



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

JÁRMŰÁRAMLÁSTANI VIZSGÁLATOKHOZ ALKALMAZOTT MOZGÓ TALAJT SZIMULÁLÓ FUTÓSZALAG TESZTELÉS

Lázár Levente

/HAKX10/

Szakdolgozat

/BMEGEÁTA4SD/

Benyújtva az

Áramlástan Tanszéken

2013 májusában

a

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépészmérnök alapszak / Folyamattechnika szakirány
képzésben

Bachelor of Science (BSc)

fokozat megszerzésére

Témavezető:

Dr. Suda Jenő Miklós, egyetemi adjunktus

Áramlástan Tanszék

Gépészmérnöki Kar

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

NYILATKOZAT

Név: Lázár Levente
Neptun kód: HAKX10
Egyetem: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Kar: Gépészmérnöki Kar
Tanszék: Áramlástan Tanszék
Alapszak / Szakirány: Gépészmérnöki alapszak (BSc képzés)
Folyamattechnika szakirány
Szakdolgozat címe: Járműáramlástan vizsgálatokhoz alkalmazott mozgó talajt szimuláló futószalag tesztelés
Beadás éve: 2012 / 2013 - II.

Alulírott, Lázár Levente (HAKX10), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója, büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és sajátkező aláírással igazolom, hogy a bírálatra és a védésre benyújtott jelen Szakdolgozat kizárólag saját munkám eredménye, a témavezető útmutatásai alapján meg nem engedett segítség nélkül magam készítettem.

A Szakdolgozatban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem, és a szerzői jogi szabályoknak megfelelően kezeltem (a szükséges lábjegyzet / végjegyzet hivatkozásokat, valamint az ábrák hivatkozását megfelelően helyeztem el).

Egyúttal elfogadom, hogy a Szakdolgozatban szereplő tudományos eredményeket a témavezető Tanszéke felhasználhatja további kutatási vagy oktatási célokra.

Budapest, 2013. május 17.

(aláírás)

TÁJÉKOZTATÓ

A mind nyomtatott, mind elektronikus formátumban benyújtott Szakdolgozat, valamint annak hivatalos bírálata a védést követően a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Áramlástan Tanszék könyvtárában (H-1111 Budapest, Bertalan L. 4-6. BME „Ae” épület) érhető el.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném elsősorban témavezetőmnek megköszönni, Dr. Suda Jenő Miklósnak, hogy a félév során végig segítette a munkámat, bármikor fordulhattam hozzá, amikor csak szükségem volt rá és végig türelemmel volt felém.

Köszönöm Dr. Molnár Lászlónak, hogy a görgőtervezésnél hasznos tanácsokkal látott el, amelyekkel a konstrukció megvalósulhatott.

Köszönettel tartozok évfolyamtársaimnak, akikkel a közös tanulásaink során kölcsönösen sok új ismerettel bővíthettük tudásunkat, kérdéseinkre egymás között választ kaphattunk.

Hálásan köszönöm általános iskolai és főként gimnáziumi tanárainknak, akik elindítottak a pályámon.

Szüleim, családom és közeli barátaim felé is nagy hálával tartozom, akik mindig mellettem álltak mind a tanulmányaimban, mind pedig az életem nehézségei során.

KIVONAT

Az Áramlástan Tanszéken megtervezésre került az NPL típusú szélcsatornába illeszthető mozgó talajt szimuláló futószalag. Szakdolgozatom során az összeszerelés és üzemeltetés közben tapasztalható problémák megoldásával, kiegészítő tervek elkészítésével és a mérésre kész állapot elérésével foglalkoztam.

A szakdolgozat elején - egy rövid irodalomkutatást követően - a mozgó talajt szimuláló berendezés fejlesztései találhatók, amelyek a közelmúltban történtek. Röviden bemutatom a kész konstrukciót, majd az összeszerelés és tesztelés lépéseit, illetve a közben felmerült problémákat és megoldásukat részletezem. A szalaglefutás kérdése a legfontosabb kérdés, mely megoldása nélkül a futószalag nem tud üzemelni. Ennek megoldására kis görgők terveit születtek meg, amelyek oldalról támasztják a futószalagot. A futószalag mérőtérbe helyezésével külön fejezet foglalkozik.

A mérőberendezés üzemeltetésnek másik fontos kritériuma, hogy a futószalag könnyedén eltávolítható legyen a szélcsatornából, illetve más mérőtérbe is áttelepíthető legyen. Erre a célra egy anyagmozgató kocsi lett átalakítva. A dolgozatot a félév során elkészült szalaglefutást gátló rendszer tesztjével zárom, majd a továbblépési lehetőségek olvashatók.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to design additional equipment to an existing conveyor belt that simulates the moving ground in an NPL-type wind tunnel. This equipment is located in the Department of Fluid Mechanics in the Mechanical Engineering Faculty at the Budapest University of Technology and Economics.

In my thesis I have worked out solutions to practical problems regarding assembly and operation processes. I have also created the plans and managed to make the conveyor belt ready for action.

In the beginning of my thesis – after a short literature review- improvements of the moving ground simulation systems can be found. I shortly present the finished construction, and then the steps of mounting and testing processes can be read. Also, I am detailing the problems and their solutions regarding the mounting process. Preventing the lateral movements of the conveyor belt is the most burning issue, without solving this problem the conveyor belt is not able to operate adequately. As a solution, small rollers have been designed that support both sides of the conveyor belt. The next chapter deals with the emplacement of the conveyor belt within the test section.

Another important requirement was to design the conveyor belt in a way that it can be easily removed from the wind tunnel as well as it should be transportable to a different test section without any major difficulties.

For this purpose a material-carrier wagon has been modified.

The last section of my thesis is about the tests of the system, created to prevent the lateral movements of the belt. Moreover, prospects for further improvements can be read.

TARTALOMJEGYZÉK

NYILATKOZAT	i
TÁJÉKOZTATÓ	i
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	ii
KIVONAT	iii
ABSTRACT.....	iii
TARTALOMJEGYZÉK.....	iv
JELÖLÉSJEGYZÉK.....	v
ÁBRAJEGYZÉK.....	vi
TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	vii
1 Bevezető	1
2 Irodalmi áttekintés.....	2
2.1 NASA	2
2.2 Maibara Wind Tunel.....	4
2.3 A tanszéki megvalósítás.....	5
2.4 BMW.....	7
2.5 Volvo	8
3 Kiindulási helyzet.....	9
3.1 Az NPL szélcsatorna bemutatása.....	9
3.2 A tervezett berendezés bemutatása	10
3.3 A szerelés és a felmerült problémák miatti változtatások.....	14
4 A szalaglefutás megakadályozása.....	18
4.1 Kiindulási helyzet.....	18
4.1.1 A szalaglefutás bemutatása	18
4.1.2 A feltételek összegzése	19
4.2 A konstrukció kidolgozásának lépései.....	19
4.2.1 Az oldalirányú megtámasztás bevezetése.....	19
4.2.2 A konstrukció bemutatása.....	20
4.2.3 A csapágy ellenőrzése.....	23
4.3 A feltételek teljesülése.....	23
4.3.1 Elhelyezés	23

4.3.2	Konstrukció.....	23
4.3.3	Igénybevételek	24
4.3.4	Szalagot közrefogó profil.....	24
4.3.5	Összegzés.....	24
5	A berendezést tartó asztal és a szélcsatornába illesztése	26
5.1	Kiindulás.....	26
5.2	Tartóasztal	27
5.2.1	Az emelő kocsi kiválasztása	27
5.2.2	Az emelő kocsi alsó pozícionálása	28
5.2.3	A két első görgő cseréje.....	30
5.2.4	A futószalag asztalra helyezése	31
5.3	A szélcsatornába illesztés.....	33
5.3.1	A szélcsatorna átalakításának tervezete	33
5.3.2	A futófelület elemeinek kialakítása	33
5.3.3	Az elemek rögzítése.....	36
6	Tesztelés, összegzés.....	38
6.1	Szalaglefutás.....	38
6.2	Tartó asztal	40
6.3	Költségkalkuláció, beszerzendő alkatrészek.....	41
7	Továbbfejlesztési lehetőségek, tennivalók	43
	ÖSSZEFOGLALÁS	44
	IRODALOMJEGYZÉK	45
	MELLÉKLETEK.....	46

JELÖLÉSJEGYZÉK

C	<i>csapágy dinamikus alapteherbírása [N]</i>
F_r	<i>radiális erő [N]</i>
L_{10}	<i>felhajtóerő tényező [-]</i>
n	<i>fordulatszám [min⁻¹]</i>
n_{lim}	<i>csapágy határfordulatszáma [min⁻¹]</i>
p	<i>élettartam kitevő [-]</i>
P	<i>csapágy dinamikus egyenértékű terhelése [N]</i>
r	<i>sugár [m]</i>
$v_{ker,max}$	<i>maximális kerületi sebesség [m·s⁻¹]</i>

GÖRÖG BETŰS JELÖLÉSEK

ω	<i>szögsebesség [rad·s⁻¹]</i>
----------	--

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A sebességprofil alakulása egy fém lapból és gyapjúból készült szíj esetén [1] [2]
2. ábra: A sebességprofil különböző szalagsebességek esetén [1] [2]
3. ábra: Az RTRI szélcsatornájában található futószalag [1] [3]
4. ábra: A tanszéki mérés elrendezése[1] [5]
5. ábra: A busz mögötti áramlás 3D-sCFD szimulációja [5]
6. ábra: A BMW 5 görgős egy egyszalagos rendszere [1] [7]
7. ábra: A Volvo szélcsatornájának mérőtere [10]
9. ábra: A tanszéki NPL-típusú szélcsatorna
8. ábra: Mérési elrendezés a tanszéki NPL szélcsatornán [12]
10. ábra: A futószalag 3D modellje (szalag nélkül). Szalagelrendezési vázlat (bal felső sarok) [1]
11. ábra: A terelőgörgő modellje metszetben [1]
12. ábra: A feszítőgörgő modellje metszetben [1]
13. ábra: A hajtógörgő modellje metszetben [1]
14. ábra: A tengelyek hordóssága
15. ábra: A terelőgörgő pozícionálására felhasznált alkatrészek összeépítése két nézetből [1]
16. ábra: A pozícionáló kiskocka a valós beépítési környezetében [1]
17. ábra: A feszítés állításának módja [1]
18. ábra: A hajtógörgő összeszerelése a keret nélkül [1]
19. ábra: Az alkatrészek gyártásához felhasznált szerszámgépek: CNC eszterga, megmunkáló központ, lézeres lemezvágó és a lefestett profilok
20. ábra: A beszerelendő alkatrészek
21. ábra: A szerelés első állomása: a kész keret
22. ábra: A merevített motortartó
23. ábra: A futófelület metszete
24. ábra: A hajtógörgő kiegyensúlyozása fényképen és egyszerűsített rajzon
25. ábra: Terelőgörgők szöghibájának megszüntetésére tett kísérlet pozícionáló tuskókkal
26. ábra: A rendelkezésre álló hely: a szalag és a borítás távolsága
27. ábra: A szalagot közrefogó görgőprofil lehetséges változatai
28. ábra: A két változat nézetben és metszetben
29. ábra: A szalag lefutását gátló görgők két beépítési környezetükben (a futószalagba fentről nézve)

30. ábra: A mérőtér alsó részének módosítás előtti állapota
31. ábra: A kiválasztott emelőkocsi [15]
3. táblázat: Az emelőkocsi adatai [15]
32. ábra: A rögzítést és finompozicionálást biztosító talp geometriája [16]
33. ábra: Az alsó talp összeállítása
34. ábra: A kiválasztott forgó kerék [15]
35. ábra: A lemez aljára hegesztett pogácsa és a menetes száras talp (lemezrögzítő süllyesztett fejű csavarok nélkül)
36. ábra: A 4 és 5 talpas változat
37. ábra: A futófelület elemeinek egymáshoz illesztésének néhány lehetséges megvalósítása
38. ábra: A szélcsatorna mérőterének alsó síkját képező lemezek a futószalaghoz viszonyítva
39. ábra: Az állandó (a) és a kivehető (b) Bosch-profil helyzete
40. ábra: A végleges elrendezés
41. ábra: A görgők beszerelt állapotukban
42. ábra: A félév végi állapot

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A tengelyek hordóssága
2. táblázat: A futószalagon történt munkálatok ütemezése
4. táblázat: A kerék adatai [15]
5. táblázat: Gyártandó alkatrészek listája
6. táblázat: Megrendelendő alkatrészek listája
7. táblázat: Aprócikkek listája
8. táblázat: Végleges költségkalkuláció

1 Bevezető

A közúti járműveket gyártó cégek különösen érdekeltek abban manapság, hogy a kedvezőbb üzemanyag-fogyasztásnak köszönhetően a gépjárművükkel versenyképesek maradhassanak. Ezt a célt a motor hatásosságának javítása és a kibocsátott szennyezők csökkentése mellett a jármű aerodinamikai optimalizálásával lehet elérni, melyek a gépjármű piaci versenyképességét növelik.

A gépjárművek fejlődése során az alváz és az úttest közötti rés csökkenésével a talaj viszonya a járműhöz képest további áramlástani kérdéseket vetett fel a tesztek során. Ezek leginkább motorhűtés, fékhűtés, sárosodás optimalizálásával kapcsolatos kérdések. A szélcsatorna tesztek során az álló úttestmodell használatával a prototípussal való országúti mérésektől eltérő értékek adódtak. Ennek köszönhetően merült fel az igény arra, hogy a szélcsatornában is szimulálják a mozgó talajt. Ennek megoldásaként különböző futószalagrendszereket helyeznek a mérőtérbe. Az alváz és az úttest közötti áramlási jellegzetességek hatása a gépjármű sebességének növekedésével erősödik, például a Forma-1-ben a csapatok többsége már a versenyautó egészét mozgó talajt szimuláló futószalaggal rendelkező szélcsatornában teszteli.

A módszer segítségével jól tanulmányozható például a szembeszél vagy a hátszél esete is, ha a szélesebbé és a futószalag sebességét különbözőre választjuk. További lehetőség az oldalszél vizsgálata, amely elforgatható futószalag esetén valósítható meg, ám ez az itt tárgyalt berendezésben nem elérhető.

Nem csak az autóipar használhatja ezt a fajta tesztelést, hanem a repülőgépgyártók is. Sajnos több repülőgép-szerencsétlenség a kifutópálya közelében (fel-, ill. leszállás közben) történt, amikor a szárny talaj közelében mozog, így a talajhatást (ground effect) is figyelembe kell venni.

2 Irodalmi áttekintés

2.1 NASA

Már az 1800-as évek végén megépítették az első szélcsatornákat, amelyet például a Wright-fivérek is használtak a repülőgépük kifejlesztéséhez. Az álló talajú szélcsatornában mérhető a repülőgép viselkedése a föld felett, ám a talajhoz közeli esetekre nem alkalmas. Ezt tapasztalták a NASA mérnökei is 1967-ben, amikor a repülőgépek fékszárnyait tanulmányozták. A fékszárnyakat le- és felszállásnál használják, amelyekkel a felhajtóerő nagyságát tudják növelni, ami ugyanakkor a légellenállását is növeli a repülőgépnek. A fékszárnyak használatával kisebb sebességgel is fel tud szállni a repülőgép, ami a kifutópálya hosszát le tudja rövidíteni. Ez fontos lehet az extrém körülményekkel rendelkező helyeken (pl.: Himalája).

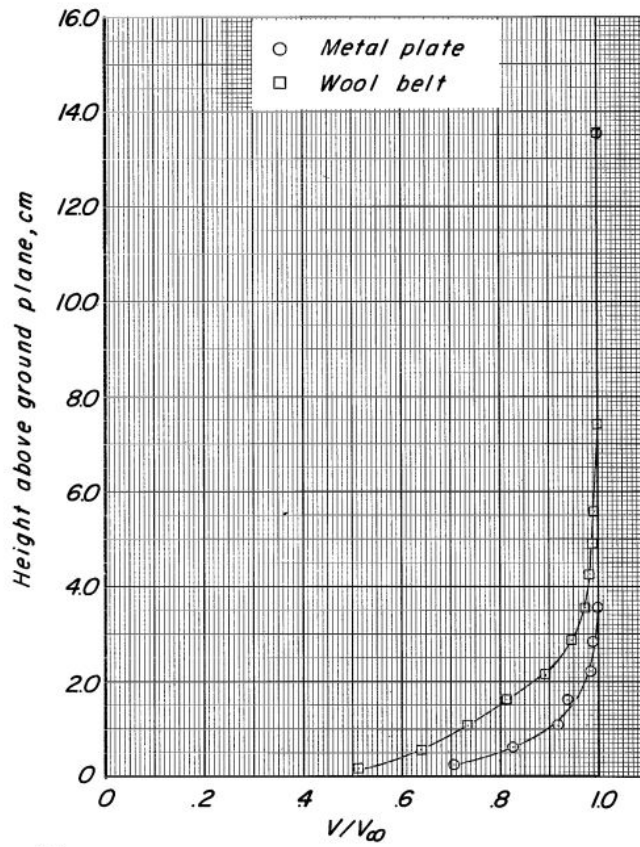
A mérések során a modell mozgásával a mérési eredményekben jelentős változás következett be, így mozgó talajú rendszert kezdtek kidolgozni, amelyet a mérőtér aljára helyeztek. A szíj szélessége 3,66 méter, hossza 3,05 méter, vastagsága 4,76 milliméter volt.

