МЕЃУНАРОДЕН СЛАВЈАНСКИ УНИВЕРЗИТЕТ

ФАКУЛТЕТ ЗА **ТЕХНИЧКИ НАУКИ ИИНФОРМАТИКА**
НАСОКА: **КОМПЈУТЕРСКИ СИСТЕМИ И МРЕЖИ**

МАГИСТЕРСКА РАБОТА

Влијание на шумски пожари врз квалитетот на воздухот и користење современи сензорски монитори за мониторинг на загадувачи во воздухот

Ментор:
Проф. Д-р. Сашо Манасов

Изработил:
Артан Агуши

Јануари, 2025
Св. Николе

СОДРЖИНА

Вовед---------- 2

1. **Разбирање на влијанието на чад од шумски пожари врз квалитетот на воздухот** ---------- 3
2. **Важноста на следење на квалитетот на воздухот во реално време за сезона на шумски пожари** ---------- 17
3. **Улогата на податоците за квалитетот на воздухот во одлучувањето и планирањето на итни случаи** ---------- 20
4. **Чад од шумски пожари: распоредување на мрежа за следење на квалитетот на воздухот во итни случаи** ---------- 23
5. **Чад од шумски пожар, јавно здравје и еколошка правда** ---------- 32
6. **Како мерењето на различни видови на загадувачи на воздухот создава по холистичка слика за загадувањето на воздухот** ---------- 44
7. **Загадување на воздухот и сообраќај: Стратегии за следење за намалување на емисии во големи градови** ---------- 56
8. **Прочистување на воздухот поради климатски промени: како заедничките придобивки од квалитетот на воздухот може да помогнат да се поттикне климатска акција** ---------- 64
9. **Реализирање практично истражување** ---------- 70

Заклучни согледувања---------- 90

Користена литература---------- 94

Вовед

Шумските пожари имаат сериозно влијание врз квалитетот на воздухот и, следствено, врз здравјето на луѓето. Додека штетата од чад од шумски пожари може да варира во зависност од неговиот состав и густина низ одредена област, истражувањата покажуваат дека тој не само што може да има краткорочна штета, туку може и кумулативно негативно влијание врз здравјето на луѓето. Сепак, со препознавање на потребата за следење на квалитетот на воздухот во реално време за собирање податоци и разбирање на изложеноста на загадување за време на шумски пожари, можеме да го заштитиме јавното здравје.

Шумските пожари како глобално прашање

Шумските пожари имаат сериозни последици како главен проблем ширум светот. Додека шумските пожари можат да предизвикаат штета на здравјето на луѓето и животната средина на различни начини, загадувањето на воздухот од чадот од шумските пожари сам по себе претставува значителен дел од трајните влијанија на шумските пожари.

На глобално ниво, чадот од шумски пожари се проценува дека предизвикува над 339.000 предвремени смртни случаи годишно - многу повеќе од оние кои ги губат своите животи директно во овие пожари.

Според истражувањето од Стенфорд универзитетот, чадот од шумски пожари не само што негативно влијае на квалитетот на воздухот за време на шумски пожари, туку и ги негира дециниските придобивки за чист воздух поради екстремни нивои на загадување на кои се изложени луѓето.

Гледаме дека шумските пожари растат во интензитет и зачестеност во последниве години како дел од нашата клима која се менува - што придонесува во сознанието дека денес, од било кога, многу е важно да ги разбереме влијанијата на чадот од шумски пожари и да работиме на ублажување на неговите негативни влијанија.



1. Разбирање на влијанието на чадот од шумски пожари врз квалитетот на воздухот

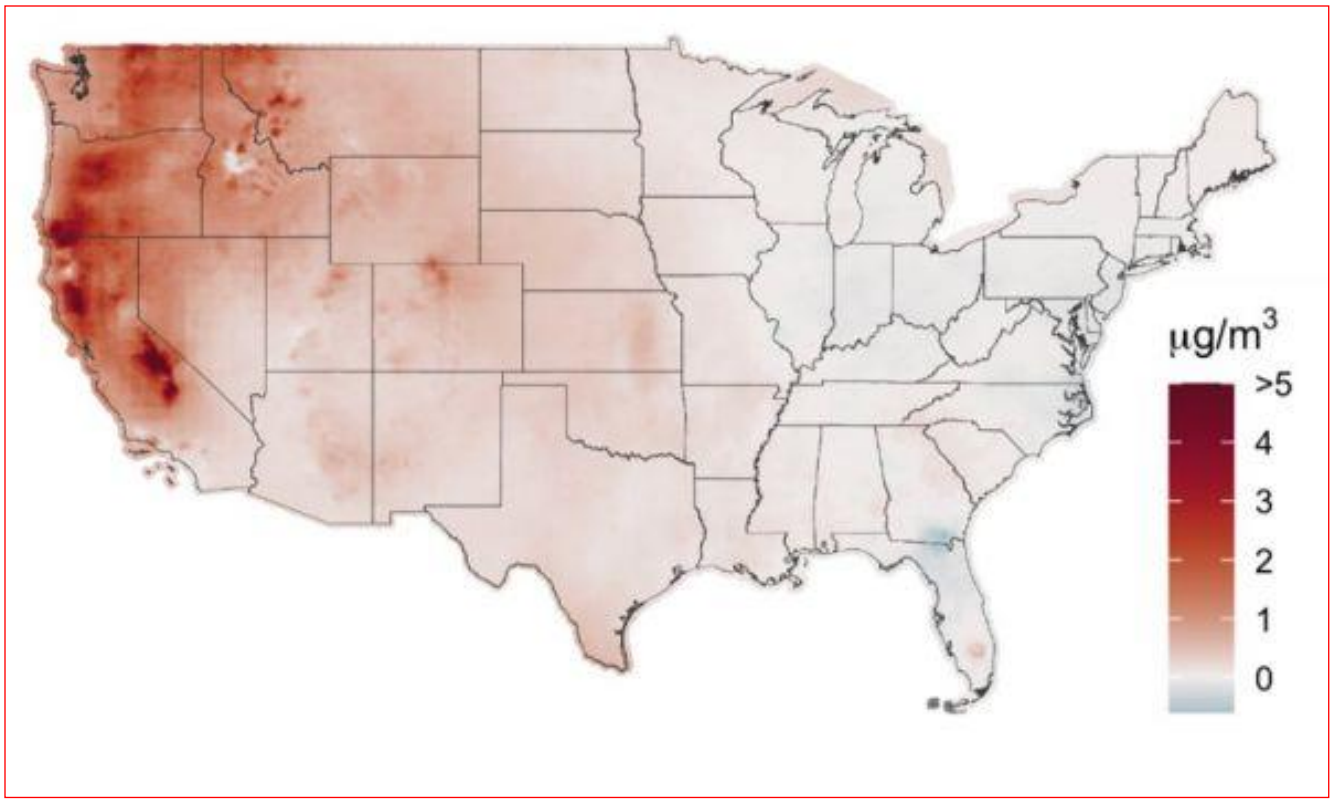
Чадот од шумски пожари значително го влошува квалитетот на воздухот околу местото каде што гори пожарот и исто така може да влијае на воздухот оддалечен стотици или илјадници километри додека чадот патува.

Во големи пожари, чадот може да се издигне многу километри во стратосферата и да се прошири низ цели региони, предизвикувајќи загадување на воздухот во области далеку од местото каде што всушност биле пламените јазици.

Истражувачите од Стенфорд универзитетот во САД развија модел на вештачка интелигенција за предвидување на загадувањето на опасните честички за да помогне да се следи брзото влошување на чад од шумски пожари на американскиот Запад. Деталните резултати покажуваат дека милиони Американци се рутински изложени на загадување на нивои што ретко се гледале пред само една деценија.

Чадот од шумски пожари сега изложува милиони Американци секоја година на опасни нивои на фини честички, кревајќи доволно саѓи низ делови на Запад во

последниве години за да се избришат голем дел од придобивките за квалитетот на воздухот направени во последните две децении.



Во текот на последната деценија, **PM2.5** честички од чад од шумски пожари се зголеми во поголемиот дел од САД, особено во западните држави, но некои области на југ и исток забележаа скромни опаѓања. Оваа карта ја покажува декадната промена на чад од **PM2.5**, што значи разлика во дневниот просечен чад на PM2.5 во текот на 2006–2010 година во споредба со 2016–2020 година. (Автор: Childs et al. 2022, Environmental Science & Technology).

Тоа се меѓу наодите од новата студија на Универзитетот Стенфорд објавена на 22 септември, 2022 година, во Environmental Science & Technology која се фокусира на еден вид загадување со честички познато како PM2.5, кое може да се смести длабоко во нашите бели дробови, па дури и да влезе во нашиот крвоток.

Користејќи статистичко моделирање и техники на вештачка интелигенција, истражувачите ги процениле концентрациите на PM2.5 конкретно од чад од шум-

ски пожари со доволно остри детали за да откријат варијации во поединечни округи и поединечни настани од чад од брег до брег од 2006 до 2020 година.

“Откривме дека луѓето се изложени на повеќе денови со чад од шумски пожар и има поекстремни денови со високи нивои на фини честички од чад. За разлика од други главни извори на загадување, чадот од шумски пожари се смета за “**исклучителен настан**“ (“**exceptional event**”) според Законот за чист воздух, што значи дека зголемениот дел од честички на кои се изложени луѓето е нерегулиран“, автор на студијата Marissa Childs, која работела на истражувањето како докторанд на Стенфорд.

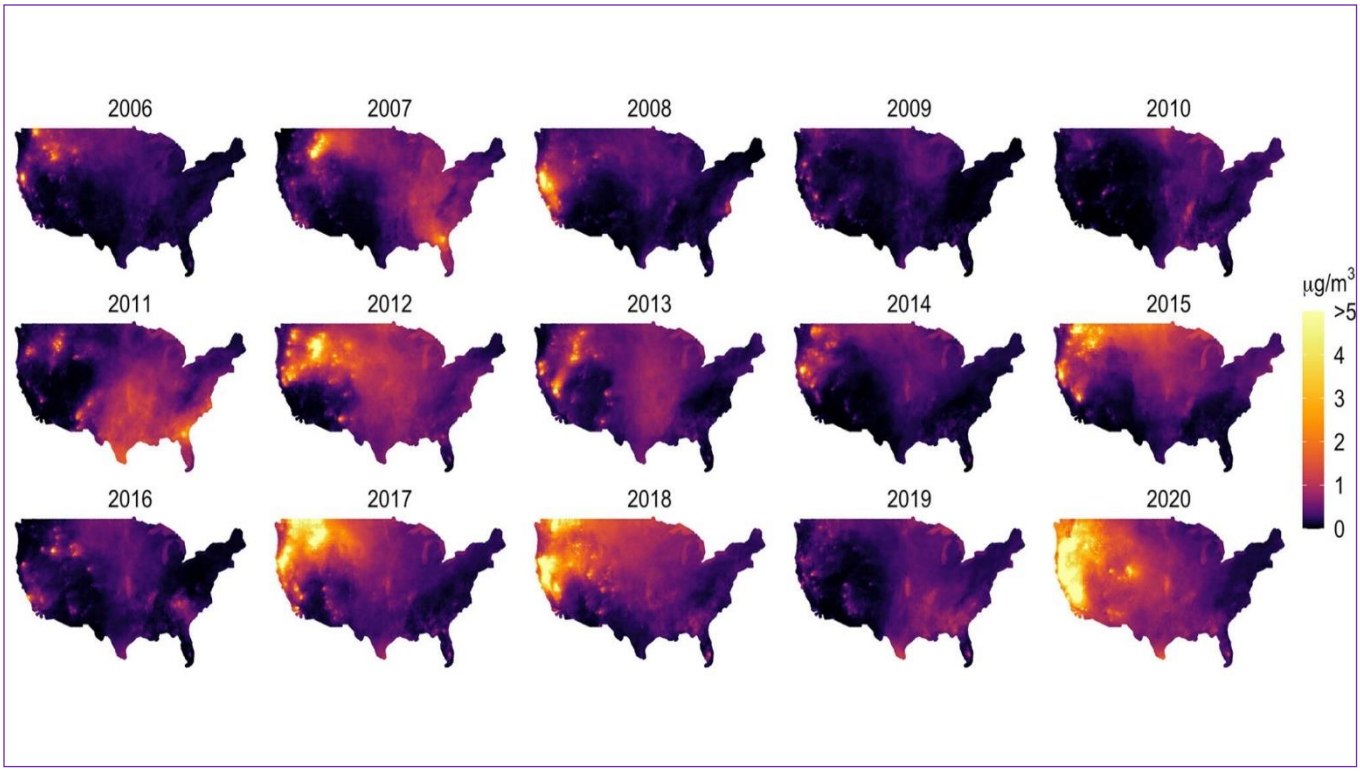
Рутинска изложеност на екстремни настани од чад

Childs и нејзините коавтори биле изненадени кога откриле колку брзо најекстремни изложувања преминале од реткост во рутина.

Додека пред една деценија помалку од половина милион луѓе живееле во области со нездрав воздух барем еден ден годишно, мерено како ден со концентрации на PM2,5 од чад од шумски пожари кои достигнувале најмалку 100 микрограми на кубен метар, тој број се искачи на над осум милиони во последниве години – зголемување за 27 пати. Тоа е многу повисоко отколку што се очекувало, а тоа е просек во повеќе последни години, особено 2020 година, кога беа многу полоши.

Бројот на луѓе изложени на најекстремни нивои на загаденост порасна уште подраматично, со 11.000 пати зголемување на број на луѓе кои доживуваат најмалку еден ден над 200 микрограми на кубен метар. Двесте микрограмски денови во основа не постоеја пред една деценија. Сега, над 1,5 милиони луѓе живеат на локации “рутински“ изложени на овие услови.

Концентрациите на PM2,5 честички од чад од шумски пожари растат најбрзо кај популациите со повисоки приходи - во западните и југозападните држави кои се најтешко погодени од шумски пожари.



Слика. Дневни просечни PM2,5 од чад по година. Секој панел покажува просечен дневен чад PM2,5 на секоја локација и секоја година, пресметан како просек во текот на сите денови во секоја мрежна ќелија во секоја година. (Автор на слика: Childs et al. 2022, Environmental Science & Technology)

1.1 Решавање на проблемот со шумските пожари

Авторите се обиделе да ги разберат влијанијата на чадот од шумските пожари врз општеството. За да се направи тоа добро, потребни се мерки на локално ниво за изложеност на чад и тие се потребни во долги временски периоди. Но, тие не постоеја.

Загадувањето од чад е особено предизвик да се измери, и затоа што е тешко да се знае кој дел од честичките се од чад и затоа што има само монитори на загадување на ограничен број локации во САД. Денес Childs е постдоктор во Центарот за животна средина на Харвард универзитетот во Бостон. Користејќи сателитски податоци, тимот од Стенфорд **обучи модел за машинско учење** за прецизно да ги предвиди концентрациите на PM2.5 од чад од шумски пожари во области кои немаат сензорски монитори (густа хиперлокална мрежа).

Резултирачките проценки може да се проверат според долготрајни мерења од федералните монитори за квалитетот на воздухот, да се испорачуваат брзо предвидувања откако ќе се обучат, лесно да се размерат до големи области и да се надмине тенденцијата на претходните модели да ги измазнуваат врвовите на екстремни настани од чад.

Заедно, овие достигнувања значат дека моделот Стенфорд може да им помогне на истражувачите подобро да ги разберат општествените влијанија од загадувањето со чад од шумски пожари, вклучително и сериозни настани од чад, кои стануваат се почести бидејќи климатските промени ја продолжуваат сезоната на шумски пожари, ја забрзуваат фреквенцијата на пожари и ги прошируваат областите со пожари. **За кои области сме најмногу загрижени**? **Кои нивои на изложеност навистина се важни и кој е најмногу повреден**? **Не можеме да одговориме на тие прашања** освен ако имаме точни мерки за тоа кој на што е изложен.

Моделот, кој истражувачите веќе го ажурираат со податоци од 2022 година, може да ги подобри и регулациите за квалитетот на воздухот и напорите за ублажување на шумските пожари. **Важно е регулаторите да разберат што предизвикува промени во квалитетот на воздухот и да размислат како би можеле да ги измениме постојните регулативи за да го земеме предвид фактот дека шумските пожари се сè поважни во одредувањето на квалитетот на воздухот**.

Кога станува збор за влијанијата врз здравјето на луѓето од шумски пожари, **знаењето е наша прва линија на одбрана**. За да ја зајакнеме својата одбрана, значајни се сознанија за влијанието на шумските пожари врз квалитетот на воздухот и, уште поважно, како можеме да обезбедиме безбедност за време на овие настани.

Затоа е значајно да стекнеме подлабоко разбирање за квалитетот на воздухот за време на настани од шумски пожари и мерки што можеме да ги преземеме за да ја заштитиме нашата заедница.

Европска комисија

Чадот од шумските пожари се состои од различни опасни загадувачи на воздухот, вклучувајќи гасовити загадувачи како јаглерод моноксид, опасни заga-

дувачи на воздухот како полициклични ароматични јаглеводороди (PAHs – poly-cyclic aromatic hydrocarbons) и загадување со честички, заедно со водена пареа[1].

1.2 Зошто чадот од шумски пожар е здравствена грижа?

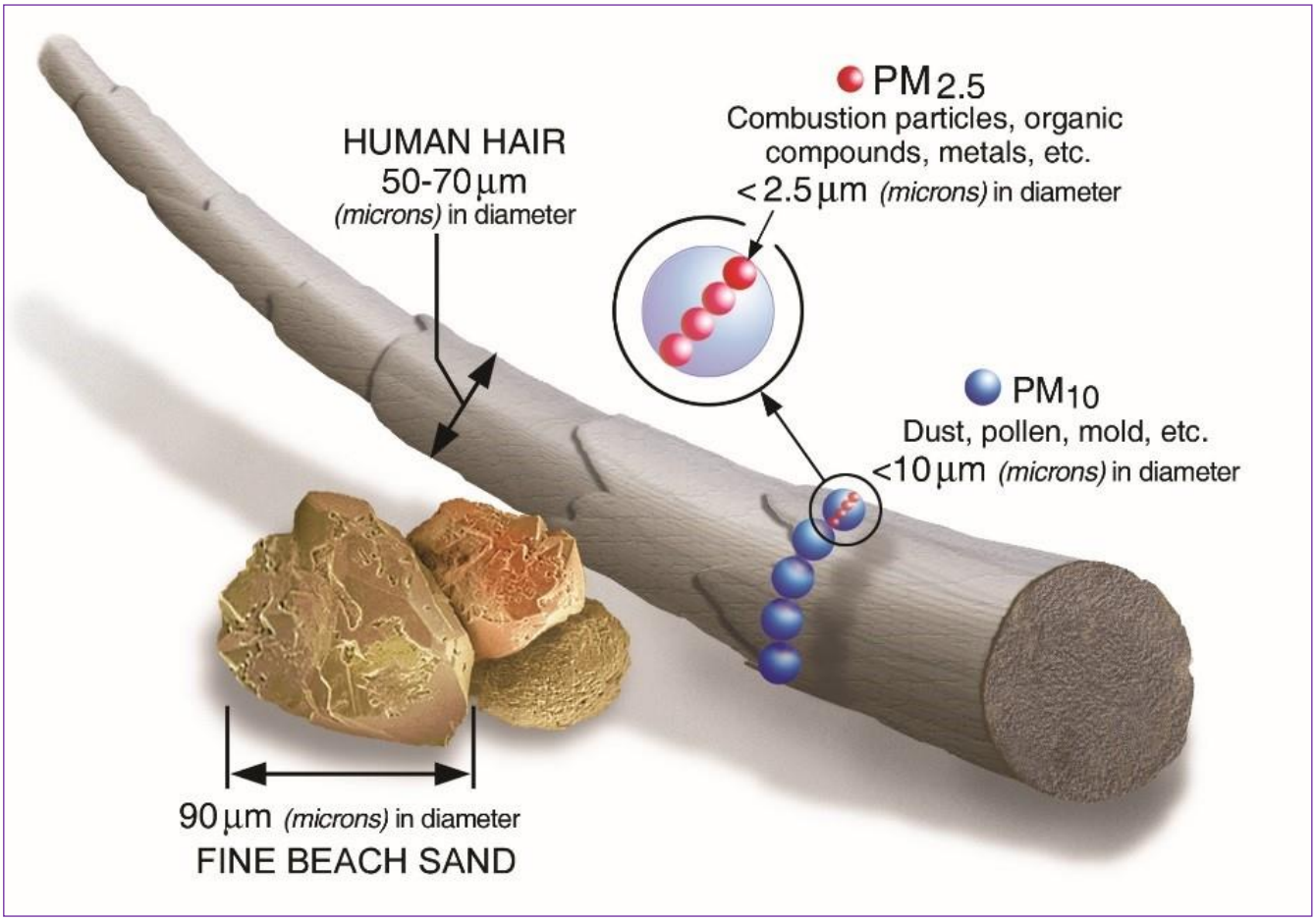
Чад од шумски пожар: комплексна мешавина

Чадот од шумските пожари се состои од мешавина на гасовити загадувачи (на пример, јаглерод моноксид), опасни загадувачи на воздухот (HAPs - hazardous air pollutants) (на пример, полициклични ароматични јаглеводороди [PAH]), водена пареа и загадување со честички. **Загадувањето со честички** претставува **главна компонента на чад од шумски пожари** и **главна закана за јавното здравје**.

Загадување со честички (исто така познато како честички или PM) е општ термин за мешавина од цврсти и течни капки суспендирани во воздухот. Постојат многу извори на загадување со честички; најчести се активности поврзани со согорување, како што се шумските пожари. Поради разновидноста на изворите, честичките доаѓаат во многу големини и форми. Некои честички се толку мали што се видливи само со помош на електронски микроскоп (Слика 1). Честичките може да се состојат од различни компоненти, вклучувајќи киселини (на пример, сулфурна киселина), неоргански соединенија (на пример, амониум сулфат, амониум нитрат и натриум хлорид), органски хемикалии, саѓи, метали, честички почва или прашина и биолошки материјали (на пример, полен и спори на мувла).

Воздухот што го дишеме, и внатре и на отворено, секогаш содржи загадување со честички. Поради нивната мала големина, честичките лесно можат да навлезат во домовите и зградите, зголемувајќи ги концентрациите на честички во затворен простор. За време на шумски пожар или други активности поврзани со согорување, концентрациите на честички може значително да се зголемат во воздухот до тој степен што загадувањето со честички е видливо со голо око.

[1]European Union, "Wildfire smoke is composed of a variety of dangerous air pollutants", 2022.



Слика 1. Финитe, вдишливи честички (PM2,5) се загадувач на воздухот што најмногу го загрижува јавното здравје од чад од шумски пожари бидејќи може да патува длабоко во белите дробови, па дури и да влезе во крвотокот

Поединци со поголем ризик од здравствени ефекти од чад од шумски пожари вклучуваат оние со кардиоваскуларни или респираторни заболувања, постари возрасни лица, деца под 18-годишна возраст, бремени жени, работници на отворено и оние со понизок социо-економски статус. Овие лица кои се изложени на ризик од здравствени ефекти поради чад од шумски пожари треба да бидат загрижени за честичките со дијаметар од 10 микрометри (µm) или помали бидејќи тоа се честички кои обично минуваат низ носот и грлото и влегуваат во белите дробови, а **PM2.5** дури и се префрлаат во циркулацијата (крвотокот). Откако ќе се вдишат, овие честички можат да влијаат на белите дробови и срцето и да предизвикаат сериозни здравствени ефекти. Поголемите честички (> 10 µm во дијаметар)

генерално помалку нé загрижуваат, бидејќи тие обично не влегуваат во белите дробови; сепак, тие сè уште можат да ги иритираат очите, носот и грлото.

Честичките во воздухот се карактеризираат со аеродинамичен дијаметар и може да се групираат во две главни категории:

Груби честички (познати и како **PM10**): честички со дијаметри генерално поголеми од **2,5 µm** и помали или еднакви на **10 µm**. Грубите честички првенствено се генерираат од механички операции (на пример, градежништво и земјоделство), но мал процент е присутен во чад од шумски пожари.

Ситни честички (исто така познати како **PM2.5**): честички со дијаметар од **2,5 µm** или помали претставуваат главен загадувач што се испушта од чад од шумски пожари, кој сочинува приближно **90%** од вкупната маса на честички (Vicente et al. 2013; Groβ et al. 2013[2])[3]. Ситните честички од чадот од шумските пожари се најголема грижа за здравјето. Оваа група на честички, исто така, вклучува **ултрафини честички**, кои генерално се класифицирани како со дијаметри помали од **0,1 µm**.

Поврзување на здравствените ефекти со изложеноста

Сé поголем број научни докази ја поврзуваат изложеноста на чад од шумски пожар со различни здравствени ефекти (на пример, Rappold et al. 2011, Liu et al. 2015, Adetona et al. 2016, Reid et al. 2016, Wettstein et al. 2018). Како што е прикажано на слика 2, има докази за зголемување на ризикот од ефекти поврзани со кардио-васкуларниот и респираторниот систем како одговор на изложеноста на чад од шумски пожари, особено како што се зголемува интензитетот на чадот од шумските пожари.

Бидејќи загадувањето со честички е главна компонента на чад од шумски пожари, поголемиот дел од разбирањето на научната заедница за потенцијалните здравствени последици од изложеноста на чад од шумски пожари е изведено од деценискo истражување кое го испитува загадувањето со честички во амбиенталниот воздух првенствено во урбани средини (на пример, U.S. EPA, 2009 г.).

[2]Groβ et al., "PM in forest fires", 2013.
[3]Vicente et al., "PM in forest fires", 2013.

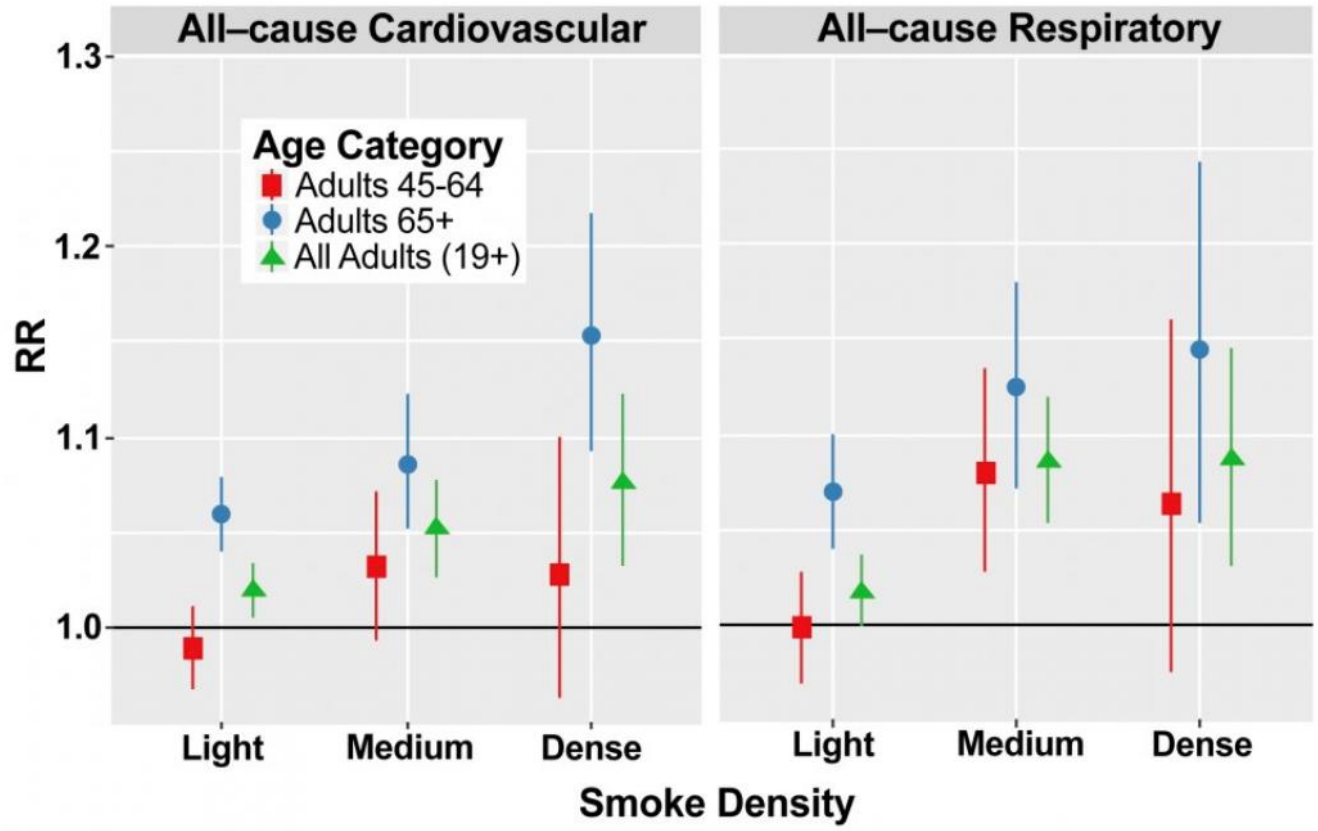


Figure 2. Relative risk (RR) and 95% confidence intervals for emergency department visits for all cardiovascular and respiratory outcomes relative to smoke free days, at lag 0 days, stratified by age. Source: Adapted from Wettstein et. al. (2018).

Дополнително, фокусот на загадување со честички на околината во пренесување на потенцијални здравствени ефекти кои се припишуваат на изложеноста на чад од шумски пожар, делумно е одраз на релативно кратко времетраење на настани од шумски пожари (т.е., денови до недели) и релативно малиот број здравствени настани (на пример, дневно приеми во болница во текот на неколку недели) забележани за време на настан со шумски пожар, во споредба со вообичаени податоци (на пример, дневни приеми во болница во текот на повеќе години) достапни за испитување на поврзаноста помеѓу загадувањето на амбиенталниот воздух и здравјето.

Покрај тоа што е дефинирано според фракцијата на големината (на пример, PM2.5, PM10), загадувањето со честички може да се дефинира и според неговиот

хемиски состав или **изворите од кои се испушта**. Истражувачките напори се обидоа да идентификуваат дали здравствените ефекти поконзистентно се припишуваат на загадувањето со честички од поединечни компоненти или специфични извори. Евалуацијата на овој доказ покажа дека многу компоненти и извори се поврзани со здравствени ефекти, но останува нејасно дали специфичните пое--динечни компоненти или извори се поблиску поврзани со специфични здравствени исходи (EPA на САД, 2009). Поновите епидемиолошки докази кои се фокусираат на загадувањето со честички, конкретно од чад од шумски пожари, дополнително го поддржуваат овој заклучок со демонстрирање слични здравствени ефекти за фините честички припишани на чад од шумски пожар (т.е. денови на чад) во споредба со фините честички генерирани од сите други извори (т.е., нечадни денови) (De-Florio-Barker et al).

Загадувањето на воздухот со честички, особено ситни честички (PM2.5), кои се одговорни за голема компонента на штетни влијанија врз здравјето поврзани со чад од шумските пожари. Истражувањето за влијанијата на PM честички првенствено служи како основа за нашето сегашно научно разбирање на изложеност на чад од шумски пожари.

