

A Budakalász Önkormányzata megbízásából Budakalász területén végzett ultrafinom részecskeszám mérés értékelése – 2020.03.01.

A mérés célja

Budakalász területén első sorban a fűtési és közlekedési eredetű ultrafinom részecske szennyezettség megállapítása, több mérés alapján.

Előzmények, mérési körülmények

A mérést a hivatal és a képviselő-testület tagjaival történt egyeztetés előzte meg, ahol rögzítettük a mérés célját, a mérési módszert, a hozzávetőleges területi kiterjedését, az útvonal hosszát, hogy mely időjárási körülmények között végezzük a mérést és milyen formában értékeljük a mért adatokat. Rögzítettük, hogy első sorban nyugati és északi szélirányok esetén végezzük a mérést, hogy a településre érkező levegő háttér szennyezettsége a lehető legalacsonyabb legyen, ne a Budapestről érkező (általában szennyezett) légtömeg szennyezettsége legyen az alap. Rögzítettük, hogy törekszünk minél hidegebb időjárás mellett mérni, hogy a fűtési eredetű szennyezők jól kimutathatók legyenek. Rögzítettük, hogy végzünk egy reggeli mérést, amely a csúcsforgalom közlekedési eredetű szennyezőit mutatja. Egyeztettük az útvonalat, mely mentén a mérést elvégezzük, erről pontos térképet kaptunk a hivatal munkatársaitól. Az első mérési napnak 2020. január 20-át jelöltük ki, 16:00 óras találkozóval a mérési útvonal kezdetén. A második mérést 2020. január 29-én végeztük el 16:23-as kezdéssel. A harmadik, hétvégi mérést a műszer meghibásodása és szervizelése, kalibrálása miatt csak 2020. március 1-én, 8:30-as kezdéssel.

Alkalmazott műszer, mérési módszer

A mérést a TSI P-TRAK 8525 típusú 8525-09130008 gyártási számú kondenzációs részecskeszámlálóval végeztük 1 másodperces átlagok felhasználásával. A műszer kalibrációja 2018. június 1. A műszer mintavételezése 100 mérés/másodperc, ezeket átlagolja tetszés szerint 1 másodperc vagy annál hosszabb időtartamra. GPS adatok rögzítésére az OsmAnd 3.5.5 applikációt használtuk Huawei P20 Pro telefonon (A-GPS, GLONASS, GALILEO).

Időjárási viszonyok¹ 2020.01.20.

Mérés kezdete: 16.15

Mérés vége: 18.07

Légnyomás: 1045,5 hPa (rendkívül magas!)

Szélirány: NY-ÉNY (induláskor)

¹ Az idokep.hu online időjárási térképeiről leolvasva a mérési helyszínen a legközelebbi mérőállomás adatai alapján, illetve a szélirány a helyszínen iránytű és a kéményekből távozó füst irányából megállapítva.

Szélirány: É-ÉNY (Erdőhát u. végén)
Szélirány: K-ÉK (Zrínyi u.)
Szélirány: ÉNY (Budakalász Lenfonó)
Szélsebesség: 3 km/h
Hőmérséklet: 1 °C
Relatív páratartalom: 86%
Égkép: derült, párás idő
Csapadék: -

Időjárási viszonyok² 2020.01.29.

Mérés kezdete: 16:23
Mérés vége: 18:15
Légnyomás: 1009,3 hPa
Szélirány:ÉNY (induláskor)
Szélirány: NY (Fürj u.)
Szélirány: NY-ÉNY (Árok u.)
Szélirány: NY-ÉNY (Erdőhát u.)
Szélirány: NY-ÉNY (Erdőhát u.)
Szélirány: DNY (József A u., Kántor u)
Szélirány: ÉNY (Pomázi út)
Szélsebesség: 4-6 km/h
Hőmérséklet: 2,7°C
Relatív páratartalom: 91%
Égkép: közepesen felhős idő (hidegfront után)
Csapadék: -

Időjárási viszonyok³ 2020.03.01.

Mérés kezdete: 8.30
Mérés vége: 10:17
Légnyomás: 1008,2 hPa
Szélirány: D (induláskor 5 km/h)
Szélirány: NY (Sport utcától)

² Az idokep.hu online időjárási térképeiről leolvasva a mérési helyszínen a legközelebbi mérőállomás adatai alapján, illetve a szélirány a helyszínen iránytű és a kéményekből távozó füst irányából megállapítva.

