دریافت مقاله: ۱٤۰۲/۰۲/۳۱
پذیرش مقاله: ۱٤۰۲/۰٤/۱۲
نوع مقاله: علمی - پژوهشی
صفحه: ۱۵-۱

تبیین مؤلفه‌های اثرگذار بر کاهش آلودگی هوا در محله‌های مسکونی شهر تهران با تأکید بر جداره‌های سبز[۱]

میلاد کریمیان شمس‌آبادی[۲]، منصور یگانه*[۳]، الهام پور مهابادیان[۴]

چکیده: گسترش شهرنشینی و افزایش جمعیت در شهرها منجر به تخریب محیط‌زیست در جهت رفع نیاز شهروندان شده‌است. زندگی شهری مبتنی بر صنعت سبب ایجاد آلاینده‌ها و افزایش آلودگی هوا در شهرها شده است. یکی از رویکردهای مهم در حوزهٔ معماری و شهرسازی توجه به طبیعت به‌مثابه الگو و راهکاری برای تعدیل مشکلات زیست‌محیطی است. در این خصوص جداره‌های سبز می‌تواند هم‌زمان با تأمین فضای سبز موجب کاهش آلودگی هوا در مقیاس خرد شود. لذا، شناسایی مؤلفه‌های اثرگذار بر کاهش آلودگی هوا با بهره‌گیری از جداره‌های سبز حائز اهمیت است که هدف اصلی این پژوهش می‌باشد. این مقاله به لحاظ روش‌شناسی ترکیبی و به لحاظ هدف توسعه‌ای-کاربردی است. جامعه آماری متخصصین و کارشناسان معماری است که در حوزه پژوهش، طراحی و اجرای پروژه‌های معماری سبز تبحر دارند و حجم نمونه نیز برابر ۲۰ نفر به‌صورت سیستماتیک و هدفمند مورد مصاحبه قرارگرفته شدند. روش پژوهش بر اساس تحلیل محتوا با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA2020 بوده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که جداره‌های سبز بر ۸ مقوله اصلی «تعادل دما و رطوبت»، «تهویه هوا»، «تنوع زیست‌محیطی»، «خرد اقلیم»، «افزایش راندمان منابع انرژی ساختمان»، «جذب ناخالصی‌ها و ذرات معلق هوا»، «ارتقا کیفیت محیط‌زیست» و «ریه‌های تنفسی» اثر می‌گذارد که در قالب یک مدل نهایی به همراه مؤلفه‌های اثرگذار بر آن‌ها ارائه‌شده است.

کلیدواژه: آلودگی هوا، جداره‌های سبز، محله‌های مسکونی، نرم‌افزار MAXQDA2020، شهر تهران

---

[۱] این مقاله مستخرج از رساله دکتری میلاد کریمیان شمس‌آبادی با عنوان «تبیین الگوریتمیک فرم‌یابی جداره‌های سبز عمودی با رویکرد کاهش آلودگی ذرات معلق هوا در مجموعه‌های مسکونی شهر تهران» است که با راهنمایی دکتر منصور یگانه و استاد مشاور دکتر الهام پورمهابادیان در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد در حال انجام می‌باشد.

[۲] دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشکده هنرو معماری، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد. ایران.

[۳*] دانشیار، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران؛ و مدرس مدعو گروه معماری، دانشکده هنرو معماری، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران؛ نویسنده مسئول: yeganeh@modares.ac.ir

[۴] استادیار، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۱- مقدمه و بیان مسئله

رشد جهانی جمعیت به‌طور فزاینده‌ای باعث ایجاد تغییرات سریع در الگوهای سکونتی و سیمای سکونتگاه‌های انسانی شده است. مطابق با پژوهش‌های بانک جهانی تا سال ۲۰۳۰ گسترش شهرهای جهان، ۲/۵ برابر خواهد شد به‌طوری‌که تا سال ۲۰۲۵ پیش‌بینی می‌شود ٦٥ درصد از جمعیت جهان در شهرها ساکن شوند (Worldbank data, 2023). در همین راستا، در سطح شهرها تغییرات کاربری و پوشش اراضی ناشی از فرآیند شهرنشینی از مهم‌ترین عوامل تغییر وضعیت محیط‌زیست آن‌ها می‌باشد (میرکتولی و همکاران، ۱۳۹۱، ۳۵) به‌طوری‌که امروزه شهرنشینی در حال تسخیر هرچه بیشتر زمین با گسترش افقی و پراکنده همراه با تکه‌تکه کردن مناطق کشاورزی و طبیعی اطراف شهرها می‌باشد (Abrantes et.al, 2016, 120).

آلودگی هوا با تغییر در کمیت و کیفیت گازهای جوی ایجاد می‌شود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸، ۲۴۳) و سطوح آلودگی و میزان ذرات معلق هوا تا حد زیادی به الگوی ساخت شهرها و میزان فضای سبز در شهرها مرتبط می‌باشد. با آشکارتر شدن اثر محیط زیستی الگوی ساخت شهرها و ساختمان‌ها، معماری سبز در حال پیشرفت است که به‌عنوان یکی از شیوه‌های ساخت و بهره‌گیری از مدل‌های سالم، پایدار و با منابع کارآمدتر ساخت، نوسازی، راه‌اندازی، نگهداری و تخریب در آن مدنظر طراحان و معماران می‌باشد (Ragheb et al., 2016, 780). یکی از راهکارهای معماران و شهرسازان به‌منظور کاهش آلودگی هوای منجر از ساخت‌وساز شهری بهره‌گیری از معماری سبز، جدارها و المان‌های سبز شهری و نظایر آن می‌باشد (عیدیان، ۱۴۰۰، ۹۲). جداره‌های سبز شهری در جهت پایدارتر ساختن شهرها از راه‌حل‌های مؤثر در کاهش آلودگی هوا از طریق ایجاد فضای سبز است (آزموده، ۱۴۰۱، ۱۷). گیاهان موجب بهینه-سازی محیط به‌منظور آسایش حرارتی و رفع آلودگی هوا می‌شوند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵، ۳۹۸). ازاین‌رو برنامه-ریزان باید از میزان و چگونگی تأثیر درختان و پوشش گیاهی آگاه باشند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸، ۱).

ساختار سبز عمودی که به‌عنوان نماهای سبز شناخته شده‌است ترکیبی خلاقانه از معماری و سبزینگی هستند که با توجه به هدف آن‌ها در فضاهای داخلی یا خارجی استفاده می‌شوند که نه‌تنها ازنظر بصری زیبا هستند بلکه با تکیه‌بر خاصیت طبیعی گیاهان در کاهش دما، تصفیه هوا و کاهش آلودگی نقش به سزایی دارند (بهاروند و صفی خانی،۱۳۹۷، ۱).

