

## BELSŐÉGÉSŰ MOTOR ÁTALAKÍTÁSA E85 ÜZEMRE



**Budik György, okl. gépészmérnök**

Doktorandusz

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépjárművek Tanszék

Email: [budik.gyorgy@auto.bme.hu](mailto:budik.gyorgy@auto.bme.hu)

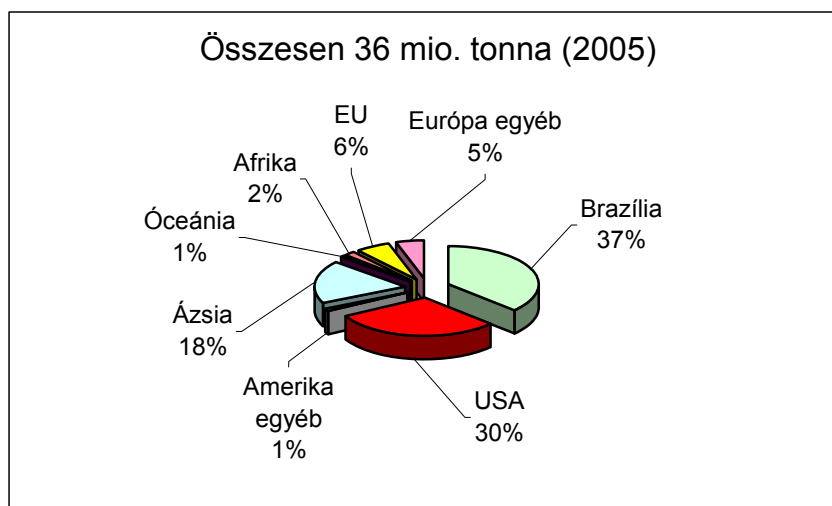
### Abstrac

A cikk egy belsőégésű kísérleti motor átalakítását tárgyalja benzin üzembről E85 üzemre. Röviden bemutatásra kerül a bioetanol üzemanyag, fizikai és kémiai tulajdonságai, felhasználásának lehetőségei belsőégésű motorokban. Párolgáshő, hidegindítási problémák, gyulladási határ, öngyulladás hőmérséklet, oktánszám, korróziós tulajdonságai kerülnek bemutatásra. Az E85 üzemanyag, benzin-etanol vegyes üzem. Bemutatásra kerül a kísérleti motor, főbb paraméterei, mágnes tranzistoros gyújtásrendszere, valamint egyszerű üzemanyag ellátó rendszere. A cikk részletesen bemutatja a gyújtásrendszer átalakítását, az előgyújtás állító szerkezet felépítését, működését, felszerelését. Tárgyalásra kerül az üzemanyag ellátó rendszer átalakítása, részletesen bemutatásra kerül a karburátor fúvóka átalakítása E85 üzemre, átfolyásmérő berendezés használatával. Bemutatásra kerül a méréshez összeállított fékpad. A mérés során megállapítandó jellemzők, és az azokból számított eredmények, valamint az ezekhez szükséges képletek bemutatásra kerülnek. Ezután kerülnek bemutatásra a mérési eredmények benzin, valamint E85 üzem esetén. Teljesítmény és fogyasztásmérések, E85 üzem optimalizálása. Külön fejezet foglalkozik a mérési eredmények összehasonlításával.

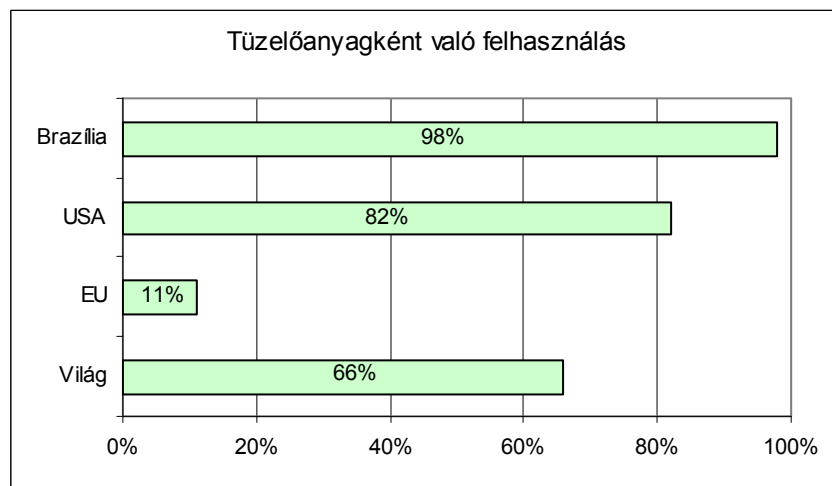
**Kulcsszavak:** benzin, bioetanol, E85, átalakítás, teljesítménymérés, fogyasztásmérés.

### 1. A bioetanol és az E85 üzemanyag [11]

Az etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) megújuló, főként cukor erjesztésével előállított tüzelőanyag, legjellemzőbb alapanyagai a kukorica, cukorrépa, gabona és mezőgazdasági hulladékok. Bioetanolnak a kizárólag biomasszából, illetve biológiailag lebomló növényi hulladékból előállított etanolt nevezzük. Használata főként az USA-ban és Dél-Amerikában terjedt el. Kémiai összetétele megegyezik a szeszesitalok előállításához használt alkoholokéval, ezért denaturálják, hogy emberi fogyasztásra alkalmatlan legyen. A benzinnel képest az előállítási alapanyagoktól függően 15-70 %-kal kisebb az üvegházhatású gázok emissziója [1].



1. ábra: A világ etanol gyártásának megoszlása [2]



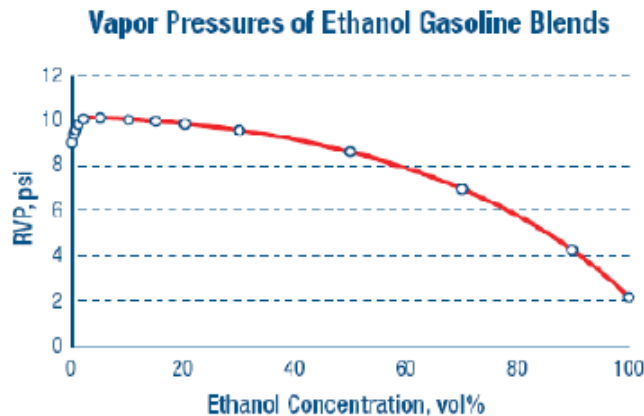
2. ábra: Az etanol hajtóanyagként való hasznosítása [2]

Az etanolt a járművek tüzelőanyagaként benzinnel keverve alkalmazzák, az E85 jelzésű tüzelőanyag 85% etanolt, valamint 15% benzint tartalmaz. Hagyományos benzinüzemű motorokban átalakítás nélkül nem alkalmazható. A benzin-etanol vegyes üzemű járműveket FFV-nek (Flexible Fuel Vehicle) nevezik, melyek 0-85% között tetszőleges keverési arányú etanol-benzin keverékkel is üzemképesek. [3].

Az etanol a benzinnél nagyobb sűrűségű, így karburátoros motoroknál az úszószint módosítása szükséges. A benzinüzemhez képest kisebb levegő-tüzelőanyag arány miatt a fúvóka átmérőjét növelni, a szívótorok átmérőt csökkenteni kell. Párolgáshője többszöröse a benzinének (benzin: 293-

418 kJ/kg; etanol: 904 kJ/kg) ami hidegindítási problémákhoz vezethet, viszont az alkohol párolgása a tüzelőanyag keveréket hűti, a fajlagos teljesítményt növeli és a nitrogénoxid képződést csökkenti. A benzin hozzákeverésének célja elsősorban a hidegindítási problémák kiküszöbölése. Gyulladás határa széles (3-24 V/V%), ezáltal igen szegény keverék is alkalmazható, csökkentve a szénhidrogén és CO, CO<sub>2</sub> kibocsátást [1].

A benzin-etanol keverék gőznyomásbeli sajátossága szintén hidegindítási problémákhoz, magasabb hőmérsékleten pedig gőzdugó képződéshez vezethet. A 6. ábra az etanol-benzin keverék relatív gőznyomását mutatja az etanol koncentráció függvényében.



3. ábra: Etanol-benzin keverék relatív gőznyomása az összetétel függvényében [4]

Az etanol oktánszáma a benzinénél nagyobb, 96-97 körüli a hozzáadott szénhidrogénektől függően. Vízűző képessége rossz, ezért a vízzel való érintkezést meg kell akadályozni, mivel a benzin különválhat a víz-etanol keveréktől, ami az égésfolyamat romlásán kívül korróziót is okoz. Fentiek különböző adalékok hozzáadásával megelőzhetőek.

A tiszta etanol a levegőben 4,3-19 V/V% között gyulladóképes, öngyulladás hőmérséklete 423 °C. A korrózió veszélyét növeli, hogy vezetőképessége nagyobb a benzinénél, ezáltal zárlat keletkezhet a tüzelőanyag ellátó rendszer elektromos alkatrészeiben. A sztöchiometrikus tüzelőanyag-levegő arány a benzinénél kisebb, ezért azt vegyes üzemű járművek esetén mindig az aktuális etanol tartalomhoz kell igazítani [3].

Az etanol káros hatású a gumi és műanyag alkatrészek, tömítések, tömlők, szűrők anyagára, ezeket alkoholálló anyagból készült alkatrészekkel kell helyettesíteni. Kenőképessége hasonló a benzinéhez, azonban kis viszkozitása miatt az adagoló elemek, dugattyúgyűrűk és a henger kenése rosszabb.

