



Neumann János Egyetem
Műszaki és Informatikai
Kar

Keréktalpponti erők vizsgálata

Prüfung der Radaufstandskräfte mit
Triebfahrzeug

Molnár Bence
CS7RGO

Dr. Kondor István Péter,
Adjunktus

2023

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS.....	2
1. IRODALOMKUTATÁS	3
1.1. CSUKLÓS JÁRMŰMODELL.....	3
1.2. ZALAZONE: MAGYARORSZÁG AUTÓIPARI TESZTPÁLYÁJA	6
1.3. JÁRMŰDINAMIKAI MÉRÉSI SZABVÁNYOK	8
1.3.1. Kettős sávváltás.....	8
1.3.2. Jávorszarvas teszt	9
1.3.3. Állandó sebességű, állandó sugarú körpályás teszt.....	10
2. MÉRÉS BEMUTATÁSA	11
2.1. JÁRMŰDINAMIKAI MÉRŐ ESZKÖZÖK/BERENDEZÉSEK	11
2.1.1. Mercedes-Benz CLA 250 (W117).....	11
2.1.2. Kalydi-1 utánfutó	13
2.1.3. Kistler Roadyn S625	14
2.1.4. MOTEC I2 Pro.....	15
2.2. PÁLYAELEM VÁLASZTÁS.....	16
2.3. PÁLYA ELKÉSZÍTÉSE.....	17
2.4. TERHELÉSEK	20
3. MÉRÉS KIÉRTÉKELÉS	23
3.1. LOGOLT ADATOK FELDOLGOZÁSA	23
3.2. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA	25
3.3. KONKLÚZIÓLEVONÁS	26
ÖSSZEFOGLALÁS.....	28
IDEGEN NYELVŰ ÖSSZEFOGLALÁS (SUMMARY/ZUSAMMENFASSUNG)	29
ÁBRAJEGYZÉK.....	30
IRODALOMJEGYZÉK	31
MELLÉKLET	32

Bevezetés

A vizsgált rendszer egy személygépjármű-pótkocsi rendszer. A jármű és a vontatmány egy csuklópontra van összekötve egy csatlakozó elemmel, továbbiban kapcsolófej. Az egy egységből álló gépkocsikhoz képest a személygépkocsi-pótkocsi rendszerek nagy sebességnél gyenge oldalirányú stabilitással rendelkeznek a kettős egységű szerkezet miatt. Ezeknél a járműveknél három egyedi instabil mozgási módot azonosítottak, a pótkocsi lengését (oszillációs instabilitás), az elfordulását és a borulását. Ebben a dolgozatban csak a pótkocsi lengését fogom vizsgálni. Ezek a módok a megengedett sebességtartomány felső részéhez tartozó közúti balesetek gyakori okai. Egy ilyen járműszerelvénnyel vezetője nehezen érzékeli a pótkocsi mozgását, mivel a vezetőt érő ingerek általában csak a személygépkocsi reakcióján alapulnak és nem a pótkocsién. A két járművet összekötő csukló elszigeteli a két test egymásra kifejtett mozgását. A közúti balesetekben az instabil mozgásra vezethető vissza, amik közvetlenül a pótkocsi reakcióival függenek össze. A vizsgálat során egy általános méretű járműszerelvényre terjed ki a mérés, amit általában nem hivatásos sofőrök, hanem átlagemberek vezetnek, akik a tapasztalatukból fakadóan képesek a fentebb meghatározott módok közül valamennyit előidézni. Sajnos a ma forgalomban lévő személygépjárművek többsége nem rendelkezik olyan beavatkozó rendszerrel, amely képes kezelni a vontatmány reakcióit és azok instabil viselkedése esetén beavatkozni. Folyamatosan változik a pótkocsi terhelése és ezzel együtt a súlypontja is, ami az átterhelődések esetén kritikus fontosságú. Erre a problémára különböző aktív biztonsági rendszereket javasolnak a járműgyártók, amelyek magukba foglalják az aktív pótkocsi fékezést vagy a kormányzást. A fejlesztés érdekében rengeteg bemeneti adatra van szükség, hogy a megtervezett algoritmusú rendszer időben felismerje a jármű mozgásának változását és korrekcióját. Elengedhetetlen különböző járműmodellek létrehozása, melyek különböző szabadsági fokokkal rendelkeznek. Ebben a dolgozatban a járműmodellek dinamikus reakcióit és azok hatását tárgyalom.

1. Irodalomkutatás

1.1. Csuklós járműmodell

A csuklós járművek kezelési viselkedése összetettebb és kevésbé kiszámítható, mint a nem csuklós járművéké. Ez kihívások elé állítja ezen járművek nem szakképzett vezetőit, akik alkalmanként könnyű pótkocsikat vontatnak és nem biztos, hogy jól értik a személygépjármű-pótkocsi szerelvény dinamikai összetettségét. A feladat a jármű irányításakor válik a legnehezebbé, amikor a rendszer instabillá változik. A boruláson kívül kétféle instabilitást tapasztalhat a vezető a görbületi síkban. Az első a divergens instabilitás, mint például a jackknifing¹, amelynél a csuklószög oszcilláció mozgás nélkül csökken. Ez akkor következik be, ha egy adott üzem közben a jármű-pótkocsi szerelvény alulkormányozottsági gradiense a jármű-pótkocsi kombináció szempontjából negatívvá válik, és a sebesség is a kritikus sebesség felett van. Ennek a paramozgásnak az eredménye, hogy a vontató jármű és vontatmánya becsuklik. A második típus dinamikus jellegű és oszcillációs reakciót eredményezhet növekvő amplitúdójú, úgynevezett kígyózó vagy lengő mozgásként ismert. A vontató és a pótkocsi fizikai paramétereinek mindkét instabilitástípusra gyakorolt hatását részletesen megvizsgálták, validált analitikus modelleket készítettek és járművizsgálatok segítségével kimutatták, hogy a divergens típusú instabilitás csak a vontató jármű paramétereitől és a függőleges vonószerkezet terhelésétől függ. Ez utóbbit a pótkocsi tömege és a pótkocsi súlypontjának hosszirányú elhelyezkedése befolyásolja. A vonószerkezet terhelésének csökkentése, vagy ennek megfelelően a pótkocsi súlypontjának hátrébb helyezése javítja a stabilitási tartalékot a divergens mozgás tekintetében.

Ezzel szemben a kígyózó mozgás létrejötté a vontató jármű és a pótkocsi paramétereitől függ. Pontosabban, a rendszer egy bizonyos sebesség felett instabillá válik. Viszont a legtöbb esetben a pótkocsi terhelése nagymértékben megváltoztatható a felhasználó által meghatározott súlyelosztással, vagy pótkocsi tengely-vonóhorog távolsággal, vagy akár a gumibroncsok típusával és keréknyomásuk megváltoztatásával. Ezek alapján a jármű-pótkocsi kombináció stabilitása nem garantálható a passzív tervezési paraméterek kiválasztásával, így aktív szabályozási megközelítésre lehet szükség. Számos aktív szabályozási módszert javasoltak már a jármű-pótkocsi szerelvény kezelhetőségének és stabilitásának javítására. Az egyik ilyen az aktív hátsókerék kormányzás, ahol Kageyame és Nagai a vontató jármű hátsókerék kormányzását vizsgálta [2], vagy az aktív első és hátsó

¹ jackknifing - becsuklás

A modellben az egyes tengelyek gumibroncsai egyetlen gumibroncsként vannak ábrázolva. Az első kerék elkormányzási szögét: δ , a vonószöget: θ jelöltem. A gumibroncsok kúszási szögét a rendszerben elhanyagolhatónak feltételezzük. Ezenkívül az aerodinamikai légellenállási erők, a lassulás és az oldalirányú dinamikára gyakorolt hatást figyelmen kívül hagyom. Az ábrán az m_1 és az m_2 a jármű, illetve a pótkocsi tömegét jelöli, I_{z1} és I_{z2} a jármű és a pótkocsi tehetetlenségi nyomatéka a tömegközéppontokon áthaladó gördülési tengelyek körül. Az a_1 és b_1 jelölés a jármű első és hátsó tengelyének távolsága a jármű középpontjától, illetve a_2 és b_2 a pótkocsi középpontja között. Az e_1 a pótkocsi csatlakozására szolgáló tengelyének (vonóhorog) távolsága a jármű hátsó tengelyétől. A $c_1 = b_1 + e_1$ a jármű középpontjának távolsága a vonóhorogtól. Az $l_2 = a_2 + b_2$ a pótkocsi tengelyének távolsága a vonóhorog pontjától. A vontató jármű és a pótkocsi tömegközéppont tengelye szerinti elfordulását ω_1 és ω_2 jelöli, míg az oldalirányú sebességeket a v_{y1} és a v_{y2} jelöli. kis szöget feltételezve a jármű és a pótkocsi hosszirányú sebességei azonosak $v_{x1} = v_{x2} = v_x$, és v_x jelöli őket. F_{yf} , F_{yr} és F_{yt} a jármű első és hátsó tengelyén, illetve a pótkocsi tengelyén ható tengelyenkénti oldalsó gumibroncs-erők. Y_h az oldalirányú vonóerő [7]. A fenti feltételek és feltételezések mellett a jármű és a pótkocsi oldalirányú és z tengely körüli forgó mozgásának egyenletei a következők:

$$m_1 a_{y1} = F_{yf} + F_{yr} - Y_h \quad (1)$$

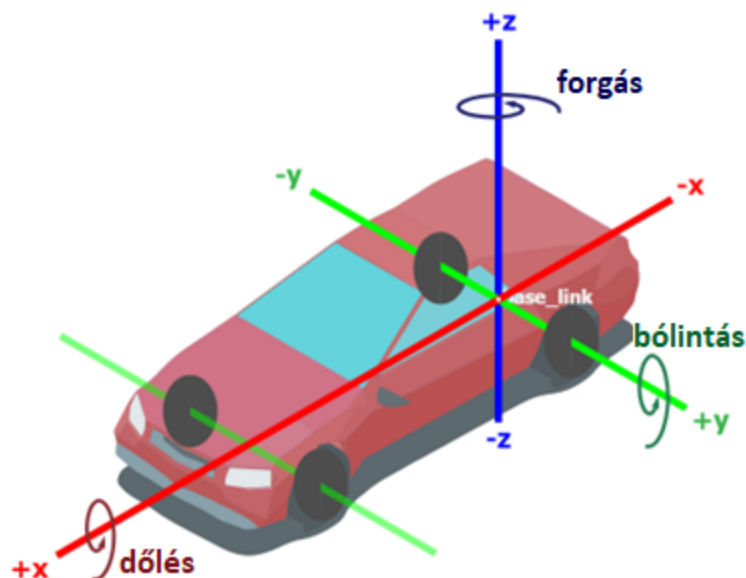
$$I_{z1} \omega_1 = F_{yf} a_1 - F_{yr} b_1 + Y_h c_1 + M_{z1} \quad (2)$$

$$m_2 a_{y2} = F_{yt} + Y_h \quad (3)$$

$$I_{z2} \omega_2 = F_h a_2 - F_{yt} b_2 \quad (4)$$

Itt a_{y1} és a_{y2} az oldalirányú gyorsulások a jármű és a pótkocsi tömegközéppontjában.

