The Effect of Vertical Green Surfaces in Improving the Quality of Urban Climate with an Emphasis on Improving Air Pollution and Temperature Parameters

(Monograph Case Study: Green Wall of Tabiat Bridge, Tehran)

Maryam Azmoodeh[1], Najmeh Masteri-Farahani[2]*

1- Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2- Assistant Professor, Department of Architecture and Urbanism, Faculty of Karaj Girls (17 Shahrivar), Technical and Vocational University, Karaj, Iran

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2022-10-15
Accepted: 2022-12-19

Keywords
Air Pollution
Green Wall
TabiatBridge
Temperature
Urban Space Quality

ABSTRACT

Introduction

Tehran is not a suitable place for pedestrians today. Air pollution and rising temperatures are the most important issues that cause this. Considering the existing density in urban spaces, one of the solutions that don't occupy the land area while having plants and enjoying their benefits is vertical and horizontal green surfaces or in other words, green walls and roofs.

Therefore, this study aimed to investigate the effect of the urban green wall on air pollution and temperature. In this study, the Hedera helix plant of the green wall of Tehran Tabiat Bridge has been selected for further analysis of the subject. What will be investigated in this research is the effect of urban green walls on two factors including temperature and air pollution. Considering that the increase in air pollution can be a significant factor in creating global warming, and the temperature rise also leads to an increase in the number of secondary pollutants, these two parameters directly affect each other. Hence the difference between this research and the previous studies is that both of mentioned factors are questioned here. Furthermore, another difference is that most of the past research had examined urban walls in direct connection with the pollution caused by street traffic; however, in this research, the green wall of Tabiat Bridge, which is located at a height of almost 40 meters with markable distance from streets and pollutants such as cars, has been investigated. Therefore, the hypothesis of this research has been questioned in two phases. This hypothesis can be expressed in the form of this statement that the use of creeping plants including Hedera helix in urban green walls has an effective role in reducing air pollution and adjusting air temperature in hot seasons. This research aims to answer these questions, how much do plants growing in urban green walls reduce pollution and air temperature? According to the types of these plants, how far from the green wall this reduction may happen, and to what extent is it effective?

* Corresponding author: nfarahani@tvu.ac.ir

Materials and Methods

In two phases, this study measured the extent and effect of the green wall on temperature changes and pollutants in the air. In the first phase, temperature changes were measured by four data loggers simultaneously at distances of 0, 0.5, 1, and 2 (points A, B, C, and D respectively) from the green wall and a height of 1.5 meters from the bottom of the bridge. Field harvesting was done in three days of the summer season (July 5 to 8) from 10:00 to 14:00. (The average temperature in these three days is listed each half hour in the graphs.). According to previous research results, the green wall's temperature effects happen regardless of the type of plant. Therefore, this phase of the study was carried out regardless of the type of hedera helix. The second phase was done by sampling the plants on the wall, checking the amount of sulfate and nitrate pollutants in it, and comparing this amount with the values of previous research. The reason for choosing these two pollutants in this research is the predominant volume of these two pollutants caused by the traffic of cars in polluted urban air. In the sample studied in this research, there are two types of Gracilis and Pedata Hedera helix plants, and in addition to the total absorption of the pollutant by the plant, the amount of absorption of these two species has also been compared with each other.

Findings

The results of this study indicate the effect of Hedera helix plant on temperature reduction. In hot seasons, it is effective only about 0.5 meters from its wall and it is not effective in further points. At best, the effect of temperature reduction of this wall occurred at point A with a distance of zero from the wall, about 0.8 °C, in comparison to points C and D with temperatures close to the outside air. The results of the second phase show that in the hooded Hedera helix type, the absorption rate of sulfate is 2 times and nitrate absorption is about 1.2 times more than the green type. To determine the amount of air quality, the more pollutants plants have absorbed, the more effective they will be in improving air quality by reducing pollutants. Therefore, in this research, it was shown that Pedata Hedera helix works more effectively than Gracilis Hedera helix to reduce air pollution.

Conclusion

Based on the results of this research, creating green walls using cheap plants, compatible with Tehran's climate and with rapid capital growth in Tehran can be used as an effective solution to absorb pollution caused by urban traffic and vehicle fuel. Furthermore, a comparison of two samples of the bridge and urban sample indicates an 18 times increase in sulfate concentration and 6.8 times in the nitrate concentration in the urban sample compared to Tabiat bridge. As a result of analyzing and comparing the example of the green wall of Tabiat bridge with other urban green walls, it can be concluded that being away from the polluting source as well as creating a covered space in order to control the radiation factor increases the efficiency and effectiveness of these green walls. In addition to reducing pollutants, the effect of green surfaces in temperature adjustment is a very key factor. Although the effect of these walls in temperature reduction just happens in the close spaces near the wall, taking into account that the use of these green systems can happen on an extended scale the result will be remarkable. Considering the pollution conditions of cities today and proving the effectiveness of green walls in solving this problem, this issue will continue to be very important in creating sustainable cities in future research. Among the proposed topics, we can mention the effect of different implementation methods and the type of climbing plants or implementation system used in the green wall, and their efficiency and effectiveness.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICL

Azmodeh M. Mastari-Farahani N. The Effect of Vertical Green Surfaces in Improving the Quality of Urban Climate with an Emphasis on Improving Air Pollution and Temperature Parameters (Monograph Case Study: Green Wall of Tabiat Bridge, Tehran). Urban Economics and Planning Vol 4(3):76-83 [In Persian]