## 2. A kísérleti motor felépítése és főbb jellemzői [11]



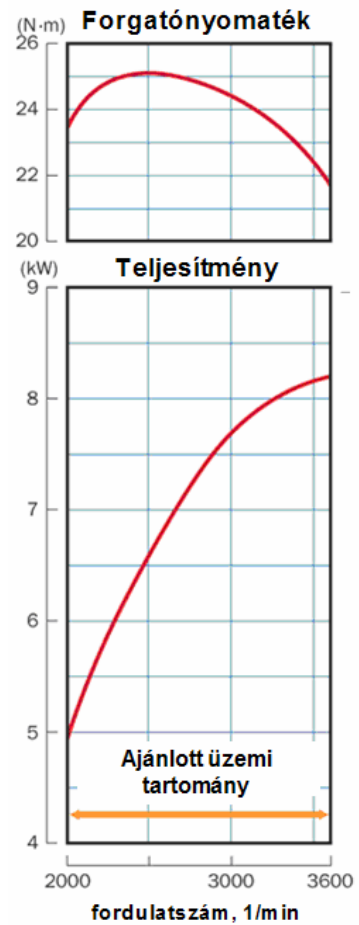
4. ábra: A Honda GX 390 motor [5]

A mérésekhez használt motor a fenti ábrán is látható Honda GX 390, amely a TR-7E típusú áramfejlesztő egységgel van egybeépítve. A 389 cm<sup>3</sup>-es motor négyütemű, egyhengeres, léghűtéses, kétszelepes felülvezérelt kivitelű, főbb adatai és jelleggörbéi a következő táblázatban és ábrán láthatóak.

Modell	GX 390
Motor típusa	Léghűtéses négyütemű egyhengeres OHV benzinmotor, 25°-ban fekvő henger vízszintes forgattyústengely
Furat x löket	88 x 64 mm
Lökettérfogat	389 cm <sup>3</sup>
Kompresszió	8,0 : 1
Nettó teljesítmény	8,2 kW (11,2 LE) / 3 600 1/perc
Tartós teljesítmény	6,0 kW (8,2 LE) / 3 000 1/perc 6,6 kW (9,0 LE) / 3 600 1/perc
Max. nettó nyomaték	25,1 N•m / 2 500 1/perc
Gyújtásrendszer	Tranzistoros
Indítás	Indítószinór Opcionális önindító
Tüzelőanyag tank	6,1 l
Tü.a. fogyasztás	3,7 l/óra - 3 600 1/perc
Olajmennyiség	1,1 l
Méreték (L x W x H)	405 x 450 x 443 mm
Száraz tömeg	31 kg

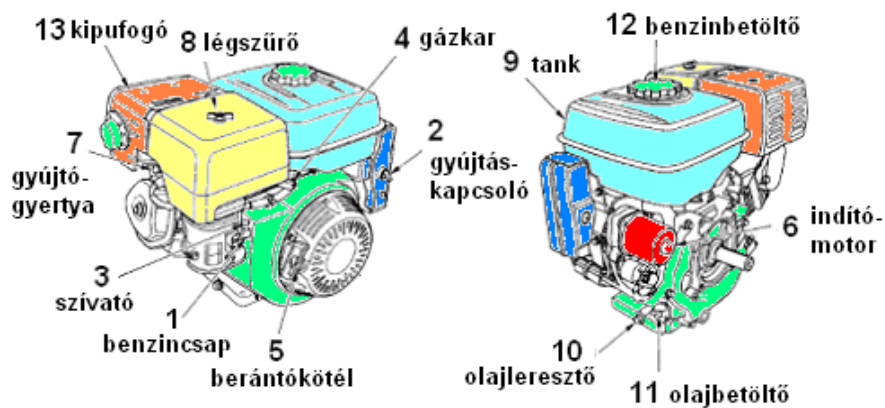
1. táblázat: A Honda GX 390 motor adatai [5]

Amint a jelleggörbékről leolvasható, a motor nyomatékának maximuma 25,1 N•m 2500/perc-es fordulatszámánál, míg a maximális teljesítménye 8,2 kW 3600/perc-es fordulatszámánál. A javasolt üzemi fordulatszám-tartomány 2000 és 3600 1/perc közé esik. A motorhoz kapcsolt szinkrongenerátor 3000/perc fordulatszámon 50 Hz frekvenciájú váltakozó áramot termel. A motor jellemzői ennél a fordulatszámánál teljes terhelés esetén: 7,7 kW teljesítmény és 25,4 N•m forgatónyomaték.



5. ábra: A motor jelleggörbéi [6]

A motor felépítése és a főbb alkatrészek elhelyezkedése a 6. ábrán látható:

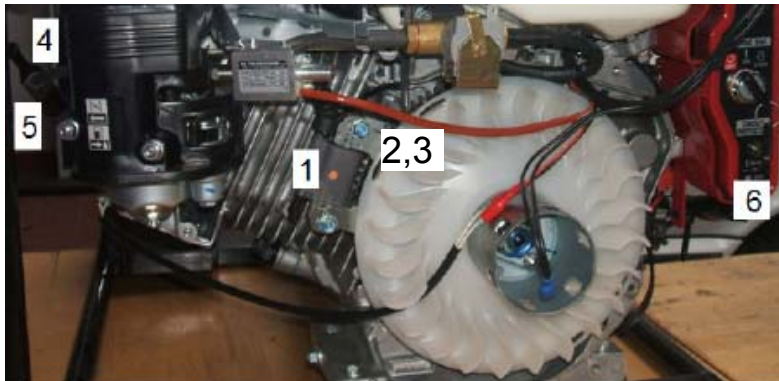


6. ábra: A Honda GX390 felépítése

A benzincsap (1) nyitja illetve zárja a tüzelőanyag útját az üzemanyagtartálytól a karburátor felé. A gyújtáskapcsoló (2) a gyújtás ki- és bekapcsolásáért felelős. A szívatókar (3) a karburátor pillangószelepének nyitását és zárását állítja. Zárt állásban a keverék dúsításával elősegíti a hideg motor indítását. A gázkar (4) végzi a fordulatszám szabályozását. Bizonyos típusoknál a motor beindításához az indítókart (5) kell meghúzni, a többi esetben a gyújtáskapcsoló start állása működésbe hozza az indítómotort (6).

## 2.1 A motor gyújtásrendszere

A motor gyújtásrendszere a kisebb egyhengeres motorokra jellemző tranzistorvezérlésű mágnesgyújtás. A rendszer előnye, hogy mozgó érintkezőket nem tartalmaz, ezért nincs alkatrészkopás, karbantartást nem igényel, a gyújtófeszültség pedig nagy, ami megkönnyíti az indítást. A gyújtásrendszert a hengerfejre rögzített vasmagos tekercs, a lendkerékre rögzített állandó mágnes, a gyújtókábel, a gyújtógyertya, valamint a gyújtáskapcsoló alkotják. A gyújtásrendszer felépítését és az alkatrészek elhelyezkedését a 7. ábra mutatja.

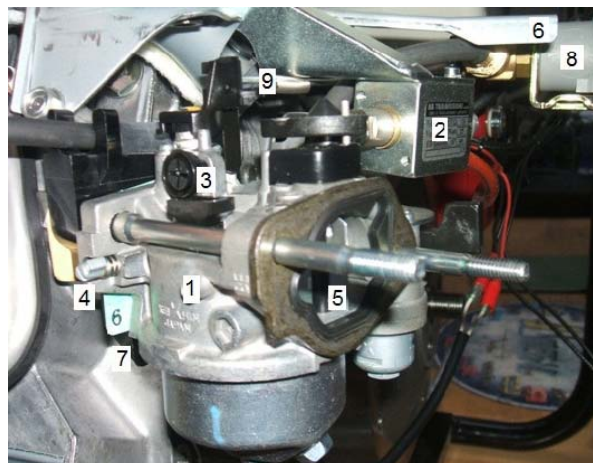


7. ábra: A gyújtásrendszer: 1 vasmagos tekercs; 2 lendkerék; 3 mágnes; 4 gyújtókábel; 5 gyújtógyertya; 6 gyújtáskapcsoló [7]

A tranzistor és annak vezérlője a gyújtótekercssel egybe van építve. A motor indítómotorral és olajnyomás ellenőrzővel rendelkezik, az akkumulátort pedig töltőtekercs tölti.

## 2.2 A motor tüzelőanyag ellátó rendszere

A tüzelőanyag ellátó rendszer felépítése a 8. ábrán látható:



8. ábra: A tüzelőanyag ellátó rendszer [7]

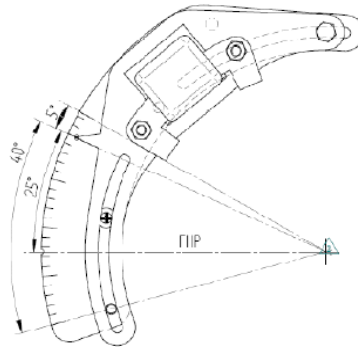
A keverékképzést egytorkú, vízszintes áramú karburátor (1) végzi, indításkor a keveréket automatikus hidegindító mágnesszelep (2) dúsítja, az előfójtó szelep (5) zárásával. A (3) ütköztető csavar az alapjárat beállítására szolgál, az üzemi fordulatszám állandó értéken tartását a (9) rudazaton keresztül röpsúlyos fordulatszám szabályozó végzi. A keverék összetétele a (4) csavarral állítható, az alapjáratú levegő a (7) nyíláson jut a motorba, a benzincsapot pedig elektromos szelep (8) nyitja. A pillangószelepet nyitó kar (6) alapesetben rögzített.

