

A turbóhibrid és a Range Extender koncepciók

1. rész

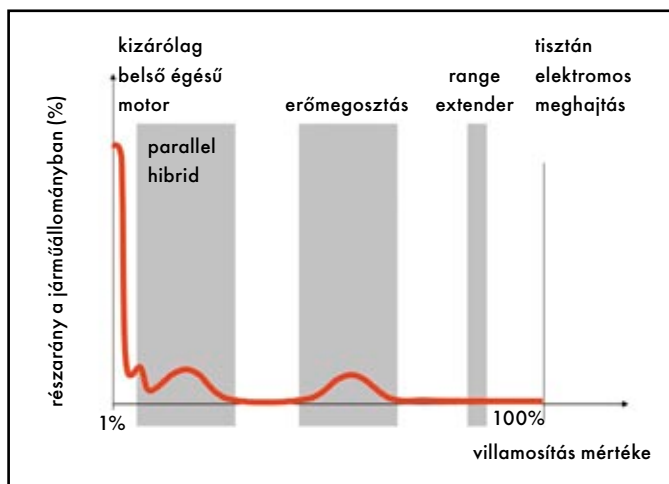
Az utóbbi évek egyik leginkább megfigyelhető autóiipari trendje, hogy a járművek hajtása egyre szorosabb kapcsolatba kerül az elektronika világával. Az AVL, a világ egyik legismertebb, grazi központú gépjárműkutató-fejlesztő intézete, 2025-ig szóló előrejelzése ennek a folyamatnak a további felgyorsulását vetíti előre. Ennek megfelelően láttak munkához a graziak.

Elektronika a járművekben

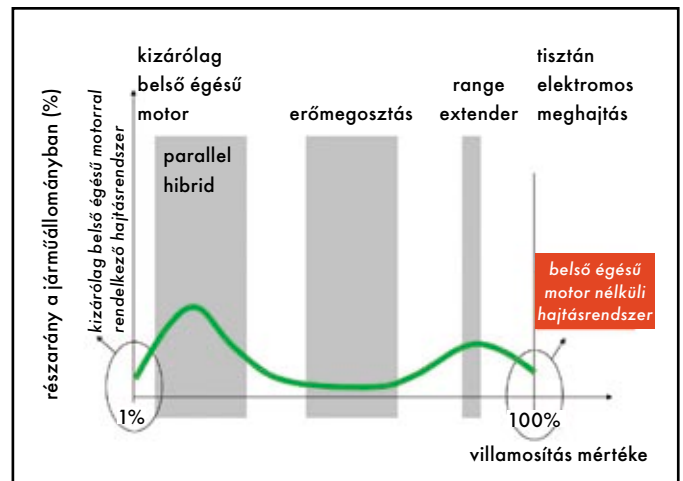
A járműveket, és azon belül is a meghajtásért felelős részeségeket az utóbbi években egyre inkább átszövi az elektronika. Minden mai motornál megtalálható az indítómotor és a generátor vagy egybe integrált egységük. Azonban már a közeljövőben nőni fog az olyan hajtóegységek részaránya, amelyekben az elektronika az erőátvitelbe bevezetett vagy onnan elvezetett nyomoték formájában is megjelenik.

Az 1. ábra a közeljövőben forgalomba kerülő új járművek részarányát mutatja az elektronizációjuk függvényében. Az abszcissza bal oldala a tisztán belső égésű motorral történő járműhajtást reprezentálja, a jobb oldal pedig a tisztán elektromos meghajtást jelenti. Az ábra bal oldala olyan járműveket szemléltet, amelyek teljesen mentesek a hibridizációtól. Jobbra haladva az első kis tüske a mikrohibrideket szimbolizálja. A második csúcs az egyre növekvő piaci részesedéssel bíró párhuzamos hibrideket reprezentálja. Az erőmegosztó (power split) járművek is egyre nagyobb számban vannak jelen a piacon.

