

URBAN PARKS AND THEIR RELATION TO AIR POLLUTION

P. Savov, N. Kolev, M. Vatzkitcheva, K. Velichkova, D. Dimitrov, B. Vladkova

University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia; e-mail:psavov@mgu.bg

ABSTRACT. One of the most studied services of urban parks is their positive effect on air quality which is expected to improve human health by removing gaseous air pollutants and particulate matter (PM). Urban parks help to improve air quality by facilitating widespread deposition of various gases and particles through the provision of large surface areas, as well as through their influence on microclimate and air turbulence. Various elements of park design can alter both air pollutant dispersion and the distribution of visitors. In this paper, we investigate the influence of fine-scale tree distribution and mean meteorological parameters (temperature, relative humidity, wind speed and direction) on traffic-derived air pollutants dispersion. This provides a better understanding of how park design influences air quality mitigation.

Key words: air quality, urban parks, meteorological parameters.

ВЛИЯНИЕ НА ГРАДСКИТЕ ПАРКОВЕ ВЪРХУ ЗАМЪРСЯВАНЕТО НА ВЪЗДУХА

П. Савов, Н. Колеев, М. Вацкичева, К. Величкова, Д. Димитров, Б. Владкова

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

РЕЗЮМЕ. Едно от най-изследваните свойства на градските паркове е техният положителен ефект върху качеството на въздуха, което се очаква да подобри човешкото здраве чрез премахване на газообразни замърсители на въздуха и твърди частици. Градските паркове помагат за подобряване на качеството на въздуха, като улесняват широкото отлагане на различни газове и частици чрез осигуряване на големи повърхности, както и чрез влиянието им върху микроклимата и турбуленцията на въздуха. Различни елементи от дизайна на парка могат да променят както дисперсията на замърсителите на въздуха, така и разпределението на посетителите. В тази статия ние изследваме влиянието на финомасабното разпределение на дърветата и средните метеорологични параметри (температура, относителна влажност, скорост и посока на вятъра) върху дисперсията на замърсителите на въздуха, получени от трафика. Това ни предоставя по-добро разбиране как дизайнът на парка влияе върху смекчаването на качеството на въздуха.

Ключови думи: качество на въздуха, градски паркове, метеорологични параметри.

Въведение

Поради високата плътност на движението градовете често се сблъскват с повишени концентрации на замърсители на въздуха в сравнение с околностите. Заради неблагоприятното си въздействие върху човешкото здраве замърсяването на въздуха е проблем за околната среда, който предизвиква голямо безпокойство.

Понастоящем фините прахови частици са едни от най-сериозните замърсители в градските райони, поради известните неблагоприятни ефекти, които причиняват на човешкото здраве. Тежестта на въздействието върху здравето е свързана с размера на частиците, тъй като фините прахови частици могат да проникнат дълбоко в дихателната система.

За да се смекчат тези проблеми със замърсителите на въздуха, често се насърчава използването на градска растителност като ефективна мярка за намаляване на концентрациите. Тази мярка се базира на основния аргумент, че дърветата (и растителността като цяло) имат способността да пречистват въздуха чрез филтриране на замърсителите (Xing and Brimblecombe, 2019; 2020).

През последните години са проведени редица експериментални и моделиращи проучвания на

въздействието на дърветата върху качеството на въздуха в градовете (Sujay, 2013; Janhall, 2015; Gymez-Moreno et al., 2019; Pallozzy et al., 2020)

Различни елементи от дизайна на парка могат да променят разпространението на замърсителите на въздуха и разпределението на посетителите.

Изследването, представено в настоящия доклад, има за цел да покаже как растителността в градските паркове влияе върху дисперсията на фините аерозоли в атмосферата на парка. Направено е сравнение между зони с различна гъстота на растителността и между парково и открито пространство.

