



ÓBUDAI EGYETEM  
ÓBUDA UNIVERSITY

**HABILITÁCIÓS TÉZISFÜZET**

**DR. FARKAS FERENC (PHD, OKLEVELES MG. GÉPÉSZMÉRNÖK)**

# **Biohajtóanyagok komplex vizsgálata a klímatudatosság jegyében**

**BIZTONSÁGTUDOMÁNYI  
DOKTORI ISKOLA**

Budapest, 2025. június 19.

## Tartalom:

|   |                                                                |    |
|---|----------------------------------------------------------------|----|
| 1 | A kutatás előzményei .....                                     | 3  |
| 2 | Új tudományos eredmények.....                                  | 6  |
| 3 | A kutatás és a bemutatott eredmények hatása, visszhangja ..... | 31 |
| 4 | Irodalmi hivatkozások listája .....                            | 32 |
| 5 | A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények .....       | 33 |
| 6 | További tudományos közlemények (opcionális) .....              | 34 |

## 1 A kutatás előzményei

2006 óta ünnepeljük augusztus 10-ét, mint a biodízel nemzetközi napját. 1900-ban Párizsban Rudolf Diesel már bemutatta földimogyoró olajjal is üzemelő motorját és 1912-ben pedig a következőket fogalmazta meg. „A növényi olajok üzemanyagként történő felhasználása ma értelmetlen lenne, idővel azonban éppen olyan jelentőségre tehetnek szert, mint jelenleg a kőolaj-származékok.” Évtizedekkel később a 1973-as olajválság jelentősen átértékelte a fejlett világ üzemanyag-ellátásához való viszonyát, illetve a szocialista országok eladásítását vonta maga után. Az ezt követő második olajválság 1979-re datálódik, amellyel a keleti blokk összeomlásához vezető folyamatok elkezdődtek. 1973 őszén a kitermelt nyers kőolaj hordónkénti árát rövid időn belül drasztikusan, közel négyszeresére emelték. Ezen gazdasági tényezők mellett a globális felmelegedés, a túlnépesedés és a környezetvédelem problémái is fokozták a biológiai eredetű, alternatív hajtóanyagok iránti igényt. Az Európai Szabványügyi Testület már 2003-ban létrehozott egy szabványt a FAME-nek (Fatty acid methyl ester) nevezett zsírsav metil észter minőségének betartására. (EN14214.) Fontos mérföldkő volt, hogy egy 2010-es EU célkitűzés szerint az összes gépjármű hatóanyagának 5.75% biológiai eredetű alapanyagot kell tartalmaznia.

Már az 1., majd a 2. világháborúban állítottak elő cellulóz savas hidrolízisével ipari mennyiségű etanolt, mely technológiát az 1940-es évek végén továbbfejlesztették. A kukoricakeményítékből gyártott bioetanol mellett egyre jelentősebbé vált a lignocellulóz alapú bioetanol-gyártás. Az USA-ban igen elterjedt, Svédországban is használt és a Magyarországon 2007 eleje óta forgalmazott szabványos E85 üzemanyag keverék 85% bioetanol és 15% benzint tartalmazott. Ezt az üzemanyagot hagyományos Otto-motoros autókban átalakító nélkül akár 50-50%-ban lehetett felhasználni, később az összes nagyobb autógyár kínálatában megtalálhatóak voltak a tiszta benzin és az E85 befogadására is képes, ún. (Flexible Fueled Vehicle, FFV) gépjárművek.

Mára a biohajtóanyagok jelentős fejlődésen estek át és szakértői vélemények alapján az elektromos járművek (EV) és a bioüzemanyagok hatékony kiegészítő kombinációnak bizonyulnak az olajigények csökkentésében. [WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2022, International Renewable Energy Agency, IRENA] Globálisan a bioüzemanyagok és az elektromos járművekben használt -megújuló módon előállított- villamos energia naponta 4 millió hordó olajegyenértéket váltana ki 2028-ra. [WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2022, International Renewable Energy Agency, IRENA]

2023 és 2025 között az átlagos bioüzemanyag-termelés várhatóan 63 milliárd liter lesz, ami 30%-kal magasabb a 2019-es szintnél., főképp a nehézdízel és a repülőgép szegmens növekvő igénye miatt. [Renewables 2023 Executive summary Analysis and forecasts to 2028, IEA]

A bioüzemanyag iránti kereslet az IEA (Nemzetközi Energia Ügynökség) szerint 38 milliárd literrel bővül 2023 és 2028 között, ami közel 30%-os növekedés az elmúlt ötéves időszakhoz képest. Valójában a teljes bioüzemanyag-kereslet 23%-kal nő és 2028-ra 200 milliárd liter lesz, ennek 2/3-át a biodízel és a bioetanol teszi ki, a fennmaradó részt pedig a biorepülőgép-üzemanyag jelenti. [Renewables 2023 Executive summary Analysis and forecasts to 2028, IEA]

A biodízel és a repülőgépek bio üzemanyag-fogyasztása 18 milliárd literrel nő a 2011-2028.közzötti időszakban, ennek közel 80%-át az Egyesült Államok és Európa adja. Az Egyesült Államok egy fenntartható repülési üzemanyag ún. "Grand Challenge" programot is elindított 2021-ben, 11 milliárd liter fenntartható repülési üzemanyag (SAF) termelését célozza meg 2030-ra, bár ez a cél nem kötelező érvényű.

Az Európai Unió is jóváhagyta legújabb megújuló energia irányelvét (RED III), amely a megújuló energia részarányának megduplázását célozza 2030-ig. A tagállamoknak 2025-ig összhangba kell hozniuk saját energiapolitikájukat vagy a 29%-os megújuló energia részarány célal, vagy a 14,5%-os ÜHG-kibocsátás-csökkentési céllal. Ezzel egyidejűleg a repülőgép-bioüzemanyag-felhasználás növekedésére lehet számítani Franciaországban, Svédországban és Norvégiában is, összhangban a „ReFuelEU Aviation” célokkal, azaz hogy 2025-re 2%-os, 2030-ra pedig 6%-os bio részarány (SAF) bekeverés valósuljon meg. [Renewables 2023 Executive summary Analysis and forecasts to 2028, IEA]

Az IEA szerint a teljes dekarbonizáció leginkább az elektrifikáció, a hidrogén és származékai, a bioenergia és a CO<sub>2</sub>-kibocsátás megkötését, felhasználását vagy tárolását biztosító CCUS technológiák értékláncainak érettségétől függ. Az IEA szerint, ha globális szinten el akarjuk érni a klímasemlegességet 2050-re, a villamosenergia-termelést körülbelül 2,5-szeresére kell megnövelni az évszázad közepére, s mindezt a keresletet tiszta, karbonmentes (megújuló és nukleáris) forrásokból kell biztosítanunk. Magyarországon 2050-ben az áramtermelés – mintegy háromszorosa lesz a mostaninak a Korai Cselekvési forgatókönyv szerint. [Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia 2020-2050, ITM, Budapest 2020.]

Magyarország „Korai Cselekvés” forgatókönyve esetében a beruházási költségek 24 709 milliárd forinttal lesznek magasabbak az „Ölbe Tett Kéz” forgatókönyvhöz képest. Ezzel szemben

a „Halasztott Cselekvés” forgatókönyvnél „csupán” 13 668 milliárd forint a többlet. A két forgatókönyv között a különbséget alapvetően az energiaszektor magyarázza. Az éves addicionális beruházásigény a GDP 4,8%- át teszi ki a „Korai Cselekvés” forgatókönyv esetében. Összességében, 2021. és 2030. között a zöld átállás és a klímacélok elérésének finanszírozására Magyarország által elérhető uniós források összege meghaladhatja az 3 500 milliárd forintot. [Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia 2020-2050, ITM, Budapest 2020.]

Tudományos tevékenységem során ezen megállapításokra fókuszáltam, ezek mentén végeztem vizsgálataim, ill. ezekre alapoztam téziseimet.

A kutatás előzményeként említem meg, hogy első cikkem a témakörben még 1992-ben jelent meg. (Farkas, F Biodiesel motorok üzemeltetésének külföldi tapasztalatai „MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA” XXXIII : 1 pp. 2-3., 2 p. (1992) )

A témakörben elnyert pályázataim nagymértékben hozzájárultak kutatási és oktatási tevékenységem eredményesebbé tételéhez.

1991.-1994. Alternatív hajtóanyagok alkalmazása belsőégésű motorokban, különös tekintettel a növényi olajokkal működtetett motorokkal kapcsolatos energetikai és környezeti hatásokra. **OTKA F-5547**, Budapest, 1991.

1996.-1998. Tartósüzemi vizsgálatok végzése és új károsanyag összetevők meghatározása növényolaj alapú motorhajtóanyagok alkalmazásakor. **OTKA F-019077**, Budapest, 1996.

1997. Víz- növényolaj emulziós hajtóanyagok alkalmazása belsőégésű motorokban, **PFP, 5249/1997**. Budapest

1998. Víz- növényolaj emulziós hajtóanyagok alkalmazása belsőégésű motorokban, **PFP, 2391/1998**. Budapest

Közel 20 évig műveltem ezt a témát, melyből a DATE Mezőgazdaságtudomány Karának "Növénytermesztés-Agroökológia" című programjában dolgozva 1999-ben tudományos fokozatot szereztem. Disszertációm címe: "Növényolaj alapú motorhajtó anyagok alkalmazásának egyes kérdései és lehetséges szerepük a környezetgazdálkodásban".

Ezt megelőzően egyetemi doktori fokozatot szereztem a GATE-n 1994.-ben hasonló témakörben.

*Az azóta eltelt években is tovább folytattam kutatásaimat a bio hajtóanyagokkal, ill. a belső-égésű motorok emisszió vizsgálatával. Itt emelném ki a 2005-2007 között folytatott „Növényi alapú bio hajtóanyagok előállítási feltételeinek kidolgozása és környezetvédelmi célú felhasználásának megszervezése (különös tekintettel a növényolajokra)” NKFP-4-63/2004. pályázatunkat, amelyben alprogramvezető voltam.*

*A fokozat szerzés óta eltelt huszonöt évben is a megújuló energiák alkalmazásának egyre nagyobb területeire összpontosítottam. Munkásságom jelentősebb részében a biodízel és bioetanol hajtóanyagok komplex vizsgálatával foglalkoztam, így célkitűzésem ezen eredményeim bizonyítása. A tesztelések során elsősorban motorféktermi mérések elvégzésére került sor, kiemelten az emissziócsökkentés lehetőségeinek szem előtt tartásával.*

*Ezen túlmenően olajosmagvak hidegsajtolásának összefüggéseit is elemeztem, továbbá tartósüzemi vizsgálatot követő motorállapot- és kopás méréseket is végeztem. Mindezek folyamánként fogalmazódott meg bennem, hogy ebben az összefoglaló Tézisfüzetben egy komplex értékelést adjak a biohajtóanyagok alkalmazásának számos aspektusára kiterjedően.*

*Későbbi tudományos érdeklődésemnek megfelelően az ún. „non-road Mobile Machine” eszközök kipufogó rendszereire kifejlesztett katalitikus átalakítására fókuszáltam, ill. a Li-ion akkumulátorok szciometrikus, ill. anyagtudományi kérdéseivel is foglalkoztam.*

*Az utóbbi témakörökkel foglalkozó publikációim is megtalálhatók a Tézisfüzet végén, ill. az MTMT-ben részletesen fellelhetők a vonatkozó citációkkal együtt.*

## **2 Új tudományos eredmények**

*A szakirodalmi források feldolgozása és a saját kutatási eredményeim alapján az alábbi **Téziseket** fogalmaztam meg:*

### **1. tézis**

***Megállapítottam, hogy az olajnövény magvak sajtolásánál szoros összefüggésű lineáris kapcsolat fedezhető fel a sajtolás elektromos energiaigénye és a prés fordulatszáma között. A fűvóka átmérők és a kisajtott olaj mennyisége között másodfokú, továbbá a sajtolási kapacitás és a préselés elektromos energiaigénye között szintén szoros illesztésű másodfokú összefüggéseket tártam fel.***

Ezirányú vizsgálataim célkitűzése hideg sajtolási kísérletek végzése volt adott növényfajták olajtartalmú magvaiból. [Maurer K, 1992.]

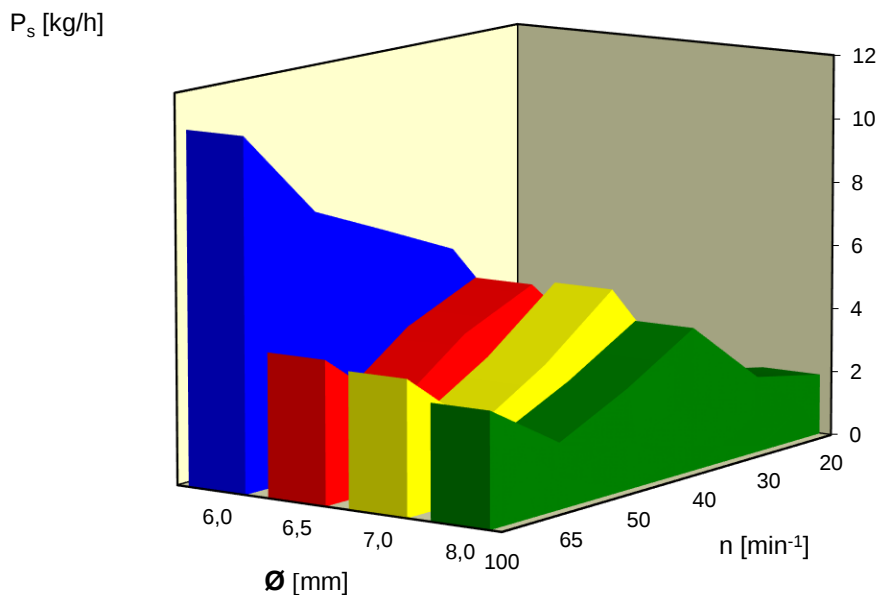
Préselési kísérleteimet a karcagi SZIMMETRIA Kft. által gyártott „OP-222” típusú kétfejes csigás préssel háromszori ismétléssel végeztem. Céloknak tekintettem annak megállapítását, hogy a fűvóka átmérőjének, illetve a csiga fordulatszámának változtatásával hogyan módosul az időegységre eső préselési kapacitás (kg/h), továbbá hogyan alakul a sajtolás elektromos teljesítmény felvétele (W). Ez utóbbi jellemzők meghatározására egy „QN-10” típusú elektromos mérőbőröndöt használtam. A vizsgálatok elvégzésére napraforgó, repce, len és szója növények magvai álltak rendelkezésemre. A gravitációs üleptetés után további tisztítás céljából „Unifilter PP-200” típusú keretes szűrőgépen préseltem át az említett növényolaj féleségeket.

