مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان

دورهٔ ۱۴، شمارهٔ ۱ (پیاپی ۴۶)، بهار ۱۴۰۴، صفحه ۳۵ـ۴۸

مقاله پژوهشی

برآورد نیاز آبی فضای سبز در منظر شهری جزیرهٔ کیش

محمود بهروزی،[۱] احمد نوحه‌گر،[۲*] پانیسا حسن‌زاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۲ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱**

چکیده

محاسبهٔ نیاز آبی فضای سبز شهری، یکی از راهبردهای اصلی در مدیریت منابع آب است که در این پژوهش نیاز آبی فضاهای سبز شهری در جزیرهٔ کیش مورد مطالعه قرار گرفت. ابتدا با تصویر ماهوارهٔ Sentinel-2 و مشاهدات میدانی، مساحت پهنه‌های سبز محاسبه شده و به هفت طبقه شامل مکان‌های صنعتی، رفوژ خیابان‌ها، فضای سبز در مراکز اداری، میدان‌های شهری، پارک‌ها، مراکز تجاری- گردشگری و محله‌های مسکونی دسته‌بندی شد. سپس با دستورالعمل پیشنهادی دانشگاه کالیفرنیا (wucols)، نیاز آبی در مقیاس ماهانه و سالانه محاسبه شد. نتایج نشان داد ۷۵۶/۶ هکتار فضای سبز شهری در کیش وجود دارد، که پارک‌ها و رفوژ خیابان‌ها به‌ترتیب با ۲۲۸/۶ و ۲۱۴/۹ هکتار، بیشترین مساحت سبز را دارند؛ اما میدان‌های شهری و محله‌ها به‌ترتیب با ۵۰/۳ و ۵۹/۲ هکتار کمترین مساحت سبز را دارند. براساس روش wucols، نیاز آبی سالانهٔ فضای سبز پارک‌ها، رفوژها، مراکز تجاری، اداری، محله‌ها، میدان‌ها و شهرک‌های صنعتی به‌ترتیب ۱/۹۳، ۱/۰۴، ۰/۸۹، ۰/۶۰، ۰/۳۹، ۰/۲۳ و ۰/۰۴ میلیون متر مکعب به دست آمد. در مقیاس ماهانه اردیبهشت، خرداد و تیر با ۰/۵۹، ۰/۵۸ و ۰/۵۸ میلیون متر مکعب بیشترین نیاز آبی و دی، آذر و بهمن به‌ترتیب با ۰/۲۲، ۰/۲۴ و ۰/۲۸ میلیون متر مکعب کمترین نیاز آبی را دارند. نیاز آبی کل فضای سبز شهری کیش، ۵/۱۰ میلیون متر مکعب برآورد گردید. با توجه به اینکه در کیش سالانه حدود ۵/۳۹ میلیون متر مکعب آب برای آبیاری فضای سبز مصرف می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که خطای مدل محاسباتی روش wucols، کمتر از ۵ درصد است و می‌تواند در دیگر شهرها نیز مورد استفاده قرار بگیرد.

کلیدواژه‌ها: ضریب گیاهی، بارش مؤثر، راندمان آبیاری، نیاز آبی، کیش.

---

۱. دکتری تخصصی آب‌وهواشناسی، گروه مخاطرات محیطی، پژوهشکده علوم دریایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران، behrouzi.mahmoud@guest.ut.ac.ir

۲. استاد گروه مهندسی سوانح، آموزش و سیستم‌های محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران، nohegar@ut.ac.ir

۳. دانشجوی دکتری مهندسی سوانح، آموزش و سیستم‌های محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران، panisahassanzadeh@ut.ac.ir

DOI: 10.22052/deej.2025.254229.1041

مقدمه

کمبود منابع آب یکی از مشکلات توسعهٔ پایدار در سراسر جهان است (داس[1] و همکاران، ۲۰۲۱؛ فنگ[2] و همکاران، ۲۰۲۱). در حال حاضر، ۲۵ درصد از جمعیت جهان در معرض خطر کمبود آب هستند و بیش از ۱/۴ میلیارد نفر در مناطق کم‌آب زندگی می‌کنند (کامو[3] و همکاران، ۲۰۱۰؛ رزگرانت[4] و همکاران، ۲۰۲۰).

منابع آب شیرین موجود تا سال ۲۰۳۰ به‌دلیل افزایش آلودگی، آبیاری غیراصولی و شهرنشینی، ۴۰ درصد کاهش خواهد یافت و بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان با کمبود آب مواجه خواهند شد (اِشِوریا،[5] ۲۰۲۱).

بخش قابل بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی از ۹۷ درصد (۱۹۶۰) به ۳۰ درصد (۲۰۱۰) کاهش می‌یابد (دانگ[6] و همکاران، ۲۰۲۰؛ آلدیری[7] و همکاران، ۲۰۲۰). بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی باعث فرونشست سطحی می‌شود که دلیل مهمی برای فرونشست سطحی شهری است (آدامز[8] و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین استفادهٔ بهینه از آب در بخش‌های مصرفی مستلزم شناخت نیاز آب مصرفی و مدیریت راهبردی آن در منابع تولید و مصرف است.

پیش‌بینی نیاز آبی یک گیاه چه در بخش کشاورزی و باغداری و چه در فضای سبز مناظر شهری در عمل بسیار پیچیده است. برای محصولات کشاورزی، برای دستیابی به عملکرد مطلوب، آبیاری و بارندگی باید جایگزین کل آب ازدست‌رفته براثر تبخیر و تعرق شود (سیلوا[9] و همکاران، ۲۰۱۷؛ گوا[10] و همکاران، ۲۰۲۱). در بسیاری از سامانه‌های کشاورزی، تراکم، ارتفاع و در دسترس بودن آب، یکنواختی وجود دارد که یک رویکرد ساده برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق ارائه می‌کند؛ اگرچه برآورد نیاز آبی چنین محیط‌هایی خالی از چالش نیست. روش‌های مختلف اندازه‌گیری تبخیر و تعرق، کاربردهای آن‌ها، الزامات دستگاه، مزایا، معایب و منابع خطا توسط رعنا و کاترج[11] (۲۰۰۰) و آلن[12] و همکاران (۲۰۱۱) مورد بحث قرار گرفته‌اند. آن‌ها سه روش اصلی را برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق دسته‌بندی کردند: رویکردهای هیدرولوژیکی، هواشناسی و فیزیولوژی گیاهی که مورد قبول همگان قرار گرفته است. در مورد سامانه‌های غیرکشاورزی به‌ویژه پوشش گیاهی منظر شهری، ماهیت ناهمگون فضای سبز به‌جای استثنا، قاعده است. تنوع گسترده‌ای در نوع پوشش گیاهی شامل درختان، درختچه‌ها و چمنزارها با تراکم و سطح برگ متفاوت، تأثیر قابل توجهی بر تبخیر و تعرق و هدررفت آب دارد (منگانی،[13] ۲۰۲۱). این امر به‌دلیل تاج مختلف پوشش‌های گیاهی، ریزاقلیم، تنوع مکانی و زمانی ویژگی‌های خاک و آب و دسترسی به آب، پیچیدگی و عدم اطمینان بیشتری را ایجاد می‌کند (فوگلیاتو[14] و همکاران، ۲۰۲۰). فرض جایگزینی کامل آب ازدست‌رفته به تبخیر و تعرق پایهٔ شیوه‌های مدیریت آبیاری سنتی کشاورزی است. بنابراین یک مشکل کلیدی برای پوشش گیاهی شهری به‌وجود می‌آید، زیرا اساساً هیچ نقطهٔ مرجع آبیاری وجود ندارد. جوامع ممکن است تصمیم بگیرند که پوشش گیاهی شهری فقط باید دیم باشد و آبیاری نشود و در دوره‌های خشک، گیاهان ممکن است پژمرده شوند یا حتی بمیرند. اما در نگاهی دیگر، ممکن است آبیاری برای تنش صفر گیاه به همان روشی که برای محصولات کشاورزی انجام می‌شود، مطلوب باشد. در بین این دو حد، دامنهٔ وسیعی از احتمالات وجود دارد که تحت‌تأثیر نقش پوشش گیاهی و موقعیت آن قرار خواهد گرفت (کیو[15] و همکاران، ۲۰۲۳).

