert ( $MAP_{j_{\max}}$ ).

$$\mathbf{OBD} = \begin{pmatrix} OBD_1 \\ \vdots \\ OBD_n \end{pmatrix} \quad (22)$$

$$\mathbf{MAP} = \begin{pmatrix} MAP_1 \\ \vdots \\ MAP_j \end{pmatrix} \quad (23)$$

Ezt követően kiszámítja a négyzetes eltéréseket a két pont, pontsor között. A számszerűsített eltérésekkel feltölt egy mátrixot ( $Ls$ ). Az  $Ls$  mátrix sorainak száma mindig az aktuális, beérkező OBD adathoz kötött. Például, ha adott pillanatig egy darab adat érkezett be, akkor  $Ls$  mátrix sorainak száma megegyezik a térkép adatbázis pontjainak számával. Ha elérjük a vizsgált adathalmaz végét, tehát  $MAP_j = MAP_{j_{\max}}$ , akkor  $Ls$  mátrix egyetlen sort tartalmaz.

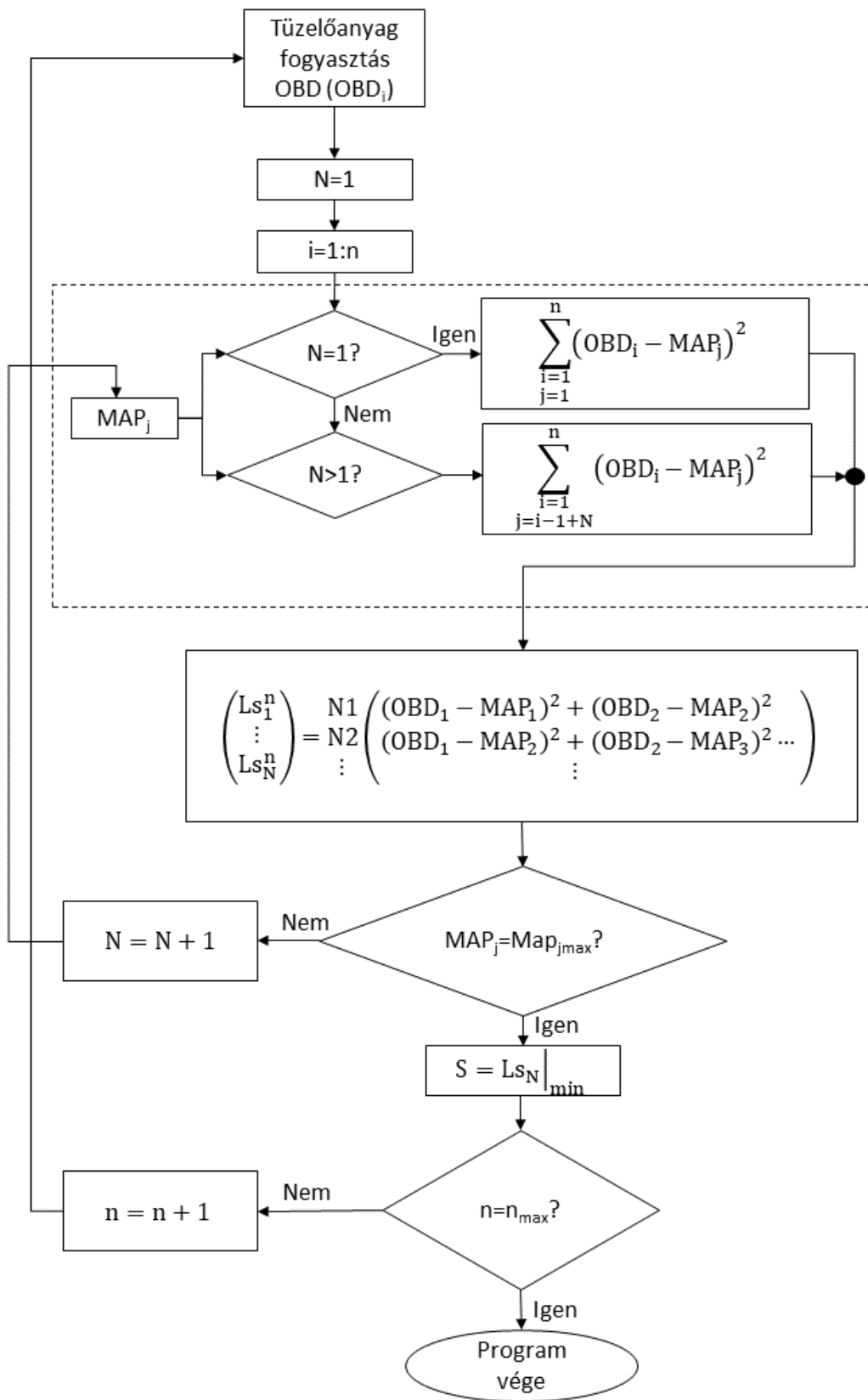
$$\mathbf{Ls}_N^n = \begin{pmatrix} Ls_1^n \\ \vdots \\ Ls_N^n \end{pmatrix} \quad (24)$$

$$\begin{pmatrix} Ls_1 \\ \vdots \\ Ls_N \end{pmatrix} = \begin{cases} \sum_{j=1}^n (OBD_i - MAP_j)^2, ha N = 1 \\ \sum_{j=i-1+N}^n (OBD_i - MAP_j)^2, ha N \neq 1 \end{cases} \quad (25)$$

Az  $Ls$  mátrix soraiból rendre kiválasztja a minimális értékűt. Ez minden beérkezett OBD adat után kiválasztásra kerül. A minimum érték kerül be az  $S$  változóba.

$$S = Ls_N |_{\min} \quad (26)$$

Miután a négyzetes eltérések minimuma kiválasztásra került, a kiválasztott sorban megjelenő referencia adatbázis pontok indexelése alapján az algoritmus bejelöli a helyet.

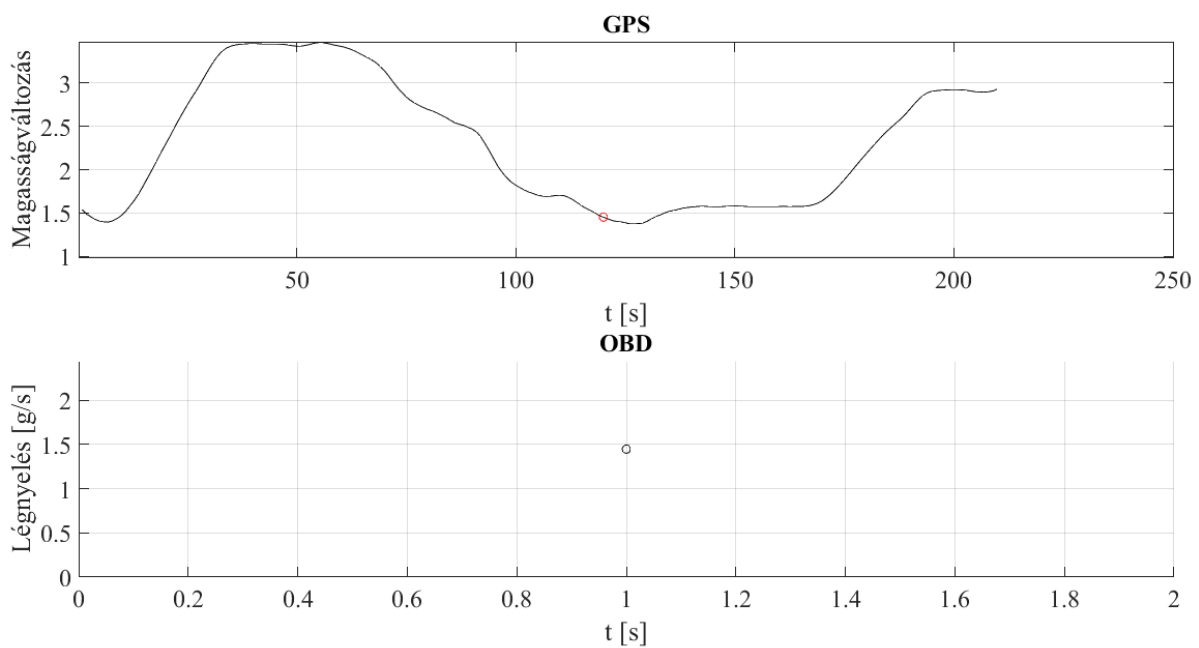


61. ábra: A pontkereső algoritmus blokkvázlata (forrás: saját kép)

