

Részecskeszámlálás a közúti és a nem közúti járművek időszakos műszaki vizsgálata során – Helyzetelemzés

Particle counting during the periodical technical inspection of road and non-road vehicles – Situationanalyses

Dr. SZABADOS György¹, egyetemi adjunktus

¹ Széchenyi István Egyetem, Audi Hungaria Járműmérnöki kar,
Belsőégésű motorok és Járműhajtások tanszék,
9026 Győr, Egyetem tér 1.,
szabados.gyorgy.gergo@ga.sze.hu, www.uni.sze.hu

Abstract

Particulate matter coming from diesel-powered vehicles are increasingly polluting the environment. Type-approval requirements for vehicles and their engines are becoming more stringent in terms of emissions, but this can really have a beneficial effect if vehicles are subjected to at least such stringent requirements during their use. In our article, we present the first foreign experiences with particle counting from countries where it has already been applied to road and non-road vehicles.

Keywords: particulate number, Periodical Technical Inspection, road vehicles, non-road vehicles

Kivonat

A dízelmotorral hajtott járművekből származó részecske egyre nagyobb mértékben szennyezi a környezetet. A járművekre és motorjaikra vonatkozó típusvizsgálati előírások egyre szigorodnak a károsanyag-kibocsátás tekintetében, de ennek hasznos hatása akkor lehet igazán, ha járműveket a használatuk során is legalább ilyen szigorú követelményeknek teszik ki. Cikkünkben bemutatjuk az első külföldi tapasztalatokat a részecske, számlálásos vizsgálatával kapcsolatban, olyan országokból, ahol ezt már alkalmazni kezdték a közúti és nem közúti járművek esetén.

Kulcsszavak: részecske szám, időszakos műszaki vizsgálat, közúti járművek, nem közúti járművek

1. BEVEZETÉS

Európában a dízelmotorral hajtott közúti és nem közúti járművek egyre nagyobb számban vannak felszerelve hatékony részecskeszűrővel. A részecskeszűrők felszerelését a részecske szám kibocsátás határértékkel történő korlátozása kényszerítette ki, amelyet a típusvizsgálatok során mérnek. Ha a részecskeszűrő megfelelően működik, a kibocsátás meglehetősen kicsi. Mégis a járművek egy bizonyos része meghibásodott vagy kiserelt részecskeszűrővel üzemel, amely jelentősen megnöveli a teljes flotta összes kibocsátását. Az járművek fedélzeti diagnosztikai rendszere (OBD) nem minden esetben érzékeli a meghibásodott szűrőt. Számos tanulmányban kimutatott arány, aközött, hogy az OBD észleli/OBD nem észleli mindössze a pár %-ot, maximálisan a 20%-ot éri el. Emiatt e nagymértékű szennyezők kiszűrését más módon és sürgősen szükséges megoldani. Egy módja lehet ennek az időszakos műszaki felülvizsgálat. A korszerű benzinmotoroknak szintén meglehetősen nagy a részecske-kibocsátásuk, ha hibás a részecskeszűrő. Az alapjáraton történő részecskeszám mérés egy gyors és olcsó eljárási lehetőség lehet fentiek ellenőrzésére, amelyhez alkalmas részecskeszámláló műszerre vonatkozó műszaki követelményeit specifikálták és rögzítették. A jármű jószágát megítélendő, javasolt részecske-szám határérték ugyan nagyobb, mint a típusvizsgálati határérték, de ugyanakkor megfelelő ahhoz, hogy rossz szűrő miatti megnövekedett kibocsátást detektálja. A vizsgálati eljárás javasolt minden dízelmotorral felszerelt korszerű személygépjárművek, tehergépjárművek, valamint nem közúti járművek számára is [9].