### 3. A motoron végzett átalakítások E85 üzemre [11]

#### 3.1 A gyújtásrendszer átalakítása

Az előgyújtási szög értéke a gyújtótekercs kerület mentén való elmozdításával állítható. Az elmozdítás következtében a lendkerékre rögzített állandó mágnes a felső holtponthoz (FHP) képest más helyzetben éri el a tekercset. Ezért a tekercsben a feszültség felfutása, ezzel pedig a gyújtás időpontja az elmozdítás szögértékének megfelelően változik. A motor jobbforgású, tehát a tekercset az óramutató járásával megegyezően elfordítva az előgyújtási szög csökken, azzal ellentétesen elfordítva pedig növekszik.

Mivel a kísérleti motort a Gépjárművek Tanszék a közeljövőben hidrogén üzemre is át kívánja alakítani, olyan előgyújtás állító berendezés tervezésére volt szükség, mely kielégíti mind a benzin, az E85 és a hidrogén üzem kívánalmait. Hidrogén használatakor a gyors égési sebességnek köszönhetően az optimális előgyújtási szögértéknek kisebbnek kell lennie, mint benzines üzemben, E85 esetén az etanol tartalom miatt az ideális előgyújtási szögérték nagyobb. A gyári előgyújtás érték benzin üzemre:  $25^\circ$  FHP előtt. A tüzelőanyagtól és az üzemviszonyoktól függően felső holtpont utáni gyújtási időpont is szóba jöhet, ezért az előgyújtási szög állíthatósága a FHP előtti  $40^\circ$ -tól a FHP utáni  $5^\circ$ -ig került meghatározásra. A szerkezeten található szögskálán a kis beosztások  $2^\circ$ -ot, a nagy beosztások  $10^\circ$ -ot jelölnek főtengely fokban mérve, a felső holtpontot kör, a gyári beállítást ( $25^\circ$ ) félkör alakú bemarás jelöli. Az előgyújtás állító szerkezetet a 9. ábrán látható.



9. ábra: Az előgyújtás állító szerkezet [7]

A motorra felszerelt előgyújtás állító szerkezet a 10. ábrán látható. A szerkezet a hengerfejen, a gyújtótekercs helyén került rögzítésre süllyesztett csavarokkal. A tekercs egy lemezre van erősítve, ahol egy sín mentén el lehet mozdítani, állítása pedig a síneket összeszorító csavarok oldásával lehetséges. Az előgyújtási szög értékét a motor üzemeltetése előtt minden esetben az aktuális üzemanyagnak megfelelően kell megválasztani.



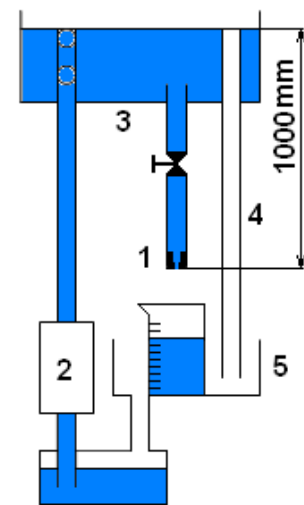
10. ábra: Az előgyújtás állító szerkezet a motorra felszerelve

### 3.2 A tüzelőanyag ellátó rendszer átalakítása

E85 üzemben a tüzelőanyag ellátó rendszer fúvókájának átalakítása szükséges, mivel az etanol fűtőértéke csak mintegy kétharmada a benzinének. Emiatt azonos teljesítmény eléréséhez nagyobb mennyiségű tüzelőanyagra van szükség. A fúvóka egy kalibrált furatú cső, amely a tüzelőanyagot adagolja. A fúvókán átáramló tüzelőanyag sebessége a légtorokban uralkodó nyomástól függ, minél nagyobb a depresszió, annál nagyobb a sebesség. A vizsgálatot a tüzelőanyaggal azonos tulajdonságú, nem gyúlékony folyadékkal célszerű végezni [8].

A fúvókákra jellemző érték az átfolyási képességük, amelyen a fúvókán 1 perc alatt, 1m vízoszlop hatására átfolyt víz mennyiségét értjük ml-ben. A fúvókák szállítása közvetlenül nem határozható meg csupán a fúvókák méreteiből. Amennyiben például a fúvóka átmérőjét 0,89 mm-ről 0,98 mm-re növeljük, a szállított mennyiség 20%-kal növekszik, miközben az átmérő csak 7,9%-kal növekedett. Ezért a fúvóka átfolyási képességéből visszaszámolt, úgynevezett hidraulikai átmérőt adják meg század mm-ben [8].

Az átfolyási képességet a 11. ábra szerint működő berendezéssel mérik 20°C-os vízzel. A fúvókát (1) a cső aljára kell rögzíteni, a csőben a méréshez szükséges nyomáskülönbség létrehozására a fúvóka kalibrált furata felett 1000 mm vízoszlop helyezkedik el. A vízoszlop magasságának állandónak kell lennie, amit szabályozóúszós túszelep, vagy túlfolyónylás szabályoz. A szivattyú (2) folyamatosan vizet szállít az edénybe (3), a felesleges víz a túlfolyócsövön (4) át a gyűjtőtartályba (5) folyik vissza. A fúvókán átfolyt Q vízmennyiség ismeretében  $d_f$  hidraulikai átmérő a következő összefüggéssel számítható [1.3]:



$$d_f = 0,0757 \sqrt{Q} \quad d_f \text{ [mm], } Q \text{ [cm}^3\text{/perc]}$$

11. ábra: Az átfolyásmérő berendezés

A Honda GX 390 motor gyári fúvókamérete benzinüzem esetén 0,92 mm. Figyelembe véve, hogy az etanol fűtőértéke a benzinének körülbelül kétharmada, azonos teljesítmény eléréséhez az etanol üzemre kalibrált fúvókának körülbelül 150%-os átfolyási képességűnek kell lennie a benzinüzemre kalibrált fúvókához képest. A számított átfolyás a gyári benzinüzemű fúvóka méretére (0,92 mm):

$$Q = \left( \frac{d_f}{0,0757} \right)^2 = 147,7 \quad \text{cm}^3\text{/perc}$$

A korábbi, bioetanol üzemre végzett motor átalakítások [9] alapján a fúvókaátmérőt a benzines érték (0,92 mm) 1,27-szeresére kell növelni tiszta etanol alkalmazásakor. A következő táblázat a szükséges átmérőnövelést tartalmazza különböző arányú etanol – benzin keverékekre:

	Etanol (%)	Benzin (%)	Átmérő növelés (%)	Módosított átmérő (mm)	Átfolyás (cm <sup>3</sup> /perc)
Etanol	100	0	27,0	1,168	238,1
100% E85	85	15	23,0	1,132	223,6
80% E85	68	32	18,4	1,090	207,3
60% E85	51	49	13,8	1,047	191,3
40% E85	34	66	9,2	1,005	176,3
20% E85	17	83	4,6	0,962	161,5

2. táblázat: Fúvókaátmérők különböző etanol – benzin keverékekre



A táblázatból kiolvasható, hogy E85 tüzelőanyag alkalmazásakor a szükséges fúvókaátmérő 1,132 mm, ekkor az átfolyás értéke 223,6 cm<sup>3</sup>/perc. Így a benzinüzemű fúvóka szállításánál (147,7 cm<sup>3</sup>/perc) 51,4%-kal nagyobb értéket kapunk. Tekintve, hogy a sztöchiometrikus légviszony E85 keverék esetén 10:1 szemben a benzin 14,7:1 értékével szemben, a szállított többletmennyiség miatt a levegő – tüzelőanyag keverék valós aránya 9,71:1 lesz, azaz a motor a benzinüzemnél valamivel dúsabb keverékkel üzemel majd.

A mérések a Carbutest Standard típusú berendezéssel kerültek elvégzésre. Első lépésként kimértük az eredeti fúvóka szállítását a mérések hitelességének vizsgálata érdekében. Ezek után egy 0,95 mm átmérőjű fúvókát E85-üzemre, egy 0,98 mm-es fúvókát 80%-os E85 üzemre, és egy 1mm átmérőjű fúvókát 100%-os etanol üzemre alakítottunk át. Minden mérést 3-szor ismételtünk meg, a fúvókák átmérőjének tágítását speciális dörzsárkészlettel végeztük. Az átfolyást a 3 mérés átlaga adta, ebből számítottuk vissza a hidraulikai átmérőt. A mérés során kapott értékeket a következő táblázat tartalmazza:

Fúvóka	1. Mérés	2. Mérés	3. Mérés	Átlag	Hidr. átm.	Százalék	Tü.a.
92	146	149	148	147,67	0,920	100,00	Benzin
98	172	171	171	171,33	0,991	116,02	
98 - 1	190	192	191	191,00	1,046	129,34	
98 - 2	202	203	202	202,33	1,077	137,02	80% E85
95	160	161	160	160,33	0,959	108,58	
95 - 1	170	168	169	169,00	0,984	114,44	
95 - 2	175	180	177	177,33	1,008	120,09	
95 - 3	185	186	186	185,67	1,031	125,73	
95 - 4	223	221	224	222,67	1,130	150,79	E85
100	186	189	188	187,67	1,037	127,09	
100 - 1	233	232	232	232,33	1,154	157,33	
100 - 2	239	240	241	240,00	1,173	162,52	Etanol

3. táblázat: A fúvókák átalakítása során kapott értékek



12. ábra: A Carbutest berendezés

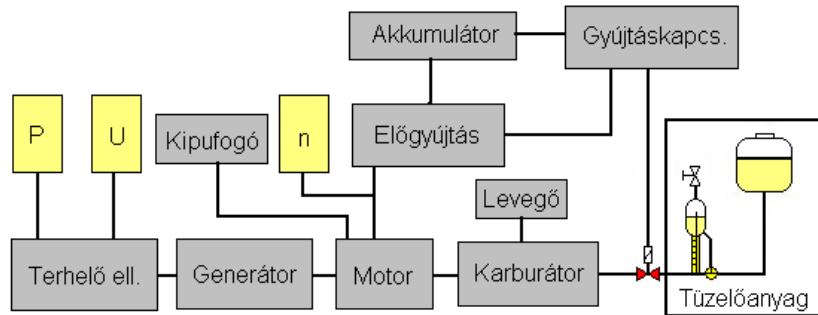


13. ábra: A mérőedény

Az E85 üzemre készített fúvóka (113) a 4. módosítás után érte el a célértéket, a 80%-os E85 üzemre (108) a 2. módosítás után, a tiszta etanolüzemre készített fúvóka (117) pedig a 2. módosítás után. A kapott eredmények a kitűzött értékeket nagyon jól közelítik, további finomítás az átfolyási mennyiség átmérőre való nagy érzékenysége miatt eszközeinkkel igen körülményes lenne.