فضاهای سبز شهری شامل پارک‌های عمومی، باغ‌های خصوصی، زمین‌های ورزشی، باغ‌های مسکونی، درختان خیابانی، بام‌های سبز و سایر مناطق باز پوشش گیاهی است (بارنت[16] و همکاران، ۲۰۰۵). مزایای محیطی، اجتماعی و

1. Das
2. Fang
3. Kummu
4. Rosegrant
5. Echeverría
6. Dang
7. Aldieri
8. Adams
9. Silva
10. Guo
11. Rana and Katerj
12. Allen
13. Mangani
14. Fogliatto
15. Qiu
16. Barnett

اقتصادی فضاهای سبز شهری به‌طور گسترده مورد بحث قرار گرفته است (میلوارد و صابر،[1] ۲۰۱۱). فضاهای سبز شهری با تغییر دمای هوا، کیفیت هوا، مصرف انرژی ساختمان، میکرواقلیم، تنوع زیستی و تثبیت خاک، محیط را بهبود می‌بخشد (فام[2] و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش تراکم جمعیت و منابع آبی وابسته به اقلیم اخیراً منجر به محدودیت‌های آبی در چندین کشور شده است. این امر همراه با شهرنشینی سریع ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آب را در فضاهای سبز شهری افزایش می‌دهد. یک برنامهٔ کارآمد صرفه‌جویی در آب، قطعاً نیازمند درک بهتری از الزامات آبیاری چشم‌انداز شهری است. در ایالات متحده، آبیاری باغ، بزرگ‌ترین مصرف آب است که بین ۴۰ تا ۷۰ درصد از کل مصرف خانگی را به خود اختصاص می‌دهد (هیلر[3] و همکاران، ۲۰۰۸) و نیاز بیشتر آبیاری معمولاً در تابستان است. شرکت آب پرت استرالیا، استفاده از آب در محله‌های مسکونی را در سال‌های ۲۰۰۸–۲۰۰۹ بررسی کرده است (بایرن[4] و همکاران، ۲۰۱۹). آبیاری باغ‌ها که توسط کنترل‌کننده‌های آبیاری اندازه‌گیری می‌شود، با ۳۹ درصد از کل مصرف آب شهری، بالاترین رتبهٔ مصرف را دارد. بر این اساس، آبیاری کارآمد و دقیق گیاهان منظر شهری نیاز به تمرکز بر حفظ آب دارد (بیسون،[5] ۲۰۰۶؛ شایبر و بیسون،[6] ۲۰۰۷).

اندازه‌گیری نیاز آبی گیاه براساس اصول تبخیر و تعرق گیاه به اندازه‌گیری‌های میدانی، مدل‌های هیدرولوژیکی و تکنیک‌های مبتنی‌بر سنجش از دور طبقه‌بندی می‌شود. روش‌های مختلفی ازجمله تعادل آب خاک، اندازه‌گیری لایسیمتر، اندازه‌گیری جریان شیره، کوواریانس گردابی، روش تعادل انرژی نسبت بوان، تعادل انرژی سنجش از دور، تبخیر و تعرق مبتنی‌بر ماهواره با استفاده از شاخص‌های گیاهی، سیستم‌های محفظه‌ای و سیستم‌های سینتیلومتر وجود دارد، که برای ارزیابی تبخیر و تعرق گیاه استفاده می‌شود. اندازه‌گیری مقدار کل آب ازدست‌رفته ازطریق تبخیر و تعرق تخمینی از مقدار آبی را ارائه می‌دهد، که باید به‌طور جزئی یا کامل با آبیاری جایگزین شود. نرخ تبخیر و تعرق برای هر محصول را می‌توان به‌راحتی از تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) و ضریب محصول (K_{crop}) محاسبه کرد، که ضریب مربوط به اثر ویژگی‌های محصول بر تقاضای آب است. محصول این دو پارامتر به‌آسانی از اندازه‌گیری‌های درجا یا مدل‌سازی برای اکثر محصولات کشاورزی در دسترس هستند. برای محصولات کشاورزی این مقادیر به‌خوبی از مطالعات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی مشخص شده است. درمقابل، تعیین مقادیر برای پوشش گیاهی منظر شهری ترکیبی از گونه‌های گیاهی متنوع، بسیار دشوار است. برخلاف محصولات کشاورزی، گیاهان منظر شهری می‌توانند گونه‌های مختلفی از درختان، درختچه‌ها و چمنزارها با تراکم کاشت و ریزاقلیم متفاوت را شامل شوند. ایجاد ضریب زراعی برای پوشش گیاهی چشم‌انداز شهری در چنین محیط‌های پیچیده و ناهمگون بسیار چالش‌برانگیز است. این امر تخمین نیاز آب را به همان اندازه دشوار می‌کند. به‌دلیل این مشکل، پژوهشگران روش WUCOLS (طبقه‌بندی مصرف آب گیاهان در چشم‌انداز شهری) را برای برآورد نیاز آبی گیاهان در فضای سبز شهری را توسعه دادند (کاستلو،[7] ۱۹۹۴). این روش مقادیر عددی را به سه عامل اصلی مؤثر بر تبخیر و تعرق از پوشش گیاهی مخلوط در مناظر شهری، یعنی عوامل زراعی، جنبه‌های محیطی و شیوه‌های مدیریتی اختصاص می‌دهد. این روش در چندین مطالعهٔ تحقیقاتی به کار گرفته شده است (سالوادور[8] و همکاران، ۲۰۱۱؛ بیتار،[9] ۲۰۰۴). طبق اصول WUCOLS، تبخیر و تعرق منظر شهری (ET_L)، تابعی از ضریب چشم‌انداز (K_L) و تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) است. متداول‌ترین گیاهان محوطه‌سازی‌شده ازنظر نیاز آبی در چهار گروه تقاضای آب زیاد، متوسط، کم و بسیار کم دسته‌بندی شد و سپس به هریک از آن‌ها مقدار عددی کمتر از ۰/۱ تا ۰/۹ اختصاص داده شد (کاستلو و جونز،[10] ۱۹۹۹). فاکتور گونه فقط براساس مطالعات استفاده از آب برای گونه‌های

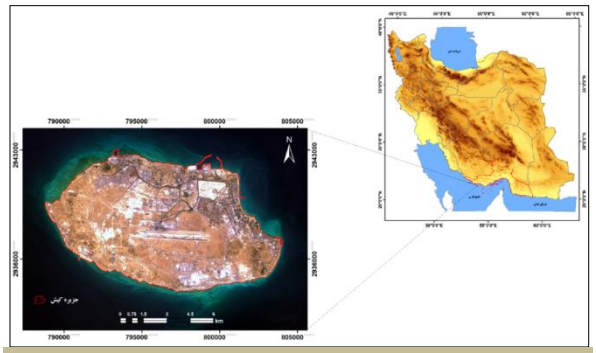
1. Millward & Sabir
2. Fam
3. Hilaire
4. Byrne
5. Beeson
6. Scheiber & Beeson
7. Costello
8. Salvador
9. Bitar
10. Costello & Jones

چشم‌انداز بدون توجه به نوع پوشش گیاهی (برای مثال درخت، درختچه، کاشت علفی و مخلوط) است. ضریب تراکم به تراکم پوشش گیاهی اشاره دارد، که از روی سطح برگ جمعی و تلفات آبی خاص آن قابل اندازه‌گیری است. تفاوت در تراکم پوشش گیاهی یا تاج پوشش تأثیر بسزایی بر میزان تبخیر و تعرق و هدررفت آب دارد. برای توضیح تفاوت در پوشش تاج، سه دسته چگالی کم، متوسط و زیاد معرفی شدند و مقادیر عددی ۰/۵ تا ۱/۳ را به آن‌ها اختصاص دادند (کاستلو و جونز، ۱۹۹۹). گیاهان نابالغ با سطح برگ و تاج پوشش کمتر، آب کمتری را در فرایند تبخیر و تعرق از دست می‌دهند و به‌عنوان کم‌تراکم طبقه‌بندی می‌شوند، درحالی‌که پوشش گیاهی مخلوط درختان، درختچه‌ها و چمن‌ها سطح برگ و تاج پوشش بیشتری دارند و آب بیشتری از دست می‌دهند. ارزش دستهٔ ریزاقلیم چشم‌انداز، عامل مهمی است که ممکن است باعث ایجاد شرایط مختلف محیطی شود. ساختمان‌ها و سنگ‌فرش‌ها مناظر شهری معمولی هستند که به‌شدت بر دما، سرعت و جهت باد و رطوبت تأثیر می‌گذارند. این عوامل محیطی مختلف در یک منطقهٔ خاص با شرایط اقلیمی خاص ترکیب می‌شوند، تا یک ریزاقلیم خاص ایجاد کنند (بیتار، ۲۰۰۴). تأثیر ریزاقلیم در هدررفت آب گیاه ازطریق عواملی که بر تعادل انرژی تأثیر می‌گذارند، برآورد می‌شود. معمولاً به ضریب ریزاقلیم مقداری در محدودهٔ ۰/۵ تا ۱/۴ نسبت داده می‌شود.

