

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Gépanyagszerkezet-tani és Rendszertani Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**A FLUX-GATE ALTERNATÍV
MEGHAJTÁSÚ VERSENYAUTÓJÁNAK
FEJLESZTÉSE A 2013-AS
VERSENYSZEZONRA**

Szerzők: **Nagy Péter**
gépészmérnöki szak, 4. évfolyam
Balogh Dávid
mechatronikai mérnök szak, 7.
évfolyam

Konzulens: **Pintér Péter Mihály**
intézeti mérnök

Budapest, 2012

Tartalomjegyzék

Bevezető:	3
Csapat:	4
Versenyek:	5
FG2012 modell bemutatása:	7
FG2013 modell fejlesztési irányvonala:	8
Jármű kialakítása, Váz:	9
Üzemanyagtartály/ puffer tartály:	12
Motor felépítése és elvi működése:	13
Motorvezérlés:	17
Pneumatikus kör:	19
Hajtáslánc:	21
Futómű, Felfüggesztés, :	26
Kormánymű:	29
Fékek:	32
Biztonsági előírások:	33
Burkolat:	34
Technológia felhasználása egyéb területeken:	35
Összegzés, konklúziók:	39
Felhasznált irodalom:	40

Bevezető:

Ahogy a címből is kiderül ezzel a tudományos dolgozattal az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karának Flux-Gate pneumobil csapata által készített alternatív hajtású versenyautó fejlesztéseinek terveit kívánjuk bemutatni. A dolgozatban továbbá ismertetjük a csapat történetét, a versenyeket, a 2012-es versenyautó felépítését és az eddigi évek tapasztalataiból levont tanulságokat, amelyeket figyelembe véve készültek a fejlesztési tervek. A versenyautónk hatékonyabbá tételéhez szükséges változtatásokat részletesen ismertetjük a jármű egyes részein tematikusan végighaladva, az egyes versenykiírásokban leírt szabályok és előírások figyelembevételével. A dolgozatban témájában kitekintést teszünk a hazai és nemzetközi piacokon fellelhető levegővel meghajtott közúti járművek területén is.

De mi is az a pneumobil? Kizárólag sűrített levegő meghajtású jármű, amely egy személy szállítására képes. A miénkhez hasonló pneumobilok a Bosch Rexroth cég által évente meghirdetett versenyre készülnek.

Csapat:



A Flux-Gate csapat először 2009-ben nevezett a májusi Bosch Rexroth Pneumobil futamra. A csapattagok 2009 óta teljesen kicserélődtek. Mi a dolgozat írói Nagy Péter gépészmérnök szakos és Balogh Dávid mechatronikai mérnök szakos hallgató saját tapasztalatainkról a 2011-es szezontól tudunk beszámolni, hiszen mindketten ekkor csatlakoztunk az akkori főtervező Tóth Tamás mellé. Ez volt számunkra a tapasztalatszerzés éve. A 2012-es versenyautó már tisztán a mi munkánk volt. Erre az évre csatlakozott mellénk Papp Zoltán gépészmérnök szakos hallgató és Csörtán Orsolya műszaki menedzser szakos hallgató. 2013-ra helyettük Beck Gabriella érkezik, aki a sofőr szerepét tölti majd be. Támogató tanárunk Pintér Péter Mihály.

2011-ben részt vettünk az egri a Bosch Rexroth Pneumobil versenyen, valamint Győrben a Széchenyi Futamon, az alternatív hajtású járművek versenyén, ahol a csapat eddigi legjobb eredménye született 2011-ben harmadikak lettünk. 2012-ben járművünkkel a fent említett versenyeken kívül az MVM Energiafutamon is rajthoz álltunk. Idén is sikerült egy díjat bezsebelnünk, még hozzá a Széchenyi Futam egyik fő támogatójának különdíját. Ezen kívül az MVM Energia Futamon az Óbudai Egyetem másik két csapatával együtt szintén különdíjat vehettünk át. A versenyeken kívül az érdeklődő közönség találkozhatott velünk és a járgányunkkal a május végén megrendezett Opel családi napon a Hungaroringen, az Óbudai Egyetem Innovációs napján, a Gödöllői Extrém napon, a Hegyalja Fesztiválon, a Kutatók Éjszakáján valamint a nyár folyamán tartott további bemutatóink alkalmával.

Versenyek:

A magyarországi Bosch Rexroth cég mérnök munkatársai hívták életre a pneumobil futamot. Céljuk, hogy a Rexroth termékeket alternatív formában is kipróbálhassák a fiatal leendő mérnökök. Az első versenyt 2008-ban rendezték az Egri gyár parkolójában, ahol 18 csapat vett részt. A résztvevők száma évről évre nőtt. 2009-ben csaknem kétszer annyian vettek részt, mint az első évben. 2010-ben 32 csapat versenyzett. 2011-ben 35, míg a 2012-es futamon 41 tagú volt a mezőny. A versenyekre csak felsőoktatásban tanulók nevezhetnek négy fős csapatokban (intézményenként maximum 3 csapat). Minden csapathoz tartozik egy felkészítő tanár, aki segíti a csapatot munkájában. A versenyek eddigi története során nem csak a résztvevők számában mutatkozott meg a fejlődés, hiszen már a második futamon voltak külföldi résztvevők. 2012-ben már a magyar felsőoktatásban résztvevő hallgatókon kívül három további (Lengyel, Román és Cseh) országból érkeztek csapatok. 2009-től a versenyeket Eger történelmi belvárosának festői Érsekkert parkjában rendezik. A nevezett csapatoknak a verseny szabályzatban előírtaknak megfelelően határidőre le kell adni egy tervdokumentációt a készítendő járműről. Ezen tervek megvalósításához szükséges pneumatikus elemeket, valamint a motorvezérlő egységet a Bosch Rexroth cég térítésmentesen biztosítja a csapatok számára, amely a versenyek után oktatási célra felhasználható.



A versenykiírás lényege, hogy a pneumatikus munkahengerek alternáló mozgását forgó mozgássá alakítsák a csapatok, amellyel meg tudják hajtani pneumobiljukat. A tervek megvalósítására a csapatok különböző módszereket választanak, de mégis mindegyik megoldás lényege, hogy a lehető legjobb hatásfokkal tudják hasznosítani a munkahenger(ek) energiáját. Magát a versenyt május közepén rendezik. Ez egy két napos rendezvény, amelyből az első napon a csapatok bemutatják járműveiket a bírácoknak, akik szakmailag értékelik az új vagy egyedi megoldásokat, valamint a versenyekre való kvalifikálás feltétele, hogy a jármű maximálisan megfeleljen a szabályzatban leírtaknak, így minden csapatnak teljesítenie kell a „gépátvételi” procedúrát. A gépátvétel után indul a városi felvonulás, majd a szállás elfoglalás és a vacsora, amelyet szintén közösen az egész mezőnynek biztosítanak a szervezők. Következik a versenynap. Már a kora reggeli órákban érdemes a csapatoknak és levegős járgányaiknak a top formájukat hozni, hiszen ekkor zajlanak a szabadedzések és az időmérő futamok. Ezt követően az első versenyszám a hosszú távú verseny, ahol minden csapat egységes töltetű és súlyú nitrogén palackot kap a szervezőktől és ezzel az „egy tankkal” kell a

leghosszabb utat megtenni a pályán. A szabályok előírják, hogy az egész távot minimum 15 km/h átlagsebességgel kell megtenni, beleértve a három sofőrcserét. A nap folyamán még két versenyszámban mérettetik meg a mezőny. A sorban következő az ügyességi futam, amelyre a csapatok újabb egységes palackot kapnak és egy bóják és gumibroncsok által kialakított pályát kell a legrövidebb idő alatt teljesíteni. Az utolsó és egyben befejező versenyszám a gyorsasági futam, amelyben egy körülbelül 220 méter hosszú kvázi egyenes pályát kell a leggyorsabban teljesíteni. A legjobb időeredményt elérő járgány csapata nyer. Az pneumobil mezőny összes járműve részt vesz mind a három versenyszámban. A versenyek végeztével következik az ünnepélyes eredményhirdetés.



Az első Széchenyi Futamot 2005-ben rendezték. Azóta minden év májusában megrendezik a versenyt Győr belvárosában a jármű forgalom elől elzárt közúton Le Mans-i szabályok szerint. A versenyre több kategóriában lehet nevezni, így bármilyen alternatív hajtású járművel részt lehet venni. Főként elektromos hajtású járművek alkotják az egyes kategóriák mezőnyeit. A mi járművünket a „tanulmányautó ultrakönnyű” kategóriába lehet nevezni. A mi kategóriánknak a futama előre meghatározott ideig tart, ez az időtartam eddig évente változott (45 perc vagy 60 perc). Ez alatt az idő alatt kell a lehető legtöbb kört teljesíteni. A verseny időtartama alatt lehetőségük van a csapatoknak kimenni a bokszt utcába, ahol üzemanyagot lehet tölteni, jelen esetben nitrogén palackot cserélni. A depóban kisebb szereléseket is el lehet végezni a verseny közben is, de a pályára gurulás előtt egy bírónak jóvá kell hagynia a változtatásokat.



Az MVM Energiafutamot a Széchenyi Futam szervezői rendezik, így nem sokban különbözik az előző rendezvénytől. Az egyes kategóriák körversenyeiben ugyanúgy Le Mans-i szabályok érvényesek, viszont a futamok időtartamai valamelyest rövidebbek. Az energiafutamok különlegessége, hogy Budapest forgalmas útjain rendezik más nagy tömegeket vonzó programokkal együtt. 2011-ben az Andrássy úton köröztek az alternatív hajtású versenyautók (ekkor volt a nemzeti vágta is a Hősök terén). 2012-ben a Lánchíd pesti hídfőjénél a Széchenyi István téren került megrendezésre a Tudományok Hídja elnevezésű rendezvény szomszédságában.

FG2012 modell bemutatása:



Csapatunk a 2012-es évre új versenyautót épített. Az Elnil (Sumer mitológiában a levegő és a szél ura) névre hallgató jármű egy három kerekes konstrukció, ahol a meghajtást egy pneumatikus munkahenger biztosítja. A tervezés és építés elsődleges szempontja volt a stabil, megbízható működés. A versenyek és bemutatók során bebizonyosodott, hogy ezt maximálisan sikerült teljesítenünk. Már a versenyeket megelőző teszteken sikerült feltérképeznünk, hogy mire képes az autónk. A futamokon az elvárásoknak megfelelően teljesített. A Bosch Rexroth Pneumobil Futamon egy 2m³-es nitrogén palackkal 3836 métert tettünk meg 12km/h átlagsebességgel. Az autó végsebessége 36 km/h.

Technikai paraméterek:

Hosszúság	2415 mm	Nyomtáv	1460 mm
Szélesség	1532 mm	Lökettérfogat	2010 cm ³
Tömeg	137 Kg	Főtengely ford. száma	60 1/min
Tengelytáv	1695 mm	Főtengely nyomatéka	305 Nm

Ezek a paraméterek kívánunk javítani a következő évben megtartva a pneumobilunkra jellemző stabil, megbízható működést.

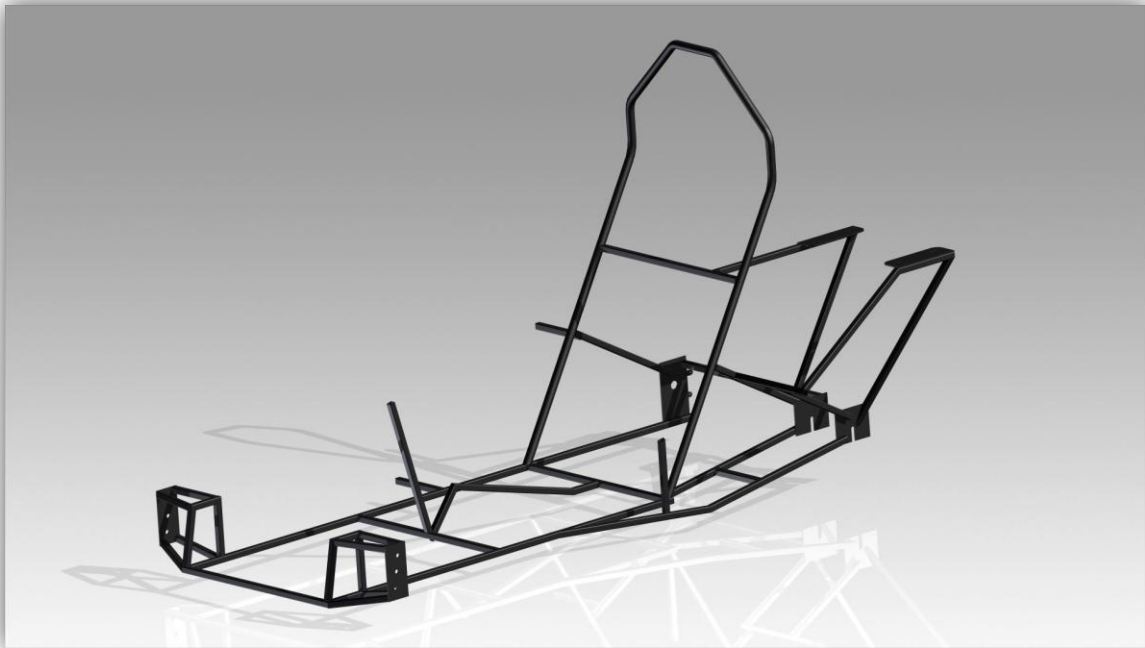
FG2013 modell fejlesztési irányvonala:



A megbízhatóság továbbra is fő szempont, ezért arra jutottunk, hogy a jövő évi autónk tervei az FG2012-es modell fejlesztésére irányuljanak. A stabil működés megtartásához a motorban csak minimális változtatásokat eszközölünk. Az elsődleges problémája a 2012-es modellnek a nagy tömege. Drasztikus súlycsökkentést tervezünk a 2013-as autón. Ezzel a lépéssel nagyban növelni tudjuk az autó hatékonyságát. A súly/teljesítmény arány idealizálásával jobb gyorsulást, alacsonyabb fogyasztást, nagyobb hatótávolságot és dinamikusabb menettulajdonságot érhetünk el. Az utóbbiak javítása érdekében változtunk a felfüggesztésen és a háromkerekű konstrukcióról is négykerekűre váltunk. Szintén a súlycsökkentés, valamint az egyszerűsítés miatt optimalizáljuk a lehajtást. A jármű irányíthatóságán és funkcionalitásán kívánunk javítani a kormány módosult elhelyezésével, amely a gyors be- és kiszállás segítésére is szolgál. A versenyző ülőpozíciójához még ergonomikusabban helyezkednek majd el a kapcsolók és a váltókar is új helyre kerül. A fejlesztések a számunkra elérhető legmagasabb szakmai és műszaki színvonalon kívánjuk elvégezni. Ehhez felhasználjuk az eddigi pénzügyi és anyagi forrásokat és keresünk újabb partnereket.

