



КАТЕДРА: „КАРТОГРАФИЯ И ГИС“

**„Геопространствен модел за оценка на качеството на
атмосферния въздух в град София“**

АВТОРЕФЕРАТ

**На дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“
По научна специалност „Картография (вкл. Тематично географско картографиране –
Географски информационни системи)“**

Докторант:
Милена Симеонова Стефанова
Фак. №. 2020з-323

Научен ръководител:
доц. Д-р Стелиян Димитров

София
2023

За дисертационния труд

Дисертационният труд е с общ обем от 283 страници. Състои се от 183 страници текстова част и 100 стр. приложение. Структуриран е в увод, 3 глави и заключение. Списъкът на използваната литература съдържа 156 заглавия, от които 19 научни разработки на български език, 56 чуждестранни научни трудове, 38 нормативни, планови и стратегически документа, 43 тримесечни бюлетина на ИАОС. Дисертационният труд съдържа 249 фигури, от които 19 таблици, 15 диаграми/схеми и 215 карти.

~~Ваня Бронева, Софийски университет „Св. Климент Охридски“~~

Дисертацията е обсъдена и допусната до защита на разширено заседание на катедра „Картография и ГИС“ към Геолого-географски факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“, състояло се на 19 март 2024 г.

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в катедра „Картография и ГИС“ в ректората на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ на адрес бул. "Цар Освободител" 15.

Благодарности

На първо място бих искала да изкажа своите благодарности на научния си ръководител доц. д-р Стелиян Димитров за подкрепата и съдействието, които ми е оказвал през всичките години на следването и развитието ми като експерт.

Искам да изкажа специални благодарности и на проф. д-р Климент Найденов, доц. д-р Евгения Сарафова, гл. ас. д-р Леонид Тодоров, ас. Мартин Илиев и докторант Стоян Вълчев за подкрепата, ценните съвети и времето, което получих от тях.

Благодаря на всички преподаватели от катедра "Картография и ГИС" към Геолого-географския факултет на Софийски Университет "Св. Климент Охридски" за професионалното отношение и предадените ценни съвети.

Благодаря на моите колеги от Министерство на околната среда и водите, дирекция „Управление на отпадъците и опазване на почвите“ за подкрепата, търпението и оказаната помощ.

Накрая, но не на последно място по значение, бих искала да благодаря на семейството и приятелите ми за съветите и помощта, които ми оказваха през цялото следване. Специални почести към покойния ми дядо, невероятен географ, откривател и пътешественик, който запали в мен любовта към географията. Благодаря за насоката в живота!

Благодаря Ви!

Съдържание:

1. УВОД.....	6
1.1 Актуалност на темата	6
1.2. Цел.....	7
1.3. Обект на изследване	8
1.4. Предмет на изследване.....	8
1.5. Задачи	8
2. КАЧЕСТВО НА АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ – ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНОДАТЕЛНА РАМКА	8
2.1 Атмосферен въздух – основни понятия	8
2.2. Замърсяване на атмосферния въздух.....	9
2.5.1 Фини прахови частици	10
2.5.2. Озон.....	10
2.5.3. Серен диоксид.....	11
2.5.4. Азотен диоксид	11
2.5.6. Бензен	11
2.5.7. Олово	11
2.5.8. Кадмий	11
2.6. Нормативни документи, закони, стратегии за КАВ	12
3. ГЕОГРАФСКИ ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ И ТЯХНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ ЗА ЦЕЛИТЕ НА УПРАВЛЕНИЕТО НА КАВ.....	12
3.1. Приложение на ГИС в планирането и управлението на територията и регионалното развитие. Съвременни тенденции в използването на ГИС	12
3.2. Създаване на целева ГИС база данни: етапи и процедури. Пространствени бази данни и пространствен анализ.	13
4. ГЕОПРОСТРАНСТВЕН МОДЕЛ ЗА ОЦЕНКА НА КАЧЕСТВОТО НА АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ В ГРАД СОФИЯ.....	16
4.1 Изпълнителна агенция по околна среда (ИАОС).....	16
4.2. Проектът AIRTHINGS	17
4.3. Качеството на въздуха в страната	19
4.4. Основни източници на емисии в Столична община.....	21
4.5. Измерване качеството на въздуха по показатели.....	25

4.6. Геопространствен анализ на данни от ИАОС	26
4.6.1. Бензен	27
4.6.2. О ₃ – озон	32
4.6.3. NO ₂ – азотен диоксид	36
4.6.4. ФПЧ _{2,5}	39
4.6.5. ФПЧ ₁₀ – фини прахови частици	44
4.7. Геопространствен анализ на данни от проекта AIRTHINGS	50
4.7.1 Озон	51
4.7.2. ФПЧ _{2,5}	54
4.7.3. ФПЧ ₁₀	59
4.8. Интерактивна карта	63
4.9. Други потенциални източници на данни за КАВ	65
4.9.1. Проектът Luftdaten	65
4.9.2. Проект на Национален университетски център за геопространствени изследвания и технологии (НУЦГИТ) и Столична община	65
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	67
ПРИНОСИ:	70
Списък на публикациите, свързани с темата на дисертационния труд	70
Използвана литература	Error! Bookmark not defined.

1. УВОД

1.1 Актуалност на темата

Замърсяването на въздуха е проблем, както на местно, така и на европейско и глобално ниво. Според Европейската агенция по околна среда (ЕЕА) замърсителите на въздуха, емитирани в една държава могат да бъдат разнесени в атмосферата и да влошат качеството на въздуха и на други места. Голяма част от населението на Европа живее в зони, особено в големи градове, където се наблюдава превишение на допустимите норми за качество на въздуха. Това включва замърсяване с фини прахови частици (ФПЧ), озон, азотен диоксид и други, което представлява сериозен риск за здравето на населението. ФПЧ се отделят при изгаряне на гориво от автомобили, горене на дърва, горене на битови отпадъци и други промишлени дейности. Акумулирането им в околната среда, може да доведе до формирането на мъгли, смог и запрашаване. Проблемът със замърсяването на въздуха най-често се наблюдава в големи градове с интензивен трафик, висока концентрация на население и наличие на промишлени дейности. Този проблем е особено изразен на места, където градът е разположен в котловина, също като град София, където естествените въздушни маси не могат да преминават свободно, което от своя страна води до задържане на замърсители и въздушни маси и възпрепятства почистването на въздуха.

Качеството на въздуха както в столицата – София, така и в други европейски градове отчита значително подобрени нива, в глобален план. Това от една страна се дължи на въвеждане на пречистващи инсталации в индустрията, която в миналото е била един от най-сериозните замърсители. Въпреки това качеството на въздуха през последните години отново се превръща в сериозен проблем, на който се обръща значително внимание.

Голямо влияние върху качеството на атмосферния въздух оказват географското положение и климатичните характеристики на града. Проблемът с въздуха в много голяма степен е географски предопределен. Разположена в Софийското поле, в столицата се наблюдават типични явления като температурни инверсии и задържане на мъгли, обусловени от релефа на територията. Тези явления се наблюдават най-вече през зимните месеци, което затруднява почистването на въздуха. Географията на града е една от най-сериозните предпоставки за задържането на мръсния въздух, и за сформирание на критични точки за показателите, които измерват качеството му.

Въпреки местоположението и климатичните особености на столицата един от основните източници на замърсяване в града остават автомобилите и отоплението на жилищния фонд, в частност използването на фосилни горива и биомаса за отопление в бита. Това е тенденция не

само в страната, но и в Европа. В много от кварталите в града централното парно отопление не функционира, тъй като клиентите се отказват от услугите на топлофикационното дружество и вместо с парно се отопляват с твърди горива или на ток. Кварталите, които се отопляват на изкопаеми горива, както и тези, които изгарят различни видове отпадъци за отопление, в общия случай са най-бедните и крайни квартали, чиито жители имат ниски доходи. Но в същото време се наблюдават и изключения – голяма част от кварталите в подножието на Витоша използват твърди горива за отопление. Част от стопанските помещения в града, като автосервиси, складови помещения и други изгарят нерегламентирано отпадъци, за да се отопляват през зимните месеци. Тези нерегламентирани дейности по изгаряне на отпадъци се извършват както в бита, така и в стопанската дейност - текстилни отпадъци, пластмаси, масла, гуми, битови отпадъци и др.

Друг фактор влияещ на качеството на въздуха в столицата е антропогенния фактор - непрекъснато нарастващия дял на жителите на столицата, които използват личните си автомобили за ежедневното си придвижване в града. В страната се наблюдава тенденция към увеличаване броя на употребявани вносни автомобили, по-голяма част от които – дизелови. Автопаркът в столицата се увеличава ежедневно, което води до сериозни проблеми, тъй като умишлено от автомобилите се премахват катализатори и филтри за твърди частици, с което се отделят голям дял вредни емисии.

Географските информационни системи намират приложение в управлението качеството на атмосферния въздух. Те служат за изготвяне на задълбочени геопространствени анализи и оценки, като по този начин подпомагат вземането на информирани управленски решения. Чрез тях се създават карти и приложения, които спомагат за управление и мониторинг качеството на атмосферния въздух. За целта е необходимо събирането, анализирането и обработването на значително количество данни, които да послужат за по-нататъшен анализ и създаване на карти, таблици и графики.

Географските информационни системи са не само удобен инструмент за визуализация на пространствена информация, но и средство за организация, моделиране и анализ на различни статистически данни. В последните години те намират все по-голямо приложение в управлението и мониторинга на КАВ.

1.2. Цел

Целта на настоящото изследване е осъществяване на геопространствен модел за оценка на качеството на атмосферния въздух.

1.3. Обект на изследване

С оглед постигането на по-голяма конкретика и практическа приложимост на резултатите територията обект на изследване беше ограничена до пространствения обхват на град София. Изборът на обект на изследване е породен от личния интерес към територията и нейното познаване. Градът е културен и икономически център на България, което го прави силен притегателен център. Според данни на НСИ (към 31.12.2021г.) населението на столицата наброява 1 274 290 души, което е около 17% от населението на страната. Непрекъснато увеличаващият се брой население, води до струпване на много хора с различни потребности на едно място, което довежда до влошаване качеството на атмосферния въздух.

1.4. Предмет на изследване

Предмет на изследване в настоящата разработка е системата от процедури за изготвяне на специализирана ГИС база данни и осъществяването на геопространствен модел за оценка на качеството на атмосферния въздух. За целта ще бъде разгледан подходящ набор от научна литература по темата, също - нормативни и стратегически документи уреждащи управлението и мониторинга на КАВ.

1.5. Задачи

- Да се направи задълбочен анализ на нормативната база, регламентираща процесите за мониторинг на КАВ.
- Да се изгради специализирана ГИС бази данни.
- Да се осъществи геопространствен анализ.
- Да се осъществи сравнителен анализ между два източника на данни за КАВ
- Проучване и представяне на други потенциални източници на информация за КАВ

2. КАЧЕСТВО НА АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ – ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНОДАТЕЛНА РАМКА

2.1 Атмосферен въздух – основни понятия

Според Световната здравна организация (СЗО): „замърсяването на въздуха е замърсяване на вътрешната или външната среда от всеки химичен, физичен или биологичен агент, който променя естествените характеристики на атмосферата“.

Моторните превозни средства, домашните отоплителни уреди, промишлените инсталации и горските пожари са често срещани източници на замърсяване на въздуха. Замърсителите, които предизвикват сериозни проблеми за общественото здраве, включват ФПЧ, азотен и серен

диоксид, въглероден оксид, озон и др. Замърсеният въздух, както на открито, така и в закрити помещения причинява респираторни и други заболявания и важен фактор за заболяемост и смъртност сред населението.

Според Програмата на ООН за околната среда: „качеството на въздуха по целия свят продължава да се влошава поради увеличаващите се емисии, които представляват заплаха за човешкото здраве и околната среда, както и допринасят за изменението на климата, загубата на биологично разнообразие и замърсяването с отпадъци.“

2.2. Замърсяване на атмосферния въздух

Замърсяването на въздуха уврежда човешкото здраве и околната среда, в която живеем. То се дължи основно на транспорта, промишлеността, производството на енергия и селското стопанство. Стратегията на ЕС за качеството на въздуха цели постигане на пълно съответствие с действащото законодателство относно КАВ до 2020 г., също така определя дългосрочни цели до 2030 г.

Замърсяването на въздуха е една от основните причини за преждевременна смърт в ЕС, от екологично естество, тъй като може да доведе до сърдечно-съдови и дихателни заболявания, а също така и до рак. Определени вещества като: арсен, кадмий, никел и др. са генотоксични канцерогени за населението и не е установен праг, под който не представляват опасност за здравето.

Замърсяването на въздуха е признато за водещ проблем за общественото здраве и основен проблем за здравето на околната среда в целия свят, заслужаващ нарастващ интерес от страна на научната общност (Brunekreef, Holgate, 2002; Landrigan, 2017). Замърсяването на околния въздух може да бъде причинено от много различни замърсители, въпреки че следните са най-често изследваните; прахови частици (PM), приземен озон (O3), въглероден оксид (CO), серен диоксид (SO2) и азотен диоксид (NO2) (Brook et al., 2004; Sheehan et al., 2016).

Откакто Европейския съюз, през 70^{те} години започва да се занимава с проблема за качеството на атмосферния въздух, то е значително подобро. Намалена е концентрацията на замърсители като: серен диоксид, въглероден оксид, бензен, олово. ЕС се позовава на различни правни механизми с цел управление на КАВ, а именно определяне общи стандарти за КАВ за концентрациите на замърсители; определяне национални пределни стойности на емисиите на

веществата замърсители; разработване на законодателство, насочено към отделните източници. Законодателството на ЕС бива допълнено от стратегии и мерки за насърчаване опазването на ОС.

2.3. Замърсители на атмосферния въздух

Според изпълнителния директор на Европейската агенция по околна среда (Hans Bruuninckx, 2014), замърсяването на въздуха причинява сериозни вреди както на човешкото здраве, така и на екосистемите, като значителна част от населението продължава да живее в нездравословна околна среда. Подобрието на качеството на въздуха в Европа през последните десетилетия е забележително, но замърсяването с прахови частици и озон представлява сериозен проблем за здравето на хората. Основните замърсители включват фини прахови частици, озон, серен и азотен диоксид, въглероден оксид, бензен, олово, арсен, никел и кадмий. В България, към 2017 година, основните замърсители според националното и европейското законодателство са ФПЧ10, ФПЧ2.5, О3, NO2, SO2, бензо(а)пирен и тежки метали. За контрола на качеството на въздуха в страната функционират 47 стационарни измервателни пункта, включително автоматични измервателни станции, пунктове за ръчно пробонабиране и системи за диференциална оптична атомноабсорбционна спектрофотометрия.

2.5.1 Фини прахови частици

Регламентирани са следните норми за фини прахови частици:

ФПЧ10:

- СДН - 50 мкг/м³ (да не бъде превишавана повече от 35 пъти годишно);
- СГН - 40 мкг/м³

ФПЧ2.5:

- СГН - 30 мкг/м³ от 2010 г.
- СГН - 25 мкг/м³ от 01.01.2015 г.
- СГН - 20 мкг/м³ от 01.01.2020 г.

2.5.2. Озон

Регламентираните норми са следните:

- Праг за информиране на населението(средно часова стойност)- 180 мкг/м³;
- Праг за предупреждение на населението (средно часова стойност) - 240 мкг/м³ (измерени през три последователни часа);

- Праг за здравна защита (8 часова плаваща средна стойност) - 120 мкг/м³;

2.5.3. Серен диоксид

Регламентираните норми са следните:

- СЧН - 350 мкг/м³ (да не бъде превишавана повече от 24 пъти годишно)

- СДН - 125 мкг/м³ (да не бъде превишавана повече от 3 пъти годишно)

- Алармен праг – 500 мкг/м³ (измерени през три последователни часа)

При превишаване на алармените концентрации се налага прилагането на мерки за ограничаване на вредното въздействие на замърсителя.

2.5.4. Азотен диоксид

Регламентираните норми са следните:

- СЧН - 200 мкг/м³ (да не бъде превишавана повече от 18 пъти годишно)

- СГН - 40 мкг/м³

- Алармен праг – 400 мкг/м³ (измерени през три последователни часа)

При превишаване на алармените концентрации се налага прилагането на мерки за ограничаване на вредното въздействие на замърсителя.

2.5.5. Въглероден оксид

Регламентирана е следната норма за въглероден оксид за опазване на човешкото здраве:

- максимална осемчасова стойност в рамките на денонощието – 10 мг/м³ (да не бъде превишавана повече от 1 път годишно).

2.5.6. Бензен

Регламентирана е следната норма за бензен за опазване на човешкото здраве:

- СГН - 5 мкг/м³.

2.5.7. Олово

С Наредба №12 от 15 юли 2010 г. (обн. ДВ, бр. 58 от 30 юли 2010 г.) е приета следната ПДК на оловни аерозоли в атмосферния въздух:

- СГН - 0.5 мкг/м³.

2.5.8. Кадмий

Нашето законодателство определя следните ПДК за кадмий в атмосферния въздух според Наредба № 11 от 14.05.2007 г. за норми за арсен, кадмий, никел и полициклични ароматни въглеводороди в атмосферния въздух (Обн. ДВ бр. 42 от 29.05.2007 г.):

- средногодишна ПДК - 5 ng/m³.

2.6. Нормативни документи, закони, стратегии за КАВ

Законодателствата на различните държави се фокусират върху опазването на околната среда и ресурсите. В България, законодателството в тази област е разделено на общ закон и специални закони, като основният закон е Законът за околната среда. Сред специалните закони е Законът за чистотата на атмосферния въздух, който има ключово значение за качеството на въздуха. С времето обществените отношения, свързани с веществата и дейностите, които замърсяват атмосферата, стават все по-важни, като най-големият замърсител е химическата промишленост. Замърсяването е проблем, който изисква регулация и отговаряне на международни изисквания. България е страна по различни международни конвенции и споразумения за опазване на околната среда и чистотата на въздуха, също така са транспонирани множество директиви на Европейския парламент и на Съвета.

3. ГЕОГРАФСКИ ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ И ТЯХНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ ЗА ЦЕЛИТЕ НА УПРАВЛЕНИЕТО НА КАВ

3.1. Приложение на ГИС в планирането и управлението на територията и регионалното развитие. Съвременни тенденции в използването на ГИС

В последните десетилетия компютрите се използват във всички сфери на човешкия живот, включително и в планирането и управлението на територията и регионалното развитие. Според проф. Попов (2012), съвременното общество е „информационно“, като информационните технологии играят важна роля в ускоряването на процесите на получаване и използване на нови знания. Географските информационни системи (ГИС) са от съществено значение за организирането на данни за териториите и пространственото локализиране на проблеми, като предоставят методи за анализ и решаване на предизвикателствата. Според проф. Попов, ГИС се отличават по способността си за пространствени анализи, което ги прави ефективен инструмент за разкриване на нова информация за обектите и явленията от реалния свят. През последните години се наблюдава нарастване на приложението на ГИС, особено в сферата на регионалното развитие и екологията, като те играят важна роля в идентифицирането и адресирането на екологични проблеми и подпомагат вземането на решения в различни ситуации. ГИС са основен инструмент за анализиране и оценка на въздействието на различни дейности върху околната среда, както и за планирането и управлението на регионалното и местното развитие.

3.2. Създаване на целева ГИС база данни: етапи и процедури. Пространствени бази данни и пространствен анализ.

За целите на научния труд бяха създадени специализирани бази данни, които да спомогнат осъществяване на изследването. В случая базата данни съхранява данните в табличен формат. Използвани са два основни източника: Изпълнителната агенция по околна среда и проектът „AirThings“. ИАОС е администрация към Министъра на околната среда и водите за осъществяване на ръководни, координиращи и информационни функции по отношение на контрола и опазването на околната среда в България. Тя проектира и управлява Националната система за мониторинг на околната среда и информацията за състоянието на компонентите и факторите на околната среда за територията на цялата страна. Данните от сензорите на Агенцията се считат за достоверен източник на информация и отговарят на нормативната уредба. Те на ИАОС са под формата на тримесечни бюлетини за състоянието на околната среда, в частност въздух. Тримесечията, които са използвани за изследването са от началото на 2013 година до края на трето тримесечие на 2023 г., тъй като към настоящия момент бюлетин за последното – четвърто тримесечие на 2023 г. все още не са налични на сайта на Агенцията. Идеята на големия изследван период е опит за проследяване на тенденция в промяната на КАВ в последното десетилетие. Като данните са предоставени в два формата .pdf и .doc и са общодостъпни. След изтегляне на всички необходими тримесечия данните на ИАОС са синтезирани до нужния обхват и са превърнати в таблици с помощта на Microsoft Excel, като за всеки показател е създадена отделна таблица показваща максималната отчетена стойност за показателя. Таблици са създадени за всеки показател, който засяга тематиката на научния труд, а след задълбочен анализ, показателите, за които не са регистрирани превишения на пределно допустимите норми са изключени от изследването. На фиг. 1 е представен откъс от таблица за показателя ФПЧ10. След въвеждане на всички стойности за показателите чрез функция в Excel (Conditional Formatting – Highlight Cell Rules – Greater than) е зададена нормата за показателя според Наредба №12. Използваната функция оцветява в червен цвят всяко едно превишение на нормата, което е регистрирано през даденото тримесечие. Готовата таблица е добавена в ArcMap и е привързана към слоя със сензорите на ИАОС, след което данните се визуализират в атрибутивната таблица на слоя. Тези действия са приложени за всички показатели отчитащи превишения на нормите.

Сензор	ЯНУ - МАР 2013	АПР - ЮНИ 2013	ЮЛИ - СЕПТ 2013	ОКТ - ДЕК 2013	ЯНУ - МАР 2014	АПР - ЮНИ 2014	ЮЛИ - СЕПТ 2014	ОКТ - ДЕК 2014
София - Дружба	137,98	85,36	90,88	376,86	217,82	64,36	59,91	215,58
София - ИАОС/Павлово	181,62	50,01	40,68	361,69	373,17	70,12	47,73	238,02
София - Надежда	174,71	70,76	48,25	285,36	226,2	58,26	107,78	231,39
София - Орлов мост	194,8	71,44	49,74	413,24	371,8	60,17	59,92	293,31
София – Младост	0	0	0	0	0	0	0	0
София - Хиподрума	153,26	61,56	38,57	374,98	409,41	59,6	46,32	275,45
София Област - Копитото	50,41	50,75	41,91	45,37	41,37	76,94	0	54,43

Фиг. 1. Откъс от таблица за показателя ФПЧ10 (ИАОС)

Данните от Столична община по проект AIRTHINGS, бяха изискани чрез заявление за достъп до обществена информация през създадения от общината „Денонощен Контактен център на Столична община за подаване на сигнали за отклонения в градската среда на София, писма, предложения, запитвания, жалби и заявления за достъп до обществена информация“. На основание чл. 3, ал. 1 и чл. 28, ал. 1 от Закона за достъп до обществена информация (ЗДОИ), Заповед № СОА17-РД09-1027 от 20.11.2017 г., изм. със Заповед № СОА19-РД09-1412/11.10.2019 г. на кмета на Столична община е разгледано заявление с вх. № СОА23-ЕВ01-412/04.09.2023 г. от докторанта. Като на основание чл. 28, ал. 2 във връзка с чл. 34, ал. 1 от Закона за достъп до обществена информация, бе решено да се предостави пълен и безплатен достъп до поисканата информация в обем съобразно всички налични данни чрез посочване на интернет адрес, където се съхраняват или са публикувани данните.

Разработената информационна система/платформа за събиране, съхранение и визуализиране на данни за качеството на атмосферния въздух – AIRTHINGS, чрез която бяха изтеглени данните за КАВ, е система изградена на принципа на отворените данни (Open Data System) и позволява публикуването им в машинно четим формат.

Същата предоставя напълно отворен REST API за извличане на акумулираните данни от измервания и може да ги предоставя в най-използваните интернет формати (JSON, XML, CSV), според параметрите на заявката от клиента. Данните са свободни да се наблюдават и анализират при необходимост от всеки потребител на платформата.

За целите на научния труд данните от платформата бяха обработени и приравнени по тримесечия, подобно на данните от тримесечните бюлетини на ИАОС. Целта е по-лесно разбиране на огромния набор от данни и опит за сравнение между двата типа сензори и стойностите които регистрират.

