



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Szállópor vizsgálata térinformatikai eszközökkel

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Bús Csaba

Hallgató törzskönyvi száma: T000619/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Bús Csaba

Szakdolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000619/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Szállópor vizsgálata térinformatikai eszközökkel

A dolgozat címe angolul: Analyses of particulate matter with GIS method

A feladat részletezése:

1. Szakirodalmi kutatás a témában,
2. Terepi adatgyűjtés szállópor és zaj mérése műszerrel
3. A mérési eredmények feldolgozása térinformatikai szoftverekben
4. Az eredmények összehasonlítása.
5. Adatelemzés, konklúzió

Intézményi konzulens neve: Pödör Andrea Dr.

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 02. 10.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.



[Handwritten signature]

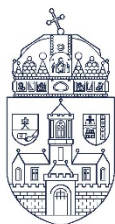
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 12. 15.

[Handwritten signature]

belső konzulens

külső konzulens



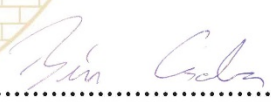
ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2023. december 09.


.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	1
1.1	A szállópor fogalma	1
1.2	A zaj fogalma	3
2.	HIPOTÉZISEK.....	4
2.1	H1	4
2.2	H2.....	4
2.3	H3.....	4
3.	IRODALMI ALAPOK ÉS KAPCSOLÓDÓ KUTATÁSOK	5
3.1	Légszennyezés.....	5
3.1.1	Szállópor hatása az egészségre	5
3.1.2	Légszennyezés EU-s szabályozása	6
3.1.3	Magyar szabályozás	7
3.1.4	Szállópor mérése	8
3.2	Az utak levegőminőségre gyakorolt hatása.....	9
3.3	Zajszennyezés	9
3.4	Zajszennyezés európai szabályozása.....	9
3.5	Zajszennyezés magyar szabályozása.....	10
3.6	A közlekedés hatása a zajterhelésre	13
3.7	Az ipari és szolgáltató tevékenység hatása a zajterhelésre	14
3.8	Szabadidős tevékenységek és zaj	15
3.9	Népesség növekedésének alakulása a zajszennyezettség.....	15
4.	MÉRŐ ESZKÖZÖK.....	17
4.1	Alkalmazott mérő eszközök.....	17

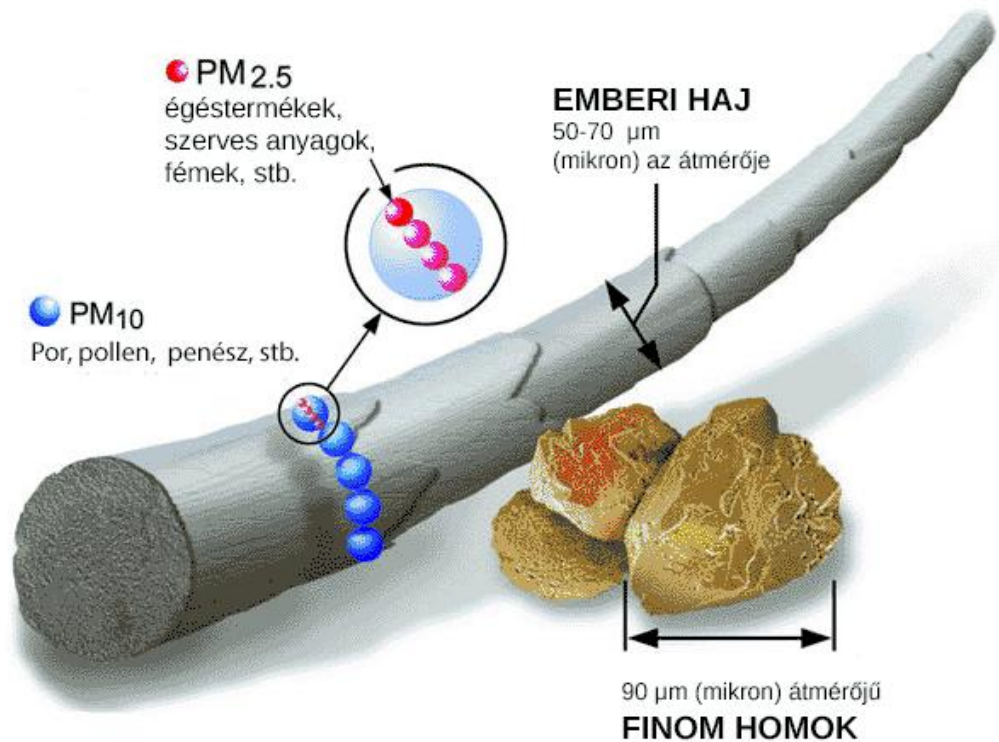
4.1.1	Szállópor mérésére használt mérő műszer.....	17
4.1.2	Zaj mérésére használt eszköz.....	17
4.2	Térinformatika.....	18
4.2.1	Alkalmazott interpolációs módszerek és fogalmuk.....	19
5.	MÉRÉSEK BEMUTATÁSA	20
5.1	Mérési terület bemutatása	20
5.2	Saját mérések bemutatása	23
5.3	Összehasonlító mérések a mérőállomásnál.....	23
5.4	Mérések a teszt tömbnél.....	31
5.5	Mérések összehasonlítása.....	40
5.6	Eredmények értékelése.....	43
5.7	Hipotézisek igazolása.....	44
6.	ÖSSZEFOGLALÓ.....	45
7.	SUMMARY	46
8.	MELLÉKLETEK.....	47
8.1	1. melléklet.....	47
8.2	2. melléklet.....	51
8.3	3. melléklet.....	52
9.	IRODALOMJEGYZÉK	54
10.	ÁBRAJEGYZÉK.....	59

1. BEVEZETÉS

A szakdolgozat azt vizsgálja milyen kapcsolat fedezhető fel a nagyvárosokban a kis méretű szállópor részecskéinek koncentrációja és a vizsgálat helyén mérhető környezeti zajterhelés között. Ezen kapcsolat vizsgálatához szükséges ismernünk a finomszemcsés porok és a zajterhelés fogalmát, mértékét és jogi szabályozásukat. A kapcsolat vizsgálatának szempontjából elengedhetetlennek tartottam, hogy vizsgáljam a lég- és zajszenyezettség legfőbb forrásait és azok alakulását is. A fogalmak, a körülmények és a ható tényezők megvizsgálását követően ismertetem a feldolgozáshoz használt térinformatikai szoftvereket és a szakdolgozatomban használt interpolációs módszereket, valamint a méréshez használt műszereket és eszközöket. Ezt követően bemutatom a mérési területet és a vizsgálatához készült referencia méréseket. A dolgozat befejező részében értékelem a kapott eredményeket.

1.1 A szállópor fogalma

A kisméretű részecskék rövidítésére a PM-et használjuk, amely az angol particulate matter kifejezésből ered. Magyarországon a szállópor kifejezés terjedt el, a hatályban lévő jogszabályok és az Európai Parlament és a Tanács 2008/50/EK Irányelve is ezt a kifejezést használja. A szállópor a 10 mikrométernél kisebb, de 1 nanométernél nagyobb átmérőjű aeroszól molekula csoport (1. ábra), vagyis gázokban finoman elosztott cseppfolyós vagy szilárd részecskék együttes rendszere. A szállóport meg kell különböztetni az ülepedő portól, ugyanis a 10 mikrométer feletti szemcséknél kezdődik meg a gravitációs ülepedés. A PM_{10} a 10 mikrométer részecskeátmérő alatti tartományban elhelyezkedő anyagokat jelenti, a $PM_{2,5}$ pedig a 2,5 mikrométer alatti részecskeátmérővel rendelkező anyagokat. [1]



1. ábra A szállópor részecske frakciók méretaránya [2]

A szállópor összetétele változó lehet ezért a 2008/50/EK irányelvben meghatározott EN 12341 szabvány szerint a 10 μm aerodinamikai átmérőjű méret szelektív szűrőn 50%-os hatékonysággal átengedett részecskék koncentrációja adja meg a PM₁₀ koncentrációt. A PM₁₀ és PM_{2,5} a levegőben lebegve nagy kockázatot jelent egészségügyi szempontból mivel a 10 mikronnál kisebb szemcsék átjutnak a garaton, a 4 mikronnál kisebbek bejutnak a tüdőbe és a 2,5 mikronnál kisebbek pedig megtapadnak a tüdőben ezáltal egyáltalán nem, vagy csak nehezen ürülnek ki a szervezetből, [3] ez később légúti vagy más egészségügyi problémákat okozhat, például asztma vagy tüdőrák.

1.2 A zaj fogalma

A zajt olyan hangokként definiáljuk, amely nem kívánatos, legyen az a hangerő miatt, vagy mert bosszantóak, zavarják a figyelmet, vagy éppen a pihenést. A zajszenyezés azt jelenti, hogy a környezetünkben olyan hangok vannak jelen, melyek az emberi tevékenység következtében keletkeznek, és ártalmasak vagy zavaróak lehetnek az emberek számára. Nehezen kezelhető környezetszennyezés-fajta, mert a „zaj” nem mérhető fizikai mennyiség, vagyis nincs objektív mérőszáma annak, hogy valami mennyire kellemetlen vagy zavaró. Szükséges ismernünk a zajforrások fajtáit, illetve a zajterjedésének természetét, mivel a hang hullámjelenség. Terjedése a hullámterjedés jelenségén alapul (visszaverődés, elnyelődés, elhajlás, törés és interferencia). A hanghullámokat hordozó közeg általánosságban a levegő, ezért a zajterjedés szempontjából fontos a szél hatása. [4]

„A hang erőssége a közeg nyomásingadozásától, a nyomáshullámok amplitúdójától függ. (...) Az emberi füllel érzékelhető legkisebb hangnyomás a hallásküszöb. A hallható hangok felső határa körülbelül az a hangnyomás, amely már fájdalmat okoz, ez a fájdalomküszöb. A két küszöbérték közötti hangerősség-tartomány 12 nagyságrendnyi, azaz a leghalkabb, még éppen hallható hangnál a leghangosabb, még éppen elviselhető hang 10^{12} -szer, azaz 10 billiószor erősebb. (...) Ezt a jelenséget úgy lehet megfogni, formalizálni, hogy bevezetünk egy új mértékegységet a hangintenzitás *helyett*, amely követi az érzékelésünk skáláját. Ez az új mértékegység a decibel, vagy dB (Alexander Graham Bell (1847-1922), a telefon amerikai feltalálója után). ” [5]

2. HIPOTÉZISEK

Kutatásom szemléltetése céljából a témával kapcsolatos irodalmak feldolgozását végeztem el, amelyek alapján fogalmaztam meg a kutatási hipotéziseimet. Az szakirodalom feldolgozása után, valamint az általam végzett mérések során szerzett tapasztalatok alapján az alábbi hipotézisekből indultam ki:

2.1 H1

A városi közlekedésből származó por és zajterhelés kapcsolatba hozható egymással a kibocsátás környezetében mért értékek alapján.

2.2 H2

A frekventált területeken megnövekedett koncentrációjú por és magas zajterhelés tapasztalható.

2.3 H3

A népesség növekedése és a népsűrűség közvetlen kapcsolatba hozható a szállópor és a légszennyezettség mértékével.

3. IRODALMI ALAPOK ÉS KAPCSOLÓDÓ KUTATÁSOK

Ebben a fejezetben a dolgozatom elméleti hipotéziseinek alátámasztásául szolgáló kutatásokat mutatom be szakirodalmakon keresztül, amelyek a légszennyezettséggel és a zajterheléssel foglalkoznak.

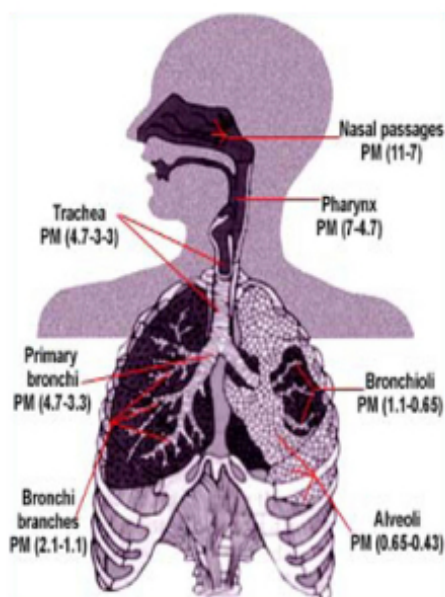
3.1 Légszennyezés

A földi élet kialakulásának feltétele a légkör. „A légkör a Földet körülvevő levegőburok gázok keverékéből áll, ezen kívül cseppfolyós és szilárd anyagokat is tartalmaz diszperz (szétszört) állapotban.” [6, p. 79] Természetes levegő alatt emberi szennyező anyagok által mentes levegőt kell érteni.

Az irodalom kétféle légszennyező forrást különböztet meg, természetes és antropogén forrásból származó légszennyezés. A természetes forrásból származók tulajdonsága, hogy nagy mennyiségű szennyezőanyagot bocsátanak ki a levegőbe, de ezek eloszlának nagy területen, így a koncentráció rövid ideig emelkedik csak veszélyes szintre. Ide tartoznak a vulkánok, erdőtüzek, óceánok tengeri sói, kozmikus por, növényi pollenek, mocsarak és nedves területek kibocsátásai, valamint más, emberiség által nem befolyásolt szennyeződések. Az antropogén eredetű légszennyező források az emberi tevékenység következtében jönnek létre. Ezeket négy fő alcsoportra lehet osztani: ipari kibocsátások, lakossági fűtés, közlekedés és mezőgazdasági tevékenységek. Ezen források által kibocsátott szennyezőanyagok hozzájárulnak a levegő minőségének romlásához. [7]

3.1.1 Szállópor hatása az egészségre

Az apró méretű szállópor a legtöbb esetben nem érzékelhetőek az érzékszerveinkkel. Ennek ellenére komoly hangsúlyt kell fektetni a megjelenésének, mértékének vizsgálatára, mivel tartós belégzése akár komoly egészségkárosodáshoz is vezethet, vagy jelentős mértékben hozzájárulhat azok kialakulásához.



2. ábra A PM mérete az expozíció szempontjából is fontos, mert a PM_{10} a hörgőkbe, a $PM_{2,5}$ a hörgőcskékbe és a léghólyagcskákba is eljut. [8]

„A legutóbbi WHO becslések azt mutatják, hogy egészségügyi szempontból a PM_{10} -en belül a $PM_{2,5}$ -nek nagyobb a jelentősége a nagyobb részecskékhez képest, különösen az élethosszra gyakorolt hatás tekintetében. Ez a frakció eljut a tüdőbe, akkumulálódik, és egyrészt fizikailag rontja a tüdőt és csökkenti a gázcserélő képességet, másrészt a por felületén megtapadva sokféle mérgező vegyület megtapadhat, amik gyulladás-hoz, betegségekhez vezethetnek, vagy érszűkületet, születési rendellenességet és gyermekkori légúti betegségeket okozhatnak (2. ábra). A $PM_{2,5}$ - PM_{10} frakció elsősorban a légzési megbetegedések kialakulását idézi elő.” [8]

Az Európai Unióban a harmadik leggyakoribb halálozási ok a légzőszervi megbetegedés. Ennek okán az Európai Unió Környezetvédelmi Ügynöksége közel 3000 helyszínen elhelyezett mérőállomás segítségével követi nyomon és elemzi az Európai Unió szállópor mennyiségét.

3.1.2 Légszennyezés EU-s szabályozása

Az emberi egészség megőrzésének érdekében csökkenteni kell a légszennyezés felelős források számát és szennyezés mértékét. Amennyiben a levegő minőségi állapota jó ezen állapotot fenn kell tartani vagy tovább kell javítani, azonban, ha a környezeti levegő minősége a vonatkozó EU TANÁCS 2008/50/EK irányelvében meghatározott célkitűzéseket nem éri el a tagállamnak intézkedéseket kell végrehajtania a határérték elérésének biztosítására és ezen értékek hosszútávú fenntartásának érdekében. Mintavételi pontokat kell létesíteni oly módon, hogy az a tagállam népsűrűségét tükröző zónákban vagy az agglomerációkba modellezni lehessen a légszennyezés mértékét. Annak biztosítása érdekében, hogy a mérések az adott környezetre tekintettel reprezentatívak lehessen-

nek, illetve, hogy a mérések egymással összehasonlíthatóak lehessenek szabványosított mérési technológiát kell alkalmazni. A finom szállópor számos káros hatást gyakorol az emberi egészségre, jelenleg nem ismert olyan mérhető küszöbérték, amely alatt ne jelentene veszélyt. A mérőállomásokon a finom porra vonatkozó méréseket kell végezzenek, ezen mérések a PM_{2,5} és PM₁₀ tartományba tartozó finom por részecskék koncentrációját kell detektálnia. A mérések modellezési bizonytalansága miatt órás, nyolcórás, napi és éves intervallumú időkben kell a szállópor átlag koncentrációját rögzíteni. A tagállamnak a levegőminőségre vonatkozó adatokat össze kell gyűjtenie és meg kell osztania a nyilvánossággal, a jobb megértése és megfelelő szakpolitikák kidolgozása érdekében. [9] 2005 óta a PM₁₀-re vonatkozó egy napi egészségügyi határérték (24 órás átlag): 50 mikrogramm/m³, az éves 40 mikrogramm/m³. A tűréshatár a napi határértéknél 50%, míg az éves határértéknél 20%. [3] A PM_{2,5}-re jelenleg csak éves átlag határérték létezik, melynek értéke a 2015. évtől: 25 mikrogramm/m³.