Честичките (PM) се многу распространет и влијателен загадувач на воздухот ширум светот. Загадувањето со честички првенствено е резултат на согорување, вклучувајќи **индустриски активности**, **возила** и **шумски пожари**. Честичките во голема мерка се разликуваат по својата концентрација и состав низ светот, но имаат значително влијание врз јавното здравје во повеќе земји. Тие се класифицирани според големината на нивните честички, чија помала категоризација - PM2.5 - е одговорна за голем дел од штетното влијание на загадувачот врз здравјето на луѓето и животната средина. Иако ефектите на PM честичките се добро проучени, тие се репер за големо мнозинство од светската популација, што ја поттикнува потребата да се преземе акција за да се постигне почист воздух.

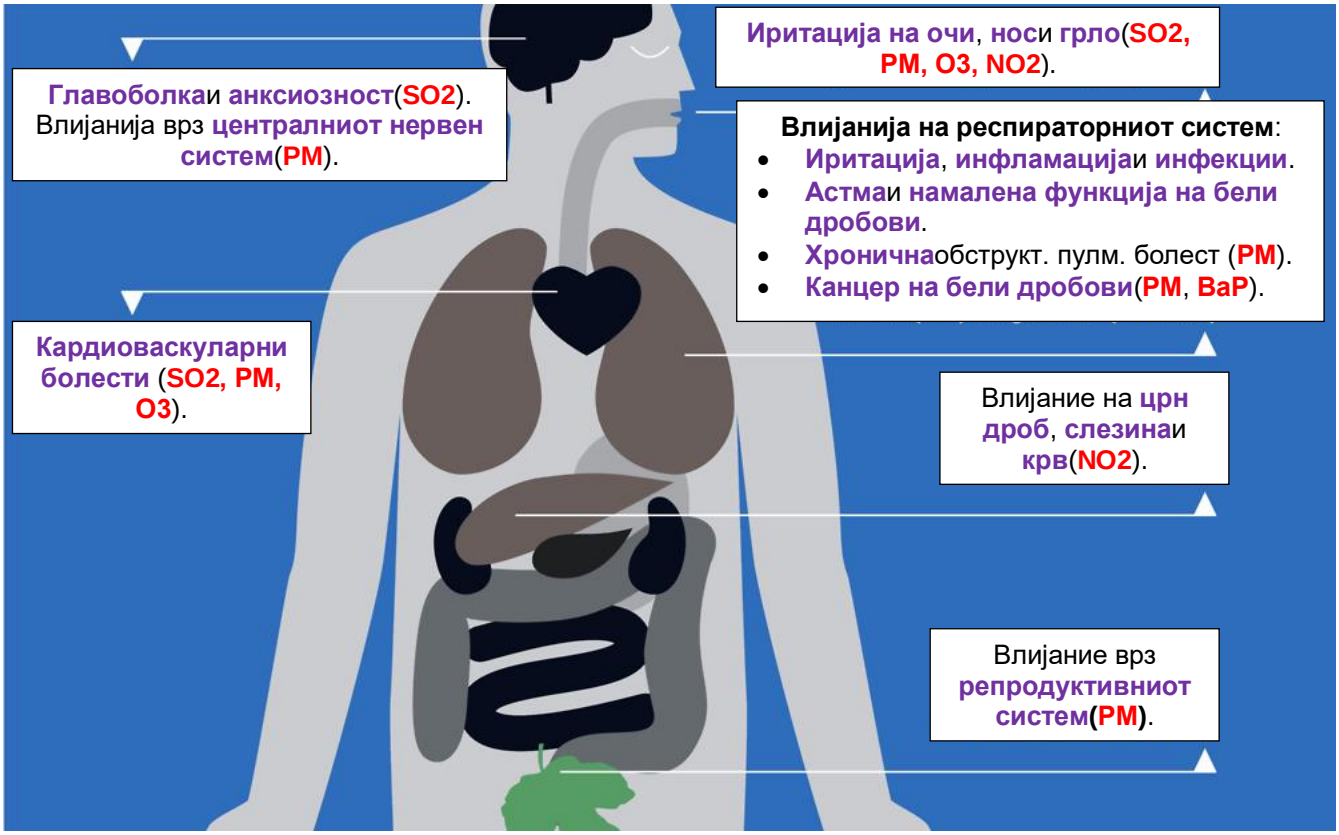
Честичките најчесто се поделени во четири категории врз основа на големината на нивните честички: груби **PM10**, **PM2.5** и **PM1**. **PM2.5** се сметаат за чести-

чки за вдишување, што значи дека се доволно мали за да се вдишат длабоко во белите дробови.

Како честичките влијаат врз здравјето на луѓето

Негативните здравствени ефекти поврзани со изложеност на честички се значајни. Студија на Харвард од 2021 година покажа дека загадувањето на воздухот со честички од согорување на фосилните горива е одговорно за **10,2 милиони смртни случаи во 2012 година**, на глобално ниво. И е причина за **1 од 5** предвремени смртни случаи ширум светот. Истата студија проценува дека **350.000** предвремени смртни случаи поврзани со загадувањето со фосилни горива се случиле во Соединетите држави во **2018 година**.

Многу од негативните здравствени ефекти од PM честички се должат на малата големина, кои можат да навлезат во телото, да се движат во дишните патишта и белите дробови, па дури и да влезат во крвотокот.



Слика. Опсег на влијанија врз здравјето поврзани со PM честички и други загадувачи на воздухот.**Извор**:European Environment Agency

PM2.5 честичките претставуваат најголем ризик за здравјето бидејќи се помали од оние на PM10 - PM10 честичките имаат тенденција да се собираат во горниот респираторен тракт, додека PM2.5 имаат способност да навлезат во белите дробови, да го оштети ткивото на белите дробови и да се движат понатаму во телото преку крвотокот..

Краткорочно изложување на PM честички со часови или денови може:

- **да ја влоши белодробната болест**,
- да **предизвика напади на астма** и **акутен бронхитис,** и
- **да ја зголеми подложноста на респираторни инфекции**.

Долготрајната изложеност- што значи живеење со години во област со високи концентрации на PM - е поврзана со:

- **намалена функција на белите дробови**,
- **хроничен бронхитис,** и
- **прерана смрт**.

Изложеноста на PM честички е особено опасна за деца поради различни причини: нивните респираторни системи сè уште се развиваат, тие дишат повеќе воздух по килограм телесна тежина од возрасните, и поверојатно е да бидат активни на отворено. Поединци со постоечка срцева или белодробна болест се исто така изложени на ризик од поголемо влијание врз здравјето.

Студиите исто така откриј дека изложеноста на загадување со честички може да влијае на **мозокот**. Кај децата, **изложеноста на PM честички може да ја промени големината на мозокот додека се развива**, што **може да го зголеми ризикот** за **когнитивни** и **емоционални проблеми** подоцна во животот.

Истражувањата, исто така, покажаа поврзаност помеѓу изложеноста на PM честички и **деменција**. Студијата на USC од 2017 година покажа дека за оние кои живеат во области со изложеност на PM2,5 поголема од стандардот поставен од US EPA (**12 μg/m³**), **ризикот** од деменција кај постари жени речиси **двојно се зголемил**. Доколку овие наоди се екстраполираат на општата популација, изложеноста на загадување со PM би била одговорна за околу **21%** од случаи на деме-

нција ширум светот, според водечкиот истражувач на студијата, епидемиологот Jiu-Chiuan Chen.

Разликата во загадувањето на воздухот поради шумски пожар зависи од сериозноста и близината на пожарот, како и од тоа дали пожарот гори во поурални или населени области.

Компонентите на чад од шумски пожари се разликуваат во зависност од тоа каков материјал го храни пламенот. Чад од пожари што горат **отровен даб** (poison oak) и **отровен бршлен** (poison ivy) може да содржи траги од надразнувачи од тие растенија. Чадот исто така може да собере хемикалии од пластика и други човечки материјали кога шумските пожари горат низ градови или станбени објекти.



Еден клучен здравствен исход е начинот на кој изложеноста на чад од шумски пожар го зголемува ризикот од кардиоваскуларни и респираторни ефекти како одговор на изложеност на чад од шумски пожари.

Како што се зголемува густината на чадот од шумските пожари, така се зголемува и релативниот ризик за кардиоваскуларни и респираторни ефекти како резултат на изложеност на чад.

Ситните честички делуваат како надразнувачи на дишните патишта и изложеноста на високи концентрации, може да резултира со:

- Постојана кашлица.
- Флегма.
- Отежнато дишење.
- Тешкотии со дишењето.
- Транзиторни намалувања на функцијата на белите дробови..
- Белодробно воспаление.

Загадувањето со честички може да влијае и на способноста на телото да ги отстрани вдишените туѓи материи, како што се вируси и бактерии, од белите дробови. Краткорочно изложување (т.е. денови до недели) на фини честички е поврзано со зголемен ризик од егзацербација на веќе постоечки респираторни и кардиоваскуларни болести, како и предвремена смртност.

Меѓутоа, како што разорните шумски пожари стануваат се почести во нашиот свет денес, можеби ќе почнеме подобро да ги разбираме влијанијата на кумулативната краткорочна изложеност и долгорочната изложеност на чад од шумски пожари.

Исто така, важно е да се забележи дека овие негативни здравствени исходи не ги засегаат сите поединци подеднакво. Истражувањата покажуваат дека изложеноста на чад од шумски пожар може несразмерно да влијае на:

- Деца и постари возрасни лица.
- Лица со кардиоваскуларни или респираторни заболувања.
- Бремени жени.
- Лица кои работат на отворено.
- Лица со понизок социо-економски статус.

2. Важноста на следење на квалитетот на воздухот во реално време за сезона на шумски пожари – мрежа за следење на воздухот во реално време

Значењето на мониторингот на квалитетот на воздухот за време на шумски пожари не може да се потцени. **Не можеме да управуваме со она што не можеме да го измериме** - без да ги знаеме вистинските влијанија врз квалитетот на воздухот од чад од шумски пожари, многу е тешко да се знае точно какви нивои на штетни загадувачи дишат луѓето и како можат безбедно да ја намалат нивната изложеност.

Мониторинг во реално време овозможува и навремена реакција и заштита на јавното здравје. Неопходно е да имаме повеќе точки за следење како дел од хиперлокална мрежа со висока резолуција. Бидејќи концентрацијата на чад од шумски пожар може брзо да се менува за време на пожар, податоците мора често да се собираат.

Чадот од шумски пожари и негови придружни концентрации на загадувачи на воздухот, исто така, може да се променат поради теренот во различни области.

“Теренот, исто така, влијае на концентрацијата на чад. На пример, додека сонцето ги загрева планинските падини, воздухот се загрева и се крева, носејќи со себе чад и оган од пониски височини погодени од чад. Откако ќе помине сончевата светлина, теренот се лади и воздухот се спушта, создавајќи проток на воздух со надолна падина што може да ја промени шемата за расфрлање чад. Дневните циклуси можат да помогнат да се предвидат повторувачки модели на изложеност на чад во заедниците“ (US EPA).

Имањето точки за следење подалеку од областа веднаш погодена од шумски пожар е од клучно значење поради способноста на чадот од шумски пожари да патува илјадници километри.



Слика. Во октомври 2017 година, чадот од близок шумски пожар го претвори небото во портокалово-кафеаво во населбата Mar Vistaво Лос Анџелес.

По дециниско подобрување на квалитетот на воздухот поради **Законот за чист воздух** од 1970 година и други регулативи оттогаш, западните САД доживуваат зголемување на бројот на денови со екстремно високи нивои на два клучни типа на загадувачи на воздухот поради климатските промени: **приземен озон** и **ултра фини честички**.

Од 2000 до 2020 година, зголемениот број на шумски пожари – поинтензивни поради климатските промени - и сé почестото присуство на стагнантни, топли временски обрасци, комбинирани за да го зголемат бројот на денови со опасни нивои на приземен озон и фини честички. Тие услови создаваат здравствени ризици за луѓето ширум регионот, според трудот објавен во Science Advances.

Daniel Swain, научник за климатски промени од UCLA и коавтор на трудот, вели дека зголеменото загадување влијае на густо населените региони низ широк дел од Западот, вклучувајќи го сливот на Лос Анџелес, Солт Лејк Сити, Денвер и долината Виламет во Орегон. Студијата покажа дека бројот на денови кога и две-

те нивои на загадувачи биле екстремно високи се зголемил во речиси секој поголем град од брегот на Пацификот до источните Карпести Планини. (научниците оценија дека нивоите на загадување се “екстремно високи“ во деновите кога тие беа во **90%** од нивниот дневен просек за 20-годишниот период на студијата, од 2000 до 2020).

Чадот од шумските пожари може да патува илјадници милји, нанесувајќи им штета на луѓето кои не живеат директно во области подложни на шумски пожари.

Кога ги погледнале сателитските снимки на целата земја во летото 2019 година, можеле да видат чад од западните шумски пожари што се спуштал до Њујорк. Тоа може да има поврзаност со загадувањето на воздухот дури и на источниот брег.

Шумските пожари, стагнантните и топлото време го зголемуваат присуството на загадување класифицирано како PM2,5 - честички со ширина помала од 2,5 микрони, што е еквивалентно на околу три стотинки од ширината на човечко влакно - што може да се пробие длабоко во белите дробови и може да премине во крвотокот. Научните студии го поврзуваат загадувањето со PM2,5 со здравствени проблеми како што се:

- намалена функција на белите дробови,
- неправилно чукање на срцето, па дури и
- прерана смрт кај луѓе со срцеви или белодробни заболувања.

Комбинацијата на временски обрасци и шумски пожари, исто така, го зголемува формирањето на приземен озон, уште една закана за респираторно здравје. Приземниот озон се формира поради хемиски реакции помеѓу оксиди на азот (како што се азотен оксид и азот диоксид) и испарливи органски соединенија, кои можат да потекнуваат од возила, електрани, индустриски капацитети и други извори.

Истражувачите откриле дека зголемувањето на екстремни нивои на PM2,5 поради климатските фактори ги зголемило опасните услови за квалитетот на воздухот во просек за 25 милиони луѓе – денови, секоја година во последните две децении во западните САД и соседните области на Големите Рамнини, Мексико. и Канада (лице-ден се однесува на еден ден на изложеност од едно лице.)

Анализата се базира на податоци за загадување од мониторинг локации на Агенцијата за заштита на животната средина на САД, како и атмосферски набљудувања и податоци за атмосферскиот притисок и температурите.

Условите за лошиот квалитет на воздухот нагласени во документот веројатно ќе се влошат барем во следните неколку децении, дури и ако се спроведат драстични мерки за ублажување на климатските промени.

Станува потопло, условите за шумски пожари се влошија и гледаме потрајни периоди на висок атмосферски притисок. Се предвидува дека секој од тие фактори ќе се зголеми во наредните години.

Додека за ублажување на емисии од шумски пожари и климатски промени ќе бидат потребни децении, градовите сè уште би можеле да донесат регулативи и други програми за да помогнат во намалувањето на присуството на **оксиди на азот** и **испарливи огранска соединенија** - таканаречени емисии на претходници на приземен озон - во блиска иднина. Иако придобивките од тие промени би требало да се собераат со години, би можело да биде практично за градовите да спроведат мерки за намалување на емисии за време на периоди на опасен квалитет на воздухот. што веројатно ќе помогне да се намалат опасностите по здравјето на луѓето.

3. Улогата на податоците за квалитетот на воздухот во одлучувањето и планирањето на итни случаи

Да се има густа мрежа за следење на квалитетот на воздухот што собира податоци со висока резолуција, е витален дел од ефективно одлучување во време на високо загадување на воздухот, како што се шумски пожари.

Brightline Defense, непрофитна организација за заштита на животната средина со седиште во Сан Франциско, распореди Clarity сензори во заедници, кои долго време користеле сензори со слаб квалитет на воздухот, како што е населбата South of Market (SoMa). Clarity сензорите ги снимија влијанијата на катастрофалната сезона на шумски пожари во 2020 година врз квалитетот на воздухот, кои се случија во оваа област.

Clarity беше прв избор на Brightline Defense за следење на квалитетот на воздухот поради неколку причини. Самите уреди Node-S се неверојатно еластични, што е особено важно при распоредување монитори во вонредни услови за време на шумски пожари.

Лошиот квалитет на воздухот е главен предизвик за здравјето и квалитетот на животот во Сан Франциско. Како што е случај во многу урбани средини, загадувањето на воздухот во Сан Франциско долго време е здравствен ризик кој е скриен на очигледен поглед. Квалитетот на воздухот е **скриен проблем** во смисла дека тој стана толку **вграден во аспектите на урбаниот живот** во Сан Франциско. Може да биде предизвик за жителите кои долго време живеат во населби да артикулираат кои се нивните проблеми со квалитетот на воздухот. Некои тоа го прифатија како начин на живот.

Општините во Сан Франциско долго време се зафатени од загадување на воздухот од различни извори, но бидејќи загадувањето на воздухот има тенденција да биде невидливо со голо око, оваа еколошка нееднаквост во голема мерка беше занемарена. Населбата South of Market (SoMa) во Сан Франциско е добар пример. Неколку автопати и булевари се наоѓаат во непосредна близина на SoMa, така што како што се зголемува метежот низ регионот, отсекогаш SoMa е таа што е под влијание на тие емисии на автопатот. Има училишта веднаш до автопатот во оваа населба, а учениците треба да ги дишат овие загадувачи што доаѓаат од автомобилите.

Освен автопатиштата, неколку извори на емисија влијаат на квалитетот на воздухот во централниот дел на Сан Франциско, како што се дизел генератори за итни случаи распространети во североисточниот сектор на градот. Поголемите комерцијални згради се потпираат на овие генератори за итни случаи за да ги задржат светлата запалени во случај на прекини или исклучување на електрична енергија - но иако генераторите може да бидат корисни за сигурно снабдување со електрична енергија, тие можат да направат хаос на локалниот квалитет на воздухот.

3.1 Стареењето на зградите значи зголемена изложеност на загадување на воздухот за жителите

Хотелите со единечна соба обично се стари згради кои биле дизајнирани да примат работна сила имигранти околу почетокот на 20 век. Во последниве години тие беа префрлени во станови за изнајмување, но многу од самите згради не беа доградени повеќе од еден век. Овие згради имаат слаба вентилација и застарени HVAC системи. Тие, исто така, имаат тенденција да бидат пренаселени – често пати семејства од четири или повеќе лица ќе делат мала соба од помалку од 100 квадратни метри.

Поради локацијата и архитектурата на овие згради, жителите на хотелите се соочуваат со најдиректна изложеност на локалното загадување на воздухот. Оваа популација е особено погодена за време на катастрофални настани за квалитетот на воздухот и шумски пожари, бидејќи тие немаат модерна инфраструктура за да помогнат во филтрирањето на загадувачите што ги носи лошиот квалитет на надворешниот воздух.

Областа на заливот се соочи со најлошиот квалитет на воздухот досега за време на сезоната на шумски пожари во 2020 година, со 30 последователни денови во Сан Франциско забележа максимален 1-часовен AQI од 247 по податоци на BAAQMD на 11 септември.

Прашањата за квалитетот на воздухот се вградени во овие заедници со години, но интензитетот на шумските пожари во изминатите неколку години беше тој што поттикна дијалог. Откако почна да се истражува како изложеноста на токсичен чад од шумски пожари влијае на овие населби, се виде колку е критично подобрувањето на квалитетот на воздухот за подобрување на квалитетот на животот во овие заедници. Стана јасно дека **спроведувањето на програма за следење на квалитетот на воздухот е прв чекор за пополнување на таа празнина**.

Brightline ги ангажира засегнатите страни низ Сан Франциско да воспостават цели за програмата за следење на квалитетот на воздухот во градот. Иако заедниците на старите хотели биле први што ќе ги искусат придобивките од програмата за следење на квалитетот на воздухот, голем број засегнати страни низ градот можеле да имаат корист од генерирани точни податоци за квалитетот на

воздухот со висока резолуција (временска и просторна). Почна да се размислува за цели на политика кои ќе бидат поддржани со податоци од мрежа за следење на квалитетот на воздухот.

Покрај подигање на свеста на заедницата за квалитетот на воздухот, постојат долгорочни политички прашања на кои може да се влијае со податоци од мрежата. Еден пример е чистење на градскиот возен парк - на пример, претворање на градските автобуси во електрични. Локална мрежа за следење на квалитетот на воздухот овозможува да се проучуваат влијанијата на програмата врз сообраќајниот метеж и квалитетот на воздухот во околината.

Со идентификувани цели за програмата, се барале начини да се најдат средства за хиперлокална мрежа за следење на квалитетот на воздухот во центарот на Сан Франциско. Brightline добива средства за мрежа за следење на квалитетот на воздухот со висока резолуција. Brightline знаел дека е достапно финансирање за проекти за следење на квалитетот на воздухот во заедницата преку иновативна нова политика од законодавниот дом на државата Калифорнија позната како AB 617, или Програмата за заштита на воздухот на заедниците.

Clarity ги слуша грижите на луѓето и соодветно ја приспособи својата технологија. На Brightline му беа доделени средства за распоредување на мрежа од 15 уреди за следење на квалитетот на воздухот во неколку населби во Сан Франциско, кои подоцна се проширија на 19 поради зголемената побарувачка на заедницата. Тајмингот не можеше да биде подобар, бидејќи финансирањето дојде точно на време за Brightline да се фрли во акција и да ја распореди мрежата за следење кога започна сезоната на шумски пожари низ Калифорнија.

4. Чад од шумски пожари: распоредување на мрежа за следење на квалитетот на воздухот во итни услови

Со одобрени средства и чад од шумски пожари што го замати регионот, Brightline се здружи со Clarity за брзо распоредување на мониторите за квалитетот на воздухот на одредени локации низ градот.

Да се има квалитетен уред како што е Clarity Node-S беше клучот за брзо распоредување за време на настани од шумски пожари. Brightline инсталираше 19

монитори за помалку од 2 месеци. Упатија итни барања до градските агенции, непрофитните развивачи на станови со поволни цени и локалните бизниси за да добијат пристап до нивните објекти или покриви за да ги инсталираат овие уреди. Многу потешко ќе беше ако требаше да се организира пристап до Wi-Fi мрежи за поврзување или електрични приклучоци за напојување. За среќа, Node-S е срдечен, отпорен на временските услови, **се напојува со соларна енергија** и **се управува со мобилна мрежа**.

Додека Brightline работеше на инсталирање на мониторите, тимот на Clarity беше тука за да го поддржи секој чекор од процесот на распоредување. Clarity му помогна на Brightline да избере локации за распоредување и обезбеди совет во реално време преку апликација за пораки додека тимот на Brightline беше на терен за распоредување. Brightline испрати фотографии до Clarity, кој даде детални препораки за соодветно поставување на уредите.

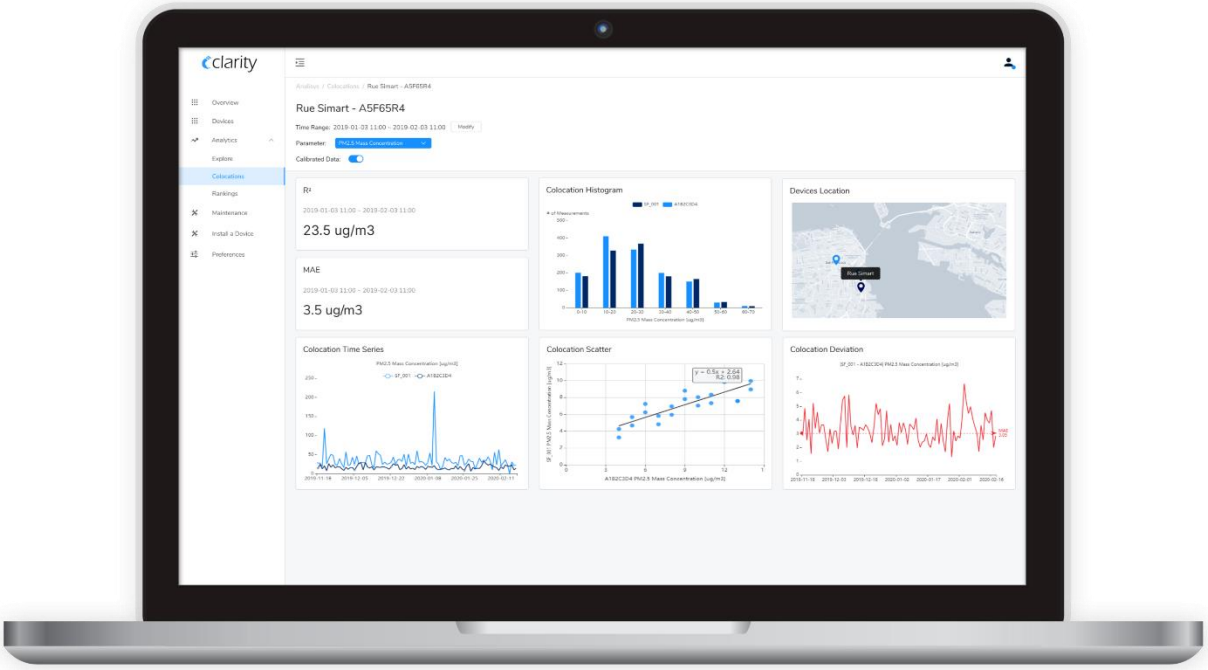
Тимот на Clarity обезбеди поддршка за распоредување во реално време - ваквото внимание на детали беше корисно. Brightline испрати фотографии од местата каде треба да се постават мониторите, а Clarity даде детални упатства за тоа каде да се постават мониторите за да нема пречки за прецизно мерење на AQI.

По исцрпувачката работа на инсталирање монитори среде токсичен чад од шумски пожари, Brightline распоредија 19 монитори за квалитетот на воздухот и воспоставија нова основа за собирање локални податоци за квалитетот на воздухот во Сан Франциско.

Заедниците на кои служи Brightline се несразмерно оптоварени со изложеност на загадување и имаат мал или никаков пристап до соодветна филтрација на воздухот. Clarity сензорска мрежа не само што ги снабдува со локални податоци во реално време, туку ги опремува со алатки и знаење за **да донесат информирани (поткрепени со податоци) одлуки во однос на нивниот воздух и нивното здравје**.

Преземање на сопственост на податоци за следење на квалитетот на воздухот со контролната табла Clarity

Откако мрежата беше отворена и почна да работи, Brightline го пренасочи фокусот на учење како да се работи со податоци за квалитетот на воздухот добиени од мрежата. Тимот за поддршка на клиенти на Clarity му помогна на Brightline да ја постави нивната табла Clarity и ги обучи како да ги разберат и анализираат нивните податоци.



Слика. Контролната табла Clarity е дизајнирана да помогне да се извлечат функционални увиди од податоци за квалитетот на воздухот

Како административно водство за оваа програма, Brightline сака да се увери дека може да ги земе сите овие текови на податоци и да ги анализира за да ги истакне важните прашања за квалитетот на воздухот за кои заедницата треба да знае. Разбивањето на овие текови на податоци е работа што бара разбирање за тоа како да се погледне на AQI и мерењата што доаѓаат. Се проверува со тимот на Clarity еднаш месечно за да ја допре базата за мрежата и да научи како да ја користи контролната табла на Clarity (Clarity Dashboard). Да ги има сите податоци

достапни на безбеден веб-портал е многу корисно, особено кога се подготвуваат извештаи за добиени податоци.

Brightline ги ангажира засегнатите страни (stakeholders) низ заедницата со мрежа за следење на квалитетот на воздухот.

Откако беше инсталирана мрежа за мониторинг во август 2020 година, Brightline веќе можеше да обезбеди вредни увиди во трендови на квалитетот на воздухот во Сан Франциско за низа други засегнати страни, вклучително и десет градски агенции кои дотогаш соработуваа со програмата за следење на квалитетот на воздухот. Градските агенции се заинтересирани за повеќе грануларни податоци за загадувањето на воздухот и како тоа може да помогне во мапирање на влијанија врз квалитетот на воздухот од работи како што се **политики за зонирање**. На пример, кога одобруваат развојни проекти, тие сакаат да можат **да ги мерат влијанијата врз квалитетот на воздухот од градежништвото**.

Со мрежата за следење на квалитетот на воздухот се управува преку тековно партнерство помеѓу Brightline и две други непрофитни организации: Младински центар на заедницата во Сан Франциско (CYC) и CCSROC. CYC работи на развивање образовни можности за младите низ Сан Франциско, додека CCSROC го насочува организирањето на заедницата меѓу станарите на зградите во Сан Франциско.

Мрежата за следење на квалитетот на воздухот дава единствена можност за Brightline да се вклучи со други групи во заедницата преку програма која го поттикнува локалното лидерство и ги овластува членовите на заедницата да дејствуваат по прашања со кои се соочуваат нивните населби. Со CYC се гради програма за лидерство во животната средина, каде што студентите можат доброволно да ги анализираат податоците од мрежата и да ги споделат наодите со заедницата. CCSROC има програма за зајакнување на станарите каде претставниците на секоја зграда дејствуваат како лидери кои се состануваат за да разговараат за проблемите со кои се соочуваат нивните згради и население. Мрежата за следење на квалитетот на воздухот му обезбеди на овој форум податоци за поддршка на нивните разговори.

Програмата за следење на квалитетот на воздухот ги поврзува овие групи на заедницата со неколку регионални и локални владини агенции и ја отвори долго потребната линија на комуникација за тоа како квалитетот на воздухот влијае на локалните заедници. Вклучени агенции се: ги вклучуваат Одел за управување со квалитетот на воздухот во Заливот (BAAQMD), општинска агенција за транспорт SFMTA), Оддел за јавно здравје на Сан Франциско, Оддел за планирање на СФ и Оддел за животна средина на СФ, меѓу други.