A főmozgások megértését a következő ábrán látható jármű koordinátarendszer szolgálja:



2. ábra: Jármű koordinátarendszere

1.2. ZalaZone: Magyarország Autóipari tesztpályája

A ZalaZone a közelmúltban épített, dinamikusan fejlődő autóipari tesztpályája Magyarország délnyugati részén, Zala megyében található. Ez a létesítmény a térség egyik legfontosabb autóipari kutató- és fejlesztési központjává vált, és hatalmas lehetőségeket kínál az önvezető járművek, autóipari innovációk és járműtechnológia fejlesztéséhez. A következő részben bemutatásra kerül a ZalaZone tesztpályája főbb jellemzői és lehetőségei.

1. Autonóm Járművek Tesztelése

A ZalaZone az európai autóipari tesztpályák egyik vezető központja az önvezető járművek teszteléséhez. Az itt elérhető infrastruktúra lehetővé teszi különböző önvezető technológiák, érzékelőrendszerek és vezérlési rendszerek tesztelését valós környezetben. Ezenkívül a tesztpályája különféle forgalmi szituációk és közlekedési körülmények szimulálására is alkalmas, így a fejlesztők széles körű tesztelési lehetőségekkel rendelkeznek.

2. Különböző Tesztterületek

A ZalaZone rendelkezik városi, autópályás és országúti tesztterületekkel, amelyek lehetővé teszik a járművek viselkedésének különböző környezetekben való tesztelését. A városi környezetben az autók navigálhatnak forgalmas utcákon, szimulált gyalogosok és kereszteződések között. Az autópályás területen a magas sebességű vezetési és előzési szimulációkhoz nyújt lehetőséget, míg az országúti területeken változatos útviszonyok és útminőségek tesztelhetők.

3. Biztonságos Környezet

A tesztpálya felszereltsége kiemelkedően biztonságos. Modern balesetelhárító rendszerek és gyorsreagálású személyzet biztosítja a tesztek és kísérletek során a résztvevők biztonságát. Ezenkívül a pálya infrastruktúrája lehetővé teszi a balesetek szimulációját és azokból való tanulást is, hogy a járművek még biztonságosabbá válhassanak.

4. Kutatás és Fejlesztés

A ZalaZone egyedi lehetőségeket kínál a járműgyártók, technológiai vállalatok és kutatóintézetek számára az innovációhoz. Itt a vállalatok képesek új technológiákat kifejleszteni, prototípusokat tesztelni és azokat finomhangolni. Az itt szerzett tapasztalatok hozzájárulnak az autópálya folyamatos fejlődéséhez.

5. Infrastruktúra és Vezetési Körülmények

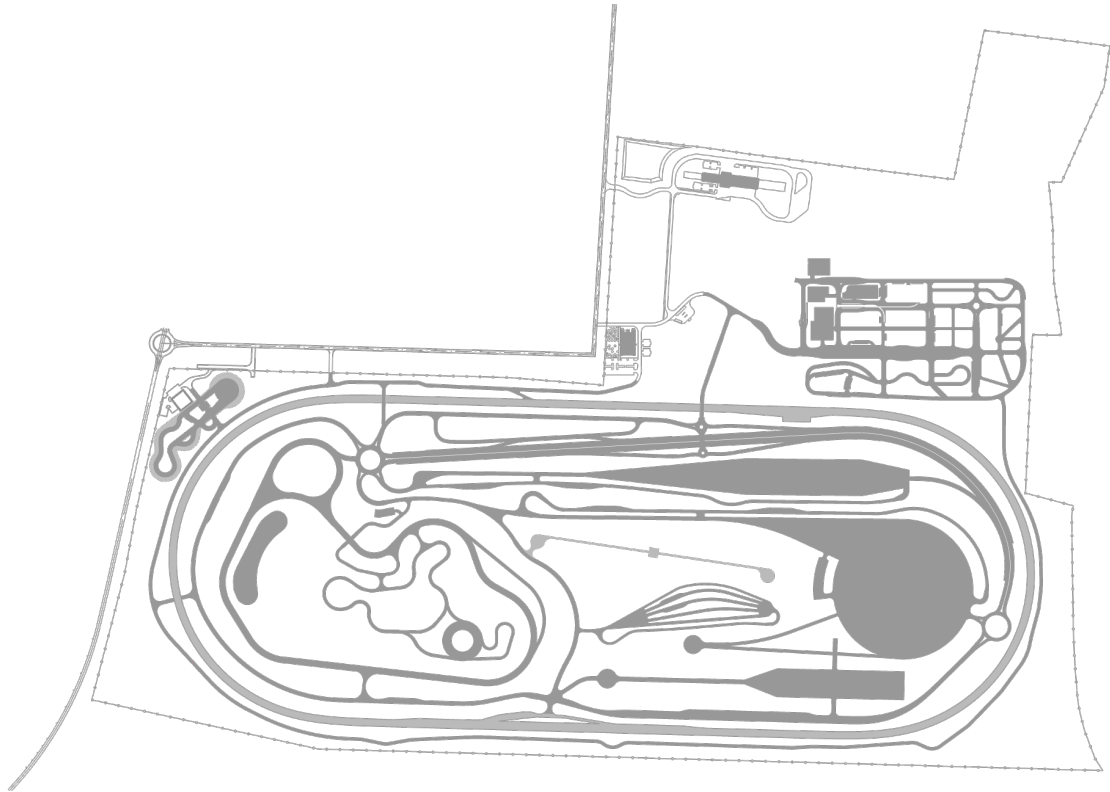
A ZalaZone infrastruktúrája magában foglalja a legmodernebb szimulációs technológiákat, amelyek lehetővé teszik különböző vezetési körülmények reprodukálását, beleértve az időjárási viszonyokat, útviszonyokat és forgalmi helyzeteket. Mindez lehetővé teszi a fejlesztők számára a járművek viselkedésének széles skálájú tesztelését.

6. Képzési és Konferencia Központ

A ZalaZone nemcsak tesztpálya, hanem modern képzési és konferencia központ is. Itt a szakemberek lehetőséget kapnak a tudás megosztására, oktatásra és a szakmai közösség erősítésére. Konferenciák, oktatási programok és szakértői találkozók rendszeresen zajlanak a központban.

A ZalaZone az Autópálya Jövőjének Tesztpályája, a magyar autópálya büszkesége és az európai autópálya egyik kulcsfontosságú tesztpályája. A tesztpálya lehetőséget kínál a technológiai innovációk fejlesztésére, az önvezető járművek tesztelésére és a járműtechnológia előre lépésére. A létesítmény azzal a céllal jött létre, hogy elősegítse az autópálya fejlődését, és a jövő autóiért való felelősségvállalás részeként számos lehetőséget kínál a fejlesztők és vállalatok számára.

A következő ábrán a ZalaZone tesztpálya térképe és pályaelemei látható:



3. ábra: ZalaZone pályatérkép

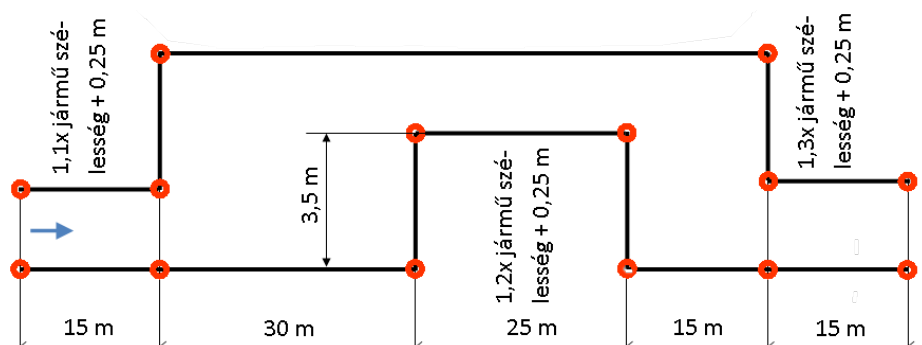
1.3. Járműdinamikai mérési szabványok

1.3.1. Kettős sávváltás

A kettős sávváltást az ISO 3888:1-2018 nemzetközi szabvány írja le, amely az autóiparban alkalmazott tesztek egyike. Konkrétan ez a szabvány a gépjárművek szigorú sávváltási manővereinek tesztelésére vonatkozik. A szabvány célja, hogy a gépjárművek teljesítményét és menetdinamikáját értékelje sávváltási helyzetekben, amelyeket az autók vezetői a valós közúti körülmények között is tapasztalhatnak. A kettős sávváltás egy fontos járműdinamikai teszt, amelyet gyakran használnak az autók és más járművek menetstabilitásának és kormányzásának értékelésére. A teszt célja, hogy ellenőrizze a jármű dinamikus viselkedését, különösen az olyan szituációkban, amikor hirtelen és intenzív sávváltásra van szükség, például egy veszélyes előzési manőver során, vagy egy váratlan akadály elkerülése közben. Az elvégzett mérések során a személygépjárművet egy vontatmánnyal egészítettem ki, amire különböző tömegű terheléseket helyeztem el. A kettős sávváltás teszt során a vontató járműnek és vontatmányának egy gyors, egymás után következő sávváltást kell végrehajtania a szabványban meghatározott és megjelölt pálya szakaszon. A teszt során méri az autó viselkedését, például a sebességváltozást, a kormányzási reakciókat és az oldalsó elmozdulást. A mérés során a jármű hátsó

tengelyének vizsgálatára fókuszáltam és vizsgáltam, hogy milyen hatással van a vontatmányon a különböző tömegek elhelyezésének.

