

Járművek energiafelhasználásnak mérése (Készült a Bolyai Ösztöndíj Támogatásával)

Dr. Lakatos István Ph.D., egyetemi docens*

* Széchenyi István Egyetem, Közúti és Vasúti Járművek Tanszék
(e-mail: lakatos@sze.hu)

Abstract: A belső égésű motorok üzemének egyik fő jellemzője a tüzelőanyag-fogyasztás, azaz az energiaátalakítás mértéke. Ha ennek mérése mellett még a jármű keréken leadott jellemzőivel (vonóerő, kerékteljesítmény) is rendelkezünk, fontos következtetéseket vonhatunk le az energiaátalakítás hatásosságára vonatkozóan, a jármű egészét illetően. Az alábbi anyag a tüzelőanyag-fogyasztás mérés diagnosztika lehetőségeit tekinti át.

1. BEVEZETÉS

A belső égésű motor tüzelőanyag-fogyasztása jellemző az energiaátalakítás hatásfokára, ezért a diagnosztikai célú, ellenőrző fogyasztásmérés nagy jelentőségű. Segítségével információt kapunk a motor műszaki állapotáról és le tudjuk mérni beavatkozásaink eredményességét.

A fogyasztást vizsgálati ciklus szerint vagy állandósult üzemállapotban kell mérni. Ez utóbbi azt jelenti, hogy a hűtőközeg, a kenőolaj, a beszívott keverék/levegő és kipufogógázok stb. hőmérséklete beállt az üzemállapothoz tartozó egyensúlyi hőmérsékletre.

A mérés pontossága a motorüzem egyenletességétől, a mérési időtartamtól, mérésének pontosságától és a tüzelőanyag-mennyiség (térfogat/tömeg) mérés pontosságától függ.

1.1 A tüzelőanyag-fogyasztás mérőszámai

A tüzelőanyag-fogyasztás mérőszámai közül a járműtechnikában a **l/100 km** dimenziójú terjedt el a leginkább. Ez az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$Q[l/100km] = 360000 \cdot \frac{V[dm^3]}{t[s] \cdot v[km/h]} \quad (1.)$$

vagy

$$Q[l/100km] = 100 \cdot \frac{V[dm^3]}{s[km]} \quad (2.)$$

A képlet elemzése révén könnyen belátható, hogy pontos járműfogyasztás (Q) értéket csak akkor kapunk, ha az elfogyasztott tüzelőanyag-mennyiséget (V), a hozzá tartozó időt (t), a jármű sebességét (v) illetve a megtett utat egyaránt megbízható műszerekkel mértük.

1.2 Tüzelőanyag-fogyasztás mérés

A gépjárművek tüzelőanyag-fogyasztását országúti illetve próbapadi méréssel határozhatjuk meg.

1.2.1. Országúti jármű-fogyasztás mérés

Az országúti fogyasztásmérésre kiválasztott útszakasznak az alábbi feltételeknek kell megfelelnie:

- jó minőségű aszfalt vagy beton burkolat,
- 1 %-nál nagyobb emelkedőket nem tartalmazhat,
- hossza legalább 2km (illetve hasznójárműveknél legalább 1 km) .

A vizsgált járműre vonatkozó feltételek:

- A mérést terheletlen, de a szükséges tartozékokkal felszerelt (szerszámkészlet, KRESZ-tartozékok, pótkerék, stb.) járművel kell végezni.
- A tüzelőanyag-tartályt térfogatának kb. 2/3-áig kell megtölteni.

A mérést az alábbi meteorológiai feltételek mellett kell végrehajtani:

- Hőmérséklet: +5 – +25 °C
- Légnyomás: 1000 – 1026 mbar
- Szélsebesség: ≤ 3 m/s

A mérést a legkisebb módosítást adó sebességfokozatban, a típusra előírt sebességgel, repülőstartos (a fogyasztásmérést akkor kell elkezdni, ha a jármű a mérő-sebességet elérte) módszerrel kell elvégezni. A mérés során a jármű sebessége csupán ±5%-kal ingadozhat.