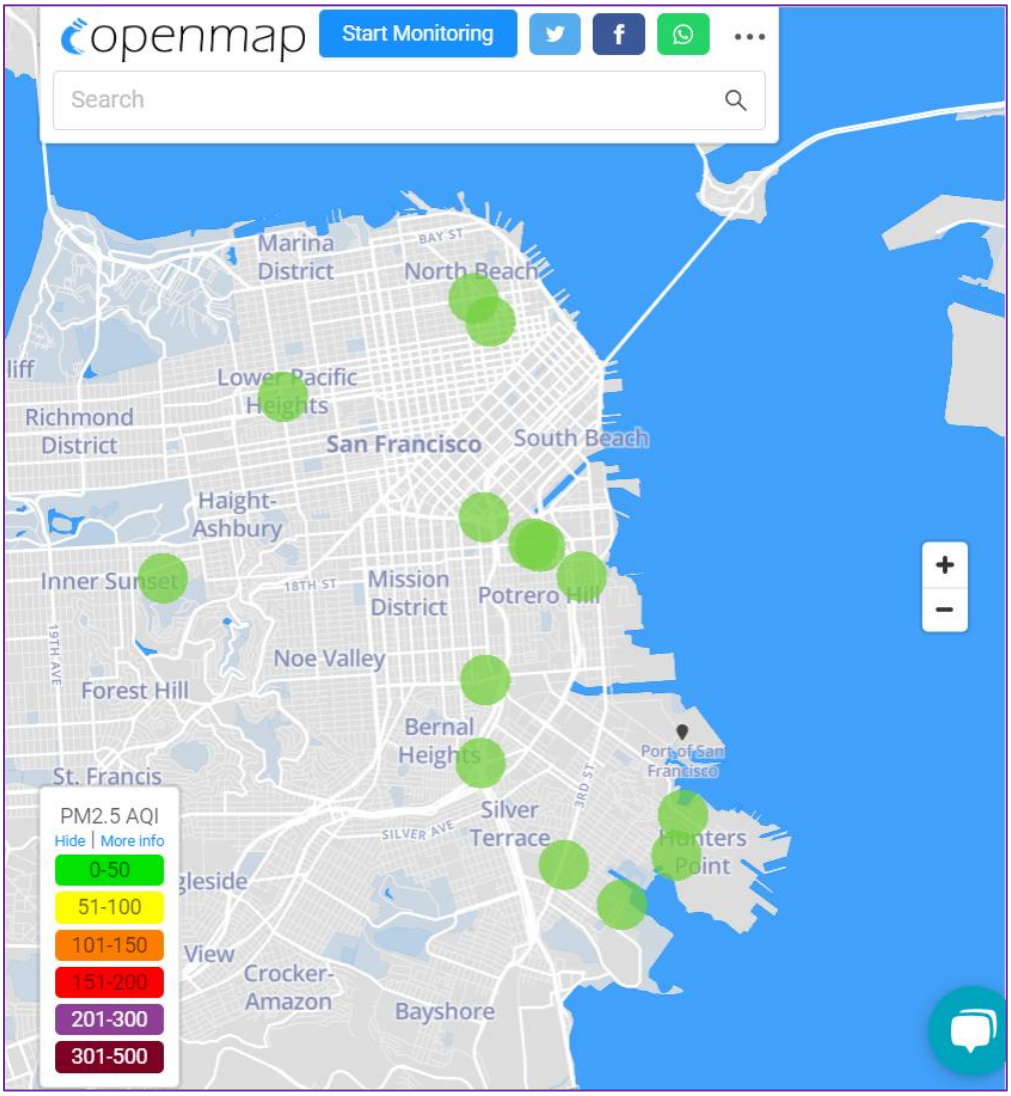
Преку програмата за лидерство во животната средина, Brightline секоја година наградува осум лидери кои претставуваат различни средни училишта низ Сан Франциско. И од четириесет поединци вклучени во Програмата за лидерство на станари CCSROC, Brightline работи директно со петнаесет од нив на прашања за квалитетот на воздухот.

Со лидерите на студентите и закупците како организатори на заедницата, Brightline успеа да го засили опфатот на заедницата околу програмата за следење на квалитетот на воздухот. Brightline ангажира студенти од Универзитетот Стенфорд за да дизајнираат промотивни материјали за мрежата, а организаторите на заедницата поставија **500 постери** низ погодените населби во Сан Франциско за да ја подигнат свеста. Овие соработници за квалитетот на воздухот на Brightline составија и **водич** "**Вовед во квалитетот на воздухот**" кој е објавен на почетокот на 2021 година за да им помогне на членовите на заедницата да ги интерпретираат податоците од мрежата за следење на квалитетот на воздухот, покриени со блог за еколошка правда CARB (California Air Resources Board).

Clarity исто така е вклучен во трибини за мрежата, правејќи ги членовите на тимот достапни да учествуваат во разговори со гости и ги едуцира организаторите на заедницата за да бидат сигурни дека разбираат како да ја користат контролната табла.

Clarity отсекогаш е многу достапна компанија за да се увери дека сите различни делови од оваа програма - технички и нетехнички - можат да се движат напред. Има многу вредност во работата со давател на услуги за следење на квалитетот на воздухот кој делува како партнер наместо продавач.

Достапноста вклучува активности како анкетирање на граѓани за да дознаат повеќе за нивните проблеми и грижи за квалитетот на воздухот и подигање на свеста за мапата со податоци за квалитетот на воздухот што сега е достапна преку OpenMap на Clarity.



4.1 Премин од податоци во акција со квартални извештаи за податоци

Собирањето точни и локални податоци е **важен прв чекор** кон подобрување на квалитетот на воздухот, но **вистинската работа е во премин од податоци на акција**. Добивањето на податоци потребни за да се направи невидливото, видливо, служи **за илустрација на наративот што го доживуваат многу жители**, но претходно биле во голема мерка недокументирани. Но, за тој наратив да

заживее и да влијае на позитивни промени, потребна е одржлива соработка меѓу заедниците во Сан Франциско и владини партнери за **да се одреди акционен план** за препишување на овој наратив и подобрување на квалитетот на воздухот.

Тој наратив почнува да се обликува - во текот на првите три месеци податоците од мрежата за следење на квалитетот на воздухот на Brightline покажаа дека одредени населби се особено ранливи на шумски пожари. Овие населби имаа највисок просечен дневен AQI за време на сезоната на шумски пожари во 2020 година. Идните извештаи ќе навлезат подлабоко во евалуација на часовни AQI трендови за да се идентификуваат скокови на загадувањето на воздухот поврзани со специфични извори на емисија како што се **градежништво**, **патничкиот сообраќај** и **дизел генератори** за итни случаи.



Слика. Сензорски монитор со соларен панел на Clarity

Brightline, исто така, работи со Дистриктот за управување со квалитетот на воздухот во заливот (BAAQMD - Bay Area Air Quality Management District) за **колокација** на дополнителен сензор со владината референтна станица за следење на воздухот во Сан Франциско, што ќе обезбеди подобрени способности за калибрација за точноста на податоците.

Brightline само што започна со оваа мрежа, но веќе има влијание врз различни групи низ Сан Франциско. Brightline и нивните партнери за следење на квалитетот на воздухот можат да ја искористат хиперлокалната мрежа Clarity за да го подобрат квалитетот на воздухот во градот Сан Франциско.

Совети за градови (заедници) кои сакаат да имплементираат мрежа за следење на квалитетот на воздухот

Потребно е многу истражување, подготовка и разговор со заедниците за ефективно планирање и распоредување на програма за следење на квалитетот на воздухот. Ако се започнува со следење на квалитетот на воздухот, се препорачува да се преземат следните чекори:

1. Да се запрашаат самите **кои проблеми се обидуваат да ги решат** и **кои се клучни прашања**?
2. **Да се најде добар технички партнер** како Clarity кој ќе помогне да се размисли како ќе се следат тие проблеми.
3. На крај, да се размисли **преку политики што би сакале да ги променат** и да се обидат да проектираат **колку време мислат дека ќе биде потребно за да се постигне промена на политиката на подобро** (**да се креира ВРЕМЕНСКА РАМКА**)? Дали тоа ќе бидат шест (6) месеци - до најмногу две години?

Што е следно за Brightline Defense?

Откако успешно ја мобилизира мрежата за следење на квалитетот на воздухот на **отворено** за Сан Франциско, Brightline сега бара проекти за квалитет на воздухот во **затворени простории** како свој следен предизвик. SRO хотелите се застарени згради на кои им е многу потребна реконструкција со модерна филтрација за да се заштитат од лошиот квалитет на надворешниот воздух.

Истражување на пресекот помеѓу шумски пожари и квалитетот на воздухот во заштитата на јавното здравје

Како што се интензивираат шумските пожари, така се зголемува и влијанието врз јавното здравје од загадувањето на воздухот од чад од шумски пожари.

Неопходно е користење на податоци за квалитетот на воздухот со висока резолуција за подобра заштита на јавното здравје.

Како што се интензивираат влијанијата на климатските промени, Калифорнија и западниот дел на Соединетите Држави доживуваат сè поголеми, чести и деструктивни шумски пожари. Сезоната на шумски пожари во 2020 година беше особено тешка, со 5 од 20-те најголеми шумски пожари од 1932 година кои горат помеѓу август и октомври, а комплексниот пожар во август во близина на границата Калифорнија-Орегон стана најголемиот шумски пожар во историјата на Калифорнија, “гига пожар“ со над 1 милион изгорени хектари земја.

Овие шумски пожари не само што го уништуваат природниот пејзаж, туку и влијаат на здравјето на луѓето: 1 од 7 Американци беа погодени од нездрав квалитет на воздухот поради шумските пожари во 2020 година, бидејќи чадот патуваше илјадници милји низ земјата. Честичките PM кои се наоѓаат во чад од шумски пожари можат да се таложат длабоко во дишните патишта на белите дробови поради релативно висока концентрација на ултрафини честички (PM2.5), што резултира со негативни ефекти врз белите дробови, како и врз кардиоваскуларното и невролошкото здравје.

Различни пречки стојат на патот за ефикасно управување со влијанија врз јавното здравје од загадување на воздухот за време на сезона на шумски пожари:

- Потреба од едукација за ефекти од загадување на воздухот во текот на цела година - иако загадувањето на воздухот може да биде повидливо за време на сезона на шумски пожари, сепак има штетни ефекти кога е невидливо за око.
- Собирање податоци не треба да се случува само на ниво на населба - има потреба од локализирани монитори во реално време кои прецизно ги рефлектираат нивои на загадување на воздухот на локално ниво, намалувајќи ја потребата **да зависиме од владини референтни монитори кои се оддалечени со километри** кога се донесуваат одлуки за заштита на јавното здравје.
- Потребна е точна калибрација на податоци за најинформирано донесување одлуки - калибрацијата е од суштинско значење за

доставување точни податоци до најпогодените заедници. Влијание на чад од шумски пожари врз калибрацијата,Clarity примени во текот на сезоната на шумски пожари во 2020 година.

5. Чад од шумски пожар, јавно здравје и еколошка правда: Подобро донесување одлуки со мониторинг на воздухот

Заштита на ранливи популации преку мониторинг на воздухот во реално време

Луѓето не се подеднакво погодени од настани поврзани со квалитетот на воздухот, како што се шумски пожари, и важно е да се одредат и разберат нивои на загаденост на воздухот што може да ги искусат различни групи околу локацијата на пожарот.

Ова е причина зошто локални податоци со висока резолуција се многу важни - само поседувањето податоци од регионални монитори за квалитетот на воздухот навистина не ни кажува со каква изложеност се соочуваат различни заедници.

Еден клучен чекор е да се има навремени предупредувања доколку квалитетот на воздухот достигне штетно ниво. Со навремени предупредувања, поединци во области со чад од шумски пожари можат да избегнат напорни активности или вежбање на отворено, во некои случаи целосно да излегуваат на отворено и да преземаат други превентивни мерки за да го заштитат своето здравје.

Алатки како што е Индекс за квалитет на воздухот (AQI) исто така може да бидат многу корисни за лесно преведување на значењето на различните нивои на загаденост на воздухот и активности што мора да се избегнуваат поради ризикот.

Безбедност на здравјето од чад и пепел од шумски пожари

Шумските пожари често пати можат да предизвикаат многу високи нивои на загаденост на воздухот што се штетни за нашето здравје. Можеме да го заштитиме нашето со преземање чекори пред, за време и по шумски пожар за да го намалиме загадувањето на воздухот што го дишеме.

Треба да се подготвиме за настани од чад од шумски пожари со планирање однапред! Што можеме да направиме за да се подготвиме:

- **Информации**: Да добиеме предупредувања за квалитетот на воздухот, тековните услови за квалитетот на воздухот и прогнози со преземање на мобилна апликација и добивање совети.
- **Филтри и средства за прочистување на воздухот**: Ако имаме систем за климатизација, редовно треба да го менуваме филтерот и да чуваме при рака филтер со висока ефикасност. Филтри со ознака "MERV13" или повисоко се најефективни за отстранување на честички од чад. Ако имаме на располагање преносliв HEPA прочистувач за воздух, исто така, ќе помогне да се создаде просторија со филтриран воздух (https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/air-cleaners-and-air-filters-homeLink).
- **Маски - респиратори**: Треба да чуваме неколку респиратори за еднократна употреба (т.е. респиратори N-95 или P-100) при рака, во случај да треба да бидеме надвор во услови на чад.
- **Медицински план**: Ако ние или член на нашето семејство имаме срцева или белодробна болест (како што е астма), треба да се консултираме со нашиот лекар за да имаме план во случај чадот да ги влоши симптомите. Да имаме при рака соодветно снабдување со лекови (5 дена или повеќе).
- **Безбедно користење на генератор**: Ако планираме да користиме генератор за време на јавна безбедност, не треба да го користиме внатре во нашата куќа. **Генераторите произведуваат токсичен гас на јаглерод моноксид кој може да убие**. Треба да се користи генератор само кога е на отворено и на најмалку 20 метри оддалеченост од домот. Потребно е да имаме **работни детектори за јаглерод моноксид** во близина на секое место за спиење во нашиот дом.

Чад од шумски пожари може да предизвика нездрав квалитет на воздухот во области многу километри оддалечени од пожарот. Условите за чад брзо се менуваат, затоа е неопходно да го проверуваме квалитетот на воздухот со користејќи ја одредена јавна апликацијата или на интерактивна мапа. Постарите возра-

сни лица, малите деца, бремените жени и луѓе со срцеви заболувања или бело-дробни заболувања (како што е астма) може да бидат особено чувствителни на здравствени ризици од чад од шумски пожари.

Ако чувствуваме мирис на чад или гледаме пепел поради шумски пожар, постојат начини како да ја ограничиме изложеноста:

- Да останеме во затворени простории со затворени прозорци и врати или да побараме алтернативно засолниште.
- Да избегнуваме силна физичка активност.
- Да вклучиме клима уред ако имаме и да се погрижиме да имаме чист филтер. Да го затвориме доводот за свеж воздух ако нашиот клима уред има можност да го рециркулира внатрешниот воздух за да спречи внесување дополнителен чад внатре. Филтер со поголема ефикасност (т.е. повисок рејтинг MERV) ќе филтрира повеќе честички од чад отколку некој со ниска ефикасност.
- Да создадеме простор во нашиот дом со филтриран воздух, користејќи преносliв високо-ефикасен или ХЕПА прочистувач за воздух додека вратите и прозорците се затворени. Ова може да биде просторија во која поминуваме многу време, како спална соба..
- Да се избегнува користење на вентилатор за цела куќа или ладилник со надворешен довод на воздух.
- Да се избегнува користење на внатрешни или надворешни печки за горење дрва, вклучително и камини. Да се избегнуваат извори на согорување во домот, како што се свеќи и темјан што може дополнително да го нарушат квалитетот на воздухот во затворени простории.
- Ако мора да се биде на отворено во услови за чад, тоа треба да биде кратко и да се користи респиратор за еднократна употреба (N-95 или P-100). Овие респиратори можат да понудат одредена заштита од честички од чад доколку се носат правилно и имаат цврсто вклопување. Да не се користат хируршки маски или платнени маски за заштита.



Слика. Преземање активности пред настани од шумски пожар за да се биде подготвен

Активности за чистење после шумски пожар

Треба да се преземат мерки на претпазливост при чистење на пепел од шумски пожари. Честички од пепел обично се поголеми од честички од чад, но сепак можат да предизвикаат здравствени проблеми. Луѓе со срцеви или белодробни заболувања, постари возрасни лица, деца и бремени жени треба да бидат особено претпазливи околу пепел.

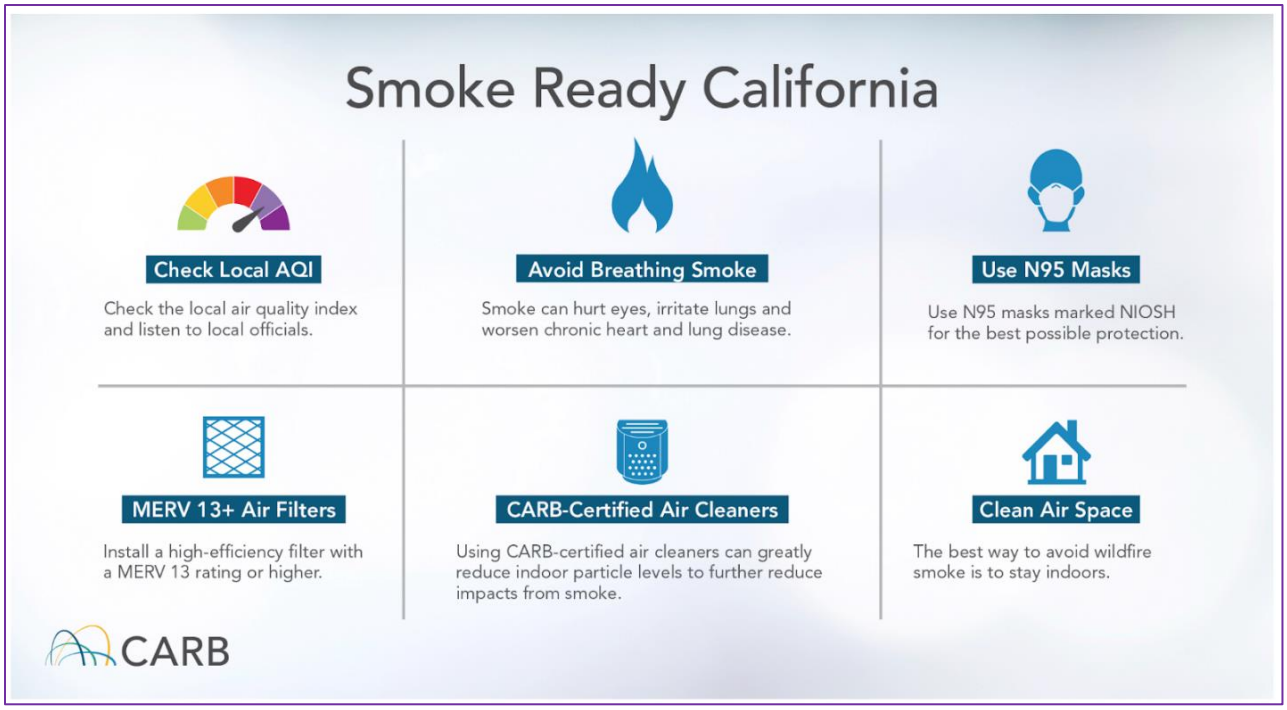
При чистење на пепел треба да се преземаат следните препорачани активности:

- Да се носи (користи) тесно прицврстен респиратор за еднократна употреба за заштита на белите дробови.
- Да се носат очила, ракавици, кошули со долги ракави, долги панталони, чевли и чорапи за да се избегне контакт со кожата.
- Да се користи лесно препрскување со вода, а потоа нежно да се измете со метла или влажна џогер. Да не се користат дувалки за листови!
- Да се собере пепелта во пластична кеса и да се фрли во редовното ѓубре.
- Внатре во домот да се користи правосмукалка со HEPA филтер или, ако е можно, слични индустриски со филтер кеси за собирање за еднократна употреба. Нежно метење со метла е уште една опција.
- Да се исчисти автомобилот во автоперална.
- Да се измијат играчките.
- Да се исчистат од пепел домашните миленици.
- Да се добиваат предупредувања за квалитетот на воздухот – моментални услови за квалитетот на воздухот и прогнози преку користење на постојна мобилна апликација или интерактивна мапа.

Заштита на ранливите популации преку мониторинг на воздух во реално време

Еден клучен чекор е да се има навремени предупредувања доколку квалитетот на воздухот достигне штетно ниво. Со навремени предупредувања, поединци во области со чад од шумски пожари можат да избегнат напорни активности или вежбање на отворено, во некои случаи целосно да излегуваат на отворено и да преземаат други превентивни мерки како за да го заштитат своето здравје.

Алатки како што е Индекс за квалитет на воздухот (AQI) исто така може да бидат многу корисни за лесно преведување на значењето на различни нивои на загаденост на воздухот и активности што мора да се избегнуваат поради ризик.



Слика. Флаер за преземање активности за настан со чад од шумски пожар во Калифорнија (Извор: California Air Resources Board)

5.1 Потреба за акција: шумски пожари, квалитет на воздухот и јавно здравје

Чадот од шумски пожари има сериозни влијанија врз здравјето на луѓето, како веднаш за време на пожар, така и по оваа првична изложеност.

Затоа е од клучно значење да се изградат еластични мрежи за следење на квалитетот на воздухот и да се внесат ефективни системи за да се помогне во растурање (пренесување) на информации за квалитетот на воздухот за да се заштити јавното здравје и да се намали изложеност на чад.

Со нашата променлива клима, шумските пожари стануваат сè почести, а многу од нив денес се случуваат надвор од традиционалното мислење за “**сезона на шумски пожари**“, што значи дека е поважно од кога било да се научи како да се заштити здравјето на луѓето и животната средина.

Во услови на климатски промени и зголемени еколошки катастрофи како што се шумски пожари, постои зголемена потреба од еластична инфраструктура за следење на квалитетот на воздухот. Традиционалните монитори за квалитетот

на воздухот често се потпираат на **ранливи инфраструктури** како **WiFi** и **електрични мрежи**, кои лесно **можат да откажат за време на катастрофи**, оставајќи нè без точни информации за квалитетот на воздухот.

За да се одговори на овој предизвик, low-cost air sensors обезбедуваат исплатливо решение. Мрежи со сензори за квалитет на воздухот можат да обезбедат точни, локални податоци за загадувањето на воздухот во реално време и да издржат тешки услови за да продолжат да работат дури и кога инфраструктурата за напојување и поврзување на интернет не успеваат.

Со хиперлокална мрежа на сензори за квалитет на воздух може:

- Да се пристапи до локализирани податоци за квалитетот на воздухот на ниво на населба.
- Да се овозможи информирано донесување одлуки за заштита на јавното здравје.
- Да се поддржат напори (активности) за еколошка правда.

Пример: Комплет за следење на квалитет на воздухот од чад од шумски пожари (од Clarity) и одговор при итни случаи обезбедува критични податоци за квалитетот на воздухот за време на шумски пожари и кризи со загадување на воздухот. Овој инклузивен комплет, кој обезбедува се што е потребно за ефективен одговор во итни случаи, вклучува:

- Четири (4) Clarity Node-S сензори за мерење на квалитет на воздухот (за PM2.5, PM10, азотни оксиди NO2).
- Еден (1) Clarity Wind Module: одредува насока од каде доаѓа загадувањето на воздухот – откривање извори на загадување.
- Пред-калибрација со комерцијалниот модел Wildfire на Clarity.
- Автоматска интеграција со OpenMap и други јавни алатки за споделување податоци.
- Идеални за опремување на повеќе локации со постојано следење на загадувањето на воздухот.



Неопходност за мерење на квалитетот на воздухот за време на сезона на шумски пожари за подобро да ја разбереме изложеноста и да го заштитиме јавното здравје

Во сезона на шумски пожари, потребно е јасно е да се видат краткорочните ефекти од шумските пожари:

- пад на здравјето на животната средина и рамнотежата на екосистемот,
- значителна штета на квалитетот на воздухот, и
- последователни негативни здравствени влијанија врз респираторните симптоми кои можат да предизвикаат напади на астма и други тешки симптоми.

Бидејќи климатските промени се забрзуваат и сè повеќе влијаат на нашиот свет денес, исто така е од клучно значење да ги земеме предвид долгорочните влијанија што може да ги имаат овие разорни шумски пожари, од предизвикување тешка болест до менување на цели екосистеми.

Во нашиот свет денес, сè поинтензивни и чести шумски пожари се предизвикани од климатските промени, кои комбинираат историски сушни услови поради суши со рекордни топлотни бранови, предизвикувајќи пожарите да се шират побрзо и да горат поголеми површини.

Иако разбираме дека шумските пожари и нивниот чад имаат сериозни негативни влијанија врз здравјето на луѓето, постои недостаток на долгорочни студии кои ги разгледуваат нивните влијанија врз здравјето со текот на времето. Истражувачите сè уште работат на целосно разјаснување на сите начини на кои шумските пожари влијаат на здравствените резултати на долг рок.

Истражувањата покажаа дека не само што чадот од шумските пожари го содржи штетниот загадувач на ситните честички (**PM2.5**) - чија мала големина на честичките овозможува загадувачот да се вдишува длабоко во белите дробови и респираторниот тракт и да предизвика голема штета - туку и **PM2.5** пронајден во чад од шумски пожари е исто така **поштетен од ист загадувач од други извори**.

Кога гориво согорува, без разлика дали е гас или вегетација, ги испраќа овие фини честички во воздухот, а понекогаш и во нашите тела.

Истражувањето од Институтот за океанографија на Универзитетот во Калифорнија, Сан Диего, откри дека загадувањето со PM2.5 од чад од шумски пожари е **до десет (10) пати поштетно** отколку што доаѓа од други извори како што се издувните гасови од автомобили или фабрики. Токсиколошки студии кои истражуваат како чадот од шумски пожари влијае на здравјето забележаа зголемување на респираторни хоспитализации од **1,3%** на **10%** од изложеност на **PM2,5** специфични за шумски пожари, во споредба со **0,67%** до **1,3%** за **PM2,5** кои не се од шумски пожари.

Оваа истражувачка студија на Универзитетот во Калифорнија, предводена од Rosana Aguilera, постдоктор истражувач, овозможува подобро да разбереме што значи чад од шумски пожари за нашето здравје.Истражувачката група ги проучуваше ситните честички бидејќи тие се една од главните компоненти на чад од шумски пожари. Овие честички се единствени. Нивниот хемиски состав може да варира во однос на материјали што горат. Има огромен број потенцијални сое-

диненија кои можат да бидат присутни во чад од шумски пожари и фини честички како јаглерод, тешки метали.

Чадот од шумските пожари како извор на емисии станува сè подоминантен

Во Калифорнија, тоа е дефинитивно еден извор на загадување на воздухот што се чини дека ќе се зголемува во блиска иднина. Има некои публикации кои ја поддржуваат идејата дека чадот од шумски пожари ќе биде еден од главните извори на фини честички во региони како Западните држави во САД.

Какво влијание можат тие фини честички да имаат врз здравјето на луѓето?

Тој е еден од загрижувачки загадувачи на воздухот бидејќи е доволно мал за да навлезе во нашиот респираторен систем и да оди длабоко во белите дробови. Потенцијално, исто така, влегува во крвотокот и од таму може да патува до други органи.Може да предизвика:

- **отежнато дишење**,
- **иритација,** и
- да ги влоши состојбите како **астма** и други **респираторни** заболувања и **кардиопулмонални** состојби.

Истражувањата се занимаваат главно со акутни ефекти, одговор што го добиваме откако ќе бидеме изложени на чад од шумски пожар за период од неколку дена. Не се разгледуваат конкретно долгорочни ефекти во овој момент, но тоа е област на истражување што треба да се прошири. Малку е покомплицирано да се истражува долгорочна изложеност, бидејќи мора да се следат поединци кои се изложени на повеќе шумски пожари.

Емисии од сообраќај може да бидат многу различни по состав од чад од шумски пожари. Некои токсиколошки студии подетално истражуваа и откриј дека токсичноста на чад од шумски пожари може да се зголеми. Ако помине низ структура, тогаш може да собере некои хемикалии кои се наоѓаат во куќи и други згради.

Бидејќи чад од шумски пожари доаѓа од еколошки катастрофи наместо од машини или производство, ние исто така ја немаме истата политика за загаду-

вање од чад од шумски пожари како што ја имаме за емисии од возила и чад. Ова значи дека има релативно малку регулатори кои можат да направат за да ги ограничат настаните од чад во споредба со ограничувања на индустриски емисии - иако инвестирање во подобро управување со шумите преку организации како што е заштита на сини шуми (Blue Forest Conservation) обезбедува еден остварлив пат за борба против чад од шумски пожари.



Експлозивниот пораст на шумски пожари во западниот дел на САД исфрли чад низ пејзажот, создавајќи растечка закана за јавното здравје. Поттикнати од климатските промени, сезоната на пожари во 2020 година беше толку лоша што го удвои претходниот рекорд во Калифорнија на изгорени хектари.



Слика. Завеса од чад од шумски пожар во Mill City, Орегон, каде жителите беа евакуирани со денови поради пожар во близина на Beachie Creek

Истражувачите од Stanford универзитетот проценуваат дека чадот од шумски пожари предизвикал над 1.000 смртни случаи (што може да се спречат) само во 2023 година во Калифорнија. Clarity податоци за квалитетот на воздухот и решение за сензори како услуга, им даваат на носителите на одлуки податоци што им се потребни за да донесат информирани одлуки кога станува збор за преземање акција за загадување на воздухот. Ваква мрежа на сензорски монитори овозможува:

- Прецизно мерење на изложеноста на населби од чад од шумски пожар кој брзо се шири.
- Поврзување на изложеност на загадување на воздухот од пожар со здравствени резултати.
- Подобро квантифицирање на јавно-здравствени и економски трошоци од настани од чад од шумски пожари.

6. Како мерењето на различни видови на загадувачи на воздухот создава по холистичка слика за загадувањето на воздухот

Додека одредени загадувачи на воздухот се следат почесто од други, важно е да се препознае дека загадувањето на воздухот е динамичен феномен и секое мерење што го изведуваме дава само слика за еден загадувач во даден временски момент. Создавањето погусти мрежи за следење со повисока резолуција за "прокси загадувачи" како што се **честички** и **азот диоксид** ни помага да го процениме целокупното ниво на загадување во воздухот, но за вистински да ја разбереме **динамиката на загадувањето на воздухот** што се случува во дадена област, важно е **да измери опсег на загадувачи**. Со добивање на мерења за различни загадувачи - и спојување на овие "снимки" со **нашето разбирање за хемиските реакции што ја поттикнуваат динамиката на загадувањето на воздухот** - можеме да почнеме да даваме многу поцелосна слика за тоа како се одвива загадувањето на воздухот во тој регион и **што активности превентивно треба да се преземат** за да се минимизира изложеноста.

Класификација на загадувачи на воздухот

Разновидноста и сложеноста на загадувачи на воздухот значи дека тие можат да се класифицираат на различни начини - како што се нивниот физички состав, нивните извори, нивните влијанија врз здравјето и како тие се регулирани (ако воопшто се).

US EPA, на пример, опширно ги класифицира загадувачите во две категории:

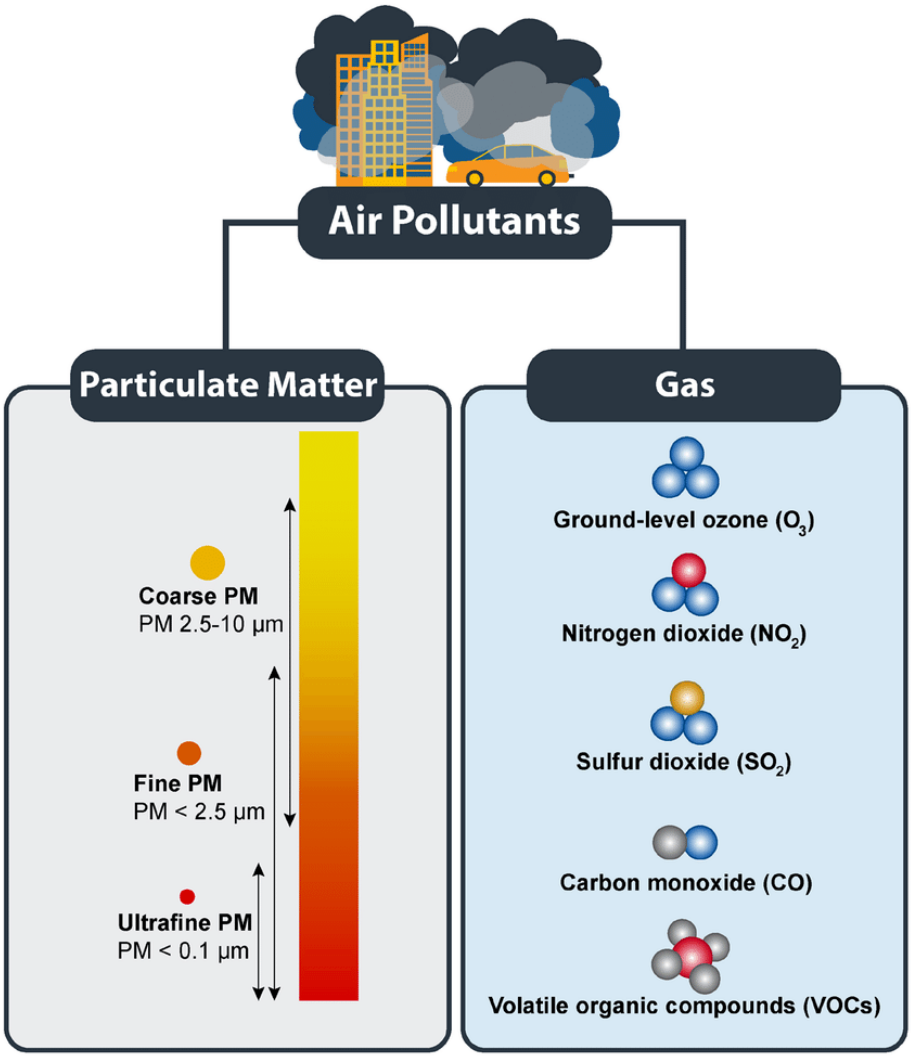
- **обични загадувачи** на воздухот, и
- **опасни загадувачи** на воздухот.