A részecske megnevezés, amely a motorból kikerülő nem gáz halmazállapotú anyagokat akarja leírni, egy gyűjtő fogalom. Ha anyagösszetételt nézzük, akkor beletartozik például az elemi szén, a korom, szulfátok, illékony szerves szénhidrogének, fém-kopadék, tüzelőanyag és kenőolaj szervesetlen adalékai stb. Az összetétel térfogatarányait tekintve a nagyrésze korom. Korszerű gépjármű emissziós típusvizsgálatok során, kétféle paramétert mérnek: 1. Részecske tömeg, vagyis a kipufogógázt speciális szűrőpapíron átszívva, mennyi a szűrőpapíron fennakadt részecskék tömege (nem elemzik, hogy milyen anyagfajta akad fenn a szűrőpapíron, csak tömeget mérnek). 2. Részecske szám megadja a vizsgálati ciklus alatt megszámlált szilárd részecskék számát, azoknak, amelyek egy bizonyos mérettartományban vannak. A szilárd részecskék halmazának szintén nagy része korom [10,11].

2. A HOLLAND PILOTPROJEKT

Hollandia 2020. január 1-től részecske számolási eljárást vezetett be a dízelmotorral hajtott közúti járművek időszakos műszaki felülvizsgálati eljárásába. Egy új eljárásnak köszönhetően mérésel kiszűrjük azokat a dízel járműveket, amelyeknek a részecskeszűrője hibásan működik vagy illegálisan kiszereztek. A Holland Közlekedési Hatóság (RDW) úgy becsüli, hogy kereken 9%-a, a teljes dízel személygépjárművekből és kishaszonjárművekből álló járműflottának a részecskeszűrője hibás vagy hiányzik. Az új részecskeszámolási eljárással a hollandok legalább egy évvel Németország előtt haladnak. Németországban a dízelmotorú közúti járművek részecskeszámolási eljárás kezdete a környezetvédelmi vizsgálat keretében csak 2021. január 1-től tervezett. Ehhez még hiányzik a mérés technika specifikációja, amit a Braunschweig-i Fizikai-Műszaki Szövetségi Intézet (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB) határoz meg. Ez a specifikáció lesz a műszaki alapja részecskeszámláló készülék fejlesztésének és építésének [1].

A részecskeszámolás időszakos műszaki felülvizsgálatba ültetése jogszabályi előkészítésének minden műszaki körülményét a holland Közlekedéstudományi Intézet a TNO dolgozta ki. Céljuk az volt, hogy Hollandia útjain ne legyenek hibás részecskeszűrővel üzemelő vagy részecskeszűrő nélküli járművek.

Hollandia az első ország a világon, amely létrehozott részecskeszámolási vizsgálati eljárást dízelmotorral hajtott járművek számára az időszakos műszaki vizsgálat keretében. A részecske koncentráció mérés 10-30 másodpercet vesz igénybe annak érdekében, hogy meghatározza, hogy a részecskeszűrő megfelelő hatékonysággal szűr-e. A kutatás keretében előzetesen elvégzett vizsgálatok alapján a TNO azt tapasztalta, hogy a dízelmotorú járművek (személygépjármű és kishaszonjármű) kereken 9 %-a nem rendelkezik részecskeszűrővel, mert azt illegálisan kiszereztek vagy a részecskeszűrő hibásan működik. Az új jogszabályt a Holland Kormányzati Közlönyben (Government Gazette) hozták nyilvánosságra [5]. Ez a TNO 8 év kutató és fejlesztő munkájának eredménye, együttműködésben a Holland Mérésügyi Intézettel (Nederlands Meetinstituut, NMI), és a Holland Közlekedési Hatósággal (RDW). A projektet a Holland Infrastruktúrális és a Vízügyi Minisztérium támogatta. Az 1. ábrán, egy személygépjármű közterületén történő részecske szám kibocsátásának vizsgálata látható.