DOI: 10.22034/UEP.2022.365805.1292

تأثیر سطوح سبز عمودی در ارتقای کیفیت آب‌وهوای شهری با تأکید بر بهبود پارامترهای آلودگی هوا و دما (موردپژوهی تک‌نگاری: دیوار سبز پل طبیعت، تهران)

مریم آزموده[۱]، نجمه ماستری فراهانی[۲*]

۱- استادیار، گروه معماری، دانشکدهٔ معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
۲- استادیار، گروه معماری و شهرسازی، دانشکدهٔ دختران کرج (۱۷ شهریور)، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، کرج، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۸

کلمات کلیدی

آلودگی هوا
پل طبیعت
دما، دیوار سبز
کیفیت محیط شهری

چکیده

شـهر تهـران امـروز محل مناسـبی برای شـهروندان پیـاده نیسـت. آلودگی هـوا و افزایش دمـا از مهم‌ترین مسـائلی هسـتند کـه موجـب این امـر می‌شـوند. بنابراین، پژوهـش حاضر به بررسـی تأثیر اسـتفاده از جدارهٔ سـبز شـهری بر آلودگـی هـوا و دمـا می‌پـردازد. در این پژوهـش گیاه روندهٔ پاپیتال دیوار سـبز پـل طبیعت تهران برای واکاوی بیشـتر موضوع انتخاب شـده اسـت. ایـن پژوهش در دو فاز میزان و چگونگی تأثیر جدارهٔ سـبز در تغییـرات دما و آلاینده‌های موجـود در هـوا را سـنجیده اسـت. در فـاز نخسـت با اسـتفاده از دسـتگاه دیتالاگر دمـا در فواصل مشـخصی از جداره برداشـت شـد. فـاز دوم بـا اسـتفاده از نمونه‌بـرداری از گیاهـان جـداره و بررسـی میـزان آلاینده‌هـا در آن و همچنین، مقایسـهٔ ایـن میـزان بـا مقادیر پژوهش‌های پیشـین انجام گرفـت. نتایج حاصـل از پژوهش بیانگر تأثیر گیـاه پاپیتال در کاهـش دمـا تنهـا تا فاصلهٔ حـدود ۰/۵ متری از جدارهٔ آن اسـت. در بهتریـن حالت اثر کاهش دمایی ایـن جداره در نقطـهٔ A بـا فاصلـهٔ صفـر از جداره، حـدود ۰/۹ درجهٔ سـانتی‌گراد اختلاف نسـبت به نقطهٔ C بـا فاصلهٔ ۱ متـر از جداره بـا دمـای نزدیـک به هوای بیـرون اتفاق افتاده اسـت. نتایج فاز دوم نشـان می‌دهـد در نوع پاپیتال ابلـق میزان جذب سـولفات ۲ برابـر و جـذب نیترات حدود ۱/۲ برابر نسـبت به نوع سـبز اسـت. همچنین، مقایسـهٔ دو نمونه پل طبیعت و نمونـهٔ شـهری نشـان‌دهندهٔ افزایـش ۱۸ برابـری غلظـت سـولفات و ۶/۸ برابری غلظـت نیترات در نمونهٔ شـهری نسبت به پل طبیعت، به دلیل فاصله از منبع آلاینده است.

مقدمه

امروزه افزایش شهرنشینی مشکلات بسیاری را در دنیا، به‌ویژه در شهرهای بزرگ به همراه داشته است. مصرف بیش از حد انرژی و سوخت‌های تجدیدناپذیر باعث هدررفت منابع انرژی و همچنین، آلودگی محیط زیست شده است [۱]. تردهای بیش از حد درون‌شهری از جمله مواردی است که به عنوان یک معضل در شهرهای بزرگ از جمله تهران موجب افزایش آلودگی هوا شده است. این افزایش تردها که موجب آلودگی هوا می‌شود، در تغییر شرایط دمای هوا نیز مؤثر است. علاوه بر این، در اغلب مناطق شهری در حال توسعه، ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری جایگزین زمین‌های باز و پوشش‌های گیاهی می‌شود و از فواید حضور گیاهان در سطح شهر بهرهٔ چندانی برده نمی‌شود. این در حالی است که استفاده از گیاهان می‌تواند تأثیرات مثبت مختلفی بر فضای شهری داشته باشد. از مهم‌ترین این تأثیرات می‌توان به جذب آلاینده‌ها و کاهش آلودگی هوا توسط گیاهان اشاره کرد [۲]. کاهش دما در فصل‌های گرم نیز از دیگر فوایدی است که بهره‌گیری از فضای سبز به دنبال خواهد داشت [۳]. با توجه به تراکم موجود در فضاهای شهری یکی از راهکارهایی که می‌تواند در عین حضور گیاهان و بهره‌مندی از فوایدشان نیازی به اشغال مساحت زمین نداشته باشد سطوح سبز عمودی و افقی یا به بیانی دیگر، دیوارها و بام‌های سبز است. از میان این دو، بحث دیوارهای سبز به دلیل قابلیت اجرا در خیابان‌ها و نزدیکی بیشتر به محل حضور شهروندان و رفت و آمد وسایل نقلیه و نیز افراد از اهمیت بیشتری برخوردار است. در تهران نیز به طور خاص نتایج تحقیقات نشان از پایین‌تر از استاندارد بودن مساحت فضای سبز برخی مناطق شهر دارد. از این‌رو، کاربرد سطوح سبز می‌تواند یکی از تمهیدات جبرانی در کاهش مشکلات زیست‌محیطی در مناطق پرازدحام شهر باشد [۴].

