



Új, WLTP alapú, a fék-  
kopásból származó  
részecske-kibocsátás  
meghatározására szolgáló  
vizsgálati eljárást  
fejlesztettek ki a sze-  
mélygépjárművek szá-  
mára. Cikkünk össze-  
foglalja a fékkopásból  
származó vizsgálati  
eljárással kapcsolatos  
legfontosabb új kutatá-  
si eredményeket.

# FÉKPOREMISSZIÓ

Az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságában, a Gépjárművek Légszennyezésével és Energiafelhasználásával foglalkozó munkacsoporton (UNECE – GRPE) belül működik a Részecske Mérési Program (PMP, Particulate Measurement Program) informális alcsoport. A PMP alcsoportnak ma két fő kutatási területe, iránya van, egyrészt a 23 m<sup>2</sup> méret alatti, a motorból származó részecskék vizsgálata, másrészt a fék-  
kopásból származó káros anyag (fékpor, fékrészecske) vizsgálatára vonatkozó egységes vizsgálati eljárás kidolgozása.

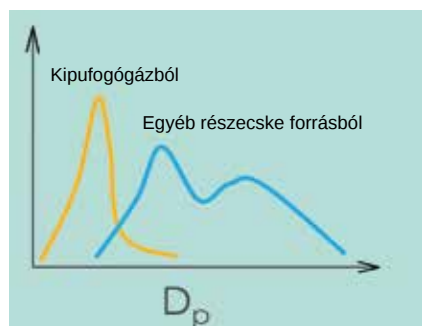
## BEVEZETÉS

A témával világszinten nem kisebb cégek, intézetek foglalkoznak, mint az Európai Unió Közös Kutatói Központja (EU JRC, European Union Joint Re-

search Center), az Európai Bizottság, a FORD, GM, Horiba, az Audi AG, AVL, Japan Automobile Standards Internationalization Center, California Air Research Board, valamint a Michigani Egyetem. A kutatás indoka nem más, mint a járművek üzemének, mindenfajta károsanyag-kibocsátásának emberre, élő környezetre gyakorolt hatása. Továbbá e hatások (kibocsátások) egységes

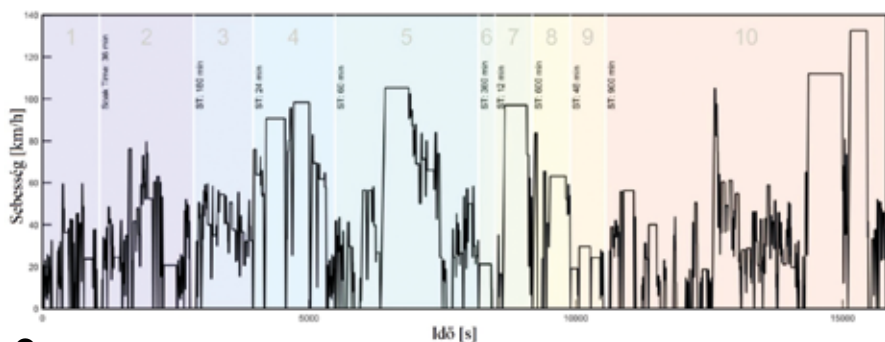


❶



2

vizsgálati keretek közé szorítása, valamilyen határértékkel történő ellátása. Ennek előzménye, hogy immissziós vizsgálati eredmények kimutatták, hogy a levegőben lebegő (abszorbeált) részecskék nem kizárólag a motorban elégetett tüzelőanyagból származnak, hanem egyéb forrásokból, például a fékretét-féktárcsa kopásból, a gumiabroncskopásból, az útfelület kopásából. A légszennyezés és ezen belül is a részecskeszennyezés meglehetősen összetett dolog, ezért azt is fontos látni, hogy részecske-kibocsátás nemcsak a közúti közlekedésből származik, hanem a közlekedés egyéb ágazataiból, továbbá az iparból, a háztartásokból is, vagyis mindenhol, ahol tüzelőanyag vagy egyéb anyag elégetése történik ❶, de mi most csak a közúti közlekedés egyik járműszegmensével, a személygépjárművekkel foglalkozunk. A személygépjárművek esetében a motorból származó és a nem a motorból származó részecske darabszám-méret eloszlására végeztek már vizsgálatokat. Ennek eredményét jellegében a ❷ ábra mutatja, amelyről leegyszerűsítve azt lehet leolvasni, hogy a nem motor eredetű részecskék valamivel nagyobb méretűek és kisebb számúak. A részecske kifejezés – legyen az motorból vagy nem motorból származó részecske – egy gyűjtőfogalom. Azoknak az anyagoknak az összességét jelenti, amely a tömegmérésnél a szűrőpapíron fennakad, vagy számolásnál az alkalmazott eljárással megszámlálható. Anyagféleségét, fázisát tekintve meglehetősen sokoldalú, ennek részleteit főleg a motorból származó részecskére vizsgálták részletesen.



