

## KÍSÉRLETI EGYHENGES DÍZELMOTOR ÜZEMANYAG-RENDSZERÉNEK ÁTALAKÍTÁSA A FOGYASZTÁSI ÉRTÉKEK PONTOSABB MÉRÉSÉRE

**Mátrai Zsolt**

*doktorandusz*

*Miskolci Egyetem,*

*Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet,*

*Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék,*

*Cím: 3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [arammsz@uni-miskolc.hu](mailto:arammsz@uni-miskolc.hu)*

### **Összefoglalás**

*A dízelmotorok egyik vizsgálata az üzemanyag-fogyasztásmérése. Meglévő mérőberendezés tekintetében az üzemanyag-fogyasztást mérő rendszerben nem kellő légtelenítésből adódó nyomáslengéseket, következésképpen mérési bizonytanságot tapasztaltunk. Fogyasztáscsökkentő berendezés vizsgálatakor pedig a résolaj visszavezetés módja okozott gondot, a már egyszer kezelt üzemanyag nem kellő pihentetése miatt. A továbbiakban e két probléma kiküszöbölésére kialakított műszaki megoldásokról számolunk be.*

**Kulcsszavak:** *dízelmotor, üzemanyag, fogyasztásmérés*

### **Abstract**

*The aim of this contribution is to transform the fuel system of a one cylindered diesel engine to measure the fuel consumption more accurately. To operate the engines using less fuel, and save the environment with lower emissions cause more important problems nowadays. The causes of the inaccuracy have been the wrong connection of the diesel fuel back-flow tube, and the lack of the possibility of the venting. Then a special fuel consumption reducer device had to be connected to the fuel system, to measure the effect on the diesel engine. This fuel consumption reducer established several requirements. Finally the successful transformation is presented, which compliances the requirements of the consumption reducer device.*

**Keywords:** *diesel engine, fuel, consumption*

### **1. Bevezetés**

Motorizált világunkban egyre fontosabb szemponttá válik a közlekedés alappilléreként szolgáló belsőégésű motorok fogyasztásának csökkentése, valamint azok környezetre gyakorolt káros hatásainak minimalizálása. Tanulmányunkban egy dízelmotor üzemanyag-ellátó rendszerén végzett átalakítási munkát mutatunk be.

Tanszékünk rendelkezik egy egyhengeres motorból – ami egyaránt lehet diesel vagy benzin üzemű – és egy hozzá kapcsolt hajtó – fékező egységből álló kísérleti berendezéssel. Ezzel az eszközzel alapkiépítésben lehetőség van a motor fogyasztásának mérésére külön-

böző terhelési állapotokban. Felmerült az igény, hogy egy, a motor üzemanyag-ellátó rendszerébe integrált berendezés üzemanyag-fogyasztásra való hatásának vizsgálatára tegyük alkalmassá a kísérleti berendezést.

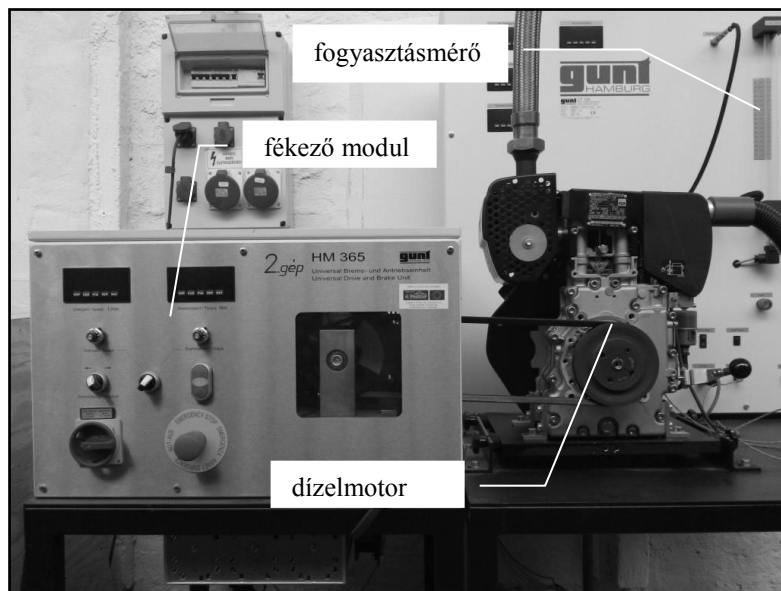
A problémát az okozza, hogy alapkiépítésben az üzemanyag szivattyú által keringetett üzemanyag motor által fel nem használt része visszaáramlik a mérőhengerbe. Így tudjuk a tényleges fogyasztást regisztrálni. Ez azonban két szempontból sem felel meg egy minősítő mérés elvégzéséhez.