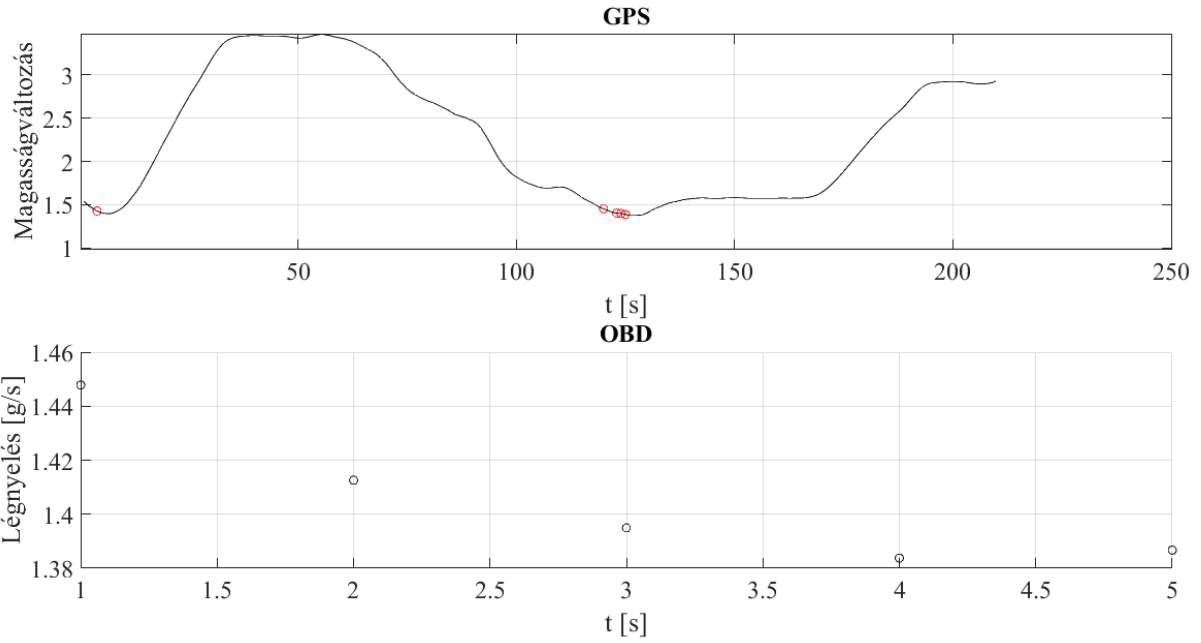
A 61-es számú folyamatábra grafikusan szemlélteti a programkódot. Következő lépésben összefoglalom az algoritmushoz használt rövidítéseket.

- $OBD_i$  = az  $i$ -edik OBD adat;
- $MAP_j$  = a  $j$ -edik GPS adat;
- $n$  = az OBD adatok aktuális darabszáma;
- $L_s$  = a négyzetes eltéréseket tartalmazó mátrix;
- $L_{sN}$  = A  $L_s$  mátrix aktuális elemszáma (sorok száma);
- $N$  = az  $L_s$  mátrix összes sora;
- $S$  = A négyzetes eltérések minimumát tartalmazó változó.

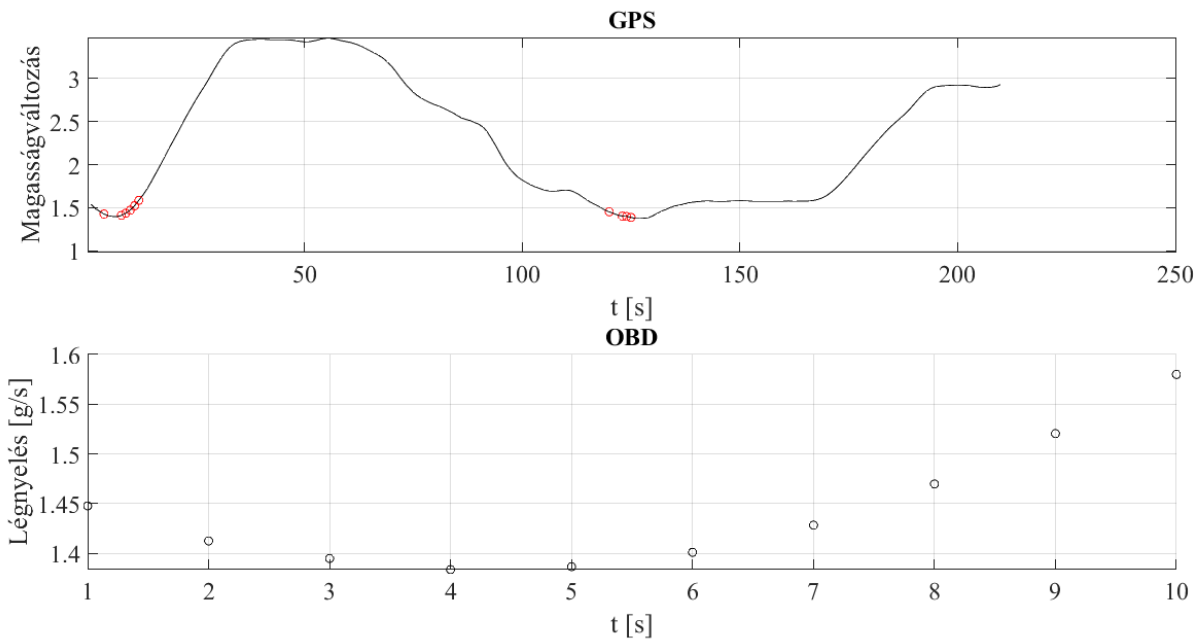
## 5.1. Implementációs eredmények



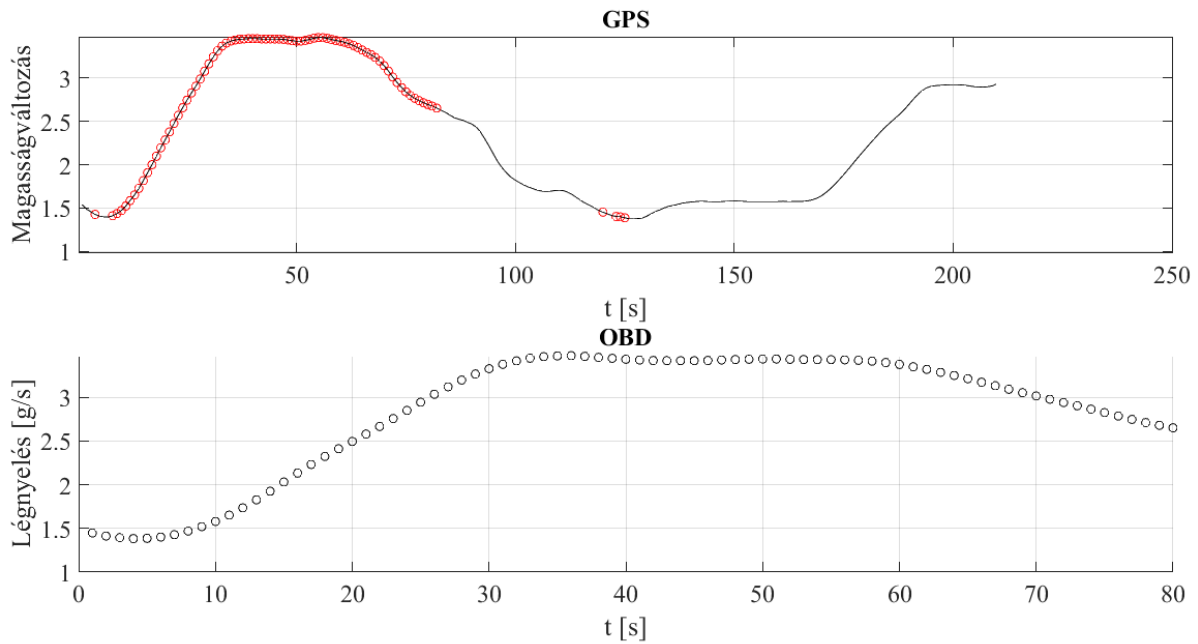
62. ábra: A pontkereső állapotba 1 beérkező OBD adat után  
(forrás: saját kép)