³ Az idokep.hu online időjárási térképeiről leolvasva a mérési helyszínen a legközelebbi mérőállomás adatai alapján, illetve a szélirány a helyszínen iránytű és a kéményekből távozó füst irányából megállapítva.

Szélirány: ÉNY (József A. u.)

Szélsebesség: 5 km/h

Hőmérséklet: 5,6 °C

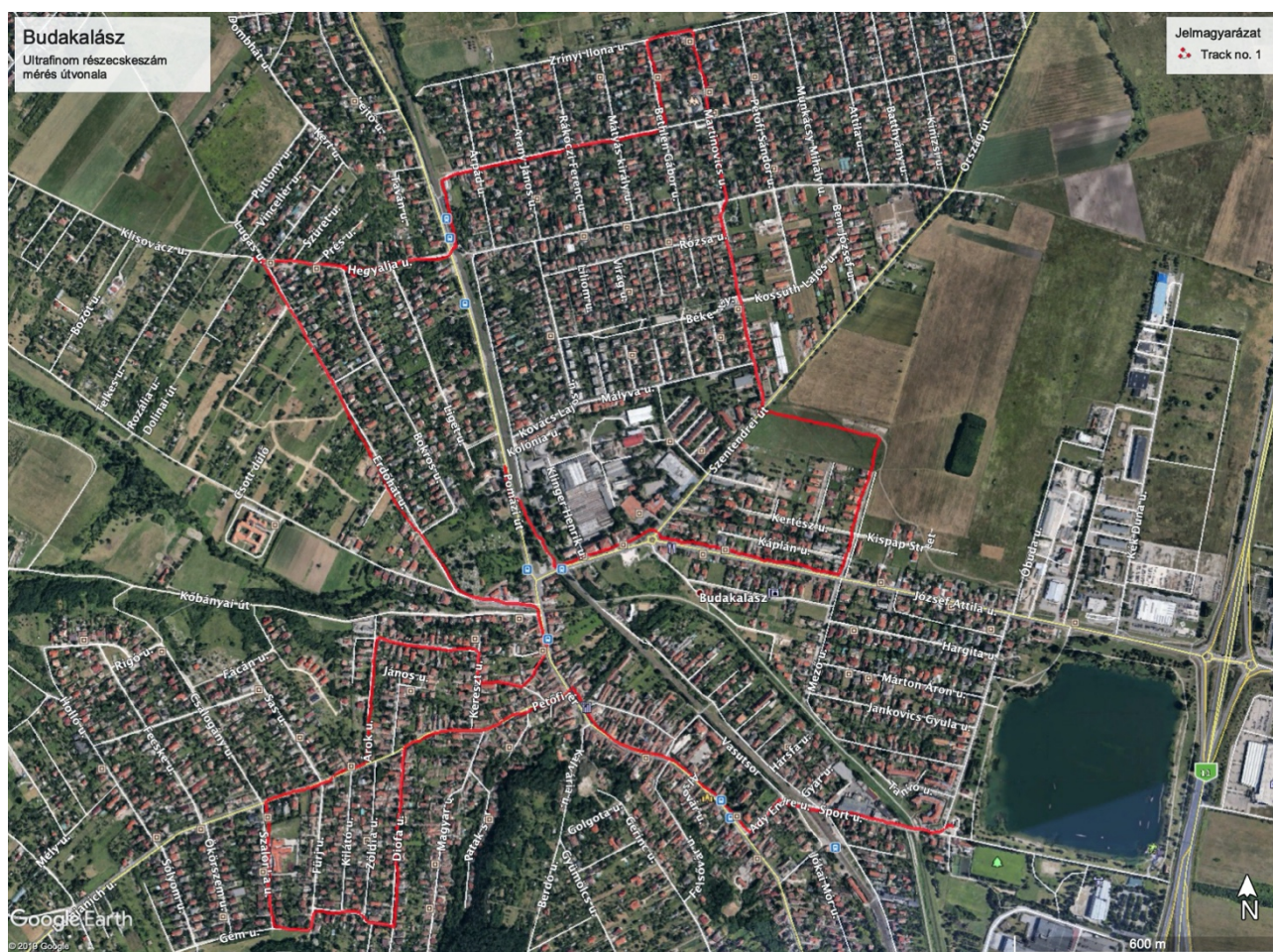
Relatív páratartalom: 67%

Égkép: közepesen felhős (Szentistvánteplenél 15 perc gyenge eső, majd a mérés végén közepesen felhős)