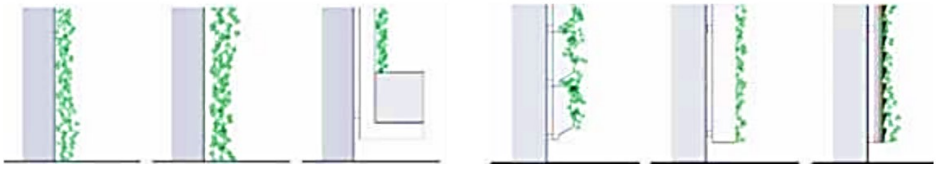
آنچه در این پژوهش بررسی خواهد شد، تأثیر دیوارهای سبز شهری بر دو عامل دما و آلودگی هوا است. با توجه به اینکه افزایش آلودگی موجب گرمایش زمین شده و افزایش دما نیز موجب بالا رفتن میزان آلاینده‌های ثانویه می‌شود و این دو عامل به طور مستقیم بر هم اثر می‌گذارند، بنابراین تفاوت این پژوهش با بررسی‌های قبلی در این است که هر دو عامل را بررسی کرده است. تفاوت دیگر در این است که اغلب پژوهش‌های گذشته جداره‌های شهری در ارتباط مستقیم با آلودگی ناشی از تردد خیابان‌ها را مورد بررسی قرار داده بودند؛ اما در این پژوهش جدارهٔ سبز پل طبیعت که در ارتفاع و با فاصله‌ای از آلاینده‌ها از جمله اتومبیل‌ها قرار دارد، مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، فرضیهٔ این پژوهش در دو فاز مورد سؤال قرار گرفته است. این فرضیه را می‌توان در این جمله بیان کرد که، استفاده از گیاهان رونده از جمله پاپیتال‌ها در جداره‌های سبز شهری نقش مؤثری در کاهش آلودگی هوا و تعدیل دمای هوا در فصل‌های گرم دارد. در حقیقت، این پژوهش به منظور پاسخ به این سؤال است که گیاهان رونده در جداره‌های سبز شهری موجب چه میزان کاهش آلودگی و دمای هوا می‌شوند؟ با توجه به انواع این گیاهان این کاهش تا چه فاصله‌ای از جدارهٔ سبز و به چه میزانی مؤثر است؟ برای واکاوی این موضوع این مقاله به سراغ یک نمونهٔ موردی شهری از سیستم‌های عموی سبز رفته و با بررسی موارد یادشده در دیوار سبز پل طبیعت (واقع در بوستان آب و آتش در محدودهٔ اراضی عباس‌آباد تهران) فرضیهٔ تحقیق را مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

* ایمیل نویسندهٔ مسئول : nfarahani@tvu.ac.ir

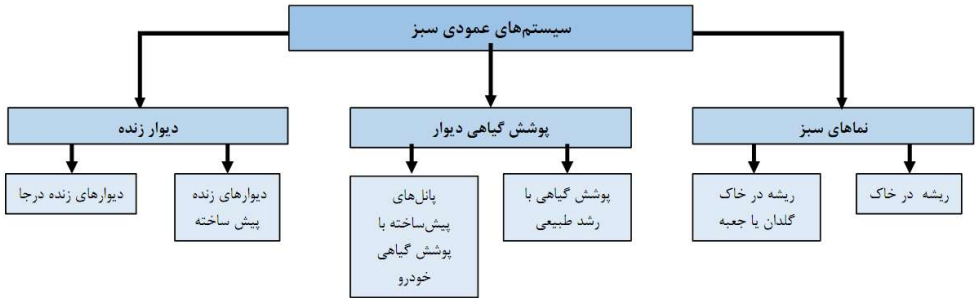
پیشینهٔ تحقیق

سیستم‌های عمودی سبز

دیوارهای سبز به دو دسته نمای سبز و دیوارهای زنده تقسیم می‌شوند [۵]. نمای سبز می‌تواند روی دیوارهای موجود و یا ساختارهای مستقل همچون نرده و ستون‌ها ایجاد شود. در سیستم نمای سبز، گیاهان بالارونده یا آبشاری در سه حالت: ۱. ریشه در زمین، بالارونده روی دیوار؛ ۲. سازهٔ متصل به دیوار اصلی؛ ۳. ریشه در جعبه مستقل از زمین اجرا می‌شوند. سیستم دیوارهای زنده نیز به سه روش: ۱. پنل‌های پیش‌کاشته در جعبه‌های زراعی؛ ۲. مدول‌های عمودی روی بستر فوم؛ ۳. بستر لایه‌های نمد اجرا می‌شوند [۶] (شکل ۱). سیستم‌های دیوار زنده از ۴ بخش اصلی گیاهان، بستر رشد، پشتیبان، آبیاری و زه‌کشی تشکیل شده‌اند. عوامل متعددی برای داشتن یک سیستم سبز عمودی موفق لازم است؛ که هر یک از این عوامل بر یک یا چند جزء از سیستم مؤثر هستند [۷]. در یک برخورد اصولی بهتر است عنوان کلی سیستم‌های عمودی سبز را جایگزین واژهٔ مصطلح نمای سبز کرده و آن را در سه دستهٔ کلی نماهای سبز، پوشش گیاهی دیوار و دیوار زنده دسته‌بندی کرد [۸] (شکل ۲).



