



امکان‌سنجی بازطراحی فضای سبز شهری در قالب منظرسازی خشک هوشمندانه با رویکرد استحصال آب باران

میلاد میر رضانی^{۱*}، مجید ریاحی سامانی^۲، سعید اسلامیان^۳، یاسین آقایی شلمانی^۴، مهدیس رحمتی^۵

۱. دانشجوی دکتری مهندسی سوانح، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ایران

۲. گروه مهندسی عمران، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، اصفهان، ایران

۳. گروه منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

۴. گروه مهندسی عمران، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی شهر، اصفهان، ایران

۵. دانشجوی دکتری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

چکیده

در این پژوهش به منظور معرفی روشی مناسب جهت طراحی منظرسازی خشک هوشمندانه برای فضاهای سبز شهری و محوطه‌سازی‌های واحدهای غیرمسکونی و اداری با رویکرد استحصال آب باران (بازچرخانی آب به روش نامتعارف) طراحی پیشنهاد شده است. در این طرح با استفاده از دولاپه‌ی نفوذپذیر و نفوذناپذیر و طراحی شبکه‌ی زهکش در بین دولاپه با توجه به شیب بندی مناسب محوطه می‌توان رواناب ناشی از بارش را استحصال نمود. همچنین به منظور جلوگیری از تعبیه‌ی زهکش‌های متفاوت با رویکرد توجیه اقتصادی اقدام به ایجاد سامانه‌های لوزی شکل کرده‌ایم که وظیفه اصلی این سامانه‌ها جمع‌آوری و هدایت آب حاصل از بارش به نقطه خروج سامانه و ورود آسان آن به زهکش‌ها جهت هدایت آب باران به منبع موردنظر است. پیاده‌سازی این سامانه‌ها علاوه بر افزایش رطوبت خاک به‌ویژه در محدوده خروجی هر بخش تأثیر شایان توجهی در افزایش کارایی این طرح دارد. با اجرا شدن این طرح کاهش مصرف آب و استفاده بهینه از آب استحصال شده سودآوری اقتصادی قابل توجهی حاصل می‌شود و به حفظ منابع آب کمک شایانی می‌کند. پایش اطلاعات محیطی مشتمل بر بارندگی روزانه، رواناب حاصل از بارندگی، تبخیر، درجه حرارت خاک به‌وسیله تجهیزات لازم انجام گرفت. نتایج نشان داد با این طراحی، می‌توان رواناب را تا ۲ برابر و رطوبت خاک منطقه را تا ۵٪ افزایش داد و رواناب حاصل از بارش را تا حدود زیادی ذخیره نمود تا برای مصارف مختلف استفاده شود و همچنین از شدت حرارت و تبخیر خاک کاسته می‌شود که همین موضوع موجب کاهش مصرف آب جهت آبیاری فضای سبز موردنظر می‌شود. از طرفی با اجرای این طرح و طراحی سامانه‌های تغذیه مصنوعی مناسب می‌توان به‌صورت هوشمندانه بخش بیشتری از رواناب حاصل از بارش را نسبت به حالت عادی به سمت سفره‌های آب زیرزمینی هدایت کرد. این رویکرد مثبت زیست‌محیطی می‌تواند نقش مؤثری بر کاهش روند فرونشست زمین به‌خصوص در دشت‌های کشور ایران داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: جمع‌آوری آب باران، کاهش تبخیر، لایه‌ی نفوذناپذیر، منظرسازی خشک هوشمندانه.