A szélcsatorna üzembe helyezését követően méréseket végeztek a szalag anyagára és a különböző szalagsebességek esetén az áramló levegő sebességprofiljára nézve.

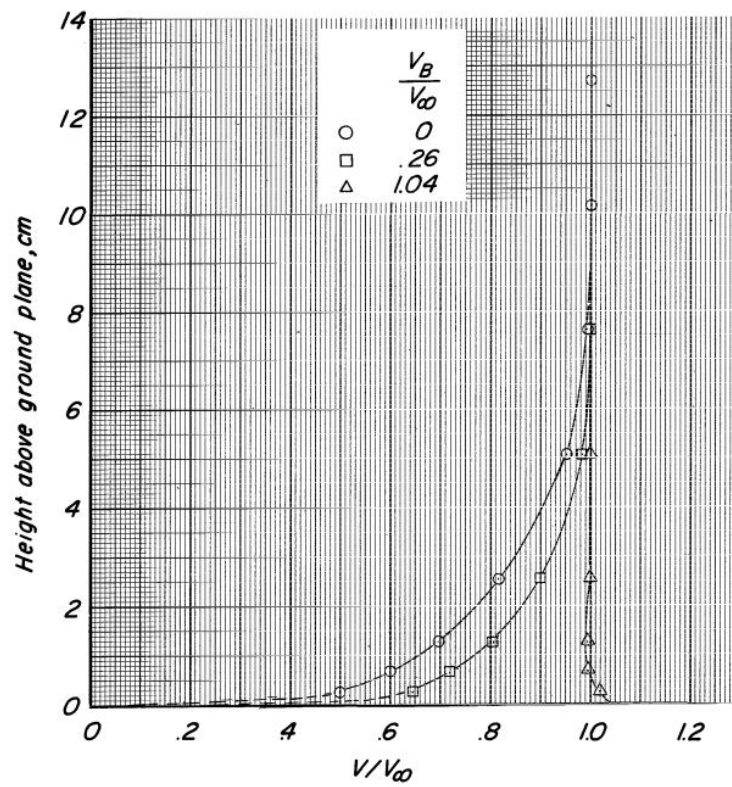
A szalag sebességét 0-30 m/s-os (0-108 km/h) sebességtartományban lehetett állítani.

Az 1. ábra látszik, hogy a határréteg jóval nagyobb a bolyhos gyapjú esetén, mint az aránylag sima felületű fém lap használatakor. Ez a különböző érdeességű felületüknek köszönhető.

A 2. ábra mutatja, hogy különböző szalagsebesség (v_B) esetén hogyan változik a határréteg közelében mérhető szélesebbesség (v) a zavartalan áramlás sebességéhez képest (v_∞). A szélesebbeségnél kisebb szalagsebesség esetén jól látható határréteg alakul ki a szalag fölött, ám ha a szalag együtt mozog a levegővel, a határréteget meg lehet szüntetni, vagy elhanyagolható méretűvé tenni. Ezekre a mérésekre alapozva ki lehet mondani, hogy a mozgó talaj szimulálása pontosítja a méréseket, és ezt futószalaggal meg lehet oldani. [1] [2]



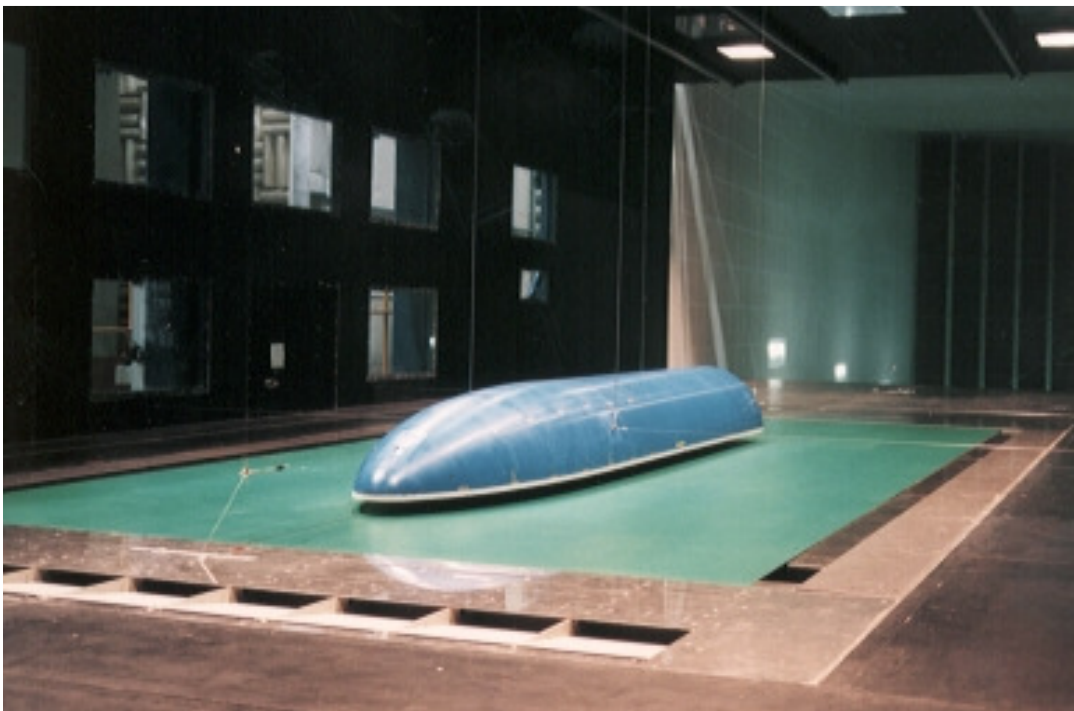
1. ábra: A sebességprofil alakulása egy fém lapból és gyapjúból készült szíj esetén [1] [2]



2. ábra: A sebességprofil különböző szalagsebességek esetén [1] [2]

2.2 Maibara Wind Tunel

Maibara városába a japán Vasút Technológiai Kutató Intézet (RTRI) egy nagyméretű (mérőtér szélessége 5 méter, magassága 3 méter, hossza 20 méter) szélcsatornát épített, amely a 400 km/h-s sebességének köszönhetően a nagy sebességű (mágnes) vasutak mérésére is lehetőséget biztosít. A szélcsatorna aeroakusztikai mérésekre is alkalmas, mivel alacsony a háttérzaj, továbbá hangelnyelő (visszaverésmentes) falakkal rendelkezik a helység, ahová a mérőtér nyílik. A mozgó talajt szimuláló futószalag legnagyobb sebessége 216 km/h. A szalag egy részből áll, szélessége 2,7 méter, hossza pedig 6 méter.



3. ábra: Az RTRI szélcsatornájában található futószalag [1] [3]

A 3. ábra elrendezésén nagyon jól látszik, hogy a futószalag előtt a réseken a futószalag előtt kialakuló határréteg elszívásra kerül. Mielőtt a levegő a mérőtérbe érne, minden szélcsatornában található egy álló talajú szakasz, ahol egy határréteg kialakul. Van, ahol ez cél, külön ún. határréteg generáló tárgyakat helyeznek a mérőtér elé (pl.: épületáramlási mérések), ám ez a járműáramlási vizsgálatoknál nem kívánatos, így célszerű a kialakult határréteg elszívására megoldást találni, így egyenletes sebességprofillal lép a levegő a mozgó szalagra. [1] [3]

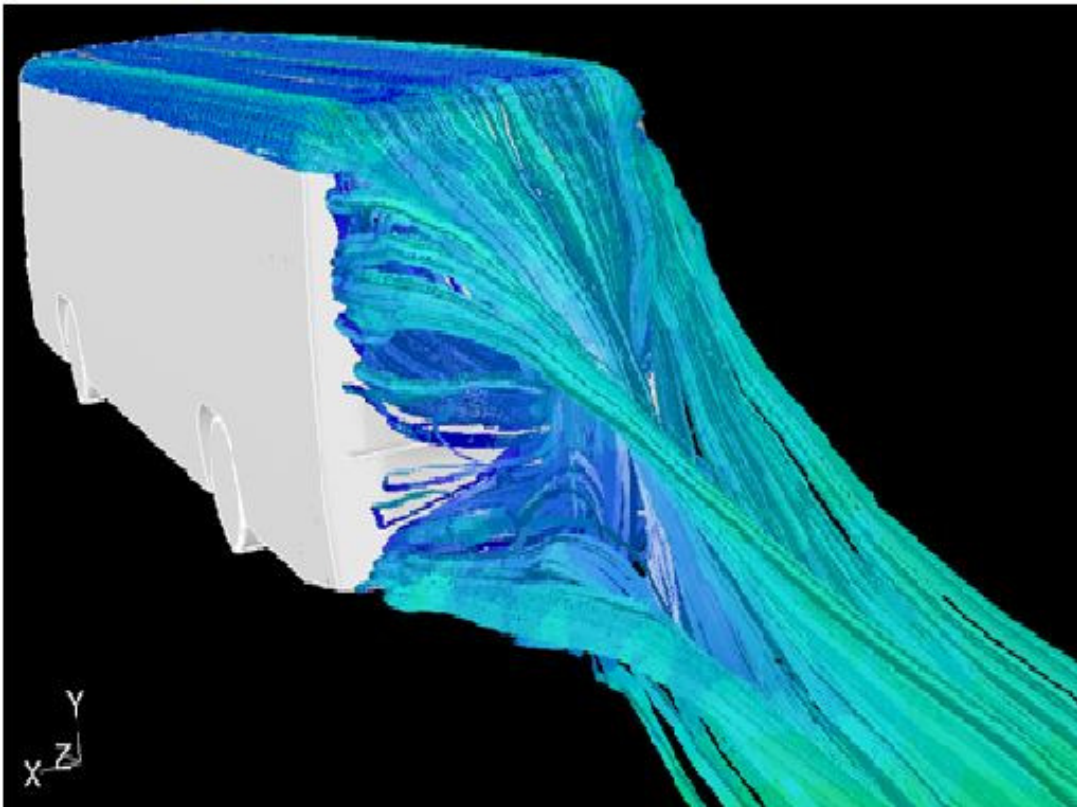
2.3 A tanszéki megvalósítás

A Tanszéken található nagy szélesatorna az 1930-as években épült, legnagyobb szélsősége 220 km/h, kör keresztmetszetű nyitott mérőterének átmérője 2,6 méter. Az 1980-as években a mérőtér kiegészült egy mozgó talajt szimuláló futószalaggal, amelyet az Ikarus busz fejlesztésében használtak (ld.4. ábra). A fejlesztés főbb céljai az ellenállástényező csökkentése, a menetstabilitás javítása és a busz sárosodásának minimalizálása voltak. A mozgó talajt szimulálva a talaj és az alváz közötti áramlást lehetett jobban tanulmányozni, amely a méréseket döntően befolyásolta. A mérések során kiderült, hogy az ellenállástényezőre legnagyobb hatással a homloklap geometriája, valamint a busz mögötti leválási buborék mérete van. Így a homloklap dőlésszögét 8° -ról 11° -ra változtatták, továbbá nagyobb sugarú lekerekítéseket használtak.



4. ábra: A tanszéki mérés elrendezése[1] [5]

A jármű mögött a busz tetejéről leváló buborékot tették dominánssá (ld. 5. ábra segítségével bemutatott CFD szimulációs eredményt), hogy a karosszéria alól érkező levegő ne tudjon felcsapódni, így a hátsókerék mögött egy diffúzor (alváz és talaj közötti keresztmetszet növekedése) található, amely zavartalanabbá teszi a kiáramlást a busz mögötti részben.



5. ábra: A busz mögötti áramlás 3D-sCFD szimulációja [5]

A mozgó talajt szimuláló rendszer egy futószalagból és négy görgőből állt. A két szélső az ún. fordítógörgő, a két középső (kisebb átmérőjű) ún. terelögörgő volt. A szalag alatt vezetőlemezek voltak elhelyezve, amelyek szintén az acélszalag pozícionálást végezte.[1] [4] [5]

2.4 BMW

A német autógyártó cég 2008-ban adta át Münchenben az aerodinamikai központját, amely 170 millió euróból épült fel. A komplexumban két szélcsatorna található. A nagyobb szélcsatorna életnagyságú autók és prototípusok mérésre alkalmas, ez a 6. ábra a) képen látható. Mérőtere 16 méter széles, 13 méter magas és 22 méter hosszú, a maximális szélesség 300 km/h. Az 5 görgő rendszer 4 változtatható támaszközű görgője csak a kerekeket hajtja meg, míg az autó alváza alatt pedig egy hosszú mozgó szalag található. A berendezés alkalmas a kanyarban és oldalszél esetén ható igénybevételek vizsgálatára is, ugyanis a mérőteren belül 30°-os szögben elforgatható.

A kisebb szélcsatorna, amely a 6. ábra b) képen látható, legnagyobb szélessége szintén 300 km/h, mérőtere 14 méter széles, 11 méter magas és 20 méter hosszú. A járművek kicsinyített modelljeit lehet a szélcsatornába helyezni, melyekből egyszerre többet is a futószalagra kerülhet, így lehet tanulmányozni az előzés és az egymás mögött haladást is.[1] [6] [7] [8]



a)



b)

6. ábra: A BMW 5 görgős egy egyszalagos rendszere [1] [7]

2.5 Volvo

A Volvo szélcsatornáját 1986-ban adták át. Legnagyobb szélessége 250 km/h, életnagyságú autók tesztelésére is alkalmas. Mérőtérnek szélessége 6,6 méter, míg magassága 4,1 méter. 2007-re készült el a 20 millió eurós fejlesztési beruházásuk a mozgó talaj szimulálására. A BMW nagy szélcsatornájához hasonló módon 5 szalag található a berendezésben. 4 kisebb a kerekeket hajtja meg (a mérendő autóhoz állítható), az ötödik pedig a jármű alváza alatt mozog. A szalag mérőtérbeli hossza ~5,3 méter, szélessége 1 méter. A berendezést a mérőtéren belül $\pm 30^\circ$ -ban elforgatható, összesen 3000 kg tömeget lehet ráhelyezni, kerekenként maximum 1000 kg-ot. A mérleg már 30 g tömegváltozást is ki tud mutatni. A mérőtérben szabályozható a hőmérséklet 20°C és 60°C között.



7. ábra: A Volvo szélcsatornájának mérőtere [10]

A 2008-ban kijött C30-as modellt (ld.: 7. ábra) már a mozgó talajt szimuláló szélcsatornában fejlesztették. A tesztek tapasztalatait követő változtatásoknak köszönhetően több mint 10%-kal csökkentették az autó ellenállástényezőjét. Ennek köszönhetően a fogyasztása az autónak csökkent, így a károsanyag kibocsátása is, ami így kevésbé terheli a környezetet. [9] [10] [11]

3 Kiindulási helyzet

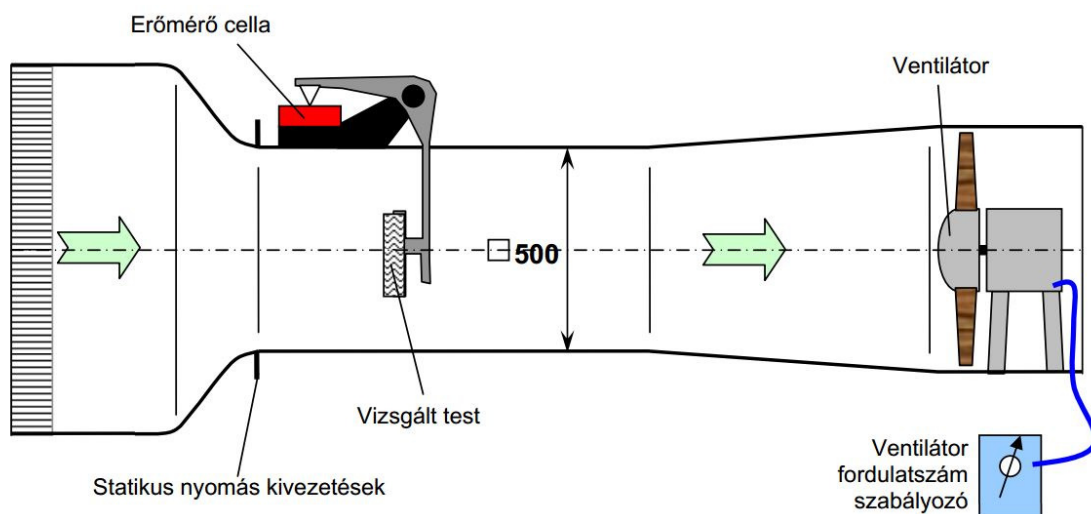
3.1 Az NPL szélcsatorna bemutatása

A tanszéken található több szélcsatorna közül az NPL (National Physical Laboratory) típusú szélcsatorna egy beszívó szélcsatorna. Nem ugyanazt a levegőt keringeti (visszatérő áramú vagy Göttingen-típusú), hanem mindig újat szív be a környezetből. A szélcsatorna végén található ventilátor átszívja a levegőt az egész mérőtéren.



8. ábra: A tanszéki NPL-típusú szélcsatorna

Zárt mérőterében hallgatói és kutatási mérések egyaránt történnek. Főként ellenállástényezőket mérnek és áramvonalakat vizsgálnak benne. A mérőtér 510 mm széles, 500 mm magas és 2 200 mm hosszú. A ventilátor fordulatszámát potenciométerrel lehet állítani 0-1500 ford/min között, így lehet a 0-15 m/s-os tartományban szabályozni a szélességet.