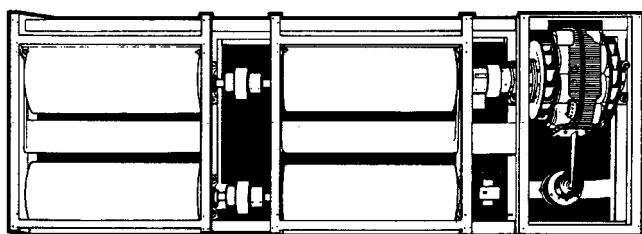
A mérést az útvonal mindkét irányában legalább kétszer el kell végezni. Az eredményeknek $\pm 10\%$ -os tűrésmezőn belülre kell esnie, ettől eltérő esetben a mérést meg kell ismételni.

A mérés végeredményét a részmerések eredményének számtani átlaga adja.

1.2.1. Próbapadi jármű-fogyasztás mérés

A járművek fogyasztás mérése görgős teljesítménymérő padon is elvégezhető, laboratóriumi körülmények között. Ilyenkor természetesen a vizsgált jármű síkúti menetellenállását kell padi terhelésként beállítani.

A görgős jármű-fékpadok fékgép segítségével a hajtott keréken keresztül terhelik a motort. Mód van arra, hogy a közútival egyenértékű járműterhelést állítsunk be, így műhelykörülmények között reprodukálhatóan hajthassuk végre a vizsgálatokat, pl. a járműfogyasztás mérést (1. ábra).



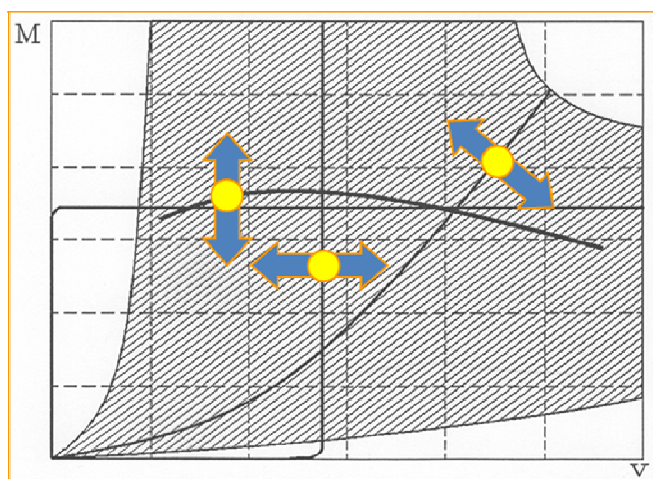
1. ábra: Schenk W280 típusú teljesítménymérő pad

A fékpád esetében tetszőleges (v , $F_{\text{vonó}}$) munkapont beállítható a működési jellegmezőn belül (2. ábra). A padok általában három előre beállított függvény szerint képesek a vonóerő (a jármű kerék kerületén kifejtett erő – ezzel terhel a pad) szabályozására:

- a vonóerő állandó: $F_{\text{vonó}} = \text{állandó}$,
- a sebesség állandó: $v = \text{állandó}$ és a
- vonóerő arányos a sebesség négyzetével: $F_{\text{vonó}} \sim v^2$

Mindegyik karakterisztika helyzete, illetve meredeksége fokozatmentesen állítható. Az $F_{\text{vonó}} \sim v^2$ karakterisztika alkalmas a fogyasztásmérés végrehajtására, hiszen ezzel a karakterisztikával a légellenállás jellege képezhető le. A gördülési ellenállást a görgőágy-kerék kapcsolat képezi le (természetesen a vizsgálatokhoz a gumiabroncs nyomását 30 %-kal meg kell emelni, tehetetlenségi (gyorsítási, lassítási)

ellenállás viszont ilyenkor nem hat, mivel a mérés stacioner (állandó sebességű) üzemállapotú.



2. ábra: a görgős teljesítménymérő pad jellegmezeje

2. A TÜZELŐANYAG-FOGYASZTÁS MÉRÉS GYAKORLATA GÖRGŐS JÁRMŰ-FÉKPADON

A görgős padi fogyasztásmérést csak abban az esetben tudunk végezni, ha az adott gépkocsitípusra rendelkezünk a síkúti terhelés-azonosító paraméterekkel. A módszer előnye abban nyilvánul meg, hogy ha az adott típus terhelési azonosító adatát ismerjük, akkor annak már bármely egyede mérhető görgős padon, reprodukálható körülmények között. A padi terhelésazonosítás módszerét a továbbiakban Ottomotoros gépjármű esetére mutatjuk be.

