

# Szerves légszennyező komponensek folyamatos koncentráció mérése gázáramban

## Continuous concentration measurement of organic air pollutant components in gas stream

POÓS Tibor PhD<sup>1</sup>, SZÁVICS Nikolett<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Épületgépészeti és Gépészeti  
Eljárástechnika Tanszék, H-1111, Budapest, Műegyetem rkp.  
+36/1 463-2529

email: poos.tibor@gpk.hu

<sup>2</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék  
Vegyipari energetika alapszakos hallgató  
email:szavnik@gmail.com

### Abstract

*At an industrial alcohol production site, the authority required the determination of the concentration of organic air pollutants, the flow rate of the carrier gases, and the amount of harmful substances entering the environment from these data. In the course of alcohol production, we performed an examination of industrial meters that can be used for the continuous, online measurement of the emitted mass flows and concentrations of methanol, ethanol, and ethyl acetate, taking into account the prescribed criteria. We summarized the possible measurement principles of volatile organic compounds.*

**Keywords:** organic air pollutants, measuring instrument, ethanol, methanol, ethyl-acetate

### Kivonat

*Ipari alkoholt előállító szeszgyárnál a hatóság a szerves légszennyező anyagok koncentrációját, a hordozó gázok térfogatáramát, valamint az ezekből az adatokból környezetbe jutó káros anyagok mennyiségének meghatározását írta elő. Az alkoholgyártás során, metanol, etanol, és etil-acetát kibocsátott koncentrációinak folyamatos, online méréséhez alkalmazható ipari mérők vizsgálatát végeztük el az előírt kritériumokat figyelembe véve, valamint összegeztük a szerves illékony vegyületek lehetséges mérési elveit.*

**Kulcsszavak:** szerves légszennyezők, mérőműszer, etanol, metanol, etil-acetát

## 1. Bevezetés

A levegő minőségének ellenőrzése környezetvédelmi és egészségügyi szempontból is kiemelkedően fontos, emiatt megnőtt a gázfelderítés és felügyelet iránti igény is. Vizsgálati szempontból a légszennyezők környezetbe áramlásának lehetséges helyeit és veszélyességét meg kell különböztetni. Levegőszennyezőknek minősülnek származásuktól és állapotuktól függetlenül azok az anyagok, amelyek olyan mértékben kerülnek a levegőbe, hogy embert és környezetét hátrányos módon befolyásolják, kárt okoznak benne. Az ipari munkavégzés jellemző légszennyező forrása a pontforrás [1], amely egy koncentrált paraméterű forrás, többségében erőművi és ipari telephelyeken elhelyezett magas kémények, kürtők. Az itt telepített gázkoncentrációmérő eszközök a kiáramló gázáram térfogatáramát, és a légszennyező anyagok koncentrációját mérik, és ezáltal a környezetbe lépő káros komponensek mennyiségét az adatokból meg lehet határozni. Abban az esetben, amikor a kibocsátott szennyezőanyag koncentráció rendszeresen meghaladja a határértéket, a hatóság folyamatos mérést és adatrögzítést rendel el. A koncentrációmérésnél használt érzékelőknek az a feladata, hogy a koncentrációval arányos villamos jelet szolgáltatassanak, amelyet egy kiértékelő műszer fogad és leolvasható jelzéssé alakít, és adott esetben hang- és fényjelzés kíséri. A VOC (Volatile Organic Compounds) [2] illékony szerves vegyület, amelynek gőznyomása 293,15 K-on 0,01 kPa vagy annál nagyobb érték, vagy ennek megfelelő illékonyaságú. Az illékony szerves vegyületek

csoportjába tartozó gázok koncentráció mérésére leggyakrabban fotoionizációs mérőt (PID), infravörös gázkoncentráció mérőt, lángionizációs (FID) eszközt, katalitikus elégetés elvén működő eszközt, illetve esetenként (MOS) érzékelőket szoktak használni. Telepített mérők esetén a (PID) mérők nagy pontossággal és érzékenységgel tudnak mérni. A hővezetés elvén működő eszközök kifejezetten éghető gázok mérésére szolgálnak, viszont kalibrálhatóságuk és kezelhetőségük bonyolultabb. A (FID) mérők nagy pontossággal mérik a szénhidrogéneket, és pozitívumuk, hogy nem érzékenyek a szennyezőkre. Emellett még jellemző a fényelnyelési elven működő infravörös (IR), illetve Fourier transzformációs infravörös spektroszkópia. Az említett elveken alapuló mérőeszközök ugyan eltérő adottságokkal, érzékenységgel és mérési pontossággal rendelkeznek, de mindegyik alkalmas szerves vegyületek gáz koncentrációjának meghatározására.