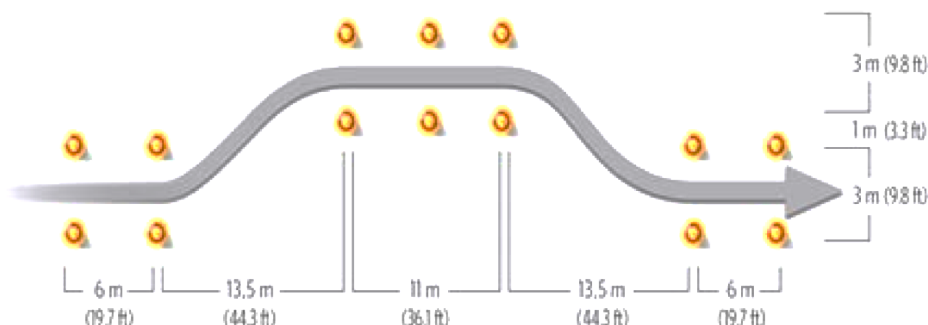
A méréshez szükséges paramétereket meghatározó pályarajz a következő ábrán látható:



4. ábra: ISO TR 3888:1 – 2018 pályarajz

1.3.2. Jávorszarvas teszt

A kitérő manőver teszt nagy hasonlóságot mutat a kettős sávváltás teszt paramétereivel, azonban a köznyelvben ez sokkal ismertebb annál. A svéd nyelvben: „Undanmanöverprov”, azaz kitérő manőver teszt annak megállapítására szolgál, hogy egy adott jármű mennyire jól kerül ki egy hirtelen felbukkanó akadályt. Ezt a tesztet is szabványosították, mégpedig az ISO 3888-2 szabványszám alatt. A tesztet Svédországban az 1970-es évek óta végzik. A teszt köznyelvi és nemzetközileg ismertebb elnevezését 1997-ben a Süddeutsche Zeitung című német lap alkotta meg, miután a svéd Teknikens Värld autós magazin a Trafikmagasinet című tévéműsorral együtt felborított egy Mercedes-Benz A-osztályt egy olyan teszt során, amelynek célja állítólag az volt, hogy felmérje az autó képességét egy jávorszarvas elütésének elkerülésére. A méréshez szükséges pályarajz paramétereit az 5. ábrán látható:

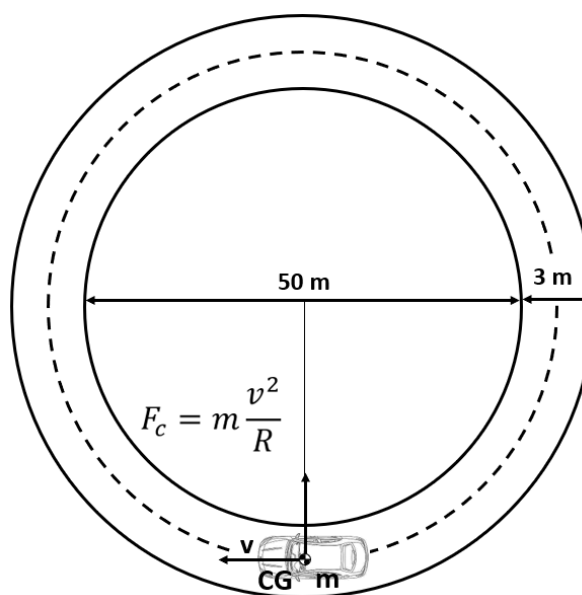


5. ábra: ISO 3888-2:2011 pályarajz [1]

1.3.3. Állandó sebességű, állandó sugarú körpályás teszt

Az állandó sebességű, állandó sugarú körpályás teszt a személygépjárművek sajátkormányozottságának vizsgálatára szolgál. A fentebb már említett ISO 3888-2 szabvány foglalja magába. A csúszópálya [8] egy klasszikus próbapálya, amely egy meghatározott sugarú kör alakú pályából áll. A csúszópályát jellemzően a jármű alulkormányozottsági gradienseinek, valamint maximális oldalirányú gyorsulási képességének meghatározására használják. A csúszópálya-teszt során a járművet lassan és folyamatosan gyorsítják, amíg el nem éri azt a kanyarsebességet, amikor a jármű legkülső gumiabroncsai kezdik elveszíteni a tapadást. Egy alulkormányzott jármű esetében a sebesség növelése ezen a küszöbön túl az első kerekek csúszását eredményezi. A túlkormányzott jármű esetében a hátsó kerekek csúszni kezdenek, ami a jármű orral befelé történő megpördülését okozhatja. Mindkét esetben a gumiabroncsok nettó oldalirányú ereje már nem képes a járművet a kanyarban tartani és a vezetőnek csökkentenie kell a sebességet, hogy visszanyerje az tapadást, ezzel az irányítást is. Gyakran alkalmazzák ezt a tesztet olyan céllal, hogy egy járműdinamikai modellt ellenőrizzenek és értékeljék azt.

A teszt során figyelembe veszik a jármű stabilitását, az oldalvezető erőket és más dinamikus jellemzőket. Az eredmények alapján a gyártók és tervezők optimalizálhatják a járművek futóműveit és irányítási rendszerét, hogy javítsák a vezetési élményt és a biztonságot. A teszt során egy 50 m átmérőjű körpálya kerül kijelölésre, ahol adott elkormányzási szög mellett adott sebességgel kell haladni. A következő ábrán a körpályás teszt elvi ábrája látható:



6. ábra: Állandó sebességű és sugarú körpályás teszt

2. Mérés bemutatása

2.1. Járműdinamikai mérő eszközök/berendezések

Ebben a fejezetben bemutatásra kerülnek a méréshez használt eszközök, berendezések és szoftverek.

2.1.1. Mercedes-Benz CLA 250 (W117)

A jármű bemutatása főként a futóműre koncentrálódik. A járművet elől McPherson, hátul, pedig Multilink futóművel szerelték. Mindkét típus számos előnnyel és hátránnyal bír egymáshoz képest. A következőkben ezeket tárgyalom.

A McPherson kialakítás előnyei közé tartoznak:

- Egyszerűség és költséghatékonyság: A McPherson-féle felfüggesztés egyszerűbb kialakítású, ami csökkentheti a gyártási költségeket és a karbantartási igényeket.
- Kis helyigény: A McPherson-féle rendszer kisebb helyet foglal el az autó orrában, így több hely marad más rendszerek, például a motor számára.
- Kis tömeg: Az egyszerűség és az alkatrészek minimalizálása révén ez a rendszer általában könnyű, ami javíthatja az autó teljesítményét és üzemanyag-hatékonyságát.
- Karosszériaépítési változatosság: A McPherson-féle rendszer lehetővé teszi a különböző típusú autók kialakítását, beleértve a különböző méretű és típusú autókat.

A tömeggyártás szempontjait figyelembe véve ezen előnyök miatt alkalmazza sok járműgyártó, de a rendszer más futómű rendszerekhez képest néhány hátránnyal rendelkezik.

A kialakítás hátrányai közé tartoznak:

- Korlátozott futómű-beállítás: A McPherson-féle rendszernek kevesebb beállítási lehetősége van a futómű szempontjából, különösen az elülső kerék szögét és dőlését illetően, ami hatással lehet az autó teljesítményére és annak leadására.
- Korlátozott kerekösszetartás: A McPherson-féle rendszer nem mindig képes biztosítani ugyanolyan hatékony kerekösszetartást, mint egy bonyolultabb, például a multilink vagy kettős keresztlengőkaros rendszer.

A járművet tovább vizsgálva a hátsó futómű egy multilink rendszert foglal magába. A multilink hátsó felfüggesztés egy összetett rendszer, amely több különböző irányú

lengőkarokat használ a kerekek rögzítésére és a futómű irányítására. Ez a típusú rendszer általában előnyösnek tekinthető a vezetési dinamika, a stabilitás és a kényelem szempontjából. Jobb irányíthatóság és stabilitás: A multilink rendszer lehetővé teszi a kerekek számára a független mozgást, ami javítja az autó irányíthatóságát és stabilitását kanyarokban, különféle útviszonyok között.

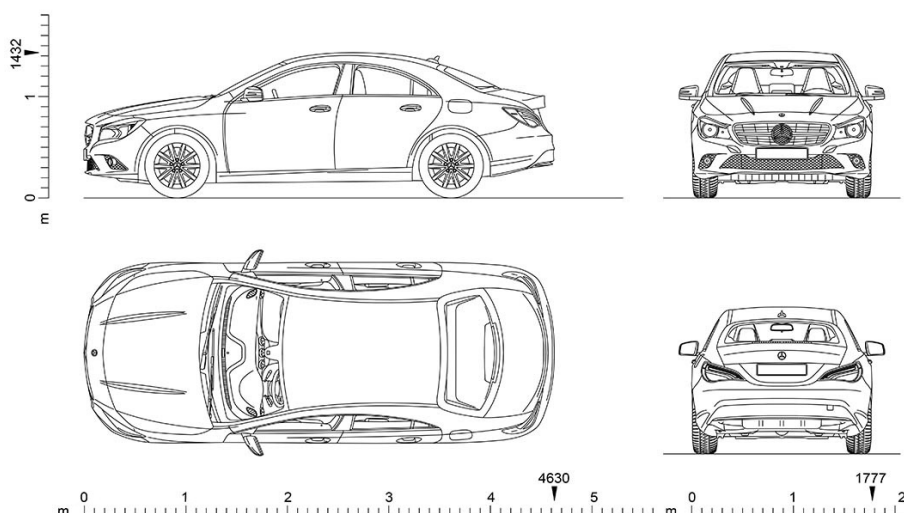
A multilink rendszer előnyei:

- Jobb kanyarstabilitás: A kerekek jobban megtartják a talajt kanyarokban, ami növeli az autó kanyarstabilitását.
- Kisebb gumikopás: Az egyenletes kerékmeghajtás miatt a gumikopás jelentősen csökkenhet, ami hosszabb élettartamot eredményezhet.
- Jobb futómű-illeszkedés: A multilink rendszer lehetőséget biztosít a mérnököknek a futómű finomhangolására, hogy jobban illeszkedjenek az adott vezetési körülményekhez és az autó típusához.