شکل ۱. دسته‌بندی سیستم دیوارهای زنده [۶]



شکل ۲. دسته‌بندی سیستم‌های عمودی سبز [۸]

تأثیر سیستم‌های سبز بر کاهش دما

استفاده از گیاهان برای ایجاد سایه موجب کاهش دمای هوا در اطراف ساختمان می‌شوند. تأثیر این راه‌کار در دیوارهای سبز به‌خوبی قابل مشاهده است. دیوار سبز می‌تواند گازهای گرم هوا را جذب کند، دمای هوای محیط داخلی و خارجی را کاهش دهد و کیفیت هوای مطلوبی را ایجاد کند [۹]. سایهٔ ایجادشده توسط گیاهان یکی از عوامل مهمی است که موجب کاهش دمای جداره و اطرافش می‌شود [۱۰]. در مطالعات در اقلیم‌های متفاوت نشان داده شده که دمای سطح برگ‌ها در پوشش‌های گیاهی سایه‌انداز، پایین‌تر از مصالح سایبان‌هاست [۷]. سایهٔ گیاهان در مجاورت ساختمان می‌توانند مستقیم نیاز به خنک‌سازی را کاهش دهند [۱۱]. درحقیقت، گیاهان علاوه بر کاهش دما، با تبخیر و تعرق گیاهان، سایه‌اندازی، بازتاب امواج تابشی و تغییرات جریان باد موجب تعدیل عوامل اقلیمی می‌شوند. میزان تأثیرات گیاهان به عواملی همچون تراکم سطح برگ نیز بستگی دارد [۱۲]. نتایج حاصل از این مطالعه قابل تعمیم به جداره‌های سبز نیز هست. برخی مطالعات در اقلیم‌های متفاوت شاخص سطح برگ و ضخامت بستر را مهم‌ترین پارامترهای گیاه و بستر ذکر کرده‌اند [۱۳]. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند نوع درخت برگ‌ریز یا در نظر گرفتن شاخص تراکم و سطح برگ و فرم تاج درختان و ارتفاع ساقه در آسایش حرارتی بیرونی به صورت چشمگیری مؤثرند [۱۴]. براساس پژوهشی در ایران این نتیجه حاصل شد که وجود گیاهان در دیوار خارجی، باعث افت ۲ درجه دما و در دیوار گلدانی موجب افت ۵ درجه بین دیوار مرجع و غیرمستقیم شده؛ که می‌تواند باعث کاهش استفاده از وسایل خنک‌کننده شود. وجود خاک یکی از عوامل مهم مؤثر بر کاهش دما در دیوار گلدانی و نشان‌دهندهٔ برتری آن بر اثر تخلخل و حفره در دیوار غیرمستقیم است [۱۵].

تأثیر سیستم‌های سبز بر کاهش آلودگی هوا

گیاهان به عنوان منبع تولید اکسیژن از طریق جذب و کاهش آلاینده‌ها می‌توانند در تصفیهٔ هوای محیط مورد استفاده قرار گیرند؛ و به رقیق‌سازی آلاینده‌ها، تصفیه هوا و ته‌نشینی ذرات معلق کمک می‌کنند [۱۶ و ۱۷]. از این‌رو، نمای سبز شهری می‌تواند جایگزین خوبی برای نماهای معمولی باشد، چرا که هم از پوستل بیرونی سازه در برابر برف، باد، تابش خورشید و باران‌های اسیدی حفاظت می‌کند و هم به تصفیهٔ هوا کمک کرده و میزان آلودگی هوا را کمتر و کیفیت هوا را بهتر کند [۱۸]. درواقع، نماهای سبز یک فناوری مناسب برای ایجاد محیط مصنوع عاری از آلودگی است [۱۹]. این دیوارها قادر به فیلتر کردن گازهای سمی، ذرات معلق موجود در هوا و سایر آلودگی‌ها هستند.

مواد و روش‌ها

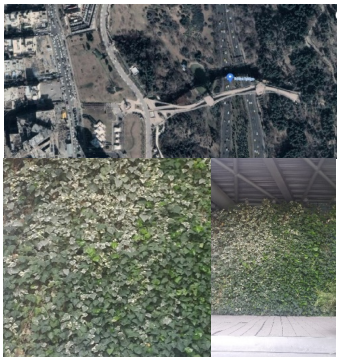
همان‌طور که گفته شد، این تحقیق دارای دو فاز مطالعاتی تأثیر جداره‌های سبز بر دما و آلودگی است. این بررسی روی جدارهٔ سبز پل طبیعت صورت گرفته است. یکی از دلایل انتخاب این نمونه، مسقف بودن آن است؛ چرا که در این شرایط متغیر مداخله‌گر تابش روی دمای نشان‌داده‌شده توسط دیتالاگر تأثیر نمی‌گذارد. علت دیگر همسان بودن نوع گیاه (پاپیتال) این دیوار با پژوهش‌های پیشین بود که مقایسهٔ نتایج در بخش جذب آلاینده‌ها را میسر می‌کرد [۲۰].

فاز اول: روش این پژوهش در بخش مرتبط با تأثیر جدارهٔ سبز بر دمای هوا در فصل‌های گرم، مطالعهٔ میدانی و بررسی آزمایشگاهی یک نمونه جدارهٔ سبز شهری (دیوار سبز پل طبیعت) است؛ که در آن از دستگاه دیتالوگر (تستو مدل H۱۷۴) (شکل

۳) استفاده شده است. این دستگاه به طور اتوماتیک اطلاعات مربوط به دمای هوا را به طور منظم هر ۳۰ ثانیه یک بار ضبط کرده است. تغییرات دمایی توسط چهار دستگاه دیتالوگر به طور هم‌زمان در فواصل ۰ و ۰/۵ و ۱و ۲ (به‌ترتیب نقاط D, C, B, A) از جدارهٔ سبز و در ارتفاع ۱/۵ متری از کف پل اندازه‌گیری شد. برداشت میدانی در سه روز از فصل تابستان (۵ تا ۸ تیر) و از ساعت ۱۰ تا ۱۴ صورت گرفت (میانگین دما در این سه روز در هر نیم ساعت در نمودارها ذکر شده است). با توجه به نتایج تحقیقات قبلی تأثیرات دمایی جدارهٔ سبز فارغ از نوع گیاه اتفاق می‌افتد. بنابراین، این فاز مطالعه بدون توجه به نوع پاپیتال صورت گرفته است.