Csapadék: Szentistvánteplenél gyenge eső, melegfronti hatás

A mérési útvonal

A mérési útvonal (lásd 1. ábra) a Tanító u. Sport u. kereszteződése mellett az Omszk park parkolójából indult és a Pomázi úti óvoda előtt fejeződött be. Érintett olyan területeket, ahol kizárólag a fűtés légszennyezése meghatározó, illetve olyan pontokat, ahol a közlekedés domináns, például az Ürömi úton az emelkedő miatt. A háttérszennyezettség értékét előzetes számításaink szerint az Erdőhát utca - Hegyalja utca sarok, illetve a Zrínyi utca szolgáltatta. A mérési útvonal összesen 8,53 km hosszú.



1. ábra, az ultrafinom részecskeszám mérés útvonala a GPS által rögzített adatok alapján

Miért szükséges mérni az ultrafinom részecskéket?

Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) állásfoglalása ⁴ szerint az ultrafinom részecskék ⁵ koncentrációjára nem határozható meg olyan határérték, amely alatt biztosan nem károsítják az emberi egészséget. Álláspontja szerint ezek a részecskék bizonyítottan rákkeltők. Belélegezve lerakódnak a tüdő legmélyén, ott gyulladást váltanak ki. A részecskék felszínén megtapadó, súlyosan egészségkárosító, gyakran rákkeltő anyagok a véráramba is bekerülnek. Szív- és érrendszeri megbetegedéseket (vérrög-képződés révén), asztmát és allergiát is előidézhethetnek, agyi trombózist is okozhatnak⁶. Patkánykísérletek szerint az ultrafinom részecskék belső vérzéseket is kiválthatnak a tüdőben. Kutatások rámutattak, hogy a részecskék a levegőből a tüdőn keresztül közvetlenül a véráramba juthatnak és ott fejtik ki károsító hatásukat, az érfalakon a gyulladásban lévő területeken rakódnak le.⁷

A légszennyező részecskék a növényi pollenek felületére tapadva a polleneket is sokkal agresszívabbá teszik, illetve a velük együtt ezek a káros anyagok is bejutnak a szervezetünkbe⁸.

Az ultrafinom részecskék (PM_{2,5}) hazánkban évente mintegy 11 970 ember idő előtti elhalálását okozzák az Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2019. évi jelentése⁹ szerint. Ez 130 000 életév elvesztését jelenti évente, tehát aki emiatt a szennyező miatt halálozik el idő előtt, átlagosan 11 évet veszít életéből az Európai Bizottság által készített tanulmány szerint. A PM_{2,5} okozta megbetegedések miatt 2010-ben Magyarországon 2,6 millió munkanap esett ki¹⁰. A szennyezés okozta kár hazánkban évente a GDP 19%-át éri el a WHO szerint¹¹. Egy átfogó friss nemzetközi tanulmány¹² szerint az idő előtti elhalálások száma mintegy 30%-al magasabb, 8,9 millió világszerte mint a korábbi modellekkel számították, ez különösen a magas szennyezettségi koncentrációkra igaz. Egy másik friss tanulmány¹³ is hasonló eredményre jutott, a WHO módszertan által számításba vett 5 fő betegségtípuson felül további megbetegedéseknél és abból következő elhalálásoknál vizsgálták a légszennyezés szerepét. A kutatás Magyarországon 2015-ben 18 567 személy idő előtti elhalálását mutatta ki a légszennyezettség miatt, melynek döntő többsége a finom részecske szennyezés.