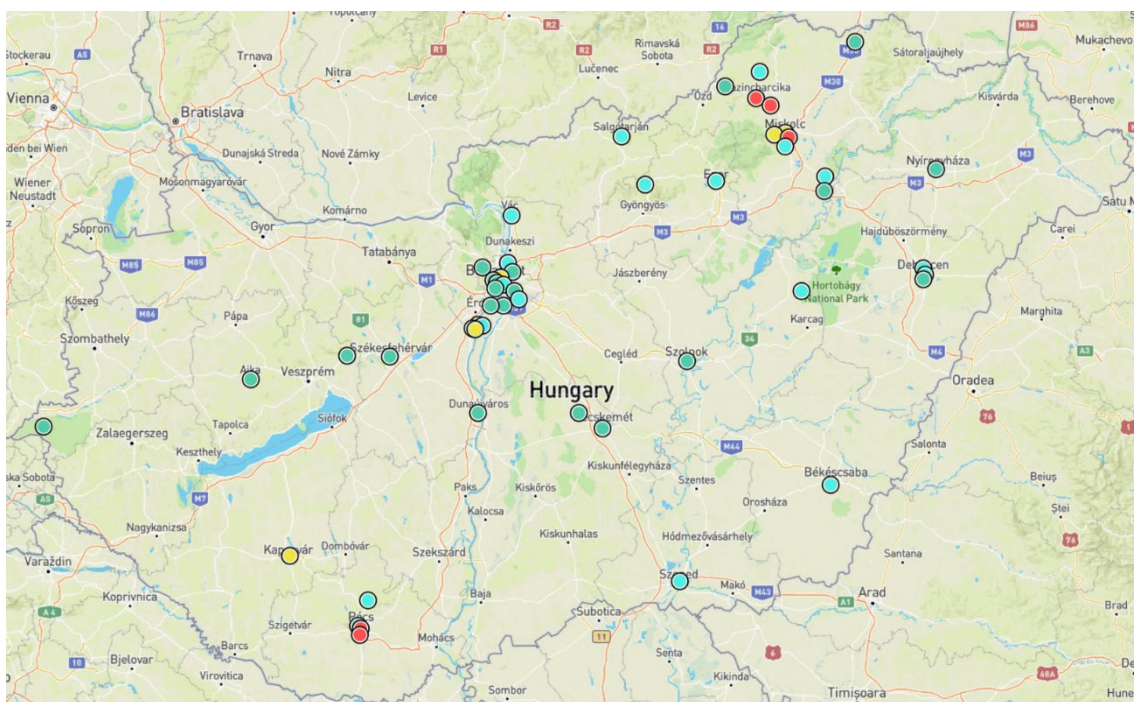
3.1.3 Magyar szabályozás

A szállópor szennyezettség Magyarországon és Európában is jelentős környezetvédelmi gondot okoz. 2003-ban Magyarországon a levegőszennyezettség jelentősen meghaladta az európai átlagot (Európában 31,2 µg/m³, Magyarországon 40,1 µg/m³). Magyarországon az utóbbi évekre jelentősen javult a helyzet és az európai átlagára csökkent a légszennyezettségi szint (2018-ban az európai átlag 20,5 µg/m³, míg Magyarország 24,4 µg/m³). 2008-ban az Európai Bizottság figyelmeztette Magyarországot amiatt, mert nem tett meg mindent a kitűzött határidőig, hogy a határérték alá csökkentse a szállópor koncentrációját. [3] Ezek után a Kormány 1330/2011. (X.12.) határozatot adott ki, amelynek célja a szállópor csökkentése, illetve ágazati intézkedési programot fogadott el a cél elérésének érdekében. Ezek mellett elindította PM₁₀ csökkentési programját. A program célja, hogy 2030-ig a meghatározott intézkedések betartása mellett a szállópor koncentráció 10-20%-kal csökkenjen. [10]

3.1.4 Szállópor mérése

„A szabad légköri vizsgálatokat immisszió-méréseknek, levegőminőség vizsgálatoknak is nevezzük. A kibocsátások vizsgálatát emisszió-méréseknek nevezzük.” [11, p. 5] Az immisszió-mérés légköri nyomáson és hőmérsékleten történik, pillanatnyi értékeit főként meteorológiai tényezőktől függ.

A légszennyezettség mérése Európai Unió követelmény 2001-óta. Ezen követelménynek eleget téve az Agrárminisztérium a légszennyezettség mérést és értékelését az Országos Meteorológiai Szolgálattal együtt működve kiépítette az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózatot (OLM). [12] A mérő hálózat 54 darab automata mérőállomásból áll (3. ábra), amely egész évben a nap 24 órájában végzi a szállópor koncentráció mérését és rögzítését. [13]



3. ábra Az OLM mérőállomásai [14]

3.2 Az utak levegőminőségre gyakorolt hatása

Egy, a Szegedi Tudományegyetem geográfusai által végzett kutatásban kimutatták, hogy a szállópor mennyisége és a burkolt közúthálózat sűrűsége között szoros összefüggés mutatkozik. Ezen belül részletesen megvizsgálták, hogy a különböző úttípusok milyen mértékben befolyásolják ezt a hatást. Megállapították, hogy az autópályák sűrűsége azokon a területeken, ahol jellemzően fel-, illetve lecsatlakoznak a közlekedésben résztvevők, jelentősen nagyobb hatással van a szállópor alakulására, míg azokon a szakaszokon, ahol állandó, egyenletes sebességgel közlekednek, ez az összefüggés nem figyelhető meg. Ennek oka, hogy sokkal kevésbé szennyezik a levegőt az egyenletes sebességgel haladó gépjárművek. A tanulmány szerzői kimutatták továbbá azt is, hogy a sűrű vasúthálózatnak jótékony, szállópor koncentrációt csökkentő hatása van. [15]

3.3 Zajszenyezés

A zaj és hanghatások végig kísérik az emberiség történelmét, civilizációnk része. Az önkifejezés fontos részét képezi a hang, a beszéd vagy az ének, ezek mind szerepet játszottak a fejlődésünk során. A modern kori urbanizáció megnövelte a lakosság zajterhelését, a városokban megnövekedett a forgalom a magas lakóépületek és irodaházak esetében a liftek és szellőzőberendezések további zajforrásokat jelentenek. A társadalom egy része a zajt a civilizációnk szükséges velejárójának tekinti, ami ellen küzdeni értelmetlen és felesleges. Viszont mások szerint a zaj elviselhetetlenné teszi életünket, ezért mindent meg kell tennünk, hogy ne csak a zajt csökkentsük, hanem a zajok forrását kell eltávolítani életünkől, ezzel megteremtve egy nyugodt élhető környezetet. Egyértelmű tehát, hogy foglalkoznunk kell a zajjal, mint jelenséggel, hiszen ez egy fontos tényező környezeti állapotunkban. Eközben azonban felmérhetjük azokat a zajszinteket, amelyek mellett az átlagos zajérzékenységgű, egészséges emberek nyugodt életmódja biztosítható. [5]

3.4 Zajszenyezés európai szabályozása

Az Európai Parlament és Tanács 2002. június 12.-én adta ki a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről rendelkező irányelvét (2002/49/EK), amely alapján: “A környezet és

az egészség védelmének magas szintjének megvalósítása a közösségi politika része, és a kitűzött célok egyike a zaj elleni védelem.” [16]

Az irányelv által meghatározott célkitűzések a következők:

„(1) Az irányelv célja egy olyan közös megközelítési mód meghatározása, amelynek révén elsőbbségi alapon elkerülhetők, megelőzhetők vagy csökkenthetők a környezeti zaj okozta káros hatások, ideértve a zajterhelést is. E célból az alábbi intézkedéseket kell fokozatosan végrehajtani:

- a) a tagállamok közös értékelési módszereinek alkalmazásával készített zajtérképek révén a környezeti zajnak való kitettség mértékének a meghatározása;
- b) annak biztosítása, hogy a környezeti zajra és annak hatásaira vonatkozó információk a közvélemény rendelkezésére álljanak;
- c) cselekvési tervek tagállami szintű elfogadása a zajtérképek alapján, a környezeti zajnak a szükséges helyeken történő megelőzése és csökkentése érdekében, különösen ott, ahol az expozíciós szintek káros hatást gyakorolnak az emberi egészségre, továbbá a környezeti zaj szintjének megőrzésére azokon a helyeken, ahol az jelenleg megfelelő.

(2) Az irányelv célja továbbá megalapozni a jelentősebb zajforrások – különösen a közúti és vasúti járművek és infrastruktúra, a repülőgépek, a kültéri használatra tervezett és ipari berendezések és mobil munkagépek – által kibocsátott zaj csökkentésére irányuló közösségi intézkedések kifejlesztését.” [17, p. 2]

3.5 Zajszenyezés magyar szabályozása

A magyar szabályozásban a 2019. évi 27/2008 (XII.3.) KvVM - EüM együttes rendelete állapítja meg a környezeti zaj - és rezgésterhelési határértékeket.

A rendelet meghatározza azt a legnagyobb forrástól származó rezgésjelet, mint vizsgálati küszöbértéket, amelynek túllépése esetén további vizsgálatokat szükséges végezni. A rendelet külön vizsgálja a zajtól védendő területet, illetve a zaj forrásait. A terhelési

határértéket a különböző zajforrást jelentő tevékenységek tekintetében összesen 5 különböző hatásterület meghatározásával szabályozza, ezek a területek:

1. Üdülőterület
2. Lakóterület (kisváros, kertváros, falu, telepszerű lakóterület)
3. Lakóterület (nagyvárosi)
4. Gazdasági terület

A fent felsorolt főbb területi csoportosítások mellett a rendelet megállapít egy “különleges területek” kategóriát is, amely tartalmazza többek között az egészségügyi területeket, oktatási létesítmények területét, a temetőket, egyes zöldterületeket.

A rendelet által több mellékletben részletezett határértékek közül a vizsgálatom számára releváns határértékek a lakóterületekre vonatkozó értékek.

Lakóterületre (kisváros, kertváros, falu, település) meghatározott határértékek (4. ábra):

Zajforrás	Határérték (dB)	
	Nappal (06-22 óra)	Éjszaka (22-06)
Üzemi és szabadidős létesítmény	50	40
Maximum 1 hónapig tartó építési kivitelezési tevékenység	65	50
1 hónapnál hosszabb, de legfeljebb 1 évig tartó építési kivitelezési tevékenység	60	45
1 évnél tovább tartó építési kivitelezési tevékenység	55	40
Közlekedés- kiszolgáló út, lakóút	55	45
Közlekedés- mellékutak, gyűjtőutak, külterületi közutak	60	50
Közlekedés- gyorsforgalmi utak, főutak, belterületi elsőrendű főutak és belterületi másodrendű főutak	65	55

4. ábra Zaj lakóterületre (kisváros, kertváros, falu, település) meghatározott határértéke [18]

Lakóterületre (nagyváros) meghatározott határértékek (5. ábra):

Zajforrás	Határérték (dB)	
	Nappal (06-22 óra)	Éjszaka (22-06)
Üzemi és szabadidős létesítmény	55	45
Maximum 1 hónapig tartó építési kivitelezési tevékenység	70	55
1 hónapnál hosszabb, de legfeljebb 1 évig tartó építési kivitelezési tevékenység	65	50
1 évnél tovább tartó építési kivitelezési tevékenység	65	50
Közlekedés- kiszolgáló út, lakóút	60	50
Közlekedés- mellékutak, gyűjtőutak, külterületi közutak	65	55
Közlekedés- gyorsforgalmi utak, főutak, belterületi elsőrendű főutak és belterületi másodrendű főutak	65	55

5. ábra Zaj lakóterületre (nagyváros) meghatározott határértéke [18]

(*Saját készítésű összegző táblázat a 27/2008 (XII. 3.) KvVM .EüM együttes rendelete alapján. A táblázat nem teljes körű és nem tartalmaz minden törvényi előírást, kizárólag a kutatás szempontjából releváns információkat tartalmazzák!)

A táblázatból jól kivehető, hogy a nagyvárosokban a nappali zajterhelési határérték 55 és 70 dB, az éjszakai 45 és 55 dB között mozog, míg a kisvárosban ezek a határértékek nappali időszakban 50 és 65 dB, míg este 22 és reggel 06 óra között 40 és 55 dB közötti értékek lehetnek, a zaj forrásától függően.

A 2007. évi 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet 6. § (4) a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól azonban úgy határoz, hogy “Azoknál a környezeti zajforrásoknál, amelyeknél a környezeti zajforrás üzemeltetője a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló miniszteri rendelet alapján felmentést kaphatnak a környezetvédelmi hatóság által határozatban megállapított zajkibocsátási határérték betartása alól, hatásterületnek a felmentéssel nem érintett napokra vonatkozó zajterhelési határérték alapján megállapított hatásterületet kell tekinteni.” [19]

Tehát bizonyos esetekben lehetőség van arra, hogy a rendeletben meghatározott határértéknél magasabb dB zajterheléssel járjon egy-egy tevékenység, jellemzően például az építési tevékenységek, vagy nagyszabású rendezvények.

A rendelet külön védendő területként kezeli egyes épületek és épületrészek egységeit is, azonban ezek a határértékek a vizsgálat szempontjából nem relevánsak.

A határértékek megállapításáról és a kibocsátás ellenőrzésének módjáról a 2007. évi 93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet határoz, amely részletesen tartalmazza, hogy mely zajforrások és mely hatásterületek esetében milyen számítási módszereket szükséges alkalmazni.

Magyarországon érvényben vannak olyan egyéb kormányrendeletek, amelyek egy-egy területre vonatkozóan további intézkedésekről rendelkeznek a környezeti zaj értékelésével és kezelésével kapcsolatban. Ilyen például a 2004. évi 280/2004 (X.20.) Kormány rendelet is, amelynek hatása Budapestre és annak vonzáskörzetére terjed ki.

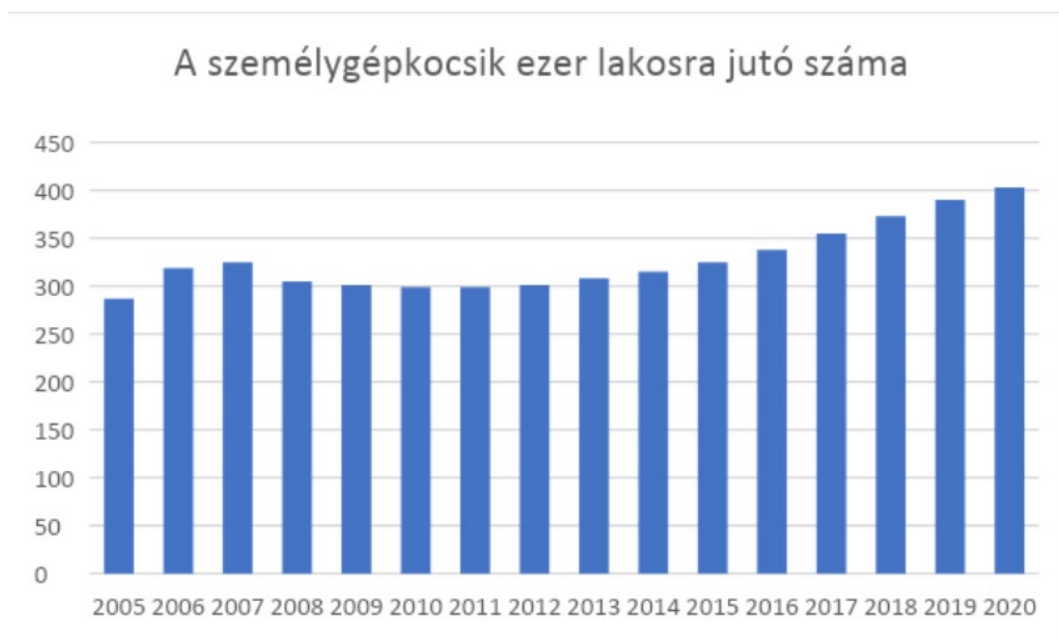
A zajterhelési határérték, illetve a felmentés idejére vonatkozó határérték átlépése esetén környezetvédelmi hatóság zaj- és rezgésbírságot, mint környezetvédelmi bírságot szabhat ki. A bírság kiszabásának részletes előírásait és mértékét az 1995. évi LIII. törvény és a 2007. évi 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet tartalmazza.

3.6 A közlekedés hatása a zajterhelésre

A közlekedés a szállópor mellett a zajterhelésre is nagy hatással van. A közlekedési ágazatok közül a közúti közlekedés a legjelentősebb zajforrás, melynek mértékét a forgalom nagysága és az útburkolat minősége mellett a gépjárművek állapota is befolyásol.

A Magyar Közút Nonprofit Zrt. által közzétett adatok alapján 2022 -ben Fejér vármegyében a főúthálózatok átlagos napi forgalma 8267 jármű, míg mellékúthálózaton 2403 jármű halad át napi szinten. Ezek az adatok 2012 -ben főút hálózatok tekintetében 6831 jármű, mellékút hálózatok esetében pedig 1758 jármű volt naponta. [20]

A jelentős közúti forgalom növekedését az is jól szemlélteti, hogy évről évre növekszik az ezer lakosra jutó személygépkocsik száma.