Вообичаени загадувачи на воздухот се шест кои се регулирани со националните стандарди за квалитет на амбиенталниот воздух - **честички**, **озон на ниво на земја**, **јаглерод моноксид**, **сулфур диоксид**, **азот диоксид** и **олово**. **Опасните загадувачи на воздухот** (HAP - Hazardous Air Pollutants), познати и како токсични загадувачи на воздухот, се оние:

- за кои се знае или постои сомневање дека предизвикуваат **сериозни здравствени ефекти** (вклучувајќи рак, репродуктивни ефекти или вродени дефекти) , или
- **негативни ефекти врз животната средина** - тие вклучуваат бензен, диоксини, азбест, толуен и метали како кадмиум, жива, хром и соединенија на олово.

НАР се регулирани во САД преку измени на Законот за чист воздух.

Како што е прикажано на графиконот подолу, друг начин на класификација на загадувачите на воздухот е поврзан со нивниот физички состав - дали тие се составени од цврста, физичка материја или се гасовити?



Загадувачите на воздухот може да се состојат или од цврста материја или од гасовити честички. Цврстите честички кои формираат материја (PM) се разликуваат по големина, почнувајќи од ултрафини до груби честички. PM, исто така, варира во составот, што го прави важно да се измери релативниот придонес на особено **токсичните PM**, како што е **црниот јаглерод**. Различни загадувачи на воздухот се забележани во гасовити форми, вклучувајќи озон на ниво на земја, азот диоксид и испарливи органски соединенија (VOCs).

Придонес (контрибуција) на PM честички за респираторна алергија

Загадувањето на воздухот придонесува за околу шест милиони смртни случаи годишно во светот. Епидемиолошки и експериментални студии покажуваат поврзаност помеѓу изложеност на загадувачи на воздухот и **респираторна алергија** (вклучувајќи астма и алергиски ринитис). Постојат силни докази за поврзаност помеѓу **изложеност на честички и астматски егзацербации**. Изложеноста на честички може да ја влоши веќе постоечка астма и може да придонесе за развој на астма, алергиски ринитис и **аеро-алергенска сензибилизација**. Потребни се краткорочни и долгорочни стратегии за да се намали сериозноста на болеста и да се спречи развој на ново настанување на болеста.

Загадувањето на воздухот е контаминација на внатрешниот или надворешниот воздух од низа супстанции кои ги менуваат неговите природни карактеристики. Зголеменото загадување на воздухот е поврзано со брзиот економски раст и индустријализација. Во текот на последните неколку децении, светот е сведок на постојано зголемување на преваленцата на алергиски респираторни болести. Северна Америка, во поново време, и многу други земји со брзорастечки економии (Азија-Пацифик, како што е Кина) доживеале сличен пораст на преваленцата.

Многу епидемиолошки и експериментални Студии за изложеност сугерираат дека изложеност на загадувачи на воздухот е двигател. Честички (PM) со среден аеродинамичен дијаметар ≤ 2,5μm (PM2,5) се од особен интерес кај засегнатите страни кои се занимаваат со ефекти од загадувањето на воздухот врз респираторното здравје на ниво на население поради неговата мала големина и висок однос на површина и волумен.

Со оглед на зголемениот товар на алергиски респираторни нарушувања поврзани со загадувањето на воздухот, лекарите треба да бидат свесни за можни ефекти од оваа изложеност врз нивните пациенти. Светска здравствена организација ги препознава PM честички како главен индикатор за квалитетот на воздухот.

Загадувачи на воздухот

Загадувачи на воздухот се составени од хетерогена смеса на суспендирани гасови, течности и цврсти материи и тие се класифицирани според нивните физичко-хемиски својства. Извори на загадување на воздухот вклучуваат согорување на вештачка или природна биомаса или фосилни горива. Вештачки извори вклучуваат материјали за горење, индустрија, сообраќај на возила иеколошки чад од тутун. Природни извори вклучуваат вулкански пепел, шумски пожари, разни гасови и спонтани секундарни загадувачи. Загадувачите на воздухот можат да комуницираат со алергени во воздухот. Ин витро и испитувања на животни покажаа дека **комбинирана изложеност на загадувачи на воздухот и алергени** може да има **синергетски негативни ефекти** врз алергиски респираторни состојби.

PM Честички

PM честички во воздухот е мешавина од течни капки и цврсти честички, како што се прашина, нечистотија, саѓи или чад. PM честички во воздухот вариираат по големина, состав и потекло и често се класифицира според среден аеродинамичен дијаметар, што ги диктира неговите различни својства, вклучувајќи дали, каде и колку добро се депонира во респираторното дрво. PM се состои од мешавина на органски и неорганski соединенија заедно со различни елементи и јонски видови (како како сулфат, нитрат и амониум јони). Амбиентални PM честички во секоја одредена географска локација е под влијание на локални мешавини на гасовити загадувачи, топографија и сезонско време и индустриски модели. На пример, PM може да биде под влијание на сезонските промени во изворите на емисија и атмосферските влијанија, вклучувајќи брзина на ветер, температура, релативна влажност,висина на мешање и врнежи. Очекувано, составот на PM влијае на негативни здравствени ефекти. PM може да бидат примарни или секундарни: при-

марни PM се вештачки или природни и се ослободуваат директно во околината, додека секундарни PM се составени од соединенија во воздухот (на пример, органски јаглерод и сулфати) кои претрпеле фотохемиски реакции во атмосферата.

Урбанизација и економски раст во многу земји во Азија наметнува зголемени индустриски активности и емисии на моторни возила и како резултат на тоа, предизвика загадување на воздухот. Во Југоисточна Азија има сезонска магла од согорување на биомаса која привлече меѓународно внимание за неговите негативни ефекти врз квалитетот на воздухот во регионот и здравјето на луѓето. **Маглата содржи големи количества на PM честички во воздухот** кои можат да се носат на големи растојанија со преовладувачки ветрови и предизвикуваат слични проблеми во други земји, вклучувајќи ги Индонезија, Малезија, Брунеи, Тајланд, Сингапур, и Филипини.

PM честички и алергиски респираторни заболувања

PM најверојатно предизвикува повреда на белите дробови преку повеќе механизми,вклучувајќи цилијарна дисфункција, оштетување на епителните клетки, воспаление и **оксидативен стрес**. Негативните ефекти врз здравјето на PM10 и PM2.5 се најдобро утврдени, но се акумулираат податоци за штетните ефекти на ултрафини честички (UFPs) и нано честичките. Во текот на изминатите две децении, епидемиолошките студии ја проценија поврзаноста на PM со нов - почеток и егзацербација на алергиски респираторни заболувања. Иако азиско-пацифичкиот регион има земји во развој со многу големи градови со високи концентрации на загадувачи на амбиенталниот воздух, помалку епидемиолошки податоци се генерирани од овој регион во споредба со Северна Америка или Европа.

Очигледно, PM честичките може да предизвикаат егзацербации кај алергиски респираторни заболувања. Различни дефиниции на случаи, географски регион на проучување, недоволно проучување на загадувачите на воздухот, и методи кои се користат за да се процени дозата на изложеност и здравствените ефекти, го отежнуваат споредувањето на резултатите низ студиите.

Доенчињата и малите деца се особено подложни на негативните здравствени ефекти од загадениот воздух поради нивниот незрел имунолошки и респираторен систем. Тие поминуваат повеќе време на отворено отколку луѓе од други

возрасни групи и дишат повеќе воздух по единица телесна тежина во споредба со возрасните. Во овие возрасни групи се очекува поврзаност помеѓу изложеност на PM и новонастанати алергиски респираторни заболувања. Затоа, вакви студии се сметаат за најдобро достапен дизајн на студија за да се испита изложеноста на загадувачи во воздух во рано детство и развој на астма и алергиска болест. Вакви студии се спроведени на глобално ниво, но доминантно во Северна Америка и Европа.

Сензибилизација на PM честички и аеро-алергени

Алергиска сензибилизација генерално се дефинира како развој на **IgE** специфичен за еден алерген и е главен фактор на ризик за новопојавено алергиско респираторно заболување. Распространетоста (преваленцата) на шема на сензибилизација на аероалерген варира во зависност од регион и држава и резултати од студии насочени кон проценка на поврзаноста помеѓу PM и алергиската сензибилизација се конфликтни. Bowatte и сор. објавија **значајна поврзаност помеѓу изложеноста на PM2.5 во рано детство и сензибилизација на надворешни аероалергени**, но не и на внатрешни аероалергени. Во една студија, истражувачите забележаа поврзаност помеѓу изложеноста на PM2.5 и сензибилизацијата на алергени на храна и надворешни аероалергени, најчесто **полен**. Меѓу прехранбени производи, најјасен фактор на ризик беа алергени од **кикирики** кои е познато дека комуницираат со **полен**, вклучувајќи ја и **брезата**. Биолошка веродостојност на етиолошка поврзаност помеѓу PM и алергиска сензибилизација е поддржана со експериментални докази дека PM може да ги подобри имунолошките одговори на алергените и да предизвика воспалителни реакции кај дишните патишта. Во студија со контролирана изложеност на атопични и неатопични лица, назалниот предизвик со 0,3 mg дизел издувни честички (DEP - diesel exhaust particles) го зголеми производството на IgE во носната слузница за 4 дена без ефекти врз други имуно-глобулински изоформи.

Во споредба со само алергени од ајдучка трева, интраназален предизвик со комбинација на DEP и алергени од **ајдучка трева,** индуцираат значително повисок IgE специфичен за ајдучка трева. Сличен ефект има забележано и во долниот респираторен тракт. Во период од 3 недели, повторен интратрахеален предизвик

во комбинација на куќни прашински грини (HDM - house dust mites) и DEP предизвикаа поголемо зголемување на HDM-специфични IgE во споредба со предизвик само со HDM.

Се верува дека синергетскиот ефект на DEP и аеро-алергени е клучен промотор на алергиски респираторни заболувања предизвикани од алерген. Серија студии со контролирана изложеност покажаа дека DEP влијае на повеќе типови клетки, со што може да влијае на неколку важни чекори од алергиската каскада. Други загадувачи на воздухот, вклучително и **приземен озон**, **азот диоксид** и **сулфур диоксид**, исто така, имаат ефект на засилување на алергенот.

Загадувачи на воздухот може да ја подобрат сензибилизацијата на аеро-алергените преку повеќе механизми вклучувајќи го следново: носење аеро-алергени во дишните патишта, предизвикувајќи епителна пропустливост преку промовирање на оксидативен стрес и воспаление, зголемена антигеност на алергени преку хемиска модификација и одделување како имунолошки adjuvant. Експериментални студии укажуваат на причинско-последична поврзаност помеѓу изложеност на PM честички и сензибилизација на аеро-алерген на отворено. Во некои студии, изложеноста под наводниот праг на сензибилизација може да ја прикрие предложената поврзаност. Исто така, несоодветно времетраење на изложеност и хетерогеност во чувствителноста на домаќините, исто така, може да влијае на резултатите.

PM честички и развој на алергиски ринитис

Алергиски ринитис (AR - Allergic rhinitis) е болест која се карактеризира со воспаление на носната слузница посредувано од IgE, кое се јавува кога лицето е изложено на аеро-алерген. Преваленцата на AR е значително зголемена во многу земји, вклучително и многу во азиско-пацифичкиот регион. Студии на луѓе и животни откриваат дека краткотрајна изложеност на PM честички може да ги зголеми симптомите на AR.

Студии од Северна Америка и Европа сугерираат дека распространетост на алергиски болести може да достигне висорамнина, додека земјите во развој во Азија-Пацификот со силен економски раст доживеаја драматичен пораст во последните неколку години. Урбанизацијата е познат фактор на ризик за респираторни

алергии кај децата и младите и се верува дека е во голема мерка одговорна за зголемување на преваленцата во Азија-Пацификот.

Во здружена мета-анализа на шест родилни групи, истражувачите забележаа поврзаност помеѓу Изложеност на PM2.5 при раѓање и AR дијагноза на возраст од 7-8 години. Во подгрупа (деца кои не ги поместиле своите куќа во текот на нивните први 8 години од животот) од родена група на 3863 холандски деца, истражувачите откриле поврзаност помеѓу изложеност на PM2.5 и AR.

PM честички и развој на астма

Астма е хронична болест на дишните патишта која се карактеризира со:

- воспаление на дишните патишта,
- реверзибилна опструкција на протокот на воздух, и
- бронхијална хипер-реактивност.

Повеќе од 300 милиони луѓе страдаат од астма која резултира со приближно 250.000 смртни случаи годишно ширум светот. Се верува дека причина за астма е комплексна комбинација на повеќе генетски и еколошки фактори кои водат до хетерогени фенотипови. Иако многу епидемиолошки студии покажаа повисока преваленца на астма во многу различни региони во светот, точни причини остануваат нејасни.

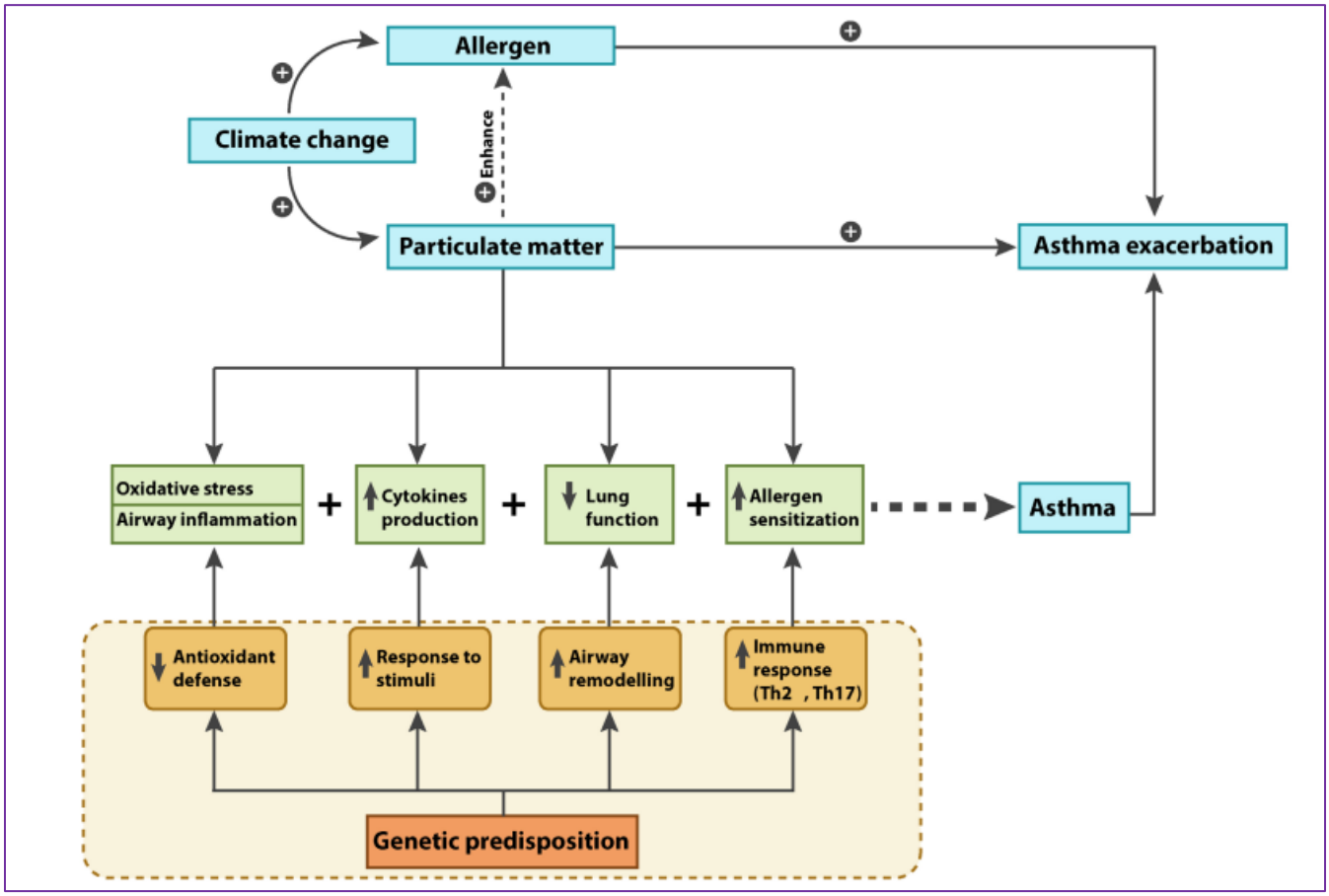
Некои докази сугерираат дека PM честичките придонесуваат за развој на астма, но наодите се неконзистентни. Во повеќето групи, главен извор на загадување на воздухот беше поврзан со сообраќајот (TRAP – traffic air pollution). Мета-анализа на студии на група за раѓање од Северна Америка и Европа покажа дека зголемена надолжна детска изложеност на PM2,5 е значително поврзана со инциденца на астма Во друга мета-анализа на кохортни студии, долготрајна изложеност на PM2.5 беше поврзана со астма инциденца и отежнато дишење.

Истражувачки студии во Азија покажале дека, ризикот на астма нагло се зголемил кога изложеноста на PM2.5 честички била поголема од **93 µg/m3** за време на бременоста.

Резултати од студии насочени кон проценка на поврзаноста помеѓу станбената близина до главни патишта и астма преваленца биле неконзистентни. Дока-

зите се поконзистентни за поврзаноста помеѓу преваленца на астма и живеалиштата на патишта во кои се одвива голема количина на камионски сообраќај. Студија на случај за контрола во Обединетото Кралство на 6.147 деца кои живеат на 150 метри од главниот пат покажал ризик одотежнато дишење со зголемување на близината [ИЛИ: 1,18 на 30 метри кај деца од основно училиште и ИЛИ: 1,16 на 30 метри кај средношколци. Поголем дел од зголемен ризик беше локализиран внатре во **90** метри од патот.

Молекуларни механизми и интеракции генетика-средина се претпоставува дека објаснуваат како може загадувањето на воздухот да придонесува за развој на астма. Многу е веројатно дека домаќин на генетски фактори е изложеност на **PM** честички и аероалергени би можеле да играат улога во **патогенеза на астма**. Резимирање на овие интеракции е прикажано на следната слика.



Слика. Модел што ги прикажува можните интеракции помеѓу генетиката, изложеност на честички и изложеност на аероалерген вопатогенеза на астма

Доказ, вклучително и од мета-анализи и механички студии, покажуваат дека амбиентални PM честички може да играат улога во предизвикување на астма кај осетливи индивидуи. Живеење во близина на прометни патишта може да го зголеми ризикот од астма. Сè повеќе докази сугерираат дека изложеност на TRAP (загаден воздух од сообраќај) е причина за многу случаи на астма, иако со оглед на сложената патогенеза на астмата, веројатно се вклучени и други механизми. Повеќе долгорочни, кохортни студии може да дадат убедливи докази.

PM честички и егзарцебација на астма

Општо прифатено е дека изложеност на загаден воздух е поврзана со егзацербации на астма. Во 2015 година, 5-10 милиони посети на итна помош на глобално ниво може да се припишат на PM2.5. Антропогени емисии беа одговорни за 73% од PM2. Без разлика дали е **краткорочна**, максимална изложеност на PM (на пример, во 1 час) наспроти подолга просечна изложеност (на пример, во текот на неколку дена) останува **посилно поврзана со егзацербација на астма**. Некои докази покажаа дека максимална изложеност е поважна од просечна подолгорочна изложеност. Постоење на период на задоцнување помеѓу изложеност на PM честички и егзацербација на астма треба да се истражи. Краткорочна изложеност на амбиентални PM2.5 и PM10 честички кај астматични деца и возрасни е поврзана со астматични симптоми во проспективни кохортни студии. Долготрајна изложеност на PM честички е исто така поврзана со неконтролирана астма и намалување на функцијата на белите дробови и кај деца и возрасни. Мета-анализа на студии со временски серии покажа дека краткорочната изложеност на PM10 и PM2,5 го зголемува ризикот од посети и хоспитализација во итни случаи поврзани со астма. Мета-анализа фокусирана на податоците од Азија покажа дека краткорочна изложеност на загаден воздух е поврзана со зголемен ризик од болничко лекувањена астма и хронична опструктивна белодробна болест (ХОББ) кај целата популација.

Поврзаноста помеѓу PM и егзацербации на астма исто така е поддржано од многу експериментални студии. Изложеност на PM честички резултира со алергиско воспаление со Th2 и Th17 диференцијација. Изложеност на DEP може да ја влоши алергиската астма и воспалението на дишните патишта, што е делумно

зависна од IL-17A. Во студии за човечки предизвик, инстилација на 100 μg/m3 на PM2.5 суспензија во белите дробови на здрави волонтери исто така може да предизвикаат благо воспаление на дишните патишта кај здрави волонтери.

Студии покажаа воспаление и оксидативен стрес во човечкиот долен респираторен тракт по изложување на PM честички. DEP може да ги стимулира респираторните рефлекси со активирање на аферентни, дишни патишта, хемочувствителни C-влакна. Интеракциите помеѓу DEP и овие аференти се посредувани преку оксидативен стрес патека која го активира минливиот рецепторен потенцијален јонски канал анкирин-1 (TRPA1). Лично следење и спроведување на ран акционен план може да ја намали фреквенцијата или сериозноста на егзацербации поради PM честички.

PM честички и нивните патофизиолошки ефекти во респираторниот систем

По вдишувањето, PM2.5 честичките се депонираат во длабоките дишни патишта и алвеолите каде што може да предизвика структурно оштетување и да ја наруши редовната респираторна функција. Објавени податоци ја покажаа асоцијацијата помеѓу изложеност на PM2.5 честички и ефекти врз различни респираторни заболувања, како што се астма, ХОББ и рак на бели дробови. Изложеноста на **PM2.5** има ефекти врз човечкиот респираторен систем, вклучително и:

- менување на имунолошкиот одговор,
- предизвикување оксидативен стрес, и
- настанување на воспаление.

Промената на имунолошкиот одговор е резултат на индуцирање фактори на транскрипција за стимулирање на **цитокини** кои предизвикуваат нагорна регулација на клеточната **апоптоза**, ги зголемуваат реактивните видови кислород (ROS - reactive oxygen species) и ја прекинуваат митохондријалната функција. Изложеност на PM2.5 **индуцира оксидативен стрес** со зголемување на ROS и модифицирање на клеточната пропустливост. Овие ROS потоа дополнително го активираат инфламаторниот одговор и придонесуваат за дисфункција на епителната бариера. Изложеност на PM2.5, исто така, ја намалува транскрипцијата на антиоксидантни ензими, **интензивирајќи ја нерамнотежата** на оксиданс-антиоксиданс.

Акумулација на PM2.5 честички на епителот на дишните патишта може да предизвика воспалителна сигнална каскада, а со тоа да предизвика системски имунолошки реакции и воспаление. Дополнително, изложеност на PM2.5 може да предизвика дисфункција на NK-клетките кои се потребни за искоренување на инфекција со Staphylococcus aureus. Ова може да придонесе за поврзаност помеѓу зголемување на изложеност на загаден воздух и зголемувањето на стапка на белодробна бактериска инфекција.

6.1 Придонес на надворешни PM честички во квалитет на внатрешен воздух

Повеќето урбани жители поминуваат повеќе од 80% од секојдневниот живот во затворен простор. Затоа, поголемиот дел од изложеност на било која супстанцијата на воздухот треба да се појави таму. Бидејќи амбиенталните PM честички продираат во затворен простор преку системи за вентилација и протекување на згради, истражувачите се фокусираа на односот помеѓу концентрации на PM во внатрешноста и околината во различни поставки. Внатрешните концентрации на PM2.5 корелираат со околината.

Концентрации на PM2.5 во многу студии. Поврзаност помеѓу изложеност во затворен простор на PM2.5 и симптоми на астма се слични на изложеност на отворено. Високи нивои на PM2.5 во внатрешен простор се поврзани со акутни респираторни симптоми и оштетување на функцијата на белите дробови. Слични резултати беа забележани во една перуанска студија во која беа вклучени 1441 адолесценти на возраст од 13-15 години. Оваа студија покажа дека живеењето во урбан амбиент, каде што концентрациите на PM во затворен простор се покачени, е поврзано со астма, атопија и воспаление на дишните патишта. Намалувањето на PM може да ги подобри здравствените состојби кај астматични субјекти. Рандомизирана контролирана студија покажа дека намалувањето на концентрации на PM во затворен простор со користење на средства за прочистување на воздухот е поврзано со значително зголемување на денови без симптоми кај деца со астма.

Жителите во затворен простор сè уште се изложени на ризик од негативни здравствени ефекти на PM2.5. Напорите треба да се фокусираат на намалување на амбиенталнии внатрешен PM2.5 честички. Во моментов, придонесите на зага-

дувач на воздушна изложеност во затворени средини, како што се домови, училишта, работни канцеларии и затворени начини на транспорт, се недоволно проучени. Новите технологии може да овозможат проценка на изложеноста на овие локации.

Заклучок

Загадувањето на воздухот е голем проблем со негативни здравствени ефекти. Голем број докази ја поддржуваат каузалната поврзаност помеѓу изложеноста на PM честички и егзацербации на алергиски респираторни заболувања, додека зголемениот број докази сугерираат дека долготрајната изложеност на PM може да придонесе за развој на алергиска респираторна болест. Потребни се дополнителни, добро дизајнирани студии, особено од азиско-пацифичкиот регион каде што концентрациите на загадување на амбиенталниот воздух се многу повисоки и се зголемуваат како што се зголемува урбанизацијата во регионот. За овие популации, развојот и имплементацијата на владини политики за подобрување на квалитетот на воздухот не само што ќе го подобри квалитетот на животот на поединечни граѓани, туку ќе ја намали и заканата од најава на **епидемија на алергиски респираторни заболувања**.

7. Загадување на воздухот и сообраќај: Стратегии за следење за намалување на емисии во големи градови

Емисии на возила сочинуваат значителен дел од глобалното загадување на воздухот, при што возилата се одговорни за широк спектар на загадувачи за кои се знае дека се штетни за здравјето на луѓето и животната средина - вклучувајќи честички, азот диоксид, испарливи органски соединенија и озон на ниво на земја.

Загадување на воздухот поврзано со сообраќајот се влошува со лер состојба (мотори кои работат во мирување) и сообраќаен метеж, што предизвикува **таложење на загадувачи во одредени области**. Иако стандардите за емисии на возила постигнаа значителен напредок во намалувањето на нивото на загадување во последните педесет години, сè уште треба да се направи напредок. Политики како што се заострување на стандарди за емисии и имплементација на Зона со ултра ниски емисии (ULEZ - Ultra-Low Emission Zone), како онаа во Лондон, пре-

дизвикуваат сериозен удар во загадувањето на воздухот - а следењето на квалитетот на воздухот ни помага да ги измериме придобивките од овие политики.



7.1 Одржлив транспорт и загадување на воздухот

Урбаната мобилност брзо станува еден од најголемите предизвици со кои се соочуваат развиените и земјите во развој. Се проценува дека транспортот е одговорен за речиси четвртина од глобалниот CO2 (јаглерод диоксид) поврзан со енергијата. Исто така, постои зголемена загриженост за неговото влијание врз квалитетот на урбаниот живот, вклучително и социјалните нееднаквости, и за ефектите од неговото загадување врз здравјето на луѓето и зградите.

Целокупната побарувачка за транспортна активност (и за патнички и за товарни) рапидно расте, и се предвидува дека приближно ќе се удвои помеѓу 2005 и 2050 година. Глобалната флота на возила треба да се умножи три или четири пати во следните неколку децении, со најголем дел од овој раст треба да се случи во земјите во развој. Во 2050 година, две третини од глобалната флота на возила се очекува да биде во земјите кои не се членки на OECD. Во исто време, технолошките подобрувања како што се возила со штедливост и алтернативни извори на енергија не се развија доволно брзо за да се справат со последиците од овој раст.

Постои сé поголем консензус за потреба од поодржливи модели на транспортни активности. Ова бара фундаментална промена во инвестициските модели, засновани на принципите на избегнување или намалување на патувања преку интегрирано планирање за користење на земјиштето и транспорт. Понатаму, неопходно е да се префрлат на поеколошки начини на транспорт и подобрување на возилата и горивата, што се смета за приоритет за намалување на урбаното загадување на воздухот и емисии на стаклени гасови. Со цел да се намали обемот на сообраќај и емисии, треба да се применат регулативи и стандарди, технологии и концепти кои се прифатливи за животната средина за јавен превоз и "**зелени градови**". UNEP (Програма за заштита на животната средина на Обединети Нации) ги поддржува владите и партнерите во имплементација на политики, технологии и инвестиции кои водат кон **низок-јаглерод** и **зелен копнен транспорт**.

"**Сподели го патот**" (Share the Road) е иницијатива предводена од UNEP која се залага за систематско вклучување на инфраструктура за **немоторизиран транспорт** (NMT - non-motorized transport) во инвестиции во урбани патишта како прашање на политика. Комбинира агенди за ублажување на климатските промени, подобрување на безбедноста на патиштата и зголемување на пристапноста до основни услуги преку инвестирање во NMT инфраструктура.

Глобална иницијатива за промовирање **брз транзит со автобуси** (Bus Rapid Transit) и промовирање на одржлив транспорт во Латинска Америка има за цел да го олесни **преминот** од **приватна моторизација** кон **јавен и немоторизиран транспорт**. Друга иницијатива е "**Партнерство за чисти горива и возила**" (The Partnership for Clean Fuels and Vehicles), кое ги координира програмите кои имаат за цел да ги намалат емисиите од возила во земјите во развој за да го подобрат квалитетот на воздухот во урбани средини.

UNEP ја поддржува и "**Да ги направиме патиштата безбедни - Кампања за глобална безбедност на патиштата**" ("Make Roads Safe - Campaign for Global Road Safety") која им се обраќа на политичарите, меѓународните институции, производителите на возила и планерите на патиштата. Таа има за цел да ги намали смртните случаи и повредите на патиштата со фокус на земјите во развој, сиромашните заедници и децата.