تهران از کلان‌شهرهای آلوده‌ی جهان است و مناطق مرکزی آن ناشی از تمرکز انواع منابع انتشار آلاینده‌ها با شرایط آلودگی شدید هوا مواجه است (شمسی‌پور و امینی، ۱۳۹۲، ۱). طبق آمار شرکت کنترل کیفیت هوا، تهران در سال گذشته ۱۰۳ روز ناسالم برای افراد حساس و ۳۳ روز بسیار ناسالم و خطرناک را سپری نموده است (شرکت کنترل کیفیت هوا، ۱۴۰۲) افزایش ارتفاع ساختمان‌ها و افزایش جمعیت سبب افزایش آلودگی و ذرات معلق در هوای شهر تهران شده است (خداکرمی و همکاران، ۱۳۹۹، ۱۹۴). طبق نتایج تحقیقات انجام‌شده سطوح آلودگی و میزان ذرات معلق در هوا تا حد زیادی وابسته به هندسه خیابان، شرایط محلی، وضعیت خطوط ترافیکی و پوشش گیاهی مناطق می‌باشد (Karra et al. 2010, 25)؛ بنابراین برای کاهش آلاینده‌ها در طراحی ساختمان‌ها تأثیر پوشش گیاهی و جداره‌های سبز بررسی می‌شود تا در طراحی‌های آینده به کار گرفته شود (Yeganeh, 2015, 4). این پژوهش به دنبال شناسایی مؤلفه‌های اثرگذار جداره‌های سبز شهری بر کاهش آلودگی هوا در محله‌های مسکونی شهر تهران است که بر اساس روش تحلیل محتوا و استدلال منطقی متخصصان در چارچوب پرسشنامه باز استفاده‌شده است. شاخصه‌های به‌دست‌آمده از کدگذاری آزاد از قالب مفاهیم پراکنده کارشناسان استخراج‌شده است.

۲- پیشینه پژوهش و مبانی نظری

مطالعات اخیر نقش مهم و اساسی تغییرات درون‌شهری را بر آلودگی هوا نشان داده به‌طوری‌که تمامی این تحقیقات به نتایج مشابهی در مورد تأثیر تغییرات زمانی، مکانی و

درون‌شهری بر آلودگی هوا اشاره کردند (Jerrett et al. 2005, 187).

عمل‌آوری گیاهان در سطح معابر، افزایش کاشت گیاهان بر بام ساختمان‌ها و افزایش سبزینگی در سطح شهر موجب کاهش جزایر گرمایی شهری، کاهش مصرف انرژی و بهبود کیفیت هوا می‌شود (آزموده و حیدری، ۱۳۹۶، ۶۰۵). گیاهان قادرند آلودگی‌ها را بهتر از سطوح مصنوعی و ساختمان‌ها به خود جذب نمایند که این عامل با آنالیز شیمیایی سطح شاخ و برگ‌ها، اثرات آن را ثابت می‌نماید (آزموده و حیدری، ۱۳۹۳، ۳۱۶). تحقیق جامعی در شیکاگو نشان داد که درختان در شهر سالانه ۱۵ تن مونوکسید کربن، ۸۴ تن دی‌اکسید سولفور، ۸۹ تن دی‌اکسید نیتروژن، ۱۹۱ تن ازن و ۲۱۲ تن ذرات کوچک را دفع نموده‌اند. مدل‌سازی کامپیوتری انجام‌گرفته زیر نظر توماس پاگ[۱] محقق مؤسسه فناوری کارلسروهه[۲] بیان می‌دارد که غلظت دو آلاینده تأثیرگذار NO2 و PM10 به ترتیب میزان ۴۴ درصد و ۶۴ درصد در خیابان‌های پوشیده از گیاه کمتر از خیابان‌های فاقد این نوع پوشش گیاهی می‌باشد. پاگ بیان می کند که گیاهانی با رشد عمودی سبب از بین بردن NO2 به میزان ۱۴ برابر و PM10 به میزان ۱۲ برابر بیشتر از حالت افقی می‌شوند (Pugh et al., 2012, 4).

چین[۳] و همکاران(۲۰۱۸)، در پژوهش خود با عنوان «آیا دیوارهای سبز گزینه‌های بهتری نسبت به بام‌های سبز برای کاهش آلودگی PM10 هستند؟ شبیه‌سازی CFD در دره خیابان‌های شهری[۴] به این نتیجه رسیدند که در نسبت ابعاد مساوی، دیوارهای سبز در کاهش PM10 دره خیابان‌ها مؤثرتر هستند و میانگین غلظت آلاینده با افزایش تراکم سطح برگ‌ها و مناطق پوشش سبز، کاهش می‌یابد (Qin et al., 2018, 13 & 21).

نتایج پژوهش با عنوان «استفاده از دیوارهای سبز و تأثیر آن بر کیفیت هوا و استاندارد زندگی» در سال ۲۰۱۹ (Wesołowska & Laska, 2019) و مطالعه با عنوان «رویکرد طراحی دیوار سبز به سمت عملکرد انرژی و بهبود آسایش داخلی: مطالعه موردی در آتن» که در سال ۲۰۲۰ در مجله Sustainability انتشار یافت (Assimakopoulos et al., 2020, 22) و همچنین پژوهش دیگر با عنوان «تأثیر دیوارهای سبز کوچک بر کاهش غلظت ذرات معلق در مناطق باز» که در سال ۲۰۲۱ در مجله Atmospheric Cleaner Production ارائه شد (Srbinovska, 2021) نشان داد که جداره‌های سبز شهری می‌توانند به کاهش آلودگی هوا در مناطق مسکونی کمک کنند و باعث بهبود کیفیت هوای مناطق مسکونی می‌شوند.

ویکو و همکاران (۲۰۲۱)، در مطالعات خود با عنوان «طرح‌بندی بام‌های سبز و دیوارهای سبز برای بهبود کیفیت هوای شهری با کاهش ذرات معلق» به مورفولوژی‌های مختلف شهری، به‌ویژه تأثیر ارتفاع ساختمان و نسبت پوشش بام‌های سبز و دیوارهای سبز در کاهش آلودگی هوا و ارزیابی اثربخشی آن‌ها برای جذب ذرات معلق (PM2.5) در محله شهری سانتیاگو، شیلی با استفاده از مدل ENVI-met پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که بهبود کیفیت هوا توسط بام‌ها و دیوارهای سبز به ارتفاع ساختمان، زیرساخت‌های شهری اطراف، پوشش گیاهی و نزدیکی به منبع آلاینده بستگی دارد (Viecco et al. 2021).

یسبارت[۵] و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهش خود درباره دیوارهای سبز برای کاهش آلودگی ذرات معلق شهری به این نتیجه رسیدند که گیاهان پهن‌برگ با رسانایی روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز بالا در حذف آلاینده‌ها از هوا مؤثرتر هستند (Ysebaert et al., 2021). مانسو و گومز (۲۰۱۵) نیز در

---

[۱] Thomas A. M. Pugh

[۲] Karlsruhe Institute of Technology

[۳] Qin

[۴] خیابان‌های پرترافیک که بین ردیف‌های مستمر ساختمان‌های مرتفع قرارگرفته‌اند، به دلیل پراکندگی بسیار محدود اتمسفر، احتمال ایجاد سطوح بالایی از آلاینده‌های هوای ناشی از ترافیک وجود دارد (Zhong, 2015)

[۵] Ysebaert

بررسی دیوارهای سبز به برتری سیستم‌های مدولار نسبت به سیستم‌های پیوسته در نصب آن‌ها اشاره کرده‌اند که با استفاده از گونه‌های گیاهی سازگار با آب‌وهوا با نیازهای آبیاری کمتر، تکامل می‌یابند. (Manso & Gomes, 2015, 870).