Az első szempont, hogy a visszaáramoltatott üzemanyag kis mértékben ugyan, de nyomáslengéseket okoz a mérőhengerben, ami a mérőhenger alján elhelyezett nyomástávadóval mért nyomás és az abból származtatott fogyasztás értékeket befolyásolja. Így a mért értékek pontossága nem felel meg a kívánalmaknak.

Másodsorban ezzel a méréssel nem lehet tisztán a pótlólagosan beépített berendezés által okozott hatást regisztrálni, mivel a berendezés üzemanyagra gyakorolt hatása hosszabb ideig fennáll és a visszaáramoltatott üzemanyag is „kezelt” üzemanyagként minősül. A vizsgálandó berendezés hatását úgy tudjuk egzakt módon értékelni, ha mindig kezeletlen üzemanyagot bocsájunk rá. Ezért az alapkiépítés esetén a fogyasztásmérés adatai nem tekinthetők mérvadónak, hiszen nem tisztán a berendezés hatását méri.

## 2. A kísérleti berendezés

A dolgozatban ismertetett átalakítást egy oktatási célra gyártott Gunt gyártmányú berendezésen végeztük el (1.ábra). Ez a gép-együttes egy egyhengeres Hatz 1B20-6 típusú dízel-motorból és a hozzá csatlakoztatható fékgépből áll.



1. ábra. Kísérleti egyhengeres dízelmotor.

Az egyhengeres dízel üzemű motor főbb műszaki adatai a következők:

- lökettérfogat  $V_F=232 \text{ cm}^3$ ;
- sűrítési viszony 21:1;
- maximális fordulatszám  $n=3200 \text{ 1/min}$ ;
- maximális teljesítmény  $1,5 \text{ kW}$ ;
- hajtókarhossz  $l=104 \text{ mm}$ .

A motor ékszíjhajtással kapcsolódik az öt fékező egyenáramú generátorhoz, mellyel a terhelést  $0,5 \text{ Nm}$  és  $5 \text{ Nm}$  között lehet állítani.

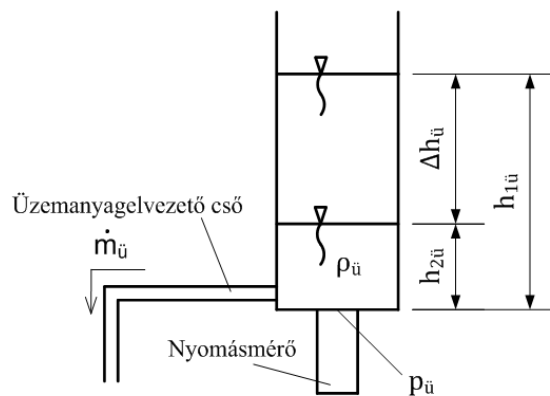
A berendezéssel a következő jellemzőket lehet mérni:

- fordulatszám  $[1/\text{min}]$ ;
- nyomaték  $[\text{Nm}]$ ;
- a beszívott levegő mennyisége  $[l/\text{min}]$ ;
- az üzemanyag nyomása a motorba lépéskor  $[\text{mbar}]$ ;
- üzemanyag-fogyasztás  $[\text{kg/h}]$ .

A fent felsorolt mérhető jellemzők közül jelen esetben a fogyasztási értékekkel foglalkozunk.