Експеримент

Използвани уреди

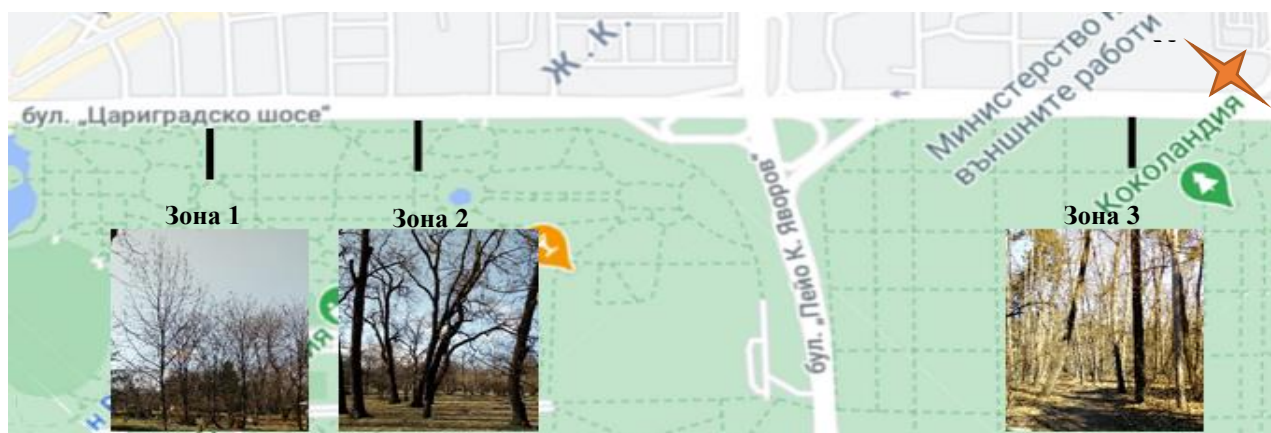
Числената и масовата концентрации са измерени с преносими лазерни броячи на частици BQ20 (TROTEC, Германия), способни да измерват в два канала: канал 1 (0 – 2,5 µm) и канал 2 (2,5 - 10 µm), обозначени по-нататък в текста съответно като PM_{2,5} и PM₁₀. Концентрациите се измерват на момента, като скоростта на вземане на проби

е 0,9 l/min. Точността на устройствата е в диапазона от 15% до 20%.

Измерването на концентрацията на въглероден диоксид е проведено с портативен анализатор-логер на въздуха TROTEC BZ30. Устройството едновременно измерва и записва концентрацията на CO₂ (0 ÷ 9999 ppm, с точност ± 5 %), температурата T (-5 ÷ +50°C, с точност ± 0,1°C) и относителната влажност RH (0.1 ÷ 99.9 %, ± 0,1%).

Концентрацията на въглероден оксид (CO), азотен диоксид (NO₂), кислород (O₂) е измерена с многоканален газ анализатор MSA Altair 4XR COMB/O₂/CO/NO₂.

Място на измерването



Фиг.1 Местоположение на точките на измерване

Измервания

Масовата и числената концентрации са измервани на всеки половин час от 8:30 ч. до 13:30 ч. за всяка точка по 3 пъти за 30 s и трите стойности са усреднени.

Трафикът е определен чрез преброяване на превозните средства по Цариградско шосе за интервал от 5 минути, няколко пъти за целия период на експеримента. Той е сравнително постоянен, затова е усреднен от всички преброявания. За зони 1 и 2 е получена средна стойност 420 превозни средства/5 мин., а за зона 3 – 700/5 мин..

Температурите варират между 9°C и 17°C, а относителната влажност е между 35% и 46%.

Шумът също е измерен за трите разстояния в различните часове. Няма съществена промяна според часа, а само с отстоянието от булеварда, тъй като трафикът е сравнително постоянен. До шосето варира между 70 и 80 dB, за точка 20 m е 60 - 65 dB, за точка 50 m е 58 - 62 dB, за точка 100 m е 52-56 dB. В парка няма посетители и шумовият фон се създава основно от трафика и в много малка степен от местната фауна.