Tekintettel arra, hogy az adott típusú préssel megoldható a csiga kimeneti fordulatszámának változtatása (20 1/min – 100 1/min között 6 lépcsőben), továbbá a gépet gyárilag ellátták Ø 6; 6,5; 7 és 8 mm átmérőjű fűvókákkal, így lehetőségem nyílt sajtolási kapacitások meghatározására és a villamos hálózathoz felvett elektromos energia igény mérésére. Repcemag esetében a sajtolási kapacitások alakulását a fordulatszámok függvényében az egyes fűvókaátmérőknél az 1. sz. táblázat mutatja.

| <b>Fordulatszám<br/>[min<sup>-1</sup>]</b> | <b>Sajtolási<br/>kapacitás<br/>[kg/h]<br/>Ø 6 mm-nél</b> | <b>Sajtolási<br/>kapacitás<br/>[kg/h]<br/>Ø 6,5 mm-nél</b> | <b>Sajtolási<br/>kapacitás<br/>[kg/h]<br/>Ø 7 mm-nél</b> | <b>Sajtolási<br/>kapacitás<br/>[kg/h]<br/>Ø 8 mm-nél</b> |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 20                                         | 2,23                                                     | 2,58                                                       | 1,88                                                     | 1,68                                                     |
| 30                                         | 2,89                                                     | 2,69                                                       | 2,16                                                     | 2,36                                                     |
| 40                                         | 5,99                                                     | 5,17                                                       | 5,32                                                     | 4,43                                                     |
| 50                                         | 7,08                                                     | 4,16                                                       | 3,54                                                     | 3,12                                                     |
| 65                                         | 8,14                                                     | 2,46                                                       | 2,19                                                     | 2,05                                                     |
| 100                                        | 10,92                                                    | 4,46                                                       | 4,21                                                     | 3,59                                                     |

1. táblázat Sajtolási kapacitások alakulása a fordulatszámok függvényében az egyes fűvókaátmérőknél

Az 1. sz. ábra azt szemlélteti, hogy a legkisebb átmérőjű fűvókával értem el a legnagyobb sajtolási kapacitást.



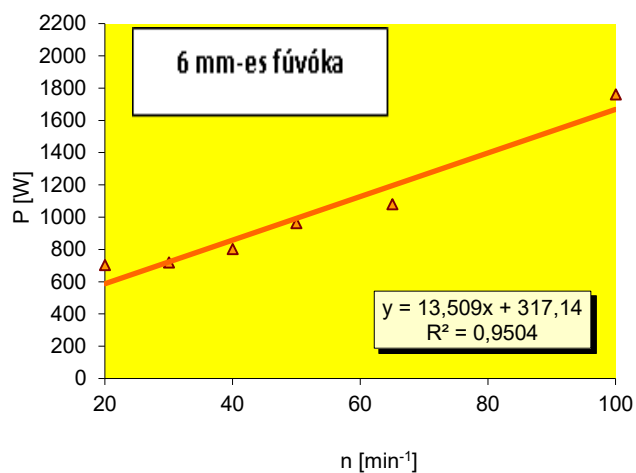
1. ábra A legkisebb átmérőjű fűvókával érhető el a legnagyobb sajtolási teljesítmény

Az elektromos hálózathoz a préseléshez felvett teljesítményigény és a fordulatszámok viszonyát foglaltam össze a 2 sz. táblázatban.

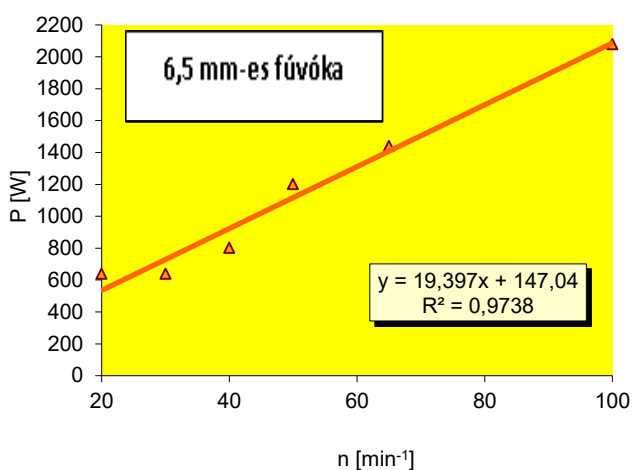
| <b>Fordulatszám<br/>[<math>\text{min}^{-1}</math>]</b> | <b>Elektromos<br/>teljesítmény<br/>[W]<br/><math>\varnothing</math> 6 mm-nél</b> | <b>Elektromos<br/>teljesítmény<br/>[W]<br/><math>\varnothing</math> 6,5 mm-nél</b> | <b>Elektromos<br/>teljesítmény<br/>[W]<br/><math>\varnothing</math> 7 mm-nél</b> | <b>Elektromos<br/>teljesítmény<br/>[W]<br/><math>\varnothing</math> 8 mm-nél</b> |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 20                                                     | 703,00                                                                           | 638,40                                                                             | 636,30                                                                           | 634,20                                                                           |
| 30                                                     | 718,20                                                                           | 648,20                                                                             | 806,80                                                                           | 804,20                                                                           |
| 40                                                     | 801,80                                                                           | 818,60                                                                             | 813,70                                                                           | 810,30                                                                           |
| 50                                                     | 951,30                                                                           | 1200,80                                                                            | 961,40                                                                           | 1031,40                                                                          |
| 65                                                     | 1079,20                                                                          | 1440,20                                                                            | 1121,00                                                                          | 1041,20                                                                          |
| 100                                                    | 1759,40                                                                          | 2078,60                                                                            | 1774,10                                                                          | 1769,30                                                                          |

## 2. táblázat Elektromos teljesítményigény és a fordulatszámok viszonya

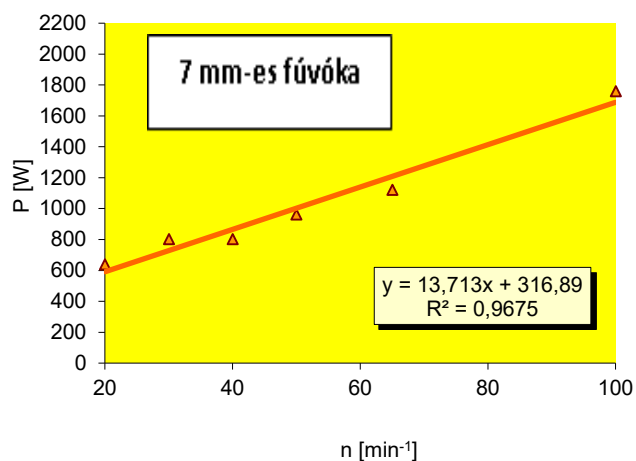
A 2-5. sz. ábrák alapján szoros összefüggésű lineáris kapcsolatot állapítottam meg a sajtolás elektromos energiaigénye és a prés fordulatszáma között.



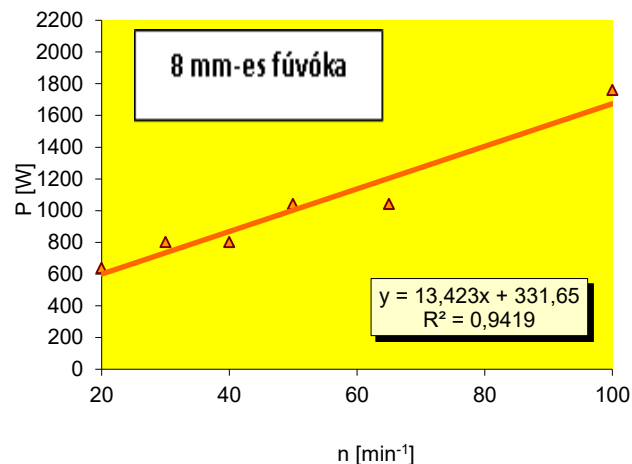
2. ábra Elektromos energiaigény és a prés fordulatszáma közötti összefüggés Ø 6 mm-es fúvókánál



3. ábra Elektromos energiaigény és a prés fordulatszáma közötti összefüggés Ø 6,5 mm-es fúvókánál

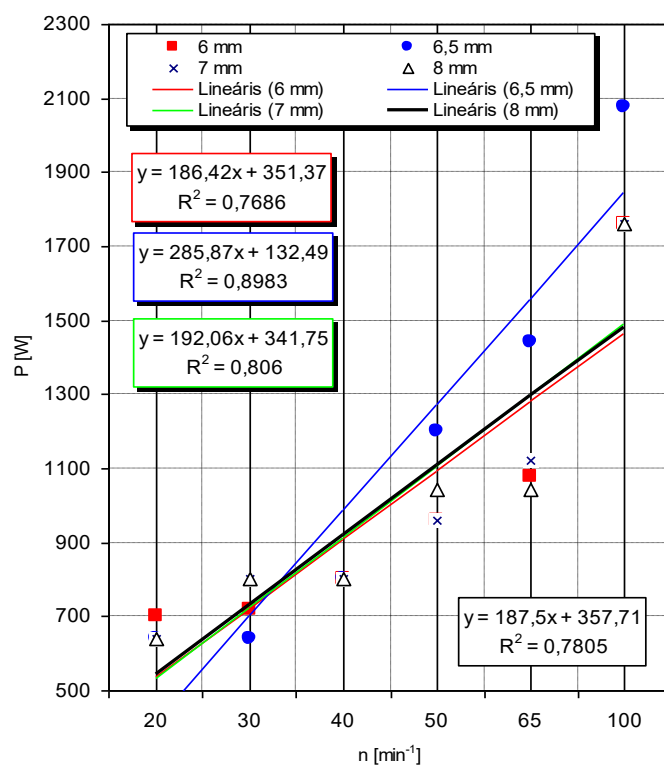


4. ábra Elektromos energiaigény és a prés fordulatszáma közötti összefüggés Ø 7 mm-es fúvókánál



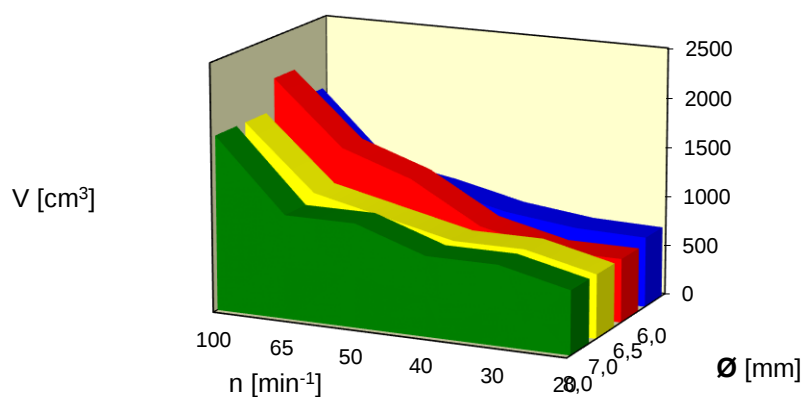
5. ábra Elektromos energiaigény és a prés fordulatszáma közötti összefüggés Ø 8 mm-es fúvókánál

A 6. sz. ábra szemléletesen tárja elénk, hogy a növekvő fordulatszámok magasabb elektromos energia igénnyel járnak.



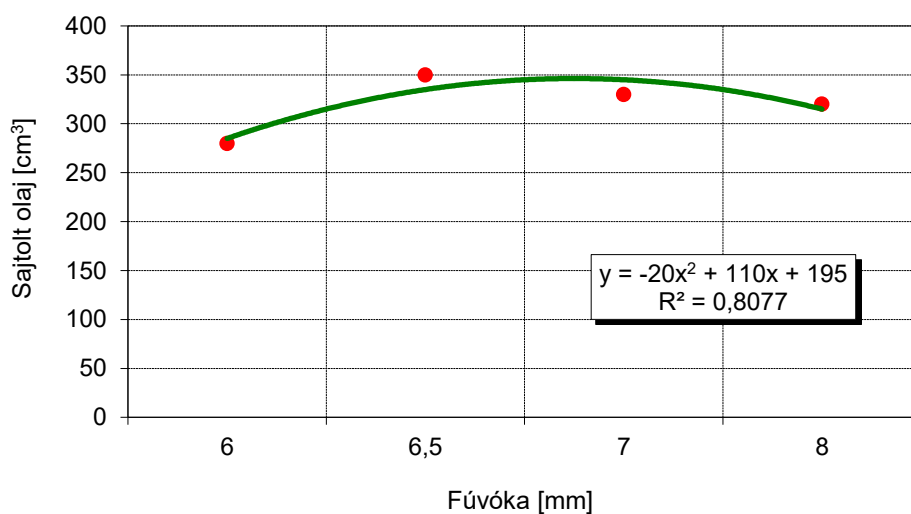
6. ábra Elektromos energiaigények és a prés fordulatszámok összefüggései

A 7. sz. ábrán az alkalmazott fúvókaátmérők esetében kinyert olaj mennyiségének alakulását mutatja a csiga fordulatszámának függvényében. Jól megfigyelhető az a szakirodalommal [Vitéz F. – Kiss E, 1991] egyező állítás, miszerint a csiga fordulatszámának emelkedésével a ki-sajtott olaj mennyisége is nő.