* نویسنده مسئول: میلاد میر رضانی Email: Miladmirramezani@ut.ac.ir

مقدمه

آب منبع حیات و عامل رشد و توسعه جوامع بشری است. همه صاحب‌نظران بر این باورند که کشورمان از این موهبت الهی کم‌بهره است و در کمربند خشک و نیمه‌خشک با آن دست‌وپنجه نرم می‌کند. میانگین بارش سالانه کشور حدود یک‌سوم میانگین دنیاست و همین مقدار بارش نیز از توزیع مکانی و زمانی مناسبی برخوردار نیست. مقدار کم بارش، پدیده شوم خشکسالی و مقدار خیلی زیاد آن سیل و ویرانی به همراه دارد. طبق مطالعات جامع آب کشور، ریزش‌های جوی کشور بالغ بر ۴۱۳ میلیارد مترمکعب می‌باشد. از این مقدار ۹۲ میلیارد مترمکعب به‌صورت جریان‌های سطحی جاری شده، ۲۵ میلیارد مترمکعب به‌طور مستقیم به آبخوان‌های آبرفتی نفوذ کرده و ۵ میلیارد مابقی به‌صورت تبخیر / تفرق از دسترس خارج می‌گردد (شرکت جم‌آب، ۱۳۷۹). بنابراین با احتساب ۵ مترمکعب تبخیر و تفرق حاصل از برداشت آبخوان‌ها، می‌توان میزان تبخیر و تفرق واقعی را حدود ۷۳ درصد میانگین بارش برآورد نمود که برای مدیریت آن هم نیاز به برنامه‌ریزی می‌باشد. جلوگیری از اتلاف این منبع و ذخیره‌سازی بخشی از آن در لایه‌های خاک امری مهم می‌باشد که نیاز به برنامه‌ریزی اصولی و صحیح دارد. سپاسخواه (۱۳۷۵) نشان داد که با استفاده از جمع‌آوری آب باران از سطح دشت‌های ایران، امکان به زیر کشت بردن حدود ۳/۹ میلیون هکتار اراضی جدید وجود دارد. قدوسی و همکاران (۱۳۸۴) یکی از اقدامات مؤثر و اساسی در رابطه با تأمین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای مصارف مختلف (زراعت، جنگل‌کاری، شرب و ...) را مدیریت بارش‌های جوی و استحصال آب باران در محل نزول خود می‌داند که اصطلاحاً RWH نامیده می‌شود. پژوهشگرانی همچون Boers و همکاران (۱۹۸۰) معتقدند که از روش‌های مختلفی در آبخیزهای کوچک، جهت جمع‌آوری و هدایت رواناب سطحی حاصل از بارش و ذخیره آن در پشت یک سد می‌توان برای جمع‌آوری آب باران استفاده کرد. در چند دهه اخیر زمینه پژوهش برای دانشمندان و صاحب‌نظران جهان به‌منظور کنترل و ذخیره‌سازی رواناب حاصل از بارش فراهم شده است. پژوهش‌های مزبور علاوه بر به‌کارگیری روش‌های مختلف در استحصال آب باران، افزایش رطوبت خاک و کاهش خطرات ناشی از جاری شدن آن، به افزایش میزان نگهداشت رطوبت پرداخته‌اند. اگرچه جمع‌آوری آب باران از سطح دامنه‌ها و متمرکز نمودن آن در یک نقطه سبب افزایش میزان رطوبت در خاک می‌گردد، لیکن تداوم نگهداشت رطوبت در خاک و کاهش تلفات تبخیر از سطح خاک نقش شایانی در استقرار و زنده‌مانی گونه‌های گیاهی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایفا می‌نماید. Boers و همکاران (۱۹۸۰) در منطقه‌ای بنام سد بوگر در فلسطین اشغال‌شده با بارش متوسط ۲۴۰ میلی‌متر در سال ۱۹۸۰ میلادی با جمع‌آوری آب باران اقدام به کشت درخت پسته نمود. وی روش‌های مختلف استحصال آب و نتایج حاصل از ذخیره آب باران در خاک را مورد ارزیابی قرارداد. نتایج طرح نشان داد که احداث حوضچه خاص برای هر درخت، سبب استحصال آب باران بیشتری نسبت به سامانه ترانس‌بندی دارد و احداث سامانه‌های ۱۰ مترمربعی با پشته‌هایی به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر قادر به جمع‌آوری ۱۵ تا ۲۰ درصد بارش سالانه می‌باشد. این پژوهشگر جمع‌آوری جریانات کوچک از سطح خاک و آب چشمه‌ها و جویبارهای کوچک را به‌عنوان طرح‌های جمع‌آوری آب باران ذکر کرده و معتقد است در مناطق خشک و نیمه‌خشک اجرای چنین طرح‌هایی بسیار مفید بوده و یکی از روش‌های اقتصادی تأمین آب است. در پروژه‌ای که توسط Gupta و همکاران (۱۹۹۴) انجام شده، روش‌های جمع‌آوری باران با ایجاد حوضچه‌های جمع‌آوری‌کننده در سطح دامنه‌ها در حالت طبیعی، از بین بردن پوشش گیاهی و انجام عملیاتی از قبیل کوبیدن، شیب‌دار کردن، تسطیح و منظم نمودن سطح دامنه‌ها ARI از نظر نفوذ آب روی رشد گیاه و تولید زیست‌جرم گیاه در منطقه‌ای با شیب ۲۰ درصد موردبررسی قرار گرفته است. وی در تیمارهای یادشده شرایط طبیعی و پوشش مالچی را در سطح دامنه‌ها و پوشش پلاستیکی و مالچ نفتی را در اطراف درختان به‌منظور ذخیره بیشتر آب در نیمرخ خاک به کار گرفت. بر اساس نتایج حاصله، در طول ۲۶ ماه، رشد نهال‌ها چهار برابر تیمار شاهد (۶ تن در هکتار) بوده است. به‌علاوه تولید زیست‌جرم از ۶۹ برای گیاه موردبررسی افزایش یافته و ارتفاع نهال‌ها نیز ۷۰ درصد افزایش یافته است. در سال‌های

اخیر جمع‌آوری آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به سرعت در جنوب شرقی کشور چین گسترش یافته است. این روش نه تنها در تأمین آب شرب بلکه به عنوان تأمین آب کشاورزی نیز مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. پژوهشی که توسط Huang و همکاران (۲۰۰۲) در زمینه جمع‌آوری آب باران در ایالت گانگزو چین با استفاده از دو نوع تیمار پوشش سطحی زمین مشتمل بر ماده افزایش‌دهنده ثبات خاک و ضریب رواناب و آسفالت با پوشش پشم‌شیشه استفاده شد، افزایش کارایی جمع‌آوری آب را به ترتیب ۱۹ و ۱۸ درصد نشان می‌داد. در پژوهشی در گردنه قوچک تهران به منظور استحصال آب باران برای کشت درخت و ایجاد پوشش جنگلی از سامانه‌های آبگیر با استفاده از سطح دامنه‌ها، تراس‌های قیراندود ایجاد نموده و با تعبیه بشکه‌هایی در پایین سامانه‌ها واقع در شیب ۳۰ درصدی رواناب حاصل از بارش را طی ۴ سال اندازه‌گیری نمود. نتایج حاصل نشان داد که ۴۹ درصد از بارش‌ها تولید رواناب داشته است ولی به دلیل شکستگی‌های به وجود آمده در سطح قیر در طی مدت ۶ سال، ضریب رواناب از ۷۵ درصد به ۲ درصد تقلیل یافته است (کوثر، ۱۳۶۴)؛ بنابراین با احداث تراس-بندی قیراندود، مجدد رواناب را می‌توان ذخیره کرد. سپاسخواه (۱۳۷۵) نیز در باجگاه استان فارس نشان داد که مقدار ضریب رواناب با گذشت زمان در تیمار مالچی نسبت به دو تیمار خاک متراکم و کوبیده شده با غلتک دستی و خاک غیرمتراکم به دلیل ایجاد درز و شکاف‌های ایجاد شده در مالچ نفتی کاهش یافته است Boers و همکاران (۱۹۹۴) پروژه‌های دیگری که در موسسه تحقیقات دیم کشور توسط Welsh و همکاران (۲۰۰۰) به منظور بررسی شیوه‌های مختلف جمع‌آوری و استحصال آب باران در سامانه کوچک مربعی و نیم دایره‌ای در سه اندازه، سه وضعیت سطوح سامانه و در دو وضعیت خاک‌پای ۶ سال در منطقه یال ایلخچی آذربایجان شرقی برای دو رقم بادام انجام شد، نشان داد که با سطوح رواناب تمیز و غلتک زده شده و با استفاده از پلیمر می‌توان رواناب را ذخیره کرد و شکل سامانه در جمع‌آوری آب باران تأثیری ندارد. اخیراً در ایران پژوهشگران اندکی در زمینه شکل هندسی و شیب سطح سامانه‌های آبگیر و اثر آن‌ها در رواناب بکار گرفته شده است. برای نمونه، نتایج حاصل از مطالعات شاهینی (۱۳۸۴) در ارزیابی اشکال مختلف سامانه‌های سطوح آبگیر در استحصال آب باران و ذخیره آن در خاک نشان داد که سامانه‌های لوزی و هلالی شکل تأثیر بیشتری در جمع‌آوری آب باران و ذخیره رطوبت دارند. همچنین، استفاده از پوشش پلاستیکی در سطح سامانه‌ها در جمع‌آوری آب تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای دارد. در پژوهشی تا حدودی مشابه که توسط رستگار (۱۳۸۷) در منطقه هرمزگان در مقایسه سطوح آبگیر باران به شکل-های هلالی، لوزی و مستطیلی انجام شده است که نشان داد که میزان ذخیره رطوبت در سامانه‌های لوزی شکل با تیمار مالچ پاشی شده، به دلیل تمرکز بیشتر رواناب، بیشترین ذخیره رطوبتی و سامانه مستطیلی کمترین ذخیره رطوبتی را دارا می-باشد. همچنین، بررسی تأثیر پوشش پلاستیکی در جمع‌آوری نزولات آسمانی در خاک توسط شکرچیان (۱۳۸۴) در منطقه پیروئیه انجام گرفت. در پژوهش دیگری رضایی و موسوی (۱۳۸۹) نشان دادند که تیمارهای عایق نسبت به تیمارهای نیمه عایق و طبیعی در رواناب و جمع‌آوری آب باران از کارایی بیشتری برخوردارند و تفاوت آماری معنی‌داری در سطح یک در صد خطا را از خود نشان می‌دهند. همچنین تاکنون پژوهش‌هایی که در ایران صورت گرفته است، به مسئله تلفیق استحصال آب باران و منظرسازی خشک که روشی بسیار کارآمد در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند باشد توجه نشده-است. امروزه استفاده از منظرسازی خشک برای محوطه‌سازی‌های شهری بسیار بیشتر از گذشته است درحالی‌که می‌توان با کمی تأمل در طراحی و اجرا آب باران در هر محوطه را استحصال نمود. منظرسازی خشک در راستای کاهش مصرف آب طراحی می‌شود. شما در نظر بگیرید اگر ۵۰۰ مترمربع از فضایی که با چمن پوشیده شده است را با طراحی جدید به صورت منظرسازی خشک بازسازی کنیم در طول یک سال چند لیتر در مصرف آبی که برای آبیاری این فضای سبز مصرف می‌شود صرفه‌جویی کرده‌ایم. بنا بر گفته‌ی محققان و کارشناسان، فضای سبز با پوش گیاهی مناسب، مانند چمن‌کاری از نظر کمک به کاهش آلودگی هوا و زیبایی مناطق شهری به مراتب بهتر از منظرسازی خشک می‌باشد؛ اما امروزه تمام کشورهای جهان به دنبال ذخیره هرچه بیشتر منابع آبی هستند، به‌ویژه در کشور ایران که در سال‌های اخیر خشکسالی به عنوان یکی از