## 2. Követelményjegyzék

Kutatásunk során ipari alkohol-előállító szeszgyár erjesztési technológiájában keletkező etanol, metanol és etil-acetát környezetbe kibocsátott koncentrációjának folyamatos és online mérésére kellett javaslatot tennünk. Az előírás kikötötte a koncentrációk külön-külön egyidejű rögzítését és nyomon követhetőséget. Az 1. táblázatban az ellenőrző hatóság által a szeszgyár pontforrásában végzett 3 offline mérés átlagolt szennyezőanyag koncentráció értékei és tömegáramai láthatók a vizsgált időpontban. A műszerek kiválasztásához ismerni kell az adott gázkomponens jellemző koncentráció értékét, a műszer átfogását és az elvárt pontosságot, ezekre az adatokból lehetett következtetni. A táblázatban közöltük mind a koncentrációhoz, mind a tömegáramhoz tartozó megengedett környezetvédelmi határértékeket. A koncentrációkban, illetve tömegáramokban szereplő indexek a mérés sorszámára utalnak.

A pontforrásban mért VOC-k mért- és határértékei

1. táblázat

Komponensek	Határértékek		A pontforrásnál mért értékek					
	c mg/m <sup>3</sup>	$\dot{m}$ kg/h	c <sub>1</sub> mg/m <sup>3</sup>	$\dot{m}_1$ kg/h	c <sub>2</sub> mg/m <sup>3</sup>	$\dot{m}_2$ kg/h	c <sub>3</sub> mg/m <sup>3</sup>	$\dot{m}_3$ kg/h
1. metanol	100,0	2	2,93	0,025	0,85	0,053	20,22	0,097
2. etanol + etil-acetát	150,0	3	265,95	2,261	341,83	2,123	323,39	1,552
3. metanol+etanol+etilacetát	150,0	3	268,88	2,286	342,68	2,176	343,61	1,649

Az 1. táblázatban a pirossal jelölt értékek a megengedett határértéket meghaladták. Látható, hogy a koncentrációk nagyon alacsony értékek körül mozognak, ez a kritérium szűkíti a megfelelő mérőeszközök körét, így azok folyamatos monitorozására, alacsony értékek mellett is hatékony koncentrációmérőre van szükség.

A hatósági előírások, számítások és a rendelkezésre álló adatok alapján a mérőeszközre vonatkozó elvárásokat és feltételeket a 2. táblázatban foglaltuk össze. Megtalálható benne az elvárt pontosság, mintavételezési idők, a riasztás és a relatív nedvességtartalom. A táblázat nem tartalmazza a műszer beépítésére és karbantartására vonatkozó javaslatokat, előírásokat. Így a követelményjegyzéket az alábbiakkal kell még kiegészíteni:

- A mérőrendszerek tervszerű rendszeres megelőző karbantartását a gyártó által meghatározott gyakorisággal az üzemeltetőnek kell elvégeznie.
- A mérőrendszert úgy kell üzemeltetni, hogy az gátolja meg az illetéktelen hozzáférést és az eredmények megváltoztatását.
- A folyamatos mérőműszerhez tartozó mérőeszközök ellenőrző kalibrálását évente el kell végezni. A mérőeszközök, mérőrendszerek üzembe helyezése, átalakítása vagy javítása után minden esetben ellenőrző kalibrálást kell végezni, ami a helyszínen is elvégezhető.
- Akkreditált mérőszervezet az MSZ EN 14181 szabvány szerinti módon végezheti az induló kalibrálást, majd évente az összehasonlító kibocsátásmérést az adott komponensekre. Jellemzően mérőbuszokkal a helyszínre érkezve FID elven működő detektorokat használnak. A megfelelő működés ellenőrzése után referenciamódszerrel történő együtt mérést végeznek, ilyenkor a szórást és a kalibráció megfelelőségét is vizsgálniuk kell.