1. ábra

A részecskeszámláló prototípusával való közúti mérés [3]

2.1. Jelentős környezeti hasznok

Az új részecskeszám-vizsgálat bevezetésével az időszakos műszaki felülvizsgálatban, a nem megfelelő szűrő használata nem marad következmény nélkül. A nem megfelelő szűrőket megjavítják, kicserélik, vagy a rossz szűrővel felszerelt járművet teljesen eltűntetik a közútról. Az intézkedésekkel céljuk az, hogy 40-50%-kal csökkentsék az átlagos részecske-kibocsátást, ami a részecskeszűrővel rendelkező dízelmotorú járművekből származik és csökkentsék a teljes mennyiségét a részecske-kibocsátásnak minden holland közúti járművet tekintetbe véve 8%-kal.

A közúti ellenőrzést az RDW hajthatja végre az új vizsgálati eljárás alkalmazásával, amely 2020 január 1-től érvényes. A későbbiekben a rendőrség és a felhatalmazott műszaki vizsgálóállomás is ilyen új részecskeszámoló készülékkel fog dolgozni.

A követelmények publikálva vannak, a mérőkészülék gyártók fejleszthetnek és gyárthatnak megfelelő részecskeszámológát, amelyet a Holland Mérésügyi Intézetnek kell jóváhagynia. Várható, hogy 2020-ban az elérhető részecskeszámológák 5-10.000 EUR áron vásárolhatók meg. A korábban kereskedelmi forgalomban lévő részecskeszámológák nagyon drágák voltak, és nem voltak alkalmasak hígítatlan gázból származó minta mérésére, és emiatt nem voltak alkalmasak az időszakos műszaki vizsgálat során történő használatra.

Az Holland Infrastruktúráért és Vízügyekért felelős Minisztérium azzal számol, hogy 2021-ben már képesek lesznek bevezetni a részecske számlálást az időszakos környezetvédelmi felülvizsgálat keretében, a teljes országra, az összes vizsgálati állomásra vonatkozóan. Az eljárás, egyelőre, még nem megfelelő az részecskeszűrővel rendelkező Otto-motorral hajtott járművek kibocsátás vizsgálatára – a további kutatás és fejlesztés folyamatban van.

2.2. Nemzetközi érdeklődés

Az új eljárás, amely a TNO vezetésével készült fejlesztés eredménye globális érdeklődést váltott ki. Belgium hamarosan be akarja vezetni a vizsgálatot. Németország hasonló fejlesztésen dolgozik, Svájc is érdekelt az ügyben. A vizsgálati eljárást bemutatták az EU országok, Dél-korea, Japán, Mexiko, Peru, Bolívia, Chile képviselőinek a CITA (International Motor Vehicle Inspection Committee) legutóbbi kongresszusán. A CITA üdvözölte a vizsgálati eljárást.

Az RDW honlapjáról 2020.09.02-én letölthető időszakos műszaki felülvizsgálati dokumentum [2] szerint – amely 2018 május 20-tól érvényes a műszaki vizsgálatok műszaki tartalmát illetően – a részecskeszámolás nem része az időszakos felülvizsgálatnak.

A Hatóság honlapjának másik része viszont említést tesz róla [4] és a vonatkozó jogszabály, amely a műszaki részleteket is tartalmazza [5], megtalálható a Holland Közlönyben.

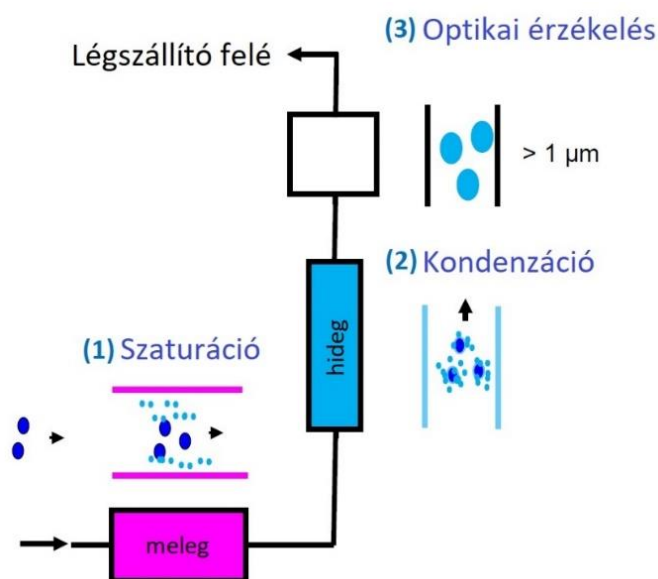
3. SVÁJJC: ÉPÍTŐGÉPEK, KÖZLEKEDÉS-ÉPÍTŐGÉPEK