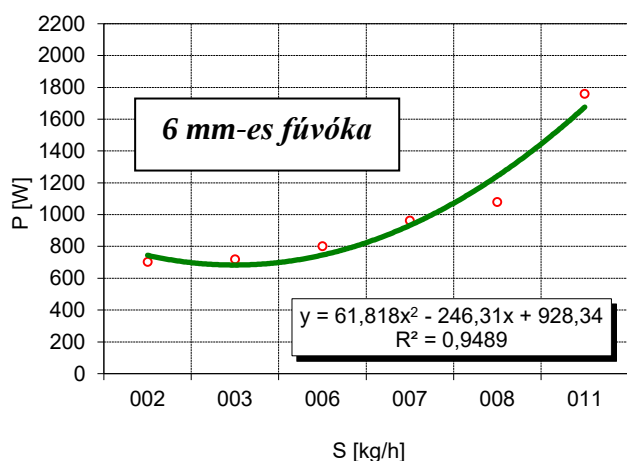
7. ábra A fúvókaátmérők függvényében kinyert olaj mennyiségének alakulása

A fűvóka átmérő és a kinyert olaj mennyisége között összefüggést másodfokú görbével jellemeztünk. (8. sz. ábra)

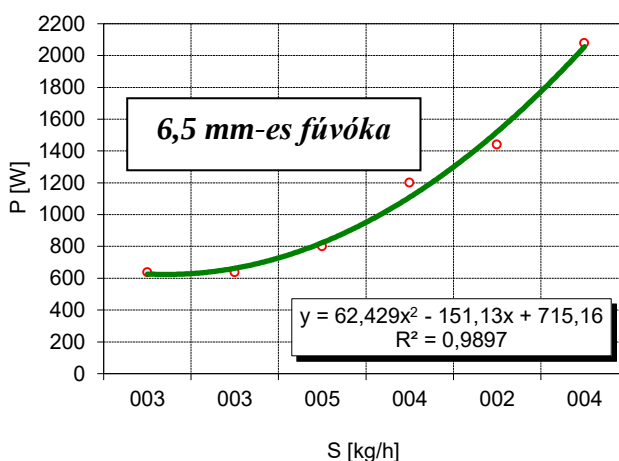


8. ábra A fűvóka átmérő és a kinyert olaj mennyisége közötti összefüggés

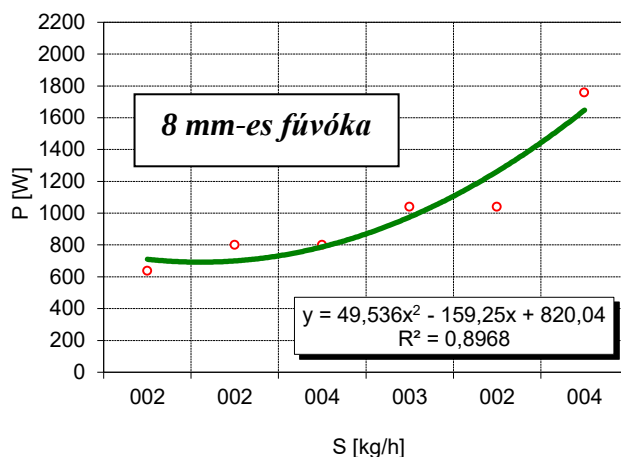
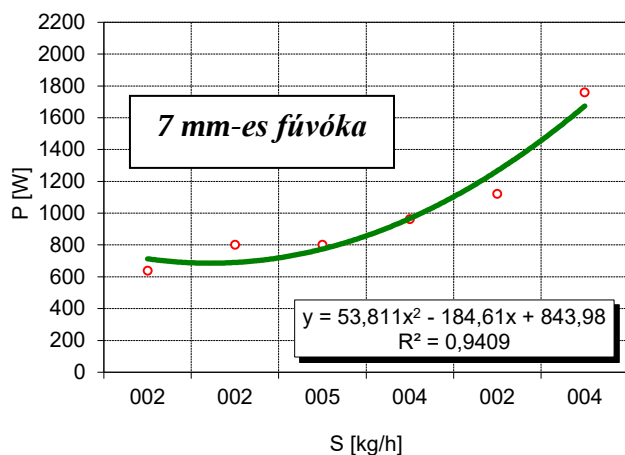
Ugyanakkor a sajtolási kapacitás (S,kg/h) és a préselés elektromos energiaigénye (P,W) között szoros illesztésű, szintén másodfokú összefüggéseket tártam fel, melyeket a 9-12. sz. ábrákon szemléltetek.



9. ábra A sajtolási kapacitás és az elektromos energiaigény közötti összefüggés Ø 6 mm-es fűvókánál



10. ábra A sajtolási kapacitás és az elektromos energiaigény közötti összefüggés Ø 6,5 mm-es fűvókánál



11. ábra A sajtolási kapacitás és az elektromos energiaigény közötti összefüggés  
 $\varnothing$  7 mm-es fúvókánál

12. ábra A sajtolási kapacitás és az elektromos energiaigény közötti összefüggés  
 $\varnothing$  8 mm-es fúvókánál

Összhangban a gyártó cégek álláspontjával az optimális olajkinyerés érdekében min. 15 °C maghőmérséklet, 5-7% nedvesség tartalom, és minimum 98%-os magtisztaság betartását ajánlom.

Az 1. tézissel kapcsolatos vizsgálataim az [1,2,3] publikációmban vannak részletesen kifejtve.

[1] Farkas F.: Screwing of the Seeds of Various Plants. 8th International Scientific Conference on Technology Systems Operation, Presov, 21-23. November 2007. p. 282-285

[2] Farkas, F Biohajtóanyagok felhasználásának lehetőségei és korlátai. In: Pokorádi, László (szerk.) Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi régióban 2011 : a konferencia előadásai Debrecen, Debreceni Akadémiai Bizottság (DAB, 2011) 548 p. p. 205

[3] Farkas F.: Biohajtóanyagok felhasználásának lehetőségei és korlátai. Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban konferencia. Miskolc-Egyetemváros, 2011. május 18. p. 205-214.

## 2. tézis

**„Biodízel”hajtóanyaggal végzett motorféktermi -és emissziós vizsgálataim igazolták ezen hajtóanyagok használatának előnyeit, a -kevesebb- hátrányuk mellett is. Rámutattam továbbá a repceből készült hajtóanyag előnyeire a napraforgó eredetűvel szemben. Új eredménynek tartom, hogy a fajta szortimentből tudtam 2-3 kiemelkedő konkrét magféléseget termesztésre ajánlani, kifejezetten motorhajtó alapanyagként.**

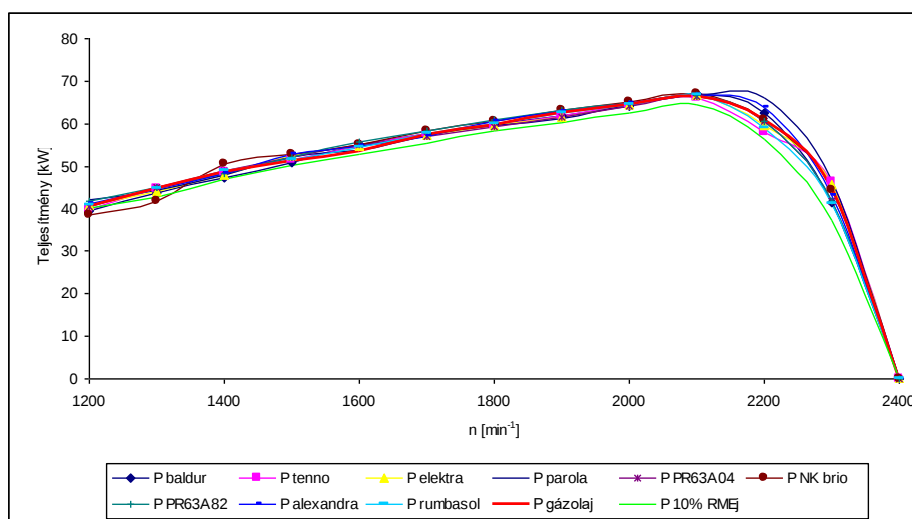
A kísérletsorozatban különböző arányú növényolaj-gázolaj keverékekből készült hajtóanyagok motorikus tulajdonságait „Junkers típusú, D-4-es” vízőrvény-fékpadon végeztem teljes töltésű adagolóállás mellett, egy „EURO 2”-es környezetvédelmi besorolású „PERKINS 1104 C” típusú motorjára alapozottan. A féktermi vizsgálatokat az „ECE R-49”-es szabvány (úgynevezett 13 pontos teszt) szerint végrehajtott emissziós vizsgálatokkal egészítettem ki, melynek során ötféle napraforgóolaj és négyféle repceolaj (10 %) és gázolaj (90 %) keverékét, ill. RME 10 % és gázolaj 90 % keverékét, továbbá RME 100 % hajtóanyagokat használtam fel.

A vizsgálatok elvégzéséhez az alábbi mérőműszerek álltak rendelkezésemre:

- Motorféktermi mérések: „Junkers típusú D-4” vízőrvényfék, „AI 2000” gravimetrikus hajtóanyag-fogyasztás mérő, „ENERGOTEST” számítógépes mérő- és kiértékelő rendszer.
- Emissziós mérések: „SERVOMEX XENTRA 4900” típusú spektrofotométer, „Ratfish RS 5” típusú lángionizációs detektor, „Thermo Environmental 42 H” nitrogén-oxid analizátor, „AVL Dicom” füstölésmérő

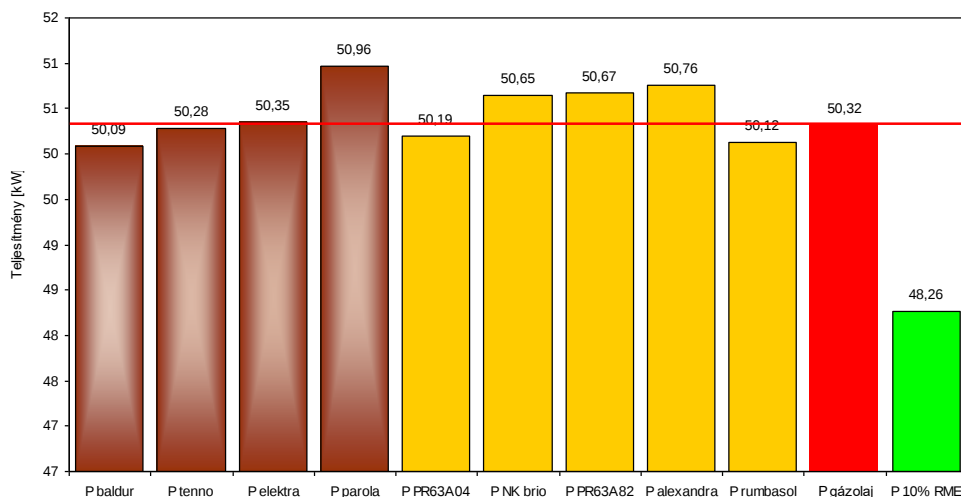
Valamennyi növényolaj-gázolajos keverékes hajtóanyag alkalmasnak bizonyult a belső-égésű motorok működtetésére, hidegindítási problémák nem jelentkeztek.

Az átlagos motorteljesítmények a gázolajéhoz képest valamennyi növényolajfőleség esetében  $\pm 1$  %-on belül maradtak, csupán a 10 % RME-t tartalmazó keverék teljesítménye maradt el több mint 4 %-kal a gázolajétól (15., 16., 17. ábra).

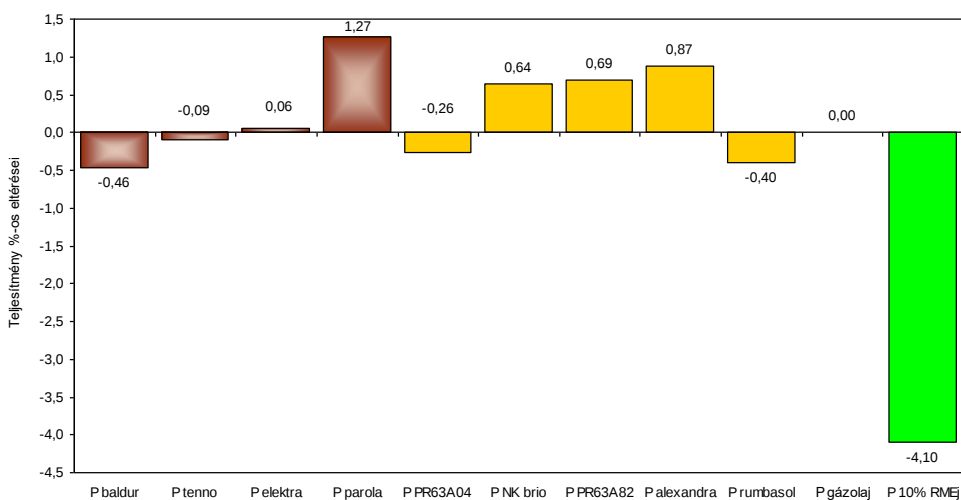


13. ábra Motorteljesítmények különféle repce-és napraforgó hajtóanyag keverékek esetében a fordulatszám függvényében

Az alábbi ábrák színjelöléseiben barna színnel a vizsgált repceolaj keverékeket, míg sárgával a napraforgó olaj keverékeket jelöltem. A piros szín a gázolajos mintára utal, a zöld a 10 % RME-90% gázolajkeveréket szemlélteti.