رادی و همکاران (۲۰۱۹)، در مروری بر طراحی، عملکرد و مزایای محیطی دیوارهای سبز و زنده به این نتیجه رسیدند که انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب، طراحی دیوارها و شیوه‌های، دیوارهایی با تنوع گونه‌های گیاهی بالا، عمق بستر کافی و سیستم آبیاری کارآمد در کاهش آلودگی هوا مؤثرتر هستند (Radić et al., 2019, 17).

هادبا و همکاران (Hadba et al., 2017)، مانسو و همکاران (Manso et al., 2020) و وود و همکاران (Wood et al., 2014) در پژوهش خود درباره اثر دیوارهای سبز در کاهش آلودگی هوای شهری، دریافتند که دیوارهایی با تنوع گونه‌های گیاهی بالا، عمق بستر کافی و شرایط محیطی مساعد در کاهش آلودگی هوا مؤثرتر هستند.

در پژوهش‌های گذشته بیشتر به چگونگی افزایش کارایی و عملکرد دیوارهای سبز در کاهش آلودگی هوا پرداخته‌شده است درحالی‌که تمرکز پژوهش پیش رو بر این می‌باشد که جداره‌های سبز بر چه مؤلفه‌هایی اثرگذارند که موجب کاهش آلودگی هوا می‌شوند و به‌عنوان نمونه موردی محلات مسکونی شهر تهران انتخاب‌شده است. وجه تمایز دیگر این پژوهش رویکرد کیفی آن می‌باشد. پژوهش‌های گذشته اغلب بر اساس معیارهای کمی و بررسی اثرگذاری جداره‌های سبز بر کیفیت محیط بر اساس اندازه‌گیری شاخص‌های آلاینده هوا می‌باشند. شهر تهران دارای شرایط نامساعد زیست‌محیطی بوده و آلودگی هوای آن در سال‌های اخیر با محتوای گازهای سمی به‌صورت خطرناک عمل می‌نماید که تغییرات بسیار چشمگیر محیطی و اقلیمی را در آن موجب گردیده است (مشفقی و یوسفیان، ۱۴۰۰، ۲۱۴). در همین راستا توجه به استفاده از معماری سبز و جداره‌های سبز به‌عنوان المان‌هایی در جهت کاهش آلودگی هوای شهر تهران و دست‌یابی به معماری پایدار حائز اهمیت می‌باشد.

۳- روش تحقیق

این پژوهش به لحاظ روش‌شناسی ترکیبی و به لحاظ هدف توسعه‌ای-کاربردی است. نخبگان دانشگاهی و فنی معمار که در ارتباط با موضوع تحقیق دارای تخصص باشند به‌عنوان جامعه آماری متخصصین در پژوهش حاضر مدنظر قرارگرفته است. این گروه شامل متخصصین و کارشناسان معماری هستند که در حوزه پژوهش، طراحی و اجرای پروژه‌های معماری سبز تبحر دارند حجم نمونه جامعه متخصصین و کارشناسان معماری مرتبط با پژوهش نیز برابر ۲۰ نفر با توجه به روش دلفی محاسبه گردید که برای جمع‌آوری نظرات این افراد از ابزار مصاحبه استفاده شده‌است. در این روش متخصصین، کارشناسان و نخبگان حوزه معماری با استفاده از روش سیستماتیک و هدفمند و بر اساس سوابق کاری ایشان تعیین و نسبت به انجام مصاحبه با ایشان اقدام می‌گردد. روش تحلیل داده‌ها بر اساس تحلیل محتوا با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA2020 انجام‌شده است. هم‌چنین تحلیل داده‌ها مبتنی بر تحلیل محتوا چهار مرحله را شامل می‌شوند که به شرح زیر می‌باشد:

- مرحله اول (طرح سؤالات اولیه و انتخاب سند مورداستفاده): در پژوهش حاضر، سؤالات عمده مرتبط با آلودگی هوا و اثرات جداره‌های سبز بر کاهش آلودگی بوده است. منبع اصلی تجزیه‌وتحلیل، مصاحبه کارشناسی می‌باشد.

- مرحله دوم (کدبندی اولیه): گام بعدی توسعه یک برنامه تحلیلی برای تجزیه‌وتحلیل محتوای واقعی است. یک لیست اولیه از متغیرهای سند را می‌توان ایجاد نمود و یک کتابچه کد (در درون نرم‌افزار) از کدهای اولیه ایجاد می‌شود.

- مرحله سوم (کدبندی محوری): با سازمان‌دهی پروژه می‌توان مرحله سوم تحقیق را آغاز نمود که همانا تجزیه‌وتحلیل محتوای اسناد و انجام تجزیه‌وتحلیل موضوعی است. داده‌ها را با استفاده از کتاب کد اولیه کدبندی مجدد شود (کدبندی محوری) و در صورت روبرو شدن با مفهوم جدید که از ابتدا کدگذاری نشده است، می‌توان کد را ایجاد کرده و سپس با استفاده از ویژگی‌های کد خودکار

MAXQDA برای جستجوی کلماتی که با عبارت جدید مطابقت دارند استفاده نمود.

– مرحله چهارم (ایجاد ارتباط بین کدها): مراحل ۳ و ۴ فرآیندهای تحقیق اغلب باهم ترکیب می‌شوند که از کدگذاری تا تجزیه‌وتحلیل موضوعی داده‌ها و نوشتن نتایج و مرتبط نمودن فرایندها را در بر می‌گیرد.

٤- بحث و یافته‌های پژوهش

پس از انجام مصاحبه با ۲۰ نفر از کارشناسان نظرات در نرم-افزار MAXQDA 2020 وارد شد. در ابتدا کدگذاری آزاد در قالب مفاهیم پراکنده موردتوجه کارشناسان به انجام رسید و نتایج این تحلیل در سه مرحله شامل کدگذاری آزاد، کدگذاری محوری و درنهایت کدگذاری انتخابی انجام‌شده است.