3

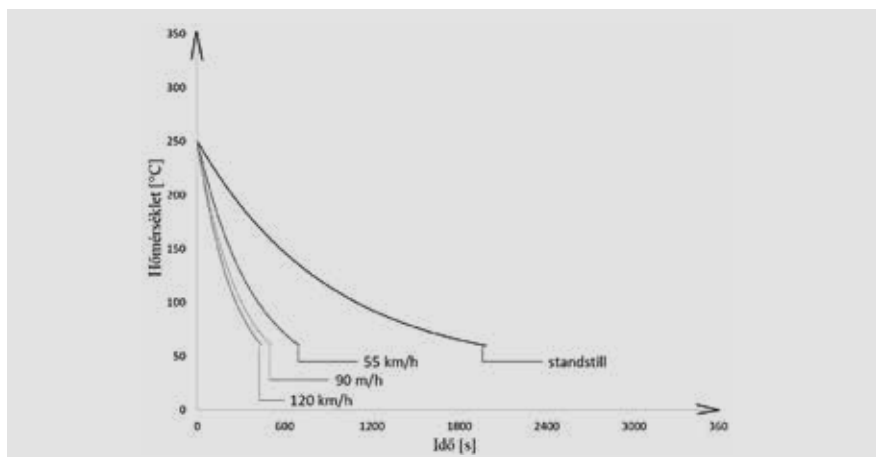
### ÚJ VIZSGÁLATI CIKLUS

Az új vizsgálati ciklust WLTP Brake Cycle-nek hívják, vagyis WLTP fék ciklusnak lehet nevezni ❸. A ciklus definiálásához a már alkalmazott WLTP (Worldwide Light Duty Test Procedure) eljárást vették alapul, amelyet a 3,5 t megengedett össztömeg alatti személygépjárművek emissziós vizsgálatára használnak a típusvizsgálatok során. Ez az eljárás jellegében jobban követi egy jármű valós üzemi sebesség-idő profilját, mint az ezt megelőző NEDC-ciklus. A ciklus járműsebességet mutat az idő függvényében. E ciklus járatásával kívánják a fék kopásból származó részecske-kibocsátást vizsgálni. A ciklus legfontosabb paraméterei a következők: 10 különböző menet ❹, amelyek egyenként kevert városi, elővárosi és autópálya-meneteket képeznek le (303 megállás, 4,5 óra, 192 km). Az átlagos sebesség 43,7 km/h és a maximális sebesség 132,5 km/h. A ciklus 6%-ában van a sebesség 110 km/h felett.

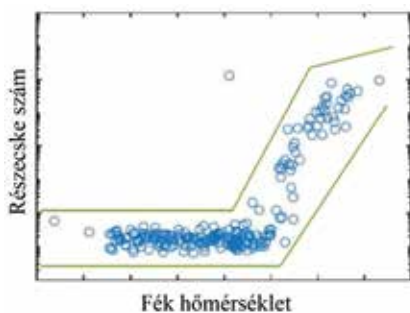
A fékezés kori lassulásértékek 0,5 és 2,2 m/s<sup>2</sup> között vannak (az átlagos 1,0 m/s<sup>2</sup>). Visszahűlési idők (bizonyos időtartamok, amelyek szükségesek, hogy a menet után a fék hőmérséklete visszahűljön 20 °C-ra) változók, és jelentősen függenek az egyes menet tulajdonságaitól. A fék szerkezet hőmérsékletének változása függ a menet sebességtől, a visszahűlés folyamat a jármű álló állapotában a leghosszabb ❺.