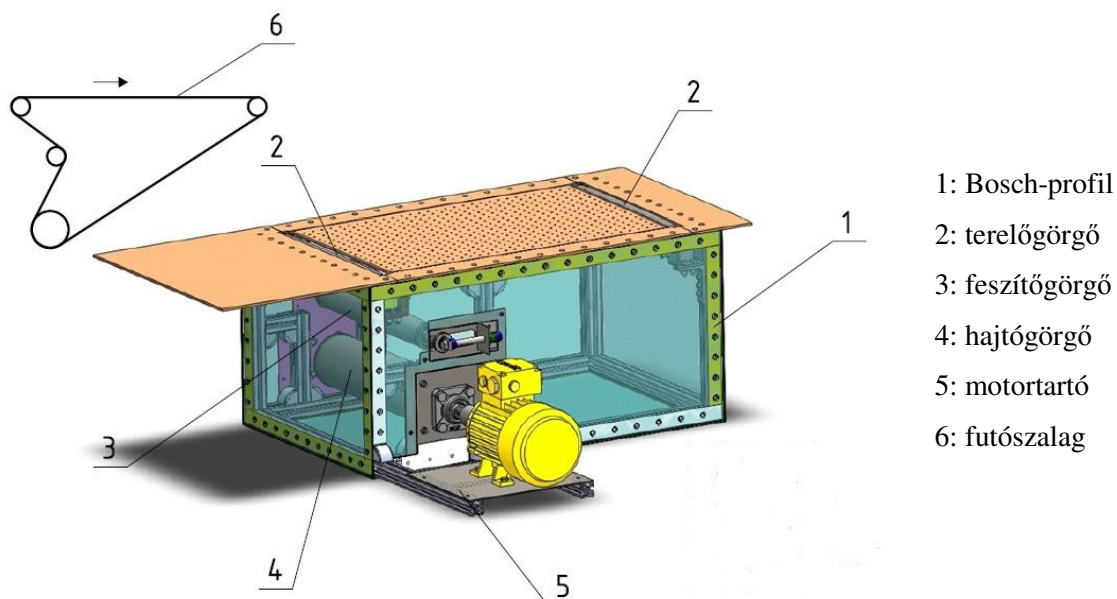


9. ábra: Mérési elrendezés a tanszéki NPL szélcsatornán [12]

A 9. ábra mutatja, hogy a beszívott levegő egy konfúzoron keresztül érkezik a mérőtérbe. Ennek a szűkítésnek az oka, hogy a levegő a lehető legegyszerűbben érkezzon a mérőtérbe. A mérőtér utáni diffúzorban lelassul a levegő, majd a ventilátort követően a környezetbe távozik. Az ábrán egy erőmérés (hallgatói mérés) elrendezése látható. A mérőtérben teljes hosszon lehet mérési összeállításokat kialakítani, a leggyakrabban a diffúzor előtti ~1 méteren történik (ld. 8. ábra). [12]

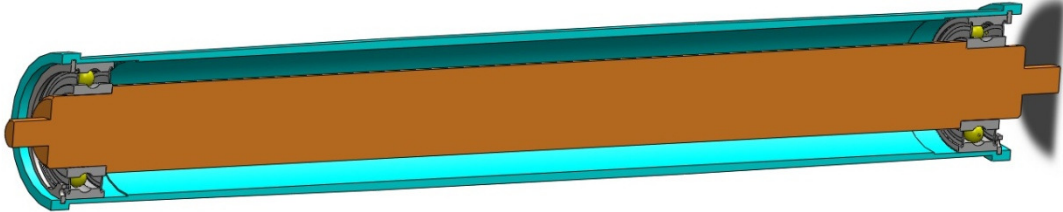
3.2 A tervezett berendezés bemutatása

A kezdeti terveket Szabó Balázs készítette 2011/12/1 félévében leadott szakdolgozata keretében (ld.: 10. ábra). A váz Bosch-profilokból (1) áll, amivel a motortartó konzol (5) is a kerethez van erősítve. A rendszer 4 görgőből áll, és a végtelenített 385mm széles és 0,9 mm vastag szalagból (6) (anyaga NBR elasztomer). A mérőtér elején és végén a két terelőgörgő (2) található. Ezek előtt található a feszítőgörgő (3), aminek feszítését egy rugóval tudjuk szabályozni. A negyedik görgő a hajtógörgő (4), amihez egy tengelykapcsolón keresztül kapcsolódik az aszinkronmotor. Utóbbi fordulatszámát egy frekvenciaváltóval tudjuk szabályozni. Tervezési alapfeltétel volt, hogy a szalag 15 m/s-os (54 km/h) sebességre legyen képes, ugyanis ez a szélcsatornában beállítható legnagyobb szélsősebesség. A váz oldalait plexi fallal szigetelhetők, hogy a zárt mérőtérbe helyezve a szalag mérőtérbe való fel-/lefutásánál a résáramlás minimális mértékben zavarja meg a mérőtérbeli állapotot.



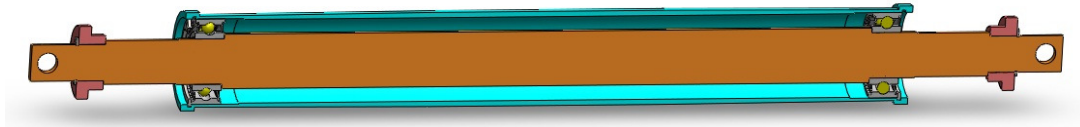
10. ábra: A futószalag 3D modellje (szalag nélkül). Szalagelrendezési vázlat (bal felső sarok) [1]

A forgó tömegek minimalizálása érdekében két terelőgörgő esetében nem a tengely forog, hanem a csapágyazott csőpalást (ld. 11. ábra). A tengelyek végein található lapolások segítségével lehet őket finom pozícionálni, azaz az egytengelyűséget beállítani.



11. ábra: A terelőgörgő modellje metszetben [1]

A feszítőgörgőnél szintén áll a tengely, és a vékonyfalú cső forog. Itt a pozícionálás a tengely végén található menetes furatokon átmenő csavarokkal történik (ld. 12. ábra).



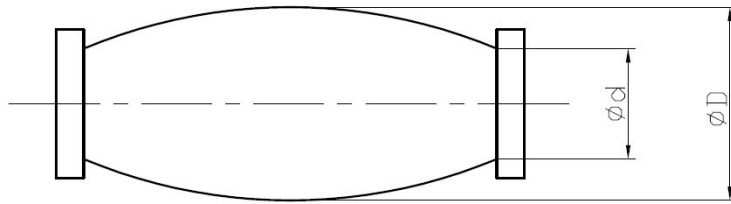
12. ábra: A feszítőgörgő modellje metszetben [1]

A hajtógörgő 3 alkatrészből áll (ld. 13. ábra). A cső két végére egy-egy féltengely van hegesztve. A görgő pozíciója fix, a motorhoz tengelykapcsolóval kapcsolódik.



13. ábra: A hajtógörgő modellje metszetben [1]

Mivel a motorral egy tengelykapcsoló biztosítja a kapcsolatot (nincs áttétel), a rendelkezésre álló motorok maximális fordulatszáma és a szükséges kerületi sebességből adódott az átmérője, ami jóval nagyobb, mint a másik három görgő esetében. Itt kell megjegyezni, hogy a görgőknek a kialakítása hordós, melynek a szalag lefutásának megakadályozása volt célja (ld. 14. ábra és 1. táblázat: A tengelyek hordóssága).



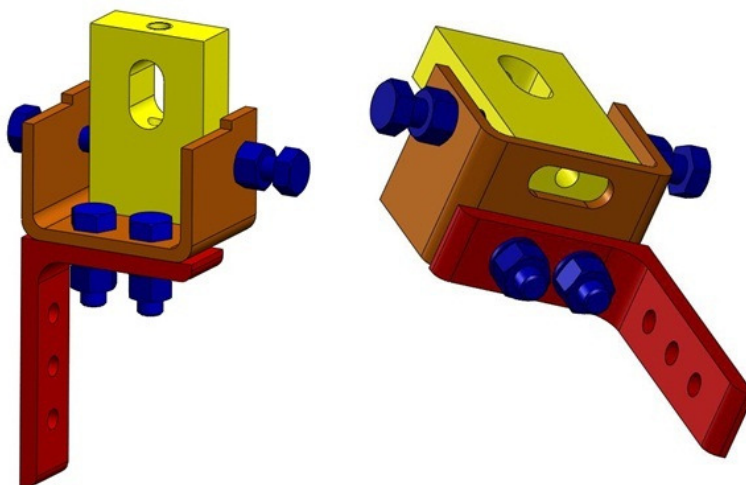
14. ábra: A tengelyek hordóssága

Megnevezés	Mennyiség [db]	d [mm]	D [mm]
terelőgörgő	2	50	52
feszítőgörgő	1	50	52
hajtógörgő	1	104	106

1. táblázat: A tengelyek hordóssága

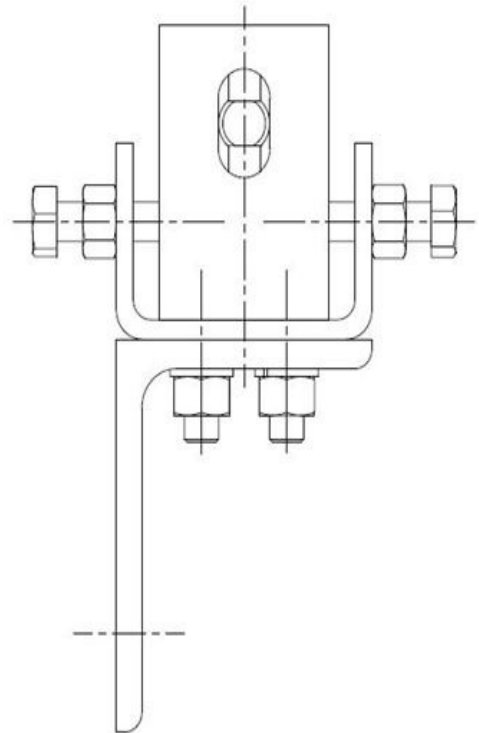
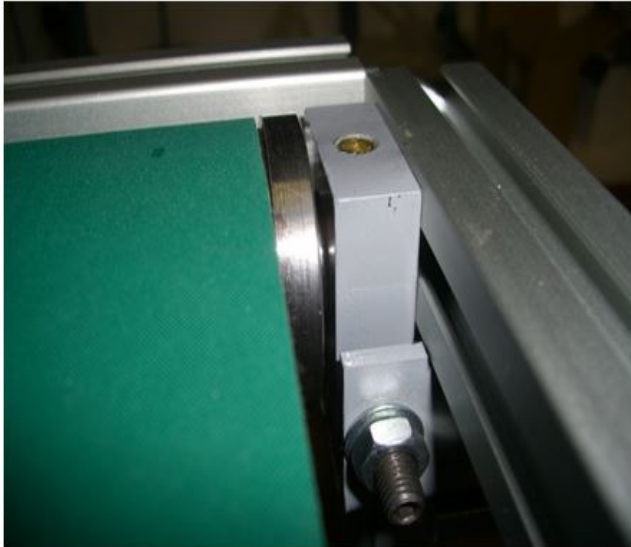
A mérőtérben a szalag alatt található lemez azért lett sok furattal ellátva (perforálva), hogy a működés közben a szalag letapadását, esetleges elszívással, ill. sűrített levegő fúvással szükség esetén meg tudjuk akadályozni. A jelenség attól is függ, hogy a mérőtérbe helyezett modellre mekkora leszorítóerő hat. A levegő befúvás ill. elszívásához tartozó elemeket még nem tartalmazza a futószalag-konstrukció, de a tervezési fázisban már biztosítani kellett az esetlegesen felmerülő ilyen probléma megoldását.

A két terelőgörgő tengelyeinek pozícionálása a két végén található finom beállítást lehetővé tevő ún. pozícionáló kiskockával történik (ld. 15. ábra). Ezt a kiskockát a két ellenanyás hatlapfejű csavarral lehet oldalirányban mozgatni.



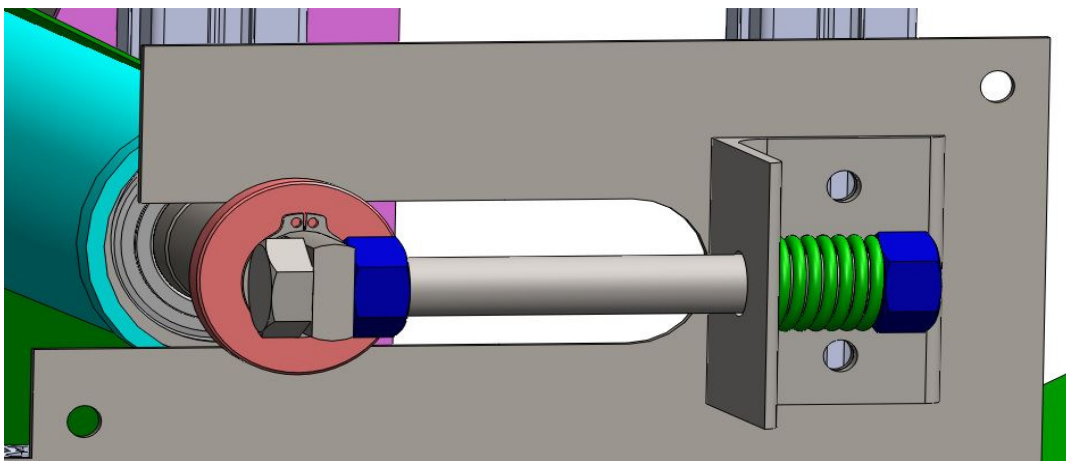
15. ábra: A terelőgörgő pozícionálására felhasznált alkatrészek összeépítése két nézetből [1]

A kiskockán alul és felül található rajta egy-egy menetes furat, amibe egy hernyócsavar csavarható, melyeknek véglapjai a tengely lapolására fekszik fel, így a két hernyócsavar együttes állításával lehet függőleges irányban is állítani a terelőgörgők helyzetét (ld. 16. ábra).



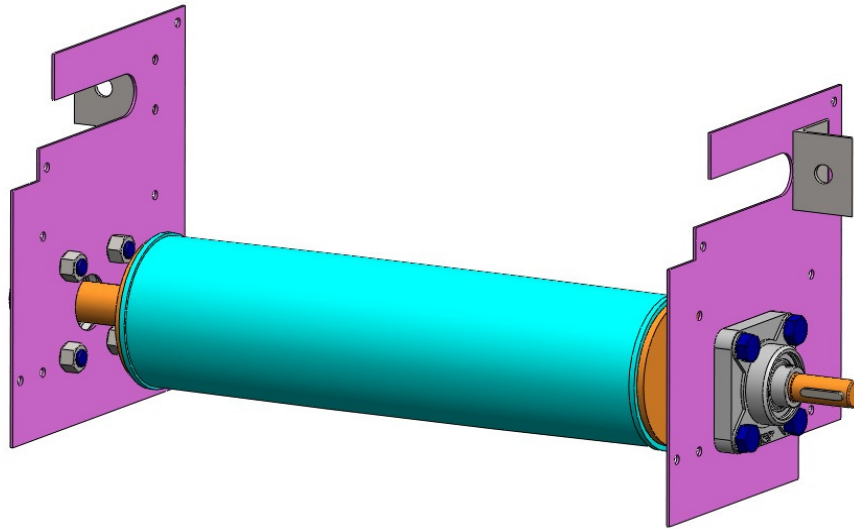
16. ábra: A pozícionáló kiskocka a valós beépítési környezetében [1]

A feszítőgörgő pozícionálása a kívánt feszítéstől függ, a másik két görgőnek a pozícióját pedig csavarokkal lehet állítani. A feszítőgörgőt mindkét oldalról állítva lehet előfeszíteni (ld. 17. ábra).



17. ábra: A feszítés állításának módja [1]

Az oldallemezre csavarozható a hajtógörgő tengelyének csapágyazása. Ezen az oldallemezen van kialakítva a feszítőgörgő pozícionálására a hely. [1]



18. ábra: A hajtógörgő összeszerelése a keret nélkül [1]

3.3 A szerelés és a felmerült problémák miatti változtatások

A jobb áttekinthetőség kedvéért a 2. táblázat segítségével részletezem, melyik félévben mely munkák lettek elvégezve a berendezésen.

Ütem	Félév	Munka	Hallgató
I	2010/2011/1	futószalag tervezése	Szabó B.
II	2011/2012/2	összeszerelés	Szabó B., Lázár L.
III	2012/2013/1	összeszerelés	Lázár L.
IV	2013/2013/2	kiegészítő tervek, tesztek	Lázár L.