شکل ۳. دستگاه دیتالوگر (تستو مدل H۱۷۴)

فاز دوم: روش این پژوهش در بخش مرتبط با تأثیر جدارهٔ سبز بر جذب آلاینده از طریق مطالعهٔ میدانی و بررسی آزمایشگاهی صورت گرفت. در نمونهٔ مورد مطالعه در این پژوهش دو نوع گیاه پاپیتال سبز و ابلق وجود دارد که علاوه بر جذب کلی آلاینده توسط گیاه، میزان جذب این دو گونه نیز با یکدیگر مقایسه شده است. از آنجا که در مطالعات پیشین [۱۹ و ۲۰]. مشابه این ارزیابی با همین شیوه در فضای آزمایشگاهی و فضای شهری صورت گرفته است. مقایسهٔ اعداد به‌دست‌آمده از مقادیر سولفات و نیترات موجود در گیاه، نتایج گسترده‌تر و قابل اتکاتری را حاصل خواهد کرد. علت انتخاب این دو آلاینده در این پژوهش، حجم غالب این دو آلایندهٔ ناشی از تردد اتومبیل‌ها در هوای آلودهٔ شهری است. فرایند این مرحله به این صورت بود که از هر نمونهٔ پاپیتال به‌کاررفته در جدارهٔ سبز مورد مطالعه نمونه‌هایی به صورت تصادفی انتخاب و پس از خشک شدن و تبدیل به صورت پودر به آزمایشگاه برده شد. در آزمایشگاه پودر با آب مقطر از صافی عبور داده شد و به روش جذب یو-وی توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر میزان نیترات و سولفات آن سنجیده شد.



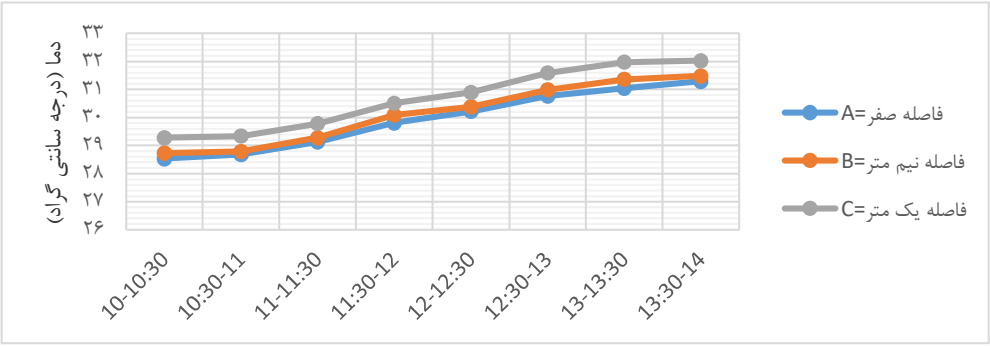
شکل ۴. دیوار سبز پل طبیعت

یافته‌ها

یافته‌های حاصل از بررسی‌های پژوهش در دوبخش زیر قابل بیان است:

فاز اول: نتایج حاصل از بررسی میزان کاهش دما

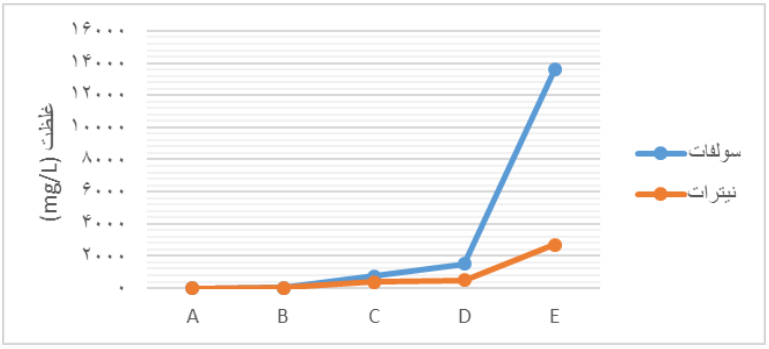
نتایج حاصل از بررسی میزان اثرات دمایی دیوار سبز پل طبیعت در نمودارهای زیر خلاصه شده است. طبق نمودار شکل ۵ می‌توان دریافت که در فاصلهٔ ۱ متری دمای هوا با دمای بیرون برابر است. این موضوع نشان‌دهندهٔ کارایی خنک‌کنندگی جدارهٔ سبز در فصل‌های گرم تا فاصلهٔ حدود ۰/۵ متری از جداره است.