با توجه به نظر کارشناسان در این مرحله مفاهیم قابل‌تفکیک در قالب کدها طبقه‌بندی شدند. نتیجه این مرحله در قالب ۲۹۶ کد ارائه‌شده است که این کدها در (جدول شماره ۱) نیز ذکرشده‌اند. پس از تعیین کدگذاری آزاد، بر اساس ابعاد شباهت و اختلاف کدهای شناسایی‌شده، کدهای دارای مشابهت در یک گروه قرار گرفت و درنهایت برای هر گروه کد شناسایی‌شده نامی مشخص انتخاب گردید. بدین طریق کدها و زیر کدها شناسایی گردید. در (جدول شماره ۱)کدهای محوری و درصد فراوانی کدگذاری محوری بر اساس نظر مصاحبه‌شوندگان ذکرشده است که بر اساس آن می‌توان گفت کاهش میزان انتقال حرارت و افزایش ظرفیت و مقاومت حرارتی دیوار دارای بیشترین فراوانی می‌باشند و پس‌ازآن کدهای جذب ناخالصی‌ها و ذرات معلق در هوا، کاهش دمای محیط و اکسیژنه کردن قرار دارد.

جدول ۱. کدهای محوری و درصد فراوانی کدگذاری محوری بر اساس نظر مصاحبه‌شوندگان

کد	تکرار	درصد
کاهش میزان انتقال حرارت	۲۰	۶/۷۶
افزایش ظرفیت و مقاومت حرارتی دیوار	۲۰	۶/۷۶
جذب ناخالصی‌ها و ذرات معلق در هوا	۱۶	۵/۴۱
کاهش دمای محیط	۱۶	۵/۴۱

کد	تکرار	درصد
اکسیژنه کردن	۱۶	۵/۴۱
کاهش دما	۸	۲/۷۰
تعدیل دما	۸	۲/۷۰
تغییرات جریان انرژی ساختمان‌ها	۸	۲/۷۰
خرد اقلیم با دمای کمتر و رطوبت نسبی بالا	۸	۲/۷۰
ریه‌های تنفسی شهرها	۸	۲/۷۰
توسعه‌ی پایدار	۸	۲/۷۰
سیم خنک و جریان هوا	۸	۲/۷۰
کاهش تقاضای انرژی در فصول گرم و سرد	۸	۲/۷۰
سایه‌اندازی	۸	۲/۷۰
عایق‌بندی	۴	۱/۳۵
آسایش حرارتی	۴	۱/۳۵
تولید اکسیژن	۴	۱/۳۵
خنکی هوا	۴	۱/۳۵
کاهش آلاینده‌ها	۴	۱/۳۵
ایجاد لکه‌های هوای سرد	۴	۱/۳۵
کیفیت هوا	۴	۱/۳۵
تعریق و تبخیر در گیاهان	۴	۱/۳۵
رقیق کردن هوا آلودگی	۴	۱/۳۵
لطافت هوا	۴	۱/۳۵
افزایش رطوبت نسبی	۴	۱/۳۵
کاهش اتلاف انرژی از دیوارها	۴	۱/۳۵
میکرو اقلیمی	۴	۱/۳۵
سبب کاهش آلودگی هوا	۴	۱/۳۵
جذب سموم و گازهای مزاحم و خطرناک	۴	۱/۳۵
تعادل دما و رطوبت هوا	۴	۱/۳۵
سبک زندگی سالم	۴	۱/۳۵
انتشار گازهای گلخانه‌ای	۴	۱/۳۵
جذب گردوغبار	۴	۱/۳۵
بهبود شرایط بیوکلماتیک در شهر	۴	۱/۳۵
فرایند تبخیر و سطوح سایه	۴	۱/۳۵
اکوسیستم محلی	۴	۱/۳۵
تهویه مطبوع	۴	۱/۳۵
سرمایش ناشی از تبخیر گیاهان	۴	۱/۳۵
سایه‌اندازی	۴	۱/۳۵
میزان مصرف انرژی ساختمان	۴	۱/۳۵
توسعه‌ی فضای سبز	۴	۱/۳۵
بهبود عملکرد فضاهای سبز	۴	۱/۳۵
کاهش اثر جزیره گرمایی	۴	۱/۳۵
ایجاد اختلاف دما در محیط	۴	۱/۳۵
ارتقای کیفیت محیط‌زیست	۴	۱/۳۵
بهبود کیفیت هوا	۴	۱/۳۵
افزایش سرانه فضای سبز	۴	۱/۳۵
تهویه هوا	۴	۱/۳۵

کد	تکرار	درصد
TOTAL	۲۹۶	۱۰۰/۰۰

هم‌چنین، ابرواژگان به‌کاررفته در مصاحبه‌های صورت گرفته‌شده و کدهای انتخابی در (شکل ۱)آورده شده است.

شکل ۱. ابر واژگان مرتبط با کدهای انتخابی کاهش آلودگی هوا در مجموعه‌های مسکونی با تأکید بر جداره‌های سبز

در پایان، شرح کدگذاری‌های انجام‌شده به‌صورت محوری در(جدول شماره ۲)آورده شده است که بر اساس آن کدها، مقوله‌ها و زیر مقوله‌ها نام‌گذاری و تشریح شده‌اند.

جدول ۲. شرح کدگذاری محوری

کدها، مقوله‌ها و زیر مقوله‌ها	شرح مقولات
کاهش میزان انتقال حرارت تعادل دما و رطوبت هوا Document)۶(: ۱ - ۱)۰(جذب سموم و گازهای مزاحم و خطرناک Document)۶(: ۱ - ۱)۰(کاهش آلودگی هوا Document)۶(: ۱ - ۱)۰(افزایش پوشش گیاهی Document)۵(: ۳ - ۳)۰(اکسیژنه کردن Document)۶(: ۳ - ۳)۰(	ایجاد تعادل دما و رطوبت هوا قدرت زیادی در جذب سموم و گازهای مزاحم و خطرناک دارند، بنابراین جداره‌های سبز می‌توانند سبب کاهش آلودگی هوا شوند.