2.1 Országúti terhelés-azonosítás

1. módszer

Ebben az esetben az $F_{\text{vonó}} \sim v^2$ karakterisztika egy pontjának azonosító jellemzőit (motorfordulatszám, motor-terhelés) határozzuk meg országúti méréssel. Mivel a függvény jellege (másodfokú parabola) és kiinduló pontja (origó) adott, egyetlen pont is elegendő az egzakt azonosításhoz.

A mérés menete:

Az országúti fogyasztásméréssel azonos körülmények között az alábbi mérést végezzük el 5 – 5 esetben mindkét irányban:

Üzemállapot:

Sebességváltó: 3. fokozat

Járműsebesség: 50 km/h = állandó

Mért jellemzők (terhelési azonosítók):

- Motorfordulatszám
- Szívócső-depresszió (terhelés azonosító, Ottomotorok esetében)

2. módszer

A járműre felhelyezett 5. kerékkel mérünk **sebességet** és **időt**. A mérést sík úton, szélcsendes időben végezzük. A járművet 90 km/h sebességre gyorsítjuk fel, majd a tengelykapcsoló oldása után hagyjuk 75 km/h sebességre

lassulni. A mérést mindkét irányban, irányonként kétszer hajtjuk végre.

A mérési protokollokból leolvassuk a 85 km/h–75 km/h közötti lassulás időtartamát. Ebből az adatból az alábbi képlet segítségével határozzuk meg a 80 km/h sebességhez tartozó menetellenállást:

$$P_{\text{menet}} = M \cdot v \cdot \frac{\Delta v}{\Delta T} \quad (3.)$$

Ahol:

- P_{menet} – menetellenállás teljesítmény (kW)
- M – a jármű vonatkoztatási tömege (kg)
- v – vizsgálati sebesség (km/h)
- Δv – a sebesség eltérése a vizsgálati sebességtől (km/h)
- 500 – átszámítási faktor
- T – átlagos lassulási idő

2.2. Próbapadi terhelés-azonosítás

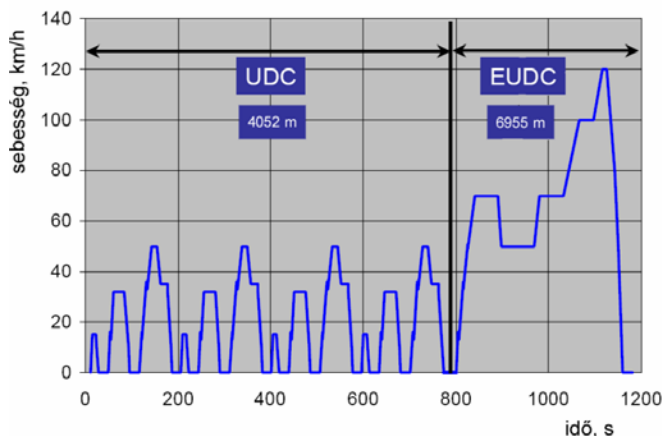
A próbapadra állított autónál, a próbapad $F_{\text{vonó}} \sim v^2$ terhelési jelleggörbéje esetén, a gázpedál-helyzet és a pad jelleggörbe meredekség változtatásával beállítjuk az országúton mért terhelési azonosítókat.

A pad által mért vonóerő értéket leolvassuk.

Az adott típus terhelés-azonosítója a további mérésekre már a ($v, F_{\text{vonó}}$) értékpár. Erre beállítva a terhelő karakterisztikát, a fogyasztásmérés az előzőekben leírt elvek szerint végrehajtható.

2.3 Tüzelőanyag-fogyasztás mérés az RL 93/116/EWG irányelv szerint

A járművek tüzelőanyag-fogyasztását 1996. január 1. óta az EU-ban az új európai menetciklus segítségével határozzák meg. Ennek végrehajtásához a vizsgált jármű menetellenállásait (gördülési és légellenállás) országúti mérés alapján kell pontosan meghatározni. A padot ezután az adott jármű síkúti menetellenállásának megfelelően kell beállítani, majd a szabványos menetciklus segítségével végre lehet hajtani a mérést.