2. táblázat: A futószalagon történt munkálatok ütemezése

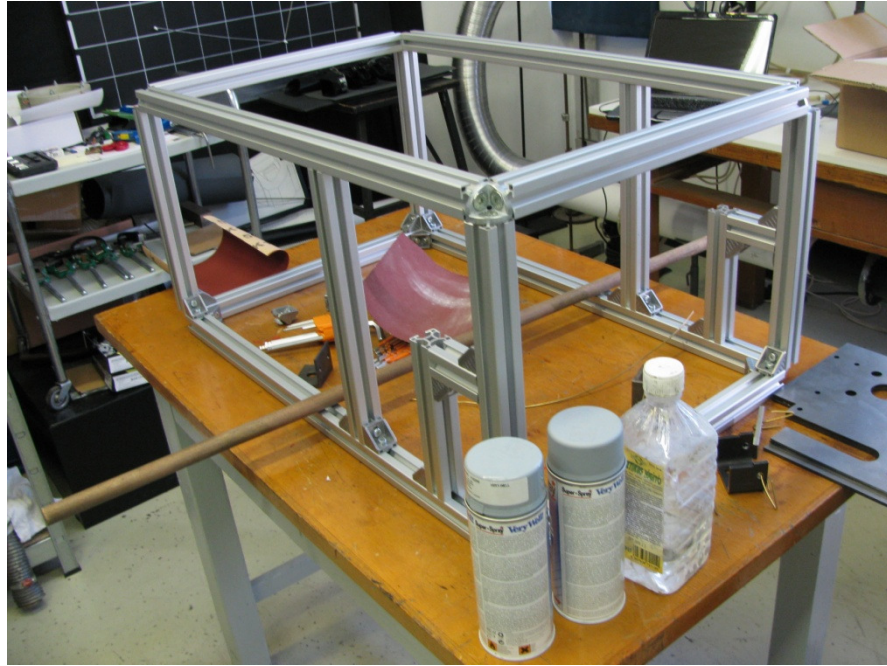
A második ütem elején a megrendelt alkatrészek (Bosch-profilok, tengelykapcsoló, csapágyak, csavarok, az aszinkronmotor, frekvenciaváltó) és a legyártott plexilemezek voltak készen. Először a váz került összeszerelésre a Bosch-profilokból, majd a többi gyártandó alkatrész készült el. A pozícionáló kiskocka és az U-, ill. L-szelvények is le lettek festve első sorban korrózióvédelmi szempontokból (ld. 19. ábra, 20. ábra és 21. ábra).



19. ábra: Az alkatrészek gyártásához felhasznált szerszámgépek: CNC eszterga, megmunkáló központ, lézeres lemezvágó és a lefestett profilok



20. ábra: A beszerelendő alkatrészek



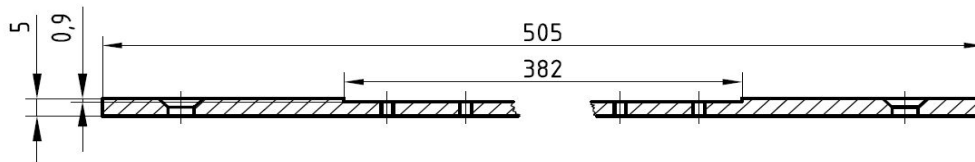
21. ábra: A szerelés első állomása: a kész keret

A harmadik ütemben az eredeti tervhez képest a motortartó konzol merevített változata lett véglegesítve, mivel a motor nagy tömege miatti lehajlást csökkenti, így a hajtógörgő egyenetlen szögsebességét is el lehet kerülni (ld. 22. ábra).



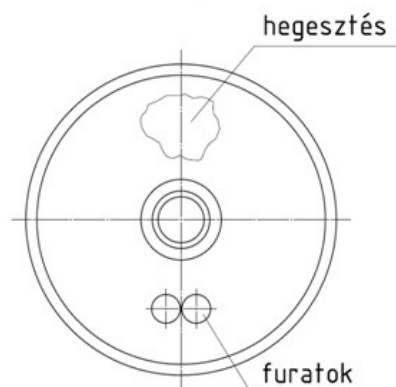
22. ábra: A merevített motortartó

A gyártási határidők csúszásai miatt a futófelület a harmadik ütem végére készült el. A futószalagot így nélküle kipróbálva a szalaglefutás már kis fordulatszámon (néhány tized m/s-os szalagsebesség) gondot okozott. A megelőzés segítségére a futófelület kisebb változásokon esett át (ld. 23. ábra). 0,9 mm nagyságú peremet kapott, amely a szalagot oldalról támasztani tudja. Az 5 mm-es lemezvastagságból elég sok maradt még arra az esetre, ha nagyobb peremre lenne szükség a későbbiekben.



23. ábra: A futófelület metszete

A szalagot kivéve, a hajtógörgőt egyedül felpörgetve maximális fordulatszámig olyan nagy rezgéseket lehetett tapasztalni a berendezésen (már 7-8 m/s-os kerületi sebességnél is), amely már önmagában a szerkezetre sem megengedhetőek, továbbá a szélcsatorna épségére nézve is kifejezetten káros lenne. Valószínűsíthető volt, hogy annak ellenére, hogy a lehető legpontosabb gyártásra törekedtünk, kiegyensúlyozatlan lett a hajtógörgő, amelynek fő oka a hegesztési vetemedés volt. A kiegyensúlyozást (ld. 24. ábra és M2) követően a tesztek során a változtatásoknak köszönhetően a berendezés a megengedhető rezgési tartományba került.



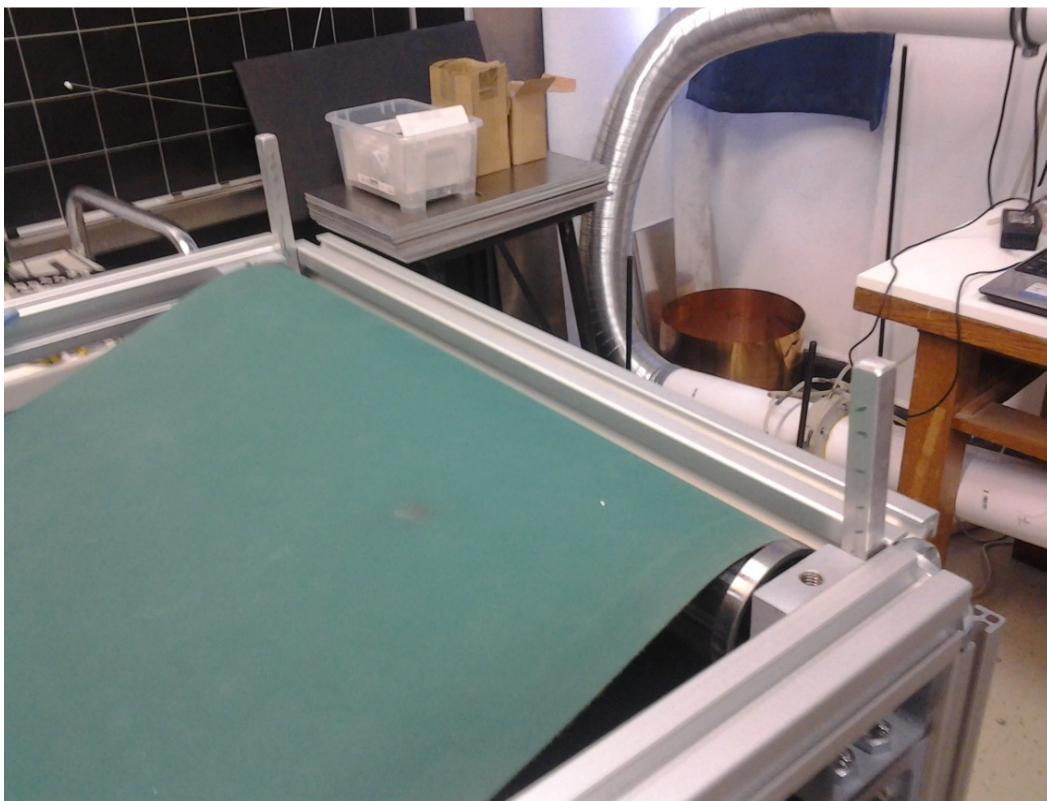
24. ábra: A hajtógörgő kiegyensúlyozása fényképen és egyszerűsített rajzon

4 A szalaglefutás megakadályozása

4.1 Kiindulási helyzet

4.1.1 A szalaglefutás bemutatása

A leggondosabb tervezés, pontos gyártás és összeszerelés ellenére gyakorlati tapasztalat, hogy a futószalagok oldalirányban hajlamosak a lefutásra. A szerkezet sok alkatrészéből kifolyólag pontosan párhuzamossá nem lehet tenni a tengelyeket, szöghiba mindig lesz. Ezt a tesztek megerősítették, így az azt gátló oldaltámasztó görgők megtervezésére került sor.



25. ábra: Terelőgörgők szöghibájának megszüntetésére tett kísérlet pozícionáló tuskókkal

Az összes görgő pontos egytengelyűségét a 25. ábra módszerével sem lehetett elérni, ennek fő oka, hogy a hajtógörgőnek a pozícióját nem lehet külön állítani, továbbá ha a feszítógörgőn nem sikerül a két oldalán a feszítést elősegítő rugót összenyomó anyacsavarokat egyenlően meghúzni, akkor az sem lesz párhuzamos a terelőgörgőkkel. Ilyen nagy sebességeknél pedig a szalaglefutás nagyon érzékeny a pontatlanságokra.

4.1.2 A feltételek összegzése

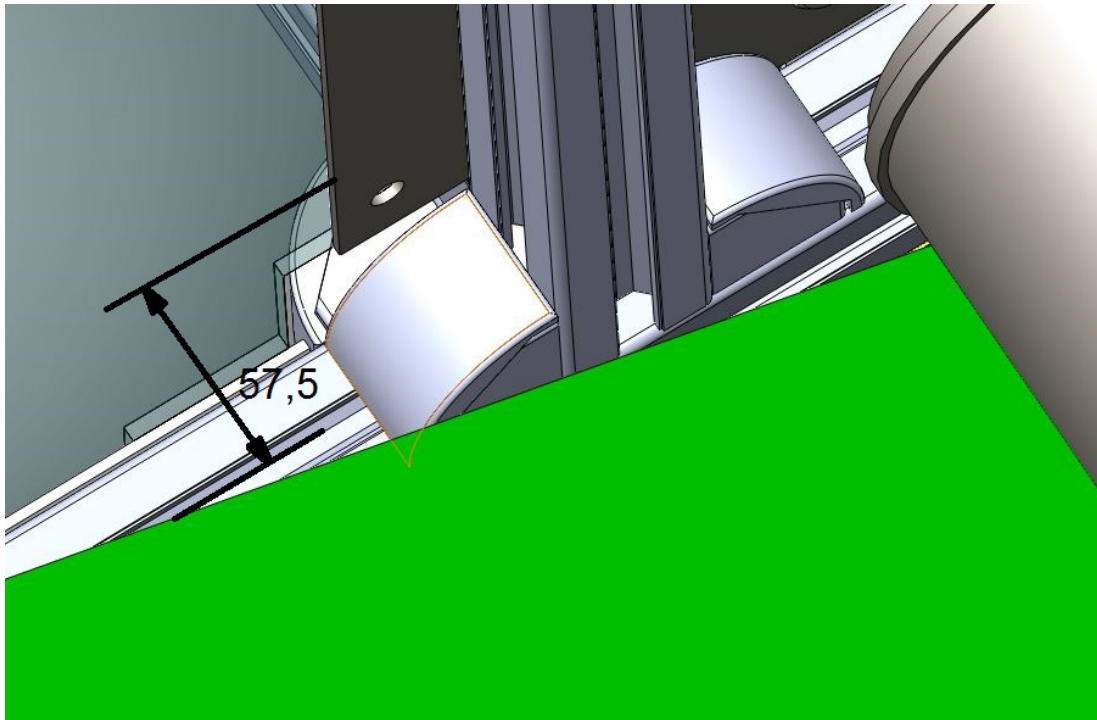
A berendezés működése közben a szalag a mozgására merőleges irányban lefut a görgőkről, amely a berendezés nem megfelelő működéséhez és a szalag károsodásához vezet. Ennek megakadályozása céljából - hasonló tapasztalatok alapján - oldalról kívántuk megtámasztani kisebb görgőkkel. A konstrukció kidolgozása előtt meg kellett határoznunk a tervezési előfeltételeket:

- elhelyezés: a 4 görgő elé (a szalag ráfutása előtt a legjobb)
- konstrukció: Azonos konstrukció minden helyre (egyszerű gyárthatóság, javítás, tesztelhetőség), dőlésszög és pozíció állítható legyen mind oldalirányban, mind függőlegesen, mind pedig a szalag felé.
- igénybevételek: A nagy kerületi sebesség (15 m/s) miatt nagy fordulatszám várható a kis helyen lévő kis sugár miatt.
- szalagot közrefogó profil alakja: A görgőben bent kell tartani a szalagot, ám beszorulnia sem szabad.

4.2 A konstrukció kidolgozásának lépései

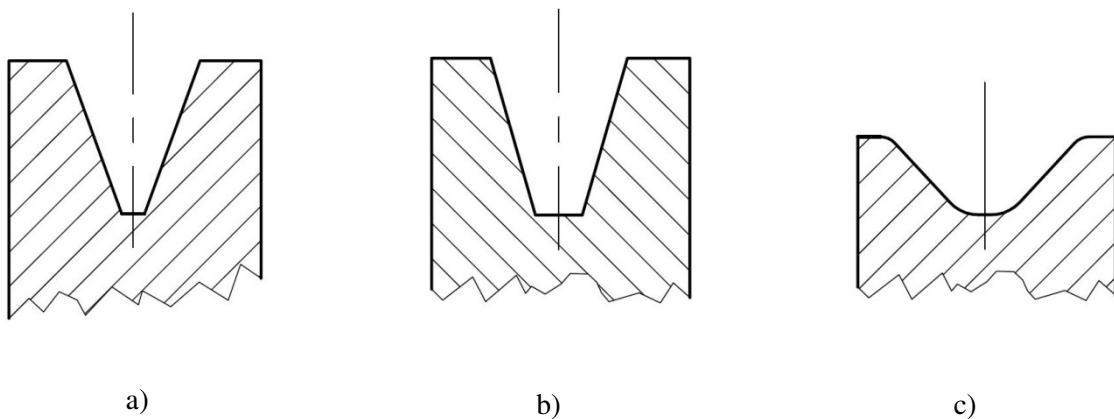
4.2.1 Az oldalirányú megtámasztás bevezetése

Első lépésként a szalaghoz való hozzáférést kellett tisztázni, a módszert és a rendelkezésre álló helyet. A keret Bosch profiljaira való rögzítés tűnt a legcélszerűbbnek, mert akkor a meglévő konstrukciót tudjuk alakítani, továbbá a bennük található hornyokkal egyszerűnek tűnt egy alkatrész rögzítése. A keretre fog kerülni egy plexiborítás, amely a berendezésen keresztül elzárja a mérőteret a külvilágtól, megakadályozva azt, hogy a közegek keveredjenek. A szalag és a keret között meglehetősen kis hely volt: 57,5 mm (ld. 26. ábra). Ebbe kellett beleférnie a görgőnek és a konzolnak, amelyek a szalag mellett tartják.



26. ábra: A rendelkezésre álló hely: a szalag és a borítás távolsága

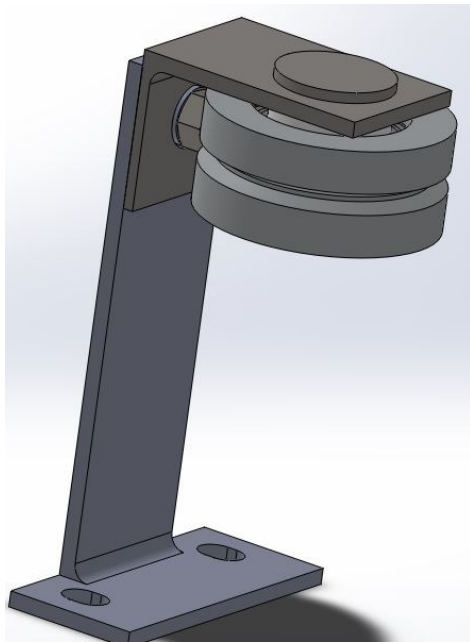
A görgőn kialakításra kerülő profilra több lehetőség is van (ld. 27. ábra).



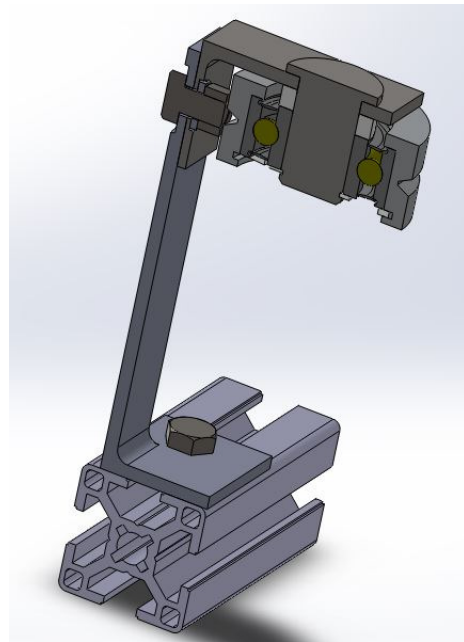
27. ábra: A szalagot közrefogó görgőprofil lehetséges változatai

4.2.2 A konstrukció bemutatása

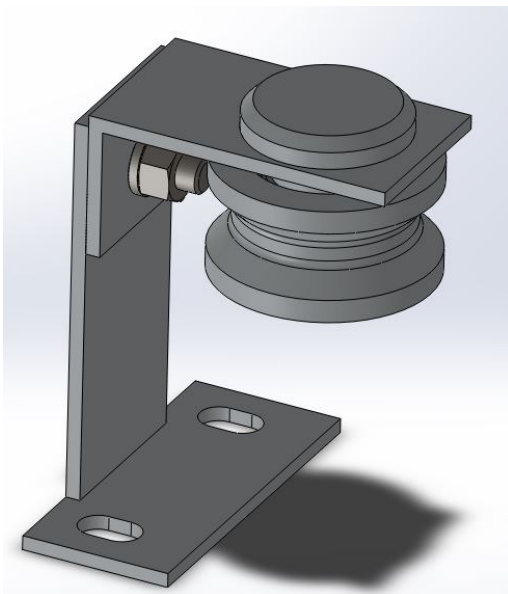
A görgő geometriájának a kialakítása volt az első, mert ettől függ a szalag szabályozása. A tartószerkezetet ehhez kell igazítani. Az első konstrukcióban (28. ábra a) és b) kép) a forgó görgő és az álló tengely között egy golyóscsapágy volt. A tengely egy L profilra került, amely egy másik L profilhoz (konzol) kapcsolódott csavarok segítségével. A konzol másik szárán lévő furatokon keresztül kapcsolódott a kerethez.