کدها، مقوله‌ها و زیر مقوله‌ها	شرح مقولات
افزایش ظرفیت و مقاومت حرارتی دیوار اکسیژنه کردن Document)۲(: ۳ - ۳)۰(فرایند تبخیر Document)۶(: ۲ - ۲)۰(سطوح سایه Document)۶(: ۲ - ۲)۰(جذب گرما Document)۶(: ۲ - ۲)۰(خنکی هوا Document)۶(: ۲ - ۲)۰(لکه‌های هوای سرد Document)۶(: ۲ - ۲)۰(	جداره‌های سبز از طریق فرایند تبخیر و سطوح سایه که منجر به جذب گرما می‌شود باعث خنکی هوا می‌شوند. این عمل باعث ایجاد لکه‌های هوای سرد در شهرها شده و نیاز به تهویه هوا را کاهش می‌دهد.
کاهش اتلاف انرژی از دیوارها تغییرات جریان انرژی ساختمان‌ها Document)۵(: ۱ - ۱)۰(	دیوار سبز با ایجاد یک خرد اقلیم با دمای کمتر و رطوبت نسبی بالاتر، بین دیوار ساختمان و پوسته سبز باعث کاهش اتلاف انرژی از دیوارها می‌شود. نماهای سبز دارای یک‌لایه شامل گیاه با دولایه شامل هوا و گیاه و دیوارهای زنده شامل سه لایه گیاه، هوا و جعبه‌های حاوی خاک هستند. عبور حرارت از میانه این لایه‌ها کندتر و کمتر می‌شود که باعث افزایش ظرفیت و مقاومت حرارتی دیوار و درنتیجه کاهش میزان انتقال حرارت آن می‌گردد
خرد اقلیم با دمای کمتر و رطوبت نسبی بالا/ ایجاد لکه‌های هوای سرد اکوسیستم محلی Document)۵(: ۱ - ۱)۰(ریه‌های تنفسی Document)۵(: ۲ - ۲)۰(استراتژی پایدار برای کاهش آلودگی Document)۵(: ۳ - ۳)۰(تعدیل دما، افزایش رطوبت نسبی، لطافت هوا Document)۵(: ۲ - ۲)۰(میکرو اقلیم Document)۳(: ۳ - ۳)۰(	افزایش سرانه فضای سبز ارتقای کیفیت محیط‌زیست و توسعه پایدار شهری بهره برد و با آن می‌توان اثرات منفی ساختمان‌ها در اکوسیستم محلی و در پی آن مصرف انرژی در بناها را کاهش دهند و در تغییرات جریان انرژی ساختمان‌ها نقشی تعیین‌کننده داشته باشد
سایه‌اندازی بهبود شرایط بیوکلماتیک در شهر و جذب گردوغبار Document)۵(: ۲ - ۲)۰(استراتژی پایدار برای کاهش آلودگی Document)۵(: ۳ - ۳)۰(کیفیت هوا و کاهش آلودگی Document)۳(: ۳ - ۳)۰(رطوبت نسبی بالاتر Document)۶(: ۳ - ۳)۰(تهویه هوا Document)۶(: ۲ - ۲)۰(	جداره‌های سبز به‌عنوان ریه‌های تنفسی شهرها به شمار می‌روند به‌طوری‌که افزون بر عملکردهای زیبایی‌شناختی، اجتماعی و ساخت کالبدی شهر، روی تعدیل دما، افزایش رطوبت نسبی، لطافت هوا، کاهش آلودگی صوتی، افزایش نفوذپذیری خاک، کاهش سطح ایستایی، بهبود شرایط بیوکلماتیک در شهر و جذب گردوغبار تأثیر دارند
ریه‌های تنفسی شهرها لطافت هوا Document)۵(: ۲ - ۲)۰(	جذب ناخالصی‌ها و ذرات معلق در هوا به‌وسیله کاهش آلاینده‌ها با استفاده از جداره‌های سبز در کیفیت هوا و کاهش آلودگی اثرگذار است.

کدها، مقوله‌ها و زیر مقوله‌ها	شرح مقولات
ریه‌های تنفسی شهرها Document ۵(: ۲ - ۲ ۰) تعدیل دما Document ۵(: ۲ - ۲ ۰) کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای Document ۵(: ۳ - ۳ ۰) جذب گردوغبار Document ۵(: ۲ - ۲ ۰) بهبود شرایط بیوکلماتیک در شهر Document ۵(: ۲ - ۲ ۰) افزایش رطوبت نسبی Document ۵(: ۲ - ۲ ۰)	هم‌چنین، سبب ایجاد اختلاف دما در محیط می‌کنند و بر اساس آن نسیم خنک و جریان هوا در محیط مجتمع‌های مسکونی صورت می‌پذیرد.
توسعه‌ی پایدار/ تغییرات جریان انرژی ساختمان‌ها کاهش صرف انرژی در بناها Document ۵(: ۱ - ۱ ۰) توسعه پایدار شهری Document ۵(: ۱ - ۱ ۰) تغییرات جریان انرژی ساختمان‌ها Document ۵(: ۱ - ۱ ۰)	جداره‌های سبز با افزایش راندمان انرژی و کاهش سرانه مصرف آن و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و دی‌اکسید کربن می‌توانند گامی مؤثر در ارتقاء کیفیت داخلی منابع انرژی ساختمانی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی باشند.
توسعه پایدار/ افزایش سرانه فضای سبز افزایش سرانه فضای سبز Document ۵(: ۱ - ۱ ۰) تهویه مطبوع Document ۴(: ۳ - ۳ ۰) سرمایش ناشی از تبخیر گیاهان Document ۴(: ۳ - ۳ ۰) کاهش تقاضای انرژی در فصول گرم و سرد Document ۴(: ۳ - ۳ ۰) سایه‌اندازی Document ۴(: ۳ - ۳ ۰) ارتقای کیفیت محیط‌زیست Document ۵(: ۱ - ۱ ۰) اکوسیستم محلی Document ۵(: ۱ - ۱ ۰)	با کاهش دما و تولید اکسیژن می‌تواند میکرو اقلیمی را ایجاد نماید که در کیفیت هوا و کاهش آلودگی اثرگذار باشد و بر اساس بعد توسعه پایدار زیست‌محیطی طراحی را انجام دهد.
میزان مصرف انرژی ساختمان میزان مصرف انرژی ساختمان و آسایش حرارتی Document ۴(: ۲ - ۲ ۰) عایق‌بندی Document ۴(: ۳ - ۳ ۰) میزان مصرف انرژی ساختمان و آسایش حرارتی Document ۴(: ۲ - ۲ ۰)	ایجاد جداره‌های سبز بر روی پوسته‌ی ساختمان به دلیل عایق‌بندی، سایه‌اندازی و سرمایش ناشی از تبخیر گیاهان، تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش تقاضای انرژی در فصول گرم و سرد و تهویه مطبوع دارد.
کاهش اثر جزیره گرمایی توسعه‌ی فضای سبز در نماها Document ۴(: ۲ - ۲ ۰) عملکرد فضاهای سبز در مقیاس منطقه‌ای و شهری	جداره‌های سبز شهری به‌واسطه اکسیژنه کردن و رقیق کردن هوا آلودگی آن را می‌توانند کنترل نمایند و با افزایش سایه روی زمین و همچنین رهاسازی رطوبت در جو و افزایش آب در هوا به خنک شدن شهر کمک می‌کنند.