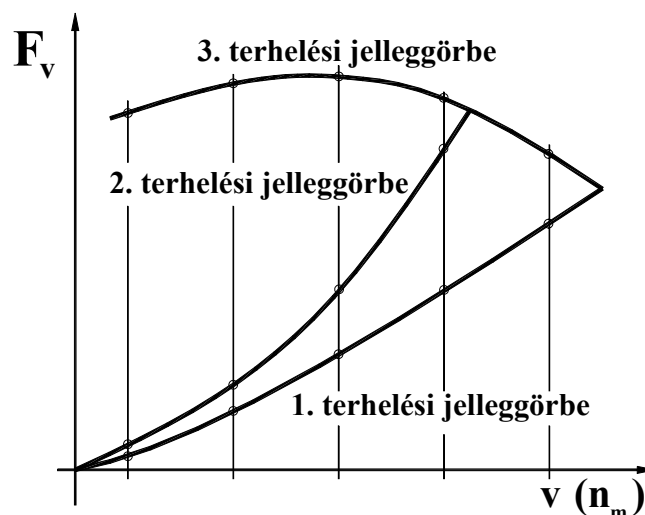


3. ábra: Városi és városon kívüli Európa-menetciklus

A szabványosított menetciklus 1180 s (20 perc) időtartamig tart. Ebből 780 s az ún. városi ciklus és 400 s a városon kívüli ciklus.

2.4 Munkaponti tüzelőanyag-fogyasztás mérés

Lehetőségünk van arra is, hogy a menetellenállási terhelő karakterisztika különböző pontjaiban (4. ábra, 1. terhelési jelleggörbe) mérjünk stacioner üzemállapotban járműfogyasztást.



4. ábra: görgőspadi terhelő karakterisztikák

2.5. A CO₂-emisszió és a tüzelőanyag-fogyasztás összefüggése

A CO₂-kibocsátás napjaink klímaváltozási folyamatai miatt nagy jelentőségű. A CO₂-emisszió értéke összefügg a tüzelőanyag-fogyasztással. Ismert tüzelőanyag-fogyasztás (l/100 km) értékből közvetlenül számítható a CO₂ kibocsátás értéke is g/km mértékegységben.

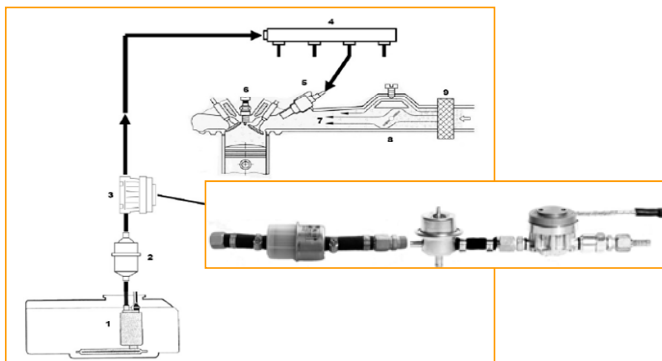
Átszámítási tényezők:

- dízel-motorok: 26,5 kg/ 10 l
- benzin-motorok: 23,2 kg/ 10 l
- gázüzemű motorok: 18-20 kg/ 10 l

Számítási példa: egy 5,6 l/100 km tüzelőanyag-fogyasztású jármű CO₂-emissziója $5,6 \times 23,2 = 129,92 \text{ g/km}$. Természetesen ez középértéket jelent.

3. GYAKORLATI MÉRÉSI ELRENDEZÉSEK

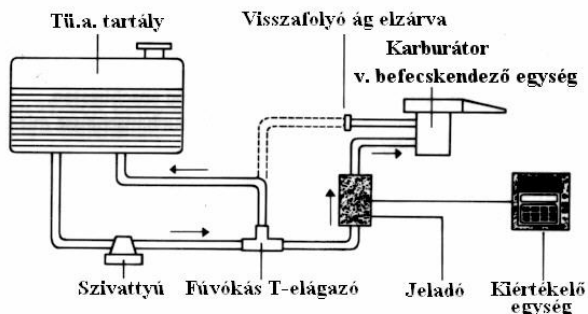
Az 5. ábrán látható fogyasztásmérő-egység (a továbbiakban jeladó) bekötése függ a motor keverékképző rendszerétől. A továbbiakban erre mutatunk gyakorlati példákat, a különböző keverékképző rendszerrel ellátott motorok esetére.



5. ábra: a fogyasztásmérő jeladó bekötés

3.1. Fogyasztásmérés karburátoros motorokon

Ebben az esetben a mérő-jeladót a tápszivattyú és a karburátor közé kell beépíteni (6. ábra). A visszafolyó ágat ilyenkor le kell zárni, hiszen ez méretlenül átfolyó mennyiség lenne.