شکل ۵. میانگین تغییرات دمایی در سه روز (۵ تا ۸ تیر) با فاصله از دیوار سبز پل طبیعت

یافته‌های فاز دوم: نتایج حاصل از بررسی میزان جذب آلاینده

نتایج حاصل از بررسی میزان اثرات جذب آلایندهٔ دیوار سبز پل طبیعت در جدول ۱ و نمودارهای شکل ۶ خلاصه شده است. از نتایج حاصل این‌گونه برداشت می‌شود که گیاه پاپیتال نقش مؤثری در جذب آلاینده‌های سولفات و نیترات دارند. این تأثیر در جذب سولفات بیشتر از نیترات است. هم غلظت سولفات و هم غلظت نیترات در نمونهٔ پاپیتال ابلق بیشتر از پاپیتال سبز است. بنابراین، کارایی گونه‌های ابلق در جذب آلودگی‌های ناشی از سولفات و نیترات در هوا بیشتر است.



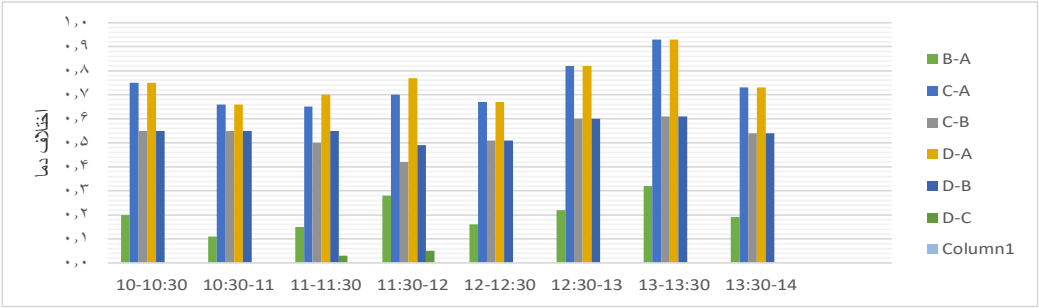
شکل ۶. بررسی میزان افزایش جذب آلاینده‌های سولفات و نیترات

بحث

این بخش نیز با توجه به نتایج حاصل از بررسی‌های پژوهش در دو بخش زیر قابل بیان است:

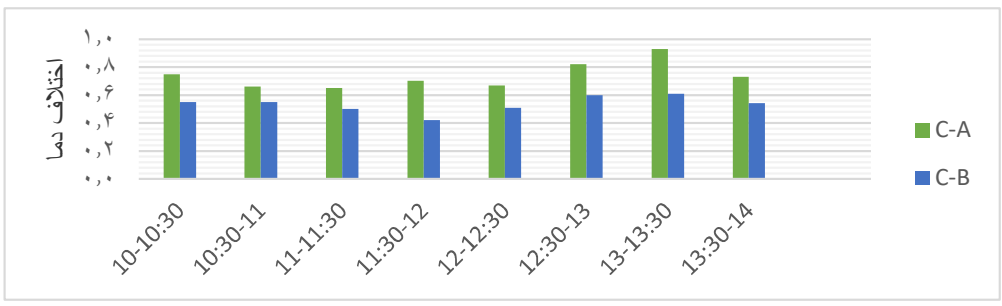
بحث در مورد فاز اول پژوهش

به منظور بررسی دقیق‌تر و مقایسهٔ میزان کاهش دما در فواصل مختلف (A=۰ و B=۰٫۵ و C=۱ متر) از جدارهٔ سبز، با نقطهٔ D در فاصلهٔ ۲ متری از جدارهٔ سبز که تقریباً مشابه دمای هوای بیرون است، در نمودارهای شکل‌های ۷ و ۸ ارائه شده است. از بررسی این دو نمودار به‌سهولت می‌توان دریافت که بیشترین میزان کاهش دما در نقطه A m=۰ و بعد در نقطه B m ۰٫۵= صورت گرفته است و کارایی اثر کاهش دما در جدارهٔ سبز پل طبیعت در فاصلهٔ بیشتر از B m ۰٫۵= متر به طور چشمگیری کاهش یافته است. همچنین، در بهترین حالت اثر کاهش دمایی این جداره در نقطهٔ A با فاصلهٔ صفر از جدارهٔ سبز حدود ۰/۹۳ درجهٔ سانتی‌گراد در مقایسه با نقطه‌های D و C در ساعت ۱۲:۳۰-۱۳ اتفاق افتاده است.



شکل ۷. مقایسهٔ میانگین میزان کاهش دما ناشی از دیوار سبز پل طبیعت در نقاط A,B,C,D

از بررسی دقیق‌تر می‌توان دریافت که نقطهٔ D هم مشابه نقطهٔ C تقریباً دمای بیرون را نشان می‌دهد. بنابراین، می‌توان نقطهٔ D را از نتایج نمودار حذف کرد و نتایج بررسی میزان کاهش دما را به طور خلاصه در نمودار شکل ۸ نشان داد؛ که در واقع اثباتی بر کارایی گیاه پاپیتال در جدارهٔ سبز پل طبیعت، در فاصلهٔ کمتر از ۰/۵ متر (نقطهٔ C) است.