6. ábra Személygépkocsik ezer lakosra jutó száma [21]

Jelentős a zajszennyezettsége a vasúti forgalomnak és szállítmányozásnak is. Bár a szállópor mértékének alakulására kedvezően hat, a vasúti forgalom - főként a lakott területeken belül áthaladó vonalak esetében- a zajártalmak egy igen jelentős részéért felelnek. A közlekedés vizsgálata során fontos kiemelni a légi közlekedést is, mivel a zajvédelem egyik legnagyobb problémája a repülési zaj, amelynek legfőbb forrása a légi közlekedés. [22]

3.7 Az ipari és szolgáltató tevékenység hatása a zajterhelésre

A növekvő gépjárműforgalom mellett a zajszennyezettség egy jelentős forrása az ipari és a szolgáltató tevékenység. A városok külső peremén létesített üzemek állandó, nagy

zajjal járnak, azonban elhelyezkedésük miatt - a vasúti közlekedésből származó zajokhoz hasonlóan - kisebb területre terjed ki, így a városi lakosság csak egy kisebb részét érinti.

A városon belül zajló építkezési és felújítási munkálatok során használt erőgépek, főként a nagy méretű irodaházak, üzletházak, bankok létesítése érdekében használt munkagépek nagyobb mértékben terhelik a zajszintet. Sok esetben a kivitelezés során a vonatkozó zajvédelmi előírások betartása megkérdőjelezhető. Az építkezésből származó zajok nem tekinthetők sem időben, sem térben állandó zaj forrásának, hiszen egy-egy területen zajló építkezés nem hat ki a teljes városi környezetre, és időtartamát tekintve sem állandó.

Összegezve tehát az ipari üzemek egy állandó, azonban nagyrészt a lakott területeken kívül eső zajforrást jelentenek, míg az építkezések során keletkező zajok ideiglenes jelleggel, nagyrészt azonban frekvenciált helyeken jelentkeznek.

3.8 Szabadidős tevékenységek és zaj

A különböző szabadidő sport -és kulturális létesítmények és események, a vendéglátó egységek, illetve a szórakozóhelyek is zajforrásként jelennek meg a város életében.

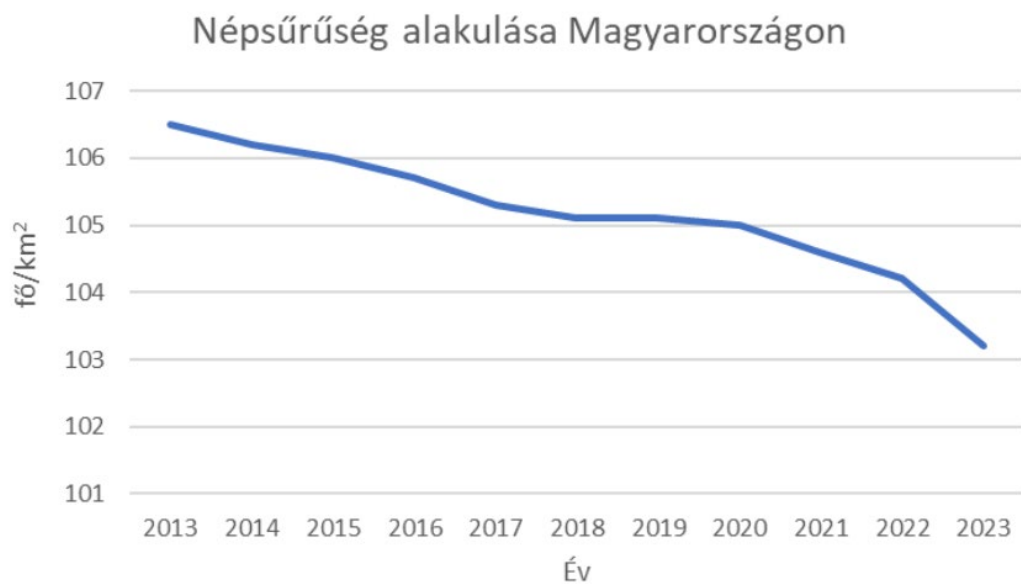
3.9 Népeség növekedésének alakulása a zajszennyezettségre

A zaj forrása legyen szó közlekedési, ipari, építési, vagy szabadidős tevékenységből származó zajról, mind az emberi tevékenység része. A zajszennyezettség alakulására így jelentős hatással van a népesség és a népsűrűség változása is.

Magyarországon az elmúlt 10 évben folyamatosan csökkent a lakosság száma. Míg 2013-ban 9.908.798. fő élt Magyarországon, addig ez a szám 2023 -ra 9.599.744. főre csökkent (7. ábra). A népesség számának csökkenése mellett a népsűrűség is csökkenő tendenciát mutat (8. ábra).



7. ábra Magyarország lakossága [23]



8. ábra Népsűrűség alakulás Magyarországon [24]

4. MÉRŐ ESZKÖZÖK

4.1 Alkalmazott mérő eszközök

4.1.1 Szállópor mérésére használt mérő műszer

Az szakdolgozatban szereplő összes szállópor értéket a PCE-MPC 10 kézi levegő-mintavevő és részecskemérő műszerrel mértem (9. ábra). PCE-MPC 10 a PM_{10} és $PM_{2,5}$ szállópor koncentráció mérése mellett alkalmas a levegő hőmérséklet és aktuális páratartalom mérésére egyidejűleg. A 0 és $2000 \mu g/m^3$ közötti tartományban képes $1 \mu g/m^3$ -es pontossággal kimutatni a PM koncentrációt. A koncentráció mérést a megadott idő intervallumban képes rögzíteni, amely lehet 30 másodperc, 1 perc, 2 perc vagy 5 perc. [25] A szakdolgozathoz végzett mérések során a műszer 1 perces mérési periódusba volt állítva és folyamatos rögzítésre volt állítva a PM_{10} és $PM_{2,5}$ koncentráció mérése.



9. ábra PCE-MPC 10 kézi szállópor mérő [25]

4.1.2 Zaj mérésére használt eszköz

A zaj mérésére okostelefonok mikrofonját használtam. A használt készülékre telepítettem a Noise Capture nevű zaj mérő alkalmazást (10. ábra). Az alkalmazásban a mérések előtt kalibráltam a telefon mikrofonját. A kalibrációt referencia méréssel végeztem többi

eszközön egy időben futtattam zajmérést az Óvd a füled! weboldal zajszintmérés moduljával (11. ábra). A mikrofon kalibrálása után beállítottam a mérés periódusát, ezt a szállópor méréséhez hangolva 1 percre állítottam. Az alkalmazás a folyamatos zajszintmérés és rögzítés mellett átlag zajszintet is számolt a mérési periódusok végén, illetve folyamatosan rögzítette a mérési pozíciót.



10. ábra Noise Capture [26]



11. ábra Óvd a füled! [27]

4.2 Térinformatika

A technológia és a tudomány fejlődése nagy hatással van földmérő és földrendező mérnöki munka fejlődésére is. A távcső feltalálása, a légi fényképezés bevezetése, az űrtechnika fejlődése, az internet kialakulása, valamint a számítástechnika és az informatika folyamatos, gyors ütemű változása mind jelentős változást hozott a földmérő munka világába is.

A térbeli adatok számítógépes feldolgozása elengedhetetlen része a földmérő szakma fejlődésének. A térinformatikai ismeretek, annak módszerei, az alkalmazott rendszerek és technológiák ismerete kiemelt szerepet játszik a tevékenység elvégzésében.

“A térinformatika az informatika egy speciális ága, a helyhez köthető (térbeli, földrajzi) adatok gyűjtésével, feldolgozásával, kezelésével, menedzselésével, elemzésével, a térbeli információk megjelenítésével, a térbeli döntések támogatásával, a térbeli folyamatok megfigyelésével és modellezésével foglalkozó tudomány” [28, p. 2]

“A térinformatikai rendszer a térinformatika tudományának eszköze. A fogalomra elterjedten használják a földrajzi információs rendszer kifejezést, ami az angol Geographical Information System (GIS) magyarra fordításával keletkezett.” [28, p. 2]

Szakmai körökben a földrajzi információs rendszer kifejezés helyett a térinformatikai rendszer a használatos. A térinformatikai rendszer a térbeli információkat szövegesen, grafikusán, térképszerűen, vagy akár multimédia környezetben is képes megjeleníteni. Én a szakdolgozatomban az ArcGIS nevű programot használtam a mért adatok térképi megjelenítésére.

4.2.1 Alkalmazott interpolációs módszerek és fogalmuk

Korreláció:

Két érték egymáshoz való viszonyát fejezi ki.

Interpoláció meghatározása:

„Az adatgyűjtés során a terepfelszín lényeges tárgyairól, tulajdonságairól diszkrét adatokat szerzünk. Ezek az adatok a terep valamely kiválasztott pontjára (támpont, adott pont, mért pont) vonatkoznak. A levezetendő pontokon az információ számításakor a modellező rendszer a támpontokat használja kiinduló adatként, a felületillesztés ezekre támaszkodik (innen a támpont elnevezés). A térbeli interpoláció egy olyan művelet, ami a minta-vételezett területeken, a közvetlenül nem mért pontok magasságának vagy egyéb tulajdonságának kiszámítására szolgál.” [29, p. 7]

5. MÉRÉSEK BEMUTATÁSA

5.1 Mérési terület bemutatása

Ahogy a kapcsolódó jogszabályokat taglaló részben már említésre került, az Európai Unió mind a zajszennyezettséggel, mint szállópor mértékével kapcsolatban különböző kötelezettségeket határoz meg a tagállamokkal szemben.

Magyarország az Európai Unió irányelveinek eleget téve a zajterhelés kezeléséről a környezetvédelmi törvény módosításával, illetve új, vonatkozó rendeletek kiadásával, szállópor tekintetében pedig kormányzati határozatok kiadásával biztosította a szállópor és a zajterhelés vizsgálatát és kezelését.

A magyarországi szabályozás előírja, hogy a 100.000. főt meghaladó lakossal rendelkező városok stratégiai zajtérkép, illetve intézkedési terv készítésére kötelezettek. Ennek megfelelően Székesfehérvár települési önkormányzata elsőként 2011 és 2013 között elkészítette a város zajtérképét és intézkedési tervét, illetve a környezeti zajterhelés csökkentését irányzó projekteket hajtott végre.

Székesfehérvár városát számos nagy forgalmi út szeli át, így közlekedési csomópontnak tekinthető. A település zajszennyezettségét illetően a közlekedés a legmeghatározóbb tényező. Ennek megfelelően a végrehajtott intézkedések is elsősorban a közlekedésből származó zajok csökkentését célozták. Ilyen intézkedések voltak a zajvédő falak kiépítése, útburkolati felújítások, forgalomtechnikai beavatkozások, elkerülő útszakaszok kiépítése. [30]

“Székesfehérvár közigazgatási területén belül a közúti zajjal terhelt kritikus területek a következők:

- Új Csóri u.
- Kelemen Béla u. (Beszédes J. tér – Halász u. közötti szakasz)
- Prohászka O. u. (Horvát I. u. – Mártírok u. közötti szakasz)
- Mártírok u. (Lövolde u. – Madách I. u. közötti szakasz)

- Királýsor u.
- Gáz u.
- Széna tér
- József A. u.
- Mikszáth K. u.
- Zámoly u.
- Szent Flórián Krt. (Kiskút u-tól – Berényi u-ig)
- Kadocsa u. (Berényi u-tól Lehet u-ig)
- Kisteleki u. teljes hosszában
- Géza u.
- Karinthy F. u.
- Budai u. (Seregélyesi u-tól városhatárig)
- Fiskális u. teljes hosszában
- Pozsonyi u. (Csokonai u-tól a városhatárig)
- Kassai u. teljes hosszában
- Seregélyesi u. (Kadocsa u-tól Sereg u. magasságáig)
- Adonyi u. (Zenta u-tól Verseci u-ig)
- Szárcsa u. (körforgalomtól a Sárkeresztúri útig)
- Sárkeresztúri u. (Juharfa u-tól Szüret u-ig)
- Balatoni u. (Sóstó Újtelep melletti szakasza)
- Farkasverem u. (Rába u. – Palotai u. közötti szakasz)” [30, p. 55]

A Nemzeti Népegészségügyi Központ által közzétett adatok alapján 2023 -ban Székesfehérvár levegőhigiénés indexe az elfogadható kategóriába sorolható, míg a 2022 dec-

emberében közzétett adatok alapján kifogásolható minősítést kapott Székesfehérvár városa. [31]

A Közép-Dunántúli Környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőség 2013. novemberében kiadott levegőminőségi terve alapján Székesfehérvár 2004 és 2013 között a belvárosi átmenő forgalmak csökkentésével, behajtási korlátozásokkal, sebességcsökkentésekkel, a tehergépjárművek átmenő forgalmának tiltásával és a kerékpáros közlekedési hálózat fejlesztésével igyekezett befolyásolni a levegő minőségét.

Székesfehérvár önkormányzata III. Középtávú környezetvédelmi programjában környezetvédelmi célként jelölte ki többek között “...a légszennyezés csökkentésének érdekében a közösségi közlekedés népszerűsítése, vonzóbbá tétele a járatok hálózatának az igényekhez való igazodásával, az üzemanyag felhasználásának racionalizálása, az EU által támogatott elektromos meghajtás fokozatos kiterjesztése” [32, p. 33] feladatát.

Emellett a program leírása szerint

“A szállópor PM10 koncentráció növekedéséhez hozzájárul az avar és kerti hulladékok nyílttéri égetése. Ennek tudatában a város Közgyűlése megalkotta a 32/2012. (V.31.) számú önkormányzati rendeletét az avar és növényi hulladék nyílttéri égetéséről. A rendelet előírásai alapján Székesfehérvár Megyei Jogú Város közigazgatási területén az avar és növényi hulladék égetése tilos.” [32, p. 31]

A közösségi közlekedés népszerűsítését és fenntarthatóságának növelése érdekében 2022. októberében 12 darab elektromos autóbust helyeztek forgalomba Székesfehérváron a Volánbusz Zöld Busz Program támogatásában. [33]

A közösségi közlekedés fiatalok körében történő népszerűsítés érdekében a Székesfehérvári havi diák buszbérlet árát 2022 -től 280 Forintra csökkentették. A tömegközlekedés igényekhez való igazítása érdekében az utasok észrevételei és az utasszámlálások alapján 2023 tavaszán menetrendi változás lépett életbe a helyi közlekedés járataiban. [34]

5.2 Saját mérések bemutatása

A szakdolgozattal kapcsolatos mérések két fő részre bonthatóak. Végeztem méréseket a Székesfehérváron található OLM mérőállomása körül, melynek célja az volt, hogy az általam használt szállópor mérő műszer mérési eredményeinek összehasonlítsam a mérőállomás által mért értékekkel. A mérések második részét szintén Székesfehérváron végeztem, a teszt területtől 1,2 kilométerre. A második mérési terület egy körülbelül 600 * 600 méteres tömb volt. A mérési terület kiválasztásánál az volt a cél, hogy a területén a legtöbb városi környezet megtalálható legyen. Például frekventált útszakasz, mellékutak, parkolók, lakó épületek és környezete, középületek és környezete, parkok és fás zöld területek. Ennek célja az volt, hogy jól áttekinthető képet kapjunk arról, hogy befolyásolja a szállópor és zaj kibocsátás a környezeti terhelés mértékét. Ezen pontok a mérés időtartama minden esetben egy perces intervallumban történ ez idő alatt szimultán zajlott a szállópor és zaj detektálása az erre alkalmas eszközökkel.

5.3 Összehasonlító mérések a mérőállomásnál

A mérőállomás körüli mérésekre azért volt szükség, hogy össze tudjam hasonlítani az általam használt PCE-MPC 10 mérő műszert az OLM mérőállomásának (12. ábra) méréseivel.



12. ábra Székesfehérvár, OLM monitorállomás [35]

„Állomás helye:	Székesfehérvár, Mészöly G. és Palotai u. sarok
KSH kód:	14827
Földrajzi koordinátái:	47°11,750' 18°24,010' ; EOV: 600952K; 205957É
Tengerszint feletti magassága:	127 m
A mérőállomás elhelyezésének célja:	helyi
Az állomás hatáskörzetében lakók száma, kb.:	5000
Az állomás reprezentativitási területe, kb.:	2-5 km ²

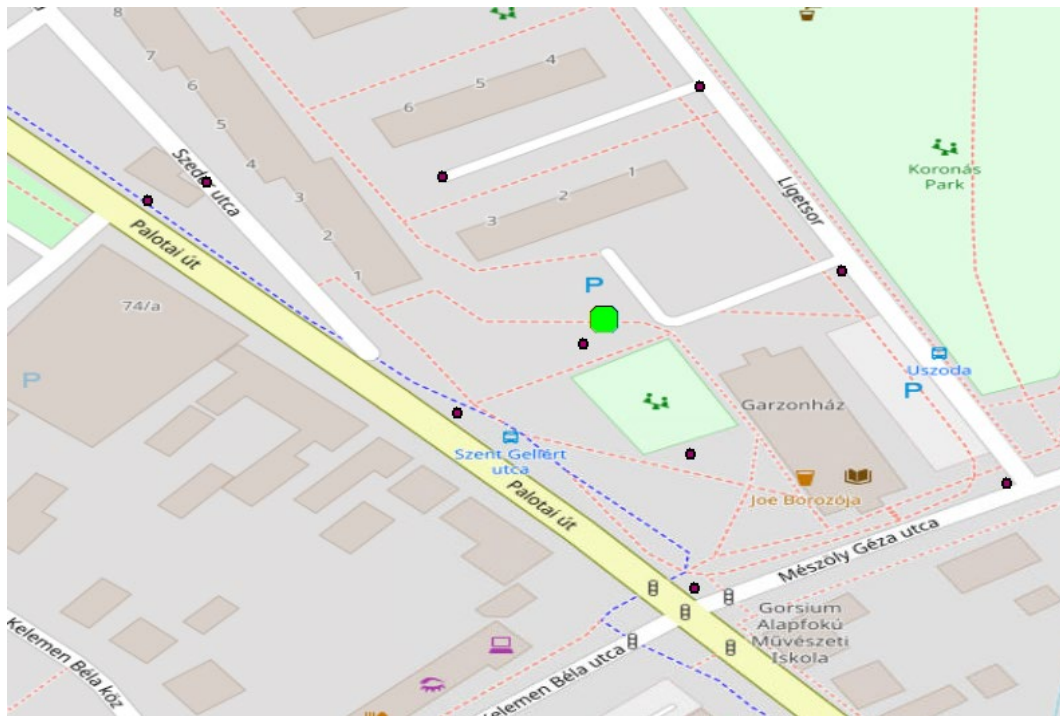
Az állomás nyitott területen, a Palotai úttól kb. 50 m-re, a gépjárműforgalom kibocsátása által terhelt helyen, forgalomirányító lámpákkal ellátott kereszteződésnél üzemel.

