

SZAKDOLGOZAT

Ludman Antal
Gépészmérnök BSc

2024
Gödöllő



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus**

Járműtechnika Tanszék

Gépészmérnök BSc

Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron

Belső konzulens:	Prof. Dr. Kiss Péter, egyetemi tanár
Intézet/tanszék:	Járműtechnika Tanszék
Külső konzulens:	Vadkerti Tóth Zoltán, projektvezető mérnök, Energotest Kft.
Készítette:	Ludman Antal (N94EM3)

Gödöllő

2024

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gépjárműtechnika specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Ludman Antal (N94EM3)

részére

A szakdolgozat címe:

Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron

Feladatkiírás:

Foglalja össze és értékelje belső égésű motorok vizsgálatával kapcsolatos szakirodalmat. Tervezzon mérési tematikát eltérő hajtóanyag (adalék) motorfékezéses összehasonlító vizsgálatához. Vegyen részt a mérésben és értékelje a kapott eredményeket. Végezze el az összehasonlítást az adalék nélküli és az adalékolt hajtóanyagra vonatkozóan.

Közreműködő tanszék: Járműtechnika Tanszék

Külső konzulens: Vadkerti Tóth Zoltán, projektvezető mérnök, Energotest Kft.

Belső konzulens: Prof. Dr. Kiss Péter, egyetemi tanár, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék

Beadási határidő: 2024. november 5. (kedd) 12.00 óra

Gödöllő, 2024. június 15.

Jóváhagyom

Átvettem


Prof. Dr. Kiss Péter
tanszékvezető


Prof. Dr. Szabó István
szakfelelős


Ludman Antal
hallgató

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2024. október 30.


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés, célkitűzés	5
2.	Belsőégésű motorok vizsgálatának technológiája	7
2.1.	Motorok fejlődése, típusai, működése, jellemzői	7
2.2.	Motorfékezés, fékpadok	9
2.3.	Motorjellemzők mérése stabil fékpadon	11
2.4.	Emissziós típusvizsgálatok	13
2.4.1.	World Harmonized Steady State Cycle (WHSC)	14
2.4.2.	European Steady State Cycle (ESC)	15
2.4.3.	European Transient Cycle (ETC)	17
2.4.5.	European Load Response (ELR)	18
3.	A dízelmotor vizsgálata adalékmentes és adalékolt hajtóanyaggal	20
3.1.	A mérés, mérés célja	20
3.2.	A hajtóanyag és adalék	22
3.3.	A fékpad és kalibrációja	23
3.3.1.	Nyomaték kalibráció	23
3.3.2.	Fordulatszám kalibráció	24
3.3.3.	Fogyasztásmérő kalibráció	25
3.4.	A mérés menete	25
3.5.	A mérés kiértékelése, összehasonlítások	28
3.5.1.	100 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 450 ppm	28
3.5.2.	75 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 450 ppm	36
3.5.3.	50 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 450 ppm	38
3.5.4.	25 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 450 ppm	40
3.5.5.	85 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 450 ppm	40
3.5.6.	65 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 450 ppm	42
3.5.7.	100 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 650 ppm	44
3.5.8.	75 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 650 ppm	46
3.5.9.	50 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 650 ppm	48
3.5.10.	25 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 650 ppm	50
3.5.11.	85 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 650 ppm	50
3.5.12.	65 %-os gázkar állás, adalékoltatlan és adalékolt, 650 ppm	52
3.6.	Következtetések levonása a mérési adatokból	54
3.6.1.	Nyomaték értékek	54
3.6.2.	Teljesítmény értékek	54
3.6.3.	Fajlagos fogyasztás értékek	55
4.	Összefoglalás	57

5.	Summary	58
6.	Irodalomjegyzék.....	59
7.	Nyilatkozatok	60
8.	Köszönetnyilvánítás	61
9.	Mellékletek.....	62

1. Bevezetés, célkitűzés

Szakdolgozatom témájának a dízelmotor vizsgálatot választottam. Azért döntöttem ez mellett, mert felkeltette az érdeklődésemet egy ehhez kapcsolódó tanszéki projekt az egyetemen. Ez a projekt ugyanis egy hajtóanyag adalék hatás vizsgálat volt dízelmotoron, amit stabil fékpadon végeztünk el. Érdekesnek találtam, mert már középiskolás korom óta érdekelnek a belsőégésű motorok felépítése és működése. A projektben való közreműködés által lehetőségem nyílt közvetlenül megismerni és megtapasztalni hogyan is zajlik egy ilyen kutatás. Ezáltal olyan értékes gyakorlati tapasztalatokat szerezhetek, amelyek hozzájárulnak a szakmai fejlődésemhez. Természetesen motivált még a téma jelentősége is, hiszen napjainkban különösen fontos a hajtóanyag-fogyasztás csökkentése, valamint a kipufogógáz környezetre gyakorolt negatív hatásának mérséklése. Ezen a területen a dízelmotorok kiemelt figyelmet érdemelnek. A különféle összetételű adalékanyagok alkalmazása pedig az egyik lehetséges megoldást kínálja erre a kihívásra, és ennek a kutatása nemcsak szakmailag izgalmas, hanem nagyon hasznos is lehet a jövő szempontjából.

A dízelmotorok a közlekedésben és az iparban is egyaránt fontos szerepet töltenek be. Ezek a motorok rég óta megbízható energiaforrásnak bizonyulnak, viszont környezetvédelmi és hajtóanyag-hatékonyság terén még fejlesztésre szorulnak. A hajtóanyag összetétele fontos szerepet játszik a dízelmotorok környezeti hatásában és működési hatékonyságában. Az ilyen tulajdonságok javítására alkalmaznak különféle adalékokat. Ezek az adalékok olyan vegyi anyagokat tartalmaznak, amik például tisztítják a motor belső részeit, megakadályozzák a korom lerakódását, vagy az égésfolyamatot javítják.

A dolgozatomban ezeknek az adalékanyagok hatásainak részletes vizsgálatával foglalkozom. A mérés során adalékolatlan és adalékolt hajtóanyagot fogok vizsgálni és megfigyelem az adalék motor teljesítményére, leadott nyomatékára, hajtóanyag-fogyasztásokra (fajlagos és óránkénti) gyakorolt hatását.

A dolgozatom célja, a motorvizsgálatban való aktív közreműködés és a mérés tematikájának megtervezése, összeállítása. A mérést megelőző fékpad kalibráción való részvétel, annak figyelemmel kísérése.

A mérés során az adalékolt hajtóanyag motorra gyakorolt hatását (pl.: teljesítmény, leadott nyomaték, fajlagos- és óránkénti hajtóanyag fogyasztás) is vizsgálom. A két mérés (adalékolt és adalékolatlan) eredményeit elemzem, összehasonlítom és kiértékelem. Mindezek mellett elkészítem a mérésekről szóló jegyzőkönyveket, melyek részletesen dokumentálják a

vizsgálat során mért és számolt adatokat. Ezek a jegyzőkönyvek segítenek az egész vizsgálat teljeskörű és átlátható kiértékelésében. A kiértékelésben a fajlagos hajtóanyag fogyasztásokat fogom összehasonlítani a különböző gázkar állások esetében és a végén energetikai következtetést vonok le az adalék hatékonyságát illetően.

2. Belsőégésű motorok vizsgálatának technológiája

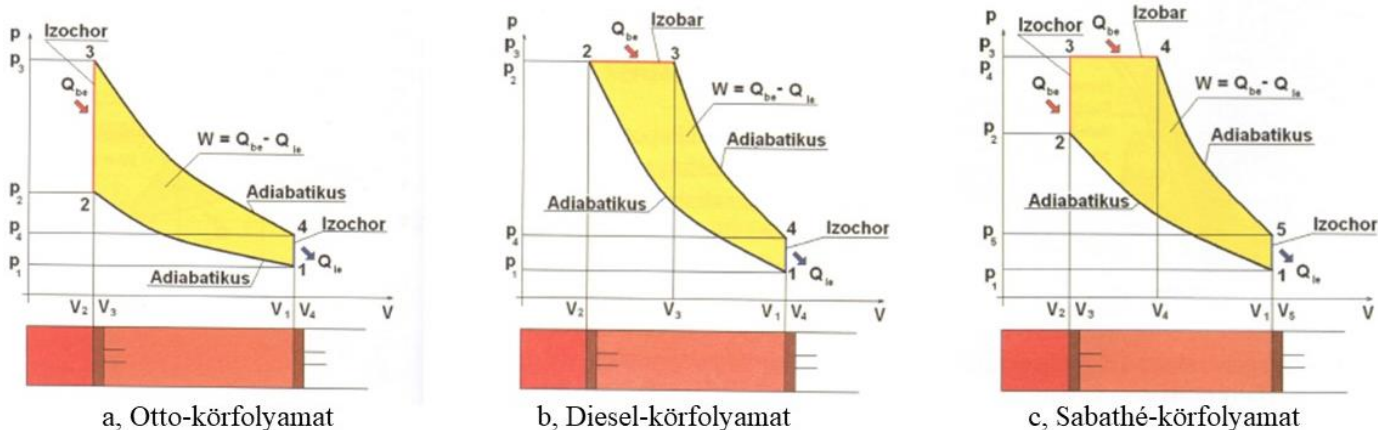
2.1. Motorok fejlődése, típusai, működése, jellemzői

A hőerőgépekről a James Watt által feltalált gőzgép megjelenése óta (1769) beszélünk. Ez a nagyjából két és fél évszázad jelentős fejlődést eredményezett az erőgép technika területén. Ezek a gépek olyan rendszerek, amik a hajtóanyag kémiai energiáját alakítják át hővé, azután pedig mechanikai munkává. A legnagyobb darabszámban használt hőerőgép a belsőégésű motor. A motorok dugattyús gépek, melyben az égés és az energiaátalakítás a hengerben történik. A belsőégésű motoroknak jelentős szerepe van az emberiség életében és az energiaellátásban. Ezekben a motorokban az energiahordozókban tárolt vegyileg kötött hőenergia elégetve munkává alakul. Az égéshez általában 3 tényező egyidejű megléte szükséges: éghető anyag, gyulladási hőmérséklet és oxigén. Azokat az energiahordozókat, amelyek a motorokban elégethetők és ezáltal energiát szolgáltatnak, hajtóanyagoknak nevezzük, ezzel megkülönböztetve őket a termikus hasznosítási célú tüzelőanyagoktól. Ezek a hajtóanyagok lehetnek folyékonyak (benzin, gázolaj) és lehetnek gázneműek (Propán-bután gáz, hidrogén). Az égéshez szükséges, hajtóanyaggal reakcióba lépő oxigént az égéslevegő biztosítja. Az elégetett hajtóanyagból felszabadult hő hatására megváltozik, megnő a hengerben a nyomás. Az energiaátalakítás periodikusan ismétlődő munkafázisok formájában történik, melyek ciklusokat alkotnak. Az egy működési ciklusban előforduló változást körfolyamatnak nevezzük, melyet általában p-V diagramban szemléltetünk. Egy ciklus valamennyi szakaszait ütemeknek nevezzük, ahol egy ütem a munkafázis egy löketre eső része. A működési elvtől függően egy ciklus kettő vagy négy ütemből állhatnak. A 2 ütemű motorok esetében a körfolyamat egy, a 4 ütemű motoroknál pedig két tengelyfordulat alatt játszódik le. A munkafolyamat részei: friss közeg beáramlása a munkatérbe (szívás), a közeg sűrítése (kompresszió), égés és terjeszkedés, valamint a közeg kiáramlása a munkatérből (kipufogás). (Dr. Vas et al., 2019)

A négyütemű belsőégésű motorok lehetnek belső és külső keverékképzésűek. A külső keverékképzésű és szikragyújtású motorokat Otto-motoroknak nevezik. Ez az elnevezés utal arra, hogy a megvalósított munkafolyamatának alapját az Otto-körfolyamat (1. ábra/a) adja. Az Otto motorok megközelítőleg állandó hajtóanyag-levegő aránnyal működnek, így a motor teljesítményét a beszívott állandó összetételű benzin-levegő keverék mennyiségével szabályozzák. Ebből adódóan az Otto-motor mennyiségi szabályozású. Az égéstérbe beszívott keverék mennyiségének szabályozása a szívócsőben elhelyezett fojtószelep állításával történik.

A belső keverékképzésű motorok esetén a hajtóanyag közvetlenül az égéstérbe kerül befecskendezésre és a keverékképzés folyamata ott valósul meg. Ezek a motorok egyaránt működhetnek kompresszió- és szikragyújtással. A belső keverékképzésű motoroknak pontosabban szabályozható a befecskendezett hajtóanyag mennyisége. (Kocsis et al. 2014)

A dízelmotorok az 1920-as évektől váltak népszerűvé a közúti járművekben, az 1930-as évektől pedig a mezőgazdasági gépekben, előtte elsősorban helyhez kötött, stabil motorként alkalmazták őket. A széles körű elterjedésüket jelentősen hátráltatta az Otto elven működő motorokhoz viszonyítva nagyobb tömegük, zajkibocsátásuk, magasabb részecske, főként korom kibocsátásuk. A dízelmotorok belső keverékképződéssel és kompressziós gyújtással működnek. A Diesel-körfolyamatot (Rudolf Dieselről elnevezve) a lassújárású dízelmotorok követik, míg a gyorsjárásúak pedig a vegyes-körfolyamatot (Sabathé-körfolyamatot) valósítják meg.



1. ábra: Belsőégésű motorok körfolyamatai, forrás: Kocsis et al., 2014

Az 1. ábra ezeket a körfolyamatokat szemlélteti. Ebből az ábrából kiolvasható, hogy a különböző motorok esetén egy munkaciklus alatt milyen állapotváltozások mennek végbe. Illetve egyből észrevehető különbség, hogy az Otto körfolyamatnál állandó térfogatú, a Diesel-körfolyamatnál állandó nyomású állapot változás mellett történik a hőközlés. Ezek a változások lehetnek izochor (állandó térfogatú), izobar (állandó nyomású), izoterm (állandó hőmérsékletű) és az adiabatikus állapotváltozások. Az adiabatikus állapotváltozás során a termodinamikai rendszer és környezete között nem jön létre hőátadás. A dízelmotor a munkafolyamatot ugyanolyan ütemekkel végzi el, mint a benzinmotor azokkal a különbségekkel, hogy a dízelmotor tiszta levegőt szív be, a sűrítés nagyobb mértékű, mint a benzinmotoroknál, a befecskendezés a keverékképzéssel együtt a hengerben megy végbe és a hajtóanyag begyújtása nem szikrával, hanem kompresszióhővel történik. A sűrítési ütem végén a levegő hőmérséklete magasabb a hajtóanyag gyulladási hőmérsékleténél, ezáltal ún. öngyulladás lép fel. A hengerbe

egy-egy szívás ütem folyamán beszívott levegő mennyisége megközelítőleg azonos, a befecskendezett hajtóanyag mennyisége pedig széles tartományban szabályozható. Mivel a közel azonos mennyiségű beszívott levegőbe bejuttatott hajtóanyagot szabályozzuk, ezért a dízelmotor minőségi szabályozású. Ennek következtében a levegő-hajtóanyag arány is változik, a legkisebb értéke pedig ($\alpha > 1$), ami azt jelenti, hogy a rendelkezésre álló levegő több hajtóanyag elégetésére is elegendő, mint amennyi az aktuális terheléshez szükséges. A dízelmotorokat minden esetben ellátják fordulatszám szabályozóval, mert ha az energiabevitel (dózis) és a terhelés közötti egyensúly elmozdul a dózis javára, akkor a motor túlpöröghet, ami szerkezeti károkat is okozhat. (Dr. Vas et al., 2019)

2.2. Motorfékezés, fékpadok

A motorfékezési vizsgálat olyan indirekt mérési eljárás, mely folyamán egy fékpaddal terhelést állítunk elő és a motort arra készítjük, hogy ezt a terhelést felvegye.

Fékezési eljárások:

- Féktermi, stabil fékpad (főtengely),
- Mobil fékpad (TLT, kardán),
- Görgős fékpad (hajtókerék). (HTTP2)

A **stabil féktermi fékpadok** a kiszerelt motorok mérésére lettek kifejlesztve. A 2. ábrán látható vázlatos rajz szemléltet egy motor-fékpad kapcsolatot. Ezek lehetővé teszik, hogy a motort teljesen önállóan, a járműtől függetlenül teszteljük. Az ilyen típusú mérés előnye, hogy mentes minden járulékos és számolhatatlan veszteségektől, amelyek a járműben található különböző segédüzemek miatt lépnének fel. Az ilyenfajta mérést két fő esetben szokták alkalmazni, az egyik, ha valamilyen fejlesztést szeretnének elérni, a másik eset pedig, ha a motor valamennyi névleges paraméterének, tulajdonságának ellenőrzése a cél.

Ezekre néhány példa:

- Motor fejlesztéskor,
- Motorgyártáskor,
- Új motor beszállításakor,
- Új motor üzemi paramétereinek meghatározásakor,
- Motorfelújítás után,
- Kenőanyag és hajtóanyag fejlesztésekor,
- Motor üzemét befolyásoló berendezés/ berendezések módosításakor.

(HTTP1)

A mobil fékpadok esetén az mezőgazdasági erőgépek esetén használatos TLT-s (teljesítményleadó tengelyes) fékpadot emelném ki. Ezek kifejezetten traktorok és egyéb munkagépek vizsgálatára szolgálnak. A fékpad az traktor TLT csomójára csatlakozik egy kardántengely segítségével, és azon keresztül terheli a motort.

A tulajdonságai közé tartozik, hogy:

- Könnyen szállítható, bármilyen területen elvégezhető a mérés.
- Egyszerű a beállítása, hiszen gyorsan csatlakoztatható és rövid idő alatt elkezdhető a mérés. Nem igényel hosszas előkészítést.
- A mérés közvetlen az erőgép motorját álló helyzetben lehet vele terhelni, egészen 100 %-ig.
- Olyan motorjellemzőket is képes mérni, amiket mozgás közben szinte lehetetlen lenne.
- Hagyományos hibakeresési módszerekkel egyaránt alkalmazva gyors és pontos diagnózis felállítása, megbontás nélkül. (HTTP3)

A görgős gépjármű fékpad lehetővé teszi a gépjármű hajtásláncának országúti haladásának megfelelő terhelését, azzal, hogy a hajtott kerekek görgőkön futnak. Aktív és/vagy passzív gépi terheléssel hat a gépjármű hajtására, ezzel többféle keréksebességek és keréknyomatékok beállítása válik lehetővé. A fékpadon megvalósítható állandó (stacioner) és folyamatosan változó (instacioner) üzemállapotú hajtáslánc terhelés. Az állandósult (stacioner) üzemállapotú terhelés során a motor egy beállított terhelésen és fordulatszámon jár, amit általában a pedál lenyomásával határoznak meg. Az állandósult állapot-pont tetszőlegesen választható meg a motor jellegmezőjén belül, és például teljes motorterhelésnél lehetővé teszi a keréken leadott nyomaték és teljesítmény karakterisztikájának lépésről-lépésre történő felvételét. A görgős fékpad terhelés segítségével a gépjármű hosszirányú mozgásának szimulációja is megvalósítható (instacioner üzemállapot, azaz gyorsulás, majd szabadkifutás), ezzel kiváltva az országúti méréseket, menetciklus vizsgálatok is elvégezhetőek.

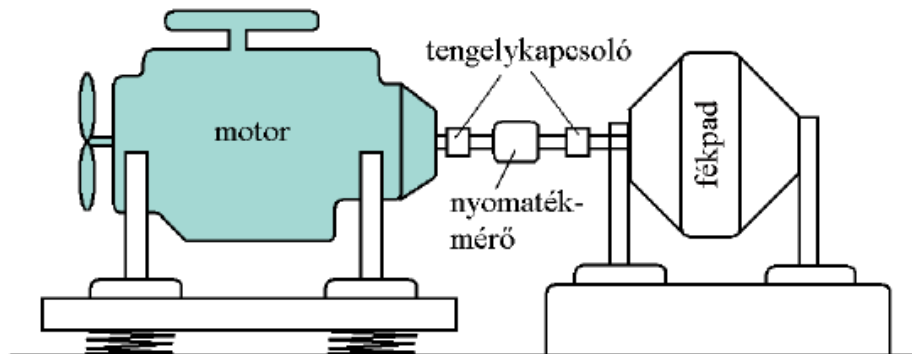
A görgős fékpad vizsgálatok előforduló céljai:

- Terhelt állapotú motor mellett alrendszerek diagnosztikai vizsgálata.
- Terhelt állapotú hajtáslánc mellett alrendszerek diagnosztikai vizsgálata.
- Diagnosztikai és funkcióvizsgálatok elvégzése a hajtáslánc széles fordulatszám- és keréksebesség- tartományában.
- Gyári adat ellenőrző terheléses vizsgálat.