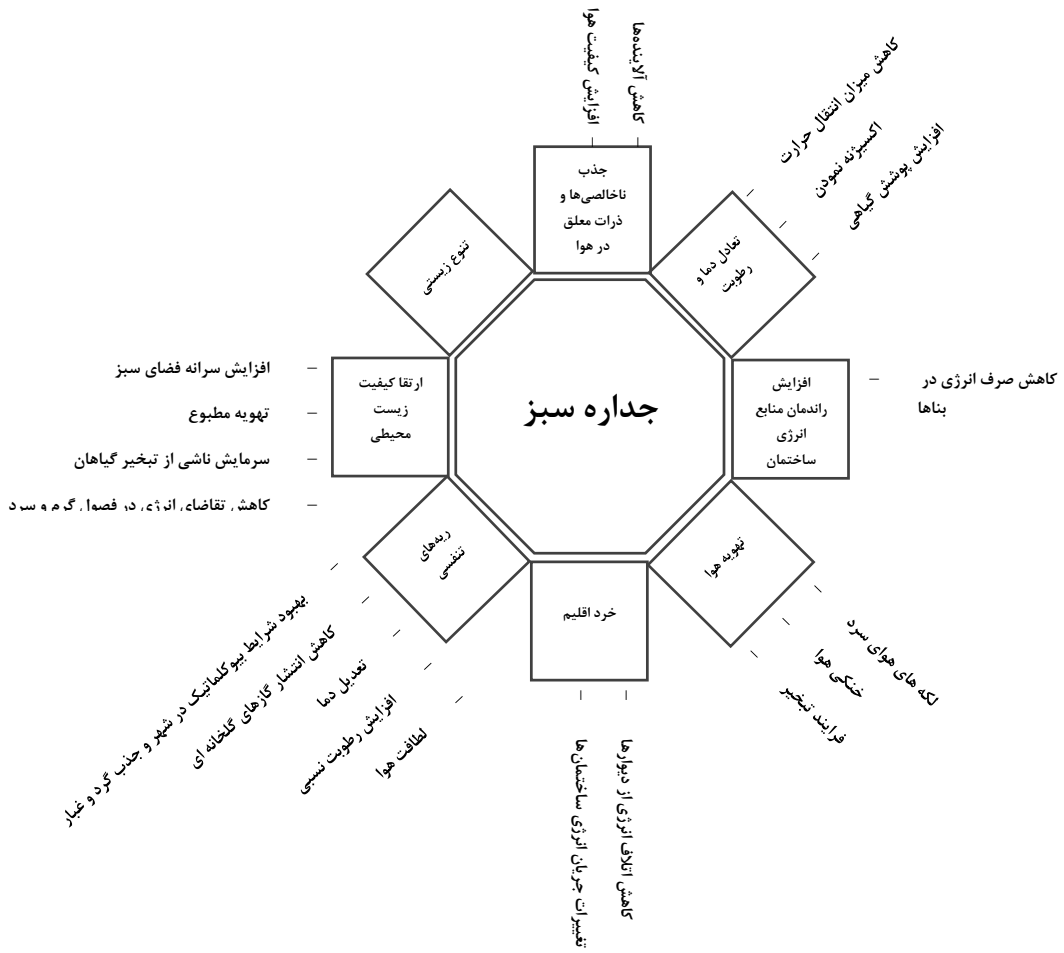
کدها، مقوله‌ها و زیر مقوله‌ها	شرح مقولات
Document)۴(: ۲ - ۲)۰(کاهش اثر جزیره گرمایی Document)۴(: ۱ - ۱)۰(کاهش دما و تولید اکسیژن Document)۳(: ۳ - ۳)۰(تولید اکسیژن Document)۳(: ۳ - ۳)۰(اختلاف دما در محیط Document)۳(: ۲ - ۲)۰(نسیم خنک و جریان هوا Document)۳(: ۲ - ۲)۰(کیفیت هوا و کاهش آلودگی Document)۳(: ۱ - ۱)۰(	
کاهش آلاینده‌ها جذب ناخالصی‌ها Document)۳(: ۱ - ۱)۰(کیفیت هوا و کاهش آلودگی Document)۳(: ۱ - ۱)۰(ذرات معلق در هوا Document)۳(: ۱ - ۱)۰(کاهش آلاینده‌ها Document)۳(: ۱ - ۱)۰(کیفیت هوا و کاهش آلودگی Document)۳(: ۱ - ۱)۰(	دیوارهای سبز علاوه بر کاهش ذرات آلاینده سبب افزایش زیبایی بصری در سیما و منظر شهری، کاهش دما، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و هم‌چنین تنوع زیستی می‌شود. به‌علاوه کاهش دما توسط گیاهان سبب کاهش نیاز به تهویه هوا و هم‌چنین کاهش انتشار اکسیدهای نیتروژن در هوا می‌شود. بهره‌گیری از پوشش گیاهی به‌عنوان یک مصالح نوین در مجاورت ساختمان‌ها سبب می‌شود تا دمای محیط آن کاهش یابد.
بهبود کیفیت هوا Document)۲(: ۳ - ۳)۰(بهبود کیفیت هوا Document)۲(: ۳ - ۳)۰(تعریق و تبخیر در گیاهان Document)۲(: ۲ - ۲)۰(کاهش دمای محیط Document)۲(: ۲ - ۲)۰(سایه‌اندازی Document)۲(: ۳ - ۳)۰(بهبود کیفیت هوا Document)۲(: ۳ - ۳)۰(تعریق و تبخیر در گیاهان Document)۲(: ۲ - ۲)۰(اکسیژنه کردن Document)۶(: ۳ - ۳)۰(رقیق کردن هوا آلودگی Document)۲(: ۱ - ۱)۰(تعریق و تبخیر در گیاهان Document)۲(: ۲ - ۲)۰(اکسیژنه کردن	توسعه‌ی فضای سبز در نماها باعث بهبود عملکرد فضاهای سبز در مقیاس منطقه‌ای و شهری می‌شود. پوسته‌ی ساختمان یکی از عواملی است که تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر میزان مصرف انرژی ساختمان و آسایش حرارتی دارد.

کدها، مقوله‌ها و زیر مقوله‌ها	شرح مقولات
Document)۲(: ۳ - ۳)۰ افزایش رطوبت نسبی، لطافت هوا Document)۵(: ۲ - ۲)۰	

۵- نتیجه‌گیری

مقاله حاضر با تکیه‌بر نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل محتوای پاسخ‌های داده‌شده به سؤالات تحقیق از متخصصان، مشخص نمود که جداره‌های سبز بیشترین تأثیر را بر کاهش میزان انتقال حرارت، افزایش ظرفیت و مقاومت حرارتی دیوار، جذب ناخالصی‌ها و ذرات معلق در هوا، کاهش دمای محیط و اکسیژنه کردن محیط خوددارند.