MENET SORSZÁMA	KEZDET [S]	VÉGPONT [S]	VISSZAHŰTÉSI IDŐ [MIN]
1	0	1070	36
2	1071	2835	180
3	2836	3947	24
4	3948	5484	60
5	5485	8175	360
6	8176	8483	12
7	8484	9188	600
8	9189	9899	48
9	9900	10554	900
10	10555	15826	

4



5



6

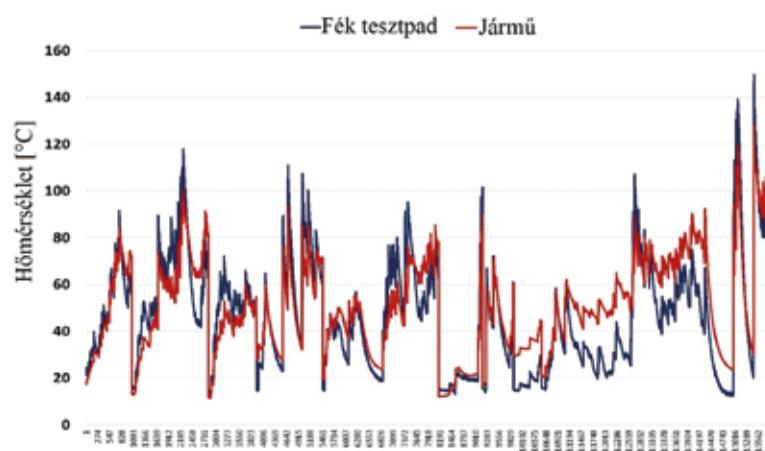
A vizsgálatokhoz a fékszerkezetet ún. féktesztpadra (brake dyno) szerelik 8. Tehát nem a gépjárműbe építetten vizsgálják a féket, hanem a fékszerkezetet a féktesztpadon úgy működtetik, mintha az autóban tesztciklusban futna. A legnagyobb nehézséget a valós üzemi viszonyok közötti külső körülményeknek laboratóriumi körülmények közötti megvalósítása jelenti. A külső körülmények alatt kutatások a fékhőmérsékletet értik. A hőmérséklet azért lényeges, mert a szerkezet hőmérsékletének

függvényében változik a kibocsátott részecskeszám 6. A fékszerkezet hőmérsékletét különböző helyeken mérik, mert az másként változik a járműciklus során az első vagy a hátsó tengelyen, a jobb vagy bal oldalon, a tárcsán vagy dobban, a fékbetéteken. A WLTP fékciklus lefutásával (görgős járművizsgáló padon vagy próbapályán) felveszik a fékszerkezet különböző elemeinek hőmérsékletét. A féktesztpadon pedig a hűtőlevegő, terhelésbeállításokat addig változtatják, amíg a hőmérsékletek az eredeti ciklusnak meg nem felelnek valamilyen határon belül 7.

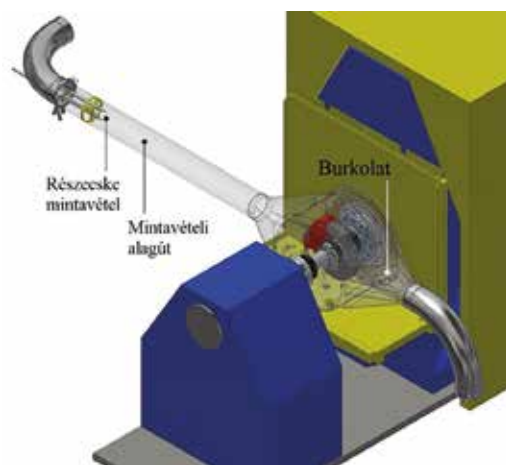
### RÉSZECSKETÖMEG ÉS RÉSZECSKESZÁM

A féktesztpadon a fékszerkezetet zárt burkolat veszi körbe. Ennek a burkolatnak egyik része az, ahol a kondicionált hűtőlevegőt bevezetik, és a másik része, ahol a fékport is magában tartalmazó