No.	Megnevezés	Leírás	Érték
1.	Mért komponensek	metanol, etil-alkohol, etil-acetát	CH <sub>3</sub> OH C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
2.	Pontosság	műszer érzékenysége	0,1 ppm
3.	Mintavételezési idő	több mérés átlagolása	~5 min
4.	Mért paraméter	koncentrációk: 1. metanol 2. etil-alkohol 3. etil-acetát	minimum tartomány: 0-100 mg/m <sup>3</sup> 0-77 ppm 0-150 mg/m <sup>3</sup> 0-80 ppm 0-150 mg/m <sup>3</sup> 0-42 ppm
5.	Riasztás	határérték túllépésnél	>77ppm (metanol) >80 ppm (etil-alkohol) >42 ppm (etil-acetát)
6.	RH%	nedvességtartalom	0-100%
7.	Auditálás	auditált műszer	típusjóváahagyási igazolás

Magyarországon a légszennyezés és a levegőterheltségi szint mérésére használt, folyamatos mérésre alkalmas gázelemző és pormérő készülékeknek rendelkeznie kell típusjóváahagyási igazolással [3]. Az országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Hatóság által kiadott Típusjóváahagyási igazolással rendelkező műszerek listája [4] táblázatos formában érhető el, mely tartalmazza a műszer megnevezését, típusát, gyártóját, alkalmazási területét, és az igazolás számát, és annak érvényességi idejét. A típusjóváahagyott műszerek listájának áttanulmányozása során az abban található műszerek az alábbi alkalmazási területekre sorolhatóak be:

- Tüzelőberendezések, hulladékégetők és egyéb erőművek füstgáz kibocsátásának folyamatos koncentráció mérőeszközei.
- Környezeti levegő szállópor PM10 és PM2,5 frakciójának folyamatos mérése szolgáló berendezések.
- Helyhez kötött emisszióforrás (tüzelőberendezések hulladékégetők és egyéb erőművek) emissziómérők.
- Környezeti levegő komponenseinek mérése.
- Többkomponensű emissziómérő rendszerek.

A műszerek jellemzően az alábbi komponensek koncentrációit mérik gázfázisban: SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, HCl, HF (hidrogén fluorid), NO<sub>x</sub> (Nitrogén oxidok), benzol, ózon, teljes széntartalom (szénhidrogénekben), VOC. A 220 eszközből álló lista átvizsgálása után a lehetséges mérőeszközök technikai adatlapjairól külön informálódva megállapítottuk, hogy kevés lehetőség van illékony szervesanyagok mérésére ilyen alacsony minimum méréshatárérték mellett. A listából két eszköz került kiválasztásra, amelyek megfelelnek bizonyos kritériumoknak, ezek a SICK MCS100 FT, és az ABB ACF5000. Ezek folyamatos ellenőrzést biztosítanak, nem csak szerves gázokra. Alkalmazásuknak hátránya, hogy telített vagy a telítést megközelítő nedvességtartalmú gázok esetén nem alkalmazhatóak, amely jelen esetben a pontforrásnál fennáll. A relatív nedvességtartalom csökkenthető, de ez további kiegészítő egység beépítését igényli, amely megdrágítja a mérési folyamatot. Az MCS100 FT [5] mérési elvei közé tartozik a Fourier transzformációs infravörös spektroszkópia, lángionizációs detektálás (FID), valamint cirkónium-dioxidos (MOS) fém-oxid érzékelés. Működése közben a pontforrástól egy fűtött (hőntartó) elszívó vezetékben halad a mérendő gáz, majd az analizátorok után az adatok feldolgozásra kerülnek, végül a számítógépen nyomon követhetőek a mért adatok.