- Javítás (tuning) visszaellenőrző vizsgálatok (Nagyszokolyai, Lakatos, 2011)

2.3. Motorjellemzők mérése stabil fékpadon

A belsőégésű motorok vizsgálata két fő célból történik: fejlesztés és ellenőrzés. A fejlesztési tesztek során a motor gyengepontjait azonosítják, továbbá meghatározzák az alkatrészek és a motor élettartamát. Mindezek mellett a mérések segítenek meghatározni a motor legfontosabb műszaki adatait, mint például a teljesítményt, forgatónyomatékot, fajlagos fogyasztás, illetve károsanyag-kibocsátást. Ezek a paraméterek elengedhetetlenek a motor továbbfejlesztéséhez. Az ellenőrzési célú vizsgálatok esetében a motorok műszaki előírásoknak való megfelelésségét vizsgálják felül. Így biztosítva az előírt gyártási minőséget és a különféle szabványok betartását. A belsőégésű motorok tesztelésének, vizsgálatának alapvető eszköze a féktermi stabil fékpad (2. ábra), amely lehetővé teszi a motorok terhelését laboratóriumi körülmények között és többször megismételhető módon. A fékpad működése során a motor főtengelye egy rugalmas tengelykapcsolón keresztül hajtja meg a fékpad forgó részét. A motor munkáját közvetlenül vagy közvetve hővé alakítja. többféle fékezési megoldással készülnek a fékpadok, ezek közül néhányat megemlítve: az egyik ilyen megoldás a mechanikai dörzsfék (egy féktárcsa vagy fékdob súrlódó betéttel, hűteni kell). Egy másik féle megoldás a hidraulikus



2. ábra: Motor és féktermi stabil fékpad kapcsolata, forrás: Bagány, 2011

szivattyú, mely szabályozható fojtással van ellátva (ebben az esetben a hidraulika olajat kell hűteni). Következő fékezési mód a villamos örvényárammal történő fékezés, ahol egy fémtárcsa forog szabályozható gerjesztésű elektromágneses pólusok között, ezzel létrehozva a fékezőnyomatékot. Az elektromos megoldású fékek kategóriában még léteznek motor/generátor üzemű aszinkron fékpadok is. A modern fékpadokban a nyomaték mérése egy nyomatékmérő segítségével történik, amely a főtengely és a fékpad forgórésze között helyezkedik el, míg a fordulatszámot optikai vagy mágneses jeladó méri. (Bagány, 2011)

A mérések pontos megismételhetősége és összehasonlíthatósága érdekében a környezeti tényezőket és a vizsgálati körülményeket nemzeti és nemzetközi szabványok

határozzák meg. Az előírások közé tartozik, hogy a motor mérése során eredeti szívó- és kipufogórendszert kell használni, valamint a hűtőventilátor, a vízszivattyú, hajtóanyag-szivattyú rendszerek mind a motorról kapják a hajtást. A terheletlen generátornak is a motorról kell kapnia a hajtást. A szabvány vonatkozik még arra is, hogy a mérés során folyamatosan figyelni kell a környezeti tényezőket, így mérni kell a légnyomást, a környezeti levegő hőmérsékletét, a páratartalmat, és a motorjellemzőket át kell számítani a szabvány által előírt motorikus normálállapotra. (Bagány, 2011)

Az effektív teljesítmény a forgatónyomaték (M) és a fordulatszám alapján (n):

$$P_{\text{eff}} = M \cdot \omega = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \quad (1)$$

ahol,

- P_{eff} : effektív teljesítmény [kW],
- M : a forgatónyomaték [Nm],
- ω : szögsebesség,
- n : fordulatszám [1/min].

Mivel a motor teljesítményének alakulása több tényezőtől is függ, mint például a beszívott levegő nyomása (p), annak hőmérséklete (T), illetve páratartalma. Ezért a mért teljesítmény értékeit korrigálni kell a motor működésének alapvető körülményeihez, azaz a motorikus normálállapotra.

A következő képlet segítségével:

$$P_{\text{eff0}} = P_{\text{eff}} \cdot \frac{p_0 - \varphi_0 \cdot p_{g0}}{p - \varphi \cdot p_g} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (2)$$

A motorikus normálállapot jellemzői:

- légnyomás: $p_0 = 101,3 \text{ kPa}$,
- levegő hőmérséklet: $T_0 = 15 \text{ °C} = 288 \text{ K}$,
- relatív páratartalom: $\varphi_0 = 50 \text{ %}$,
- telített vízgőz nyomása 15 °C -on: $p_{g0} = 1,7 \text{ kPa}$. (Bagány, 2011)

2.4. Emissziós típusvizsgálatok

Gázolajüzemű motorral hajtott személygépjármű (M kategória)								
Kipufogógáz komponens	Mértékegység	Határérték						
NO _x	mg / km			500	250	180	180	180
HC+NO _x		970	700	560	300	230	230	170
CO		2720	1000	640	500	500	500	500
PM		140	80	50	25	5	4,5	4,5
PN	# / km						6*10 ¹¹	6*10 ¹¹
		Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b/b+	Euro 6b/6c

1. táblázat: Euro fokozatok, forrás: HTTP5

A dízelmotoros személygépkocsik európai emissziós előírások alapján az egyes Euro normákhoz tartozó kipufogógáz összetételének határértékeit a 1. táblázat tartalmazza. A különböző komponensekre vonatkozó tendenciákat megvizsgálva a következők mondhatók el. Az Euro 4-es norma bevezetése óta a részecske-kibocsátás jelentős csökkenésének szükségessége mellett az egyes kipufogógáz komponensekre vonatkozó kötelező kibocsátáscsökkentések viszonylag csekélyek voltak. A legkisebb csökkenést a nitrogén-oxid (NO_x) kibocsátással jár. Az Euro 1-es normához képest az Euro 6-os norma körülbelül ötödével csökkenti az összes szénhidrogén (HC) és nitrogén-oxid (NO_x) kibocsátását, valamint a szén-monoxid (CO) kibocsátási határértékeket. A legjelentősebb változások a részecskekibocsátás területén tapasztalhatók, ahol körülbelül 30-szoros csökkenést kell elérni, így két nagyságrendi különbséget elérve a régi és új határértékek között. Az előírásokat tovább szigorította az Euro 5b norma, hiszen ekkor vált kötelezővé a részecskeszámlálás is, aminek meg kellett felelni különben a járművek nem kaphatnak emissziós típusengedélyt.

A tehergépjárművek motorainak károsanyag-kibocsátásra vonatkozó szigorításokat összevetve a dízelmotoros személygépjárművekre vonatkozó előírásokkal nyilvánvaló, hogy egy teherautó motorjának ellenőrzése során több kipufogógáz-komponens és mérési módszer is érintett. A tendenciák egyértelműen az egyes összetevőkre vonatkozó határértékek csökkenését mutatja ez Euro fokozatok függvényében. Különösen kiemelkedő a nitrogén-oxidok (NO_x) kibocsátásának csökkentése. A személygépjárművektől eltérően a teherautóknál végeznek füstmérést, továbbá az Euro VI tervezete szerint az ammónia kibocsátását is mérni kell, illetve a már említett részecskeszám meghatározása is kötelező. Az Euro III norma óta már nemcsak állandósult állapotú „European Steady State Cycle” (ESC), hanem átmeneti állapotú (tranziens) „European Transient Cycle” (ETC) vizsgálatokra van szükség. Az Euro VI normától a tesztelések már nem az európai tesztciklusokat követik majd, hanem globálisan harmonizált eljárások szerint kell elvégezni. Ez pedig azt jelenti, hogy az egész világon egységes módszert

kell alkalmazni a tehergépjárművek károsanyag-kibocsátásnak mérésére. Ide tartoznak a WHSC (World Harmonized Steady State Cycle) és a WHTC (World Harmonized Transient Cycle) vizsgálati ciklusok is, melyek biztosítják, hogy a mérések világszerte mindenhol azonos szabvány szerint történjenek. (HTTP5)

2.4.1. World Harmonized Steady State Cycle (WHSC)

A WHSC (World Harmonized Steady State Cycle) egy globális műszaki szabályozás (GTR) 4. számú rendelete által meghatározott tesztciklus, amit tehergépjárművek motorjainak kipufogógáz-kibocsátási vizsgálatára hoztak létre. Ez a tesztciklus állandósult állapotú motorvizsgálatot foglal magában. A GTR célja az a WHSC ciklussal, hogy a nehéz tehergépjárművek számára világszerte harmonizált tanúsítási rendszert alakítson ki. Ezt úgy tették, hogy lefedje az Európai Uniót, Amerikai Egyesült Államokat és még Japán és Ausztrália vezetési szokásait. (HTTP4)

WHSC mérési eljárásnál próbapadra szerelt, üzemmeleg motoron indítják a vizsgálatot. A motort különböző meghatározott terhelési állapotokban (Load, %), meghatározott fordulatszámon (Speed, %) üzemeltetik egy előírt ideig (Mode Length, sec.), miközben mérik a kibocsátott kipufogógáz károsanyag komponenseinek mennyiségét. Ezeket az értékeket egy mértékegység nélküli súlyozási tényezővel korrigálják, melyek a valós körülmények közötti terhelést jelentik. A korrigált adatokat összeadják és az lesz az az érték, ami az adott komponens mérési értéke. (HTTP6)

A WHTC (World Harmonized Transient Cycle) egy szintén globális műszaki szabályozás által meghatározott tesztciklus. Ez a ciklus dinamikusán változó állapotú motorvizsgálatot jelent, ami hasonló a WHSC ciklushoz, de fontos eltérésekkel. A vizsgálat során szintén próbapadra szerelt motort tesztelnek, azonban a WHTC ciklusnál a hidegindítás is a mérés része. Míg a WHSC-nél a motor állandó előre meghatározott fordulatszámokon és terheléseken működik, addig a WHTC-nél folyamatosan változó üzemállapotokat szimulálnak. Ez azt jelenti, hogy a motor fordulatszáma (Speed, %) és terhelése (Load, %) folyamatosan változik a mérés során, ezzel jobban tükrözve a valós közúti használat során előforduló körülményeket. A dinamikus változás célja, hogy a motort különböző működési helyzetekben mutatott teljesítményét és károsanyag-kibocsátását szélesebb körben vizsgálja, így pontosabb képet adva a valós körülmények közötti viselkedéséről. (HTTP6)

A szabványban leírt megfogalmazás alapján a „vizsgálati ciklus” olyan mérési pontok sorozatát jelenti, amelyeket a fordulatszám és a nyomaték értékek határoznak meg. Ezeket a

pontokon a motor vagy állandósult üzemi állapotban működik (ESC) vagy átmeneti üzemállapotban (ETC és ELR) vizsgálat.

- ESC: 13 állandósult üzemállapotból áll.
- ELR: különböző fordulatszámoknál alkalmazott átmeneti terhelési fokozatokból áll, melyek egyetlen mérési eljárás részeként, egyidejűleg kell végrehajtani.
- ETC: másodpercről-másodpercre változó átmeneti üzemállapotok sorozatából tevődik össze.

A vizsgálatok során a környezeti nyomás és környezeti levegő hőmérséklet közelítse meg a „szabványos” légköri viszonyokat:

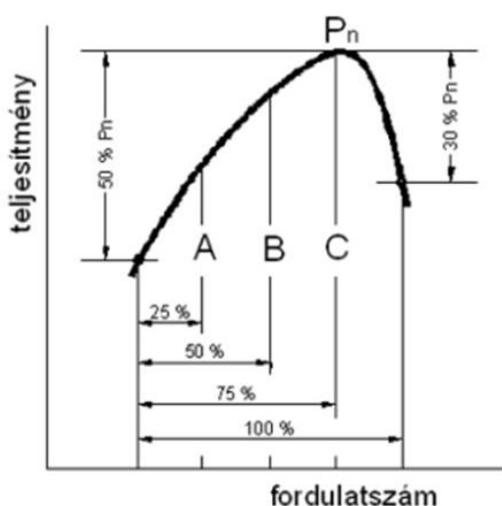
- A száraz légnyomás legalább: 96,6 kPa,
- a környezeti hőmérséklet 23 ± 7 °C,
- hűtőfolyadék hőmérséklet: a gyártó által előírt, vagy 80 ± 5 °C,
- üzemanyag hőmérséklet: a gyártó által előírt határértéken belül állandó, vagy 38 ± 5 °C,
- kenőolaj hőmérséklet: a gyártó által előírt határértéken belül állandó.

(HTTP5)

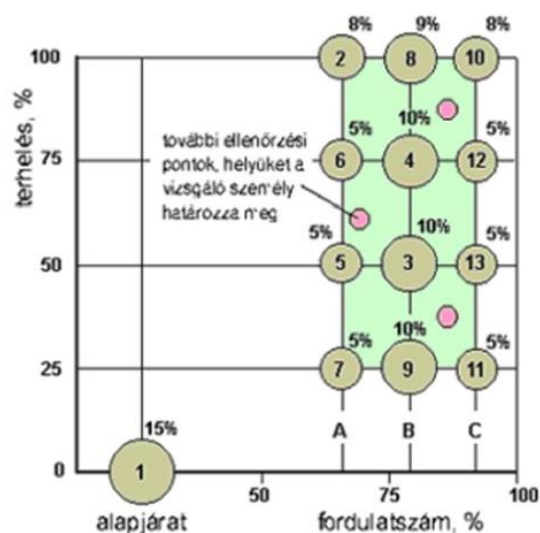
2.4.2. European Steady State Cycle (ESC)

ESC (European Steady State Cycle) tesztciklus egy jelentős mérföldkő volt a tehergépjárművek dízelmotorjainak kibocsátásmérésében, amelyet az Euro III kibocsátási norma vezetett be. Ez az új tesztciklus váltotta fel az addigi R-49 tesztet, és az ETC (European Transient Cycle) és ELR (European Load Response) tesztekkel együtt egy komplexebb, átfogóbb képet nyújt a motorok környezetre gyakorolt hatásáról. Ez a tesztciklus 13 állandósult üzemállapotú mérési pontból áll. A teszt során a motort fékpadra szerelve vizsgálják, és minden egyes mérési ponthoz előírt fordulatszám és nyomaték érték tartozik. Ezeket az előírt értékeket a motornak meghatározott pontossággal tartania kell. A megadott fordulatszámot ± 50 fordulat/perc pontossággal, míg nyomatékot az adott fordulatszámhoz tartozó maximális nyomatékának $\pm 2\%$ -án belül kell tartania. A teszt egyik különlegessége, hogy minden mérési pontnál a kibocsátásokat is folyamatosan mérik, majd a ciklus végén a mért értéket súlyozási átlag segítségével dolgozzák fel. A részecskeanyag kibocsátást egyetlen szűrőn mintavételezik ciklusonként. Az így kapott végső kibocsátási értékeket q/kWh mértékegységben adják meg, ami a motor energiahatékonyságával arányosított kibocsátásokat mutatja. (HTTP7)

Az ESC vizsgálati ciklus több különböző üzemállapotához egyenként meghatározott fordulatszám és terhelési értékekkel rendelkezik. Ezek célja, hogy lefedjék a motor működési tartományának legjellemzőbb részeit. Minden egyes üzemállapotban el kell végezni a mérési folyamatokat, amelyek során meghatározzák a különböző kipufogógáz komponensek koncentrációját, a kipufogógáz-áramot és a motor teljesítményét. Ezentúl fontos lépés a részecskeminta kondicionált környezeti levegővel való felhígítása.



a, Fordulatszám kiválasztása



b, Mérési pontok kiválasztása

3. ábra: ESC vizsgálati ciklus, forrás: Dr. Finichiu, 2012

Az A, B és C fordulatszámokat a gyártónak kell meghatároznia, az alábbi megkötések szerint:

- Az n_{hi} értékét, vagyis a magas fordulatszámot a legnagyobb effektív teljesítmény 70 %-ával kell megállapítani. Az ehhez a 70%-os teljesítmény értékhez tartozó fordulatszám lesz a n_{hi} .
- Az n_{lo} értékét, azaz az alacsony fordulatszámot a maximális effektív teljesítmény 50 %-ának figyelembevételével kell meghatározni. Az n_{lo} az a legkisebb fordulatszám, ahol a teljesítmény görbén ez az érték előfordul. (HTTP5)

Az A, B és C motorfordulatszámokat az alábbi képletekkel kell kiszámítani:

- „A” fordulatszám:

$$n_{lo} + 0,25 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (3)$$

- „B” fordulatszám:

$$n_{lo} + 0,5 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (4)$$

- „C” fordulatszám:

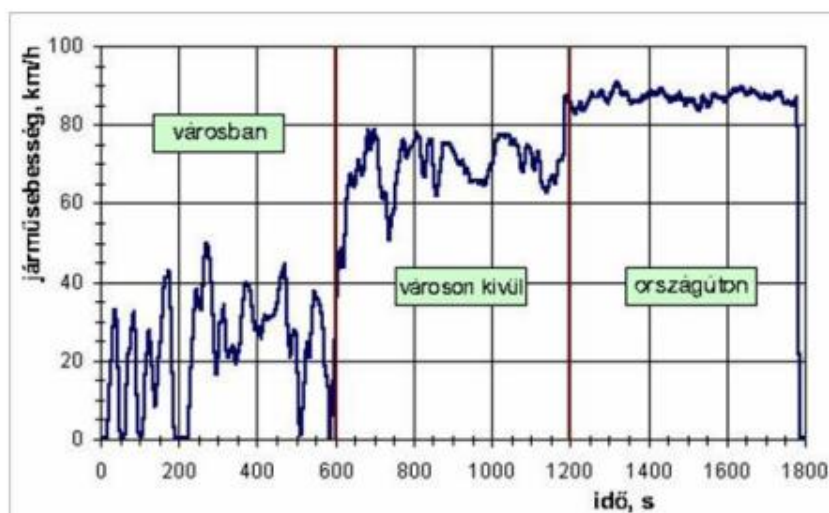
$$n_{lo} + 0,75 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (5)$$

Statikusan terhelik a motort alapjáraton, valamint ezen három A, B és C fordulatszámokon a legnagyobb terhelés 25, 50, 75 és 100 %-ával, és mérik a motor CO-, HC, NO_x-kibocsátását. A 3./b ábrán látható fordulatszám-terhelés diagramon a körben lévő számok mutatják a mérési pontok sorrendjét, a körön kívül lévő százalékos értékek pedig pontok súlyozási mértékét adja meg. Az alapjáraton (első mérési ponton) történő mérés 4 percig működik, a többi mérési pont 2-2 perces mérési időintervallum van megadva. A teljes, 28 percig tartó mérés során folyamatosan mintát vesznek a kipufogógázból, melyet szűrőpapíron vezetnek keresztül. Ennek alapján számolják ki a motor részecskekibocsátását (PM).

Az eljárás pontosságának ellenőrzése céljából további méréseket kell végezni, amit a vizsgálatot végző személy döntése alapján választ ki. Ezeket a pontokat a 3./b ábrán látható, A és C, valamint a 25 %-os és 100 %-os terhelési szintek által kijelölt téglalap alakú területen belül kell kiválasztani. Ezeken a pontokon végzett mérési eredményeknek az előbb említett 4 mérési adat közé kell esnie, hogy igazolják a mérés pontosságát. Ez a módszer biztosítja, hogy az eredmények megfeleljenek a követelményeknek, és a mérések hitelesen tükrözzék a motor tényleges kibocsátási szintjét a különböző üzemállapotokban. (Dr. Finichiu, 2012)

2.4.3. European Transient Cycle (ETC)

Az ETC mérési ciklust úgy tervezték meg, hogy egy valósághű, különböző közlekedési körülményeket szimuláló menete legyen. A ciklus három fő szakaszból áll, melyek mindegyike más és más közúti helyzetet hoz létre. Az első szakasz egy városi környezetet modellez, melyben a maximális sebesség 50 km/h, és gyakran fordulnak elő megállások, elindulások, valamint alapjáraton történő várakozások. A második szakasz a városon kívüli közlekedést szimulálja, ahol azt átlagsebesség 72 km/h, és tartalmaz gyorsítást is, hogy valósághűen hozza a dinamikus haladást. Végül a harmadik szakasz az országúti közlekedést reprezentálja, amely nagyobb, körülbelül 88 km/h-s átlagsebességgel történő haladást jelent. Ennek a három szakasznak a kombinálása biztosítja azt, hogy az ETC mérési ciklus a mindennapi közúti körülményeket minél pontosabban szimulálja. A jármű haladása során folyamatosan rögzítik a motor által kifejtett forgatónyomatékokot és fordulatszámot. Ezek az adatok a jármű valós üzemi körülményei közötti értékeket tükrözik. (Dr. Finichiu, 2012)



4. ábra: ETC vizsgálati ciklus, forrás: Dr. Finichiu, 2012

A motor-fékpád visszacsatolt nyomaték- és fordulatszám jeleit felhasználva a motor teljesítményét a ciklus időtartama alatt integrálással kell kiszámítani, ami megmutatja, hogy mekkora munkát végzett a motor a ciklus során. A ciklus ideje alatt az NO_x és HC koncentrációkat a gázelemző készülék jeleinek integrálásával kell meghatározni. A CO, CO_2 és NMHC koncentrációk szintén az elemző jeleinek integrálásával számíthatók ki, vagy alternatívaként zsákos mintavétellel is meghatározhatók. A teljes ciklus alatt hígított kipufogógáz áramlását is mérni kell, mivel szükség van a kibocsátott szennyező anyagok tömegének meghatározásához. Az így kapott szennyezőanyag-tömegeket a motor által végzett munkájához kell viszonyítani, hogy megkapjuk az egyes szennyezőanyagok kibocsátott mennyiségét g/kWh mértékegységben. (HTTP5)

2.4.5. European Load Response (ELR)

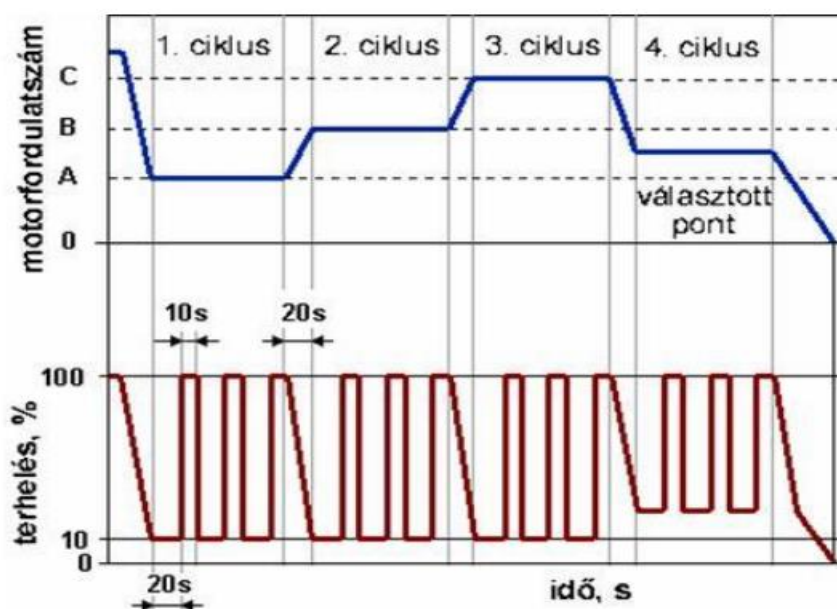
Az előírt terhelésreagálási vizsgálat során az üzemmeleg motor füstkibocsátását egy fényelnyelés elvén működő füstölésmérő segítségével mérik. A mérés célja, hogy meghatározzák, milyen mértékben füstöl a motor a különböző terhelési szinteken. A vizsgálat során a motor terhelését fokozatosan növelik 10 %-tól 100 %-ig, miközben a motor fordulatszáma állandó marad. Ezt a tesztet három különböző fordulatszám mellett végzik el, hogy átfogó képet kapjanak a motor terhelés hatására bekövetkező füstkibocsátási viselkedéséről. Ezen kívül egy negyedik terhelési fokozatot is meg kell határozni, amit a vizsgáló laboratórium választ ki. Az ennél kapott értékeket össze kell hasonlítani az előző három terhelési fokozat eredményeivel. A füstkibocsátását egy átlagoló algoritmus alkalmazásával számolják ki. (HTTP5)

A fényelnyelő mérőkészülék az átvilágított kipufogógáz fényelnyelését méri. A tiszta levegő fényelnyelése 0 %, míg a teljesen átláthatatlan kipufogógáznak pedig 100 %.