63. ábra: A pontkereső állapota 5 beérkező OBD adat után  
(forrás: saját kép)



64. ábra: A pontkereső állapota 10 beérkező OBD adat után  
(forrás: saját kép)



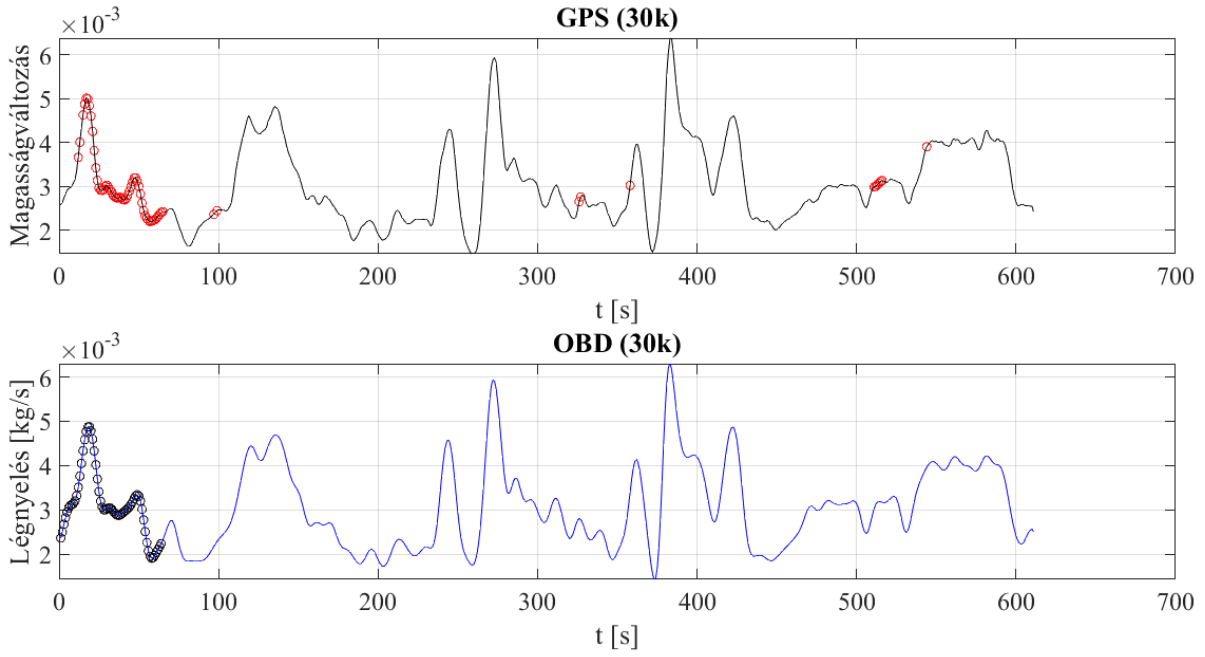
65. ábra: A pontkereső állapota 80 beérkező OBD adat után  
(forrás: saját kép)

A 62-65. ábrákon az algoritmus működése követhető nyomon az implementációs környezetben. Érdeklőség, hogy a futás kezdeti szakaszában a program nem megfelelő helyet választ. Jól szemlélteti a 62-es és a 63-as ábra.

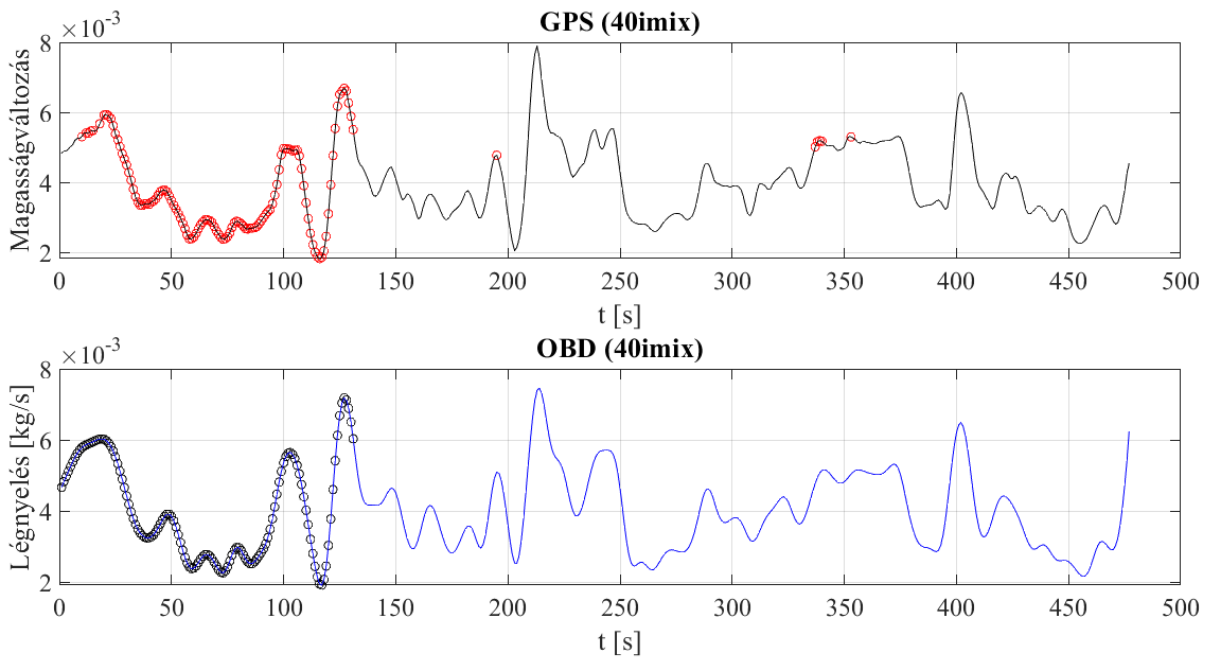
Megfigyelhető, hogy kevés rendelkezésre álló adatpont esetén a program még nem képes a trendek megállapítására, így kis elemszám esetén lehetséges, hogy a helytelen pontok környezetében talál jobb egyezést. Ahogy az OBD adatbázis bővül, úgy a program futása is megfelelően beáll.

A 63-as ábra tanulsága szerint, a bemutatott esetben öt adatpont beérkezése kell a programnak a pontos működéshez.