بین ۷۰ تا ۸۰ درصد از آب مورد استفاده در جزیرهٔ کیش برای آبیاری فضای سبز استفاده می‌شود که در کالیفرنیای آمریکا این عدد بین ۴۰ تا ۷۰ درصد است (سنت هیلر[1] و همکاران، ۲۰۰۸؛ کیلگرن[2] و همکاران، ۲۰۰۰). حفاظت از آب در مناظر شهری به‌دلیل محدودیت منابع آب، خشکسالی‌های چرخه‌ای، افزایش جمعیت و مشکل توزیع آب که نیازمند انتقال حجم زیادی از آب از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و آب‌شیرین‌کُن‌ها در جزیرهٔ کیش است، اهمیت ویژه‌ای دارد. از سال ۱۳۷۲، جمعیت در جزیرهٔ کیش شدت گرفت و نواحی متراکم در نوار ساحلی گسترش یافت. خیابان‌های عریض، پارک‌های محله‌ای و همسایگی، پارک شهر و بوستان‌های متعددی به‌ویژه در نواحی ساحلی کیش احداث شد، که پوشیده از گونه‌های گیاهی مختلف است. تغییرات اقلیمی چالش‌های بیشتری را برای مناظر شهری ایجاد می‌کند، زیرا افزایش دما همراه با آب محدود، نیاز به افزایش و تنوع بخشیدن به درختان و سایر گیاهان زینتی سازگار با شرایط سخت شهری را تشدید می‌کند. اطلاعات کمی در مورد نیازهای آبیاری فضاهای سبز شهری کیش وجود دارد و یک روش عملی برای اندازه‌گیری نیاز آب فضای سبز شهری هنوز وجود ندارد. نبود اطلاعات کافی در خصوص نیاز آبی منظر سبز شهری، مشکلاتی را برای گیاهان و مدیران ایجاد می‌کند و باعث اختلال و بی‌نظمی در مدیریت آب می‌شود. این موارد باعث شده تا در این پژوهش با استفاده از روش WUCOLS در دانشگاه کالیفرنیا، نیاز آبی فضای سبز شهری جزیرهٔ کیش برای ماه‌های مختلف و همچنین نیاز آبی سالانه محاسبه شود.

مواد و روش‌ها

جزیرهٔ کیش جزء استان هرمزگان در جنوب ایران و آب‌های خلیج فارس قرار دارد که مساحت آن حدود ۹۰ کیلومتر مربع است و حدود ۱۸ کیلومتر با خط ساحلی جنوب ایران فاصله دارد. این جزیره در ۵۳ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴ دقیقهٔ طول شرقی و ۲۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۳۵ دقیقهٔ عرض شمالی واقع شده است. طول جزیره ۱۵ کیلومتر در محور شرقی- غربی و پهنای آن ۷ کیلومتر در محور شمالی- جنوبی است (شکل ۱).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی جزیرهٔ کیش

Figure (1): Geographical location of Kish Island

1. St. Hilaire
2. Kjelgren

نقشهٔ کاربری اراضی جزیرهٔ کیش در سال ۲۰۲۳ از روی تصویر ماهوارهٔ سنتینل ۲ (۱۰×۱۰ متر) با اجرای الگوریتم SVM تهیه شد. سه طبقه اراضی بایر، اراضی انسان‌ساخت و پوشش گیاهی شناسایی شد (جدول ۱).

جدول (۱): طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی جزیرهٔ کیش
Table (1): Classification of land uses of Kish

ردیف	کلاس	کاربری اراضی
۱	اراضی بایر	زمین‌های خالی از پوشش گیاهی
۲	انسان‌ساخت	بلوک‌های ساختمانی، مستحدثات
۳	پوشش گیاهی	فضای سبز شهری، جنگل‌های طبیعی

محاسبهٔ نیاز آبی

به‌منظور محاسبهٔ نیاز آبی ماهانه و سالانهٔ فضاهای سبز شهری جزیرهٔ کیش، پس از مشاهدات میدانی، استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده، نقشهٔ اتوکد جزیرهٔ کیش و محاسبات مربوط به مساحت قطعات فضای سبز شهری، فضاهای سبز به هفت دسته طبقه‌بندی شد:

۱. فضای سبز حاشیه خیابان‌ها و محوطه شهرک‌های صنعتی و تصفیه خانه فاضلاب جزیرهٔ کیش؛
۲. رفوژ میانی و لچکی بلوارهای جزیرهٔ کیش؛
۳. فضای سبز در مراکز اداری و آموزشی جزیرهٔ کیش؛
۴. فضای سبز در میدان‌های شهری جزیرهٔ کیش؛
۵. پارک‌ها و بوستان‌های شهری- ساحلی؛
۶. فضاهای سبز در مراکز تجاری- گردشگری و ورزشی جزیرهٔ کیش و مجموعه المپیک؛
۷. بلوک‌های سبز و فضاهای سبز در در محله‌ها و مجتمع‌های مسکونی.

در این پژوهش، نیاز آبی فضای سبز مخلوط جزیرهٔ کیش با توجه به دستورالعمل پیشنهادی دانشگاه کالیفرنیا (wucols) محاسبه شده است. نیاز آبی، مقدار آبی است که در طول یک دورهٔ زمانی معین، توسط تبخیر و تعرق از گیاه و خاک خارج شده است، که باید به‌وسیلهٔ آبیاری جایگزین شود. چون‌که در فضای سبز شهری و یا حتی در کشاورزی، ابزاری برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق نیست، فرمولی ابداع شده است که می‌توان توسط آن تبخیر و تعرق را برآورد کرد. این فرمول به‌صورت رابطهٔ (۱) بیان می‌شود:

$$ET_C = K_C \times ET_0 \quad (۱)$$

که در آن ET_C تبخیر و تعرق گیاه، K_C ضریب گیاهی و ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل است. آب ازدست‌رفته از یک گیاه (تبخیر و تعرق گیاه، ET_C) معادل حاصل‌ضرب مقدار آب تبخیر شده از چمن فصل سرد به ارتفاع ۱۰/۱۶ تا ۱۷/۷۸ سانتی‌متر و در شرایط مزرعه‌ای باز (تبخیر و تعرق پتانسیل، ET_0) در عامل مشخص گیاهی (ضریب گیاهی، K_C) است. ضریب گیاهی ازطریق تحقیقات مزرعه‌ای و تبخیر و تعرق پتانسیل از یک تشتک تبخیر کلاس A یا از یک ایستگاه هواشناسی تخصصی تخمین زده می‌شود. در روش دانشگاه کالیفرنیا، فرمول برآورد تبخیر و تعرق صرفاً برای کاربرد در فضای سبز اصلاح شده است، که در آن ضریب فضای سبز K_L جایگزین ضریب گیاهی (K_C) شده است (آلن و همکاران، ۲۰۲۰). در واقع می‌توان آب مورد نیاز مجموعه گیاهان فضای سبز را ازطریق محاسبهٔ تبخیر و تعرق و با استفاده از رابطهٔ (۲) تخمین زد:

$$ET_L = K_L \times ET_0 \quad (۲)$$

که در آن ET_L تبخیر و تعرق فضای سبز، K_L ضریب فضای سبز و ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل است. تبخیر و تعرق پتانسیل از اطلاعات ایستگاه هواشناسی به روش پنمن- مانتیث تخمین زده می‌شود، که در این تحقیق از اطلاعات ایستگاه هواشناسی جزیرهٔ کیش (سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۲۲) استفاده شده است.

جدول (۲): میانگین تبخیر و تعرق ماهانه و سالانهٔ جزیرهٔ کیش در سال‌های ۱۹۹۲-۲۰۲۲ (میلی‌متر)
Table (2): Average monthly and annual evaporation of Kish Island in 1992-2022 (mm)

ردیف	ماه	تبخیر و تعرق	ردیف	ماه	تبخیر و تعرق
۱	فروردین	۲۷۵	۷	مهر	۲۳۷
۲	اردیبهشت	۳۳۷	۸	آبان	۲۲۰
۳	خرداد	۳۳۰	۹	آذر	۱۶۸
۴	تیر	۳۲۷	۱۰	دی	۱۴۱
۵	مرداد	۳۱۵	۱۱	بهمن	۱۶۵
۶	شهریور	۲۶۷	۱۲	اسفند	۲۱۰
	سالانه	۲۹۹۴			

تعیین ضریب فضای سبز

برای به دست آوردن ضریب گیاهی که نقش مهمی در محاسبهٔ نیاز آبی دارد، از ضرب سه عامل نوع گونه‌های گیاهی، میزان تراکم پوشش گیاهی در محل و شرایط آب و هوایی (ریزاقلیم) محل فضای سبز در جزیرهٔ کیش استفاده گردید.

گونه: برخلاف یک محصول یا چمنزار، مجموعه گیاهان فضای سبز، عموماً بیش از یک گونه‌اند. همچنین مجموعه‌ای از گونه‌ها معمولاً در یک منطقه باهم آبیاری می‌شوند و این گونه‌ها ممکن است نیاز آبی بسیار متفاوتی از هم داشته باشند. لازم است تا در تعیین ضریب گیاهی، برخی ملاحظات مربوط به ترکیب گونه‌های رایج کشت‌شده‌ای که حالت غالب دارند، در نظر گرفته شود.