شکل ۸. میانگین میزان کاهش دمای ناشی از دیوار سبز پل طبیعت در نقاط A,B نسبت به C

بحث در مورد فاز دوم پژوهش

پس از مشخص شدن میزان جذب آلاینده‌ها و نیز مقایسه این میزان در دو نوع گیاه در این پژوهش، جهت بررسی بیشتر، نتایج حاصل از بررسی نمونهٔ موردی جدارهٔ سبز پل طبیعت با پژوهشی پیشین نیز مقایسه شد (جدول ۱) [۲۰]. علت این مقایسه، مشابهت در نوع گیاه و نیز روش انجام پژوهش در مقالهٔ یادشده است. در این مقاله با روش مشابه میزان جذب آلاینده‌ها روی گیاه پاپیتال در دو حالت جدارهٔ سبز در فضای آزمایشگاهی و جدارهٔ سبز در یک خیابان انجام گرفته بود که نتایج حاصل از آن در جدول ۱ قابل مشاهده است:

طبق آزمایش انجام‌یافته در مرحلهٔ اول غلظت سولفات بعد از اعمال دود ۹۰ دقیقه‌ای در آزمایشگاه ۱۷ برابر و نیترات ۱/۲ برابر شده است. همچنین، غلظت سولفات در نمونهٔ جدارهٔ سبز شهری که در سطح هم‌تراز با منبع آلودگی قرار دارد، در مقایسه با نمونهٔ آزمایشگاهی بعد از اعمال دود حدود ۲ هزار برابر و غلظت نیترات حدود ۵۰۷ برابر شده است. در ادامهٔ این بررسی مشخص شد که این میزان جذب در نمونهٔ پل طبیعت که در ارتفاع نسبت به منبع آلاینده (اتوبان زیر پل) قرار دارد در مقایسه با نمونهٔ آزمایشگاهی، غلظت سولفات حدود ۲۲۰ برابر و غلظت نیترات حدود ۹۳ برابر است. بنابراین، از مقایسهٔ دو نمونه پل طبیعت و نمونهٔ شهری خیابان انقلاب می‌توان دریافت که میزان جذب سولفات در نمونه خیابان انقلاب که هم‌سطح با منبع آلودگی است حدود ۱۸ برابر و غلظت نیترات حدود ۶/۸ برابر نمونه جدارهٔ سبز پل طبیعت، با فاصله از منبع آلاینده است. در این پژوهش با بررسی دقیق‌تر تأثیر نوع گیاه پاپیتال در جذب آلاینده، در دو نوع سبز و ابلق می‌توان دریافت که در نوع پاپیتال ابلق میزان جذب سولفات ۲ برابر و جذب نیترات حدود ۱/۲ برابر است. بدیهی است در جهت تعیین میزان کیفیت هوا، هرچه گیاهان مورد آزمایش آلاینده بیشتری جذب کرده باشند، در بهبود کیفیت هوا از جهت کاهش آلاینده‌ها مؤثرتر عمل خواهند کرد. بنابراین، در این پژوهش نشان داده شد که پاپیتال ابلق برای کاهش آلودگی هوا مؤثرتر از نوع سبز آن عمل می‌کند.

جدول ۱. تغییرات غلظت سولفات و نیترات در نمونهٔ پل طبیعت

نمونه‌ها	غلظت سولفات (mg/L)	غلظت نیترات (mg/L)
A = نمونهٔ پاپیتال سبز قبل از اعمال دود (آزمایشگاه)	۰/۴	۴/۴۴
B = نمونهٔ پاپیتال سبز بعد از اعمال دود (آزمایشگاه)	۶/۸	۵/۳۲
C = نمونهٔ پاپیتال سبز پل طبیعت (جدارهٔ شهری در ارتفاع نسبت به منبع آلاینده)	۷۵۰	۳۹۶/۵
D = پاپیتال ابلق پل طبیعت (جدارهٔ شهری در ارتفاع نسبت به منبع آلاینده)	۱۵۰۰	۴۹۷
E = نمونهٔ پاپیتال سبز در یک جدارهٔ شهری (هم‌سطح با منبع آلاینده) [۲۰]	۱۳۶۰۰	۲۷۰۰

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، ایجاد جداره‌های سبز با استفاده از گیاه ارزان، هماهنگ با اقلیم تهران و دارای رشد سریع پاپیتال در شهر تهران می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر برای جذب آلودگی‌های ناشی از ترددهای درون‌شهری و سوخت خودروها مورد استفاده قرار گیرد. در نهایت می‌توان گفت:

در بررسی اثر کاهش دما، بیشترین اثر بخشی جدارهٔ سبز با استفاده از گیاه پاپیتال در فاصله تا نیم متر است. در بهترین حالت اثر کاهش دمایی این جداره در نقطهٔ A با فاصلهٔ صفر از جدارهٔ سبز حدود ۰/۹ درجهٔ سانتی‌گراد نسبت به نقطهٔ C با فاصلهٔ ۱ متر از جداره و دارای دمای برابر با هوای بیرون اتفاق افتاده است.

در بررسی اثر جذب آلاینده، نوع گیاه و فاصلهٔ جدارهٔ سبز از منبع آلودگی، دو عامل اثرگذار در میزان اثربخشی آن در جهت جذب آلاینده‌ها است. بدیهی است که دوری از منبع آلاینده موجب کاهش جذب آلاینده می‌شود. اما در شرایط یکسان از جهت فاصله با منبع آلودگی، گیاه پاپیتال ابلق (ریزبرگ با حاشیهٔ سفید) کارایی و اثربخشی بیشتری در مقایسه با نوع سبز آن در جذب آلاینده دارد. در نوع پاپیتال ابلق میزان جذب سولفات ۲ برابر و جذب نیترات حدود ۱/۲ برابر نسبت به نوع سبز است. از مقایسهٔ دو نمونه پل طبیعت و نمونهٔ شهری می‌توان دریافت که میزان جذب سولفات در نمونهٔ شهری هم‌سطح با منبع آلودگی حدود ۱۸ برابر و غلظت نیترات حدود ۶/۸ برابر نمونه جدارهٔ سبز پل طبیعت، با فاصله از منبع آلاینده است.