Създаването на база данни за целите на изследването от проекта AirThings е изключително трудоемка задача. В необработен вид, таблиците за показателите за общо 15 тримесечия са с над 30 000 реда за един показател, което затруднява изследването и обработката им. За целите на

научния труд те са приравнени по тримесечията на ИАОС – януари-март, април-юни, юли-септември, октомври-декември. Тъй като проектът стартира през 2017 година, а сензорите започват работа дни преди края на 2019 година, стойностите за последните дни от 2019 година не са включени в изследването. Използваните стойности за целите на научния труд са ограничени в периода 2020-2023 година. Последното тримесечие на годината отново не фигурира в изследването, тъй като към момента на обработка на данните, стойности за него все още няма. Обработката на подобен тип информация отнема значителен период от време. На теория платформата съхраняваща данните по проекта би следвало да експортира количеството информация в .xlsx файл, но на практика това не се случва, поради неуточнен проблем. На фиг. 2 е представена таблица с необработени стойности. Отново чрез Microsoft Excel стойностите са разделени по тримесечия. Обработените таблици изглеждат по следния начин (фиг. 3). Като от всички отчетени стойности е извадена само максималната отчетена стойност за всяко едно тримесечие и за всеки един от сензорите. Таблицата е добавена в ArcMap и е привързана към слой със сензорите по проекта. След, което е използвана за целите на изследването.

time				PM10	Station	PM10
09	28	2023	28.9.2023	6.94051933222554	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	6,94051933
09	27	2023	27.9.2023	7.13881868110348	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	7,13881868
09	26	2023	26.9.2023	7.46617264460695	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	7,46617264
09	25	2023	25.9.2023	7.92657470515311	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	7,92657471
09	24	2023	24.9.2023	10.134160204861	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	10,1341602
09	23	2023	23.9.2023	11.3386389047658	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	11,3386389
09	22	2023	22.9.2023	9.55086884614524	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	9,55086885
09	21	2023	21.9.2023	8.71809868826812	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	8,71809869
09	20	2023	20.9.2023	10.6689465316359	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	10,6689465
09	19	2023	19.9.2023	7.12972086928119	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	7,12972087
09	18	2023	18.9.2023	9.14230232631302	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	9,14230233
09	17	2023	17.9.2023	9.67502743531559	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	9,67502744
09	16	2023	16.9.2023	5.92783580347067	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	5,9278358
09	15	2023	15.9.2023	5.01631585932553	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	5,01631586
09	14	2023	14.9.2023	3.23809554374294	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	3,23809554
09	13	2023	13.9.2023	3.13358958684966	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	3,13358959
9	12	2023	12.9.2023	2.89022554313401	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	2,89022554
9	11	2023	11.9.2023	9.19292474065112	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	9,19292474
9	10	2023	10.9.2023	10.0539378587034	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	10,0539379
9	9	2023	9.9.2023	10.5845764592588	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	10,5845765
9	8	2023	8.9.2023	277.259650129565	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	277,25965
9	7	2023	7.9.2023	827.040902108778	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	827,040902
9	6	2023	6.9.2023	569.205430248353	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	569,20543
9	5	2023	5.9.2023	341.251785737571	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	341,251786
9	4	2023	4.9.2023	246.804105527889	Парк „Хиподрума“ - При повишена влажност е възможно да и	246,804106

Фиг. 2. Таблица с необработени данни от проекта AirThings

Сензор	Януари - Март 2020	Април - Юни 2020	Юли - Септември 2020	Октомври - Декември 2020	Януари - Март 2021	Април - Юни 2021	Юли - Септември 2021	Октомври - Декември 2021
29 ДКЦ - „Борово“	63,25796855	33,88085059	24,67399128	208,43147163	92,86244500	34,79823075	26,27876663	112,05417378
бул. „Александър Стамболийски“, Западен г.	146,39068456	88,07995919	41,58545636	280,21964412	318,98340906	69,58777012	56,75189564	175,55355642
бул. „Президент Линкълн“ ж.к. „Овча купел“	88,72176703	52,84003620	394,43750247	158,18154932	125,53722117	41,00595832	26,04570091	163,31479900
Военна академия „Г. С. Раковски“	105,84359248	45,08419886	40,16946158	239,40886900	210,35354225	52,35788205	48,96423628	309,59073506
ж.к. „Иван Вазов“	77,96147064	35,11957618	28,09114765	188,53718130	101,52359398	37,26459694	36,07574973	106,70902711
ж.к. „Люлин“ 9	96,58810613	44,19542764	60,93919307	385,34440320	157,15280987	72,50107333	35,27522874	101,25111846
Зимен дворец на спорта	65,00977182	29,16870127	181,51611487	223,44521787	93,34721872	49,83911299	31,44824037	103,12564878
кв. „Драгалевци“	58,69237449	22,03404773	28,73674489	291,05298272	158,31187047	60,77398564	28,92907735	206,63207462
кв. „Орландовци“	215,74489109	56,08572825	51,92783581	438,52865872	369,05415765	54,67652421	31,59394558	167,89722221
кв. „Христо Ботев“	237,84145856	90,64751606	73,71798966	520,53895299	510,50184047	102,82119188	30,92268311	335,76923436
Метростанция „Джеймс Баучер“	84,72579509	33,27317441	30,68341143	198,44085653	171,52677689	36,11161832	144,52547362	157,61212731
Национален център за заразни и паразитни НИМХ	516,17018142	55,65786848	37,11878383	874,29950180	290,25324640	39,66888918	37,03724506	106,06018841
Парк „Хиподрума“	57,23357662	316,84334658	24,28827544	184,62791761	84,51800203	66,35506650	43,66003488	113,13044896
Парк „Хиподрума“	97,87548097	41,03117158	126,24159319	206,03843214	82,57584045	58,41171960	53,18798835	285,14069220
Поликлиника „Враждебна“	98,55811942	40,96261118	33,95159123	244,79406413	213,67713323	60,88748538	32,75270952	270,10909720
РА „Красна поляна“	143,54679473	47,03519369	89,83946178	434,15979175	295,69470957	93,75442595	38,27989851	275,90447491
РА „Надежда“	123,22329929	35,76152121	33,92514082	581,77267535	173,64790295	35,84320575	540,66902302	109,26916332
район „Искър“	87,55611615	115,91751680	30,33009466	219,04424590	110,78492644	74,73458513	33,21510518	93,20801899
район „Подуяне“	131,63679216	55,44614120	39,86402042	287,92085221	226,51369303	47,99788987	29,68969339	135,62529901
район „Студентски“	80,14380903	25,39486509	29,76465729	40,69236292	85,52817188	40,66933543	65,48482623	91,88107963
район „Овча купел“	78,04216849	41,09572946	31,85435786	256,58816118	126,22998535	28,43160902	40,73181749	151,80996678
Централна гара	120,59251063	45,65465192	39,48564624	333,39962210	295,03023677	41,99506344	476,25164510	96,11221493

Фиг. 3. Откъс от таблица за показателя ФПЧ10 (AirThings)

От Столична община бяха предоставени и имена на 22-та сензора за КАВ, точни географски координати, административен адрес и описание къде е точното място на монтаж на станцията. С помощта на таблицата в ArcMap беше създаден точков слой, а към него бяха привързани данните от таблицата, предоставена от Столична община.

4. ГЕОПРОСТРАНСТВЕН МОДЕЛ ЗА ОЦЕНКА НА КАЧЕСТВОТО НА АТМОСФЕРНИЯ ВЪЗДУХ В ГРАД СОФИЯ

Една от най-актуалните екологични теми през последните няколко години в Столична община е тази за Качеството на въздуха. Според данните на ИАОС въздухът в града е двойно по-чист в сравнение с минали години, но въпреки това обществените нагласи оценяват въздуха като такъв с все по-влошаващо се качество. От една страна, това се дължи на по-значителната и голяма актуалност на темата спрямо предходни години, а от друга страна от желанието на населението на столицата за подобряване качеството на живот в града.

За целта на настоящото изследване бяха използвани официални данни от Изпълнителната агенция по околна среда (ИАОС) и инсталираните от Столична община 22 сензорни станции по пилотен проект AIRTHINGS.

4.1 Изпълнителна агенция по околна среда (ИАОС)

Изпълнителната агенция по околна среда (ИАОС) е администрация към Министъра на околната среда и водите. Тя изпълнява ключови функции като ръководене, координиране и предоставяне на информация по отношение на контрола и опазването на ОС. ИАОС е отговорна за проектирането и управлението на Националната система за мониторинг на ОС в България.

Агенцията е също Национален координационен център към Европейската агенция по околна среда (ЕАОС). Европейската агенция по околна среда е органът на Европейския съюз, чиято цел е да предоставя актуална, целенасочена, подходяща и достоверна информация за околната среда на лицата, определящи политиката в областта на околната среда, както и на обществото като цяло.

Данните на ИАОС са под формата на тримесечни бюлетини за състоянието на околната среда, в частност въздух. Тримесечията, които са използвани за изследването са от началото на 2013 година до края на трето тримесечие на 2023 г., тъй като към настоящия момент бюлетин за последното – четвърто тримесечие на 2023 г. все още не са налични на сайта на Агенцията. Идеята на големия изследван период е опит за проследяване на тенденция в промяната на КАВ в последното десетилетие.

Недостатък на сензорите на ИАОС е недостатъчната им гъстота върху територията на града. Това от своя страна предполага затруднения в изследването на КАВ. Сензорите на Агенцията са крайно недостатъчни като брой спрямо територията на града и нейното население. Мрежата от сензори следва да бъде оптимизирана и допълнена от нови устройства. Разположени са на голямо разстояние един от друг и трудно могат да дадат ясна представа за състоянието на въздуха в някои части на града. Наблюдава се клъстеризиране на някои от сензорите в централната, западната и източната част на града – Павлово, Хиподрума, Орлов мост, Младост, Дружба, докато за северните квартали данни за КАВ отчита само АИС Надежда. След преместването на АИС Орлов мост в ж.к. Младост, оценката на състоянието на въздуха става още по-трудна. Необходимо е разполагането на много на брой нови сензори във всички части на града – напр. ж.к. Люлин, ж.к. Обеля, кв. Модерно предградие, ж.к. Надежда, ж.к. Орландовци, около ТЕЦ София, ж.к. Хаджи Димитър, ж.к. Левски, кв. Враждебна, Зона Б-18, около летище София, в периферията на града, около големи промишлени предприятия, кварталите в подножието на Витоша и разбира се в централните градски части и на ключови кръстовища – напр. бул. Сливница, бул. К. Величков, бул. Опълченска, бул. Цариградско шосе и района на Орлов мост, както и много други. Необходима е по-голяма гъстота на сензорите, за да се добие ясна и реална представа за състоянието на КАВ.

4.2. Проектът AIRTHINGS

Столична община е водещ партньор в проект AIRTHINGS, който стартира през декември 2017г. Целта на проекта е опазване чистотата на атмосферния въздух в контекста на глобалните климатични и екологични промени, като за изпълнението се предвижда използване на

съвременни технологии и тенденции за мониторинг на атмосферния въздух. За тази цел е разработена интернет платформа, която съхранява и визуализира данни за КАВ.

Една от основните цели на проекта е създаване на локални мрежи от сензори за наблюдение и измерване на КАВ. Партньори по проекта са различни общини, университети и НПО организации, от София, Солун, Никозия, Тирана и Охрид. Общият брой на измервателните уреди, които ще бъдат разположени в градовете, е 100, като доставката, инсталацията и пускането им в експлоатация се извършва от съответната община или участваща институция.

В София системата се състои от 22 станции за измерване на качеството на атмосферния въздух, които измерват в реално време нивата на различни замърсители (PM, CO, NO₂, SO₂), температурата, влажността и налягането. Всяка станция изпраща информация за показателите към система за отворени данни.

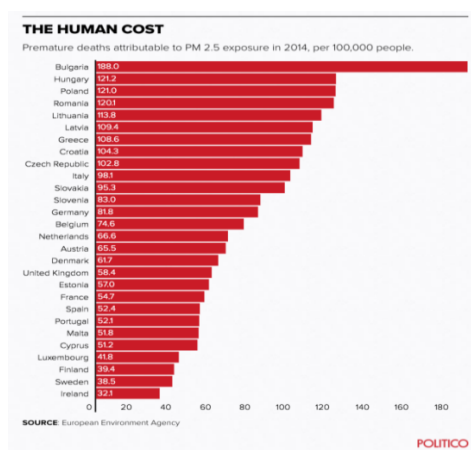
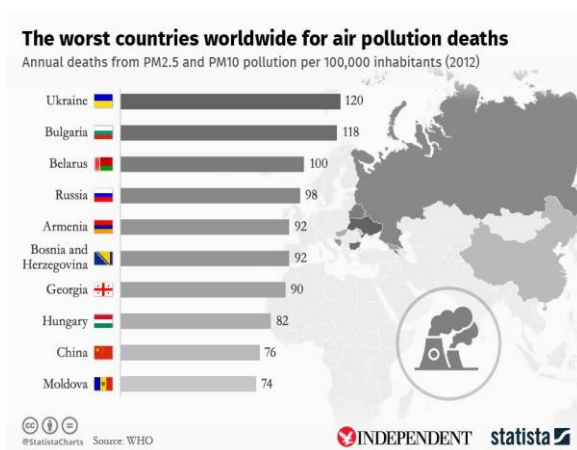
Проектът „Ефективно използване на новите технологии за чист атмосферен въздух“ (AIRTHINGS) е финансиран по Програма „Балкани – Средиземно море“ (2014 – 2020) на Европейския съюз и е с продължителност 24 месеца, считано от 01.12.2017 г.

Важно уточнение е, че според Столична община данните от сензорите са индикативни. Като поради спецификата на използваните технологии в сензорните станции, при определени условия, е възможно отклонение в измерените показатели.

Въпреки по-големия брой сензори по проекта, в сравнение със сензорите на ИАОС, отново се наблюдава липса на достатъчна гъстота на мрежата, която да позволи осъществяване на точна оценка на КАВ. Мрежата, състояща се от 22 сензора отчитащи показателите за КАВ, отново е недостатъчна и се наблюдават много части на града, които не са обезпечени със сензори. Съществен проблем при разполагането на сензорите по проекта е, че липсват сензори в централните градски части, където предвид наличието на засилен трафик се отчитат едни от най-високите стойности на показателите отчитащи въздуха. Мрежата от сензори следва да бъде оптимизирана и допълнена от нови устройства. Необходимо е разполагането на много на брой нови сензори във всички части на града – напр. ж.к. Люлин, ж.к. Обеля, кв. Модерно предградие, ж.к. Надежда, ж.к. Орландовци, около ТЕЦ София, ж.к. Хаджи Димитър, ж.к. Левски, кв. Враждебна, Зона Б-18, около летище София, в периферията на града, около големи промишлени предприятия, кварталите в подножието на Витоша и разбира се в централните градски части и на ключови кръстовища – напр. бул. Сливница, бул. К. Величков, бул. Опълченска, бул. Цариградско шосе и района на Орлов мост, както и много други.

4.3. Качеството на въздуха в страната

Според Световната здравна организация (СЗО) и Европейската агенция за околна среда (ЕАОС) България се нарежда сред страните с най-замърсен въздух. Фигура 4 по-долу показва държавите с най-много смъртни случаи, свързани с качеството на въздуха според СЗО за 2012 г. Първите три места заемат Украйна, България и Беларус. Според СЗО в страната годишно умират 118 души на всеки 100 000 души, заради замърсяването на атмосферния въздух с фини прахови частици.

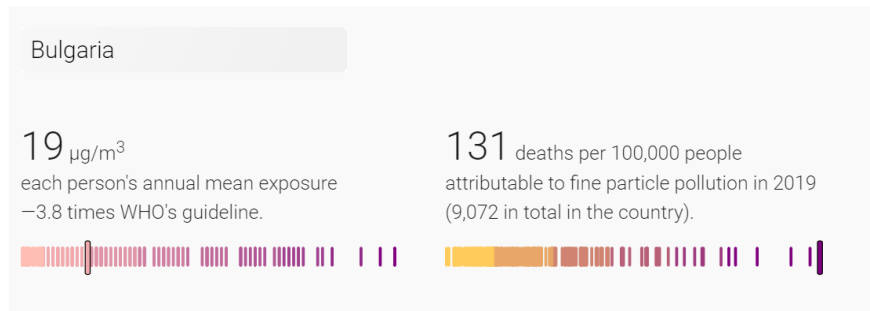


Фиг. 4. Държави с най-много смъртни случаи, свързани с качеството на въздуха според СЗО за 2012 г. /СЗО/ (ляво)

Фиг. 5. Държави с най-много смъртни случаи, свързани с качеството на въздуха според ЕАОС за 2014 г. /ЕАОС/ (дясно)

Според Европейската агенция по околна среда (ЕАОС) през 2014 година, България се нарежда на първо място по брой на жертвите вследствие на замърсяването на въздуха с ФПЧ2.5. Данните на Фигура 5 сочат, че на всеки 100 000 души, 188 души загиват заради излагането на замърсен въздух.

Според Програмата на ООН за околна среда (UNEP), $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ е средната годишна стойност на фините прахови частици, на които е подложен всеки човек в страната. Тази стойност е 3,8 пъти по-висока от указанията и препоръките на СЗО. Освен това, фиг. 6., показва и смъртните случаи на 100 000 души, дължащи се на замърсяване с фини прахови частици през 2019 г. в страната, които се равняват на 131 или общо 9 072 в страната.

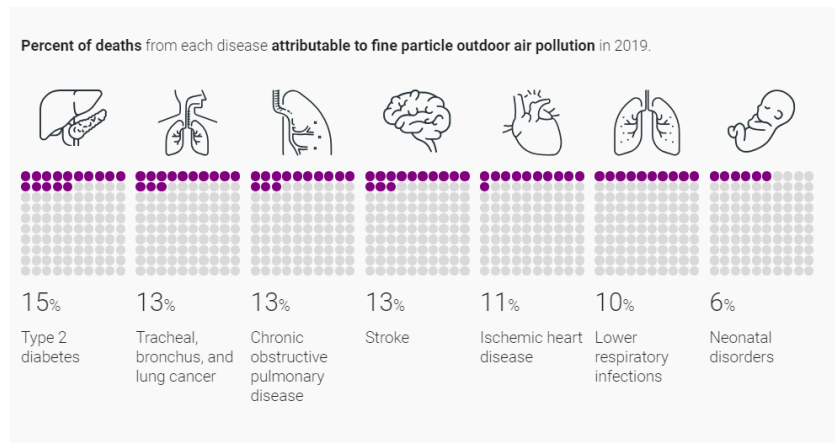


Фиг. 6. Средна експозиция на човек и смъртност в следствие на ФПЧ в България през 2019г.

(Източник: UNEP - Програма на ООН за околната среда)

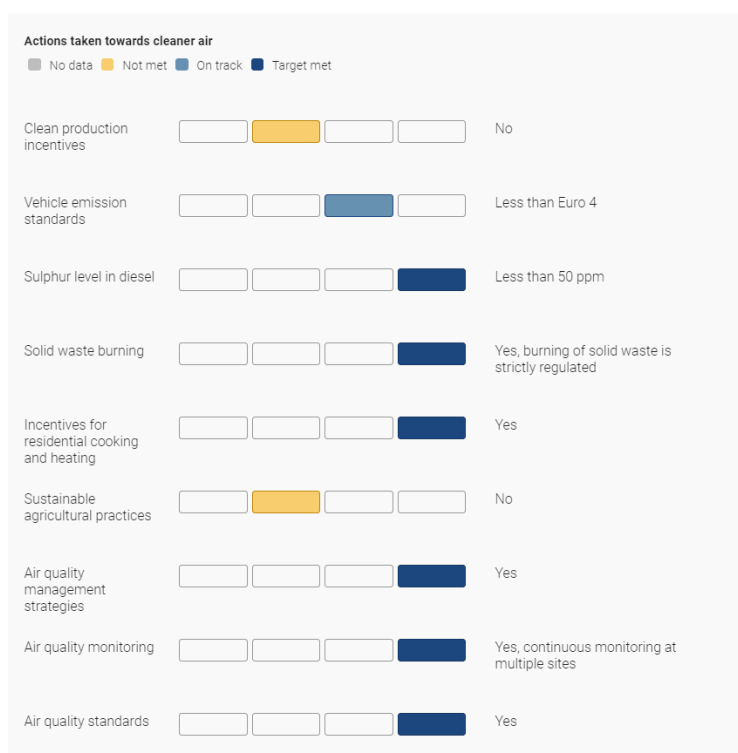
Замърсяването с фини частици е съществен фактор за смъртните случаи от диабет тип 2, рак на трахеята, бронхите и белия дроб, хронична обструктивна белодробна болест, инсулт, исхемична болест на сърцето, инфекции на долните дихателни пътища и неонатални нарушения. На фиг. 7. от Програмата на ООН за околна среда са представени процентите на смъртните случаи в страната от всяка болест, дължаща се на замърсяването на въздуха с ФПЧ за 2019 година:

- 15% - диабет тип 2
- 13% - рак на трахеята, бронхите и белия дроб
- 13% - Хронична обструктивна белодробна болест
- 13% - инсулт
- 11% - Исхемична болест на сърцето
- 10% - Инфекции на долните дихателни пътища
- 6% - Неонатални нарушения



Фиг. 7. Процент на смъртните случаи от всяка болест, дължаща се на замърсяването на въздуха с ФПЧ в България през 2019 г. (Източник: UNEP - Програма на ООН за околната среда)

България е изпълнила 6 от 9 цели, свързани с качеството на въздуха: ниво на сярна в дизела, изгаряне на твърди отпадъци, стимули за готвене и отопление в жилищни сгради, стратегии за управление на качеството на въздуха, мониторинг на качеството на въздуха и стандарти за качество на въздуха. Неизпълнени към момента са целите за стимули за чисто производство и устойчиви земеделски практики, а на път към изпълнение са целите за стандарти за емисии от превозни средства. (Фиг. 8.)



Фиг. 8. Предприети действия за по-чист въздух в България. (Източник: UNEP - Програма на ООН за околната среда)

4.4. Основни източници на емисии в Столична община

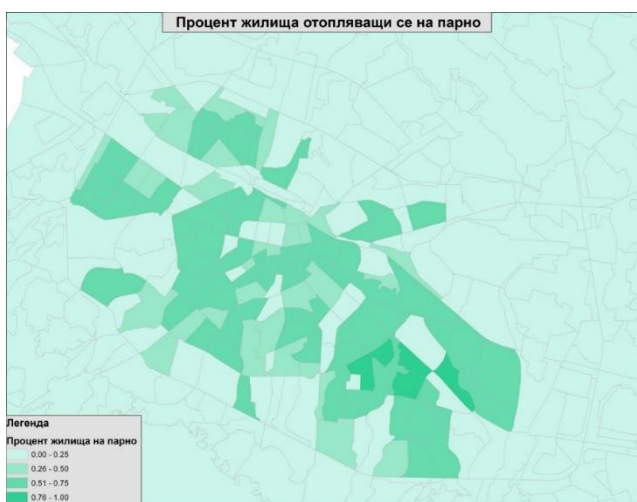
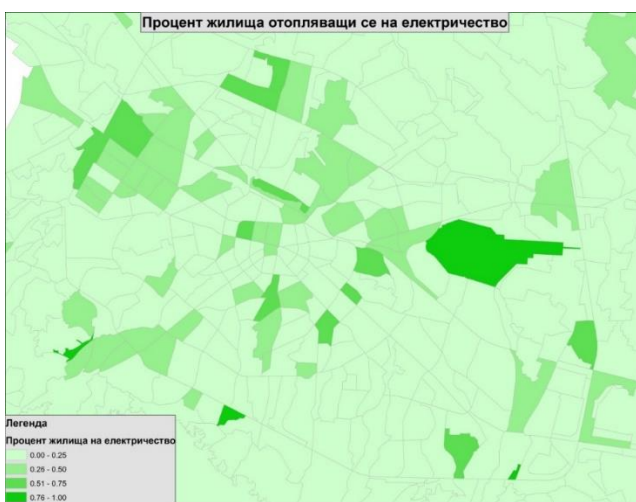
През зимните месеци в столицата едно от основните източници на замърсяване на въздуха е битовото отопление с твърди и течни горива. Недостигът на достоверна информация за броя и видовете използвани източници в домакинствата представлява сериозна пречка. Не се събират данни за качеството на горивата използвани за отопление, което прави невъзможно прецизното изчисление на емисиите от битовото отопление и тяхното пространствено разпределение в града.

Оценките за делът на битовото отопление в общите емисии се базират на експертно мнение и най-вече на косвени оценки. Тази информация не може да се счита за най-достоверна и не може да отрази реалната ситуация напълно.

Значителна част от жилищата в Столична община, които се отопляват с твърди и течни горива, се намират в райони с централно парно (ТЕЦ и газификация). Въпреки това голяма част от населението се отказва от топлофикация, заради високите сметки за отоплителния сезон, което поражда търсенето на алтернативни начини за отопление. Преминаването към отопление на газ е ефективно, но скъпо, тъй като е необходимо изграждането на нова инсталация. Поради ниският стандарт на живот на част от населението в столицата, е почти невъзможно отделянето на средства за изграждане на газова инсталация в домакинствата. Друг проблем е липсата на газопреносна мрежа в някои от районите в града. Дори при наличие на финансови ресурси и желание от страна на дадено домакинство да премине към газово отопление, липсата на мрежа възпрепятства тази дейност.

Според експерти от Софияплан по данни от преброяването на населението от НСИ, по-голяма част от домакинствата в Столична община се отопляват на централно парно (ТЕЦ и газификация), около ¼ на електричество и едва около 12% на твърди и течни горива, които са и единствените източници на отопление със значими емисии на замърсители във въздуха.

Картите по-долу са изготвени за целите на настоящото изследване с данни от преброяването на населението от НСИ и са разделени по различни източници на отопление – електричество, парно, въглища, дърва и нафта.

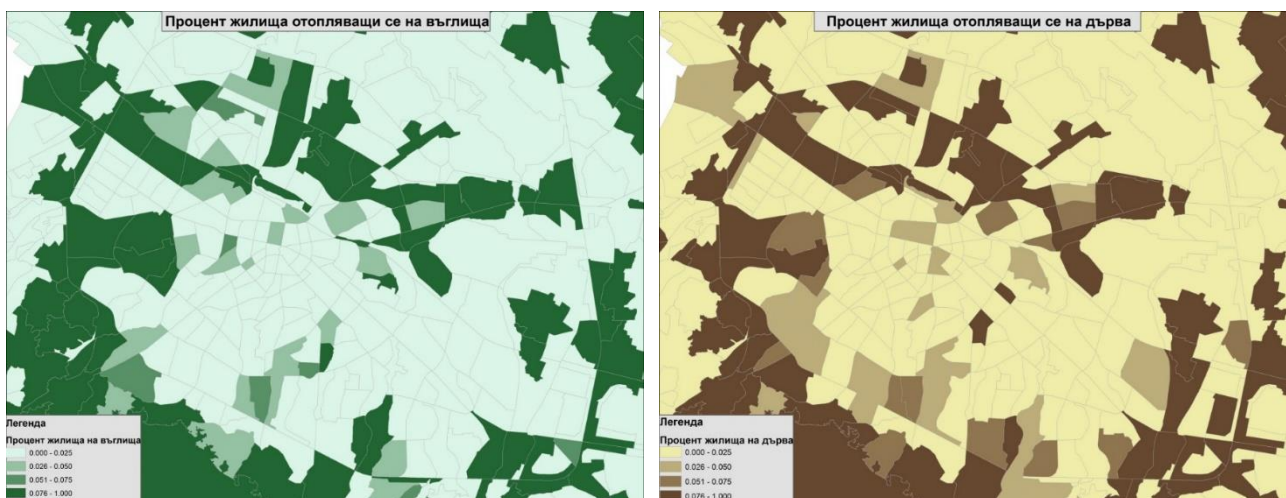


Фиг. 9. Процент жилища отопляващи се на електричество (ляво) (Източник: Софияплан)

Фиг. 10. Процент жилища отопляващи се на парно (дясно) (Източник: Софияплан)

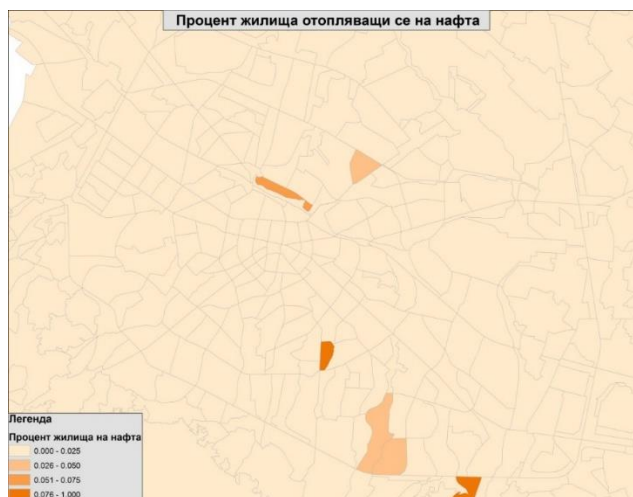
Фиг. 9 показва домакинствата в града, отопляващи се с електричество. В районите Люлин, Подуене и части от центъра на Столична община има над 25% отопление на електричество, като използването на централно парно отопление е по-малко разпространено в тези райони.