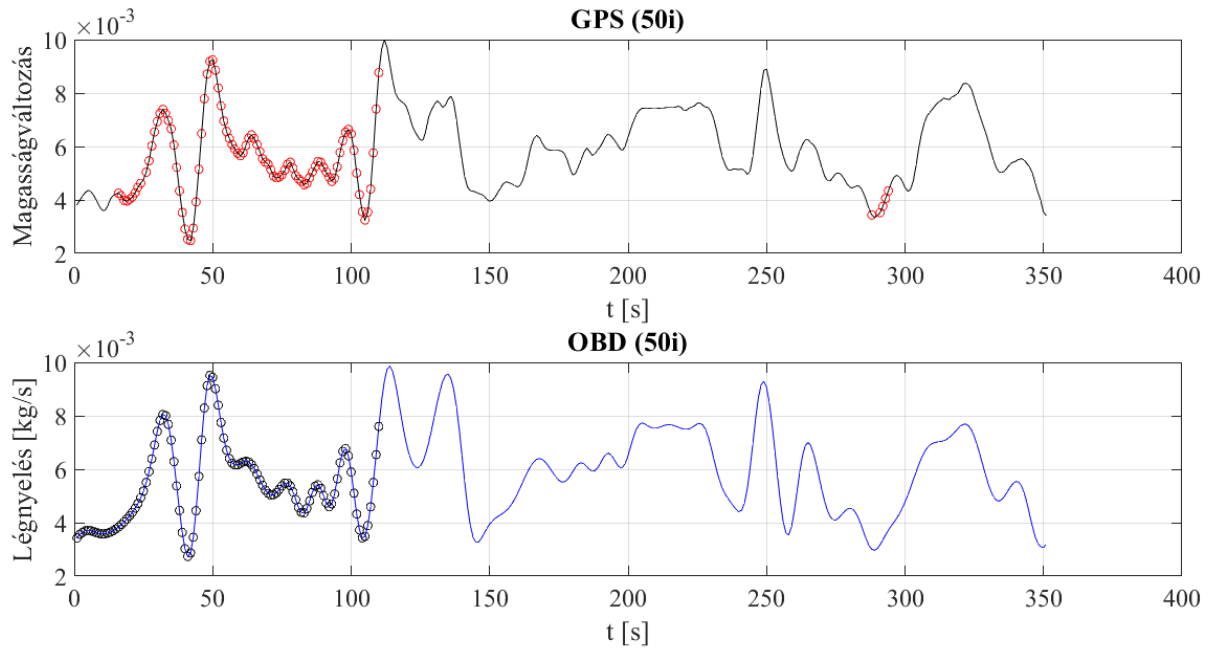
A következőkben bemutatom a harmadik mérőszorozat adatain lefuttatott pontkereső algoritmus kimerevített állapotait (66-68. ábra).



66. ábra: Pontkereső algoritmus működése (30km/h)  
(forrás: saját kép)



67. ábra: Pontkereső algoritmus működése (40km/h)  
(forrás: saját kép)



68. ábra: Pontkereső algoritmus működése (50km/h)  
(forrás: saját kép)



## 6. Fejezet

### Összefoglalás

A dolgozat utolsó részében összefoglalom a bemutatott módszer tanulságait és táblázatos formában közlöm az eredményeket (22. táblázat). A kutatás során rendre valós idejű méréssorozatokot hajtottam végre. Az adatok előállításánál, így a méréssorozatok tervezésénél és végrehajtásánál is törekedtem a valóságot minél jobban közelítő menetek létrehozására. Ezért közúti és forgalomtól elzárt útvonalakat is bevontam az útvonalak kialakításába. A közúti mérések kezdeti tanulságai és jó eredményei után teszteltem az algoritmust zárt topológiájú gyorsasági autós és motoros versenypályán is. A megfelelő tesztkörnyezet bevonásával a kutatás dinamikája is biztosított volt.

A precíziós helymeghatározási adatok felvételezésénél is online módszert választottam, hogy valós időben, a mozgás közben legyen lehetőség a GPS adatbázis létrehozására. A diagnosztikai méréssorozatok során fedélzeti eszközöket felhasználva végeztem az adatrögzítéseket. A vizsgálatokat 30, 40 és 50 km/h állandó sebességek mellett végeztem.

Vizsgáltam a jármű tüzelőanyag-fogyasztásának a domborzati viszonyokra jellemző tengerszint feletti magasságok alapján kiszámított függőleges magasságváltozásokkal lehetséges kapcsolatát. Tovább gondolva elemzéseket végeztem a menetemelkedési (vagy lejtési) szögeket alapul véve a tüzelőanyag-fogyasztás és az útvonal iránytangenseinek lehetséges kapcsolatát. Végül elemzéseket végeztem a belsőégésű motor légnyelési adatai és az útvonalra jellemző iránytangensek között. A kiindulási adatsor minden esetben valós időben történő méréssorozat alatt felmért pontok halmaza, ebből aztán a bemutatott adatelőkészítési és adatfeldolgozási módszer segítségével generálhatók az elemzés további adatsorai.

Mindhárom esetben magas megfeleltethetőséget tapasztaltam a két, egymástól teljesen független forrásból és mérési – felvételezési eljárásból létrehozott adatbázis között.

Az eredményeket implementálva pontkereső algoritmust hoztam létre MATLAB fejlesztő környezetben, ahol a fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározás, mint a dolgozat alapfeltevéseinek bizonyítását mutattam be.

22. táblázat: Eredmények összesítése

	Sebességtartomány	Det. együttható ( $R^2$ )	Illesztés típusa	
<b>1. mérés</b>	30 km/h	0,9549	Lineáris ( $\Delta(Z)$ - fogyasztás)	
	40 km/h	0,9164	Lineáris ( $\Delta(Z)$ - fogyasztás)	
	50 km/h	0,8373	Lineáris ( $\Delta(Z)$ - fogyasztás)	
<b>2. mérés</b>	30 km/h A1	0,8959	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,8979	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	30 km/h B2	0,8976	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,9062	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	30 km/h B1	0,8885	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,8886	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	30 km/h F2	0,9117	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,9118	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	30 km/h C3	0,8763	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,8889	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	30 km/h E1	0,6711	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,9539	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	30 km/h D1	0,7527	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,9503	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	30 km/h E3	0,9360	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,9510	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	30 km/h D2	0,9356	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,9562	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	30 km/h C1	0,9773	Lineáris (tangens - légnyelés)	
		0,9774	Másodfokú (tangens - légnyelés)	
	<b>3. mérés</b>	30 km/h külső	0,9419	Másodfokú (tangens - légnyelés)
		30 km/h ideális	0,9187	Másodfokú (tangens - légnyelés)
		40 km/h ideális	0,8867	Másodfokú (tangens - légnyelés)
		40 km/h ideális 2	0,8924	Másodfokú (tangens - légnyelés)
50 km/h ideális		0,8282	Másodfokú (tangens - légnyelés)	

## 7. Fejezet

### Angol nyelvű összefoglaló – Summary

In the final part of the dissertation I summarize results of the presented method. Results in numerical form are listed in table 22, Chapter 6. Measurements accorded to this research were carried out in real time, included precision positioning and vehicle diagnostic surveys. During pre and post data collection phase I endeavoured to make series of measurements, that model reality as precisely as possible. Therefore I choose vehicular routes, which represent custom traffic circumstances and a separated race circuit, which helps to avoid unplanned traffic events. After prosperous surveys at the beginning I kept the research up by examinations on circuit with closed route topology. After the realisation of appropriate test conditions, dynamics of research was also assured.

During precision positioning measurements online Real-Time Kinematic method was employed. It affects post data processing. Precision dataset was recorded during real-time drive. Diagnostic database was recorded with Onboard Diagnostic Tool connected to the vehicle's adequate socket. Measurements were carried out with 30, 40 and 50 km/h standard speeds.

I examined possible connections between the vehicle's fuel consumption and the vehicle's vertical displacement based on elevation characteristics (altitude, Z coordinate). I have drew into the system of connections the tangent represented by pitch angles based on displacements in vertical (Z) and horizontal directions (X, Y). In this case, possible connection between vehicle's fuel consumption and tangent database of a given route was analysed. Finally, I compared air-flow rate of the internal combustion engine and the tangent database of a given route. Initial data were recorded during real-time drives in all series of measurements. Leaning on basic data other calculated quantities can be generated with the presented data processing method.

In all cases, I experienced standard correlations between datasets of two independent systems.

Finally, I created a position finder algorithm in which I present Onboard Diagnostic based Positioning as the central question of present dissertation and I prove it via MATLAB implementation process.

## 8. Fejezet

### A kutatás jövője

Az állandó sebességű elemzések kedvező eredményei alapján a modellt változó sebességű elemzésekkel lehetne tovább fejleszteni. A méréssorozatok sebesség értékkészletének bővítése szintén lehetséges. Valós, közúti helyzetben példa lehet autópályán végzett magas sebességtartományú, 100 km/h – t meghaladó mérés. Zárt tesztpályán pedig az adottságoknak megfelelően bontható a modell további részekre.

A magyarázó változók bevezetésénél is van lehetőség bővítésre, az eddig bemutatott sémára támaszkodva. Az értekezés nyolcadik fejezetében bemutatok egy változó sebességű méréssorozat részletet és annak statisztikai, többváltozós feldolgozását. Az adatok felvételezése a disszertációban bemutatott első mérés helyszínén történt. A jármű vizsgált kinematikai egyenlete, sebességváltás nélkül, a menetegyenletből származtatva a következő.