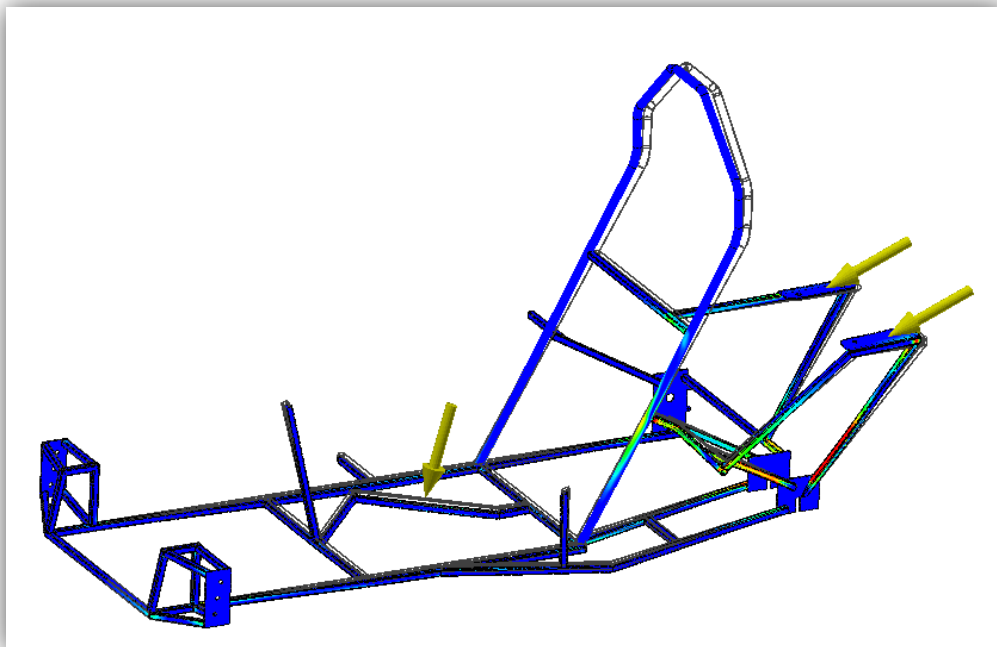
Jármű kialakítása, Váz:

A váz anyagán nem változtattunk. Azért maradtunk továbbra is szénacél zártszelvénynél, mert ezt az anyagot viszonylag olcsón be lehet szerezni, könnyű vele dolgozni, esetleges javítás is könnyen megoldható. Az eddigi évek alatt gyakorlatot szereztünk a fogyóelektrodás ívhegesztésben, ami szintén az acél mellett szól. Mivel a szabályzatban elő van írva, hogy a vázszerkezetnek fémből kell készülnie, a másik anyag, amit számításba vettünk az alumínium. Ennek ára magasabb, megmunkálása körülményesebb, a számunkra elérhető minőség terhelhetősége jóval elmarad az acéléhoz képest. A keresztmetszetet tekintve a cső jobban viseli a terhelést, mi mégsem ezt választottuk. A csövek egymáshoz illesztésénél meglehetősen nehéz a megfelelő pontosságú áthátas kialakítani a számukra rendelkezésre álló eszközökkel. A pontatlan illesztés akár működésbeli problémákat is okozhat. Továbbá a csövek külső palást felületére nehezebb felcsavarozni egyes alkatrészeket, mint a zárt szelvények sík lapjaira.

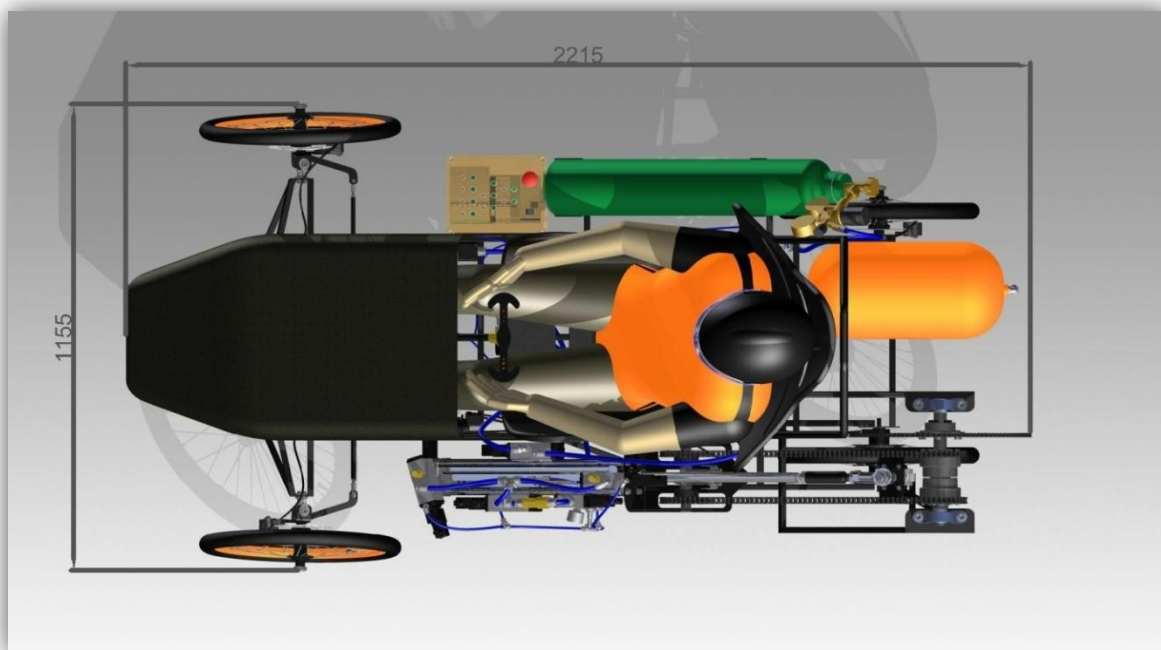


A vázszerkezet kialakítása nagyban meghatározza a jármű végleges formáját. nagy szerepe van a menetdinamikai tulajdonságok alakulásában. Ez utóbbi javításához a vázszerkezet súlyát a harmadára csökkentettük a tavalyihoz képest. A vázhoz csatlakozik a rugózatlan felfüggesztés, amely a kanyarokban fellépő és az útegyenetlenségek okozta erőket a váznak továbbítja, ezért tervezésénél első számú szempont volt a megfelelő merevség elérése. Mindezen felül szem előtt tartottuk a súlypont lehető legalacsonyabbban tartását, valamint az elérhető legkiegyensúlyozottabb konstrukciós kialakítást. A váz meghatározó

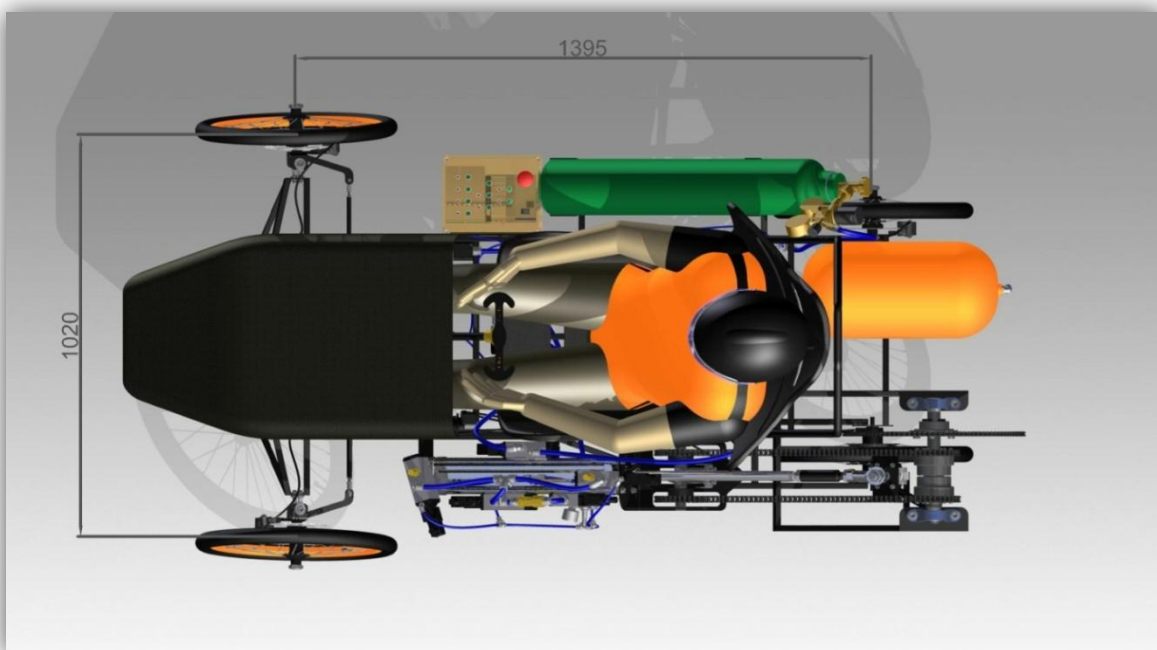
részegysége a bukókeret, amely megvédi a sofőr testi épségét esteleges boruláskor. Ennek anyaga acél. A váz kialakításának meghatározásánál valamint ellenőrzésénél végesem szoftvert használtunk.



A versenyszabályzatnak megfelelően a járműnek egy 2,5m x 1,7 m-es téglalapba bele kell férnie. Az alábbi ábrából kiderült, hogy ennek a szabálynak a gépjármű megfelel.



Az alábbi képen a jármű nyomtávja és tengelytávja látható.



A jármű hasmagasságának minimum 70mm-nek kell lennie, ami a gépátvételen egy fekvőrendőrrel kerül ellenőrzésre



Üzemanyagtartály/ puffer tartály:

A Bosch Rexroth Pneumobil Futamon az összes csapat egységes palackokat kap a szervezőktől az egyes versenyszámokra és edzésekre. Az edzéspalackok átmérője azonos a versenypalackokéval, viszont 400 mm-el hosszabbak és tömegük körülbelül kétszerese. Töltetük egységesen 2m^3 ipari nitrogén, anyaguk acél. A szabályok értelmében mindkettőt el kell tudni helyezni biztonságosan a járművön. A palackok nyomáscsökkentővel vannak ellátva.

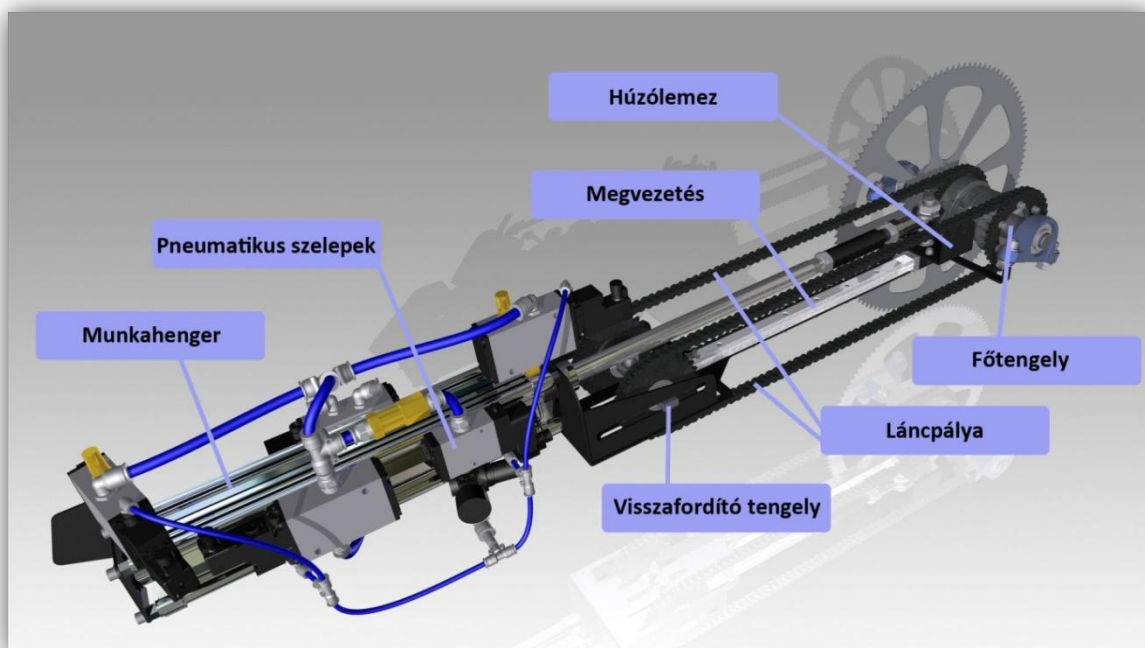
Alumínium puffer tartállyal lesz ellátva járművünk idén is. Ez évi autónkon lévő tágulási tartály méretét 50l kapacitásúra növeljük. Ennek jelentősége a kigyorsításoknál lesz jelentős.