Az építőgépek ezirányú vizsgálatának több aspektusa is lehet. Svájcban meglehetősen nagy hagyománya a hegyekben alagutak fúrásának, vagyis olyan helyeken, ahol a szellőzőtségi szint kicsi. Emiatt olyan dízelmotorral hajtott közlekedés-építő gépeket igyekeznek használni, amelyek minél kisebb a károsanyag-kibocsátása. Másrészt az építő gépek vagy munkagépek károsanyag-kibocsátásával nem foglalkoznak olyan tekintetben, hogy az nem veszik figyelembe pl. egy ország éves emissziószámításánál, vagy ezekre a gépekre és kibocsátásaikra senki nem „gondol”, ha szállópor szennyezés miatt valamelyik városban tájékoztatási, riasztási fokozat lép életbe. A svájci légszennyezés szabályozási rendeletben (Verordnung des EJPD über Abgasmessmittel für Verbrennungsmotoren, VAMV) vezették be a részecske-számlálásra vonatkozó kötelezettséget. Az SR 941.242 rendelet (Regulation SR 941.242) rendelkezik az építő gépek, a közlekedés-építő gépek részecskeszűrőinek részecskeszámolással történő vizsgálatáról. Korábban félévenkénti opaciméterrel való méréssel ellenőrizték a kibocsátást. 2017 óta előírás a részecske-számlálás és az ez alapján való értékelés. A megfelelő/nem megfelelő küszöbértéke 250.000 részecske/cm³. A jövőben ezt autóbuszokra és nem közúti mozgógépekre is bevezetik.

Svájcban az amerikai TSI cég által e célra Időszakos Műszaki Vizsgálat (Periodic Technical Inspection, PTI) fejlesztett Nanoparticle Emission Tester (TSI 3795) termékével végezték a kutatási, készülék-fejlesztési méréseket. A készülék a szilárd részecskék számának meghatározására alkalmas. Ez a készülék az egyetlen a piacon, amely a METAS (Svájci Metrológiai Intézet) által hitelesített és a Nem Közúti Mozdó Gépekre vonatkozó svájci rendelet (SR 941.242) szigorú előírásainak megfelel.

A számolási eljárás „maradt” a kondenzációs elvű megoldás (Condensation Particle Counting, CPC), hasonlóan ahhoz, mint ahogyan a személygépjárművek Euro 5 és 6 típusvizsgálatakor alkalmazzák. Ez megfelelően érzékeny (megfelelő részecskeszámolási hatékonyság) azon a részecske-mérettartományon, amely a közút gépjárműmotorok vizsgálata során előfordul. Ezekre a készülékekre ISO szabványban rögzített

kalibrációs eljárás van kidolgozva (ISO 27891:2015 „Aerosol particle number concentration — Calibration of condensation particle counters“). A berendezés működési elvét a 2. ábra mutatja.



2. ábra
Kondenzációs részecskeszámláló számlálási elve [6]

Azért a CPC technológiát használják, mert megbízható, és több mint 20 éves tapasztalat van ezzel az eljárással a motoremiszió-mérés területén. Használható dízelmotorú, Otto-motorú személygépjárművek és nehézgépjármű motorok, munkagépek, hajók, légi járművek részecske-emissziójának mérésére (3. ábra). Összehasonlítható és megbízható eredményeket kaptak vele a különböző műszaki vizsgálmásokon a kutatás során elvégzett mérések alkalmával.