В деня на измерването не са отчетени концентрации на (CO) и азотен диоксид (NO₂), а измерената концентрация на кислород (O₂) е 20,8 об. %

На Фиг. 2 е представено изменението на масовата и числената концентрация на PM_{2,5} и PM₁₀, измерени в зона 1, с времето и отстоянието от източника на замърсяване. Най-високи стойности на концентрациите са измерени в 9:00 часа, след това постепенно намаляват и след 10:30 измененията са незначителни. Числената концентрация за двата типа частици, измерена в 9:00 часа, намалява рязко

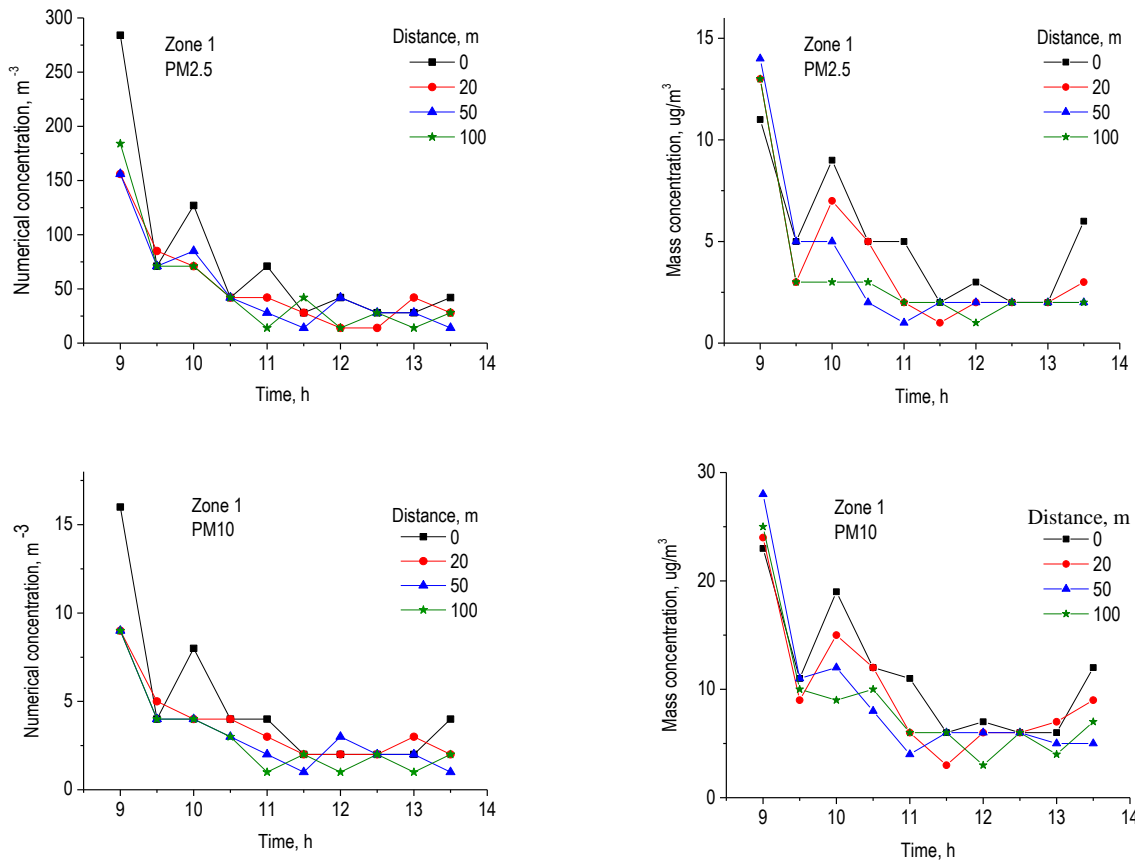
Измерванията са проведени в Борисовата градина. Върху картата на града (Фиг. 1) са обозначени зоните на измерване на масовата и числената концентрации на PM_{2,5} и PM₁₀. Измерванията са на разстояния 0, 20, 50 и 100 m от Цариградско шосе в три зони. Зона 1 е до детската площадка, зона 2 – до Езерото с лилиите и зона 3 е до Коколандия.

Снимките върху картата дават представа за залесеността на трите участъка. Зони 1 и 2 имат средна плътност 130 дървета на 10000 m², като в зона 1 преобладават ниски дървета със слабо развита корона, докато в зона 2 са високи дървета със силно развити корони. Зона 3 е гъсто залесена с високи дървета и ниска храстовидна растителност между тях. В целия парк дърветата са неразлистени.