### 3. Az üzemanyag-fogyasztásmérés

Az egyhengeres dízelmotor üzemanyag-ellátó rendszerét úgy alakították ki, hogy az elégetett üzemanyag mennyisége dokumentálható legyen, és ebből következtetéseket tudjunk levonni a dízelmotorban zajló folyamatokról [1]. A fogyasztás méréséről egy nyomásmérő gondoskodik, ami egy függőleges helyzetű mérőhenger alján található (lásd 1. ábrát). A henger a berendezés legmagasabb egysége, innen folyik az üzemanyag a rendszerbe. A csőben lévő dízelolaj szintje, a motor által elégetett mennyiségnek megfelelően csökken. A henger alján, adott időintervallum alatt rögzített nyomáskülönbségből egyértelműen kiszámítható a motor beállított üzemi paramétereirehez tartozó  $\dot{m}_ü$   $[\text{kg/h}]$  fogyasztási érték [4]:



2. ábra: A fogyasztás mérésének eszköze.

A fogyasztásmérő henger alján mért  $\Delta t$  idő alatt bekövetkező  $\Delta h$  üzemanyagszint csökkenéséhez tartozó nyomáskülönbség:

$$\Delta p_{\ddot{u}} = p_{2\ddot{u}} - p_{1\ddot{u}} = \rho_{\ddot{u}} \cdot g \cdot \Delta h. \quad (1)$$

Az elégetett üzemanyag tömegét az elfogyott üzemanyag térfogatának és sűrűségének szorzata adja:

$$\Delta m_{\ddot{u}} = \Delta h \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \rho_{\ddot{u}} \quad (2)$$

Az üzemanyag-fogyasztás tömegáramát e tömegmennyiséghez tartozó átfolyási idejével osztva kapjuk:

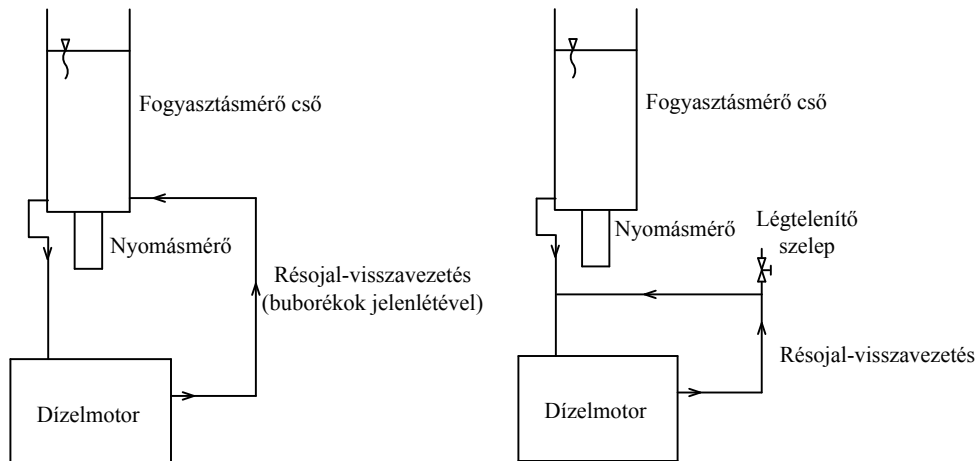
$$\dot{m}_{\ddot{u}} = \frac{\Delta m_{\ddot{u}}}{\Delta t} = \frac{\Delta p_{\ddot{u}}}{\Delta t} \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4 \cdot g} \quad (3)$$

a (3) kifejezés szerinti tömegáram a használatos mértékegységekkel a következő képlettel számítható:

$$\dot{m}_{\ddot{u}} \left[ \frac{kg}{h} \right] = \frac{\Delta p_{\ddot{u}} \cdot 100 \cdot D^2 \cdot \pi \cdot 3600}{9,81 \cdot 4 \cdot \Delta t} \quad (4)$$

ahol  $\Delta p_{\ddot{u}}$  [mbar] az üzemanyagcső alján mérhető nyomáskülönbség,  $D$  [m] a cső átmérője,  $\Delta t$  [s] pedig a nyomáskülönbség mérése során eltelt idő.