در نتیجه از تحلیل و مقایسهٔ نمونهٔ جدارهٔ سبز پل طبیعت با سایر جداره‌های سبز شهری، می‌توان نتیجه گرفت که دوری از منبع آلاینده و همچنین ایجاد فضای مسقف به منظور کنترل عامل تابش، کارایی و اثربخشی این جداره‌های سبز را بیشتر می‌کند.

با توجه به شرایط آلودگی امروز شهرها و اثبات کارایی جداره‌های سبز در حل این مشکل، این موضوع همچنان اهمیت بسیار بالایی در جهت ایجاد شهرهای پایدار در تحقیقات آتی خواهد داشت و علاوه بر تحقیقات گستردهٔ گذشته، زمینه‌های بسیار زیادی از این موضوع همچنان مبهم و نیازمند بررسی است. از جمله موضوعات پیشنهادی می‌توان به اثر روش های اجرایی مختلف و نوع گیاهان رونده یا سیستم اجرایی به‌کاررفته در جدارهٔ سبز و میزان کارایی و اثربخشی آن‌ها اشاره کرد.

مشارکت نویسندگان

درصد مشارکت نویسندهٔ اول و دوم هر دو ۵۰ درصد است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حامی مادی و معنوی ندارد.

تعارض منافع

این مقاله فاقد تعارض منافع است.

منابع

[1] Mohammady S. Vasigh, B. Evaluation of Biophilic Approach in Reducing Energy Consumption of Residential Houses in Kerman. Journal of Hot and Dry Climate Architecture. 2019. (10) 175-197. [In Persian]

[2] Gatto, E., Buccolieri, R., Aarrevaara, E., Ippolito, F., Emmanuel, R., Perronace, L., Santiago, J.L. Impact of urban vegetation on outdoor thermal comfort: comparision between a mediterranean city (lecce, Italy) and a northern European city (lahti, finland). 2020. (11) 228.

[3] Ifatimehin, o.o. An assessment of urban heat island of lokoja town and surroundings using landsat ETMdata. . 2011 february .

[4] Taghavi, L. The role of roofing and green walls in sustainable urban development. Journal of Sustainability of Development and Environment. 2014. (1) 19-36. [In Persian]

[5] Perez-Urrestarazu, L. Fernandez-canero, R. & Franco-Salas, A. Vertical greening systems and sustainable cities. J Urban Technol. 2015. 22(4):65–85.

[6] Lakzadeh, N. Ghasemi-Sichani, M. and Azkhosh, M. The role of green walls on the mental health in the architectural design of interiors. Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development of The Islamic World. Iran, Tabriz. 2018. [In Persian]

[7] Larsen, S. F., et al. Modeling double skin green façades with traditional thermal simulation software. Solar energy. 2015. (121) 56-67.

[8] Azmoudeh, M. The effect of green walls on reducing air pollution and adjusting the ambient temperature in Tehran, Ph.D. dissertation on Architecture, University of Tehran. 2016. [In Persian]

[9] Yeh, Yu-Peng. Green Wall – The Creative Solution in Response to the Urban Heat Island Effect. China. National Chung-Hsing University. 2012.

[10] Perez, G., et al. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. Applied energy. 2011. 88(12): 4854-4859.

[11] Akbari, H. Cooling our communities. A guidebook on tree planting and light-colored surfacing. 2009. [In Persian].

[12] Buccolier, R., Santiago, J.L., Rivas, E., Sanchez, B. Review on urban tree modelling in CFD simulations: Aerodynamic, deposition and thermal effects, urban forest. Urban green. 2018. (31) 212-220.

[13] Vera, S., et al. A critical review of heat and mass transfer in vegetative roof models used in building energy and urban nvironment simulation tools. Applied energy. 2018.

[14] Karami Rad, S. Aliabadi, M. & Habibi, A.& vakilinnejad, R. Measuring the amount of vegetation impact on the external thermal comfort conditions of pedestrians (Case-by-case: Golddasht Residential Complex in Shiraz). Journal of Iranian Society of Architecture and UrbanIsm. 2017. (14) 185-196. [In Persian].

[15] Vasigh, B. Mohammadi, S. Measurement of efficiency and thermal performance of green walls. Sustainable Architecture and City. 2020. (2) 173-185. [In Persian].

[16] Heidari, S. Muttalaei, S. Respirable wall modeling for absorbing indoor pollutants in the living room of a residential house inspired by buffer spaces in the traditional architecture of the hot and dry climate of Iran." Quarterly Journal of the Role of the Universe. 2018. 8(1). 1-7. [In Persian].

[17] Rezazadeh, H. Feasibility study of building wall design to reduce air pollution using microorganisms: Office building design in Shiraz, Published Thesis of Masters in Bionic Architecture Technology, Babolsar, Mazandaran, Iran. 2018. [In Persian].

[18] Kasmai, Kamran. Ehsanfar, Kimia, and Haji Marzban, Sahar, and Hosseini, Mir Mohammad. Green façade and its impact on human life, environment and its role in sustainable architecture. Shabak Scientific Journal. 2020. 6(2) 141-148. [In Persian].

[19] Thottathil, V., Jacob, C., Balamuralikrishna, S. Use of Green Facades in sustainable Building Environments: Quantifying the uptake rates of air pollutants by facades draped with tropical creepe. International Conference on Sustainable Built Environment, Kandy. 2010. December. 13-14.

[20] Azmoudeh, M. Heidari, Sh. Quantitative measurement of vehicles' absorption by green walls, Journal of Environmental Science and Technology. 2014. 16 (93) 315-322. [In Persian].