دغدغه‌های اساسی کشور به حساب می‌آید در نتیجه باید تا آخرین قطره‌ای که امکان دارد در مصرف آب صرفه‌جویی کنیم و به فکر حفظ منابع آب شیرین باشیم. در صورتی که با نگرش دوجانبه‌ی صرفه‌جویی و همچنین استحصال آب باران، به طراحی منظرسازی خشک بپردازیم می‌توانیم در عین حال که در مصرف آب صرفه‌جویی کرده‌ایم با استفاده از مواد مناسب و طراحی هوشمندانه‌ی یک فضای سبز، آب حاصل از باران در آن فضا را نیز استحصال کنیم. این‌گونه اجرای منظرسازی خشک را می‌توانیم منظرسازی خشک هوشمندانه با رویکردی دوجانبه بنامیم.

در بازطراحی فضای سبز به صورت منظرسازی خشک با رویکردی دوجانبه باید به مسائل زیر توجه نمود:

- شیب بندی مناسب سطح آبگیر (فضای مورد نظر برای منظرسازی)
 - زهکشی منظم به سمت مخازن نگهداری آب
 - طراحی لایه‌ی نفوذناپذیر و عایق در لایه‌ی عمیق‌تر (بتن، ورقه‌های پلاستیکی و ...)
 - استفاده از زمین پوش مناسب با حداکثر میزان نفوذپذیری در لایه‌ی سطحی (سنگ‌ریزه، شن، ...)
- زمین پوش مناسب برای استفاده در لایه‌ی سطحی این طرح باید حداکثر نفوذپذیری (تخلخل) و همچنین حداقل جذب را داشته باشد تا هرچه سریع‌تر و آسان‌تر رواناب حاصل از بارش نفوذ کند و به لایه‌ی پایین‌تر (نفوذناپذیر) برسد تا با توجه به شیب بندی سطح طراحی شده وارد کانال‌های زهکشی شود و به سمت منابع ذخیره هدایت شود. به همین منظور انتخاب نوع مواد قابل استفاده برای لایه‌ی نفوذپذیر هم از نظر جنس ماده و هم از نظر ابعاد فیزیکی و هندسی بسیار مهم است. در این پژوهش توصیه می‌شود که زمین پوش از نظر فیزیکی و هندسی نیز در ابعاد و اشکال مناسب انتخاب شود؛ بنابراین، هدف از مقاله حاضر، اجرای تلفیق منظرسازی خشک هوشمندانه و استحصال بهینه آب باران است. همچنین در این پژوهش شیب بندی مناسب سطوح آب گیر (فضای مورد نیاز برای منظرسازی)، طراحی لایه نفوذپذیر و عایق در لایه عمیق‌تر، استفاده از زمین پوش مناسب در لایه سطحی و نوع شکل هندسی سطوح آبگیر (لوزی شکل) که منجر به استحصال بیشتر آب باران و افزایش دوره ماندگاری رطوبت خاک که برای منظرسازی خشک با توجه به مسائل اقتصادی مفید است، مورد آنالیز واقع شده است.