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \Delta v^2 + m \cdot g \cdot \Delta(Z) + \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot \Delta s \quad (27)$$

A 27. számú egyenlet jobb oldalán szereplő tagok közül a gyorsítási munkát a sebesség négyzeteinek változásával, a helyzeti energia leküzdését a magasságváltozással, a közegellenállást pedig az aktuális sebességgel (sebesség-négyzettel) jellemzem. Egyúttal a modell tüzelőanyag-fogyasztást magyarázó változói is ezek.

Az adatsorok előállítás és szinkronizálása hasonlatos a korábbiakhoz, azzal a különbséggel, hogy a változó sebességű, többváltozós elemzéshez szükséges a sebesség, mint új, időben változó adatsor. A sebességből egyszerűen származtatható a sebesség négyzete, illetve a sebesség négyzetének változása is.

23. táblázat: A többváltozós elemzés modelljének összegzése

Modell <sup>d</sup>				
Model	R	R <sup>2</sup>	Illesztett R <sup>2</sup>	Standard hiba
1	,757 <sup>a</sup>	,572	,569	1,3369023
2	,929 <sup>b</sup>	,864	,862	,7574038
3	,933 <sup>c</sup>	,871	,868	,7405758

a. Magyarázó változók: (konstans), Sebesség négyzet változása:  $\Delta v^2$

b. Magyarázó változók: (konstans), Sebesség négyzet változása:  $\Delta v^2$ , Magasságváltozás:  $\Delta(Z)$

c. Magyarázó változók: (konstans), Sebesség négyzet változása:  $\Delta v^2$ , Magasságváltozás:  $\Delta(Z)$ , Sebesség:  $v$

d. Független változó: Tüzelőanyag-fogyasztás [l/100km]

24. táblázat: A többváltozós elemzés modelljének együtthatói

Együtthatók <sup>a</sup>				
Model		Unstand. együtthatók		Stand. együtthatók
		B	Std. hiba	Beta
1	(Konstans)	5,999	,122	
	Sebesség négyzet változása: $\Delta v^2$	,432	,034	,757
2	(Konstans)	5,435	,078	
	Sebesség négyzet változása: $\Delta v^2$	,337	,020	,591
	Magasságváltozás: $\Delta(Z)$	6,767	,422	,565
3	(Konstans)	7,119	,664	
	Sebesség négyzet változása: $\Delta v^2$	,330	,020	,578
	Magasságváltozás: $\Delta(Z)$	6,221	,465	,519
	Sebesség: $v$	-,115	,045	-,098

a. Független változó: Tüzelőanyag-fogyasztás [l/100km]

A regressziós modell összegzését először érdemes vizuálisan értelmezni (23-24. táblázat). A különböző magyarázó változók hozzárendelésével kapunk egy előrejelzést a várható determinációs együtthatóról ( $R^2$ ). A korábbiakban felírt, menetegyenletről levezetett és a 11. táblázatban összefoglalt változók alapján készítem el a statisztikai modellt. A szemléletesség kedvéért egy, kettő és három magyarázó változóval elemzem az előrejelezhetőséget a tüzelőanyag-fogyasztásra vonatkozóan. A legkedvezőbb eset a 69. ábrán kerül bemutatásra.

$\Delta(v^2)$ -tel (ahol  $\Delta(v^2)$  = a sebesség négyzetének változása):  $R^2 = 57,20\%$

A kapcsolatot leíró egyenlet:  $Q = 0,432 \cdot \Delta(v^2) + 5,999$

$$Q\left[\frac{1}{100\text{km}}\right] = 0,432\left[\frac{1 \cdot \text{s}^2}{100000\text{m}^3}\right] \cdot \Delta(v^2)\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right] + 5,999\left[\frac{1}{100\text{km}}\right]$$

$\Delta(v^2)$ -tel és  $\Delta(Z)$ -vel (ahol  $\Delta(Z)$  = a tengerszint feletti magasság változása):  $R^2 = 86,40\%$

A kapcsolatot leíró egyenlet:  $Q = 0,337 \cdot \Delta(v^2) + 6,767 \cdot \Delta(Z) + 5,435$

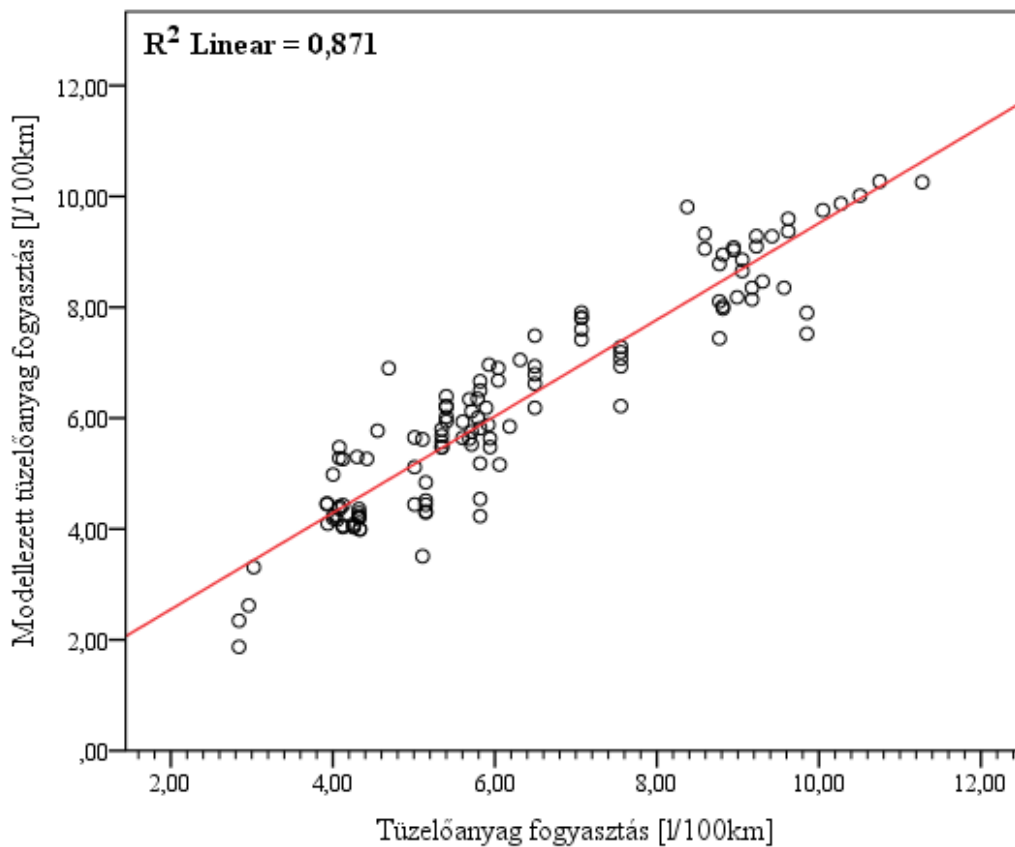
$$Q\left[\frac{1}{100\text{km}}\right] = 0,337\left[\frac{1 \cdot \text{s}^2}{100000\text{m}^3}\right] \cdot \Delta(v^2)\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right] + 6,767\left[\frac{1}{100000\text{m}^2}\right] \cdot \Delta(Z)\text{ [m]} + 5,435\left[\frac{1}{100\text{km}}\right]$$

$\Delta(v^2)$ -tel,  $\Delta(Z)$ -vel és  $v$ -vel (ahol  $v$  = a közegellenállást jellemző sebesség):  $R^2 = 87,10\%$

A kapcsolatot leíró egyenlet:  $Q = 0,330 \cdot \Delta(v^2) + 6,221 \cdot \Delta(Z) - 0,115 \cdot v + 7,119$

$$Q\left[\frac{1}{100\text{km}}\right] = 0,330\left[\frac{1 \cdot \text{s}^2}{100000\text{m}^3}\right] \cdot \Delta(v^2)\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right] + 6,221\left[\frac{1}{100000\text{m}^2}\right] \cdot \Delta(Z)\text{ [m]} -$$

$$0,115\left[\frac{1 \cdot \text{s}}{100000\text{m}^2}\right] \cdot v\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] + 7,119\left[\frac{1}{100\text{km}}\right]$$