#### 4. A kísérleti motorral végzett mérések [11]

A kísérleti motoron végzett átalakítás után célunk a motor – generátor egység jelleggörbéjének felvétele volt, a terhelés függvényében, állandó fordulatszámon (a motor szinkrongenerátorhoz csatlakozik). A motor terhelése egy ellenállászekrény segítségével villamos úton történt, a generátoron keresztül. A terhelés értéke lépcsőzetesen állítható, eközben mértük a motor által elfogyasztott tüzelőanyag mennyiségét, a generátor leadott teljesítményét és a fordulatszámot. A mérés benzín és E85 üzemben azonos módon történt. A következő ábrán a fékpad felépítése látható:



14. ábra: A fékpad felépítése

A motorhoz Sincro EK2LBA típusú egyfázisú, kétpólusú forgórészes, elektronikus feszültségszabályozóval szerelt generátor kapcsolódik. A kimenő feszültség értéke 115/230 V, pontossága 2%, frekvenciája 50 Hz,  $\cos\varphi$  értéke 0,8.

A terhelő ellenállások az ellenállászekrény oldalán található kapcsolókkal kapcsolhatók. A mérés alatt a generátor leadott teljesítménye és feszültsége rögzítésre került, majd ebből kerültek kiszámításra az aktuális ellenállás értékek. Ennek magyarázata, hogy az ellenállás a hőmérséklet függvényében, a feszültség a terhelés függvényében változik.

A villamos jellemzők mérésére két darab METEX M-3860M típusú multimétert használtunk. Ezekről egyszerre leolvasható a leadott teljesítmény és a kimenő feszültség pillanatnyi értéke. A multiméterek a generátor egy-egy kimenetét mérik, a leadott teljesítmény ezért a két műszer által mutatott érték összege.

A fordulatszámot Boschmot M240 típusú műszerrel mértük, amely a fordulatszámot a szekunder gyújtókábel feszültsége alapján méri. A valós fordulatszám azonban a kijelzett érték fele, mivel a motor gyújtásrendszere minden fordulaton ad szikrát, így azt a műszer kétszeres fordulatszámként érzékeli.

A fogyasztás mérését térfogatméréssel végeztük, azaz az adott tüzelőanyag térfogat elfogyasztásához szükséges időt mértük, és ez alatt feljegyzésre kerültek a mérendő jellemzők.

##### 4.1 A megállapítandó jellemzők

A generátor leadott teljesítményének függvényében meghatározható a motor – generátor egység óránkénti tüzelőanyag fogyasztása, fajlagos fogyasztása, az egy munkaciklus alatt elfogyasztott tüzelőanyag mennyisége és az egység hatásfoka. Ezek megállapításához az alábbi tényezők mérése szükséges:

- Pillanatnyi fordulatszám minimum és maximum értéke	(np [1/perc])
- Generátor leadott teljesítménye	(P [kW])
- Kimenő feszültség értéke	(U <sub>k</sub> [V])
- Elfogyasztott tüzelőanyag térfogata	(V [cm <sup>3</sup> ])
- Tüzelőanyag elfogyasztásához szükséges időt	(τ [s])
- Előgyújtási szög	(φ [°])
- Tüzelőanyag sűrűsége	(ρ [g/cm <sup>3</sup> ])
- Légköri nyomás	(P <sub>0</sub> [mbar])
- Relatív páratartalom	(α [%])
- Környezeti hőmérséklet	(t <sub>0</sub> [°C])

A mért tényezőkből számítható:

- Terhelő ellenállás nagysága	(R <sub>t</sub> [Ω])
- Átlagfordulatszám	(n <sub>a</sub> [1/perc])
- Elfogyasztott tüzelőanyag tömege	(m <sub>t</sub> [g])
- Megtett fordulatok száma	(n [ford])
- Óránkénti tüzelőanyag fogyasztás kg-ban	(B <sub>t</sub> [kg/h])
- Óránkénti tüzelőanyag fogyasztás literben	(B <sub>tv</sub> [l/h])
- Fajlagos tüzelőanyag fogyasztás	(b <sub>t</sub> [g/(kW*h)])
- Tüzelőanyag dózis	(m <sub>d</sub> [mg])
- Egység hatásfoka	(η [%])

A leadott teljesítmény függvényében ábrázolható:

- Óránkénti tüzelőanyag fogyasztás	(B <sub>t</sub> [kg/h])
- Fajlagos tüzelőanyag fogyasztás	(b <sub>t</sub> [g/(kW*h)])
- Tüzelőanyag dózis	(m <sub>d</sub> [mg])
- Kimenő feszültség értéke	(U <sub>k</sub> [V])
- Átlagfordulatszám	(n <sub>a</sub> [1/perc])
- Egység hatásfoka	(η [%])

#### 4.2 A számítás menete

A mérést és a számítást a motor – generátor egység egészére nézve végeztük el, mert a generátor veszteségét nem állt módunkban kellő pontossággal meghatározni. A különböző tüzelőanyagok használata alatti különbségek így is meghatározhatóak.

A terhelő ellenállás nagysága (R<sub>t</sub> [Ω]):

A leadott teljesítményhez tartozó terhelő ellenállás értéke a kimenő feszültségből és a leadott teljesítményből az alábbi módon határozható meg:

$$R_t = \frac{U_k^2}{P} \left[ \frac{V^2}{VA} \right] = \left[ \frac{V}{A} \right] = [\Omega]$$

Az elfogyasztott tüzelőanyag tömege (m<sub>t</sub> [g]):

Az elfogyasztott tüzelőanyag térfogatot a sűrűséggel szorozva megkapjuk az elfogyasztott tüzelőanyag tömegét:

$$m_t = V * \rho \left[ cm^3 * \frac{g}{cm^3} \right] = [g]$$

Az átlagfordulatszám (na [1/perc]):

$$n_a = \frac{n_{\min} + n_{\max}}{4} = \left[ \frac{1}{\min} \right]$$

A megtett fordulatok száma (n [ford]):

A megtett fordulatok számát az átlagfordulatszám és az idő szorzata adja:

$$n = \tau * \frac{n_a}{60} = s * \frac{ford}{s} = [ford]$$

Óránkénti tüzelőanyag fogyasztás (Bt [kg/h]):

Az óránkénti tüzelőanyag fogyasztást az adott tömegű tüzelőanyag elfogyasztásához szükséges idő alapján számítjuk:

$$B_t = \frac{3600}{1000} * \frac{m_t}{\tau} \left[ \frac{g}{s} \right] = \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

Fajlagos tüzelőanyag fogyasztás (bt [g/(kW\*h)]):

A fajlagos tüzelőanyag fogyasztás az óránkénti tüzelőanyag fogyasztás és a leadott teljesítmény hányadosa:

$$b_t = \frac{B_t}{P} \left[ \frac{kg}{kW * h} \right] * 1000 = \left[ \frac{g}{kW * h} \right]$$

Tüzelőanyag dózis (md [mg]):

Értéke az elfogyasztott tüzelőanyag tömege osztva a hengerszámmal és a megtett fordulatokkal, és i=2-vel szorozva (négyütemű motor esetén):

$$m_d = 2 * \frac{m_t}{z * n} [g] * 1000 = [mg]$$

Az összhatásfok ( $\eta$  [%]):

Az összhatásfok a leadott teljesítmény és a bevitt tüzelőanyag mennyiség fűtőértékének hányadosa. Értéke a fajlagos fogyasztás szorozva a benzín fűtőértékével, majd ennek reciproka:

$$\eta = \frac{1 * 13,6 * 10^6}{H_b * b_t \left[ \frac{kJ}{kg} * \frac{g}{kW * h} \right]} * 100 = [%]$$

A mért teljesítmény értéket az ENSZ EGB 24 előírás szerint korrigálni kell normál légköri viszonyokra az alábbi összefüggéssel:

$$\alpha = \left( \frac{99}{P_{sz}} \right)^{1,2} * \left( \frac{T}{298} \right)^{0,6}$$

,ahol P<sub>sz</sub> a száraz légnyomás [kPa], T a motorba beszívott levegő hőmérséklete [K]. A korrigált értéket a következő összefüggéssel kell számítani:

$$P_0 = \alpha * P [kW]$$

#### 4.3 Mérési eredmények benzinüzemben

A benzin sűrűségét [10] alapján 0,76 g/cm<sup>3</sup>-nek vettük. A környezeti feltételek a mérés folyamán a következők voltak:

- légnyomás: 1002 mbar
- hőmérséklet: 20°C
- páratartalom: 81%

A számításokhoz szükséges további adatok az alábbi táblázatokban találhatóak.