Székesfehérvár területén az alábbi mérési pontokon az OLM manuális mérőhálózat mérési programján belül, 24 órás mintavételi idővel nitrogén-dioxid és 30 napos mintavételi idővel ülepedő por mérése is történik.” [35, p. 5]

Kijelöltem egy kisebb teszt területet az állomás körül és ezen a területen egységesen leraktam 10 darab mérési pontot (13. ábra).

A mérési pontok kijelölésénél az alábbi szempontokat vettem figyelembe:

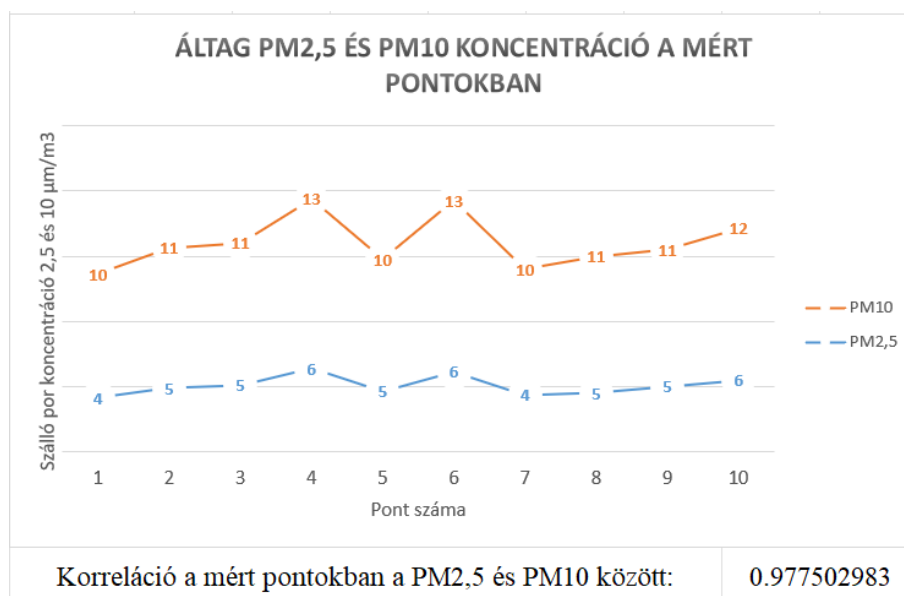
- Egy pont mindenképpen kerüljön a mérő állomás 1 méteres környezetébe.
- A pontok a mérő állomástól mérve maximum 110 méteres sugarú körön belül helyezkedjenek el.
- A maradék 9 darab pont véletlenszerűen helyezkedjen el a mérőállomás körül, legalább 15 méteres távolságban egymástól.
- Legalább 3 darab pont kerüljön a nagyforgalmú palotai út mellé.



13. ábra Mérés terület az állomás körül

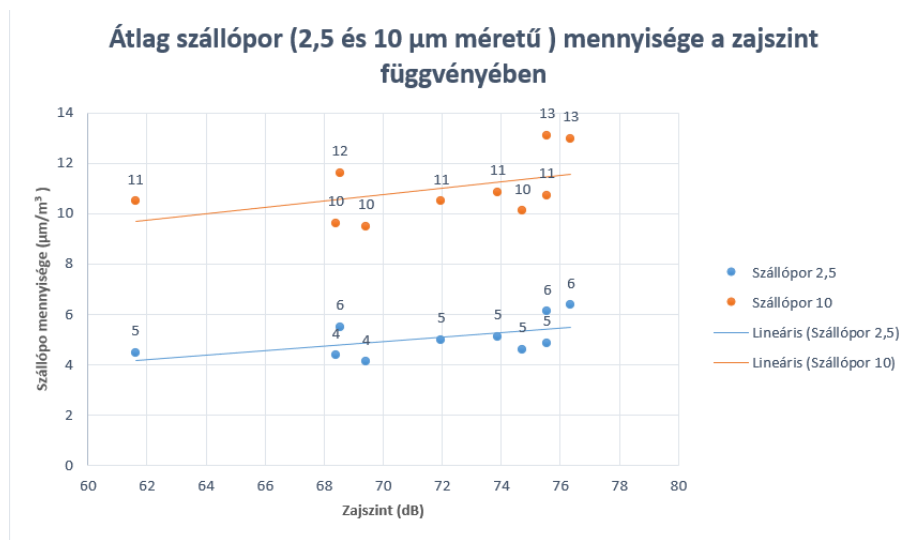
Az ábrán a zöld négyzet a mérő állomást jelöli, a kis fekete pontok pedig a mérési pontjaimat.

A méréseket 2023 április 14. és 2023 június 7. között végeztem heti rendszerességgel, vagyis összesen 8 héten keresztül. A mérések ideje közel átlagosan 1 hét telt el. A mérési napokon közel azonos (1-2 órás eltéréssel) időben történt a mérés. A vizsgálat minden alkalommal a meghatározott pontokban végeztem. A mérések között megfigyelhető egyedüli változó az időjárási körülmény volt. A mintavételek elvégzése után az adatokat feldolgozva koordináta rendszerben ábrázottam (14. ábra) a szállópor átlag koncentrációját az egyes mérési pontokban. Az ábrán és a korreláció számításból látható az a tendencia, hogy azon pontokban, ahol magasabb a $PM_{2,5}$ koncentráció ugyan azon pontokban megnő a PM_{10} koncentrációja is magasabb. Ezek alapján jól látható a kapcsolat a két frakció között.



14. ábra Szállopópor koncentráció a mérőállomásonál

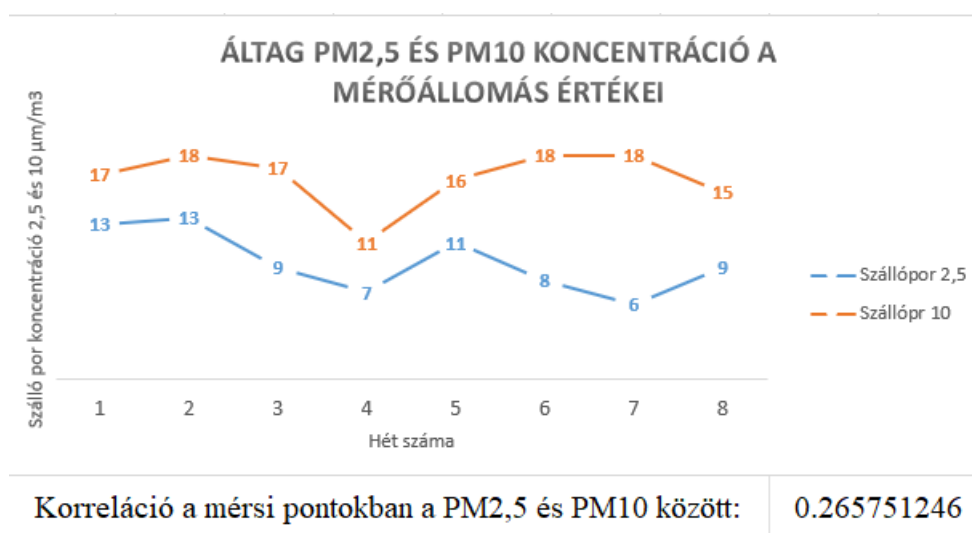
Következő lépésben a területen mért zajszinteket átlagoltam ki mérési pontonként. A kapott értékek függvényében az általam mért szállopópor értékek átlagát grafikonon ábrázoltam (15. ábra). A kapott grafikonon elhelyeztem egy lineáris trend vonalat, ezek iránya alapján továbbra is látható a korreláció a két frakció között.



15. ábra Átlag szállopópor a zajszint függvényében

Az ábra megvizsgálása után levonható az a következtetés a mérési területen, hogy ahol magasabb zajszintet mértem ott átlagosan magasabb volt a szállópor koncentráció, mind a $PM_{2,5}$ -es, mind a PM_{10} -es.

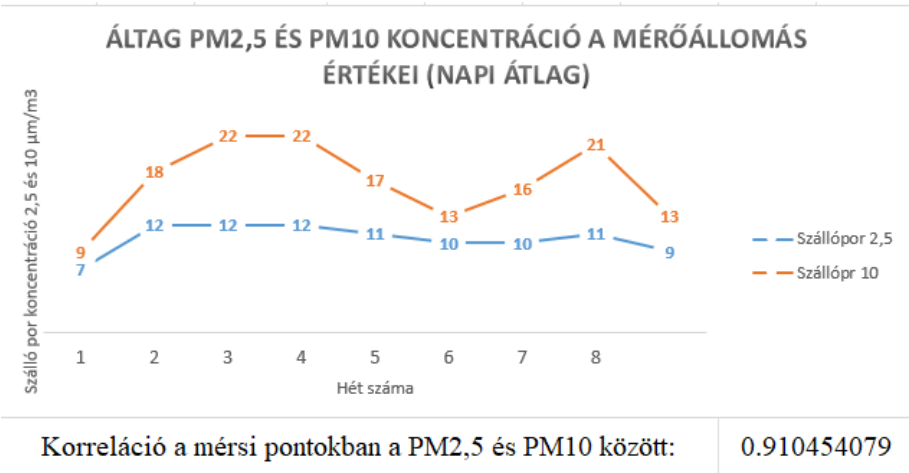
A saját mérések feldolgozása után a területen található OLM mérőállomás adatait vizsgáltam meg. A mérő állomás által mért adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat oldaláról gyűjtöttem össze. A mérő állomás adatai közül azon időszakokat vettem figyelembe, amelyekben én is méréseket végeztem. Ezen adatok felhasználásával készítettem egy grafikont, amin a 8 hét mérései láthatóak, amit a mérő állomás rögzített (16. ábra).



16. ábra Szállópor koncentráció a mérőállomás mérései alapján

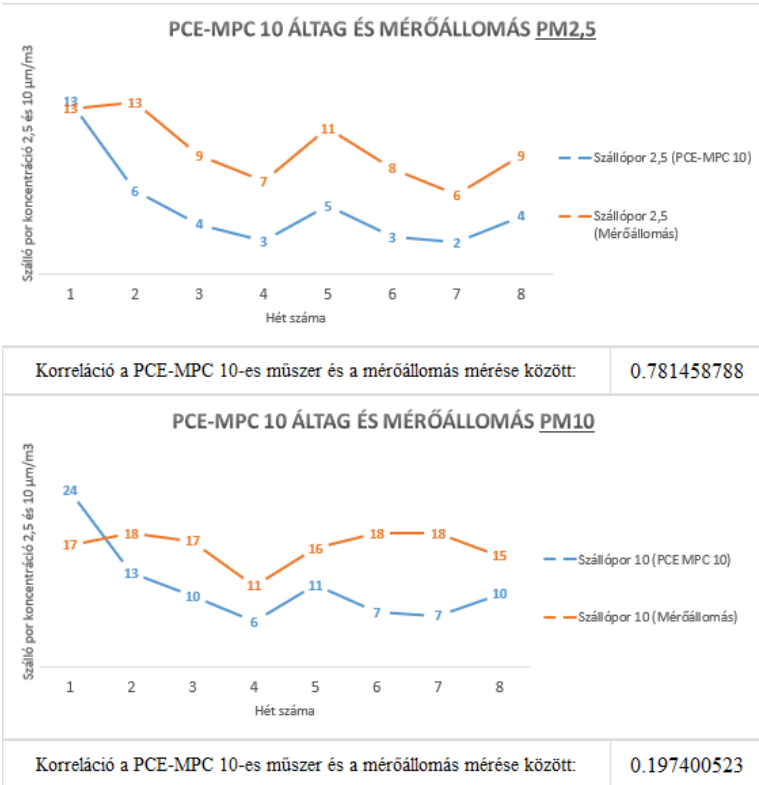
A vizsgált időszakban a $PM_{2,5}$ és PM_{10} értékek közötti korreláció alacsony volt, ami azt jelenti, hogy kevésbé megbízhatóak a mérések. Viszont, ha a számításnál nem vessez figyelembe a „rosszabb” mérési eredményeket (3; 6; 7; hét) akkor a korreláció értéke nagymértékben javul (0.94830405).

A vizsgált időszakok napi átlagával vizsgálva jelentősen megnőtt a korreláció értéke (17. ábra). Azonban a vizsgálat szempontjából, (melynek célja az, hogy összehasonlítsam a mérő állomás méréseit a saját méréseimmel) nem számít a mérő állomás „rövidebb” ideig mért mérések korrelációja.



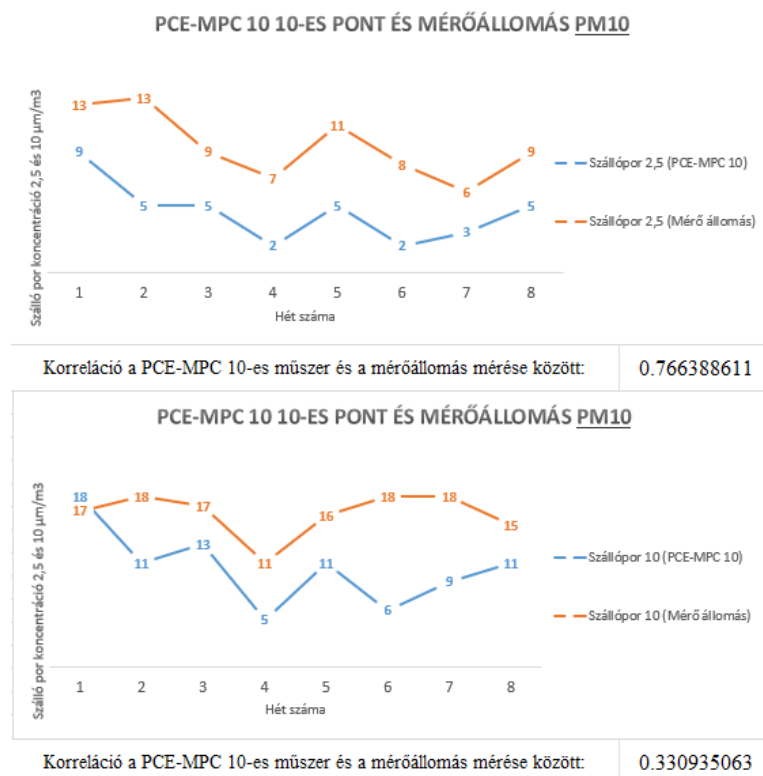
17. ábra Szállopór koncentráció a mérőállomás napi átlag mérése alapján

Következő lépésben a mérési terület pontjain a PCE-MPC 10 műszerrel mért méréseit heti bontásban kiátlagoltam és összehasonlítottam a mérő állomás ugyan azon idő intervallumában mért értékével, külön bontva PM_{2,5} és PM₁₀-re (18. ábra).



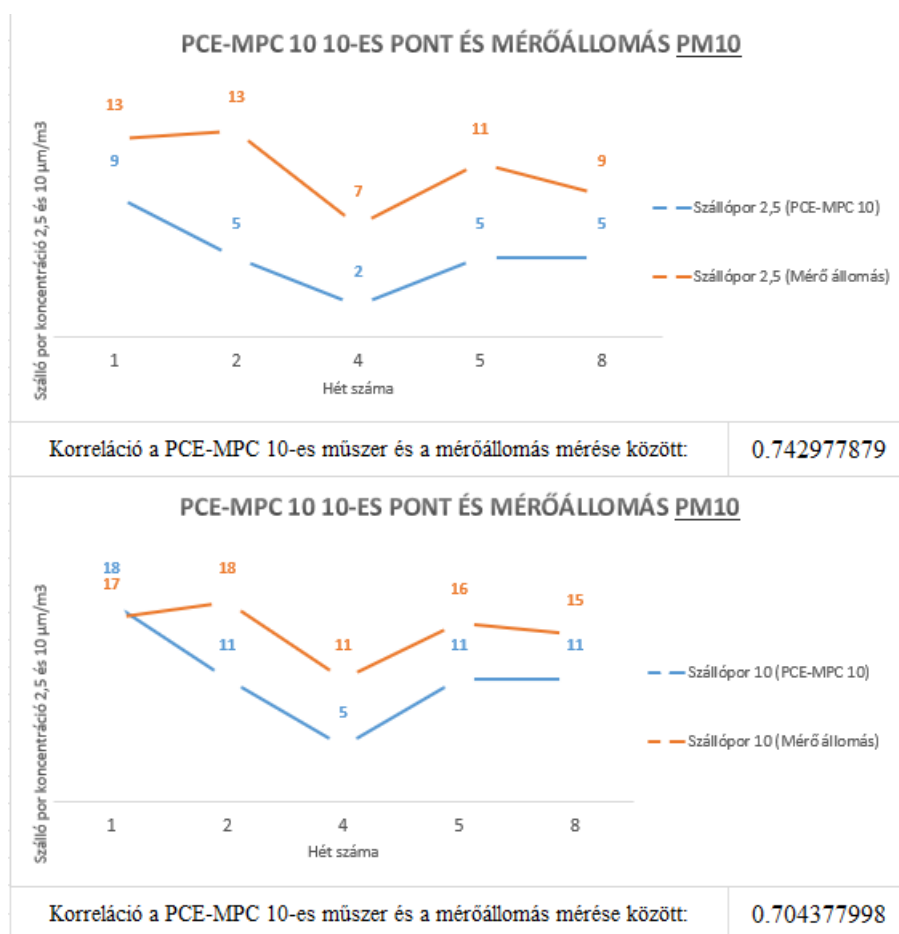
18. ábra PCE-MPC 10 átlag és mérőállomás méréseinek korrelációja

A $PM_{2,5}$ koncentrációnál magas korreláció figyelhető meg a kézi műszerrel mért mérések átlaga és a mérőállomás azonos idő intervallumban mért mérései között. Ezen érték a PM_{10} esetében jóval alacsonyabb. Ezután megvizsgáltam hogyan befolyásolja az értékeket az, hogy ha csak a mérőállomás melletti pontban (10 pont) mért értékeket hasonlítom össze a mérő állomás értékeivel (19. ábra).