<p>Type approval testing EURO 5b/6 – Reg. 83/49</p>	<p>Real Driving Emissions PN-PEMS</p> <p>Source: www.horiba.com</p>	<p>NRMM - SR 941.242/ Swiss ships SR 747.201.3</p> <p>Aircraft emissions SAE E-31 Solid PN >10nm</p>
----------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. ábra
Kondenzációs elven működő részecskeszámláló alkalmazása minden közlekedési szektorban [6]

A készülék legfontosabb adatai: kisméretű és könnyű súlyú (<9 kg). Tápfeszültségét Li-ion akkumulátor biztosítja, és érintőképernyő van a készülék kezeléséhez (4. ábra).

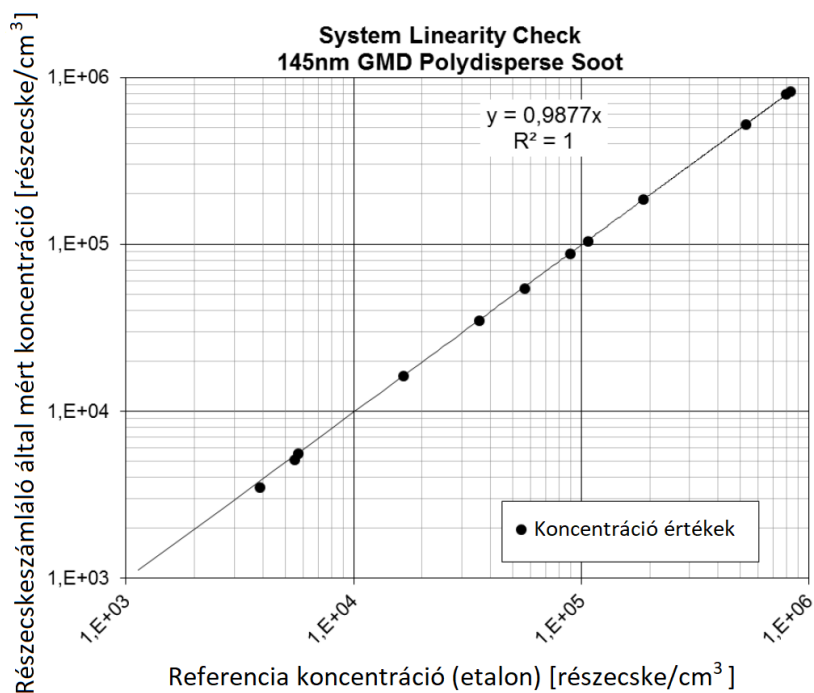


4. ábra

Időszakos műszaki vizsgán használható részecskeszámláló [6]

A fejlesztések során katalitikus eltávolító (catalytic stripper) került beszerelésre az illékony kipufogógáz-komponensek eltávolítására. Az illékony komponens olyan folyadék halmazállapotú anyag(rész), amely a környezet termikus állapotjelzőinek megváltozásakor gáz halmazállapotúvá el tud párologni. Az illékony komponensek (ha ezeket is méri a számláló) egy nagyságrenddel megnövelhetik a kapott részecskeszám nagyságát – fals pozitív. Az illékony komponensek, az őket hordozó közeg termikus állapotjelzőitől függően, lecsapódnak elpárolognak, így befolyásolva, bizonytalaná téve a mérési eredményt. Ezért van szükség arra, hogy ezeket a mérendő kipufogógázból eltávolítsák és csak a szilárd fázisú részecskék kerüljenek megszámlálásra.

Egy kipufogógáz-gázelemző berendezést illetően nagyon fontos műszer paraméter a linearitás. Az 5. ábrán egy számláló műszer linearitás vizsgálatának eredménye látható. Linearitás vizsgálat azt jelenti, hogy több pontban végzünk kalibrálást, vagyis a műszer által mért eredményt egy etalon értékkel, jelen esetben etalon (referencia) részecske-koncentrációval hasonlítják össze. Ez elvégzik több koncentráció mellett. A több pontú, műszer által mért eredményét viszonyítják az etalon adó egyeneshez a korrelációs tényező (R^2) használatával [6].