Szükséges adatok			
Hengerszám	z	1	db
Ütemszám	i	4	
Sűrűség	ρ	0,76	g/cm <sup>3</sup>
Fűtőérték	H	43560	kJ/kg
Térfogat	V	16	cm <sup>3</sup>
Előgyújtás	fi	25	ft° FHPE
Tömeg	m <sub>t</sub>	12,16	g

4. táblázat: A számításokhoz szükséges adatok

Korrekciós tényező		
p <sub>l</sub>	100,2	kPa
p <sub>n</sub>	2,13	kPa
p <sub>sz</sub>	98,07	kPa
alfa <sub>0</sub>	1,0012	

5. táblázat: A korrekciós tényező

Sorszám	Fordulatszámjелеk		Idő	Teljesítmény	Feszültség
	n_min	n_max			
	1/perc		s	W	V
			tau	P	U
1	6270	6310	50,55	0	220,5
2	6065	6115	46,1	797	220,5
3	5830	5890	40,15	1548	217,5
4	5665	5735	36,4	2056	206,5
5	5640	5700	31,05	2792	209,5
6	5675	5725	25,85	3626	210,5
7	5660	5740	23,1	4472	214,5
8	5570	5630	21,55	4921	207,5
9	5440	5530	21,05	4973	198
10	5270	5370	20,95	4920	184
11	5110	5165	19,95	4875	172,5

6. táblázat: A mért adatok (M1) átlagértékei

A benzinüzemben mért adatok részletes táblázatai a melléklet M1 táblázatainál találhatóak. A 12. táblázat a számított eredményeket tartalmazza.

Számított adatok									
Sorsz.	Átl. fsz	Megtett fsz.	Terh. ell.	Korr. Telj.	Fogy.	Fajl. Fogy.	Dózis	Hatásfok	Fogy.
	1/perc		Ohm	kW	kg/h	g/kWh	mg	%	l/h
	n_a	n	R_t	P_0	B_t	b_t	m_d	éta	b_vt
1	3145,0	2649,7	∞	0,00	0,87	∞	9,18	0,00	1,14
2	3045,0	2339,6	61,00	0,80	0,95	1190,06	10,40	6,94	1,25
3	2930,0	1960,7	30,56	1,55	1,09	703,51	12,40	11,75	1,43
4	2850,0	1729,0	20,74	2,06	1,20	584,25	14,07	14,15	1,58
5	2835,0	1467,1	15,72	2,80	1,41	504,37	16,58	16,39	1,86
6	2850,0	1227,9	12,22	3,63	1,69	466,49	19,81	17,72	2,23
7	2850,0	1097,3	10,29	4,48	1,90	423,27	22,16	19,53	2,49
8	2800,0	1005,7	8,75	4,93	2,03	412,31	24,18	20,04	2,67
9	2742,5	962,2	7,88	4,98	2,08	417,69	25,28	19,79	2,74
10	2660,0	928,8	6,88	4,93	2,09	424,21	26,18	19,48	2,75
11	2568,8	854,1	6,10	4,88	2,19	449,58	28,47	18,38	2,89

7. táblázat: A benzines mérés számítási eredményei

A mérés során a leadott teljesítmény maximum értéke 4,98 kW volt, 2742-es percnkénti fordulatszámon. Ekkor a fajlagos fogyasztás értéke 417,7 g/(kW\*h), a hatásfok 19,8%, az óránkénti tüzelőanyag fogyasztás 2,74 l/h volt. A hatásfok maximuma 20%, amikor a fajlagos fogyasztás 412,3 g/(kW\*h).

#### 4.4 Mérés E85 üzemben

##### 4.4.1 Az optimális fúvókaméret és előgyújtás meghatározása

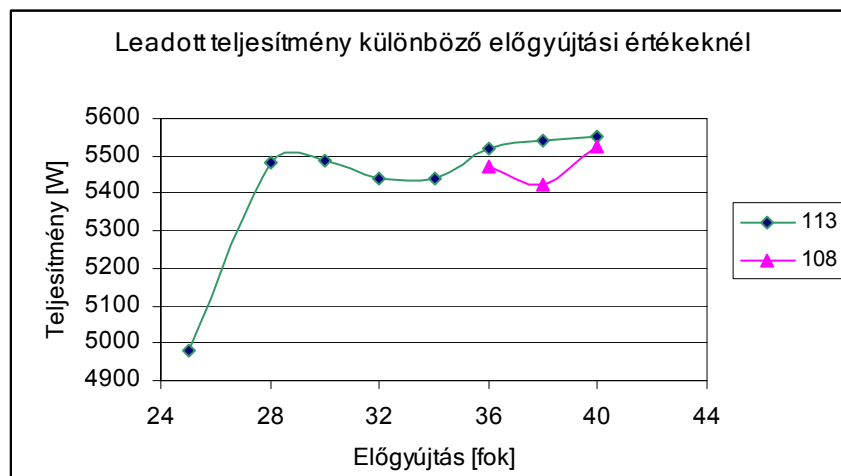
Az E85 üzemű mérések alatt használt fékpad és a szükséges számítások megegyeztek a benzines méréseknél leírtakkal. Az optimalizálást a legnagyobb elérhető teljesítményre végeztük az amellet elérhető legkisebb fajlagos fogyasztás mellett.

A mérések alatt az etanolra, az E85-re és a 80% E85-re készített fúvókákat vizsgáltuk az előgyújtás értékét fokozatosan változtatva. Először az E85-re kalibrált fúvókát (113) mértük, az előgyújtást a benzines érték felső holtpont előtti 25°-ról növelve egészen 40°-ig, feljegyezve eközben a fordulatszámot és a leadott teljesítményt. Ezután a tiszta etanolra kalibrált fúvókát (117) szereltük be, amelynél a motor semmilyen előgyújtási érték mellett sem indult be, a túlságosan dús tüzelőanyag-levegő keverék miatt. Végül a 80% E85-re készített fúvókát (108) mértük, az előgyújtást 40°-ról fokozatosan csökkentve. A mért maximális leadott teljesítmények a következő táblázatban találhatóak, a további eredményeket a melléklet M2 táblázatai tartalmazzák.

Fúvóka	Előgyújtás	Fordulatszám	Feszültség	Teljesítmény
mm	fok	1/perc	V	W
113	25	2730	202	4980
	28	2800	206	5480
	30	2800	206,5	5487
	32	2750	203,5	5440
	34	2750	207	5440
	36	2750	206,5	5520
	38	2755	207	5543
	40	2750	207,5	5554
117	40	0	0	0
	36	0	0	0
108	40	2760	207,5	5525
	38	2775	205	5426
	36	2730	205,5	5473

8. táblázat: A maximálisan levehető teljesítmény, különböző előgyújtási szögeknél

A következő diagram a generátorról maximálisan levehető teljesítményt ábrázolja különböző előgyújtási értékek mellett.

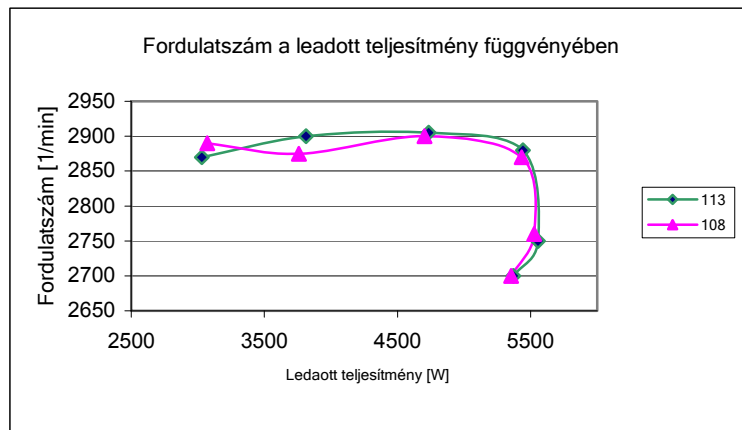


15. ábra: A leadott teljesítmény, különböző előgyújtás és fúvóka értékek esetén

Mivel a 108-as és a 113-as fűvókák 40°-os felső holtpont előtti előgyújtás esetén szinte teljesen megegyező maximális leadott teljesítményt eredményeztek, a kettő közül a kisebb fajlagos fogyasztást adó 108-as fűvókát választottuk végleges fűvókának.

A 108-as fűvóka a mérés közben a maximális leadott teljesítmény mellett a 16 cm<sup>3</sup> tüzelőanyagot 16,1 másodperc alatt fogyasztotta el (fajlagos fogyasztás: 508,3 g/kWh), míg a nála a fűvóka átfolyási képesség mérése során 10%-kal nagyobb értéket adó 113-as fűvóka 14,6 másodperc alatt (fajlagos fogyasztás: 563,4 g/kWh). Az eltérés tehát itt is 10%-os.