19. ábra PCE-MPC 10 10-es pont és mérőállomás méréseinek korrelációja

Ezen vizsgálat esetén a $PM_{2,5}$ frakcióban kis mértékben romlott a korreláció viszont a PM_{10} esetében nagyobb javulás értem el. Viszont az előző számításokból kiderül, hogy a 3. 6. és 7. heti mérések kevésbé megbízhatóak, ugyanis ezen mérési időben kedvezőtlenebbek voltak az időjárási viszonyok a mérés szempontjából (szelesebb volt az idő és/vagy esett az eső), ezért ezen heteket kihagytam az összehasonlításból. Ezen hetek értékeinek elhagyása után, a megmaradt értékek vizsgálata után nagy mértékben javult a korreláció értéke a PM_{10} -es koncentrációnál (20. ábra).

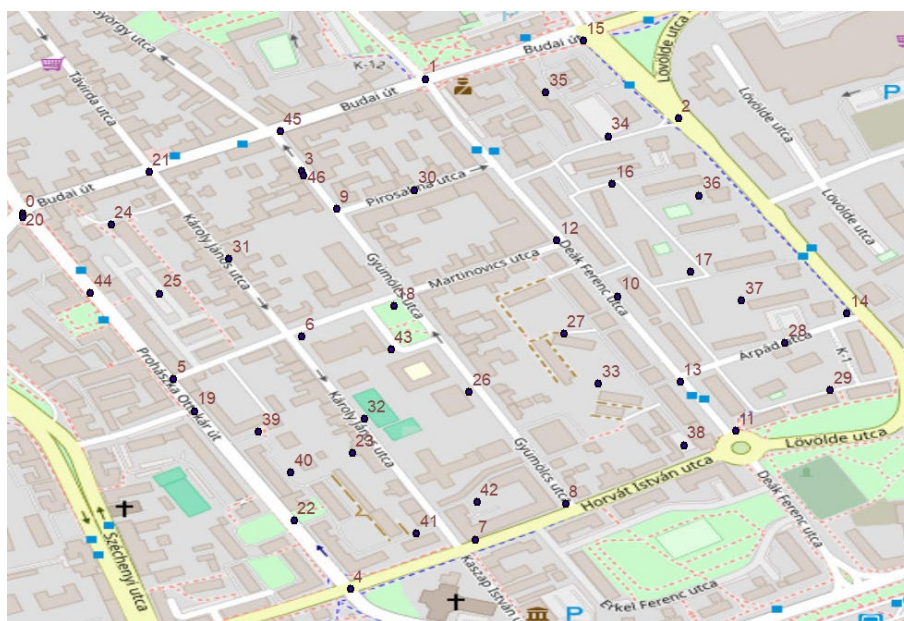


20. ábra PCE-MPC10 10-es pontban és mérőállomás méréseinek korrelációja (1;2;4;5;8; hét)

A vizsgálat sorozat eredményeképpen az megállapítható, hogy a PCE-MPC 10 kézi szállópor mérő és a hitelesített OLM mérőhálózat részét képező mérőállomás mérései között egységesen alacsonyabb eltérések tapasztalhatóak. Az átlag eltérés PM_{2,5}-es frakció és a PM₁₀-es frakció esetén egyaránt körülbelül 60%, ezért a PCE-MPC 10 kézi mérő műszerrel végzett kültéri levegőn végzett méréseket esetén szükséges utólagos feldolgozás. Viszont a tendenciák jól látszódnak a PCE-MPC 10 kézi műszer és a mérőállomás között, ezért a kézi műszer is alkalmas a különböző pontokon mért szállópor koncentrációbeli különbségek detektálására.

5.4 Mérések a teszt tömbnél

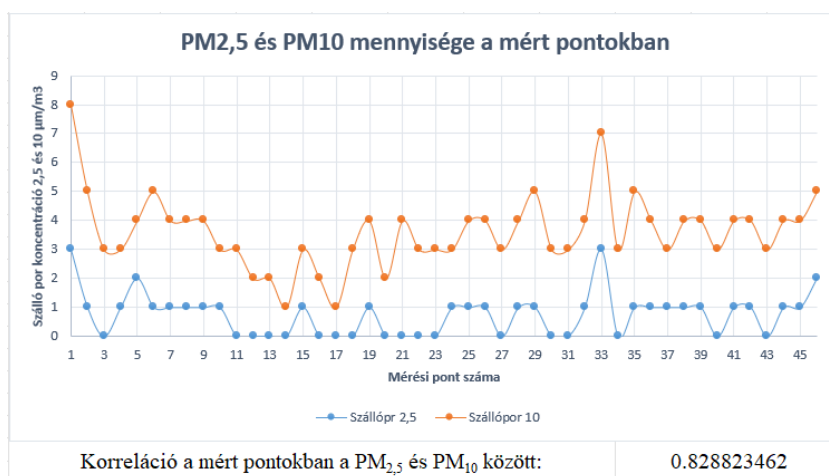
A méréseket Székesfehérváron végeztem a belvárostól 1 kilométerre, a vizsgálat előtt lehatároltam a mérési tömböt, ahol a szállópor és zaj koncentráció mérését fogom végezni. Ezen területen elhelyeztem 46 darab mérési pontot (21. ábra). Ezen pontok lefedték a teljes tömböt és a mérés szempontjából fontos, hogy többféle környezetbe helyezkedtek el. A legfrekvenciáltabb szakaszok a Budai út, Horvát István utca, Lövolde utca és Deák Ferenc utca és Prohászka Ottokár út, ezen utak körbe határolják a tömböt és ezen a szakaszokon nagyobb az autós és gyalogos forgalom, e miatt mind a szállópor, mind a zaj szempontjából magasabb koncentrációra számítottam. A Deák Ferenc utca és Lövolde utca között található 5 emeletes panelek között közparkok és parkolók találhatóak. Ezen terület szélvédettebb, gazdag növényzet borítja, ezért ezen területet gondoltam a legkevésbé por és zaj által terhelt területnek. A Gyümölcs utca és Károly János utcák kevésbé forgalmasabb útszakaszok, viszont kevés a növényzet az utcákban emiatt előzetesen azt feltételeztem ezen a területen alacsonyabb zajszintet és magasabb szállópor értékeket fogok mérni.



21. ábra Mért tömb pontjai 2022

A mérések időpontját úgy választottam ki, hogy az a lehető legjobban reprezentatív legyen mind a szállópor mind a zaj terhelés mérése szempontjából. A vizsgálat ideje reggel 9 és délután 1 óra közé esett így biztosítva átlagos városi forgalom kibocsátásának vizsgálatát. Az időjárási viszonyok mérést befolyásoló hatásának elkerülése érdekében a méréseket szélcsendes és alacsony páratartalmú, száraz napokon végeztem. A tömb vizsgálatát első alkalommal 2022 május 23. végeztem. Az adatok rögzítése és mérése a mérés bemutatásánál leírt eszközökkel és módon történt. Az adatgyűjtési folyamat végeztével kiértékeltem a kapott adatokat és térinformatikai eszközökkel vizsgáltam a kapott összefüggéseket.

Először a $PM_{2,5}$ és PM_{10} koncentrációt vizsgáltam a 46 db mérési pontban. A grafikon és a korreláció alapján a kapcsolat kimutatható a két frakciók között (22. ábra).

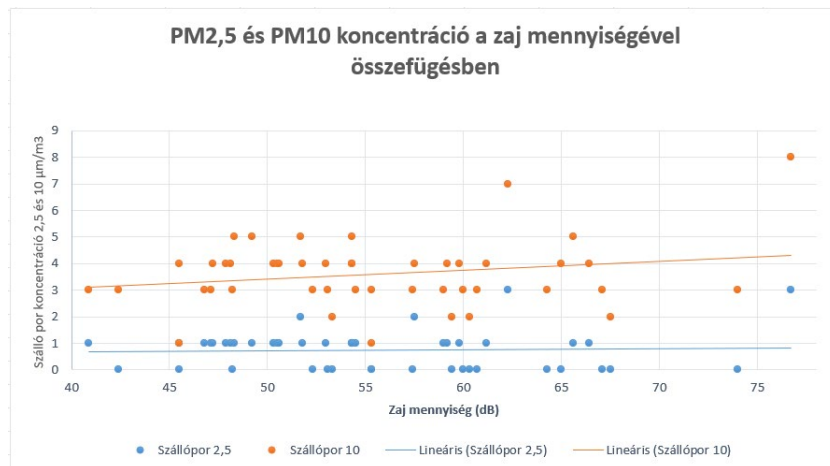


22. ábra Szállópor koncentráció a tömb mérési pontjaiban (2022)

A kapott értékekből előzetesen az állapítható meg, hogy a vizsgált időszakban nem volt határértéket megközelítő érték a vizsgált területen. Az átlaghoz képest két kiugró értéket mértem az 1-es és 33-as mérési pontban.

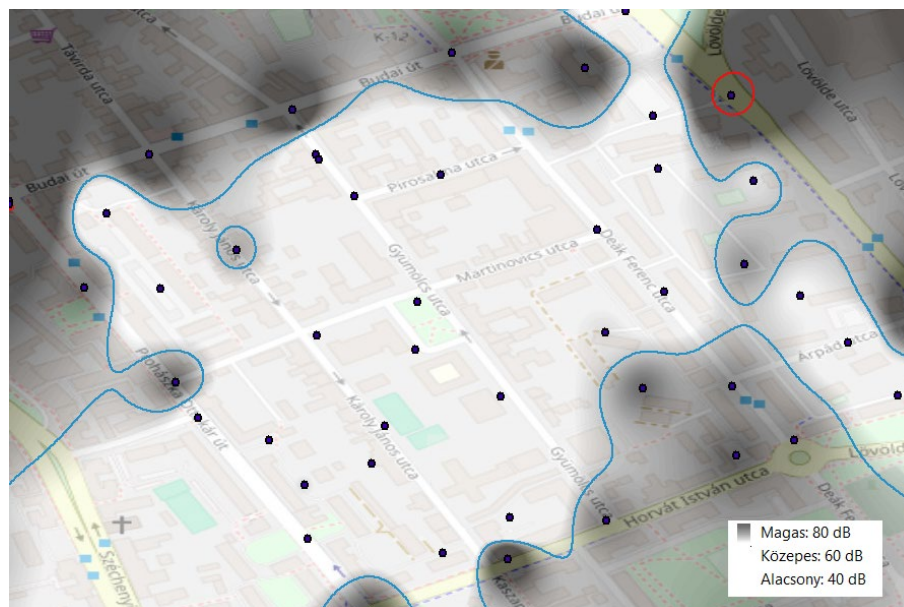
Második lépésben a szállópor koncentrációt az ugyan azon pontokban mért zaj szintekhez kapcsolva vizsgáltam (23. ábra). Az ábrán elhelyezett lineáris trendvonalak emelkedése arra utal, hogy a zajszint emelkedésével a szállópor mértéke is nő. Ez az emelkedés

a PM_{10} -es frakcióban figyelhető meg. A grafikon megvizsgálása után egy pontot találtam, ahol egyaránt magasabb a szállópor és a zaj mértéke is, ez az 1 mérési pontom volt.



23. ábra Szállópor koncentráció a zaj mennyiségével összefüggésben (2022)

A további kértékeléseimhez a mért adatokból szállópor- és zajtérképet készítettem a tömbömrre. A zajtérkép kielemezésével azonosíthatjuk a zajforrások fő kibocsátási helyét (24. ábra). A térképen látható, hogy átlagban a forgalmasabb útszakaszok mentén magasabbak a zajszintek, viszont a terület nagyrészen alacsonyok voltak az értékek.



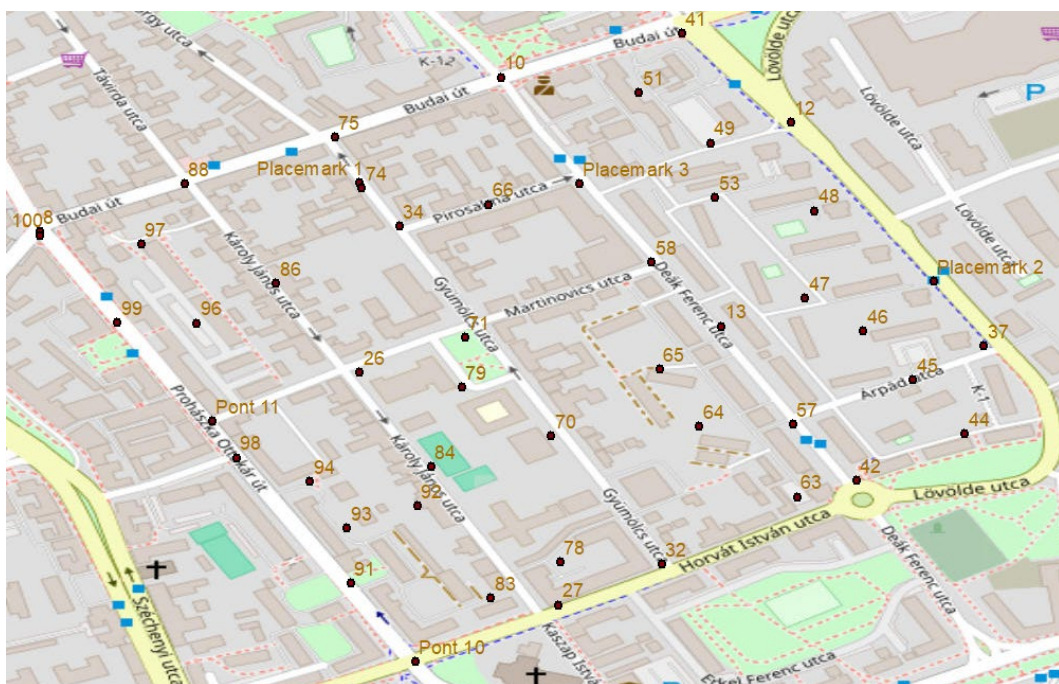
24. ábra Zajtérkép 2022



26. ábra PM_{10} Szállópor térkép 2022

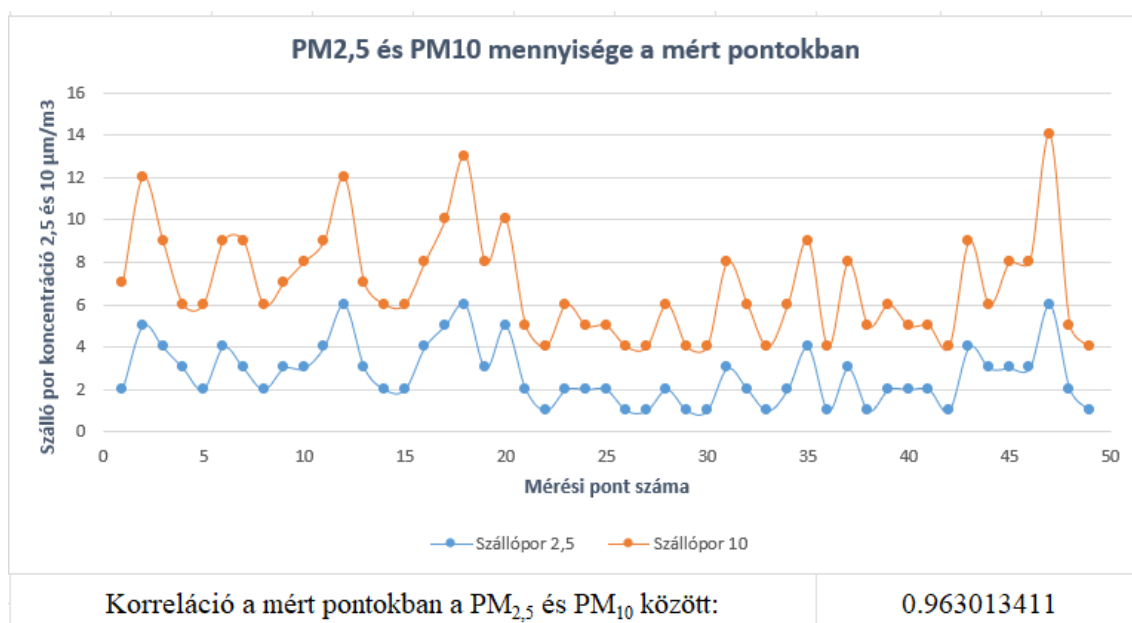
A három térképet összehasonlítva 2 olyan terület fedezhető fel, ahol az átlagtól magasabb, kiugró értékek figyelhetők meg. Ezen két területre egyaránt elmondható, hogy forgalmas kereszteződésben találhatók. A vizsgált tömb nagyobbak részére, a kis utcákra és parkokra egyaránt igaz, hogy mind a szállópor mind a zajterhelés értéke alacsonyabb volt a vizsgált időben.