تراکم: تراکم گیاهی به‌طور قابل ملاحظه‌ای در فضای سبز متفاوت است. بعضی از مجموعه‌های گیاهی سطح برگ بسیار بیشتری نسبت به سایر مجموعه گیاهان دارند؛ برای مثال یک مجموعه فضای سبز که شامل درختان، درختچه‌ها و گیاهان پوششی است، که در یک منطقهٔ کوچک نزدیک به هم کاشته شده‌اند، دارای سطح برگ بسیار بیشتری از فضاهای سبزی هستند، که فقط دارای درختچه‌هایی با فاصلهٔ زیاد در منطقه‌ای به همان وسعت کشت شده‌اند. سطح برگ بیشتر به‌معنای افزایش در تعرق مجموعه گیاهان است. درنتیجه انتظار می‌رود یک مجموعه گیاه متراکم با وجود کاهش میزان تبخیر از سطح خاک، مقدار بیشتری آب را نسبت به یک مجموعه گیاه تنک و با فاصلهٔ کشت زیاد از دست بدهد. برای ارائهٔ یک تخمین قابل اعتماد از تلفات آب، لازم است ضریب فضای سبز برای تغییرات تراکم گیاهی محاسبه شود.

ریزاقلیم: بسیاری از فضاهای سبز، دربرگیرندهٔ طیفی از ریزاقلیم‌ها، از مناطق سرد، سایه‌دار و محافظت‌شده تا مناطق گرم، آفتابی و بادی هستند. این تفاوت‌ها در اقلیم، به شکل عمده‌ای بر تلفات آب گیاه اثر می‌گذارند. براساس نتایج آزمایش‌های انجام‌شده، مجموعه گیاهان مناطق هموار می‌توانند تا ۵۰ درصد تلفات آب بیشتری نسبت به مجموعه گیاهان با همان گونه‌ها و در یک پارک داشته باشند. همچنین براساس مطالعات، گیاهان در مناطق سایه‌دار می‌توانند تا ۵۰ درصد تلفات آب کمتری نسبت به گیاهانی از همان گونه در مزارع باز دارا باشند. این تفاوت در تلفات آب که توسط ریز اقلیم‌ها ایجاد می‌شود، لازم است در ضریب فضای سبز محاسبه شود.

درمجموع، سه عامل فوق باعث می‌شوند که مجموعه گیاهان فضای سبز کاملاً متفاوت از گیاهان کشاورزی و چمنزارها باشند و این تفاوت‌ها در برآورد تلفات آب فضای سبز در جزیرهٔ کیش مد نظر قرار گرفت (جدول ۳).

ضریب فضای سبز، همان وظیفه‌ای را بر عهده دارد که ضریب گیاهی انجام می‌دهد، با این تفاوت که این ضریب به همان روش تعیین نمی‌شود. ضرایب فضای سبز از طریق سه عامل گونه، تراکم و ریزاقلیم محاسبه می‌شوند. این عوامل به شکل رابطهٔ (۳) در فرمول فضای سبز به کار می‌روند:

$$K_L = K_S \times K_d \times K_{mc} \qquad (۳)$$

که در آن، K_L ضریب فضای سبز، K_S عامل گونه‌ها، K_d عامل تراکم و K_{mc} عامل ریزاقلیم است.

جدول (۳): استاندارد عوامل تأثیرگذار در ضریب گیاهی فضای سبز

Table (3): The standard of influencing factors in the plant factor of green space

عامل		زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
گونه‌ها	K_s	۰/۷ تا ۰/۹	۰/۴ تا ۰/۷	۰/۱ تا ۰/۴	کوچک‌تر از ۰/۱
تراکم	K_d	۱/۱ تا ۱/۳	۱	۰/۵ تا ۰/۹	کوچک‌تر از ۰/۵
ریزاقلیم	K_{mc}	۱/۱ تا ۱/۴	۱	۰/۵ تا ۰/۹	کوچک‌تر از ۰/۵

نیاز آبی

با توجه به اینکه ممکن است کلاً یا بخشی از نیاز آبی گیاه ازطریق بارندگی تأمین شود، برای تعیین نیاز آبی گیاه باید میزان بارش در محاسبات لحاظ شود. نیاز آبی خالص فضای سبز از تفاضل تبخیر و تعرق گیاه و بارش مؤثر به دست می‌آید. برای مناطق خشک، روش روش USDA ارائه‌شده توسط سازمان حفاظت خاک و وزارت کشاورزی آمریکا، برآورد مناسبی از بارش مؤثر دارد. برای مناطقی که بارش سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر است، رابطهٔ (۴) مناسب است:

$$P_{eff} = Ptot \times (125 - 0.2P)/125 \qquad (۴)$$

که P_{eff}، بارش مؤثر و P، بارش ماهانه برحسب میلی‌متر است. بنابراین، نیاز خالص آب آبیاری برابر با تفاضل میزان تبخیر و تعرق از بارش مؤثر است. پس نیاز آبی خالص فضای

سبز از رابطهٔ (۵) محاسبه می‌شود:

$$NIR = ET_I - P_{eff} \quad (۵)$$

در این رابطه، NIR، نیاز خالص آبیاری، ET_L، تبخیر و تعرق فضای سبز آب خالص مورد نیاز فضای سبز و P_{eff}، میزان بارش مؤثر که همگی برحسب میلی‌مترند. همچنین نیاز ناخالص آبیاری از تقسیم نیاز خالص آبیاری بر راندمان آبیاری مطابق رابطهٔ (۶) محاسبه می‌شود:

$$GIR = NIR/e \quad (۶)$$

که در این رابطه، GIR نیاز ناخالص آبیاری برحسب میلی‌متر و e راندمان آبیاری است. ازآنجاکه راندمان آبیاری برابر ۱۰۰ درصد نیست، نیاز آبی براساس مقدار ناخالص لحاظ می‌شود تا با کسر میزان تلفات، نیاز خالص جذب گیاه شود.

به‌طور کلی، آب آبیاری از محل انحراف آب یا نقطهٔ شروع شبکه تا محل مصرف با تلفاتی همراه است. این تلفات در مراحل مختلف انتقال، توزیع و کاربرد اتفاق می‌افتند. ازآنجاکه هدف از مطالعه حاضر تعیین مقدار نیاز آبی و افزایش راندمان برای آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش است، روش آبیاری به‌صورت تحت فشار بابلون، آبیاری دستی با شیلنگ است، که راندمان آن برابر ۵۰ درصد است.

نتایج

براساس تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات میدانی، مساحت فضاهای سبز شهری که شامل پارک و بوستان‌ها، میدان‌های شهری، رفوژ خیابان‌ها، مراکز اداری- آموزشی، مراکز تجاری- ورزشی و محله‌های مسکونی است، به‌تفکیک برحسب هکتار و متر مربع محاسبه شد و نتایج آن در جدول ذیل ارائه شده است. به‌طور کلی، در جزیرهٔ کیش حدود ۷۵۶/۶ هکتار فضای سبز شهری وجود دارد، که همراه با جنگل‌های طبیعی (۳۹۳۸/۵ هکتار) جمعاً حدود ۴۶۹۵ هکتار در جزیره را پوشانده‌اند (جدول ۴).

شکل (۲): طبقات کاربری اراضی جزیرهٔ کیش در سال ۲۰۲۲

Figure (2): land use of Kish Island

جدول (۴): مجموع مساحت فضاهای سبز شهری در جزیرهٔ کیش

Table (4): Total urban green spaces in Kish Island

طبقه	مساحت	
	متر مربع	هکتار
بلوک‌های سبز و فضای سبز در محله‌های مسکونی	۵۹۲۱۶۶	۵۹/۲
فضای سبز در مراکز تجاری- گردشگری و ورزشی	۱۰۷۳۱۰۶	۱۰۷/۳
فضای سبز در میدان‌های شهری	۵۰۳۸۱۸	۵۰/۳
فضای سبز در مراکز اداری- و آموزشی	۷۶۲۶۲۷	۷۶/۲
رفوژ میانی، حاشیه و لچکی خیابان‌ها	۲۱۴۹۰۹۴	۲۱۴/۹
شهرک‌های صنعتی	۱۹۸۹۴۳	۱۹/۸
پارک‌ها و بوستان‌ها	۲۲۸۶۷۶۵	۲۲۸/۶
مجموع فضای سبز شهری	**۷۵۶۶۵۲۱**	**۷۵۶/۶**
جنگل‌های طبیعی	۳۹۳۸۵۰۷۹	۳۹۳۸/۵
مجموع فضای سبز شهری و جنگل‌های طبیعی	**۴۶۹۵۱۶۰۰**	**۴۶۹۵**

نتایج بارش مؤثر به شرح جدول (۵) ارائه شده است که نشان می‌دهد بیشینهٔ آن در آذر، آبان و دی‌ماه است؛ اما از فروردین تا مهرماه به کمتر از ۵ میلی‌متر می‌رسد.