A mérés közben a tovább növelt terhelés mellett a láthatóan csökkenő fordulatszám (lásd: 16. ábra) a pillangószelep teljesen nyitott helyzetére utal. Mivel ilyenkor a szívócső depresszió mértéke kizárólag a fordulatszámtól függ, ebből következően a fogyasztásban csak az átfolyási képesség eltérése miatt jelentkezik eltérés a közel változatlan maximális teljesítmény mellett. Ez azt jelenti, hogy a 113-as fűvóka az optimálisnál dúsabb tüzelőanyag-levegő keveréket állít elő, többletfogyasztást okozva ezzel. A kisebb fűvókával így fajlagos fogyasztás vonatkozásában kedvezőbb értékek érhetők el, ez indokolja választását.



16. ábra: A fordulatszám a leadott teljesítmény függvényében

Összefoglalva tehát: az általunk végzett mérések alapján a kísérleti motor előgyújtását E85 üzemben 25°-os felső holtpont előtti előgyújtás értékről 40°-os felső holtpont előtti előgyújtás értékre kell módosítani. A karburátor fűvókáját 92-es méretűről 108-as méretűre kell megváltoztatni.

#### 4.4.2 Mérési eredmények E85 üzemben

Az E85 tüzelőanyag sűrűségét [10] alapján 0,784 g/cm<sup>3</sup>-nek vettem. A környezeti feltételek, így a korrekciós tényező a mérés folyamán a benzines méréssel megegyeztek. A számításokhoz szükséges további adatok az alábbi táblázatban találhatóak.

Szükséges adatok			
Hengerszám	z	1	db
Ütemszám	i	4	
Sűrűség	$\rho$	0,784	g/cm <sup>3</sup>
Fűtőérték	H	28800	kJ/kg
Térfogat	V	16	cm <sup>3</sup>
Előgyújtás	$\phi_i$	40	ft° FHPe
Tömeg	$m_t$	12,544	g

9. táblázat: A számításokhoz szükséges adatok



Az alábbi táblázat a 3 alkalommal megismételt mérés átlageredményeit tartalmazza. A mért adatok részletes táblázatai a melléklet M3 fejezetében találhatóak.

Sorszám	Fordulatszámjelek		Idő	Teljesítmény	Feszültség
	1/perc		s	W	V
	n_min	n_max	tau	P	U
1	6166,67	6213,33	52,66	0,00	221,33
2	6133,33	6193,33	42,73	771,67	220,33
3	5893,33	5953,33	36,27	1601,67	219,67
4	5753,33	5806,67	31,83	2193,33	210,33
5	5710,00	5776,67	27,03	2986,00	215,00
6	5740,00	5806,67	22,50	3796,33	216,00
7	5746,67	5813,33	18,27	4581,00	217,67
8	5700,00	5760,00	16,77	5205,67	218,00
9	5520,00	5573,33	16,10	5301,00	205,00
10	5353,33	5433,33	16,60	5077,00	189,67

10. táblázat: A mért adatok átlagértékei

Számított adatok									
Sorszám	Átl. fsz.	Megtett fsz.	Terh. ell.	Korr. Telj.	Fogy.	Fajl. Fogy.	dózis	hatásfok	Fogy.
	1/perc		ohm	kW	kg/h	g/kWh	mg	%	l/h
	n_a	n	R_t	P_0	B_t	b_t	m_d	éta	b_vt
1	3095,0	2716,4	∞	0,00	0,86	∞	9,24	0,00	1,09
2	3081,7	2194,8	62,91	0,77	1,06	1367,83	11,43	9,14	1,35
3	2961,7	1790,2	30,13	1,60	1,25	776,51	14,01	16,10	1,59
4	2890,0	1533,3	20,17	2,20	1,42	646,01	16,36	19,35	1,81
5	2871,7	1293,8	15,48	2,99	1,67	558,78	19,39	22,37	2,13
6	2886,7	1082,5	12,29	3,80	2,01	528,06	23,18	23,67	2,56
7	2890,0	879,8	10,34	4,59	2,47	539,03	28,51	23,19	3,15
8	2865,0	800,6	9,13	5,21	2,69	<b>516,78</b>	31,34	<b>24,19</b>	3,44
9	2773,3	744,2	7,93	<b>5,31</b>	2,80	528,50	33,71	23,65	3,58
10	2696,7	746,1	7,09	5,08	2,72	535,20	33,63	23,36	3,47

11. táblázat: Az E85 üzemű mérés számítási eredményei

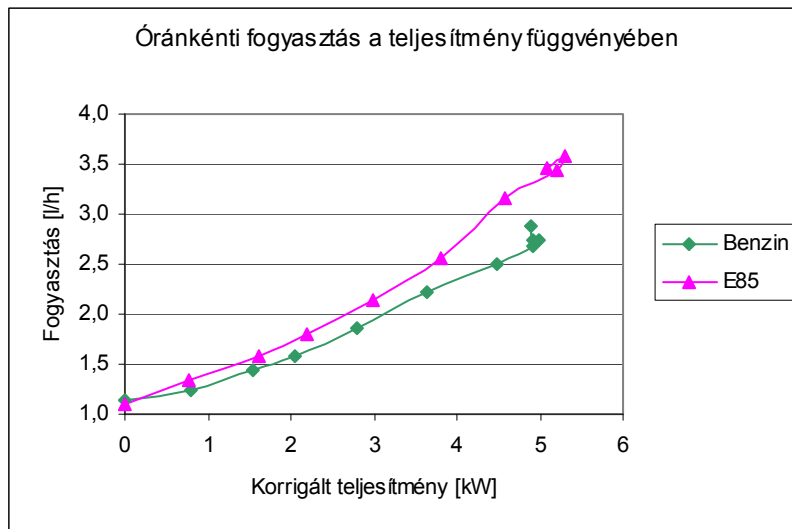
A mérés során a leadott teljesítmény maximum értéke (a 9-es sorszámú terhelési lépcsőben) 5,31 kW volt, 2773-es percnkénti fordulatszám. Ekkor a fajlagos fogyasztás értéke 528,5 g/(kW\*h), a hatásfok 23,7%, az óránkénti tüzelőanyag fogyasztás 3,58 l/h volt. A hatásfok maximuma 24,2%, a hozzá tartozó fajlagos fogyasztás 516,8 g/(kW\*h).

### 5. Az E85- és a benzinüzem mérési eredményeinek összehasonlítása [11]

A kísérleti motor üzemi jellemzőiben lévő különbségeket a benzin és az E85 tüzelőanyag használatánál a következő diagramokon követhetjük nyomon. A diagramokon a benzinüzemben kapott eredményeket zöld színnel, az E85 üzemben kapott eredményeket piros színnel ábrázoltam.

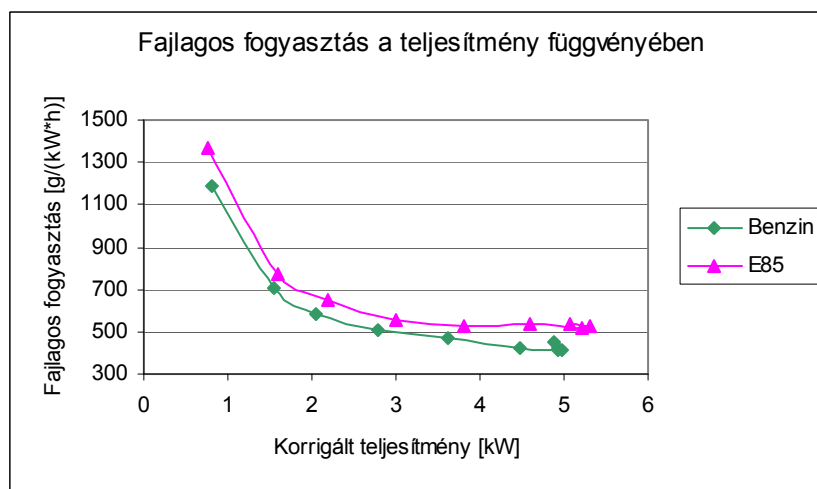
A motor maximális tüzelőanyag fogyasztása benzinüzemben 2,89 l/h volt 4,88 kW leadott teljesítmény mellett, E85 használatkor pedig 3,58 l/h 5,31 kW leadott teljesítménynél. Az üresjáratban mért nagy fogyasztás oka, hogy a szinkrongenerátor miatt a fordulatot 3000/perc körül kell tartani. A terhelés

növelésével egy pont után a generátor teljesítménye csökkenni kezd, mivel a motor fordulatszáma visszaesik. Ezáltal a fogyasztás is csökkenni kezd, ezért kanyarodik vissza a görbe. Ezt a jelenséget a nagyobb fogyasztást eredményező E85 tüzelőanyagnál tapasztaltuk. A fogyasztásnövekedés növekvő terhelésnél egyre nagyobb, a maximális értéknél körülbelül 30%-os.