69. ábra: Tüzelőanyag-fogyasztás modellezése változó sebességek és változó domborzati viszonyok mellett (forrás: saját kép)

## 9. Fejezet

### Új tudományos eredmények

#### **Első tézis**

Belsőégésű Otto-motorral hajtott személygépjármű városi sebességtartományban történő, 30, 40 és 50 km/h állandó sebességű mozgása mellett összefüggéseket írtam fel a globális helymeghatározásból adódó magassági koordináták és a fedélzeti diagnosztika tüzelőanyag-fogyasztási és légnyelés adatai között. A tézis alapja adott menetre jellemző, valós időben, valós körülmények között végrehajtott, két független eszközrendszer adataira támaszkodó vizsgálat. Ehhez kapcsolódva kijelöltem a mérendő mennyiségeket, összeállítottam a mérési apparátust, megterveztem a méréssorozatok útvonalait és végrehajtottam a mérést. Az adatok birtokában elkészítettem a statisztikai adatfeldolgozást, meghatároztam a kapcsolatot leíró regressziós egyenleteket és kiszámoltam a determinációs együtthatókat [BTF1, BTF2, BTF3].

#### **Thesis 1.**

I revealed a close connection between precision altitude data of Global Positioning and fuel consumption and airflow rate data of Vehicle Diagnostic. Measurements were carried out at 30, 40 and 50 km/h standard speeds with an Internal Combustion gasoline Engine powered passenger car.

#### **Második tézis**

Bizonyítottam, hogy lehetséges belsőégésű motordiagnosztikai adatok alapján topográfiai domborzatmodellt alkotni. A tézis a bemutatott mérési és adatfeldolgozási módszeren, valamint a kapcsolat jellegét leíró determinációs együtthatókon alapul. Az eredmény a bejárt útvonal topográfiai jellemzőinek leírását adja, amely leképezés a belsőégésű Otto-motor, így a személygépjármű tüzelőanyag-fogyasztási, vagy légnyelési adataira támaszkodva valósítható meg [BTF4, BTF5].

#### **Thesis 2.**

I determined a possible method to create topographic relief model based on the diagnostic data of an Internal Combustion Engine.

### **Harmadik tézis**

Létrehoztam egy módszert, amelynek segítségével az útvonalra jellemző topográfiai attribútumok alapján előre jelezhető a belsőégésű Otto-motorral hajtott személygépjármű tüzelőanyag-fogyasztása és légnyelése. A harmadik tézis a második tézis logikai megfordítása, melynek alapja az egymástól független adatforrásra támaszkodó diagnosztikai és precíziós helymeghatározási mérésorozat és a kapcsolódó adatfeldolgozási módszer [BTF6, BTF7].

### **Thesis 3.**

I created a method to estimate vehicle's fuel consumption based on topographic attributes of a given route.

### **Negyedik tézis**

Bizonyítottam, hogy a feltárt kapcsolatrendszer alkalmas a személygépjármű helyzetének meghatározására fedélzeti diagnosztikai adatok alapján. A negyedik tézis alapja az eredmények számítógépes implementációja. Pontkereső algoritmus segítségével, előre definiált referencia (topográfiai térkép) adatbázis ismeretében, az általam létrehozott program a beérkező tüzelőanyag-fogyasztás, vagy légnyelés adatok alapján határozza meg a pozíciót és jelöli be a referenciaadatbázison. A módszer városi sebességtartományban nagy hatékonysággal alkalmazható [BTF8, BTF9].

### **Thesis 4.**

I proved that the defined system of relations is highly usable to estimate vehicle's position based on fuel consumption or airflow rate data of Vehicle Diagnostic.

## **9.1. Tézisek összefoglalása**

Létrehoztam egy mérési és adatfeldolgozási módszert, melynek segítségével a személygépjármű tüzelőanyag-fogyasztása és a téradatok tengerszint feletti magassági adatbázisa között magas fokú kapcsolat realizálható. Megterveztem és végrehajtottam a vonatkozó mérésorozatokat, majd a kapott eredményeket feldolgoztam és implementáltam. A tüzelőanyag-fogyasztás meghatározott útvonali attribútumok alapján történő becslése hasznosítható az útvonaltervezési fázisban, illetve üzemeltetési költség elemzéseknél, a pontkereső algoritmusra épülő módszer pedig valós időben, a közlekedési rendszer lokális, helymeghatározásra vonatkozó információhiányait egészítheti ki.



## 9.2. A módszerrel megcélzott fejlesztési területek

Napjainkban megfigyelhető az alternatív, különösen az elektromos hajtásláncok terjedése. A személygépjármű-gyártók kínálatában szinte kivétel nélkül helyet kapnak az elektromos koncepciók. A technológiai fejlődés adott régiók gépjárműállományainak alakulásában szerepet játszik, emellett 1,4 milliárd belsőégésű motorral hajtott gépjármű vesz részt a mindennapi közlekedésben világszerte. Az említett egységek olyan potenciális információforrásnak tekinthetők, amelyek kihasználása célszerű lehet a bemutatott elgondolás tekintetében.

Adott gépjármű felhasználó, így az említett járművek egy része jól behatárolható útvonalakat jár be nap, mint nap, köztük adott közlekedési hálózat feltételezhető. Az említett körülményeket kihasználó járműipari fejlesztések előremutatók lehetnek. A meghatározható időközönként felépülő rendszerben résztvevő egységek egymást információval láthatják el a sebesség karakterisztikákra épülő tüzelőanyag-fogyasztás becslésekkel, optimalva azt a bejágni kívánt útvonal karakterisztikájához. A megvalósítás történhet például telefonos applikáción keresztül. A belsőégésű motorral hajtott személygépjárművek alapvető, szabványosított tartozéka a diagnosztikai aljzat, amin keresztül fontos információkhoz jutunk. Ennek összehangolása egy okostelefonnal a diagnosztikai eszközök termékínálatait elemezve, például Bluetooth-on könnyen megoldható, de más kommunikációs protokollon keresztül is realizálható az adatátvitel. Egy olyan fejlesztési irány, amely gyors és hatékony applikációba tömöríti az elvet és a pontkereső algoritmust, a kutatás-fejlesztés következő állomását jelentheti. A vezetéstámogatás a műholdas, vagy szerveralapú helymeghatározás lokális hiánya esetén a tüzelőanyag-fogyasztási adatokra támaszkodva megvalósítható, ezzel együtt az applikáción keresztül egyéb, a közlekedési hálózatban részt vevő egységekkel is lehetséges az adatcsere. Így biztonságkritikus helyzetek is megelőzhetők.

Fontos kérdésnek tartom az információhoz való hozzáférés másik oldaláról is megvizsgálni a bemutatott elvet, elgondolást. Előfordulhatnak olyan helyzetek, ahol nem célszerű a járműből információt juttatni a külvilág felé. A fedélzeti diagnosztikán alapuló helymeghatározás során az információ védett, adott kereteken belül a jármű saját maga képes a tájékozódásra. Zárt struktúrának tekinthető, melyhez kívülről nehéz hozzáférni. Ehhez az előre felmért lehetséges műveleti területek geodéziai pontosságú dokumentációjára van szükség. Egy belső, OBD-adatokra támaszkodó eszköz, alkalmazás fejlesztésével ez a feladat teljesíthető.