مروری بر تعریف منظرسازی خشک (Xeriscaping)

اصطلاح Xeriscape از واژه یونانی xeros گرفته شده است و به معنی خشک است. این مفهوم در اوایل دهه ۱۹۸۰ از دنور (کلرادو) سرچشمه گرفت. به دلیل شرایط خشکسالی در دنور آب را جیره‌بندی کردند و آبیاری چمنزارها و حیاط‌ها را ممنوع کرده بودند. تعدادی از اصطلاحات که مربوط به حفاظت از فضای سبز با محدودیت آبیاری می‌باشند از آن دوران رواج یافت. در میان آن‌ها "منظرسازی خشک"، "منظرسازی با استفاده کم از آب"، "منظرسازی جهت تحمل خشکسالی"، "منظرسازی ضد آب" و "منظرسازی بیابانی" قرار دارد. منظرسازی خشک اصطلاح گسترده‌ای است که طی چند سال گذشته رواج یافته است، یک کلمه با اصالت یونانی (xeros) به معنای خشک، همراه با کلمه (Landscape) به معنای محوطه‌سازی، در نهایت اصطلاح منظرسازی خشک را تشکیل داده‌اند. منظرسازی مقاوم در برابر خشکسالی ناشی از توانایی گیاه برای زنده ماندن در شرایط آبیاری محدود است، اگرچه معمولاً با افزایش میزان آب، این گیاهان بهتر به نظر می‌رسند. با آبیاری نادرست، یک گیاه مقاوم در برابر خشکسالی ممکن است به یک خندق در منظر تبدیل شود. در نتیجه، پوشش گیاهی در حیاط‌ها پژمرده شد و مناظر دنور شروع به ترویج آنچه که منظرسازی خشک می‌نامیدند کرد. منظرسازی خشک رویکردی از محوطه‌سازی است که از مقادیر کمی آب استفاده می‌کند اما نمای سنتی را حفظ می‌کند. از آن زمان مفهوم منظرسازی خشک در بسیاری از مناطق کشور آمریکا که پذیرش خشکسالی یا خشکی‌های طولانی مدت بوده است، مورد استفاده قرار گرفت و شیوه‌های واقعی منظرسازی خشک در مکان‌های مختلف به شکل متفاوتی تکامل یافته‌اند (Welsh et al., 2000). هدف از منظرسازی خشک ایجاد چشم‌انداز بصری جذاب است با استفاده از گیاهانی که نیاز کمتری به

آب دارند. در صورتی که منظرسازی خشک به شکل صحیح اجرا شود می تواند به راحتی با استفاده کمتر از نیمی از آب یک منظره سنتی ایجاد شود. پس از تأسیس، یک منظرسازی خشک نسبت به چشم انداز چمن احتیاج به نگهداری کمتری دارد. منظره ای از نوع منظرسازی خشک می تواند بدون آسیب رساندن به کیفیت و زیبایی محیط خانه، میزان مصرف آب در فضای باز را تا ۵۰ درصد کاهش دهد. همچنین از نظر زیست محیطی این روش مناسب است چراکه به کود و مواد شیمیایی کمتری نیاز دارد. این روش از نظر تعمیرات و نگهداری هزینه و زمان کمتری نیاز دارد. Wade و همکاران (۲۰۰۲) در مناطق شهری حدود ۲۵ درصد از آبرسانی برای مصارف مناظر و باغ ها استفاده می شود. در تابستان، حتی ۶۰ درصد از آب متوسط مصرف خانگی برای نگهداری منظره مصرف می شود. بسیاری از مناظر سنتی به مقادیر زیادی آب احتیاج دارند و بخش اعظم این آب به صورت ناکارآمد استفاده می شود (Texas Agricultural Extension Service, 2003).

بررسی مزایا و معایب اکولوژیکی منظرسازی خشک

مزایای منظرسازی خشک: این روش از منظرسازی مزایای مشخص و قابل توجهی دارد که با توجه به نیازهای محلی که منجر به روی آوردن به این روش شده است تعدادی از مزایا اهمیت بیشتری پیدا می کنند. Ozyavuz و همکاران (۲۰۱۲) مواردی را به عنوان مزایای این روش بیان کردند. اولین و مهم ترین تأثیر مثبت این روش کاهش مصرف آب بود که در آمریکای شمالی بین ۵۰ تا ۷۵ درصد در مصرف آب شهری صرفه جویی شده بود. از طرف دیگر با کاهش پیچیدگی سیستم های آبیاری و کاهش کاشت چمن و گیاهان باغی فرایند نگهداری آسان تر و کم هزینه تر می شود. یکی از جالب ترین تأثیرات مثبت به دلیل استفاده از گونه های بومی در این روش از منظرسازی که از مواد آلی خاک تغذیه می شوند، عدم نیاز به استفاده از آفت کش ها و کودهای شیمیایی است که از مزایای اکولوژیکی قابل ملاحظه این روش است. از طرفی دیگر نیاز به استفاده از ماشین های چمن زنی و آلودگی های ناشی از مصرف سوخت این ابزار وجود دارد که در محیط منظرسازی خشک این مورد هم به حداقل می رسد. علاوه بر موارد ذکر شده به دلیل امکان ایجاد طراحی های جدید و همچنین مزایای ذکر شده برای ایجاد منظرسازی خشک این روش می تواند یک محدوده شهری را از نظر اقتصادی هم دستخوش تغییرات مثبت کند و ارزش دارایی های مالکین را افزایش دهد (Özyavuz et al., 2012).

معایب منظرسازی خشک: مهم ترین نقطه ضعف این است که بخش عمده ای از پوشش گیاهی مورد استفاده خشن و دارای خار و لبه های تیز است. علاوه بر این، خود زمین در منظرسازی خشک به طور کلی سخت تر است زیرا با استفاده از شن، تراشه های چوب و سایر مواد سخت خرد شده که در حفظ آب مؤثر هستند یا قادر به هدایت جریان آن هستند طراحی و اجرا می شوند. نصب این نوع محوطه سازی اغلب در ابتدای پروژه به کمی هزینه اضافی نیاز دارد. جایگاه چمنزارها و باغ های سرسبز از نظر تأثیرات مثبتی که برافزایش سطح اکسیژن هوا دارند به مراتب بهتر از منظرسازی خشک می باشد و به همین ترتیب منظرسازی خشک در شهرهای متراکم و شلوغ نمی تواند تأثیر مثبتی بر کاهش مشکل جزیره های گرمایی که در محیط های شهری و صنعتی ایجاد می شوند، داشته باشد. به همین دلیل از نظر زیست محیطی بهتر است شهرهای بزرگ صنعتی یا شهرک های کوچک صنعتی انتخاب های مناسبی جهت اجرای این طرح و جایگزینی منظرسازی خشک با محدوده های متراکم از پوشش گیاهی و چمن کاری های پیوسته نباشد.