A vizsgált területről származó megállapítások alátámasztására megismételtem a méréseket közel egy évvel a 2022 mérés után, 2023. május 19. A mért terület jobb lefedése érdekében a második mérésnél 50 ponton végeztem méréseket. Ezek elhelyezkedése a hozzáadott 4 plusz pontot megegyezett az előző mérés pontjaival (27. ábra). A mérés az előzőhöz hasonlóan szélcsendes tiszta időben történt, hogy az időjárás ne befolyásolja a kapott értékeket. Az adatgyűjtés folyamata megegyezett a korábbi évben alkalmazott mérési folyamattal, ugyan azon eszközöket és műszereket használtam a szállópor és zaj méréséhez.



27. ábra Mérési pontok 2023

A mért adatokat először a szállópor értékei alapján mérési pontonként táblázatban megjelenítve ábrázoltam (28. ábra).

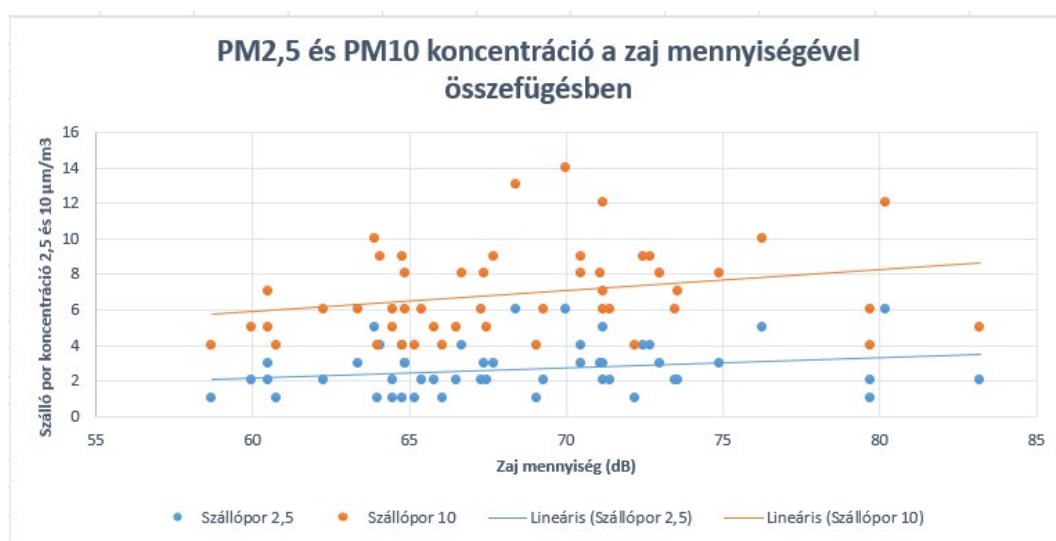


28. ábra Szállópor koncentráció a több mérési pontjaiban (2023)

Az idei évben mért adatokból látható, hogy átlagosan magasabb értékeket mértem, mint az előző év hasonló időszakában.

Illetve több pontban látható az átlagnál magasabb kiugró érték. A magas korreláció mutatja, hogy a két tartomány értékei szoros összefüggésben vannak egymással.

Következő lépésben megvizsgáltam a szállópor értékeit a mért zajszintekkel összefüggésben (29. ábra).



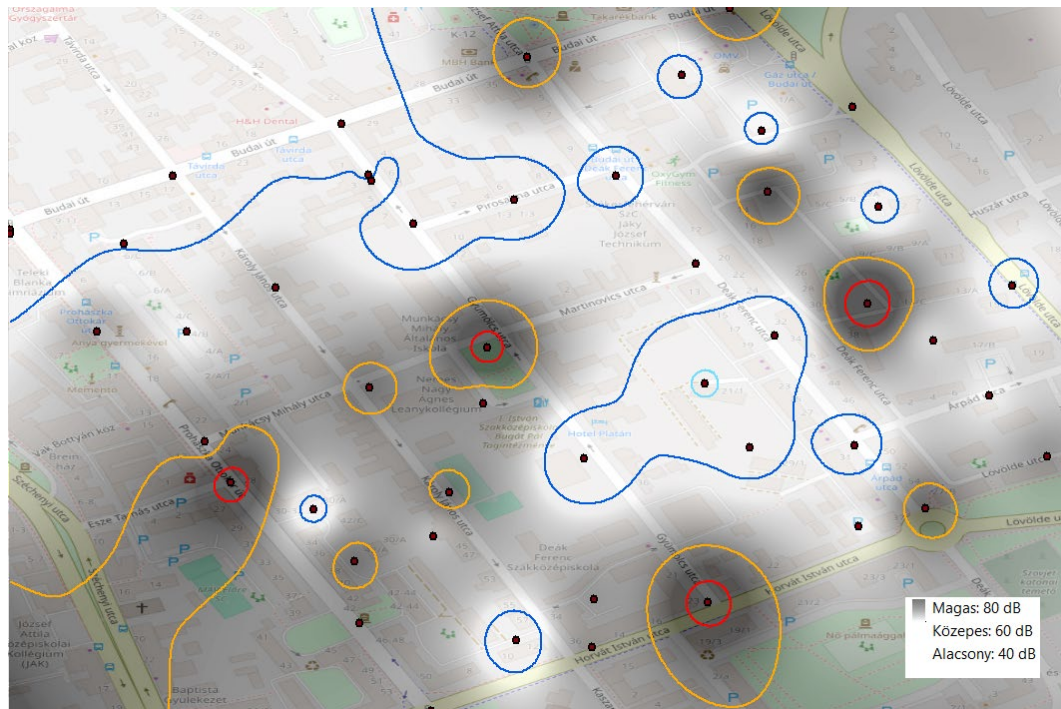
29. ábra Szállópor koncentráció a zaj mennyiségével összefüggésben (2023)

Az ábrát összehasonlítva az előző év azonos ábrájával emelkedés tapasztalható az átlag zajszintben. Az elhelyezett lineáris trendvonalak emelkedése is meredekebb, ami arra utal, hogy a zajszint emelkedésével a szállópor mértéke is nő. Ez az emelkedés a PM₁₀-es és PM_{2,5}-es frakcióban is megfigyelhető.

Ezt követően elkészítettem a szállópor és zaj mértékét bemutató tematikus térképeket.

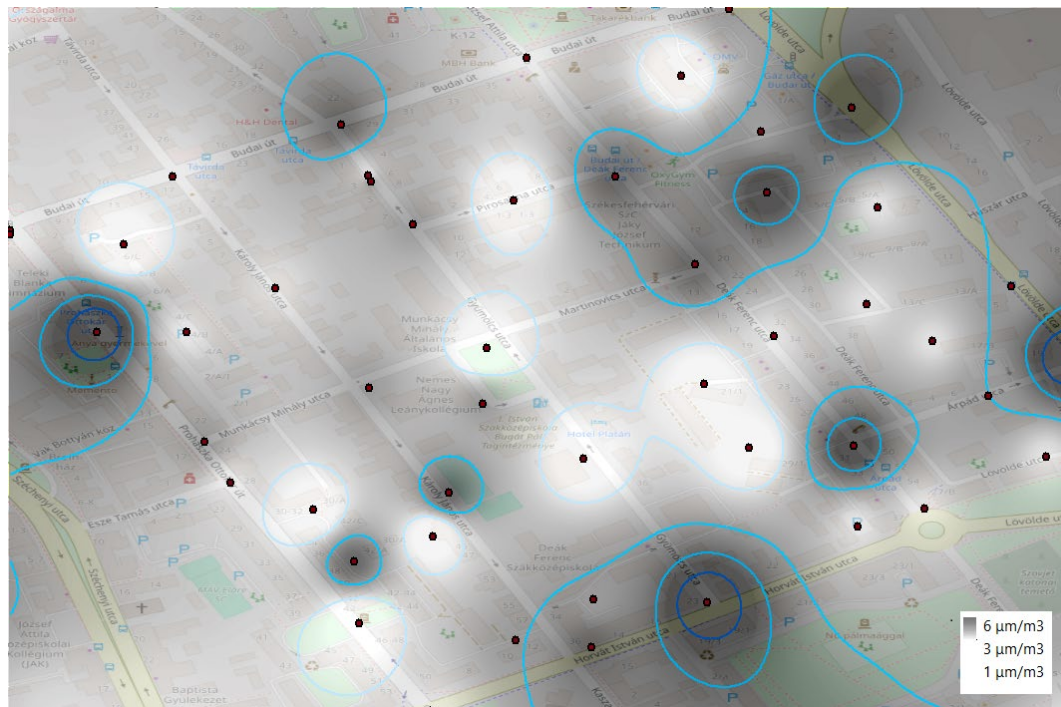
Az elkészült zajtérképen (30. ábra) az látható, hogy a tömb nyugati részén, déli részén és közepén magasabb volt a zaj mértéke átlagban, mint a többi részen. A várttól eltérően a Budai út igen hosszú szakaszán mértem alacsonyabb zajszinteket, illetve a Deák Ferenc utca egyik kisebb szakaszában kiugróan magas volt a zajszint. De átlagosan el-

mondható az, amely a korábbi év ugyan ezen térképénél, hogy a frekventáltabb utak kereszteződéseiben megnövekedett zajszinteket mértem.



30. ábra Zajtérkép 2023

Másodikként elkészítettem a mért $PM_{2,5}$ szállópor koncentráció értékeiből készült szállópor térképet (31. ábra). Ezen frakciónál az értékek eloszlása nagyrészt a várt módon alakult. A forgalmas utak mentén nagyrészt magasabb volt a koncentráció. Egy helyen mértem a vártnál magasabb értéket, ez a Deák Ferenc utca és Lövélda utca közötti társasházak között található park volt (ezen pontban a mérést kétszer végeztem el, de mind a két alkalommal magas értéket mért a műszer). A Budai út és a Prohászka Ottokár út kereszteződésében a zaj mértékéhez hasonlóan alacsonyabb értéket mértem a vártnál (Viszont ezt az alacsony értéket a forgalom nagysága nem tükrözte).



31. ábra $PM_{2,5}$ Szállópor térkép 2023

Végül elkészítettem a PM_{10} -es frakciójú szállópor értékéből származó szállópor térképet is (32. ábra). Ezen a térképen a vizsgált frakciójú szállópor eloszlása hasonló volt az előző $PM_{2,5}$ szállópor eloszlásához. Azokon a területeken, ahol kiugró volt az érték ott ezen a térképen is kiugrások figyelhetők meg, illetve ahol alacsonyabb volt az érték azokon a területeken ezen térképen is alacsonyabb értékeket mértem. A kisutcákban és parkokban átlagosan alacsonyabb volt a $PM_{2,5}$ és PM_{10} szállópor koncentráció, ezzel ellentétben a fogalmas utcákban és utak mentén a térképen is látható módon megnövekedett szállópor koncentráció tapasztalható a második vizsgált időszakban.

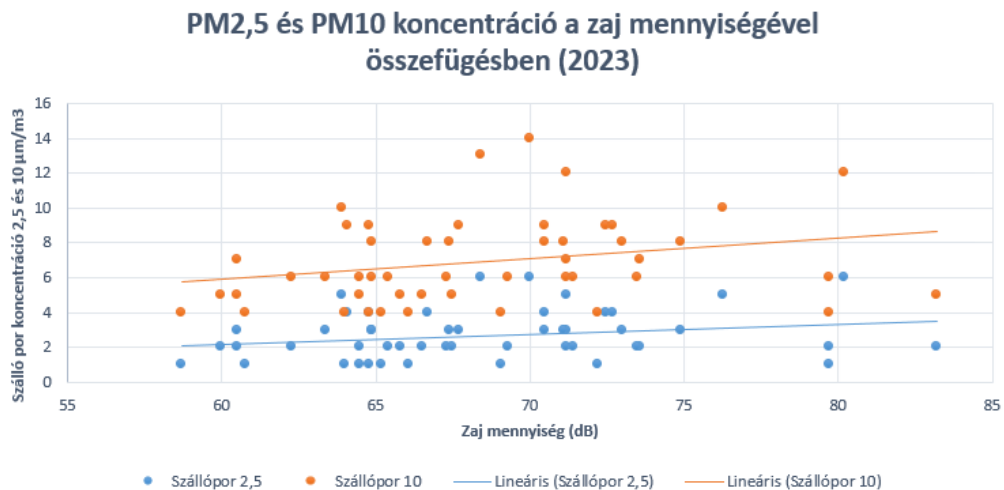
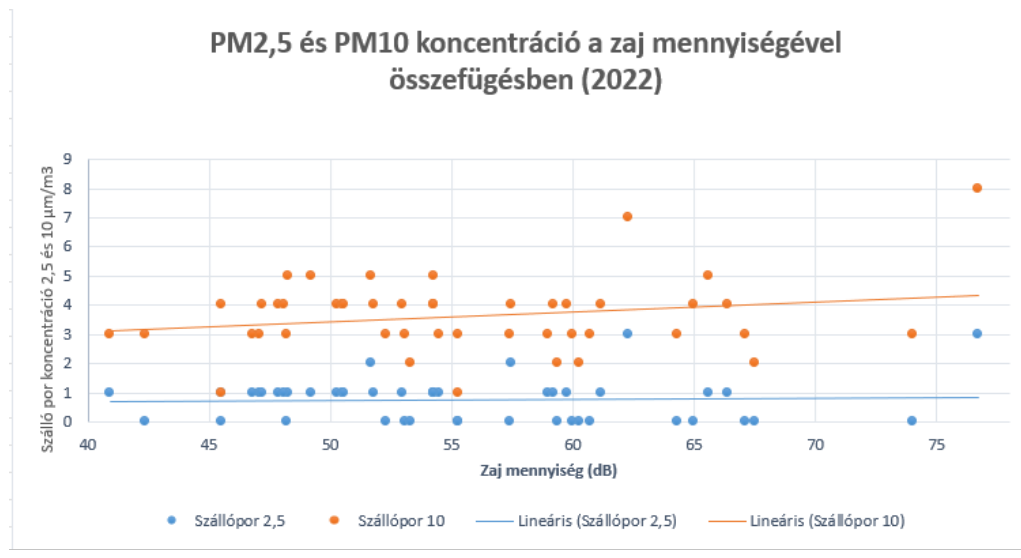


32. ábra PM₁₀ Szállópor térkép 2023

A zajtérképpel összehasonlítva megfigyelhető mind a PM_{2,5}, mind a PM₁₀ esetében, hogy magasabb értékek voltak mérhetőek a frekvenciált utak mentén és ezek kereszteződésein. Viszont fontos megemlíteni, hogy voltak olyan mérési pontok, ahol kiugró értékeket mértem mind a zaj, mind a szállópor estén, amelyek az előzetes elvárások alapján nem vártak voltak.

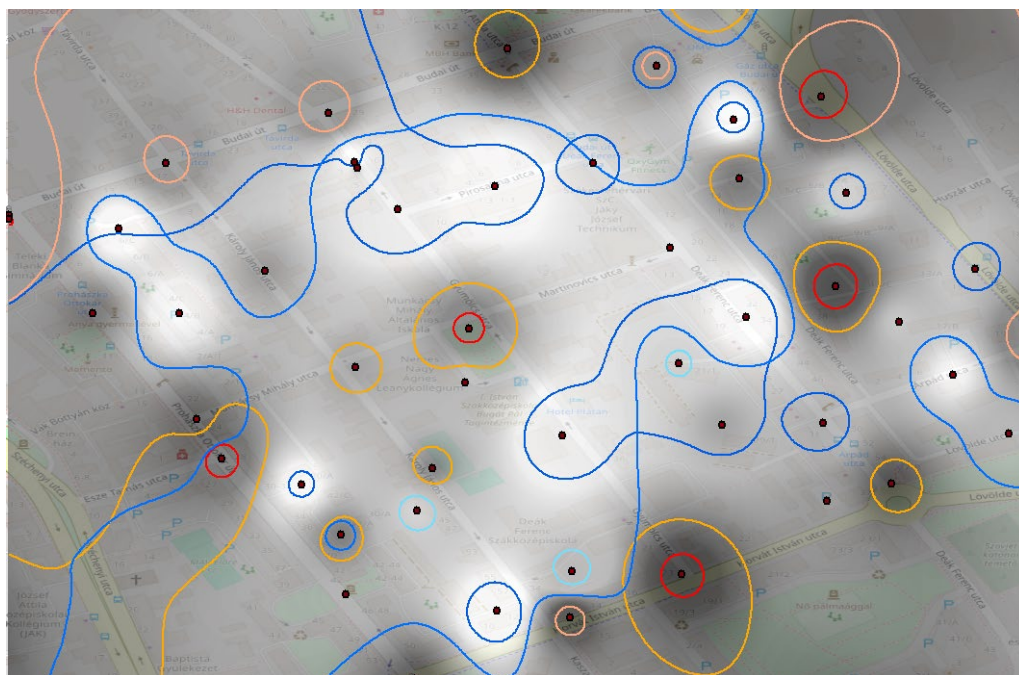
5.5 Mérések összehasonlítása

A 2022-es és 2023-as évben mért eredményeket összehasonlítva egymással látható, hogy az átlag értékek a 2023-as évben magasabbak voltak az egy évvel korábbinál mind a három vizsgált értéknél (33. ábra). Viszont látható az is, hogy mind a két évben emelkedő tendenciát mutat a szállópor koncentrációja a zaj mértékével összefüggésben vizsgálva.