Моторните возила се значаен извор на урбаното загадување на воздухот и се сè поважни придонесувачи за антропоген јаглерод диоксид и други стаклени гасови. Како што свесноста за потенцијалните здравствени ефекти од загадувачи на воздухот се зголеми, многу земји воведоа построги контроли на емисиите и постигнаа постојан напредок во намалување на емисии од моторни возила и подобрување на квалитетот на воздухот. Сепак, брзиот раст на светската флота на моторни возила поради растот на населението и економското подобрување, проширувањето на метрополитенски области и зголемена зависност од моторни возила поради промениво користењето на земјиштето, резултираше со зголемување на дел од населението кое живее и работи во непосредна близина на прометни автопати и патишта - спротивставувајќи се до одреден степен на очекуваните придобивки на прописите и технологиите за контрола на загадувањето.

Институтот за здравствени ефекти (HEI) подготви специјален извештај “Здравствени ефекти од загадување на воздухот поврзано со сообраќајот“ (Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution), и сумира и синтетизира информации што ги поврзуваат емисиите од, изложеност и здравствени ефекти од извори на сообраќајот (т.е. моторни возила). Се користи терминот изложеност поврзана со сообраќајот во овој извештај да се однесува на изложеност на примарни емисии од моторни возила, а не на пошироко дисперзирани секундарни загадувачи како приземен озон (O3) кои се добиени од овие емисии. Извештајот се фокусира на конкретни сценарија со висока агрегација на моторни возила и луѓе – односно урбани средини и резиденции во близина на прометни патишта.

Институтот за здравствени ефекти (HEI) е непрофитна корпорација основана во 1980 година како независна истражувачка организација да обезбеди високо квалитетна, непристрасна и релевантна наука за ефектите на загаденоста на воздухот врз здравјето.

Емисии од моторни возила

Моторните возила испуштаат големи количества јаглерод диоксид (CO2), јаглерод моноксид (CO), јаглеводороди (HC), азотни оксиди (NOX), честички (PM) и супстанции познати како **токсични воздушни извори** (MSATs - mobilesource air to-xics), како што се **бензен**, **формалдехид**, **ацеталдехид**, 1**,3-бутадиен**, и **олово**

(каде што оловниот бензин сè уште се користи). Секој од овие, заедно со секундарните нуспроизводи, како што се **призем озон** и **секундарни аеросоли** (на пример, **нитрати** и **неорганski и органски киселини**), може да предизвикаат негативни ефекти врз здравјето и животната средина. Загадувачи од емисии на возила се поврзани со тип на возило (на пример, лесни или тешки возила) и старост, услови за работа и одржување, третман на издувни гасови, тип и квалитет на гориво, абење на делови (на пример, гуми и сопирачки), и употребени лубриканти за мотори. Загриженост за здравствените ефекти од емисии од согорување на моторни возила доведоа до воведување регулативи и иновативни пристапи за контрола на загадувањето ширум светот што резултираше со значително намалување на емисиите на издувни гасови, особено во развиените земји.

Овие намалувања се постигнати преку сеопфатна стратегија која обично вклучува стандарди за емисии, почисти горива и програми за проверка на возилата. Препознавајќи го веројатно континуираниот раст на возниот парк и преостанатите проблеми во квалитетот на воздухот поврзани со сообраќајот, САД, Европа и Јапонија и други земји продолжуваат да се залагаат за уште построги контроли на емисии во наредните години.

Ресуспендирана прашина од патишта, абење на гуми и абење на сопирачки се извори на несогорени PM емисии од моторни возила. Како контролите на емисии за издувни PM стануваат се пораспространети, емисиите од извори кои не се согоруваат ќе сочинуваат поголем дел од емисиите на возилата. Емисии што не се согоруваат содржат хемиски соединенија, како што се траги од метали и органски материи, кои можат да придонесат на ефекти по здравјето на луѓето. Сепак, сегашните проценки за овие емисии се многу неизвесни. Така, иако тие не се регулирани во начинот на кој се емисиите на издувни гасови, емисиите од несогорување ќе треба да се разгледа поблиску во идни проценки на влијанието на моторните возила врз здравјето на луѓето.

Квантификација на емисии од моторни возила е критична во проценување на нивното влијание врз квалитетот на локалниот воздух и поврзано со сообраќај на изложеност и бара собирање податоци за активност на патувањето во текот на простор и време и развој на инвентари на емисии. Инвентари за емисии се раз-

виваат врз основа на комплекснимодели на емисии (од кои Заштита на животната средина на САД MOBILE6 на Агенцијата е најшироко користен) кој обезбедува стапки на издувни гасови и емисии на испарување за вкупни HC, CO, NOx, PM, сулфур диоксид (SO2), амонијак (NH3), избрани воздушни токсични материи и стаклени гасови (GHGs) за специфични типови возила и горива. Квалитетот на податоци за активност на патување (како што се поминати возила, број на патувања и типови возила) исложени алгоритми кои се користат за да се изведат фактори на емисии, сугерираат присуство на значителни несигурности и ограничувања во проценки за емисии кои произлегуваат (NARSTO 2005).

Вистинското мерење на емисиите од моторни возила е критично важно за потврдување на моделите за емисии. Студии кои имаат земано примероци од издувните гасови на возила во движење во реални ситуации (конкретно, во тунели или на патишта) многу придонесоа за корисни информации за стапки на емисии на тековна флота на моторни возила, и исто така овозможија проценка на влијанието на нови технологии за контрола на емисии и емисии на горива.

За да се проценат придонесите, се користени модели на рецептори од различни видови извори, вклучително и моторни возила, за загадување на амбиенталниот воздух. Некои од моделите (оние дефинирани како модели на хемиска рамнотежа на маса) бараат познавање на хемискиот профил и на емисиите на сите извори на областа и на воздухот на рецепторот (односно, погодената локација). Други модели (наведени како главни компоненти и анализи на фактори) не бараат априори познавање на изворни профили. Апликацијата од овие модели даде широк спектар на резултати за придонесот на моторните возила во загадувањето на околината, во зависност од моделот, локацијата на мониторинг локациите и други присутни извори. Во градови во САД, резултатите покажуваат дека придонесите на моторните возила се движат од **5% во Питсбург**, под услови со многу висок секундарен аеросол, до **49% во Феникс**, Аризона, и **55% во Лос Анџелес**, Калифорнија. Надвор од Соединетите држави, проценката за придонесот на моторни возила во **PM2,5** (PM # 2,5 μm во аеродинамичен дијаметар) се движи од **6% во Пекинг**, Кина, до **53% во Барселона**, Шпанија.

Треба да ја подобрат нашата способност да ја квантифицираме човечката изложеност на емисии од моторни возила, особено на локации со високи концентрации на возила и луѓе. Таква карактеризација бара подобрување на залихи на емисии и поцелосно разбирање на хемиските и физичките трансформации на и во близина на патишта кои можат да произведат токсични гасовити, полу испарливи, и хемиски состојки во фаза на честички.

Оценка на изложеност на сообраќај поврзана со загадување на воздухот

Емисии поврзани со сообраќај придонесуваат за примарни и секундарни локални, урбани и регионални концентрации на загадувачи, наспроти позадината на емитирани слични загадувачи од други извори. Емисии од сообраќајот се главен извор на интраурбана варијација на концентрации на загадувачи на воздухот во многу градови.Така, централните монитори ориентирани кон населението не можат сами по себе ја доловуваат оваа **просторна варијабилност**. Студии кои имаат испитувани градиенти во загадувачи во функција на растојание од прометни патишта, наведоа зони на изложеност за сообраќај на загаденост на воздухот во опсег од **50 до 1500 m** од автопати и главни патишта, во зависност од загадувачот и метеоролошките услови.

Бидејќи не е практично или изводливо да се измерат сите компоненти на мешавина на загадувачки материи во сообраќајот, сурогати поврзани со сообраќајно загадување се користат како разумен компромис за проценка на придонесот на сообраќајни емисии за загадување на амбиентален воздухи за проценка на изложеност на сообраќајот. Сурогатите исто така можат да помогнат во проценка на просторна и временска дистрибуција на загадувањето на околината, поврзана со моторни возила и за ублажување на сообраќајни контролни стратегии.

Две широки категории на сурогати се користени во епидемиолошки студии за да се процени изложеноста во сообраќајот: (1) измерени или моделирани концентрации на сурогати на загадувачи, и (2) директни мерки на самиот сообраќај (како што е близина или растојание на престој до најблизок пат и обем на сообраќај во тампон).

Најчесто користените сурогати со загадувачи од сообраќајот вклучуваат CO, NO2, елементарен јаглерод (EC; или црн јаглерод [BC] или црн чад [BS]), PM, бензен и ултрафини честички (UFP). Моделите на изложеност вклучуваат геостатистичка интерполација, регресија на land-use, дисперзија и хибридни модели (последниве комбинираат податоци за временска активност, лични мерења и модели). Тие вклучуваат бројни параметри (како што се метеоролошки променливи, податоци за land-use,податоци за сообраќајот и податоци за следење или стапки на емисии во зависност на моделот) и може да го подобри просторното претставување на локално влијание на сообраќајот во позадина на регионални и урбани концентрации. Сепак, точноста на влезовите е од клучно значење за корисноста на секој даден модел.

Факторите кои влијаат на амбиентални концентрации на сурогат загадувач од сообраќајот се поврзани со шеми на време-активност, метеоролошки услови, волумен и тип на возило, модели на возење, користење на земјишни обрасци, брзина со која се случуваат хемиски трансформации, и степен до кој временската и просторната дистрибуција на сурогат го одразува изворот на сообраќај.

За да се подобри проценката на изложеност на загадување поврзано со сообраќајот, потенцијално решение е **распоредување на голем број монитори** на места каде што се очекуваа концентрации на загадувачи на воздухот да бидат многу променливи и густината на населеност е висока. Употребата на модели кои инкорпорираат бројни просторни фактори со цел да процени изложеност која е порелевантна за поединечна ситуација со изложеност, исто така може да биде корисна.

Влијанието на емисии на возила се протега надвор од локалната скала до урбани и регионални размери. Она на што се изложени луѓето е под влијание на нивна близина до изворите, присуство на други амбиентални или микроеколошки извори и шеми на време-активност. Ако, како што сугерираат доказите, **групи со понизок социо-економски статус доживуваат повисока изложеност** од групи со **повисок социо-економски статус**, ова заслужува да се земе предвид при толкување на епидемиолошки наоди и во идни регулаторни дејствија.

Врз основа на синтеза на најдобри достапни докази, студии идентификуваат зона на изложеност во опсег до **300** до **500 m** од автопат или главен пат како област која е најмногу погодена од сообраќајни емисии (опсегот го одразува променливото влијание на концентрации на загадување во позадина, метеоролошки услови, и сезона) и се проценува дека 30% до 45% од луѓето кои живеат во големи северно-американски градови живеат во такви зони.

8. Прочистување на воздухот поради климатските промени: како заедничките придобивки од квалитетот на воздухот може да помогнат да се поттикне климатска акција

Климатските промени и загадувањето на воздухот го загрозуваат човекот, животната средина и економското здравје ширум светот, но поврзаноста помеѓу овие две кризи е многу подлабока отколку што првично се гледа. Неодамнешни истражувања покажаа синергетска врска помеѓу намалување на загадување на воздухот и ублажување на климатските промени. Предвидувачки модели на економски придобивки што доаѓаат со политика за животна средина откриваат дека заедничките **придобивки од подобрен квалитет на воздухот** често пати **ги оправдуваат трошоците** за програми за ублажување на климатските промени, дури и пред да се разгледаат климатските и други придобивки од овие политики. Ова откритие отвора неверојатна можност да се изврши притисок за подобрена политика за заштита на животната средина и акција против брзо менување на климата, со придобивки за квалитетот на воздухот кои обезбедуваат локални, непосредни и мерливи придобивки што им се потребни на политичарите за да направат деловен случај за климатска акција.

Состојба на климатските промени денес

Климатските промени се глобална и се поитна криза. Познато е дека емисиите на јаглерод диоксид, кои се зголемуваат поради човекова активност од Индустриската револуција, се значаен придонесувач за зголемување на глобалната температура. Во 2020 година, нивото на јаглерод диоксид достигна рекордни **417** делови на милион (ppm) во мај - овие нивои не беа над 400 ppm во последните

четири милиони години. Рекордни нивои на емисии на јаглерод се забележани од година во година, вклучително и во 2020 година.



Климатските промени повеќе не се апстрактна закана - влијанијата на климатските промени се сè поопипливи и погубни секоја година. Забележано е дека 2020 година е над 1,2 °C потопла од просечната година во 1800-тите, а тоа беше најтопла година во Европа. Овој европски рекорд е врзан со оној од 2016 година, но важно е да се напомене дека 2016 година беше година на Ел Ниньо, каде се очекуваат услови за затоплување. Спротивно на тоа, 2020 година беше година на Ла Ниња во која се очекуваше намалување на глобалните температури - наместо тоа, ја видовме најтоплата година во запишаната историја.

Драстичните временски услови веќе се манифестираат како последица на климатските промени. Покрај рекордниот број на тропски бури и урагани, некои од најголемите шумски пожари во историјата беснееја во Калифорнија и низ западниот дел на Соединетите држави во летото 2020.

Додека климатските промени се монументален и нашироко признат предизвик, загадувањето на воздухот е уште еден глобален предизвик кој добива помалку признание во медиумската и политичката сфера. Како и климатските промени,

загадувањето на воздухот е “невидлив убиец“, кој се проценува дека е одговорен за повеќе од 7 милиони смртни случаи годишно на глобално ниво.

Поврзаност помеѓу квалитетот на воздухот и климатските промени

Променливата клима влијае на глобалниот квалитет на воздухот на различни начини. Покрај зголемувањето на загадувањето на воздухот поврзано со климатските промени, како што е чад од шумски пожари, самиот чин на согорување на фосилни горива и други валкани извори на енергија предизвикуваат зголемени нивои на честички (PM) и други загадувачи во воздухот. PM честичките се директно поврзани со предвремена смртност и претставуваат голем дел од штетните ефекти на загадениот воздух врз здравјето на луѓето. Дури и мал пад на PM честички може да спречи значителен број на предвремени смртни случаи.

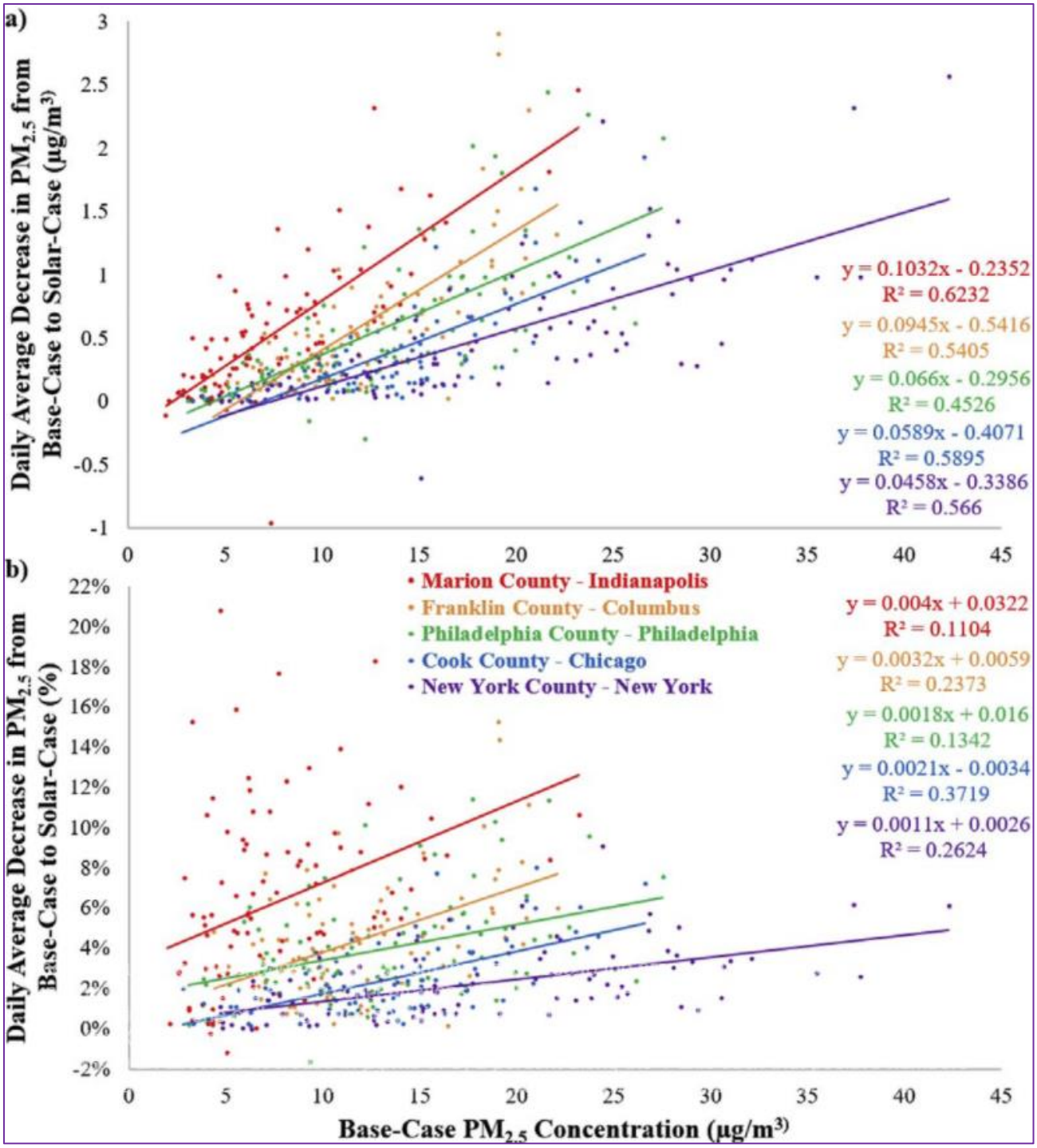
Лошиот квалитет на воздухот и **климатските промени** имаат **синергетски однос** бидејќи споделуваат многу исти причини. На пример, емисиите на јаглерод диоксид од согорувањето на фосилните горива се значаен двигател и на загадувањето на воздухот и на климатските промени преку ослободување на PM честички и ефект на стаклени гасови од апсорбирање на атмосферската топлина. Самите загадувачи на воздухот можат да придонесат за климатските промени со тоа што влијаат на рефлексија или апсорпција на сончевата светлина на површината на Земјата.

Оваа заедништво во причината значи дека многу од истите начини може да се користат и за подобрување на квалитетот на воздухот и за ублажување на климатските промени. Владите можат да спроведат мерки на политиката што ги таргетираат изворите и на стаклени гасови и на емисиите на загадувачи на воздухот.

Ако се земе сончевата енергија на пример - овој извор на енергија со нулта емисија е препознаен како клучен градежен блок за климатско неутрална енергетска инфраструктура. Иако придонесот на соларната енергија за квалитетот на воздухот традиционално не е нагласен, студии покажаа дека амбиенталните концентрации на честички значително ќе се намалат под “**соларно сценарио**“ каде што **17%** од производството на електрична енергија беше заменето со соларни фотоволтаици во источните Соединетите држави.

Стратегиите за обновлива енергија и енергетска ефикасност (RE/EE – Renewable energy and energy efficiency) многу ретко се инкорпорирани во процесот на државниот план за имплементација (SIP - state implementation plan) за управување со квалитетот на воздухот. Ова е изненадувачки со оглед на тоа што широк опсег на стратегии за RE/EE нудат потенцијал за намалување на азотни оксиди (NOX = NO + NO2) од сите фосилни горива и сулфур диоксид (SO2) од јаглен и нафта, како и други регулирани загадувачи. И **NO2 и SO2 се критериумски загадувачи и двете придонесуваат за формирање на фини честички (PM2.5**, или честички помали од **2.5 μm** во аеродинамички дијаметар) преку производство на секундарен нитрат (**NO3-**) и сулфат (**SO4-**). Историското исклучување помеѓу планирањето на RE/EE и проценката на квалитетот на воздухот делумно произлегува од тешкотија во квантифицирање на емисии (кои зависат од EGU специфично гориво, технологија и генерација) и влијанија врз квалитетот на воздухот (кои зависат од атмосферска хемија, временски услови и други извори на емисија). Секое сметководство за влијанијата врз квалитетот на воздухот на енергетската политика бара интеграција на:

- **Модел за испраќање електрична енергија** (за да се пресмета кои единици ќе одговорат на промената на политиката или технологијата).
- **Модел на емисии** (за да се пресмета како промените во производството ќе влијаат на емисиите во воздухот).
- **Атмосферски хемиски модел** (да се пресмета како емисиите ќе реагираат и ќе се дисперзираат во атмосферата).
- **Модел на влијанија врз здравјето** (за пресметување на промените во смртноста и морбидитетот поврзани со промени во изложеност на загаден воздух).



Слика. Студија од 2018 година истражува како би се намалиле ситни честички (PM2,5) и емисии на прекурсори доколку **17%** од производството на електрична енергија се замени со соларни фотоволтаици во источните Соединетите држави (Solar-Case). Просечното намалување на PM2,5 е моделирано според користењето на сончевата енергија. Утврдено е дека сончевата енергија има најголемо намалување на загаденоста на воздухот во денови со најзагаден воздух, а најголемо намалување на PM2,5 има во градови блиску до електрани бидејќи тие ги користат придобивките од размената на согорувањето на фосилни горива за обновливи извори на енергија

Намалувањето на **PM2.5** помеѓу 1980 и 2000 година во САД е поврзано со зголемување на очекуваниот животен век. **Намалување од 10 µg/m3 на годишна изложеност на PM2.5** е поврзано со **зголемување на просечниот животен век од околу 7 месеци** (Pope et al., 2009). Здравствените штети предизвикани од прекурсори PM2.5 и PM2.5 од електроенергетскиот сектор се проценети на 0,14–0,35 $/kWh според националниот просек на САД (Machol и Rizk, 2013). Слично на тоа, здравствените придобивки од намалувањето на емисиите од секторот за електрична енергија во САД беа пресметани на 130,00 $/тон директно емитирани (примарни) PM2.5, 35.000 $/тон емисии прекурсори на SO2 (преку формирање на секундарни PM2.5) и 5200 $/тон емисии на прекурсори на NOX (преку формирање на секундарни PM2.5) (Fann et al., 2012). Поврзана студија на ниво на поединечни постројки за единици за производство на електрична енергија (EGUs) во долниот регион на Големите езера и Средниот Атлантик покажа слични резултати, со здравствени придобивки по тон емисии вреднувани за 130.000 $/тон примарен PM2,5, 28.000 $/тон емисии на прекурсори на SO2 и 16.000 $/тон емисии на прекурсори на NOX (Buonocore et al., 2014). Во 2005 година, секторот за електрична енергија беше најголемиот придонесувач за здравствените влијанија поврзани со PM2.5, вклучително и до 48.000 предвремени смртни случаи, но тој паѓа на третото место по големина до 2016 година, првенствено поради зголемените контроли (Fann et al., 2013). Високата вредност на здравствени придобивки од намалувања на емисиите е конзистентна со анализите на EPA корист/трошок (https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/benefits-and-costs-clean-air-act),и обезбедуваат основа за опсежни контроли на емисии на електрани што беа спроведени во текот на изминатите неколку децении во САД.

Квантификувањето на квалитетот на воздухот има ко-придобивки од политиката за климатски промени

Повеќе од активности преземени за справување со климатските промени, исто така, доаѓаат со заедничка корист од подобрувањата на квалитетот на воздухот. Освен нивната големина, она што е забележливо за придобивките од квалитетот на воздухот е тоа што тие се непосредни и мерливи.

Придобивките од ублажување на климатските промени се појавуваат долгорочно и нивното мерење значително се потпира на моделирање, додека истовремените придобивки од квалитетот на воздухот често се манифестираат веднаш во форма на подобрено здравје на луѓето и животната средина. Ова може да го направи фокусирањето на придобивки од квалитетот на воздухот политички поефикасно, бидејќи дава можност да се покаже како климатските политики обезбедуваат придобивки што се веднаш релевантни за здравјето на гласачите.

Истражувањата покажаа дека намалувањето на емисии на стаклени гасови истовремено ги забавува климатските промени и го намалува загадувањето на воздухот, спречувајќи милиони предвремени смртни случаи во тој процес.

Здравствените ефекти од почист воздух -- како на пример од локално намалување на **PM2,5** и **азот диоксид** -- може директно да се поврзат со помалку напади на астма, срцеви удари и смртни случаи во непосредна и локална скала. Овие опипливи, локални придобивки може да ги користат политичарите за да ги оправдаат своите акциони планови за климата пред гласачите.

Преклопувањето на изворите на стаклени гасови и локалните емисии на загадувачи на воздухот создава простор за политички мерки за ограничување на глобалното затоплување и истовремено подобрување на квалитетот на воздухот.

9. Реализирање на практично истражување

Во лабораторијата за научни истражувања на Меѓународен Славјански универзитет во Св. Николе реализирав истражување: “Мерење концентрации на загаден воздух (честички PM2.5 и PM10) на урбани локации“. Мерењата ги реализирав со користење на софистицирани сензорски монитори на три (3) урбани локации во градот Скопје и тоа:

- **Локација 1**: Прометна раскрсница во Скопје (во општина Карпош, каде се вкрстуваат булеварите Партизански одреди и 8 Септември).
- **Локација 2**: Трговски центар Лептокарија, во општина Карпош.
- **Локација 3**: Кеј на река Вардар, близу до хотелот Александар Палас, во општина Карпош.

Целта на оваа истражување е да ја потврдам следнава хипотеза:

- Загадувањето на воздухот не е рамномерно распределено. Постојат **жаришта** на загадување каде концентрациите на загаден воздух се неколку пати повисоки од оние што ги покажуваат државните референтни станици.

Мерењата ги реализирав на 31.12.2024 година на овие три (3) локации. Мерени се концентрации на PM2.5 и PM10 честички во период од 07.00 часот наутро до 24.00 часот навечер, во интервали од 30 минути. Добиените податоци, преку **Data transfer** се пренесени на персонален компјутер каде се реализирани анализи на податоци со визуелизирани графички прикази. Направени се споредбени анализи на добиените измерени податоци за трите локации. Анализите ја потврдија мојата хипотеза дека загадувањето на воздухот не е рамномерно распоредено и дека постојат жаришта на загадување

На 31.12.2024 година, државната референтна станица во општина Карпош ги покажуваше следните концентрации:

- **PM2.5**: Од 25 до 65 µg/m3.
- **RM10**: Од 43 до 122 µg/m3.

9.1 Реализирани анализи

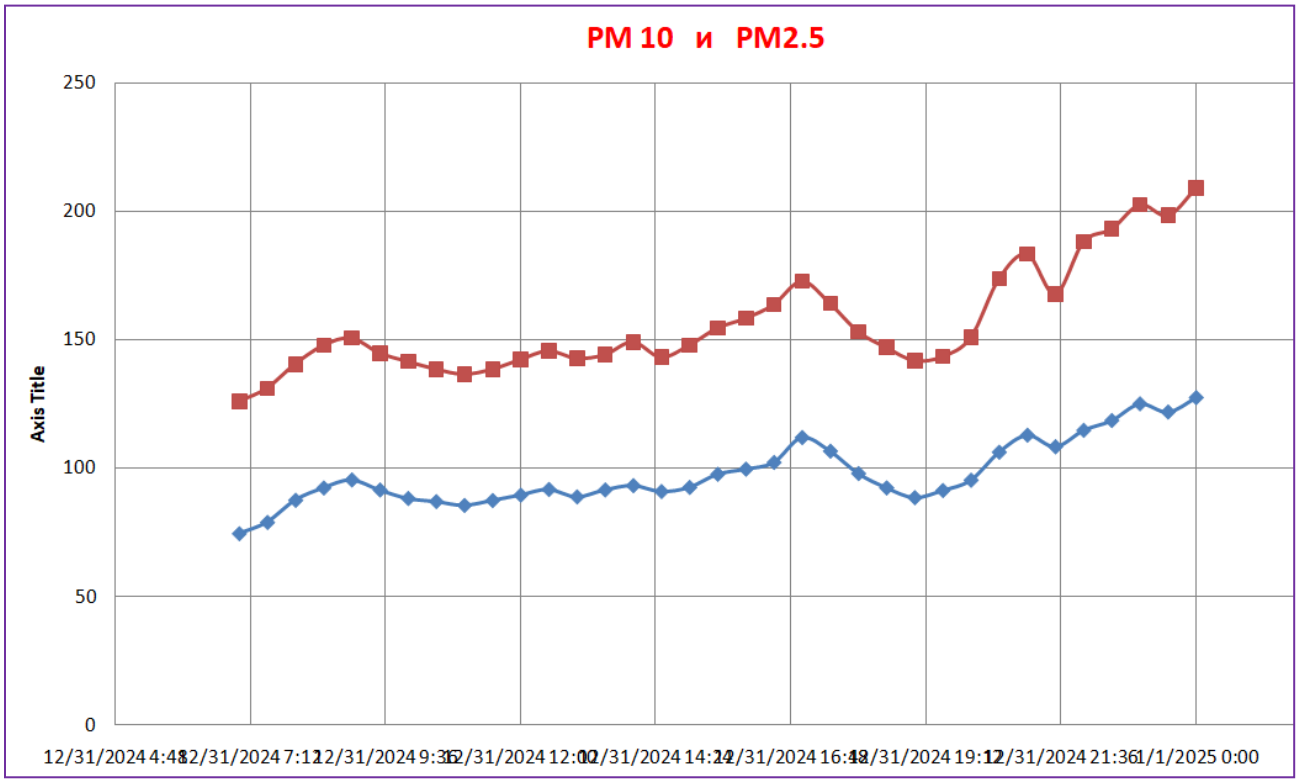
a) Концентрации на PM2.5 и PM10 на локација прометна Раскрсница во општина Карпош.

На слика 1 се прикажани концентрации на загадувачи во воздухот на честички PM2.5 и PM10. Графиконот покажува како се менува нивото на загадување во текот на целиот ден (од 07.00 до 24.00 часот – во 30-минутен интервал). Се забележува зголемено ниво во утринските часови (утрински метеж кога има зголемен број на возила – период од 7.30 до 9.00 часот). Зголемено загадување се јавува поради застој на возила (чекање на семафори на раскрсница). Истражувања во повеќе студии покажаа дека: возила чиј мотор работи во мирување (лер состојба) загадуваат двојно повеќе отколку кога се во движење. Исто така состојба запирање – и – тргнување на возила (stop-and-go) испушта повеќе загадувачи во воздухот.

Зголемени концентрации на загадување има во период кога луѓето се враќаат од работа (од 15.00 до 17.00 часот). Овие концентрации се повисоки од утринските бидејќи загадувачите PM2.5 и PM10 **се таложат** на локации каде се создаваат (во услови кога не поостои струење на воздухот – ветер кој ги растерува концентрациите).