Az „N” fényelnyelés százalékos értékét a mérőhenger „L” hosszának ismeretében „K” fajlagos fényelnyelési együtthatóra számítják át. A „K” fényelnyelési tényezőt a következő képlettel határozzák meg:

$$K = \frac{1}{L} \cdot \ln \left(1 - \frac{N}{100} \right) \quad (6)$$

Az összefüggés alkalmazásakor a teljes kipufogógáz-áramot mérő eszközt használunk, az „L” értéke megegyezik a kipufogócső átmérőjével, ami általában 10 cm. Ezzel szemben, részáramot mérő eszközöknél ez az érték nem szabályozott, de a gyakorlatban leginkább a 430 mm-es hosszt használják. (Dr. Finichiu, 2012)



5. ábra: ELR vizsgálati ciklus, forrás: Dr. Finichiu, 2012

Az egyes ciklusokhoz tartozó átlagos fényelnyelési tényezők az eredő a következő képlettel számítható:

$$K_{\text{átlag}} = 0,43 \cdot K_A + 0,56 \cdot K_B + 0,01 \cdot K_C \quad (7)$$

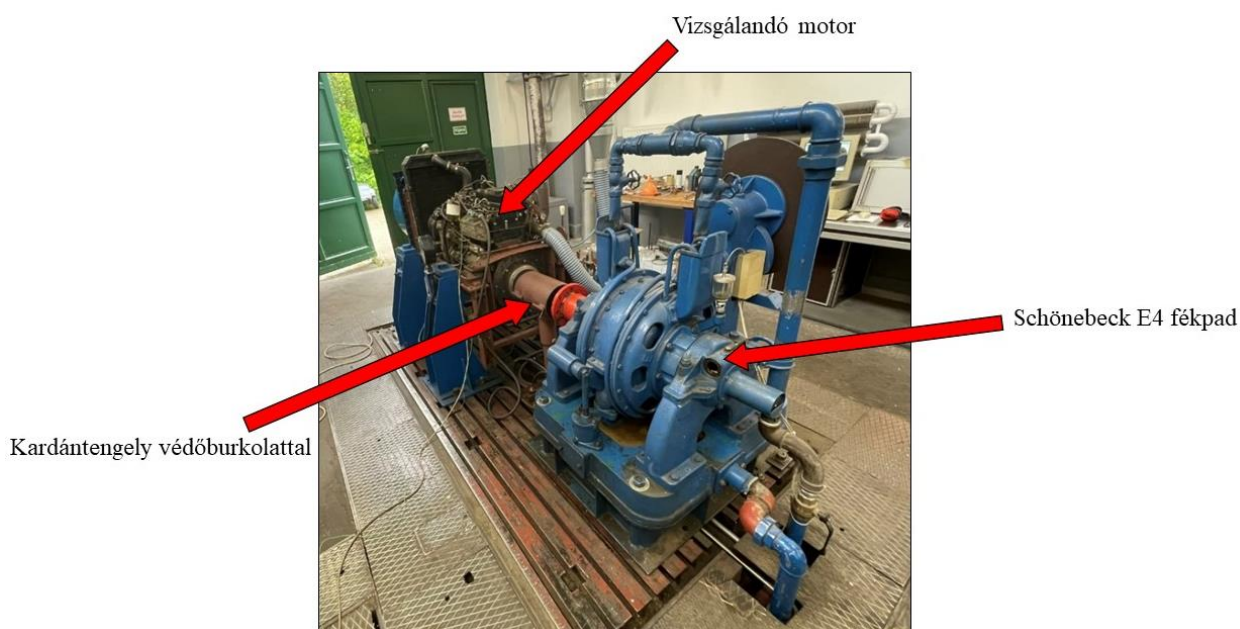
Az ezzel számított átlag nem lehet magasabb értékű, mint amit a vizsgálati határértékek meghatároznak a normákhoz tartozóan. (Dr. Finichiu, 2012)

3. A dízelmotor vizsgálata adalékmentes és adalékolt hajtóanyaggal

3.1. A mérés, mérés célja

A motorfékezési mérés egy indirekt mérési eljárás. A mérés során a motort a fékpadon keresztül fokozatosan terheljük és arra kényszerítjük, hogy ezt a terhelést felvegye.

A mérést többféle fékpaddal lehet elvégezni, ilyen például: a görgős fékpad, mobil fékpad és a féktermi stabil fékpad. A görgős fékpadot legtöbbször műszaki vizsgaállomásokon használnak, míg mobil fékpadot traktoroknál, teljesítmény leadó tengely (TLT) működtetésére képes erőgépeknél használnak. Mi esetünkben az egyetemi stabil féktermi fékpadon végeztük el a mérést, aminek a típusa: Schönebeck E4 (6.ábra).

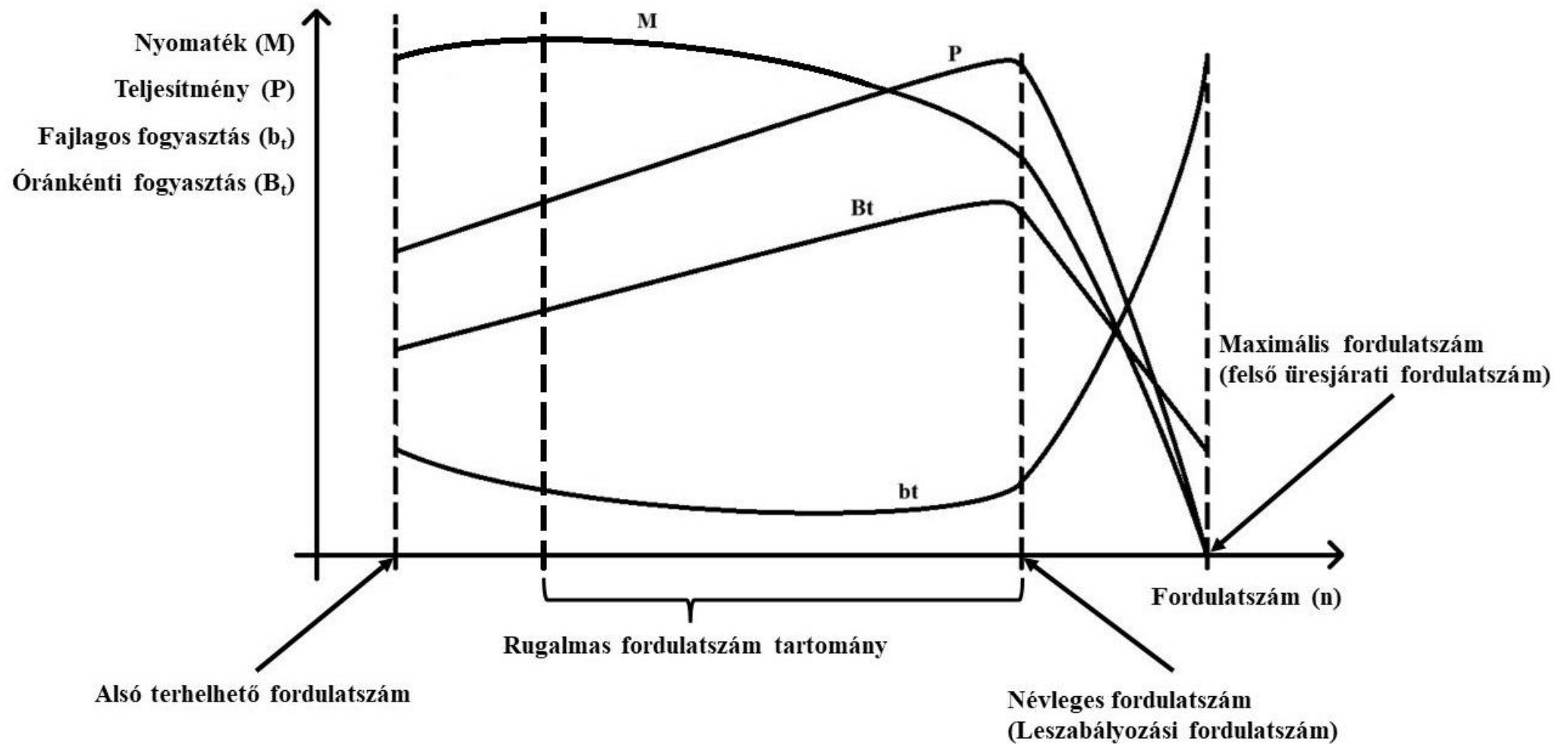


6. ábra: Schönebeck E4 stabil fékpad, forrás: saját kép

A vizsgálat egy Perkins 1000-4T típusú motoron történt. Ez a motor egy 4 ütemű, turbó feltöltött, 4000 cm³ hengerűrtartalmú dízelmotor. A mérést kettő típusú hajtóanyaggal és két féle koncentrációval végeztük el. Az első mérést 450 ppm-on, a másodikat pedig az adalék nagyobb, 650 ppm-on végeztük el.

A mérés célja a motor fontosabb üzemi paramétereit (pl.: teljesítmény, leadott nyomaték, fajlagos- és óránkénti fogyasztások) és azok kapcsolatainak meghatározása fordulatszám függvényében. Általában motorfékezési vizsgálatot motorfejlesztés esetén, új motor beszállításakor, motorgyártáskor és motorfelújítás után végzünk.

A mért és számolt üzemi paramétereket a jegyzőkönyvben való rögzítés után a motor jelleggörbéit jól szemléltető diagramok készíthetők belőlük. Erre mutat példát az 7. ábra.



7. ábra: Dízelmotor regulátoros jelleggörbe, forrás: saját kép.

A diagram vízszintes tengelyén a fordulatszám olvasható le, a függőleges tengelyen pedig a számolt, illetve mért adatok.

3.2. A hajtóanyag és adalék

Az egész vizsgálat során 2 db mérési folyamat lett elvégezve. A mérések között az egyik különbség az, hogy mérésenként a hajtóanyagot két különböző olajipari vállalat biztosította. A másik különbség pedig az, hogy az első mérés során a keverési arány 450 ppm, másodiknál pedig 650 ppm.

A „ppm” a „parts per million” rövidítése, ami magyarul „millió egységre jutó rész” -t jelent. Ezt a mértékegységet különféle tudományágakban és mérnöki alkalmazásokban használnak a nagyon kis koncentrációk kifejezésére.

Esetünkben a 450 ppm és a 650 ppm azt jelenti, hogy 0,045 % illetve 0,065 % az adalék koncentrációja a keverékben. Ez literenként 45 ml és 65 ml adalékot jelent.

Azt az adalékot, aminek a hatását vizsgáljuk dízelmotoron a TotalEnergies Marketing Hungary Kft. olajipari társaság biztosította (8.ábra).



8. ábra: TotalEnergies dízel adalék, forrás: saját kép

3.3. A fékpad és kalibrációja

A fékpad, amellyel a mérést elvégezzük egy fluidumos, azon belül pedig hidrodinamikus (víz) stabil féktermi fékpad. Ez a fékpad a forgásból keletkező vízáramot használja fékezőerőnek. A vízáram a fékpad kialakításából adódóan jön létre, ugyanis a fékező rész egy forgó és egy álló lapátosból áll. A forgó lapátos egy kardántengelyen keresztül a vizsgálandó motor hajtja. A forgó rész a lapátosok közötti folyadékot az álló lapátosnak ütközteti, ezáltal egyfajta ellenállást előállítva. Az ellenállás a folyadék hőmérsékletét növeli, így a motor mozgási energiáját hőenergiává alakítja. Ezt a hőt egy épületen kívüli hűtőegység a környezetnek adja le. A fékezési ellenállás kézi működtetésű fojtósappal állítható. A kézi csap állásától függően a fékpad egy, a fordulatszám függvényében négyzetesen növekvő nyomaték karakterisztika szerint fékezik, ami fékerő a fékpad házáat próbálja elforgatni. Ezt a forgatónyomatékot egy erőmérő cella méri.

A fékpad a mérés előtt egy időszakos kalibráción esett át. A kalibráció 3 db üzemi jellemzőt érint, ezek: a nyomaték, fordulatszám és a hajtóanyag fogyasztás. A következőkben ezek folyamataira térek ki.

3.3.1. Nyomaték kalibráció

Az ellenőrzés hitelesített súlyokkal és kalibráló karral történik. Első lépésként a fékpad házára felszereltük a kalibráló kart, arra pedig egy súlytálcát szereltünk. Ezután a tálcára 5 kg-os lépcsőben hitelesített súlyokat helyezünk 0-tól 35-kg-ig. A fékpadra szerelt kar és a ráhelyezett súly ugyanúgy forgatónyomatékot fejt ki, mint a valós fékezés.

Kalibráló kar és súlytálca a terhelő



9. ábra: Kalibráló kar felhelyezve, Forrás: saját kép

Minden 5 kg-os növelésnél összehasonlítottuk a fékpad által mért és a helyes értéket. Az összehasonlításokat a súlyok felhelyezésekor és levételekor is elvégeztük. A felhelyezést és levételt legalább háromszor megismételtük, a minél pontosabb eredmény érdekében. A berendezés elvárt pontossága $\pm 1\%$, a kalibráláskor mért értékeknek ezen belül kell lenniük, szükség esetén az értékek nullázásával és az erősítés állításával korrigálhatók. A végén jegyzőkönyvet készítettünk és kiszámoltuk a nyomaték mérés hibáját. A több mérési ponton összehasonlítva és átlagolva a nyomaték mérés hibája 20 Nm alatt -0,8 Nm lett, míg 20 Nm felett pedig -1,5 Nm. Ezeket az értékeket figyelembe vettük a végleges jegyzőkönyv elkészítésekor.

3.3.2. Fordulatszám kalibráció

A motort és a fékpadot összekötő kardántengelyre felhelyeztünk egy fényvisszaverő matricát. Ezután a motort beindítottuk, majd a forgó tengelyen lévő matricával egy vonalba helyeztünk egy digitális fordulatszám mérőt, melynek típusa Testo-470 volt. Az eszköz által mért értéket összehasonlítjuk a fékpad által mért értékkel. Több összehasonlítást végeztünk különböző fordulatszámokon, a nagyobb pontosság érdekében. Végén jegyzőkönyvet készítettünk és kiszámoltuk a fordulatszám mérés hibáját. A mérési hiba 1000 1/min fordulat alatt +1 1/min volt a hiba, felette pedig -2 1/min.



10. ábra: Digitális fordulatszám mérő,
forrás: saját kép

3.3.3. Fogyasztásmérő kalibráció

A fogyasztásmérő gravimetrikus elvű, azaz a mérőedény egy erőmérő cellára van felfüggesztve. A mérés elve, hogy adott súlyú üzemanyag elfogyásáig tart a mérés. Ez a kalibrálás is erre vonatkozik. a mérőedény különböző töltöttségi állapotainál ellenőriztük, hogy a rátett és a levett súly közti eltérés megfelel-e a súly hiteles értékének.



11. ábra: Hajtóanyag fogyasztás mérő, forrás: saját kép

Három eltérő töltöttségi állásnál legalább kétszer mértünk. Mindhárom állapotnál 200 g és 500 g tömegű mérő súlyt helyeztünk a mérőedényre. A súlyok ráhelyezésekor, illetve a mérés alatt a fogyasztásmérő töltő/ürítő szelepe zárva volt. A helyes értéket és a fékpad által mutatott értéket összehasonlítjuk és a végén jegyzőkönyvet készítünk. A 200 g tömegű mérő súly esetében leginkább +1 gramm volt, míg az 500 g tömegű esetében +2 g volt az eltérés.

3.4. A mérés menete

A vizsgálat időpontjának kiválasztásakor nagyon fontos szerepet játszott az időjárás. Feltétel volt, hogy olyan két napot válasszunk az elvégzésre, amelyeken közel azonos időjárás tapasztalható. A közel azonos időjárás meghatározó tényező a mérésben, mert a barometrikus tényezők (levegő hőmérséklet, légnyomás, páratartalom) változása nagyban befolyásolhatja a mérés eredményét. Minden mérési ciklus elején ezek a barometrikus adatok is rögzítésre kerültek a jegyzőkönyvben.

Az motor hajtóanyagtartálya az adalékolatlan hajtóanyaggal feltöltésre került. A mérést megelőzően be lett melegítve az EURO 0-ás besorolású Perkins 1000-4T négyhengeres, négyütemű turbófeltöltéses belsőégésű motor. A megfelelő termikus állapot

létrehozása után működési tartomány mérést végzünk el 6 különböző gázkar állásnál (25%, 50%, 65%, 75%, 85% és 100%). A gázkar állásokat European Steady-State Cycle (ESC) mérési szabvány alapján határoztuk meg. A szabvány szerint a méréshez 4 db gázkar állás tartozik (25%, 50%, 75% és 100%), de az első mérés kiértékelése közben kiderült, hogy a 4 db gázkar állás nem ad elegendő mérési pontot a következtetés megfelelő levonásához. Ebből adódóan a négy meglévő gázkar állás mellé még felvettünk kettő további gázkar állást (65% és 85%) és elvégeztük a vizsgálatot ezeken az állásokon is. A többi méréseken nagy figyelmet fordítottunk a gázkar pozíciók sorrendjére is, hogy azok vizsgálata a két egymást követő napon megközelítőleg egy időben történjenek. A mérési ciklusok között a motor alaplátra működtetve és egy külső ventilátor segítségével vissza lett hűtve úgy, hogy a következő mérést mindig 80°C olajhőmérsékletre kezdjük. A vizsgált gázkar állások sorrendje következőképpen alakult: 100%, 75%, 50%, 25%, 85%, 65%. A mérés során a fékpadon szabályozzuk a motorra ható terhelés nagyságát a töltő vízcsapok nyitásával, illetve a leeresztő csapok fojtásával. A terhelésekhez tartozó mérési pontok a terhelhető fordulatszám tartományon belül 100 [1/min] közökkel lettek feljegyezve. Ezután a mérési pontokhoz tartozóan meghatározzuk a motor nyomatékát, teljesítményét, óránkénti- és fajlagos hajtóanyag fogyasztását.

A motor hajtóanyag ellátó rendszeréből leürítjük teljesen az adalékoltatlan hajtóanyagot és feltöltjük az adalékolt (vizsgálandó hajtóanyaggal). Ezt követően legalább egy órán keresztül járattuk a motort, hogy az adalékoltatlan hajtóanyag teljesen kiürüljön a rendszerből.

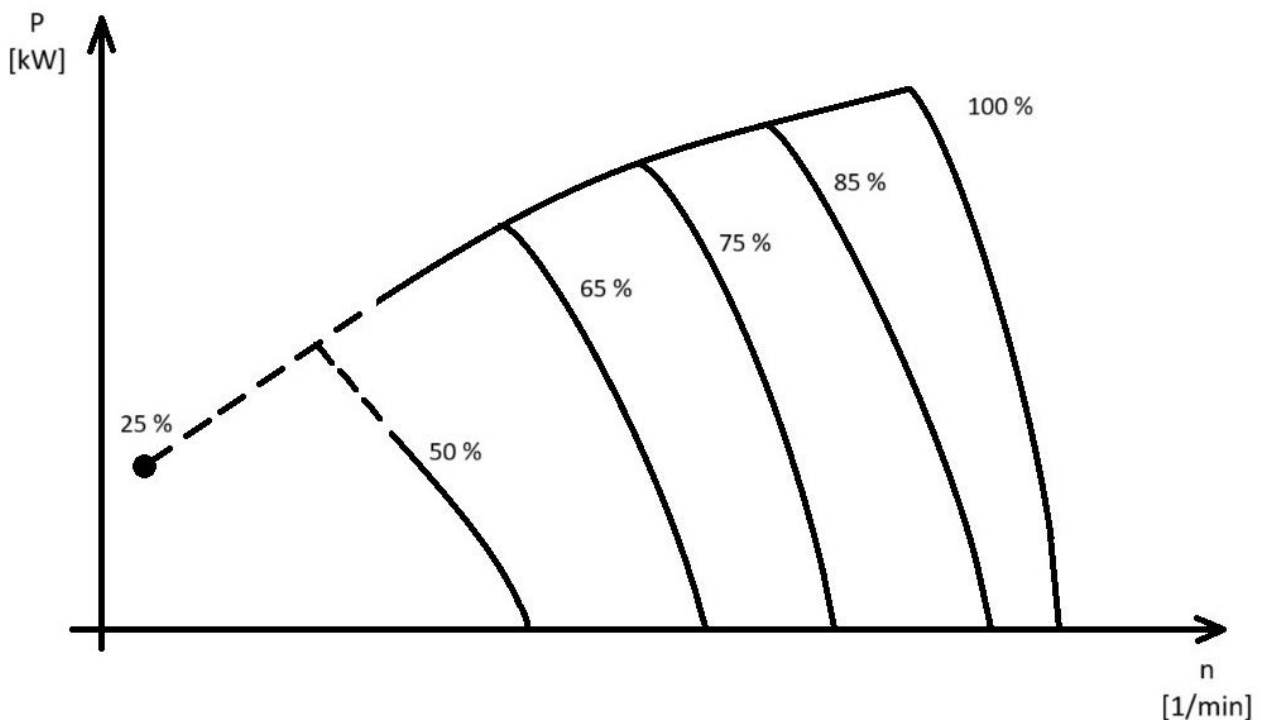
A működési tartomány mérést elvégeztük az adalékolt hajtóanyaggal is. Az előzetesen bemelegített motoron működési tartomány mérést végzünk 6 különböző gázkar állásnál (25%, 50%, 65%, 75%, 85% és 100%). A gázkar állások sorrendjét szem előtt tartva. A mérési pontokhoz tartozóan meghatározzuk a motor nyomatékát, teljesítményét, óránkénti- és fajlagos hajtóanyag fogyasztását.

A mérésről adalékolt és adalékoltatlan hajtóanyag esetén is jegyzőkönyvet készítettünk minden gázkar pozícióhoz tartozóan. A jegyzőkönyvben elsősorban a fékpad által mért adatokat rögzítettük, ezt később a kiértékelés során a nyomatékkorrigált adatokkal pontosítjuk.