Ahogy a technikai adatlapokban is szerepel, a vizsgált komponensek esetén a műszerek összevonva adják meg a VOC koncentrációt a gázáramban, így más összetevőket is beleszámíthatnak a végső koncentráció értékébe, az elvárt komponenseket külön-külön nem képesek monitorozni. A típusjóváahagyási igazolással rendelkező műszerek listájában tehát nem található olyan műszer, ami egy az egyben megfelel a követelményeknek. Így a listában nem, de kereskedelmi forgalomban megtalálható műszereket is kerestünk, négy fő mérési elvre fókuszálva. Az infravörös, a (PID), (FID), valamint a katalitikus elv az, ami a lehető legkisebb méréstartományban képes mérni, a szükséges alkohol koncentrációkat, ipari felhasználásra is alkalmasak, valamint lehetővé teszik a folyamatos mérést. További információszerezés érdekében a gyártókkal felvettük a kapcsolatot azon mérőeszközök esetében, amelyek megfeleltek bizonyos kritériumoknak, de hiányos volt a technikai adatlapjukban szereplő információ, a mérhető komponensek listája vagy a relatív nedvességtartalom tús. A vizsgált piaci forgalomban lévő eszközök sem képesek külön rögzíteni az előírt három komponens, szintén VOC-ként értelmezik azokat online mérés esetén. A relatív nedvességtartalom csökkentést ezekben az esetekben is el kellene végezni további kiegészítő egységek beépítésével.

Azon műszerek, amelyek még nem rendelkeznek típusjóváahagyási igazolással, egy kérvényezési folyamaton keresztül el lehet indítani azok auditálását [6] az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózatnál. Mivel a vizsgált piaci műszerek nem rendelkeznek Típusjóváahagyási igazolással az engedélyeztetési folyamat elindítása több költséget és hosszabb időtartamot eredményezne, és mivel ezek a műszerek sem alkalmazhatóak telített vagy telítést megközelítő nedvességtartalmú gázok esetén, amely a kibocsátás helyén jellemző, nem jelentenének megoldást a probléma megoldására.

### 3. Összegzés

A keresés során megállapítottuk, hogy nem áll rendelkezésre olyan műszer, amely az alacsony mérési határértékek mellett, komponensenként tudna folyamatosan koncentrációt mérni, nedvességben telített gázáramban. Így megoldást jelenthet, ha az Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Hatóság nem kéri külön-külön az egyes komponensek koncentrációját, hanem össz-VOC-ben írja elő a határértéket, mert erre már vannak auditált mérőeszközök. Szintén lehetőség, ha szakaszos ellenőrzést ír elő a hatóság folyamatos online mérés helyett, mert erre már rendelkezésre áll típusjóváahagyott mérőeszköz. Az a javaslat is megoldást jelentene, ha évente meghatározott számú alkalommal mintavételezve ellenőriznék a komponensek összetételét a gázáramban, VOC-mérővel pedig folyamatosan. A mintavételezésnél megválasztott adszorbensen átszívott véggáz minta illékony szerves vegyületeinek meghatározását a megfelelő leoldást követően GC-MS (gázkromatográfia tömegspektrometriás detektálással) módszerrel végzik.

### 4. Köszönetnyilvánítás

Köszönet a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalnak (NKFIH FK-142204) a munkában nyújtott anyagi támogatásért.

### 5. Irodalmi hivatkozások

- [1] Endre D. D., „Levegőtisztaságvédelem”, o. 247.
- [2] V. K. Saini és J. Pires, „Development of metal organic framework-199 immobilized zeolite foam for adsorption of common indoor VOCs”, *Journal of Environmental Sciences*, köt. 55, o. 321–330, máj. 2017, doi: 10.1016/j.jes.2016.09.017.
- [3] W. K. H. Kft, „6/2011. (I. 14.) VM rendelet a levegőterheltségi szint és a helyhez kötött légszennyező források kibocsátásának vizsgálatával, ellenőrzésével, értékelésével kapcsolatos szabályokról - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1100006.VM> (08/23/2022).
- [4] „OLM - Típusjóváahagyási (korábban: Típusalkalmassági felülvizsgálati) igazolással rendelkező gázelemzők és pormonitorok (2002-2021)”. <http://www.levegominoseg.hu/tipuslista> (08/31/2022).
- [5] „Product\_information\_MCS100FT\_FTIR\_Analysis\_System\_en\_IM0018674.pdf”. Elérés: 2022. augusztus 25. [Online]. Elérhető: [https://cdn.sick.com/media/docs/4/74/674/Product\\_information\\_MCS100FT\\_FTIR\\_Analysis\\_System\\_en\\_IM0018674.PDF](https://cdn.sick.com/media/docs/4/74/674/Product_information_MCS100FT_FTIR_Analysis_System_en_IM0018674.PDF)
- [6] „OLM - Közlemény a típusjóváahagyási vizsgálatokkal kapcsolatban”. <http://www.levegominoseg.hu/tipusjovahagyas> (elérés 2022. augusztus 23.).