A dízelmotor üzemelése során azonban a fogyasztásmérés pontosságát rendkívüli módon lerontotta az, hogy a gyárilag csatlakoztatott résolaj-visszavezetés légbuborékozást eredményezett a mérőhengerben. Ennek eredményeképpen a nyomásmérő szenzor téves eredményeket közölt a számítógéppel, ami így nem hiteles fogyasztási értékeket kalkulált. Ezt a jelenséget kellett megszüntetni az üzemanyagrendszer átalakításával, mely a 3. ábrán figyelhető meg.



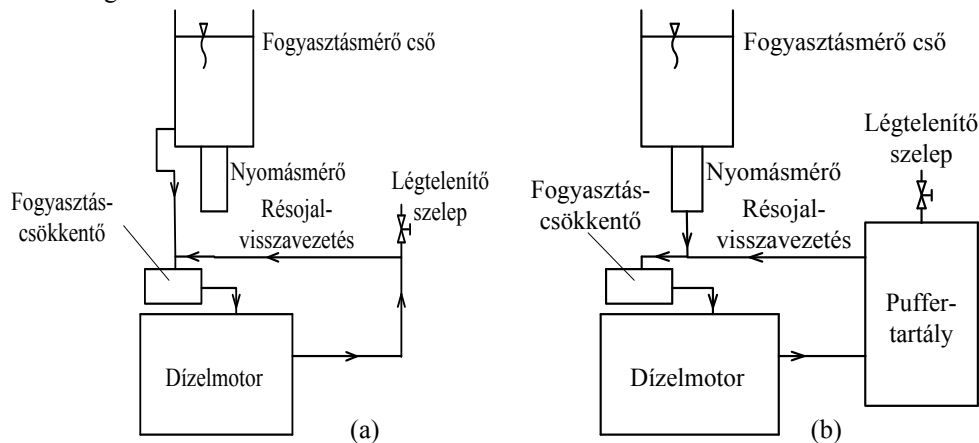
3. ábra: Az eredeti és az átalakított mérőrendszer.

Fontos volt, hogy a résolaj-visszavezetést mindenképpen a rendszerbe oly módon kell csatlakoztatni, hogy ezt a mérőszonda ne mérje, így a fogyasztási értékek hitelesek maradjanak. Ezért az átalakítás lényege, hogy a résolajat a mérőhenger helyett az üzemanyag-ellátó csőbe vezettük vissza, és külön gondoskodtunk egy légtelenítő szelep beépítésével a mérőrendszer légtelenítéséről. Így a légtelenítés a mérés kezdetén elvégezhetővé vált. A tesztelések az átalakítás hatásosságát tökéletesen visszaigazolták. A buborékokat egyszerűen el tudtuk távolítani az üzemanyag-vezetékekből mielőtt azok káros hatást gyakoroltak volna a henger folyadékszintjére, és ezzel a fogyasztásmérése.

#### 4. Speciális fogyasztáscsökkentő berendezés mérésének előkészítése

További feladatként jelentkezett, hogy az üzemanyagrendszert egy fejlesztés alatt álló speciális fogyasztáscsökkentő berendezés hatásainak mérésére is alkalmassá kellett tennünk [2]. A legelső kitétel az volt, hogy az eszközön keresztül áramoljon az üzemanyag. Az eszköz előre beállított paraméterek szerint működve kezeli az üzemanyagot, s az így kezelt üzemanyag a motorba jutva fejt ki pozitív hatását (4. ábra). A fogyasztáscsökkentőt tehát a fogyasztásmérő és a motor közti üzemanyagcsőbe kellett beépíteni úgy, hogy az a résolaj-visszavezetés mögé kerüljön.