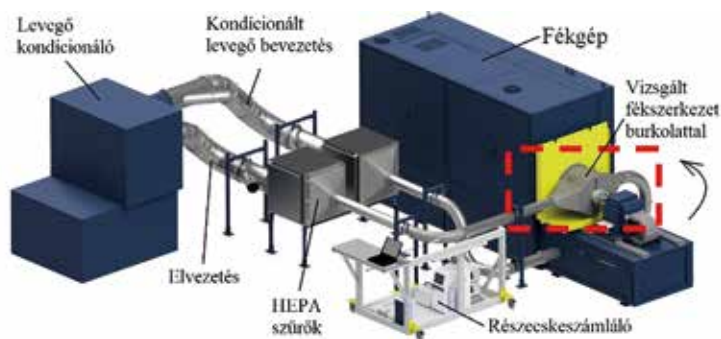
áramlást a mintavételi ponthoz vezetik 8. A kondicionált hűtőlevegő a részecskeméréshez szükséges hígító levegő is egyben. Miközben a ciklus fut a tesztpadon a mintavétel folyamatos. A 9 ábra mutatja a teljes vizsgálati eszközrendszert. A kondicionáló berendezés a beszívott levegőt 20 °C-ra és 50% relatív páratartalomra állítja be. A kondicionált közeg egy speciális HEPA (High Efficiency Particulate Air) szűrő után kerül a fékszerkezetet körülvevő térbe, ahol a fékkopadék, fékpor (fékrészecske) kerül a levegőbe. Ez a mintavételi alagúton jut el a mintavételi ponthoz, ahol a tömegméréshez, a megszámláláshoz mintát vesznek. A légáram nagy része, amelyet nem használnak fel mintának, szintén egy további HEPA szűrőn keresztül kerül az elvezető csőrézszebe, amelynek végén egy légszállító biztosítja az egész rendszerben az áramlást. A két paraméter, vagyis a részecsketömeg (PM, Particulate Mass) és a ré-