جدول (۵):. میانگین بارش مؤثر ماهانهٔ جزیرهٔ کیش (میلی‌متر)

Table (5). Average effective precipitation (mm)

ردیف	ماه	تبخیر و تعرق
۱	فروردین	۴/۳
۲	اردیبهشت	۰/۲۲
۳	خرداد	۰
۴	تیر	۰
۵	مرداد	۰
۶	شهریور	۰
۷	مهر	۰/۱۸
۸	آبان	۲۸/۲
۹	آذر	۳۵/۲
۱۰	دی	۲۱/۴
۱۱	بهمن	۱۰/۷
۱۲	اسفند	۱۳/۴

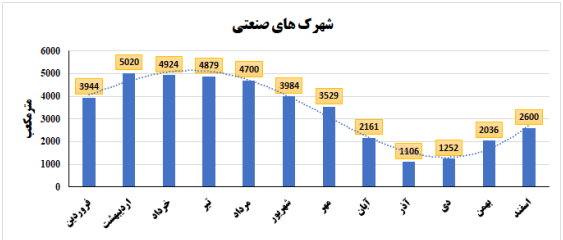
نتیجهٔ نهایی نشان می‌دهد که نیاز آبی کل فضای سبز شهری جزیرهٔ کیش با مساحت ۷۵۶/۶ هکتار، حدود ۵/۱۲ میلیون متر مکعب است.از این مقدار، بیشترین نیاز آبی مربوط به پارک‌ها و بوستان‌های شهری و سپس رفوژ خیابان‌هاست، که هریک سالانه بیش‌از یک میلیون متر مکعب به آب نیاز دارند (جدول ۶).

جدول (۶): مساحت فضای سبز در سطح جزیرهٔ کیش در سال ۱۴۰۲

Table (6): The area of green space on Kish Island in 1402

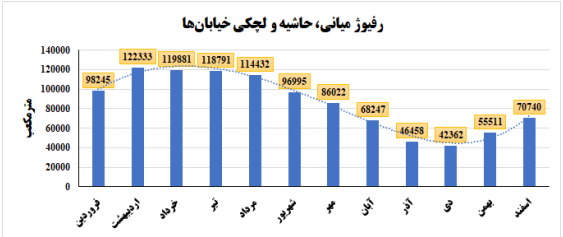
ردیف	طبقه	نیاز آبی سالانه		مساحت
		(متر مکعب)	(میلیون متر مکعب)	هکتار
۱	بلوک‌های سبز و فضای سبز در محله‌های مسکونی	۳۹۷۰۸۵	۰/۳۹	۵۹/۲
۲	فضای سبز در مراکز تجاری- گردشگری و ورزشی	۸۹۰۷۵۱	۰/۸۹	۱۰۷/۳
۳	فضای سبز در میدان‌های شهری	۲۳۳۲۵۶	۰/۲۳	۵۰/۳
۴	فضای سبز در مراکز اداری- و آموزشی	۶۰۸۰۹۸	۰/۶	۷۶/۲
۵	رفوژ میانی، حاشیه و لچکی خیابان‌ها	۱۰۴۷۸۲۵	۱/۰۴	۲۱۴/۹
۶	شهرک‌های صنعتی	۴۰۸۵۱	۰/۰۴	۱۹/۸
۷	پارک‌ها و بوستان‌ها	۱۹۳۲۷۴۳	۱/۹۳	۲۲۸/۶
۸	**مجموع فضای سبز شهری**	**۵۱۵۰۶۰۹**	**۵/۱۲**	**۷۵۶/۶**

در اشکال ذیل، برای هریک از بخش‌های فضای سبز جزیرهٔ کیش، نمودار ستونی نیاز آبی در مقیاس ماهانه محاسبه شده است. همان‌طور که نمایان است، بیشترین نیاز آبی مربوط به ماه‌های اردیبهشت تا مرداد است که پس از آن نیاز آبی روند نزولی می‌گیرد و تا دی‌ماه از میزان نیاز آبی کاسته می‌شود، اما دوباره با افزایش دما و رشد گونه‌های گیاهی، نیاز آبی افزایش می‌یابد (اشکال ۳ تا ۹).



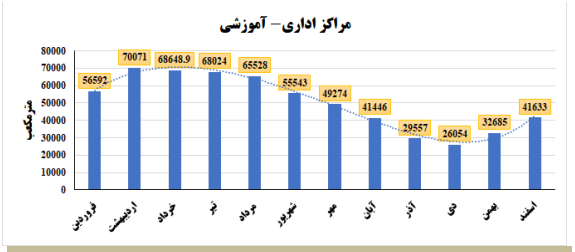
شکل (۳): نیاز آبی ماهانهٔ شهرک‌های صنعتی در کیش

Figure (3): Monthly water requirement of industrial towns in Kish



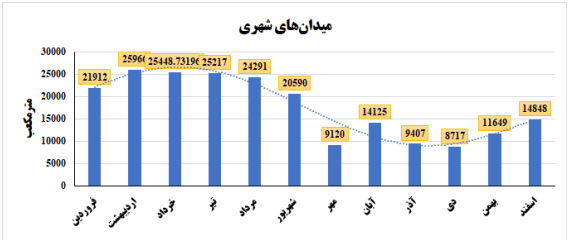
شکل ۴. نیاز آبی ماهانهٔ رفوژهای خیابانی در کیش

Figure (4): Monthly water requirement of refuse



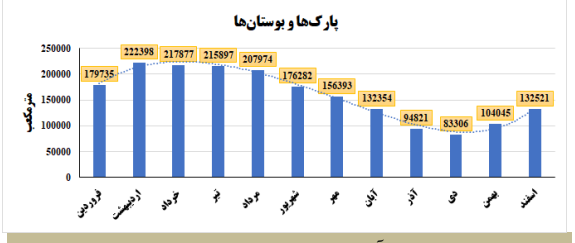
شکل (۵): نیاز آبی ماهانهٔ مراکز اداری- آموزشی در کیش

Figure (5): Monthly water requirement of administrative-educational centers in Kish



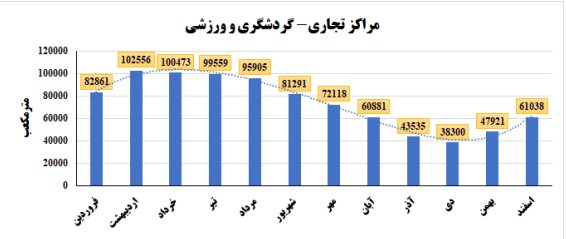
شکل (۶): نیاز آبی ماهانهٔ میدان‌های شهری در کیش

Figure (6): Monthly water requirement of urban fields in Kish



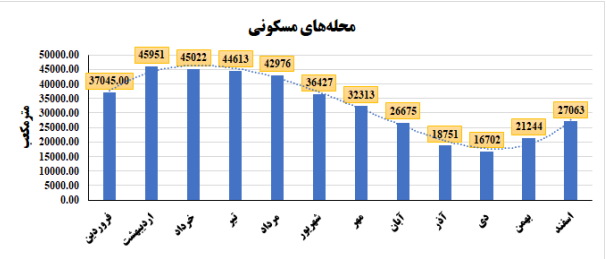
شکل (۷): نیاز آبی ماهانهٔ پارک‌ها و بوستان‌های کیش

Figure (7): Monthly water requirement of parks and gardens in Kish



شکل (۸): نیاز آبی ماهانهٔ مراکز تجاری– ورزشی در کیش

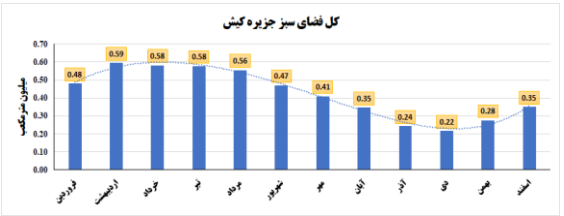
Figure (8): Monthly water requirement of business-sports centers in Kish



شکل (۹): نیاز آبی ماهانهٔ محله‌های مسکونی در کیش

Figure (9): Monthly water requirement of residential neighborhoods in Kish

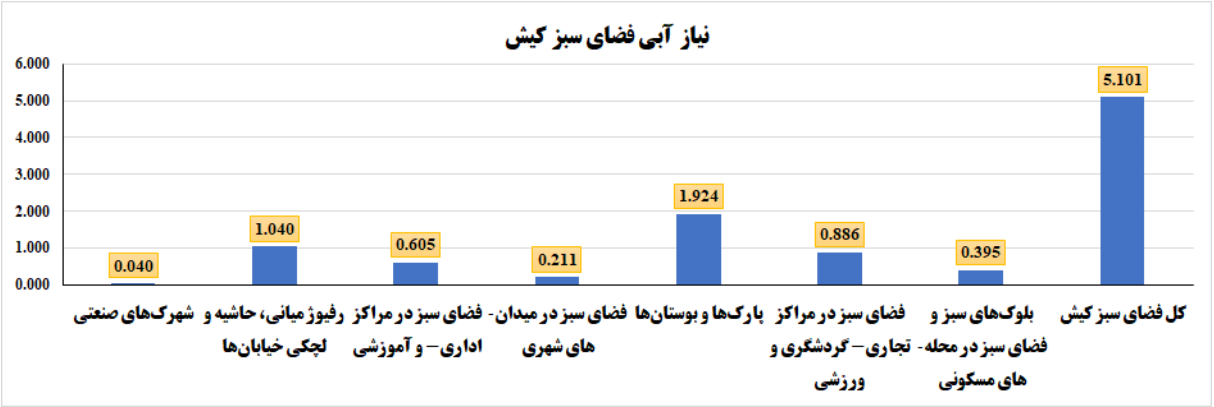
نیاز آبی کل فضای سبز کیش به‌صورت ماهانه در شکل (۱۰) ارائه شده، که بیشترین نیاز آبی مربوط به ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیرماه است، اما در آذر و دی‌ماه به حداقل می‌رسد و موازی با میزان تبخیر و تعرق است. به‌طور کلی، با افزایش دما و تبخیر و تعرق در بهمن‌ماه، نیاز آبی نیز در این ماه افزایش می‌یابد و تا مردادماه ادامه دارد، سپس از شهریور تا دی‌ماه روند کاهشی می‌گیرد و دوباره اوج می‌گیرد. این یک سیکل سالانهٔ نیاز آبی در جزیرهٔ کیش است.