Városi környezetben a részecskék egyik fő összetevője a korom, mely a légközzel a sarkvidékre is eljut. A jégsapkára lerakódva jelentősen gyorsítja a sarki jégtakaró olvadását, és hozzájárul az éghajlatváltozáshoz¹⁴. Ennek közvetett hatása Budapesten nyáron megnövekedett számú hőségnapok és egyéb szélsőséges időjárási jelenségek formájában jelentkezik. A hőség Budapesten évi 118-120 személy idő előtti halálását és komoly gazdasági károkat okoz¹⁵. A fűtési és közlekedési eredetű korom jelentős üvegházgáz, úgy nevezett rövid élettartamú üvegházgáz (SLCP), hozzájárul az

⁴http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

⁵Lásd angolul: http://en.wikipedia.org/wiki/Ultrafine_particle

⁶<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19560508>

⁷Inhaled Nanoparticles Accumulate at Sites of Vascular Disease
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.6b08551>

⁸<http://www.lelegzet.hu/archivum/1995/07/1240.hpp.html>

⁹https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017/at_download/file

¹⁰Cost-benefit Analysis of Final Policy Scenarios for the EU Clean Air Package, Version 2, Corresponding to IIASA TSAP Report #11, Version 2a, October 2014, Lásd itt: Table A3.4. Time series: Lost working days to acute PM_{2.5} exposure
<http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/TSAP%20CBA.pdf>

¹¹[http://www.euro.who.int/en/media-centre/sections/press-releases/2015/04/air-pollution-costs-european-economies-us\\$-1.6-trillion-a-year-in-diseases-and-deaths,-new-who-study-says](http://www.euro.who.int/en/media-centre/sections/press-releases/2015/04/air-pollution-costs-european-economies-us$-1.6-trillion-a-year-in-diseases-and-deaths,-new-who-study-says)

¹²Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter
<http://www.pnas.org/content/early/2018/08/28/1803222115>

¹³ <https://academic.oup.com/eurheartj/article/40/20/1590/5372326>

¹⁴<http://www.nature.com/news/soot-a-major-contributor-to-climate-change-1.12225>

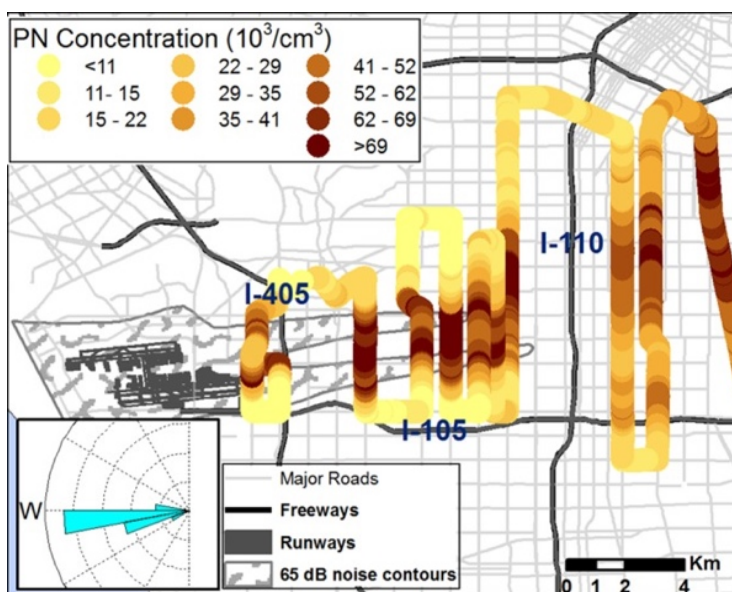
¹⁵http://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2013/P3_Paldy_etal.pdf

éghajlatváltozáshoz. Egy gramm levegőben lebegő korom melegítő hatása megfelel egy tonna széndioxidénak¹⁶.

Az ultrafinom részecskék elsősorban a fűtésből, égetésből (különösen a szén, fa és egyéb szilárd anyagok eltüzeléséből), valamint a közlekedésből (elsősorban a dízeljárművekből és a kétüteműekből) származnak, de nem elhanyagolható a keletkezésükben az egyéb emberi tevékenységek során használt egyéb nem közlekedési gépek (például a fűnyírók, áramfejlesztők) szerepe sem, valamint beltéri források, mint dohányzás, füstölők, gyertyák¹⁷.