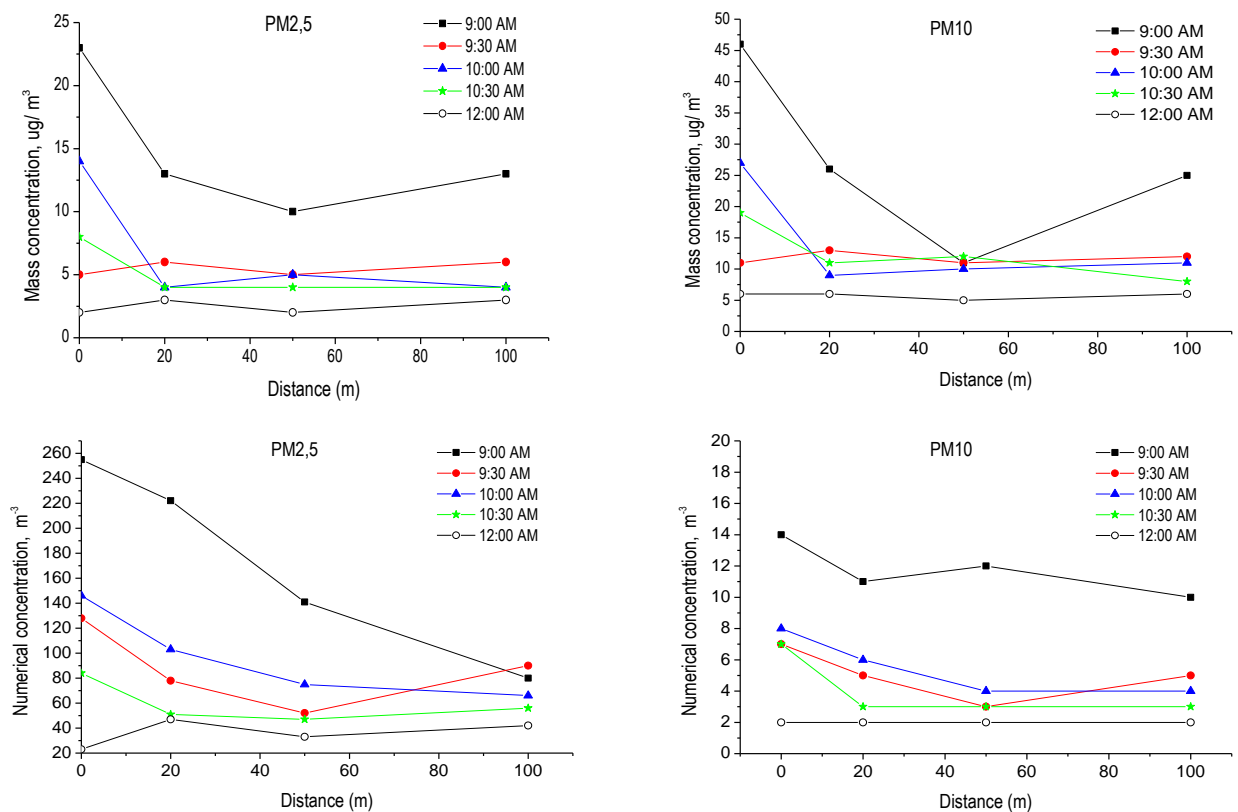
при отдалечаване на 20 m от булеварда, а при по-нататъшното отдалечаване до 100 m практически не се променя. За масовата концентрация е измерено, че нараства слабо с отдалечаване от източника, което може да се дължи на случаен порив на вятър.

На графиките на Фиг. 3 са нанесени само концентрациите на PM_{2,5} и PM₁₀ за зона 2 в часовете с най-високи (9:00 до 10:30) и най-ниски стойности (12:00). Концентрацията намалява рязко между булеварда и 20-ия метър, където е разположена първата, успоредна на пътя, алея на парка. При по-нататъшното отдалечаване промените вече са несъществени. В началото на измерването няма вятър. Това се отразява в по-големите концентрации в 9:00. По-късно се появяват пориви със скорост около 1-3 m/s в посока предимно косо от парка към булеварда и концентрациите спадат.