شکل (۱۰): نیاز آبی ماهانهٔ کل فضاهای سبز شهری کیش

Figure (10): Monthly water requirement of urban green spaces Kish

به‌طور کلی، برای کل فضای سبز جزیرهٔ کیش نیاز آبی سالانه با خطای ۵ درصد، حدود ۵/۲ میلیون مترمکعب در سال محاسبه شد (شکل ۱۱ و جدول ۷).



شکل (۱۱): نیاز آبی سالانهٔ قطعات فضای سبز جزیرهٔ کیش

Figure (11): Annual water requirement of the green areas of Kish

جدول (۷): محاسبات نیاز آبی ماهانهٔ فضاهای سبز جزیرهٔ کیش (متر مکعب)

Table (7): Calculations of the monthly water requirement of the green spaces of Kish Island (m^3)

ردیف	ماه	شهرک‌های صنعتی	رفوژ خیابان‌ها	مراکز اداری– آموزشی	میدان‌های شهری	پارک‌ها	مراکز تجاری– ورزشی	محله‌های مسکونی	کل
۱	فروردین	۳۹۴۴	۹۸۲۴۵	۵۶۵۹۲	۲۱۹۱۲	۱۷۹۷۳۵	۸۲۸۶۱	۳۷۰۴۵	۴۸۰۳۳۴
۲	اردیبهشت	۵۰۲۰	۱۲۲۳۳	۷۰۰۷۱	۲۵۹۶۶	۲۲۲۳۹۸	۱۰۲۵۵۶	۴۵۹۵۱	۵۹۴۲۹۵
۳	خرداد	۴۹۲۴	۱۱۹۸۸۱	۶۸۶۴۸	۲۵۴۴۸	۲۱۷۸۷۷	۱۰۰۴۷۳	۴۵۰۲۲	۵۸۲۲۷۵
۴	تیر	۴۸۷۹	۱۱۸۷۹۱	۶۸۰۲۴	۲۵۲۱۷	۲۱۵۸۹۷	۹۹۵۵۹	۴۴۶۱۳	۵۷۶۹۸۰
۵	مرداد	۴۷۰۰	۱۱۴۴۳۲	۶۵۵۲۸	۲۴۲۹۱	۲۰۷۹۷۱	۹۵۹۰۵	۴۲۹۷۶	۵۵۵۸۰۶
۶	شهریور	۳۹۸۴	۹۶۹۵۵	۵۵۵۴۶	۲۰۵۹۰	۱۷۶۲۸۲	۸۱۲۹۱	۳۶۴۲۷	۴۷۱۱۱۲

ردیف	ماه	شهرک‌های صنعتی	رفوژ خیابان‌ها	مراکز اداری- آموزشی	میدان‌های شهری	پارک‌ها	مراکز تجاری- ورزشی	محله‌های مسکونی	کل
۷	**مهر**	۳۵۲۹	۸۶۰۲۲	۴۹۲۷۴	۹۱۲۰	۱۵۶۳۹۳	۷۲۱۱۸	۳۲۳۱۳	۴۰۸۷۶۹
۸	**آبان**	۲۱۶۱	۶۸۲۴۷	۴۱۴۴۶	۱۴۱۲۵	۱۳۲۳۵۴	۶۰۸۸۱	۲۶۶۷۵	۳۴۵۸۸۹
۹	**آذر**	۱۱۰۶	۴۶۴۵۸	۲۹۵۵۷	۹۴۰۷	۹۴۸۲۱	۴۳۵۳۵	۱۸۷۵۱	۲۴۳۶۳۵
۱۰	**دی**	۱۲۵۲	۴۲۳۶۲	۲۶۰۵۴	۸۷۱۷	۸۳۳۰۶	۳۸۳۰۰	۱۶۷۰۲	۲۱۶۶۹۳
۱۱	**بهمن**	۲۰۳۶	۵۵۵۱۱	۳۲۶۸۵	۱۱۶۴۹	۱۰۴۰۴۵	۴۷۹۲۱	۲۱۲۴۴	۲۷۵۰۹۱
۱۲	**اسفند**	۲۶۰۰	۷۰۷۴۰	۴۱۶۳۳	۱۴۸۴۸	۱۳۲۵۲۱	۶۱۰۳۸	۲۷۰۶۳	۳۵۰۴۴۳
۱۳	**سالانه**	۴۰۱۳۵	۱۰۴۰۰۱۷	۶۰۵۰۵۵	۲۱۱۲۹۰	۱۹۲۳۶۰۳	۸۸۶۴۳۸	۳۹۴۷۸۲	**۵۱۰۱۳۲۲**

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از تبخیر و تعرق بالقوهٔ اصلاح‌شده توسط ضریب فضای سبز شهری و اندازهٔ آن، منجر به یک بودجهٔ واقعی از آب می‌شود، که فرصت خوبی برای حفظ آب فراهم می‌کند (وایت[1] و همکاران، ۲۰۰۴). مدلی برای تخمین مصرف آب مناظر مسکونی و تجاری برای تشویق مالکان به صرفه‌جویی در مصرف آب ارائه شده است. نیاز آبی گیاهان غیر چمن با ضرب متوسط قطر تاج یک گیاه منفرد (یا کشت یکنواخت) در تبخیر و تعرق (۲۰ تا ۸۰ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل) برآورد می‌شود (روزنبرگ[2] و همکاران، ۲۰۱۱). نیاز آب شهری در فضای باز با استفاده از داده‌های هواشناسی برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق مرجع و با استفاده از ضریب گیاهی ۰/۶ برآورد شده است (لوری[3] و همکاران، ۲۰۱۱).

عملکرد آبیاری مناظر خانه‌ها که شامل ترکیبی از درختان، درختچه‌ها و علف‌های چمن بود، مورد مطالعه قرار گرفت (سالوادور و همکاران، ۲۰۱۱). آن‌ها از روش WUCOLS شامل گونه‌ها، تراکم و عوامل ریزاقلیم ضرب در تبخیر و تعرق مرجع استفاده کردند. آن‌ها توصیه کردند که از آبیاری بارانی شبانه و طراحی برنامه‌های آبیاری مختلف برای مناطق مختلف شهری استفاده شود تا بتوان در مصرف آب صرفه‌جویی کرد.

نیاز آبی گیاهان و درختان در طول ماه‌های غیربارانی از شهر پاناجی در سواحل غربی هند که تقریباً از ژوئن تا سپتامبر بیش از ۲۷۵۰ میلی‌متر بارندگی دریافت می‌کند، انجام شد. در هشت ماه باقی‌مانده، آبیاری گیاهان به یک ضرورت جدی تبدیل شده است. رامایا و آوتار[4] (۲۰۲۵) با روش کالیفرنیا نیاز روزانهٔ آب در هفت باغ شهر پناهی را ۲۵ لیتر در درخت، ۶/۷ لیتر در متر مربع گیاهان پرچین و ۴/۵ لیتر در متر مربع پوشش زمینی محاسبه کردند، که با میزان آبیاری شرایط موجود همخوانی داشت و تفاوت نتایج مدل محاسباتی و آبیاری موجود ۰/۳۳ میلیون متر مکعب در سال بود.

تعدادی از روش‌ها برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان منظر شهری بررسی شده‌اند. برخی از این موارد دقیق‌تر، مقرون‌به‌صرفه‌تر یا مخصوصاً برای مقیاس‌های خاصی از مکان و زمان مناسب‌اند. کاشت‌های مختلط درختان، درختچه‌ها و چمن‌ها به‌دلیل ریزاقلیم، گونه‌ها، تراکم، بلوغ و اندازهٔ متفاوت، اغلب نیازهای آبی بسیار متفاوتی دارند. در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، از روش کالیفرنیا برای نیاز آبی گونه‌های مختلف گیاهی استفاده شد، که نتایج آن‌ها نشان داد F. carica، C. siliquastrum و U. glabra به‌ترتیب با مقادیر ۹۵۰، ۹۴۸ و ۹۱۹ میلی‌متر بالاترین نیاز خالص آبیاری را دارند (پناهی و همکاران، ۲۰۲۳). بنابراین نوع گیاه و ضرایب گیاهی تفاوت‌ها را در نیاز آبی رقم می‌زنند.