Motor felépítése és elvi működése:

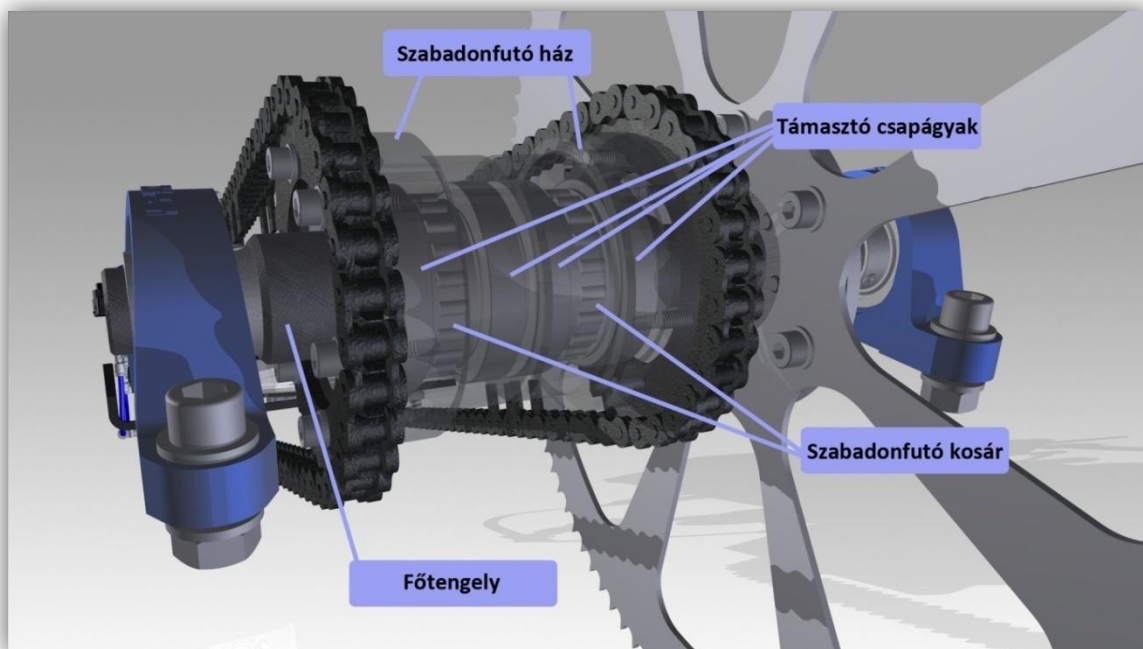
A versenyszabályzat szerint kizárólag a Bosch Rexroth cég munkahengereit lehet a meghajtásra felhasználni, maximum négy darabot. A henger méreteit (átmérő és lökethossz) a csapatok választhatják katalógus alapján. A motor feladata ezeknek a munkahengereknek lineáris mozgásának forgó mozgássá való alakítása. A pneumobilok mezőnyében két típusú meghajtási mód terjedt el. Az egyik a hagyományos forgattyús mechanizmus, a másik az úgynevezett lineáris motor (láncos vagy fogaskerék fogasléces).

A csapat 2013-as autójában az előző évben már bizonyított lineáris elrendezésű motor kerül beépítésre, kisebb változtatásokkal. A motor szívéit egy 80mm átmérőjű, 400 mm lökethosszú kettős működésű pneumatikus munkahenger adja.

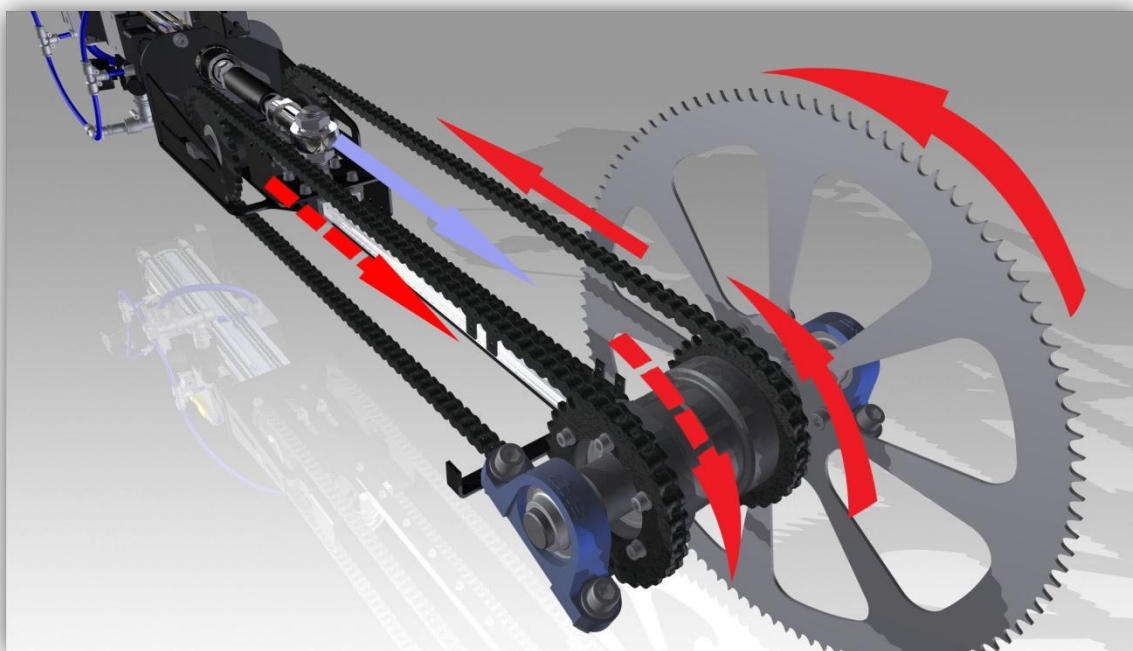


Ahhoz, hogy a munkahengerünk mind a két irányba hasznos munkát végezzen egy dupla láncos meghajtási rendszert alkalmazunk. A dugattyúrúd végén található gömbcsukló egy golyós kocsival lineárisan megvezetett húzólemezhez csatlakozik, ami az egyik láncpályát alul, a másikat felül húzza. A láncok egyik oldalon a szabadonfutókon keresztül a főtengelyhez kapcsolódnak a másik oldalon pedig csapágyazott lánckerekeken keresztül vannak visszatérítve. A kétirányú munkavégzéshez és a főtengely megfelelő forgásirányának biztosításához elengedhetetlen a két szabadonfutó, melyek egyedi módon lettek kialakítva, direkt erre a feladatra. A szabadonfutó belső kosara kereskedelmi forgalomban kapható részegység, amely két köszörült, edzett pálya közé kerül beépítésre. A kosárban található piskóta formájú testecskék az egyik irányba egy csapágyhoz hasonlóan körbefordulnak, a

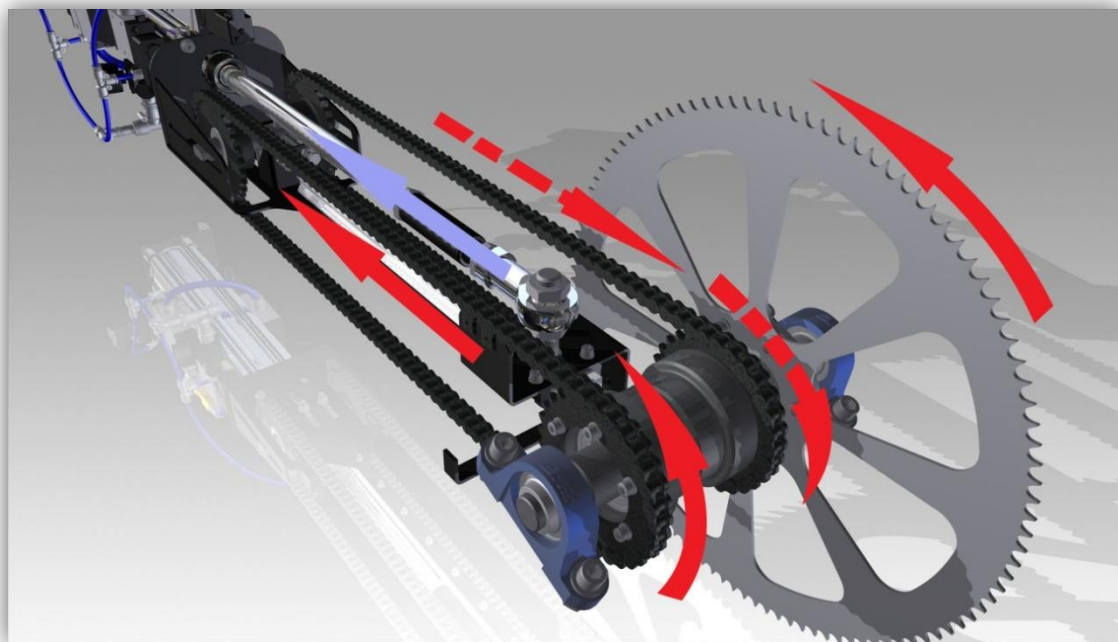
másik irányba megszorulnak és így képesek nyomatékátvitelre. A szabadonfutó belső pályája magán a főtengelyen került kialakításra, a külső pedig egy mindkét oldalról csapágyakkal megtámasztott házon, amire a lánckerék van szerelve.



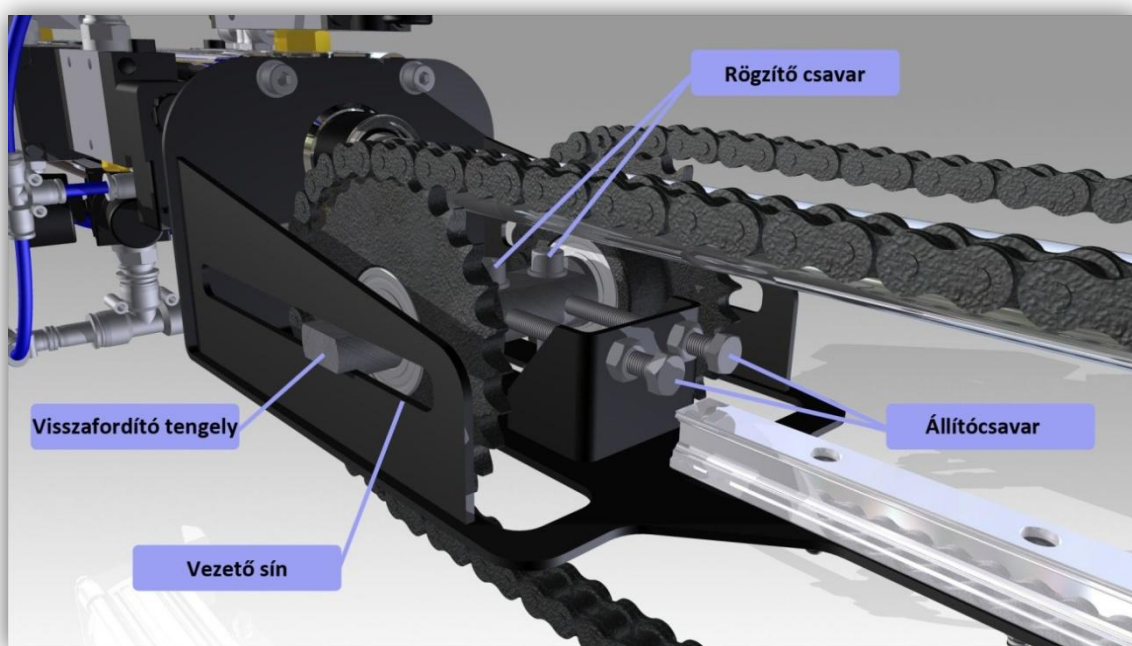
A munkahenger pozitív irányú mozgása esetén az egyes számú szabadonfutó hajtja a főtengelyt, a ketesszámú pedig csak szabadon forog, hasznos munkát nem végez.