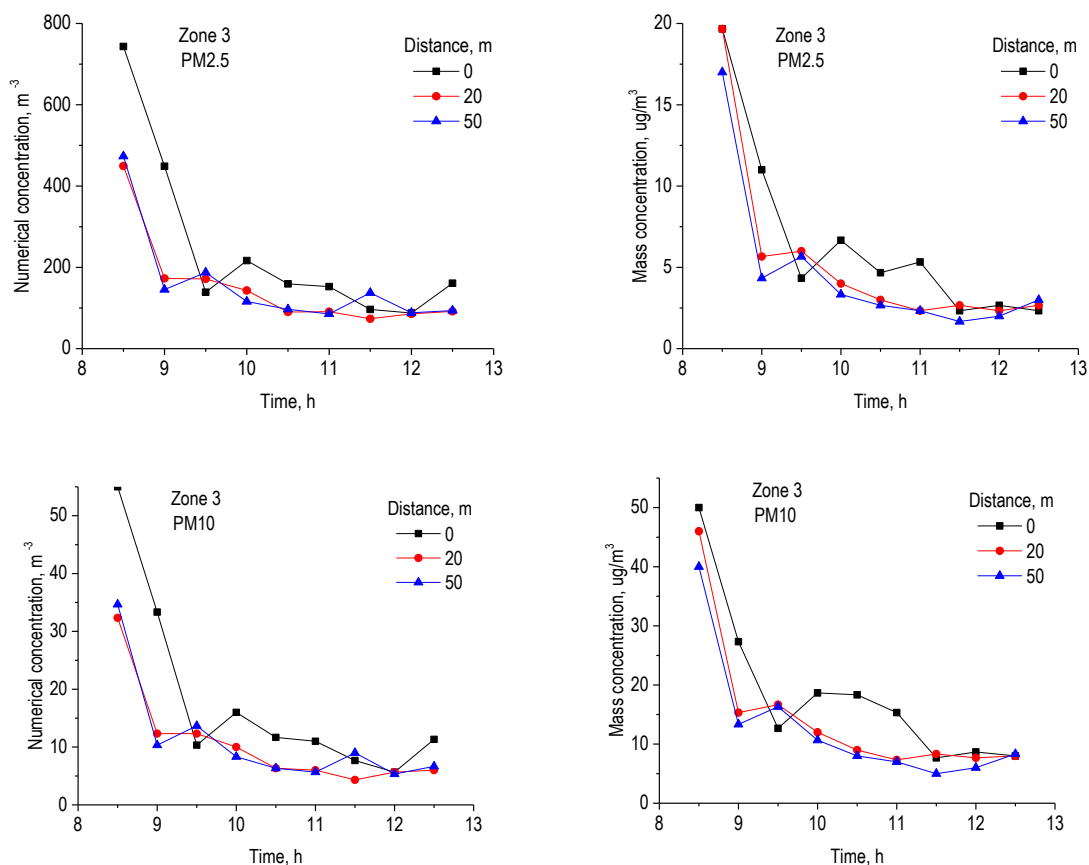
Измерване на масовата и числената концентрации на PM_{2,5} и PM₁₀ на разстояния 0, 20 и 50 m от Цариградско шосе за зона 3 (Коколандия) (Фиг.4) имаше следната последователност: масовата концентрация за PM_{2,5} от 21 µg/m³ до бул. Цариградско шосе намалява до 16 µg/m³ на 50 m от него за 08:30 часа, когато концентрациите на частици са най-високи за деня. В 12:30 ч. масовата концентрация на PM_{2,5} достига 1-2 µg/m³. Числената концентрация на PM_{2,5}, измерена в m⁻³, започва от 821 в началото на измерването в 08:30 часа до 88 в края на измерването в 13:00 часа. Съответно масовата концентрация PM₁₀ в 08:30 часа е 55 µg/m³, а в 13:00 часа е 5-6 µg/m³. Числената концентрация на PM₁₀, измерена в 08:30 часа, е 60 m⁻³, а в 13:00 часа достига 6-10 m⁻³.