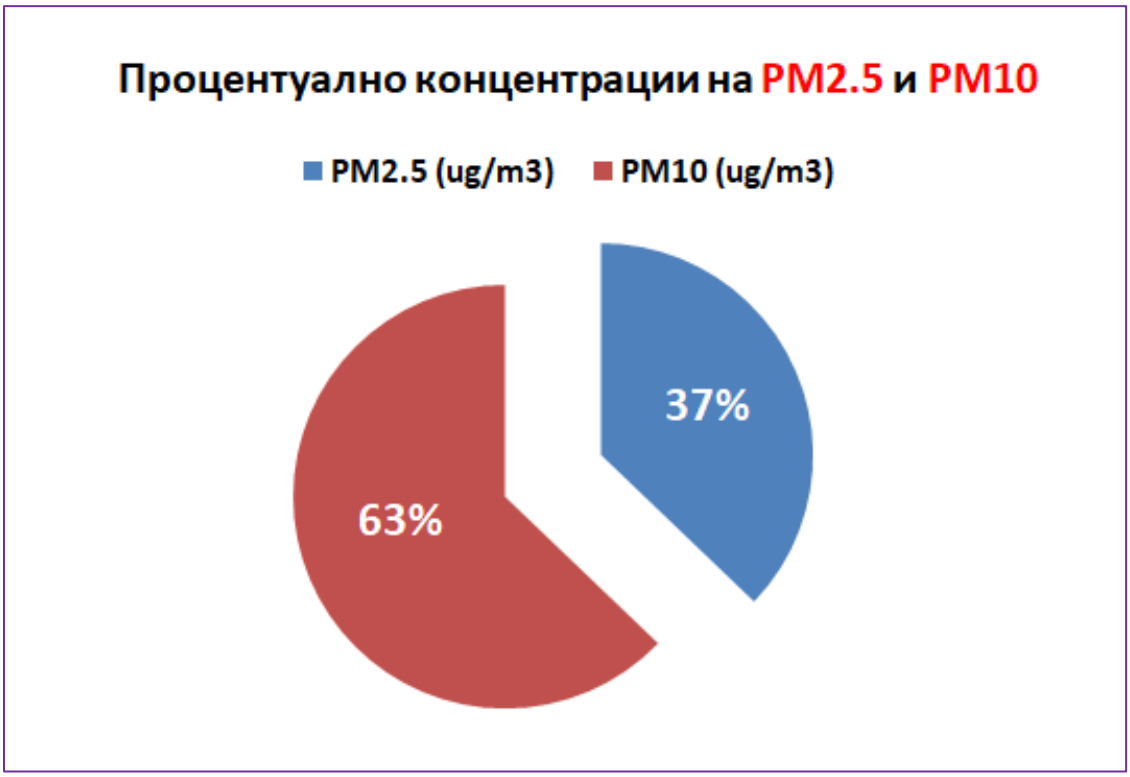
Во попладневните часови се јавува мало намалување на концентрациите поради намален број на возила и застој на раскрсницата. Но во вечерните часови концентрациите значајно се зголемуваат (достигнуваат максимум). Тоа се должи на:

- Дополнително загадување од други извори на загадување: затоплување на домакинства, затоплување на институции (болници, клиники кои се во близина на раскрсницата).
- Градежништво: во близина на раскрсницата се гради висока зграда (работниците работат до доцна навечер).
- Background концентрации: Загадување кое доаѓа од други подалечни извори на загадување.



Слика 1. Концентрации на PM2.5 и PM10 на Локација 1

На слика 2 е прикажано просечно ниво на вредности (во %) на концентрации на PM2.5 и PM10. Честичките PM содржат честички кои се помали од 10 микрограми (тие ги содржат и честичките PM2.5). Денес во светот главно се мерат концентрации на PM2.5, бидејќи тие се најопасни за здравјето на луѓето. Поради својата големина тие влегуваат длабоко во белите дробови (во долниот респираторен тракт), стигнуваат до алвеолите (таму се врши размена на кислород и јаглерод диоксид од крвта), и влегуваат во крвотокот. Од таму одат во сите органи на човечкото тело. А овие ситни честички со себе носат бактеррии, вируси, опасни метали, канцерогени загадувачи, прашина, грини, полен, спори на мувла и други кои се исклучително опасни за здравјето на луѓето, особено младите деца чии органи се во развој.



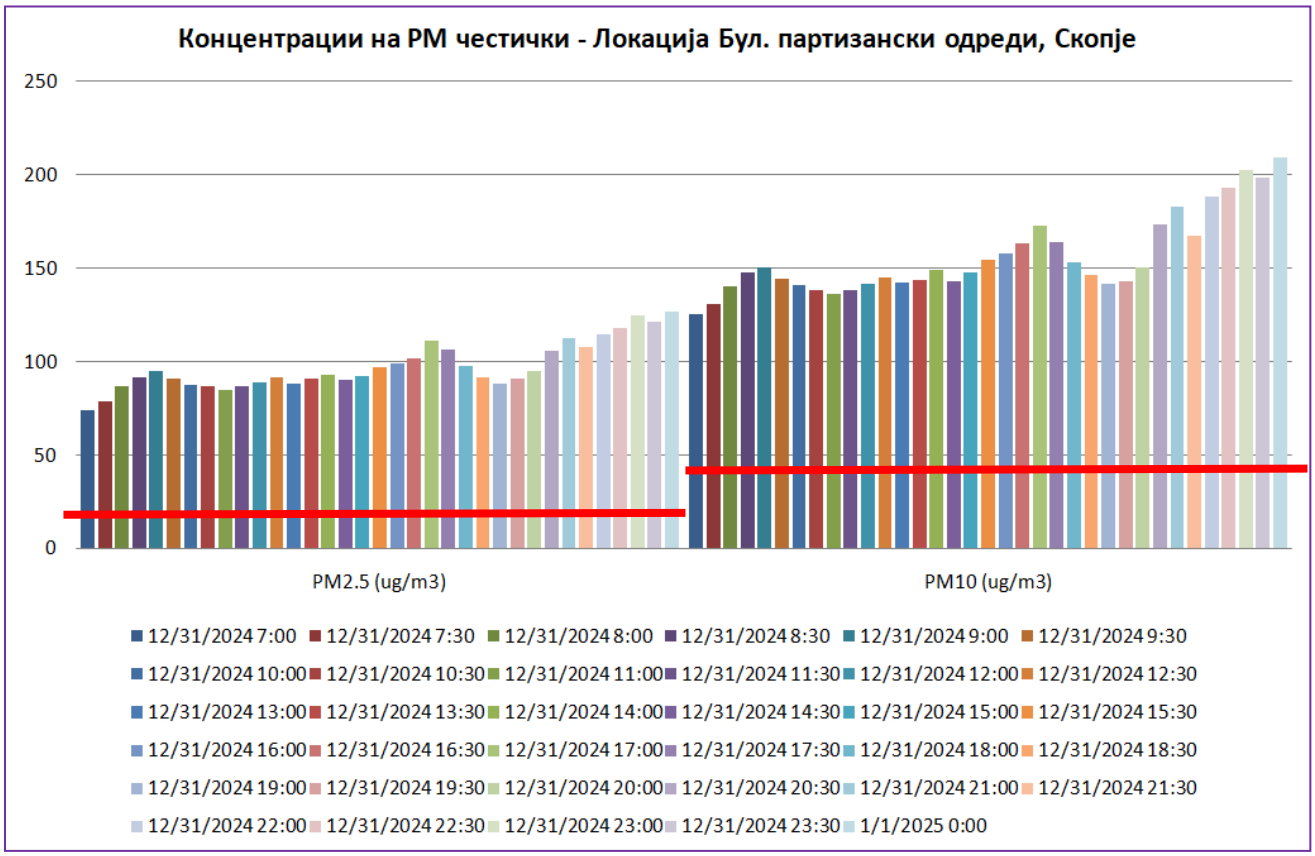
Слика 2. Вредности на концентрации на PM2.5 и PM10

На слика 3 се прикажани концентрации на PM2.5 и PM10 со користење на столбест графикон, каде секоја боја покажува за кое време од денот се однесува соодветното ниво на загадување. Може да се забележи дека измерените концен-

трации се значително повисоки од просечни дневни концентрации на PM честички, препорачани од Светска здравствена организација (2021 година).

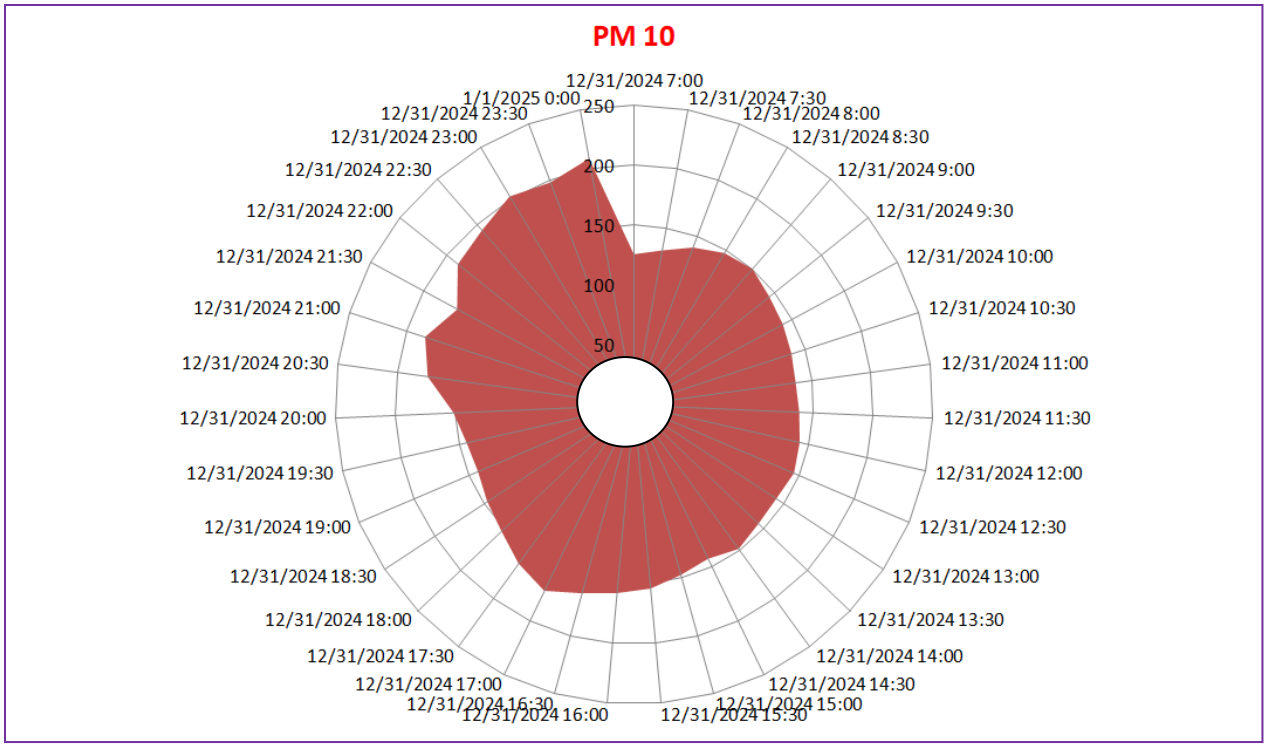
- Просечна дневна концентрација на PM2.5: **15 µg/m3**.
- Просечна дневна концентрација на PM10: **45 µg/m3**.

Црвените хоризонтални линии прикажани на слика 3, го прикажуваат граничното ниво препорачано од СЗО. Се гледа дека измерените концентрации се неколку пати поголеми од препорачаните, што е исклучително штетно за здравјето на луѓето.



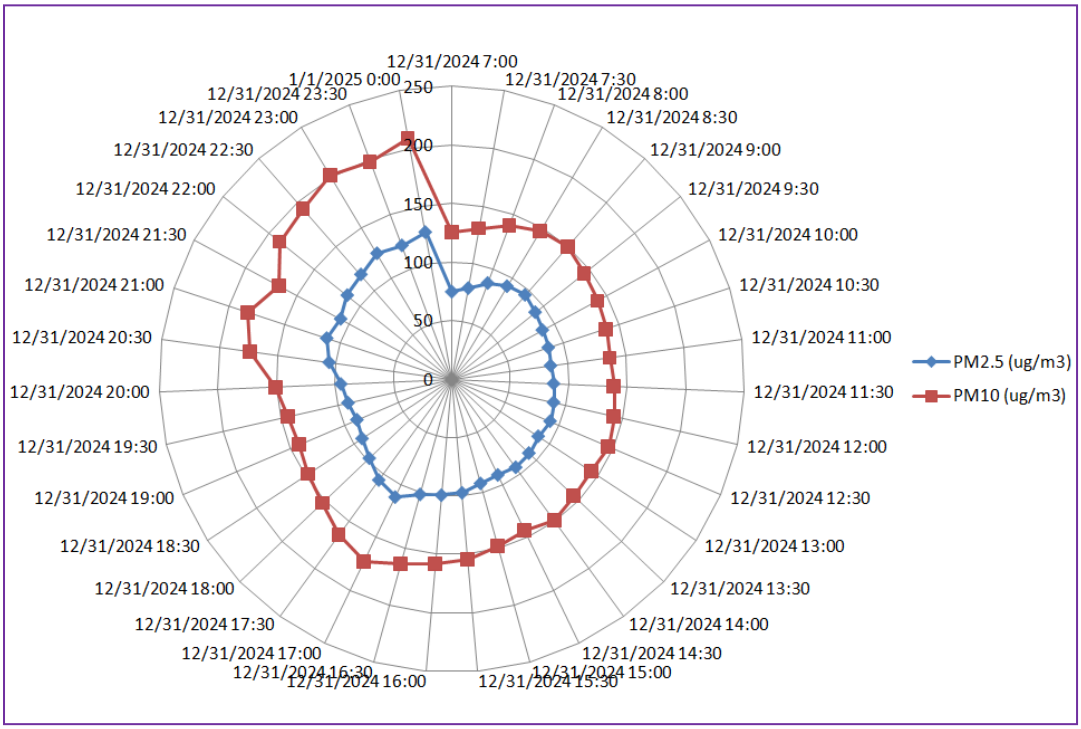
Слика 3. Концентрации на PM2.5 и PM10

На слика 4 е прикажан визуелен графикон (Радар приказ) на концентрации на PM10 честички. **Белиот круг** ги опфаќа концентрациите кои се препорачани од СЗО (просечни дневни концентрации). Се забележува дека измерените концентрации се неколку пати повисоки од препорачаните.



Слика 4. Графикон на PM10 – пречекорени концентрации

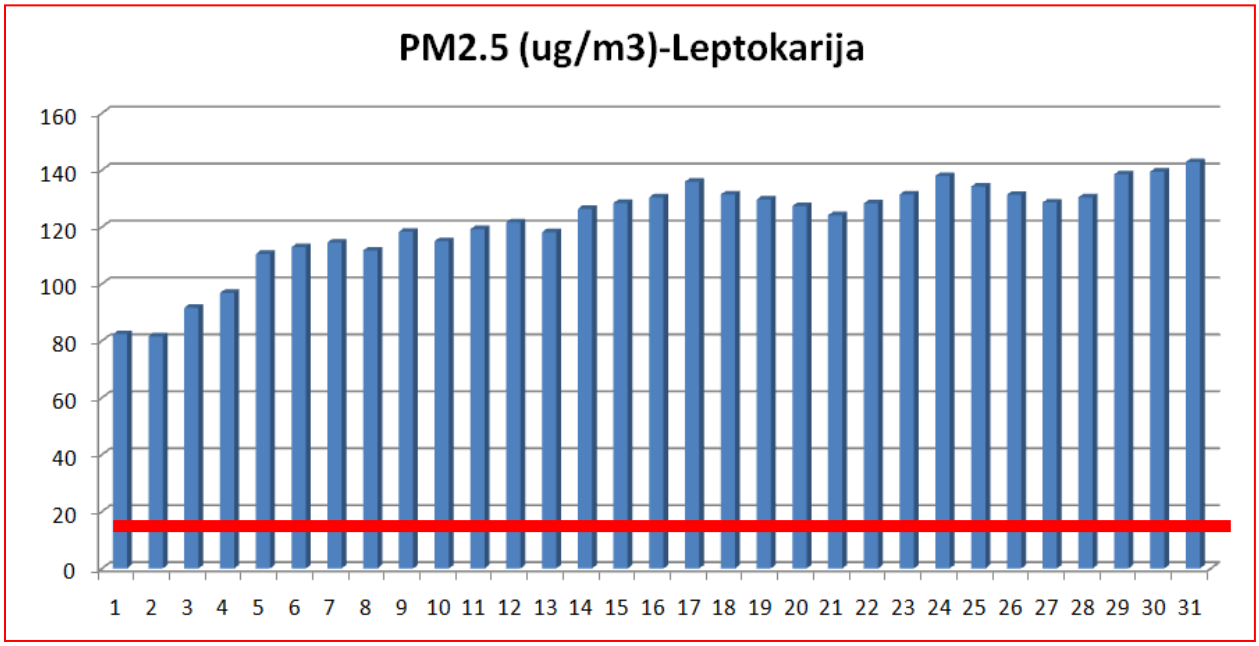
На слика 5 е прикажан радарски графикон на концентрации на PM2.5 и PM10.



Слика 5. Радар графикон на PM2.5 и PM10

b) Концентрации на PM2.5 и PM10 на локација Трговски центар Лептокарија во општина Карпош.

На слика 6 е прикажан графикон на концентрации на загадувачи на PM2.5 во воздухот на Локација 2. Се забележува како се движат концентрациите во текот на денот. Во попладневните и вечерните часови концентрациите се највисоки – има таложење на загаден воздух во простор кој е затворен со згради и каде воздушно струење е минимално. Концентрациите во текот на целиот ден се енормно високи, неколку пати над препорачаните вредности од СЗО (црвена хоризонтална линија).

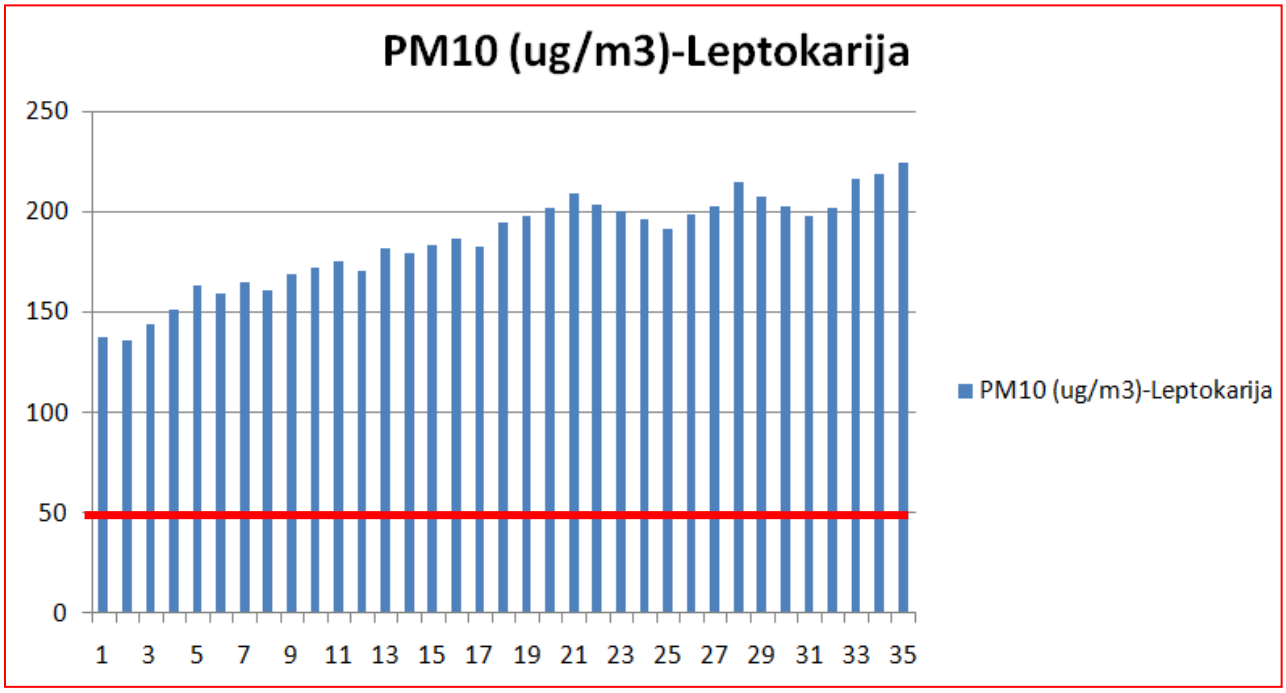


Слика 6. Концентрации на PM2.5

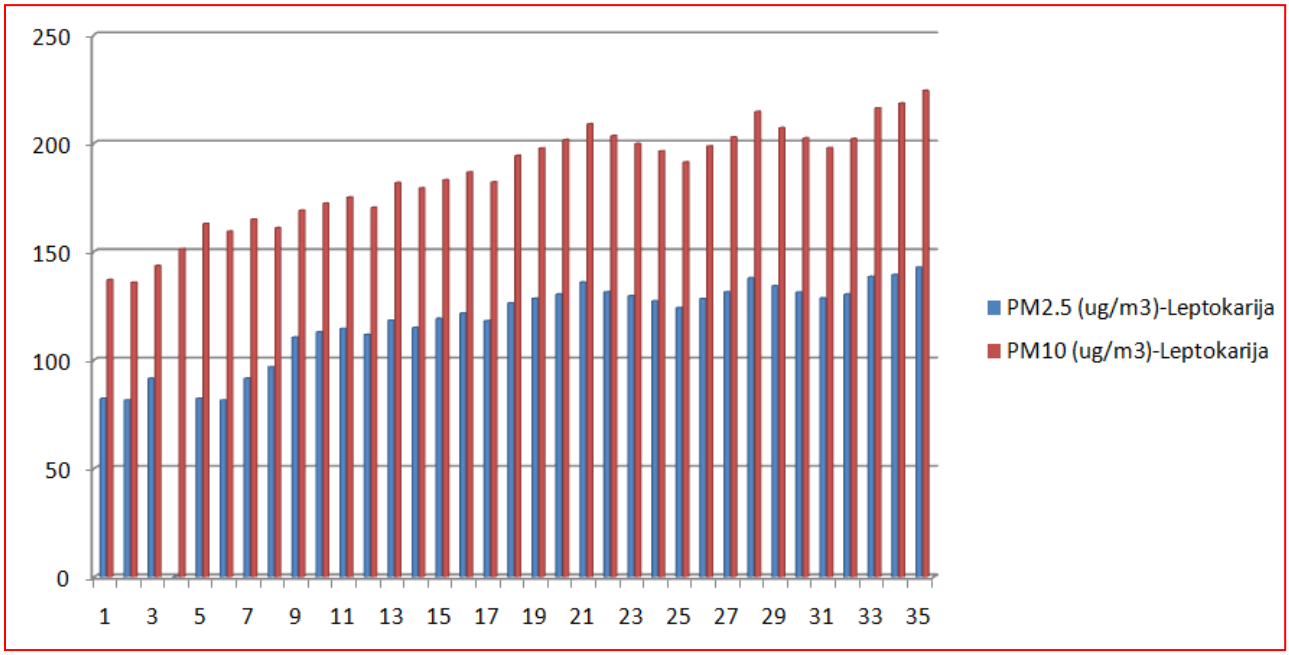
На слика 7 е даден визуелен графички приказ на концентрации на PM10 честички во воздухот на Локација 2, во интервал од 07.00 до 24.00 часот. Концентрациите се високи, неколку пати над препорачаните од СЗО. Највисоки концентрации се во попладневните и вечерните часови. **Напомена**: на оваа локација секојдневно има многу мали деца кои се играат на поставени реквизити, и дишат загаден воздух штетен по нивното здравје.

На слика 8 се прикажани концентрации на PM2.5 и PM10 на ист визуелен графикон. Може да се забележи нивото на концентрации во текот на денот. Впеча-

тливо е дека Голем процент (**58.7%) (37% : 63%)** од концентрациите на PM10 честички припаѓа на PM2.5 честички кои се најопасни по здравјето на луѓето.

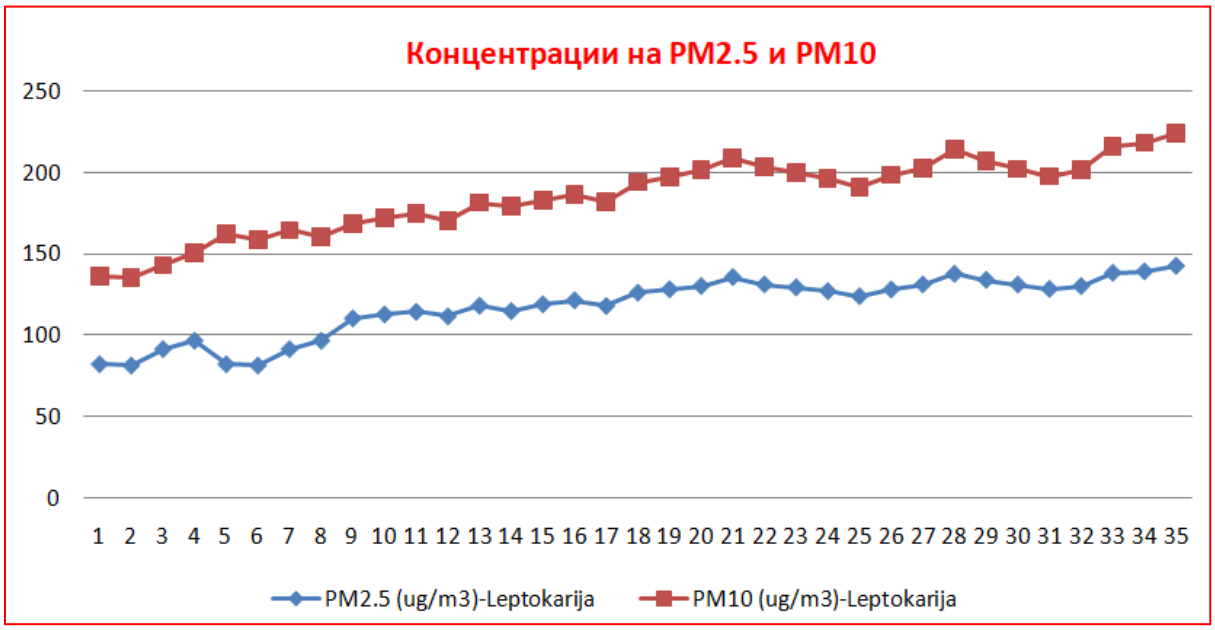


Слика 7. Концентрации на PM10

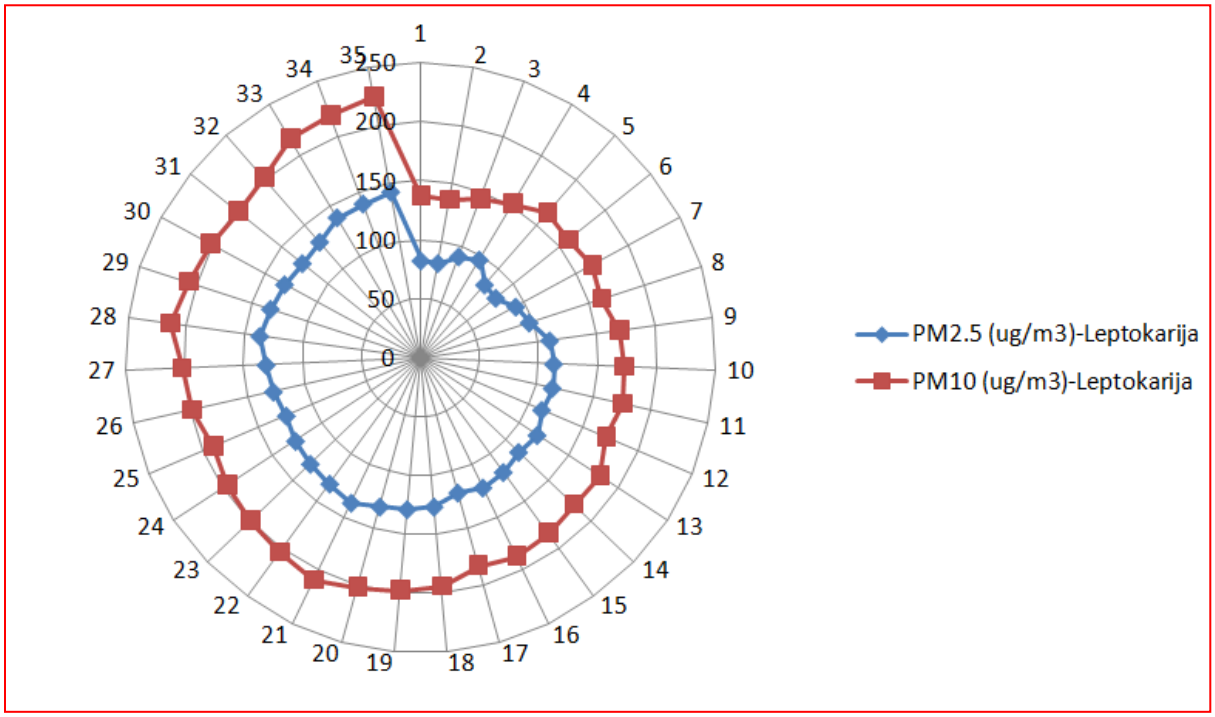


Слика 8. Коонцентрации на PM2.5 и PM10 честички во воздух

На слика 9 е даден визуелен приказ на концентрации на PM2.5 и PM10 на Локација 2. На слика 10 е даден визуелен приказ на истите загадувачи со помош на Радар графички приказ.



Слика 9. Концентрации на PM2.5 и PM10 – линиски графикон

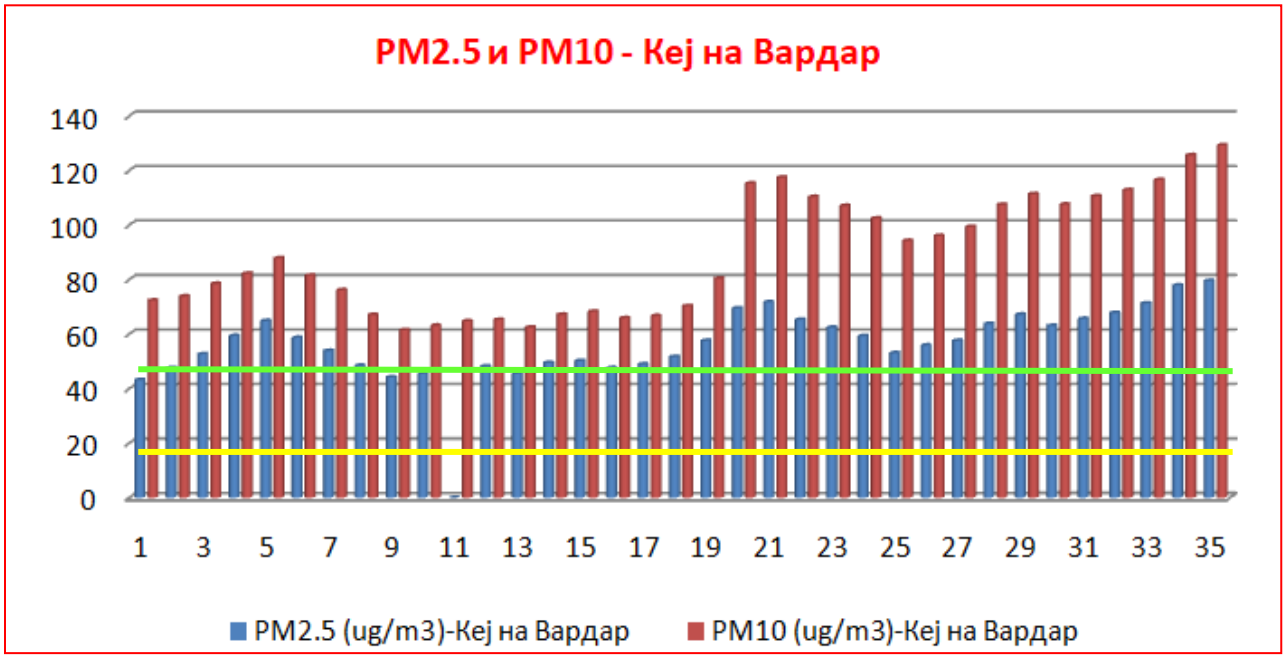


Слика 10. Концентрации на PM2.5 и PM10 – линиски графикон

c) Концентрации на PM2.5 и PM10 на локација Кеј на река Вардар (кај хотел Александар Палас) во општина Карпош.

