

# EMISSZIÓVÉDELEM HOSSZÚTÁVON – ÚJ KIHÍVÁSOK A BELSŐÉGÉSŰ MOTOROK EMISSZIÓS FEJLESZTÉSÉBEN

## LIFE CYCLE EMISSION REDUCTION – THE INCREASING CHALLENGE FOR ENGINE DEVELOPMENT

*Ervin Kerekes, Ákos Finta, Gábor Erdei, Miklós Tóth\**

### ABSTRACT

*According to the current directives the engines must comply with emissions standards throughout their useful lives.*

*To ensure that the engine manufacturers can fulfil this legalization requirements an additional well-defined process was prescribed for the engine certification called Deterioration Factor Testing (DF).*

*DFs are applied to account for any increase in emissions over the useful life of an engine. The certification engine must comply with emission standards after the DFs are applied.*

### 1. A HÁTTÉR

A napjainkra minden eddiginél összetettebbé és bonyolultabbá váló motorfejlesztést két fő szempontrendszer vezérli, nevezetesen a vevői elvárások és a törvényi szabályozások. Bármelyik szempontrendszert nézzük is, mindegyik bőven ellátja a motorfejlesztőket feladatokkal. Ha mégis különbséget akarunk tenni közöttük, az a kompromisszumok lehetőségében rejlik. Míg a vevői elvárások tekintetében köthetők kompromisszumok, addig a törvényi előírások esetében ez nem lehetséges.

A törvényi előírások jelentős része a motorok károsanyag kibocsátását igyekszik csökkenteni. Ez azonban korántsem egyenlő egy egyszerű mennyiségi csökkentéssel. A törvényalkotók mindent megtesznek azért, hogy olyan vizsgálati módszereket dolgozzanak ki és vezessenek be kötelezően, amik nemcsak az egyes jármű és motorkategóriák valós üzemi viszonyait, de a technikai megoldások szerteágazóságát és dinamikus fejlődését is figyelembe veszik. Ez a törekvés egyes esetekben látványos változásokat hoz akár a nem is oly régi klasszikus eljárásokkal összehasonlítva.

A törvényileg meghatározott emissziómérési eljárások rendkívül szerteágazóak, rövid áttekintése a téma komplexitása miatt nem egyszerű feladat. Az első

szempont – ami alapján el tudjuk dönteni, hogy az eljárások tömkelegéből melyik irányba kell elindulni – hogy a minősítendő jármű jogilag milyen kategóriába tartozik. Míg a személygépjármű és light duty járművek minősítése járműfékpadon történik, addig a medium- és heavy duty gépjárműkategóriánál nem maga a jármű, hanem azok motorjai kerülnek minősítésre a motorfékpadon.

Bár a jelenlegi direktívákból kiolvasható, hogy a különböző területileg illetékes hatóságok próbálják az emissziós ciklusokat világszinten egymással harmonizálni – így némileg átláthatóbbá tenni – ennek ellenére a különböző gépjármű-kategóriáktól, felhasználástól és teljesítményszintektől függő előírások miatt még mindig meglehetősen komplikáltak maradtak.

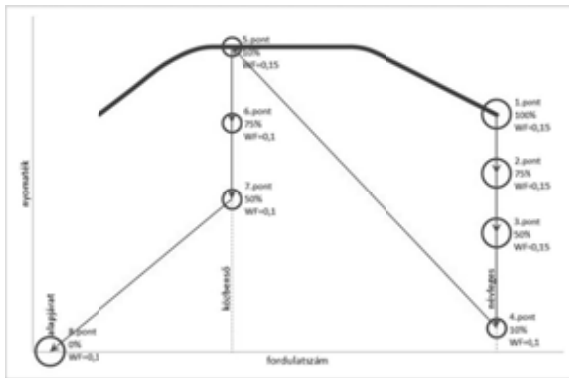
A már fent említett járműfékpados mérések megfelelő mérőkörnyezet segítségével motorfékpadon is igen jól modellezhetőek. A járműfékpadon minősítendő járművek motorjainak mechanikai-, funkció-, és égésfejlesztés mellett az emissziós fejlesztése is nagyrészt motorfékpadon történik, a komplett jármű a járműfékpadra inkább csak a fejlesztési folyamat végén, illetve a hivatalos emissziós mérések alkalmával kerül. Mivel az ebbe a kategóriába tartozó gépjárművek – az előadás címét is adó – hosszútávú emisszióvédelemre a törvényalkotó más módszereket ír elő (OBD), ezért ezt a témakört a továbbiakban nem taglalnám.