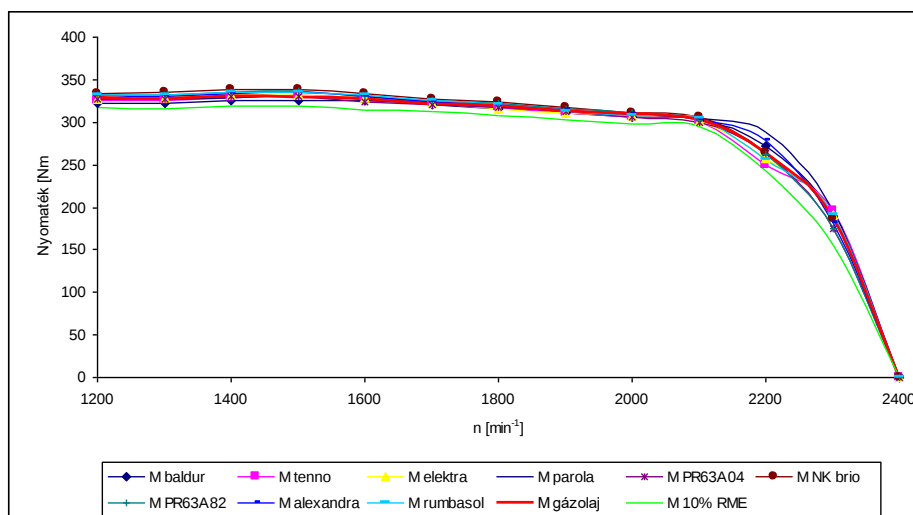


14. ábra Motorteljesítmények alakulása repce-és napraforgó hajtóanyag keverékek esetében

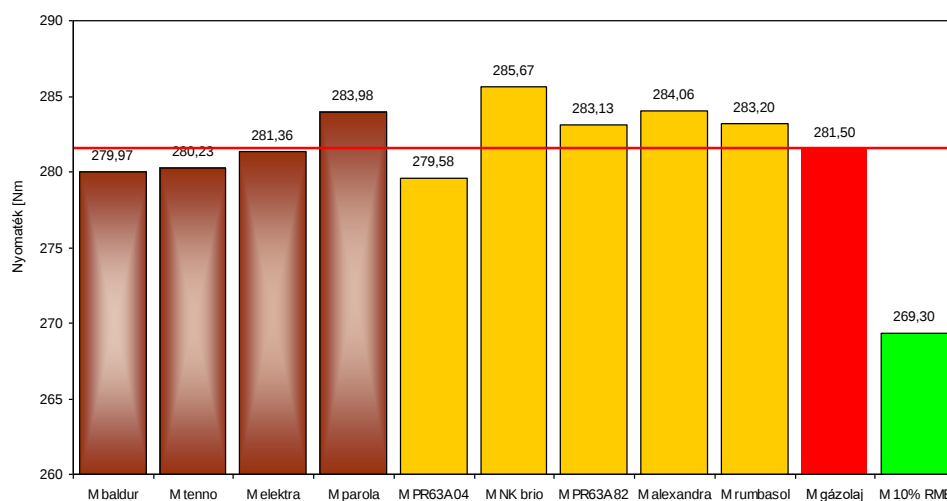


15. ábra Motorteljesítmények %-os alakulása különféle repce-és napraforgó hajtóanyag keverékek esetében

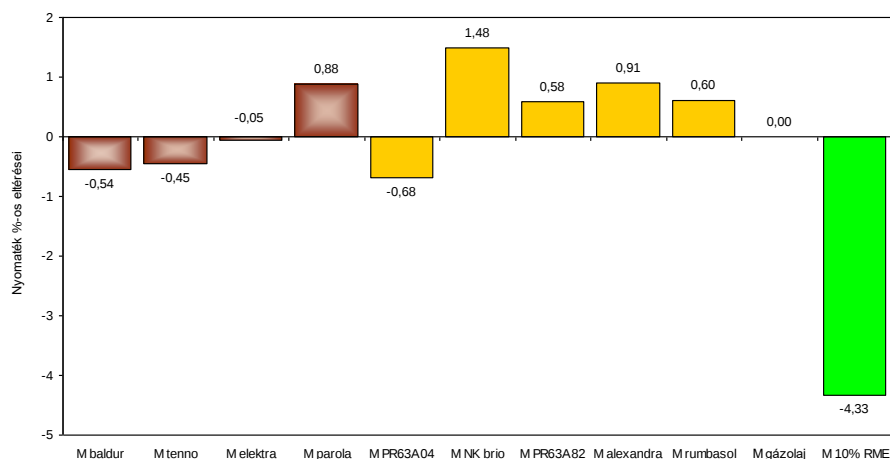
A forgatónyomatékok alakulásáról ugyanúgy elmondható, -mint a teljesítmények esetében-, hogy a 10 %-os RME-gázolajos keverék értékei több, mint 4 %-al elmaradtak a gázolajjal mért értéktől ( 16., 17., 18. ábra).



16. ábra Forgatónyomatékok különféle repce-és napraforgó hajtóanyag keverékek esetében a fordulatszám függvényében



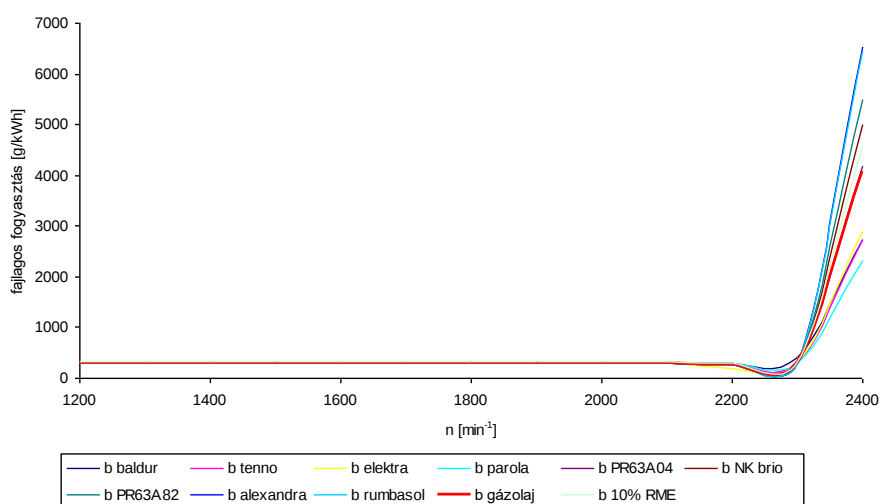
17. ábra Forgatónyomatékok alakulása repce-és napraforgó hajtóanyag keverékek esetében



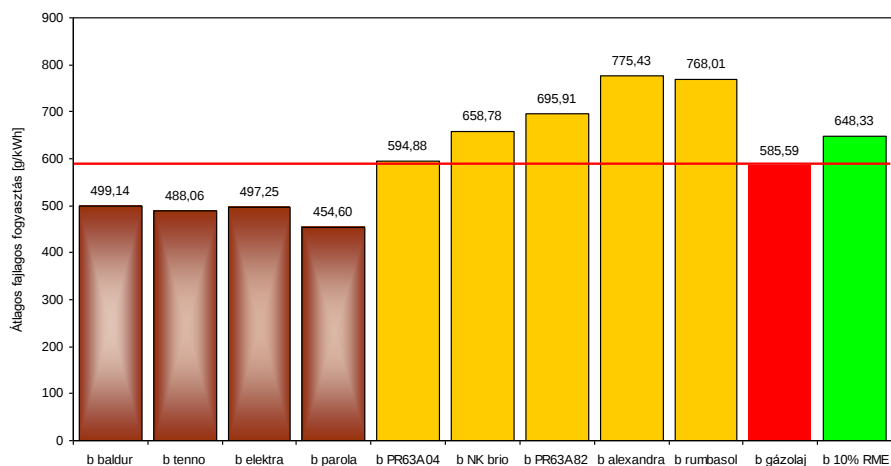
18. ábra Forgatónyomatékok %-os alakulása különféle repce-és napraforgó hajtóanyag keverékek esetében

A motorféktermi mérések ( $P$ ,  $M$ ) összegzéseként megállapítottam, hogy a repceolajok között parola-elektra-tenno-baldur sorrend, míg a napraforgóknál alexandra-brio-PR63A82-rumbasol-PR63A04 sorrend figyelhető meg.

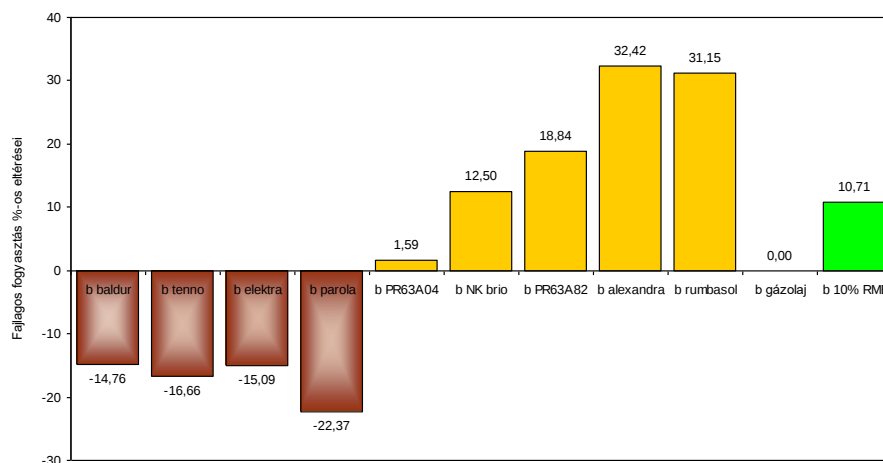
A négy repceolaj-gázolajos keverék fajlagos hajtóanyag fogyasztása 14,76 %-tól 22,37 %-ig kisebb értéket mutatott a gázolajos mintához képest, ugyanakkor mind az öt napraforgó-gázolaj keverékes minta hajtóanyag-fogyasztása meghaladta a gázolajosét 1,59-32,42 %-kal. Figyelemre méltó, hogy a 10 % RME-gázolajos keverék 10,71 %-kal szintén meghaladta a gázolajos minta értékét (19., 20., 21. ábra).



19. ábra A fajlagos fogyasztás alakulása a fordulatszám függvényében repce-és napraforgó hajtóanyag keverékek esetében

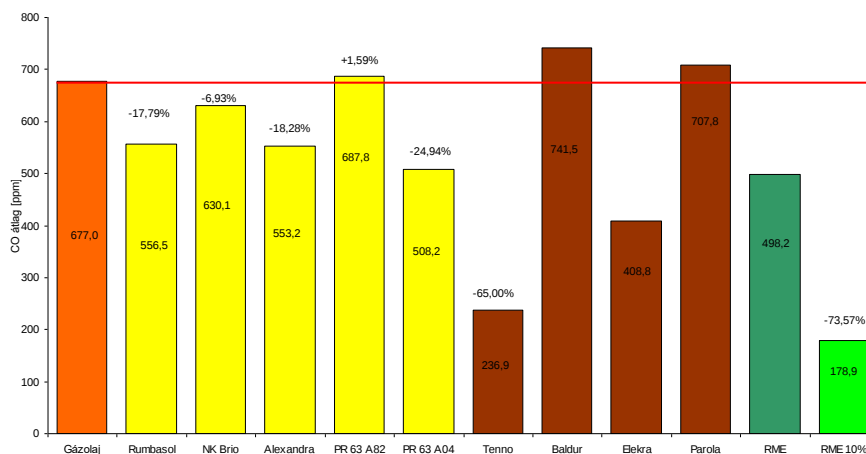


20. ábra A hajtóanyag fogyasztások alakulása repce-és napraforgó hajtóanyag keverékek esetében



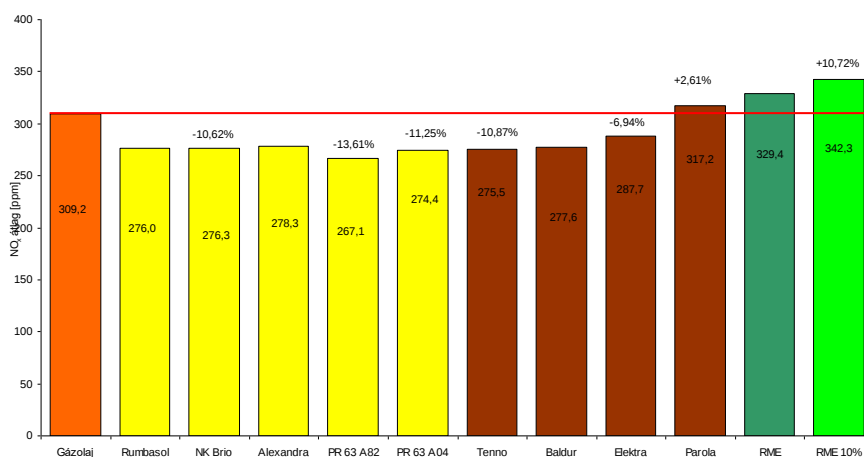
21. ábra A hajtóanyag fogyasztások %-os alakulása repce-és napraforgó hajtóanyag keverékek esetében