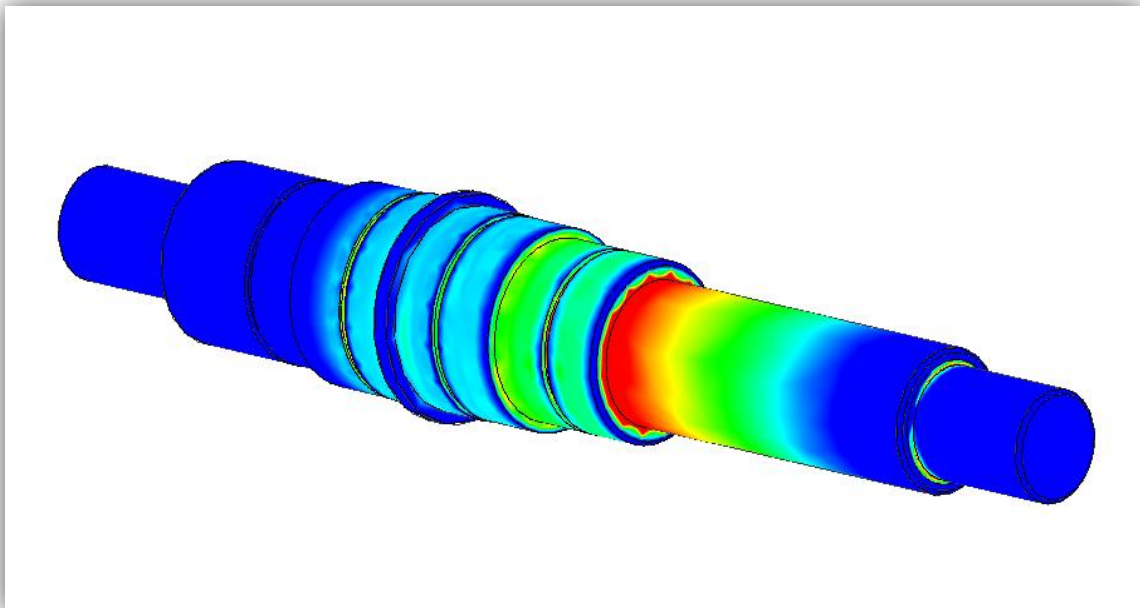
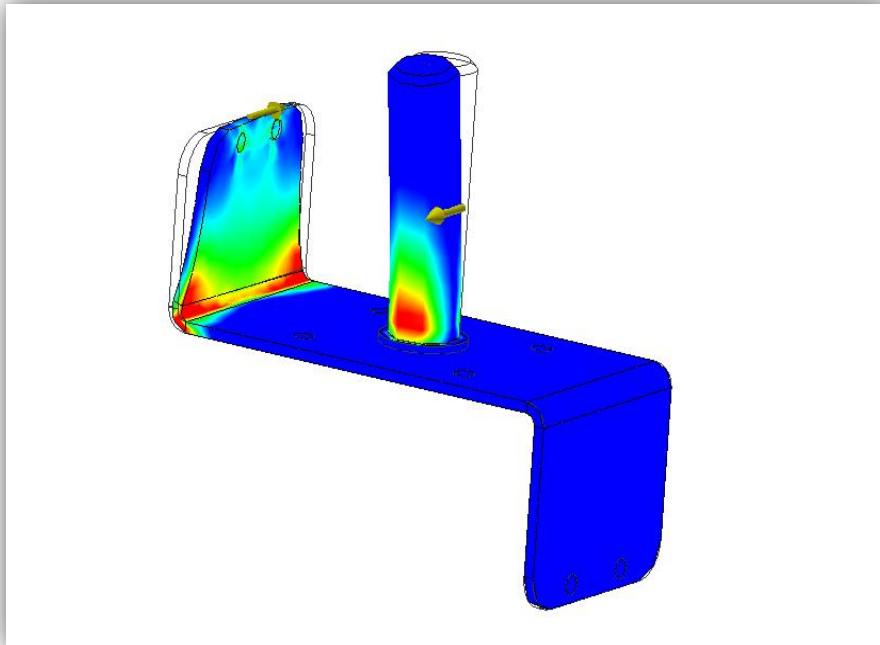
Amikor a munkahenger eléri felső véghelyzetét a motorvezérlés ellenkező (negatív) irányba indítja a dugattyút, ekkor a kettes számú szabadonfutó viszi át a nyomatékot és az egyes fut szabadon.



Ahhoz, hogy ez a meghajtási rendszer megfelelően működjön gondoskodni kell a motor láncainak megfelelő feszességéről. A láncfeszítést az állító csavarokkal lehet beállítani, amik a vezető sínekben csúszó, visszafordító tengelyt mozgatják, amire a csapágyazott lánckerekek vannak szerelve. A megfelelő láncfeszesség beállítása után a tengelyt két csavarral lehet a megfelelő pozícióban rögzíteni.



A motor nagy terhelésnek kitett alkatrészei, mint például a húzóelem illetve a főtengely, végeelem szoftver segítségével lettek ellenőrizve.

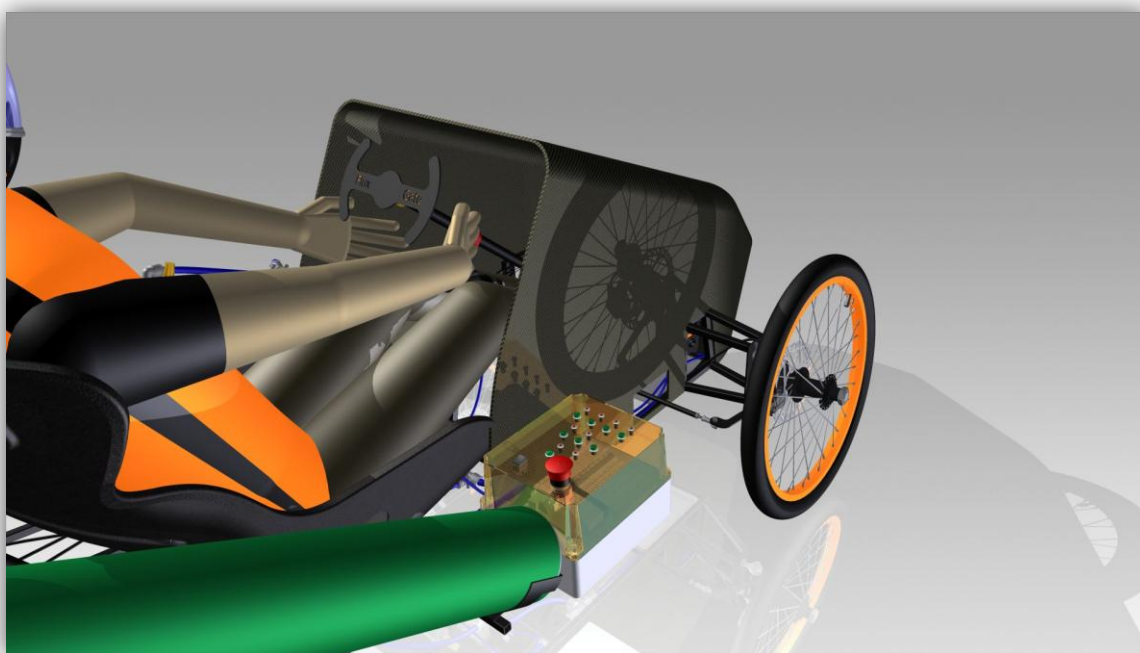


Motorvezérlés:

A motorvezérlő egység szerepét az előző évekhez hasonlóan a Bosch Rexroth cég által biztosított IndaControl L10 típusú PLC valósítja meg. Feladata a ki- és bementek kezelése, a munkahenger szelepeinek kapcsolása. A logikai vezérlő valamint a szelepek 24V egyenfeszültséggel működnek, az áramforrás szerepét két sorba kötött 12V-os robogó akkumulátor látja el.

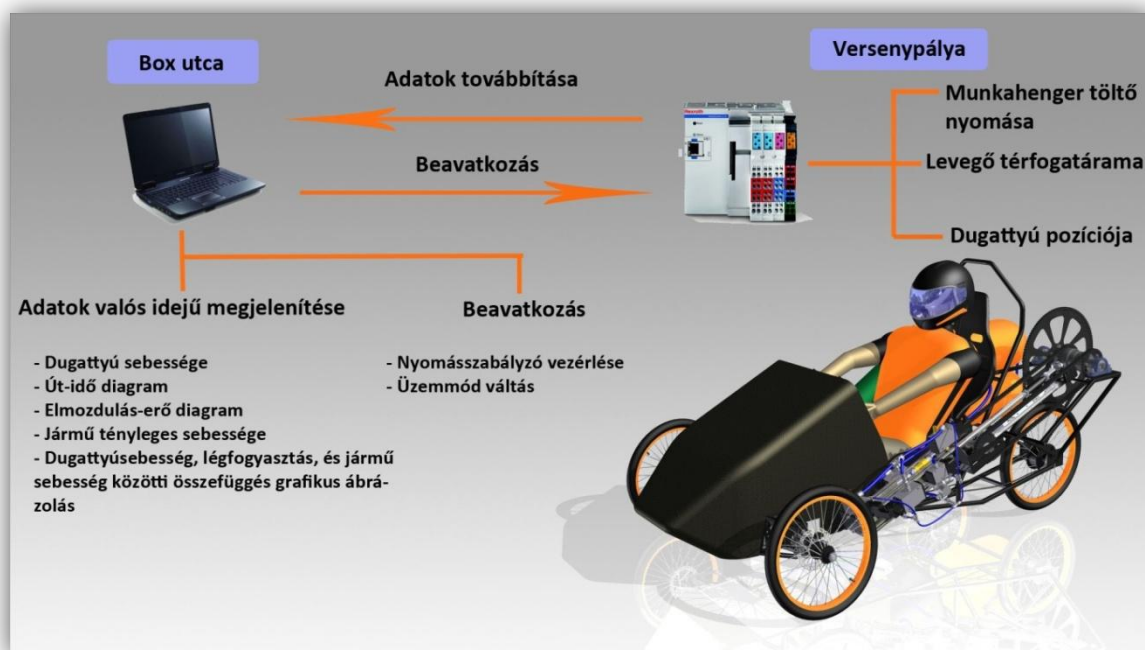


A vezérléssel optimalizálni kell a motort az összes versenyszámra, képesnek kell lenni nagy teljesítmény leadására a gyorsasági és ügyességi futamokon, de ugyanakkor egy spórolósabb „ECO” funkciót is meg kell tudnia valósítani a hosszú távú futamra. A megfelelő üzemmódok között a pilóta tud váltani a tőle jobbra elhelyezett PLC tartó doboz tetején található gombok segítségével.



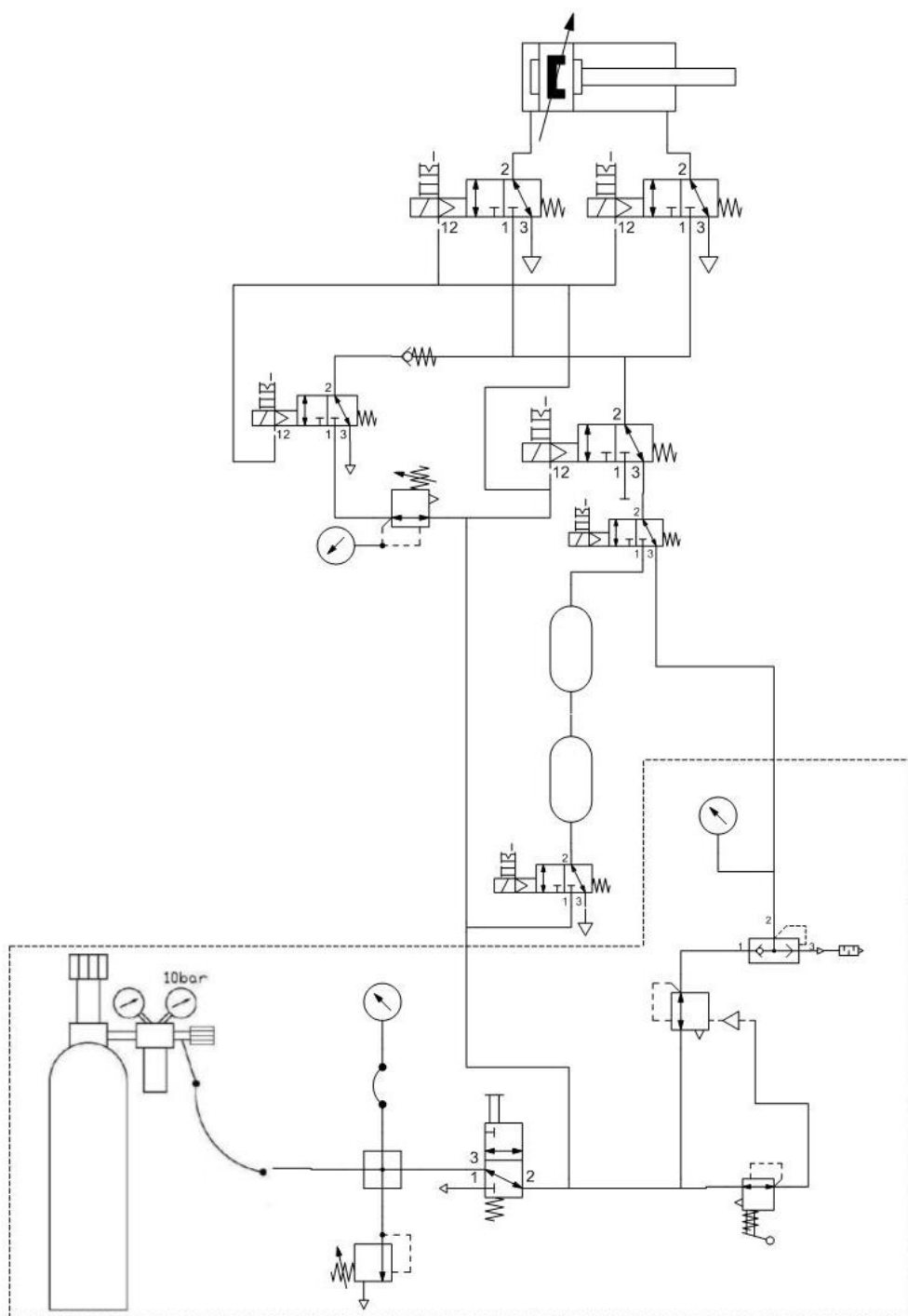
Az idei versenykiírásban először szerepel egy kiegészítő versenyszám is, melyre csapatunk is nevezett. A feladat létrehozni egy telemetria rendszert, melynek lényege, hogy bizonyos fizikai paraméterek mérését meg kell valósítani a járművön, majd ezeket az értékeket rádiófrekvencián továbbítani kell a bokszt utcába, ahol ezeket egy számítógéppel fel kell tudni dolgozni, majd ki kell őket értékelni. A mérendő és megjelenítendő mennyiségek

közé tartozik a munkahenger töltő nyomása illetve a beáramló levegő térfogatárama, valamint mérni kell a munkahenger aktuális pozícióját. Ezeket az adatokat WLAN hálózaton keresztül kell továbbítani a boks utcában lévő PC-re. A számítógépen lévő szoftverrel ezeket az adatokat meg kell jeleníteni, illetve fel kell tudni dolgozni. Meg kell jeleníteni továbbá dugattyú átlagsebességét egy munkaütemben az, út-idő diagramot, elmozdulás-erő diagramot, jármű tényleges sebességét, valamint az összefüggéseket grafikusan meg kell jeleníteni a dugattyúsebesség, légfogyasztás és a jármű sebessége között. A versenyszabályzat csak az adatok továbbítását írja elő, de lehetőség van a boks utcából való beavatkozásra is például a nyomásszabályzó állításával.