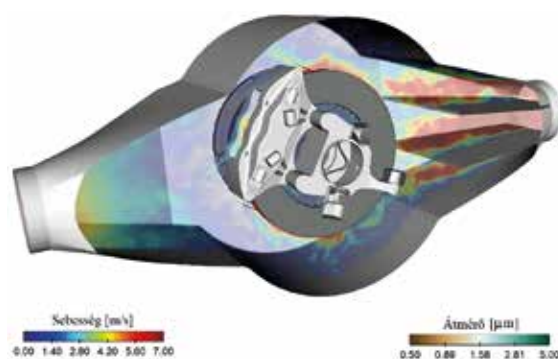
7



8

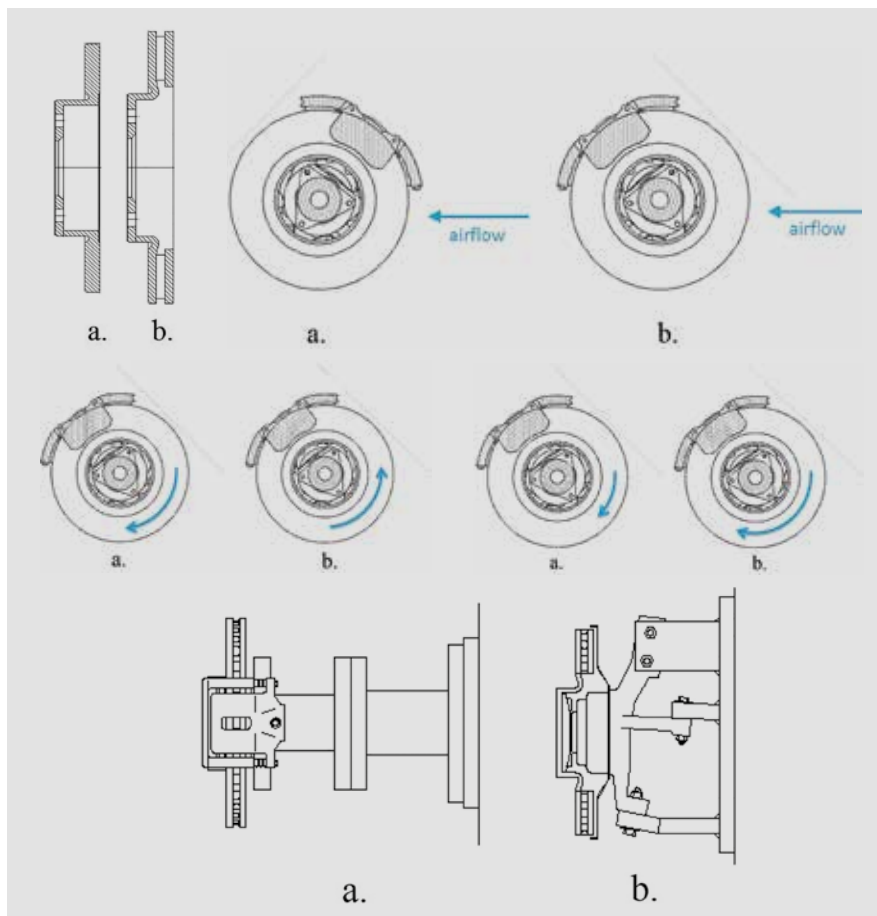


9



10

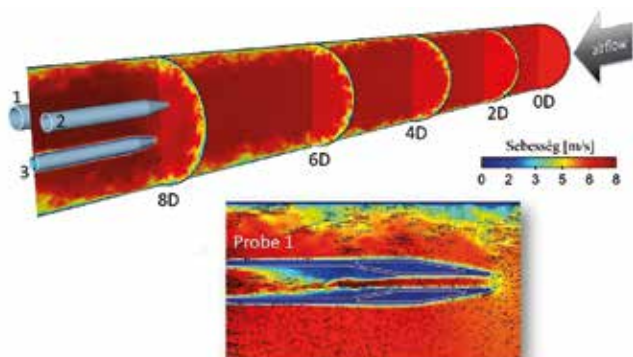




11

szecskeszám (PN, Particulate Number) maradnak a vizsgálatok fókuszában, ahogy az a motorokból származó részecskemérésnél is van. A mértékegységek, amelyeket a kutatások során végzett vizsgálatoknál alkalmaznak tehát, a mg/km, amely a tömegre vonatkozik és #/km, amely a részecskedarabszámra utal (# karakter a darabszám nemzetközi jelölése). Mindkettő egységnyi megtett útra (km) vetített.

A motorból származó részecske-kibocsátáshoz képest a fékvizsgálatoknál a részecsketömeget illetően azonban van különbség. Az eddigi eredmények alapján azt lehet látni, hogy megkülönböztetik a PM10 és a PM2,5 tömegeket. Vagyis megméri a 10 µm méret alatti részecskék tömegét (PM10 [mg/km]) és külön megméri a 2,5 µm méret alattiak tömegét is (PM2,5 [mg/km]).



12

## SZIMULÁCIÓ HASZNÁLATA

A szimuláció alkalmazása bármilyen valós folyamat modellezésére mindig azért történik, hogy időt és költségeket takarítsanak meg. A PMP-n belül a fék tesztptadi szimulációjával a Michigani Egyetem kutatói foglalkoztak. Számítógépes áramlási szimuláció (CFD, Computational Fluid Dynamics) segítségével tudják szimulálni és megjeleníteni a zárt térben elhelyezett fékszerkezet vizsgálatokor lejátszódó áramlási folyamatokat 10. A virtuális vizsgálatokhoz ún. UM szuperszámítógépet használtak, amely 256 magos processzora 48 óráig dolgozik egy-egy ciklus szimulációján. A szimuláció ez esetben azért is jelent jelentős megtakarítást, mert rengeteg fékszerkezet-változatot kell vizsgálni, amely előfordul például személygépjármű esetében. Ilyen változatokat foglal össze a 11 ábra. Például tömör tárcsa (a), nem tömör, hűtött tárcsa (b) vagy a levegő áramlási irányához képest a féknyereg hogy helyezkedik el: előre (a) vagy utána (b) – 11 ábra felső sor. Meg kell különböztetni, hogy a tárcsa forgási iránya az óramutató járással megegyező (a) vagy azzal ellentétes (b), tovább a tárcsa szögsebessége kisebb (a) vagy nagyobb (b) – 11 ábra középső sor. A 11 ábra legalsó részén látható, hogy a modell felépítésekor a kerékfelfüggesztést is meg tudják különböztetni. A program a kopást nem tudja szimulálni. Előre meghatározott paraméterekkel rendelkező részecskéket tartalmazó közeget (aeroszolt), előre meghatározott vonal mentén (pl. tárcsafék-fékbetét kimenő oldal) „beléptetik” a rendszerbe és a részecskék mozgását vizsgálják az adott fékszerkezetmodell környezetben, egészen a mintavételi pontig 12. ■

**DR. SZABADOS GYÖRGY**

**Forrás:**

URL: <https://wiki.unece.org/display/trans/PMP+50th+Session>

URL: <https://wiki.unece.org/display/trans/PMP+48th+session>