A kipufogógáz károsanyag összetevő vizsgálatát követően megállapítottam, hogy az ötféle napraforgó-gázolaj keverékes minta közül négy 6,93 %-24,94 %-ig elmaradt a gázolaj CO értékétől. A négy repceolaj-gázolaj keverék közül kettőnél jelentős csökkenést, 65 %, illetve 39,61 %, míg a másik két fajtánál 9,52 % és 4,56 % növekedést tapasztaltam. A tiszta RME 26,42 %-kal, a 10 % RME-t tartalmazó keverék pedig 73,57 %-kal kevesebb CO emissziót mutatott. (22. ábra)



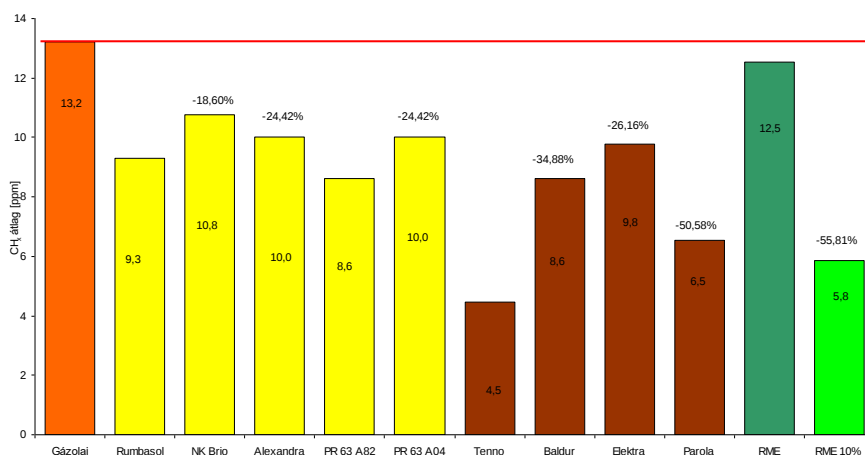
22. ábra CO emissziók alakulása a vizsgált napraforgó-ill. repce olajos keverékek esetében

A tízféle 10 %-os növényolaj-gázolaj keverék közül mindössze kettő esetében tapasztaltam a gázolajénál magasabb  $\text{NO}_x$  koncentrációt. A napraforgóolajos minták kismértékben kedvezőbbek voltak, mint a repceolajos keverékek, a vizsgált kilenc minta 6,94 %-13,61 %-ig maradt alatta a gázolajos minta  $\text{NO}_x$  értékének. Megjegyzendő, hogy a 10 % RME-gázolajos keverék 10,72 %-kal, míg a tiszta RME 6,54 %-kal haladta meg a gázolaj  $\text{NO}_x$  szintjét (23. ábra).



23. ábra  $\text{NO}_x$  emissziók alakulása a vizsgált napraforgó-ill. repce olajos keverékek esetében

Valamennyi növényolaj-gázolaj keverék CH emissziója alatta maradt a gázolajos minta értékének. A napraforgóolajos minták 18,6 %-34,88 %-ig, míg a repceolajos minták 26,16 %-66,28 %-ig maradtak el a gázolajos minta értékétől. A tiszta RME 5,23 %-kal, a 10 %-os RME keverék 55,81 %-kal kevesebb értéket képviselt a gázolajos mintához képest. (24. ábra)



24. ábra CH emissziók alakulása a vizsgált napraforgó-ill. repce olajos keverékek esetében

Az emissziós komponensek összesített értékelése alapján a napraforgó fajtáknál a PR63A04-PR63A82-rumbasol-alexandra-NK brio sorrend állapítható meg. A repcefajták közül a tenno megnevezésű mindhárom fő emissziós komponensben (CO, CH, NO<sub>x</sub>) a legkedvezőbb paraméterekkel jellemezhető, minimális különbséggel a további fajták sorrendje: elektra, baldur, parola.

Összességében megállapítottam, hogy a növényolajos keverékek motorteljesítmény és forgatónyomaték értékei jellemzően kisebb értéket képviseltek a gázolajénál, melyet a növényolajok kisebb fűtőértéke magyaráz. Ugyanakkor esetenként a gázolajénál magasabb értékeket is mértem, melynek oka a nagyobb viszkozitás, ugyanis a gázolaj kinematikai viszkozitása 3,5 mm<sup>2</sup>/s, a repceolajé 97,7 mm<sup>2</sup>/s, a napraforgóolajé 65,9 mm<sup>2</sup>/s. A nagyobb viszkozitás pedig a maximális dózis növekedése irányában hat. Azt pedig, hogy a repceolaj keverékes minták összességében jobban szerepeltek, mint a napraforgóolajos minták, cetánszámaik különbségével magyarázható, ugyanis a repceolaj gyúlékonysági mérőszáma 44-51, a napraforgóolajé csak 33-35,5-ig terjed.

A CO komponensek ugyan mindkét növényolajkeverék esetében többnyire a gázolajos minta értékei alatt maradtak, de megállapítható volt, hogy a repceolajos mintáknál kedvezőbb értékeket kaptam. Ez arra utal, hogy az alkalmazott növényolajkeverék-féleségek esetében kedvező motorikus (adagolástechnikai) és üzemállapot (termikus és nyomásviszonyok) között valósult meg a működés. A sztöchiometrikusnál szegényebb keverési arány a tökéletes égés felé mozdult el.

*Az NO<sub>x</sub> koncentráció értékei többnyire a gázolajénál kedvezőbb értékeket mutattak, azonban a napraforgóolaj-fajták esetében jobbak az eredmények, mint a repceolajoknál. Ez a növényolaj-keverékes motorhajtóanyagok alkalmazásakor jelentkező hőmérsékletcsökkenéssel magyarázható, hiszen ilyenkor az NO<sub>x</sub> képződés reakciósebessége is csökken. További magyarázatul szolgálhat az is, hogy a növényolaj-keverékek alkalmazásakor az égés kezdetén csak lassú hőfelszabadulás tapasztalható.*

*A CH összetétel tekintetében esetenként a gázolajénál jelentősen kedvezőbb értékeket tapasztaltam, a repceolaj-keverékes minták ebben az esetben is jobb eredményeket mutattak. Valószínűleg az égéstérben kialakult megfelelő hőmérséklet miatt nem érvényesült sem a hengerfal hűtő hatása, sem a nagy légfeleslegnél esetlegesen kialakuló lángkialvási zónák hatása.*

*A 2. tézissel kapcsolatos vizsgálataim az [4,5,6,7] publikációmban találhatók.*

[4] Ferenc Farkas: Plant oil derivatives as fuels, Polish Journal of Chemical Technology 11:(1) pp. 4-7. 2009. Versita - ISSN 15098117 **Q3**

[5] Farkas F.: Climate change – biofuels. „Natural and artificial ecosystems in Somes-Cris-Mures-Tisa river basins”. Nemzetközi konferencia, Arad, 2010. május 7-8. p. 172.

[6] Nagy, Valeria; Farkas, Ferenc: Exhaust gas tests using of biofuels in IC engines Hungarian Agricultural Engineering : 24 pp. 49-52., 4 p. (2012)

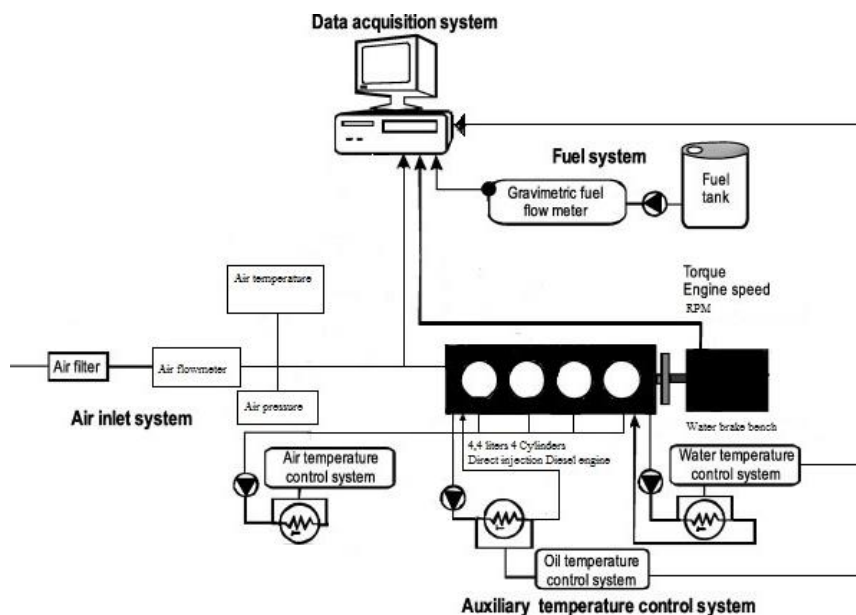
[7] Farkas, Ferenc; Nagy, Valéria: Environmental tests of biogas and vegetable oils, International Conference on Science and Technique in the Agri-Food Business, ICoSTAF2012 : 50th Anniversary of Engineering Education in Szeged, Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar (2012) p. 6

### **3. tézis**

**Összehasonlító motorfékpadi, ill. emissziós tesztekkel bizonyítottam, hogy az egyes gyártók hajtóanyagainak főbb műszaki paraméterei kismértékben eltérnek egymástól, természetesen a vonatkozó üzemanyag szabványok messzemenő betartása mellett. Ezért a növényi olaj alapú bioüzemanyagokkal végzett motorvizsgálatokat minden esetben meg kell előznie az üzemanyag motorparamétereinek meghatározására irányuló vizsgálatoknak, hogy megkönnyítsük a megbízható elemzéseket és értékeléseket. Megerősítettem azt a szakirodalmi megállapítást is, hogy a hajtóanyagok bio-tartalmának csökkentésével a belsőégésű motorok nyomtatéka, így effektív teljesítménye nő.**

Az alábbiakban látható összehasonlító elemzések célja annak megállapítása volt, hogy vannak-e különbségek a kereskedelemben kapható dízel üzemanyagokkal üzemelő belső égésű motorok főbb műszaki paraméterei között.

A kutatási feladat céljainak megvalósítása érdekében összehasonlító motorféktermi elemzéseket végeztem három különböző gyártótól („MOL”, „OMV”, „AGIP”) származó dízel üzemanyaggal (Jelölésük: D1; D2; D3) A 25. ábrán látható a mérőberendezés összeállítása, mely Perkins 1104C típusú, Euro-II környezetvédelmi osztályú, közvetlen befecskendezéses dízelmotort, Junckers D-4 típusú vízörvény féket és hozzá csatlakoztatott számítógépes vezérlő- és kiértékelő rendszert tartalmaz. [Lakatos I. 2011. és Orlin Stoyanov 2013.]



25. ábra Motorféktermi mérőberendezés kialakítása (saját forrás)

A motorteszteket az ECE 24 szabvány [Fülöp Z, 1990.] irányelvei szerint végeztem, így a motort az eredeti szívó- és kipufogórendszerrel szereltem fel. A méréseket 7 munkaponton végeztem 1400 ford./perc és 2300 ford./perc között, háromszori ismétléssel. A forgatónyomaték ( $M$ ), az effektív teljesítmény ( $P_{eff}$ ) és a fajlagos hajtóanyag fogyasztás ( $b$ ) értékeit teljes gázzal és rögzített adagolókar helyzetben mértem minden munkaponton [Vas A., 1997.]

Egy adott munkapont kiválasztása után a mérés vezérlése, valamint az adatok gyűjtése és kiértékelése az alkalmazott „ENERGOTEST” rendszernek köszönhetően teljesen automatizált volt.

A tesztelés során a mért paraméterek aktuális értékei folyamatosan megjelentek a próbapadhoz csatlakoztatott számítógépes rendszer képernyőjén. A mért motorparamétereket a beszívott levegő állapotjelzőinek (hőmérséklet és nyomás) megfelelően korrigáltam. A korrigált teljesítmény meghatározására a [Dezsényi et al. 1990.] által is javasolt következő korreláció alkalmazható:

$$P_0 = P \cdot \alpha_d \text{ [W]} \quad 3.1$$

ahol:

$P$  [W] - effektív teljesítmény

$\alpha_d = (f_a)^{f_m}$  - korrekciós tényező

$$f_a = (99 \cdot p_{sz}^{-1}) \cdot (T \cdot 298^{-1})^{0,7} - \text{atmoszférikus tényező} \quad 3.1.a.$$

ahol:

99 [kPa] - viszonyítási száraz levegő nyomás

$p_{sz}$  [kPa] - száraz légnyomás (összlégnyomás mínusz parciális vízgőznyomás)

$T$  [K] - a motorba beszívott levegő hőmérséklete

298 [K] - referencia hőmérséklet

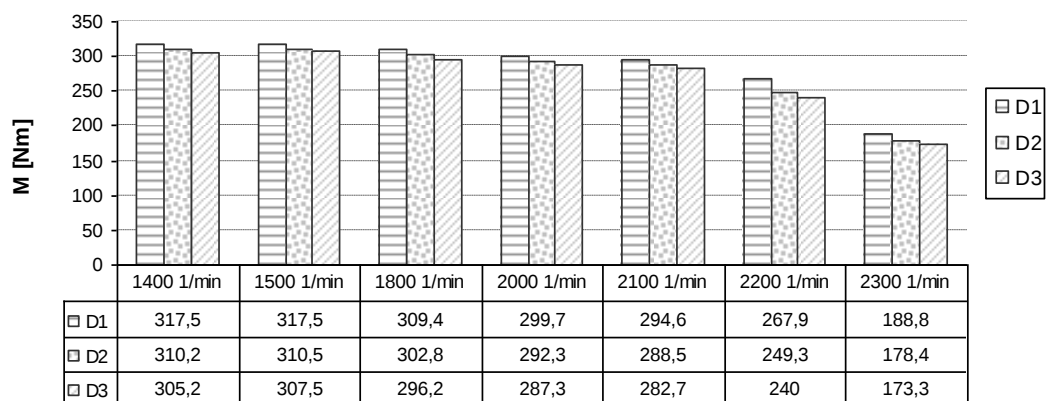
$$f_m = 0,036 \cdot q_c - 1,14 - \text{motor tényező} \quad 3.1.b.$$

ahol:

$q_c$  [mg·(liter·ciklus)<sup>-1</sup>] - helyesbített tüzelőanyag dózis

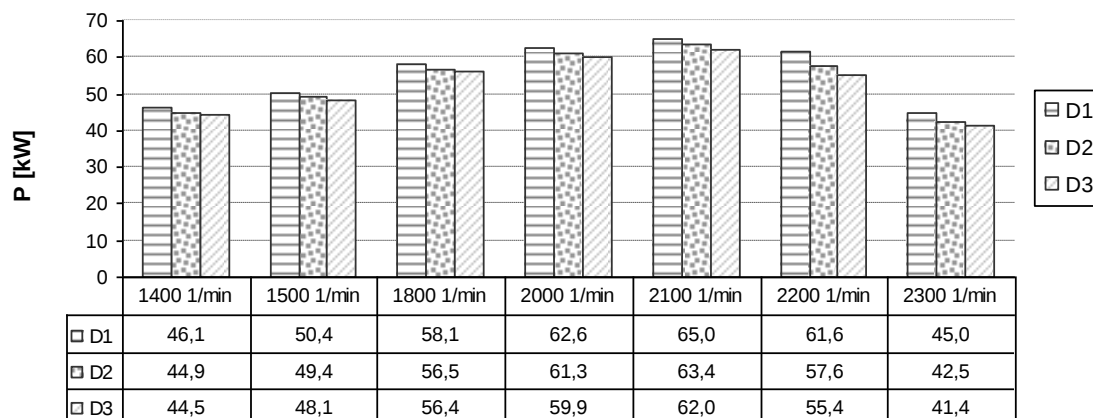
Dízelmotorok esetében a számított korrekciós tényező  $0,9 \leq \alpha_d \leq 1,1$ . Esetünkben a korrekciós tényező számított értéke  $\alpha_d = 0,9839$ , így a további értékelést a korrigált paraméterekkel végeztem.

Egyszerű oszlopdiagramokat használtam a mérési eredmények bemutatására és értékelésére, amelyek egyértelműen megmutatták a vizsgált dízelüzemanyagokkal hajtott motor paramétereinek lehetséges különbségeit. Amint az a 26. ábrán látható, a D2 és D3 dízelüzemanyaggal hajtott motor nyomatékértékei minden mért fordulathoz alacsonyabbak, mint a D1 dízelüzemanyaggal hajtott motor nyomatékértékei. A különbségek tartománya (figyelembe véve a minimális és maximális nyomatékértékeket egy adott fordulatszámra) 3, 15% és 10, 42% között van. A nyomatékértékek különbségei alacsonyabb fordulatszámra (1400-2100 ford./perc) megközeledik a tartomány alsó határát, míg a 2200-2300 ford./percnél mért nyomatékértékek a tartomány magasabb értékeit képviselik.



26. ábra A motor nyomatékának alakulása a vizsgált D1, D2 és D3 dízel hajtóanyag esetében

Az adott fordulatonál mért teljesítményértékek a 27. ábrán láthatók a  $P_{\text{eff}} = M \cdot \omega$  korreláció szerint. A mérés pontatlansága miatt a különbség tartománya kissé megváltozott: 2,93% - 10,07%. A változás oka a mérőrendszer pontosságával és a háttérprogramban tárolt értékek pontosságával magyarázható.



27. ábra A motor nyomatékának alakulása a vizsgált D1, D2 és D3 dízel hajtóanyag esetében

Egy adott motor fajlagos üzemanyag-fogyasztása az üzemi állapottól, a terheléstől és a fordulatszámától függ. A motor effektív működési tartománya jól meghatározható a fajlagos üzemanyag-fogyasztás karaktermezőjének – [Alfred Jante,1976] héjgörbéinek nevezik – a teljes működési tartományra történő ábrázolásával. [Kalligeros, S. et. al, 2003.] A héjgörbék ábrázolásához ismerni kell a hajtóanyag fogyasztás különböző értékeit a különböző terhelésekre és effektív középnyomásra ( $p_{\text{eff}}$ ) vonatkozóan az adott fordulatszámokon [Fülöp Z, 1990.]

$$p_{\text{eff}} = p_{\text{eff}} \cdot i \cdot (2 \cdot n \cdot V_H)^{-1} [\text{Pa}] \quad 3.2.$$

ahol:

$P_{\text{eff}} [\text{W}]$  - effektív teljesítmény

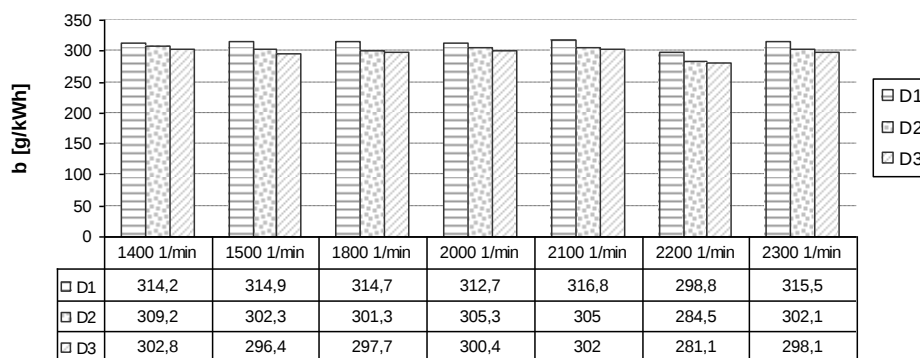
$n [\text{s}^{-1}]$  - fordulatszám

$i [-]$  - ütemek száma

$V_H [\text{m}^3]$  - összlöket térfogat

2 - löket állandó

A 28. ábra a fajlagos hajtóanyag fogyasztás értékeit mutatja. A D1 dízelüzemanyaggal üzemelő motor fajlagos tüzelőanyag-fogyasztása minden mért fordulatszám-ponton meghaladja a D2 és D3 dízelüzemanyagok értékeit. Az eltérés tartománya (az adott fordulatszám maximális és minimális fogyasztási értékei alapján) 3, 63% és 4, 68% között van.



28. ábra A motor fajlagos hajtóanyag fogyasztás alakulása a vizsgált D1,D2 és D3 dízel hajtóanyag esetében

Az eredmények feldolgozását követően megállapítottam, hogy az átlagos fajlagos hajtóanyag fogyasztás a D2minta esetében 3,6%-kal, a D3-mal pedig 5%-kal csökkent a D1-hez viszonyítva. (3. táblázat)

| Revolution 1/min | 1400  | 1500  | 1800  | 2000  | 2100  | 2200  | 2300  | average | SD    |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| D1(MOL)          | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1       | 0     |
| D2(OMV)          | 0,984 | 0,960 | 0,957 | 0,976 | 0,963 | 0,952 | 0,958 | 0,964   | 0,012 |
| D3(AGIP)         | 0,964 | 0,941 | 0,946 | 0,961 | 0,953 | 0,941 | 0,945 | 0,950   | 0,009 |

Examining the dynamics of the particular diesel oil consumptions it can be stated that although basically the reaction to the speed growth was similar in all three cases, reaction of the D2 and D3 were almost the same to the changes of parameters ( $r^2=0.99$ ). In case of comparison of D1 to the others, we can see substantially bigger differences (D1/D2  $r^2=0.9$ , D1/D3  $r^2=0.93$ ).

### 3. táblázat Fajlagos hajtóanyag fogyasztás változása a D2-es és a D3-mas mintával a D1-hez képest

Az alábbiakban a vizsgált gázolajok átlagos hajtóanyag fogyasztását és azok szórását láthatjuk. (4. táblázat)

|          | average (g/kWh) | SD  |
|----------|-----------------|-----|
| D1(MOL)  | 312,5           | 6,2 |
| D2(OMV)  | 301,4           | 7,9 |
| D3(AGIP) | 296,9           | 7,4 |

### 4. táblázat A tesztelt gázolajok átlagos hajtóanyag fogyasztása és azok szórása

Összefoglalva elmondható, hogy a különböző dízel üzemanyagokkal működő motorok paramétereinek különbségei kedvezőtlen körülmények között elérhetik a 10% -ot, amelyek jelentős különbségek a gép működésében. Ezért a növényi olaj alapú biohajtóanyagokkal végzett motorvizsgálatokat minden esetben meg kell előznie a dízel üzemanyag motorparamétereinek meghatározására irányuló vizsgálatoknak, hogy megkönnyítsük a megbízható elemzéseket és értékeléseket, valamint megalapozott, univerzális, innovatív szakmai állásfoglalások megfogalmazását.

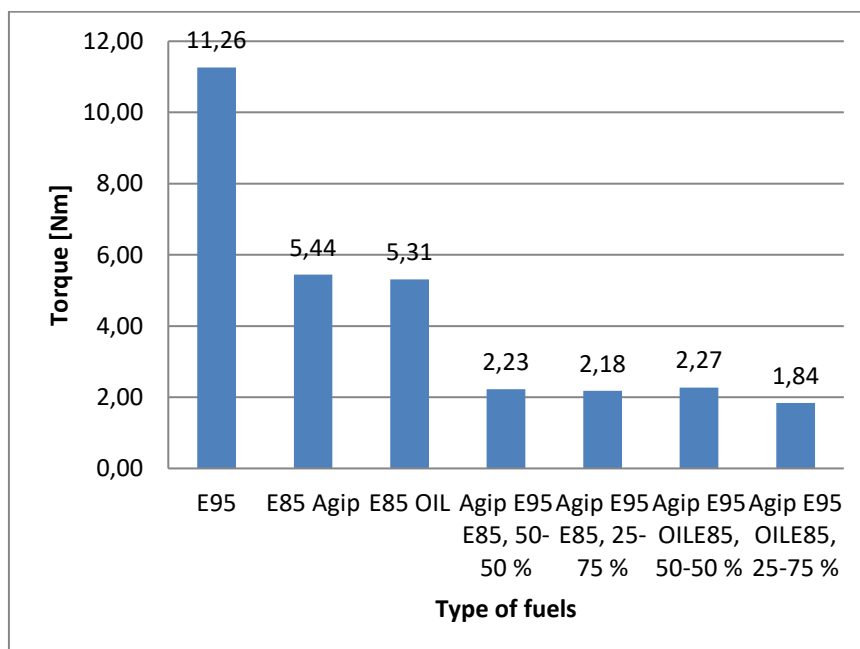
Egy következő projektben kereskedelmi benzinnel és két különböző bioetanol üzemanyaggal, mely 85% etanolt és 15% benzint tartalmaz, végeztem összehasonlító méréseket. A Magyarországon 2016-ig kereskedelmi forgalomban kapható „AGIP-E85” és „OIL-E85” hajtóanyagokat, ill. ezek különböző arányú keverékeit használtam azzal a céllal, hogy egy adott Otto-motor paramétereinek viselkedését változatlan beállítások mellett összehasonlítsam. A tesztekhez a következő keverékeket állítottam össze: AGIP-E95 és OIL-E85: 25%+75%, AGIP-E95 és OIL-

E85: 50%+50%, AGIP-E95 és AGIP-E85: 25%+75%, AGIP-E95 és AGIP-E85: 50%+50%,  
Az összehasonlítás referencia hajtóanyaga az AGIP E-95 normál benzin volt.

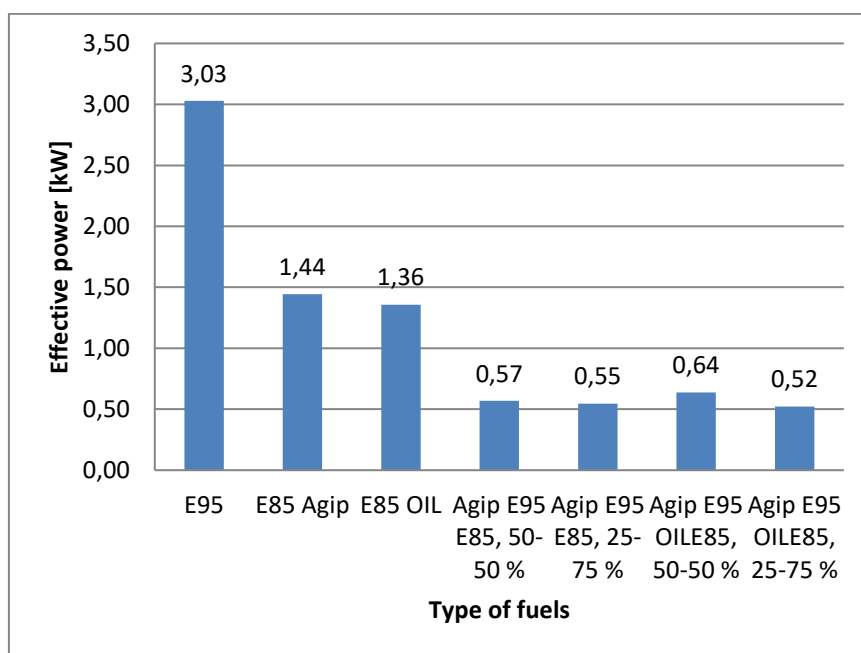
A méréseket „Honda GX -160”benzin motorral felszerelt elektromos fékkel hajtottam végre (ún. mikrofékpad). Megállapítottam, hogy a bioetanolok esetében a fűtőérték és a sztöchiometrikus arány nagymértékű eltérései okozták a feltárt lényegesen kisebb nyomaték és effektív teljesítmény értékeket (kevesebb, mint 50%).