33. ábra Szálópor koncentráció a zaj mennyiségével összefüggésben (2022 és 2023 összehasonlítás)

Az adatok összehasonlítása után megvizsgáltam a területről készült tematikus térképeket egymással összehasonlítva. A 2022-es zajtérképre ráraktam a 2023-as zajtérképet (34. ábra). A kék kontúr által lehatárolt terület nagyrésze a tömb belsejébe esik, ezeken a területeken alacsonyabb volt a zaj mind a két évben, ezáltal megállapítható, hogy valóban nagy hatással van a környezeti zaj értékére, ezt támasztja alá az is, hogy a frekventált utak mentén látható sötétebb foltok mindegyike ilyen pontokon forgalmas csomópontot jelöl.



34. ábra 2022-es és 2023-as zajtérképek átfedésben

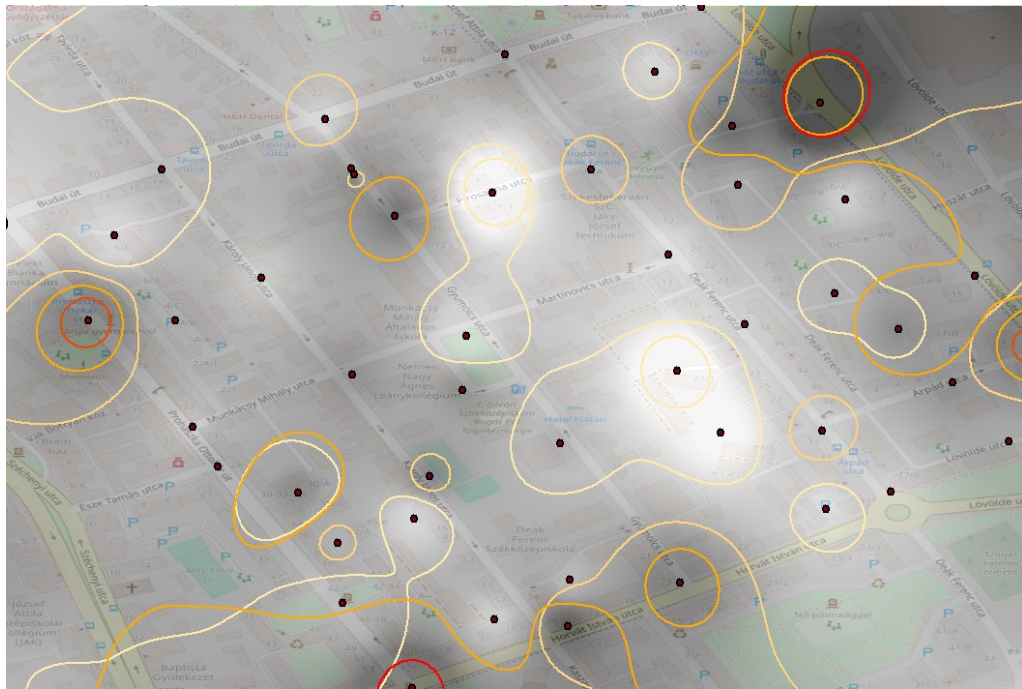
Elkészítettem a $PM_{2,5}$ frakciójú szállópor térképek egymásra helyezett térképét is (35. ábra).



35. ábra 2022-es és 2023-as $PM_{2,5}$ -es szállópor térképek átfedésben

A legmagasabb értékek ebben az esetben is az utak csomópontjainál voltak jellemzőek.

Végül a PM_{10} -es frakciójú szállópor térképek metszetét hoztam létre (36. ábra).



36. ábra 2022-es és 2023-as PM_{10} -es szállópor térképek átfedésben

Ezen esetben is az előző térképnél is jól látható körülmények állnak fenn, a forgalmas utak mentén magas a PM_{10} -es szállópor koncentráció.

5.6 Eredmények értékelése

A vizsgált területen mért adatok feldolgozása, összehasonlítása után az alábbi következtetések vonhatóak le:

1. A frekventált útszakaszok teljes szakasza mentén megnövekedett zaj szint tapasztalható.
2. A frekventált útszakaszok kereszteződésein vagy a más alsóbb rendű útszakasz/utca találkozásánál megnövekedett szállópor koncentráció tapasztalható.
3. A parkok és szabadtéri parkolók területén az átlagszint alatti zaj és szállópor koncentráció tapasztalható.

4. A mellékutcákban a kisebb forgalom miatt alacsonyabb zajszint tapasztalható viszont a szállópor mértékét ez csak kis mértékben befolyásolja.

5.7 Hipotézisek igazolása

Ezen eredmények ismeretében az első hipotézisemet miszerint „A városi közlekedésből származó por és zaj terhelés kapcsolatba hozható egymással a kibocsátás környezetében mért értékek alapján.” igazoltnak tekintem abban az értelemben, hogy a magasabb forgalmú pontokban minden esetben megnövekedett zaj terhelést tapasztaltam és ehhez az átlagnál magasabb szállópor koncentráció értékek tartoztak, ezáltal felfedezhető a kapcsolat a két környezeti terhelés között.

A második hipotézis miszerint „A frekvenciált területeken megnövekedett koncentrációjú por és magas zaj terhelés tapasztalható.” ezen állítás is igazoltnak tekinthető az eredmények alapján miszerint a szállópor és zajterhelés főként a forgalmas kereszteződésekben növekedett meg.

A harmadik hipotézis miszerint „A népesség növekedése és a népsűrűség közvetlen kapcsolatba hozható a szállópor és a légszennyezettség mértékével. ” ezen hipotézis nem tekinthető igaznak, ugyanis mint azt 7. ábra és 8. ábra mutatja a népesség és a népsűrűség is egyaránt csökkenő tendenciát mutat Magyarországon, viszont fontos megfigyelni a 6. ábra miszerint az egy főre jutó személygépkocsik száma növekszik hazánkban, ezek viszont nagy mértékben befolyásolják a káros anyag kibocsátást és a zajterhelést.

6. ÖSSZEFOGLALÓ

A vizsgált területről kapott értékek összehasonlításából és kiértékeléséből, úgy gondolom sikerült szemléltetnem a dolgozatom elkészülésének célját, amely az volt, hogy megtalálja a kapcsolatot a városokban nagy mennyiségben előforduló szállópor és a környezeti zajterhelés között. A kapcsolat feltárásához megvizsgáltam a kapcsolódó szakirodalmakat, a szállóporra és zajterhelésre bevezetett itthoni és Európai Uniószabályozásokat és irányelveket. Megvizsgáltam más ezen témával foglalkozó kutatásokat és azok elért eredményeit. A kapcsolódó kutatások közül ki kell emelnem a Szegedi Tudományegyetem geográfusai által végzett kutatást, ahol többek között kimutatták azt is, hogy a burkolt közúthálózat sűrűsége és a városban mérhető szállópor koncentrációja között szoros összefüggés figyelhető meg.

Ezután ismertettem a dolgozatom elkészítéséhez használt szoftvereket és mérő eszközöket. Vizsgáltam az általam használt kézi száll por mérő és az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózatot egy mérőállomása közötti kapcsolatot. Valamint bemutattam a hipotéziseim bizonyítására szolgáló mérések háttérét adó adatok gyűjtési helyszínéről szolgáló területemet, az általam alkalmazott adatgyűjtés menetét és alkalmait. Ezután kiértékeltem a kapott adatokat. Az elkészült grafikonok alapján kimutatható a kapcsolat a két tényező között és azon tendencia, amely felfedezhető a tényezők növekedésével. A begyűjtött adatokból elkészült reprezentatív szállópor térkép és zajtérkép bemutatja a vizsgált tömb változatos felépítésén belül hol és milyen mértékű terhelés tapasztalható. Ezen térképek összehasonlításával vizuálisan is jól megfigyelhető, hogy ugyan azon területeken tapasztalhatóak a megnövekedett környezeti terhelések. Végül a más forrásokból származó információk és a saját méréseimből szolgáló adatok kiértékelésével, megválasztam a dolgozat hipotézis feltevéseit.

A dolgozatom kimutatható kapcsolatot mutat be a $PM_{2,5}$ és PM_{10} frakciójú szállópor és a környezeti zaj kibocsátási helye között. Ezen kapcsolat felfedezése úgy gondolom segíthet a hasonló káros kibocsátások mérésében és vizsgálatában. Ezek alapján remélem, hogy a kutatás későbbi vizsgálatok alapját képezheti.

7. SUMMARY

From the comparison and evaluation of the values obtained in the examined area, I believe I have successfully illustrated the purpose of my thesis, which aimed to establish a connection between environmental noise pollution and the airborne particulate matter found in large quantities in cities. To explore this relationship, I delved into relevant literature, as well as Hungarian and European Union regulations and directives pertaining to particulate matter and noise pollution. I also reviewed other studies on this topic and their outcomes. I find it necessary to highlight a study conducted by geographers at the University of Szeged, revealing a close correlation between the density of paved road networks and the concentration of airborne particulate matter in the city.

Subsequently, I presented the software and measuring instruments used in preparing my thesis. I examined the relationship between the handheld particulate matter meter I utilized and a monitoring station of the National Air Quality Monitoring Network. Additionally, I introduced the area where I collected data to support my hypotheses, providing details on the process and occasions of data collection. Following that, I analyzed the collected data. The examination of graphs enables us to identify a relationship between the two factors and recognize a noticeable trend in their respective increases. The representative particulate matter map and noise map, based on the gathered data, showcase the diverse areas within the examined site and indicate the extent of pollution at different locations. By comparing these maps, it is visually apparent that increased environmental loads are experienced in the same areas.

Finally, through the evaluation of information from various sources and my own measurements, I addressed the hypotheses of the thesis. The study establishes a demonstrable connection between the emission sources of PM_{2,5} and PM₁₀ particulate matter fractions and environmental noise. I believe that the discovery of this connection can aid in measuring and investigating similar harmful emissions. Based on these findings, I hope that this research can serve as the foundation for further examinations.

8. MELLÉKLETEK

8.1 1. melléklet

Összehasonlító mérés a PCE-MPC 10 kézi szállópor mérő és az OLM Székesfehérvári mérőállomása között.

1. táblázat Összehasonlító mérés 1/4

Mérés ideje: 2023.04.14			1. hét						Mérőállomás által mért adatok	
Pont száma	Idő	Átlag zajterhe- lés	Szállópor		Hőmérséklet	Pára	Szél	Idő	PM _{2.5}	PM ₁₀
			PM _{2.5}	PM ₁₀					PM _{2.5}	PM ₁₀
2	9:53	86.4	12	23	10 °C	86%	8.5 km/h	9:00- 10:00	12	16
3	10:03	78.1	13	24						
4	10:05	82.0	14	25						
5	9:55	83.1	18	32						
6	9:51	75.8	12	21						
7	9:42	83.3	12	23				10:00- 11:00	13	17
8	9:44	69.9	9	16						
10	9:47	65.7	9	18						
11	9:49	81.1	12	22						
12	9:57	72.8	20	34						
Mérések átlaga:		77.82	13.1	23.8			Napi átlag		7	9
							Mérés átlag		13	17
Mérés ideje: 2023.04.20			2. hét						Mérőállomás által mért adatok	
Pont száma	Idő	Átlag zajterhe- lés	Szállópor		Hőmérséklet	Pára	Szél	Idő	PM _{2.5}	PM ₁₀
			PM _{2.5}	PM ₁₀					PM _{2.5}	PM ₁₀
2	11:21	72.4	4	8	11°C	35%	10.8 km/h	11:00- 12:00	13	18
3	11:14	77.5	6	12						
4	11:16	72.2	7	13						
5	11:25	76.1	6	12						
6	11:19	73	7	13						
7	11:35	76.3	11	22						
8	11:33	76.1	6	13						
10	11:27	64.2	5	11						
11	11:29	71.3	7	14						
12	11:23	68.6	4	9						
Mérések átlaga:		72.77	6.3	12.7			Napi átlag		12	18
							Mérés átlag		13	18

2. táblázat Összehasonlító mérés 2/4

Mérés ideje: 2023.04.28			3. hét						Mérőállomás által mért adatok	
Pont száma	Idő	Átlag zajterhe- lés	Szállópor		Hőmérséklet	Pára	Szél	Idő	PM _{2.5}	PM ₁₀
			PM _{2.5}	PM ₁₀						
2	11:53	57.9	3	9	9°C	39%	11.1 km/h	11:00- 12:00	9	17
3	12:01	70.5	3	9						
4	11:59	70.6	3	8						
5	11:55	73.5	4	8						
6	11:51	72.4	3	9						
7	11:42	76	5	12						
8	11:44	70.2	4	9						
10	11:46	54.8	5	13						
11	11:49	58.2	5	11						
12	11:57	72.5	3	8						
Mérések átlaga:		67.66	3.8	9.6			Napi átlag		12	22
							Mérés átlag		9	17
Mérés ideje: 2023.05.05			4. hét						Mérőállomás által mért adatok	
Pont száma	Idő	Átlag zajterhe- lés	Szállópor		Hőmérséklet	Pára	Szél	Idő	PM _{2.5}	PM ₁₀
			PM _{2.5}	PM ₁₀						
2	12:34	67.8	3	6	19°C	57%	7.9 km/h	12:00- 13:00	7	11
3	12:39	75.2	3	8						
4	12:41	68.9	3	6						
5	12:35	76	2	6						
6	12:32	72.9	2	5						
7	12:24	74	2	6						
8	12:25	71.3	3	8						
10	12:28	54.8	2	5						
11	12:30	74.4	2	5						
12	12:37	62.9	3	7						
Mérések átlaga:		69.82	2.5	6.2			Napi átlag		11	17
							Mérés átlag		7	11

3. táblázat Összehasonlító mérés 3/4

Mérés ideje: 2023.05.13			5. hét						Mérőállomás által mért adatok	
Pont száma	Idő	Átlag zajterhe- lés	Szállópor		Hőmérséklet	Pára	Szél	Idő	PM _{2.5}	PM ₁₀
			PM _{2.5}	PM ₁₀						
2	14:25	67	3	8	14°C	73%	15.2 km/h	14:00- 15:00	11	16
3	14:31	74	3	7						
4	14:33	74.7	5	11						
5	14:27	75.1	9	18						
6	14:23	85.6	5	11						
7	14:15	74.7	7	14						
8	14:17	62.1	6	11						
10	14:19	61.4	5	11						
11	14:21	69.9	4	9						
12	14:29	66.6	5	11						
Mérések átlaga:		71.11	5.2	11.1			Napi átlag		10	13
							Mérés átlag		11	16
Mérés ideje: 2023.05.19			6. hét						Mérőállomás által mért adatok	
Pont száma	Idő	Átlag zajterhe- lés	Szállópor		Hőmérséklet	Pára	Szél	Idő	PM _{2.5}	PM ₁₀
			PM _{2.5}	PM ₁₀						
2	10:06	62.7	2	6	14°C	82%	3.6 km/h	9:00- 11:00	8	18
3	10:13	79.2	5	11						
4	10:15	73.8	3	8						
5	10:08	74.1	4	9						
6	10:04	72.7	2	7						
7	9:55	71.7	3	8						
8	9:56	63.4	1	5						
10	9:59	61.8	2	6						
11	10:01	77.9	4	8						
12	10:11	65.6	2	6						
Mérések átlaga:		70.29	2.8	7.4			Napi átlag		10	16
							Mérés átlag		8	18

4. táblázat Összehasonlító mérés 4/4

Mérés ideje: 2023.06.02			7. hét						Mérőállomás által mért adatok	
Pont száma	Idő	Átlag zajterhelés	Szállópor		Hőmérséklet	Pára	Szél	Idő	PM _{2.5}	PM ₁₀
			PM _{2.5}	PM ₁₀						
2	15:29	69.9	2	6	25°C	48%	15.8 km/h	15:00-16:00	6	18
3	15:37	75.4	2	6						
4	15:35	72.9	2	7						
5	15:31	75.1	3	8						
6	15:27	73	2	6						
7	15:18	73.5	4	9						
8	15:19	68.4	2	6						
10	15:22	68.7	3	9						
11	15:24	73.3	2	6						
12	15:33	73	2	7						
Mérések átlaga:		72.32	2.4	7			Napi átlag		11	21
							Mérés átlag		6	18
Mérés ideje: 2023.06.07			8. hét						Mérőállomás által mért adatok	
Pont száma	Idő	Átlag zajterhelés	Szállópor		Hőmérséklet	Pára	Szél	Idő	PM _{2.5}	PM ₁₀
			PM _{2.5}	PM ₁₀						
2	11:21	71.3	4	10	20°C	83%	6.4 km/h	11:00-12:00	9	15
3	11:27	74.5	4	9						
4	11:29	76	4	9						
5	11:23	77.9	5	11						
6	11:19	72.4	4	9						
7	11:11	75	5	11						
8	11:13	65.8	4	9						
10	11:15	61.5	5	11						
11	11:17	69.7	4	9						
12	11:24	66.3	5	11						
Mérések átlaga:		71.04	4.4	9.9			Napi átlag		9	13
							Mérés átlag		9	15