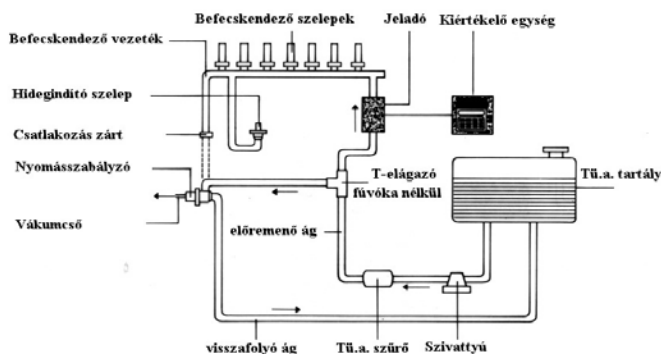


6. ábra: karburátoros motorok fogyasztás mérése

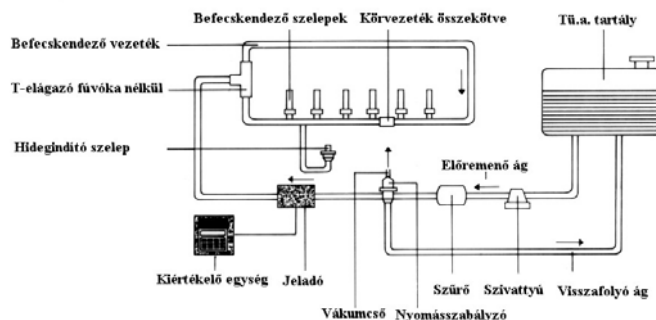
3.2. Fogyasztásmérés L-Jetronic-kal felszerelt motorokon

L-Jetronic (Motronic) befecskendő rendszerrel felszerelt motoroknál két alapesettel találkozunk:

- a nyomásszabályzó a tüzelőanyag-vezeték végére van beépítve (7. ábra),
- a nyomásszabályzó a tüzelőanyag-vezeték közepére van beépítve (8. ábra),



7. ábra: fogyasztásmérés L-Jetronic (Motronic) befecskendő rendszerrel felszerelt motorok esetében (a nyomásszabályzó a tüzelőanyag-vezeték végén)



8. ábra: fogyasztásmérés L-Jetronic (Motronic) befecskendő rendszerrel felszerelt motorok esetében (a nyomásszabályzó a tüzelőanyag-vezeték közepén)

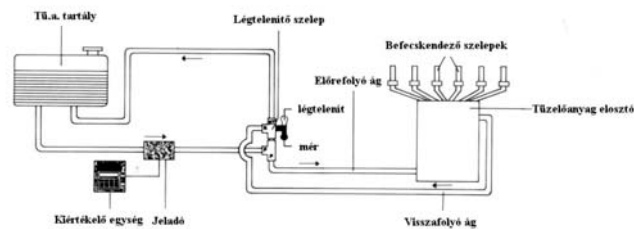
A követendő bekötési technológia:

- Építsünk az előremenő vezetékbe T-elágazót.
- A nyomásszabályzót szereljük ki és csatlakoztassuk a T-elágazó szabad végéhez (a visszafolyó ág változatlan bekötéssel marad).
- Kössük be a mérő-jeladót a T-elágazó és a befecskendő vezeték közé.
- Zárjuk a befecskendő vezeték nyitott végé(i)t.
- Ha a nyomásszabályzó nehezen hozzáférhető, akkor zárjuk le a visszafolyó ágát, és az ábra szerinti helyre kössük be egy másik (új) nyomásszabályzót.

3.3. Fogyasztásmérés forgóelosztós adagolóval felszerelt dízel motorokon

A mérés bekötési sémáját a 8. ábra szemlélteti. A bekötés lépései:

- Csőszorítók segítségével a tüzelőanyag-tartály közelében zárjuk le mind az előremenő, mind a visszafolyó ágat.
- A 9. ábra szerinti módon kössük be a légtelenítő szelepet (a fogyasztásmérő műszer tartozéka).
- A csőszorítókat szereljük le.
- Állítsuk az útváltó szelepet **légtelenítés** helyzetbe, majd indítsuk el a motort.
- Egy-két perc után állítsuk a légtelenítő szelepet mérés helyzetbe.