A multilink rendszer hátrányai:

- Bonyolultabb és költségesebb kialakítás: A multilink felfüggesztés összetettebb kialakítást igényel, és gyakran költségesebb a gyártásban és a karbantartásban.
- Súlynövekedés: Az extra alkatrészek és a bonyolultság miatt a multilink felfüggesztés általában nehezebb, ami befolyásolhatja az autó össztömegét és üzemanyag-hatékonyságát.
- Körülményesebb karbantartás: Ha valamilyen probléma merül fel a multilink rendszerrel, annak a javítása és karbantartása gyakran nehezebb feladat lehet, általában speciális szerszámokat vagy szaktudást igényelhet.

A Mercedes-Benz CLA250 egy kompakt szedán, melynek a futóműve fontos szerepet játszik az autó teljesítményében, vezethetőségében és kényelmében egyaránt. A következő ábrán a jármű befoglaló méretei láthatók:



7. ábra: Mercedes-Benz CLA250 (W117) személygépjármű befoglaló méretek

A legfontosabb paramétereket a méréshez és annak környezetéhez kapcsolódóan a következő 1. táblázat tartalmazza:

<i>Paraméter</i>	<i>Mennyiség</i>	<i>Dimenzió</i>
<i>Szélesség</i>	1777	mm
<i>Hosszúság</i>	4630	mm
<i>Magasság</i>	1432	mm
<i>Száraz tömeg</i>	1480	kg
<i>Tengelytáv</i>	2699	mm
<i>Vonóhorog kapcsolási magasság</i>	440	mm
<i>Kerékméret</i>	R17	coll
<i>Gumiabroncs</i>	225/45 R17	-

1. táblázat: Mercedes-Benz CLA250 (W117) paraméterek [9]

2.1.2. Kalydi-1 utánfutó

A méréshez használt utánfutó egy Kalydi-1 típusú, ráfutófék nélküli kivitelű volt, melynek paraméterei a 2. táblázatban találhatók:

<i>Paraméter</i>	<i>Mennyiség</i>	<i>Dimenzió</i>
<i>Rakfelület szélesség</i>	1400	mm
<i>Rakfelület hosszúság</i>	2500	mm
<i>Önsúly</i>	230	kg
<i>Fékrendszer</i>	<i>ráfutófék nélküli</i>	-
<i>Gumiabroncs</i>	155/80 R13	-

2. Táblázat: Kalydi-1 utánfutó paraméterek

Az utánfutó forgalmi engedélyében a maximális terhelhetőség 750 kg volt. A mérés során ezt az értéket nem haladták meg a terhelések.

2.1.3. Kistler Roadyn S625

A Kistler RoaDyn S625 típusú kerekek olyan kerék erő-transzducerek, amelyeket gépjárművek teszteléséhez és méréséhez használnak. A következőkben néhány információt mutatok be a RoaDyn S625 kerekekről:

- Mérési funkciók: Ezek a kerekek kerékterhelést és keréknyomatékot képesek mérni. A kerékterhelést 20-tól 60 kN-ig mérhetik, míg a keréknyomatékot 4-től 8,5 kNm-ig.
- Cellák száma: A RoaDyn S625 kerék egy 6 komponensű kerék erő-transzducerként működik, ami azt jelenti, hogy hat különböző komponenst mér egyidejűleg. Ezek a komponensek a különböző irányú erő- és nyomaték komponensek, amelyek segítségével részletes információkat kaphatunk a kerék működéséről.
- Alkalmazás: Ezeket a kerekeket a gépjárművek teljesítményének és viselkedésének mérésére használják tesztpályákon és tesztpadokon.

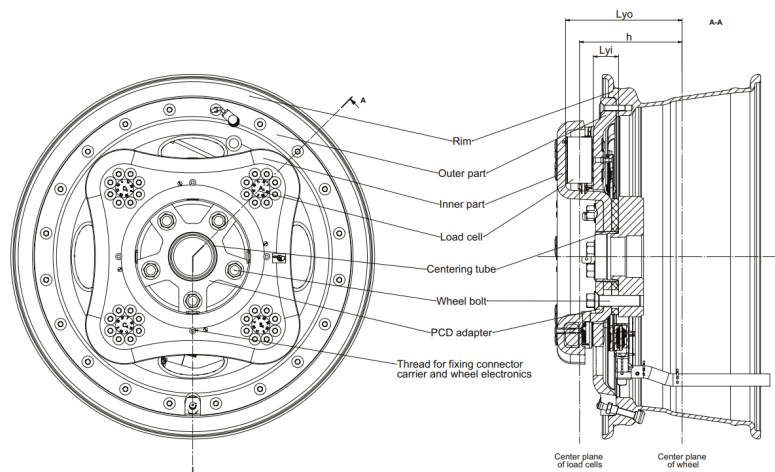
Ezen információk alapján a RoaDyn S625 kerekek fontos eszközök a gépjárművek teljesítményének és viselkedésének méréséhez, illetve számos komponensüket mérési funkcióik segítségével részletesen monitorozzák.

A mérőrendszer a következő elemekből épül fel:

- Kerék erő-transzducer: Ez a fő komponens, amely a kerék erőit és nyomatékait méri. A transzducer érzékelő cellákból áll, amelyek az erőket és nyomatékokat érzékelik.
- Érzékelő cellák: Ezek a cellák felelősek az erők és nyomatékok méréséért. Általában több érzékelő cella található a mérőrendszerben különböző irányú erők és nyomatékok méréséhez.
- Kábelezés: A kábelezés az érzékelő cellákból származó adatok továbbítására szolgál a mérőrendszer központi egységéhez vagy adatgyűjtő rendszerhez.
- Adatgyűjtő egység: Ez az egység fogadja és feldolgozza az érzékelő cellákból származó adatokat. Általában tartalmaz interfészt az adatok továbbításához és rögzítéséhez.

- Szoftver: A mérőrendszerhez tartozó szoftver segít az adatok elemzésében és rögzítésében. A szoftver lehetővé teszi az operátorok számára az eredmények megjelenítését és értelmezését.

A következő ábrán a Kistler Roadyn S625 típusú kerék metszeti ábrája látható:



8. ábra: Kistler Roadyn S625 kerék metszet

2.1.4. MOTEC I2 Pro

A mérések során használt kiértékelő szoftver a MOTEC I2 PRO volt. A MOTEC i2 Pro egy adatfeldolgozó és megjelenítő szoftver, amelyet főként motorsport területen használnak, különösen versenycsapatok és szakemberek a járművek teljesítményének elemzésére. Az i2 Pro egy kifinomult szoftver, amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy elemzéseket végezzenek a járművek teljesítményéről, adatokat gyűjtsenek és értelmezzenek a versenypályán. A szoftver számos fontos funkciót kínál, beleértve az adatok gyors és pontos elemzését, valamint a versenyzés során előforduló teljesítményproblémák azonosítását.

Az i2 Pro a következő kulcsfontosságú jellemzőkkel rendelkezik:

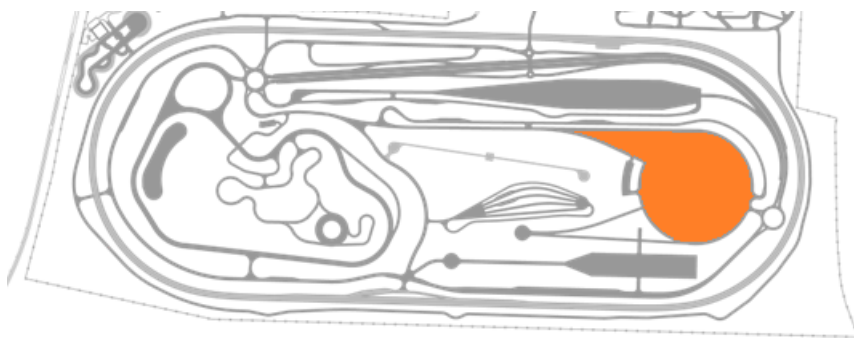
- Adatgyűjtés és elemzés: A szoftver lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy különböző forrásokból adatokat importáljanak, például az autó adatgyűjtő egységéből vagy más mérőrendszerekből. Ezután adataikat átfogó elemzésnek vethetik alá.
- Versenypályai szimuláció: Az i2 Pro lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy virtuális versenypályákon teszteljék a jármű teljesítményét, így felkészülhetnek a versenyekre.

- Diagrammok és grafikonok: A szoftver segítségével könnyen létrehozhatók és testre szabhatók diagramok és grafikonok, amelyek segítenek az adatok jobb megértésében.
- Mérési és elemzési eszközök: Az i2 Pro számos eszközt kínál az adatok méréséhez és elemzéséhez, beleértve a sebességmérőket, gyorsulásmérőket és egyéb fontos mérőeszközöket.
- Adatmegosztás és exportálás: A felhasználók képesek megosztani és exportálni az elemzett adatokat más csapattagokkal és szakemberekkel.

Az i2 Pro a motorsport területén elismert és széles körben használt szoftver, amely segít a versenycsapatoknak és a szakembereknek jobb döntéseket hozni a járművek teljesítményének optimalizálása érdekében.