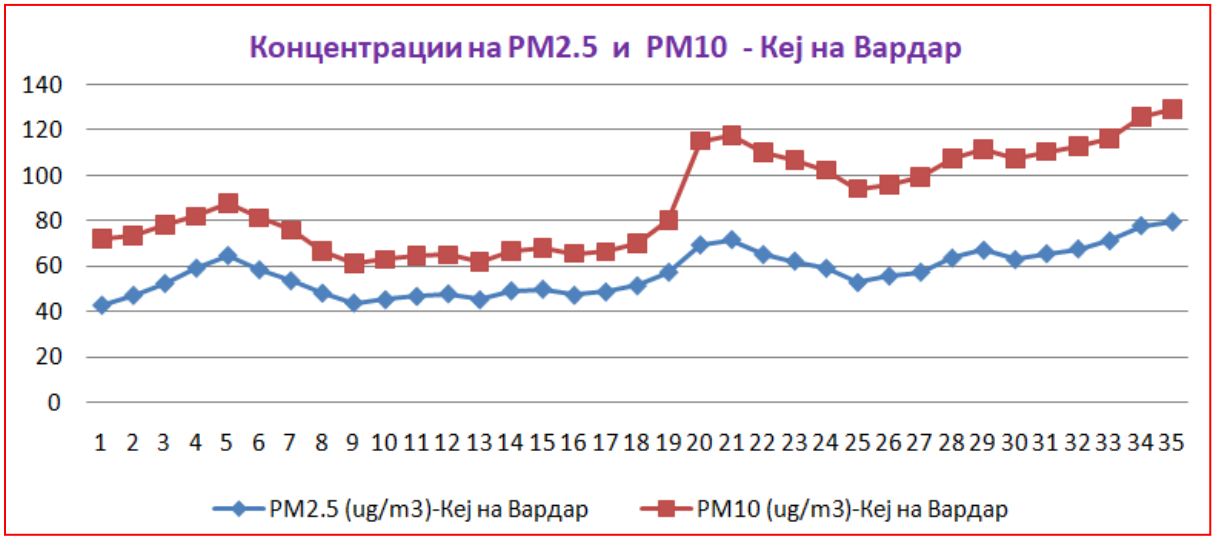
Кејот на реката Вардар е локација каде секојдневно повеќе граѓани на Скопје спортуваат или се релаксираат. Затоа е значајно постојано да се мерат концентрации на PM честички на оваа локација. И поради фактот, кога лицата спортуваат во услови на загаден воздух, има дополнителни штетни ефекти по нивното здравје, поради:

- Дишат побрзо (со повисока фреквенција) што придонесува да внесуваат поголема количина на загаден воздух во нивните бели дробови.
- Дишат повеќе преку уста што го заобиколуваат носот кој е филтер на PM честички (поголеми од 2.5 микрометри).
- Белите дробови се шират што овозможува ситните PM2.5 честички полесно да доаѓаат во долниот респираторен тракт, стигуваат до алвеолите, влегуваат во крвотокот и отаму до сите органи на човечкото тело (вклучувајќи го и мозокот). Ова е особено штетно за мали деца чии органи се во развој.



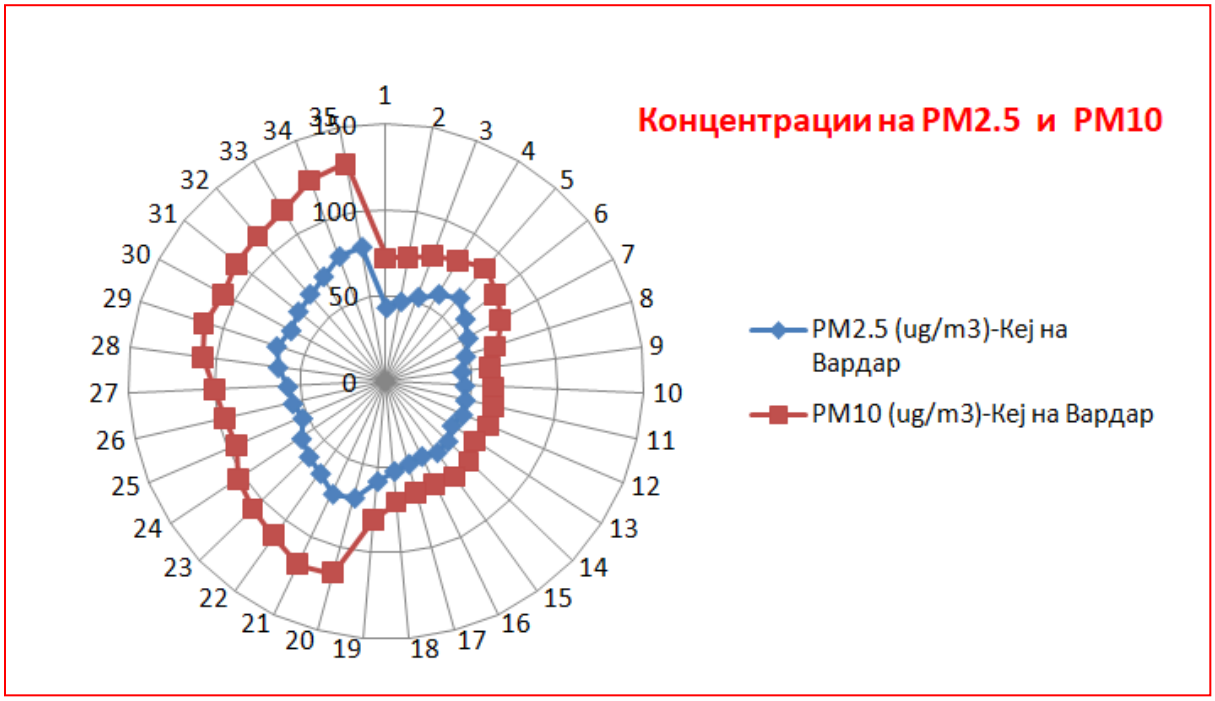
Слика 11. Концентрации на PM2.5 и PM10 честички

Прикажани се гранични линии на препорачани концентрации од СЗО за **PM2.5** и **PM10**, со **жолта** и **зелена** хоризонтална линија, соодветно.



Слика 12. Концентрации на PM2.5 и PM10 честички

На слика 12 и слика 13 се прикажани визуелни графикони на концентрации на **PM2.5** и **PM10** на Локација 3, во два различни стилови на прикажување: **Линиски** и **Радар** приказ.



Слика 13. Концентрации на PM2.5 и PM10 честички

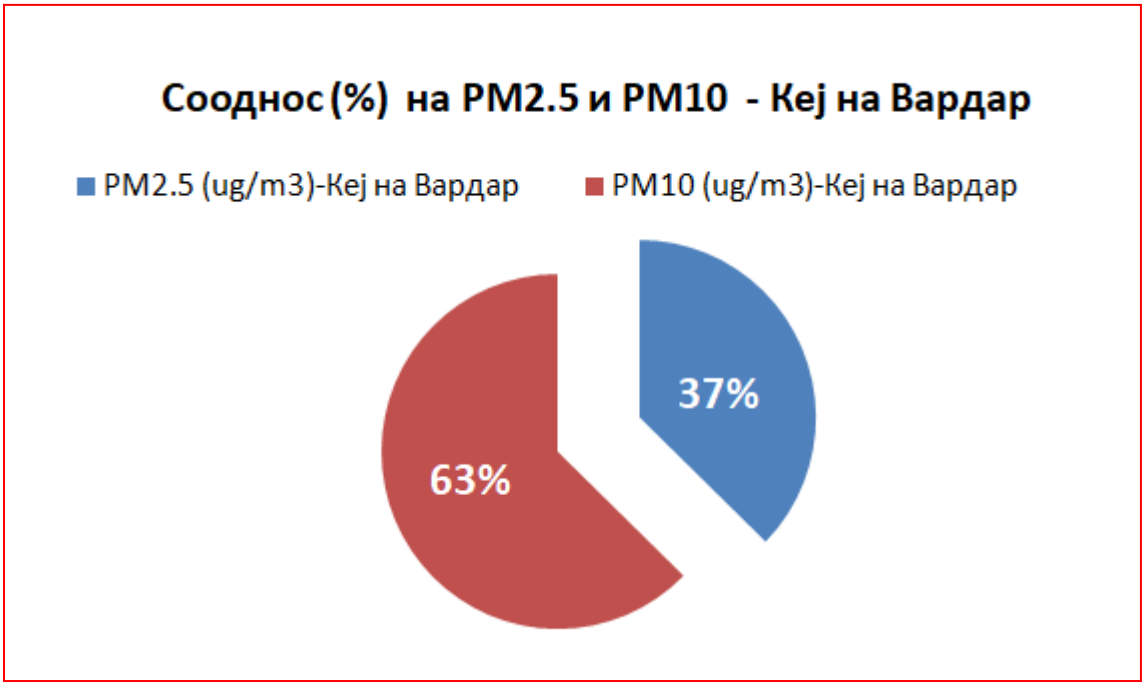
На слика 14 е даден графички приказ на сооднос на концентрации на PM2.5 и PM10 во воздухот. Ова е многу значајно бидејќи поголем процент на PM2.5 честички во воздухот покажува зголемени здравствени ефекти по здравјето на луѓето.

Впечатливо е дека Голем процент (**58.7%) (37% : 63%)** од концентрациите на PM10 честички припаѓа на **PM2.5** честички кои се најопасни по здравјето на луѓето.

Процентот **58.7%** се добива преку следнава пропорција:

37% : 63% = X : 100

X = (100 x 37) : 63 = 58.7%



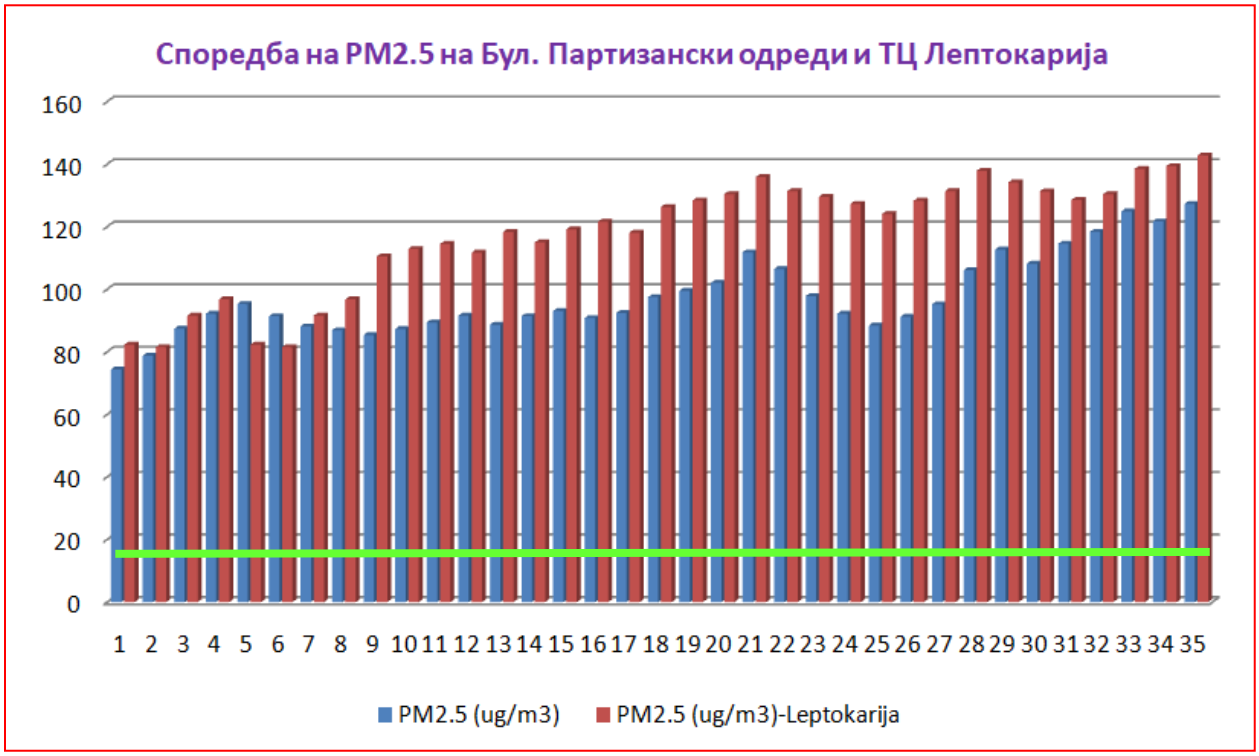
Слика 14. Сооднос на Концентрации на PM2.5 и PM10 честички во воздух

d) Споредба на концентрации на PM2.5 и PM10 на Локација 1 и Локација 2 во градот Скопје.

На слика 15 е прикажан графикон на концентрации на PM2.5 честички на две урбани локации во општина Карпош, Скопје. Се забележува дека концентрациите во ТЦ Лептокарија (растојание 30 до 50 метри од прометен булевар Партизански

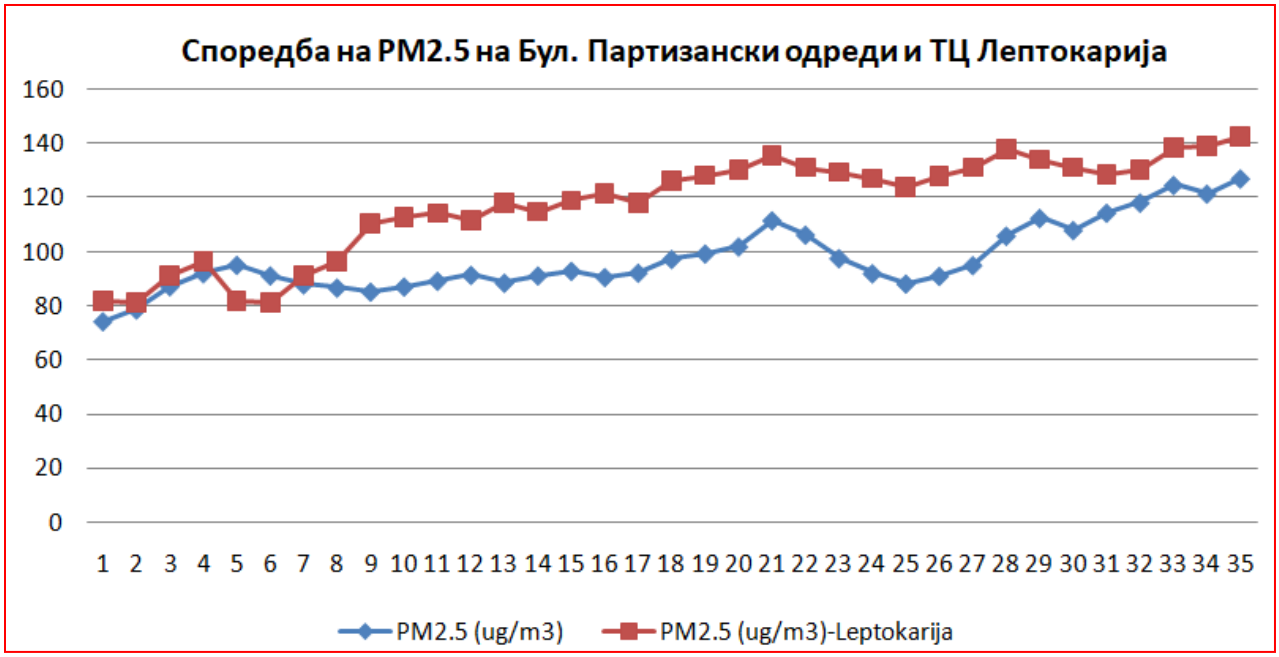
одреди) се значајно повисоки особено од 09.00 часот до 24.00 часот. Ова се должи на неговата близина до прометен булевар и раскрсници, и на неговата затвореност (намалени можности за струење на воздухот). Исто така има повеќе деловни субјекти, особено ресторани кои дополнително го загадуваат воздухот (готвење храна и загревање).

Концентрациите на PM2.5 на овие локации значајно (неколку пати) ги надминуваат концентрациите препорачани од Светска Здравствена Организација (зелена линија – гранична вредност од **15 µg/m^3**).

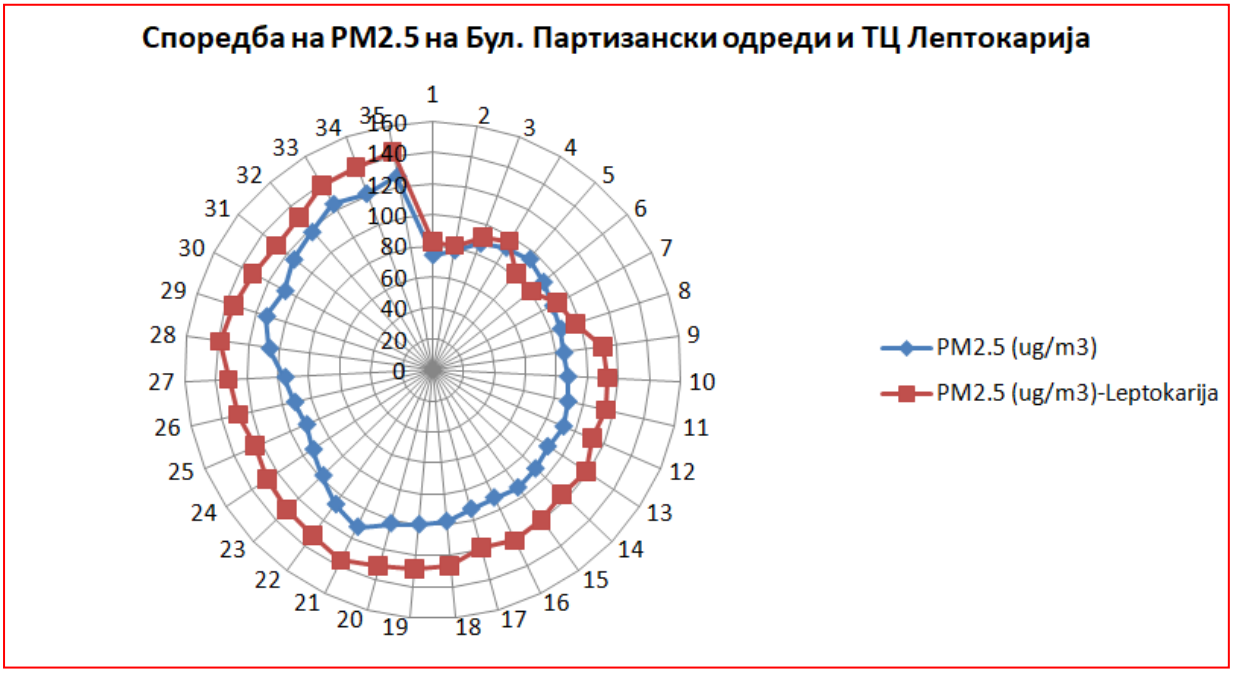


Слика 15. Концентрации на PM2.5 на две урбани локации

На слика 16 е прикажан графикон на линиски распоред на концентрации на PM2.5 честички на две (2) урбани локации во Скопје. Графиконот дава одличен приказ и покажува дека концентрациите во ТЦ Лептокарија се значајно повисоки особено во попладневните часови – тоа е период кога има зголемено присуство на граѓани (и мали деца кои се играат). Ова е значаен индикатор дека граѓаните се изложени на енормно загаден воздух од PM2.5 честички.



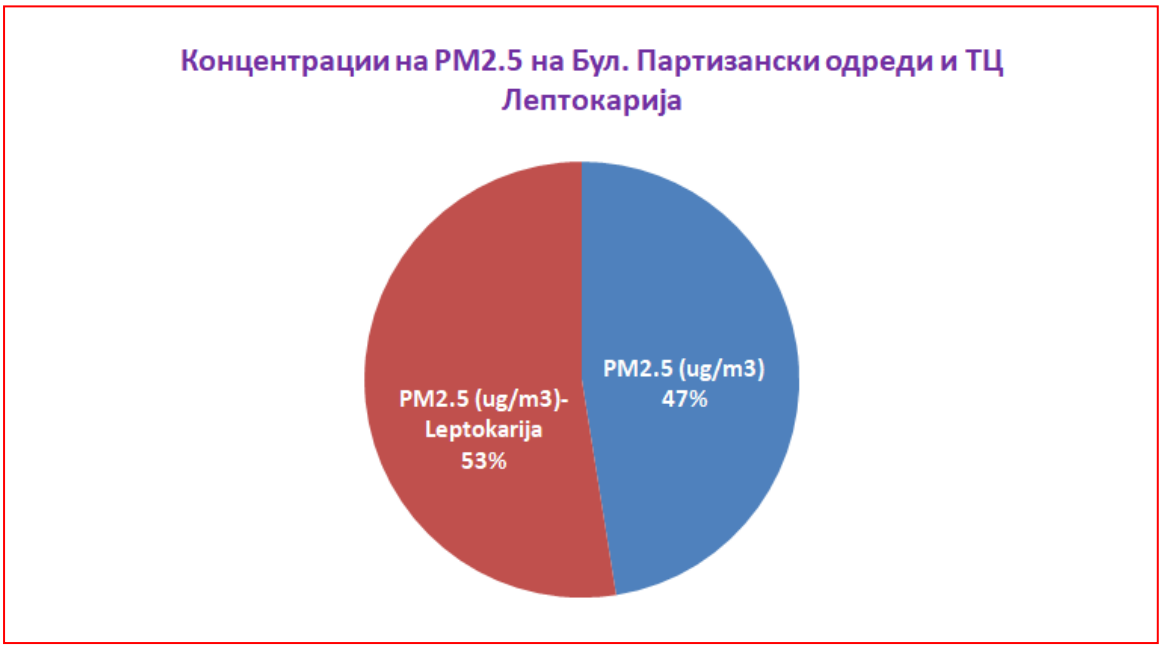
Слика 16. Концентрации на PM2.5 на две урбани локации



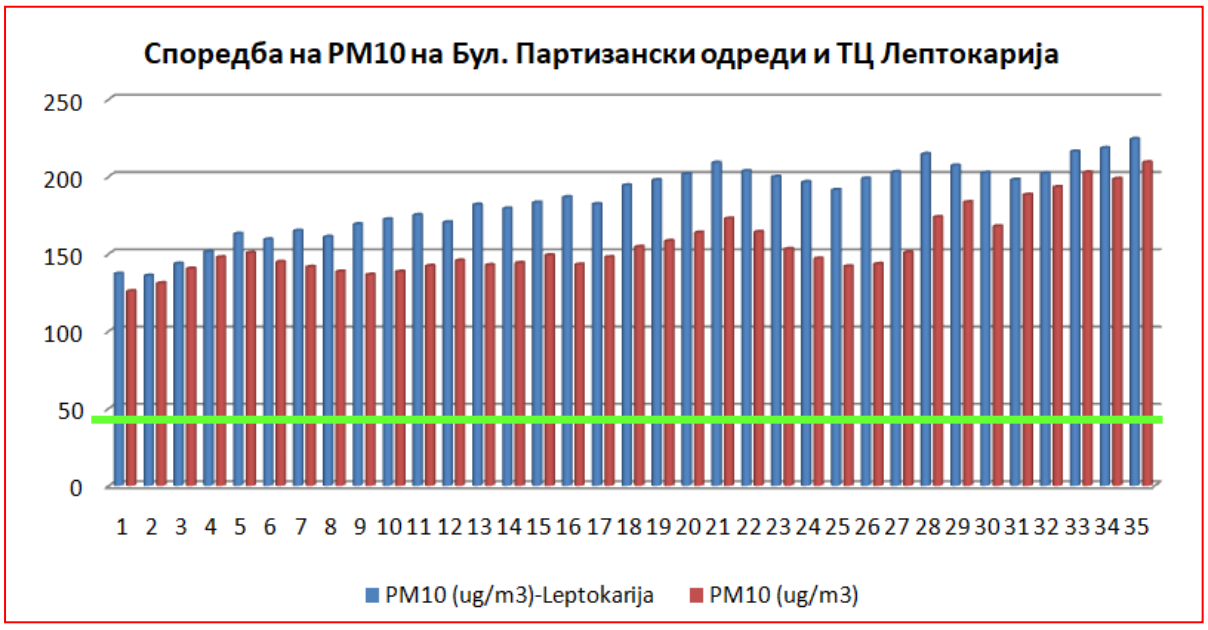
Слика 17. Концентрации на PM2.5 – Радар приказ

Слика 17 дава визуелен приказ на концентрации на PM2.5 (радар стил на прикажување) – споредување на ниво на загаден воздух на Локација 1 и Локација 2, во општина Карпош.

На слика 2 е прикажан графикон каде визуелно е прикажано какво е кумулативното загадување на две урбани локации – сооднос **47% : 53%**.



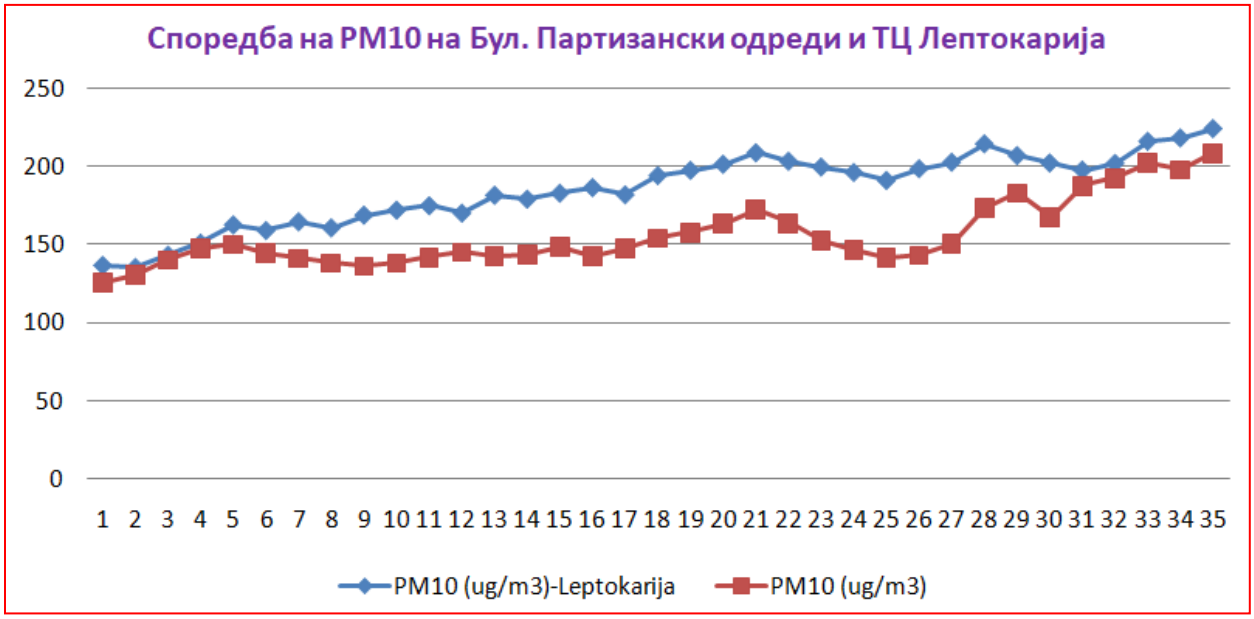
Слика 18. Сооднос (%) на концентрации на PM2.5 на две локации



Слика 19. Концентрации на PM10 на две урбани локации

На слика 19 е прикажан графикон на концентрации на PM10 честички на две урбани локации во општина Карпош, Скопје. Се забележува дека концентрациите во ТЦ Лептокарија се значајно повисоки особено од 09.00 часот до 24.00 часот.

Концентрациите на PM10 на овие локации значајно (неколку пати) ги надминуваат концентрациите препорачани од Светска Здравствена Организација (зелена линија – гранична вредност од **45 µg/m^3**).



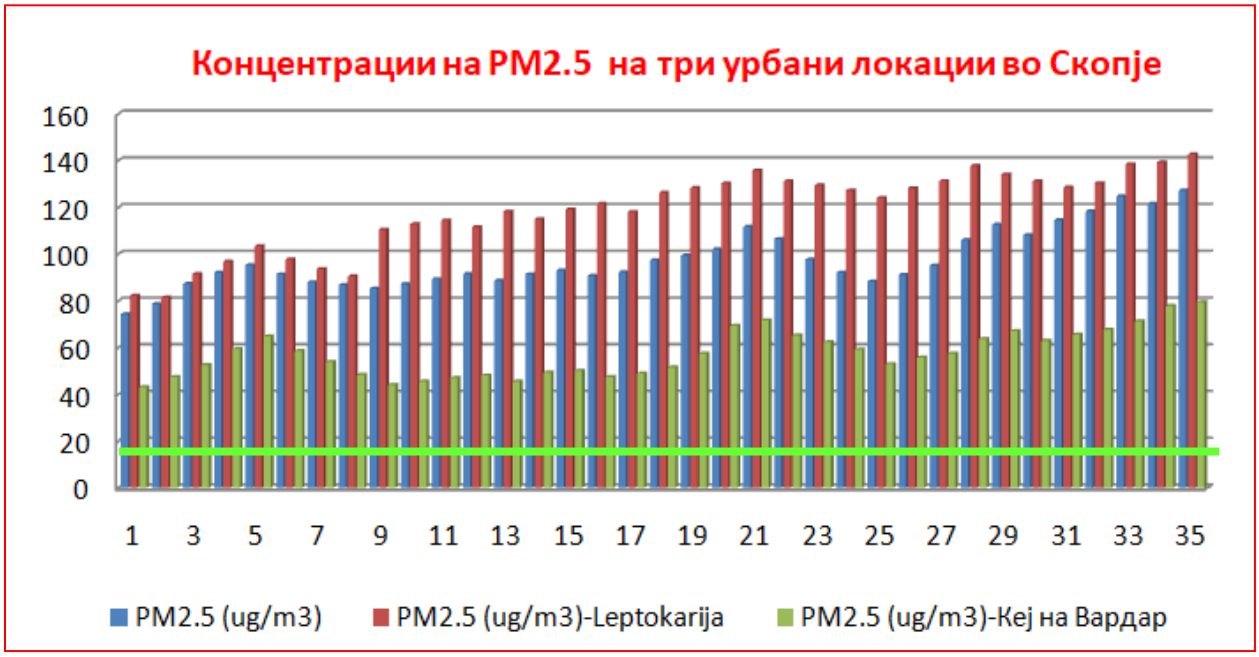
Слика 20. Концентрации на PM10 на две урбани локации

На слика 20 се прикажани концентрации на PM10 честички измерени на две урбани локации. Се забележува дека концентрациите се повисоки на локација ТЦ Лептокарија, особено во попладневните и вечерните часови, кога се таложат концентрации на честички од повеќе извори на загадување.