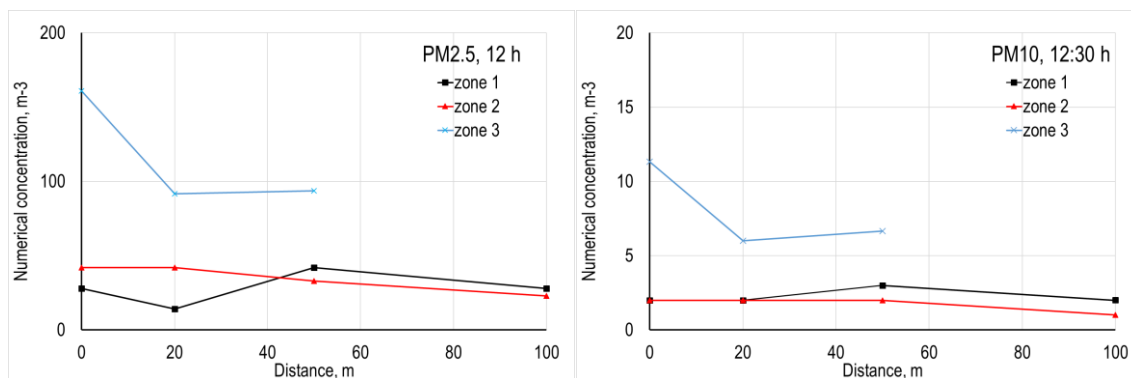
Фиг. 2. Изменение на масовата и числената концентрация на PM_{2,5} и PM₁₀, измерени в зона 1, с времето и с разстоянието до източника на замърсяване



Фиг. 3. Масова и числена концентрации на PM_{2,5} и PM₁₀ в зависимост от отстоянието от бул. „Цариградско шосе“ за зона 2



Фиг. 4. Масова и числена концентрации на PM2.5 и PM10 в зависимост от разстоянието от бул. „Цариградско шосе“ за зона 3



Фиг. 5 Сравнение между концентрацията на аерозола в трите зони на измерване за фината и грубодисперсната фракция.

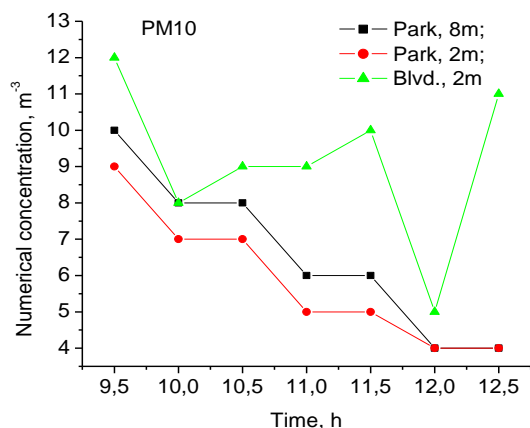
Развитието на височината на Планетарния граничен слой започва от 100 m в началото на експеримента и достига 1100-1200 m в неговия край около 13:00 часа.

По посока на вятъра концентрациите на замърсители бързо намаляват от пътя и при 50-ия m достигат относително постоянни стойности. Още по-рязък наклон се открива в посока срещу вятъра, като се забелязва бързо намаляване в рамките на 10-20 m от ръба на пътя. Получените от трафика замърсители на въздуха лесно се откриват в градския парк.

На Фиг. 5 са представени кривите на еволюция на аерозолните частици в трите зони. От графиките се вижда, че и за двете фракции на частиците концентрацията в зона 3

след 20-я метър е с около 2 – 3 пъти по-висока от тези в зона 1 и 2. Едно логично обяснение на наблюдаваното явление е, че интензитетът на потока автомобили по булеварда в района на зона 3 е около 2 пъти по-висок. Това генерира и високите начални стойности на концентрацията близо до булеварда (Фиг. 5).

Освен измерванията в трите зони е направено и сравнение на промените в концентрацията на ФПЧ за две височини над земната повърхност в парка – 2 m и 8 m, и за височина 2 m до пътя. Определени са и някои метеопараметри (температура, слънчево греене, относителна влажност). Мястото на измерване е в близост до зона 1.