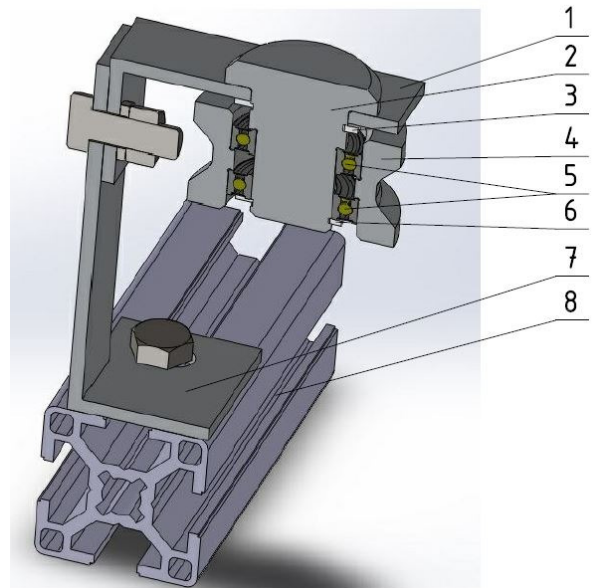
a)



b)



c)



d)

- 1: tengelytartó
- 2: tengely
- 3: rögzítőgyűrű
- 4: görgő
- 5: csapágyak
- 6: rögzítőgyűrű
- 7: konzol
- 8: Bosch-profil

28. ábra: A két változat nézetben és metszetben

A görgő egyik végén egy vállon fekszik föl a csapágy külső gyűrűje, míg a gyűrű másik végén Seeger-gyűrű biztosítja, hogy ne mozdulhasson el. Szintén Seeger-gyűrű fogja a belső gyűrűt az álló tengelyhez, amelynek másik végén található fej rögzíti a tengelyt az L-profilhoz. Hogy ne érjen össze a forgó görgő és a profil, a tengelyre egy távtartó került.

A tanszéken található nagy szélcsatornához korábban használt futószalag szabályozásának tapasztalatai szerint a görgőn található hornyot szélesebbé kellett tenni, mert a szalag beleszorulhat. A futószalag tervezője Dr. Marschall József volt, akinek útmutatása szerint alakítottuk át a hornyot. A tengely (2) és a görgő (4) közé két egysoros mélyhornyú csapágy (5) került be (28. ábra c) és d) kép), amelynek O-elrendezése nagyobb merevséget biztosít, közöttük a görgő belső furatában hagyott váll. A távtartót kiváltotta a tengelyen (2) egy egyszerűsítő változtatás. A fej után nagyobb átmérőt hagyunk meg, mint a csapágyak belső gyűrűjének belső átmérője, és a két különböző átmérőjű szakasz találkozásánál található tengelyvállon fekszik fel az egyik csapágy belső gyűrűje. A változtatás miatt egy Seeger-gyűrűt (3) kellett a nagyobb átmérőjű szakaszra tenni, hogy ne eshessen ki a tengely a szögvasból. A nagyobb átmérőjű rész és a tengelytartó (1) furata illesztett méret, de a biztonság kedvéért az axiális irányú elmozdulást gátló gyűrű mellett a fej síkjából egy kis hernyócsavarral az elfordulás ellen is biztosítjuk a tengelyt. A tervezés során az is szem előtt maradt, hogy a görgő cserélhető legyen. Előfordulhat, hogy a tesztek során a görgő geometriája nem lesz kielégítő, így kellő szélességet és átmérőt kellett biztosítani, ha a görgő cseréjére kerül sor, más méretű görgő is beférjen úgy, hogy a csapágyakat és a többi alkatrészt nem kell kicserélni. A tengely (2) végén a csapágyat (5) a leeséstől egy Seeger-gyűrű (6) védi. A konzol (7) és a tengelytartó szögvas (1) közötti kapcsolatot egy csavarral biztosítjuk, amely körül el is tud fordulni a tengelytartó. A konzolon (7) található lóversenypálya alakú furat biztosítja a szalag felé pozícionálhatóságát a görgőnek a Bosch-profilon (8).

Összeszerelése: A tengelytartóba (1) behelyezzük a tengelyt (2), amire a másik végéről ráhúzzuk a Seeger-gyűrűt (3). Ráhúzzuk a tengelyre a vállig az egyik csapágyat (5), erre pedig a görgőt (4). Ezt követi a másik csapágy (5), végül a kisebb Seeger-gyűrű (6).

4.2.3 A csapágy ellenőrzése

A csapágyat terhelő radiális erőről, bár nincs pontos információnk, feltételezzük, hogy a dinamikus egyenértékű terhelés (P) jóval kisebb, mint a dinamikus alapterherbírás (C=1 560 N), élettartamra (L₁₀) így külön nem méretezünk. A csapágyra ható axiális erő várhatóan a radiális erőt sem közelíti meg. A csapágy várható élettartama 90%-os eséllyel az alábbi képlettel számolható:

$$P = F_r \quad (4.1)$$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (4.2)$$

,ahol p=3 golyóscsapágyak esetén.

A nagy kerületi sebesség (v_{ker,max}=15 m/s) a kis átmérő (d=2·r= 30 mm) miatt viszont a maximális üzemi fordulatszámot (n)

$$n = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{v_{ker,max}}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{15 \left[\frac{m}{s}\right]}{2 \cdot \pi \cdot 0,015 [mm]} \cdot 60 \left[\frac{s}{min}\right] = 9554 \left[\frac{ford}{min}\right] \quad (4.3)$$

összehasonlítva a kiválasztott csapágy (SKF 61802-2RS1) határfordulatszámával (n_{lim}=17000 ford/min) megállapítható, hogy a csapágyat nem fenyegeti a besülés veszélye. Az összeállításban az illesztések az SKF útmutatója szerint készültek. Mivel ebben az esetben a csapágy belső gyűrűje áll, a külső gyűrű pedig forog, utóbbihoz került a szorosabb illesztés. [13] [14]

4.3 A feltételek teljesülése

4.3.1 Elhelyezés

Az rendelkezésre álló helyet figyelembe véve a második terelőgörgő elé nem tudjuk a lefutást gátló görgőt behelyezni, mert ott nincsen hely, a futófelülettől nem férni oda, így ott nem a görgőre futás előtt, hanem utána tudjuk megtámasztani a szalagot. A többi görgőnél tudjuk a ráfutás előtt támasztani a szalagot, ennek következtében viszont a konzolok különböző méretűek lettek.

4.3.2 Konstrukció

A két terelőgörgőhöz tartozó konzol ugyanolyan méretekkel rendelkezik, míg a feszítőgörgő és a hajtógörgő előtt különbözőek. Előbbinél hosszabb, utóbbinál rövidebb a

konzol. A görgők oldalirányú pozícionálását a konzol Bosch-profilon történő csúsztatásával tudjuk beállítani. A függőleges irányú helyzet állítását szintén ezzel a mozgatással tudjuk állítani a szalag ferdeségét kihasználva. Mivel a támasztó görgőknek nem kell állandóan a szalaggal együtt forogniuk, csak akkor, ha a szalag le akar futni, a görgő közelségét a szalaghoz is kell tudnunk állítani. Ezt úgy érjük el, hogy a konzol rövidebb szárába lóversenypálya alakú furatokat teszünk (ld.: 28. ábra c) kép), amin keresztül - egy csavar segítségével – a Bosch-profilhoz rögzítjük a kívánt pozícióba. A szalag minden görgő előtt más és más szöget zár be a függőlegessel, ezért ezt a ferdeségi különbséget tudni kell követni. Az L profilt és a konzolt egy csavar tartja össze, amelynek lazításával tudjuk változtatni a szöveget. A fogazott alátét segít abban, hogy a csavar meghúzása esetén még nehezebben forduljon el az L-profil, mintha sima alátétet vagy rugós alátét tennénk oda.

4.3.3 Igénybevételek

A görgőre ható radiális erőt elhanyagoltuk, így élettartamra nem kellett méretezni. A határfordulatszám pedig majdnem kétszerese a maximális üzemi fordulatszámnak, így ez megfelelő.

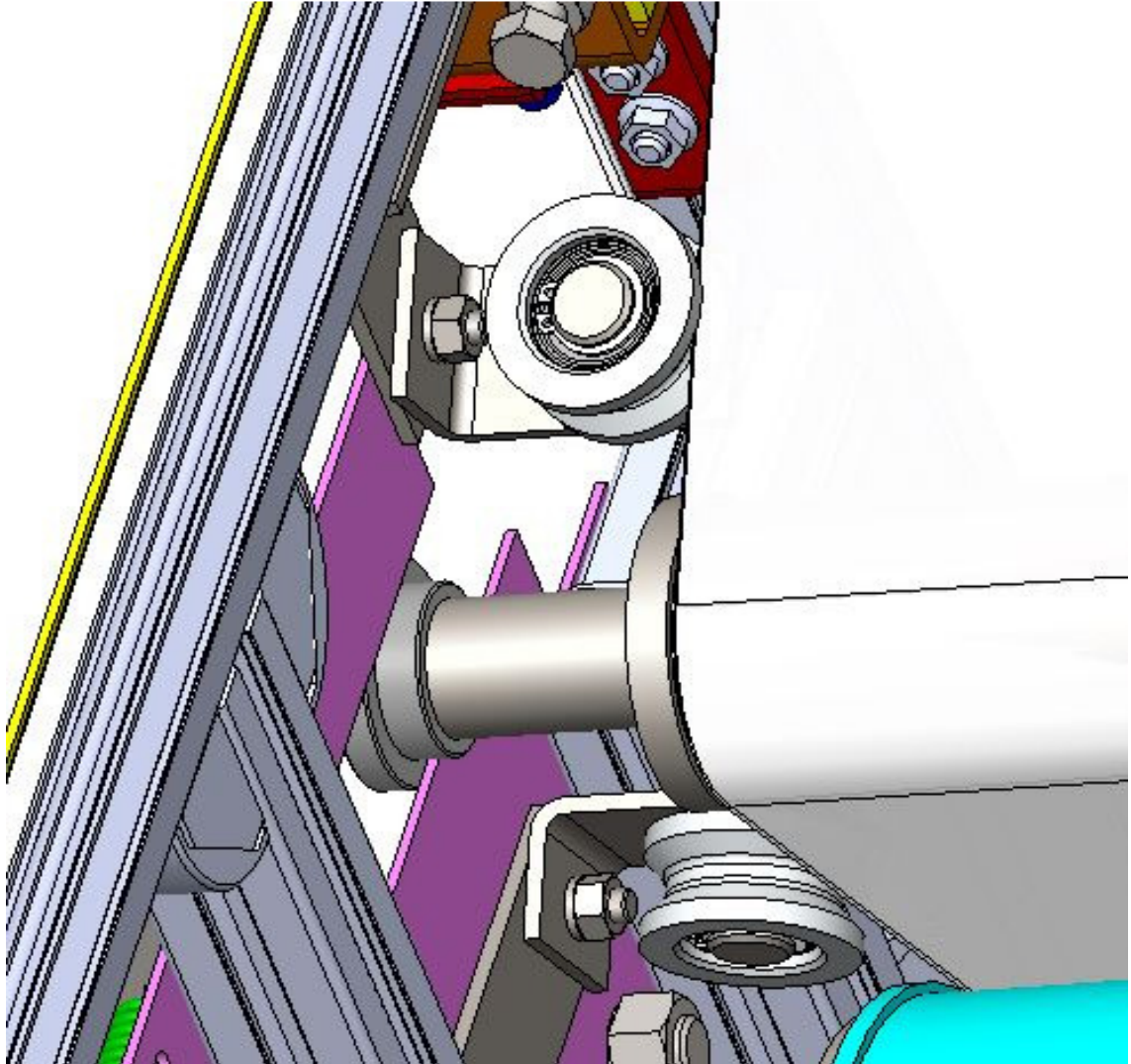
4.3.4 Szalagot közrefogó profil

A 27. ábra változatai közül végül a c) változat valósult meg a másik szélcsatorna tapasztalataira támaszkodva. Mivel tágasabb, kisebb az esélye, hogy a szalag beszorul, amely károsítaná azt. Bár a mélysége valamivel kisebb lett - a geometriához (a profilban a szárak bezárt szöge és a lekerekítés) szükséges méretek miatt -, így is megfelelőnek tűnt.

4.3.5 Összegzés

A feltételek közül tehát kettőnek nem tudtunk megfelelni, de ezeket a kompromisszumokat a szerkezet kéri tőlünk. Mivel egy elkészült berendezéshez kellett a kiegészítő alkatrészeket megtervezni, bizonyos esetekben meg volt kötve a kezünk. Megjegyzendő, hogy amennyiben a tervezés során megtervezésre került volna ez az oldalról támasztó görgőrendszer, valószínűleg ennek a két feltételnek akkor sem tudott volna megfelelni a konstrukció. Ezek közül az első, hogy nem tudtuk az egyik terelőgörgő elé tenni a támasztógörgőt. A futófelülettől nem férünk hozzá a szalaghoz, ezt sehogyan sem tudjuk kikerülni. A másik nem teljesülő feltétel, hogy teljesen azonosak legyenek a konstrukciók. Sajnos a teljesen

különböző szalaghelyzetek (szög, távolság a kerettől) nem teszik lehetővé, hogy a konzolok teljesen megegyezők legyenek. Háromféle konzolra van szükségünk, amelyeknek csak a hossza különbözik. A kialakításuk, rögzítésük a kerethez (ld. 29. ábra) illetve az L-profilokhoz teljesen ugyanúgy működnek. A többi feltétel maradéktalanul teljesült, így összességében megfelelően kiegészítjük a feltételeket.



29. ábra: A szalag lefutását gátló görgők két beépítési környezetükben (a futószalagba fentről nézve)

5 A berendezést tartó asztal és a szélcsatornába illesztése

5.1 Kiindulás

A berendezés szélcsatornába illesztése egy szintén fontos feladat volt. A tervezés során a mérőtér méretei szem előtt voltak tartva, hogy a beszerelés menete minél könnyebb legyen. A mérőtér alatt egy 745 mm széles, 845 mm hosszú és 1000 mm magas tér állt rendelkezésünkre. (A 30. ábra kisebb lábköze.) A futószalag tervezésénél a rendelkezésre álló hely figyelembe lett véve, így a szélcsatornába illesztés fő problémája a ~100 kg tömegű berendezés megfelelően stabil rögzítése.

A mérőtérbe illesztéssel kapcsolatos legfőbb elvárások:

- teherbírás: A futószalag tömege ~100 kg, amelynek jelentős többségét a tartó asztalnak kell felvennie (a szélcsatornára minél kevesebb jusson), továbbá a futószalag üzem közbeni rezgéseiből is a lehető legkevesebbet szabad átadni a szélcsatorna fa szerkezetének.
- stabilitás: A berendezés nagy tömegéből fakadóan a személyi és anyagi biztonság szem előtt tartása fontos minden terv során.
- könnyű ki-/beszerelés a szélcsatornából: A szélcsatornából könnyen ki/beemelhetőnek kell lennie a szerkezetnek, továbbá mivel a szélcsatorna mérőtérének a szétszedéséről is szó van, meg kell tervezni a futószalag nélküli helyzetét a mérőtérnek.
- lehetőség a futószalag finom pozícionálására a mérőtérben: A mérőtér aljának a vízszintes helyzete meghatározza a szalagra rávezetett levegő tulajdonságait, továbbá a mérőtér keresztmetszetének változása is megzavarhatja a mérést.
- egyszerű áttelepíthetőség más szélcsatornába: A futószalag az NPL szélcsatornához lett tervezve, de a tanszéken található másik szélcsatorna is, amely rendelkezik ekkora mérőtérrel, ezért is került be a szempontok közé a gyors mozgathatóság.



30. ábra: A mérőtér alsó részének módosítás előtti állapota

5.2 Tartóasztal

5.2.1 Az emelő kocsi kiválasztása

Felmerült a tartó kocsi önálló megtervezésének lehetősége, ám az egyedi gyártás miatt elég drága lett volna a konstrukció, így más megoldást kerestünk. A piacon léteznek a feltételeink többségének megfelelő anyagmozgató kocsik, úgy döntöttünk, egy ilyet rendelünk (ld. 31. ábra és 3. táblázat), majd néhány változtatást eszközölünk ki rajta, hogy a többi feltételt is teljesíteni tudja.