Ellenben a hosszútávú emisszióvédelem illusztrálására kiváló lehetőséget biztosítanak a – méltatlanul kevés figyelmet élvező – mezőgazdasági és erdészeti munkagépekbe, illetve nem közúti járművekbe épített Diesel-motorok, melyeket röviden és kissé leegyszerűsítve szoktunk munkagépekként összefoglalni. Az ENSZ-EGB 96. számú Előírás e motorok károsanyag kibocsátását szabályozza.

Motorfejlesztéssel, üzemeltetéssel hosszabb ideje tevékenykedő szakemberek emlékeiben még élénken élnek a stacionárius üzemi pontokból álló vizsgálati

\* AVL AUTÓKUT Mérnöki Kft.

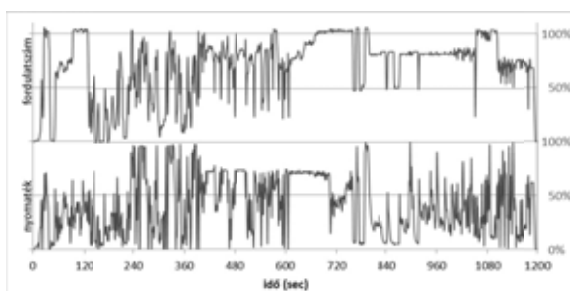
ciklusok, melyek 8 pontos változata tekinthető a munkagépekre vonatkozó emissziós előírások alapján. E minősítési eljárás keretében a motor emissziós jellemzőit 8, a névleges fordulatszám és a nyomatéki görbe alapján meghatározott stacionárius üzemi pontban – kiegészítve egy alapjárattal – vizsgálják. A valós üzemi körülményekhez az egyes üzemi pontok különböző mértékű súlyozásával (WF) közelítettek (1. ábra):



1. ábra NRSC – Nem közúti stacionárius vizsgálati eljárás

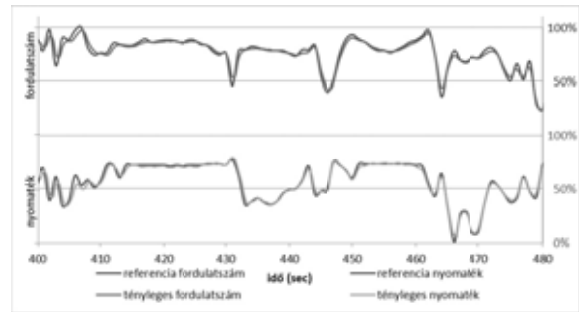
## 2. EGYRE KÖZELEBB A VALÓSÁGHOZ

Napjainkra a korábbiakban említett kibővített hatásvizsgálatok eredményeként a fenti eljárás már szellemiségében és tartalmában is jelentősen kibővült. Alapként változatlan formában megmaradt a jól bevált 8-pontos teszt – NRSC (Non-Road Steady Cycle) – elnevezéssel, de ezen felül további komplett vizsgálatok ellenőrzik a motor emissziós jellemzőit dinamikus üzemben is. Az NRTC (Non - Road Transient Cycle) a munkagépek valós üzemviszonyaira jellemző ciklus. Annak érdekében, hogy az előírás a hatálya alá eső legkülönbözőbb motorokra is alkalmazható legyen, a referencia görbéket az üzemi fordulatszám tartomány és a maximális nyomaték alapján, meghatározott számítási algoritmussal százalékosan határozza meg. (2. ábra).