براساس اثربخشی، دقت، محدودیت‌های هزینه، زمان و ایمنی، روش‌های توصیه‌شدهٔ سنجش از دور و روش WUCOLS برای فضای سبز شهری مناسب است. این دو رویکرد تخمین‌های منطقه‌ای از تبخیر و تعرق را با در نظر گرفتن انواع پوشش گیاهی با گونه‌ها و تراکم‌های مختلف

1. White
2. Rosenberg
3. Lowry
4. Ramaiah & Avtar

ارائه می‌کنند (کالرا[1] و همکاران، ۲۰۱۷). در شهر ریاض عربستان، الکاتوری و الازبا[2] (۲۰۲۴) از تلفیق تصویر ماهواره لندست و روش WUCOLS برای محاسبهٔ نیاز آبی فضای سبز شهری استفاده کردند و به نتایج مطلوب دست یافتند.

پوشش گیاهی، چشم‌انداز یک جنبهٔ مهم از محیط شهری است، که مزایای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی زیادی دارد (باربوسا[3] و همکاران، ۲۰۰۷). ازنظر محیطی، پوشش گیاهی چشم‌انداز شهری، تنوع زیستی و همچنین زیستگاه و منابع غذایی را برای طیف وسیعی از جانوران شهری فراهم می‌کند.

پوشش گیاهی نقش مهمی در کاهش سرعت و تأثیر سیلاب دارد و درعین‌حال خاک را تثبیت می‌کند و از فرسایش جلوگیری می‌کند. علاوه‌بر این، پوشش گیاهی با فیلتر کردن آلاینده‌ها و مواد مغذی به بهبود کیفیت آب کمک می‌کند و آن را برای انسان، حیوانات و گیاهان ایمن‌تر می‌کند. همچنین جریان‌های اوج را کاهش می‌دهد و آب‌های سیلاب را کاهش می‌دهد و درنتیجه خطرات سیل شهری را به حداقل می‌رساند (طوسی،[4] ۲۰۲۳). ازطرف دیگر، فضای سبز یک تصفیه‌کنندهٔ هوا و تنظیم کنندهٔ دمای هواست، که می‌تواند اثر جزیرهٔ گرمایی شهری را کاهش دهد و همچنین می‌تواند آلودگی صوتی را کاهش دهد (میلوارد و صابر، ۲۰۱۱). ازنظر مزیت‌های اجتماعی، پوشش گیاهی چشم‌انداز شهری امکانات تفریحی بیشتری را فراهم می‌کند. ارتباط بین ساکنان و محیط طبیعی که آن‌ها را احاطه کرده است، تقویت می‌کند و به شهرهای پایدار و قابل زندگی کمک قابل توجهی می‌کند. مزایای اقتصادی می‌تواند شامل افزایش قیمت ملک و در سیستم‌های طراحی‌شدهٔ مناسب، کاهش سیل ناگهانی شهری باشد (جیم و چن،[5] ۲۰۰۶؛ بیتار، ۲۰۰۴). برای دستیابی به این مزایا، توجه بیشتر به مدیریت آب پایدار پوشش گیاهی منظر شهری مهم است. این امر به ویژه در شرایط کمبود آب، جایی که نیازهای آبیاری برای پوشش گیاهی شهری با سایر نیازهای آبی رقابت می‌کند، صادق است. بررسی ادبیات موجود در مورد نیازهای آبی غیرکشاورزی، درک محدودی از نیازهای آبیاری برای فضاهای سبز شهری را آشکار کرده است. این می‌تواند یک محدودیت قابل توجه برای علاقه به زیرساخت‌های سبز، ازجمله دیوارهای سبز، بام‌های سبز، باغ‌های بارانی و سیستم‌های حفظ زیستی باشد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که WUCOLS یک رویکرد عملی است که می‌تواند برآورد اولیه تقاضای آب در فضای سبز شهری را ارائه دهد، اما در حالت ایدئال، این باید براساس سلامت و شرایط زیبایی‌شناختی پوشش گیاهی شهری اصلاح شود. در جزیرهٔ کیش حدود ۷۵۶/۶ هکتار فضای سبز شهری وجود دارد که همراه با جنگل‌های طبیعی (۳۹۳۸/۵ هکتار)، درمجموع حدود ۴۶۹۵ هکتار در جزیره را پوشانده‌اند. نیاز آبی سالانه برای فضای سبز شهری کیش براساس روش کالیفرنیا، ۵/۱۲ میلیون متر مکعب محاسبه گردید. بیشترین نیاز آبی مربوط به ماه‌های اردیبهشت تا مرداد است؛ پس از آن نیاز آبی روند نزولی می‌گیرد و تا دی‌ماه از میزان نیاز آبی کاسته می‌شود. اما دوباره با افزایش دما و رشد گونه‌های گیاهی، نیاز آبی افزایش می‌یابد.

قدردانی

این طرح مستخرج از طرح پژوهشی بین‌سازمانی است که از دانشگاه تهران و سازمان منطقهٔ آزاد کیش قدردانی می‌گردد.

1. Calera
2. Elkatoury & Alazba
3. Barbosa
4. Toosi
5. Jim & Chen

منابع

1. Adams, C. A., Druckman, P. B., & Picot, R. C. (2020). Sustainable development goals disclosure (SDGD) recommendations. *ACCA: London, UK*.
2. Aldieri, L., Makkonen, T., & Vinci, C. P. (2020). Environmental knowledge spillovers and productivity: A patent analysis for large international firms in the energy, water and land resources fields. *Resources Policy*, *69*, 101877.
3. Allen, R. G., Dukes, M. D., Snyder, R. L., Kjelgren, R., & Kilic, A. (2020). A review of landscape water requirements using a multicomponent landscape coefficient. *Transactions of the ASABE*, *63*(6), 2039-2058.
4. Allen, R. G., Pereira, L. S., Howell, T. A., & Jensen, M. E. (2011). Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management*, *98*(6), 899-920.
5. Barbosa, O., Tratalos, J. A., Armsworth, P. R., Davies, R. G., Fuller, R. A., Johnson, P., & Gaston, K. J. (2007). Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK. *Landscape and Urban planning*, *83*(2-3), 187-195.
6. Barnett, G., Doherty, M., & Beaty, M. (2005). Urban greenspace: connecting people and nature. *Environment*, *13*(1), 1-10.
7. Beeson Jr, R. C. (2006). Relationship of plant growth and actual evapotranspiration to irrigation frequency based on management allowed deficits for container nursery stock. *Journal of the American society for horticultural science*, *131*(1).
8. Bitar, H. (2004). *Public aesthetic preferences and efficient water use in urban parks* (pp. 246-249). University of Melbourne, Faculty of Architecture, Building and Planning.
9. Byrne, J., Green, M., & Dallas, S. (2019). WSUD implementation in a precinct residential development: Perth case study. In *Approaches to Water Sensitive Urban Design* (pp. 541-559). Woodhead Publishing.
10. Calera, A., Campos, I., Osann, A., D'Urso, G., & Menenti, M. (2017). Remote sensing for crop water management: From ET modelling to services for the end users. *Sensors*, *17*(5), 1104.
11. Costello, L. R. (1994). *WUCOLS, water use classification of landscape species: a guide to the water needs of landscape plants*. California Department of Water Resources.
12. Costello, L. R., & Jones, K. S. (1999). WUCOLS III. *A guide to estimating irrigation water needs of landscape plantings in California. University of California Cooperative Extension. California Department of Water Resources*.
13. Dang, X., Gao, S., Tao, R., Liu, G., Xia, Z., Fan, L., & Bi, W. (2020). Do environmental conservation programs contribute to sustainable livelihoods? Evidence from China's grain-for-green program in northern Shaanxi province. *Science of the Total Environment*, *719*, 137436.
14. Das, J., Rahman, A. S., Mandal, T., & Saha, P. (2021). Exploring driving forces of large-scale unsustainable groundwater development for irrigation in lower Ganga River basin in India. *Environment, Development and Sustainability*, *23*, 7289-7309.
15. Echeverría, J. M. A. (2021). Plan B water assessment: Efficiency and circularity for agricultural and municipal adaptation to water scarcity. *Groundwater for Sustainable Development*, *14*, 100602.
16. Elkatoury, A., & Alazba, A. A. (2024). Irrigation Water Demand Management-Based Innovative Strategy: Model Application on the Green Riyadh Initiative, Saudi Arabia. Water, 16(24), 3559.
17. Fam, D., Mosley, E., Lopes, A., Mathieson, L., Morison, J., & Connellan, G. (2008). Irrigation of urban green spaces: A review of the environmental, social and economic benefits. *CRC for Irrigation Futures Technical Report*, *4*(08).
18. Fang, Z., Chen, J., Liu, G., Wang, H., Alatalo, J. M., Yang, Z., ... & Bai, Y. (2021). Framework of basin eco-compensation standard valuation for cross-regional water supply–A case study in northern China. *Journal of Cleaner Production*, *279*, 123630.
19. Fogliatto, S., Ferrero, A., & Vidotto, F. (2020). Current and future scenarios of glyphosate use in Europe: Are there alternatives?. *Advances in agronomy*, *163*, 219-278.
20. Guo, J., Niu, H., Xiao, D., Sun, X., & Fan, L. (2021). Urban green-space water-consumption characteristics and its driving factors in China. *Ecological Indicators*, *130*, 108076.
21. Hilaire, R. S., Arnold, M. A., Wilkerson, D. C., Devitt, D. A., Hurd, B. H., Lesikar, B. J., ... & Zoldoske, D. F. (2008). Efficient water use in residential urban landscapes. *HortScience*, *43*(7), 2081-2092.
22. Jim, C. Y., & Chen, W. Y. (2006). Impacts of urban environmental elements on residential housing prices in Guangzhou (China). *Landscape and urban planning*, *78*(4), 422-434.
23. Kjelgren, R., Rupp, L., & Kilgren, D. (2000). Water conservation in urban landscapes. *HortScience*, *35*(6), 1037-1040.
24. Kummu, M., Ward, P. J., De Moel, H., & Varis, O. (2010). Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. *Environmental Research Letters*, *5*(3), 034006.
25. Lowry Jr, J. H., Ramsey, R. D., & Kjelgren, R. K. (2011). Predicting urban forest growth and its impact on residential landscape water demand in a semiarid urban environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, *10*(3), 193-204.