5. ábra

*Részecskeszámláló linearitás vizsgálatának eredménye
(145 nm Geometriai Középméretű (Geometric Mean Diameter, GMD) polidiszperz korom) [6]*

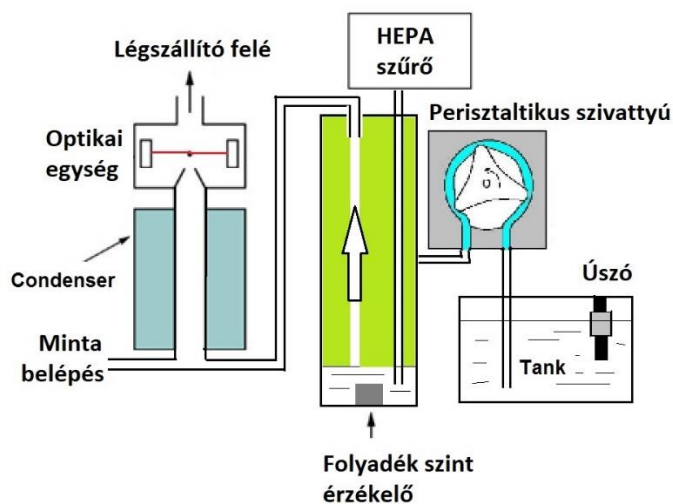
4. AUTOMOTIVE PARTICLE BENCH (APB™)

A Sensors Inc. cég Automotive Particle Bench (APB™) nevű részecskeszámlálója (6. ábra), egy kiméretű, kissúlyú, robusztus és elérhető árú részecskeszámláló készülék, amelyet időszakos műszaki vizsgálatra való használatra fejlesztettek. Ezzel a készülékkel a kipufogó-csővégi részecskeszám mérése dízelmotorral, benzínmotorral hajtott személygépjárművek, valamint kamionok esetében pontos eredményt szolgáltat mind állandósult állapotú vizsgálati pontban mind tranziens motorüzem során.



6. ábra
Automotive Particle Bench (APB™)

Az APB™ fő komponense egy keverő típusú kondenzációs részecskeszámláló, amely 10 nm-200 nm mérettartományba eső részecskék számának meghatározására alkalmas. Az APB™ felépítése a 7. ábrán látható.



7. ábra
Az APB felépítése

Eltérően a teljes áramú CPC berendezésektől, ahol a részecskét tartalmazó gáz keresztül halad egy fűtött tartályon, amelyben munkafolyadék (butanol vagy izopropanol) van, és ezáltal túltelítetté válik, a keverő típusú CPC-ben az aeroszol külön van tartva a telített levegő forrásától, és csak a kondenzátoron át történő vezetése előtt van azzal összekeverve. A kondenzátorban (mindkét esetben: a teljes áramú és a keverő típusú) a túltelített

gőz a részecskére kondenzálódik, amely ezáltal 5-10 µm nagyságú folyadékcseppé alakul. Ezek a cseppek „irányba állítás” után lézersugáron haladnak keresztül, ahol a fényszórás jelensége által kerülnek megszámlálásra. Ezt a pulzus számláló elektronika végzi.

Az APB™ > 99 V/V% izopropil alkohollal (IsoPropyl Alcohol, IPA) való működésre van tervezve. Ezen kívül tartalmaz még egy belső perisztaltikus szivattyút, amely egy külső IPA tankból tölti a szaturációs (elpárologtató, telítési) egységet. A tartály kapacitás a10 ml. Normál működési feltételek mellett a berendezés munkafolyadék-fogyasztása 1-2 ml / óra és emiatt a rendszert egy bővített műszak idejéig nem szükséges újra tölteni.