Az így kialakított rendszeren a mérések során azonban a fogyasztáscsökkentő hatás fokozatos romlását tapasztaltuk, aminek oka az volt, hogy a résolaj-visszavezetéssel már egyszer a berendezés által kezelt üzemanyag került vissza a fogyasztáscsökkentő készülékbe. Ez a berendezés hatását megzavarta, aminek következtében annak fogyasztáscsökkentő hatása megváltozott.

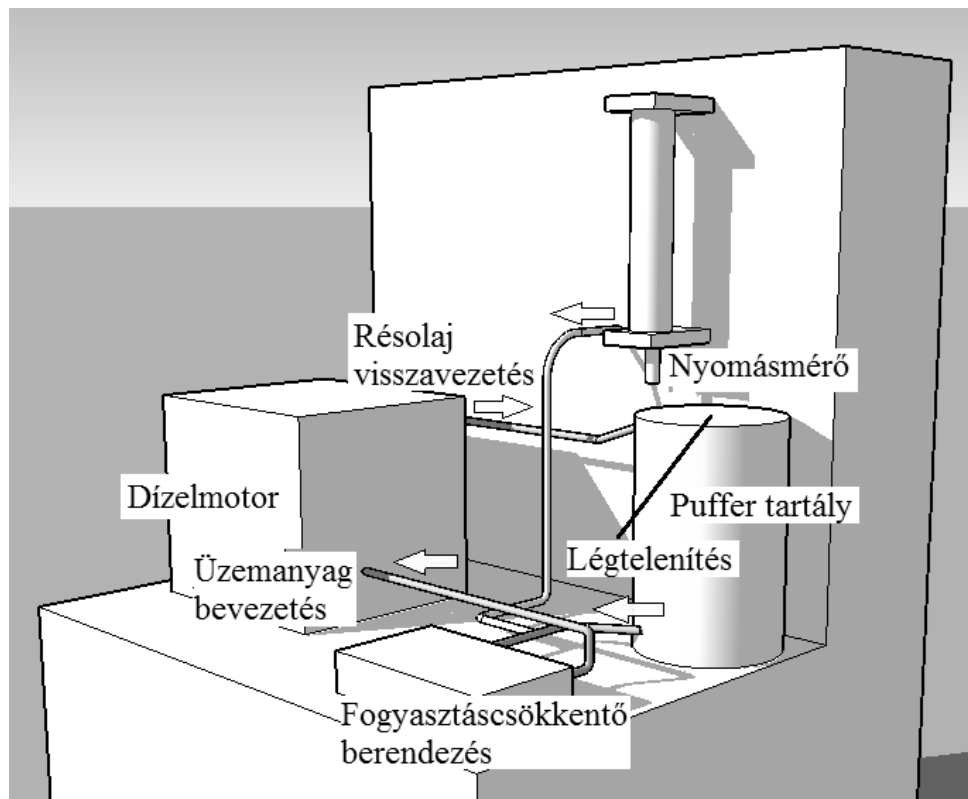


4. ábra: A dízelmotor átalakított üzemanyagrendszere (a) és annak kiegészítése pihentető puffertartállyal (b).

Mérésekkel meghatároztuk, hogy a kísérleti készülék üzemanyagra gyakorolt hatása 2 óra pihentetés elteltével szűnik meg maradéktalanul. Ez azt jelenti, hogy a résolajat 2 órán keresztül nem szabad a berendezésen újra átáramoltatni, ugyanakkor eltávolítani sem szabad, ugyanis a nyomásmérő abban az esetben nem az elégetett üzemanyag csökkenéséből

adódó nyomáskülönbséget mérné, hanem a motor adagolószivattyújának folyadékszállítását.