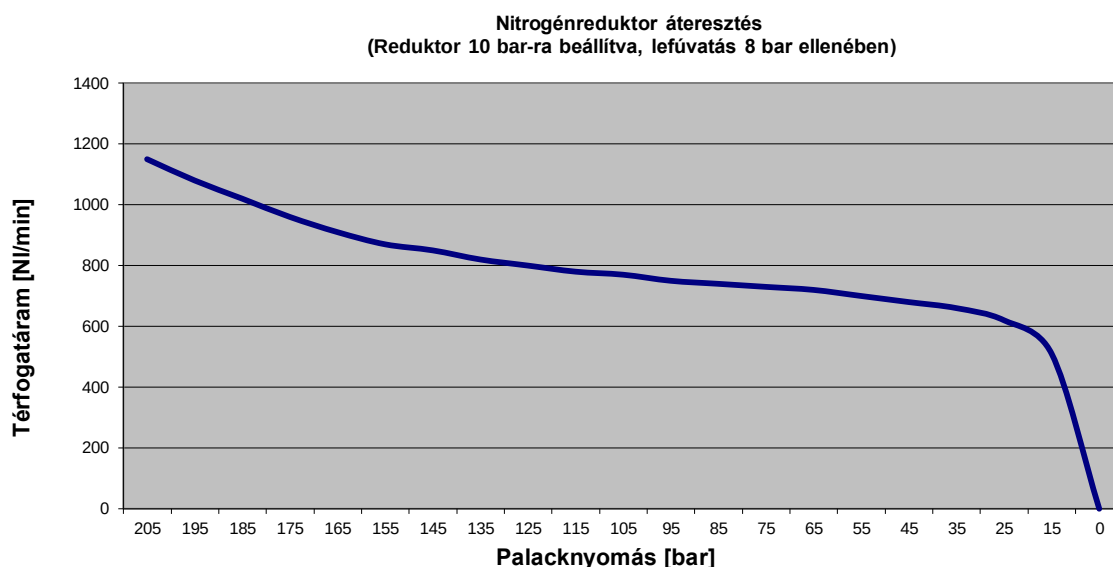
A pilóta és a box utca közötti rádiós kommunikációra továbbra is az eddig jól bevált GSM alapú rendszert használjuk.

Pneumatikus kör:



A pneumatikus körön az előző évhez képest nagy változás nem történt, csupán a puffer tartály mérete került megduplázásra.

A sűrített nitrogénes palackban található 200 bar nyomást a reduktorról lecsökkentjük a maximális megengedett 10 bar nyomásra. Ezután a magas nyomású gáz a vészstop körbe jut, ennek feladata, hogy veszély vagy meghibásodás esetén a sofőr az elzáró szelepet eltekerve le tudja szellőztetni a rendszert ezzel leállítva a motort. Ebbe a vészstop körbe be kell építeni egy biztonsági szelepet, ami fix 10 bar nyitónyomásra van kalibrálva. Ennél nagyobb nyomás esetén a szelep automatikusan leszellőztet. Ezután az üzemi nyomás fokozatmentesen állítható egy mechanikus gázpedállal. Ezután kerül a nitrogén a munkahenger szelepeibe, majd a munkahengerbe. Az alábbi táblázatból látszik, hogy a szelepeket áteresztő képességéhez képest a reduktor térfogatárama jóval kisebb.



Mivel a henger mozgási sebessége nagymértékben függ a beáramló gáz térfogatáramától, ezért beiktatunk két 25 literes puffer tartályt, ahonnan a henger nagy gyorsítások esetén megkapja a maximális térfogatáramot.

A pneumatikus rendszert nemcsak gyors mozgásokra kell optimalizálni, hanem üzemanyag takarékos üzemmódra is alkalmasnak kell lennie. Ezt úgy valósítjuk meg, hogy a munkahengernek csak egy bizonyos százalékát töltjük fel 10 bar nyomású nitrogénnel, majd lezárjuk a munkahenger aktív munkaterét és hagyjuk a gázt expandálni. Azt, hogy mennyire töltjük fel a munkahengert 25-50-75 vagy 100%-ra a pilóta tudja meghatározni a megfelelő gombok megnyomásával.

Az áttételek meghatározása:

$$z_1 = 108$$

$$z_2 = 14$$

$$i = 6$$

Nyomatékok, fordulatszámok és sebesség számítása:

Rendelkezésre álló adatok:

$$D = 0,08m$$

$$d = 0,025m$$

$$L = 0,4m$$

$$v = 0,4 \frac{m}{s}$$

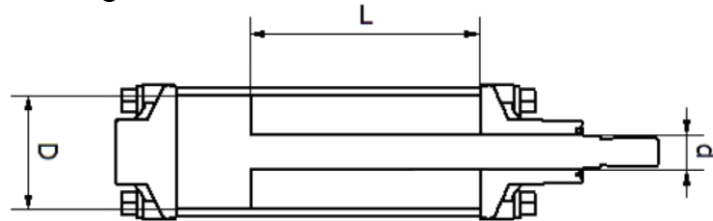
$$dp = 0,121498m$$

$$p_r = 10bar = 10^6 Pa$$

dugattyú sebessége tapasztalati érték

30 fogas lánckerék osztókörének mérete (főtengelyen)

reduktoron beállított nyomás



$$A_1 = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(0,08m)^2 \cdot \pi}{4} = 5,027 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$A_2 = (D - d)^2 \frac{\pi}{4} = (0,08m - 0,025m)^2 \frac{\pi}{4} = 4,536 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$V_1 = A_1 \cdot L = 5,027 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot 0,4m = 2,010609 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$V_2 = A_2 \cdot L = 4,536 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot 0,4m = 1,81427 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$V_{1,2} = V_1 + V_2 = 2,010609 \cdot 10^{-4} m^3 + 1,81427 \cdot 10^{-4} m^3 = 3,824889 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$t_1 = \frac{s}{v} = \frac{0,4m}{0,4 \frac{m}{s}} = 1s$$

30 fogas lánckerék kerülete:

$$K_l = dp \cdot \pi = 0,121498m \cdot \pi = 0,381697m$$

1 fordulathoz tartozó löketek száma:

$$B = \frac{K_l}{L} = \frac{0,381697m}{0,4m} = 0,95424$$

1 fordulathoz tartozó löketidő:

$$t_2 = B \cdot t_1 = 0,95424 \cdot 1s = 0,95424s$$

Főtengely fordulatszáma:

$$n_1 = \frac{1}{t_2} = \frac{1}{0,95424s} = 1,04795 \frac{1}{s}$$

Minimális áttétel a hátsó keréken (NuVinci360):

$$i_{min} = 6 \cdot 0,5 = 3$$

Maximális áttétel a hátsó keréken (NuVinci360):

$$i_{max} = 6 \cdot 1,75 = 10,5$$

Hátsó kerék tengely legalacsonyabb fordulatszáma:

$$n_{min} = n_1 \cdot i_{min} = 1,04795 \frac{1}{s} \cdot 3 = 3,1439 \frac{1}{s}$$

Hátsó kerék tengely legmagasabb fordulatszáma:

$$n_{max} = n_1 \cdot i_{max} = 1,04795 \frac{1}{s} \cdot 10,5 = 11,0035 \frac{1}{s}$$

Hátsó kerék átmérője:

$$D_k = 20 \cdot 0,0254 = 0,508m$$

Hátsó kerék kerülete:

$$K_k = D_k \cdot \pi = 0,508m \cdot \pi = 1,59593m$$

Sebesség a legkisebb váltófokozatnál:

$$v_{min} = K_k \cdot n_{min} = 1,59593m \cdot 3,1439 \frac{1}{s} = 5,0174 \frac{m}{s} = 18,06252 \frac{km}{h}$$

Sebesség a legnagyobb váltófokozatnál:

$$v_{max} = K_k \cdot n_{max} = 1,59593m \cdot 11,0035 \frac{1}{s} = 17,5608 \frac{m}{s} = 63,21882 \frac{km}{h}$$

Henger által kifejtett erő kifele:

$$F_1 = p_r \cdot A_1 = 10^6 Pa \cdot 5,027 \cdot 10^{-3} m^2 = 5026,548 N$$

Henger által kifejtett erő befele:

$$F_2 = p_r \cdot A_2 = 10^6 Pa \cdot 4,536 \cdot 10^{-3} m^2 = 4535,6744 N$$

Főtengely nyomatéka:

$$M_1 = F_1 \cdot \frac{dp}{2} = F_1 \cdot dp = 5026,548 N \cdot 0,121498 mm = 305,3578 Nm$$

Hátsó kerék minimális nyomatéka:

$$M_{2min} = \frac{M_1}{i_{max}} = \frac{305,3578 Nm}{10,05} = 29,08169 Nm$$

Hátsó kerék minimális nyomatéka:

$$M_{2max} = \frac{M_1}{i_{min}} = \frac{305,3578 Nm}{3} = 101,7859 Nm$$

Levegőfogyasztás/hatótáv:

Nitrogénpalack térfogata:

$$V_p = 0,2 m^3$$

Ennyiszor tölti fel a hengert a palack oda vissza

$$C = \frac{V_p}{V} = \frac{0,2 m^3}{3,8249 \cdot 10^{-3} m^3} = 52,289$$

Ennyi hengerút kell egy főtengely fordulathoz

$$D = \frac{K_l}{L} = \frac{0,3817 m}{0,4 m} = 0,954$$

Ennyiszor forgatja meg a főtengelyt egy palackkal

$$E = \frac{C \cdot 2}{D} = \frac{52,289 \cdot 2}{0,954} = 109,5928$$

Legalacsonyabb áttételnél a hátsó keréktengely ennyit forog egy palackkal

$$n_{h1} = E \cdot i_{min} = 109,5928 \cdot 3 = 328,7785$$

Legmagasabb áttételnél a hátsó keréktengely ennyit forog egy palackkal

$$n_{h2} = E \cdot i_{max} = 109,5928 \cdot 10,5 = 1150,725$$

Megtett út a legalacsonyabb fokozatban

$$s_{min} = n_{h1} \cdot K_k = 328,7785 \cdot 1,59593m = 524,707145m$$

Megtett út a magasabb fokozatban

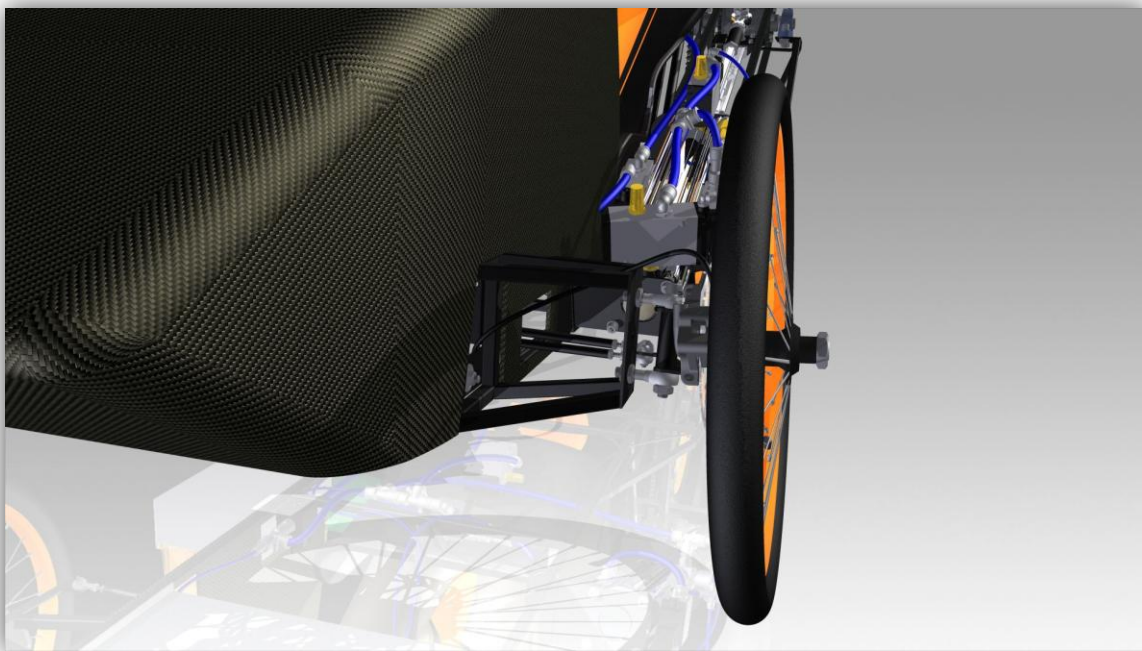
$$s_{max} = n_{h2} \cdot K_k = 1150,725 \cdot 1,59593m = 1836,475m$$

Az eddigi számítások eredményeiből látszik, hogy az idei autóval esélyünk lesz a következő évi futamok élmezőnyébe jutni. A legnagyobb végsebesség érték, amit eddig versenyen értek 42km/h volt. Az egy palackkal megtehető maximális távolság számításának végeredménye csak egy iránymutató szám, mivel ez folyamatos padlógázás üzemben értendő. A Bosch Rexroth Peumobil Futam hosszú távú versenyén mindössze 15km/h átlagsebességgel kell megtenni a lehető legnagyobb távolságot, így rengeteg levegőt lehet spórolni. Az expandálás funkció segítségével, mikor csak negyedéig töltjük a henger munkaterét máris negyedére csökkenthetjük a fogyasztást, amivel a megtehető maximális távolság is fordított arányban nő. A fogyasztás szabályozása a nagynyomású palackon lévő nyomáscsökkentő kimenő oldalán lévő nyomásérték szabályzásával is lehetséges.