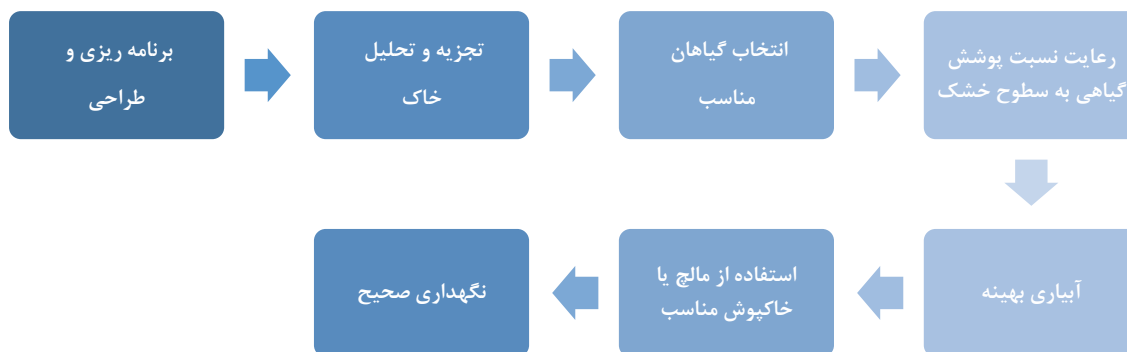
اجرای منظرسازی خشک در چه مناطقی توصیه می شود؟

اگر ایده شما ایجاد یک منظره لذت بخش دل چسب و ساده است، منظرسازی خشک برای شما مناسب است. اگر در منطقه ای زندگی می کنید که دوره های طولانی خشکسالی را می بینید، یا زمینی دارید که آب را به طور مؤثر جمع آوری نمی کند، تبدیل فضای سبز به منظرسازی خشک می تواند یک انتخاب عاقلانه باشد. این طراحی می تواند در هر شرایط آب و هوای با اهداف مختلف استفاده شود و منحصر به محیط های خشک نیست اما در این مناطق بسیار هوشمندانه تر رفتار

می‌کند و درحالی‌که یک فضای سبز چهار فصل و دائمی را در اختیار مردم قرار می‌دهد در راستای کاهش مصرف آب و همین‌طور استحصال آب باران در صورت وقوع در زمان‌های محدود طول سال می‌تواند نقش مؤثری داشته باشد.

اصول اجرای منظر سازی خشک

فضای سبز از نوع منظر سازی خشک، مجموعه‌ای از هفت اصل حساس زیر باهدف ایجاد فضای سبز بیشتر، با آبیاری بهینه و مصرف آب کمتر می‌باشد.



شکل (۱): مجموعه اقدامات لازم جهت اجرای منظر سازی خشک.

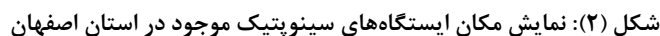
منظر سازی خشک در ایران

فضاهای سبز یکی از اساسی‌ترین عوامل پایداری حیات طبیعی و انسانی در شهرنشینی نوین به شمار می‌آیند. یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده فضاهای سبز شهری کمبود منابع آب است. کمبود آب در عصر کنونی یکی از موضوعات بحرانی برای بیشتر کشورها خصوصاً کشورهای واقع در مناطق خشک و بیابانی از جمله ایران می‌باشد منظر سازی خشک رویکردی متداول در سطح جهان است که در مواجهه با شرایط اقلیم‌های گرم و خشک مطرح می‌گردد. طراحی منظر از نوع منظر سازی خشک بدون آسیب رساندن به کیفیت و زیبایی محیط مصرف آب را تا حدود زیادی کاهش می‌دهد. مطلب حاضر راهکارهایی برای اجرایی شدن دو هدف استفاده بهینه از منابع آبی و همچنین استحصال آب باران در طراحی فضای سبز شهری بوده که در راستای پیاده‌سازی منظر سازی خشک در اقلیم‌های گرم و خشک می‌باشد.

مواد و روش

موقعیت محل اجرای طرح

موقعیت اجرای طرح در روستای دره بادام علیا در مرکز شهرستان فریدون‌شهر و در مختصات $36^{\circ} 11' 41''$ شمالی و $50^{\circ} 11' 41''$ شرقی و $32^{\circ} 91' 01''$ شمالی واقع شده است. محل اجرای طرح در دامنه جنوبی، مشرف به روستا با شیب متوسط ۲۵ درصد انتخاب شد (شکل ۲).



روش کار

به منظور برآورد حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته منطقه طرح از ایستگاه‌های مجاور منطقه استفاده شده است (جدول ۱). مشخصات ایستگاه‌ها به همراه تعداد سال‌های آماری و میانگین حداکثر ۲۴ ساعته در طول دوره آماری استخراج گردید. با توجه به اطلاعات حاصله، گرادیان بارندگی مطابق معادله (۱) محاسبه گردید.

جدول (۱): موقعیت و مقادیر بارش متوسط ایستگاه‌های باران‌سنجی محدوده اجرای طرح

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	متوسط بارش سالانه (میلی‌متر)
۱	۵۰/۲۱	۳۲/۰۳	۵۶۲/۹
۲	۵۰/۷۲	۳۲/۱۷	۴۷۵/۵
۳	۵۰/۹	۳۲/۲	۵۴۷/۲

$$P_{24} = b \cdot a + h \quad (1)$$

$$b = 0.0042 \quad R^2 = 0.67 \quad , \quad a = 24/7 \quad , \quad SE = 1.56$$

که در آن r ضریب تبیین، SE درصد خطای استاندارد، P24 بارندگی میانگین حداکثر ۲۴ ساعته و h ارتفاع از سطح دریا و می باشد. ارتفاع محل اجرای طرح ۲۱۵۰ متر از سطح دریا می باشد که با توجه به ضرایب فوق، میزان بارندگی میانگین حداکثر ۲۴ ساعته معادل ۳۴ میلی متر حاصل گردید. برای محاسبه بارندگی با دوره بازگشت ۱۰ ساله از توزیع گامبل (فرمول شماره ۲) استفاده گردید:

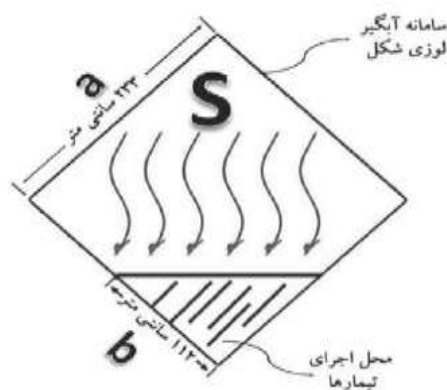
$$X_{10} = X + S * (0.78 * Y_{10} - 0.45) \quad Y_{10} = \ln[-\ln[-(1-1/T)]] \quad (2)$$

بنابراین مقدار حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره برگشت ۱۰ ساله مدت زمان لازم برای حفظ پایداری سامانه ها در طول مدت پژوهش معادل ۴۶ میلی متر محاسبه و مبنای طراحی سامانه های آبیگر قرار گرفت. برای شناخت وضعیت خاک محل اجرای طرح نیمرخی به عمق ۹۰ سانتی متر حفر و تشریح گردید. همچنین آزمایش های فیزیکی و شیمیایی خاک، روی نمونه ها انجام شد (جدول ۲).