Számos nemzetközi tanulmány bizonyítja, hogy a részecskeszám mérése jobban jellemzi a légszennyezés egészségkárosító hatását, mert a fajlagos felülettől függ a részecskéken hordozott egészségkárosító anyagok (PAH-ok, nehézfémek) mennyisége. Azonos részecske tömeg esetén a fajlagos felület a részecskék méretével fordítottan arányos.¹⁸ A tudományos kutatások során arra jutottak, hogy a részecskék felülete és mérete összefügg az oxidatív stresszel és a mitokondriális DNS károsodásával, az ultrafinom részecskék okozta károsító hatás nagyobb, mint a nagyobb részecskéké, különösen magas részecskeszámok esetén.¹⁹

Az adatok értékelésére alkalmazott módszertan



2. ábra, Hudda et al, ultrafinom részecskeszám vizsgálata a Schiphol reptér környezetében

¹⁶ <http://www.matud.iif.hu/2014/11/12.htm>

¹⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=NHU9qfveQNA>

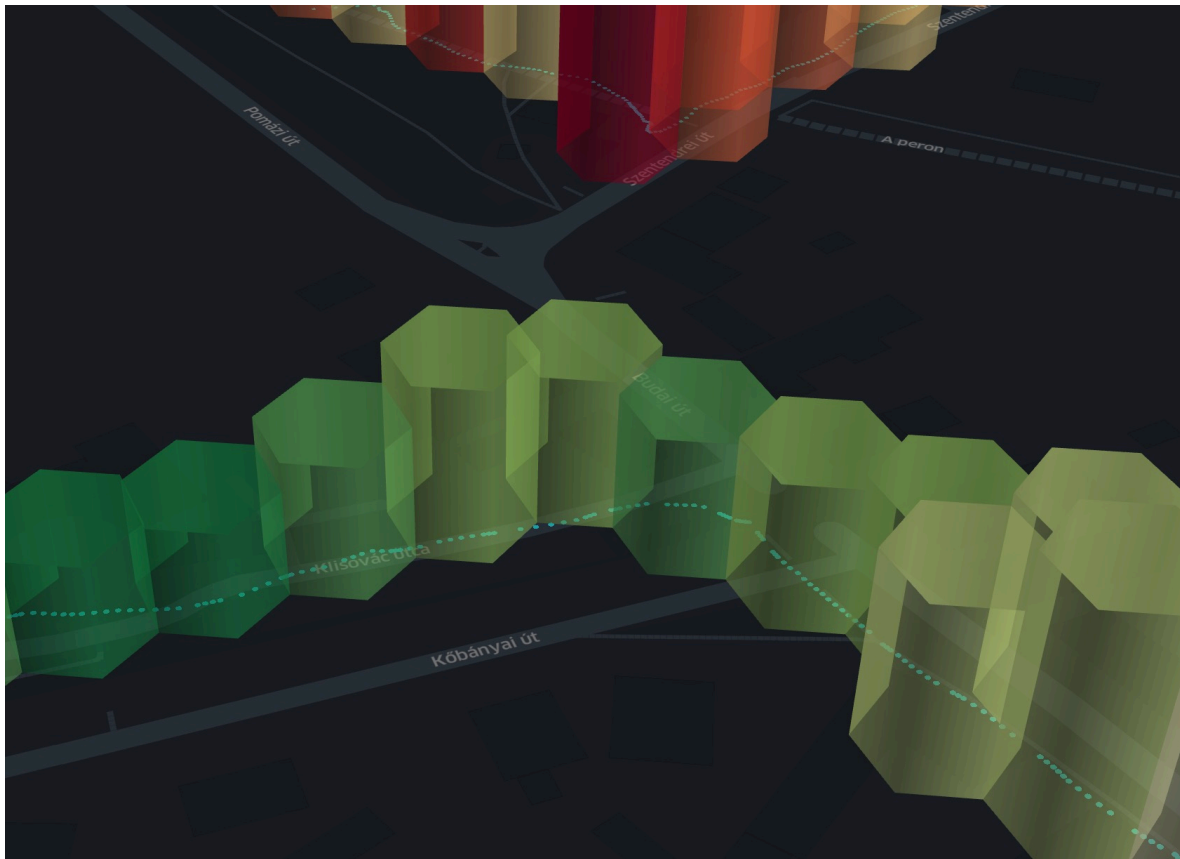
¹⁸ Ultrafine Particle Health Effects, John R. Froines, Ph.D. John R. Froines, Ph.D. ,Southern California Particle Center, 9. old.