A mérés során több motorjellemző javulást várunk el az adaléktól. Az adalékolt hajtóanyag esetében ~1-5% közötti teljesítmény javulást várunk el teljes gázkar álláson, míg

részterhelésen pedig hasonló mértékű fogyasztás csökkenést szeretnénk, ha elérne az adalék. A vizsgálatok ennek igazolására, illetve megcáfolására irányulnak. A fékpad pontosságát ismerve, jónak tekinthetjük a mérés ismételhetségének lehetőségét, de még így is fontos, hogy a méréseknél minden részletre ügyelve legyen, mert az adalék okozta kimutatandó változás igen közel van a pad pontossági értékeihez.

Az adalékoltatlan és az adalékolt hajtóanyaghoz tartozó mérési pontokat összehasonlítjuk és %-os eltéréseket határozunk meg a fajlagos fogyasztással kapcsolatban.



12. ábra: Tervezett teljesítmény jelleggörbék, forrás: saját kép

A 12. ábrán láthatóak a teljesítmény jelleggörbék a gázkar állásokhoz tartozóan. Ez jól szemlélteti, hogy a 2 darab hozzáadott állás mennyi mérési ponttal járult hozzá a megfelelő kiértékeléshez. A szaggatott vonallal jelölt szakasz már a terhelhető fordulatszám tartományon kívül esik. Azokon a fordulatszámokon már nem tudunk mérést elvégezni.

3.5. A mérés kiértékelése, összehasonlítások

A szakdolgozatom ezen részében a mérések kiértékelésével fogok foglalkozni. Bemutatom az adalékolatlan mérés eredményeit, majd az adalékolt mérés eredményeit, aztán a ciklusonkénti összehasonlítást a fajlagos fogyasztásra vonatkozóan. Először a 450 ppm-es mérést, aztán pedig a 650 ppm-es mérést fogom kielemezni. Mindkettő esetben gázkar állásonként fogok haladni.

3.5.1. 100 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 450 ppm

A mérési sorrend első eleme a 100%-os gázkar állás. A fékpad kalibrációja során megállapításra került, hogy a fékpad nyomaték mérési hibája 20 Nm felett -1,5 Nm, alatta pedig -0,8 Nm. Így a nyomaték fékpad által mért értéket 20 Nm felett +1,5 Nm, alatta pedig +0,8 Nm nyomatékkal korrigáltam (2. táblázat). A 3. táblázat a mérésről szóló jegyzőkönyvet szemlélteti már a nyomaték korrigált adatokkal. Az mérés során mindegyik mérési ciklus minden értékét ugyanilyen jegyzőkönyvben rögzítettem. A 13. és 14. ábrán látható diagramok pedig a jegyzőkönyvben rögzített összesített adat szemléltetésére szolgálnak. A 13-as és 14-es ábrán látható jegyzőkönyvek a 450 ppm-es méréshez tartoznak, az összes többi a mellékletekben helyeztem el.

Nyomaték korrekció		
20 Nm alatt	0,8	Növelni
20 Nm felett	1,5	

2. táblázat: Nyomaték korrigálás

A nyomaték korrekció után meghatároztam a többi számolt paramétert is (teljesítmény, fajlagos fogyasztás, effektív középnyomás).

Ezekhez a következő képleteket használtam:

Teljesítmény: A fentebb található (1)-es képlet alapján, átszámolva a fordulatszámot percenkénti fordulatszámából másodpercenkénti fordulatszámra.

$$P = M \cdot \omega = \frac{M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60000} \quad (8)$$

ahol,

- P: teljesítmény [kW],
- M: nyomaték [Nm],
- ω : szögsebesség [1/s],
- n: fordulatszám [1/min].

Fajlagos fogyasztás:

$$b_t = \frac{1000 \cdot B_t}{P} \quad (9)$$

ahol,

- b_t : fajlagos fogyasztás [g/kWh]
- B_t : óránkénti fogyasztás [kg/h]
- P : teljesítmény [kW]

Effektív középnyomás:

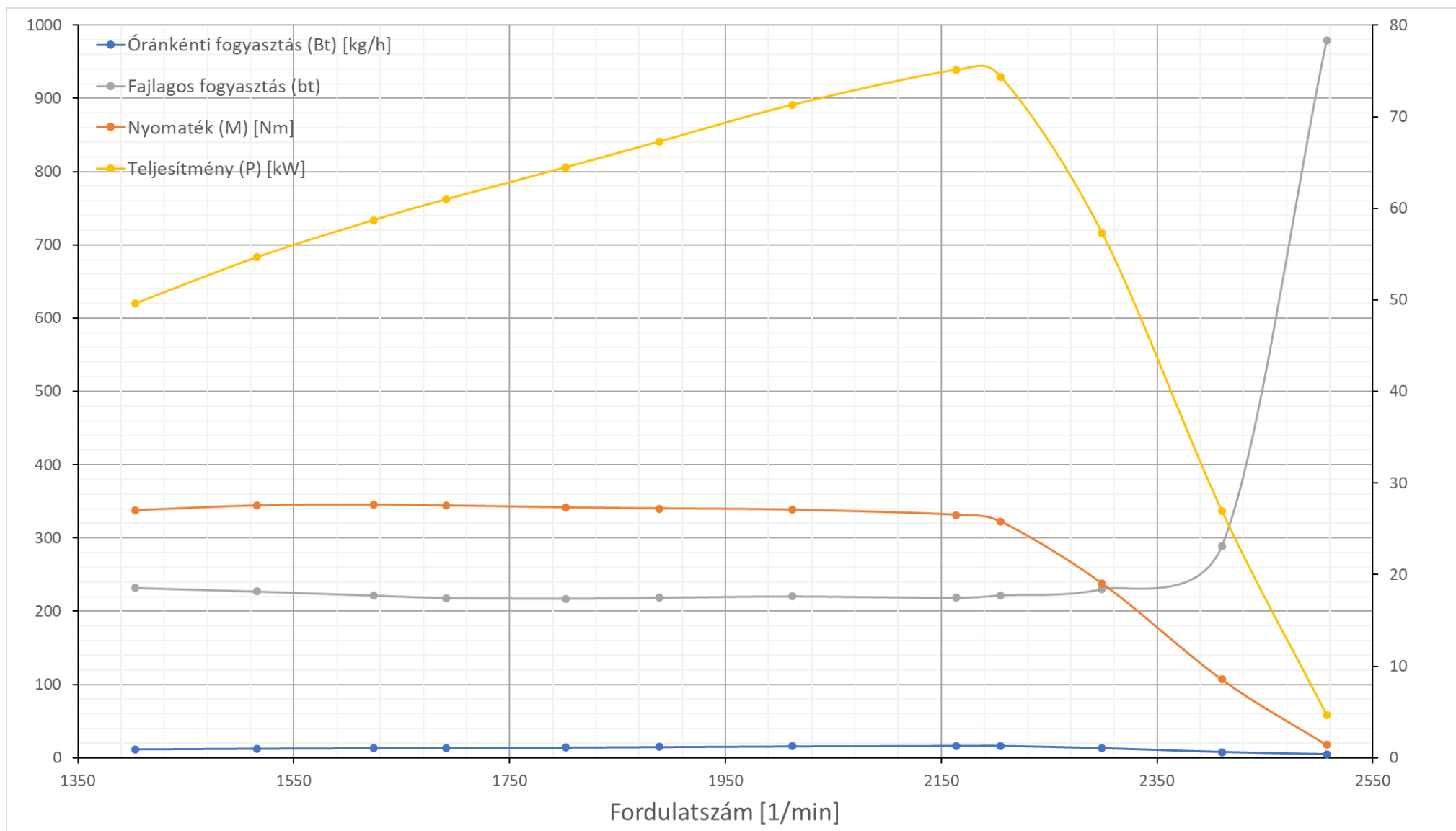
$$p_{\text{eff}} = \frac{2 \cdot P \cdot 60 \cdot 10^6}{V_H \cdot n} \quad (10)$$

ahol,

- p_{eff} : effektív középnyomás [kPa]
- P : teljesítmény [kW]
- V_H : hengerűrtartalom [cm³]

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolatlan, 100 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 18. 8:45		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 1.			Fékpád típusa: Schönebeck E4		
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 6,4 °C						Légnyomás: 1006,8 hPa				Páratartalom: 87 %	
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm					Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³	
Sorsz.		Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás
Mértékegység		[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]
1.	n ₁	2507	17,9	4,7	4,6	56,2	978,9	82	80,9	15,8	82,8	338,8	3,6
2.	n ₂	2410	106,9	27,0	7,8	335,8	289,1	83,3	82,5	14,9	91,4	485,9	3,6
3.	n ₃	2299	238,0	57,3	13,2	747,7	230,4	84,5	84	14,8	96,5	645,9	3,6
4.	n ₄	2205	322,1	74,4	16,5	1011,9	221,8	88,2	87,7	15,9	103,8	761,3	3,4
5.	n ₅	2164	331,4	75,1	16,4	1041,1	218,4	91,5	86,1	15,6	110,4	779,5	3,4
6.	n ₆	2012	338,3	71,3	15,7	1062,8	220,3	91,6	85,3	15,5	111	806,7	3,4
7.	n ₇	1889	340,1	67,3	14,7	1068,5	218,5	90,8	84,2	14,9	110,9	797	3,4
8.	n ₈	1802	341,6	64,5	14	1073,2	217,2	89,8	83,4	14,9	110,1	794,8	3,3
9.	n ₉	1691	344,2	61,0	13,3	1081,3	218,2	88,6	81,4	16	109	798,8	3,3
10.	n ₁₀	1624	345,1	58,7	13	1084,2	221,5	87,4	85,7	14,5	108	803,3	3,3
11.	n ₁₁	1516	344,2	54,6	12,4	1081,3	226,9	87,1	86,2	14,6	106,7	816,4	3,2
12.	n ₁₂	1403	337,5	49,6	11,5	1060,3	231,9	85,8	84,8	14,5	104,5	821,3	3,1

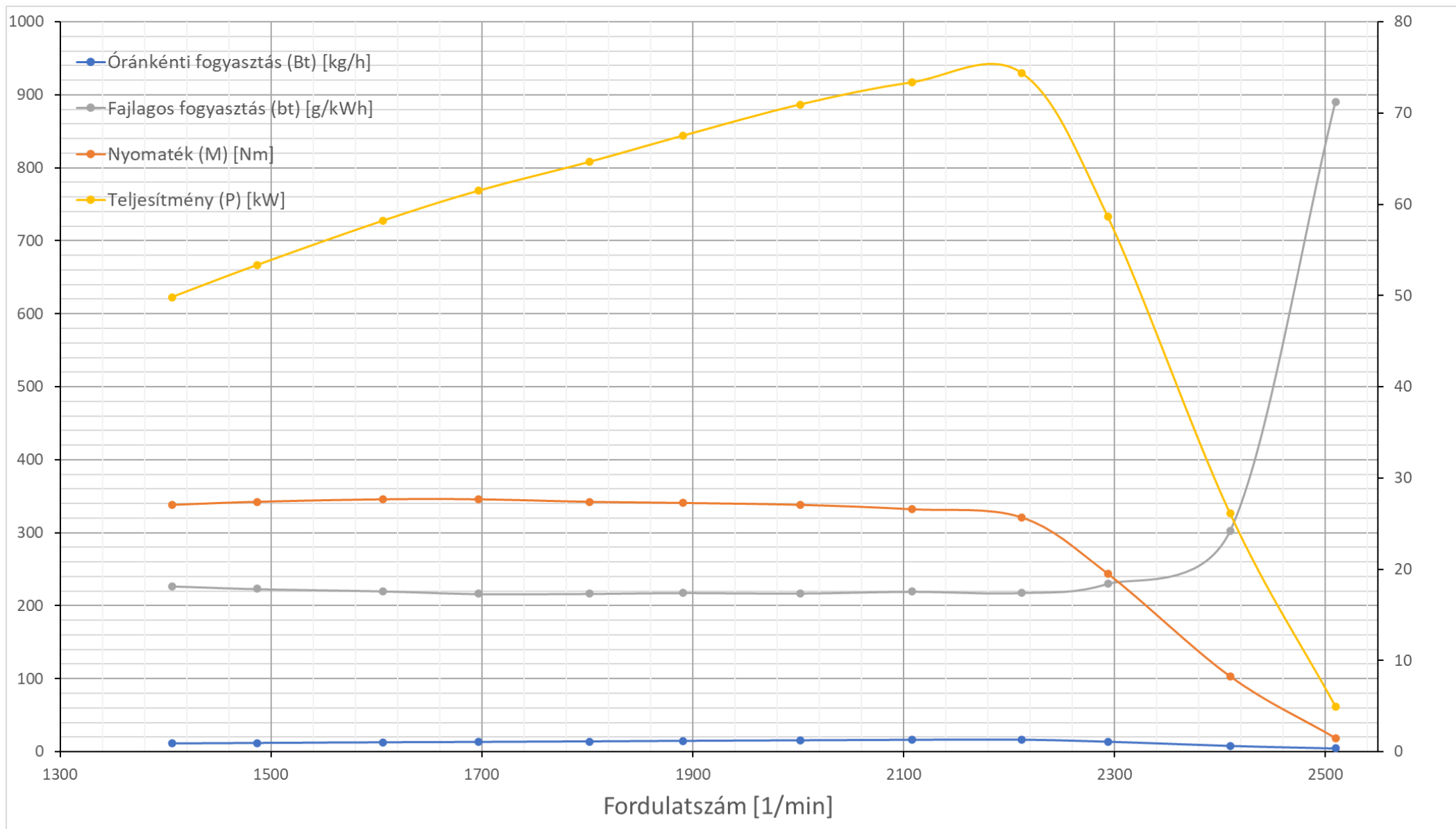
3. táblázat: Mérési jegyzőkönyv, adalékolatlan, 100 % gázkar, 450 ppm



13. ábra: Adalékolatlan diagram, 100 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolt, 100 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 19. 8:35		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 1.		Fékpád típusa: Schönebeck E4			
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 6,7 °C						Légnyomás: 1013,9 hPa				Páratartalom: 63 %	
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm					Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³	
Sorsz.		Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás
Mértékegység		[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]
1.	n ₁	2510	18,8	4,9	4,4	59,1	890,4	82,7	81,5	17	84,6	338,5	3
2.	n ₂	2410	103,4	26,1	7,9	324,8	302,7	82,3	81,6	16,1	91,9	483,4	2,8
3.	n ₃	2294	244,0	58,6	13,5	766,5	230,3	84,3	83,5	14,7	96,9	649,4	2,8
4.	n ₄	2212	321,2	74,4	16,2	1009,1	217,7	87,9	87,2	15,1	103,9	745,6	2,8
5.	n ₅	2108	332,3	73,4	16,1	1044,0	219,5	91,8	86,1	14,9	111	798,1	2,7
6.	n ₆	2002	338,3	70,9	15,4	1062,8	217,1	91,4	85,3	15,5	111,2	798,6	2,6
7.	n ₇	1891	340,9	67,5	14,7	1071,0	217,8	91,5	84,7	15,9	111	794,5	2,6
8.	n ₈	1802	342,5	64,6	14	1076,0	216,6	90,5	83,8	15,6	110,7	794,3	2,5
9.	n ₉	1697	345,9	61,5	13,3	1086,7	216,4	88,8	81,6	15,4	109	796	2,7
10.	n ₁₀	1606	345,9	58,2	12,8	1086,7	220,0	87,9	81,1	15,1	108,2	803,1	2,6
11.	n ₁₁	1487	342,5	53,3	11,9	1076,0	223,1	87,5	86,1	17,5	107	818,3	2,5
12.	n ₁₂	1406	338,3	49,8	11,3	1062,8	226,9	87	86,3	17,1	105,4	821,6	2,5

4. táblázat: Mérési jegyzőkönyv, adalékoltan, 100 % gázkar, 450 ppm



14. ábra: Adalékolt diagram, 100 % gázkar, 450 ppm

A jegyzőkönyvekből is látható, hogy az adalékolatlan és az adalékolt mérés két napon minimális különbséggel egy időben történt. A két napon a hasonló időjárásnak köszönhetően azonos időben azonos levegő hőmérsékletet tapasztalhattunk. A levegő nyomás és páratartalom szempontjából egy kis eltérés tapasztalható, de ez a mérést nagymértékben nem befolyásolta.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 100 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	337,5	344,2	345,1	344,2	341,6	340,1	338,3	331,4	322,1	238,0	106,9	17,9
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	338,3	342,5	345,9	345,9	342,5	340,9	338,3	332,3	321,2	244,0	103,4	18,8
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	0,8	-1,7	0,8	1,7	0,9	0,8	0,0	0,9	-0,9	6,0	-3,5	0,9
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	0,24%	-0,49%	0,23%	0,49%	0,26%	0,24%	0,00%	0,27%	-0,28%	2,52%	-3,27%	5,03%

5. táblázat: Nyomaték adatok, 100 % gázkar, 450 ppm

A 5. táblázatban kigyűjtöttem és összehasonlítottam a két mérés korrigált nyomaték adatait, majd kiszámoltam az eltéréseket mérési pontokhoz tartozóan. A különbségeket megtekintve az tapasztalható, hogy a 12 db mérési pontból 8 helyen kis nyomaték növekedést hozott az adalék, 1 ponton megegyezik a nyomaték mértéke és 3 ponton pedig nyomaték csökkenést okozott.

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 100 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	49,6	54,6	58,7	61,0	64,5	67,3	71,3	75,1	74,4	57,3	27,0	4,7
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	49,8	53,3	58,2	61,5	64,6	67,5	70,9	73,4	74,4	58,6	26,1	4,9
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	0,2	-1,3	-0,5	0,5	0,1	0,2	-0,4	-1,7	0,0	1,3	-0,9	0,2
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	0,40%	-2,38%	-0,85%	0,82%	0,16%	0,30%	-0,56%	-2,26%	0,00%	2,27%	-3,33%	4,26%

6. táblázat: Teljesítmény adatok, 100 % gázkar, 450 ppm

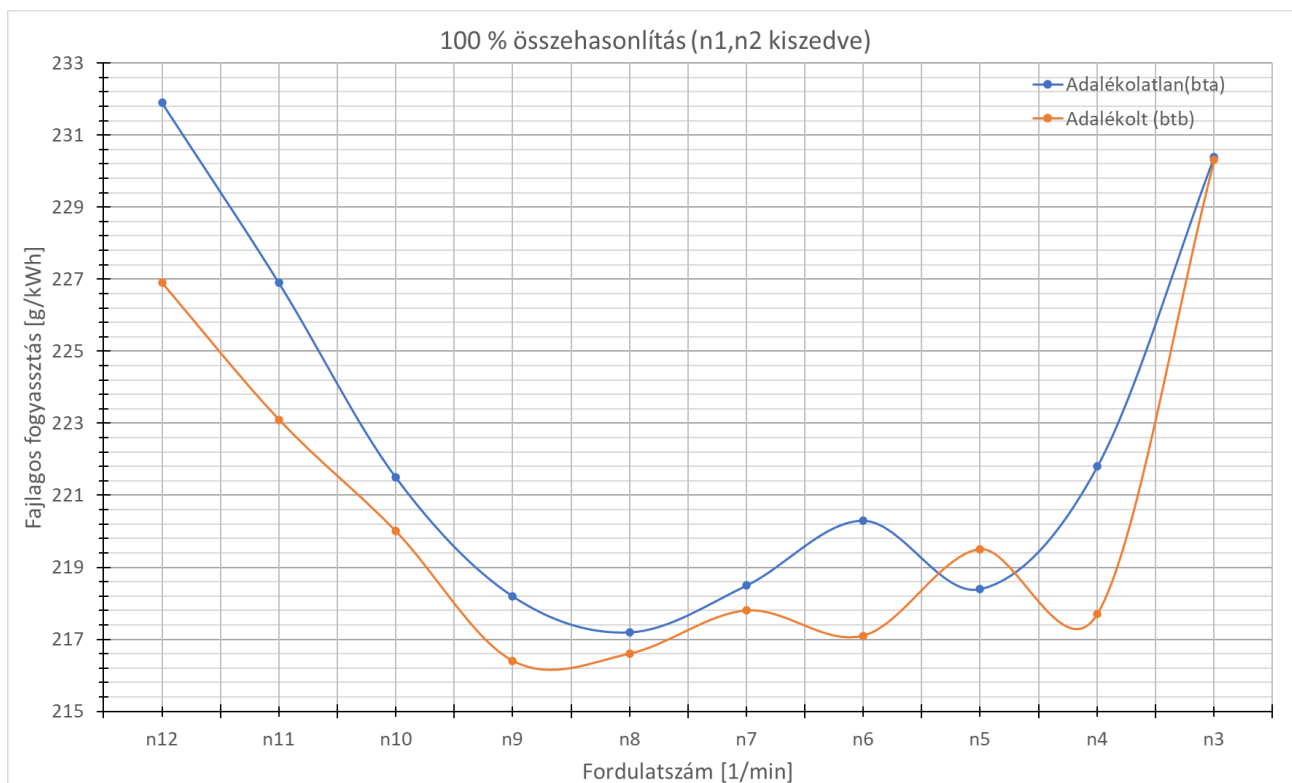
A mérési pontokhoz tartozó teljesítményeket tartalmazza az 6. táblázat. Ebben az összehasonlításban is látható 12 db pont esetében hogyan alakul az adalék hatása. 6 db pontban növekedést ért el, 1 ponton ismét megegyezik az érték, mint a nyomaték esetén és 5 pontban pedig csökkentő hatással volt.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 100 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n ₁₂	n ₁₁	n ₁₀	n ₉	n ₈	n ₇	n ₆	n ₅	n ₄	n ₃	n ₂	n ₁
Adalékolatlan (b _{ta})	[g/kWh]	231,9	226,9	221,5	218,2	217,2	218,5	220,3	218,4	221,8	230,4	289,1	978,9
Adalékolt (b _{tb})	[g/kWh]	226,9	223,1	220	216,4	216,6	217,8	217,1	219,5	217,7	230,3	302,7	890,4
Különbség (b _{tb} - b _{ta})	[g/kWh]	-5	-3,8	-1,5	-1,8	-0,6	-0,7	-3,2	1,1	-4,1	-0,1	13,6	-88,5
Különbség százalékban (b _{tb} - b _{ta})	[%]	-2,16%	-1,67%	-0,68%	-0,82%	-0,28%	-0,32%	-1,45%	0,5%	-1,85%	-0,04%	4,7%	-9,04%

7. táblázat: Fajlagos fogyasztás adatok, 100 % gázkar, 450 ppm

A 7. táblázat a fajlagos fogyasztás összehasonlítását tartalmazza. Piros színnel azokat a különbségeket emeltem ki, amik 5% feletti értéket érnek el. Ebben a hasonlításban az adalék túlnyomórészt pozitív hatást ért el energetikai szempontból. 12 db mérési pontból 10 csökkenést tudott elérni, és csak 2 db pont esetén tapasztalható növekedés. A 10 csökkenő pontból egy 5% feletti érték is tapasztalható, ami: -9,04%.



15. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 100 % gázkar, 450 ppm

A 15. ábrán látható diagram az előző táblázatban szereplő összehasonlítást szemlélteti diagram formájában. A különbségek könnyebb láthatóságának érdekében az n₁ és n₂ fordulatszámhoz tartozó adatok kikerültek a görbéből.

3.5.2. 75 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 450 ppm

A 75%-os gázkar állás volt a második mérés a sorrendben. A 100%-os mérés után a motort hagytuk visszahűlni egészen addig, amíg a motorolaj el nem érte a 80 °C hőmérsékletet. A motor visszahűtését egy külső ventilátor segítségével és alapjáraton járatással végeztük.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 75 %-os gázkar állásnál											
Fordulatszám	[1/min]	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	334,9	344,2	347,7	346,8	343,3	334,0	252,5	155,0	67,4	16,2
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	337,5	343,3	347,7	345,1	344,2	303,2	221,7	116,4	52,9	16,2
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	2,6	-0,9	0,0	-1,7	0,9	-30,8	-30,8	-38,6	-14,5	0,0
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	0,78%	-0,26%	0,00%	-0,49%	0,26%	-9,22%	-12,20%	-24,90%	-21,5%	0,00%

8. táblázat: Nyomaték adatok, 75 % gázkar, 450 ppm

Ebben az összevetésben látszik, hogy a gázkar állás csökkentésével csökken a mérési pontok száma is. Ez azért van mert csökken a terhelhető fordulatszámok darabszáma. A 75%-os gázkar állás esetében már csak 10 db mérési pontot sikerült felvenni az előző 12 db-hoz képest. Ahogy a 8. táblázat is mutatja, 10 db pontból 6 db negatív különbség és csupán 2 db pozitív különbség alakult ki. Kettő pont esetében pedig nem tapasztalható különbség. Az adalékolt hajtóanyag szempontjából nincs javulás.

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 75 %-os gázkar állásnál											
Fordulatszám	[1/min]	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	48,3	54,0	57,9	62,1	64,9	66,1	53,1	34,1	15,6	3,9
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	49,6	53,5	58,2	62,2	64,2	60,0	46,4	25,7	12,2	3,8
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	1,3	-0,5	0,3	0,1	-0,7	-6,1	-6,7	-8,4	-3,4	-0,1
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	2,69%	-0,93%	0,52%	0,16%	-1,08%	-9,23%	-12,62%	-24,63%	-21,8%	-2,56%

9. táblázat Teljesítmény adatok, 75 % gázkar, 450 ppm

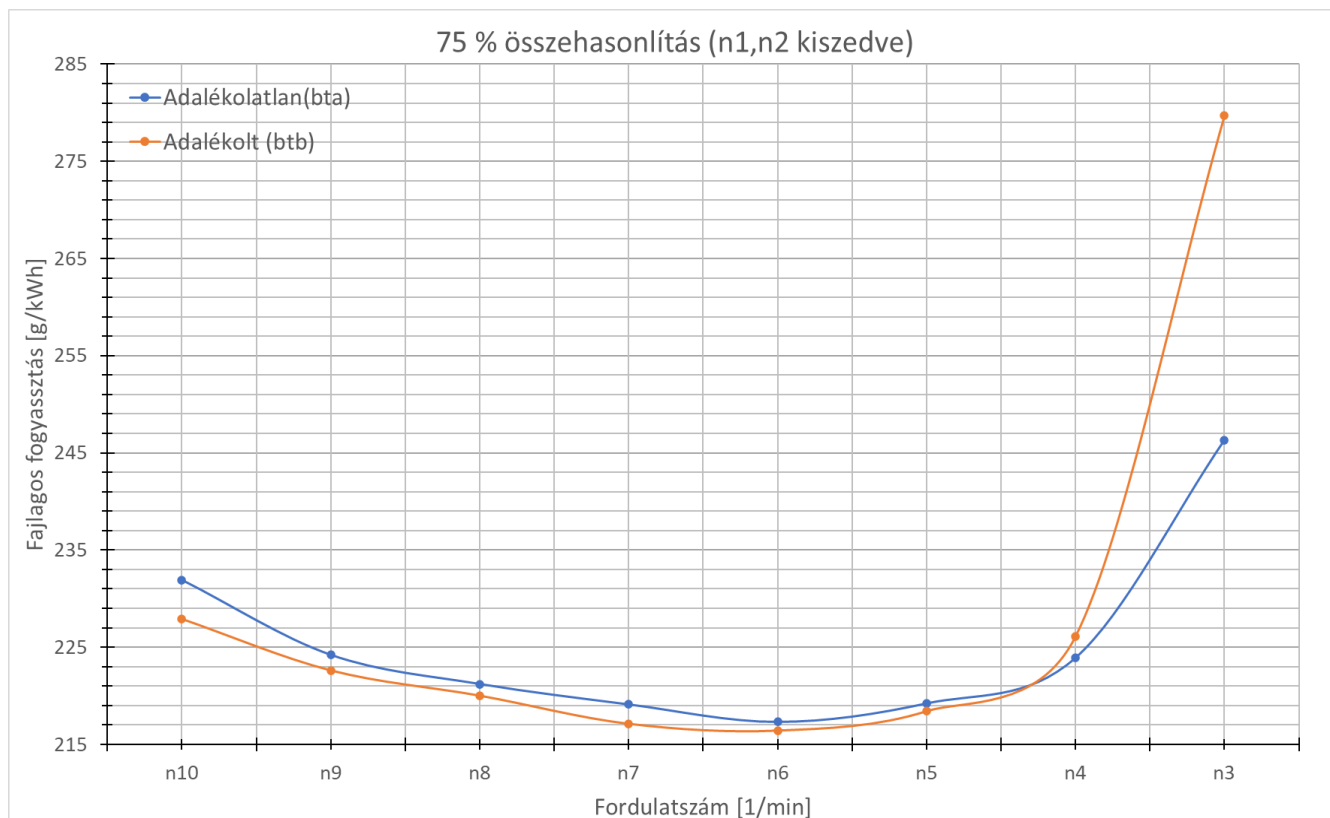
A teljesítmények esetében a 10 mérési pontból 3 db pozitív előjelű különbség alakult ki, mellette pedig 7 negatív különbség. Hasonló eredmény, mint a nyomaték esetén.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 75 %-os gázkar állásnál											
Fordulatszám	[1/min]	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (b_{ia})	[g/kWh]	231,9	224,2	221,2	219,1	217,3	219,2	223,9	246,3	353,4	953,7
Adalékolt (b_{ib})	[g/kWh]	227,9	222,6	220	217,1	216,4	218,4	226,1	279,7	401,5	940,2
Különbség ($b_{ib} - b_{ia}$)	[g/kWh]	-4	-1,6	-1,2	-2	-0,9	-0,8	2,2	33,4	48,1	-13,5
Különbség százalékban ($b_{ib} - b_{ia}$)	[%]	-1,72%	-0,71%	-0,54%	-0,91%	-0,41%	-0,4%	0,98%	13,56%	13,6%	-1,42%

10. táblázat: Fajlagos fogyasztás adatok, 75 % gázkar, 450 ppm

A 75%-os gázkar fogyasztások összehasonlítása alapján az látható, hogy több a pozitív eredmény energetikai szempontból. A 10 mérési pontból 7-nél negatív különbség alakult ki és 3 pozitív. A 3 pozitív különbség közül 2 magasan kiugró értéket mutat.



16. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 75 % gázkar, 450 ppm

A 16. ábrán látható diagram jól szemlélteti, hogy a narancssárga vonallal jelzett adalékolt fogyasztási adatok a kékkel jelölt adalékolatlan fogyasztási adatok alatt halad. Ezzel szemléltetve a negatív előjelű különbségeket. A jobb láthatóság érdekében az n_1 és n_2 fordulatszámot kivettem az adatsorból és úgy ábrázoltam.

3.5.3. 50 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 450 ppm

A mérési sorrend szerint az 50%-os gázkar állás következik a 75% után.

Hasonlóan az előző méréshez most is hagyjuk visszahűlni a motort alapjáraton járattva, ventilátorral fűjtva. A 80 °C-os olajhőmérsékletet megvárva folytattuk is a mérést.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 50 %-os gázkar állásnál					
Fordulatszám	[1/min]	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	124,8	77,8	26,4	10,1
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	128,3	83,0	28,0	10,1
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	3,5	5,2	1,6	0,0
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	2,80%	6,68%	6,06%	0,00%

11. táblázat: Nyomaték adatok, 50 % gázkar, 450 ppm

A mérési pontok ismét csökkentek a gázkar állás csökkenésének függvényében. Ennél a gázkar állásnál már csak 4 db terhelhető fordulatszám volt. A 11. táblázatban látható nyomaték adatokat összehasonlítva látható, hogy a 4 db mérési pontból 3 esetén pozitív különbség alakult ki, míg a maradék egy pontban pedig nincs eltérés.

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 50 %-os gázkar állásnál					
Fordulatszám	[1/min]	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	18,3	12,3	4,4	1,7
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	18,8	13,1	4,7	1,7
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	0,5	0,8	0,3	0,0
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	2,73%	6,50%	6,82%	0,00%

12. táblázat: Teljesítmény adatok, 50 % gázkar, 450 ppm

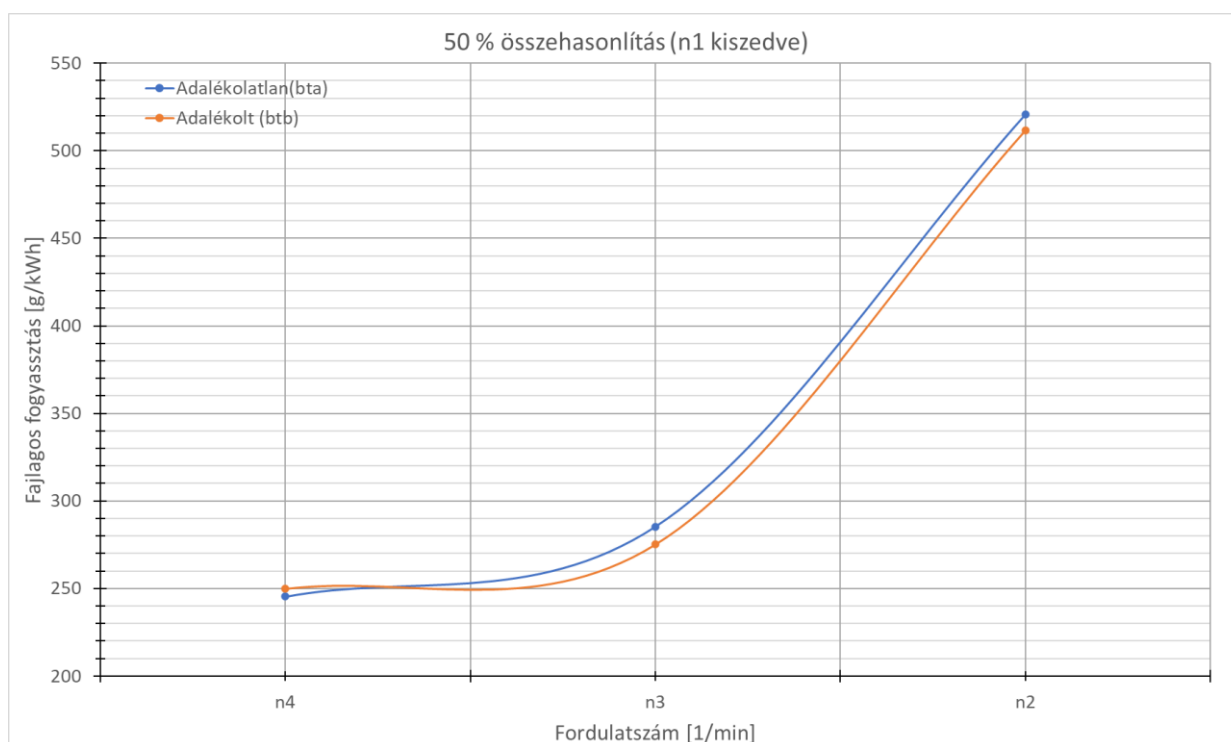
A teljesítmények összehasonlításából nagyon hasonló eredmények láthatóak mint a nyomaték mérés esetében. 3 db pozitív különbség és 1 db egyenlőség.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 50 %-os gázkar állásnál					
Fordulatszám	[1/min]	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (b_{ta})	[g/kWh]	245,4	285,4	520,6	1162,9
Adalékolt (b_{tb})	[g/kWh]	249,9	275,2	511,6	1159,4
Különbség ($b_{tb} - b_{ta}$)	[g/kWh]	4,5	-10,2	-9	-3,5
Különbség százalékban ($b_{tb} - b_{ta}$)	[%]	1,83%	-3,57%	-1,7%	-0,30%

13. táblázat: Fajlagos fogyasztás, 50 % gázkar, 450 ppm

A fajlagos fogyasztást összehasonlítva a 4 mérési ponton azt kapjuk, hogy 3 pontban negatív különbség alakult ki és csupán 1 ponton lett pozitív. Energetikai szempontból vizsgálva ismét több a pozitív hatása az adaléknak.



17. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 50 % gázkar, 450 ppm

A 17. ábrán diagramon keresztül szemléltetve van a két hajtóanyag közötti különbség fajlagos fogyasztás szempontjából. A felső üresjárat n_1 fordulatszámot kiszedve a görbéből, csak 3 db pont lett ábrázolva a jobb láthatóság érdekében.

3.5.4. 25 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 450 ppm

Az 50%-os mérés után a 25%-os gázkar álláshoz tartozó mérés következik, ismét a motor visszahűtése után. A 80 °C-os olajhőmérsékletet elérve folytattuk is a mérés elvégzését.

Ez a gázkar állás 1 db mérési pontot jelentett. Ez az egy pont a felső üresjárat fordulatszámhoz tartozó mérési pont, így ez nem szolgált érdemben értékelhető adatokkal.

3.5.5. 85 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 450 ppm

A 4 db alap gázkar álláshoz az egyik plusz állás a 85%-os volt. Ez az 5. mérés a sorban, a 25%-os után következett. A mérés ismét a megfelelő olajhőmérsékletről indult.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 85 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	331,4	338,3	344,2	345,9	345,1	341,6	340,1	326,2	290,2	182,3	58,1	17,9
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	339,2	341,6	345,9	344,2	343,3	341,6	339,2	329,7	291,1	183,2	65,7	18,8
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	7,8	3,3	1,7	-1,7	-1,8	0,0	-0,9	3,5	0,9	0,9	7,6	0,9
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	2,35%	0,98%	0,49%	-0,49%	-0,52%	0,00%	-0,26%	1,07%	0,31%	0,49%	13,08%	5,03%

14. táblázat: Nyomaték adatok, 85 % gázkar, 450 ppm

Ehhez a gázkar álláshoz 12 db terhelhető fordulatszám tartozik, hasonlóan a 100% gázkar álláshoz. Ezekből a mérési pontokból nyomaték szempontjából 3 db negatív különbség, 8 db pozitív különbség és 1 db egyenlőség keletkezett. A pozitív különbségek közül az n_2 fordulatszámhoz tartozó érték kiugróan magas.

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 85 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	48,5	53,2	57,4	61,3	65,2	67,8	71,4	73,7	67,0	43,9	14,7	4,6
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	50,3	53,9	58,2	61,2	64,8	68,5	71,8	73,4	67,2	44,0	16,6	4,9
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	1,8	0,7	0,8	-0,1	-0,4	0,7	0,4	-0,3	0,2	0,1	1,9	0,3
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	3,71%	1,32%	1,39%	-0,16%	-0,61%	1,03%	0,56%	-0,41%	0,30%	0,23%	12,93%	6,52%

15. táblázat: Teljesítmény adatok, 85 % gázkar, 450 ppm

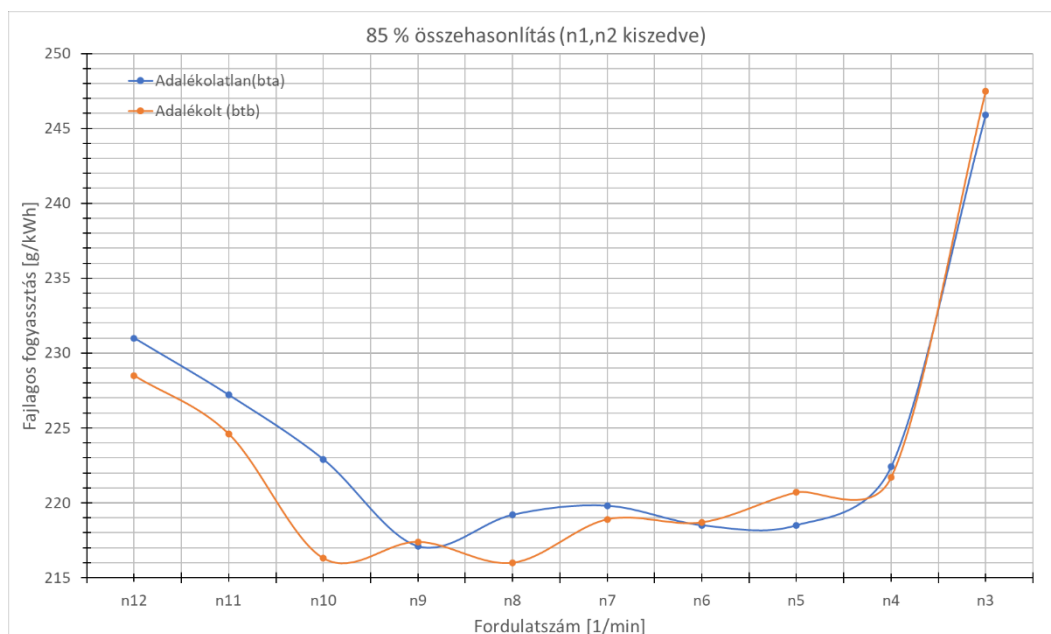
A 85 %-os állás adalékolt és adalékolatlan teljesítmény adatait szemlélteti a 15. táblázat. Az adatok a korrigált értékekkel lettek számolva. Jól látható, hogy a 12 db mérési pontból 9 db esetén pozitív előjelű a különbség, azaz az adalékolt hajtóanyag teljesítmény többletet adott az adalékolatlan hajtóanyaghoz képest. Az n_2 fordulatszám esetében ez 10 % fölötti értéket is elérte. A maradék 3 ponton negatív előjelű lett a különbség, itt kevesebb teljesítményt számoltunk a mért adatokból. Ezek a negatív eltérések viszont 1 % alatti értéket mutatnak.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 85 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (b_{ta})	[g/kWh]	231	227,2	222,9	217,1	219,2	219,8	218,5	218,5	222,4	245,9	395,9	908,2
Adalékolt (b_{tb})	[g/kWh]	228,5	224,6	216,3	217,4	216	218,9	218,7	220,7	221,7	247,5	379,2	904,8
Különbség ($b_{tb} - b_{ta}$)	[g/kWh]	-2,5	-2,6	-6,6	0,3	-3,2	-0,9	0,2	2,2	-0,7	1,6	-16,7	-3,4
Különbség százalékban ($b_{tb} - b_{ta}$)	[%]	-1,08%	-1,14%	-2,96%	0,14%	-1,46%	-0,41%	0,09%	1,0%	-0,31%	0,65%	-4,2%	-0,37%

16. táblázat: Fajlagos fogyasztás, 85 % gázkar, 450 ppm

A 16. táblázatban találhatóak a 85 %-os gázkar álláshoz tartozó fajlagos fogyasztás értékek mindkét hajtóanyag esetben. A két mérést összehasonlítva azt láthatjuk, hogy a 12 mérési pontból 8 esetben negatív különbséget eredményezett az adalék a hajtóanyagban. Ezek a különbségek többnyire 1 % feletti. Az n_2 pontnál már megközelíti akár az 5 %-ot is. A többi 4 mérési pontnál pedig a különbség pozitív, tehát fajlagos fogyasztás növekedés tapasztalható. Ezek a pontok viszont 1 % alatti értékeket mutatnak, azaz minimális a növekedés.



18. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 85 % gázkar, 450 ppm

Az összehasonlítást jól szemlélteti a 18. ábrán látható diagram. Így jobban kivehető a pozitív vagy negatív eltérés minden pontnál. Az a felső üresjárat n_1 és az n_2 fordulatszámhoz tartozó pontot kivettem a görbéből a jobb láthatóság miatt.

3.5.6. 65 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 450 ppm

A 450 ppm koncentrációhoz tartozó 6. mérés (utolsó) a 65 %-os gázkar állás volt. A 85 %-os mérés után következett. A mérés a megfelelő olajhőmérsékletről indult.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 65 %-os gázkar állásnál							
Fordulatszám	[1/min]	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	342,5	298,9	226,9	137,8	88,9	12,7
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	340,9	283,5	202,0	131,8	75,2	12,7
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	-1,6	-15,4	-24,9	-6,0	-13,7	0,0
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	-0,47%	-5,15%	-10,97%	-4,35%	-15,41%	0,00%

17. táblázat: Nyomaték adatok, 65 % gázkar, 450 ppm

A 65 %-os gázkar esetén a mérési pontok száma 6 db lett. Ebből a 6 pontból úgy alakul az összehasonlítás, hogy egy pont kivételével mindegyik negatív különbséget mutat. A negatív eltérések elérik akár a 10-15 %-ot is. Az 1 db pont, ahol pedig nincsen eltérés, az n_1 felső üresjárat fordulatszámához tartozik.