8.2 2. melléklet

5. táblázat A teszt tömbnél végzett mérések 2022. május 23. 1/2

Pont száma	Idő	Zajterhelés	PM _{2.5}	PM ₁₀	Hőmérséklet	Páratartalom
12	9:19	76.7	3	8	25.00	64.4
49	9:23	49.2	1	5	25.8	64.4
53	9:27	53.1	0	3	28.5	57.7
48	9:30	54.5	1	3	27.7	61.1
47	9:33	57.5	2	4	27.9	59.2
46	9:36	54.3	1	5	27.7	60.1
45	9:39	50.3	1	4	26.9	60.7
37	9:42	66.4	1	4	26.4	59.4
44	9:45	50.5	1	4	26.7	59.1
42	9:50	59	1	3	26.9	59.6
63	9:53	60.7	0	3	26.6	59.9
57	9:56	59.4	0	2	26.3	61
64	9:59	60.3	0	2	28.1	58.8
65	10:02	55.3	0	1	27.8	58.0
41	10:04	47.1	1	3	27.8	58.1
58	10:08	53.3	0	2	27.4	60.1
66	10:12	45.5	0	1	28.2	58
51	10:37	64.3	0	3	28.2	59.7
10	10:42	61.2	1	4	29.2	56.9
75	10:47	67.5	0	2	28.6	57.3
88	10:50	65	0	4	28.3	56.8
8	10:54	67.1	0	3	28.8	56
100	10:55	74	0	3	28.8	56.8
97	10:58	46.8	1	3	29.2	57.2
96	11:02	45.5	1	4	29.1	57.5
99	11:05	59.8	1	4	29.6	55.1
Pont 11	11:11	60	0	3	28.3	58.8
98	11:14	53	1	4	28.5	58.3
94	11:17	48.3	1	5	28.2	58.5
93	11:20	55.3	0	3	28.3	59.7
92	11:23	42.4	0	3	28.8	59.4
91	11:30	50.6	1	4	29.1	58.3

6. táblázat A teszt tömbnél végzett mérések 2022. május 23. 2/2

Pont száma	Idő	Zajterhelés	PM _{2.5}	PM ₁₀	Hőmérséklet	Páratartalom
Pont 10	11:34	62.3	3	7	29.1	57.2
83	11:38	48.2	0	3	29	58.5
27	11:40	65.6	1	5	28.3	59.7
32	11:43	59.2	1	4	29.1	60.6
78	11:48	40.9	1	3	31.5	55
70	11:53	51.8	1	4	31.5	56.8
79	11:56	47.9	1	4	31.4	54.1
71	11:59	52.3	0	3	31.2	57.6
26	12:03	47.2	1	4	32.9	55.2
84	12:06	54.3	1	4	33.2	55.4
86	12:10	57.4	0	3	31.8	56.1
Placemark	12:16	48.1	1	4	32.8	53.7
74	12:17	54.3	1	4	32.2	53.9
34	12:19	51.7	2	5	31.2	53.8

8.3 3. melléklet

7. táblázat A teszt tömbnél végzett mérések 2023. május 19. 1/2

Pont száma	Idő	Zajterhelés	PM _{2.5}	PM ₁₀
12	10:41	73.6	2	7
49	11:20	71.2	5	12
53	11:17	64.8	4	9
48	10:44	64.9	3	6
47	11:05	65.4	2	6
46	11:03	64.1	4	9
45	10:53	67.7	3	9
37	10:51	71.2	2	6
44	10:58	71.2	3	7
42	11:44	73	3	8
63	11:46	70.5	4	9
57	11:41	80.2	6	12
64	11:49	60.5	3	7
65	11:52	62.3	2	6
41	10:38	73.5	2	6
58	11:31	66.7	4	8

8. táblázat A teszt tömbnél végzett mérések 2023. május 19. 2/2

Pont száma	Idő	Zajterhelés	PM _{2.5}	PM ₁₀
66	12:06	63.9	5	10
51	11:22	68.4	6	13
10	11:26	74.9	3	8
75	12:10	76.3	5	10
88	12:48	83.2	2	5
8	13:02	79.7	1	4
100	13:03	79.7	2	6
97	12:52	60	2	5
96	12:55	60.5	2	5
99	13:06	72.2	1	4
98	13:10	66.1	1	4
94	13:15	67.3	2	6
93	13:17	60.8	1	4
92	13:20	58.7	1	4
91	13:28	67.4	3	8
Pont 10	13:25	71.4	2	6
83	13:23	64	1	4
27	12:33	69.3	2	6
32	12:30	72.5	4	9
78	12:35	64.8	1	4
70	12:26	64.9	3	8
79	12:22	64.5	1	5
71	12:19	64.5	2	6
26	12:42	67.5	2	5
84	12:39	66.5	2	5
86	12:45	65.2	1	4
Placemark 1	10:48	72.7	4	9
74	12:14	63.4	3	6
34	12:16	70.5	3	8
Placemark 2	11:29	71.1	3	8
13	11:34	70	6	14
Placemark 3	12:12	65.8	2	5
11	13:12	69.1	1	4

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] World Health Organization, Health effects of particulate matter, "Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia", Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe, 2013.
- [2] Agrárminisztérium, „PM10 CSÖKKENTÉSI PROGRAM,” 2022. [Online]. Available: <https://pm10.kormany.hu/forrasok>. [Hozzáférés dátuma: 01 12 2023].
- [3] E. Farkas Csamangó, Agrár- és Környezetjog, A szállópor környezetjogi szabályozása, 16 szerk., Miskolc: Magyar Agrárjogi Egyesület, 2014, p. 85.
- [4] A. Gróf, I. Gärtner, L. Leitner és M. Pető, „Zajszennyezés, Középiskolai oktatási segédlet,” Karinthy Frigyes Gimnázium, 14. február 2020. [Online]. Available: <https://www.karinthy.hu/home/grofandrea/zajszennyezés/>. [Hozzáférés dátuma: 30. november 2023].
- [5] ELTE Atomfizikai tanszék, „ZAJ, Környezeti zaj mérése,” Eötvös Loránd Tudományegyetem Atomfizikai tanszék, 18. december 2018. [Online]. Available: <https://atomfizika.elte.hu/kfiz2/ml/zaj.html>. [Hozzáférés dátuma: 30 november 2023].
- [6] K. Barkács, Á. Kiss, J. Mádlné Szőnyi, R. Mészáros, S. Papp, R. Pongrácz, M. Szabó, P. Tasnádi, K. Torkos, E. Tóth, T. Weiszbürg és F. Zsemle, A környezetten alapjai, Budapest: Typotex Kiadó, 2012.
- [7] I. Dr. Barótfi, Környezettechnika, Budapest: Mezőgazda Kiadó, 2000.
- [8] Agrárminisztérium, „PM10 csökkentési program , Egészségügyi kockázatok,” Agrárminisztérium, 6. május 2013. [Online]. Available: <https://pm10.kormany.hu/egeszsegugyi>. [Hozzáférés dátuma: 1. december 2023].
- [9] *AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2008/50/EK IRÁNYELVE*, 2008.

- [10] Agrárminisztérium, „PM10 csökkentési program,” Agrárminisztérium, 6. május 2013. [Online]. Available: <https://pm10.kormany.hu>. [Hozzáférés dátuma: 1. december 2023].
- [11] L. Dr. Bozó , I. Györgyné Váraljai, I. Ivanics, B. d. Vaskövi és T. Dr. Várkonyi, A környezeti levegőszennyezettség mérésének gyakorlata, Budapest: Környezetvédelmi Minisztérium, 2001.
- [12] Országos Meteorológiai Szolgálat, „legszenyeztseg.met.hu,” Agrárminisztérium, 1. március 2022. [Online]. Available: <https://legszenyeztseg.met.hu/levegominoseg/minosegiranyitas/informacio-minosegiranyitas>. [Hozzáférés dátuma: 1. december 2023].
- [13] Agrárminisztérium, „OLM automata mérőállomás és manuális mérési pontok helye 2022,” 26. március 2021. [Online]. Available: <https://kormany.hu/dokumentumtar/az-olm-2022-evi-meresi-es-mintaveteli-pontjainak-kijelolese>. [Hozzáférés dátuma: 1. december 2023].
- [14] Országos Meteorológiai Szolgálat, „legszenyeztseg.met.hu,” Agrárminisztérium, 8. október 2021. [Online]. Available: <https://legszenyeztseg.met.hu/levegominoseg>. [Hozzáférés dátuma: 1. december 2023].
- [15] S. Seyedehmehrmanzar , N. Csikós és P. Szilassi, „Connection between the Spatial Characteristics of the Road and Railway Networks and the Air Pollution (PM10) in Urban–Rural Fringe Zones,” MDPI Open Access Journals, 15 augusztus 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/10103>. [Hozzáférés dátuma: 3. december 2023].
- [16] *AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2002/49/EK IRÁNYELVE*, 2002.
- [17] *AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2002/49/EK IRÁNYELVE (2002. június 25.) a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről*, 2002.

- [18] 27/2008. (XII. 3.) KvVM–EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról, 2008.
- [19] 284/2007. (X. 29.) Korm. rendelet a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól, 2007.
- [20] Magyar Közút Nonprofit Zrt., „Magyar Közút,” 27. június 2022. [Online]. Available: <https://www.kozut.hu/download/az-orszagos-kozutak-2022-evre-vonatkozo-keresztmetszeti-forgalma/>. [Hozzáférés dátuma: 04. december 2023].
- [21] Központi Statisztikai Hivatal, „24.1.3.2. A személygépkocsik ezer lakosra jutó száma országonként [darab],” 07. december 2022. [Online]. Available: https://www.ksh.hu/stadat_files/sza/hu/sza0048.html. [Hozzáférés dátuma: 07. december 2023].
- [22] G. Pota, Zajosak vagyunk, Budapest: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, 2006.
- [23] Központi Statisztikai Hivatal, „Magyarország népességének száma nemek és életkor szerint,” Központi Statisztikai Hivatal, 16. január 2013. [Online]. Available: <https://www.ksh.hu/interaktiv/korfak/orszag.html>. [Hozzáférés dátuma: 8. december 2023].
- [24] Központi Statisztikai Hivatal, „Népsűrűség, települések száma,” Központi Statisztikai Hivatal, 1. január 2023. [Online]. Available: https://www.ksh.hu/stadat_files/fol/hu/fol0006.html. [Hozzáférés dátuma: 5. december 2023].
- [25] P. D. GmbH, „pce-instruments,” PCE Deutschland GmbH, [Online]. Available: https://www.pce-instruments.com/eu/laboratory-technology/laboratory/air-sampler-pce-instruments-air-sampler-pce-mpc-10-det_5971807.htm. [Hozzáférés dátuma: 01.12.2023].

- [26] C. & U. G. Eiffel, „noise-planet.org,” CNRS & Université Gustave Eiffel, 30. január 2017. [Online]. Available: <https://noise-planet.org>. [Hozzáférés dátuma: 5. december 2023].
- [27] M. A. O. Á. Bizottság, „Óvd a füled!,” MTA Akusztikai Osztályközi Állandó Bizottság, 13. május 2015. [Online]. Available: <http://www.ovdafuled.hu>. [Hozzáférés dátuma: 5. december 2023].
- [28] B. Márkus, Térinformatika 1. A térinformatika alapfogalmai, kialakulása, fejlődése, Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, 2010.
- [29] B. Márkus, Térbeli döntéselőkészítés 6., Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, 2010.
- [30] M. Berndt, „Székesfehérvár Megyei Jogú Város stratégiai zajtérképére épülő intézkedési tervjavaslatok - II. változat,” Székesfehérvár Megyei Jogú Város, Székesfehérvár, 2013.
- [31] Közegészségügyi Laboratóriumi és Módszer Főosztály, „LEVEGŐHIGIÉNÉS INDEX,” Nemzeti Népegészségügyi Központ, 12 07 2023. [Online]. Available: <https://www.nnk.gov.hu/index.php/kozegeszsegugyi-laboratoriumi-foosztaly/kornyezetegeszsegugyi-laboratoriumi-osztaly/levegohigienes-laboratorium/lakossagi-tajekoztato-tartalmak/levegohigienes-index>. [Hozzáférés dátuma: 08 12 2023].
- [32] L. Kálmán, J. Radics, S. Dr. Monostori, K. Oláh, R. Kissné Salamon, K. Tóbiás, Z. Kovács és Székesfehérvár, „SZÉKESFEHÉRVÁR MEGYEI JOGÚ VÁROS III. KÖZÉPTÁVÚ KÖRNYEZETVÉDELMI PROGRAM 2012-2017,” Székesfehérvár Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal, Környezetvédelmi Iroda, Kommunális Iroda, Székesfehérvár, 2012.
- [33] E. Simon, „MIND A 12 ELEKTROMOS AUTÓBUSZ FORGALOMBA ÁLLT

- SZÉKESFEHÉRVÁRON,” Székesfehérvár.hu, 27 10 2022. [Online]. Available: <https://www.szekesfehervar.hu/mind-a-12-elektromos-autobusz-forgalomba-allt-szekesfehervaron>. [Hozzáférés dátuma: 08 12 2023].
- [34] Z. Stettler, „HAVI DIÁKBÉRLET EGY VONALJEGY ÁRÁÉRT – JANUÁRBAN INDUL A TESZTIDŐSZAK SZÉKESFEHÉRVÁRON,” Székesfehérvár.hu, 18 10 2021. [Online]. Available: <https://www.szekesfehervar.hu/havi-diakberlet-egy-vonaljegy-araert-januarban-indul-a-tesztidoszak-szekesfehervaron>. [Hozzáférés dátuma: 08 12 2023].
- [35] T. é. V. F. Közép-Dunántúli Környezetvédelmi, „Levegőminőségi terv, 4. zóna (Székesfehérvár-Veszprém) levegőszennyezettségének csökkentése és az egészségügyi határérték túllépések megszüntetése céljából,” Közép-Dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, Székesfehérvár, 2013.

9. ÁBRAJEGYZÉK

Ábrák:

1. ábra A szállópor részecske frakciók méretaránya [2]	2
2. ábra A PM mérete az expozíció szempontjából is fontos, mert a PM10 a hörgőkbe, a PM2,5 a hörgőcskékbe és a légútyagocskákba is eljut. [8]	6
3. ábra Az OLM mérőállomásai [14]	8
4. ábra Zaj lakóterületre (kisváros, kertváros, falu, település) meghatározott határértéke [18]	11
5. ábra Zaj lakóterületre (nagyváros) meghatározott határértéke [18]	12
6. ábra Személygépkocsik ezer lakosra jutó száma [21]	14
7. ábra Magyarország lakossága [23]	16
8. ábra Népsűrűség alakulás Magyarországon [24]	16
9. ábra PCE-MPC 10 kézi szállópor mérő [25]	17
10. ábra Noise Capture [26] 11. ábra Óvd a füled! [27]	18
12. ábra Székesfehérvár, OLM monitorállomás [35]	23
13. ábra Mérési terület az állomás körül	25
14. ábra Szállópor koncentráció a mérőállomásnál	26
15. ábra Átlag szállópor a zajszint függvényében	26
16. ábra Szállópor koncentráció a mérőállomás mérései alapján	27
17. ábra Szállópor koncentráció a mérőállomás napi átlag mérése alapján	28
18. ábra PCE-MPC 10 átlag és mérőállomás méréseinek korrelációja	28
19. ábra PCE-MPC 10 10-es pont és mérőállomás méréseinek korrelációja	29
20. ábra PCE-MPC10 10-es pontban és mérőállomás méréseinek korrelációja (1;2;4;5;8; hét)	30
21. ábra Mért tömb pontjai 2022	31
22. ábra Szállópor koncentráció a tömb mérési pontjaiban (2022)	32
23. ábra Szállópor koncentráció a zaj mennyiségével összefüggésben (2022)	33
24. ábra Zajtérkép 2022	33
25. ábra PM _{2,5} Szállópor térkép 2022	34

26. ábra PM ₁₀ Szállópor térkép 2022	35
27. ábra Mérési pontok 2023	36
28. ábra Szállópor koncentráció a tömb mérési pontjaiban (2023)	36
29. ábra Szállópor koncentráció a zaj mennyiségével összefüggésben (2023)	37
30. ábra Zajtérkép 2023	38
31. ábra PM _{2,5} Szállópor térkép 2023	39
32. ábra PM ₁₀ Szállópor térkép 2023	40
33. ábra Szállópor koncentráció a zaj mennyiségével összefüggésben (2022 és 2023 összehasonlítás)	41
34. ábra 2022-es és 2023-as zajtérképek átfedésben	42
35. ábra 2022-es és 2023-as PM _{2,5} -es szállópor térképek átfedésben.....	42
36. ábra 2022-es és 2023-as PM ₁₀ -es szállópor térképek átfedésben	43

Táblázatok:

1. táblázat Összehasonlító mérés 1/4	47
2. táblázat Összehasonlító mérés 2/4	48
3. táblázat Összehasonlító mérés 3/4	49
4. táblázat Összehasonlító mérés 4/4	50
5. táblázat A teszt tömbnél végzett mérések 2022. május 23. 1/2	51
6. táblázat A teszt tömbnél végzett mérések 2022. május 23. 2/2	52
7. táblázat A teszt tömbnél végzett mérések 2023. május 19. 1/2	52
8. táblázat A teszt tömbnél végzett mérések 2023. május 19. 2/2	53