A motortesztek az ECE 24 szabvány előírásai szerint történtek, így a motorra az eredeti szívó- és kipufogórendszert szereltem fel. A mérések 23 üzemi pontban történtek 1400-3600 ford./perc között, háromszori ismétléssel A nyomaték (M) és az effektív teljesítmény ( $P_{eff}$ ) értékeit teljes fojtószelep és fix adagolókar állás esetén minden munkapontban mértem. Egy adott munkapont kiválasztása után a mérés vezérlése, valamint az adatok gyűjtése és kiértékelése teljesen automatizált. (Energopower szoftver)

A motor nyomatéknál (29. ábra) és az effektív teljesítménynél (30. ábra) -jelentős-több, mint 50%-os csökkenést tapasztaltam, amit a bioetanolok 38%-al alacsonyabb fűtőértékével (26,7MJ/kg szemben a 43 MJ/kg-al)) és sztöchiometrikus arányával (8,97 szemben a 14,7-al) magyaráztam.

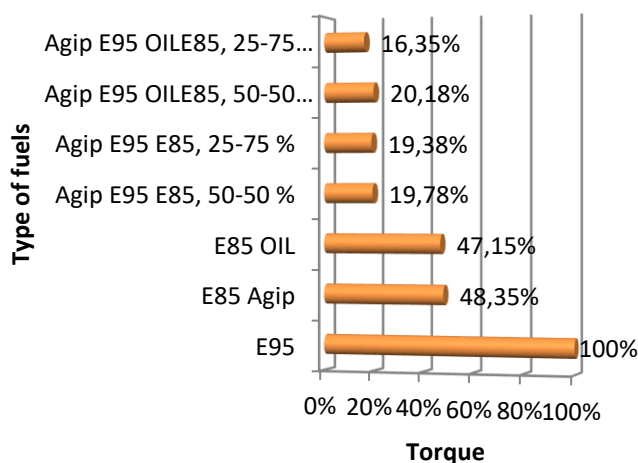


29. ábra Motor nyomatékok alakulása a vizsgált bioetanol hajtóanyagok esetében

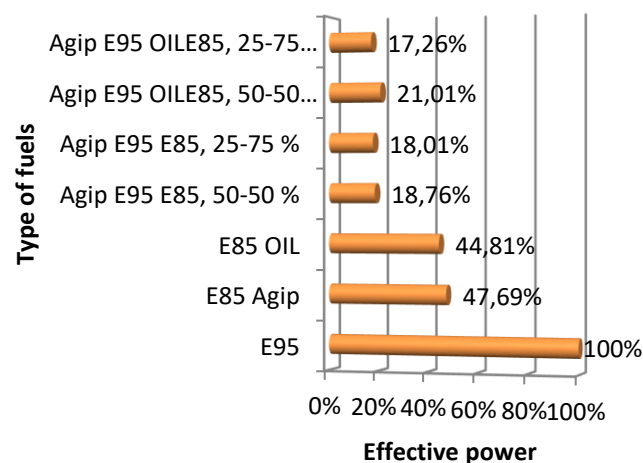


30. ábra Motor teljesítmények alakulása a vizsgált bioetanol hajtóanyagok esetében

A 31. ábrán a motor nyomatékok, a 32. ábrán pedig a motor teljesítmények %-os összehasonlítását ábrázoltam.



31. ábra Motor nyomatékok alakulása a vizsgált bioetanol hajtóanyagok esetében



32. ábra Motor teljesítmények alakulása a vizsgált bioetanol hajtóanyagok esetében

Összhangban a szakirodalommal visszaigazoltam, hogy a motor hajtóanyagok bioetanol-tartalmanak csökkentésével az effektív motor teljesítmény és a nyomaték is nő.

A 3. tézissel kapcsolatos vizsgálataim az [8,9,10,11] publikációmban fellelhetők.

[8] Farkas, F; Nagy, V; Bai, A: Tests of Differential Diesel Fuels in Engine Testing Room, Abstract - Applied Studies In Agribusiness And Commerce 8 : 1 pp. 59-67., 9 p. (2014)

[9] Nagy, Valeria; Farkas, Ferenc Tests of Diesel fuels in the engine testing room, Annals Of Faculty Of Engineering Hunedoara: International Journal Of Engineering 11 : 4 pp. 193-196., 4 p. (2013)

[10] Ferenc, Farkas; Tamás, Molnár: Bioethanol Fuels In Ic Engine – A Comparative Analysis Of Two Different Manufacturer's Bioethanol Fuels Annals Of Faculty Of Engineering Hunedoara: International Journal Of Engineering 14 : 3 pp. 113-116., 4 p. (2016)

[11] F, Farkas; T, Molnár: Recent Applications Of The Renewable Energies Hungarian Agricultural Engineering : 30 pp. 46-53., 8 p. (2016) DOI: 10.17676/HAE.2016.30.46

#### 4. tézis

*A kísérletek célja a vizsgált hajtóanyagoknak a motorállapotra (súrlódó alkatrészek kopása) gyakorolt hatásának meghatározása volt. A kopásvizsgálat a kopásmérési eredményeket, a két legjellemzőbb kopásmutató alapján (hengerpersely felső fordulóponti kopás és az első kompressziógyűrűk tömegvesztése) értékeli. A vizsgált hajtóanyagfélésekre a Schur (Tessol), RME, kereskedelmi gázolaj sorrendet határoztam meg. Az alkatrészek méretei közötti értékkülönbségek azonban elhanyagolhatók voltak, gyakorlatilag azonosnak tekinthetők.*

*A rendelkezésemre álló motorféktermi laboratóriumban növényi olajszármazékokkal (repce-metilészter (RME), valamint hidegen préselt és adalékolt repceolaj-keverék (Schur, más irodalmakban „Tessol” néven említett) [Maurer, K., 1999. és Hancsók, J. Lakatos, I., Valasek, I, 1998.], – mint hajtóanyagokkal – és kereskedelmi gázolajjal motorállapot értékelő összehasonlító vizsgálatokat végeztem „D-240” típusú dízelmotorra alapozottan. A vizsgálandó 3-féle hajtóanyag okán beszereztem három új, azonos típusú és gyártású motorfelújító készletet (hengerpersely, dugattyú, dugattyúgyűrűk) a 3x 50 üzemórás tesztek elvégzéséhez.*

*Az említett hajtóanyagokkal elvégzett 50 órás ciklusok végén a motorkopási állapotot értékeltem. Minden egyes kísérletsorozat indítása előtt tömeg- és geometriai mérésekkel rögzítettem a dugattyú gyűrűzóna, valamint a hengerpalást méreteit, majd ezeket a méréseket a kísérlet lefolytatása után, a motort szétszerelve ismét elvégeztem, a kopások és berágódások értékeinek ellenőrzése céljából.*

*A kopás - mint függő változó - alapvetően a hengerpersely és a dugattyúgyűrűk kopásainak - mint független változók - értékeitől függ. Ugyanakkor a dugattyúgyűrűk kopása radiális és axiális kopásokból (mm), illetve a véghézag és az oldalhézag növekedéséből (mm), továbbá a tömegveszteségekből (g) tevődik össze. Így a kopás - mint a hengerpersely és a dugattyúgyűrűk kopásainak összege - felírható az alábbi általános egyenlet szerint:*

$$Y = A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_{21} + A_3 \cdot X_{22} + A_4 \cdot X_{23} + A_5 \cdot X_{24} + A_6 \cdot X_{25} \quad 4.1.$$

ahol:  $Y = \text{kopás}$

$X_1 = \text{hengerpersely kopása(mm)}$

$X_{21} = \text{dugattyúgyűrűk radiális kopása(mm)}$

$X_{22} = \text{dugattyúgyűrűk axiális kopása(mm)}$

$X_{23} = \text{dugattyúgyűrűk véghézag növekedése(mm)}$

$X_{24} = \text{dugattyúgyűrűk oldalhézag növekedés(mm)}$

$X_{25} = \text{dugattyúgyűrűk tömegvesztesége(g)}$

$A_1 - A_6 = \text{együtthatók, az egyes kopástípusok jellemzői, a 3. táblázat eredményeiből kiolvasható módon}$

*Megállapítottam, hogy a gázolajhoz - mint etalonhoz - viszonyítva az RME használatakor 95,24 %-os, míg SCHUR adalékos hajtóanyag alkalmazásakor 76,20 %-os kopásértékek adódtak. (3. táblázat).*

|            | Hengerp. | Dugattyúgy. | Radiális | Axiális  | Véghézag | Oldalhézag | Tömegveszt | KOPÁS   |
|------------|----------|-------------|----------|----------|----------|------------|------------|---------|
| Hajtóanyag | $X_1$    | $X_2$       | $X_{21}$ | $X_{22}$ | $X_{23}$ | $X_{24}$   | $X_{25}$   | Y       |
| RME        | 0,00950  | 0,31487     | 0,02567  | 0,01033  | 0,18000  | 0,02200    | 0,07687    | 0,32437 |
| SCHUR      | 0,00950  | 0,25000     | 0,03600  | 0,00633  | 0,12667  | 0,02500    | 0,05600    | 0,25950 |
| Gázolaj    | 0,01000  | 0,33057     | 0,02067  | 0,01367  | 0,17000  | 0,01833    | 0,10790    | 0,34057 |

|            | $X_1$         | $X_2$         | $X_{21}$ | $X_{22}$ | $X_{23}$ | $X_{24}$   | $X_{25}$       | KOPÁS     |
|------------|---------------|---------------|----------|----------|----------|------------|----------------|-----------|
| Hajtóanyag | Hengerpersely | Dugattyúgyűrű | Radiális | Axiális  | Véghézag | Oldalhézag | Tömegveszteség | Y         |
| RME        | 2,7895%       | 92,4538%      | 7,5365%  | 3,0342%  | 52,8531% | 6,4598%    | 22,5702%       | 95,2432%  |
| SCHUR      | 2,7895%       | 73,4071%      | 10,5706% | 1,8596%  | 37,1929% | 7,3407%    | 16,4432%       | 76,1965%  |
| Gázolaj    | 2,9363%       | 97,0637%      | 6,0683%  | 4,0129%  | 49,9168% | 5,3832%    | 31,6825%       | 100,0000% |

|            | $X_1$         | $X_2$         | $X_{21}$ | $X_{22}$ | $X_{23}$ | $X_{24}$   | $X_{25}$       | KOPÁS   |
|------------|---------------|---------------|----------|----------|----------|------------|----------------|---------|
| Hajtóanyag | Hengerpersely | Dugattyúgyűrű | Radiális | Axiális  | Véghézag | Oldalhézag | Tömegveszteség | Y       |
| RME        | 0,02789       | 0,92454       | 0,07536  | 0,03034  | 0,52853  | 0,06460    | 0,22570        | 0,95243 |
| SCHUR      | 0,02789       | 0,73407       | 0,10571  | 0,01860  | 0,37193  | 0,07341    | 0,16443        | 0,76197 |
| Gázolaj    | 0,02936       | 0,97064       | 0,06068  | 0,04013  | 0,49917  | 0,05383    | 0,31682        | 1,00000 |

|         |                                                                                                        |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RME     | $Y = 0,02789 X_1 + 0,07536 X_{21} + 0,03034 X_{22} + 0,52853 X_{23} + 0,06460 X_{24} + 0,22570 X_{25}$ |
| SCHUR   | $Y = 0,02789 X_1 + 0,10571 X_{21} + 0,01860 X_{22} + 0,37193 X_{23} + 0,07341 X_{24} + 0,16443 X_{25}$ |
| Gázolaj | $Y = 0,02936 X_1 + 0,06068 X_{21} + 0,04013 X_{22} + 0,49917 X_{23} + 0,05383 X_{24} + 0,31682 X_{25}$ |

### 3 . táblázat Kopásmérések összefoglaló táblázata

A kopási egyenletek a háromféle hajtóanyag esetében a következők:

**Gázolaj:** 4.1.a.

$$Y = 0,02936 X_1 + 0,06068 X_{21} + 0,04013 X_{22} + 0,49917 X_{23} + 0,05383 X_{24} + 0,31682 X_{25}$$

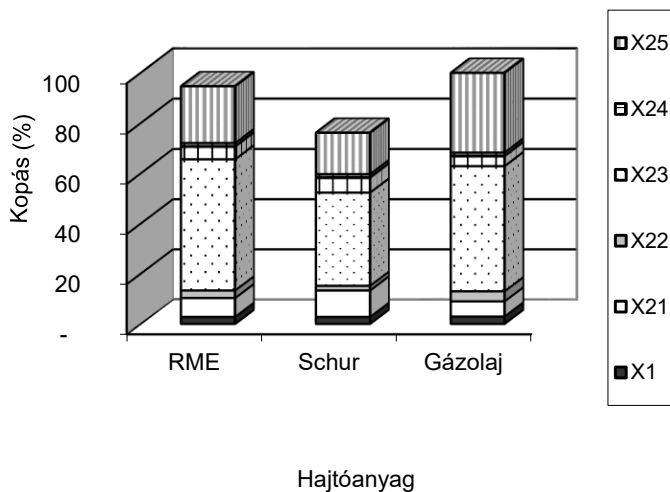
**RME:** 4.1.b.

$$Y = 0,02789 X_1 + 0,07536 X_{21} + 0,03034 X_{22} + 0,52853 X_{23} + 0,06460 X_{24} + 0,22570 X_{25}$$

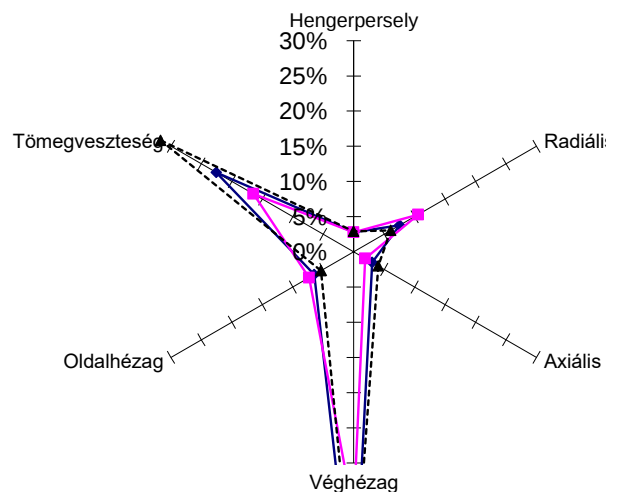
**SCHUR:** 4.1.c.

$$Y = 0,02789 X_1 + 0,10571 X_{21} + 0,01860 X_{22} + 0,37193 X_{23} + 0,07341 X_{24} + 0,16443 X_{25}$$

A kapott kopásértékeket háromdimenziós oszlopdiagramokon (33. ábra) és polárdiagramon (34. ábra) is ábrázoltam.