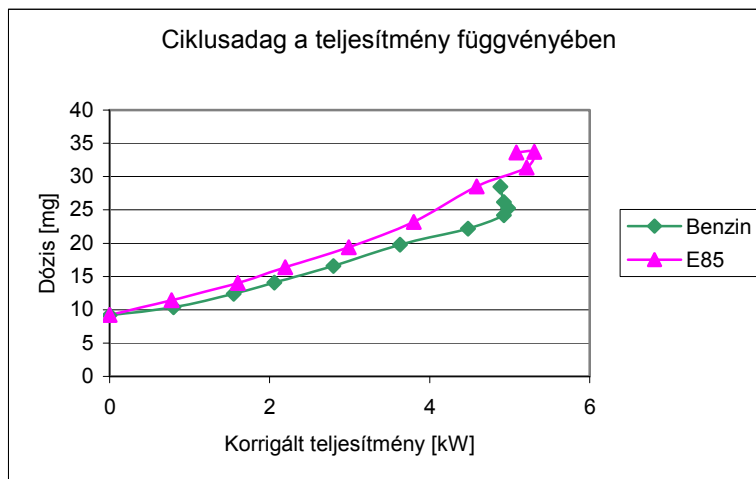
17. ábra: A motor óránkénti tüzelőanyag fogyasztása a teljesítmény függvényében

A 18. ábrán a fajlagos tüzelőanyag fogyasztás alakulása látható benzin és E85 üzemben. A minimum értéke benzin esetén 412,3 g/(kW\*h), E85-nél pedig 516,8 g/(kW\*h). A legkisebb fajlagos fogyasztást a legnagyobb leadott teljesítményhez nagyon közel mértük. Az E85 fajlagos fogyasztása a teljes tartományban nagyobb a benzinénél. A terhelés növelésével a görbe végső szakaszán a terhelés csökkent, ezért a fajlagos fogyasztás értéke újra növekszik.



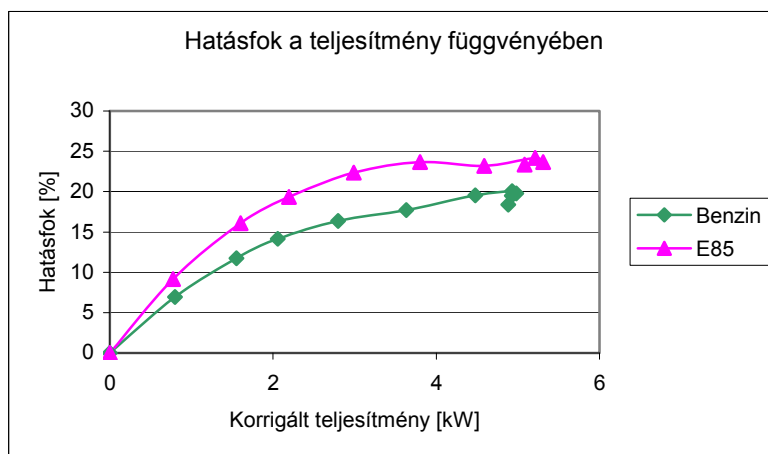
18. ábra: A motor fajlagos tüzelőanyag fogyasztása a teljesítmény függvényében közel állandó fordulatszámon

Az egy ciklus alatt elfogyasztott tüzelőanyag mennyisége az alábbi ábrán látható. Benzinüzemben maximális teljesítmény melletti értéke 25,3 mg, üresjáratú értéke 9,2 mg. E85 üzemben az értékek rendre 33,7 és 9,2 mg.

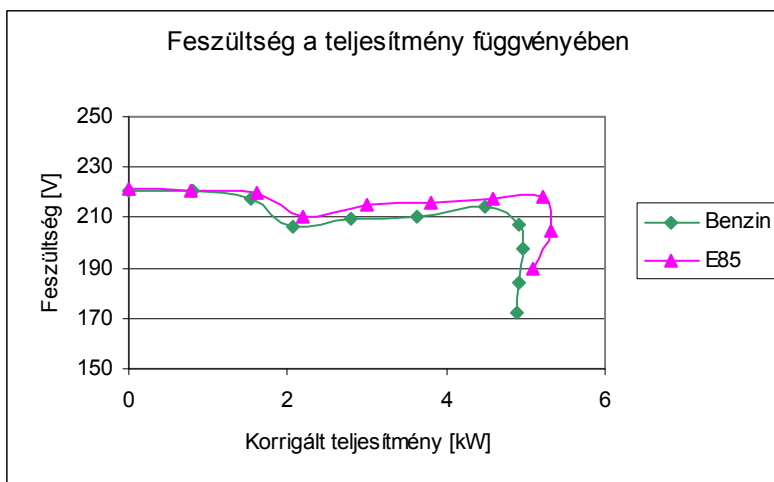


19. ábra: Az egy ciklus alatt elfogyasztott tüzelőanyag mennyisége a teljesítmény függvényében

A hatásfok a fajlagos fogyasztás reciprokának megfelelően alakul. Az alábbi görbe a generátor leadott teljesítményének és a bevitt hőmennyiségnek a hányadosa, azaz az effektív hatásfok. Maximuma benzinüzemben 20%, E85-nél 24,2%.



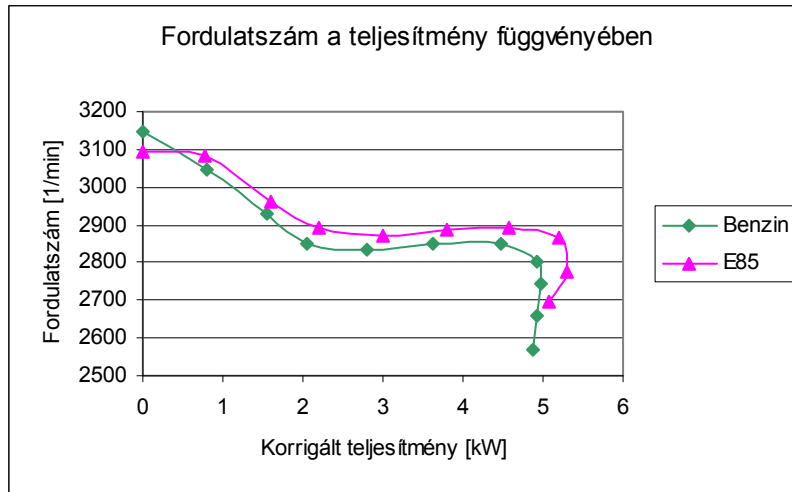
20. ábra: A motor hatásfokának alakulása a teljesítmény függvényében



21. ábra: A generátor feszültsége a teljesítmény függvényében

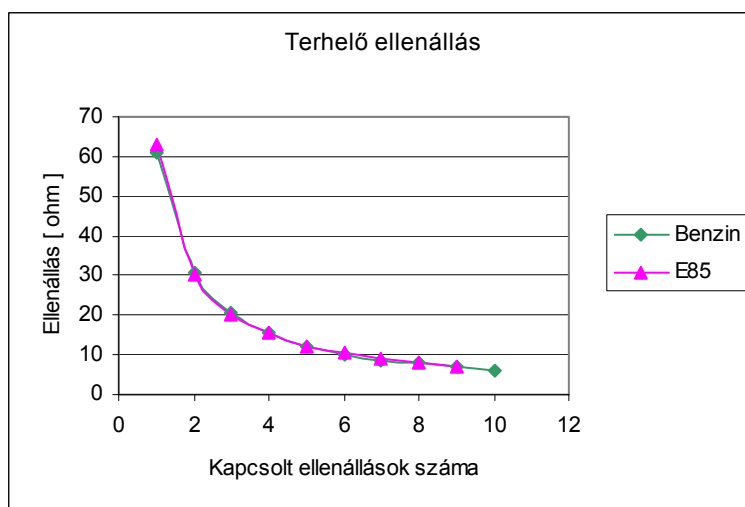
A 21. ábrán látható, hogy a generátor feszültsége a maximális teljesítmény leadásáig 210-220 V között ingadozott. A terhelés további növelésekor a generátor terhelési szöge megnő, így a feszültség és ezzel a leadott teljesítmény csökken. A maximális teljesítményt a csökkenő feszültség korlátozza. E85 használatakor a feszültségértékek végig a benzinüzem felett voltak.

A motor fordulatszámát röpsúlyos fordulatszám-szabályozó tartja 3000/perc körüli értéken. Üresjáratban a fordulatszám értéke mindkét tüzelőanyagnál 3100/perc körüli, de benzinüzemben gyorsabban csökkenő tendenciát mutat. Az optimális 3000/perc értéket 1,3 kW leadott teljesítmény körül éri el a motor, maximális teljesítményt benzinnel és E85-tel is 2800/perc fordulaton mértük. Ez még elfogadható érték a generátor működése szempontjából.

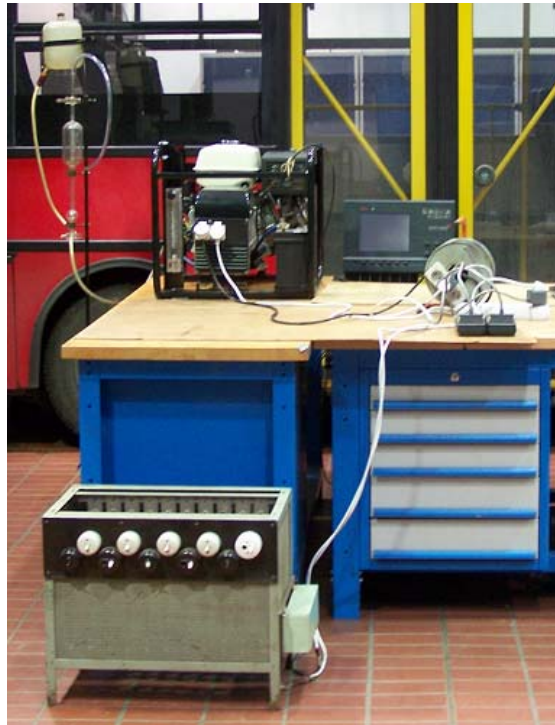


22. ábra: A motor fordulatszáma a teljesítmény függvényében

A 23. ábra a számított terhelő ellenállás értékeit mutatja a bekapcsolt tekercsek számának függvényében. A terhelő ellenállás értéke a közel állandó feszültség miatt négyzetesen csökken a leadott teljesítmény növekedése mellett. A mérési lépcsők sorszámai megegyeznek a párhuzamosan kapcsolt tekercsek számával. Nulla bekapcsolt tekercs mellett az ellenállás értéke végtelen. A számított értékekben csak elhanyagolható különbség mutatkozik a benzin és E85 üzem között.