Картата показва жилищата в столицата, които се отопляват на парно (Фиг. 10). Централното отопление е широко разпространено в по-голямата част от града. В някои квартали дори надхвърля 75% използване, като например Младост 1 и Дървеница.



Фиг. 11. Процент жилища отопляващи се на въглища (ляво) (Източник: Софияплан)

Фиг. 12. Процент жилища отопляващи се на дърва (дясно) (Източник: Софияплан)



Фиг. 13. Процент жилища отопляващи се на нефта (Източник: Софияплан)

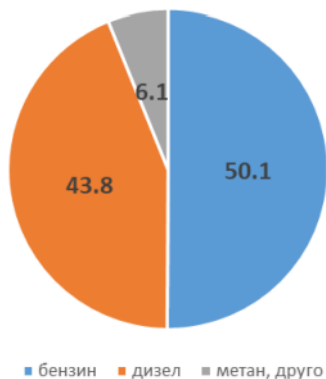
На фигури 11, 12 и 13 са представени процентът жилища, които се отопляват на въглища, дърва и нефта. Данните сочат, че с подобни източници на отопление се отопляват хората в райони с предимно ниско застрояване – Факултета, Модерно предградие, Орландовци, Христо Ботев,

Горубляне, както и със смесено застрояване като Хаджи Димитър, Левски В и Г. Интересно е, че отопление на дърва (между 2.5 и 5%) има и в центъра – северозападните части и между булевардите Витоша, Патриарх Евтимий, Граф Игнатиев, Раковски, Цар Освободител. Значителна част от жилищата, отопляващи се на твърди и течни горива, се намират в топлофицирани и газифицирани зони. Въпреки това голяма част от населението се отказва от топлофикация, заради високите сметки за отоплителния сезон, което поражда търсенето на алтернативни начини за отопление. Преминаването към отопление на газ е ефективно, но скъпо, тъй като е необходимо изграждането на нова инсталация. Поради ниският стандарт на живот на част от населението в столицата, е почти невъзможно отделянето на средства за изграждане на газова инсталация в домакинствата. Друг проблем е липсата на газопреносна мрежа в някои от районите в града. Дори при наличие на финансови ресурси и желание от страна на дадено домакинство да премине към газово отопление, липсата на мрежа възпрепятства тази дейност.

Друг значим източник, влияещ на качеството на атмосферния въздух в София е транспортът. Транспортът е значително по-лесен за оценяване, за разлика от замърсяването от битово отопление. Данните за всички регистрирани в Столична община са налични в Министерство на вътрешните работи (МВР). За всяко моторно превозно средство по марка и модел е налична информация за емисионните фактори, която се представя от производителя. Въпреки това има фактори, които създават пречки за правилното и коректно оценяване на емисиите от транспорта. Според експерти на Софияплан (2018), това са: „липсата на информация за броя на движещите се автомобили във всеки час, ден, месец; липсата на модел на трафика в Столична община; разминаването между нивата на замърсителите според производителя и тези при реалното замерване на даден автомобил в движение; липсата на данни за поддръжка на автомобилите – състояние на двигател, наличие на катализатори и филтри за твърди частици и др“. Порочна практика в последните години е премахването на катализаторите и филтрите за твърди частици на автомобилите. Данни за това не съществуват и по този начин се затруднява коректната оценка на отделяните емисии.

Анализирането на източниците на емисии в София показва, че битовото отопление е основният източник на фини прахови частици (ФПЧ10 и ФПЧ2.5), докато автотранспортът има значителен принос за азотни оксиди (NOx). Съотношението на емисиите е 55.97% от битовото отопление, 31.50% от площни източници и 10.78% от автотранспорта за ФПЧ10. За ФПЧ2.5, битовото отопление е с 73.28%, площните източници - с 14.10%, а автотранспортът - с 11.13%.

При NOx, автотранспортът е с 78.73%, промишлеността - с 15.55%, а битовото отопление - с 5.72%. Съставът на CO е предимно от битовото отопление и автотранспорта.



Фиг. 14. Разпределение на регистрираните МПС по вид гориво към 2018 г. (Източник: Комплексна програма за подобряване качеството на атмосферния въздух на територията на Столична община за периода 2021-2026) (ляво)

Фиг. 15. Емисии от основните източници на територията на Столична община за 2018 г. (Източник: Комплексна програма за подобряване качеството на атмосферния въздух на територията на Столична община за периода 2021-2026) (дясно)

Източник	ФПЧ ₁₀ t/год	ФПЧ _{2.5} t/год	ПАВ kg/год	NOx t/год	CO t/год
промишлени източници	51.3	49.0	0.00	1320	121.1
битово отопление	2,626	2,567	0.534	486	16886
автотранспорт	505.66	390	0.00207	6684	7432
строителство	31.0	3.1	0	0	0
Ресуспендирани частици от площни източници	1478	494	0	0	0
Общо	4692	3503	0.53607	8490	24439
	ФПЧ ₁₀	ФПЧ _{2.5}	ПАВ	NOx	CO
промишлени източници	1.09%	1.40%	0.00%	15.55%	0.50%
битово отопление	55.97%	73.28%	99.61%	5.72%	69.09%
автотранспорт	10.78%	11.13%	0.39%	78.73%	30.41%
строителство	0.66%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%
Ресуспендирани частици от площни източници	31.50%	14.10%	0.00%	0.00%	0.00%

4.5. Измерване качеството на въздуха по показатели.

За научния труд са създадени карти от два източника - Изпълнителна агенция по околна среда (ИАОС) и проект AIRTHINGS. Те показват максималните отчетени стойности на различни замърсители през годините. Данните от ИАОС обхващат периода 2013-2022 година, към които се добавят 3 тримесечия от 2023 година. Регистрирани са превишения на нормите за бензен, азотен диоксид, озон, ФПЧ_{2,5} и ФПЧ₁₀. Данните от проекта AIRTHINGS започват през края на 2019 година и също се представят в тримесечия, съответстващи на тези на ИАОС.

Задържането на замърсения въздух над столицата се дължи основно на релефа и климатичните особености на изследваната територия. Поради географското си положение и климатичните особености, Столична община е подложена на влиянието на множество фактори, които влияят на качеството на въздуха..

Софийското поле е едно от най-мъгливите места в България, както заради местоположението си между Стара планина, Витоша и западните склонове на Ихтиманска Средна гора, така и поради относително голямата си надморска височина. Тези фактори създават условия

за продължителни периоди на мъгла, безветрие и температурни инверсии, които допринасят за задържане на замърсителите над града.

Освен битовото отопление, автомобилите са съществен източник на замърсяване, особено през зимните месеци. Увеличаващият се брой на автомобилите допринася за засилване на задръстванията и повишаване на емисиите в градския център.

Данните са обработени в Microsoft Office Excel, а методът на интерполация, използван за създаването на картите в ArcMap, е IDW.

4.6. Геопространствен анализ на данни от ИАОС

На фигури 16 и 17 са представени общия брой превишения на нормите на съответните показатели за целия изследван период. Най-значителни превишения за регистрирани за показателя ФПЧ10, съответно 2928 превишения през зимните месеци на изследвания период. Последвани от 975 превишения на нормите на азотен диоксид и 25 Озон. Данни за общия брой превишения за показателите ФПЧ2,5 и бензен не са предоставени в тримесечните бюлетини за състоянието на въздуха от ИАОС, което поражда известни трудности в точната оценка на тези два показателя. През летните месеци най-значителните превишения на нормите идват от двата показателя за озон - краткосрочната целева норма за озон, съответно 489 превишения, също и 65 превишения за средночасовата норма на озон. Озонът е последван от 333 превишения на нормите за ФПЧ10 и 72 за азотен диоксид. От фиг. 11 и фиг. 12 става ясно, че показатели като серен диоксид и въглероден диоксид ще отпаднат от изследването, тъй като не са регистрирали превишения през изследвания период.

Важно уточнение за целия обхват на изследването на данни от ИАОС е преместването на сензора от Орлов мост в жк. Младост. Промяната се случва през четвърто тримесечие на 2015 година, през което е монтиран новият сензор в Младост, докато този на Орлов мост все още функционира. Данните през четвърто тримесечие на 2015 година за двата сензора не биха могли да се считат за коректни, поради промяната в локацията на сензора и съответно биха създали изкривяване в изследването за конкретното тримесечие. От първото тримесечие на 2016 година сензорът на Орлов мост не функционира и не записва стойности за показателите на КАВ. По неофициални данни от ИАОС, сензорът е преместен поради строеж на третия метродиаметър в столицата.

На създадените карти за целите на изследването се наблюдава промяната в локацията на сензора. От първо тримесечие на 2013 г. до трето тримесечие на 2015 г. на картите се забелязва

наличието само на АИС Орлов мост. През четвърто тримесечие на 2015 година на картите фигурират и двата сензора, а през първото тримесечие на 2016 г., до сега функционира и записва данни само АИС Младост.

ПРЕВИШЕНИЯ НА НОРМИТЕ ЗА ПЪРВО И ЧЕТВЪРТО ТРИМЕСЕЧЕ НА ИЗСЛЕДВАНИЯ ПЕРИОД																						
Показател	I_2013	IV_2013	I_2014	IV_2014	I_2015	IV_2015	I_2016	IV_2016	I_2017	IV_2017	I_2018	IV_2018	I_2019	IV_2019	I_2020	IV_2020	I_2021	IV_2021	I_2022	IV_2022	I_2023	Общо превишения за периода
Серен диоксид - средночасови	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Серен диоксид - средноденоночни	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Азотен Диоксид - средночасови	1	67	19	25	75	32	114	45	318	4	98	42	11	67	12	26	8	1	1	7	2	975
ФИЧ 10	152	276	261	192	153	214	156	162	220	114	127	151	96	123	121	101	69	47	55	97	41	2928
ФИЧ 2.5	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Озон - средночасови	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Озон - краткосрочна целева норма	4	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	25
Въглероден оксид	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Бензен	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Фиг. 16. Превиишения на нормите за първо и четвърто тримесечие на изследвания период

ПРЕВИШЕНИЯ НА НОРМИТЕ ЗА ВТОРО И ТРЕТО ТРИМЕСЕЧЕ НА ИЗСЛЕДВАНИЯ ПЕРИОД																							
Показател	II_2013	III_2013	II_2014	III_2014	II_2015	III_2015	II_2016	III_2016	II_2017	III_2017	II_2018	III_2018	II_2019	III_2019	II_2020	III_2020	II_2021	III_2021	II_2022	III_2022	II_2023	III_2023	Общо превишения за периода
Серен диоксид - средночасови	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Серен диоксид - средноденоночни	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Азотен Диоксид - средночасови	0	0	0	0	0	67	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
ФИЧ 10	37	11	21	13	5	33	25	5	32	10	17	4	16	2	25	11	17	22	6	12	0	9	333
ФИЧ 2.5	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Озон - средночасови	0	0	0	1	0	2	0	3	2	7	10	0	0	5	0	8	14	12	0	1	0	0	65
Озон - краткосрочна целева норма	34	64	14	25	0	64	4	32	9	30	18	3	5	38	13	27	9	44	1	12	6	37	489
Въглероден оксид	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Бензен	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

Фиг. 17. Превиишения на нормите за второ и трето тримесечие на изследвания период

4.6.1. Бензен

Норма	Период на осредняване	Стойност	Дата, към която нормата трябва да бъде спазена
Бензен			
Средногодишна норма за опазване на човешкото здраве	една календарна година	5 µg/m3	1.01.2010 г.

Фиг. 18. Средногодишна норма на бензен според Наредба №12



Фиг. 19. Максимални стойности на бензен за изследвания период

На фиг. 18 е представена средногодишната норма за опазване на човешкото здраве за бензен. Източникът е Наредба №12, според която нормата е 5 микрограма на кубичен метър. На фиг. 19. Са представени максималните стойности на бензен за изследвания период, разбити по тримесечия. Общата картина сочи, че през изследвания период стойностите са колебливи, въпреки това има изявена тенденция към намаляване замърсяването на въздуха с бензен. Важно уточнение е, че в тримесечните бюлетини за състоянието на КАВ от ИАОС, агенцията не предоставя данни, за това колко пъти нормите са били превишени, предоставена е само максималната отчетена стойност за показателя и броят регистрирани измервания, което от своя страна води до значително объркване и неяснота.

От края на 2020 година се наблюдава намаление на максималните отчетени стойности за показателя, въпреки лекото покачване през последните няколко тримесечия. Най-високата отчетена стойност за бензен е от АИС Дружба през четвърто тримесечие на 2018 г., съответно 71,36 µg/m³. Важно уточнение е, че през изследвания период няма нито едно тримесечие, през което да не са регистрирани превишения на нормите за бензен.

На фигури 20, 21, 22, 23 са представени всички тримесечия от календарната 2013 година с максималните отчетени стойности за бензен. Най-значителните превишения са регистрирани през второто тримесечие на 2013 г., като АИС Орлов мост е отчетел максимална стойност от 61,16 µg/m³. За всички останали сензори, с изключение на АИС Копитото, са отчетени превишения на нормата от 5µg/m³. През студените месеци всички сензори с изключение на АИС Копитото са отчетели

превишения, докато през летните месеци само два или три от сензорите са надвишили нормите /АИС Дружба, АИС Павлово, АИС Орлов мост/.

На фигури 24, 25, 26 и 27 са представени тримесечията от календарната 2014 година с максималните отчетени стойности за показател бензен. Най-значителните превиишения на нормите отново са регистрирани през студените месеци – през първо и четвърто тримесечие на годината. Най-голямо превиишение са отчетели АИС Орлов мост – 52,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и АИС Хиподрума – 49,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ през първо тримесечие на годината, последвани от АИС Дружба – 48,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ през четвъртото тримесечие от годината. Значителни превиишения на нормата от 5 $\text{мкг}/\text{м}^3$ са регистрирани и през летните месеци в районите на Орлов мост и Хиподрума, съответно 26,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 37,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. За АИС Копитото отново не са регистрирани превиишения.

На фигури 28, 29, 30 и 31 са изобразени тримесечията от 2015 година с техните максимални измерени стойности за бензен. В сравнение с предишните две години, максималните измерени стойности са с около 20 единици по-ниски, въпреки това превиишенията на нормата са значителни. Регистрираните превиишения са най-високи през зимните месеци на първо тримесечие на годината, съответно 35,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – АИС Дружба, 30,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – АИС Хиподрума и 30,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – АИС Орлов мост. Нормите са превиишени между 6 и 7 пъти, в сравнение с 12 пъти през началото на изследвания период (2013 г.). За АИС Копитото отново не са регистрирани превиишения. Важно е да се отбележи преместването на сензора от Орлов мост в жк. Младост през последното тримесечие на 2015 г., като АИС Орлов мост, бива заменен от АИС Младост. Предвид новата локация на сензора, получените максимални стойности ще бъдат доста по-ниски от тези отчетени на едно от най-натоварените кръстовища в града, а именно това на Орлов мост. Това от своя страна води до изкривяване в изследването за всеки един показател.

На фигури 32, 33, 34 и 35 са представени тримесечията от 2016 година. Най-значителните превиишения отново са отчетени през зимните месеци – 52,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Павлово, като за целия изследван период това е най-високата регистрирана стойност за този сензор. Превиишения през студените месеци са отчетени за всички сензори, с изключение на АИС Копитото. През летните месеци нормите са превиишени значително по-малко, в сравнение с предходните години, близо 1 път, като най-високата отчетена е 8,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба.

На фигури 36, 37, 38 и 39 са изложени тримесечията на 2017 година и максималните им измерени стойности за бензен. Подобно на предходната година най-голямо превиишение на нормата е отчетено от АИС Павлово – 51,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, като това е втората най-висока регистрирана

стойност за бензен за изследвания период от конкретния сензор. Нормите са превишени между 4 и 10 пъти през зимните месеци, докато през летните са превишени близо веднъж над нормата, отново от АИС Павлово – 9,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Предвид разположението на АИС Копитото, превишения за сензора отново не са регистрирани.

На фигури 40, 41, 42 и 43 са представени тримесечията на 2018 година и техните максимални стойности за бензен. През тази календарна година е отчетена най-високата стойност за бензен за целия изследван период – 71,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ от АИС Дружба. С тази стойност нормата е превишена около 14 пъти. Картината остава същата за зимните месеци, а именно най-високи регистрирани превишения. През второто тримесечие на годината АИС Дружба е отчетел значително висока стойност регистрирана за летните месеци – 17,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Подобно на предходните години сензора на Копитото не е отчетел превишения на нормите за бензен.

На фигури 44, 45, 46 и 47 са изобразени тримесечията на 2019 година с техните максимални стойности. Сензорът в жк. Дружба отново е отчетел най-висока стойност за бензен, а именно 50,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, или около 10 пъти превишение на нормата. Тенденцията за по-замърсени студени месеци отново се запазва, както и тази за липса на замърсяване за АИС Копитото.

На фиг. 48, 49, 50 и 51 са представени тримесечията от 2020 година и техните максимални регистрирани стойности за бензен. 2020 година е една от годините с най-ниски отчетени превишения на нормите от целия изследван период. Някои от превишенията през студените месеци се равняват на превишения през летните месеци за предходни години. Най-високите стойности за първо и четвърто тримесечие са съответно 22,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 25,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, за АИС Младост и АИС Дружба. През двете топли тримесечия са регистрирани превишения само за АИС Хиподрума, съответно 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 17,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

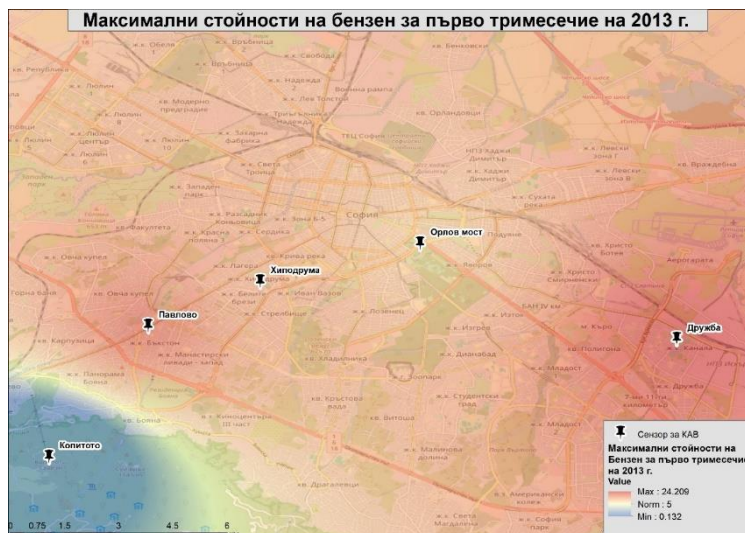
На фигури 52, 53, 54 и 55 са представени тримесечията от 2021 година. Подобно на предходната година, превишенията на нормите са много по-малки като стойност в сравнение със същите през предходни години. Максималната отчетена стойност е 14,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба през четвъртото тримесечие на годината. Летните месеци отчитат не повече от 7,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Превишения за АИС Копитото, както и през целия изследван период, отново не се наблюдават.

Фигури 56, 57, 58 и 59 представят състоянието на бензен за 2022 година. Подобно на предходните две години, превишенията на нормите са значително по-ниски. Максималната отчетена стойност е от АИС Хиподрума 23,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, през четвърто тримесечие на годината.

Максималните стойности за топлите месеци са $7,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ за сензора в жк. Дружба. Стойностите за АИС Копитото отново са нулеви или близки до 0.

На фигури 60, 61 и 62 са представени само първите три тримесечия на 2023 година, тъй като официалните данни от ИАОС за тримесечните бюлетини, все още не са на разположение. Въпреки това превишения на нормите на бензен отново не липсват. Интересно е да се отбележи, че през трето тримесечие на годината АИС Дружба е отчетел по-висока стойност за бензен, отколкото през първото тримесечие (зимните месеци), а именно $22,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, докато най-високата стойност за студените месеци се равнява на $19,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Въпреки наличието на данни от тримесечните бюлетини за КАВ на ИАОС, данните за дадените 5 сензора, са недостатъчни, за да се направи точна оценка на състоянието на въздуха в столицата. Липсата на достатъчен брой сензори разположени на територията на града прави изследването и анализирането на получените данни изключително затруднено. Необходимо е разполагането на по-голям брой сензори, които да отчетат качеството на въздуха в града, като ключови кръстовища, места със струпване на население, места с население отопляващо се на твърдо гориво, около промишлени зони, летище „София“, строителни обекти и съоръжения и друга инфраструктура, която може да се окаже критична за състоянието на въздуха в София.

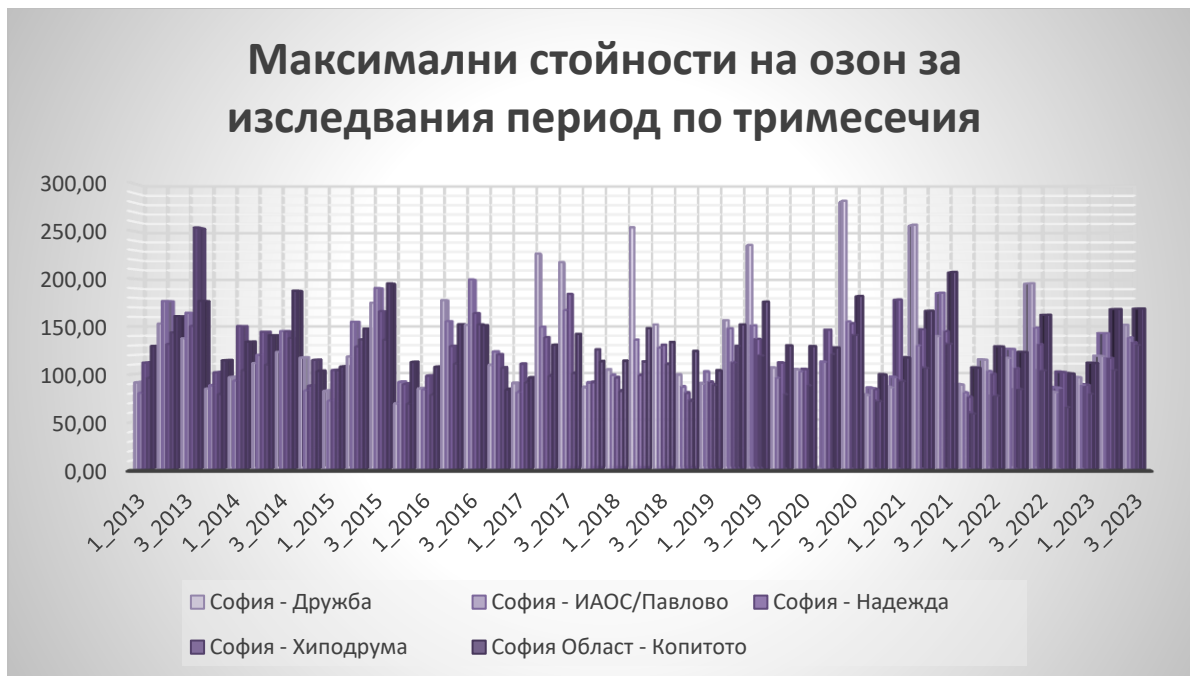


Фиг. 20. Максимални стойности на бензен за първо тримесечие на 2013 г

4.6.2. O₃ – озон

Краткосрочни целеви норми (КЦН) и горни оценъчни прагове (ГОП) за озон			
Норма	Период на осредняване	Стойност	Дата, към която КЦН следва да бъде спазена (1)
КЦН/ГОП за опазване на човешкото здраве	Максимална 8-часова средна стойност в рамките на денонощието (2)	120 µg/m ³ , да не се превишава в повече от 25 дни на календарна година, осреднено за тригодишен период (3)	1.01.2010 г.

Фиг. 63. Краткосрочни целеви норми и горни оценъчни прагове за озон, според Наредба №12



Фиг. 64. Максимални стойности на озон за изследвания период по тримесечия

На фиг. 63 са представени краткосрочните целеви норми и горните оценъчни прагове за озон. Източникът е Наредба №12, според която нормата е 120 µg/m³. На фиг. 64 са представени максималните стойности на озон за изследвания период, разбити по тримесечия. Общата картина сочи, че през изследвания период най-сериозни превишения се регистрират през топлите месеци – второ и трето тримесечие на всяка календарна година. Това се дължи на факта, че за да се образува озонът, се изисква слънчева светлина, поради което се наблюдава ясно обособено покачване на стойностите му от север на юг и през топлото полугодие. Той също е по-концентриран на по-голяма надморска височина. А също така е и една от главните съставки в „смога“. През изследвания период са регистрирани общо 579 превишения на нормите за озон, съответно 25 през есенно-зимните месеци и 554 през пролетно-летните месеци. Не се наблюдава тенденция към намаляване максималните стойности на показателя, въпреки това важно

уточнение е, че през изследвания период има 12 от общо 43 тримесечия без превишения на нормите. Най-високата отчетена стойност за озон е регистрирана от АИС Дружба през третото тримесечие на 2020 г. – 281,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Важно е да се отбележи, че сензорите Орлов мост (до четвърто тримесечие на 2015 г.) и Младост от (от четвърто тримесечие на 2015 г.) не събират данни за озон. Това от своя страна затруднява значително оценката на дадения показател.