# Irodalomjegyzék

- [1] C. Lim, K. Kim és P. Maglio, „Smart cities with big data: Reference models, challenges, and considerations,” *Cities*, 82, pp. 86-99, 2018.
- [2] M. Medina-Tapia és F. Robusté, „Exploring paradigm shift impact in urban mobility: Autonomous Vehicles and Smart Cities,” *Transportation Research Procedia*, 33, pp. 203-210, 2018.
- [3] M. A. Richter, M. Hagenmaier, O. Bandte, V. Parida és J. Wincent, „Smart cities, urban mobility and autonomous vehicles: How different cities needs different sustainable investment strategies,” *Technological Forecasting and Social Change*, 184, 2022.
- [4] T. Petrov, M. Dado és M. K. Ambrosch, „Computer Modelling of Cooperative Intelligent Transport Systems,” *Procedia Engineering*, 192, pp. 683-688, 2017.
- [5] F. Szauter, A. Bedő, P. Kőrös és F. Fiedler, „Az automatizáltság növelésével a fenntarthatóságért,” *Magyar Tudomány*, 183(3), pp. 322-341, 2021.
- [6] T. Péter és J. Bokor, „Modeling road traffic networks for control,” *Annual international conference on network technologies communications: NTC 2010*, Thaiföld, 2010.
- [7] T. Péter és J. Bokor, „New road traffic networks for control,” *GSTF International Journal on Computing*, 1(2), pp. 227-232, 2011.
- [8] M. J. Khan, A. M. Khan, A. Beg, S. Malik és H. El-Sayed, „An overview of the 3GPP identified Use Cases for V2X Services,” *Procedia Computer Science*, 198, pp. 750-756, 2022.
- [9] T. Fülep és L. Palkovics, „Elektronikus jármű és infrastruktúra rendszerek a közlekedésbiztonság növelésének szolgálatában,” *6. Európai Közlekedési Kongresszus*, Budapest, 2007.
- [10] L. Palkovics, „Intelligens járműrendszerek,” *Mindentudás Egyeteme*, 2005.
- [11] L. Palkovics, „Kiberbiztonság a járműiparban,” *Scientia et Securitas*, 2020.
- [12] T. Péter, F. Szauter, Z. Rózsás és I. Lakatos, „Integrated applications of network traffic and intelligent driver models in the test laboratory analysis of autonomous vehicles and electric vehicles,” *International Journal of Heavy Vehicle Systems*, 227(1-2), pp. 227-245, 2020.

- [13] L. Palkovics és A. Fries, „Intelligent Electronic Systems in commercial vehicles for enhanced traffic safety,” *Vehicle System Dynamics*, 235(4-5), pp. 227-289, 2001.
- [14] O. Derbel, T. Péter, H. Zebiri, B. Mourllion és M. Basset, „Modified Intelligent Driver Model for driver safety and traffic stability improvement,” *IFAC Proceedings Volumes*, 46(21), pp. 744-749, 2013.
- [15] ScienceDirect tudományos adatbázis, <https://www.sciencedirect.com/>.
- [16] D. Rimpas, A. Papadakis és M. Samarakou, „OBD-II sensor diagnostics for monitoring vehicle and consumption,” *Energy Reports*, 6(3), pp. 55-63, 2020.
- [17] J. Pavlovic, S. Fontaras, S. Broekaert, B. Ciuffo, M. A. Ktistakis és T. Grigoratos, „How accurately can we measure vehicle fuel consumption in real world operation?,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 90, 2021.
- [18] P. Gáspár és B. Németh, „Design of Look-Ahead Cruise Control Using Road and Traffic Conditions,” *American Control Conference*, Chichago, 2015.
- [19] X. Zhang, J. Li, H. Liu, Y. Li, T. Li, K. Sun és T. Wang, „A fuel-consumption based window method for PEMS NO<sub>x</sub> emission calculation of heavy-duty diesel vehicles: Method description and case demonstration,” *Journal of Environmental Management*, 325(A), 2023.
- [20] D. Vieira, R. Orjuela, M. Spisser és M. Basset, „Positioning and Attitude determination for Precision Agriculture Robots based on IMU and Two RTK GPSs Sensor Fusion,” *IFAC Papers Online*, 55(32), pp. 60-65, 2022.
- [21] M. Fernández de Sevilla, Ó. Gutiérrez, J. Gómez, A. Tayebi, Á. Alvarez és F. Sáez de Adana, „On the application of radio planning tools in open environments for the improvement of autoguidance systems used in precision agriculture,” *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 2021.
- [22] Q. Cui, M. Liu, X. Huang és M. Gao, „Coarse-to-fine visual autonomous unmanned aerial vehicle landing on a moving platform,” *Biomimetic Intelligence and Robotics*, 2023.
- [23] T. Severin és D. Söffker, „Sensor optimization for altitude estimation of spraying drones in vineyards,” *IFAC Papers Online*, 55(32), pp. 107-112, 2022.
- [24] J. Wang, T. Xu, W. Nie és G. Xu, „A simplified processing algorithm for multi-baseline RTK positioning in urban environments,” *Measurement*, 179, 2021.

- [25] J. Kichun, K. Junsoo és S. Myounggho, „Real-Time Road-Slope Estimation Based on Integration of Onboard Sensors With GPS Using an IMM-PDA Filter,” *Intelligent Transportation Systems*, 14, pp. 1718-1732, 2013.
- [26] P. Sahlholm és K. Johansson, „Road grade estimation for look-ahead vehicle control using multiple measurement runs,” *Control Engineering Practice*, 18(11), pp. 1328-1341, 2010.
- [27] H. Bae, J. Ryu és C. Gerdes, „Road grade and vehicle parameter estimation for longitudinal control using GPS,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2001.
- [28] A. Capraz, P. Özel, M. Sevkli és Ö. Beyca, „Fuel Consumption Models Applied to Automobiles Using Real-Time Data: A Comparison of Statistical Models,” *Procedia Computer science*, 83, 2016.
- [29] M. Li, L. Yu és G. Song, „Quantification of road grade to improve the estimation of fuel consumptions using the global positioning system,” *IET Intelligent Transport Systems*, 11(8), pp. 485-490, 2017.
- [30] P. Óri és I. Lakatos, „Self diagnostic procedures carried out in autonomous driving mode,” *12th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2021)*, Online kiadás, 2021.
- [31] I. Lakatos, „Járműdiagnosztika,” Győr, Széchenyi István Egyetem, 2011.
- [32] F. Dömötör, K. Sólyomvári, Z. Weltsch és B. Vehovszky, „Járműdiagnosztika,” Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2016.
- [33] I. Lakatos és I. Nagyszokolyai, „Gépjármű-diagnosztika és-vizsgálat,” Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 2003.
- [34] ISO 9141:1989 Road vehicles — Diagnostic systems — Requirements for interchange of digital information, <https://www.iso.org/standard/16737.html>.
- [35] ISO 9141-2:1994 Road vehicles — Diagnostic systems — Part 2: CARB requirements for interchange of digital information, <https://www.iso.org/standard/16738.html>.
- [36] ISO 9141-3:1998 Road vehicles — Diagnostic systems — Part 3: Verification of the communication between vehicle and OBD II scan tool, <https://www.iso.org/standard/28621.html>.
- [37] I. Lakatos, „Korszerű környezetvédelmi diagnosztika,” *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia*, Budapest, 2007.