بر اساس مقوله‌بندی کدهای به‌دست‌آمده می‌توان نقش دیوارهای سبز در کاهش آلودگی هوا در محلات مسکونی شهر تهران را بدین شرح مطرح نمود: جداره‌های سبز بر ۸ مقوله اصلی «تعادل دما و رطوبت»، «تهویه هوا»، «تنوع زیست‌محیطی»، «ایجاد خرد اقلیم»، «افزایش راندمان منابع انرژی ساختمان»، «جذب ناخالصی‌ها و ذرات معلق هوا»، «ارتقا کیفیت محیط‌زیست» و «ایجاد ریه‌های تنفسی» اثر می‌گذارد. مقولات به‌دست‌آمده مؤلفه‌های اصلی اثرگذار بهره‌گیری از جداره‌های سبز در کاهش آلودگی هوا با تمرکز بر نظرات متخصصان در محلات مسکونی شهر تهران می‌باشد. مؤلفه «ریه‌های تنفسی» درواقع اثرگذاری جداره‌های سبز بر شرایط بیوکلماتیک شهر و جذب گردوغبار، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تعدیل دما، افزایش رطوبت نسبی و لطافت هوا، کاهش آلودگی صوتی و افزایش نفوذپذیری خاک می‌باشد که بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌است. از سوی دیگر جداره‌های سبز با هدف ارتقا کیفیت زیست‌محیطی بر افزایش سرانه فضای سبز، تهویه مطبوع، سرمایش ناشی از تبخیر گیاهان، کاهش تقاضای انرژی در فصول گرم و سرد و سایه‌اندازی مؤثر می‌باشند. تعادل دما و رطوبت و تهویه هوا دو مؤلفه تأثیرگذار دیگر بر کاهش آلودگی هوا می‌باشند که جداره‌های سبز از طریق کاهش میزان انتقال حرارت، اکسیژنه نمودن محیط، افزایش پوشش گیاهی و جذب سموم و گازهای خطرناک و همچنین ایجاد لکه‌های هوای سرد و تعدیل فرایند تبخیر ایجاد می‌نمایند. افزایش راندمان منابع انرژی ساختمان، جذب ناخالصی‌ها و ذرات معلق در هوا، ایجاد خرد اقلیم و تنوع زیست‌محیطی مقولات مؤثر دیگری هستند که از نتایج این پژوهش به‌دست‌آمده است. به‌منظور تبیین تصویری، نتایج به‌دست‌آمده در شکل ۲ در قالب یک مدل مفهومی ارائه شده‌است. قابل‌ذکر است عدم پراکنش متناسب متخصصان بر اساس پروژه‌ها و مطالعات انجام‌شده در باب جداره‌های سبز در محلات مسکونی شهر تهران و عدم وجود آمار دقیق محدوده‌های آلوده بر اساس محلات از محدودیت‌های این پژوهش می‌باشد. چنانچه در این دست از پژوهش‌ها امکان دسترسی به متخصصان مدنظر بر اساس پروژه‌های انجام‌شده در محلات مسکونی باشد نتایج به‌دست‌آمده نیز دقیق‌تر خواهند شد. شایان‌ذکر است پژوهش‌های آینده می‌تواند بر اساس دسته‌بندی مناطق مسکونی شهر تهران بر اساس شاخص‌های آلودگی ایستگاه‌های نشانگر آلودگی، در بازه زمانی همین پژوهش موردبررسی قرار گیرد و نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات کمی با این مدل کیفی به‌صورت تطبیقی مقایسه شود. همچنین این مدل می‌تواند بر اساس گونه‌بندی فرم محلات مسکونی و در مقیاس کوچک‌تر گونه‌بندی مجموعه‌های مسکونی و همچنین نوع و طرح جداره‌های سبز گسترش یابد.



شکل ۲: مدل مفهومی اثر جداره‌های سبز بر آلودگی هوا

٦- منابع

- آزموده، مریم. (۱۴۰۱). شبیه‌سازی عملکرد جداره‌های سبز بر تغییرات دما در فضای باز شهری: نمونه موردی دیوار سبز سنتی در خیابان شهید موسوی تهران. *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۷(۱)، ۲۱-۱۶.

https://www.jecm.ir/article_156397.html

- آزموده، مریم، و حیدری، شاهین. (۱۳۹۶). تأثیر دیوارهای سبز شهری بر کاهش دمای خرد اقلیم‌ها و اثر جزیره گرمایی شهری. *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۱۹ (ویژه‌نامه شماره ۵)، ۶۰۶-۵۹۷.

https://jest.srbiau.ac.ir/article_11398.html

- آزموده، مریم، و حیدری، شاهین. (۱۳۹۳). اندازه‌گیری کمّی میزان جذب آلاینده‌های ناشی از وسایل نقلیه توسط دیوارهای سبز. *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۱۶ (۱)، ۳۷۰-۳۶۱.

https://journals.srbiau.ac.ir/article_8266.html

- بهارو ند، محمد، و صفی خانی، تبسم. (۱۳۹۷). بهینه سازی عملکرد سیستم‌های سبز عمودی (نماهای سبز). *معماری سبز*، ۱۳(۲)، ۱۱-۱.

https://ensani.ir/fa/article/390789.html

- حسینی، سید حسین، بختیاری، پویا، و نصرالهی، نازنین. (۱۳۹۸). بررسی پراکنش آلودگی در دره‌های شهری با رویکرد جهت‌گیری باد و استقرار درختان: نمونه

موردی، بافت شهری اصفهان. *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۱(۲)، ۲۵۴-۲۴۱.

https://jest.srbiau.ac.ir/article_13966.html

- حسینی، سید حسین، صالحی، علی، و شکری، الهام. (۱۳۹۵). مطالعه تأثیر پوشش گیاهی و بام سبز برافزایش سرعت باد و پراکنش آلاینده‌ها در دره‌های شهری با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی. *سلامت و محیط‌زیست*، ۹(۳)، ۳۹۷-۴۱۰.

https://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5667-fa.html

- خداکرمی، جمال، نوری، شهلا، و منصوری، رضا. (۱۳۹۹). تأثیر فرم هندسی ساختمان های بلند بر پراکنش ذرات معلق و آلودگی هوا در محیط پیرامون آن‌ها. *نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی*، ۱۰ (۳)،۱۹۳-۲۰۳.

http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-41481-fa.html

- شرکت کنترل کیفیت هوا. ۱۴۰۲. *وضعیت آلودگی هوا به لحاظ آلاینده و به تفکیک روز از ابتدای سال ۱۴۰۱ تا خرداد ۱۴۰۲*. دسترسی در خردادماه ۱۴۰۲.

https://airnow.tehran.ir/home/AQIArchive.aspx

- شمسی پور، علی‌اکبر، و امینی، ژوان. (۱۳۹۲). شبیه‌سازی الگوی پراکنش CO با مدل خرد اقلیمی Envi-metدر مسیر آزادی تهران‌پارس، *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۲(۷)، ۱۰۳-۸۵.

https://doi.org/10.22067/GEO.V0I0.23588

- عیدیان، سمیه. (۱۴۰۰). بررسی الگوی ساخت شهر پایدار با تکیه‌بر معماری سبز و فناوری‌های نوین. *هنر مدیریت سبز*، ۱(۲)، ۱۰۸-۸۱.

https://doi.org/10.30480/agm.2021.3595.1013

- مشفقی، وحید و یوسفیان، سمیرا. (۱۴۰۰). ارزیابی تأثیر تغییرات الگوهای کاربری اراضی و ساختار کالبدی شهر بر تغییرات مکانی آلاینده های هوای شهری (مطالعه موردی: شهر تهران). *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۳ (۸)، ۲۲۲-۲۰۹.

https://doi.org/10.30495/jest.2020.47090.4811

- میرکتولی، جعفر، حسینی، علی، رضایی‌نیا، حسن، و نشاط، عبدالحمید. (۱۳۹۱). آشکارسازی تغییرات پوششی و کاربری اراضی با رویکرد به مجموعه‌های فازی (مطالعه موردی: شهر گرگان). *پژوهش های جغرافیای انسانی (پژوهش‌های جغرافیایی)*، ۴۴(۷۹)، ۳۳-۵۴.