2. ábra NRTC – Nem közúti tranziens ciklus

Az NRTC ciklusban a motornak fékpadon a referencia fordulatszám- és nyomatékgörbét kell megadott tűréshatárokon belül lefutnia. (3. ábra)



3. ábra NRTC ciklus lefutás motorfékpad vizsgálatnál

Annak érdekében, hogy a vizsgálati eljárás a valós üzemi körülményeket minél jobban figyelembe vegye, a ciklust egymás után kétszer kell lefuttatni:

- NRTC hideg motorral, mely esetben a hűtőfolyadék, kenőolaj és kipufogógáz utókezelő rendszer hőmérsékletének 20 °C - 30 °C között kell lennie
- NRTC üzemmeleg motorral

A két ciklus összesített eredménye 10% hideg fázisból + 90% meleg fázisból adódik össze. Az NRSC és a hideg, illetve meleg fázisú NRTC vizsgálat megadja az adott motor emissziós minősítési értékeit.

## 3. A HOSSZÚTÁVÚ BIZTOSÍTÉK

Az egyre alacsonyabb limitek a munkagépek esetében is egyre újabb technikai megoldások bevezetését teszik szükségessé. Anélkül, hogy a rendelkezésre álló lehetőségeket akár csak nagyvonalakban is részleteznénk, mindenképp érdemes legalább azt a tényt rögzíteni, hogy ebben a szegmensben is általánossá váltak az olyan eszközök, mint például az elektronikus befecskendezés, a kipufogógáz utókezelés és/vagy kipufogógáz visszavezetés. Ezek a technikai eszközök kétségkívül igen hatásosak a károsanyag emisszió csökkentésben, ugyanakkor megjelennek a működésükből adódó olyan sajátosságok, mint például érzékenységük a hidegindításra vagy hatásfokuk változása az üzemidő előrehaladtával.

Mivel a törvényalkotók határozott törekvése a károsanyag kibocsátás tartós csökkentése, sok más jármű- és motorkategóriához hasonlóan a munkagép Diesel-motorok esetén is elvárás az alacsony kipufogógáz emisszió fenntartása hosszútávon is. Ezt a célt szolgálja az úgynevezett DF-Run (Deterioration Factor), vagy romlási faktor vizsgálat.

A romlási faktor vizsgálat lényege, hogy nem elég az emissziós határértékeket minősítéskor teljesíteni, hanem ezeket a szinteket az adott motorkategóriára jellemző

üzemidő, az úgynevezett kibocsátás tartóssági időtartam elteltével sem lehet átlépni. A jellemző üzemidőket a motor teljesítménye alapján határozzák meg, mely munkagépek esetén 37 kW-ig 5000 óra, míg felette 8000 óra. A romlási faktor vizsgálat alatt a motornak olyan üzemben kell működnie, melyet a gyártó a valós alkalmazási körülményekre tekintettel határoz meg.

A tényleges üzemvitel két módon reprezentálható, mégpedig járműbe építve valós körülmények között, vagy motorfékpadon. A motorfékpad vizsgálat egyik legjobb alapja lehet a gyakorlati motorüzemben történő fordulatszám és terhelés adatrögzítése, amit az elektronikus motorvezérlés könnyen lehetővé is tesz.

A romlási faktor vizsgálat a gyakorlatban egy nagyon időigényes tartamteszt. Különösen igaz ez a 8000 óra esetén, melynek lefuttatása a fékpadon még folyamatos üzem esetén is több mint egy év. Ez alatt az idő alatt a motor gyártói előírás szerinti karbantartásai és szervizeit el lehet végezni, de az esetleges meghibásodások javítása és az esetleges alkatrész cserék már szigorú feltételek közé vannak szorítva.

Annak érdekében, hogy a romlási faktort reális időn belül meg lehessen határozni, a törvényalkotók lehetővé teszik a gyorsított eljárást. Ennek értelmében a kibocsátás tartóssági időtartam 25%-nak teljesítése után lehetőség van a teszt megszakítására és az emissziós ellenőrző mérések végrehajtására. Az ekkor kapott emissziós értékek változásait (romlását) kell a teljes kibocsátás tartóssági időtartamra extrapolálni.