На фигури 65, 66 и 67 са представени трите тримесечия от календарната 2013 година, през които са регистрирани превишения на нормите на озон. Най-значителните превишения на нормите са през летните месеци, като през трето тримесечие на съответната година, АИС Хиподрума е отчетел стойност от 253,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През първо тримесечие на годината има само едно превишение на нормата от АИС Копитото – 129,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Липсват превишения на нормите през четвърто тримесечие на годината.

На фигури 68, 69 и 70 са представени първите три тримесечия на 2014 година. Превишения на нормите отново липсват за последното тримесечие от годината. Най-високата стойност за озон е регистрирана от АИС Копитото – 187,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През периода януари-март са регистрирани две превишения от АИС Копитото и АИС Надежда, съответно 134,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 150,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Липсват прескачания на нормите отново през четвърто тримесечие на годината.

На фигури 71 и 72 са представени двете тримесечия на 2015 г. с регистрирани превишения за показателя. Те са отчетени през топлото полугодие – април-юни и юли-септември. Най-високата стойност отново е регистрирана от АИС Копитото – 195,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Първо и четвърто тримесечие на годината не отбелязват превишения на нормите.

На фигури 73, 74 и 75 са изобразени трите тримесечия на 2016 г. с превишения на нормите на озон. Първото тримесечие на годината не регистрира превишения. За разлика от него второ, трето и четвърто отбелязват превишения. Най-високата стойност за годината е от АИС Павлово – 199,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, през периода юли-септември. През последното тримесечие на годината два от сензорите са регистрирали превишения на нормите – АИС Павлово и АИС Надежда, съответно със 123,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 120,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, като отчетените стойности са близо до граничната норма от 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

На фигури 76, 77 и 78 са визуализирани трите тримесечия на 2017 г. с превишение на нормите за озон. Превишенията на нормите са едни от най-значителните за целия период. Регистрирани са стойности от 226,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 217,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба през второ и трето тримесечие на годината. Единствения сензор, който не отчита превишение през летните месеци е

АИС Хиподрума. Въпреки това той е единственият сензор, който регистрира превишение през последното тримесечие на годината – 125,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 79, 80 и 81 представят трите тримесечия на 2018 г. с надхвърляне на нормите за озон. Първо тримесечие на годината не отчита превишения на нормите. Второ тримесечие отчита стойности от 254 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба, въпреки това АИС Надежда и АИС Хиподрума не отчитат надхвърляне на нормите. Третото тримесечие регистрира превишения за всички сензори, с изключение на Хиподрума.

На фигури 82, 83 и 84 са визуализирани трите тримесечия от 2019 година с регистрирани превишения на нормите за озон. В периода януари-март не са отчетени превишения на нормите. Най-много превишения има през второ и трето тримесечие на годината, като през второ всички сензори, с изключение на АИС Надежда, са надхвърлили нормите, а през трето тримесечие всички сензори, с изключение на АИС Хиподрума, са надхвърлили праговите стойности. През второ тримесечие максималната стойност е 156,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба, а през третото максималната е 176,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за сензора на Копитото. През последното тримесечие от годината, превишение е регистрирал само един сензор – Копитото със 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

На фигури 85, 86 и 87 са представени трите тримесечия от 2020 година с регистрирани надхвърляния на нормите. В периода октомври-декември не са отчетени прескачания на нормите. В началото на годината превишение е отчетел само един сензор – Копитото, със 129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Важно е да се отбележи, че поради технически причини АИС Дружба не е събирал данни за второ тримесечие на годината, което води до изкривявания в изследването за този показател. За три от останалите четири сензора са регистрирани превишения – АИС Надежда, АИС Хиподрума и АИС Копитото, като най-високи стойности е отчетел сензорът в жк. Надежда. През трето тримесечие на 2020 година е измерена най-високата стойност за целия изследван период – 281,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. За всички останали сензори също са измерени превишения на нормите за конкретното тримесечие.

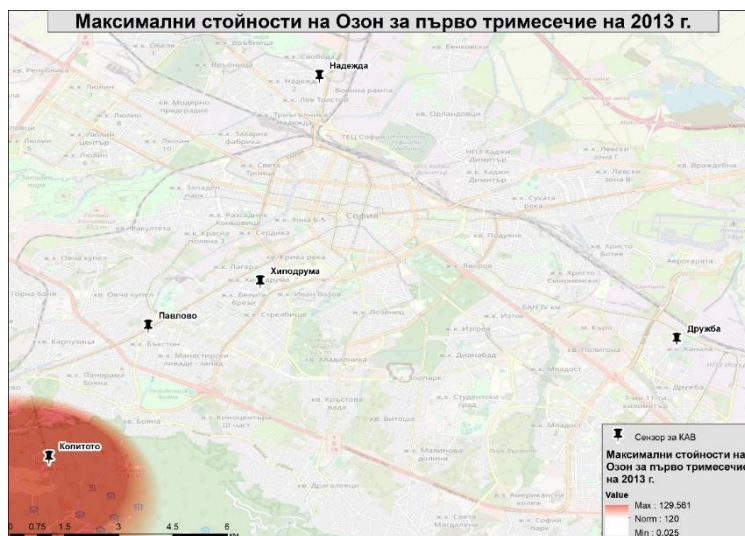
На фигури 88, 89 и 90 са представени трите тримесечия от 2021 година с измерени превишения на нормите на озон. Подобно на няколко от предходните години от изследвания период, превишения за четвъртото тримесечие на годината не са отчетени. Първо тримесечие регистрира само един сензор, надхвърляш нормите за озон – АИС Надежда със 178,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През второ тримесечие са отчетени едни от най-високите стойности за озон – 256,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба, като всички останали сензори с изключение на АИС Хиподрума, също са отчетели замърсяване на въздуха с озон. През трето тримесечие най-високата стойност, също е значително

по-висока от някои от предходните години – 207 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Копитото. През периода юли-септември всички функциониращи сензори за измерили превишения на нормите.

На фигури 91, 92 и 93 са визуализирани трите тримесечия с регистрирани превишения на нормите за 2022 година. В периода октомври-декември отново не са измерени надхвърляния на нормите. Впечатление прави, че през цялата година не е регистрирано нито едно превишение на нормите за озон за АИС Хиподрума. През първо тримесечие АИС Копитото, надхвърля граничните норми за озон със стойност 129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През второ тримесечие само два сензора надхвърлят границите – АИС Павлово и АИС Копитото, съответно със 126 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През трето тримесечие най-високата отчетена стойност се равнява на 195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба.

На фигури 94 и 95 са представени двете тримесечия с надхвърляния на нормите за 2023 г. Превишения не са отчетени през първото тримесечие на годината. През второ тримесечие АИС Павлово и АИС Копитото отчитат стойности от 142,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 168,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През последното тримесечие, за което към момента са налични данни, а именно трето тримесечие от 2023 г., всички пет сензора са отчетели превишение на нормите, като максималното е 168 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Копитото.

Въпреки наличието на данни от тримесечните бюлетини за КАВ на ИАОС, данните за дадените 5 сензора, са недостатъчни, за да се направи обективна оценка на състоянието на въздуха в столицата. Липсата на достатъчен брой затруднява оценката на КАВ. Необходимостта от поставяне на допълнителни нови сензори все повече нараства.

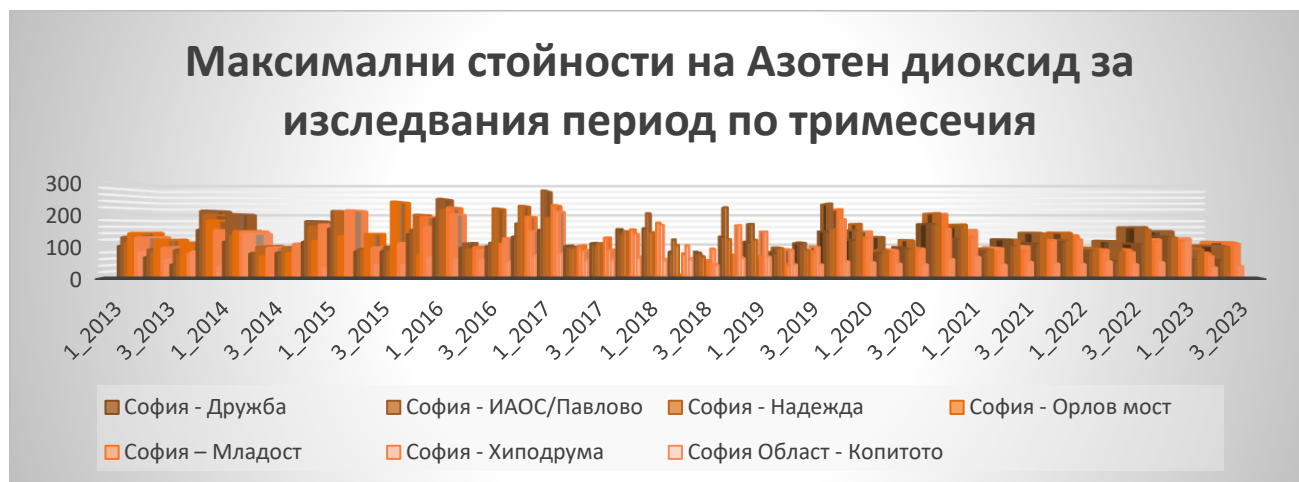


Фиг. 65. Максимални стойности на озон за първо тримесечие на 2013 г.

4.6.3. NO₂ – азотен диоксид

Норма	Период на осредняване	Стойност	Дата, към която нормата трябва да бъде спазена
Азотен диоксид и азотни оксиди			
Средночасова норма за опазване на човешкото здраве	1 час	200 µg/m ³ NO ₂ (да не бъде превишавана повече от 18 пъти в рамките на една КГ)	1.01.2010 г.
Средногодишна норма за опазване на човешкото здраве	една календарна година	40 µg/m ³ NO ₂	1.01.2010 г.
Норма за опазване на растителността (не се прилага в непосредствена близост до източниците)	една календарна година	30 µg/m ³ (NO+NO ₂)	-

Фиг. 96. Норми за азотен диоксид и азотни оксиди според Наредба №12.



Фиг. 97. Максимални стойности на азотен диоксид за изследвания период по тримесечия

На фиг. 96 са представени средночасовата норма за опазване на човешкото здраве, средногодишната норма за опазване на човешкото здраве и нормата за опазване на растителността за азотен диоксид и азотни оксиди. Източникът е Наредба №12 и според нея, Средночасовата норма се равнява на 200 µg/m³, като важно изискване е тази норма да не бъде превишавана повече от 18 пъти годишно, средногодишната норма се равнява на 40 µg/m³, а нормата за опазване на растителността на 30 µg/m³.

Азотният диоксид е вторият показател, след ФПЧ10, с най-много регистрирани превишения за целия изследван период – 1047. По-голямата част от тях – 975 са регистрирани през студеното полугодие – първо и четвърто тримесечие, а останалата част – 72, през топлото полугодие – второ и трето тримесечие. Превишенията са много на брой, но максималната отчетена стойност е 275,5 µg/m³, записана от АИС Павлово, през първото тримесечие на 2017 г. Надхвърлянето на нормите идва основно от сензорите в Павлово, Надежда, Хиподрума, Младост

и АИС Орлов мост, до края на неговото функциониране през 2015 година (фиг. 97). За АИС Дружба и АИС Копитото не са отчетени превишения на нормите през целия изследван период.

На фигура 98 е представена максималната отчетена стойност за показателя през четвърто тримесечие на 2013 г. Това е единственото тримесечие с превишение на нормата за цялата календарна 2013 г. АИС Хиподрума е отчетел стойност от 211,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Според данните от ИАОС, през четвърто тримесечие на 2013 година са регистрирани 67 превишения на нормата. При липса на данни някой от другите сензори да е надвишил нормата, следователно АИС Хиподрума е надвишил нормите още 67 пъти през тримесечието, като съответно най-високата регистрирана стойност е 211,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

На фигура 99 е представена максималната отчетена стойност за първо тримесечие на 2014 г. Максималната стойност е малко над 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 200,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Други превишения за цялата година не са регистрирани за нито един от сензорите. Предвид граничната стойност, която е отчетел АИС Хиподрума, трудно може да се говори за значително замърсяване с азотен диоксид през цялата година.

На фигури 100 и 101 са показани максималните регистрирани стойности за календарната 2015 г. В случая общият брой превишения за годината е 174. През първото тримесечие на годината сензорите регистрирали надхвърляне на нормите са АИС Павлово, АИС Надежда и АИС Хиподрума, съответно с 210,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 210,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 212,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През трето тримесечие на годината само АИС Орлов мост отчита превишение – 240,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 102, 103 и 104 визуализират максималните стойности за азотен диоксид през 2016 г. Това е годината с най-много тримесечия с регистрирани превишения, общо 3 от 4. Общият брой превишения според ИАОС е 189 за годината. През първо тримесечие, АИС Павлово, АИС Надежда и АИС Младост, регистрират съответно – 248,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 214,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 221,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. АИС Надежда е единственият сензор, който отчита превишения на нормите през трето и четвърто тримесечие на годината, съответно 218,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 226,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

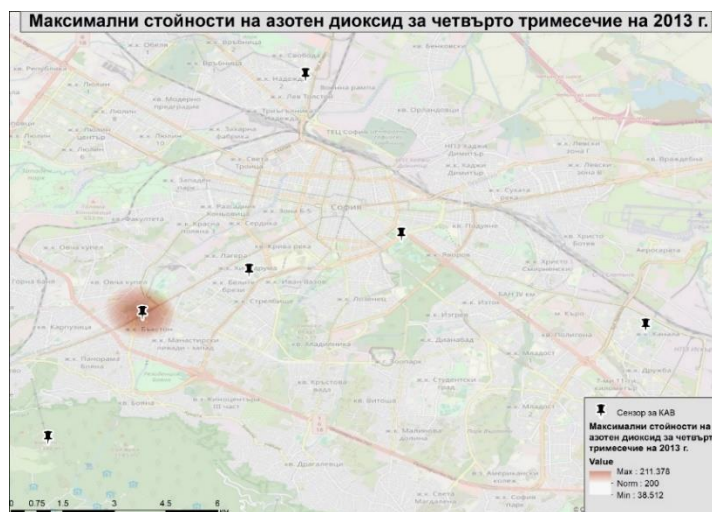
На фигура 105 е представено първо тримесечие на 2017 година и неговите максимални отчетени стойности. През целия изследван период през периода януари-март е регистрирана най-високата стойност за азотен диоксид – 275,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ от АИС Павлово, последвана от 229,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Младост и 209,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Хиподрума. Това е и периодът с най-голям общ брой на регистрирани превишения на нормите – над 300 бр.

Фигури 106 и 107 визуализират 2018 година и нейните превишения на нормите за азотен диоксид. Превишенията отново са отчетени през студените месеци – първо и четвърто тримесечие на годината. И за двете тримесечия единственият сензор превишил граничните стойности е АИС Павлово, съответно с 202,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за първо и 221,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за четвърто тримесечие на годината.

Фигура 108 показва 2019 година с нейните превишения за четвърто тримесечие. Това е предпоследното тримесечие от изследвания период, което регистрира отклонения в нормите за азотен диоксид. Сензорите отчетели превишенията са АИС Павлово и АИС Младост, съответно с 233,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 215,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

На фигура 109 е представено последното тримесечие с превишение на нормата за азотен диоксид през целия изследван период. То е регистрирано през последното тримесечие на 2020 г. Сензорите отчетели превишението са два – АИС Надежда и АИС Младост, съответно с 203,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 200,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Превишенията през тази година не са значителни, с малко над 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Положителна тенденция се забелязва през последните години от изследвания период 2013-2023 година, от края на 2020 година, не са регистрирани превишения на нормата от 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Въпреки тази положителна тенденция и наличието на данни от тримесечните бюлетени на ИАОС, данните за 5 сензора, са крайно недостатъчни, за да се направи обективна оценка на състоянието на КАВ и замърсяването му с азотен диоксид и азотни оксиди. Поражда се необходимостта от разполагането на още на брой сензори на територията на общината, които да са концентрирани в най-проблемните места за въздуха в града, а именно на ключови кръстовища, места със струпване на население, места с население отопляващо се на твърдо гориво, около промишлени зони, около летище „София“ и друга критична инфраструктура.



Фиг. 98. Максимални стойности на азотен диоксид за четвърто тримесечие на 2013 г.

4.6.4. ФПЧ2,5

Норма	Период на осредняване	Стойност	Дата, към която нормата трябва да бъде спазена
Фини прахови частици (ФПЧ2,5)			
Етап 1			
Средногодишна норма за опазване на човешкото здраве	една календарна година	25 µg/m ³ ФПЧ2,5	1.01.2015 г.
Етап 2			
Средногодишна норма за опазване на човешкото здраве	една календарна година	20 µg/m ³ ФПЧ2,5	1.01.2020 г.

Фиг. 110. Норми за ФПЧ2,5 според Наредба №12



Фиг. 111. Максимални стойности на ФПЧ2,5 за изследвания период по тримесечия.

Показателят ФПЧ2,5 е един от най-значимите за изследването и анализа на състоянието на атмосферния въздух в града. Фините прахови частици с размер 2,5 микрона са едни от най-големите замърсители на въздуха в София, а оценката и анализът им са почти невъзможни, безпредметни или сведени до минимум. Това се дължи, на факта че за територията на целия град само два сензора събират данни за този важен показател, това са АИС Хиподрума и АИС Копитото. ФПЧ2,5 са значително по-вредни за здравето в сравнение с ФПЧ10, и въпреки това само два сензора събират данни за тях. През годините се забелязва промяна в нормата за ФПЧ2,5 (фиг. 110) от 25 µg/m³ в началото на 2015 година, намалява до 20 µg/m³ в началото на 2020 година. В тримесечните бюлетини за състоянието на КАВ от ИАОС, агенцията не предоставя данни, за това колко пъти нормите са били превишени, предоставена е само максималната отчетена стойност за показателя и броят регистрирани измервания, което от своя страна води до значително объркване и неяснота.

Предвид наличието на само два сензора отчитащи ФПЧ2,5, картите създадени за целите на научния труд, изглеждат абсолютно идентични, тъй като използваният способ за създаването им

е IDW интерполация, за който е необходим по-голям брой точки. Обратно претеглената на разстоянието интерполация (IDW) може да бъде използвана, когато изходните точки с известни стойности са достатъчно нагъсто, за да може да се изчисли как те варират в изследваната територия. При липса на по-голям брой точки, картите изглеждат идентични, а единствената разлика е цветът използван при отчитане превишение на нормите.

През изследвания период 2013-2023 година, нормите за ФПЧ_{2,5}, са променяли своите граници, от 25 µg/m³, до 20 µg/m³ към настоящия момент. Промяната е взета предвид при създаването на научния труд. За изследваните 43 тримесечия през годините, има само 5 тримесечия, за които не е отчетено превишение на нормите за показателя. Две от тях са преди занижаването на нормите от 25 на 20 µg/m³, през второ тримесечие на 2015 година и през трето тримесечие на 2019 година. От началото на 2020 година се наблюдава ясно изявена тенденция към намаляване максималните стойности за ФПЧ_{2,5}, в сравнение с началото на периода (фиг. 111). Най-високата измерена стойност за целия изследван период е регистрирана от АИС Хиподрума – 349,54 µg/m³, което е около 14 пъти превишение на нормите от Наредба №12. Важно уточнение при изследването на показателя е липсата на данни за по-голямата част от 2020 година – второ, трето и четвърто тримесечие не са записвали данни за АИС Хиподрума, поради технически причини, които не са конкретизирани от ИАОС. Липсата на тези данни води до значително изкривяване в изследването на показателя, защото АИС Копитото продължава да записва стойности през този период, които превишават нулевите стойности за АИС Хиподрума.

На фигури 112, 113, 114 и 115 са представени максималните стойности на ФПЧ_{2,5} за календарната 2013 година. Превишения са регистрирани за двата сензора, и за всички тримесечия от годината. Както беше упоменато, най-значителното превишение за целия период на изследване е отчетено през последното тримесечие на 2013 г. – 349,54 µg/m³ от АИС Хиподрума. През първо тримесечие сензорът в Хиподрума е отчетел стойности от 147,27 µg/m³, което отново превишава нормите за ФПЧ_{2,5} значително. Топлите месеци също отчитат превишение на нормите, но не толкова голямо, колкото през студените месеци. Забелязва се, че през летните месеци АИС Копитото отчита по-високи стойности от АИС Хиподрума, съответно 60,2 µg/m³ за второ тримесечие и 33,1 µg/m³ за трето тримесечие, докато в Хиподрума стойностите достигат 36,68 µg/m³ за второ и 27,81 µg/m³ за трето тримесечие.

На фигури 116, 117, 118 и 119 са визуализирани максималните стойности на показателя за 2014 година. АИС Хиподрума регистрира превишения на нормите през четирите тримесечия -

266.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за първо тримесечие, 31.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за второ тримесечие, 28.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за трето тримесечие и 220.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за четвърто тримесечие. АИС Копитото отчита превишения само за две от тримесечията - 26.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за второ и 34.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за четвърто тримесечие.

Фигури 120, 121 и 122 показват максималните измерени стойности за три тримесечия от 2015 г. За второ тримесечие от годината превишения не се отчитат за нито един от двата налични сензора. Сензорът в Хиподрума отчита превишения през първо, трето и четвърто тримесечие, съответно - 232.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 29.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 173.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Превишения при сензор Копитото са записани през последното тримесечие на годината – 25,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

На фигури 123, 124, 125 и 126 са представени максималните стойности на ФПЧ2,5 за календарната 2016 година. Надхвърляне на зададените норми има за всяко едно от тримесечията за АИС Хиподрума, като най-значителни са отново през зимните месеци., съответно 226.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за първо тримесечие, 90.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за четвърто тримесечие. През топлите месеци превишенията са съответно 29.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за второ и 30.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за трето тримесечие. Сензорът на Копитото отчита едно превишение за трето тримесечие - 41.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, което е по-високо от превишението за същото тримесечие за АИС Хиподрума. Четвърто тримесечие е първото студено тримесечие за целия изследван период, през което са отчетени стойности на превишение под 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигурите 127, 128, 129 и 130 визуализират най-високите стойности на показателя за 2017 година. Впечатление прави отсъствието на надхвърляне на нормите от сензор Копитото. Въпреки това, другият АИС Хиподрума отчита превишение на нормите за всички тримесечия – 261.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за първо, 28.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за второ, 26.48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за трето и 127.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за четвърто тримесечие. Както и при предходните години, студеното полугодие е със значителни превишения, в сравнение с топлото.

На фигури 131, 132, 133 и 134 са представени максималните стойности за ФПЧ2,5 през 2018 година. Всяко едно от тримесечията през годината е отчело превишение на нормите при АИС Хиподрума, най-високите стойности отново са през студеното полугодие, а по-ниските през топлото, съответно 199.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за първо, 27.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за второ, 27.78 за трето и 148.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за четвърто тримесечие. АИС Копитото регистрира превишение единствено през четвърто тримесечие на годината, със стойност от 34.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 135, 136 и 137 представят трите тримесечия от 2019 година, които отчитат превишение на нормите за показателя. Записаните превишения през първо и четвърто тримесечие за сензора в Хиподрума са сходни като стойности, съответно 127.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 126.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През

второ тримесечие сензорът не е регистрирал надхвърляне на нормите, за разлика от АИС Копитото, който отчита $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ през това тримесечие. Трето тримесечие не бележи никакви превишения на нормите.

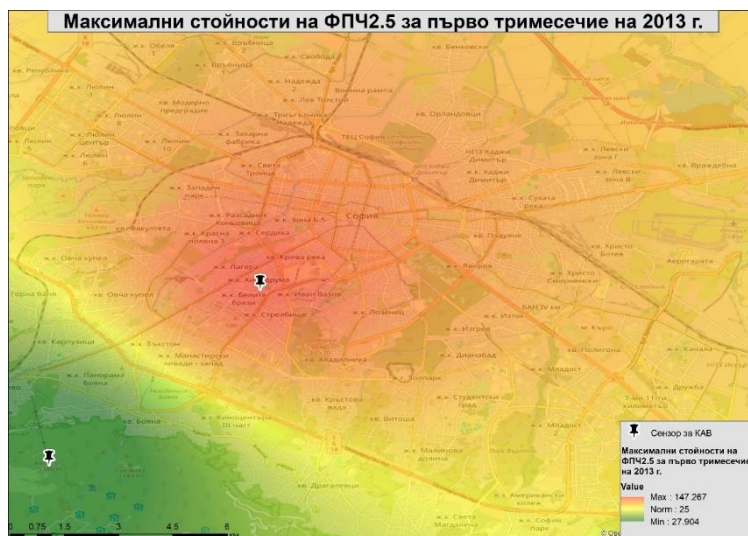
На фигури 138 и 139 са представени две от четирите тримесечия с отчетени максимални стойности за показателя през 2020 година. Данни за второ, трето и четвърто тримесечие за АИС Хиподрума не са налични, тъй като според ИАОС поради технически проблеми, сензорът не е функционирал близо 9 месеца. Проблемите спиращи работата на сензор от съществено значение за мониторинга на КАВ не са конкретно уточнени. Въпреки отсъствие на данни от сензор Хиподрума, сензор Копитото събира данни за цялата година, като регистрира само едно превишение през второ тримесечие на 2020 г. – $28,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. АИС Хиподрума отчита превишение на стойностите през единственото тримесечие от годината, през което е записвало данни, съответно $93,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Липсата на данни за ФПЧ2,5 значително изкривява изследването и затруднява проследяване състоянието на КАВ за конкретния показател. Първото тримесечие на 2020 г. е втория зимен период, през който стойностите на показателя спадат под $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 140, 141, 142 и 143 представят 2021 година и нейните максимални отчетени стойности за двата активни сензора. Това е първата година от началото на изследвания период със значително понижение на измерените максимални стойности. Въпреки че и двата сензора отчитат превишения, техните стойности са значително по-ниски от предходните години. АИС Хиподрума отчита превишение само през студеното полугодие, съответно $31,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ за първо и $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ за четвърто тримесечие. АИС Копитото отчита превишение през първо, второ и трето тримесечие, съответно $21,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $28,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, и $38,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, като отново през летните месеци отчита по-високи стойности от АИС Хиподрума. 2021 година поставя началото на ясно изявена тенденция към значително намаляване стойностите на ФПЧ2,5.