23. ábra: A számított terhelő ellenállás értékek az egyes mérési lépcsőkben



24. ábra: A mérési elrendezés

## 6. Összefoglalás

Benzinmotor E85 üzemre történő átalakításához kismértékű átalakítások szükségesek, mivel tulajdonságai közel állnak a benzinéhez. Legfőbb eltérésként mutatkozik a jóval kisebb fűtőérték, valamint a lassabb égési sebesség. Előbbi miatt a karburátorban nagyobb fúvókaméretet, utóbbi miatt nagyobb előgyújtást kell alkalmazni. Kísérleteink bebizonyították, hogy még egy egyszerű felépítésű, és nem minden munkapontban az optimális beállításokkal üzemelő motor esetében is több, mint 8%-os teljesítménynövekedést lehet elérni. Modern, elektronikus gyújtású és vezérlésű motorok esetében ez a növekmény még magasabb lehet. A jövőbe tekintve megjósolható, hogy Földünk energiakészletének optimális kihasználhatósága érdekében hamarosan minden benzinüzemű gépkocsi ú.n. flex fuel, azaz benzin – E85 vegyes üzemű lesz. A Gépjárművek tanszék a jövőben vizsgálni kívánja egy E85 üzemben működő benzinüzemű motor kipufogógáz összetételét. A várható eredmények (kedvezőbb károsanyag kibocsátás) alapján kijelenthető, hogy amennyiben elterjed a mezőgazdasági hulladékok, melléktermékek bioetanolra történő alakítása és ezzel megoldódik az élelem – tüzelőanyag ellentmondás, nagy jövő elé tekint az E85 tüzelőanyag.

**Mellékletek**

**M1:** A benzinüzemben mért adatok táblázata

Mért adatok					
Sorszám	Fordulatszám		Idő	Teljesítmény	Feszültség
	1/min		s	W	V
	n_min	n_max	tau	P	U
1	6260	6300	51,3	0	221
2	6060	6100	45,9	814	220
3	5800	5880	40,1	1545	214
4	5670	5730	36,5	2084	207
5	5680	5740	30,7	2851	210
6	5700	5760	25,1	3719	214
7	5660	5740	22,7	4506	215
8	5570	5630	21,5	4936	208
9	5400	5520	20,8	5030	199
10	5240	5360	21,4	4920	183
11	5100	5180	19,9	4890	172
1	6280	6320	49,8	0	220
2	6070	6130	46,3	780	221
3	5860	5900	40,2	1551	221
4	5660	5740	36,3	2028	206
5	5600	5660	31,4	2733	209
6	5650	5690	26,6	3533	207
7	5660	5740	23,5	4438	214
8	5570	5630	21,6	4906	207
9	5480	5540	21,3	4916	197
10	5300	5380	20,5	4920	185
11	5120	5150	20	4860	173

**M2:** E85 üzem optimalizálási táblázatok

Fűvóka	Előgyújtás	Mért ford.sz.	Teljesítmény		Feszültség		Valós ford.sz.	Valós fesz.	Össztelj
			W	W	V	V			
mm	fok	1/min					1/min	V	W
113	25	6300	0	0	216	226	3150	221	0
		6100	800	0	216	226	3050	221	800
		5900	1500	0	206	222	2950	214	1500
		5740	2000	0	192	216	2870	204	2000
		5800	1478	1430	209	218	2900	213,5	2908
		5760	2143	1404	202	218	2880	210	3547

		5750	1490	2840	209	222	2875	215,5	4330
		5670	2150	2780	207	222	2835	214,5	4930
		5460	1310	3670	195	209	2730	202	<b>4980</b>
		5360	1700	3230	178	195	2680	186,5	4930
		5210	2000	2900	170	187	2605	178,5	4900
113	28	5700	1430	1500	212	216	2850	214	2930
		5730	2160	1531	204	220	2865	212	3691
		5750	1493	3136	210	223	2875	216,5	4629
		5760	2243	3183	210	225	2880	217,5	5426
		5600	2620	2860	197	215	2800	206	<b>5480</b>
		5420	2814	2513	181	200	2710	190,5	5327
		5200	1994	3345	170	190	2600	180	5339
113	30	5720	2100	1500	204	220	2860	212	3600
		5760	2830	1565	204	223	2880	213,5	4395
		5770	2220	3150	211	226	2885	218,5	5370
		5600	2630	2857	197	216	2800	206,5	<b>5487</b>
		5400	2818	2507	181	202	2700	191,5	5325
113	32	5730	1570	1520	202	217	2865	209,5	3090
		5760	2270	1565	203	222	2880	212,5	3835
		5720	1580	3070	208	222	2860	215	4650
		5700	2280	3075	207	224	2850	215,5	5355
		5500	2670	2770	194	213	2750	203,5	<b>5440</b>
		5400	2823	2428	178	200	2700	189	5251
113	34	5740	1486	1526	202	217	2870	209,5	3012
		5730	2170	1516	204	221	2865	212,5	3686
		5740	1500	3130	210	223	2870	216,5	4630
		5750	2250	3170	213	217	2875	215	5420
		5500	2660	2780	198	216	2750	207	<b>5440</b>
		5380	2850	2503	180	200	2690	190	5353
113	36	5760	1480	1520	206	221	2880	213,5	3000
		5740	2190	1530	206	222	2870	214	3720
		5770	1505	3150	212	225	2885	218,5	4655
		5760	2266	3172	213	227	2880	220	5438
		5500	2670	2850	197	216	2750	206,5	<b>5520</b>
		5420	2845	2502	180	202	2710	191	5347

**M2\_a:** A fúvókák mért értékei (előgyújtás 40°)

Sorszám	Fordulatszám		Idő	Teljesítmény	Feszültség
	1/min			W	V
	n_min	n_max	tau	P	U
1 (113)	5470	5530	14,6	5554	207,5
2 (108)	5480	5560	16,1	5525	207,5

**M2\_b:** A fúvókák számított adatai (előgyújtás 40°)

Sorszám	Átl. fsz.	Megtett fsz.	Terh. ell.	Korr. Telj.	Óránkénti fogy.	Fajl. fogy.
	1/min		ohm	kW	kg/h	g/kWh

	n <sub>a</sub>	n	R <sub>t</sub>	P <sub>0</sub>	B <sub>t</sub>	b <sub>t</sub>
1 (113)	2750	737,91667	7,752	5,5605213	3,116712329	563,449242
2 (108)	2760	671,6	7,793	5,5314873	2,826335404	508,286045

**M3:** Az E85 üzemben mért adatok táblázata

Sorszám	Fordulatszám		Idő	Teljesítmény	Feszültség
	1/min		s	W	V
	n <sub>min</sub>	n <sub>max</sub>	tau	P	U
1	6180	6220	50,98	0	222
2	6120	6180	41,4	790	220
3	5840	5900	36	1585	217
4	5750	5790	32,1	2190	208
5	5710	5770	26,6	2980	216
6	5730	5770	22,6	3770	214
7	5740	5820	18,1	4598	214
8	5690	5750	16,9	5240	218
9	5540	5560	15,9	5329	205
10	5350	5410	16,8	5117	189
1	6140	6200	54,1	0	221
2	6150	6210	44,1	750	220
3	5930	5970	36,4	1600	221
4	5770	5830	31,5	2190	213
5	5700	5780	27,3	2978	213
6	5730	5810	22,4	3789	216
7	5730	5790	18,6	4515	219
8	5710	5770	16,7	5097	218
9	5520	5580	16,1	5294	205
10	5370	5430	16,3	5054	190
1	6180	6220	52,9	0	221
2	6130	6190	42,7	775	221
3	5910	5990	36,4	1620	221
4	5740	5800	31,9	2200	210
5	5720	5780	27,2	3000	216
6	5760	5840	22,5	3830	218
7	5770	5830	18,1	4630	220
8	5700	5760	16,7	5280	218
9	5500	5580	16,3	5280	205
10	5340	5460	16,7	5060	190



### **Irodalomjegyzék**

1. Alternatív járműhajtások – Dr. Emőd István, Tölgyesi Zoltán, Dr. Zöldy Máté  
Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2006.
2. Ethanol-Initiative Bayern – Markteinführung von E85 am Beispiel von Straubing – Hubert Maierhofer,  
[www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de)
3. E85 and flex fuel vehicles – US Environmental Protection Agency, [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
4. Handbook for Handling, Storing and Dispensing E85 – US Department of Energy,  
[www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)
5. Honda GX390 Engine, [www.honda-engines-eu.com](http://www.honda-engines-eu.com)
6. Owners Manual (2007) – GX390 – Honda Motor Co., Ltd., [www.honda-engines.com](http://www.honda-engines.com)
7. Belsőégésű motorok hidrogén üzeme – Diplomaterv, Váradi István  
BME Gépjárművek tanszék, 2008.
8. Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata – Dr. Dezsényi György, Dr. Emőd István, Dr. Finichiu Liviu.  
Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, 1999.
9. Roger Lippman – Converting VW Engines, 1980
10. Belsőégésű motorok folyamatai – Dr. Kalmár István, Dr. Stukovszky Zsolt
11. Benzinmotor átalakítása bioetanol és hidrogén üzemre – Diplomaterv, Oláh Gábor  
BME Gépjárművek tanszék, 2009.