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 65 %-os gázkar állásnál							
Fordulatszám	[1/min]	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	50,2	47,3	38,0	24,7	16,8	2,6
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	50,1	44,7	34,0	23,5	14,2	2,5
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	-0,1	-2,6	-4,0	-1,2	-2,6	-0,1
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	-0,20%	-5,50%	-10,53%	-4,86%	-15,48%	-3,85%

18. táblázat: Teljesítmény adatok, 65 % gázkar, 450 ppm

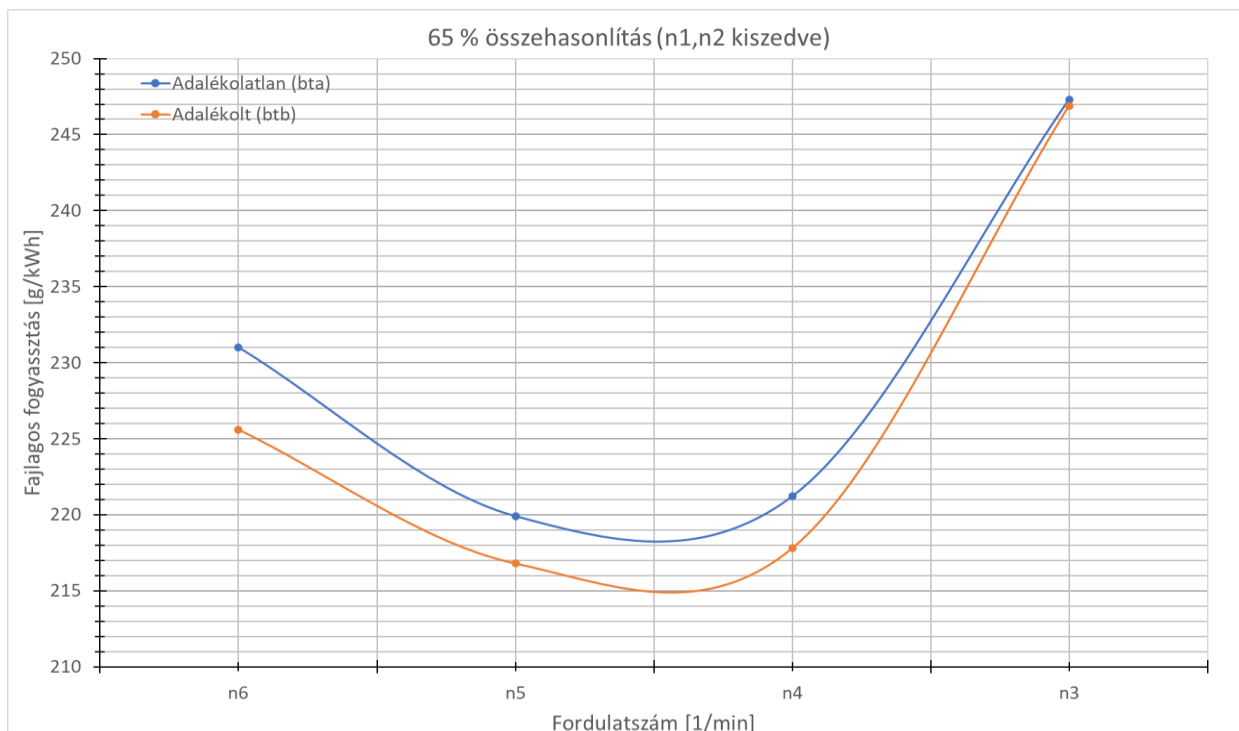
A 65 % gázkar teljesítmények összehasonlítását a 18. táblázat foglalja össze. Itt is ugyanaz olvasható le, mint a nyomatékok összehasonlításánál. A különbség annyi, hogy itt a 6 db pontból mindegyik negatív eltérést mutat, még az n1 felső üresjárat fordulatszám esetében is.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 65 %-os gázkar állásnál							
Fordulatszám	[1/min]	n ₆	n ₅	n ₄	n ₃	n ₂	n ₁
Adalékolatlan (b _{ta})	[g/kWh]	231	219,9	221,2	247,3	285,8	1054,6
Adalékolt (b _{tb})	[g/kWh]	225,6	216,8	217,8	246,9	309,7	1023
Különbség (b _{tb} - b _{ta})	[g/kWh]	-5,4	-3,1	-3,4	-0,4	23,9	-31,6
Különbség százalékban (b _{tb} - b _{ta})	[%]	-2,34%	-1,4%	-1,54%	-0,16%	8,4%	-3,00%

19. táblázat: Fajlagos fogyasztás, 65 % gázkar, 450 ppm

A fajlagos fogyasztásokat összehasonlítva, azt láthatjuk a 19. táblázat alapján, hogy a pontokból mindegyik negatív különbséget mutat 1 db pont kivételével. Az egy pont amelyik pozitív eltérést mutat, kiugró 5 % feletti értékkel teszi azt.



19. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 65 % gázkar, 450 ppm

A 19. ábrán látható az összehasonlítás szemléltetése diagramon keresztül, az n₁ és n₂ fordulatszámok nélkül.

3.5.7. 100 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 650 ppm

Az a 450 ppm koncentrációjú mérés után egy másik típusú hajtóanyaggal megismétltem mérést. Ezt a mérést már 650 ppm keverési aránnyal végeztem. A mérés menete teljesen megegyezett az előzővel. A gázkar állások is ugyanolyan sorrendben következtek.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 100 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	328,0	336,6	340,1	340,9	340,9	340,9	336,6	328,0	321,2	220,9	102,5	20,5
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	330,5	338,3	342,5	342,5	344,2	340,9	340,1	341,6	320,3	229,5	90,6	18,8
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	2,5	1,7	2,4	1,6	3,3	0,0	3,5	13,6	-0,9	8,6	-11,9	-1,7
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	0,76%	0,51%	0,71%	0,47%	0,97%	0,00%	1,04%	4,15%	-0,28%	3,89%	-11,61%	-8,29%

20. táblázat: Nyomaték adatok, 100 % gázkar, 650 ppm

Az első mérés a 100 %-os gázkar állás, mint ahogyan az előző mérésben is. A 20. táblázatban összegyűjtve láthatóak az eredmények. A 12 mérési pontból 8-nál a különbség adalékolt és adalékolatlan hajtóanyag között pozitív lett, ezek közül 4 % körüli értékű a többi pedig többnyire 1 % alatti. Egy ponton nincs eltérés, 2 db pontnál pedig negatív lett az eltérés (n_1 és n_2).

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 100 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	47,9	53,0	56,5	60,4	64,3	67,8	70,8	75,4	74,2	53,4	25,8	5,4
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	48,1	53,0	57,1	60,7	65,3	68,0	71,4	74,7	74,1	55,2	22,9	4,9
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	0,2	0,0	0,6	0,3	1,0	0,2	0,6	-0,7	-0,1	1,8	-2,9	-0,5
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	0,42%	0,00%	1,06%	0,50%	1,56%	0,29%	0,85%	-0,93%	-0,13%	3,37%	-11,24%	-9,26%

21. táblázat: Teljesítmény adatok, 100 % gázkar, 650 ppm

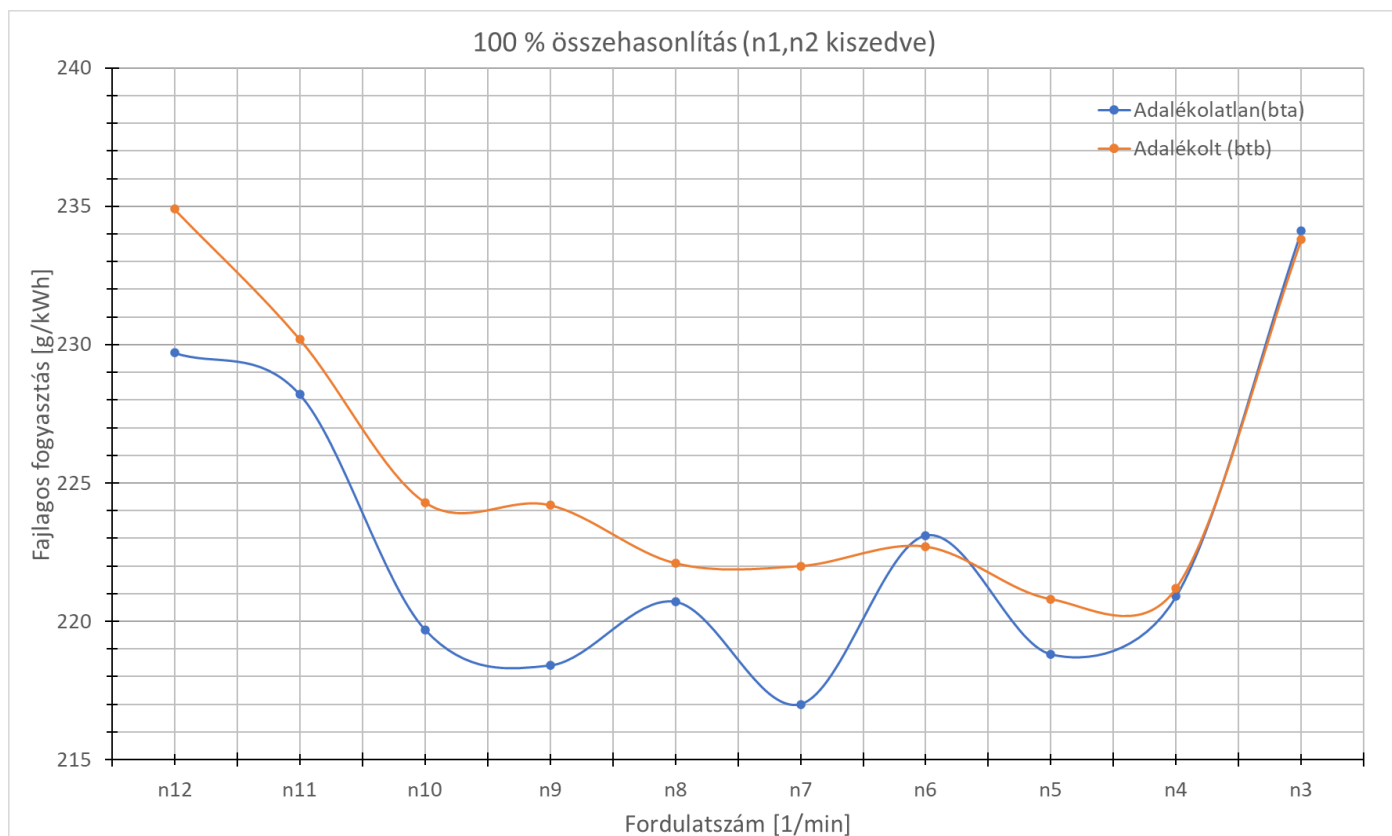
A teljesítmény adatok összehasonlítását szemlélteti a 21. táblázat. A nyomaték összehasonlításhoz hasonlóan itt is található egy olyan mérési pont, ahol nincs eltérés. Az eltérés 7 db pontnál pozitív értéket, 4 db-nál pedig negatív értéket mutat. A pozitív eltérések többnyire 1 % közeli értékűek, 1 db kiemelkedik a 3 % feletti különbségével.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 100 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n ₁₂	n ₁₁	n ₁₀	n ₉	n ₈	n ₇	n ₆	n ₅	n ₄	n ₃	n ₂	n ₁
Adalékolatlan (b _{ta})	[g/kWh]	229,7	228,2	219,7	218,4	220,7	217,0	223,1	218,8	220,9	234,1	309,5	836,1
Adalékolt (b _{tb})	[g/kWh]	234,9	230,2	224,3	224,2	222,1	222,0	222,7	220,8	221,2	233,8	328,0	914,3
Különbség (b _{tb} - b _{ta})	[g/kWh]	5,2	2,0	4,6	5,8	1,4	5,0	-0,4	2,0	0,3	-0,3	18,5	78,2
Különbség százalékban (b _{tb} - b _{ta})	[%]	2,26%	0,88%	2,09%	2,66%	0,63%	2,30%	-0,18%	0,9%	0,14%	-0,13%	6,0%	9,35%

22. táblázat: Fajlagos fogyasztás, 100 % gázkar, 650 ppm

Az összehasonlításból az látható, hogy 2 db pont esetén lett az eltérés negatív értékű, tehát csak 2 db mérési pont esetén sikerült fajlagos fogyasztás csökkenést elérni. Ezek a csökkenések minimális értékűek. A maradék 10 ponton a növekedés többnyire 1-2 % körüli, kivéve az n₁ és n₂ fordulatszámhoz tartozó pontokon, ahol akár a 10 %-ot is megközelíti.



20. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 100 % gázkar, 650 ppm

A táblázatban feltüntetett adatokat a 20. ábrán látható diagram jól láthatóan szemlélteti. Az ábrából is egyértelműen kivehető, hogy az adalékolatlan hajtóanyag jobban teljesít a fajlagos fogyasztás szempontjából.

3.5.8. 75 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 650 ppm

A második mérés a 75 %-os gázkar állás. A motorolajat megfelelő hőmérsékletre visszahűtve végeztük a mérést.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 75 %-os gázkar állásnál											
Fordulatszám	[1/min]	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	334,0	339,2	344,2	345,1	343,3	288,5	226,9	120,5	57,2	15,3
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	334,0	340,9	345,1	345,1	343,3	322,1	217,4	115,5	50,3	15,3
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	0,0	1,7	0,9	0,0	0,0	33,6	-9,5	-5,0	-6,9	0,0
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	0,00%	0,50%	0,26%	0,00%	0,00%	11,65%	-4,19%	-4,15%	-12,1%	0,00%

23. táblázat: Nyomaték adatok, 75 % gázkar, 650 ppm

A nyomaték adatok összehasonlítását a 23. táblázat tartalmazza. A 10 db mérési pontból 4 db mérési pontnál nincsen eltérés. 3 db pont esetén pozitív az eltérés. 2 db minimális, 1 % alatti érték és 1 db nagyobb 10 % feletti érték. A maradék 3 mérési pontnál pedig negatív értékű az eltérés, 2-nél 4 % körüli az érték és 1 -nél pedig 12 % feletti. Összeségében az adalékolt hajtóanyag nem mutatott számottevő nyomaték növekedést, inkább csökkenést.

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 75 %-os gázkar állásnál											
Fordulatszám	[1/min]	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	49,2	52,6	57,2	61,6	64,1	58,5	47,8	26,7	13,2	3,6
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	48,7	53,5	58,6	61,3	65,6	63,9	45,7	25,5	11,6	3,6
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	-0,5	0,9	1,4	-0,3	1,5	5,4	-2,1	-1,2	-1,6	0,0
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	-1,02%	1,71%	2,45%	-0,49%	2,34%	9,23%	-4,39%	-4,49%	-12,1%	0,00%

24. táblázat: Teljesítmény adatok, 75 % gázkar, 650 ppm

A teljesítmény adatok összehasonlításából, amit a 24. táblázat szemléltet, azt láthatjuk, hogy 4 db pozitív különbség alakult ki. A pozitív értékek közül az egyik kiugró, 9 % feletti teljesítmény növekedést mutat. Egy darab mérési pontnál nincsen

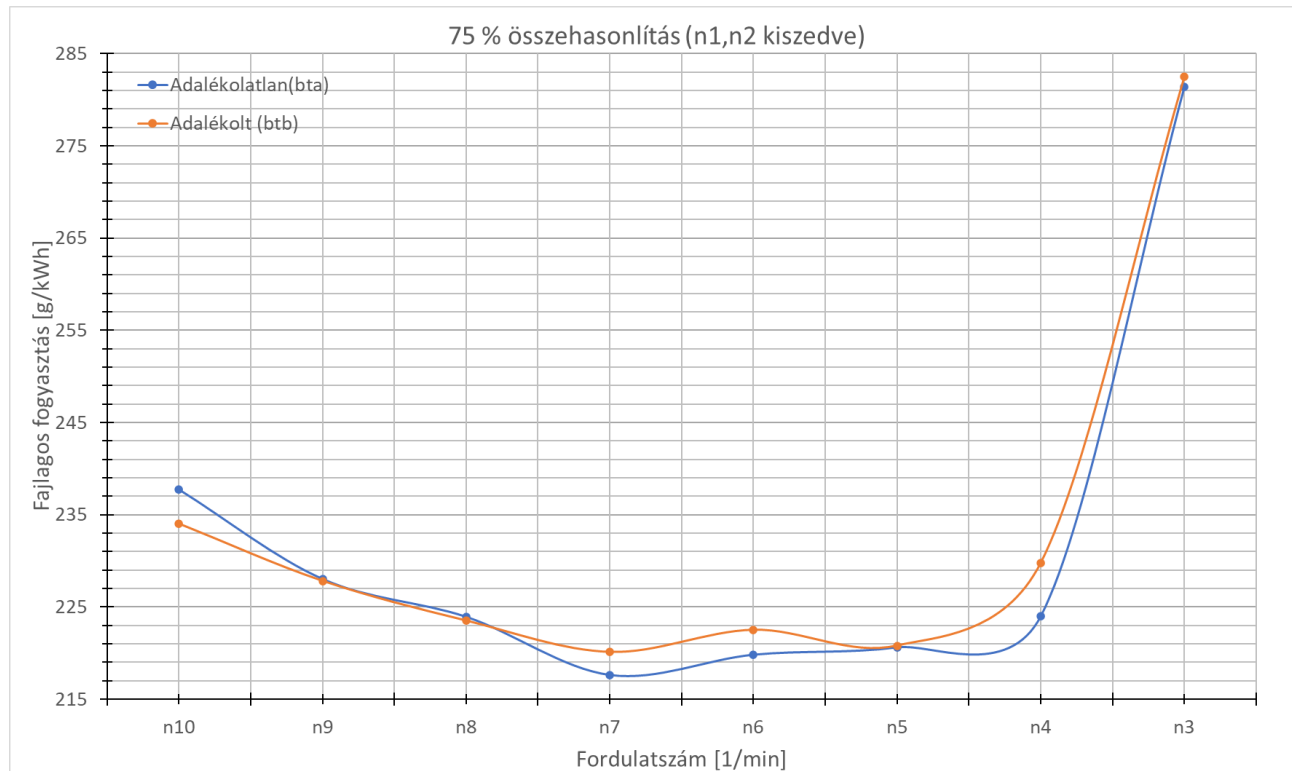
eltérés. A maradék pontoknál pedig negatív eltérések figyelhetők meg. A negatív különbségek esetén is 1 db kiugró pont van, ami 12 % feletti csökkenést mutat.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 75 %-os gázkar állásnál											
Fordulatszám [1/min]		n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (b_{ta})	[g/kWh]	237,7	228,0	223,9	217,6	219,8	220,6	224,0	281,4	379,6	993,3
Adalékolt (b_{tb})	[g/kWh]	234,0	227,8	223,5	220,1	222,5	220,8	229,8	282,5	405,4	998,2
Különbség ($b_{tb} - b_{ta}$)	[g/kWh]	-3,7	-0,2	-0,4	2,5	2,7	0,2	5,8	1,1	25,8	4,9
Különbség százalékban ($b_{tb} - b_{ta}$)	[%]	-1,56%	-0,09%	-0,18%	1,15%	1,23%	0,09%	2,59%	0,39%	6,8%	0,49%

25. táblázat: Fajlagos fogyasztás, 75 % gázkar, 650 ppm

A fajlagos fogyasztás adatokat összevetve azt olvashatjuk le, hogy 3 db mérési pontnál negatív, 7 db-nál pozitív eltérést ért el az adalékolt hajtóanyag. A fogyasztás növekedés egy mérési pont esetén kiugró, 5% feletti értéket mutat. Összességében nem tapasztalunk jelentős fajlagos fogyasztás csökkenést az adalékolt hajtóanyagnál, inkább kis mértékű növekedést.



21. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 75 % gázkar, 650 ppm

A 21. ábrán látható diagram a táblázatban szereplő adatokat szemlélteti a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében.

3.5.9. 50 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 650 ppm

A következő, 3. mérés az 50 %-os gázkar állás. A motor most is visszahűtésre került, a megfelelő olajhőmérsékletről indult a mérés.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 50 %-os gázkar állásnál				
Fordulatszám	[1/min]	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	113,8	70,0	10,1
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	125,7	79,5	10,1
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	11,9	9,5	0,0
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	10,46%	13,57%	0,00%

26. táblázat: Nyomaték adatok, 50 % gázkar, 650 ppm

Ennél a gázkar állásnál csak 3 db terhelhető fordulatszám, azaz 3 db mérési pont lett. Ebből 2 db igen magas értékű nyomaték növekedést, 10 akár 12 % feletti értéket mutat. A maradék 1 db pontnál pedig nincsen eltérés. Ebben az esetben elmondható, hogy az adalékolt hajtóanyag jelentős nyomaték növekedést ért el.

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 50 %-os gázkar állásnál				
Fordulatszám	[1/min]	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	16,8	11,0	1,7
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	18,5	12,5	1,7
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	1,7	1,5	0,0
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	10,12%	13,64%	0,00%

27. táblázat: Teljesítmény adatok, 50 % gázkar, 650 ppm

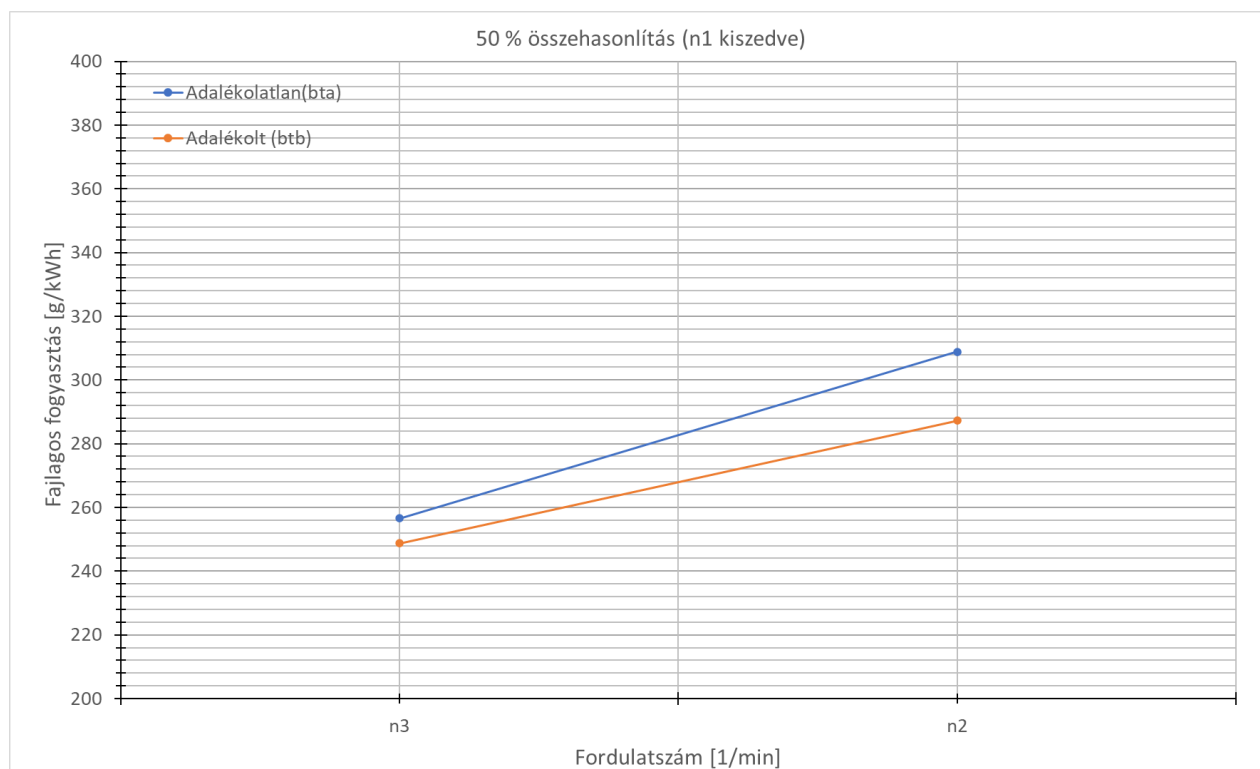
A teljesítmény adatok összehasonlítását a 27. táblázat foglalja össze. Hasonlóan a nyomaték adatokhoz, itt is 2 db jelentős 10 % feletti teljesítmény növekedést mutat. Egy ponton pedig nincsen eltérés. Az adalékolt hajtóanyagra vonatkozóan ebben az esetben is megemlíthető a hatása az, hogy teljesítmény növekedést ért el.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 50 %-os gázkar állásnál				
Fordulatszám	[1/min]	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (b_{ta})	[g/kWh]	256,6	308,8	1117,9
Adalékolt (b_{tb})	[g/kWh]	248,7	287,3	1162,2
Különbség ($b_{tb} - b_{ta}$)	[g/kWh]	-7,9	-21,5	44,3
Különbség százalékban ($b_{tb} - b_{ta}$)	[%]	-3,08%	-6,96%	3,96%

28. táblázat: Fajlagos fogyasztás, 50 % gázkar, 650 ppm

A fogyasztásokat összehasonlítva ugyanazt tapasztalhatjuk, mint az előző összehasonlításoknál, annyi különbséggel, hogy itt 1 db ponton fogyasztás növekedést tapasztalhatunk. A másik két pontnál pedig fogyasztás csökkenést mutat. Az egyik csökkenő érték 5 % feletti.



22. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 50 % gázkar, 650 ppm

A 22. ábrán látható diagram szemlélteti a táblázatban szereplő adatokat. Az n_1 felső üresjárat fordulatszám nélkül lett ábrázolva, a jobb átláthatóság érdekében.

3.5.10. 25 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 650 ppm

Az 50%-os mérés után a 25%-os gázkar álláshoz tartozó mérés következik, ismét a motor visszahűtése után. A 80 °C-os olajhőmérsékletet elérve folytattuk is a mérés elvégzését.

Ez a gázkar állás ebben az esetben is 1 db mérési pontot jelentett. Ez az egy pont a felső üresjárat fordulatszámhoz tartozó mérési pont, így ez nem szolgált érdemben értékelhető adatokkal.

3.5.11. 85 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 650 ppm

A 450 ppm-es méréshez hasonlóan most is 4 gázkar álláson felül további kettő gázkar állást vezettünk be a mérésbe. A 85 %-os gázkar állás az egyik ilyen. A mérést folytatódott is, amint a motorolaj visszahűlt a megfelelő hőmérsékletre.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 85 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	328,0	336,6	340,1	340,1	340,9	339,2	335,7	326,2	259,4	144,6	48,6	17,9
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	329,7	336,6	340,1	339,2	340,9	338,3	336,6	326,2	274,8	160,0	52,0	17,9
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	1,7	0,0	0,0	-0,9	0,0	-0,9	0,9	0,0	15,4	15,4	3,4	0,0
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	0,52%	0,00%	0,00%	-0,26%	0,00%	-0,27%	0,27%	0,00%	5,94%	10,65%	7,00%	0,00%

29. táblázat: Nyomaték adatok, 85 % gázkar, 650 ppm

A nyomaték értékek összehasonlítását elvégezve azt látjuk, hogy 5 db pont esetén nincsen eltérés, azaz az adalék nem okozott változást. Azoknál a pontoknál, ahol változást látunk, ott 3 db pontban jelentős pozitív, akár 5-10 % körüli értékű eltérést, 3 db pontban pedig legfeljebb 0,5 % pozitív eltérést hozott. A maradék 2 db pontban pedig 0,5 % alatti negatív értékeket olvashatunk le.

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 85 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám	[1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	48,6	53,0	57,1	60,7	64,4	67,7	70,1	71,8	59,9	34,9	12,2	4,6
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	49,0	53,2	56,6	60,4	64,7	67,2	70,8	71,7	63,5	38,6	13,1	4,6
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	0,4	0,2	-0,5	-0,3	0,3	-0,5	0,7	-0,1	3,6	3,7	0,9	0,0
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	0,82%	0,38%	-0,88%	-0,49%	0,47%	-0,74%	1,00%	-0,14%	6,01%	10,60%	7,38%	0,00%

30. táblázat: Teljesítmény adatok, 85 % gázkar, 650 ppm

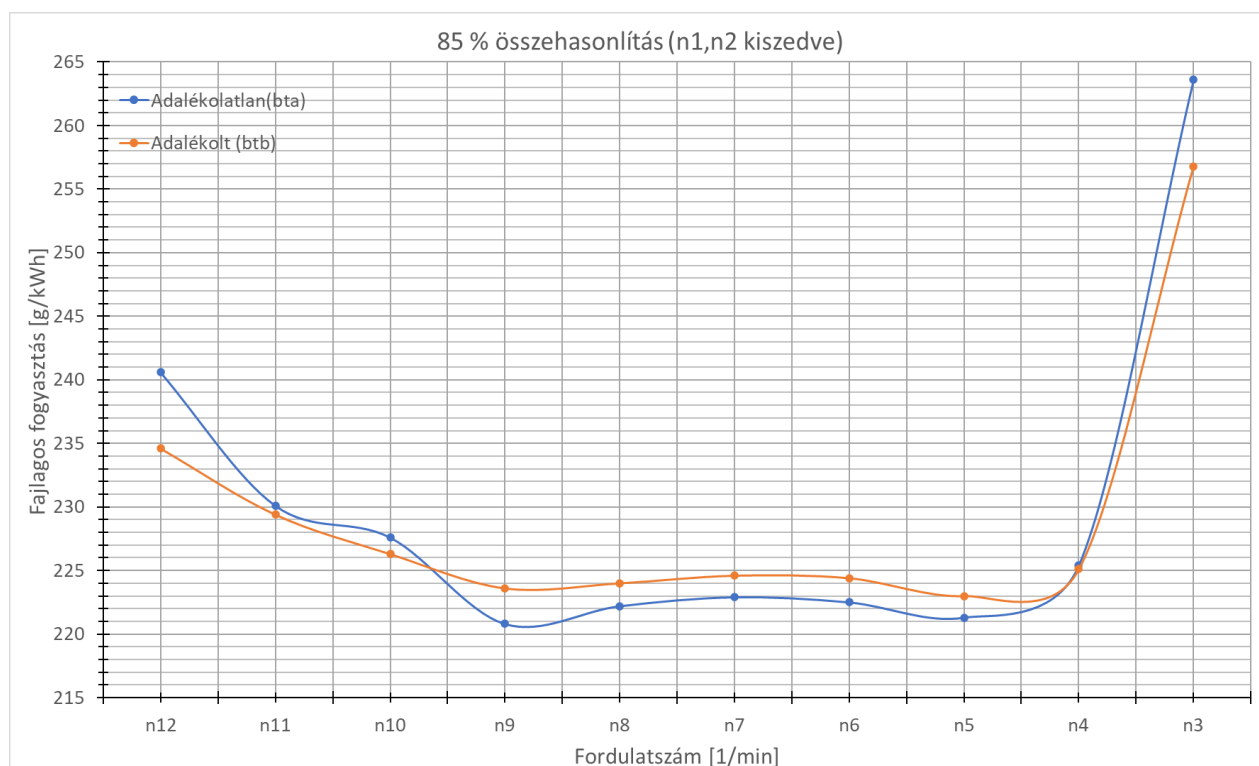
A teljesítmények összehasonlítását a 30. táblázat foglalja magában. Ebből azt láthatjuk, hogy 1 db ponton nincsen eltérés, 7 ponton pozitív értékű az eltérés, amiből 3 db pont magas, 5 % feletti értékkel bír, míg a többi legfeljebb 1 % értékű. A maradék 4 db ponton pedig negatív eltérések olvashatóak le alacsony, 1 % alatti értékkel.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 85 %-os gázkar állásnál													
Fordulatszám [1/min]	n_{12}	n_{11}	n_{10}	n_9	n_8	n_7	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1	
Adalékolatlan (b_{ta}) [g/kWh]	240,6	230,1	227,6	220,8	222,2	222,9	222,5	221,3	225,4	263,6	449,2	914,9	
Adalékolt (b_{tb}) [g/kWh]	234,6	229,4	226,3	223,6	224,0	224,6	224,4	223,0	225,1	256,8	427,1	889,9	
Különbség ($b_{tb} - b_{ta}$) [g/kWh]	-6,0	-0,7	-1,3	2,8	1,8	1,7	1,9	1,7	-0,3	-6,8	-22,1	-25,0	
Különbség százalékban ($b_{tb} - b_{ta}$) [%]	-2,49%	-0,30%	-0,57%	1,27%	0,81%	0,76%	0,85%	0,77%	-0,13%	-2,58%	-4,92%	-2,73%	

31. táblázat: Fajlagos fogyasztás, 85 % gázkar, 650 ppm

A 31. táblázatban láthatóak a fajlagos fogyasztásra vonatkozó adatok összefoglalva. Az eltéréseket megfigyelve láthatjuk, hogy 7 esetben fordul elő negatív különbség, amiből 1 db ponton az 5 %-ot, 3 db ponton a 2,5-3 %-ot közelíti meg, a többi 3 db pontnál pedig 1 % alatt vannak az eltérések. A pozitív eltérés 5 db ponton figyelhető meg 1 % körüli értékekkel.



23. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 85 % gázkar, 650 ppm

Az összehasonlítás szemléltetésére a 23. ábrán látható diagram szolgál.

3.5.12. 65 %-os gázkar állás, adalékolatlan és adalékolt, 650 ppm

A másik hozzáadott gázkar állás a 65 %-os állás. Ez az utolsó mérési sorozat a vizsgálatban. A motorolaj megfelelő hőmérsékletre történő hűtése után folytatódott is a mérés.

Nyomaték összehasonlítás:

Nyomaték összehasonlítása 65 %-os gázkar állásnál							
Fordulatszám	[1/min]	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (M)	[Nm]	331,4	265,5	183,2	119,0	64,8	11,0
Adalékolt (M_{ad})	[Nm]	333,1	270,5	178,8	123,1	70,9	11,9
Különbség ($M_{ad} - M$)	[Nm]	1,7	5,0	-4,4	4,1	6,1	0,9
Különbség százalékban ($M_{ad} - M$)	[%]	0,51%	1,88%	-2,40%	3,45%	9,41%	8,18%

32. táblázat: Nyomaték adatok, 65 % gázkar, 650 ppm

A nyomaték adatokat tartalmazó 32. táblázatban megfigyelve a különbség értékeket azt látjuk, hogy a 6 db mérési pontból csak 1 db olyan eset van, ahol negatív értékű a különbség. A többi 5 ponton a pozitív eltérések közül 2 db magas, 10 %-ot megközelítő értékkel bír. Az adalékolt hajtóanyag esetén egyértelműen mérési pontokra vonatkozóan nyomaték növekedés vehető észre.

Teljesítmény összehasonlítás:

Teljesítmény összehasonlítása 65 %-os gázkar állásnál							
Fordulatszám	[1/min]	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (P)	[kW]	48,4	42,0	30,7	21,3	12,2	2,2
Adalékolt (P_{ad})	[kW]	48,9	42,6	30,2	22,0	13,4	2,4
Különbség ($P_{ad} - P$)	[kW]	0,5	0,6	-0,5	0,7	1,2	0,2
Különbség százalékban ($P_{ad} - P$)	[%]	1,03%	1,43%	-1,63%	3,29%	9,84%	9,09%

33. táblázat: Teljesítmény adatok, 65 % gázkar, 650 ppm

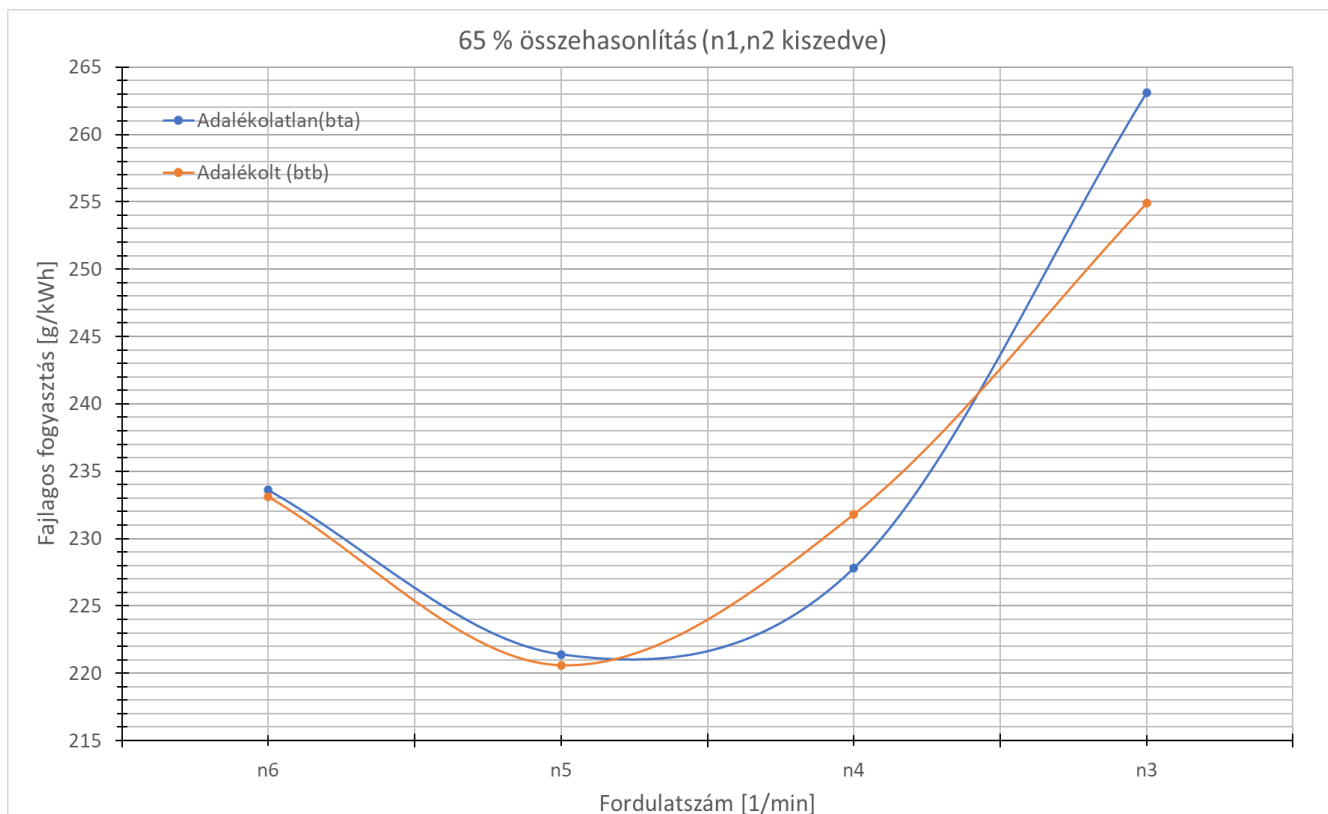
Teljesítmény adatok összehasonlításából ugyanaz fordul elő, mint a nyomaték adatoknál. Összességében az adalékolt hajtóanyag esetén teljesítmény növekedést tapasztalhatunk a mérési pontokra vonatkozóan.

Fajlagos fogyasztás összehasonlítás:

Fajlagos fogyasztás összehasonlítása 65 %-os gázkar állásnál							
Fordulatszám	[1/min]	n_6	n_5	n_4	n_3	n_2	n_1
Adalékolatlan (b_{ta})	[g/kWh]	233,6	221,4	227,8	263,1	343,1	1196,1
Adalékolt (b_{tb})	[g/kWh]	233,1	220,6	231,8	254,9	328,5	1103,3
Különbség ($b_{tb} - b_{ta}$)	[g/kWh]	-0,5	-0,8	4,0	-8,2	-14,6	-92,8
Különbség százalékban ($b_{tb} - b_{ta}$)	[%]	-0,21%	-0,36%	1,76%	-3,12%	-4,3%	-7,76%

34. táblázat: Fajlagos fogyasztás, 65 % gázkar, 650 ppm

Ennél a gázkar állásnál összevetve a fogyasztás adatokat azt látjuk, hogy egy pont kivételével mindegyik pont negatív eltérést mutat. Ezek közül egy pont kiugró, 5 % feletti értéket ér el. Az adalékolt hajtóanyag esetén tehát fajlagos fogyasztás csökkenést sikerült elérni.



24. ábra: Fajlagos fogyasztás diagram, 65 % gázkar, 650 ppm

Az összehasonlítást szemlélteti a 24. ábrán látható diagram, az n_1 és n_2 fordulatszámokhoz tartozó adatok nélkül, a jobb átláthatóság érdekében.

3.6. Következtetések levonása a mérési adatokból

Ebben a részben a két mérés összesített nyomaték, teljesítmény és fajlagos fogyasztás adatait fogom kiértékelni. Az 450 ppm arányú méréshez összesen 44 db mérési pont, a 650 ppm arányú méréshez pedig 43 db mérési pont tartozik. Alábbiakban ezekre az összesített mérési pontokra vonatkozóan fogom vizsgálni az adalékolt hajtóanyag hatását.

3.6.1. Nyomaték értékek

A nyomatékra vonatkozó adatok úgy alakultak a **450 ppm** arányú mérés esetén, hogy a 44 db pontból 21 db ponton nyomaték növekedést sikerült elérni, 17 db ponton nyomatékcsökkenést és összesen 6 db ponton voltak megegyezők az értékek az adalékolatlan és adalékolt hajtóanyag összehasonlításában. A növekedést jelentő értékek között akad több kiugró 5 és 10 % feletti adat. A pozitív 5 % feletti értékek 3 db mérési pontnál fordulnak elő pozitív értékek között 10 % feletti pedig csak 1 db pontnál fordult elő. A negatív értékeket tekintve, azaz a nyomaték csökkenést mutató pontok esetén 1 db 5 % feletti és 5 db 10 % feletti érték található.

Összesítve, az adalékolt hajtóanyag többnyire nyomaték növekedést hozott az adalékolatlan hajtóanyaggal szemben, viszont a negatív értékek között nagyobb darabszámban jelennek meg a magas értékek.

A **650 ppm** arányú mérés 43 mérési pontját tekintve több mérési pontnál mondható el a nyomaték növekedés, pontosan 23 db-nál. A nyomaték érték csökkenése 9 db pont, a megegyező értékek pedig 11 db pont esetén tapasztalható. A kiugró 5 és 10 % feletti értékeket tekintve is jobb a hatása az adalékolt hajtóanyagnak. A nyomaték növekedést jelentő értékek között 3 db 5 % feletti és 4 db 10 % feletti kiugró adat szerepel. A nyomaték csökkenés értékei között 2 db 5% feletti és 1 db 10 % feletti kiugró adat szerepel.

Összesítve, az adalékolt hajtóanyag ebben az esetben is túlnyomórészt nyomaték növekedést ért el az adalékolatlan hajtóanyaggal szemben, de itt a kiugró értékek is a növekedés értékeit erősítik.

3.6.2. Teljesítmény értékek

A teljesítmény adatokat összegezve a **450 ppm** arányú mérésnél azt figyelhetjük meg, hogy a növekedést és csökkenést jelentő értékek ugyanannyi, 21-21 db pontnál jelentkeznek. A nem változó értékek pedig 2 db pontnál láthatóak. A teljesítmény növekedés adatai között 3 db 5 % feletti és 1 db 10 % feletti kiugró érték van. A

csökkenést jelentő negatív értékek között pedig 1 db 5 % feletti és aránylag sok 7 db 10 % feletti van.

Összesítve, ebben az esetben egyenlő számban ér el az adalék teljesítmény növekedést és csökkenést egyaránt, viszont a kiugró értékek a teljesítmény csökkenést erősíti. Az adalékolt hajtóanyag nem hozta a megfelelő teljesítmény növelő hatását.

A **650 ppm** arányú mérést teljesítmény összesített teljesítmény adatainál már több teljesítmény növekedést jelentő érték fedezhető fel. A 43 db pontból 25 db-nál teljesítmény növekedés, 14 db-nál pedig csökkenést látható. A maradék 4 db pontnál pedig nincsen eltérés. A teljesítmény növekedés adatok között 3 db 5 % feletti és 3 db 10 % feletti kiugró érték látható. A negatív, csökkenést jelentő adatok között pedig 1 db 5 % feletti és 2 db 10 % feletti kiugró érték van.

Összesítve, az adalékolt hajtóanyag túlnyomórészt teljesítmény növekedést ért el az adalékolatlan hajtóanyaggal szemben és még a kiugró adatok is ezt erősítik.

3.6.3. Fajlagos fogyasztás értékek

A **450 ppm** arányú mérés legpozitívabb arányú összesítése a fogyasztás adatoknál látható. A 44 db mérési pontból csak 11 db-nál tapasztalható fogyasztás növekedés és 33 db esetén fogyasztás csökkenés. A növekedést jelentő adatok között bár megjelenik 1 db 5 % százalékos és 2 db 10 % feletti kiugró érték nem mondható negatívumnak a sokkal több csökkenést jelentő érték mellett. A fogyasztás csökkenés adatai között is megjelenik 1 db 5 % feletti érték.

Összesítve, az adalékolt hajtóanyag a mérési pontok 75 %-ban fajlagos fogyasztás csökkenést ért el az adalékolatlan hajtóanyaggal szemben.

A **650 ppm** arányú mérés esetén az összesített fogyasztás adatok úgy alakultak, hogy a 43 db mérési pontból 24 db pontban növekedést és 19 db pontban pedig csökkenést tapasztaltunk. A fogyasztás növekedést jelentő adatok között 3 db 5 % feletti, a csökkenést jelentő adatok között pedig 2 db 5 % feletti kiugró értéket tapasztaltunk.