Futómű, Felfüggesztés,:

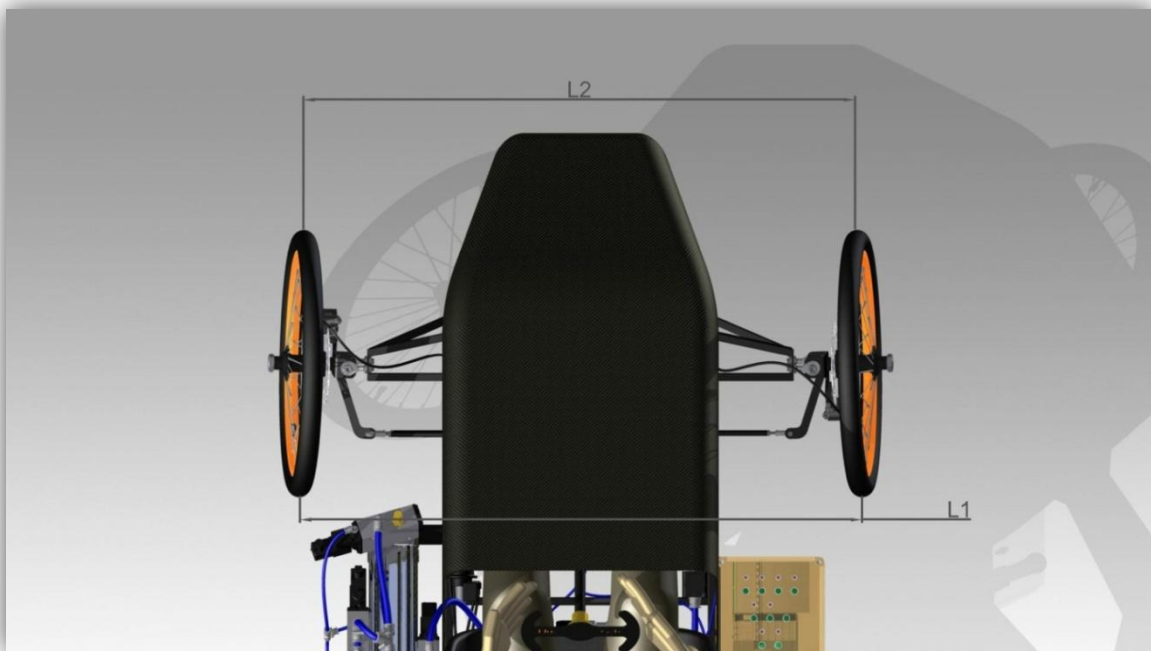
Az előző évekkel ellentétben a 2013-as modell négykerekű konstrukció. A negyedik keréknek köszönhetően növekszik az autó gördülési ellenállása, de a stabilitása sokkal kedvezőbbé válik.

Az autó 20"-os bicikli kerekekkel van szerelve. A legegyszerűbb szerkezeti kialakítást szem előtt tartva, valamint azt, hogy a versenyek sima aszfaltos pályán zajlanak, így mind a négy kerék merev felfüggesztéssel kapcsolódik a vázszerkezethez. A függőcsapszegek gömbcsuklóval csatlakoznak a felfüggesztéshez.

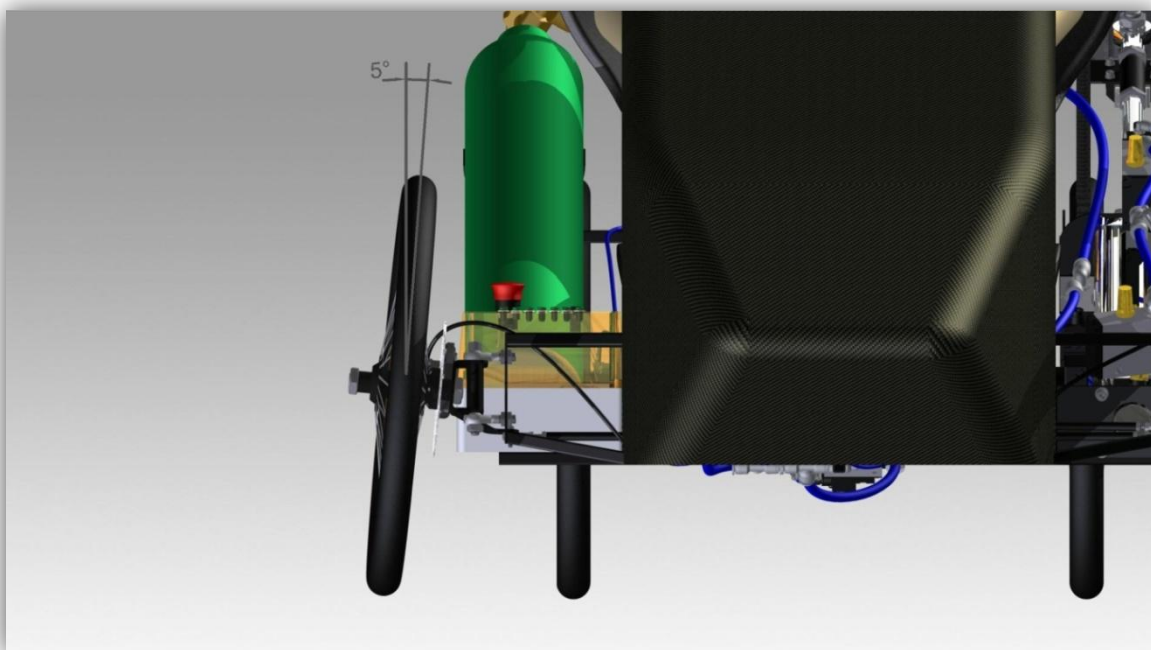


Az első kormányzott kerekek állása nagymértékben befolyásolják a jármű menet tulajdonságait. A legjobb menetteljesítmény eléréséhez elengedhetetlen az első kerekek megfelelő geometriájának megszerkesztése és beállítása. Ahhoz, hogy nyugodt futást érjünk el, a kerekeket nem egymással párhuzamosan kell beállítani, hanem különböző síkokban el kell dönteni őket egymáshoz képest.

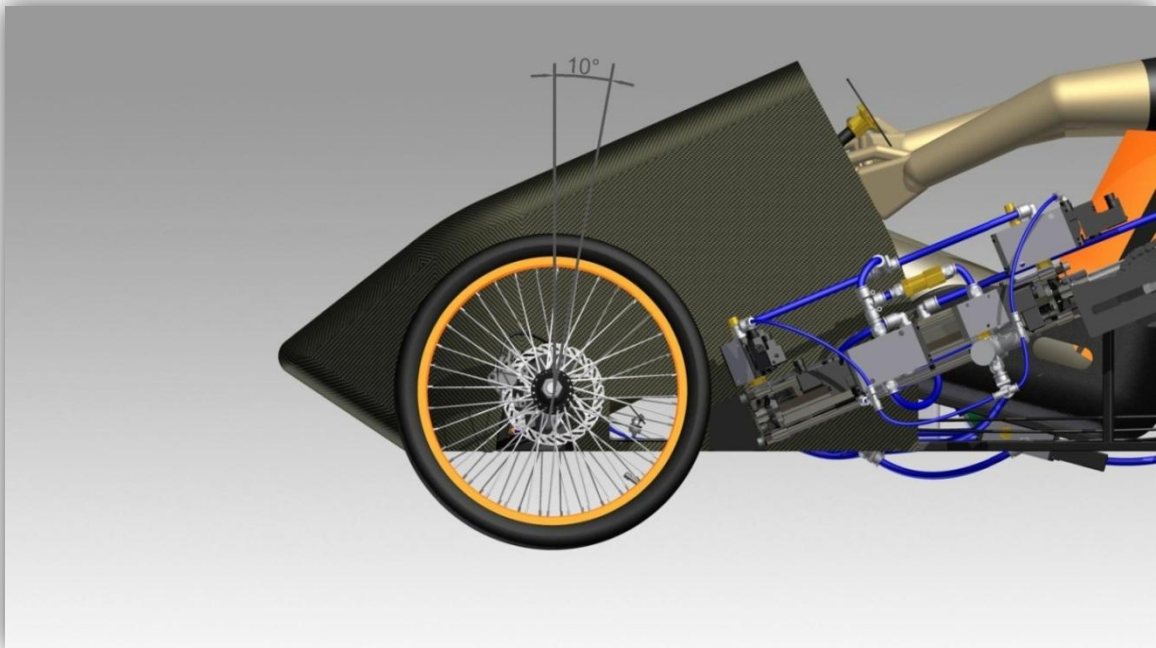
Kerékösszetartás azt jelenti, hogy a jármű hossz tengelyéhez képest a keréktárcsák szögben állnak, ennek hatására kerekek szitálása csökken, valamint a nyomtartás javul, értéke 15 mm, ami a keréktárcsák elöl illetve hátul mért távolságának különbségét jelenti (L1-L2).



A kerékdőlés megadja a kerék síkjának a függőlegessel bezárt szögét. Az első keréknél negatív kerékdőlést állítunk be, melynek értéke 5° ami jó stabilitást biztosít kanyarokban.

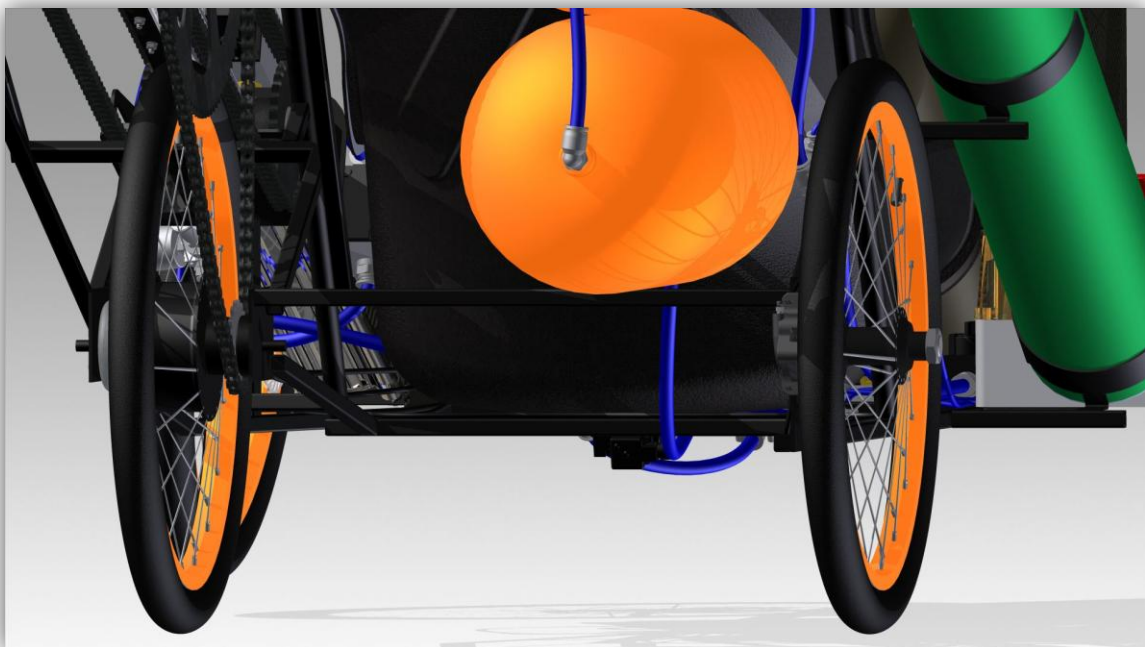


Az utánfutás megadja a függőcsapszeg dőlését a függőlegeshez képest, értéke 10° . Ez az utánfutás segíti a kanyarmenet után önműködő kerék visszaállást, valamint csökkenti a szitalást.



A csapterpesztés, ami járművünkön megadja a csapszeg dőlését a függőlegeshez képest az első kerék estén 0° , tehát párhuzamos a függőleges síkkal.