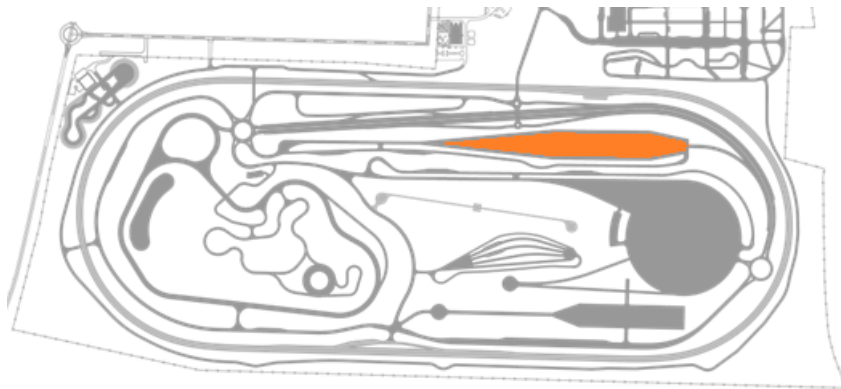
2.2. Pályaelem választás

A méréskor a pályaelem választást több tényező is befolyásolta. Nagyobb részben ez a pályafoglaltságból, kisebb részben a pályaelemek karbantartásából és az időjárásból tevődött össze. A ZalaZone foglaltsága szerint két lehetséges pályaelem volt választható. Az egyik „a Dinamikai felület, ami egy olyan speciális, egybefüggő, nagy felületű, aszfaltburkolatú elem, amely lehetőséget nyújt magasabb sebességű, járműdinamikai határhelyzetben végzett tesztek elvégzésére biztonságos körülmények között. A Zalaegerszegen létrehozott tesztpályán található dinamikai elem egy kör alakú, 300 m átmérőjű, több rétegű aszfaltburkolattal ellátott felület, melynek nyugati oldalán egy 740 m hosszú gyorsításáv található.” A következő ábrán narancssárga színen jelölve a pályaelem:



9. ábra: ZalaZone dinamikai pályaelem

„A másik a fékfelület, amit az ABS³ és ESP rendszerek tesztelésére alakítottak ki. Ez a pályaelem speciális burkolati elemekkel és beépített esőztetőrendszerrel ellátott pályaszakasz, amely modul a zalaegerszegi tesztpályán hat különböző, sávonként nedvesíthető és vízelvezetéssel is rendelkező burkolatával biztosítja széles spektrumon a fékezési lehetőséget. Közel 700 m hosszú gyorsításávjával és 200 m hosszú fékezőfelületével lehetőséget nyújt hosszabb szerelvények tesztelésére is.” A hat sáv előtti felkészülési zóna szélessége 15 m és 55 m közötti értékekkel rendelkezik, amely alkalmas a kívánt mérések elvégzésére. A következő ábrán narancssárga színen jelölve a pályaelem:



10. ábra: ZalaZone fékfelület pályaelem

A foglaltság és a rendelkezésre álló infrastruktúra miatt, a fékfelület pályaelem került kiválasztásra. Ennek indoka, hogy a pályaelemen egyaránt található vízvételi és áramvételi lehetőség, illetve biztonságos elkerített parkoló zónával is rendelkezik.

Ezt követően a pálya felépítése történt meg mérőszalag és lézeres távolságmérő segítségével. A pálya meghatározásához szükséges az irodalomkutatásban található 1. táblázat, ami a Mercedes-Benz CLA250 W117 típusú személygépjármű paramétereit tartalmazza.

2.3. Pálya elkészítése

A pálya elkészítésekor a 3. ábra és az 1. táblázat alapján kerültek meghatározásra a pálya méretei. A bemeneti bolyaköz szélessége 2204,7 mm, ami kerekítve 220 cm. A megközelítési sebesség a biztonságos mérés érdekében 30 km/h (GPS helymeghatározó szerint), amit a jármű gyári limiterével tartottunk ebben a tartományban. A következő ábrán az 1. áthaladási szakasz mérete látható:

³ ABS – blokkolásgátló fékrendszer



11. ábra: Bemeneti bolyaköz (1. szakasz)

A következő áthaladási bolyaköz szélessége 2382,4 mm, ami kerekítve 238 cm. Az áthaladási sebesség a mérési adatokból kiolvasva konstans 30 km/h volt. A következő ábrán a 2. áthaladási szakasz mérete látható:



12. ábra: Áthaladási bolyaköz (2. szakasz)

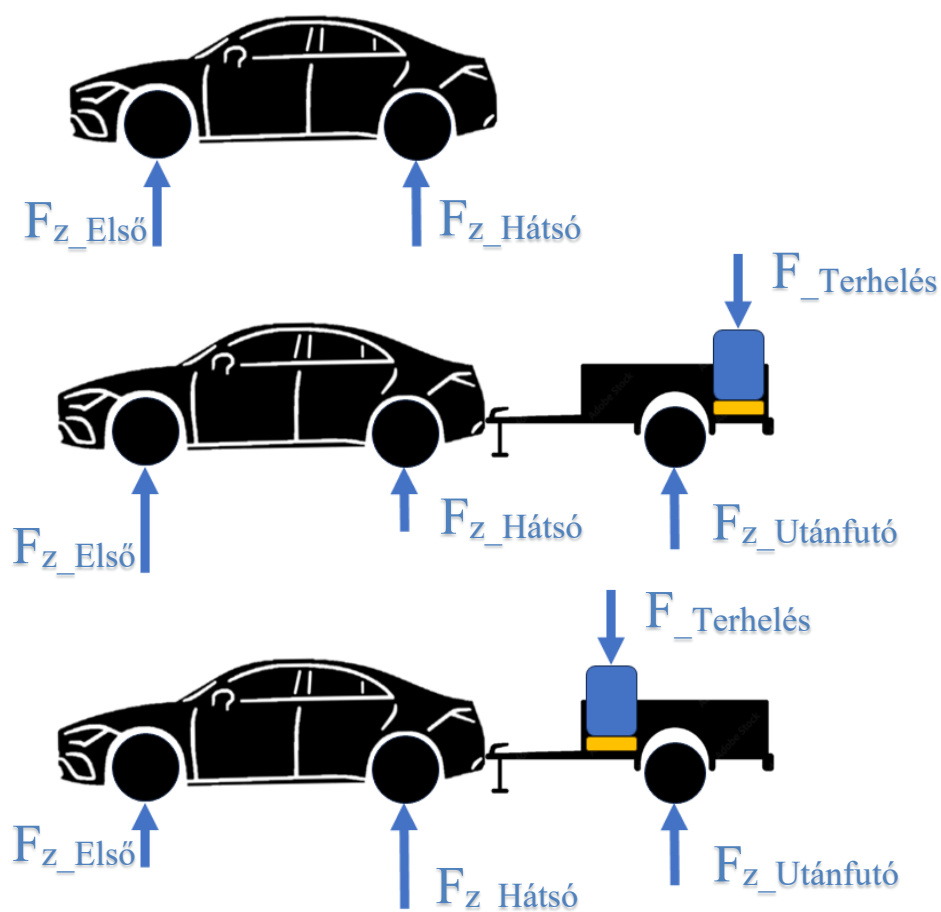
A következő áthaladási bolyaköz szélessége 2560,1 mm, ami kerekítve 256 cm. Az áthaladási sebesség a mérési adatokból kiolvasva konstans 30 km/h volt, a manőverezés közben nem tapasztalható sebesség csökkenés. A következő ábrán a 3. áthaladási szakasz mérete látható:



13. ábra: Kimeneti bolyaköz (3. szakasz)

2.4. Terhelések

A terheléseket különböző térfogatú vizes ballonokból készítettem el. A terheléseket és azok elhelyezését, illetve a normálerők jelöléseit a következő ábra szimbolizálja:



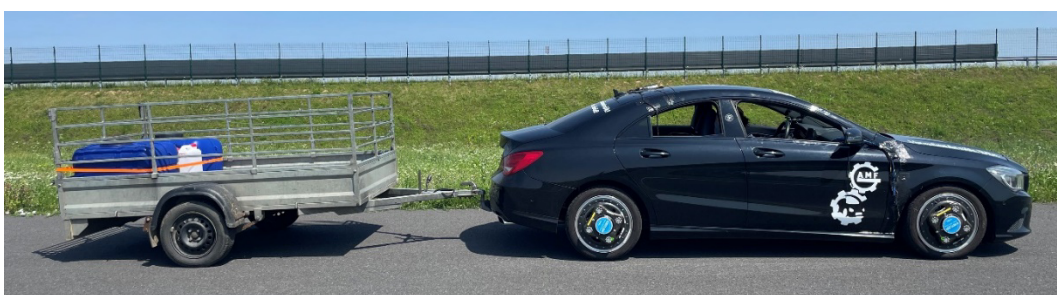
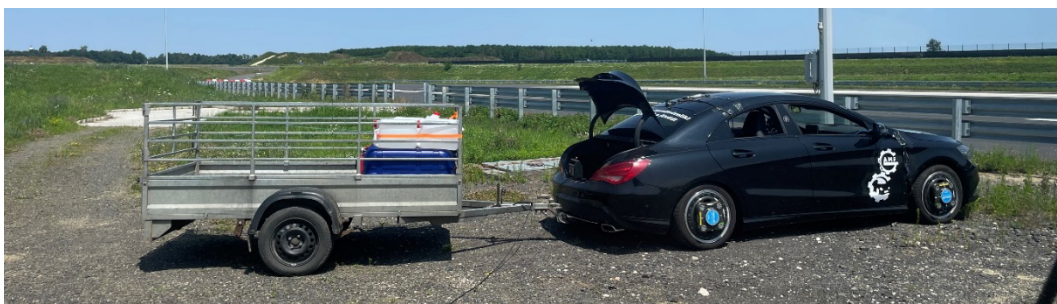
14. ábra: Terhelések elhelyezése a mérések során

A mérés során a terheléseket a 3. táblázat tartalmazza:

<i>Terhelés</i>	<i>Elöl</i>	<i>Hátul</i>
<i>Csak az autó üresen</i>	<i>0 kg</i>	<i>0 kg</i>
<i>1 db EUR raklap + 2 db 160 L + 2 db 20 L + 1 db 10 L</i>	<i>390 kg</i>	<i>390 kg</i>
<i>1 db EUR raklap + 2 db 160 L + 4 db 20 L + 5 db 10 L</i>	<i>470 kg</i>	<i>470 kg</i>
<i>1 db EUR raklap + 2 db 160 L + 4 db 20 L + 13 db 10 L</i>	<i>550 kg</i>	<i>550 kg</i>

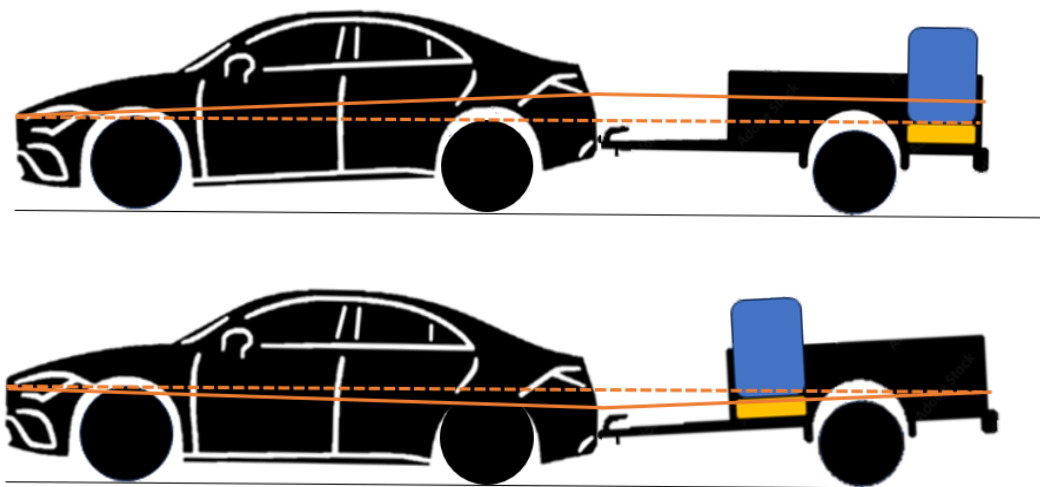
3. Táblázat: Terhelések listája

A következő ábrán látható valamennyi vizesballonnak az elhelyezése és azok rögzítése:



15. ábra: Vizesballon terhelések és azok elhelyezései

A terhelésekre készített elvi ábra a következő képen látható:



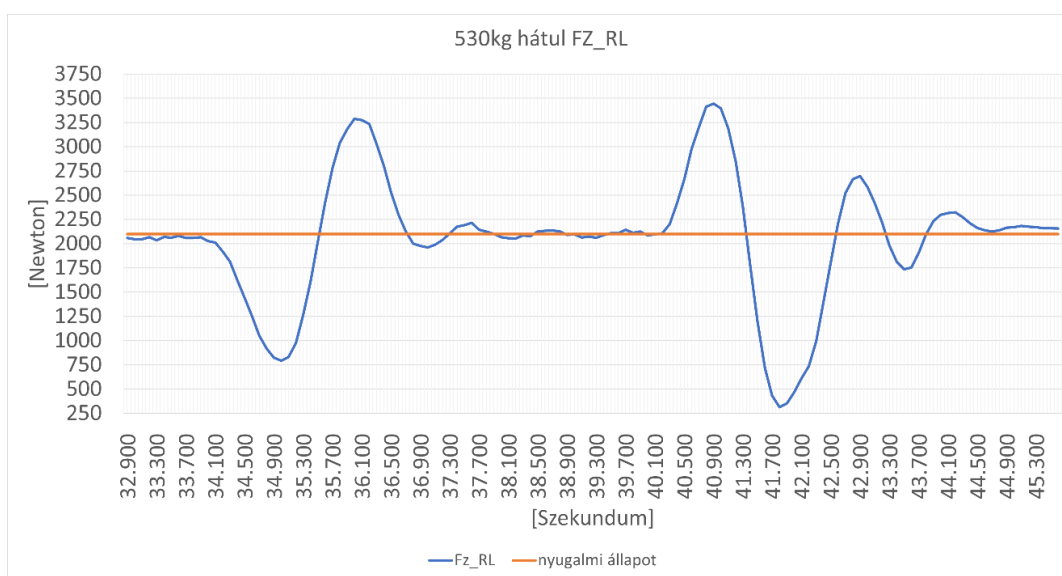
16. ábra: Terhelések elvi ábrája

3. Mérés kiértékelés

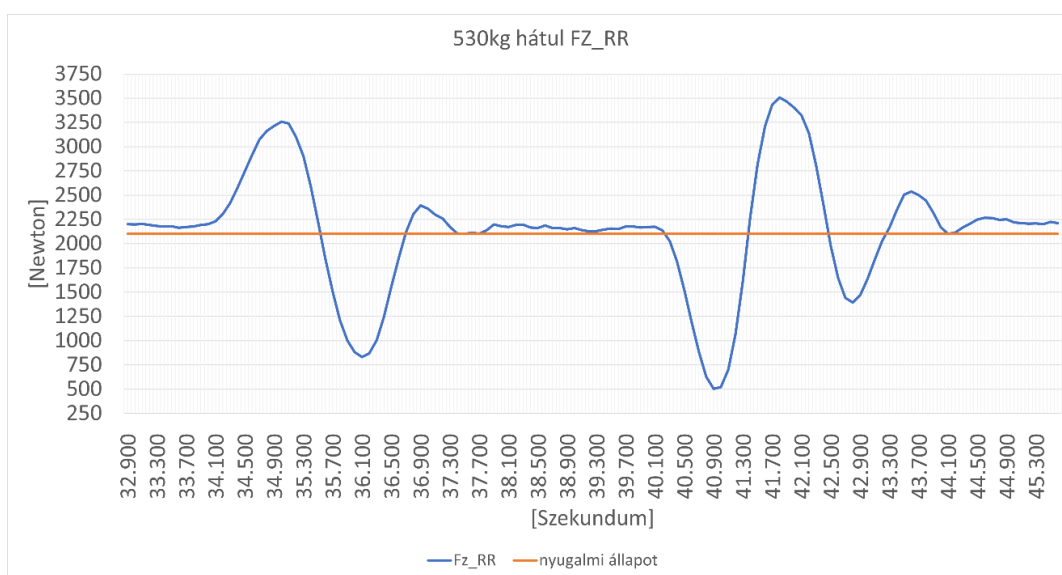
3.1. Logolt adatok feldolgozása

A mérés során minden elhelyezett terhelés esetén három mérést hajtottam végre a fentebb található 3. táblázat szerinti terhelésekkel. A mérések vizsgálatát követően megalkotásra kerültek a normálerő függvények a hátsó tengelyen jobb, illetve bal oldalon.

A pályán tapasztaltak alapján összehasonlítottam a legstabilabb és a leginstabilabb eredményeket. Elsőként a leginstabilabb kerül bemutatásra, ahol az utánfutó hátsó részébe került elhelyezésre az 550 kg terhelés. A vontató jármű hátsó kerekeinek bal és jobb oldali normálerő változás függvényei a következő ábrákon láthatók:



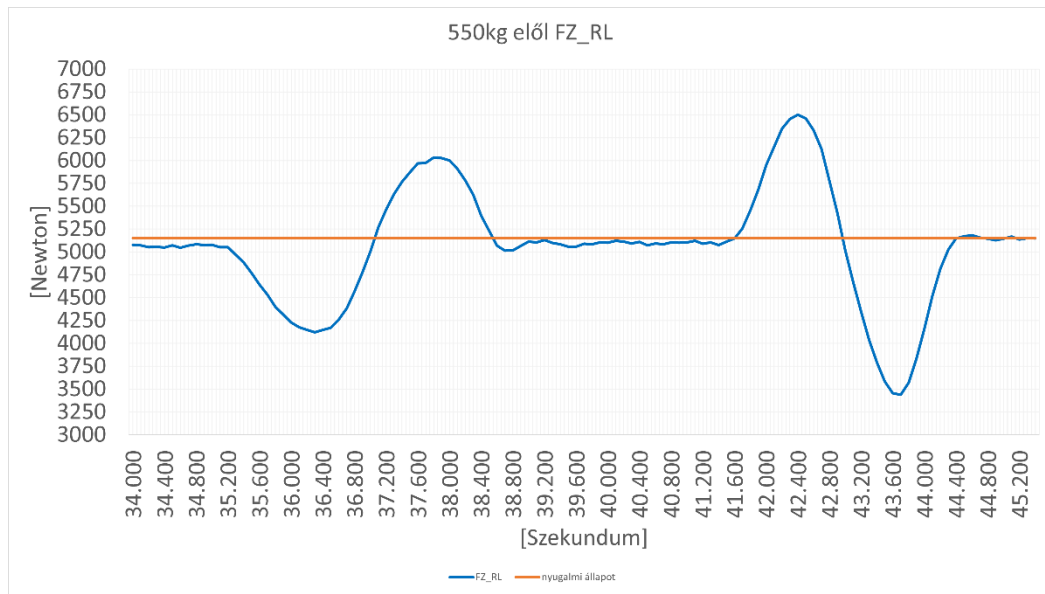
17. ábra: Bal hátsó keréktalpponti normálerő (hátsó terhelés)