Összesítve, az adalékolt hajtóanyag ebben az esetben több pontban ért el fajlagos fogyasztás növekedést, mint csökkenést.

A **450 ppm** arányú mérés teljes összegzésével azt a következtetést vonhatjuk le az adatok alapján, hogy minimális nyomaték és teljesítmény növekedés mellett némi fajlagos fogyasztás csökkenést értünk el.

A **650 ppm** arányú mérés teljes összegzésével pedig azt mondhatjuk el, hogy jelentősebb nyomaték és teljesítmény növekedés mellett némi fajlagos fogyasztás növekedést kaptunk.

A két mérést megfigyelve észrevehető, hogy a két különböző gyártótól származó hajtóanyag esetén más-más hatásait fejtette ki az adalék. Az első keverési arányú 450 ppm-es mérés után a nagyobb mértékű pozitív hatások kifejtésében reménykedve emelve lett a koncentráció nagyságán 650 ppm-re. Viszont, ahogy a kiértékelésben is látszik, az adalék nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket.

Annak kutatására, hogy még milyen és mennyi pozitív, illetve negatív hatásait, milyen mértékben fejt ki a vizsgálandó adalék, további mérések szükségesek.

4. Összefoglalás

A szakdolgozatom témájának egy dízelmotor fékpadai mérését választottam, melyet egy egyetemi tanszéki projekt inspirált. Ebben a projektben egy adott hajtóanyag adalék hatásait vizsgálom. Már középiskolás korom óta érdekelnek a belsőégésű motorok, és ezzel méréssel lehetőségem nyílt gyakorlati tapasztalatot szerezni ezen a területen. A téma jelentősége is motivált, hiszen manapság kiemelt fontosságú a hajtóanyag-fogyasztás csökkentése és a kipufogógázok környezetre gyakorolt káros hatásainak minimalizálása.

Dolgozatomban célul tűztem ki a motorvizsgálaton való aktív közreműködést, a mérési folyamat megtervezését és a fékpadai kalibráció figyelemmel kísérését. A mért, illetve számolt eredményeket összesítő mérési jegyzőkönyveket készítek a mérésekről. Ezeket az adatokat a dolgozatomban elemzem, kiértékelem, összehasonlítom és energetikai következtetést vonok le az adalék hatékonyságáról.

A dolgozatomban áttekintettem és összefoglaltam a motorok fejlődésével, működésével kapcsolatos, valamint a motorvizsgáló (stabil, mobil és görgős) fékpadokkal kapcsolatos és a különféle emissziós típusvizsgálatokkal kapcsolatos szakirodalmakat és szacikkeket.

A dolgozatom érdemi részében a mérés során használt stabil fluidumos féktermi fékpad bemutatását és kalibrációját részletezem. Továbbiakban bemutatom a motort, amin a mérés történt, valamint mérés menetét és célját. Egy mérés adalékoltatlan és adalékolt hajtóanyaggal történt. Összesen kettő darab mérés lett elvégezve: az egyik 450 ppm arányú keveréssel és egy adott gyártótól származó, a másik 650 ppm keverési aránnyal és egy előzőtől eltérő gyártótól származó hajtóanyaggal történt. Mindkettő hajtóanyag esetében el lett végezve a mérési ciklus a tematikában meghatározott gázkarállásokkal. Minden mérési ciklus során a mért adatok jegyzőkönyvekben rögzítve lettek. A fékpad kalibrációja során fellépő hibák miatt a mért eredményeket korrigáltam és a korrigált adatokból meghatároztam a többi, számolt értékeket is. A számolt értékeket szintén rögzítettem a mérési jegyzőkönyvekben. Az összesített mért és számolt eredményeket elemeztem, összehasonlítottam és energetikai következtetéseket vontam le az adalék hatásáról.

A **450 ppm** arányú mérés összehasonlításából azt kaptam, hogy minimális nyomaték és teljesítmény növekedés mellett némi fajlagos fogyasztást hozott az adalék. A **650 ppm** arányú összehasonlításánál pedig kicsivel nagyobb mértékű teljesítmény és nyomaték növekedést kapunk minimálisabb fogyasztás növekedés mellett.

A vizsgálandó adalék további hatásainak megismerésére további mérések szükségesek.

5. Summary

I chose the topic of my thesis to be the dynamometer testing of a diesel engine, inspired by a university departmental project. In this project, I examined the effects of a specific fuel additive. I've been interested in internal combustion engines since high school, and this measurement gave me the opportunity to gain practical experience in this field. I was also motivated by the relevance of the topic, as reducing fuel consumption and minimizing the harmful environmental impact of exhaust gases are of great importance today.

In my thesis, I aim to actively participate in the engine testing, plan the measurement process, and monitor the dynamometer calibration. I will prepare measurement reports that summarize the measured and calculated results. These data will be analyzed, evaluated, compared, and I will draw energy-related conclusions regarding the effectiveness of the additive in my thesis.

In my thesis, I reviewed and summarized the literature and technical articles related to the development and operation of engines, as well as those concerning engine test benches (stationary, mobile, and roller), and various types of emission testing.

In the substantive part of my thesis I detail the presentation and calibration of the stable fluid dynamometer used in the measurement. I will present the engine on which the measurement was made, as well as its course and purpose. a measurement was made with an undoped and doped propellant. A total of two measurements were performed: one with a 450 ppm mix ratio from a specific manufacturer, and the other with a 650 ppm mix ratio using fuel from a different manufacturer. For both propellants, the measurement cycle has been completed with the throttle positions specified in the topic. During each measurement cycle, the measured data are recorded in records. Due to errors in the calibration of the dynamometer, I corrected the measured results and determined the other calculated values from the corrected data. I analyzed, compared, evaluated and drew energy conclusions about the effect of the additive.

From the comparison of the 450 ppm measurement, I observed that the additive led to a slight increase in specific consumption, along with minimal increases in torque and power. In the 650 ppm comparison, a more significant increase in power and torque was observed, accompanied by only a minimal increase in consumption.

Further measurements are necessary to understand the additional effects of the additive under investigation.

6. Irodalomjegyzék

- [1.] Bagány Mihály: Belsőégésű motorok, Egyetemi tananyag, Kecskeméti Főiskola, Kecskemét, 2011.
- [2.] Dr. Vas Attila, Dr. Nacsá János, Kurják Zoltán: Általános géptan, Jegyzet, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2019.
- [3.] Dr. Finichiu Liviu: Tüzelőanyag-ellátó berendezések. Emisszió, Vizsgabiztos képzés tananyag, Budapest, 2012
- [4.] Kocsis István, Mezei Tibor, Dr. Varga Vilmos Imre: Mezőgazdasági erőgépek I., Tankönyv, Budapest, 2014.
- [5.] HTTP1: Belsőégésű motorok vizsgálata, mérései, forrás: <https://hu.motofocus.eu/belso-egesu-motorok-vizsgalata-meresei/> (2024.10.15.)
- [6.] HTTP2: Gépjármű vizsgálatok üzemi gyakorlata, forrás: https://eta.bibl.u-szeged.hu/736/1/farkasferenc_gepjarmuvizsgalatok_uzemi_gyakorlata.pdf (2024.10.9.)
- [7.] HTTP3: Mobil fékpad, forrás: <https://www.axial.hu/mobil-fekpad> (2024.10.16.)
- [8.] Nagyszokolyai Iván, Lakatos István: Gépjármű-diagnosztika, Egyetemi tananyag, Kecskemét, 2011.
- [9.] HTTP4: World Harmonized Stationary Cycle (WHSC), forrás: <https://dieselnet.com/standards/cycles/whsc.php> (2024.10.20.)
- [10.] HTTP5: Az emissziós típusvizsgálatok során alkalmazott ciklusok, forrás: https://mogi.bme.hu/TAMOP/motor_eroatviteli_rendszerek_mechatronikaja/ch14.html (2024.10.21.)
- [11.] HTTP6: Zöld értékelési szempontok a fenntartható közbeszerzések megvalósítása érdekében II. Rész - Életciklusköltség-számítás, forrás: <https://ertesitoplus.kozbeszerzes.hu/szam/20200814/zold-ertekelesi-szempontok-a-fenntarthato-kozbeszerzesek-megvalositasa-erdekeben-ii-resz-eletcikluskoltseg-szamitas/> (2024.10.22.)
- [12.] HTTP7: European Stationary Cycle, forrás: <https://dieselnet.com/standards/cycles/esc.php> (2024.03.12.)

7. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Ludman Antal
A Hallgató Neptun kódja: N94EM3
A dolgozat címe: Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Járműtechnika tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024. október 30.


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Ludman Antal, N94EM3 konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2024. október 28.


belső konzulens

8. Köszönetnyilvánítás

A dolgozatom lezárásaként szeretném megköszönni azoknak, akik végig támogattak és segítettek a szakdolgozatom elkészítésében. Az érthető és jól követhető szakdolgozat megírása nehéz feladatnak bizonyult volna számomra a konzulenseim nélkül.

Ezúton szeretném megköszönni a belső konzulensemnek, Prof. Dr. Kiss Péter tanár úrnak, a rengeteg segítséget és megtisztelő bizalmát, valamint a tanulmányaim során nyújtott tanácsait, melyek jelentős mértékben hozzájárultak a dolgozat elkészítéséhez. Továbbá szeretném megköszönni a külső konzulensemnek, Vadkerti Tóth Zoltánnak, az Energotest Kft. projektvezető mérnökének, aki a jelentős szakmai tudásával és tapasztalataival támogatta a dolgozat elkészítését. Végül pedig Török Tamásnak, a járműtechnika tanszék technikusának szeretném megköszönni, aki rengeteget segített a mérések elvégzésében és sok szakmai tanáccsal látott el.

9. Mellékletek

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolatlan, 75 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 18. 9:35		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 2.			Fékpád típusa: Schönebeck E4		
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 6,7 °C						Légnyomás: 1006,8 hPa				Páratartalom: 84 %	
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)				Furat átmérő: 100 mm				Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³	
Sorsz.		Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás
Mértékegység		[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]
1.	n ₁	2287	16,2	3,9	3,7	50,9	953,7	81	80,1	13,9	86,7	287,2	2,9
2.	n ₂	2205	67,4	15,6	5,5	211,7	353,4	81,1	80,2	14	89,5	368,7	2,9
3.	n ₃	2101	155,0	34,1	8,4	486,9	246,3	82,1	81,3	14,2	93,5	504,3	2,8
4.	n ₄	2010	252,5	53,1	11,9	793,3	223,9	83,4	82,9	13,1	97,3	634,1	2,7
5.	n ₅	1891	334,0	66,1	14,5	1049,3	219,2	86,7	85,9	14	102,7	781,1	2,7
6.	n ₆	1805	343,3	64,9	14,1	1078,5	217,3	87,7	87,1	15,3	104,6	791,1	2,7
7.	n ₇	1709	346,8	62,1	13,6	1089,5	219,1	87,3	86,8	15,6	105,2	797,6	2,6
8.	n ₈	1589	347,7	57,9	12,8	1092,3	221,2	87,6	86,8	14,9	105,3	810,1	2,6
9.	n ₉	1497	344,2	54,0	12,1	1081,3	224,2	86,5	85,9	15	104,7	820	2,6
10.	n ₁₀	1377	334,9	48,3	11,2	1052,1	231,9	86,6	85,6	14,8	104	826,9	2,6

1. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolatlan, 75 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolt, 75 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 19. 9:25		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 2.		Fékpád típusa: Schönebeck E4			
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 8,5 °C						Légnyomás: 1013,9 hPa			Páratartalom: 54 %		
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm				Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtartalom: 4000 cm ³		
Sorsz.	Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás	
Mértékegység	[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]	
1.	n ₁	2257	16,2	3,8	3,6	50,9	940,2	81,8	80,9	15,6	87	278,2	2,4
2.	n ₂	2203	52,9	12,2	4,9	166,2	401,5	81,5	81	14,7	89,6	341,7	2,5
3.	n ₃	2112	116,4	25,7	7,2	365,7	279,7	82	81,4	15,4	91,5	446,8	2,4
4.	n ₄	2000	221,7	46,4	10,5	696,5	226,1	83,3	82,7	15,8	95,7	582,5	2,3
5.	n ₅	1889	303,2	60,0	13,1	952,5	218,4	86,7	86,2	16,7	103	735,1	2,2
6.	n ₆	1782	344,2	64,2	13,9	1081,3	216,4	88,3	87,8	17,3	105,7	789,9	2,2
7.	n ₇	1721	345,1	62,2	13,5	1084,2	217,1	88,5	87,8	16,4	106,2	795,5	2,2
8.	n ₈	1598	347,7	58,2	12,8	1092,3	220,0	88,6	87,9	17,3	106,4	808,6	2,1
9.	n ₉	1487	343,3	53,5	11,9	1078,5	222,6	88	87,5	18,9	105,4	819,7	2,2
10.	n ₁₀	1403	337,5	49,6	11,3	1060,3	227,9	87,3	86,6	18	105,1	826	2,2

2. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolt, 75 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolatlan, 50 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 18. 10:15		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 3.		Fékpád típusa: Schönebeck E4			
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 7,6 °C						Légnyomás: 1006,8 hPa			Páratartalom: 76 %		
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm				Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³		
Sorsz.	Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás	
Mértékegység	[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]	
1.	n ₁	1626	10,1	1,7	2	31,7	1162,9	79,3	78,4	15,5	84,6	196,9	2,4
2.	n ₂	1598	26,4	4,4	2,3	82,9	520,6	79,6	78,9	16,2	85,7	219,5	2,4
3.	n ₃	1505	77,8	12,3	3,5	244,4	285,4	79,4	78,4	15,3	86,3	305,1	2,4
4.	n ₄	1403	124,8	18,3	4,5	392,1	245,4	80,1	79,2	15,5	87,3	375,3	2,3

3. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolatlan, 50 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolt, 50 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 19. 10:05		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 3.			Fékpád típusa: Schönebeck E4		
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 9,1 °C						Légnyomás: 1013,9 hPa				Páratartalom: 51 %	
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm					Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³	
Sorsz.	Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás	
Mértékegység	[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]	
1.	n ₁	1631	10,1	1,7	2	31,7	1159,4	79,7	78,6	16,5	84,8	198,6	2,2
2.	n ₂	1600	28,0	4,7	2,4	88,0	511,6	79,5	78,4	15,3	85,7	223,9	2,2
3.	n ₃	1505	83,0	13,1	3,6	260,8	275,2	79,7	78,6	16,4	86,7	311	2,2
4.	n ₄	1400	128,3	18,8	4,7	403,1	249,9	80,1	79,4	16,4	87,7	380,7	2,2

4. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolt, 50 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolatlan, 25 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 18. 10:30		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 4.			Fékpád típusa: Schönebeck E4		
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 8,9 °C					Légnyomás: 1006,8 hPa				Páratartalom: 76 %		
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm				Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³		
Sorsz.	Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás	
Mértékegység	[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]	
1.	n _I	1043	7,7	0,8	1	24,2	1189	77,5	76,3	14,6	81,9	132,1	2,3

5. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolatlan, 25 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolt, 25 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 19. 10:20		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 4.		Fékpád típusa: Schönebeck E4			
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 9,6 °C						Légnyomás: 1013,9 hPa				Páratartalom: 48 %	
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm				Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³		
Sorsz.	Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás	
Mértékegység	[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]	
1.	n _I	1040	8,4	0,9	1	26,4	1093	77,4	76,3	16,4	82,7	132,1	2,1

6. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolt, 25 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolatlan, 85 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 18. 12:30		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 5.			Fékpád típusa: Schönebeck E4		
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 11,5 °C						Légnyomás: 1006,8 hPa				Páratartalom: 56 %	
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm				Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³		
Sorsz.		Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás
Mértékegység		[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]
1.	n ₁	2467	17,9	4,6	4,2	56,2	908,2	82,6	81,9	19,1	86,7	329	3,2
2.	n ₂	2408	58,1	14,7	5,8	182,5	395,9	82,8	82,4	18,8	90,2	392	3,1
3.	n ₃	2301	182,3	43,9	10,8	572,7	245,9	84,6	83,9	19,8	96,3	577	3
4.	n ₄	2205	290,2	67,0	14,9	911,7	222,4	87,1	86,5	20,1	101,3	714,1	3
5.	n ₅	2157	326,2	73,7	16,1	1024,8	218,5	91,8	88,8	20,5	108,6	770,6	3
6.	n ₆	2005	340,1	71,4	15,6	1068,5	218,5	94	87,8	20,3	111,6	816,5	3,1
7.	n ₇	1895	341,6	67,8	14,9	1073,2	219,8	95,2	89,1	21,7	112,9	811,3	3
8.	n ₈	1805	345,1	65,2	14,3	1084,2	219,2	94,1	87,7	20,2	112,6	810,6	3,1
9.	n ₉	1691	345,9	61,3	13,3	1086,7	217,1	93,7	86,9	22,6	111,6	814,9	3
10.	n ₁₀	1593	344,2	57,4	12,8	1081,3	222,9	92,4	85,9	20,7	110,9	820	3
11.	n ₁₁	1503	338,3	53,2	12,1	1062,8	227,2	90,7	84	21,2	109,4	826,1	3
12.	n ₁₂	1397	331,4	48,5	11,2	1041,1	231,0	89,2	82,1	20,5	107,8	830,2	3,1

7. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolatlan, 85 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolt, 85 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 19. 10:25		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 5.			Fékpád típusa: Schönebeck E4		
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 9,7 °C						Légnyomás: 1013,9 hPa			Páratartalom: 50 %		
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)				Furat átmérő: 100 mm				Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³	
Sorsz.		Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás
Mértékegység		[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]
1.	n ₁	2470	18,8	4,9	4,4	59,1	904,8	82	81,4	16,8	87,9	325	2,1
2.	n ₂	2415	65,7	16,6	6,3	206,4	379,2	82,9	82,3	16	91,2	414,8	2,1
3.	n ₃	2296	183,2	44,0	10,9	575,5	247,5	84	83,6	16,9	95,7	574,5	2,1
4.	n ₄	2205	291,1	67,2	14,9	914,5	221,7	86,3	85,8	16,1	100,3	704,9	2,1
5.	n ₅	2126	329,7	73,4	16,2	1035,8	220,7	89,3	88,6	16,6	106,8	760,9	2,2
6.	n ₆	2021	339,2	71,8	15,7	1065,6	218,7	90,4	86,9	17,3	108,6	801,8	2,1
7.	n ₇	1916	341,6	68,5	15	1073,2	218,9	90,5	84,9	16,4	109,6	800,6	2,1
8.	n ₈	1803	343,3	64,8	14	1078,5	216,0	90,7	84,2	17,5	109,7	795,1	2,1
9.	n ₉	1697	344,2	61,2	13,3	1081,3	217,4	89,7	82,7	16,6	108,8	796,6	2,1
10.	n ₁₀	1608	345,9	58,2	12,6	1086,7	216,3	89,1	81,9	19,1	107,8	804	2,1
11.	n ₁₁	1506	341,6	53,9	12,1	1073,2	224,6	88,4	81,3	18,3	107,1	815,4	2,1
12.	n ₁₂	1417	339,2	50,3	11,5	1065,6	228,5	87,1	86,4	18,1	105,3	818,3	2,1

8. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolt, 85 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolatlan, 65 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 18. 14:00		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 6.			Fékpád típusa: Schönebeck E4		
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 12,3 °C						Légnyomás: 1007,8 hPa			Páratartalom: 49 %		
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm				Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³		
Sorsz.	Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Órákénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás	
Mértékegység	[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]	
1.	n ₁	1925	12,7	2,6	2,7	39,9	1054,6	80,4	79,1	20,5	81,3	223,6	2,9
3.	n ₃	1804	88,9	16,8	4,8	279,3	285,8	81,6	80,8	20,5	87,3	344,8	2,9
4.	n ₄	1709	137,8	24,7	6,1	432,9	247,3	81,5	80,8	19,3	89,6	427,2	3
5.	n ₅	1598	226,9	38,0	8,4	712,8	221,2	82,7	82,3	19,8	92,4	556,7	3,1
6.	n ₆	1511	298,9	47,3	10,4	939,0	219,9	84,9	84,3	21	97,6	708,4	3
7.	n ₇	1400	342,5	50,2	11,6	1076,0	231,0	87,1	86,8	21	100,7	826	3

9. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolatlan, 65 % gázkar, 450 ppm

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem - Műszaki Intézet - Járműtechnika tanszék													
Mérési jegyzőkönyv													
Hajtóanyag adalék hatásának vizsgálata dízelmotoron													
Mérés típusa: Adalékolt, 65 %-os gázkar állás													
Dátum: 2024. 04. 19. 11:15		Mérés helye: Gödöllő, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika labor						Mérés száma: 6.			Fékpád típusa: Schönebeck E4		
Barometrikus adatok:		Külső levegő hőmérséklet: 10,4 °C					Légnyomás: 1013,9 hPa				Páratartalom: 46 %		
Motor típusa: Perkins 1000 4-T (4 ütemű, dízel, turbófeltöltött)			Furat átmérő: 100 mm				Lökethossz: 127 mm		Kompresszió: 16:1		Hengerűrtatalom: 4000 cm ³		
Sorsz.		Fordulatszám (n)	Nyomaték (M)	Teljesítmény (P)	Óránkénti fogyasztás (Bt)	Effektív középnyomás (p _e)	Fajlagos fogyasztás (bt)	Víz hőmérséklet motorból ki	Víz hőmérséklet motorba be	Beszívott levegő hőmérséklet	Motorolaj hőmérséklet a blokkban	Kipufogó gáz hőmérséklet	Olajnyomás
Mértékegység		[1/min]	[Nm]	[kW]	[kg/h]	[kPa]	[g/kWh]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[bar]
1.	n ₁	1911	12,7	2,5	2,6	39,9	1023,0	80,9	79,9	17,5	85,9	224,9	2,2
2.	n ₂	1804	75,2	14,2	4,4	236,2	309,7	81,2	80,3	18,2	87,7	321,7	2,2
3.	n ₃	1702	131,8	23,5	5,8	414,1	246,9	81,4	80,4	18,1	89,5	417,1	2,2
4.	n ₄	1606	202,0	34,0	7,4	634,6	217,8	82	81,3	18,5	91,6	517,4	2,2
5.	n ₅	1507	283,5	44,7	9,7	890,6	216,8	83,5	83	18,6	95	659,3	2,1
6.	n ₆	1403	340,9	50,1	11,3	1071,0	225,6	85,6	85,1	18	98,4	802,1	2,1

10. sz. melléklet: Mérési jegyzőkönyv, adalékolt, 65 % gázkar, 450 ppm