A járművek villamosítása a jövőben egyre intenzívebb lesz, így az egyes járműhajtások részaránya az AVL szerint a 2. ábrán láthatóak szerint alakul. Mivel a moduláris koncepciók lehetővé teszik a járműhajtások fokozatos villamosítását, és már a jelenlegi kezdeti lépések is komoly tüzelőanyagfogyasztás-csökkenést ered-



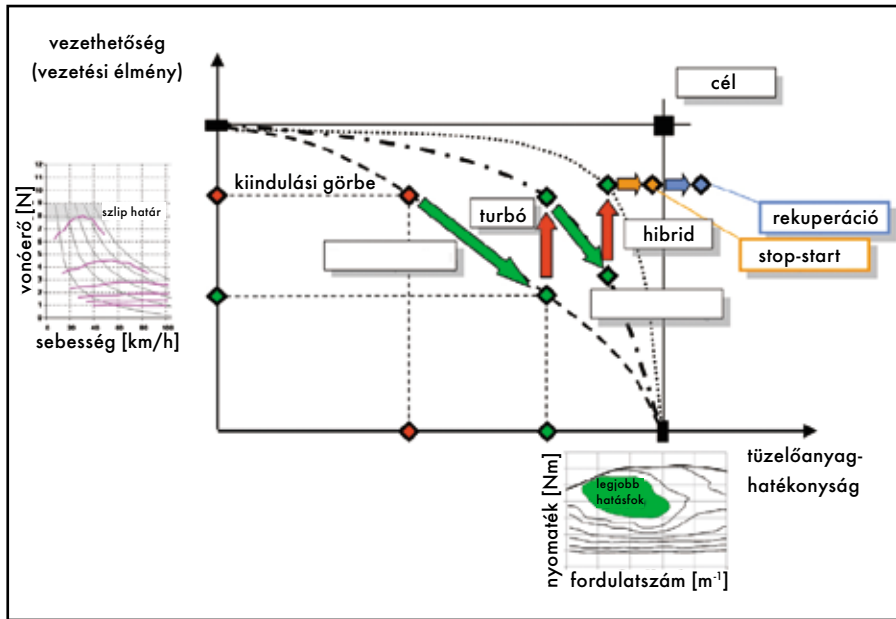
1. ábra: a villamosítás mértéke – rövid távú prognózis



2. ábra: az elektrifikáció mértéke – 2025-ös prognózis



3. ábra: rendszeroptimalizálás



4. ábra: a vezethetőség és a tüzelőanyag-fogyasztás kapcsolata

ményeztek, ezért minden más alternatív járműhajtási rendszernél nagyobb részarány valószínűsíthető ezeknek.

Jóllehet, a tisztán elektromos meghajtású járművek száma számottevően nőni fog, piaci részarányukat felülmúlja majd a hatóság-növelővel ellátott akkumulátoros járműveké, ugyanis az akkumulátorok forradalmasítása nélkül azok a jövőben is igen költségesek és nagy helyigényűek lesznek, így a korlátozott hatótávolsággal a jövőben is számolni kell, amit azonban nem fogad el mindenki. A hatóság-növelő modulokat jelen ismereteink szerint tüzelőcellával vagy hagyományos belső égésű motorral lehet megvalósítani.

Ahhoz, hogy hidrogént tudjunk tankolni, még a lajtán túl is gyakorlatilag teljesen hiányzik a szükséges infrastruktúra, valamint a tüzelőcella előállítási költsége is többszöröse egy belső égésű motorénak, így ezen a területen nem várható érdemi áttörés az említett időintervallumban. Ezzel máris eljutottunk a jövő járműhajtásához: ez nem egyéb, mint egy nagymértékben összehangolt mechatronikus rendszer, amely belső égésű motorból, nyomatékváltóból, elektromotor(ok)ból, energiatárolókból (akkumulátor/szuperkondenzátor) és szofisztikált vezérlőrendszerből áll.

A megfelelő piaci pozicionálás kulcsa a rendszeroptimalizálásban rejlik (3. ábra). Az egyes alrendszerek fejlesztési potenciáljának különböző mértékű kiaknázásával számos lehetőség adódik a hajtásrendszer összetételét illetően.

A lehető legjobb költség/haszon arány elérése érdekében új motorkonceptciókat fejlesztenek, ahol a hangsúly a különböző alrendszerek optimalizálásán van, úgymint belső égésű motor, erőátvitel, elektromos motor, akkumulátor és ezek szabályozása. Mindezekre két koncepciót is kidolgoztak az ún. turbóhibridet (Turbohybrid) és a hatóság-növelőt (Range Extender).