31. ábra: A kiválasztott emelőkocsi [15]

A tanszéken már található volt egy emelő kocsi, amelyet szemrevételezve úgy döntöttünk, hogy megfelel az elvárásainknak a kialakítás, csak egy annál kisebb méretűre lesz szükség. A Manutan Hungária Kft. katalógusából választottunk egy kisebb emelő kocsit, melynek a rakodófelülete 700 mm hosszú és 450 mm széles volt. A minimális emelőmagasság (ami alá nem lehet engedni a rakodófelületet) volt még fontos, mert a futószalag keretének a szélcsatorna mérőtere alatt ki-, ill be kell férnie. A rendelkezésünkre álló 1 000 mm magasságból a futószalag keretének 390 mm-es magasságát levonva kapjuk, hogy a minimális emelőmagasság értéke nem haladhatja meg a 610 mm-t. Ennek az emelő kocsinak ez az értéke 265 mm volt, így bőven volt még helyünk. Az emelő kocsit egy hidraulikus munkahenger segítségével lehet felemelni pár másodperc alatt a legmagasabb helyzetébe. Egy kar segítségével a felemelt asztalt le lehet eresztetni.

A kocsinak két hiányossága volt. Első, hogy nem lehetett pontosan stabilizálni, a másik pedig az, hogy nem volt lehetőség a rakodótér finom pozicionálására, amire a meglévő futószalag került, így ezt pótolni kellett. [15]

Név	Gurulós emelőkocsi
Cikkszám	J784019
Márka	ekwo
A platform mérete szé x mé (mm)	700 x 450
Görgő átmérő (mm)	100
Maximális emelés (mm)	755
Min. emelő emelés (mm)	265
Rögzítési magasság (mm)	985
Hossz x szélesség (mm)	910 x 485
Teherbírási (kg)	200
Tömege (kg)	43

3. táblázat: Az emelőkocsi adatai [15]

5.2.2 Az emelő kocsi alsó pozicionálása

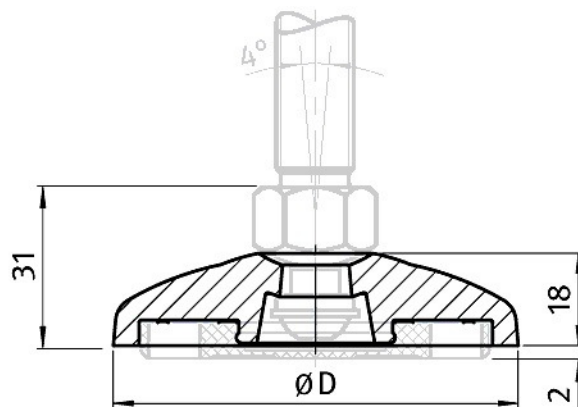
A finom pozicionálás és a stabil rögzítés megvalósítása során a menetes pálcák menetemelkedésének köszönhető kicsiny magasságváltoztatásának elvét használtuk ki. A tanszéken több berendezésen a rögzítésére rövid menetes száracat használnak, amelyeknek a végén egy műanyag talp az elcsúszásban gátolja. Így ezzel a szerkezettel mind a rögzítést, mind pedig a finom állítás lehetőségét megvalósítjuk. A Fath Components Kft. kínálatában

található talpakra esett a választásunk, amely a tanszéken található talpaknak is a forgalmazója, ahol a termékek megfelelően működnek. Egy anyacsavart hegesztünk az emelő kocsi aljára, amelyben elforog a menetes szár, ennek a menetemelkedését kihasználva tudjuk emelni, ill. süllyeszteni a berendezést.

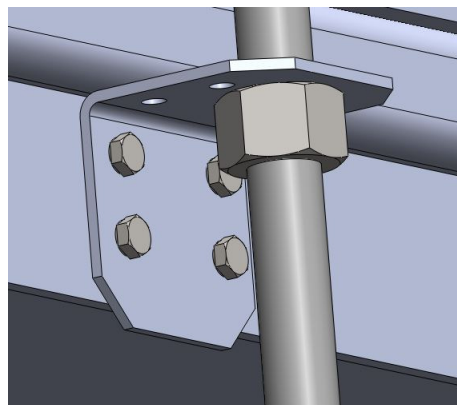
A csavar másik végén egy lapolt fej van, aminek egy kisebb belső kulcsnyílású csavart lehet csavarni, ami a műanyag talpon átmegy. Ez a kisebb csavar a menetes részén be van vonva egy plusz réteggel, amely az önzárást biztosítja. Nem engedi lecsavarodni akkor sem, amikor a menetes szárat forgatjuk (ld. 32. ábra).

Az emelő kocsi aljára 4 darab ilyen menetes szár és talp kerül. A kocsi alján végig megy egy U-profil, aminek az aljára egy merevítő van hegesztve. A varrat nem megy végig (szakaszos), így két varrat közé befér egy kereskedelmi forgalomban kapható L-profil, amelynek egyik szárán keresztül csavarozzuk a merevítéshez, másik szárára kerül az anyacsavar hegesztve, amelyen keresztül a menetes szár megy.

A kis furatokon keresztül csavarokkal rögzítjük a merevítéshez, míg egy új és nagyobb furatot fúrunk a lemezbe, és ezen megy át a menetes szár, végén a talppal (ld. 33. ábra). [15]
[16]



32. ábra: A rögzítést és finompozicionálást biztosító talp geometriája [16]



33. ábra: Az alsó talp összeállítása

5.2.3 A két első görgő cseréje

A megrendelt kocsinak a két hátsó kereke a függőleges tengely körül is elfordul, az első kettő viszont nem. A könnyebb mozgathatóság miatt a két első kereket kicseréltük a függőleges tengely körül is elforgó kerékre (ld. 34. ábra), amelyet a kiskocsit is forgalmazó Manutan Hungária Kft. kínálatából választottunk ki.

Az asztalhoz tartozó kerék magassága 140 mm. A kerethez 4 csavar segítségével vannak rögzítve, melyek furattávolsága 80mm x 50 mm.



34. ábra: A kiválasztott forgó kerék [15]

A kiválasztott kerék (ld. 4. táblázat) esetén a nyílások fesztávja 60x50, míg a meglévő furatok 80x50-es fesztávú furataiból az 50-es szélességhez tartozó két furatot használjuk fel, míg két új furatot kell fúrni a vázra. A 140 mm-es magasságot a 134 mm hézagoló lemezekkel való kiegészítésével érjük el. [15] [16]

Név	Készülékgörgő
Cikkszám	7179541545
Görgő átmérője (mm)	100
Görgő szélessége (mm)	28
Teherbírás (kg)	60
Síma peremnél ho x szé (mm)	76 x 70
Nyílások fesztávja (mm)	60 x 50 Ø8,3
Magasság (mm)	134

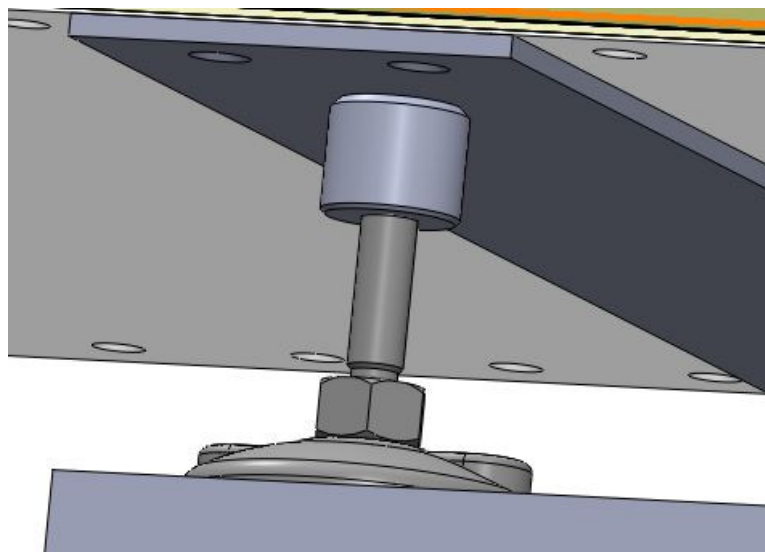
4. táblázat: A kerék adatai [15]

5.2.4 A futószalag asztalra helyezése

A futószalag és az asztal között is az előbbieken bemutatott menetes szárakkal biztosítjuk a kapcsolatot. Ennek fő funkciója nem a stabilitás biztosítása, hanem a pozicionálás.

A lemezek anyaga alumínium, mert volt hozzá méretben anyagunk (ld.: 5.3.2 pont) amihez az acél anyát – mint az 5.2.2.-es pontban – nem lehet hegeszteni, ezért alumíniumból kialakított kis pogácsákat használunk, amelyben található egy menetes furat (ld. 35. ábra).

A felhasznált talpakon található 2 darab átmenő furat, amelyen keresztül asztalhoz csavarozható a talp, amivel az elmozdulás teljes kizárását kapjuk.

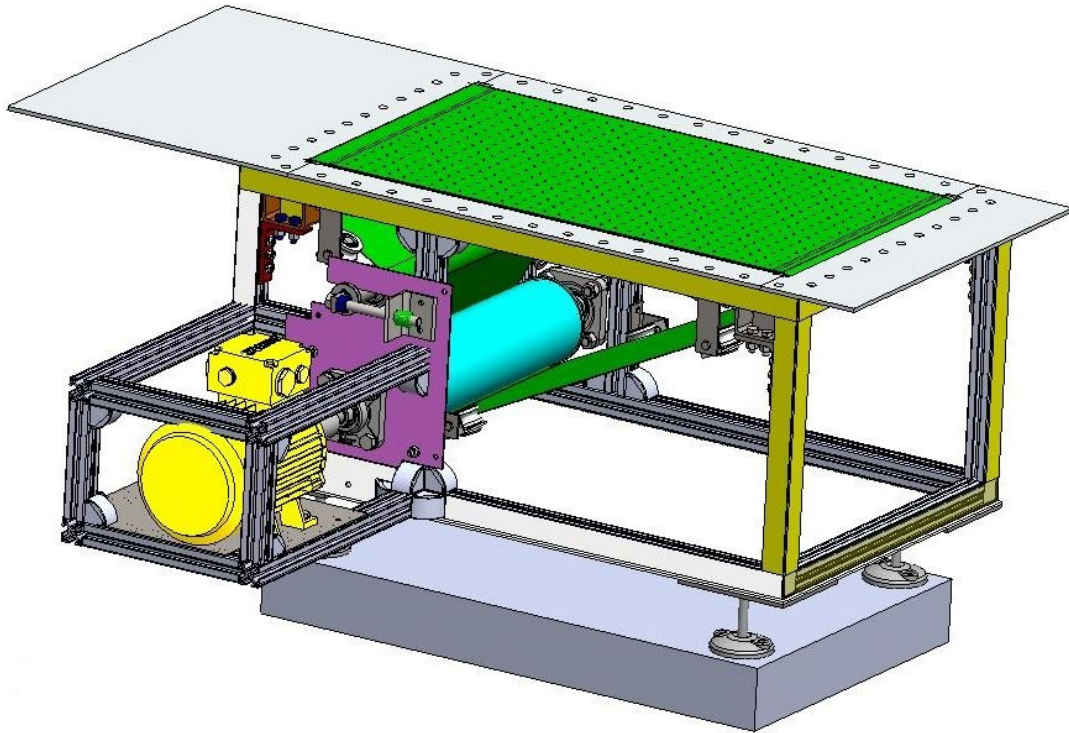


**35. ábra: A lemez aljára hegesztett pogácsa és a menetes száras talp
(lemezrögzítő süllyesztett fejű csavarok nélkül)**

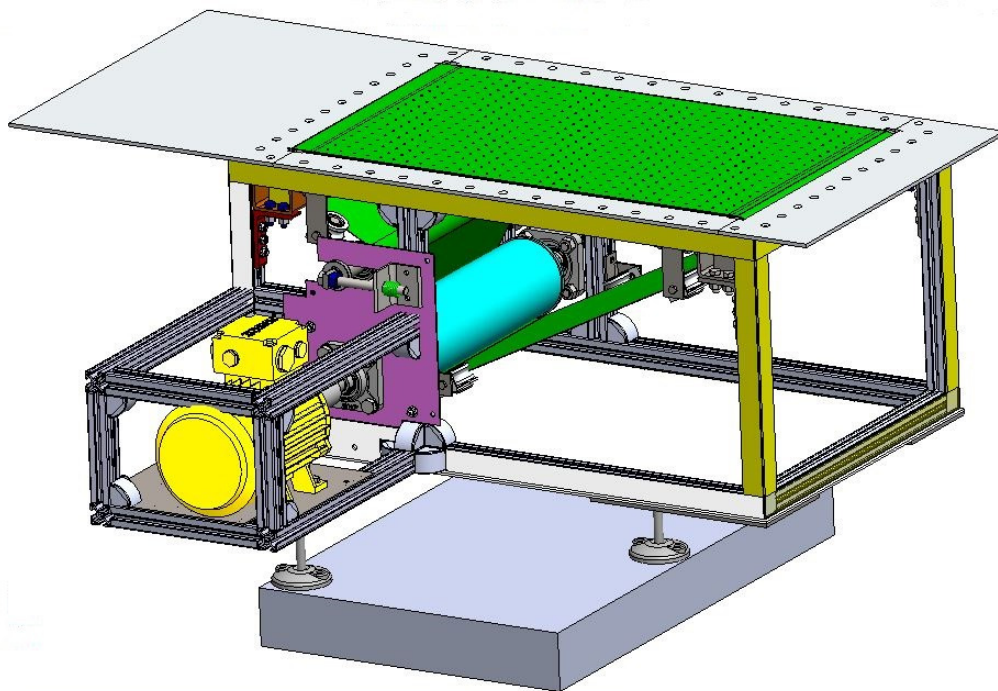
A 36. ábra két megvalósítási lehetőséget mutat. Az a) képenkeret 4 sarkán 4 darab menetes szár található. A keret hosszabb oldala párhuzamos az asztal hosszabb oldalával. Ebben az esetben a tartó asztal komoly változásokon esett volna át. A felemeléshez szükséges pedál, ami egy flexibilis csövön keresztül kapcsolódik a munkahengerhez, a kocsi oldalára került volna a tologatást könnyítő karral együtt, amelyen pedig a leeresztéshez szükséges kar található. Abban nem voltunk teljesen biztosak, hogy a flexibilis cső, amely az emelőpedál és a munkahenger kapcsolatát biztosítja, kibírja ezt az éles kanyart. A kar átszereléséhez is kisebb szkepticizmussal álltunk, ezért egy másik változatot választottunk.

A 36. ábra b) képen látható, hogy az előzőhöz képest 90°-kal elforgatjuk a futószalagot, így oldalról tudjuk betolni a berendezést a szélesatorna alá. Itt a futószalag keretét 5 talppal támasztjuk. Az ötödik talp a motor alá kerül be, hogy a motor alatti konzol lehajlását csökkentsük, amely a tesztek során már régebben is jelentkezett problémaként. A merevítő

kerettel is lehajlik egy kicsit (szemmel szinte nem is láthatóan), ám valamivel hangosabb járást jelent, továbbá a csapágnak is járulékos terhelés okoz. A képen az is jól látszik, hogy az egyik végén a két talp egészen középén található. Mivel a másik oldalon van a szerkezet súlypontja (motor és hajtógörgő nagy súlya miatt), ez nem fog stabilitási gondokat jelenteni. A súlypont az 5 talp közé esik.



a)



b)

36. ábra: A 4 és 5 talpas változat

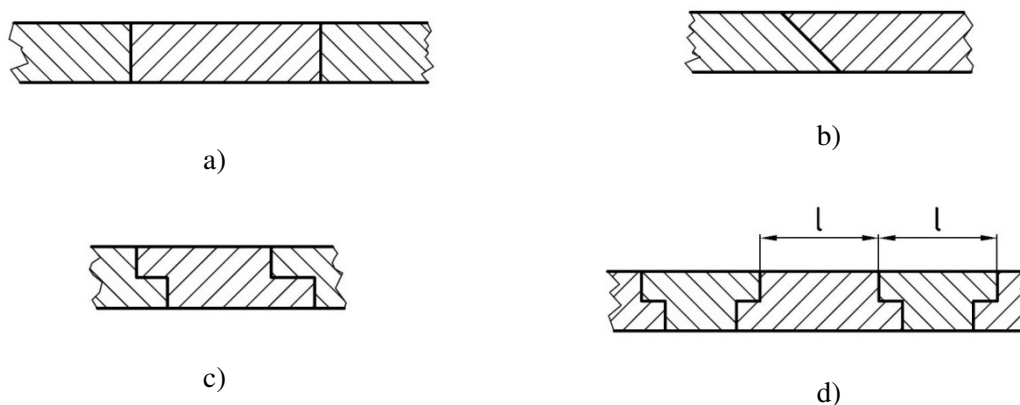
5.3 A szélcsatornába illesztés

5.3.1 A szélcsatorna átalakításának tervezete

Ahhoz, hogy a futószalagot a szélcsatornába lehessen emelni, a mérőtér alsó fa felületét ki kell vágni, ám gondoskodni kell arról is, hogy a futószalag kivételét követően is legyen a mérőtérnek alja. Mérlegelést követően úgy döntöttünk, hogy nemcsak a futószalag hosszán (1 200 mm) vágjuk ki az alsó falapot, hanem a szélcsatorna teljes hosszán (2 200 mm). A falapokat a szélcsatorna szélességével (505 mm) megegyező szélességű alumínium lapokkal helyettesítjük, aminek a hosszát úgy választjuk meg, hogy egész számú lappal le tudjuk fedni a futószalag hosszát, és a lehető legkevesebb féle elem kerüljön kialakításra. A lapok egymáshoz való rögzítését átlapolásokkal tudjuk biztosítani, amely felületet biztosít a lapok összefogására. A mérőtér alsó felületét egy nagy egybefüggő lappal is biztosíthatnánk, ám a több egyenlő méretű lap egy nagy előnye, hogy bármelyik lapot könnyedén ki tudjuk cserélni egy konkrét méréshez szükséges egyedien kialakított lapra (pl.: Prandtl-cső bevezető nyílása).