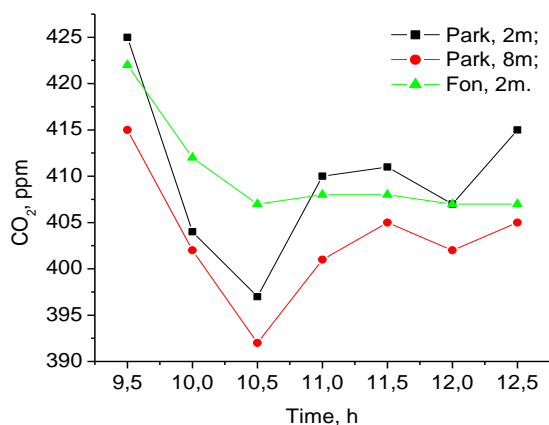


Фиг. 6 . Промяната в концентрацията на фините прахови частици във времето, измерени в близост до булеварда на височина 2 m от земната повърхност и в района на парка на височини 2 и 8 m, съответно.

На Фиг. 6 ясно се вижда характерното намаляване на концентрацията на фините прахови частици с напредването на деня. Това се дължи основно на развитието на конвективния слой на смесване и подробно е изследвано и дискутирано в предишни наши работи (Savov et al., 2016).

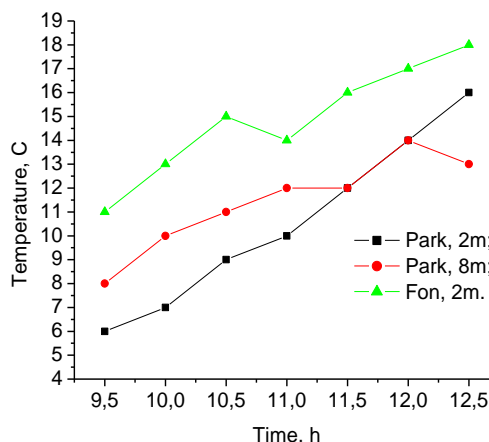
Интересно е да се отбележи, че във височина концентрацията на аерозола намалява. Едно логично обяснение е, че са показани резултати за частици с диаметър 10 микрона – това е грубодисперсната част на аерозола, която при тихо време, каквото е при експеримента, бързо се утаява.

На следващата фигура (Фиг.7) е показана еволюцията на CO₂. Забелязва се, че сутрин концентрацията е по-ниска и към обяд се повишава и дори надхвърля фоновите стойности. Едно логично обяснение за наблюдаваното явление е, че времето бе ясно и тихо и към обяд в парка излязоха на разходка много хора. Около обяд всички пейки в района на измерването бяха заети. Приблизителната гъстота на хората по алеите бе 2-3 човека на 10 m². Тази концентрация е напълно достатъчна, за да надвиши възможността на растителната покривка да абсорбира въглеродния диоксид.



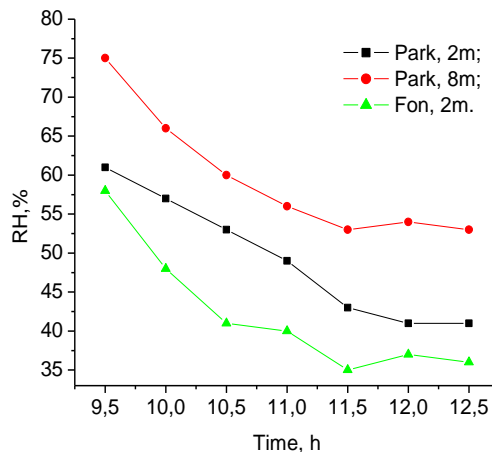
Фиг. 7 . Промяната в концентрацията на CO₂ във времето, измерени в близост до булеварда на височина 2 m от земната повърхност и в района на парка на височини 2 и 8 m, съответно.

От кривите за еволюцията на температурата, показани на Фиг. 8, ясно се вижда, че в района на парка е по-хладно от околните открити пространства, като до около 11:30 часа се наблюдава инверсия на температурата в парка.