На фигури 144, 145, 146 и 147 са визуализирани максималните отчетени стойности за календарната 2022 година за показателя ФПЧ2,5. АИС Хиподрума е отчетел три тримесечия с превишения на нормите - $22,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ за първо, $22,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ за трето и $56,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ за четвърто тримесечие. Впечатление прави, че през периода юли-септември сензорът в Хиподрума е отчетел по-висока стойност отколкото през периода януари-март. Сензор Копитото регистрира само едно превишение на нормите през периода април-юни – $22,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, като отново превишава отчетените стойности от сензор Хиподрума.

На фигури 148 и 149 са представени превишенията на нормите за ФПЧ_{2,5} през първо и трето тримесечие на 2023 г. Надхвърляне на нормите не е регистрирано през второ тримесечие на годината. Към момента на изготвяне на научния труд данни за четвърто тримесечие на годината все още не са налични. Двата активни сензора отчитат по едно тримесечие с превишение – АИС Хиподрума – 65,29 µg/m³ за първо тримесечие и АИС Копитото – 36,27 µg/m³ за трето тримесечие.

Може да се направи извод за наличие на положителна тенденция през последните години на изследвания период. Отчетените максимални стойности значително са понижени, за сравнение през последното тримесечие на 2013 г. АИС Хиподрума отчита най-високата си стойност – 349,54 µg/m³, докато през същото тримесечие на 2021 г. стойността е 35 µg/m³. Въпреки това все още не е регистрирано тримесечие от студеното полугодие, през което няма превишения на нормата за конкретния сензор. Както беше упоменато, липсата на сензори отчитащи показателя ФПЧ_{2,5} е значителен проблем за мониторинга на атмосферния въздух в град София. Двата активни сензора са недостатъчни, за да бъде извършена обективна оценка на състоянието на КАВ и замърсяването му с фини прахови частици с размер 2,5 микрона. Отново се поражда необходимостта от разполагането на още на брой сензори на територията на общината, които да са концентрирани в най-проблемните места за въздуха в града, а именно на ключови кръстовища, места със струпване на население, места с население отопляващо се на твърдо гориво, около промишлени зони, около летище „София“ и друга критична инфраструктура.

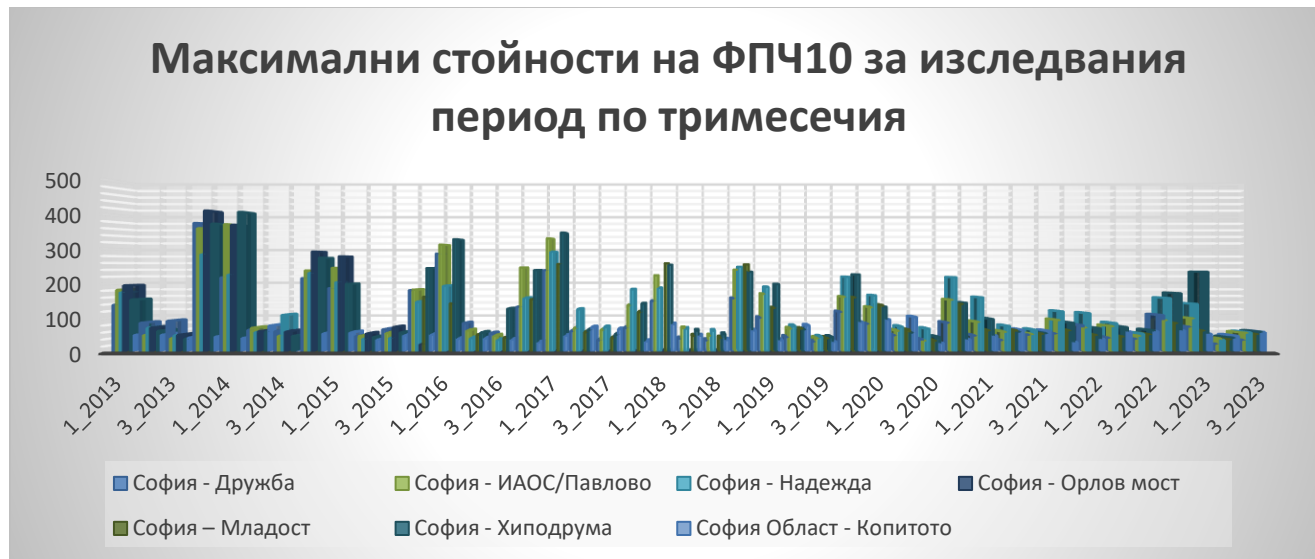


Фиг. 112. Максимални стойности на ФПЧ_{2,5} за първо тримесечие на 2013 г.

4.6.5. ФПЧ10 – фини прахови частици

Норма	Период на осредняване	Стойност	Дата, към която нормата трябва да бъде спазена
Фини прахови частици (ФПЧ10)			
Средноденонощна норма за опазване на човешкото здраве	24 часа	50 µg/m ³ ФПЧ10 (да не бъде превишавана повече от 35 пъти в рамките на една КГ)	1.01.2005 г.
Средногодишна норма за опазване на човешкото здраве	една календарна година	40 µg/m ³ ФПЧ10	1.01.2005 г.

Фиг. 150. Норми за ФПЧ 10 според Наредба №12



Фиг. 151. Максимални стойности на ФПЧ10 за изследвания период по тримесечия.

Фините прахови частици с размер 10 микрона са един от най-важните и значими показатели, изследващи състоянието на въздуха през последните години. Показателят е безспорно най-големият замърсител на въздуха в града, с най-много регистрирани превишения за последното десетилетие. За целия изследван период от началото на 2013 до третото тримесечие на 2023 г. за ФПЧ10 са отчетени общо 3261 превишения на нормите. Според Наредба №12 средноденонощната норма за опазване на човешкото здраве се равнява на 50 µg/m³, като тя не бива да бъде превишавана повече от 35 пъти в рамките на една календарна година, а средногодишната норма за опазване на човешкото здраве (за една календарна година) е 40 µg/m³. От началото на изследването до ден днешен няма нито една календарна година, през която показателят да не е бил превишен значително повече от 35 пъти, а превишение по тримесечия има за почти всички тримесечия, с изключение на трето тримесечие на 2019 г. и второ тримесечие на 2023 г. За сравнение, през календарната 2013 година, нормите са били превишени общо 476 пъти, при норма 35. Въпреки значителният общ брой на всички превишения, през изследвания период

се наблюдава тенденция към леко понижаване на отчетените максимални стойности на ФПЧ с размер 10 микрона, което не прави състоянието на въздуха по-здравословно за човешкия организъм, тъй като стойностите отново са значително над нормата за опазване на здравето.

Въпреки същественото значение на показателя, оценката и анализът му са изключително трудни и сведени до минимум, предвид отсъствието на достатъчен брой сензори, следящи неговите стойности. За територията на града, 6 сензора отчитат данни за ФПЧ10, като в края на 2015 година, един от най-съществените - АИС Орлов мост, бива заменен от АИС Младост, което значително възпрепятства анализа на състоянието на КАВ в централните градски части. По неофициални данни от ИАОС, преместването на сензора се дължи на започването строежа на третия метродиаметър в столицата. Сензорът е изключен от мрежата за мониторинг на КАВ, въпреки че регистрира рекордни стойности като - 413.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ в края на 2013 година, което е и максималната отчетена стойност за целия изследван период.

На фигури 152, 153, 154 и 155 са представени тримесечията от 2013 година, за които са регистрирани превишения на нормите. Превишенията са най-значителни през студените месеци, и по-малки през топлите. Това е годината, през която е отчетена рекордна стойност за целия изследван период – 413,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ от АИС Орлов мост през четвърто тримесечие на годината, последван от 374.98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Хиподрума през същото тримесечие. Първото тримесечие на 2013 г. отново регистрира най-висока стойност за АИС Орлов мост – 194,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, в сравнение с останалите сензори. Надхвърляния на нормите са регистрирани за всички сензори, като при АИС Копитото, стойността е на граница – 50,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Второ тримесечие от годината записва превишения за всички сензори, като най-високата отчетена е 85,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ от АИС Дружба, а най-ниската от ИАОС Павлово – 50,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, която е на границата. През трето тримесечие на годината нещата са по-различни, превишения отчита само АИС Дружба 90,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, всички останали сензори и техните стойности са в норма.

Фигури 156, 157, 157 и 159 визуализират максималните стойности за ФПЧ10 през 2014 година. Годината се явява втора по ред с регистрирани рекордни стойности за изследвания период. Първо тримесечие отчита едни от най-високите стойности - 409.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Хиподрума, 373.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Павлово, 371.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Орлов мост, 226.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Надежда, 217,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба, докато АИС Копитото регистрира нормални нива на показателя. През двете топли тримесечия превишения на нормите отново са записани, като те са в рамките на 58,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ до максимално 107,78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, а поради технически причини за трето

тримесечие от годината данни за сензор Копитото липсват. За последната част от годината, периода октомври-декември, всеки един от сензорите е отчетел превишение на нормата от 50 µg/m³, като най-ниско е за АИС Копитото – 54,43 µg/m³, а най-високо за АИС Орлов мост 293,31 µg/m³.

На фигури 160, 161, 162 и 163 са представени максималните стойности за показателя през 2015 година. Важно уточнение за изследваната година е преместването на сензора от Орлов мост в жк. Младост. За кратко през трето тримесечие на годината двата сензора функционират успоредно, като АИС Орлов мост не е отчетел никакви превишения (22,98 µg/m³) на нормата, тъй като е работил през много малка част от тримесечието. Това от своя страна води до изкривяване на данните за периода. Тъй като АИС Орлов мост е един от сензорите с най-високи превишения на нормите, е невъзможно да отчита стойности от 22,98 µg/m³ през есенно-зимно тримесечие, в сравнение с АИС Копитото, който отчита 50,38 µg/m³ или АИС Хиподрума, отчетел максимална стойност за периода – 245,27 µg/m³. През първата част от годината надхвърляния на нормите има за всички сензори – от 57,09 µg/m³ за АИС Копитото, до 279,44 µg/m³ за АИС Орлов мост. Второ тримесечие на годината надхвърля нормата само при АИС Орлов мост – 53,09 µg/m³. Трето тримесечие записва превишения за 4 от 6 сензора, в рамките 55,32 µg/m³ – 72,1 µg/m³.

Фигури 164, 165, 166 и 167 визуализират максималните стойности за ФПЧ10 през 2016 година. Както и през предходните години, така и тук, максималните стойности за показателя са отчетени през студеното полугодие. Рекордните стойности за годината са записани през периода януари-март, като АИС Хиподрума и АИС Павлово отчитат, съответно 329,4 µg/m³ и 313,48 µg/m³, последвани от АИС Дружба с 287,46 µg/m³, АИС Надежда със 193,42 µg/m³ и АИС Младост със 141,19 µg/m³, а АИС Копитото не регистрира превишение за конкретното тримесечие. При второ тримесечие ситуацията е следната – 4 от 6 сензора отчитат превишения на нормите: Дружба, Павлово, Младост и Хиподрума. През трето тримесечие само два от шестте сензора са превишили нормите – Хиподрума със 126,06 µg/m³ и Дружба с 54,03 µg/m³. През четвърто тримесечие почти всички измервателни станции са отчетели превишение на нормите с изключение на АИС Копитото. Подобно на началото на година, АИС Хиподрума и АИС Павлово, регистрират най-високи стойности.

На фигури 168, 169, 170 и 171 се наблюдават превишенията на показателя през 2017 година. Максимална стойност за годината отчита АИС Хиподрума – 348,82 µg/m³, която е третата рекордна стойност за целия изследван период, след нея със значително превишена норма се нарежда АИС Павлово – 331,98 µg/m³, последвана от АИС Надежда – 293,34 µg/m³, АИС

Младост – 257,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и АИС Дружба с 238,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, докато за АИС Копитото превишения не са отчетени. През периода април-юни всички измервателни станции докладват за превишения на нормите, включително и АИС Копитото, която се нарежда на второ място по измерена стойност – 71,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, предхождана единствено от АИС Надежда със 124,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Трето тримесечие регистрира превишения за четири от шестте сензора. Годината завършва с отчетени максимални стойности от АИС Надежда 182,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, последван от Хиподрума, Павлово, Младост и Дружба със съответно 140.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 136.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 116.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 70.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 172, 173, 174 и 175 представят максималните стойности на ФПЧ10 за календарната 2018 година. Това е първата година от началото на изследвания период с толкова малък брой превишения през летните месеци – надхвърляне отчитат АИС Хиподрума и АИС Надежда за трето тримесечие и АИС Хиподрума, АИС Надежда и АИС Павлово, като максималната отчетена стойност за двете тримесечия е под 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Студените месеци отново са белязани от значително превишение на допустимите норми – АИС Младост отчита най-високи стойности през първо и четвърто тримесечие на годината, съответно 259 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 255,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. За периода януари-март превишенията са в диапазона 81,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Копитото) – 259 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Младост), а за периода октомври-декември 62,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Копитото) – 255,96 (Младост).

На фигури 176, 177 и 178 се наблюдават трите тримесечия от 2019 година, които са надхвърлили нормите за ФПЧ10. Това е първата година от целия изследван период, която не е регистрирала превишение през едно от тримесечията си, в случая това е тримесечието юли-септември. През периода януари-март за първи път от началото на изследвания период се отчитат превишения със стойност под 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, като най-високото е от АИС Хиподрума – 197,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, а сензор Копитото не отчита превишения. Второ тримесечие записва стойности на превишенията под 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, като най-високата е за АИС Копитото – 77,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. В края на годината са отчетени най-високите стойности за показателя от АИС Хиподрума - 226,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, последван от АИС Надежда с 219,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, АИС Павлово с 161 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, АИС Младост с 159 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, АИС Дружба с 117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и АИС Копитото с 87,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 179, 180, 181 и 182 представят превишенията на показателя през 2020 година. През първата част от годината (януари-март) надхвърляне на нормите има за всеки сензор, като стойностите са в диапазона 82,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 164,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, съответно за АИС Дружба и АИС Надежда. Впечатление прави, че през това тримесечие АИС Копитото отчита по-високи стойности от АИС Дружба – 94,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Второ тримесечие от годината е белязано от

превишения за пет от шестте сензора, като стойностите са в рамките 56,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Хиподрума и 101,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Копитото. Впечатление прави сензорът на Копитото, който отчита най-висока стойност в сравнение с всички други сензори. Периодът юли-септември отбелязва превишение само за един сензор – Надежда, с 67,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. В края на годината прескачане на нормите има за всеки един сензор, с изключение на АИС Копитото. Най-високата записана стойност е от АИС Надежда – 218,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, последвана от 152,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Павлово, 143,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Хиподрума, 140,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Младост и 85,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба.

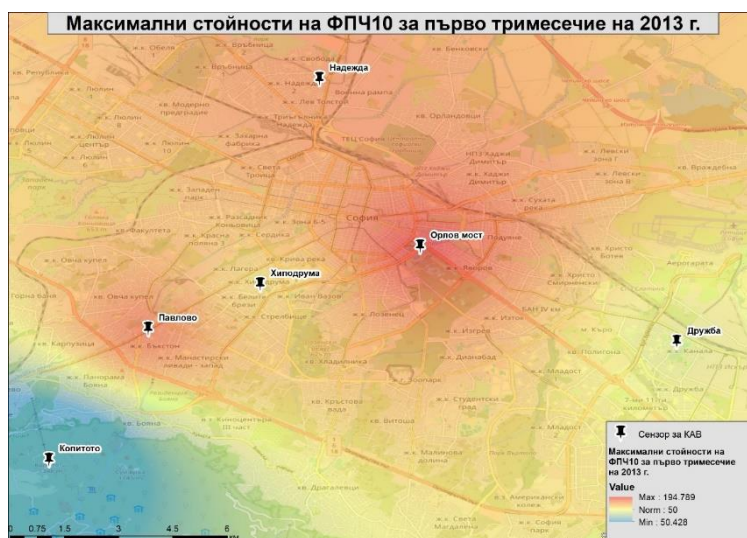
На фигури 183, 184, 185 и 186 са визуализирани превишенията за ФПЧ10 през 2021 година. Надхвърляния на нормите има през всички четири тримесечия, като както обикновено те са най-значителни през есенно-зимните месеци. Периодът януари-март отбелязва стойности в диапазона 63,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 159,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, съответно за АИС Младост и АИС Надежда. Два от сензорите не отчитат превишения – Копитото и Дружба. Второ тримесечие се характеризира с превишение на нормите за пет от общо шестте сензора. Стойностите му са в рамките 58,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 75,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, като единствено сензорът в жк. Дружба не надхвърля нормите. Трето тримесечие на годината представя превишение на нормите за всяка автоматична измервателна станция: 50,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 64,29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Стойностите не са рекордни, но въпреки това са извън нормите. В края на годината превишенията на ФПЧ10 са по-ниски в сравнение с първото тримесечие на годината, съответно в диапазона 54,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 118,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (АИС Дружба – АИС Надежда), а от своя страна АИС Копитото не надвишава стойността от 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 187, 188, 189 и 190 представят максималните стойности на ФПЧ10 за четирите тримесечия на 2022 г. Първо тримесечие на 2022 година е отчело най-ниски максимални стойности в сравнение с всяко друго първо тримесечие за целия изследван период. Стойностите варират в границите 50,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за сензорът в жк. Младост, до максималната 112,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за станцията в жк. Надежда. С междинни стойности са съответно АИС Хиподрума – 68,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, АИС Павлово – 71,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, АИС Дружба – 77,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, а АИС Копитото не надвишава 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Периодът април-юни отчита превишение за четири от шест сензора, с изключение на АИС Дружба и АИС Младост. Стойностите за останалите станции варират в диапазона 59,58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 83,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Подобна е ситуацията за трето тримесечие – два сензора не надвишават нормите (АИС Дружба и АИС Павлово), а за останалите стойностите варират между 51,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 62,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Периодът октомври-декември, отчита значително по-високи стойности в сравнение с

периода януари-март, а преминаване на нормите са отчетени от всички сензори. Най-ниска е стойността за АИС Копитото – 63,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, последвана от 84,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Младост, 93,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Павлово, 107,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Дружба, 157,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Надежда, достигайки до най-високата за АИС Хиподрума – 171,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 191 и 192 представят двете тримесечия от 2023 година, които надвишават установените норми за ФПЧ10. Към настоящия момент на разработване на научния труд, данните за четвърто тримесечие на 2023 г. все още не са събрани и публикувани. През първо тримесечие на годината всички станции за измерване на ФПЧ10 са регистрирали превишения на допустимите норми. Най-сериозно е превишението на АИС Хиподрума – 234,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, последвано от 140,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за жк. Надежда, 98,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Павлово, 73,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за жк. Дружба, 62,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за жк. Младост и 53,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Копитото. Периодът април-юни не отчита надвишаване на зададените норми за показателя, а обратно на него, периодът юли-септември регистрира превишение за всички сензори с изключение на АИС Дружба. Превишенията за тях не са значителни, под 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, но все пак са отчетени като такива.

Фините прахови частици са едни от най-сериозните и вредни замърсители на въздуха в града. Трудно е да се проследи тенденция на значително намаляване на замърсяването с ФПЧ10, тъй като те са с относително непостоянни стойности. Въпреки това отчитат почти двойно понижение в сравнение с първите години от изследването (фиг. 151).



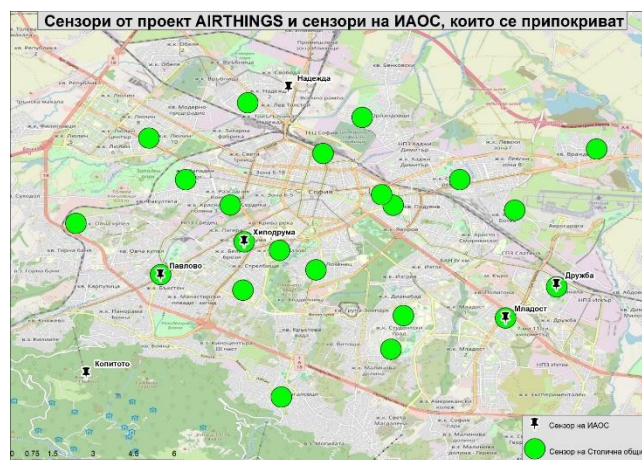
Фиг. 152. Максимални стойности на ФПЧ10 за първо тримесечие на 2013 г.

4.7. Геопространствен анализ на данни от проекта AIRTHINGS

Както беше упоменато, на територията на столична община, мрежата от сензори се състои от 22 сензора за измерване показателите на КАВ. В реално време биват измервани най-разпространените замърсители на въздуха в града, а именно PM, CO, NO₂, SO₂, както и температура, влажност и налягане. Станциите изпращат получените данни към система, създадена на принципа на отворените данни. Изключително важно уточнение е, че според Столична община „данните от сензорите са индикативни и поради спецификата на използваните технологии в сензорните станции, при определени условия, е възможно отклонение в измерените показатели.“

За целите на научния труд данните от платформата бяха обработени и приравнени по тримесечия, подобно на данните от тримесечните бюлетини на ИАОС. Целта е по-лесно разбиране на огромния набор от данни и опит за сравнение между двата типа сензори и стойностите които регистрират. При разполагането на сензорите по проекта AIRTHINGS, четири от шестте сензора от националната система за мониторинг на КАВ, са презастъпени с четири от двадесет и двата сензора по проекта на Столична община, а именно – Хиподрума (парк „Хиподрума“), Павлово (район „Овча купел“), Младост (НИМХ) и Дружба (район „Искър“) (фиг. 188). Би следвало данните от 4те сензора по проекта, да съвпадат с тези от ИАОС, или да имат съвсем леки разминавания. Идеята на изследването е да се осъществи не само представяне на втори източник на данни за КАВ, а и съпоставяне на получените стойности по тримесечия.

След осъществяване на задълбочен анализ на данните от системата за отворени данни по проекта, се достигна до извода, че превишения са отчетени само за показателите озон, ФПЧ2,5 и ФПЧ10.



Фиг. 193. Сензори от проект AIRTHINGS и сензори на ИАОС, които се припокриват.

4.7.1 Озон



Фиг. 194. Максимални стойности на озон за изследвания период по тримесечия.

На фиг. 64 са представени краткосрочните целеви норми и горните оценъчни прагове за озон. Източникът е Наредба №12, според която нормата е $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. На фиг. 194 са представени максималните стойности на озон за изследвания период, разбити по тримесечия. Трудно би могло да се говори за проследяване на тенденция за краткия изследван период, тъй като сензорите по проекта започват своята работа дни преди края на 2019 година. Но предвид характеристиките на показателя, може да се наблюдават най-значителни превишения през топлите месеци – второ и трето тримесечие на всяка година. Това е породено от факта, че образуването на озон изисква наличието на слънчева светлина. Поради това се наблюдава изразено увеличение на стойностите на показателя от север на юг, а също и през топлите месеци. Също така, озонът е по-концентриран на по-големи надморски височини. През изследвания период - 15 тримесечия, превишения на нормите са отчетени през 9 от тях. Много малка част от сензорите за КАВ отчитат надвишаване на нормите – не повече от три сензора за тримесечие. Най-високата отчетена стойност за показателя озон е записана от сензора в ж.к. „Иван Вазов“ – $2994,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, през 2020 година.

На фигура 195 е представено сравнение на данните между двата източника – ИАОС и проектът на Столична община - AIRTHINGS. При по-задълбочено сравнение между стойностите за припокриващи се сензори се разкриват огромни разлики – по-ниските отчетени стойности за

озон са „в полза“ на сензорите на Столична община, докато стойностите разкриващи реалните превишения за показателя са тези поддържани от ИАОС, част от Националната система за мониторинг на КАВ. Данните от Изпълнителната агенция по околна среда следва да се считат за достоверен и официален източник, тъй като са част от Националната система за мониторинг, състояща се от 55 пункта, разпръснати по територията на страната, и следящи КАВ от началото на 2002 година (наличие на първите тримесечни бюлетини за състояние на околната среда). Освен това, Агенцията е Национален координационен център към Европейската агенция по околна среда (ЕАОС).

АИС Младост не присъства на фиг. 195, тъй като сензорът на ИАОС не събира данни за показателя озон. Въпреки това три от сензорите се припокриват: АИС Хиподрума с парк „Хиподрума“, АИС Дружба с район „Искър“, АИС Павлово с район „Овча купел“. През целия период, при който сензорите се припокриват – 2020, 2021, 2022 и част от 2023 г. са регистрирани значителни разминавания в стойностите. За целия период сензорът на Столична община – парк „Хиподрума“ е отчетел само едно превишение – 134,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, докато АИС Хиподрума отчита 4 надвишения на нормите, съответно 121,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 141,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 131,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 130,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Другите припокриващи се сензори – район „Искър“ и район „Овча купел“, изобщо не са отчетели превишения на нормите, докато АИС Дружба и АИС Павлово за същия период са записали, съответно 5 и 7 максимални стойности, прехвърлящи установените норми. При още по-задълбочен преглед на данните, представени на фиг. 190, се наблюдава значително различие в самите отчетени стойности – стойностите отчетени от сензорите на Столична община са в пъти по-ниски от тези на сензорите на ИАОС.