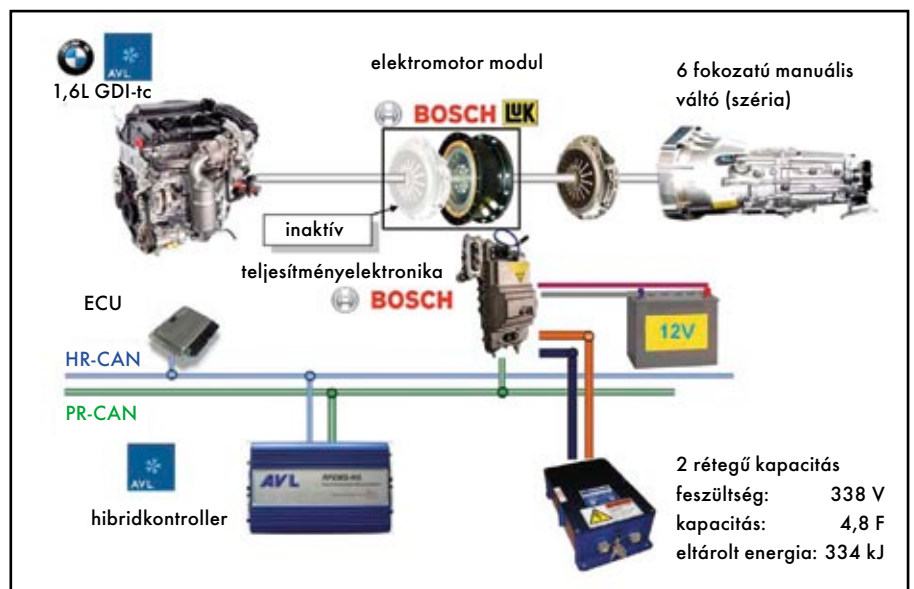
Turbóhibrid

A belső égésű motorra további funkciókat bízunk, ami által egyszerűsödik az elektromos rendszer. A belső égésű motor túltölté-

sével, illetve nagy teljesítményigény esetén elektromotor támogatásával kedvező költség-szinten valósítható meg a fogyasztás-csökkentés. A belső égésű motor túltöltése alatt azt kell érteni, hogy az akkumulátorok töltését a motor szükség esetén állandóan biztosítja, vagyis a menetellenállások leküzdéséhez szükségesnél nagyobb teljesítménnyel üzemel. Ez kisebb kapacitású akkumulátorok alkalmazását teszi lehetővé, így az egész hibrid rendszer ára csökkenhet. Továbbá töltéskor a belső égésű motor a jellegzőjének egy nagyobb terhelési állapothoz tartozó, kedvezőbb fajlagos tüzelőanyag-fogyasztású pontjában üzemel, azaz kedvezőbb lesz a fogyasztás. Mindez úgy ültethető át a gyakorlatba, hogy eközben a vezethetőség nem szenved csorbát.

Az AVL Turbohybrid koncepciója egy kiváló példa a rendszeroptimalizálásra a párhuzamos hibridek területén. Downsizing, downspeeding, hibridizáció és turbófeltöltés olyan optimális kombinációja, amelynek segítségével nemcsak a tüzelőanyag-fogyasztás csökkenthető, de a vezetési élmény is fokozható.

A tüzelőanyag-fogyasztás, vagy más olvasztásban a CO₂-kibocsátás, illetve az ennek mérséklésével összefüggő rendszerköltségek jelentik kétségkívül a legfontosabb tényezőket a jövőbeli hajtásrendszerek fejlesztésénél. A gyakorlat azonban azt mutatja, hogy az olyan koncepciókat nehéz elfogadtatni a vásárlóközönsséggel, amelyek kizárólag a tüzelőanyag-fogyasztás visszaszorítására fókuszálva fejlesztettek. Hasonló áron kínált azonos fogyasztású hajtásrendszerek esetén természetesen an-



5. ábra: turbóhibrid hajtásrendszer-koncepció



6. ábra: turbóhibrid hajtásrendszer – rendszerintegráció

nak lesz nagyobb a piaci súlya, amelyik élvezetesebben vezethető.

Azok az intézkedések, amelyeket a fogyasztás csökkentése érdekében fogantatosítanak, természetesen hatással vannak a vezetési élményre, és viszont. Ez a kapcsolatszer látható a 4. ábrán.