5.3.2 A futófelület elemeinek kialakítása

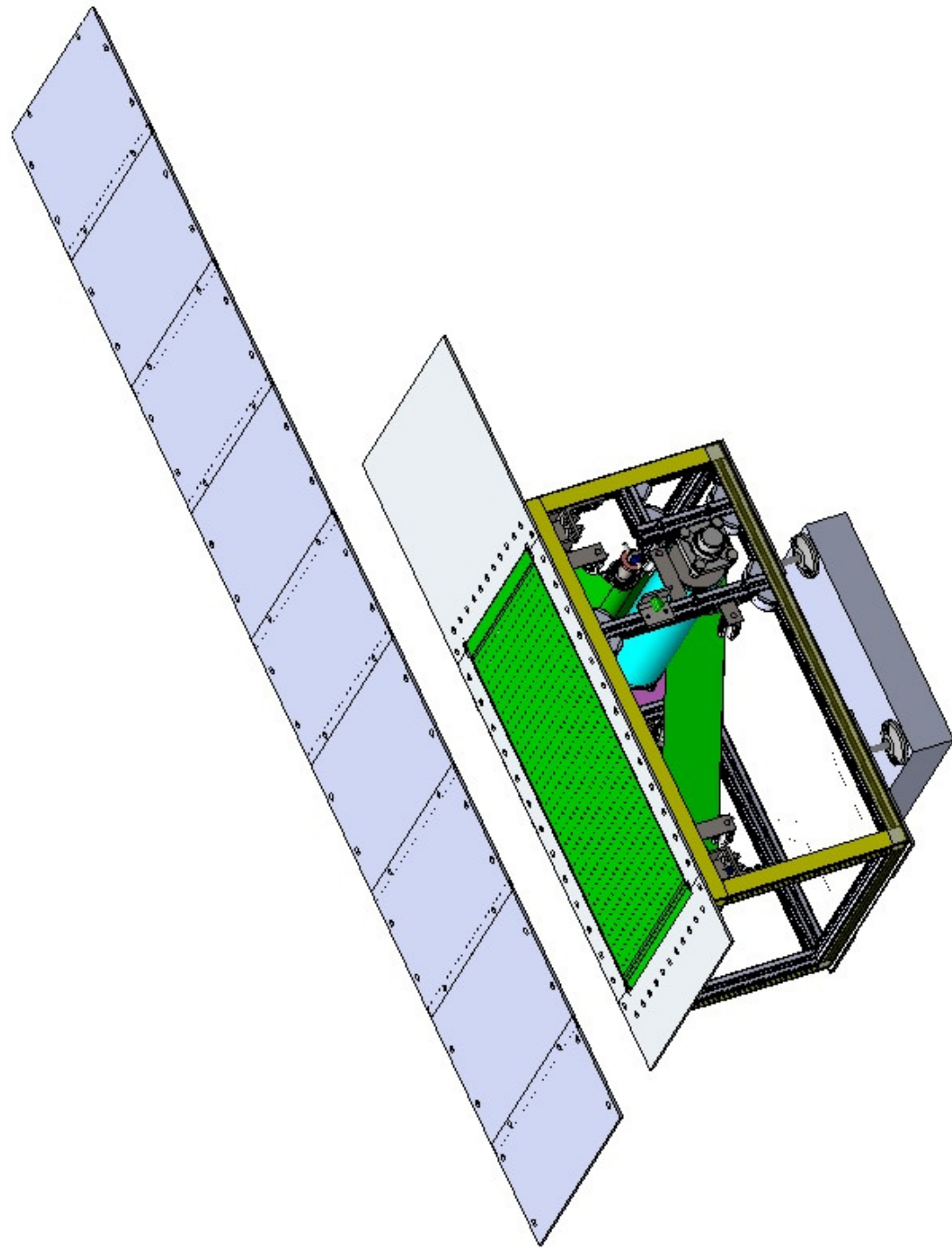
A futószalag perforált futófelülete (és a levegő ráfutását és lefutását segítő lapok) alumínium lemezekből készült el. A gyártás során nem csak ezek készültek el, hanem – gondolva a szélcsatorna későbbi szükséges átalakítására – több lemez is méretre lett vágva. Ezeknek a lapoknak a mérete 515x300x5. A szélcsatorna 505 mm-es szélessége az 515 mm hosszú oldalból készül el. A 300 mm hosszából gazdálkodhatunk. A 2 200 mm 8 db 275 mm hosszú lapból jön ki a legkisebb számban a rendelkezésre álló anyagból. Kézenfekvőnek tűnt ugyanolyan méretűre megmunkálni az összes lemezt.



37. ábra: A futófelület elemeinek egymáshoz illesztésének néhány lehetséges megvalósítása

A 37. ábra változatai közül az a) jelölésű a gyártásilag legegyszerűbb forma. Nagy hátránya, hogy nem lehet a lemezeket egyszerűen egymáshoz rögzíteni, ami kizáró ok volt. A b) esetben már meg lehet valósítani az egymáshoz illesztést (az átlapolt részekben furatokon átmenő csavarok), ám ott nem biztosított, hogy a lemezek nem csúsznak jobban egymásra, mint megfelelő lenne, így kis peremek (torló pontokat) képeznek az áramlásban, ami a mérést megzavarja. A 37. ábra c) képén látható megoldás már nem tartalmazta a fentebb felmerült problémákat, viszont egy nagy hátránya volt. Ha valamelyik lemezt ki szeretné venni egy mérés során valaki, akkor az összes, tőle jobbra található lemezt is fel kell vennie. Itt egy kompromisszumot kellett megkötni, mely szerint nem lehet ugyanolyan elemekből elfedni a felületet, így maradt a jobb alsó képen látható megoldás.

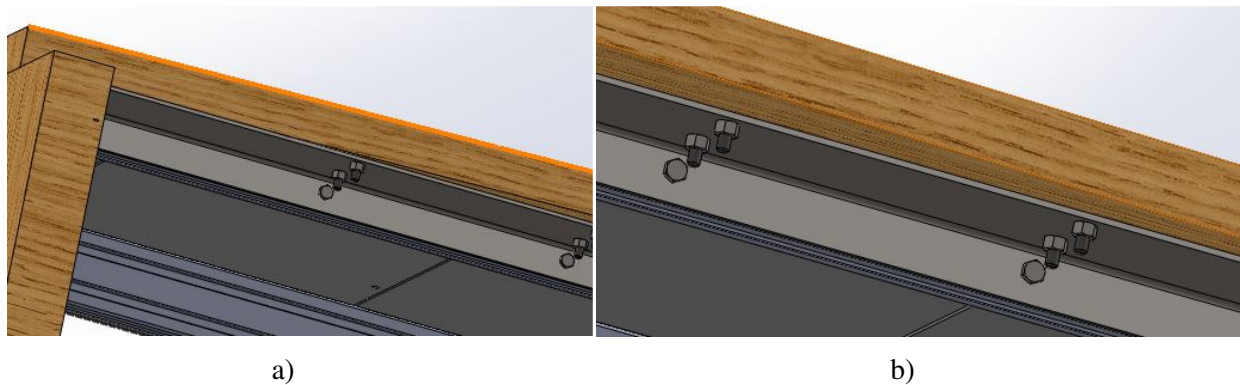
A futószalag teljes hossza 1,2 m, az alumíniumlapokkal lefedendő hossz pedig 2,2 m. 1 m hosszon tehát a futószalag benn lététől függetlenül ott lesznek ezek a lapok, amely meghatározza a hosszukat (ld. 38. ábra). A felülről látszódó felületek hossza ugyanakkorára lett tervezve, abból a célból, hogy a terület egyenlő részekre legyen osztva. Az 1 m hosszú rész tehát „kijelöli” a lemezek hosszát. A jelenlegi lemezszélességből (300 mm) legjobban gazdálkodva 4 db lemezt kapunk, amelyeknek a felülről látható hossza 250 mm. A felső lemezeknek a teljes hossza ennyi, míg az alsóknak valamivel több, mert ott ezen kívül található a lapolás (ld.: 37. ábra d) kép). A megmaradt 1,2 m-re az 1 m hossza szintén 4 darab lemez kerül, az utolsó 0,2 m-re pedig egy másik lemez, amelynek csak egyik vége van lapolva. Egy lapoláson 2 furat található, amelyen keresztül süllyesztett fejű csavarokkal lehet összefogni a lapokat, a másik végén található anyacsavarok segítségével. Ezek a furatok a középsíktól távol esnek (lemez szélessége 505 mm, a furatok középpontjainak távolsága 305 mm), hogy az abban a síkban lévő áramlást ne zavarják. A süllyesztésnek köszönhetően a lehető legkevésbé lesz zavaró az áramlásra a megoldás, de a középsíkot próbáltam a lehető legjobban megóvni a zavaró jelenségektől. A futószalag hosszabbik (a levegőt szalagra vezető) konzolján is kisebb módosítást kell végrehajtani. A futószalag behelyezésekor az állandó 4 darab lap közül egy „alsó” laphoz csatlakozik a hosszabb konzol, amely miatt a konzolnak az aljából le kell marni, hogy pontosan illeszkedjen, illetve a két furatot is rá kell fúrni, hogy csavarokkal összefogatható legyen az előtte található lappal.



38. ábra: A szélesatorna mérőterének alsó síkját képező lemezek a futószalaghoz viszonyítva

5.3.3 Az elemek rögzítése

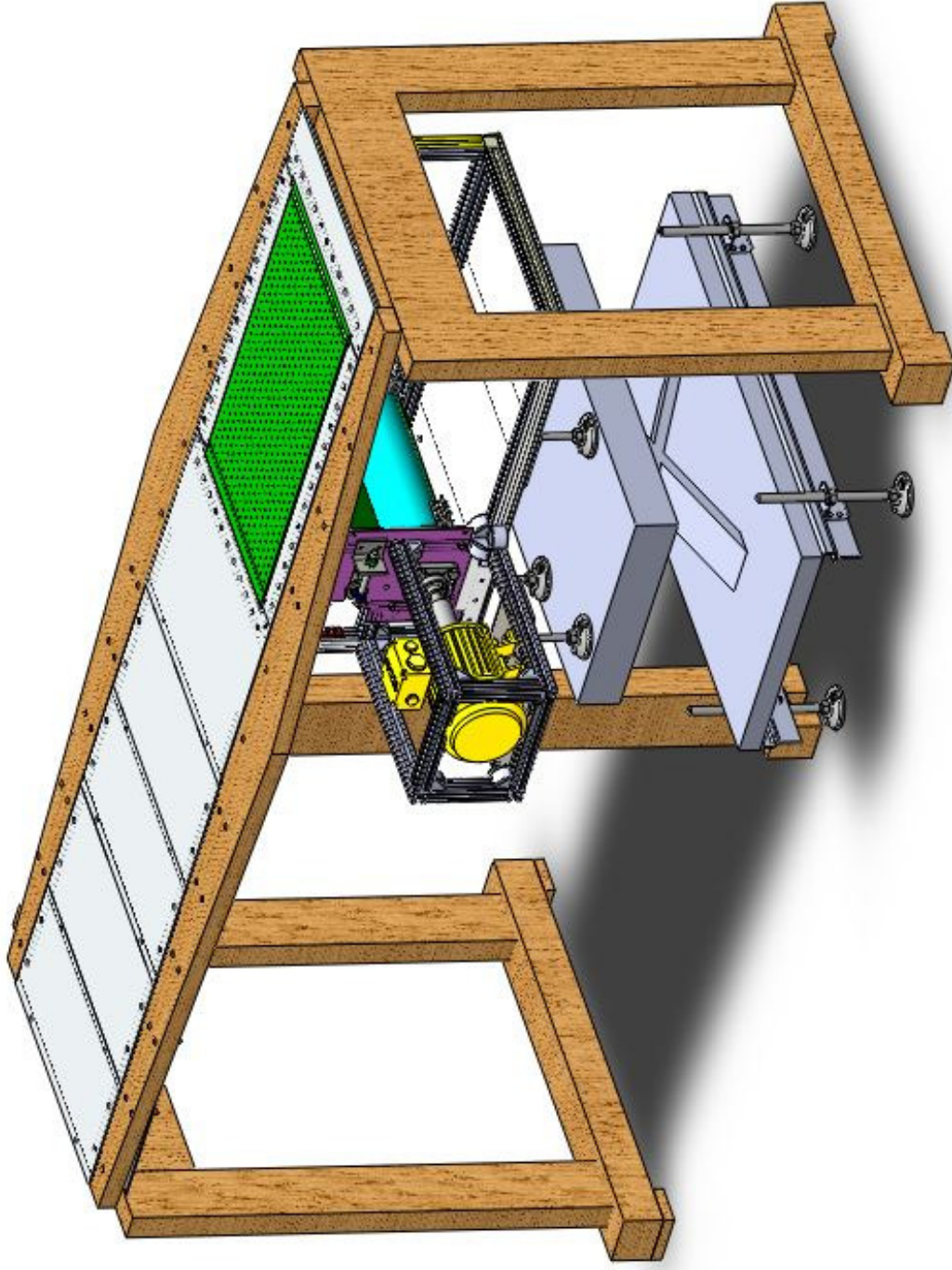
Az elemeket nemcsak egymáshoz, hanem a szélcsatornához is rögzíteni kell. Mivel az a cél, hogy minél jobban egy síkban legyen a szélcsatorna belső részében lévő felületük, mindegyik lemezt a szélcsatornához rögzíthetővé kellett tenni. Erre szolgál a lemezek mindkét oldalán található 2-2 furat, amelyet egy-egy Bosch-profilba lehet rögzíteni, ami pedig a szélcsatorna alá kerül beépítésre. Az előbbieken már két szakaszra lett bontva a 2,2 m-es felület. Az 1 m-es rész, ami a futószalagtól függetlenül benn marad mindig, a meglévő konstrukción a lábak felső részét összekötő részre kerül, ez a profil 39. ábra a) részén látható. Mindkét esetben a hosszú szögvasakon két sorban található furatok, amelyen keresztül csavarokkal lehet a szélcsatorna fa lapjához rögzíteni őket. A csavarok süllyesztett fejűek, így a falapba belesimulnak, így nem fogja zavarni a mérőtér ajtajának nyitását és zárását.



39. ábra: Az állandó (a) és a kivehető (b) Bosch-profil helyzete

A futószalag helyén egy leszerelhető Bosch-profilhoz lehet hozzáerősíteni a lapokat, hogy a futószalag ki-/beszereléskor ne akadályozza a műveletet. Ezt a profilt a fa szerkezetre csavarozott L-profilon keresztül lehet rögzíteni.

A szerelés menete: A futószalag behelyezése előtt tehát mérőtér alsó részét képező alumínium lapokat eltávolítjuk, majd a Bosch- és L-profil - amely a 39. ábra b) részén látható - kapcsolatát biztosító csavarok kivétele után a profilokat el lehet távolítani. Ezt követően a berendezést alátolva a helyére lehet emelni a mérőtérben. Miután a futószalagra már nincs szükség, le kell eresztetni, majd a profilok visszatétele után a futófelület lemezeit hozzá lehet erősíteni.



40. ábra: A végleges elrendezés

6 Tesztelés, összegzés

6.1 Szalaglefutás

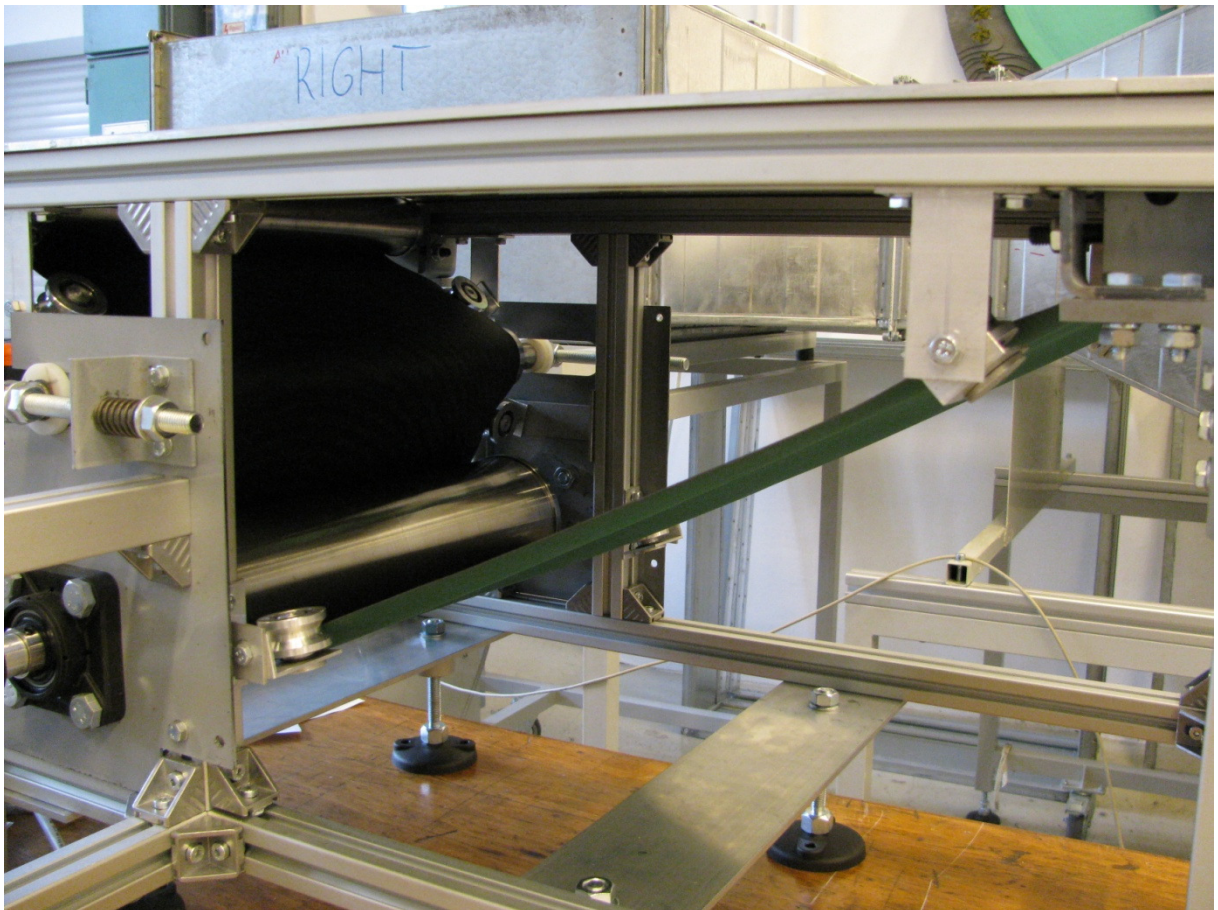
A szalagot oldalról támasztó görgők és L-profilok a tanszéki műhelyben lettek legyártva, a csapágycsapat pedig az SKF forgalmazójától kerültek beszerzésre. Az összeszerelés során nem merült föl semmilyen váratlan probléma.