https://sid.ir/paper/139188/fa

- Abrantes, P., Fontes, I., Gomes, E., & Rocha, J. (2016). Compliance of land cover changes with municipal land use planning: Evidence from the Lisbon metropolitan region (1990–2007). *Land use policy*, 51, 120-134.

https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.023

- Assimakopoulos, M. N., De Masi, R. F., de Rossi, F., Papadaki, D., & Ruggiero, S. (2020). Green wall design approach towards energy performance and indoor comfort improvement: A case study in Athens. *Sustainability*, *12*(9), 3772.

http://dx.doi.org/10.3390/su12093772

- Hadba, L., Mendonça, P., & Silva, L. T. (2017). Green walls an efficient solution for hygrothermal, noise and air pollution control in the buildings. Living and Sustainability: An Environmental Critique of Design and Building Practices, Locally and Globally. AMPS, Architecture_MPS.

https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/45971

- Jerrett, M., Arain, A., Kanaroglou, P., Beckerman, B., Potoglou, D., Sahsuvaroglu, T., Morrison, J. & Giovis, C. (2005). A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 15, 185-204.

https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500388

- Karra, S., Malki-Esphtein, L., & Neophyton, M. (2011). The Dispersion of Traffic

matter concentration in open areas. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123306.

https://www.researchgate.net/publication/343543435

- Tariq, A., & Afzal, M. (2021). Green walls for improving air quality in urban areas: A review of the physiological and biochemical mechanisms. *Journal of Environmental Management*, 297, 113334.

https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113334

- Viecco, M., Jorquera, H., Sharma, A., Bustamante, W., Fernando, H. J., & Vera, S. (2021). Green roofs and green walls layouts for improved urban air quality by mitigating particulate matter. *Building and Environment*, 204, 108120.

http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108120

- Wesołowska. M., & Laska, M. (2019). The use of green walls and the impact on air quality and life standard. *International Conference on Advances in Energy Systems and Environmental Engineering (ASEE19)*, 116.

https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911600096

- Wood, A., Bahrami, P., & Safarik, D. (2014). *Green walls in high-rise buildings: An output of the CTBUH sustainability working group*. Images Publishing.
- Worldbank data. 2023. Access on 08.06.2023.

https://data.worldbank.org/country/IR

- Yeganeh, M. (2015). Educating designing an architectural model based on natural principles and criteria. *International Conference on New Perspectives in Science Education*. Edition 3.

https://conference.pixelonline.net/NPSE/prevedition.php?id_edition=4

- Zhong, J. (2015). Modelling air pollution within a street canyon. Ph.D. thesis, School of Geography, Earth and Environmental Sciences, College of Life & Environmental Sciences, University of Birmingham.

https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/6491/1/Zhong16PhD.pdf

Related Pollutants Across a non Hemogeneous Street Canyin, *Environmental Sciences*, 4, 25-34.

https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.03.004

- Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and sustainable energy reviews*, 41, 863-871.

http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203

- Manso, M., Teotónio, I., Silva, Cristina M., & Cruz, C. (2021). Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 135(C).

https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111

- Pugh, Thomas A. M., Robert MacKenzie, A., Duncan Whyatt, J., & Nicholas Hewitt, C. (2012). Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons. *Environmental Science & Technology*, 46(14), 7692–7699.

https://doi.org/10.1021/es300826w

- Qin, H., Hong, B., & Jiang, R. (2018). Are green walls better options than green roofs for mitigating PM10 pollution? CFD simulations in urban street canyons. *Sustainability*, 10(8), 2833.

https://www.researchgate.net/publication/326954998

- Radić, M., Dodig, M. B., & Auer, T. (2019). Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits. *Sustainability*, 11(17), 4579.

https://www.researchgate.net/publication/335353152

- Ragheb, A., El-Shimy, H., & Ragheb, G. (2016). Green architecture: A concept of sustainability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 216, 778-787.

https://www.researchgate.net/publication/291419457

- Srbinovska, M., Andova, V., Mateska, A. K., & Krstevska, M. C. (2021). The effect of small green walls on reduction of particulate

نحوه ارجاع به مقاله:

کریمیان شمس‌آبادی، میلاد. یگانه، منصور. و پور مهابادیان، الهام. (۱۴۰۲). تبیین مؤلفه‌های اثرگذار بر کاهش آلودگی هوا در محله‌های مسکونی شهر تهران با تأکید بر جداره‌های سبز. *توسعه پایدار شهری*، ۴(۱۱)، ۱۵-۱.

DOI: 10.22034/USD.2023.2002893.1059

DOR: 20.1001.1.27170128.1402.4.11.1.6

URL: https://usdjournal.daneshpajoohan.ac.ir/article_705886.html

Copyrights:

©2023 by the authors. Published by the Urban Sustainable Development Journal. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

OPEN ACCESS

Vol. 4, No. 11, Summer 2023

Received: 21/05/2023
Accepted: 03/07/2023

Explanation of the Factors Affecting the Reduction of Air Pollution in Residential Neighborhoods of Tehran with an Emphasis on Green Walls[1]

Milad Karimian Shamsabadi[2], Mansour Yeganeh*[3], Elham Pourmahabadian[4]

Abstract: Urbanization phenomenon and cities population growth have led to the destruction of the environment in order to meet the needs of citizens. Urban life based on industry has created pollutants and increased air pollution in cities. One of the important approaches in the field of architecture and urban planning is to pay attention to nature as a model and a solution for adjusting environmental problems. In this regard, green walls can reduce air pollution on a small scale at the same time as providing green space. Therefore, it is important to identify the factors affecting the reduction of air pollution by using green walls, which is the main goal of this research. This paper is done through mixed methodology by developmental-applicative purpose. The statistical population is 20 architectural specialists and experts proficient in the field of research, design and implementation of green architecture projects who were systematically and purposefully interviewed. The research method was based on content analysis using MAXQDA2020 software. The results of the research indicate that green walls are effective in 8 main categories: "temperature and humidity balance", "air ventilation", "environmental diversity", "micro climate", "increasing the efficiency of building energy resources", "absorption of impurities and airborne particles", "enhancement of environmental quality" and "respiratory lungs" presented in the form of a model along with the components affecting them.

Keywords: Air Pollution, Green Walls, Residential Neighborhoods, MAXQDA2020 Software, Tehran City

[1] This paper is taken from Milad Karimian Shamsabadi's Ph.D. dissertation entitled "Algorithmic explanation of vertical green wall design with an approach to reducing airborne particulate pollution in residential complexes in Tehran" which was written under the supervision of Dr. Mansour Yeganeh and Dr. Elham Pourmahabadian at Islamic Azad University, Shahrekord branch.

[2] PhD student, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.

[3] Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran; Visiting Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord. Iran; Corresponding Author: E-mail: yeganeh@modares.ac.ir

[4] Assistant professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urbanism, Central Tehran Branch, Islamic University, Tehran, Iran.