AIRTHINGS	1_2020	2_2020	3_2020	4_2020	1_2021	2_2021	3_2021	4_2021	1_2022	2_2022	3_2022	4_2022	1_2023	2_2023	3_2023
Парк „Хиподрума“	5.54	134.56	43.52	45.42	37.15	24.97	36.53	15.63	20.76	26.63	25.38	35.00	51.52	59.44	84.43
район „Искър“	17.37	67.98	44.91	91.50	0.74	18.79	44.84	30.78	37.44	45.61	48.52	29.58	48.34	56.72	69.29
район „Овча купел“	0.00	27.86	33.71	27.64	28.93	79.48	54.35	12.23	19.82	26.66	30.81	11.60	31.69	35.48	44.21
ИАОС	1_2020	2_2020	3_2020	4_2020	1_2021	2_2021	3_2021	4_2021	1_2022	2_2022	3_2022	4_2022	1_2023	2_2023	3_2023
Хиподрума	88.29	121.16	141.08	71.52	92.77	106.56	131.94	58.83	77.43	84.33	104.02	65.58	79.49	104.52	130.67
Дружба	104.89	0.00	281.74	77.99	86.10	256.65	139.85	88.98	115.11	116.90	195.27	81.05	96.66	118.97	151.72
Павлово	102.93	112.85	155.39	85.27	96.79	130.15	185.41	80.80	103.14	126.32	148.82	85.57	88.63	142.91	138.53

Фиг. 195. Различия в стойностите за озон между двата изследвани източника.

Фигури 196, 197 и 198 представят максималните стойности на озон за три от четирите тримесечия за 2020 година. Надвишаване на нормите не е регистрирано през първото тримесечие на годината. През второ тримесечие само един сензор регистрира надхвърляне на нормата - Парк „Хиподрума“, със 134.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. За сравнение през второ тримесечие на същата година, АИС

Хиподрума (ИАОС) отчита стойност от 121.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Стойностите отчетени от двата сензора се различават с около 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През трето тримесечие превишения регистрират общо 3 от 22та поставени сензора. През това тримесечие е отчетена рекордната стойност за сензора в ж.к. „Иван Вазов“ – 2994,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, последвана от сензор кв. „Драгалевци“ с 1963.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и сензорът на метростанция „Джеймс Баучер“ с 470.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През четвърто тримесечие на годината е записано само едно превишение за сензор ж.к. „Иван Вазов“ - 689.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Впечатление прави, че когато някой от сензорите на Столична община отчете превишение в нормите, стойностите са значително по-високи от тези, които обикновено отчита и от тези, които сензорите от ИАОС са регистрирали някога. За сравнение, най-високата стойност за озон отчетена от ИАОС е 281,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (АИС Дружба) за период от 11 години, докато най-високата от сензорите по проекта AIRTHINGS е 2994,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ж.к. „Иван Вазов“). Мерната единица и при двата сензора е микрограм на кубичен метър.

На фигури 199, 200, 201 и 202 са представени тримесечията на 2021 година, които са отчетели превишения на нормите за озон. През периода януари-март сензорът в кв. „Христо Ботев“ отчита стойност от 469.60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Второ тримесечие е безязано от превишения за три от сензорите - Зимен дворец на спорта, кв. „Христо Ботев“ и Поликлиника „Враждебна“, съответно 416.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 247.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 133.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Периода юли-септември отчита рекордна стойност за цялата 2021 година - 1287.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ от сензор РА „Надежда“, последван от 241.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за Зимен дворец на спорта и 196.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за кв. „Христо Ботев“. Последното превишение за годината е отчетено от сензора на Зимния дворец на спорта - 213.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

На фигура 203 са представени двете превишения на показателя за 2022 година. Те са регистрирани от сензорите в кв. „Орландовци“ и район „Студентски“, съответно 341,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 124,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

На фигура 204 е представено единственото превишение на озон за наличните данни от трите тримесечия 2023. Отчетената стойност е 220.81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ от сензорът в кв. „Орландовци“.



Фиг. 196. Максимални стойности на озон за първо тримесечие на 2020 г.

4.7.2. ФПЧ2,5



Фиг. 205. Максимални стойности на ФПЧ2,5 за изследвания период по тримесечия

Нормата за показателя през годините търпи известни промени - от 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ в началото на 2015 година, намалява до 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ в началото на 2020 година. Фигура 205 показва максималните стойности за ФПЧ2,5 за изследвания период (2020 - 2023 г.). За периода няма тримесечие, което да не е регистрирало надхвърляне на нормите. Данните, които сензорите от проекта представят са доста променливи и възпрепятстват проследяването на тенденция за показателя. Най-високата измерена стойност на показателя се равнява на 560.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за сензора в район „Студентски“, през първо тримесечие на 2022 г. Това рекордно превишение е близо тридесет пъти над установените норми за ФПЧ2,5. Интересно е да се отбележи и второто рекордно превишение на нормата, което е измерено през топлото полугодие - 428.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ от сензорът в парк „Хиподрума“. Опитът показва, че подобни стойности са нетипични за летните месеци. За сравнение, през същото тримесечие АИС Хиподрума (ИАОС), отчита стойност от 18,78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, което е малко над нормата от 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Използването на 22 сензора за анализиране на състоянието на показателя, би улеснило значително проследяването на неговите стойности. Изготвянето на сравнителен анализ между данните от ИАОС и проекта AIRTHINGS е почти невъзможно, тъй като само два сензора на ИАОС следят за количеството ФПЧ2,5 във въздуха – АИС Копитото и АИС Хиподрума. Въпреки това може да бъде осъществен частичен сравнителен анализ с сензорът в парк „Хиподрума“, отговарящ на АИС Хиподрума. На фигура 206 е представено сравнение на данните между двата източника – ИАОС и проектът на Столична община – AIRTHINGS, като клетките обозначени с червен цвят, представят стойности превишаващи нормите. Съществен проблем при опита за анализ е липсата на данни за второ, трето и четвърто тримесечие на 2020 г., като според тримесечните бюлетини за състояние на околната среда от ИАОС, сензорът не е функционирал поради технически причини. Съответно превишения за трите тримесечия не са регистрирани. От фигурата става ясно, че сензорите на Столична община регистрират 12 превишения за въпросния сензор, докато данните от ИАОС сочат за само 7 превишения на пределно допустимите норми. Отново може да се наблюдава следната тенденция - когато сензорите на Столична община отчетат превишения, те регистрират значително по-високи стойности от тези на ИАОС, а в случай че не регистрират такива, стойностите им са по-ниски от тези на Агенцията. Най-съществени различия в отчетените стойности за двата припокриващи се сензора са отчетени през трето тримесечие на 2023 г., като разликата между двата е малко над 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Такива се наблюдават четвърто тримесечие на 2021 г., като разликата между двата отново е значителна – 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, както и първо

тримесечие на 2023 г., където разликата е малко над 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Едно от малкото тримесечия със значително близки стойности измерени от сензорите е второ тримесечие на 2022 г., през което и двата сензора не отчитат превишения на нормите, а отчетените стойности се равняват на 8,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за сензора на Столична община и 9,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Хиподрума.

Анализирайки по отделно сензорите по проекта AIRTHINGS, може да се направи следното обобщение, за данните налични за 15 тримесечия става ясно, че през всяко едно от тях е отчетено превишение на допустимите норми за ФПЧ. Най-значителен брой надхвърляния на стойностите се наблюдават през първо и четвърто тримесечие на годината (студените месеци). Въпреки това, значителен брой превишения има и през второ и трето тримесечие (топлите месеци).

На фигури 207, 208, 209 и 210 са представени максималните отчетени стойности за ФПЧ_{2,5} за календарната 2020 година. През първо тримесечие превишения на нормите са отчетели всички сензори, а стойностите им са в диапазона 27,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за сензора при НИМХ - 288,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за сензора при Националния център за заразни и паразитни болести. За второ тримесечие 15 от общо 22 сензора регистрират надхвърляне на нормите, а превишенията са в рамките на 20,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 157,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, съответно за сензора при поликлиника „Враждебна“ и за сензора при НИМХ. Сензорите без отчетени превишения за периода април-юни са общо 7 - 29 ДКЦ - „Борово“, ж.к. „Иван Вазов“, Зимен дворец на спорта, кв. „Драгалевци“, метростанция „Джеймс Баучер“, РА „Надежда“ и район „Студентски“. Периодът юли-септември отчита само три превишения на нормите за ФПЧ_{2,5}, но те са значителни - 138.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (бул. „Президент Линкълн“ ж.к. „Овча купел“), 84.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Зимен дворец на спорта) и 58.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Парк „Хиподрума“). Четвърто тримесечие на годината отчита превишения за 21 от общо 22 сензора, като само сензорът в район „Студентски“ отчита ниски стойности. Превишенията за останалите са в диапазона 31,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 186,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 211, 212, 213 и 214 визуализират максималните стойности за показателя през 2021 година. Подобно на предходната година, отново зимните месеци са с максимален брой сензори надхвърлили нормите – първо тримесечие отчита превишения за 21 от общо 22 сензора (без парк „Хиподрума“), а четвърто тримесечие отчита превишения за всички 22 сензора. Записаните данни за показателя варират от 21.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (район „Студентски“) до 180.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (кв. „Христо Ботев“) за първо тримесечие на годината и в рамките 32.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (район „Студентски“) - 139.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (кв. „Христо Ботев“). Второ и трето тримесечие на годината са белязани от съответно четири и единадесет сензора с отчетени превишения. През периода април-юни сензорите превишили

нормите са кв. „Христо Ботев“ – 30,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, НИМХ – 21,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Парк „Хиподрума“ – 31,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и РА „Красна поляна“ – 29,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Силно впечатление прави трето тримесечие на годината, което освен че отчита превишения за 11 от 22 сензора, отчита и най-високото превишение на нормите за цялата календарна година – 325,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за сензора в жк. Надежда. Подобни надхвърляния на нормите са нетипични за топлото полугодие. Една от евентуалните причини е липса на калибрация на сензора.

На фигури 215, 216, 217 и 218 са представени максималните стойности за ФПЧ2,5 през календарната 2022 г. Това е годината с отчетеното рекордно превишение за показателя - 560.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за сензора в район „Студентски“, през първо тримесечие на 2022 г. Това рекордно превишение е близо тридесет пъти над установените норми за ФПЧ2,5 и е доста нетипично за упоменатия сензор, тъй като най-високата отчетена стойност от него е малко над 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През това тримесечие 21 от 22 сензора, с изключение на сензора при НИМХ, отчитат завишени стойности, в рамките на 23 до 560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Второ и трето тримесечие регистрират съответно 8 и 3 сензори с превишения, като за второ тримесечие границите на превишенията са в рамките – малко над 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ до малко над 77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, а през трето тримесечие са между 21 и 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Периодът октомври-декември отчита превишения за 19 от 22 сензора, като изключение правят - бул. „Президент Линкълн“ ж.к. „Овча купел“, НИМХ и район „Овча купел“. Допустимите стойности за показателя са превишени в границите – 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 172 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 219, 220 и 221 представят превишенията на нормите през три от четирите тримесечия на 2023 година, като към момента на изготвяне на научния труд данните за четвърто тримесечие на годината все още не са налични. Първо тримесечие на годината регистрира превишения за 18 от 22 сензора, с изключение на бул. „Президент Линкълн“ ж.к. „Овча купел“, кв. „Драгалевци“, НИМХ и район „Овча купел“, останалите отчитат превишения в рамките на 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 185 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Второ и трето тримесечие са отчетели превишения в 9 сензора, като за различните тримесечия някои от сензорите са различни. Периода април-юни регистрира надхвърляне на нормите за - бул. „Александър Стамболийски“, Западен парк - 20.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Военна академия „Г. С. Раковски“ - 20.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ж.к. „Люлин“ 9 - 36.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Орландовци“ - 24.93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Христо Ботев“ - 27.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Парк „Хиподрума“ - 21.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Поликлиника „Враждебна“ - 48.70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, РА „Красна поляна“ - 101.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, РА „Надежда“ - 26.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Интересно уточнение е, че през трето тримесечие на годината сензорът при парк „Хиподрума“ отчита рекордна стойност за целия си изследван период - 428.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, докато максималното му

превишение на нормите до тук е било малко над 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за студеното полугодие. Подобни превишения отново са нетипични за топлата част от годината и е възможно да се дължат на некалибриран сензор.

Данните обработени от сензорите на Столична община са изключително динамични, непостоянни и трудни за осъществяване качествен анализ на състоянието на показателя ФПЧ2,5. Те не се доближават като стойности до обработените данни от ИАОС, а липсата на повече от един сензор, който се припокрива със сензорите на общината, прави сравнението им още по-трудно.

AIRTHINGS	1_2020	2_2020	3_2020	4_2020	1_2021	2_2021	3_2021	4_2021	1_2022	2_2022	3_2022	4_2022	1_2023	2_2023	3_2023
Парк „Хиподрума“	48.06	20.35	58.61	56.38	18.50	31.72	31.34	105.96	69.79	8.31	14.25	66.94	111.23	21.05	428.29
ИАОС	1_2020	2_2020	3_2020	4_2020	1_2021	2_2021	3_2021	4_2021	1_2022	2_2022	3_2022	4_2022	1_2023	2_2023	3_2023
Хиподрума	93.75	0.00	0.00	0.00	31.57	19.02	14.89	35.00	22.01	9.89	22.88	56.36	65.29	17.41	18.78

Фиг. 206. Различия в стойностите за ФПЧ2,5 между двата изследвани източника



Фиг. 207. Максимални стойности на ФПЧ2,5 за първо тримесечие на 2020 г.

4.7.3. ФПЧ10



Фиг. 222. Максимални стойности на ФПЧ10 за изследвания период по тримесечия.

ФПЧ10 са безспорно едни от най-големите замърсители на въздуха през последните години. Те са един от най-важните и значими показатели, изследващи състоянието на въздуха. Те са с най-много регистрирани превишения за последното десетилетие според ИАОС. Според Наредба №12, средноденоношната норма за опазване на човешкото здраве се равнява на $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, като тя не бива да бъде превишавана повече от 35 пъти в рамките на една календарна година, а средногодишната норма за опазване на човешкото здраве (за една календарна година) е $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Изследването на данните по проекта AIRTHINGS в периода 2020-2023 година, сочи че няма нито едно тримесечие през изследвания период, за което да не е регистрирано превишение на нормите.

На фигура 222 е представена графика с максималните стойности на ФПЧ10 за изследвания период по тримесечия. Данните обработени от сензорите на Столична община са изключително динамични, непостоянни и трудни за осъществяване качествен анализ на състоянието на показателя. Използването на 22 сензора за анализиране на състоянието на показателя, би улеснило значително проследяването на неговите стойности. Изготвянето на сравнителен анализ между данните от ИАОС и проекта AIRTHINGS е значително трудно, тъй като само четири от сензорите

се припокриват. Въпреки това може да бъде осъществен частичен сравнителен анализ за сензорите парк „Хиподрума“, отговарящ на АИС Хиподрума; район „Искър“, отговарящ на АИС Дружба; район „Овча купел“, отговарящ на АИС Павлово и НИМХ, отговарящ на АИС Младост. На фигура 223 е представено сравнение на данните между двата източника – ИАОС и проектът на Столична община – AIRTHINGS, като клетките обозначени с червен цвят, представят стойности превишаващи нормите. През някои от тримесечията стойностите отчетени от двата източника са относително близки, но никъде не съвпадат точно. Въпреки това при по-голяма част от представените на фигура 218 данни, си личат рекордни разминавания в стойностите, които не могат да останат неотбелязани. Най-значителното несъответствие в стойностите е отчетено през трето тримесечие на 2023 г. , като сензорът при парк „Хиподрума“ и АИС Хиподрума отчитат следните стойности: 827,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за първия и 58,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за втория. Това е разлика от близо 770 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, която е рекордна за изследвания период. Следващото съществено несъответствие се наблюдава през четвърто тримесечие на 2021 година, при което същите два сензора отчитат разлика от около 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 285,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за парк „Хиподрума“ и 85,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за АИС Хиподрума. Отново може да се наблюдава следната тенденция - когато сензорите на Столична община отчитат превишения, те регистрират значително по-високи стойности от тези на ИАОС, а в случай че не регистрират такива, стойностите им са по-ниски от тези на Агенцията.

AIRTHINGS	1_2020	2_2020	3_2020	4_2020	1_2021	2_2021	3_2021	4_2021	1_2022	2_2022	3_2022	4_2022	1_2023	2_2023	3_2023
Парк „Хиподрума“	97.875	41.031	126.242	206.038	82.576	58.412	53.188	285.141	161.116	31.158	27.977	141.307	268.197	53.048	827.041
район „Искър“	87.556	115.918	30.330	219.044	110.785	74.735	33.215	93.208	66.988	35.326	27.876	122.130	156.204	27.119	20.851
район „Овча купел“	78.042	41.096	31.854	256.588	126.230	28.432	40.732	151.810	95.257	38.535	2.928	12.254	17.995	4.463	7.374
НИМХ	57.234	316.843	24.288	184.628	84.518	66.355	43.660	113.130	37.819	193.715	47.691	16.665	3.900	1.581	1.987
ИАОС	1_2020	2_2020	3_2020	4_2020	1_2021	2_2021	3_2021	4_2021	1_2022	2_2022	3_2022	4_2022	1_2023	2_2023	3_2023
Хиподрума	131.77	56.82	42.9	143.31	95.83	59.38	55.36	85.01	68.97	72.39	62.79	171.5	234.47	41.95	58.88
Дружба	82.55	48.97	36.86	85.62	48.17	35.14	50.46	54.3	77.9	42	38.93	107.63	73.99	24.25	35.77
Павлово	130.54	62.04	33.26	152.59	87.68	58.98	52.35	93.37	71.4	75.54	47.47	93.22	98.54	39.5	56
Младост	136.88	64.54	33.23	140.31	63.3	63.08	53.42	63.42	50.09	45.35	51.96	84.49	62.77	37.52	52.76

Фиг. 223. Различия в стойностите за ФПЧ10 между двата изследвани източника.

Анализирайки по отделно сензорите по проекта AIRTHINGS, може да се направи следното обобщение, за данните налични за 15 тримесечия става ясно, че през всяко едно от тях е отчетено превишение на допустимите норми за ФПЧ10. Най-значителен брой надхвърляния на стойностите се наблюдават през първо и четвърто тримесечие на годината (студените месеци). Въпреки това, значителен брой превишения има и през второ и трето тримесечие (топлите месеци). Най-значителното превишение на нормите за показателя за периода от 2020-2023 г., е отчетено през първо тримесечие на 2022 г. от сензора в район „Студентски“ и се равнява на 1686.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, което е малко над 30 пъти превишение на нормата от 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Не е налична

информация от Столична община, обясняваща подобни рекордни превишения на стойностите. Други подобни стойности са отчетени през четвърто тримесечие на 2020 г. от сензора при Националния център за заразни и паразитни болести - 874.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и през трето тримесечие на 2023 г. от парк „Хиподрума“ - 827.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Като отново не са налични данни обясняващи подобни надхвърляния на нормите.

Фигури 224, 225, 226 и 227 представят максималните стойности на ФПЧ10 за календарната 2020 година. През първо тримесечие всички от поставените сензори са превишили допустимите норми за показателя, като отчетените стойности са в рамките от 57.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за НИМХ, до третата най-висока за цялата година - 516.170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за Национален център за заразни и паразитни болести. През периода април-юни 8 от 22 сензора са записали превишения на нормите – НИМХ с 316.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, район „Искър“ със 115.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Христо Ботев“ с 90.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, бул. „Александър Стамболийски“, Западен парк с 88.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Орландовци“ с 56.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Национален център за заразни и паразитни болести с 55.65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, район „Подуяне“ с 55.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, бул. „Президент Линкълн“ ж.к. „Овча купел“ с 52.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През трето тримесечие има превишения за 7 от 22 сензора, вариращи в рамките 51.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за кв. „Орландовци“ до 394.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за бул. „Президент Линкълн“ ж.к. „Овча купел“. Отново се наблюдават значителни прехвърляния на нормите през топлото полугодие, което не е типично за летните месеци. За последната част от годината 21 от 22 сензора отчетат повишение на допустимите норми, с изключение на район „Студентски“. През това тримесечие е отчетена втората рекордна стойност за целия изследван период от сензора при Националния център за заразни и паразитни болести - 874.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Високи стойности са отчетели и много от другите сензори: РА „Надежда“ - 581.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Христо Ботев“ - 520.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Орландовци“ - 438.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, РА „Красна поляна“ - 434.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ж.к. „Люлин“ 9 - 385.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Централна гара - 333.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Драгалевци“ - 291.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, район „Подуяне“ - 287.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, бул. „Александър Стамболийски“, Западен парк - 280.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и други.

На фигури 228, 229, 230 и 231 са представени отчетените максимални стойности на показателя за 2021 година. Както и при предходната година, превишенията са основно през първо и четвърто тримесечие на годината. През периода януари-март всички 22 сензора са отчетели надхвърляне на нормите, като превишенията са в рамките - 82.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за парк „Хиподрума“ - 510.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ за кв. „Христо Ботев“. Четвърто тримесечие от годината също отчита превишения за 22та сензора на Столична община. Най-високата отчетена стойност отново е от сензора в кв.

„Христо Ботев“ - 335.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, а най-ниската този път е от район „Студентски“ - 91.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Периодът април-юни е записал надхвърляния на нормите за 11 от общо 22 сензора - кв. „Христо Ботев“ - 102.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, РА „Красна поляна“ - 93.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, район „Искър“ - 74.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ж.к. „Люлин“ 9 - 72.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, бул. „Александър Стамболийски“, Западен парк - 69.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, НИМХ - 66.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Поликлиника „Враждебна“ - 60.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Драгалевци“ - 60.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Парк „Хиподрума“ - 58.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Орландовци“ - 54.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и Военна академия „Г. С. Раковски“ - 52.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. За периода юли-септември са отчетени само 6 превишения на показателя ФПЧ10, но някои от тях са значителни и нетипични за летните месеци: РА „Надежда“ - 540.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Централна гара - 476.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, метростанция „Джеймс Баучер“ - 144.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Фигури 232, 233, 234 и 235 визуализират максималните стойности за ФПЧ10 за 2022 година. Това е годината с регистрираното рекордно превишение целия период - 1686.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ в район „Студентски“, което е малко над 30 пъти над установените норми. Превишението е записано през първо тримесечие на годината и е последвано от още 20 сензора с превишения, в границите 63.98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ до 387.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, с изключение на НИМХ. През двете летни тримесечия са записани съответно по 6 и 9 сензори надхвърлили нормите, като за периода април-юни са в границите - 51.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ до 193.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, за юли-септември - 51.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ до 92.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. В края на годината 19 от 22 сензора са превишили нормите, като за някои от сензорите превишенията са 5-6 и повече пъти над нормата, като район „Подуяне“ с 354.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Централна гара с 310.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Христо Ботев“ с 301.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и други.

Фигури 236, 237 и 238 представят максималните отчетени стойности за ФПЧ10 през трите тримесечия, за които са налични данни за 2023 година. През периода януари-март 19 от общо 22 сензора отчитат превишения в стойностите на показателя, с изключение на район „Овча купел“, бул. „Президент Линкълн“ ж.к. „Овча купел“ и НИМХ. Най-високи стойности е отчетел сензорът в кв. „Христо Ботев“ - 419,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, последван от сензорите район „Подуяне“ - 409,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Военна академия „Г. С. Раковски“ - 359,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, РА „Надежда“ - 359,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, кв. „Орландовци“ - 348,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Поликлиника „Враждебна“ - 342,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Парк „Хиподрума“ - 268,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, бул. „Александър Стамболийски“, Западен парк - 222,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, метростанция „Джеймс Баучер“ - 216,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, РА „Красна поляна“ - 187,58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ж.к. „Люлин“ 9 - 179,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Централна гара - 170,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, район „Искър“ - 156,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Зимен дворец на спорта - 119,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Национален център за заразни и паразитни болести - 109,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 29 ДКЦ „Борово“ - 98,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ж.к. „Иван Вазов“ - 96,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, район „Студентски“ - 73,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и кв. „Драгалевци“ - 63,78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Превишенията на допустимите норми са значителни, но впечатление правят не само превишенията, а и значително ниските стойности на три от сензорите, които не отчитат превишения – район „Овча купел“ -17,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, бул. „Президент Линкълн“ ж.к. „Овча купел“ - 14,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, НИМХ - 3,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Подобни ниски стойности са нетипични за студеното полугодие и за сензори, които в предишни години са отчитали значителни превишения на нормите за показателя. За второ тримесечие 6 от сензорите са записали превишения, като за някои от тях, те не са никак ниски за топлото полугодие - РА „Красна поляна“ е отчел 220,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ж.к. „Люлин“ 9 - 104,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Военна академия „Г. С. Раковски“ - 82,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. През трето тримесечие е записана третата най-висока стойност за целия изследван период - 827,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ от сензора в парк „Хиподрума“.

Както и при данните обработени от сензорите на Столична община за показателя ФПЧ2,5, така и при ФПЧ10 са изключително динамични, непостоянни и трудни за осъществяване качествен анализ на състоянието на показателя. Те не се доближават като стойности до обработените данни от ИАОС, както се вижда от фигура 218.