جدول (۲): نتایج آزمایش های فیزیک و شیمیایی خاک محدوده اجرای طرح

افق	A	C	AC
عمق (سانتی متر)	۰-۹	۹-۳۰	۳۰-۹۰
بافت	لومی رسی	سیلتی لوم	لومی رسی
هدایت الکتریکی (ds/m)	۰/۸۵	۰/۹۳	۰/۸۶
درصد اشباع	۵۰	۵۴/۳۰	۵۸
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۲۰۹	۲۵۶	۲۶۰
فسفر قابل جذب (ppm)	۹	۱۶	۱۲
درصد کربن آلی	۰/۸۵	۰/۱۶	۰/۲۷
درصد ازت	۲/۵	۰/۷۷	۰/۰۲۷
SAR	۱۰/۲۱	۱۲	۸/۵۰

سپس محدوده ای ۳۳ متر انتخاب و جهت جلوگیری از ورود احشام، به ابعاد اطراف آن با نصب پایه و توری محصور گردید. به منظور تقلیل مجهولات و دستیابی به طراحی ابعاد سامانه، حجم ظرفیت آبیگری سامانه ها (۲۵۰ لیتر) بر مبنای استحصال بارش حداکثر روزانه با دوره بازگشت ده ساله فرض شد. لذا ابعاد سامانه به صورت شکل (۳) طراحی گردید.



شکل (۳): ابعاد سطوح سامانه آبیگر لوزی شکل

برای سهولت در اجرای سامانه های لوزی شکل شابلونی به ابعاد $2/33 \times 2/33$ متر تهیه گردید. روی پشته های سامانه ها توسط سنگ های موجود در منطقه جهت جلوگیری از فرسایش، سنگچین شد. قسمت مثلی جمع کننده نزولات در انتهای سامانه به عمق ۶۰ سانتی متر و ضلع ۱۱۲ سانتی متر خاک برداری شد. با استفاده از این سامانه ها در سطح مورد نظر در هر بلوک آب در انتهای سامانه که گود برداری شده و در جهت شیب بندی می باشد جمع می شود و توسط زهکش ها به سمت منبع هدایت می شود، به همین دلیل است که استفاده از این سامانه ها در این طرح توجیه اقتصادی دارد و ذخیره ای آب را سرعت می بخشد.

استفاده از زمین پوش مناسب

الف) زمین پوش سطحی: به منظور افزایش نفوذ پذیری لایه سطحی از سنگریزه بادامی و صیقلی و ژئوتکستایل^۱ در لایه سطحی به عمق ۵۰ سانتی متری استفاده شد. به کارگیری لایه ای از زمین پوش، موجب کاهش میزان تبخیر از سطح خاک، جلوگیری از رشد علف های هرز، متعادل کردن درجه حرارت خاک و کاهش روند فرسایش آن خواهد گردید.

ب) زمین پوش عمیق: در لایه ای به عمق ۸۰ سانتی متر تا ۱۲۰ سانتی متری از لایه ژئوممبرین^۲ و رسی ژئوسنتتیک^۳ در این پژوهش استفاده شد. کاربرد مفید این لایه ها در عمق برای جلوگیری از نفوذ آب به اعماق زمین است تا بتوان آب را جمع آوری و استخراج کرد. از لحاظ کاربردی و تجربی این لایه ها حتی در جلوگیری از نفوذ شیرابه زباله ها به اعماق زمین استفاده می شوند. البته می توان از نانو لایه های نفوذناپذیر هم استفاده کرد زیرا از نظر زیست محیطی و اقتصادی برای طرح مساعد می باشند.

انتخاب بهینه گیاهان

کاشت گیاه مناسب در مکان مناسب مسئله ای کلیدی در منظر سازی مناطق گرم و خشک و استفاده ی بهینه از بخشی از آب باران جمع آوری شده به حساب می آید. برای این منظور می بایست بسته به اقلیم و خاک منطقه گیاهان مناسب را انتخاب نموده، سپس با توجه به نیاز به آب و آفتاب نسبت به کاشت آن ها به صورت گروهی در مناطق مختلف بستر اقدام نمود. گیاهان خانواده کاکتوس و آلوئه ها از گیاهان مناسب برای منظر سازی خشک است. به غیر از کاکتوس و آلوئه، می توان از گیاهان یک یا چند ساله مقاوم به خشکی استفاده کرد. در این پژوهش از گیاه گل همیشه بهار که یک گیاه مقاوم به خشکی با ظاهری زیبا است استفاده شد.

تیمار و برنامه آبیاری

با توجه به انتخاب گیاه همیشه بهار در این پژوهش و مقاوم بودن این گیاه در مقابل شرایط کم آبی و تنش های خشکی تیمار بهینه برای آبیاری این گیاه با حداقل آبیاری مورد نیاز انتخاب شد. قلی نژاد در سال ۱۳۹۸ پس از بررسی فاکتورهای مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیک تحت تأثیر تیمارهای مختلف جهت پرورش بهینه گل همیشه بهار به این نتیجه رسید که با وجود اینکه افزایش فواصل آبیاری و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد گیاه همیشه بهار کاسته می شود اما با کاربرد خارجی تعدیل کننده های تنش خشکی (سولفات روی^۴، گلايسين بتائين^۵ و سالیسیلیک اسید^۶) می توان تا حدی اثرات سوء تنش خشکی بر عملکرد این گیاه را کاهش داد (Gholinezhad, 2019). از طرفی با توجه به هدف اصلی این پژوهش پیرامون استحصال آب باران و صرفه جوی در مصرف آب از طریق بازطراحی فضاهای سبز شهری تیمار بهینه پژوهش

1 Geotextile

2 Geomembrane

3 Geosynthetics

4 ZnSO₄

5 C₅H₁₂NO

6 C₇H₆O₃

Gholinezhad (۲۰۱۹) برای پژوهش حاضر انتخاب شد به گونه ای که دوره آبیاری با فواصل ۶ روزه به همراه تعدیل کننده گلایسین بتائین انجام شد.