A teljes üzemidőre vetített emisszió meghatározása mindkét kibocsátás tartóssági időtartam esetén azonos elv szerint, több lépcsőben történik. 8000 órás teszt esetén ezeket a lépéseket az alábbi mérföldkövekkel lehet a leggyorsabban végrehajtani:

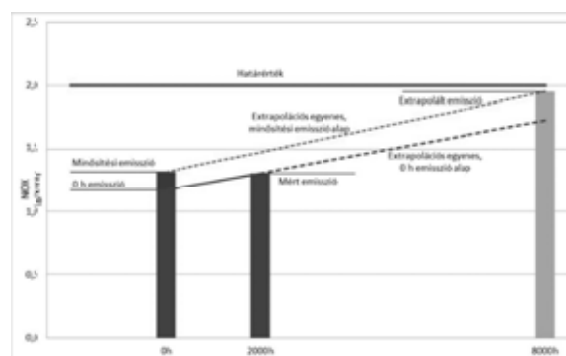
1. A mindenkori kiindulási alap a motortípus minősítési emissziója.
2. A romlási faktor vizsgálatot futó motor emissziós vizsgálatát el kell végezni a teszt 0. órájában.
3. 2000 óra futamidő elérése után ismét meg kell mérni az emissziót.
4. A 0 órás és 2000 órás emissziók alapján extrapolálni kell 8000 órára.
5. Meghatározott matematikai formula alapján – mely képlet attól függ, hogy a motor el van látva kipufogógáz utókezelő berendezéssel – a minősítési emisszióra vetítve meg kell határozni a motor emisszióját.

5000 órás teszt esetében az egyes lépések időintervallumai arányosan rövidebbek.

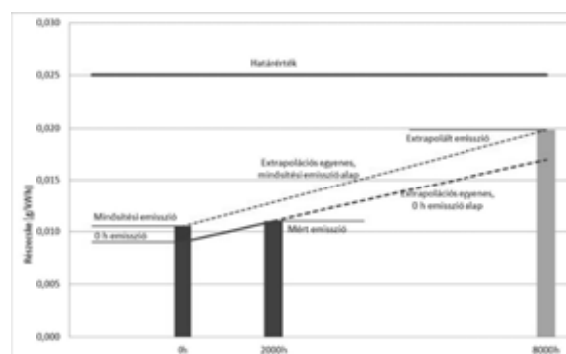
Az eljárást el kell végezni NRSC, valamint hideg és meleg NRTC ciklussal is. A kiszámított emissziós értékeknek mind a négy komponensre (CO, HC, NO<sub>x</sub>, részecske) vonatkozóan a minősítési határérték alatt kell maradnia, mely határértékek a  $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$  teljesítmény tartományban már nagyon szigorúak:

Teljesítmény [kW]	CO: [g/kWh]	HC: [g/kWh]	NO <sub>x</sub> : [g/kWh]	Részecske: [g/kWh]
$130 \leq P \leq 560$	3,5	0,19	2,0	0,025

A romlási faktor vizsgálat lépéseit és a számítás menetét NO<sub>x</sub>- és részecske emisszióra szemlélteti a 4. és 5. ábra.



4. ábra NO<sub>x</sub>-emisszió számítás rövidített romlási faktor vizsgálat esetén



5. ábra Részecske számítás rövidített romlási faktor vizsgálat esetén

A fenti példákon keresztül is jól látható, hogy az emissziós előírások folyamatosan változnak, fejlődnek és szigorodnak annak érdekében, hogy környezetünket a folyamatosan növekvő motorizáció ellenére is minél jobban óvjuk. E területen valószínűleg soha nem fogunk végleges eredményeket elérni, mely egyben hosszú távú kihívásokat és feladatokat jelent környezetvédőknek, törvényalkotóknak, és nem utolsósorban motorfejlesztőknek.