33. ábra Kopási eredmények %-os összehasonlítása



34. ábra Alkatrész kopások %-os összevetése

A 4. tézissel kapcsolatos vizsgálataim a [12] publikációmban fejtettem ki.

[12] Farkas, Ferenc: A motorállapot értékelése növényolaj-származékok használatakor Pokorádi, László (szerk.) Műszaki Tudomány az Észak-Alföldi régióban 2010 : konferencia előadásai Nyíregyháza, MTA Debreceni Akadémiai Bizottság (2010) 338 p. pp. 35-116., 82 p.

### 3 A kutatás és a bemutatott eredmények hatása, visszhangja

A bioenergia – azon belül is elsősorban a „modern” eljárások – nagyobb mértékű és fenntartható felhasználása is elengedhetetlen lesz a klímasemlegességi célok eléréséhez. A bioenergia hasznosítására már rendelkezésre áll néhány érett, vagy közel kifejlett technológia.

Az alkalmazott mérési metodikák igazolták interdiszciplináris jellegüket, hiszen gépészeti, tribológiai, anyagvizsgálati és környezettudományokban is hasznosnak bizonyultak.

Az általam bemutatott módszerek és műszaki-technikai megoldások, üzemeltetési eljárások hozzájárulhatnak a jármű motorok által kibocsátott emissziók csökkentéséhez.

*A tézisek érvényességét a műszaki gyakorlatban előforduló problémák megoldása érdekében „Labor” körülmények között „Motorteknikai és Emissziós vizsgálatok” végzésével igazoltam.*

*A vázolt technikai/technológiai eljárások bekerültek a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karán folyó „Gépészmérnök” alapképzési szak „Gépjárműtechnikai” specializációjának tananyagába, továbbá a Gépészeti Intézet által gondozott „Motorok és gépjárművek”, „Hibrid-és elektromos hajtások” ill. a „Környezetmérnöki alapismeretek” c. BSc tantárgyak, ill. a „Hőerőgépek és berendezések”, valamint a „Gépészeti rendszerek és folyamatok analízise” c. MSc kurzusok tananyagába.*

*Fenti diszciplinákat ezeken felül a Műszaki menedzser alapszakon belül az „Energiamenedzsment” és a „Megújuló energiák alkalmazása” c. tantárgyak oktatásában, míg MSc szinten az „Energiaellátás és fenntartható fejlődés” kurzusok során is előadom.*

*Tudományos munkásságom alatt 125 db tudományos közleményt jelentettem meg nemzetközileg is elismert folyóiratokban és konferenciákon.*

#### **Farkas Ferenc (Gépészeti tudományok)**

(132 közlemény)

Összegzett IF: 13.350 Várható IF: Összesen: Ebből kiemelt szerzős:

Idézettségi adatok: Független: 56 Önidézet: 10 Nem vizsgált: 0 Összesen: 66

## **4 Irodalmi hivatkozások listája**

*A felhasznált, idegen szerzők által publikált szakirodalmi hivatkozások [név, évszám] szerint.*

*Renewables 2023 Analysis and forecast to 2030 IEA.International Energy Agency] [www.iea.org](http://www.iea.org)*

*WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2022. 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency], [www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications)*

*Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia 2020-2050, ITM, Budapest 2020.*

*Maurer, K.: Pflanzenölgewinnung und verwertung (Növényi olajok kinyerése és értékesítése) Ausbildung – Beratung, Stuttgart-Hohenheim, 1992.*

*Vitéz F. – Kiss E.: Olajtartalmú anyagok préselhetőségének vizsgálata KOMET csigapréssel, Olaj, szappan, kozmetika, Bp. 1991.*

*Dezsényi Gy., Emőd I., Finichiu L.: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata Tankönyvkiadó, Budapest p 122-137; p 825-827, 1990.*

*Fülöp Z.: Belsőégésű motorok p 36-38, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990*

Jante, A.: *Grundlagenprobleme der Verbrennungsmotoren anhand Thermodynamischer Kreisprozesse dargestellt*, Technische Universität – Dresden, 1976

Kalligeros, S. et. al.: *An investigation of using biodiesel/marine diesel blends on the performance of a stationary diesel engine*, In: *Biomass and Bioenergy* Vol. 24, pp. 141-149, 2003

Lakatos I.: *Comparative measurements on chassis dynamometer*, 10th Jubilee International Conference on Heat Engines and Environmental Protection, (ISBN:978 963 313 029 2) pp. 191-196., Balatonfüred, 2011.,

Orlin Stoyanov: *Development and testing a Diesel engine diagnostic system*, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara* Tome XI, Fascicule 2, pp. 37-40, 2013

Vas A.: *Belsőégésű motorok az autó- és traktortechnikában* pp 68-85, *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest* 1997

Maurer, K.: *Erprobung des Einsatzes naturbelassenem Pflanzenöl aus regionaler Produktion als Motorkraftstoff*. Stuttgart, Universität Hohenheim, 1999.

Hancsók, J., Lakatos, I., Valasek, I.: *Üzemanyagok és felhasználásuk*. Tribotechnik Kft. Bp. 1998.

Carranca, José N: *Green power from diesel engines burning biological oils and recycled fat*. RIO5 – World Climate & Energy Event, 15-17 Feb 2005, Rio de Janeiro (Brazil) p 283-296

C. Gergel, W.: *Diesel engine oil drain intervals*. The Lubrizol Corporation, Wickliffe, Ohio, USA 1995.

Kacz K. – Neményi M.: *Megújuló energiaforrások*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest 1998.

MOL: *Közlekedési kenőanyagok alkalmazástechnikája*. MOL NyRt. Kenőanyag Üzletág, Budapest 2000.

## 5 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

*Sorszámozott lista a szerzők, a cím, valamint a megjelenés helyének feltüntetésével. A listán csak olyan publikáció szerepelhet, amelyre a jelölt a tézispontokban hivatkozott.*

[1] **Farkas F.:** *Screwing of the Seeds of Various Plants*. 8th International Scientific Conference on Technology Systems Operation, Presov, 21-23. November 2007. p. 282-285

[2] **Farkas, F.:** *Biohajtóanyagok felhasználásának lehetőségei és korlátai*. In: Pokorádi, László (szerk.) *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi régióban 2011 : a konferencia előadásai Debrecen, Debreceni Akadémiai Bizottság (DAB) (2011)* 548 p. p. 205

[3] **Farkas F.:** *Biohajtóanyagok felhasználásának lehetőségei és korlátai*. *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban konferencia*. Miskolc-Egyetemváros, 2011. május 18. p. 205-214.

[4] **Ferenc Farkas:** *Plant oil derivatives as fuels*, *Polish Journal of Chemical Technology* 11:(1) pp. 4-7. 2009. Versita - ISSN 15098117 **Q3**

[5] **Farkas F.:** Climate change – biofuels. „Natural and artificial ecosystems in Somes-Cris-Mures-Tisa rives basins”. Nemzetközi konferencia, Arad, 2010. május 7-8. p. 172.

[6] Nagy, Valeria; **Farkas, Ferenc:** Exhaust gas tests using of biofuels in IC engines  
Hungarian Agricultural Engineering : 24 pp. 49-52., 4 p. (2012)

[7] **Farkas, Ferenc;** Nagy, Valéria: Environmental tests of biogas and vegetable oils, International Conference on Science and Technique in the Agri-Food Business, ICoSTAF 2012 : 50th Anniversary of Engineering Education in Szeged, Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar (2012) p. 6

[8] **Farkas, F;** Nagy, V; Bai, A: Tests of Differential Diesel Fuels in Engine Testing Room, Abstract - Applied Studies In Agribusiness And Commerce 8 : 1 pp. 59-67., 9 p. (2014)

[9] Nagy, Valeria; **Farkas, Ferenc.:** Tests of Diesel fuels in the engine testing room, Annals Of Faculty Of Engineering Hunedoara: International Journal Of Engineering 11 : 4 pp. 193-196., 4 p. (2013)

[10] **Ferenc, Farkas;** Tamás, Molnár: Bioethanol Fuels In Ic Engine – A Comparative Analysis Of Two Different Manufacturer’s Bioethanol Fuels Annals Of Faculty Of Engineering Hunedoara: International Journal Of Engineering 14 : 3 pp. 113-116., 4 p. (2016)

[11] **F, Farkas;** T, Molnár: Recent Applications Of The Renewable Energies, Hungarian Agricultural Engineering : 30 pp. 46-53., 8 p. (2016) DOI: 10.17676/HAE.2016.30.46

[12] **Farkas, Ferenc:** A motorállapot értékelése növényolaj-származékok használatakor Pokorádi, László (szerk.) Műszaki Tudomány az Észak-Alföldi régióban 2010 : konferencia előadásai Nyíregyháza, MTA Debreceni Akadémiai Bizottság (2010) 338 p. pp. 35-116., 82 p.

## 6 További tudományos közlemények (opcionális)

*További saját publikációk listája, folytatólagos sorszámozással.*

*További publikációk:*

[13] Attila Bai, Péter Jobbágy, József Popp, **Ferenc Farkas**, Gábor Grasselli, János Szendrei, Péter Balogh: Technical and environmental effects of biodiesel use in local public transport Transportation Research Part D-Transport And Environment ISSN: 1361-9209 47: (2016 August) pp. 323-335. (2016) **Q1**

[14] Owais Al-Aqtasha, · **Ferenc Farkas**, · András Sápi, · Imre Szenti, · Tamás Boldizsár, · Kornélia B. Ábrahámné, · Ákos Kukovecz, · Zoltán Kónya: Differently shaped Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-based Pd catalysts loaded catalytic converter for novel non-road mobile machinery exhaust systems Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis 136 : 1 pp. 149-161., 13 p. (2023) **Q3**

[15] Zahoor, Aqib; Kun, Róbert; Mao, Guozhu; **Farkas, Ferenc;** Sápi, András; Kónya, Zoltán: Urgent needs for second life using and recycling design of wasted electric vehicles (EVs) lithium-ion battery: a scientometric analysis Environmental Science And Pollution Research 31 pp. 43152-43173., 22 p. (2024) **Q1**

[16] Gergő Ballai, Milán Attila Sőrés, Livia Vásárhelyi, Imre Szenti, Robert Kun, Bálint Hartmann, Dániel Sebők, **Ferenc Farkas**, Aqib Zahoor, Guozhu Mao, András Sápi,\* Ákos Kukovecz, Zoltán Kónya : *Exploration of Li-Ion Batteries during a Long-Term Heat Endurance Test Using 3D Temporal Microcomputed Tomography Investigation Energy Technology*, DOI: 10.1002/ente.202300207 (2023) **Q2**

[17] T. Rajkumar · András Sápi · Marietta Ábel · **Ferenc Farkas** · Juan Fernando Gómez-Pérez · Ákos Kukovecz · Zoltán Kónya: *Ni–Zn–Al-Based Oxide/Spinel Nanostructures for High Performance, Methane-Selective CO<sub>2</sub> Hydrogenation Reactions*, *Catalysis Letters* 150 : 6 pp. 1527-1536., 10 p. (2020) **Q2**

[18] András Sápi · Suresh Mutyala · Seema Garg · Mohit Yadav · Juan F. Gómez-Pérez · Fanni Czirik · Zita Sándor · Klara Hernadi · **Ferenc Farkas** · Sebastijan Kovačič · Ákos Kukovecz · Zoltán Kónya: *Size controlled Pt over mesoporous NiO nanocomposite catalysts: thermal catalysis vs. photocatalysis*, *Journal of Porous Materials* 28 : 2 pp. 605-615., 11 p. (2021) **Q2**

[19] Juan Fernando Gómez-Pérez · András Sápi · Viola Bíró · **Ferenc Farkas** · Sebastijan Kovačič · Bence Kutus · Pál Sipos · Henrik Haspel · Ákos Kukovecz · Zoltán Kónya: *Graphitic Nature Governs CO<sub>2</sub> Hydrogenation Reactions on Platinum@Carbon Nanocomposites*, *Catalysis Letters* 149-162., 13 p. (2025) **Q2**

[20] Owais Al-Aqtasha - András Sápi · **Ferenc Farkas** · Haythem S. Basir · Ákos Kukovecz · Zoltán Kónya: *Enhanced performance and cost-effectiveness of Pd-based catalysts with Cu, Ni, and Co promoters for CO and NO<sub>x</sub> conversion in flue gas emission*, *Atmospheric Pollution Research* 16 (2025) 102579 : 8 pp. (2025) **Q1**