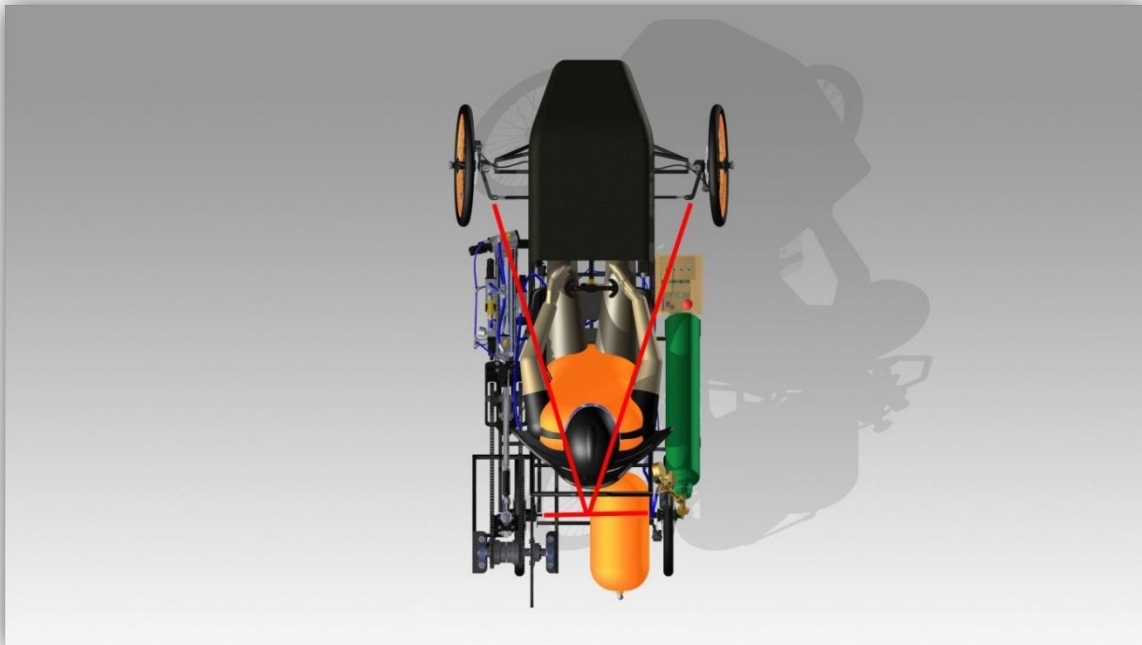
A hátsó kerekeknél különleges geometriát nem alkalmazunk, a keréktárcsák függőlegesek, valamint párhuzamosak egymással.



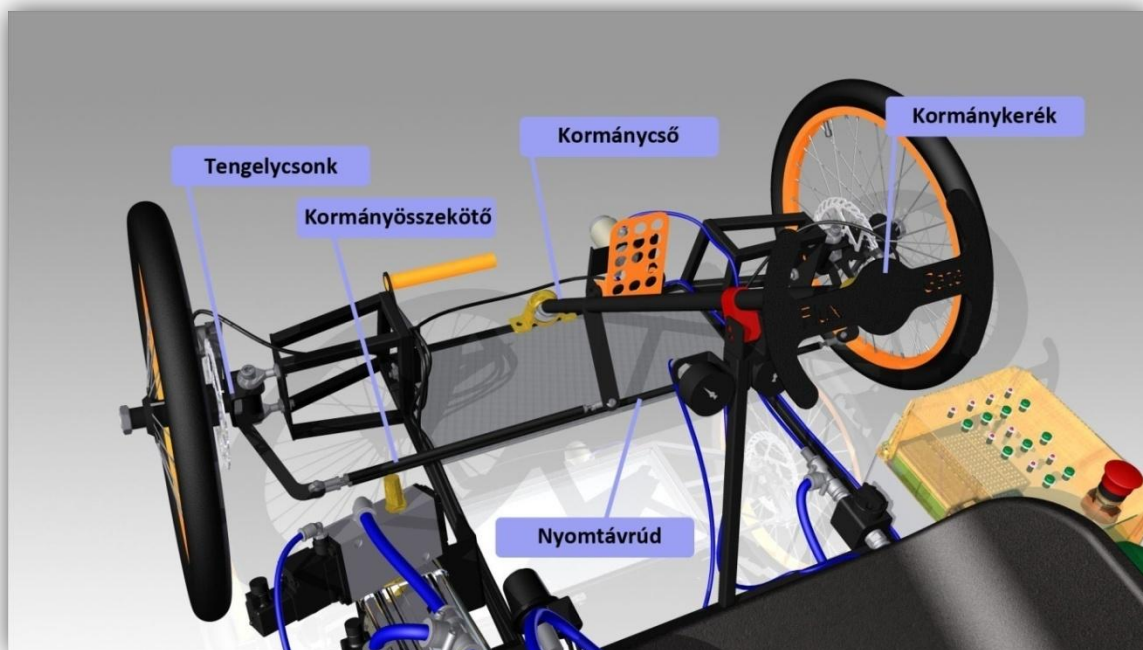
Kormánymű:

A kormánymű kialakításnál a legegyszerűbb és legmegbízhatóbb konstrukció kialakítása volt a cél. A kormányműnek biztosítania kell jármű a megfelelő fordulékonyságát, amit általában forduló körrel szoktak jellemezni. A minél jobb fordulékonyág eléréséhez törekedni kell a lehető legkisebb nyom- és fordulókör elérésre.

A 2013-as autónál hagyományos tengelycsont kormányzást alkalmazunk, melynél figyelni kell arra, hogy a kanyar belső ívén haladó kereket jobban el kell fordítani, mint a külső íven futót. Ezért a kormánytrapézt úgy kell kialakítani, hogy a keréktengelyek meghosszabbításai a hátsó tengely középpontján metszék egymást, ezt a feltételt nevezik Ackermann feltételnek, és az ehhez tartozó kormányszöget Ackermann szögnek.



A két tengelycsontot a nyomtávrúd köti össze. A kormánykerék körmozgását a kormány összekötő kar alakítja lengő mozgássá, ami a bal oldali tengelycsontokhoz kapcsolódik. A kormányműben nem alkalmazunk semmilyen áttételezést, illetve kormányrásegítést. A gyors manőverezés érdekében a kormány szerkezete úgy lett kialakítva, hogy a kormánykerék 40°-os elforgatásával a kerekek teljesen elfordulnak.



Az építés során kiemelten fontos, hogy az Ackermann-szöget pontosan beállítsuk, hiszen a kanyarsebességen és a stabilitáson nagyon sok múlhat.

Fordulókör számítás:

A versenyszabályzat kimondja, hogy az autónak 8m széles úton meg kell tudni fordulni. A fordulókör meghatározásához a körpályán haladó járműmodellt használjuk fel. Egész lassú mozgás esetén nem keletkeznek oldalerők és kúszási szögek, azaz a kerekek oldalirányú szlip nélkül gördülnek le. A sebességvektorokra merőleges sugarak a kör középpontjában találkoznak, amely csúszásmentes gördülés esetén a hátsó tengely meghosszabbításán fekszik. Az ehhez tartozó elsőkerék-kormányaszög a már említett Ackermann szög. Amennyiben a körpályán való mozgás sebessége növekszik, a kerekek nem csúszásmentesen gördülnek, és kúszási szögek keletkeznek. A momentán cetrum helyzete megváltozik. Az egyszerűség kedvéért az alábbiakban csúszásmentes legördüléssel számolunk.

Adatok:

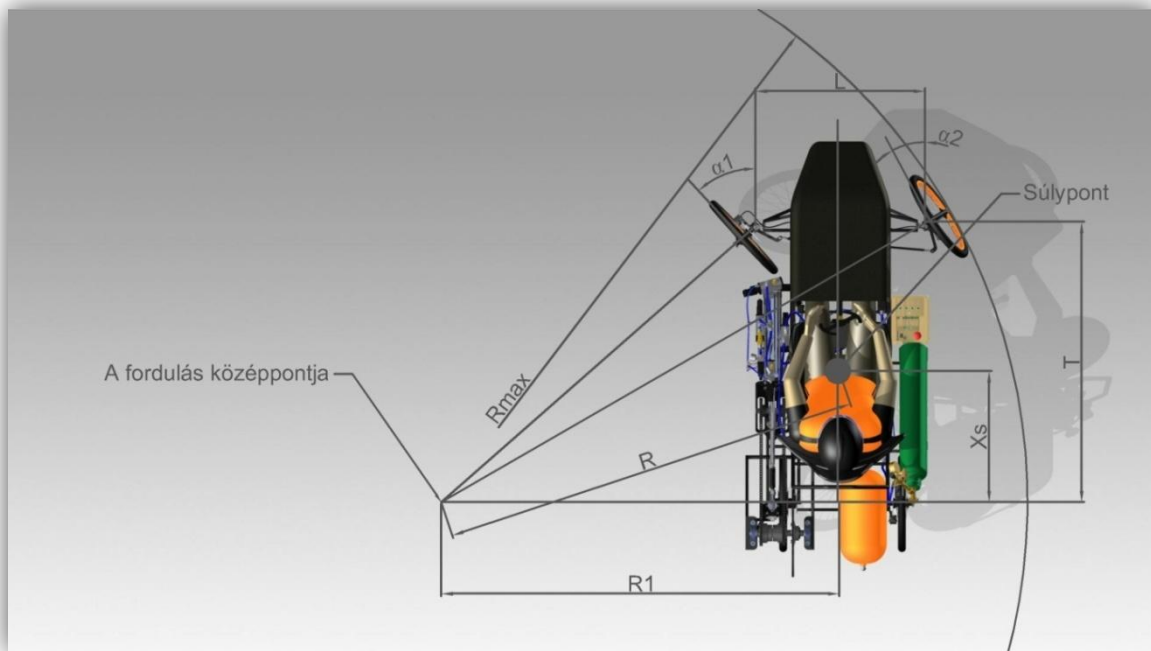
Tengelytáv: $T=1395 \text{ mm}$

A súlypont távolsága: $X_s= 540\text{mm}$

Nyomtáv: $L=1020 \text{ mm}$

A bal első kerék fordulási szöge: $\alpha_1=42,5$

A jobb első kerék fordulási szöge: $\alpha_2=34,7$



A súlypont forduló sugarának meghatározása:

$$R = \sqrt{X_s^2 \cdot T^2 \cdot \cot^2 \alpha}$$

$$\cot \alpha = \frac{\cot \alpha_1 + \cot \alpha_2}{2}$$

$$\cot \alpha_1 = 1,0913$$

$$\cot \alpha_2 = 1,4442$$

$$\cot \alpha = \frac{\cot \alpha_1 + \cot \alpha_2}{2} = \frac{1,0913 + 1,4442}{2} = 1,2678$$

$$R = \sqrt{X_s^2 + T^2 \cdot \cot^2 \alpha} = \sqrt{(540\text{mm})^2 + (1395\text{mm})^2 \cdot (1,2678\text{mm})^2} = 1849,2\text{ mm}$$

A jármű megfordulásához szükséges hely meghatározása:

$$R_{\max} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{L}{2}\right)^2 + T^2}$$

$$R_1 = \sqrt{R^2 - X_s^2} = \sqrt{(1849,2\text{mm})^2 - (540\text{mm})^2} = 1768,6\text{mm}$$

$$R_{\max} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{L}{2}\right)^2 + T^2} = \sqrt{\left(1768,6 + \frac{1020}{2}\right)^2 + 1395^2} = 2571,71\text{ mm}$$

Fordulókör:

$$D = R_{\max} \cdot 2 = 2571,7\text{ mm} \cdot 2 = 5143,42\text{ mm}$$

Tehát a számításokból kiderül, hogy az autó 8 méteres körön meg tud fordulni, így a szabályoknak megfelel.

Fékek:

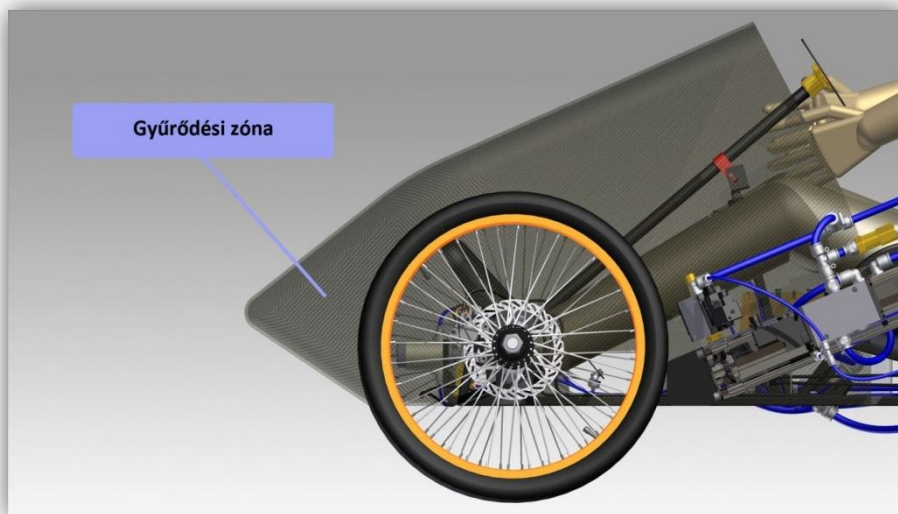
A versenyszabályzatnak megfelelően minden kereket el kell látni üzemi fékberendezéssel. Ezeket legalább két független körbe kell bekötni. A fékrendszernek alkalmasnak kell lennie a jármű sebességének hatékony csökkentésére illetve megállítására, amit a gépátvételen fékpróbával ellenőriznek.

A 2013-as modell első kettő, illetve a jobb hátsó kereke mechanikus tárcsafékkal, a bal hátsó hajtott kerék pedig egy görgős agyfékkel lesz szerelve. Mind a négy üzemi fék a pilóta bal lábánál elhelyezkedő fékpedállal működtethető. A versenyszabályzat arra is kiterjed, hogy a gépjárművet rögzítő fékkel is el kell látni, ezért a fékpedál egy kar meghúzására reteszeli.