A megoldás az, ha a rendszerbe egy olyan tökéletesen zárt és légtelenített puffertartályt építünk, amibe a motorból érkező résolaj minimum 2 órán keresztül pihen, miközben a fogyasztáscsökkentő készüléknek az ide vezetett üzemanyagra gyakorolt hatása megszűnik, s így újra bevezethetjük a rendszerbe. A megoldás kapcsolási rajzát a 4.b ábra mutatja. A puffertartály méretének megválasztásához szükséges volt tudni, hogy a számunkra legrosszabb esetben, amikor a résolaj térfogatárama a legnagyobb, hány liter folyadékot szállít két óra alatt. Mivel méréseinket a motor 2500 percenkénti fordulata mellett végeztük, a résolaj maximális térfogata, ezen a fordulatszámmon, a legkisebb terhelés mellett alakul ki, ugyanis az adagoló folyadékszállítása a fordulatszám függvénye, és legkevesebb üzemanyagot a legkisebb terhelés mellett éget el a motor. Méréssel megbizonyosodtunk arról, hogy ez a mennyiség 2 óra alatt semmi esetben sem haladja meg a 20 litert. Ez azt jelenti, hogy ekkora kell legyen a pihentető puffertartály minimális térfogata.



5. ábra: Dízelmotor átalakított üzemanyagrendszerének 3D-s modellje.

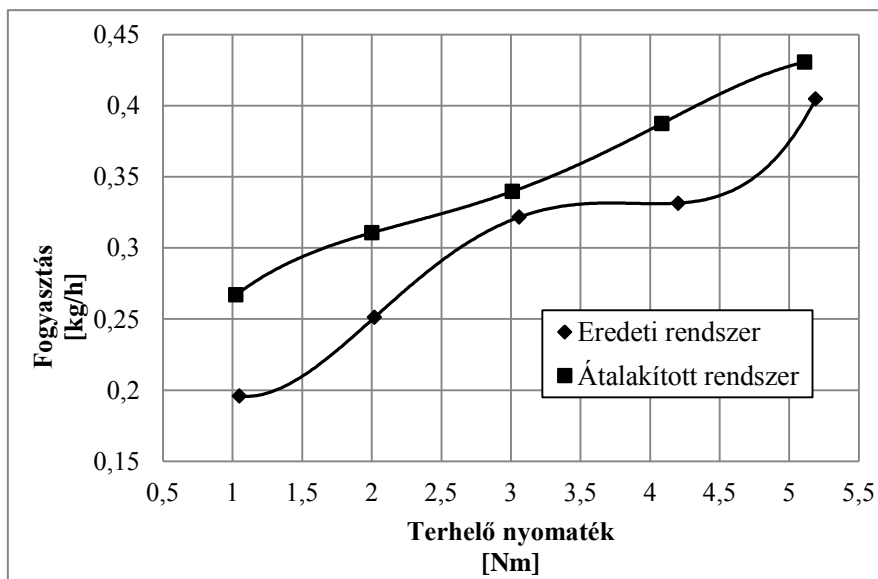
A rendszert túlméretezve elsőként egy téglatest alakú, 40 liter térfogatú puffertartályt alkalmaztunk. Arra ugyan számítottunk, hogy a tartály fala valamelyest kidomborodik a folyadék túlnyomása miatt, de mivel a fogyasztásmérő cső maximális és minimális folya-

dékoszlopa között mindössze 0,2 méter különbség van, az ebből adódó kicsiny túlnyomás-különbségből (~0,017 bar) adódó érzékelhető puffertartály-domborodásra nem számítottunk.

A méréseink során azonban irreálisan alacsony fogyasztási értékeket dokumentáltunk. Ez a hiba annak tudható be, hogy a fogyasztásmérő henger szintjének feltöltése közben a megnövekedett túlnyomás a puffertartály falát folyamatosan deformálta, növelve annak a térfogat-befogadó képességét. A motor működése közben elégetett üzemanyag azonban a fogyasztásmérő henger szintjének csökkenését eredményezi, azonban ekkor a túlnyomás is csökken a puffertartályban, minek eredményeképpen a deformáció mértéke is csökken, csökkentve a tartály űrtartalmát. Így nem csökkent az üzemanyagszint reális mértékben a mérőhengerben. Ezt a problémát kiküszöbölve, hengeres tartály alkalmazása mellett döntöttünk. (5. ábra). Ebben az esetben a tartály legfelső pontján helyeztük el a légtelenítő szelepet, valamint fontos megjegyezni, hogy ugyan az ábra ezt nem tükrözi, de a tartály alsó és felső lapjának kialakítása is domború volt. E rendszer alkalmazásával a problémák teljes mértékben kiküszöbölésre kerültek, és az elvégzett mérések értékelhető eredményt adtak.