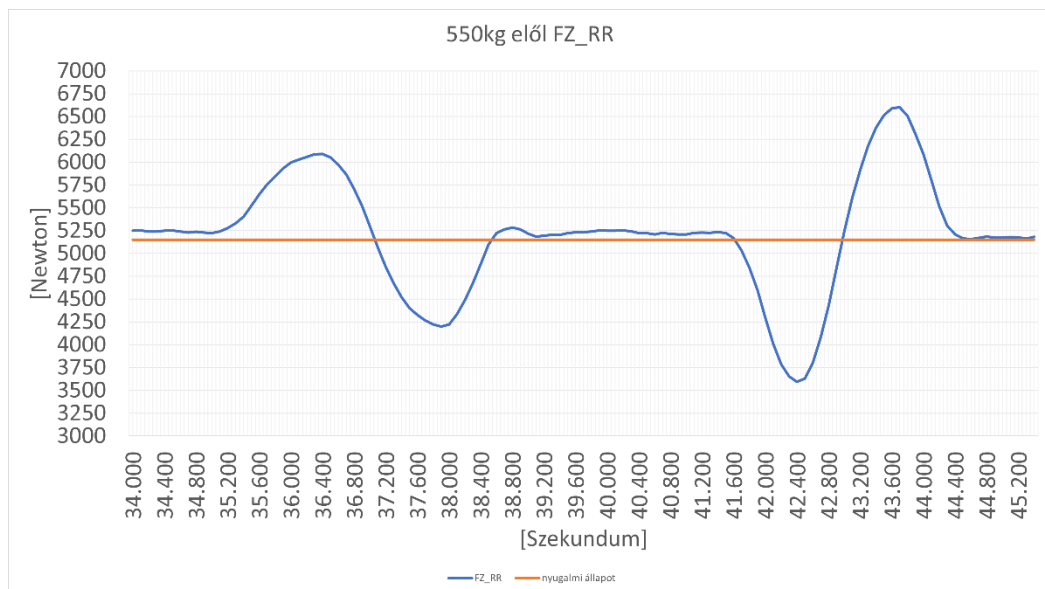
18. ábra: Jobb hátsó keréktalpponti normálerő (hátsó terhelés)

Minden függvényen feltüntetésre kerül a nyugalmi helyzetnek megfelelő erőnek a megjelenítése, ami segíti az ábrák érthetőségét. A nyugalmi állapot szinttől való eltérésből lehet megállapítani a jármű X tengely körüli mozgását. Az X tengely a jármű hosszirányának középső egyenese.

A következő szakaszban az utánfutó első részébe került elhelyezésre a terhelés. A bal és jobb oldali kerekek normálerő diagrammjai a következő ábrán láthatók:



19. ábra: Bal hátsó keréktalpponti normálerő (előlső terhelés)

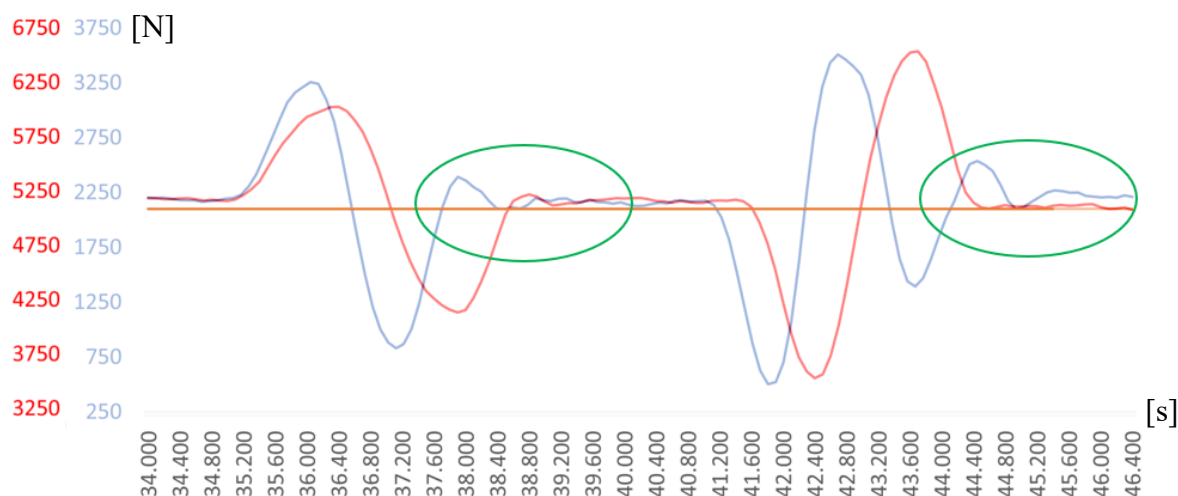


20. ábra: Jobb hátsó keréktalpponti normálerő (előlső terhelés)

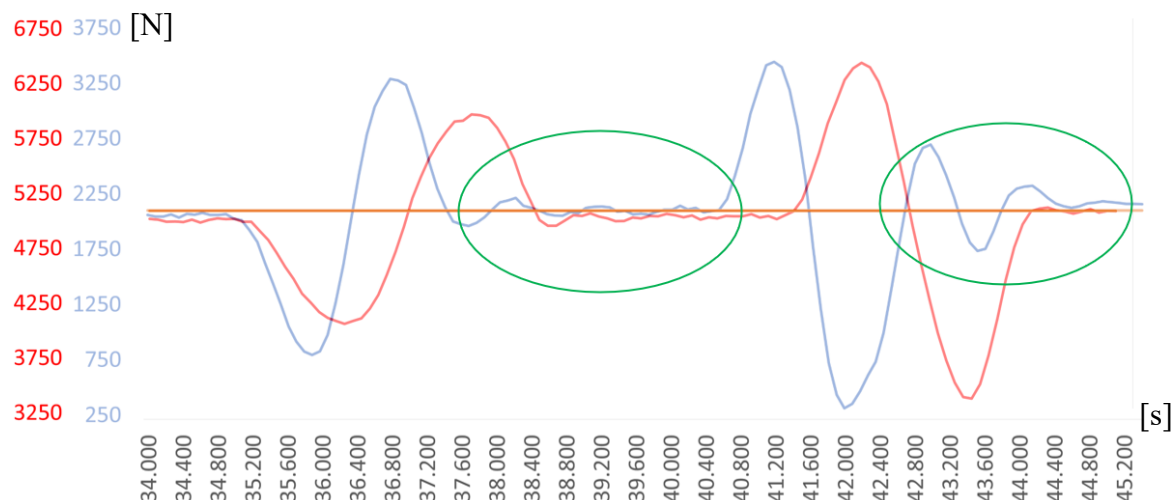
Az ábrákon látható, hogy időben a sávváltások más-más időtartamot vettek igénybe. Ezeket a mérések átlagával korrekciótam.

3.2. Mérési eredmények összehasonlítása

A mérés kiértékeléséhez elengedhetetlen fontosságú egy-egy összehasonlító ábra. Mivel a méréseket manuálisan hajtottuk végre, így idő szerint más-más távolságokat tett meg a jármű két kormánymozdulat között. A tesztek által logolt adatok átlagából készültek a grafikonok, ezzel is korrekciózva az időbeli csúszásokat. A következő összehasonlító ábrákon előbb a bal, majd a jobb hátsó kerék normálerő diagrammjai láthatók. Az 18. és 19. ábrán kék színnel az előlő, míg piros színnel a hátsó terhelés értékei láthatók, illetve a kritikus para mozgásokat zöld színnel jelöltük:



21. ábra: Jobb hátsó keréktalpponti erők összehasonlítása



22. ábra: Bal hátsó keréktalpponti erők összehasonlítása

Összehasonlítva az ábrákat jól kivehető, hogy az utánfutó hátsó terhelése esetén létrejött egy paramozgás. Ez a mozgás egy nem kiszámítható mozgásnak a következménye, amikor a vontatott tömeg „berázza” a vontató járművet. Az X tengelyen mért idő szerint a 14. és 15. ábrán 42,5 másodperc után több kiugrást is megfigyelhetünk a függvényképen, ellenben az

elől helyezett tömeg esetén a 16. és a 17. ábrán 44,5 másodperc után a pillanatnyi normálerők a nyugalmi állapothoz tartozó értékhez közelítenek.

A vizsgálat során megállapítást nyert a különböző pozícióban elhelyezett tömegek hatása a jármű irányíthatóságára. A mérési adatokból jól kiolvasható, hogy a pótkocsi tengely mögötti terheléskor (hátsó terhelés) a jármű a kis bemeneti sebesség ellenére is beszitált, megcsúszott. Az ábrákon a szitálás/megcsúszás úgy jelenik meg, hogy a nyugalmi helyzethez hozzárendelt állandó vektort pozitív és negatív irányban szinuszosan átlépik a normálirányú erők pillanatnyi komponensei. Az eredmények alapján értékelhető, hogy a jármű mennyire stabilan tudja végrehajtani az ilyen jellegű manővereket, és mennyire képes megőrizni az irányíthatóságát. Az autógyártók ezt és az ehhez hasonló tesztekkel használják fel arra, hogy járműveik vezetésbiztonságát fejleszteni tudják. A beszitálás jelenség nem csak hirtelen sávváltásnál fordulhat elő, hanem különböző erősségű széllesekknél is, melyek balesetekhez vezethetnek.

3.3. Konklúziólevonás

- Elülső terhelés: Amikor az utánfutó első részét terhelik, az növeli a jármű hátsó részének nyomóerejét a talajra. Ez növeli a hátsó kerekek tapadását és javítja a jármű stabilitását, különösen csúszós vagy nedves útviszonyok esetén. Ugyanakkor a terhelés elől az autó első tengelyén csökkenti a terhelést, ami hatással lehet az autó első kerekeinek tapadására is a kanyarodás közben. A kiinduló állapothoz képest valamivel kevesebb oldalirányú erőt lehet átvinni a gumibroncsokon.
- Vezethetőség: Az elülső terhelés csökkenti az autó első kerekeinek tapadását, ami általában negatívan befolyásolhatja a vezethetőséget. Az autó hirtelen kormányzóg változás esetén hamarabb lesz alulkormányzott. Ugyanakkor a hátsó kerek tapadása megnő, így a becsuklás és a megcsúszás jelenségek előfordulása csökken.

Amikor az utánfutó hátsó részét terhelik:

- Hátsó terhelés: Az utánfutó hátsó részének terhelése megemeli a jármű hátulját. Ez csökkenti a hátsó tengely nyomóerejét a talajra, ami rontja a hátsó kerekek tapadását és így a jármű stabilitását. Azonban a hátsó terhelés esetén a jármű első kerekeinek tapadása megnő, ami pozitívan befolyásolhatja a kanyarodási

manőverben átvihető oldalerő nagyságát, de ebben a helyzetben a hátsó tengely instabilitása összességében csökkenti a kanyarodáskor átvihető átlagos erőt.