Az x tengelyen jobbra haladva egyre nő az egységnyi tüzelőanyaggal megtehető távolság, vagyis csökken a tüzelőanyag-fogyasztás. Ezek az értékek nem növelhetők/csökkenthetők a végtelenségig. Egy adott technológiával hamar elérhető a szélsőérték.

Az y tengelyen vezetési élmény van feltüntetve. Az AVL Drive rendszerrel mért vezethetőség megfelel az ATZ fokoknak (Autotechnische Zeitschrift). Értéke 1 (vezethetetlen) és 10 (kiváló) között alakulhat. Ebben az esetben is beszélhetünk szélsőértékekről, pl. amikor a teljes aszfalt-ra vihető vonóerőt kihasználjuk, a sebességváltások észrevehetetlenül simák és a jármű azonnal leköveti a vezető utasításait stb.

Természetesen minden fejlesztőmunka célja olyan hajtásrendszer megalkotása, amely egyszerre biztosítja a kedvező tü-

zelőanyag-fogyasztást és a kiváló vezetési élményt. Valójában azonban komoly kompromisszumra kényszerülnek a mérnökök. Az ábra segítségével szemléletesen nyomon követhetjük a hajtásrendszerben véghezvitt különböző változtatások hatását a tüzelőanyag-fogyasztásra és a vezetési élményre. Például az üzemi pont eltolása a nagyobb terhelési állapotok és alacsonyabb fordulatszámok irányába egy hosszabb végáttétellel (downspeeding) általában kedvező hatással van a fogyasztásra. A gyorsításra fordítható erőtartalék csökkenése miatt azonban a vezetési élmény csorbul.

A vezetési élmény csökkenése turbófeltöltő alkalmazásával kompenzálható.

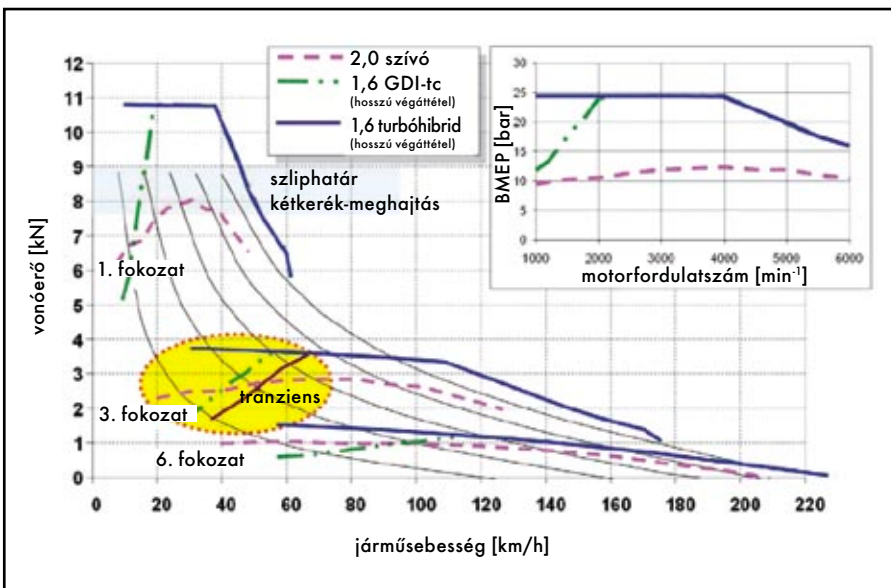
A tüzelőanyag-fogyasztás csökkentésének egy másik bevált módszere a lökettérfogat csökkentése (downsizing). Az üzemi pont ebben az esetben is a nagyobb terhelési állapotok felé tolódik el, változatlan végáttétel mellett. Ekkor is csökkenni fog a gyorsításra fordítható erőtartalék, amit például gyenge (mild) hibridizációval lehet ellensúlyozni. Ez egyúttal lehetővé teszi a mozgási energia egy részének rekuperációját, illetve a start/stop rendszer megvalósítását a járműben.

Az AVL Turbohybrid koncepció felvonultatja eszköztárában mind a downsizingot és a downspeedinget, illetve a turbófeltöltést és a hibridizációt is. Ezt a koncepciót aztán 2008-ban egy demo autóra építve is bemutatták annak érdekében, hogy az említett előnyöket a gyakorlatban is igazolják. Flexibilis platformként tervezték meg az említett hajtásrendszert, amely így számos konfigurációban kerülhet kiépítésre, különös tekintettel a különböző teljesítmény- és nyomatékkarakteristikákra, illetve különböző erőátviteli rendszerek vizsgálatát is lehetővé teszi a fejlesztés egy következő stádiumában.