## 5. Az átalakítás hatásainak vizsgálata

Ahogy a fentiekben említésre került, a mérő rendszer eredeti állapotában a fogyasztási értékek mérése közben olyan problémákba ütköztünk, melyekkel pontos méréseket nem tudtunk elvégezni. A probléma a résolaj-visszavezetés csatlakoztatásából, és a rendszer légteleníthetlenségéből adódott.



6. ábra: Az eredeti és az átalakított rendszerrel mért fogyasztási értékek összehasonlítása.

A méréseket olyan módszer szerint végeztük, miszerint egy adott fordulatszámról indulva minimális terhelő nyomaték mellett, lépcsőzetesen emelve azt, dokumentáltuk a motor mért üzemi jellemzőit [3]. A terhelés növelésével, a motorban működő rugós regulátor

többlet üzemanyagot juttatott a motorba. Ennek következtében a motor fogyasztása mindeközben stabilan növekedett. Az eredeti összeállítás mellett végzett mérések során azonban ezt a növekedést bizonytalanul tudtuk kimutatni, mely eredményekből a mérési rendszer pontatlanságát feltételeztük. Az átalakításokat elvégezve, és hengeres tartályt csatlakoztatva a rendszerhez, a mérések alapján kimutatható stabilitásjavulást észleltünk. A két esetben a mért jelleggörbék a 6. ábrán láthatók. Az ábra szemléletesen mutatja az átalakítás előtti bizonytalan, ingadozó mérési eredményeket. Az átalakulás után a mérési eredmények jelentős ingadozása megszűnt, és a levegőbuborékok eltűnésével a gravimetrikus elven mérő rendszer pontos értékmutatása következett be. A hengeres tartály előtt alkalmazott téglatest alakú puffertartállyal végzett mérések során bizonyos üzemanyagszint mellett a rendszer nem volt képes fogyasztási értéket mérni, olyan nagymértékű volt a tartály falának domborodásának hatása. Így e rendszerrel végzett mérési eredmények nem voltak kiértékelhetők, a diagram ezért ezeket nem is tartalmazza.

## 6. Összefoglalás

A nagyszámú kísérleti vizsgálataink elvégzése közben, az új mérőberendezés és az abba utólag beépített fogyasztáscsökkentő eszköz használata során több - kezdetben megmagyarázhatatlan - anomáliát észleltünk. Az eredmények elemző értékelésével arra a következtetésre jutottunk, hogy a kialakított mérőrendszerben keresendők a mérési hibák okai. Szisztematikus hibakereséssel két olyan hibalehetőséget találtunk, amelyet kiküszöbölve lehetővé vált a berendezés korrekt használata, az eredmények a várt értékeket stabilan hozták. Ehhez a rendszer korrekt légtelenítését és a résolaj megfelelő pihentetését kellett megoldani. Ez utóbbit két lépésben sikerült elérni.

## 7. Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú *Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program* című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A kutató munka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében teljesül.

## 8. Irodalom

- [1] Dietse, H.: *Automotive Sensors*, Robert Bosch Gmbh, 2005, ISBN 978-3-86522-049-3
- [2] Dezsényi GY, Emódi I., Finichiu Liviu *Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.
- [3] Mátrai, Zs., Tollár, S.: *Különböző diesel üzemanyagok a motor üzemi jellemzőire gyakorolt hatásának vizsgálata*, *GÉP LXIII.*: ( 9) (2012), pp. 57-60. (ISSN: 0016-8572)
- [4] Mátrai, Zs.: *Effect of consumption-reducing additives on a single-cylinder diesel engine. Proc. Tavaszi Szél Konferencia 2013*, Sopron, pp. 201-207 (ISBN 978-963-89560-2-6)