نصب تجهیزات اندازه گیری

پس از آماده سازی محل، وسایل ذیل جهت پایش طرح تهیه و اندازه گیری میزان بارندگی روزانه تعبیه گردید، به منظور اندازه گیری تبخیر بالقوه تحت تبخیر کلاس A و برای اندازه گیری درجه از حرارت سنج مدل TES استفاده شد. حرارت خاک در عمق ۴۰ سانتی متری، بشکه ۲۲۰ لیتری برای اندازه گیری رواناب حاصل از بارندگی، پروب ۱۱ یا حسگر به عمق ۴۰ سانتی متر برای اندازه گیری رطوبت خاک با استفاده از دستگاه (6050 X1) در طول مدت اجرای طرح تعداد ۴۴ رخداد بارندگی از اواسط اردیبهشت تا اوایل آبان ماه ثبت گردیده است که حداقل آن ۰/۵ و حداکثر آن ۲۶ میلی متر می باشد.

نتایج و بحث

برای محاسبه و مقایسه آسان تر میزان رطوبت، دما، بارش و تبخیر از نرم افزار spss استفاده شده است. نتایج یکبار برای حالت شاهد (بدون منظر سازی خشک هوشمندانه) و یکبار برای حالت اجرای منظر سازی خشک با شکل هندسی لوزی به همراه شیب بندی و زمین پوش مناسب (منظر سازی خشک هوشمندانه) محاسبه شده اند و نتایج در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول (۳): مقایسه میزان رطوبت، دما، بارش و تبخیر برای حالت شاهد و برای حالت منظر سازی خشک هوشمندانه

حالت	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشدگی
رطوبت در ۴۰ سانتی متری (%)							
با منظر سازی خشک و رعایت نکات ملزوم	۱۹,۷۳	۳۹,۶۳	۲۷,۷۸	۳,۳۲	۱۱,۰۴	-۰,۱۲	۰,۸۵
نمونه شاهد	۱۴,۵۳	۳۷,۲۰	۲۶,۱۴	۴,۷۴	۲۲,۴۳	-۰,۰۵	-۰,۰۳
بارندگی							
با منظر سازی خشک و رعایت نکات ملزوم	۰,۵	۲۶	۲۵,۵	۶,۹	۶,۲	۳۸,۴۲	۱,۵۲
نمونه شاهد	۰,۵	۲۶	۲۵,۵	۶,۹	۶,۲	۳۸,۴۲	۱,۵۲
تبخیر							
با منظر سازی خشک و رعایت نکات ملزوم	۰,۱۸	۱۷,۷۲	۸,۴۲	۳,۲۰	۱۰,۲۳	-۰,۲۲	۰,۲۰
نمونه شاهد	۰,۲۰	۱۹	۱۰,۲۳	۴,۹	۲۵	-۰,۲۰	۰,۸۰
حرارت							
با منظر سازی خشک و رعایت نکات ملزوم	۱۰,۴	۲۷,۱۰	۲۰,۸۰	۴,۶۸	۲۱,۹۲	-۰,۵۳	-۱,۰۶
نمونه شاهد	۱۴	۲۸,۸	۲۲,۷۳	۴,۱۳	۱۷,۰۵	-۰,۸۵	-۰,۴۶
رواناب (mm)							
با منظر سازی خشک و رعایت نکات ملزوم	۰,۰۷۵	۳,۹	۳,۷۸	۱,۰۳۵	۱,۰۲	۵,۷۵	۰,۲۲
نمونه شاهد	۰,۰۱	۲	۱,۳۷	۴,۹۰	۱۸,۵	-۰,۰۷	-۰,۰۳

طبق یافته های جدول (۳)، میزان رطوبت در نمونه با منظر سازی خشک بیشتر است نسبت به نمونه های شاهد و درجه حرارت خاک در طول مدت اجرای طرح تغییرات زیادی از خود نشان داده است. بطوریکه میزان حداقل در اردیبهشت ماه و حداکثر در مرداد ماه مشاهده شده است. میزان تبخیر نیز در نمونه شاهد بیشتر از نمونه با منظر سازی خشک است. حداقل و

حداکثر رطوبت خاک در نمونه منظرسازی خشک به میزان قابل توجهی (۵٪) و (۳٪) افزایش یافته است. با توجه به منظرسازی خشک و شیب بندی مناسب و نوع زمین پوش بهینه منطقه نتایج حاکی از آن است که میزان قابل توجهی رطوبت و رواناب سطح موردنظر افزایش یافته است که با طراحی هوشمندانه می توان رواناب حاصل از بارش را استحصال نمود و برای مصارف دیگر در منطقه مصرف نمود. توجیهات اقتصادی منظرسازی خشک و مقایسه با چمن گرمسیری برمودا که گونه ای سازگار با محیط های گرم و خشک است، در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۴): مقایسه هزینه و سود برای منظرسازی خشک هوشمندانه و مقایسه با دیگر پوشش های فضای سبز شهری (چمن)

هزینه	استفاده از منظرسازی خشک	استفاده از چمن برمودا
	(گل همیشه بهار)	گراس
آب مورد نیاز برای آبیاری هر مترمربع در روز	۲ لیتر	۹ لیتر
هزینه هر مترمربع آب آبیاری	۱۰۰۰ ریال	۴۵۰۰ ریال
هزینه نگهداری اجرا/ خرید مواد یا مصالح برای هر مترمربع	۶۴۰۰۰ ریال	۴۰۰۰۰۰ ریال
حجم رواناب حاصل باز هر مترمربع با توجه میزان بارش منطقه	۳،۷۸ مترمکعب	۱،۳۷ مترمکعب
سود حاصل	۲۱۷۹ ریال	۲۱۷۱- ریال
میزان آب استحصال شده به ازای هر مترمربع	۳،۷۸ مترمکعب	۰ مترمکعب
ارزش مالی آب استحصال شده به ازای هر مترمربع	۱۸۹۰۰۰۰ ریال	۰ ریال
صرفه اقتصادی با توجه به میزان آب مصرفی و آب استحصال شده به ازای هر مترمربع در روز	۱۸۸۹۰۰۰ ریال	۴۵۰- ریال