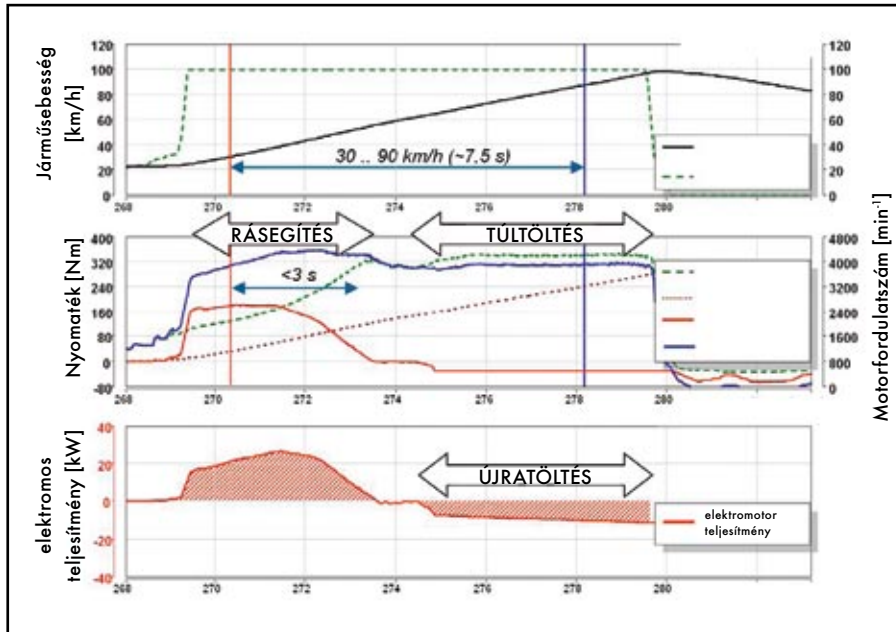
Első lépésként egy 2,0 literes Valvetronic motort helyettesítettek egy 1,6 literes sorozatgyártású belső égésű motorral, amelyet az AVL tovább optimalizált. A hibrid modul jelen kiépítésében 23 kW csúcsteljesítményt szolgáltat, tartósan pedig 14 kW-t, jóllehet a Bosch által szállított egység 38 kW-t is tud.

Az elektromotorral egy egységbe integrált, a LuK által szállított tengelykapcsolót, amely a belső égésű motor és az elektromotor szétkapcsolását hivatott szolgálni, a rendszer ezen kiépítésében nem használják.

Energiatárolóként a Li-ion akkumulátorok és szuperkondenzátor jöhetnek szóba, amelyek közül az utóbbival van ellátva a rend-



7. ábra: turbóhibrid demojármű vonóerődiagramja



8. ábra: turbóhibrid mérési eredmény – 30–90 km/óra teljes terhelési gyorsítás 3. fokozatban

szer. A végáttételt meghosszabbították egy szimuláció során meghatározott optimális értékig.

Ezt a gyenge hibrid hajtóegységet egy 2006-os modelléből származó BMW 320i-be építették be. Ezen kívül azonban semmiféle további mechanikai változtatást nem alkalmaztak a járművön.

A viszonylag kis lökettérfogatú, erősen feltöltött turbómotor jóval nagyobb hasznos effektív középnyomásmezővel rendelke-

zik a jellegmezőjében, mint a szívómotor. A hosszabb végáttétel miatt azonban a vonóerő kis fordulatszámok esetén akár a változatlan végáttétellel rendelkező szívómotoros jármű által biztosított érték alá is csökkenhet, amint az a 7. ábrán bejelölt tartományban látszik.

Az elektromotor támogatásával kis motorfordulatszám mellett is lehetséges lényegesen nagyobb vonóerőt kifejteni, mint egy szívómotorral. Az energiame-

nedzsment rendszer lényege, hogy ez az időleges támogatás mindig rendelkezésre álljon, hiszen a gyorsításhoz szükséges támogatás hiánya meglehetősen negatívan befolyásolja a vezető járműről kialakult képét.