A minimális részecske méretet, amelyet a CPC-vel detektálni lehet az elért túltelítési szint határozza meg, amely függ a telítő és a kondenzáló közötti hőmérséklet-különbségtől. A gyakorlatban nem minden részecske „érzékel” ugyanazt a túltelítettséget, ezért a számlálási hatékonyság a méret csökkenésével fokozatosan csökken. Az alsó leválasztási, levágási méret (cut off size) az a méret, ahol a jelenlévő részecskék 50%-át (d50) tudja a készülék megszámlálni. Jellemzően ez a részecskeméret 15 nm körül van. Ez a méret kisebb, mint a jelenleg érvényes közúti járművek emissziós típusvizsgálata során meghatározott 23 nm.

A könnyű használat érdekében egy keverő típusú CPC számos kulcsfontosságú és hasznos jellemzővel bír:

- Az elpárologtató tartálynak teljesítmény csökkenése. Ellentétben a teljesáramú CPC-k tartályaival, amely a részecskék miatt elszennyeződnek, és ez az idő múlásával a túltelítési szint csökkenéséhez vezet;
- A telítő egységet mechanikusan le lehet választani mérőoptikától, a robosztusságot javítandó. Továbbá jelentősen kisebb érzékenységgű az optika szennyezettségére (munkafolyadék), amelyet a vibráció, tájolás, stb. okoz;
- A készülék < 5 szekundum t_{10-t90} válaszidővel dolgozik;
- CPC-k működése közbeni romlása jól megértett folyamat, de a romlási tényező alapvetően 0 értékű egy jól megtervezett CPC esetében. Ez visszatükröződik az ISO 27891:2015 szerinti kalibrációs eljárásban és a kalibrációs éves intervallumban.

Az APB™ egy integrált ejektor hígítóval (névleges hígítási arány 20:1) rendelkezik, ezzel lehetővé téve az egyes részecskeszámlálást 600,000 részecske/cm³ koncentrációig. Az ejektor hígítónak feladata, hogy a kipufogógáz-minta és a környezetből szűrt hígító levegő keverése által a páratartalomtól függetlenné tegye a kibocsátott és mért koncentrációt. A kipufogógáz páratartalma (vízgőz) ismert, hogy miből származik.

E koncentráció fölötti méréshez a berendezést egy további ejektor hígítóval (hígítási arány 10:1) lehet felszerelni és így kibővíteni a maximálisan mérhető koncentrációt 5,000,000 részecske/cm³-re. A kritikus áramlás/nyomás értékeket a készülék elektronikája monitorozza és szabályozza [8].

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] AUTO SERVICE PRAXIS 01/2020 (URL: <https://www.autoservicepraxis.de/>)
- [2] Periodic Technical Inspection (APK), PTI inspection in the Netherlands (URL: <https://www.rdw.nl/over-rdw/information-in-english/periodic-technical-inspection-apk>)
- [3] URL: <https://www.tno.nl/en/about-tno/news/2019/12/no-more-broken-and-discarded-soot-filters-on-dutch-roads/>
- [4] URL: <https://www.rdw.nl/over-rdw/actueel/dossiers/uitstoot-dieselautos>
- [5] URL: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stert-2019-63953.html>
- [6] Jürgen Spielvogel: TSI PTI-Prototype for PNPeriodic Technical Inspection, 22nd ETH-Conference on Combustion Generated Nanoparticles 18 –21 June 2018
- [8] URL: http://www.sensors-inc.com/Products/Inspection_Maintenance/APB
- [9] BURTSCHER, H.; LUTZ, T. H.; MAYER, A. A new periodic technical inspection for particle emissions of vehicles. Emission Control Science and Technology, 2019, 5.3: 279-287.
- [10] Dr. Meggyes Attila: Hőerőgépek égéstermékei okozta légszennyezés. Műegyetemi Kiadó, 1993, Budapest.
- [11] Szabados György, Pollák Iván: A dízelrészecske és számának meghatározása. A JÖVŐ JÁRMŰVE, 2010:1-2, pp. 86-90. ISSN: 1788-2699