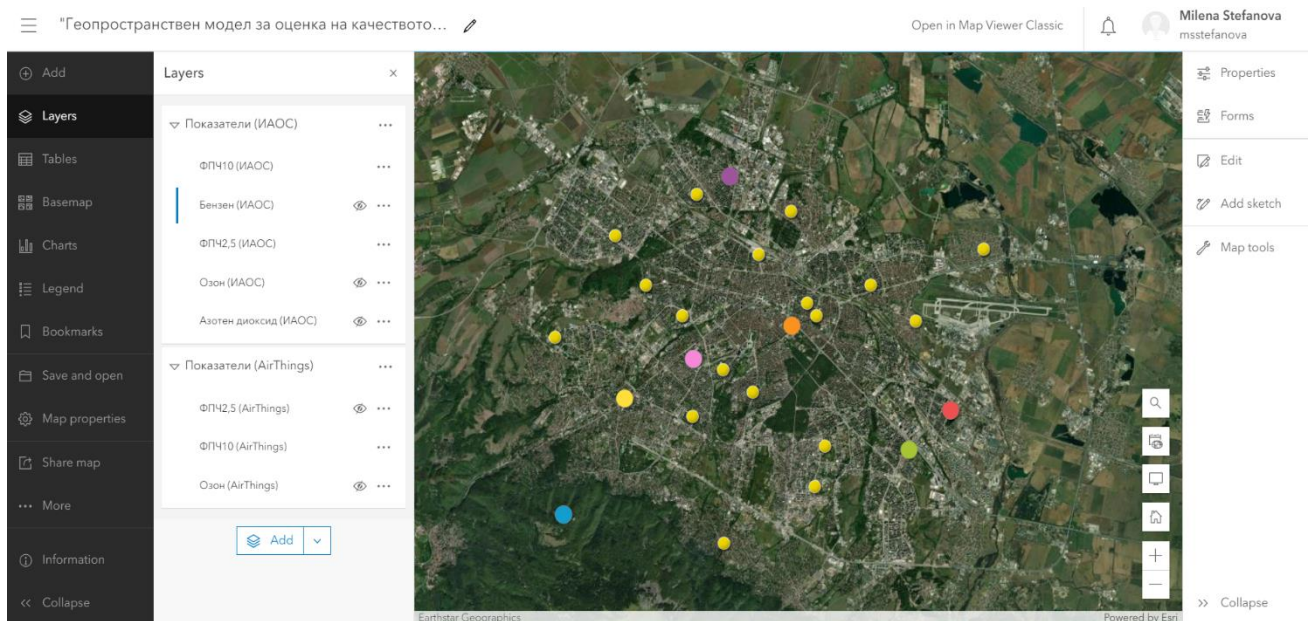
Фиг. 224. Максимални стойности на ФПЧ10 за първо тримесечие на 2020 г.

4.8. Интерактивна карта

За целите на научния труд и по-конкретно проследяване състоянието на КАВ в град София, както и възможността всеки потребител да има достъп до изследването, и данните генерирани, и обработени в ГИС среда, бе създадена интерактивна карта. Това бе осъществено чрез облачно-базираният инструмент ArcGIS Online, който е предназначен за картографиране и анализи. Той

позволява на индивидуални потребители, а също така и на организации да създават интерактивни карти и приложения, както и да ги споделят свободно с обществеността.

Всички данни от тримесечните бюлетини за състоянието на околната среда на ИАОС, както и данните изискани от Столична община и изтеглени от платформата AirThings са достъпни в интерактивната карта (фиг. 239).



Фиг. 239. Интерактивна карта „Геопространствен модел за оценка на качеството на атмосферния въздух в град София“

Всички генерирани и обработени данни могат да бъдат разгледани, изтеглени и използвани чрез следния линк:

<https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=cbfa95910f5e45c0b648c56309475a08&fbclid=IwAR039f1rUnzUGAM82gC9oiOimJlyDSJ-1avBF0iIGVORJntalc3ILskxL54> ,

или чрез създадения QR код с цел по-добра оперативност:

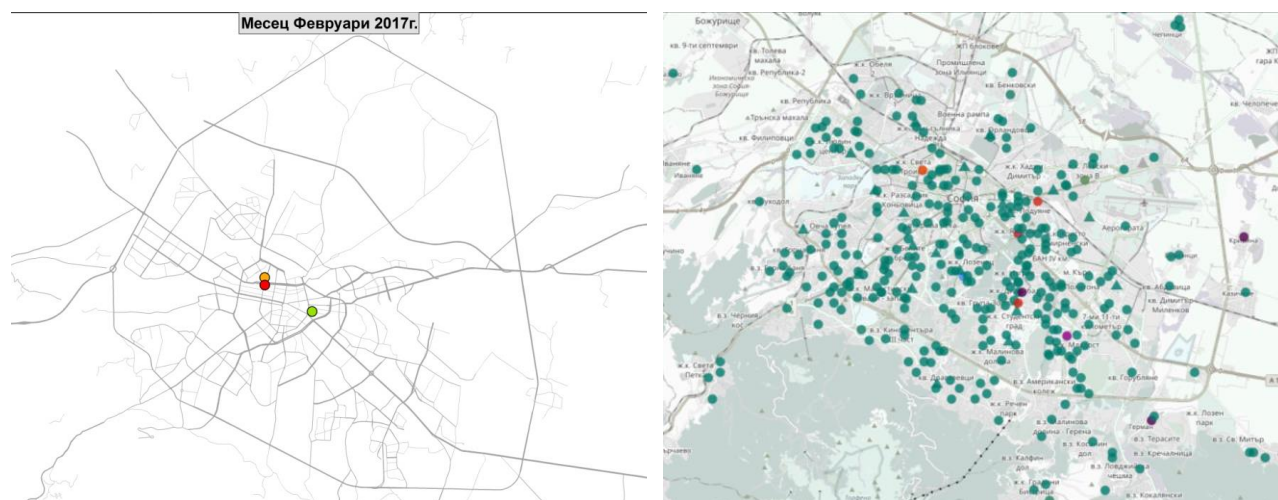


4.9. Други потенциални източници на данни за КАВ

4.9.1. Проектът Luftdaten

Проектът Luftdaten, стартиран в Щутгарт, Германия, има за цел да привлече вниманието към проблемите с качеството на въздуха в градовете и липсата на устойчиви мерки от страна на властите. Проектът сега оперира в 26 държави, включително България от 2017 година, като използва онлайн платформа за визуализация на данните от сензорите за фини прахови частици и атмосферни условия. В България платформата се нарича Air Tube и включва над 750 сензора, като над половината от тях са в София. Системата има няколко предимства, като ниските цени на сензорите и възможността за участие на широка общественост без специализирана помощ. Недостатъците включват неравномерното разпределение и височината на поставяне на сензорите, което може да доведе до неадекватни данни. И въпреки че резултатите от сензорите не отговарят на професионалните станции, те се считат за полезен източник на оперативна информация за качеството на въздуха в града.

Данните, които тези сензори отчитат не са използвани в научния труд, тъй като те не отговарят на нормативната уредба. Въпреки това са източник, който предоставя оперативна информация и има много добра гъстота върху територията на града.



Фиг. 240. Air Tube сензори през месец февруари 2017 г. (ляво)

Фиг. 241. AirTube сензори през месец декември 2023 г. (Източник: airtube.info)

4.9.2. Проект на Национален университетски център за геопропространствени изследвания и технологии (НУЦГИТ) и Столична община

В началото на 2023 година Националният университетски център за геопропространствени изследвания и технологии (НУЦГИТ) при Софийски университет „Св. Климент Охридски“ започва изпълняването на проект свързан с осъществяване на регулярен мониторинг на

качеството на атмосферния въздух в град София. Проектът се осъществява съвместно със Столична община и е с продължителност 12 месеца. За целта е използван професионален калибриран мултисензор, инсталиран върху безпилотна летателна система (БЛС).

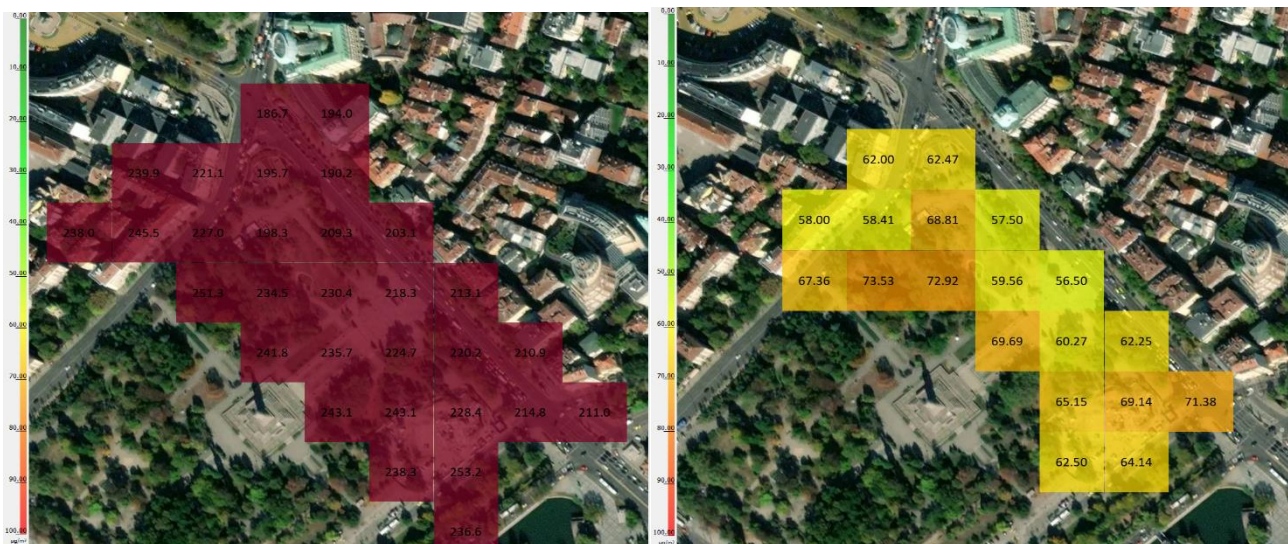
На фигури 237 и 238 са представени данните за двата показателя – ФПЧ_{2,5} и ФПЧ₁₀ за, събрани на 16 февруари 2023 година. И при двата показателя са регистрирани значителни превишения на установените норми, съответно 20 µg/m³ за ФПЧ_{2,5} и 50 µg/m³ за ФПЧ₁₀. Може ясно да се наблюдава, че стойностите на ФПЧ_{2,5} прехвърлят неколкократно допустимите стойности, като те варират в границите от около 165 до около 210 µg/m³, което е близо десет пъти над нормата. Ситуацията за ФПЧ₁₀ не се различава особено, нормите са надхвърлени неколкократно, в рамките на около 185 до около 260 µg/m³. На заснетите изображения от БЛС се наблюдава неинтензивен трафик, въпреки отчетените високи стойности. Следователно при по-засилен и активен трафик в час пик, превишенията на нормите би следвало да са още по-високи.

Фигури 239 и 240 визуализират стойности за двата показателя, измерени на 7 април 2023 година. На двете карти може да се наблюдава значително по-занижени стойности в сравнение с предходните две. През топлото полугодие превишения на нормите отново съществуват, но са в рамките на около 55-70 µg/m³ за ФПЧ_{2,5} и около 55-75 µg/m³ за ФПЧ₁₀. Трафикът отново не е интензивен.

На фигури 241 и 242 са представени стойности за същите показатели, измерени на 15 август 2023 г. Превишение е отчетено само за ФПЧ_{2,5} – малко над 25 µg/m³. За ФПЧ₁₀ превишение на нормите не е отчетено.

Фигури 245 и 246 представят максималните отчетени стойности за двата показателя. Превишения са отчетени както за ФПЧ_{2,5}, така и за ФПЧ₁₀. ФПЧ_{2,5} регистрират превишения в рамките на 58-123 µg/m³. Докато ФПЧ₁₀ превишава нормите в границите около 62-135 µg/m³.

Безпилотните летателни системи са иновативен начин за осъществяване на мониторинг на КАВ, чрез които състоянието на въздуха може да се следи в реално време, в райони със значителни предпоставки за влошаването на КАВ, в райони с критична инфраструктура. Те са едно от решенията за проследяване на територии с локална специфика на замърсяванията, която не може да бъде валидна за целия град.

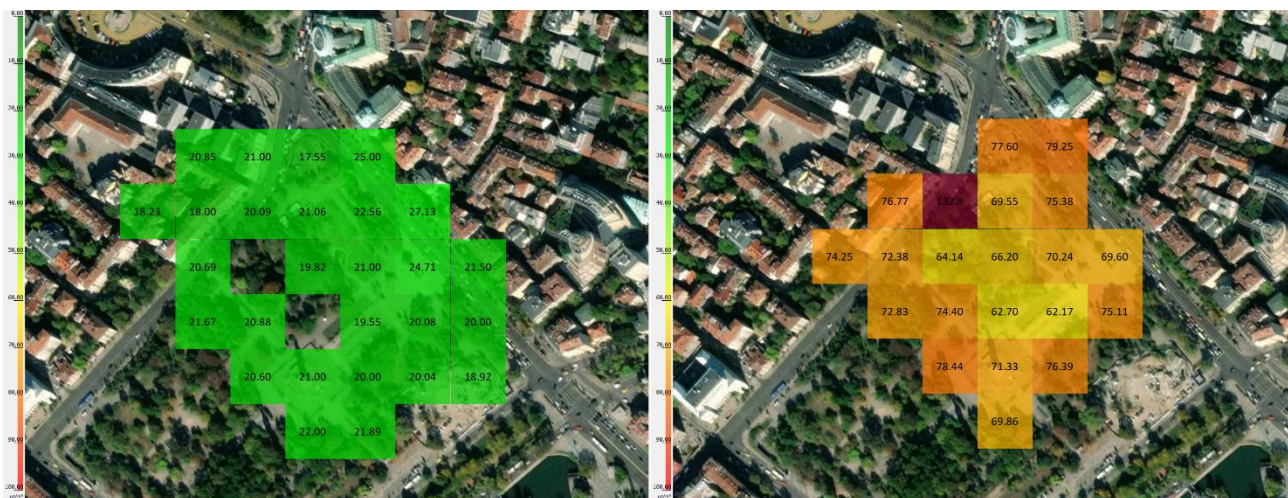


Фиг. 243. Стойности на ФПЧ10, измерени в района на Софийски университет на 16.02.2023 г.

(Източник: НУЦГИТ) (ляво)

Фиг. 245. Стойности на ФПЧ10, измерени в района на Софийски университет на 07.04.2023 г.

(Източник: НУЦГИТ) (дясно)



Фиг. 247. Стойности на ФПЧ10, измерени в района на Софийски университет на 15.08.2023 г.

(Източник: НУЦГИТ) (дясно)

Фиг. 249. Стойности на ФПЧ10, измерени в района на Софийски университет на 21.11.2023 г.

(Източник: НУЦГИТ) (дясно)

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Замърсяването на атмосферния въздух е един от основните глобални проблеми с изключително голям мащаб, който изисква вземането на широкообхватни мерки. Изграждането

на мрежа от сензори, която да следи за замърсяването на въздуха и локализирането на замърсените територии е една от основните мерки, които страните в международен план трябва да предприемат. По този начин ще се осигурява точна и навременна информация, според която на местно, регионално, национално и международно ниво могат да бъдат предприети конкретни мерки за справяне със ситуацията. Проблемът с качеството на въздуха в много голяма степен е географски предопределен. Специално за София това е проблем, който частично се дължи на естествената география, предвид факта, че столицата е разположена в котловина.

Към момента на територията на страна функционират официалните сензори на ИАОС, сензорите по проекта AirThings към Столична община, отчитащи данни за качеството на атмосферния въздух. Неравномерното покритие на сензорите към ИАОС по територията на страната, в това число и столицата, а също и динамичните и непостоянни данни от сензорите към AirThings, правят анализирането на КАВ изключително трудно. Според Столична община „данните от сензорите по проекта AirThings са индикативни и поради спецификата на използваните технологии в сензорните станции, при определени условия, е възможно отклонение в измерените показатели.“ От друга страна ограниченият брой на автоматичните измервателни станции на Агенцията, възпрепятства осъществяването на детайлни анализи и проучвания, тъй като въпреки малкият брой сензори, които са поставени, някои от тях не отчитат и не събират данни за част от изследваните замърсители на въздуха. Сензорите, които ИАОС предоставя се считат за достоверна информация на качеството на атмосферния въздух, но се поражда необходимост от изграждането на значителен брой нови устройства, които да покриват територията не само на столицата, но и на цялата страна, това от своя страна би довело до по-адекватни, успешни и детайлни анализи и проучвания на този проблем, а именно – замърсяването на атмосферния въздух. Според експерти от Софияплан („Визия за София“, 2018) е налице необходимост от по-детайлна информация, за осъществяване на по-добре обосновани анализи, чрез които да се предприемат ефективни мерки, подобряващи състоянието на въздуха в града. Един от най-големите недостатъци на данните е липсата на пространствено измерение, което да позволи различни територии в града да се обвържат с различни видове замърсители, както и степени на замърсяване. Въпреки, че наличните данни могат да бъдат полезни за предприемане на адекватни мерки от една страна, но от друга липсата на конкретна информация може да намали ефективността на мерките или да доведе до неуспех. Според тях отсъствието на данни свързани с битовото отопление и транспорта в рамките на общината, а именно данни за реалното състояние

на автомобилите по време на годишните технически прегледи, състояние на двигателя, наличие на филтри за твърди частици и катализатори и други, а също и модел на трафика в София по месеци, дни и часове, вид на автомобила и др. много трудно би се осъществило предприемането на ефективни мерки за намаляване замърсяването от транспорта. От друга страна без наличието на данни за жилищата и видът гориво, на които се отопляват е много трудно да се предвидят мерки за намаляване емисиите от битовото отопление. Нерегламентираното изгаряне на отпадъци е един от източниците на замърсяване, за който липсват адекватни данни.

Функциониращата от 2017 година в страна AirTube платформа също осигурява данни за качеството на въздуха, но те не са официални, не отговарят на нормативната уредба и не могат да се считат за напълно достоверни. Това от своя страна прави използването им трудно и на практика почти непримено, въпреки големия набор от оперативна информация, която представят. Качеството на въздуха може да бъде измерено правилно само чрез мрежа от сензори, които осигуряват адекватно покритие.

Във връзка с битовото отопление и транспортът в столицата без данни за реалното състояние на автомобилите по време на годишните технически прегледи – наличие на катализатори и филтри за твърди частици, състояние на двигател и др.; модел на трафика в София по месеци, дни и часове; вид автомобили по кварталите и други, няма как да се предприемат най-ефективните мерки за намаляване на замърсяването от транспорта. Съответно без данни за жилищата, които се отопляват на твърди и течни горива; качеството на горивата; пространственото разпределение на всички видове източници на отопление по квартали и др. няма как да се предвидят най-ефективните мерки за намаляване на емисиите от битовото отопление. Без данни за останалите източници на замърсяване, които най-често биват пренебрегнати, също няма как да се установи реалното замърсяване от транспорт и битово отопление. Нерегламентираното изгаряне на отпадъци е източник на замърсяване, за който се знае изключително малко.

Погледнато по-мащабно качеството на атмосферния въздух за София се е подобрило значително, и продължава да се подобрява през последните десет и повече години. При сравнения на показателите от преди 10 и повече години ясно се наблюдава около 30-40% понижение на нормите, което показва положителна тенденция. Въпреки това за общината е необходимо да се предприемат все повече „зелени“ мерки, които да продължат позитивната тенденция от последните години. Проблемът с въздуха в София изисква както осигуряване на финансово

ефективни мерки, така и намиране на бързи решения за справянето с него. Съжителствайки в този град е необходимо да осъзнаем, че решенията, които взимаме всеки ден имат влияние върху всички, включително и върху самите нас.

ПРИНОСИ:

1. За целите на научния труд е осъществен задълбочен анализ и преглед на нормативната база, регламентираща процесите за мониторинг на качеството на атмосферния въздух. Разгледани са по-значимите директиви на Европейския съюз, закони, наредби, стратегии и програми, без които не би било възможно установяването на определени норми и рамки за КАВ.
2. Създадена е специализирана ГИС база данни, за целите, на която са използвани два основни източника: Изпълнителна агенция по околна среда и проект на Столична община „AirThings“. Данните са подробно разгледани и анализирани за целите на изследването.
3. Осъществен е подробен геопространствен анализ на двата налични източника: ИАОС и проектът „AirThings“ и по-точно на показателите, които те изследват, а именно – бензен, озон, азотен диоксид, ФПЧ_{2,5} и ФПЧ₁₀. Анализът е осъществен с помощта на създадената ГИС база данни.
4. На база на създадената ГИС база данни е осъществен и сравнителен анализ между двата налични източника. За тази цел данните от проекта на Столична община бяха приравнени по тримесечия подобно на тримесечията на ИАОС.
5. За целите на научния труд са проучени и представени и други потенциални източници на информация, които биха могли да се използват за изследване състоянието на въздуха в града и страната.

Списък на публикациите, свързани с темата на дисертационния труд

1. Stefanova, M., Analysis of concentration of PM10 on the territory of the city of Sofia for the period 2015-2020, Bulgarian Journal of Agricultural Science, Vol. 16, Issue 41, 2024.
2. Stefanova, M., Geospatial analysis of the state of the PM10 indicator for the city of Sofia, Bulgarian Journal of Agricultural Science, Vol. 16, Issue 41, 2024.

Използвана литература:

1. Справочник за Европейския съюз – 2024, „Замърсяване на въздуха и шумово замърсяване“, www.europarl.europa.eu/factsheets/bg
2. Alalola, Seham & Alkadi, Ibtisam & Alogayell, Haya & Mohammed, Soha Ahmed & Ismail, Ismail. (2022). Air quality estimation using remote sensing and GIS-spatial technologies along Al-Shamal train pathway, Al-Qurayyat City in Saudi Arabia. *Environmental and Sustainability Indicators*. 15. 100184. 10.1016/j.indic.2022.100184.
3. Amparo Moragues, Teresa Alcaide, The use of a geographical information system to assess the effect of traffic pollution, *Science of The Total Environment*, Volumes 189–190, 1996, Pages 267-273, ISSN 0048-9697, [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(96\)05218-7](https://doi.org/10.1016/0048-9697(96)05218-7) , <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048969796052187>
4. Awkash Kumar, Indrani Gupta, Jørgen Brandt, Rakesh Kumar, Anil Kumar Dikshit & Rashmi S. Patil (2016) Air quality mapping using GIS and economic evaluation of health impact for Mumbai City, India, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 66:5, 470-481, DOI: 10.1080/10962247.2016.1143887
5. Badach, Joanna & Voordeckers, Dimitri & Nyka, Lucyna & Van Acker, Maarten. (2020). A framework for Air Quality Management Zones - Useful GIS-based tool for urban planning: Case studies in Antwerp and Gdańsk. *Building and Environment*. 174. 106743. 10.1016/j.buildenv.2020.106743.
6. Banja, Manjola & Çomo, Elvin & Myrtaj, Bledar & Zotaj, Albana. MAPPING AIR POLLUTION IN URBAN TIRANA AREA USING GIS.
7. Beelen, Rob & Hoek, Gerard & Fischer, Paul & Brandt, Piet & Brunekreef, Bert. (2007). Estimated long-term outdoor air pollution concentrations in a cohort study. *Atmospheric Environment - ATMOS ENVIRON*. 41. 1343-1358. 10.1016/j.atmosenv.2006.10.020.
8. Bert Brunekreef, Stephen T Holgate, Air pollution and health, *The Lancet*, Volume 360, Issue 9341, 2002, Pages 1233-1242, ISSN 0140-6736, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)11274-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)11274-8), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673602112748>)
9. Briggs, D.J., 1992, Mapping environmental exposure. In: *Geographical and Environmental Epidemiology: Methods for Small-area Studies*, edited by P.Elliott, J.Cuzick, D.English, and R.Stern. (Oxford: Oxford University Press) pp. 158

10. Burrough, P. A., 1986, Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Monographs on soil and resources survey, no. 12 (Oxford: Clarendon Press).
11. Campbell, Heather, and Ian Masser. "GIS in local government: some findings from Great Britain." *International Journal of Geographical Information Science* 6.6 (1992): 529-546.
12. Danijel Rebolj, Peter J Sturm, A GIS based component-oriented integrated system for estimation, visualization and analysis of road traffic air pollution, *Environmental Modelling & Software*, Volume 14, Issue 6, 1999, Pages 531-539, ISSN 1364-8152, [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(99\)00017-1](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(99)00017-1), (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815299000171>)
13. David J. Briggs, Susan Collins, Paul Elliot , Paul Fisher , Simon Kingham , Erik Lebert , Karel Pryl, Hans Van Reeuwijk, Kirsty Smallbone & Andre Van Der Veen (1997) Mapping urban air pollution using GIS: a regression-based approach, *International Journal of Geographical Information Science*, 11:7, 699-718, DOI: 10.1080/136588197242158
14. Del Campo, Ainhoa Gonzales, "GIS in environmental assessment: A review of current issues and future needs" *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, vol. 14, no. 1, 2012, pp. 1–23. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/enviassepolimana.14.1.09>.
15. Fábio Hech Dominski, Joaquim Henrique Lorenzetti Branco, Giorgio Buonanno, Luca Stabile, Manuel Gameiro da Silva, Alexandro Andrade, Effects of air pollution on health: A mapping review of systematic reviews and meta-analyses, *Environmental Research*, Volume 201, 2021, 111487, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111487>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121007817>)
16. G. Gualtieri, M. Tartaglia, Predicting urban traffic air pollution: A gis framework, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Volume 3, Issue 5, 1998, Pages 329-336, ISSN 1361-9209, [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(98\)00011-X](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(98)00011-X) (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136192099800011X>)
17. Goodchild, M. F., and P. A. Longley. "The future of GIS and spatial analysis." *Geographical information systems* 1 (1999): 567-580.
18. Gualtieri, Giovanni & Tartaglia, Mario. (1997). A GIS-Based Model for Predicting Air Pollution from Urban Traffic. *IFAC Proceedings Volumes*. 30. 995-1000. 10.1016/S1474-6670(17)43950-4.
19. Huisman, O., & de By, R. A. (2009). Principles of geographic information systems. *ITC Educational Textbook Series*, 1, 17.