http://www.aqmd.gov/docs/default-source/technology-research/ultrafine-particles-conference/pre-conference_2_froines.pdf?sfvrsn=2

¹⁹ Ultrafine particulate pollutants induce oxidative stress and mitochondrial damage. Li et al. in Environ Health Perspect. 2003 Apr;111(4):455-60.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1241427/pdf/ehp0111-000455.pdf>

Az eddig általam fellelt, adott útvonal mentén végzett ultrafinom részecskeszám mérések legfeljebb színekkel jelölték a szennyezettség értékét. Ilyen kutatás volt a Hudda et al által elvégzett, a holland Schiphol reptér ultrafinom részecske szennyezését feltáró vizsgálat²⁰, mely során ugyanezen gyártó hasonló kézi részecskeszámlálóját használták, egy előre eltervezett útvonalon végeztek méréseket meghatározott szélirány mellett (lásd 2. ábra). Ez az adatmegjelenítés azonban számunkra nem kielégítő, mert nem ad lehetőséget interaktivitásra. Más utat választottam, az adatok értékelését a részecskeszám és a mérési helyszín együttes értékelésével végeztem el. Az adatok megjelenítésére a Mapbox²¹ alapú adatvizualizációt, a kepler.gl-t²² alkalmaztam. Az adatok előfeldolgozása során a részecskeszámláló által rögzített, másodperc alapú adatbázist összekapcsoltam a GPS által rögzített útvonalpontokkal. A GPS alapú mérésnél, ahol több, mint 1 másodperc volt a két útvonal pont közötti távolság, az általam készített Excel makró segítségével 1 másodpercenként átlagolással köztes pontokat számítottam ki, hogy a két adatsor összekapcsolását lehetővé tegyem a közös attribútum, az idő alapján. Utána ez az összekapcsolás szintén egy Excel makró segítségével történt. Ezzel minden rögzített, vagy létrehozott útponthoz egy mérési adat kapcsolódik, tehát az útvonal mentén 1 másodpercenként rendelkezésünkre áll egy adat, ez nagyjából 50 cm és 1,5 méter közötti felbontást jelent. A kepler.gl megjelenítőben a térképen Hexbin (méhsejt-lefedés) alapú rácshálót választottam, vonalas adatsorok megjelenítésére ez a legalkalmasabb (lásd 3. ábra). A térképen tetszőleges átmérőjű méhsejt alakú poligonokat jelenít meg ott, ahol a méhsejt területe lefed a felületével valamennyi útpontot. Ezeket kiválasztott érték (esetünkben részecskeszám) alapján ki lehet színezi előre



3. ábra, Hexbin rácsháló, alatta a kék pontsor az egyes adatpontokat jeleníti meg a térben.

²⁰ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24871496> Environ Sci Technol. 2014 Jun 17;48(12):6628-35. Emissions from an international airport increase particle number concentrations 4-fold at 10 km downwind. Hudda et al.

²¹ <https://www.mapbox.com/> A Mapbox helymeghatározó platform a mobil és az internetes alkalmazások számára, online térinformatikai keretrendszer.

²² <https://kepler.gl/> A kepler.gle nyílt forráskódú adatvizualizációs platform, mely nagy méretű adatbázisok térinformatikai megjelenítésére és elemzésére alkalmas.

definiált vagy egyedileg megalkotható tetszőleges színskálával, jelen esetben 11 lépésű zöld-piros skálát választottam, a kis értékeket a zöld szín képviseli. A hatszögek a lefedett pontok átlagát jelenítik meg. Ezzel a megoldással más időpontokban végzett mérések adatai – amennyiben az útvonalon nem változtatunk – azonos hatszög alá esnek, így több mérés egyidejű átlagolása lehetséges. A hatszögek magassága szintén valamely adathoz kapcsolható, jelen esetben a részecskeszámhoz, így háromdimenziós színes ábrán jelenik meg az érték.