- [38] I. Lakatos, „Korszerű járműdiagnosztika a fenntartható közlekedés szolgálatában,” *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia*, Budapest, 2008.
- [39] I. Lakatos, „Járművek energiafelhasználásának mérése,” *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia*, Budapest, 2009.
- [40] SAE J1850 Access to vehicle networks for onboard-diagnostics, [https://www.sae.org/standards/content/j1850\\_201510/](https://www.sae.org/standards/content/j1850_201510/).
- [41] Euro 5 és Euro 6 emissziós előírás, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32007R0715>.
- [42] CarChip Pro User Manual, Davis Instruments: <https://usermanual.wiki/Davis-Instruments/DavisInstrumentsCarChip8221UsersManual511226.1513569075.pdf>.
- [43] J. Benedicto, M. Philippe és J. Ventura-Traveset, „EGNOS: project status overview,” *Air & Space Europe*, 1(1), pp. 58-64, 1999.
- [44] F. Bearzot, R. Garzonio, B. Di Mauro, R. Colombo, E. Cremonese, G. B. Crosta, R. Delalove, C. Hauck, U. M. Di Cella, P. Pogliotti, P. Frattini és M. Rossini, „Kinematics of an Alpine rock glacier from multi-temporal UAV surveys and GNSS data,” *Gomorphology*, 402, 2022.
- [45] M. Rabah, M. Basiouny, E. Ghanem és A. Elhadary, „Using RTK and VRS in direct georeferencing of the UAV imagery,” *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 7(2), pp. 220-226, 2018.
- [46] P. Dabove, M. M. Manzino és N. Gogoi, „Assessment of positioning in Italy from GPS, BDS and GLONASS constellations,” *Geodesy and Geodynamics*, 9(6), pp. 439-448, 2018.
- [47] M. P. Breeman, F. Grillo és G. van de Kaa, „Battles in space: De-facto standardization of Global Navigation Satellite Systems,” *Journal of Engineering and Technology Management*, 65, 2022.
- [48] J. Li, Y. Yang, H. He és B. Wang, „RTK positioning based on the phase-only differential corrections,” *Advances in Space Research*, 70(4), pp. 880-889, 2022.
- [49] Q. Sun, J. Xia, J. Foster, T. Falkmer és H. Lee, „Pursuing Precise Vehicle Movement Trajectory in Urban Residential Area Using Multi-GNSS RTK Tracking,” *Transportation Research Procedia*, 25, pp. 2356-2372, 2017.

- [50] C. A. Tóth, „A műholdas helymeghatározás alapjai,” Oktatási segédlet: Debreceni Egyetem, 2016.
- [51] GNSS vevők működése, <https://gisgeography.com/trilateration-triangulation-gps/>.
- [52] M. T. Koncz, „Az EGNOS rendszer és alkalmazása során szerzett tapasztalatok,” *Hadmérnök*, pp. 158-170, 2007.
- [53] European Space Agency - What is EGNOS,  
[https://www.esa.int/Applications/Navigation/EGNOS/What\\_is\\_EGNOS](https://www.esa.int/Applications/Navigation/EGNOS/What_is_EGNOS).
- [54] European Space Agency - EGNOS Space Segment,  
[https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/EGNOS\\_Space\\_Segment](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/EGNOS_Space_Segment).
- [55] Trimble 5800 Műszaki Leírás,  
<http://www.geotrade.hu/index.php?page=letoltes&spage=fajl&id=186>.
- [56] I. Rieger és G. Kocsis, „Műhold pályák,” Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2012.
- [57] US Coast Guard, Global Positioning System (GPS) Overview,  
<https://www.navcen.uscg.gov/global-positioning-system-overview>.
- [58] GPS - globális műholdas helymeghatározó rendszer (GNSS) - frekvenciasávok,  
<https://www.frekvencia.hu/rnss-gps.htm>.
- [59] EGNOS - európai geostacionárius navigációs kiegészítő rendszer,  
<https://www.frekvencia.hu/rnss-egnos.htm>.
- [60] I. Zobory, B. Gáti, L. Kádár és D. Hadházi, „Járművek és mobil gépek I.,” Typotex, 2012.
- [61] I. Zobory, „Járműdinamika és hajtástechnika,” Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.
- [62] W. Mayer, J. Wiederman és J. Neubeck, „Road load determination in real road tests,” *ATZ worldwide*, 2002.
- [63] T. Gechev, M. Mruzek és D. Barta, „Comparison of real driving cycles and consumed braking power in suburban Slovakian driving,” *MATEC Web of Conferences* 133, 2017.
- [64] Ford B-Max Technical Specifications,  
[https://media.ford.com/content/dam/fordmedia/Europe/documents/productReleases/B-MAX/B-MAX-Specifications\\_EU.pdf](https://media.ford.com/content/dam/fordmedia/Europe/documents/productReleases/B-MAX/B-MAX-Specifications_EU.pdf).
- [65] Á. G. Pattantyús, „A gépek üzemtana,” Szerk.: D. P. László, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1983.

- [66] M. Szörényi , „Két mennyiség kapcsolatának vizsgálata, korreláció és lineáris regresszió,” Széchenyi István Egyetem.
- [67] W. Zhao, G. Liu, M. Gao és S. Hu, „Multi-antenna GNSS tight attitude determination in the urban environment,” *Measurement Science and Technology*, 33(6), 2022.
- [68] Sky Plot Editor Online, <http://www.gnssplanningonline.com/#/skyplot>.
- [69] Lefedettségi térképek,  
<https://www.telekom.hu/lakossagi/szolgalatasok/mobil/lefedettseg>.
- [70] ESRI Shape File Technical Description, <https://www.esri.com>, 1998.
- [71] Á. Bereczky és Z. Varga, „Motor és erőátviteli rendszerek mechatronikája,” Budapest: BME MOGI, 2014.
- [72] M. G. Lee, Y. K. Park, K. K. Jung és J.-Y. Yoo, „Estimation of Fuel Consumption using In-Vehicle Parameters,” *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, 4(4), pp. 37-46, 2011.
- [73] Z. Varga és F. Szauter, „Járműmechatronika,” Győr: Széchenyi István Egyetem, 2011.
- [74] S. Aravind, P. Ragupathi, D. Sathish Kumar és G. Vignesh, „A Numerical Investigation of Automotive Lambda Sensor to Improve the Life Span of the Sensor using CFD,” *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2020.
- [75] MOL ESZ 95, <https://mol.hu>.
- [76] J. Závoti, „Matematikai statisztikai elemzések,” Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010.
- [77] T. Busznyák, „Domborzat modellezése belsőégű motor diagnosztikai méréseivel,” *XXII. Bolyai Konferencia*, Budapest, 2017.
- [78] T. Busznyák és I. Lakatos, „Fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározás,” *Autonóm járművek-a jövő közlekedése Konferencia*, Győr, 2019.
- [79] L. Pokorádi, „Rendszertechnika,” Budapest: TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., 2013.
- [80] F. Horváth és L. Pokorádi, „Változók és dimenzióik,” *Repüléstudományi Közlemények*, 30(1), pp. 237-246, 2018.

## A szerző tézispontokhoz kapcsolódó munkái

- [BTF1] T. Busznyák és I. Lakatos, „Automotive Engineering Possibilities in combining Global Positioning and Vehicle Diagnostic,” *Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering*, pp. 84-89, Debrecen, 2017.
- [BTF2] T. Busznyák és I. Lakatos, „Using Global Positioning and Vehicle Diagnostics to validate displayed Vehicle Consumption,” *Proceedings of Informatics and Management Sciences: The 7th International Virtual Conference*, pp. 116-119, Zilina, 2018.
- [BTF3] T. Busznyák és I. Lakatos, „Examination of fuel consumption factors, basics of precision and onboard diagnostic measurements,” *Hungarian Journal of Industry and Chemistry, Autonomous Vehicle Issue*, 48(1), pp. 87-93, Veszprém, 2020.
- [BTF4] T. Busznyák és I. Lakatos, „Járműipari fejlesztések támogatása nagyvárosi környezetben végzett nagypontosságú GNSS technológiával,” *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia*, Budapest, 2019.
- [BTF5] T. Busznyák, „Nagypontosságú GNSS-mérés hasznosítása a járműiparban, kapcsolódó rendszerbiztonsági és adatforgalmi kérdések feltárása V2X-rendszerben,” *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(3), pp. 35-53, Budapest, 2019.
- [BTF6] T. Busznyák és I. Lakatos, „Digitális eszközrendszerek a gépjárművekben, mint az autonomizálódó közlekedés fejlesztésének információforrásai,” *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia*, Budapest, 2018.
- [BTF7] T. Busznyák és I. Lakatos, „Úthálózat elemeinek helymeghatározási és diagnosztikai feldolgozása fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározási modell felépítéséhez,” *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia*, Budapest, 2020.
- [BTF8] T. Busznyák, G. Pálfi és I. Lakatos, „On-Board Diagnostic-based Positioning, as an Additional Information Source of Driver Assistant Systems,” *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(5), pp. 217-234, Budapest, 2019.
- [BTF9] T. Busznyák és I. Lakatos, „Fedélzeti diagnosztika alapú helymeghatározás tesztpályán,” *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia*, Budapest, 2021.