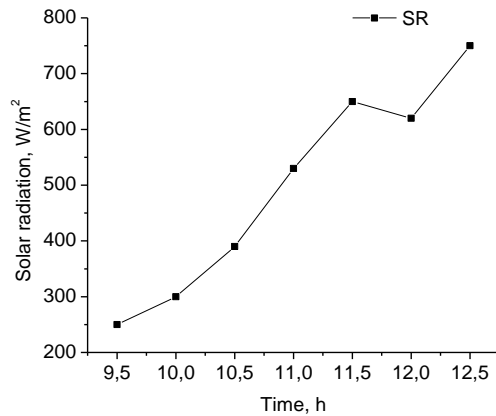
Фиг. 8. Еволюция на температурата във времето, измерена извън парка (Fon) на височина 2 m от земната повърхност и в района на парка на височини 2 и 8 m, съответно.

На следващата фигура (Фиг.9) е показана промяната на относителната влажност с времето. Забелязва се характерният ход на намаляване на влажността с повишаване на температурата, като в парка е с 10 – 20% по-влажно от околните райони.



Фиг. 9. Еволюция на относителната влажност във времето, измерена извън парка (Fon) на височина 2 m от земната повърхност и в района на парка на височини 2 и 8 m, съответно.

На последната Фиг. 10 са представени промените на интензитета на слънчевата радиация в парка. Ходът на слънчевата радиация е типичен за ясен слънчев ден. Нейните стойности около обяд достигат порядъка на 800 W/m², което за месец април е малко над нормата.



Фиг. 10 . Промяната в интензитета на слънчевата радиация.

Изводи

На базата на направените изследвания и анализи в работата, могат да се направят следните изводи.

1. И при трите зони ясно се наблюдава ефектът на намаляване на концентрацията на фините прахови частици с времето, дължащо се на развитието на конвективния слой на смесване.
2. Показано е, че още в първите десетина метра (обикновено след 20 – 30 m) концентрацията на аерозола бързо намалява и достига фоновите стойности.
3. Установено е, че интензитетът на автомобилния поток силно влияе върху скоростта на утаяване и филтриране на фините прахови частици. От изследванията се вижда, че парк с 2 – 3 пъти по-гъсти насаждения не може да компенсира двойното нарастване в интензитета на автомобилите.
4. При сравнението на условията в парка и извън него (по отношение на температура, влажност и слънчево греене) е установено, че в района на парка се създават по-комфортни условия за отдих в сравнение с околните открити райони. Паркът има способността да изглажда наличието на екстремни стойности в споменатите метеорологични параметри, но до определени граници. От

експеримента се вижда, че при претоварване на парка с посетители, неговите качества на място за отдих и развлечения започват да се губят.

Благодарности. Настоящото изследване е проведено във връзка с изпълнението на Национална научна програма (ННП) „Опазване на околната среда и намаляване на риска от неблагоприятни явления и природни бедствия“, одобрена с Решение на МС № 577/17.08.2018 г. и финансирана от МОН (Споразумение № Д01-322/18.12.2019).

Литература

- Gómez-Moreno, F. J., B. Artíñano, E. Díaz Ramiro, M. Barreiro, L. Núñez, E. Coz, C. Dimitroulopoulou, S. Vardoulakis, C. Yagüe, G. Maqueda, M. Sastre, C. RománCascón, J. M. Santamaría, R. Borge. 2019. Urban vegetation and particle air pollution: Experimental campaigns in a traffic hotspot. *Environmental Pollution*, 247, 195-205.
- Janhall, S. 2015. Review on urban vegetation and particle air pollutione – Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment*, 105, 130-137.
- Palozzi, E., G. Guidolotti, M. Mattioni, C. Calfapietra. 2020. Particulate matter concentrations and fluxes within an urban park in Naples. *Environmental Pollution*, 266, article number 115134
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115134>
- Savov, P., N. Kolev, Ts. Evgenieva, M. Vatzkitcheva, V. Danchevski. 2016. Correlations between particle number concentrations, boundary layer height, meteorological parameters and urban environments. *Compt. rend. Acad. bulg. Sci.*, 69, 19-24.
- Vailshery, L. S., M. Jaganmohan, H. Nagendra. 2013. Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12, 408–415.
- Xing, Y., P. Brimblecombe. 2019. Role of vegetation in deposition and dispersion of air pollution in urban parks. *Atmospheric Environment*, 201, 73–83.
- Xing, Y., P. Brimblecombe. 2020. Urban park layout and exposure to trafс-derived air pollutants. *Landscape and Urban Planning*, 194, article number 103682.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103682>