A 2020. január 20-án mért adatok értékelése

A mérésen a mérést végző személyeken kívül Budakalász Önkormányzatától Czinke Zsuzsanna önkormányzati képviselő vett részt. A mérési útvonalat 1 óra 52 perc alatt jártuk végig. Az átlagosnál kisebb gépjármű járműforgalom volt, bár a Budai úton a Felsővár utcától torlódtak az autók. A Barát- és Majdán patak völgyéből szemmel láthatóan áramlott a szilárd tüzelés füstje keleti, délkeleti irányba



a mérés kezdetén, ezt a magas értékek is mutatnak. A mérés alatt a legalacsonyabb értéket a Majdán-fennsíkon mértük, 3930 részecskét. Ugyanitt mértük a legmagasabb értéket is, az Erdőhát utcában, 308 000 részecskét egy dízel autó hatására. Összességében elmondható, hogy Budakalász belterületén jelentős, a háttér szennyezettség kétszerese-tízszere értékek mérhetők, az Ürömi út járdáján hússzoros is.

A 2020. január 29-én mért adatok értékelése

A Sport utcában a Barát-p hídja után 3 dohányos miatt (is) emelkedett meg a mért részecskeszám. A József A. u. végén, a HÉV átjárónál több dohányos mellett mentünk el. Magas értékeket mértünk az Ürömi úton közepes forgalom mellett (átlag 20 000 – 130 000 részecskét/cm³), míg a legalacsonyabb értékeket az Árok utcában, az ÉNy szél itt Pomáz szennyezését sem hozta, Dolina irányából érkezett a tiszta levegő (minimum érték 1 980 részecske/cm³). A legmagasabb érték 218 000 részecskével szintén az Ürömi út. Viszonylag magas szennyezettség volt a Telepi óvoda mellett, a háttér 10-szerese. A Budai úton és a városközpontban nem volt forgalmi torlódás (csak a József A úton a HÉV átjáróig), ennek ellenére magas volt a szennyezettség (fűtési eredetű inkább).

A 2020. március 1-én mért adatok értékelése

A melegfronti hatás miatt magas volt az alap légszennyezettség, a legalacsonyabb értéket, 8.630 részecske/cm³ értéket a Scholcz Ferenc utcában mértünk. A hétvégi időpontnak megfelelően sokkal kisebb volt a gépjárműforgalom, az ürömi út kivételével a fűtési légszennyezés dominált. Az Ürömi úton még enyhe autóforgalom mellett is rendkívül magas volt a részecskeszám 270.000 részecske/cm³ maximum értékkel. Az enyhébb idő miatt a fűtési eredetű szennyezés is kisebb volt, ahol nem volt forgalom és mégis magasabb értéket mértünk, az a legalacsonyabb érték 2-3-szorosa volt.

Javaslataink a méréssel kapcsolatban

Ezeket a 4. mérés végén tesszük meg.

Mellékletek

1. számú melléklet: Budakalasz_2020_01_20_meres_kepler.gl.html, ez a fájl tartalmazza a kepler.gl adatvizualizációt és a mérési adatokat csv exportálható formában.
2. számú melléklet: Budakalasz_2020_01_20_meres_kepek.pdf, ez a fájl tartalmazza a mérés során készített fényképfelvételeket.
3. számú melléklet: Budakalasz_2020_01_29_meres_kepler.gl.html, ez a fájl tartalmazza a kepler.gl adatvizualizációt és a mérési adatokat csv exportálható formában.
4. számú melléklet: Budakalasz_2020_01_20-01_29_atlag_meres_kepler.gl.html, ez a fájl tartalmazza a két mérés átlagolt értékeinek kepler.gl adatvizualizációját és a mérési adatokat csv exportálható formában.
5. számú melléklet: Budakalasz_2020_01_29_meres_kepek.pdf, ez a fájl tartalmazza a mérés során készített fényképfelvételeket.
6. számú melléklet: Budakalasz_2020_03_01_meres_kepler.gl.html ez a fájl tartalmazza a kepler.gl adatvizualizációt és a mérési adatokat csv exportálható formában.
7. számú melléklet: Budakalasz_2020_01_20-01_29-03_01_atlag_meres_kepler.gl.html ez a fájl tartalmazza a három mérés átlagolt értékeinek kepler.gl adatvizualizációját és a mérési adatokat csv exportálható formában.
8. számú melléklet: Budakalasz_2020_03_01_meres_kepek.pdf, ez a fájl tartalmazza a mérés során készített fényképfelvételeket.

A méréseket elvégezte: Lenkei Péter és Marozs Ágnes

Az értékelést összeállította: Lenkei Péter

Pomáz, 2020.03.09.