Először a 8 görgő lett összerakva, majd mindegyik tengelytartó össze lett csavarozva a konzolokkal, amelyek a futószalag keretére kerültek. Minden helyen pontosan be lehetett állítani a magasságot és a dőlésszöget, nem volt ütközés sehol sem. A szalagot beindítva látható volt, hogy azokon a kisebb fordulatszámokon, melyeken már gond volt, nem futott le a szalag. További tapasztalat volt, hogy a szalag feszítését lazítva (a rugót kivéve a feszítőgörgő csavarjából ld.: 17. ábra) nagyobb sebességtartományba lehet eltolni a lefutás megjelenését. Tovább gyorsítva a szalag sebességet így is már ~0,5 m/s-os sebességnél leszaladt a szalag, ami elég kevés a maximális 15 m/s-hoz képest. Pozitív visszajelzés, hogy a szalag, ha nem nyúltunk a berendezéshez menet közben, nem futott ki a támasztógörgőből, tehát a szalagot közrefogó profil a gyakorlatban is jól működött. A szalag viszont továbbra is lefutott előbb a feszítőgörgőn, majd a terelőgörgőn. A kiegészítő összeállítások ugyan megtámasztották a szíjat, viszont csak gyűrte (hajlította), és nem tudta oldalirányba elmozdítani, tartani. Ennek a szalag kicsiny merevsége (vastagság, vagy anyagjellemző) lehet az oka. A nagy szélcsatornához készült futószalag anyaga acél volt, ami jóval merevebb volt, így az oldalról támasztással jobban lehetett oldalról támasztani.

A feszítőgörgő feszítő csavarját tehát egy hosszabbra kell lecserélni, mert a rövidebb csavarral az rugó mellett található anyának a csavarra való helyezését követően már elég nagy előfeszítést fejt ki a rugó, így a hosszabb csavar esetén az anya felcsavarásakor még nincs összenyomódva a rugó, így előfeszítés nélküli állapotból indulunk ki. Fontos, hogy az előfeszítésnek van egy minimum értéke, mely alá nem szabad menni, mert akkor a szalagot a hajtógörgő nem tudja megforgatni, túl nagy lesz a szalag csúszása a tengelyen, ami a szalag felületének elkopásához is vezethet.

A görgő és a görgőtartó alumíniumból készült. A görgő esetében felmerült még a polimer anyagválasztás lehetősége is, ám ez nem lett volna szerencsés, mert a csapágy külső gyűrűjének és a görgő nagyon eltérő anyagtulajdonságai (itt: hőtágulás) miatt a külső gyűrű szétropanthatta volna a rajta lévő görgőt. Az alumíniumnak a hőtágulási (és hővezetési) tulajdonságai jobbak, ami szerencsésebb választásnak tűnt. A súlya kb. harmada az acélnak, ami a nagy fordulatszámnál kifejezetten hasznos lehet. A tanszéki műhelyben rendelkezésre álló alapanyagokra tekintettel a tengelytartó és a tengely szintén alumíniumból készült, mivel ezeknek az alkatrészeknek számottevő igénybevételük nincs.

Az összeszerelt állapotot a 41. ábra mutatja.



41. ábra: A görgők beszerelt állapotukban

6.2 Tartó asztal

Az tartó asztal (anyagmozgató kocsi) tervezés során a szükséges hely és kialakítás ismeretében lett kiválasztva egy megfelelő konstrukció. Ehhez már a módosításokra megvoltak az ötletek, ám a pontos elvégzéséhez ki kellett választani, és meg kellett rendelni a kiskocsit. A kocsi kézhezvétele után lehetett elkezdni a pontos terveket az átalakítására. Az asztal és a talaj közötti kapcsolatot biztosító talpak össze lettek szerelve, de még a kocsira nem lettek felerősítve. Az emelő kocsi asztalfelületére helyezett futószalag talpai elkészültek, az összeszerelés után stabilnak bizonyult az elrendezés.

A félév végi helyzetet a 42. ábra mutatja. Az ábrán nem láthatóak a kiskocsit rögzítő talpak, továbbá a kocsin található mozgatáshoz szükséges kartól nem lehet a futószalagot leengedni. Ebből a karból egy hosszabb szakaszon ki lesz vágva az anyag. Ezeknek szerelése az első továbbfejlesztési teendő.



42. ábra: A félév végi állapot

6.3 Költségekalkuláció, beszerzendő alkatrészek

Az alkatrészek között voltak egyedi gyártással elkészítendő, illetve készen beszerezhető termékek is. Harmadik típus a szabványos ún. aprócikkek (pl.: Seeger-gyűrű, csavarok) lettek.

Gyártandó alkatrészek:

Megnevezés	Db	Rajzszám	Tömeg [kg]	Szükséges anyag
Görgő	8	A4SD_01_01	0,03	Alumínium
Tengely	8	A4SD_01_02	0,02	Alumínium
Tengelytartó	8	A4SD_01_03	0,01	Alumínium
Konzol_kicsi	2	A4SD_01_04	0,02	Alumínium
Konzol_közepes	4	A4SD_01_05	0,02	Alumínium
Konzol_nagy	2	A4SD_01_06	0,03	Alumínium
Futófelület_felső	4	A4SD_02_01	1,6	Alumínium
Futófelület_alsó	4	A4SD_02_02	1,8	Alumínium
Futófelület_vége	1	A4SD_02_03	1,3	Alumínium
Szögvas 1	2	A4SD_02_04	2,1	S235
Szögvas 2	2	A4SD_02_05	2,7	S235
Talplemez_nagy	2	A4SD_03_01	0,7	Alumínium
Talplemez_kicsi	1	A4SD_03_02	0,4	Alumínium
Pogácsa	5	A4SD_03_03	0,08	Alumínium

5. táblázat: Gyártandó alkatrészek listája

Megrendelendő alkatrészek:

Megnevezés	Típus/cikkszám	Méret	Db
Mélyhornyú golyóscsapágy	61802-2RS1	Ø 15/Ø 24x5	16
Asztaltartó L-profil	na	70x70x55x2,5	4
Lecsavarozható talp csúszásgátlóval	098A080KBG	Ø80	9
Menetes szár	098AM12100M	M12x100	5
Menetes szár	098AM16250M	M16x250	5
Emelőasztal	J784018	910x485	1
Alumínium profil	3842993712	60x30x450	2
Alumínium profil	3842993712	60x30x1110	2
Forgó kerék	7179541545	Ø100 x 134	2

6. táblázat: Megrendelendő alkatrészek listája

Aprócikkek:

Tárgy	Db	Méret	Szabvány	Megjegyzés
hernyócsavar	8	M3x4	MSZ EN 24766	Tengelybiztosít.
Hatlapfejű csavar	24	M6x16	ISO4017	Görgőhöz
Hatlapfejű anya	8	M6	ISO4032	Görgőhöz
Rugós alátét	8	6	DIN127	Görgőhöz
Fogazott alátét	8	A6	DIN6797	Görgőhöz
Rögzítőgyűrű	8	Ø18	DIN471	Görgőhöz
Rögzítőgyűrű	8	Ø15	DIN471	Görgőhöz
Hatlapfejű csavar	2	M12x150	ISO4017	Feszítéshez
Sülly. fejű ker. ho. csavar	18	M5x12	ISO7046	Futófelülethez
Hatlapfejű anya	18	M5	ISO4032	Futófelülethez
Rugós alátét	18	5	DIN127	Futófelülethez
Hatlapfejű csavar	24	M6x16	ISO4017	Futófelülethez
Sülly. fejű ker. ho. csavar	40	M6x50	ISO7046	Futófelülethez
Hatlapfejű anya	40	M6	ISO4032	Futófelülethez
Hatlapfejű anya	9	M12	ISO4032	Tartóasztalhoz
Hatlapfejű csavar	16	M5x12	ISO4017	Tartóasztalhoz
Hatlapfejű anya	16	M5	ISO4032	Tartóasztalhoz
Rugós alátét	16	6	DIN127	Tartóasztalhoz

7. táblázat: Aprócikkek listája

Költségek(*: becsült ár):

Megnevezés	Jellemző	Beszállító	Bruttó ár [Ft]
Alkatrész (anyagköltség+gyártás)		Tanszéki műhely	30 000*
Futófelület tartókonzol	Bosch elemek		20 000*
Tartóasztal		Manutan és Fath	104 805
Csapágyak	SKF	SKF	37 000
Aprócikkek			10 000*

8. táblázat: Végleges költségkalkuláció

7 Továbbfejlesztési lehetőségek, tennivalók

A félév alatt a szélcsatornán hallgatói mérések folytak, így azok végeztével a szélcsatorna alsó részét 505 mm szélességben a falapot ki lehet vágni, majd eltávolítani azt. Ezt követően kell felszerelni a szélcsatornára a hosszú szögvasakat (L-profil). Ezekhez kell csavarozni a Bosch-profilokat, amelyre így hozzá lehet erősíteni az alumíniumból készült futófelületeket.

A berendezéshez készült szabályozási terv megvalósítása egy ugyancsak fontos továbblépési lehetőség. A segédberendezések megrendelése és összeszerelését követően a futószalag tranziens viselkedéseinek vizsgálata, majd a szélcsatornában való viselkedésének tanulmányozása lehet a következő állomás. (Pl.: A szalag sebessége megegyező legyen a levegő sebességével.) A berendezés viselkedése működés közben mind mechanikai (futószalag rezgései), mind áramlástani (sebességprofil, határréteg elszívása) szempontokból fontos.

Ha a berendezés megfelelően működik, akkor el lehet kezdeni egyszerűbb áramlástani testekkel, járművekkel a tesztméréseket, majd CFD programban szimulált eredményekkel összehasonlítani.

A berendezés célja a kutatási lehetőségek bővítése mellett az oktatás, így kiépíteni egy hallgatói mérőstandot. Elsősorban az áramlás láthatóvá tétele (vizualizáció) és különböző testekre (járművek, repülőgépek különböző szárnyprofiljai) ható ellenállás-/felhajtóerő mérésére lehet alkalmas a berendezés összehasonlítva a mérési eredményeket különböző szalagsebesség esetén.

ÖSSZEFOGLALÁS

A vonatkozó szakirodalmak tanulmányozása során egyértelművé vált, hogy a járműáramlástan szélcsatorna kísérletek során a mozgó talaj szimulációja elengedhetetlen feltétele a jármű és a talaj közötti áramlási tér helyes modellezésének. A szélcsatorna mérőterében az álló talaj felett kialakuló határreteg megszüntetése céljából a leginkább bevált módszer egy futószalaggal a mozgó talajt szimulálni, ahogy azt pl. a NASA szélcsatornájában az 1960-as években, vagy az Áramlástan Tanszéken az 1980-as években végzett IKARUS busz fejlesztés során futószalaggal mért sebességprofilok is bebizonyították. A tanszéki laborban található NPL típusú szélcsatornához készült mozgó talajt szimuláló futószalaghoz jelen szakdolgozat során a kiegészítő berendezések tervezésének és a teszteléseknek a célja az volt, hogy a futószalag üzemképes állapotba kerüljön a félév végére.

A futószalag üzemének legkritikusabb problémája a szalaglefutás. Ennek megakadályozására a görgők hordós kialakításúra tervezésén és a meghajtás és görgők gondos egytengelyűségi beállításán túl, a szalaglefutást gátló kiegészítő oldaltámasztó görgők megtervezésére, elkészítésére, beépítésére és tesztelésére volt szükség. Bebizonyosodott, hogy a konstrukció által támasztott követelményeknek a kialakítás megfelel, továbbá kellően egyszerű alkatrészekből meg lehet valósítani az oldaltámasztást. A szalaglefutás jelenségét nem lehetett tökéletesen kiküszöbölni, de az csak nagyobb szalagsebességnél jelentkezik, az is a feszítögörgő rugós előfeszítő mechanizmusának finombeállításától függően. Mivel esetünkben a szalaglefutást gátló összes ajánlott konstrukciós kiegészítő elem rendelkezésre áll és feladatát ellátja, így a tesztelés során szerzett tapasztalatok abba az irányba mutatnak, hogy feltehetően egy, az oldalirányban jóval merevebb szalaggal a szalaglefutás a teljes sebességtartományban sikeresen kiküszöbölhető lenne.

A futószalag tartóasztala a megtervezett módosításokkal és kiegészítő egységeivel minden vele szemben támasztott feltételt kielégít, azaz megfelelő teherbírás mellett pontosan síkba lehet állítani vele a futófelületet majd a szélcsatorna mérőterében, valamint elég stabilan helyezkedik el a rögzítő talpakon. Továbbá, az egész futószalag-egység áttelepítése más mérőtérbe is megoldott. A szerkezetnek az NPL szélcsatornában való illesztése során felmerült az igény a szélcsatorna teljes futófelületének újratervelésére. A megtervezett új, moduláris felépítésű futófelület-elemek segítségével könnyen átalakítható a mérőtér, amelybe a futószalag gyorsan behelyezhető ill. eltávolítható.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Szabó Balázs: Mozgó talajt szimuláló futószalag tervezése járműmodellek NPL szélcsatorna teszteléséhez. BSc Szakdolgozat (BME), Budapest, 2011
- [2] Thomas R. Turner: A moving-belt ground plane for wind-tunnel ground simulation and results for two jet-flap configurations Langley Research Center (1967)
- [3] Tatuó Maeda, Yoshihiko Kondo: RTRI's Large-scale Low-noise Wind Tunnel and Wind Tunnel Tests – Review QR of RTRI, Vol. 42. No. 2. (2001)
- [4] Dr. Lajos Tamás: Autóbusz és sport autó áramlástan vizsgálat, Áramlástan Szakosztály 2012. február 28.
- [5] Dr. Lajos Tamás: Basics of vehicle aerodynamics, Római Egyetem 2002
- [6] Hans Kerschbaum interjú Wind Tunnel International (2009) 20-21
- [7] Rex Gleenslade: The Answer is Bloing in the Wind. Wind Tunnel International (2009) 14-19
- [8] Stuart Carver, Victor Senft: Five Key Technologies for Large-Belt, High-Speed Rolling Road Wind Tunnel Testing Wind Tunnel International (2009) 116-118
- [9] Mattias Olander: CFD simulation of the Volvo cars slotted walls wind tunnel, Göteborg, 2011
- [10] http://www.volvoclub.org.uk/press/releases/2008/wind_tunnel.shtml
- [11] Tim Walker, Simeone Sebben: Aerodinamics at Volvo Car Corporation
- [12] Áramlástan Tanszék: Testekre ható erő mérése az NPL szélcsatornában, M4. sz. BSc hallgatói mérési segédlet
- [13] Simon Vilmos, Kozma Mihály, Molnár László, Karsai Géza, Nguyen Huy Hoang, Király Csaba: Gépelemek 2, Műegyetem Kiadó, 2010
- [14] SKF Főkatalógus
- [15] Manutan Hungária Kft. Főkatalógus, 2012
- [16] www.fathkft.com

MELLÉKLETEK

Mellékletek sorrendje:

1. Választott csapágyak adatlapja
2. Hajtógörgő kiegyensúlyozásának jegyzőkönyve
3. A konstrukciók rajzai:
 - a. műhelyrajzok
 - b. összeállítási rajzok
 - c. robbantott ábrák
4. A dolgozat elektronikus változata CD-n.

A rajzok számozása (példa):

A4SD_02_03

,ahol:

A4SD: Szakdolgozat

02: második gyártmány

0: műhelyrajz (1=összeállítási rajz, 2: robbantott ábra)

3: harmadik alkatrész