- Vezethetőség: A hátsó terhelés negatív hatással van a vezethetőségre, mivel csökkenti a hátsó kerekek tapadását és stabilitását. A túlzott hátsó terhelés zavarhatja az autó egyensúlyát és növelheti a becsuklás és megcsúszás előfordulhatóságát.

Fontos megjegyezni, hogy az optimális terhelési eloszlás függ az adott jármű típusától, méretétől és tervezésétől. A gépjármű gyártók általában ajánlásokat adnak a megfelelő terhelési eloszlásra és fontos, hogy ezeket a javaslatokat kövessük a biztonságos és stabil vezetés érdekében. A terhelés egyensúlyának megőrzése kulcsfontosságú a jármű stabilitásának és vezethetőségének fenntartásához.

Megoldási javaslat az ilyesfajta mozgások okozta balesetek csökkentésére:

1. A CAN⁴ hálózaton keresztül észlelés az utánfutó csatlakoztatásáról.
2. A járműre ható normálerők korrigálása légrugós felfüggesztés esetén. (pl.: tehergépjárművek csoportja – vontató kategória)
3. A légrugók zsáknymásából AI⁵ vagy más előre megírt szoftvert segítségével behatárolni az utánfutó terhelését, így az ESP rendszer a többlet információ segítségével pontosabb beavatkozásokat tudna végrehajtani.
4. Figyelmeztető lámpák vagy feliratok a fedélzeti számítógépen a súlyelosztás ellenőrzésére.
5. 3G oldalgyorsulás szenzor adatainak figyelembevétele.
6. Elektronika által CAN hálózaton vezérelt fékrendszer felszerelése az utánfutóra, mely oldalankénti fékezési beavatkozásokra lenne képes.

A mérésekből kapott adathalmazt további célok elérésére fogom használni, melyből a későbbiekben különböző szimulációkat szeretnék készíteni és azokat validálni. Az adatok nagy segítséget nyújtanak a mérési környezet felépítésében.

⁴ CAN – controller area network

⁵ AI – mesterséges intelligencia

Összefoglalás

A közúti közlekedési balesetek számottevő részét képezik olyan járművontatmányok, amelyeknél a vontatmány súlyeloszlásának nem megfelelő megválasztása vezet baleseti körülményhez. Ezekben az esetekben a vontatmány olyan erőhatásokat gyakorol a vontató gépjárműre, hogy az instabillá, irányíthatatlanná válik, amelynek következtében legtöbbször borulás, vagy becsuklás következik be. A TDK dolgozatomban egy komplex járműdinamikai mérés került bemutatásra, amelynek a célja az volt, hogy megvizsgáljam a különböző terheléseloszlású vontatmány hatását a vontató személygépjármű keréktalpponti erőinek alakulására. A mérések egy korszerű Kistler mérőrendszerrel a ZalaZone járműdinamikai tesztpályán lettek elvégezve, egy Mercedes-Benz CLA típusú személygépjárművel és a hozzá kapcsolt pótkocsival. A mérések során különböző súlyeloszlással lett terhelve a vontatmány, amellyel szabványos ISO 3888:1-2018 tesztek lettek elvégezve. A kettős sávváltási tesztek mérési eredményeiből látható, hogy a vontatmány kapcsolási pontra történő terhelésének milyen befolyása van a keréktalpponti erőkre. Amennyiben a terhelés növekszik a keréktalpponti erők magasabb értéket mutatnak, a gépjármű stabilitása növekszik. Ha a terhelés csökken, a vontatmány „emeli” a gépjárművet, ebben az esetben a keréktalpponti erők csökkennek és a jármű már kis sebességnél is instabillá válik. Az instabilitás szélsőséges esetben a keréktalpponti erők teljes megszűnéséhez is vezethet, amikor a személygépjármű gumiabroncsai elveszítik a talajjal a kapcsolatot és irányíthatatlanná válik a járműszerelvény. A mérések szükségességét járműdinamikai szimulációk validálása adta, amelyek során ezekkel a bemeneti paraméterekkel hasonló eredmények születtek. A jövőbeli kutatási tervek között szerepel hasonló vontatmánnyal a tesztpálya egyéb elemein történő mérések elvégzése. Ezek között szerepel a körpályás teszt, nedves útburkolati elemeken történő manőverek vizsgálata és különböző féktesztek elvégzése.

Idegen nyelvű összefoglalás (Summary/Zusammenfassung)

Ein erheblicher Teil der Verkehrsunfälle sind Fahrzeugabschleppungen, bei denen die falsche Wahl der Gewichtsverteilung des Abschleppwagens zu Unfällen führt. In diesen Fällen übt das Zugfahrzeug solche Kräfte auf das Zugfahrzeug aus, dass es instabil und unkontrollierbar wird, wodurch es am häufigsten umkippt oder zusammenbricht. In diesem TDK-Beitrag wird eine komplexe Fahrdynamikmessung vorgestellt, deren Ziel es ist, den Einfluss eines Triebfahrzeugs mit unterschiedlicher Beladungsverteilung auf die Entwicklung der Radstandkräfte des Zugfahrzeugs zu untersuchen. Die Messungen wurden mit einem modernen Kistler-Messsystem auf der Fahrdynamik-Teststrecke ZalaZone mit einem Mercedes-Benz CLA-Auto und dem daran angeschlossenen Anhänger durchgeführt. Bei den Messungen wurde die Traktion mit unterschiedlichen Gewichtsverteilungen belastet, mit denen Standardtests durchgeführt wurden. Die Messergebnisse der Doppelspurwechseltests zeigen den Einfluss der Traktionslast am Schaltpunkt auf die Radstandkräfte. Bei zunehmender Beladung weisen die Radstandkräfte einen höheren Wert auf, die Stabilität des Fahrzeugs nimmt zu. Lässt die Belastung nach, „hebt“ das Zugfahrzeug das Fahrzeug an, wodurch die Kräfte an den Radsöhlen nachlassen und das Fahrzeug auch bei niedrigen Geschwindigkeiten instabil wird. Im Extremfall kann die Instabilität zu einem völligen Verlust der Radstandkräfte führen, wenn die Reifen des Fahrzeugs den Kontakt zum Boden verlieren und der Fahrzeugaufbau unkontrollierbar wird. Die Notwendigkeit der Messungen ergab sich aus der Validierung von Fahrdynamiksimulationen, bei denen mit diesen Eingangsparametern ähnliche Ergebnisse erzielt wurden. Zukünftige Forschungsvorhaben umfassen die Durchführung von Messungen an weiteren Elementen der Teststrecke mit ähnlicher Traktion. Dazu gehören der Rundstreckentest, die Untersuchung von Manövern auf nasser Fahrbahn und die Durchführung verschiedener Bremstests.

Ábrajegyzék

1. ábra: Egyszerűsített járműmodell tengelyirányú síkban [7]	4
2. ábra: Jármű koordinátarendszere	6
3. ábra: ZalaZone pályatérkép	8
4. ábra: ISO TR 3888:1 – 2018 pályarajz	9
5. ábra: ISO 3888-2:2011 pályarajz [1]	9
6. ábra: Állandó sebességű és sugarú körpályás teszt	10
7. ábra: Mercedes-Benz CLA250 (W117) személygépjármű befoglaló méretek	13
8. ábra: Kistler Roadyn S625 kerék metszet	15
9. ábra: ZalaZone dinamikai pályaelem	16
10. ábra: ZalaZone fékfelület pályaelem	17
11. ábra: Bemeneti bolyaköz (1. szakasz)	18
12. ábra: Áthaladási bolyaköz (2. szakasz)	18
13. ábra: Kimeneti bolyaköz (3. szakasz)	19
14. ábra: Terhelések elhelyezése a mérések során	20
15. ábra: Vizesballon terhelések és azok elhelyezései	21
16. ábra: Terhelések elvi ábrája	22
17. ábra: Bal hátsó keréktalpponti normálerő (hátsó terhelés)	23
18. ábra: Jobb hátsó keréktalpponti normálerő (hátsó terhelés)	23
19. ábra: Bal hátsó keréktalpponti normálerő (előlső terhelés)	24
20. ábra: Jobb hátsó keréktalpponti normálerő (előlső terhelés)	24
21. ábra: Jobb hátsó keréktalpponti erők összehasonlítása	25
22. ábra: Bal hátsó keréktalpponti erők összehasonlítása	25

Irodalomjegyzék

- [1] [Safety | Free Full-Text | Incorporation of Modeling, Simulation, and Game-Based Learning in Engineering Dynamics Education towards Improving Vehicle Design and Driver Safety \(mdpi.com\)](#) Megtekintés dátuma: 2023.11.09.
- [2] Ellis, J. R. (1969). Vehicle Dynamics Business Book Ltd.
- [3] Wong, J. Y. (2022). *Theory of ground vehicles*. John Wiley & Sons.
- [4] Bakker, E., Nyborg, L., & Pacejka, H. B. (1987). Tyre modelling for use in vehicle dynamics studies. *SAE Transactions*, 190-204.
- [5] Kurtz Jr Professor, E. F., & Anderson, R. J. (1977). Handling characteristics of car-trailer systems; a state-of-the-art survey. *Vehicle System Dynamics*, 6(4), 217-243.
- [6] Anderson, R. J., & Kurtz Jr, E. F. (1980). Handling—characteristics simulations of car–trailer systems. *SAE Transactions*, 2097-2113.
- [7] Hac, A., Fulk, D., & Chen, H. (2008). Stability and control considerations of vehicle-trailer combination. *SAE International Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems*, 1(2008-01-1228), 925-937.
- [8] Akutagawa, K., & Wakao, Y. (2019). Stabilization of Vehicle Dynamics by Tire Digital Control—Tire Disturbance Control Algorithm for an Electric Motor Drive System. *World Electric Vehicle Journal*, 10(2), 25.
- [9] [Specs 2013 Mercedes-Benz CLA 250 \(d-cl. 7\) \(automobile-catalog.com\)](#) Megtekintés dátuma: 2023.10.16.

Melléklet