26. Mangani, R. T. (2021). *Restoration after bush control and impact on ecosystem services in the Lephalale municipality, Limpopo Province* (Doctoral dissertation, North-West University (South Africa)).
27. Millward, A. A., & Sabir, S. (2011). Benefits of a forested urban park: What is the value of Allan Gardens to the city of Toronto, Canada?. *Landscape and urban planning*, *100*(3), 177-188.
28. Panahi, P., Jaafari, A., Asgari, H., Pourhashemi, M., & Hasaninejad, M. (2023). Comparing water requirements of urban landscape plants in an arid environment: An application of the WUCOLS method in the National Botanical Garden of Iran. Ecological Informatics, 78, 102390.
29. Qiu, G. Y., Yan, C., & Liu, Y. (2023). Urban evapotranspiration and its effects on water budget and energy balance: Review and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 104577.
30. Ramaiah, M., & Avtar, R. (2025). Daily Water Requirements of Vegetation in the Urban Green Spaces in the City of Panaji, India.
31. Rana, G., & Katerji, N. (2000). Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: a review. *European Journal of agronomy*, *13*(2-3), 125-153.
32. Rosegrant, M. W., Cai, X., & Cline, S. A. (2020). Water and food to 2025. *IFPRI and IWMI Report*.
33. Rosenberg, D. E., Kopp, K., Kratsch, H. A., Rupp, L., Johnson, P., & Kjelgren, R. (2011). Value Landscape Engineering: Identifying Costs, Water Use, Labor, and Impacts to Support Landscape Choice 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, *47*(3), 635-649.
34. Salvador, R., Bautista-Capetillo, C., & Playán, E. (2011). Irrigation performance in private urban landscapes: A study case in Zaragoza (Spain). *Landscape and Urban Planning*, *100*(3), 302-311.
35. Scheiber, S. M., & Beeson, R. C. (2007). Landscape growth and aesthetic quality of coleus managed with irrigation deficits. *HortTechnology*, *17*(4), 561-566.
36. Silva, J. K. D., Nunes, L. G. C. F., Soares, A. E. P., & Silva, S. R. D. (2017). Assessment of water-saving equipment to support the urban management of water. *RBRH*, *22*.
37. St. Hilaire, R., Arnold, M. A., Wilkerson, D. C., Devitt, D. A., Hurd, B. H., Lesikar, B. J., ... Zoldoske, D. F. (2008). Efficient water uses in residential urban landscapes. HortSci., 43(7), 2081-2092.
38. Toosi, G. (2023). Influence of vegetation in the flood drainage ditch. Journal of Civil Engineering Researchers, 5(4), 16-21.
39. White, R., Havalak, R., Nations, J., Thomas, J., Chalmers, D., & Dewey, D. (2004). *How much water is enough? Using pet to develop water budgets for residential landscapes*. Texas Water Resources Institute.

Estimation of Water Requirements for Urban Green Infrastructures in Kish Island

Mahmoud Behrouzi,[1] Ahmad Nohegar,[2*] Panisa Hassanzadeh[3]

Received: 01/05/2024 Accepted: 22/06/2025

Extended abstract

Introduction: Since 1993 (1372 SH), Kish Island has experienced significant population growth and urban expansion, particularly in its coastal areas. This development led to the creation of extensive green infrastructure, including wide streets, neighborhood parks, and numerous gardens, primarily featuring diverse plant species. However, climate change presents substantial challenges for these urban landscapes. Rising temperatures and limited water resources intensify the need for a strategic approach to urban greenery, focusing on increasing and diversifying tree and ornamental plant species adapted to harsh urban conditions.

Currently, there is a paucity of information regarding the irrigation requirements of urban green spaces on Kish Island. A practical, standardized method for measuring these water needs is also lacking. This deficit in

1. PhD. Climatology, Department of Environmental Hazards - Marine Science Research Institute, University of Tehran, Tehran. Iran; Email: behrouzi.mahmoud@guest.ut.ac.ir
2. Professor, Department of Disaster Engineering, Education and Environmental Systems, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran; Email: nohegar@ut.ac.ir
3. Ph.D. student, Department of Disaster Engineering, Education and Environmental Systems, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran; Email: panisahassanzadeh@ut.ac.ir

DOI: 10.22052/deej.2025.254229.1041

understanding creates significant challenges for both plant health and urban landscape managers, leading to inefficiencies and disruptions in water resource management. Therefore, this research aims to calculate the monthly and annual water requirements of Kish Island's urban green spaces using the WUCOLS (Water Use Classification of Landscape Species) method developed by the University of California.

Method and Materials: To determine the monthly and annual water requirements of urban green spaces on Kish Island, we first conducted field observations and utilized existing land-use maps, an AutoCAD map of Kish Island, and calculated the total area of urban green spaces. Based on these analyses, we categorized the urban green spaces into seven distinct types:

1. Green spaces alongside streets, industrial estates, and the sewage treatment plant
2. Traffic islands (Refuges)
3. Green spaces within administrative and educational centers
4. Green spaces in urban squares
5. Urban-coastal parks and gardens
6. Green spaces in commercial, tourism, and sports centers, including the Olympic complex
7. Green blocks and green spaces within neighborhoods and residential complexes

Following this classification, we calculated the water requirement for the mixed greenery of Kish Island using the guidelines proposed by the Water Use Classification of Landscape Species (WUCOLS) method from the University of California.

Results: The study found that the total annual water requirement for Kish Island's 756.6 hectares of urban green space is approximately 12.5 million cubic meters. Urban parks and gardens, along with street traffic islands (refuges), emerged as the areas with the highest water demand, each requiring over one million cubic meters annually.

Monthly analysis revealed that May, June, and July exhibit the highest water requirements, while December and January show the lowest, a trend that directly mirrors the island's evaporation rates. Generally, water demand begins to increase in February, coinciding with rising temperatures and evapotranspiration, and continues to climb until August. It then gradually decreases from September to January before the cycle restarts. This pattern represents the typical annual water demand cycle for Kish Island's green spaces.

Overall, the calculated annual water requirement for the entire green space of Kish Island stands at about 2.5 million cubic meters per year, with an estimated error of 5%.

Discussion and Conclusion: Urban landscape vegetation is a vital component of the urban environment, offering numerous environmental, social, and economic benefits. Environmentally, it fosters biodiversity, provides crucial habitat and food sources for urban wildlife, prevents soil erosion, and improves drainage. Green spaces also act as air purifiers and temperature regulators, effectively mitigating the urban heat island effect and reducing noise pollution. Socially, urban vegetation enhances recreational opportunities, strengthens residents' connection to nature, and significantly contributes to creating sustainable and livable cities. Economically, benefits include increased property values and, with proper design, a reduction in urban flash floods. Achieving these benefits necessitates a strong focus on sustainable water management for urban landscapes, especially in water-scarce regions where irrigation demands for urban vegetation compete with other essential water needs. A review of existing literature highlights a limited understanding of irrigation requirements for urban green spaces, posing a significant challenge to the broader adoption of green infrastructure like green walls, green roofs, rain gardens, and bio retention systems. The present study demonstrates that the WUCOLS method is a practical approach for providing an initial estimate of urban green space water demand. However, for optimal results, this estimation should ideally be refined based on the specific health and aesthetic conditions of the urban vegetation. Our findings indicate that Kish Island has approximately 756.6 hectares of urban green spaces, which, combined with natural forests (3938.5 ha), cover a total of about 4695 hectares of the island. The annual water requirement for Kish Island's urban green space, calculated using the California method, is 5.12 million cubic meters. The highest water demand occurs from May to August, decreasing thereafter until January. Water demand then rises again with increasing temperatures and plant growth, following an annual cyclical pattern.

Keywords: Vegetation Coefficient, Effective Precipitation, Irrigation Efficiency, Water requirement, Kish.