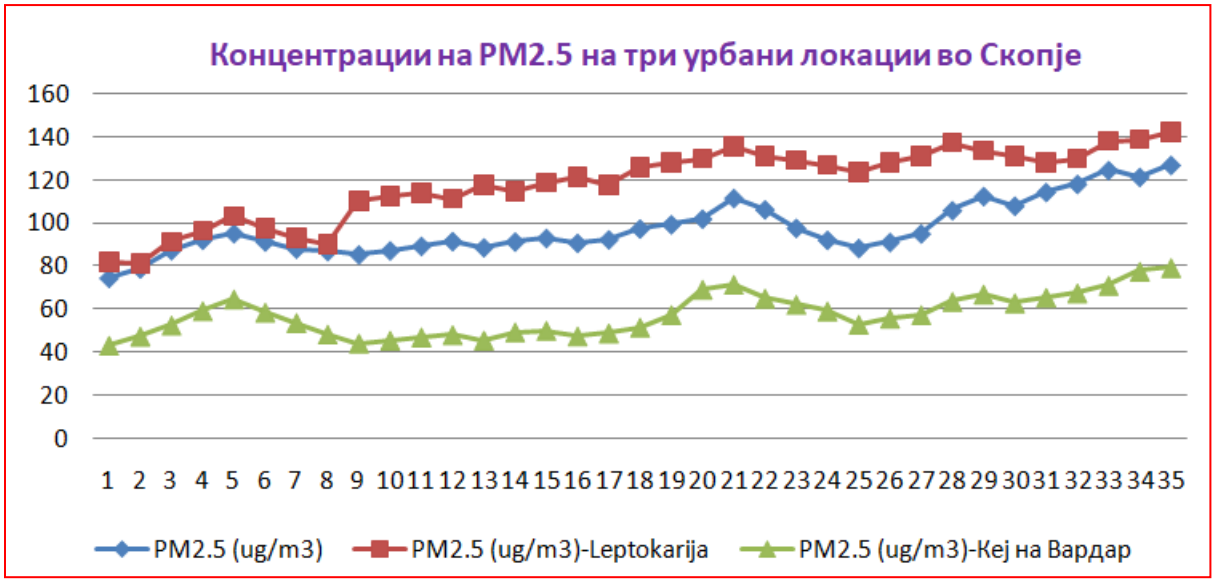
е) Споредба на концентрации на PM2.5 и PM10 на три (3) урбани локации во градот Скопје.

На слика 21 се прикажани концентрации на PM2.5 честички измерени на три (3) различни локации во општина Карпош. Се забележува дека концентрациите се највисоки во ТЦ Лептокарија, нешто пониски се на Булеварот Партизански одреди, а најниски се на Кејот на Вардар. Но, и на трите локации концентрациите се зна-

чајно повисоки од препорачаните вредности на Светска Здравствена Организација. Овој графикон го потврдува фактот дека загадувањето на воздухот не е рамномерно распределено – постојат **жаришта на загадување** (што се случува и на овие три локации во општина Карпош).



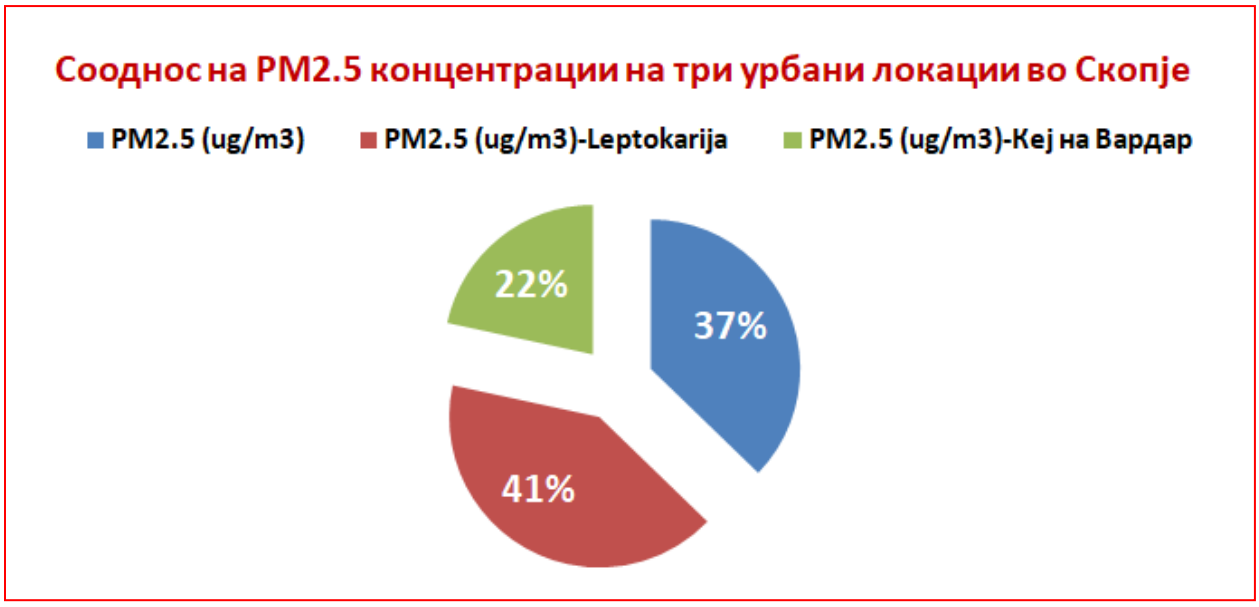
Слика 21. Концентрации на PM2.5 на три урбани локации



Слика 22. Концентрации на PM2.5 на три урбани локации

На слика 22 се прикажани концентрации на PM2.5 честички (линиски графички приказ) на три избрани локации во општина Карпош.

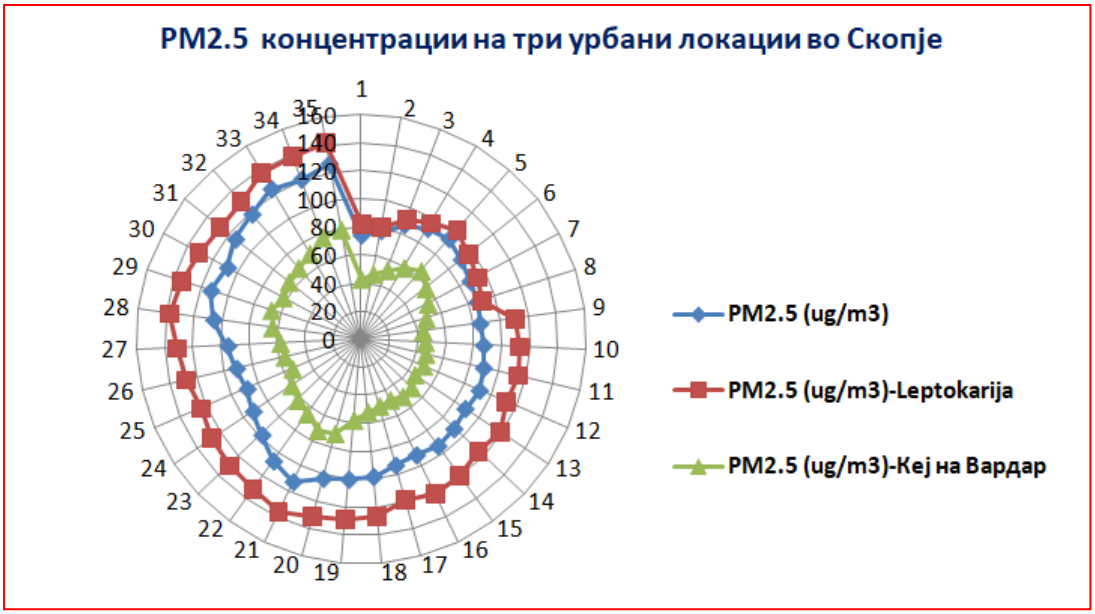
На слика 23 е даден графички приказ за придонесот на PM2.5 на секоја на опсервираните локации. Се забележува дека концентрациите на локација Кеј на Вардар се најниски и значајно отстапуваат од концентрациите на другите апликации. За разлика од овие мерења, Министерството за животна средина на Македонија има само една референтна станица во општина Карпош која објавува само една вредност за концентрации на PM2.5 за целата општина, што е далеку од реалноста. Реалноста е дека постојат жаришта на загадување и многу локации во една општина кои се разликуваат една од друга. И уште повеќе, и временските услови ја диктираат концентрацијата на многу локации. Тоа е динамички процес кој постојано се менува. Затоа е неопходно да постои густа мрежа на загадувачи, т.е мрежа од сензорски монитори со висока просторна и временска резолуција.



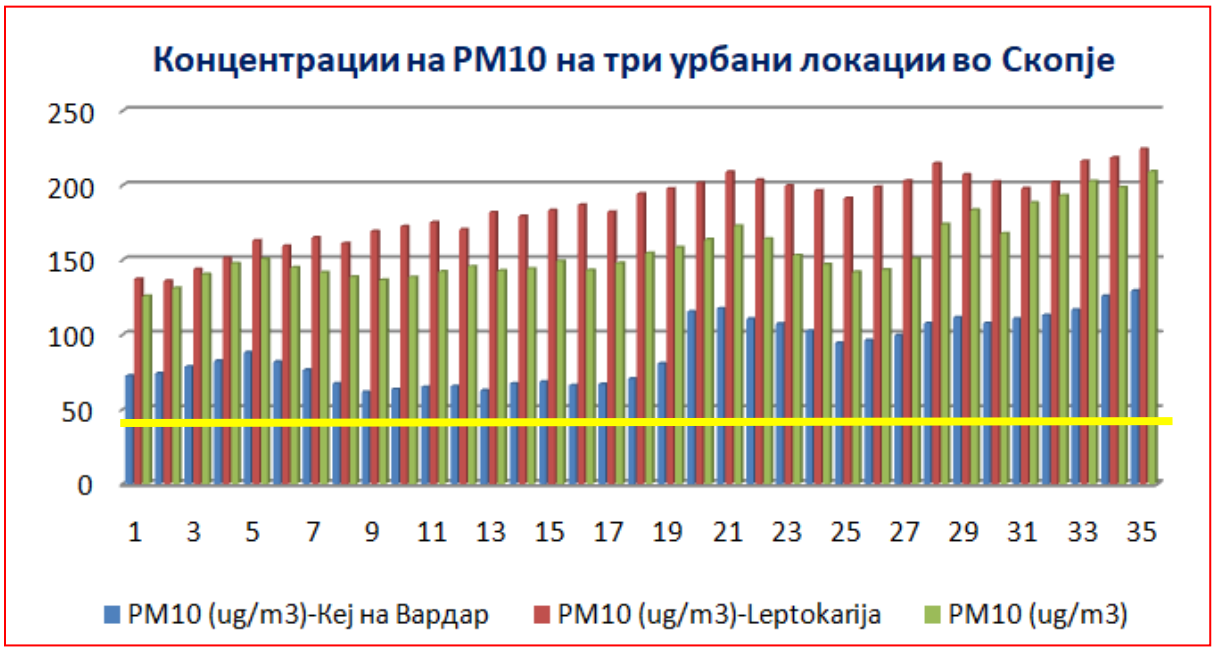
Слика 23. Придонес на PM2.5 на секоја од три анализирани локации

На слика 24 е прикажан графикон Радар за ниво на концентрации на PM2.5 честички на три истражувани локации. Ваквиот визуелен приказ овозможува лесно да се споредуваат концентрации на трите локации во било кое време на мерење.

На слика 25 е претставен столбест дијаграм со мерени концентрации на PM10 честички. Се забележува дека највисоки концентрации има на Локација 1 и Локација 2. На третата локација 3 (Кеј на Вардар) вредностите се значително по-ниски од предходните. Но, и на трите локации концентрациите се повисоки од пре-порачаните од СЗО (гранична жолта линија).

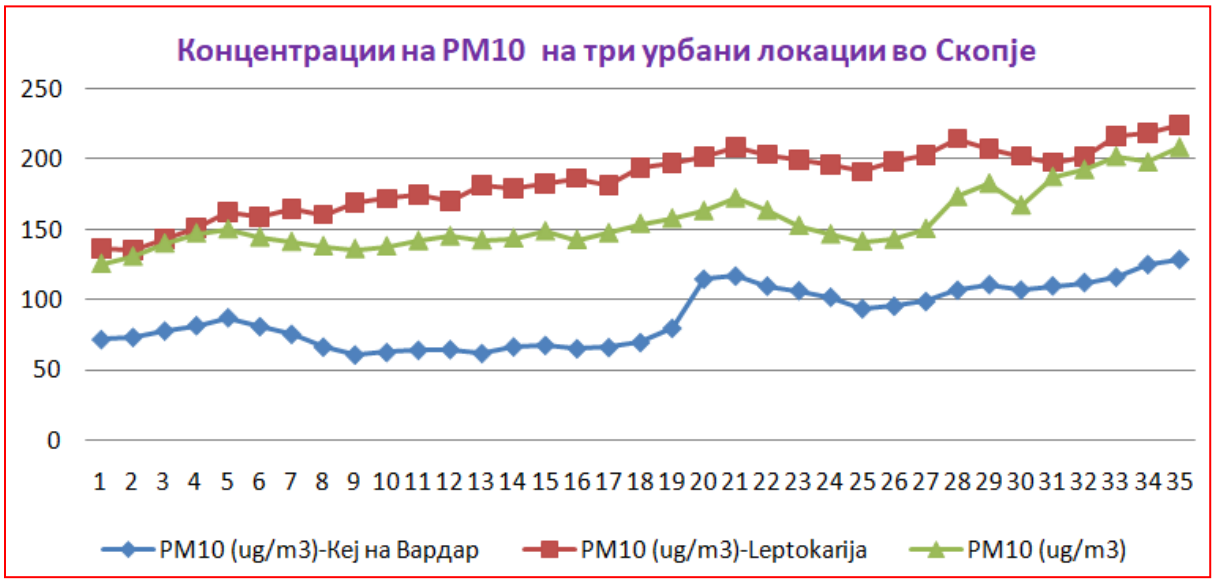


Слика 24. Концентрации на PM2.5 во радар графикон



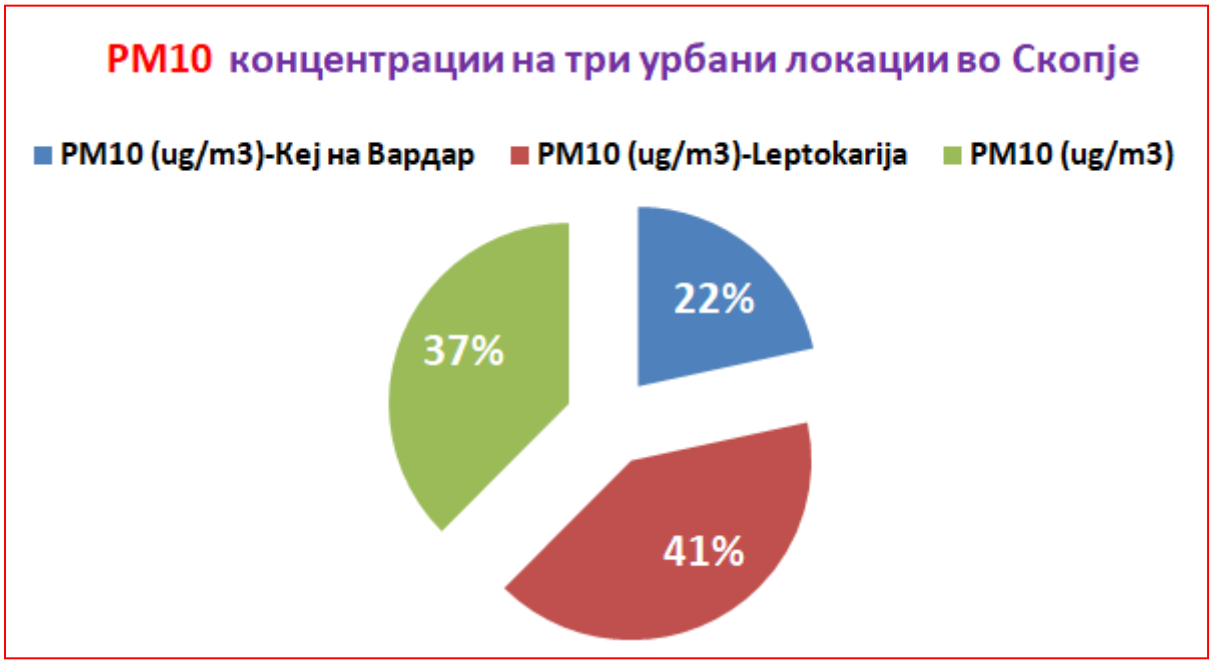
Слика 25. Концентрации на PM10 честички

Слика 26 презентира линиски графикон на концентрации на PM10 честички на трите опсервирани локации во општина Карпош.



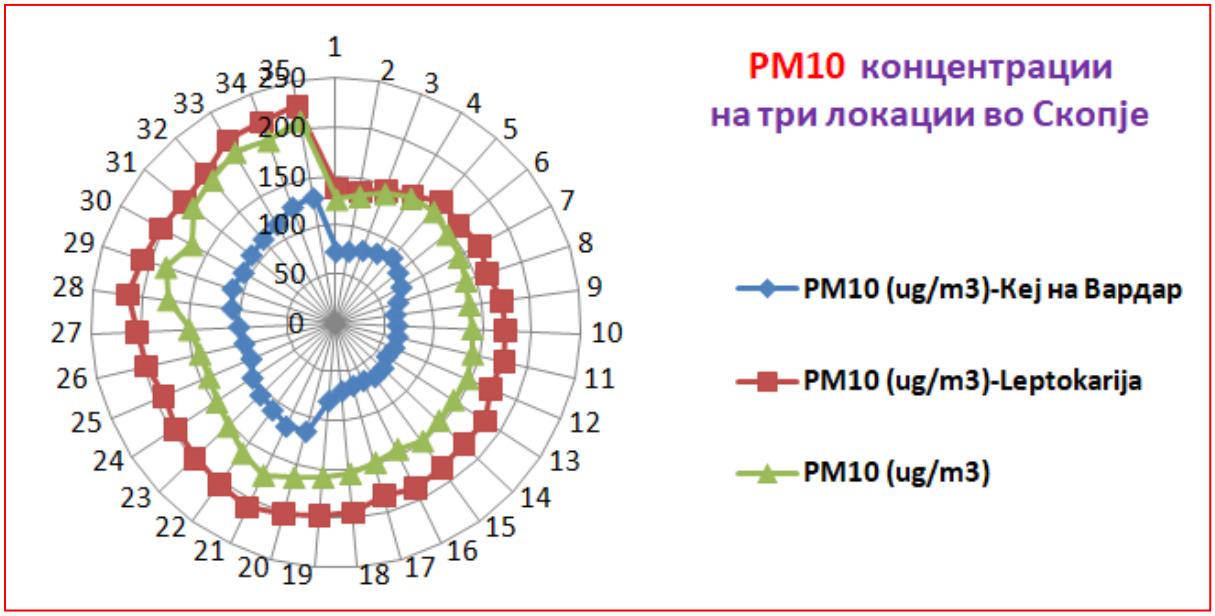
Слика 26. Концентрации на PM10 честички

На слика 27 едаден графички приказ кој покажува процентуален придонес на PM10 на секоја од избраните локации. Се гледа дека придонесот на Кејот на Вардар е значително понизок од другите две локации близу прометен булевар.



Слика 27. Сооднос на ниво на PM10 на три различни локации

На слика 28 е даден радар графикон на концентрации на PM10 честички на три (3) локации во општина Карпош.



Слика 28. Концентрации на PM10 честички

10. Заклучни согледувања

Шумските пожари имаат сериозно влијание врз квалитетот на воздухот и, следствено, врз здравјето на луѓето. Додека штетата од чад од шумски пожари може да варира во зависност од неговиот состав и густина низ одредена област, истражувањата покажуваат дека тој не само што може да има краткорочна штета, туку може и кумулативно негативно влијание врз здравјето на луѓето. Сепак, со препознавање на потребата за следење на квалитетот на воздухот во реално време за собирање податоци и разбирање на изложеноста на загадување за време на шумски пожари, можеме да го заштитиме јавното здравје.

Кога станува збор за влијанијата врз здравјето на луѓето од шумски пожари, **знаењето е наша прва линија на одбрана**. За да ја зајакнеме својата одбрана, значајни се сознанија за влијанието на шумските пожари врз квалитетот на воздухот и, уште поважно, како можеме да обезбедите безбедност за време на овие настани.

Затоа е значајно да стекнеме подлабоко разбирање за квалитетот на воздухот за време на настани од шумски пожари и мерки што можеме да ги преземеме за да ја заштитиме нашата заедница.

Воздухот што го дишеме, и внатре и на отворено, секогаш содржи загадување со честички. Поради нивната мала големина, честичките лесно можат да навлезат во домовите и зградите, зголемувајќи ги концентрациите на честички во затворен простор. За време на шумски пожар или други активности поврзани со согорување, концентрациите на честички може значително да се зголемат во воздухот до тој степен што загадувањето со честички е видливо со голо око.

Поединци со поголем ризик од здравствени ефекти од чад од шумски пожари вклучуваат оние со кардиоваскуларни или респираторни заболувања, постари возрасни лица, деца под 18-годишна возраст, бремени жени, работници на отворено и оние со понизок социо-економски статус. Овие лица кои се изложени на ризик од здравствени ефекти поради чад од шумски пожари треба да бидат загрижени за честичките со дијаметар од 10 микрометри (μm) или помали бидејќи тоа се честички кои обично минуваат низ носот и грлото и влегуваат во белите дробови, а **PM2.5** дури и се префрлаат во циркулацијата (крвотокот). Откако ќе се вдишат, овие честички можат да влијаат на белите дробови и срцето и да предизвикаат сериозни здравствени ефекти. Поголемите честички (> 10 μm во дијаметар) генерално помалку нé загрижуваат, бидејќи тие обично не влегуваат во белите дробови; сепак, тие сè уште можат да ги иритираат очите, носот и грлото.

Значењето на мониторингот на квалитетот на воздухот за време на шумски пожари не може да се потцени. **Не можеме да управуваме со она што не можеме да го измериме** - без да ги знаеме вистинските влијанија врз квалитетот на воздухот од чад од шумски пожари, многу е тешко да се знае точно какви нивои на штетни загадувачи дишат луѓето и како можат безбедно да ја намалат нивната изложеност.

Мониторинг во реално време овозможува и навремена реакција и заштита на јавното здравје. Неопходно е да имаме повеќе точки за следење како дел од хиперлокална мрежа со висока резолуција. Бидејќи концентрацијата на чад од шу-

мски пожар може брзо да се менува за време на пожар, податоците мора често да се собираат.

Луѓето не се подеднакво погодени од настани поврзани со квалитетот на воздухот, како што се шумски пожари, и важно е да се одредат и разберат нивои на загаденост на воздухот што може да ги искусат различни групи околу локацијата на пожарот.

Ова е причина зошто локални податоци со висока резолуција се многу важни - само поседувањето податоци од регионални монитори за квалитетот на воздухот навистина не ни кажува со каква изложеност се соочуваат различни заедници.

Еден клучен чекор е да се има навремени предупредувања доколку квалитетот на воздухот достигне штетно ниво. Со навремени предупредувања, поединци во области со чад од шумски пожари можат да избегнат напорни активности или вежбање на отворено, во некои случаи целосно да излегуваат на отворено и да преземаат други превентивни мерки за да го заштитат своето здравје.

Алатки како што е Индекс за квалитет на воздухот (AQI) исто така може да бидат многу корисни за лесно преведување на значењето на различните нивои на загаденост на воздухот и активности што мора да се избегнуваат поради ризикот.

Честичките PM содржат честички кои се помали од 10 микрограми (тие ги содржат и честичките PM2.5). Денес во светот главно се мерат концентрации на PM2.5, бидејќи тие се најопасни за здравјето на луѓето. Поради својата големина тие влегуваат длабоко во белите дробови (во долниот респираторен тракт), стигнуваат до алвеолите (таму се врши размена на кислород и јаглерод диоксид од крвта), и влегуваат во крвотокот. Од таму одат во сите органи на човечкото тело. А овие ситни честички со себе носат бактеррии, вируси, опасни метали, канцерогени загадувачи, прашина, грини, полен, спори на мувла и други кои се исклучително опасни за здравјето на луѓето, особено младите деца чии органи се во развој

Прилог. Мерени концентрации на PM2.5 и PM10 на локации во општина Карпош.

1	DATE	PM2.5 (ug/m3)-Партизанска	PM2.5 (ug/m3)-Лептокарија	PM10 (ug/m3)-Leptokarija	PM10 (ug/m3)-Партизанска
2	12/31/2024 7:00	74.4	82.3	137.1	125.8
3	12/31/2024 7:30	78.8	81.5	135.8	131
4	12/31/2024 8:00	87.4	91.6	143.6	140.4
5	12/31/2024 8:30	92.2	96.8	151.3	147.7
6	12/31/2024 9:00	95.3	103.6	162.9	150.6
7	12/31/2024 9:30	91.4	97.9	159.3	144.8
8	12/31/2024 10:00	88.1	93.7	164.9	141.5
9	12/31/2024 10:30	86.9	90.6	161	138.5
10	12/31/2024 11:00	85.4	110.5	169.1	136.5
11	12/31/2024 11:30	87.3	112.9	172.3	138.4
12	12/31/2024 12:00	89.4	114.5	175.1	142.2
13	12/31/2024 12:30	91.6	111.7	170.4	145.6
14	12/31/2024 13:00	88.7	118.3	181.8	142.7
15	12/31/2024 13:30	91.4	115	179.3	144.1
16	12/31/2024 14:00	93.1	119.2	183.1	149.1
17	12/31/2024 14:30	90.8	121.6	186.7	143.1
18	12/31/2024 15:00	92.4	118.1	182.1	147.8
19	12/31/2024 15:30	97.5	126.3	194.3	154.5
20	12/31/2024 16:00	99.5	128.4	197.7	158.3
21	12/31/2024 16:30	102.1	130.4	201.6	163.7
22	12/31/2024 17:00	111.8	135.9	208.9	172.8
23	12/31/2024 17:30	106.5	131.4	203.5	164.1
24	12/31/2024 18:00	97.8	129.6	199.8	153.1
25	12/31/2024 18:30	92.2	127.3	196.4	146.9
26	12/31/2024 19:00	88.4	124.1	191.3	141.8
27	12/31/2024 19:30	91.2	128.3	198.7	143.4
28	12/31/2024 20:00	95.2	131.4	202.9	150.9
29	12/31/2024 20:30	106.1	137.9	214.6	173.8
30	12/31/2024 21:00	112.7	134.2	207.1	183.4
31	12/31/2024 21:30	108.2	131.3	202.4	167.8
32	12/31/2024 22:00	114.6	128.6	197.9	188.2
33	12/31/2024 22:30	118.4	130.4	202.1	193.2
34	12/31/2024 23:00	124.9	138.5	216.2	202.7
35	12/31/2024 23:30	121.7	139.4	218.4	198.5
36	1/1/2025 0:00	127.3	142.8	224.3	209.2

ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

1. C40 Cities, “How to implement transit-oriented development”, 2021
2. Eating and Health, “Fixing Stove Hoods To Keep Pollution Out of the Kitchen”, 2013
3. C40 Cities, “How to shift your bus fleet to zero emission by procuring only electric buses”, 2021..
4. National Institute of Environmental Health Sciences, “Flame Retardants”, 2016
5. C40 Cities, “How to build an electric vehicle city: deploying charging infrastructure”, 2021.
6. EWG research, “Test Find Toxic Fire Retardants in Mothers – and even more in Toddlers”, 2014.
7. Environment GO, “Seven Effects of Indoor Air Pollution”, 2022
8. C40 Cities, “How to drive electric vehicle uptake in your city”, 2021.
9. World Health Organization, “Household air pollution”, 2022.
10. C40 Cities, “Why your city should aim for 100% clean energy by 2050”, 2021.
11. Environment GO, “Effects of Fracking on Health and the Environment”, 2022.
12. World Health Organization, “Household air pollution”, 2022.
13. C40 Cities, “How to encourage residents and businesses to install building-scale clean energy”, 2021.
14. C40 Cities, “How to install solar panels on city-owned property and lead by example”, 2021.
15. Daikin, “Вентилација”, https://www.daikin.mk/mk_mk/area-of-expertise/ventilation.html, 2022
16. Creative commons, “Јаглеводород”, 2022.
17. Gavin Schmidt, “Methane: A Scientific Journey from Obscurity to Climate Super-Stardom”, NASA, 2004.
18. Transberg, Bo, Olivier Corradi, “Real-Time Carbon Accounting Method for the European Electricity Markets”, 2019
19. Fisher Juliya, “Energy Density of Coal”, 2003.
20. Science daily, “Infant Inhalation of Ultrafine Air Pollution Linked to Adult Lung Disease”, 2010.
21. American Heart Association, “Evidence growing of air pollution’s link to heart disease”, 2010.
22. EPA, “Air Pollutants”, 2006.
23. Европска агенција за животна средина, “Предвреме починати луѓе во Европа како последица на долгорочно загадување на воздухот”, 2013
24. World Health Organization, “Exposure from Air Pollution in Cities”, 2013.

25. Jesse D Berman, Jesse Burkhardt, “Acute Air Pollution Exposure and the Risk of Violent Behavior in the United States”, 2019.
26. Colorado state university, “Exposure to Air Pollution increases violent crime rates”, 2019.
27. Pei-Fen Kuo, “Analyzing the relationship between air pollution and various types of crime”, 2021.
28. WHO, “Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease”, 2016.
29. Kampa M, Castanas E. “Human health effects of air pollution”, 2008.
30. Shin J, Park JY, Choi J. “Long-term exposure to ambient air pollutants and mental health status”, 2018.
31. Zeng Y, Lin R, Liu L, Liu Y, Li Y. “Ambient air pollution exposure and risk of depression: A systematic review and meta-analysis of observational studies”, 2019.
32. C40 Cities, “How to make public transport an attractive option in your cits”, 2021.
33. Kouchaki M, Desai SD. “Anxious, threatened, and also unethical: How anxiety makes individuals feel threatened and commit unethical acts”, 2015.
34. Malvina Bondy, Sefi Roth, “Crime is in the Air: The Contemporaneous Relationship between Air Pollution and Crime”, 2019.
35. The World Health Organization (WHO), “Air Quality: Health Impacts of Air Pollution”, 2022.
36. C40 Cities, “How to achieve a walking and cycling transformation in your city”, 2021.
37. The World Health Organization (WHO), “BreatheLife2030”, 2022
38. The World Health Organization (WHO), “Six impactful actions cities can take to improve their air quality”, 2022.
39. C40 Cities, “How to drive a modal shift from private vehicles to public transport, walking and cycling”, 2021.
40. C40 Cities, “Why every city needs universal waste collection and safe disposal as the foundation for sustainable waste management”, 2019.
41. ITDP, “Leapfrogging Past the toxic Urban Highway”, 2021
42. C40 Knowledge Hub, “How to set standards and monitor outdoor air quality”, 2022.
43. World Health Organization, “Ambient air pollution”, 2022.