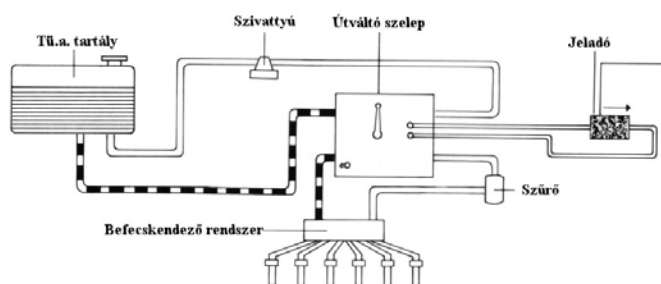


9. ábra: fogyasztásmérés forgóelosztós adagoló dízel motorokon

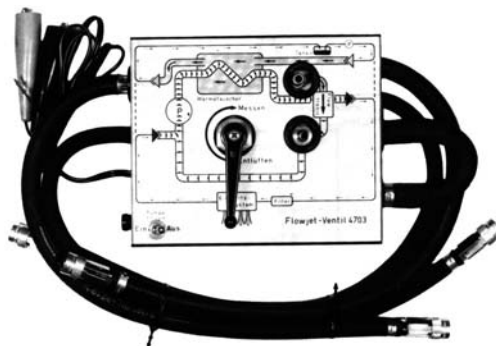
3.4. Fogyasztásmérés az alábbi keverékképző rendszerrel ellátott motorokon: K-Jetronic, központi befecskendezés, soros adagolóval felszerelt dízel motor

A mérés bekötési sémáját a 10. ábra szemlélteti. A bekötés lépései:

- Benzinbefecskendező rendszerek esetén:
- Kössük be az előremenő és a visszafolyó ágat az 10. ábra szerint.
- Állítsuk az útváltó szelepet **légtelenítés** állásba.
- 12 V-os tápfeszültséggel indítsuk el az útváltó szelepbé épített szivattyút.
- Indítsuk el a motort.
- Mintegy 30 s után állítsuk a szelepet **mérés** állásba, és kezdjük meg a mérést.
- Soros adagolóval felszerelt dízel motorok:
- Kössük be az előremenő és a visszafolyó ágat az 10.6. ábra szerint.
- Állítsuk az útváltó szelepet (11. ábra) **légtelenítés** állásba.
- Csatlakoztassuk a 12 V-os tápfeszültséget az útváltó szelepbé épített szivattyúra.
- A kézi szivattyúval légtelenítsük a rendszert.
- Kapcsoljuk be az útváltó szelepbé épített szivattyút és indítsuk el a motort.
- Mintegy 30 s után állítsuk a szelepet **mérés** állásba, és kezdjük meg a mérést.



10. ábra: Fogyasztásmérés az alábbi keverékképző rendszerekkel ellátott motorokon: K-Jetronic, központi befecskendezés, soros adagolóval felszerelt dízel motor



11. ábra: speciális útváltó szelep beépített szivattyúval (az útváltó szelep belső bekötése a fedlapon látható)

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A görgős-teljesítménymérő padi mérések diagnosztikai (megbontás nélküli) lehetőséget adnak a jármű vizsgálatára. Ez az előny még egy továbbit is párosul, hiszen a vizsgált folyamatok a jármű egészében ítéltetők meg. Így a mért fogyasztás/energetikai jellemzők is a teljes hajtáslánc egészét minősítik.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1.] Dr. Lakatos István – dr. Nagyszokolyai Iván (szerk.: Dr. Lakatos István): Gépjármű-diagnosztika, Budapest, Képzőművészeti Kiadó, 2008
- [2.] Dr. LAKATOS István Ph.D.¹, egyetemi docens, Dr. NAGY Vince Ph.D.², ZENTAI Tamás³, ORBÁN Tamás⁴ Korszerű járművizsgálati módszerek a Ford alternatív hajtóanyagú járművekre, konferencia, 100 éves a FORD T modell, Budapest, 2008.
- [3.] RICHTLINIE 1999/94/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Dezember 1999 über die Bereitstellung von Verbraucherinformationen über den Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen beim Marketing für neue Personenkraftwagen
- [4.] Olaf Soyk: Eignung von aufbereiteten Altfetten zum Betrieb eines Dieselmotors, Universität der Bundeswehr München, München, 1999
- [5.] Dr. Hancsók - Dr. Lakatos - Dr. Valasek: Üzemanyagok és felhasználásuk, Tribotechnik Kft., Budapest, 1998
- [6.] Dr. Lakatos István – Dr. Nagyszokolyai Iván: Motorüzemeltetői enciklopédia, Minerva-Sop Bt.–NOVADAT, Győr, 2000