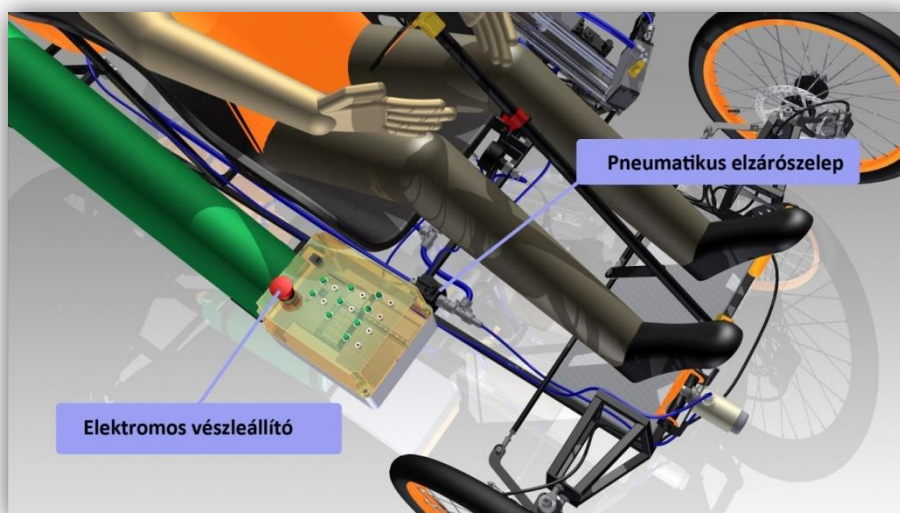


Biztonsági előírások:

Az autósport veszélyes és ez vonatkozik a pneumobil versenyekre is. Ezért a szervezők által előírt alapvető biztonsági előírásoknak maradéktalanul meg kell felelnie a járműnek. Így a pilótának kötelező bukósisakot viselni, használni a hárompontos biztonsági övet. Fontos, hogy a váznak és a bukócsőnek meg kell védenie a pilótát az esetleges balesetek során a sérülésektől. A jármű elején a burkolat gyűrődési zónaként is funkcionál az esetleges baleseteknél.



Elektronikus és pneumatikus rendszereket vészleállító kapcsolóval kell ellátni, amelyeket úgy kell elhelyezni, hogy a sofőr vagy akár egy külső beavatkozó személy könnyedén elérje. Ezen berendezések kapcsolóját megfelelő jelzéssel kell ellátni. A járművet megfelelő fékberendezésekkel kell ellátni, melyekkel hatékonyan tudja a fékezést megvalósítani.



Burkolat:

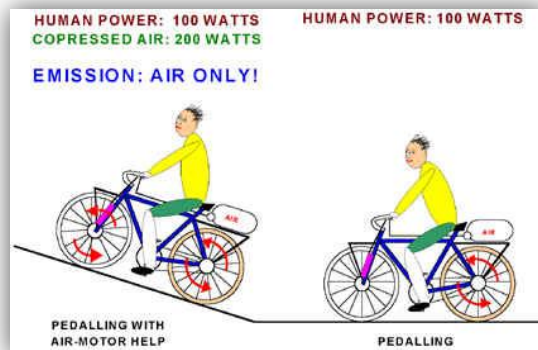
Fő feladata, hogy esztétikus megjelenést kölcsönöz autónknak, valamint rajtszámoknak helyet biztosít és a támogatóink megjelenítésére ad lehetőséget. Anyaga üvegszál erősítésű műanyag. Ennek előnye, hogy tömege kicsi és bonyolult formák is könnyen előállíthatók. A burkolati elemek elkészítése során egyszerű lamináló eljárást alkalmazunk majd festéssel színezzük. A burkolatnak könnyen eltávolíthatónak kell lennie, az esetleges szerelések idejének csökkentése végett.



Technológia felhasználása egyéb területeken:

A sűrített levegő felhasználásának a közlekedésben mára több alkalmazási módja alakult ki, de sajnos egyikről sem mondhatjuk, hogy igazán elterjedt volna napjainkig.

Talán az első ma is fellelhető és említésre méltó felhasználási mód a légmotoros kerékpár. Ez egy magyar szabadalom, amely lényege, hogy a légtartályból kiáramló levegő egy légmotor segítségével az első kereket tudja meghajtani, miközben a kerékpározó tovább hajthatja a kerékpár hátsó kerekét a hagyományos módon.



Ez egyfajta rásegítés, amely egy nagyobb emelkedő leküzdésében segíthet a felhasználónak. Az üzemanyagtank szénszálas műanyag erősítésű palack, amely rendkívül könnyű, mindössze 4,8kg tömegű. Ebben a tartályban 300 bárra sűrített levegő tárolható. A palack nyomáscsökkentővel van ellátva, amely kimenő oldalán 6,3 bár a nyomás. Ezzel az üzemanyagtartállyal sík úton pedálozás nélkül 5 km távolság tehető meg.

A következő jármű kitalálója és készítője már nem Magyarországon, hanem jóval messzebb Ausztráliában található. Az O2 névre keresztelt szerkezetet egy a szigetkontinensen élő egyetemi hallgató fejlesztette ki, ami egy légmotoros motorkerékpár. A meghajtást egy bolygódugattyús légmotor biztosítja, amelyben hat tágulási tér van kialakítva. Ezt a motort egy szintén ausztrál cég



bocsájtotta rendelkezésére a fiatal egyetemistának, aki azóta már a tesztelési fázisba jutott levegő hajtású motorjával. Az első tesztek során megbízhatónak tűnik a konstrukció. Azt már lehet tudni, hogy körülbelül 100 km/h végsebességre képes, viszont a hatótávjáról egyelőre nincs adat. Nagy előnye a másik nagy rivális alternatív motorkerékpár meghajtás, a villamos motorral meghajtottal szemben az ára, hiszen a levegős kialakítású motor a töredéke az elektromosénak.



Napjaink levegőhajtású közúti autózása egy emberhez köthető. Guy Negre francia származású mérnök nevéhez fűződik a Renault R8 Gordini híres rallyautójának, valamint a Formula 1-ben a W12 3,5 literes motorok fejlesztése. A

nyolcvanas évek végéig közel száz motort tervezett. A kilencvenes évek elején kezdték foglalkoztatni a környezetbarát motorok. 1991-ben megalapította az MDI nevezetű céget, azzal a céllal, hogy úgynevezett „zero pollution engine”, azaz zérus szennyező anyagot kibocsátó motorral szerelt járművet hozzanak létre. Az akkori elhatározás napjainkra megvásárolható tisztán sűrített levegő által hajtott közúti forgalomra alkalmas autókat eredményezett. Saját fejlesztésű és kivitelezési autóit az MDI vállalt saját maga értékesíti. 2007-óta az indiai Tata személygépjárműveket gyártó cég segíti a fejlesztést, valamint két korábbi Tata modellt alakítottak át sűrített levegő hajtásúra, amelyet Indiában azóta is forgalmaz a cég. A CityCat és MiniCat névre hallgató, vagyis az indiai piacra készített autók egy teli tank levegővel 200 km távolságot tudnak megtenni. Maximális sebességük 110km/h. Az üvegszálas karosszéria alatt található a dugattyúk által felhasználásra váró sűrített levegő tartályát, amely szénszálas műanyagból készült és 90 m³ levegőt képes tárolni 300 bar nyomáson. Az egész jármű tömege 350 kg. A feltöltést két féle módon végezheti a levegős autó boldog tulajdonosa. Egy speciális tankoló állomáson, ahol ki van építve a nagynyomású levegős töltőrendszer, vagy otthon 230V-os hálózatról. Az első megoldás mindössze 3 percet vesz igénybe. Az utóbbival 4 óra alatt lehet teletankolni az autót. Az otthoni töltés a járműbe beépített kompresszor segítségével lehetséges. Az autót forgalmazó Tata cég előzetes várokozását nem teljesíti az elkészült környezetbarát jármű. Az alapvetően olcsó autókat gyártó cég vásárlói körének egy ilyen autó kissé drágább, mint amennyit ez a célcsoport fizetni képes.

Az MDI cég saját gyártmányú levegős autóit nem csak a francia utakra szánják, hanem több országgal is egyeztetnek az értékesítési hálózat kialakításáról, többek között Németországgal, Izraellel és Dél-Afrikával. Az értékesítési kínálat jelenleg négy autóból áll. Név szerint: OneFlowAIR, MiniFlowAIR, CityFlowAIR személyautók, valamint a MultiFlowAIR több személy szállítására alkalmas kisbusz. Ezek a modellek, mind gyártásra kész állapotban vannak, valamint kettő megegyezik az Indiában már forgalomba hozott kisautókkal. A további típusok még gyártósorra várnak. Több nehézséggel is szembe kell néznie az MDI-nek. Amerikában azért nem akarják forgalomba hozni, mert a műanyag karosszériát nem tartják eléggé biztonságosnak. A másik nagy probléma, hogy ezek a kis



autók nem tudják teljesen pótolni a benzines, vagy dízeles társaikat, hiszen a hatótávjuk maximum 200 km, mondjuk ez a probléma a jelenlegi tisztán villamos árammal hajtott autóknál is fenn áll. A következő az üzemanyagtank. Ezek a nyomástartó palackok egy idő után előregednek és cseréjük drága és problémás. Baleset esetén, ha megsérül a tartály kérdéses, hogy mi történik vele. A tervező MDI és a gyártó Tata szerint teljesen biztonságos, a palack sérülés esetén csak eresztetni fog, nem robban fel. Továbbá a kereskedelem csak azokat a termékeket tudja hosszú ideig fenntartani, melyeket az emberek szeretnek és meg tudnak vásárolni. Jelenleg 2012 végén a 3 személyes MiniFlowAIR kis autóért 9200 eurós alapárért lehet hozzájutni, ami a mai 283 forintos középárfolyamon 2,6 millió forintnál kicsivel több. Ehhez jöhetnek még hozzá az egyéb költségek amelyek egy átlagos autót is érintenek, az extrákról és az esetleges vámokról nem is beszélve. Ez egy kisautóért igen soknak hangzik. Persze, ha valaki környezettudatos és munkába járáshoz szeretne egy olyan autót ami lokálisan nem szennyezi a környezetet, akkor ez is egy jó megoldás lehet. A másik, hogy az emberek elfogadják-e ezeket a típusú autókat. Találni olyan véleményeket, hogy nem sokban különbözik ez a fajta levegős autó a villanyautóktól. Valami igazság van benne, hiszen

manapság (még) nem nagyon találunk olyan benzinkutat, vagy egyéb töltőállomást, ahol sűrített levegőt lehet tankolni, így marad a konnektoros beépített kompresszor általi töltés. Ez viszont már kísértetiesen hasonlít egy plug-in elektromos autóhoz. Néhány modellben ugyan elérhető lesz egy harmadik alternatíva, mégpedig a benzin üzemű segédmotor általi töltés, amely ha szükséges menet közben kettéosztva a teljesítményét egy része a hajtást látja el energiával, a fennmaradó része működteti a kompresszort és tölti a légtartályt. Egyfajta levegős hibrid, hasonlóan néhány elektromos hibridhez. Ezen ismeretek birtokában lehet látni, hogy kell még egy kis idő, hogy ezek a típusú levegővel hajtott járművek a közútjainkon mehessenek.



Technical Characteristics	Unit	Mono energy	Dual energy
Length	m	4.1	
Width	m	1.82	
Height	m	1.75	
Number of Seats		3 à 6	
Trunk	Dm3	1200	
Weight	kg	850	
Power	cv	25	50
Maximum speed	km/h	110	130
Urban range	km	180	50
Range on road	km	-	1500
Fuel consumption (Petrol)	litres	-	2
CO2 Emission on road	g/km	0	40
Average price	€	13000	

Összegzés, konklúziók:

A fejlesztési tervek célja, hogy az idei év versenyutójához hasonlóan egy stabil működésű járművet alkossunk, amellyel javíthatunk eddigi elért eredményeiken. A végiggondolt tervek során végzett számítások és az eddigi évek versenytapasztalatai alapján úgy gondoljuk, hogy igazán jó eredményeket érhetünk el ezzel a modellel. A versenyeken túl szeretnénk minél több rendezvényen, bemutatón részt venni, ahol az Óbudai Egyetem népszerűsítése mellett, lehetőségünk nyílik megismertetni az érdeklődő közönséget ezzel a különleges meghajtási móddal. Továbbá jó lehetőség számunkra az eddigi elméleti tudásunkat gyakorlatba átültetni, ezáltal rengeteg tapasztalatot szerezni a jármű megalkotásának teljes folyamata során.



Felhasznált irodalom:

Zomotor Ádám – Gépjármű Menetdinamika

Reza N. Jazar - Vehicle Dynamics Theory and Application

Diószegi György – Dr. Gyurcsovics Lajosné – Dr. Kósa Csaba – Körtvélyesi Géza – Dr.

Lehotai Péter – Matskássy Gábor – Szabó Endre – Géprajz - Gépelemek II. /3. kiadás/

Zinner György – Gépjárművek Erőátviteli Berendezései

<http://www.boschrexroth.hu/>

<http://www.pneumobil.hu/>

<http://www.mdi.lu>

<http://www.aircar.hu>

<http://www.alternativenergia.hu/van-e-jovoje-a-suritett-levegos-autonak/10381>

http://totalbike.hu/hirek/2011/11/04/a_legtisztabb_motor_levego_hajtja/

<http://www.tatamotors.com/media/press-releases.php?id=750>