Az AVL egy olyan újratöltési koncepciót dolgozott ki, amellyel nem túl intenzív gyorsítás esetén a turbómotor ideiglenesen rendelkezésre álló túltöltési kapacitását is ki lehet használni az energiatárolók újratöltésére.

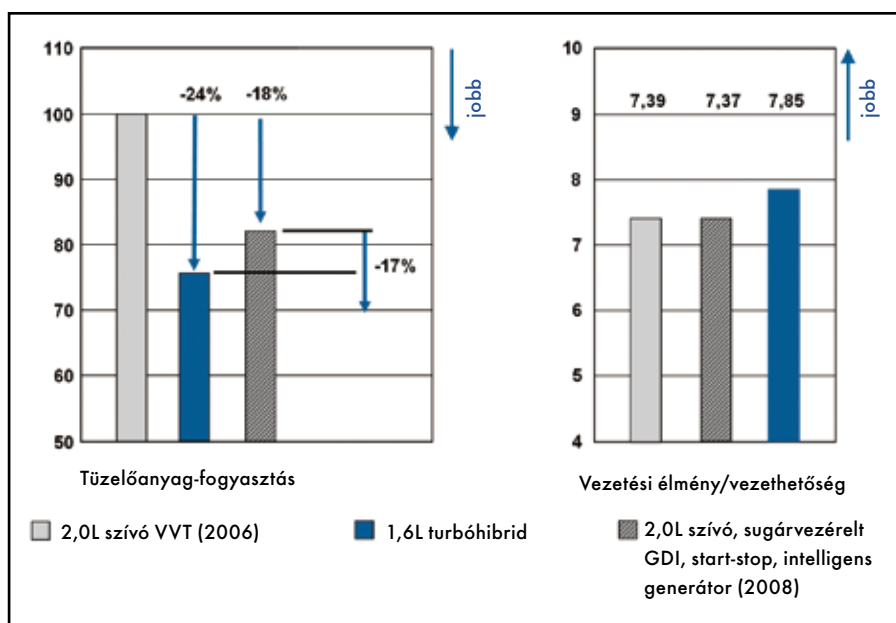
A megfelelő mérési eredmények a 8. ábrán láthatóak. Gyorsításkor eleinte az elektromotor támogatja a belső égésű erőforrást, így együtt alacsonyabb fordulatszámon is lényegesen jobban gyorsítják a járművet, és hamarabb eléri a belső égésű motor a maximális nyomatékhoz tartozó fordulatszám-tartományt. Az ezt követő túltöltés (overboost) szakaszban a motor nyomatéka átmenetileg meghaladja az állandósult állapot fenntartásához szükséges nyomatékot. A többletet az elektromotor használja fel (generátor üzemmódban) a fedélzeti energiatárolók újratöltésére. Mivel ekkorra a motor fordulatszáma már nagyobb, mint a gyorsítás kezdetén, ezért kisebb nyomatéktöbblet is elégséges az azonos mennyiségű elektromos energia előállításához. Ezen stratégia alkalmazása esetén a belső égésű motor gyakrabban üzemel nagyobb terhelési állapotokban, ahol a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás kedvezőbb, továbbá számottevően kisebb és olcsóbb energiatárolókkal meg lehet oldani a hibridizációt.

A demo járművel elért eredmények egyértelművé teszik az új rendszer előnyeit a kiindulási alapul szolgáló járművel összevetve. 24%-os fogyasztáscsökkenést sikerült elérni, miközben a vezetési élmény is javult (9. ábra). A 2008-as modellévben bevezetett „Hatékony Dinamika” (Efficient Dynamics) beavatkozáson átesett (rétegezett keverékképzés, start/stop rendszer, intelligens generátor) járműveket alapul véve a turbóhibridizációval 17%-kal tovább csökkenthető azok tüzelőanyag-fogyasztása is, miközben a vezethetőség ezáltal is tovább javulhat. Nem véletlen tehát, hogy minden olyan potenciális ügyféltől pozitív visszajelzés érkezett, akiknek bemutatták a kísérleti járművet.

(Folytatjuk!)

Dr. Robert Fischer (AVL List GmbH, Graz): The Electrification of the Powertrain – from Turbohybrid to Range Extender, Internationales Wiener Motorensymposium 2009 előadása alapján összeállította:

HEGEDÜS TAMÁS



9. ábra: tüzelőanyag-fogyasztás (NEDC) és vezethetőség