20. Huisman, O.; Rolf, A, Principles of Geographic Information Systemsq, (ITC Educational Textbook Series; 1), 2009, Fourth Edition
21. Incecik, Selahattin & Mannaerts, C.M. & Brussel, Mark. (2000). Analysis and mapping of air pollution using a GIS approach: A case study of Istanbul. *Advances in Air Pollution*. 8. 431-440.
22. K, SAHLATHASNEEM & Deswal, Surinder. (2023). A Comprehensive Review of Noise Measurement, Standards, Assessment, Geospatial Mapping and Public Health. *Ecological Questions*. 34. 1-26. 10.12775/EQ.2023.035.
23. Kumar, Awkash & Gupta, Indrani & Brandt, Jørgen & Kumar, Rakesh & Dikshit, A. & Patil, Rashmi. (2016). Air quality mapping using GIS and economic evaluation of health impact for Mumbai City, India. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 66. 10.1080/10962247.2016.1143887.
24. Kyle P. Messier, Sarah E. Chambliss, Shahzad Gani, Ramon Alvarez, Michael Brauer, Jonathan J. Choi, Steven P. Hamburg, Jules Kerckhoffs, Brian LaFranchi, Melissa M. Lunden, Julian D. Marshall, Christopher J. Portier, Ananya Roy, Adam A. Szpiro, Roel C. H. Vermeulen, and Joshua S. Apte, *Environmental Science & Technology* 2018 52 (21), 12563-12572, DOI: 10.1021/acs.est.8b03395, Mapping Air Pollution with Google Street View Cars: Efficient Approaches with Mobile Monitoring and Land Use Regression
25. Lin, M. D., & Lin, Y. C. (2002). The application of GIS to airquality analysis in taichung city, Taiwan. *Environmental Modeling and Software*, 17(1), 11–19.
26. McDonnell, R., & Kemp, K. K. (1995). *International GIS dictionary*. John Wiley & Sons.
27. **Min-Der Lin, Yung-Chang Lin**, The application of GIS to air quality analysis in Taichung City, Taiwan, ROC, *Environmental Modelling & Software*, Volume 17, Issue 1, 2002, Pages 11-19, ISSN 1364-8152, [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00048-2](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00048-2).
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815201000482>)
28. Mohanad El-Harbawi. “Air Quality Modelling, Simulation, and Computational Methods: A Review.” *Environmental Reviews*, vol. 21, no. 3, 2013, pp. 149–79. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/envirevi.21.3.149>.
29. Moradi Dashtpagerdi, M., & Ghonchepour, D. (2012). GIS and RS Application in the Qualitative Evaluation of Atmosphere(Case Study: Chaharmahal Va Bakhtiari), 1(4): e-ISSN:2163-114X.

30. Moradi Dashtpajardi, M., & Moradi, S. (2013). Zoning of Air NO₂ using Geostatistical methods in Chaharmahal va Bakhtiari Province, Iran. *Resources and Environment J. Scientific & Academic Publishing USA*. e-ISSN: 2163–2634.
31. Moradi Dashtpajardi, M., Sadatinejad, S.J., Zare Bidaki, R. et al. Evaluation of Air Pollution Trend Using GIS and RS Applications in South West of Iran. *J Indian Soc Remote Sens* 42, 179–186 (2014). <https://doi.org/10.1007/s12524-013-0288-x>
32. Moradi Dashtpajardi, Mostafa & Sadatinejad, Seyed & Zare Bidaki, Rafat & Khorsandi, Ehsan. (2014). Evaluation of Air Pollution Trend Using GIS and RS Applications in South West of Iran. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 42. 10.1007/s12524-013-0288-x.
33. NASA, Air Properties Definitions, <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/airprop.html>
34. Ohliger T., Замърсяване на въздуха и шумово замърсяване - Справочник за Европейския съюз – 2024, https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/bg/FTU_2.5.5.pdf
35. Orru H. & Ebi K. L. & Forsberg B., The Interplay of Climate Change and Air Pollution on Health, *Curr Envir Health Rpt*, october 2017;
36. Philip J Landrigan, Air pollution and health, *The Lancet Public Health*, Volume 2, Issue 1, 2017, Pages e4-e5, ISSN 2468-2667, [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(16\)30023-8](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(16)30023-8). (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468266716300238>)
37. Prabakaran, S. Manonmani, R. Ramalingam, M. & Subramani, T. (2011). GeoStatistical modeling for groundwater pollution in Salem, tamilnadu- A GIS based approach. *In-ternational Journal of Engineering Science and Technolo-gy (IJEST)*, 1273–1278. ISSN: 0975–5462
38. Rodriguez-Bachiller, Agustin, “GIS and expert systems for impact assessment: Part I: GIS”, *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, vol. 2, no. 3, 2000, pp. 369–414. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/enviasssepolimana.2.3.369>.
39. Rohde RA, Muller RA (2015) Air Pollution in China: Mapping of Concentrations and Sources. *PLOS ONE* 10(8): e0135749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135749>
40. Saharan, Shubham & Deswal, Surinder & Pal, Mahesh. (2023). Air Quality Mapping and Urban Planning for Sustainable Urban Ecology: A Case Study of Chandigarh, India. *Ecological Questions*. 35. 1-15. 10.12775/EQ.2024.020.
41. Salman, Abeer & Al-Tayib, Manahil & hag elsafi, Sulafa & Zaidi, Faisal & Al-Duwarij, Nada. (2021). Spatiotemporal Assessment of Air Quality and Heat Island Effect Due to Industrial Activities

- and Urbanization in Southern Riyadh, Saudi Arabia. *Applied Sciences*. 11. 2107. 10.3390/app11052107.
42. Sarafova, Eugenia & St, Su & Sofia, Kliment & Petrova, Mihaela. (2020). Improving public awareness of the concentration of PM through open in-situ and satellite data.
 43. Shad, R., Ashoori, H., & Afshari, N. (2008). Evaluation of optimum methods for predicting pollution concentration in GIS Environment, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XXXVII, part B2. Beijing
 44. Shujun, S. (2008). A GIS-based approach to spatio-temporal analysis of urban air quality in Chengde plain, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XXXVII, part B7. Beijing
 45. Sohrabinia, M., & Khorshiddoust, A. M. (2007). Application of satellite data and GIS in studying air pollutants in Tehran. *Habitat International*, 31(2), 268–275
 46. Subrata Chattopadhyay, Srimanta Gupta, Raj Narayan Saha (2010), Department of Environmental Science, The University of Burdwan, Burdwan, India; Department of Chemistry, National Institute of Technology, Durgapur, India, Spatial and Temporal Variation of Urban Air Quality: A GIS Approach
 47. **UN Environment Programme**, 2022г., „How is air quality measured?“, <https://www.unep.org/news-and-stories/story/how-air-quality-measured>
 48. UNEP - Pollution Action Note – Data you need to know, 7 Sept 2021, <https://www.unep.org/interactives/air-pollution-note/>
 49. Wang, Zhihao & Chen, Peng & Wang, Rong & An, Zhiyuan & Qiu, Liangcai. (2022). Estimation of PM_{2.5} concentrations with high spatiotemporal resolution in Beijing using the ERA5 dataset and machine learning models. *Advances in Space Research*. 71. 10.1016/j.asr.2022.12.016.
 50. Wartenberg, D., 1993, Some epidemiologic applications of kriging. In *Geostatistics Troia '92*. Vol. 2. (A. Soares, ed.) (New York: Kluwer), Quantitative Geology and Statistics, 5, pp. 911-922.
 51. **World Health Organization**, 2023г., Air pollution, https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
 52. Zhongshan Yang, Jian Wang, A new air quality monitoring and early warning system: Air quality assessment and air pollutant concentration prediction, *Environmental Research*, Volume 158, 2017, Pages 105-117.

53. Zou, Bin & Wilson, J. & Zhan, F. & Zeng, Yongnian & Wu, Kongjiang. (2011). Spatial-temporal variations in regional ambient sulfur dioxide concentration and source-contribution analysis: A dispersion modeling approach. Atmospheric Environment - ATMOS ENVIRON. 45. 4977-4985. 10.1016/j.atmosenv.2011.05.073.
54. Анализ на Закон за чистотата на атмосферния въздух, <https://pravo.dokumentite.com/art/analiz-na-zakon-za-chistotata-na-atmosferniq-vyzduh/83220>
55. Димитров, Д., 2022 г. „Ограничаване и намаляване на замърсяването на атмосферни въздух. Общ контекст. Постигания в борбата със замърсяването на въздуха“., <https://obuch.info/ogranichavane-i-namalyavane-na-zamrsyavaneto-na-atmosfernie-vz.html?page=4>
56. Директива (ЕС) 2015/1480 на Комисията от 28 август 2015 година за изменение на няколко приложения към Директива 2004/107/ЕО и Директива 2008/50/ЕО на Европейския парламент и на Съвета, в които са определени правила относно референтните методи, валидирането на данни и местоположението на точките за вземане на проби при оценяване на качеството на атмосферния въздух, ОJ L 226, 29.8.2015, р. 4–11, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX%3A32015L1480>
57. Директива (ЕС) 2015/2193 на Европейския парламент и на Съвета от 25 ноември 2015 година за ограничаване на емисиите във въздуха на определени замърсители, изпускани от средни горивни инсталации, ОВ L 313, 28.11.2015г., стр. 1—19, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/bg/ALL/?uri=CELEX%3A32015L2193>
58. Директива (ЕС) 2016/2284 на Европейския парламент и на Съвета от 14 декември 2016 година за намаляване на националните емисии на някои атмосферни замърсители, за изменение на Директива 2003/35/ЕО и за отмяна на Директива 2001/81/ЕО, ОВ L 344, 17.12.2016г., стр. 1—31, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284>
59. Директива 1999/13/ЕО на Съвета от 11 март 1999 година за ограничаване на емисиите на летливи органични съединения, дължащи се на употребата на органични разтворители в определени дейности и инсталации, (ОВ L 85, 29.3.1999 г., стр. 1), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/ALL/?uri=CELEX%3A31999L0013>
60. Директива 1999/30/ЕО на Съвета от 22 април 1999 година относно пределно допустимите стойности за серен двуоксид, азотен двуоксид и азотни оксиди, прахови частици и олово в

околния въздух, ОВ L 163, 29.6.1999г., стр. 41—60, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX%3A31999L0030>

61. Директива 1999/32/ЕО на Съвета от 26 април 1999 година относно намаляването на съдържанието на сяра в определени течни горива и за изменение на Директива 93/12/ЕИО, ОВ L 121, 11.5.1999г., стр. 13—18, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/ALL/?uri=CELEX%3A31999L0032>
62. Директива 2001/80/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 23 октомври 2001 година за ограничаване на емисиите на определени замърсители във въздуха, изпускани от големи горивни инсталации, ОВ L 309, 27.11.2001г., стр. 1—21, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX%3A32001L0080>
63. Директива 2001/81/ЕО НА ЕП и на Съвета от 23 октомври 2001 година относно националните тавани за емисии на някои атмосферни замърсители (ОВ L 309, 27.11.2001 г., стр. 22), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=celex%3A32001L0081>
64. Директива 2002/3/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 12 февруари 2002 година относно озона в атмосферния въздух, ОВ L 67, 9.3.2002г., стр. 14—30, https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/filebase/Air/Direktivi/Dir_2002_3.pdf
65. Директива 2004/107/ЕО на Европейския Парламент и на Съвета от 15 декември 2004 година относно съдържанието на арсен, кадмий, никел и полициклични ароматни въглеводороди в атмосферния въздух, ОJ L 23, 26.1.2005, р. 3—16, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX%3A32004L0107>
66. Директива 2004/42/ЕО на Европейския Парламент и на Съвета от 21 април 2004 година относно намаляването на емисиите от летливи органични съединения, които се дължат на използването на органични разтворители в някои лакове и бои и в продукти за преобоядисване на превозните средства и за изменение на Директива 1999/13/ЕО, ОВ L 143, 30.4.2004г., стр. 87—96, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/bg/TXT/?uri=CELEX:32004L0042>
67. Директива 2008/50/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 21 май 2008 година относно качеството на атмосферния въздух и за по-чист въздух за Европа, ОJ L 152, 11.6.2008, р. 1—44, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050>
68. Директива 2008/50/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 21 май 2008 година относно качеството на атмосферния въздух и за по-чист въздух за Европа, ОВ L 152, 11.6.2008г., стр. 1—44, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050>

69. Директива 2009/126/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 21 октомври 2009 година относно Етап II на улавянето на бензиновите пари при зареждането на моторни превозни средства на бензиностанции, ОВ L 285, 31.10.2009г., стр. 36—39, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009L0126>
70. Директива 2010/75/ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 24 ноември 2010 година относно емисиите от промишлеността (комплексно предотвратяване и контрол на замърсяването), ОВ L 334, 17.12.2010г., стр. 17—119, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=celex%3A32010L0075>
71. Директива 2010/79/ЕС на Комисията от 19 ноември 2010 година за привеждане в съответствие с техническия прогрес на приложение III към Директива 2004/42/ЕО на Европейския парламент и на Съвета относно намаляването на емисиите на летливи органични съединения, ОВ L 304, 20.11.2010г., стр. 18—19, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX:32010L0079>
72. Директива 2014/99/ЕС на Комисията от 21 октомври 2014 година за изменение, с цел привеждане в съответствие с техническия прогрес, на Директива 2009/126/ЕО относно Етап II на улавянето на бензиновите пари при зареждането на моторни превозни средства на бензиностанции, ОВ L 304, 23.10.2014г., стр. 89—90, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/bg/TXT/?uri=CELEX:32014L0099>
73. Директива 94/63/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 20 декември 1994 година относно ограничаването на емисиите на летливи органични съединения (ЛОС), изпускани при съхранението и превоза на бензини от терминали до бензиностанции, ОВ L 365, 31.12.1994г., стр. 24—33, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/ALL/?uri=celex:31994L0063>
74. Директива 96/62/ЕО на Съвета от 27 септември 1996 година относно оценката и управлението на качеството на околния въздух, ОВ L 296, 21.11.1996 г., стр. 55, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1996/62/2003-11-20/bul/pdf>
75. Директива 98/70/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 13 октомври 1998 година относно качеството на бензиновите и дизеловите горива и за изменение на Директива 93/12/ЕИО на Съвета, ОВ L 350, 28.12.1998г., стр. 58—68, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/ALL/?uri=CELEX%3A31998L0070>
76. Закон за опазване на околната среда, <https://environmentyou.eu-plovdiv.bg/project/4-%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B0-%D0%BD%D0%B0->

[%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%BE-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D0%B5/](#)

77. Закон за опазване на околната среда, Обн. ДВ. бр.91 от 25 Септември 2002г., https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/filebase/Nature/Legislation/Zakoni/ZOOS_rev2018.pdf
78. Закон за чистотата на атмосферния въздух, https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/Air_new/ZAKON_ZChAV_08_06_2023.pdf
79. Как се измерва качеството на въздуха? Какви инструменти са налични?, <https://breathelife2030.org/bg/news/air-quality-measured/>
80. Какво знаем за въздуха, печките и колите на София? Софияплан, „Визия за София“, Доклад 2018 г. , https://vizia.sofia.bg/2018/10/30/air_cars_heating/
81. Комплексна програма за подобряване качеството на атмосферния въздух на територията на Столична община за периода 2021-2026 г., София, Февруари 2021 г. , <https://air.sofia.bg/media/Documents/Programme.pdf>
82. Министерство на здравеопазването, Оценка на влиянието на контролираните атмосферни замърсители върху човешкото здраве – Фини прахови частици, <https://eea.government.bg/bg/output/daily/pollutants/pm.html>
83. Министерство на здравеопазването, Оценка на влиянието на контролираните атмосферни замърсители върху човешкото здраве – озон, <https://eea.government.bg/bg/output/daily/pollutants/ozone.html>
84. Министерство на здравеопазването, Оценка на влиянието на контролираните атмосферни замърсители върху човешкото здраве – Серен диоксид, <https://eea.government.bg/bg/output/daily/pollutants/s2o.html>
85. Министерство на здравеопазването, Оценка на влиянието на контролираните атмосферни замърсители върху човешкото здраве – азотен диоксид, <https://eea.government.bg/bg/output/daily/pollutants/n2o.html>

86. Министерство на здравеопазването, Оценка на влиянието на контролираните атмосферни замърсители върху човешкото здраве – въглероден оксид, <https://eea.government.bg/bg/output/daily/pollutants/co.html>
87. Министерство на здравеопазването, Оценка на влиянието на контролираните атмосферни замърсители върху човешкото здраве – Бензен, <https://eea.government.bg/bg/output/daily/pollutants/be.html>
88. Министерство на здравеопазването, Оценка на влиянието на контролираните атмосферни замърсители върху човешкото здраве – Олово, <https://eea.government.bg/bg/output/daily/pollutants/pb.html>
89. Министерство на здравеопазването, Оценка на влиянието на контролираните атмосферни замърсители върху човешкото здраве – Кадмий, <https://eea.government.bg/bg/output/daily/pollutants/ca.html>
90. Наредба № 1 от 27.06.2005 г. за норми за допустими емисии на вредни вещества (замърсители), изпускани в атмосферата от обекти и дейности с неподвижни източници на емисии, http://www.eea.government.bg/bg/legislation/air/NAREDBA_1_GGI_IP_ot_27062005.rtf
91. Наредба № 10 от 6 октомври 2003 г. за норми за допустими емисии /концентрации в отпадъчни газове на серен диоксид, азотни оксиди и общ прах, изпускани в атмосферния въздух от големи горивни инсталации/; https://eea.government.bg/bg/legislation/air/Naredba%2010_GGI.doc
92. Наредба № 11 от 14 май 2007 Г. за норми на арсен, кадмий, никел и полициклични ароматни въглеводороди в атмосферния въздух; http://www.eea.government.bg/bg/legislation/air/Naredba11_21.pdf
93. Наредба № 12 от 15 юли 2010 Г. за норми за серен диоксид, азотен диоксид, фини прахови частици, олово, бензен, въглероден оксид и озон в атмосферния въздух, Обн. ДВ. бр.58 от 30 Юли 2010г. http://www.eea.government.bg/bg/legislation/air/Naredba12_21.pdf
94. Наредба № 14 от 23.09.1997 г. за норми за пределно допустимите концентрации на вредни вещества в атмосферния въздух на населените места, в сила от 1.01.2008 г. <http://www.eea.government.bg/bg/legislation/air/10Naredba14.pdf>

95. Наредба № 16 от 12 август 1999 г. за ограничаване емисиите на летливи органични съединения при съхранение, товарене или разтоварване и превоз на бензини.
http://www.eea.government.bg/bg/legislation/air/naredba16_21.pdf
96. Наредба № 6 от 26.03.1999 г. за реда и начина за измерване на емисиите на вредни вещества, изпускани в атмосферния въздух от обекти с неподвижни източници.,
http://www.eea.government.bg/bg/legislation/air/Naredba6_26.03.1999.pdf
97. Наредба № 7 за оценка и управление качеството на атмосферния въздух (ДВ бр. 45/1999год., в сила от 1.01.2000 г.) , http://www.eea.government.bg/bg/legislation/air/N7_OUKAV.pdf
98. Наредба за изискванията за качеството на течните горива, условията, реда и начина за техния контрол. http://www.eea.government.bg/bg/legislation/air/naredba_techni_goriva_21.pdf
99. Наредба за изменение и допълнение на Наредба № 11 от 2007 г. за норми за арсен, кадмий, никел и полициклични ароматни въглеводороди в атмосферния въздух (ДВ, бр. 42 от 2007 г.),
https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/Air_new/KAV/Naredba_11_Arsen_Cadmium_Mercury_Nikel_PAV_atmosferen_vazduh_March_2017.doc
100. Наредба за изменение и допълнение на Наредба № 12 от 2010 г. за норми за серен диоксид, азотен диоксид, фини прахови частици, олово, бензен, въглероден оксид и озон в атмосферния въздух (ДВ, бр. 58 от 2010 г.) ,
https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/Air_new/KAV/Naredba_12_nova_Izm_20191008.docx
101. Наредба за норми за допустими емисии на серен диоксид, азотни оксиди и прах, изпускани в атмосферата от големи горивни инсталации;
https://eea.government.bg/bg/legislation/air/Naredba_golemi_gorivni_instalacii.pdf
102. Наредба за ограничаване на емисиите на определени замърсители, изпускани в атмосферата от средни горивни инсталации., <https://lex.bg/en/laws/ldoc/2137186016>
103. Национален университетски център „Геопространствени изследвания и технологии“
104. [Национална програма за контрол на замърсяването на въздуха, България 2020-2030 г.](#)
105. Национална програма за подобряване качеството на атмосферния въздух (2018 – 2024Г.),
https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/Air_new/Natzionalna_programa_podobriavane_KAV_2018-2024.pdf

106. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първо тримесечие на 2017 година, http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.01_2017/air/I2017.pdf
107. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2017 година, http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_04_2017/air/IVtrum_17_osn_zamursiteli.pdf
108. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първо тримесечие на 2018 година, http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.01_2018/air/osnovni_zamursiteli_iaos.pdf
109. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2018 година, http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_04_2018/air/Osnovni_zamursiteli_2018.pdf
110. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първо тримесечие на 2019 година, http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.01_2019/air/Osnovni_zamursiteli_2019.pdf
111. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през I-во тримесечие на 2013 г., <https://eea.government.bg/bg/output/threemonth/49/air/doc1.doc>
112. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второ тримесечие на 2013 год., <https://eea.government.bg/bg/output/threemonth/50/air/Air.doc>
113. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през третото тримесечие на 2013 год., <https://eea.government.bg/bg/output/threemonth/51/air/air.pdf>
114. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2013 год., <https://eea.government.bg/bg/output/threemonth/52/air/Air.doc>
115. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първото тримесечие на 2014 год., <https://eea.government.bg/bg/output/threemonth/53/air/air.pdf>
116. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второто тримесечие на 2014 год., <https://eea.government.bg/bg/output/threemonth/54/air/air.pdf>

117. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през третото тримесечие на 2014 год., <https://eea.government.bg/bg/output/threemonth/55/air/air.pdf>
118. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2014 год., <https://eea.government.bg/bg/output/threemonth/56/air/air.pdf>
119. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първото тримесечие на 2015 год., http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_01/air/niva_osnovni_zamursiteli.pdf
120. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второ тримесечие на 2015 год., http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_02/niva_osnovni_zamursiteli.pdf
121. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през трето тримесечие на 2015 год., http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_01/air/niva_osn_zamursiteli.pdf
122. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2015 год., http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_04/air/osn_zamursiteli.pdf
123. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първото тримесечие на 2016 год., http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_01/air/osnovni_zamursiteli_16.pdf
124. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второ тримесечие на 2016 год., http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_02_2016/air/IItrimosnovni_zamursiteli.pdf
125. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през трето тримесечие на 2016 год., http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_03_2016/air/osnovni_pokazateli.pdf
126. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2016 год., http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_04_2016/air/Osn_zamursiteli_IV2016.doc

127. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второто тримесечие на 2017 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.02_2017/air/osn_zamur_2_17.pdf
128. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през трето тримесечие на 2017 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_03_2017/air/osnovni_zamursiteli_3_17.pdf
129. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второто тримесечие на 2018 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.02_2018/air/IIro_Trim_2018.pdf
130. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през трето тримесечие на 2018 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_03_2018/air/IIIto_osnovni_zamursiteli_18.pdf
131. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второто тримесечие на 2019 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.02_2019/air/osnovni_zamursiteli_19.pdf
132. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през трето тримесечие на 2019 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_03_2019/air/osnovni_zamursiteli_3to.pdf
133. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2019 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_04_2019/air/Osnovni_pokazatwli_IV_2019.pdf
134. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първото тримесечие на 2020 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.01_2020/air/osnovni_zamursiteli_2020.pdf

135. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второто тримесечие на 2020 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.02_2019/air/osnovni_zamursiteli_2020.pdf
136. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през трето тримесечие на 2020 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_03_2020/air/3to_osnovni_pokazатели_2020.pdf
137. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2020 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_04_2020/air/osnovni_niva_20.pdf
138. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първото тримесечие на 2021 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.01_2021/air/Osnovni_pokazателиIvo_trim_2021.pdf
139. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второто тримесечие на 2021 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.02_2021/air/osnovni_zamursiteli_2021.pdf
140. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през трето тримесечие на 2021 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_03_2021/air/osnovni_niva_3to_21.pdf
141. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2021 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_04_2021/air/osn_zamursiteli4_2021.pdf
142. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първото тримесечие на 2022 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.01_2022/air/Osnovni_pokazателиIvo_trim_2022.pdf

143. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второто тримесечие на 2022 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_02_2022/air/osn_zamursiteli_2022.pdf
144. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през трето тримесечие на 2022 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_03_2022/air/treto_niva_osn_zamursiteli_2022.pdf
145. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през четвърто тримесечие на 2022 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_04_2022/air/IV_22_osnovni_zamursiteli.pdf
146. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през първото тримесечие на 2023 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.01_2023/air/listset
147. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през второто тримесечие на 2023 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth.01_2023/air/vtoro_trimesechie_2023.docx
148. Нива на основните показатели за качеството на атмосферния въздух през третото тримесечие на 2023 год.,
http://eea.government.bg/bg/dokladi/threemonth/threemonth_03_2023/KAVIIto_2023.pdf
149. Огнянов Д., 2023, Приложение на БЛС за мониторинг на качество на въздуха в градска среда на примера на София, България
150. Попов А., Географски информационни системи. Основи на геоинформационното моделиране, „АНУБИС”, 2012
151. Попов, А., Димитров С. „Приложение на ГИС в планирането и управлението на територията“, Учебно пособие, фондация „ЛОПС”, София, 2009
152. Програма за управление на качеството на атмосферния въздух на Столична община за периода 2015-2020г. – Намалване на емисиите и достигане на установените норми за фини прахови частици ФПЧ10.,

https://www.sofia.bg/documents/20121/129306/Project_Program_KAV_Sofia_2015-2020.pdf/9bf76607-900a-4fd3-ac5a-9e5526aba370

153. Проект AIRTHINGS, Столична община, 2017г., <https://www.sofia.bg/airthings>
154. Рачев Г., Климатология, 2018
155. Световна здравна организация (СЗО), 2012
156. Столична регионална здравна инспекция, Фини прахови частици; https://srzi.bg/uploads/pages/Zdravosloven_kontrol/3.Faktori_na_jiznenata_sreda/1.Atmosferen_vy_zduh/prahovi_chastici.pdf