هزینه های پیش بینی شده در جدول (۴) پس از استعلام قیمت از ۸ شرکت مجری پروژه های محوطه سازی فضای سبز در شهر تهران و تطابق با استاندارد قیمت های پیمانکاران مسئول تعمیرات و نگهداری فضای سبز شهری در حال کار با شهرداری های مناطق به صورت میانگین آورده شده است. پس از آنالیز قیمت و مقایسه دو روش منظرسازی در بازه ی زمانی کوتاه مدت و بلندمدت می توان گفت با استفاده از این روش طراحی علاوه بر صرفه جویی در مصرف آب جهت آبیاری فضای سبز چمن کاری شده، مقدار قابل توجهی آب باران را می توان استحصال نمود که صرفه اقتصادی ۱۸۸۹۰۰۰ ریالی به ازای هر مترمربع در روز را دارد (جدول ۴). با توجه به اقلیم کشور ایران و عدم پراکندگی زمانی و مکانی یکنواخت بارش در سطح کشور می توان با شناسایی درست مناطق مستعد این طرح، به شکلی که اجرای این طرح حداکثر کارایی را در این مناطق داشته باشند از هدر رفت حجم زیادی از آب در زمان بارش های شدید و حدی یک منطقه جلوگیری کرد. از طرفی پس از هر بارش شدید و حدی، ظرفیت قابل ملاحظه ای جهت استحصال آب باران وجود دارد که امکان استفاده آب استحصالی در مصارف مختلف دیگر از جمله مصارف کشاورزی و صنعتی را نیز فراهم می آورد. اگر در محدوده اجرای این طرح آب استحصالی از نیاز مصارف بیشتر باشد با طراحی و ایجاد جاهای جذبی مناسب می توان به صورت هوشمندانه بخش بیشتری از رواناب حاصل از بارش را به سمت سفره های آب زیرزمینی هدایت کرد در حالی که به صورت طبیعی بخش کمتری از رواناب ناشی از بارش به سفره های زیرزمینی وارد می شوند. اجرای این طرح با رویکرد تغذیه مصنوعی از نظر اکولوژیکی می تواند نقش مؤثری داشته باشد. کشور ما در سال های اخیر با پدیده فرونشست زمین و در برخی نواحی با تشکیل فرو چاله هایی روبه رو است که در کشور ایران عموماً ناشی از استفاده بی رویه از منابع آب زیرزمینی است. این پدیده به صورت درازمدت و پس از گذشت سال ها استفاده مکرر و بی رویه انسان از آب های زیرزمینی به وجود آمده است و می توان با یک رویکرد درازمدت علاوه بر جلوگیری از استفاده نادرست از منابع آب زیرزمینی، با تغذیه

مصنوعی و هدفمند بخشی از این منابع ازدست‌رفته جایگزین شوند. این تغذیه مصنوعی می‌تواند با اجرای طرح این پژوهش در مناطق آسیب‌دیده در درازمدت تأثیرات مثبتی از خود برجای گذارد.

نتیجه‌گیری

در این طرح درعین‌حال که در مصرف آب با جایگزینی منظرسازی خشک به‌جای فضای سبز چمن‌کاری شده یا زمین بایر صرفه‌جویی کرده‌ایم، با استفاده از طراحی هوشمندانه‌ی یک فضای سبز، آب حاصل از باران در آن سطح را نیز استحصال می‌کنیم. استحصال آب باران در حقیقت مجموعه روش‌های بهره‌برداری از آب باران در مجاورت محل بارش است که می‌توان آب موردنیاز را بدون اتکا به سیستم‌های متمرکز آب‌رسانی از سطوح غیرقابل نفوذ و عایق شده همان منطقه تأمین نمود. با توجه به نیاز واحدهای صنعتی به آب می‌توان از این طرح پیشنهادی (منظرسازی خشک هوشمندانه) برای محوطه‌سازی‌های داخل واحدهای صنعتی استفاده کرد تا بخشی از آب موردنیاز هر واحد در محل تأمین شود و همچنین در واحدهای اداری به‌منظور مصارف شست‌وشو یا آبیاری گیاهان استفاده از این الگوی خاص جهت طراحی محوطه‌سازی پیشنهاد می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش در جمع‌آوری آب باران و نگهداشت رطوبت در خاک حاکی از این است که منظرسازی خشک باید به شیوه‌ی هوشمندانه طراحی و اجرا شود تا علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف سودآوری هم به همراه داشته باشد. این شیوه‌ی طراحی متشکل از ۹ اصل کلی زیر است که همگی در راستای دستیابی به آبیاری بهینه و جمع‌آوری آب باران در منظر تعیین‌شده‌اند:

- ۱- طراحی و برنامه‌ریزی
- ۲- تحلیل خاک
- ۳- انتخاب بهینه گیاهان و مواد مخصوص جهت منظرسازی
- ۴- استفاده منطقی از پوشش‌های سطحی
- ۶- استفاده از زمین پوش مناسب
- ۷- استفاده از سامانه‌های خاص لوزی شکل همراه با گودبرداری در پایین‌دست هر سامانه
- ۸- طراحی و اجرای شبکه زهکشی منظم از خروجی هر سامانه تا منابع ذخیره
- ۹- نگهداری

درنتیجه با استفاده از منظرسازی خشک بهینه و زمین پوش مناسب و شیب بندی و انتخاب صحیح شکل هندسی محلی که مدنظر برای منظرسازی خشک است، می‌توان رواناب را تا ۲ برابر و رطوبت خاک منطقه را تا ۵٪ افزایش داد و رواناب حاصل از بارش را تا حدود زیادی جمع‌آوری نمود تا برای مصارف مختلف استفاده شود و همچنین از شدت حرارت و تبخیر خاک کاسته می‌شود که همین موضوع موجب کاهش مصرف آب در فضای سبز موردنظر می‌شود. با توجه به جدول ۳ می‌توان گفت که با منظرسازی خشک می‌توان آب باران را ذخیره و برای مصارف دیگر مصرف نمود که این حجم آب قابل استحصال توجیه خوبی برای بازطراحی بخشی از فضاهای سبز شهری حتی در مناطق پرباران می‌باشد. این حجم آب استحصال می‌تواند میزان قابل‌توجهی از آب موردنیاز برای مصارف واحدهای صنعتی یا مصارف کشاورزی را فراهم کند. با رویکرد اکولوژیکی بیشتر به این طرح و بررسی امکان استفاده از این طرح در راستای تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی جهت پیشگیری از پیشرفت فرونشست زمین و افزایش پدیده فروچاله‌ها که ناشی از استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی می‌باشند، می‌توان آینده روشنی برای ادامه این پژوهش قائل بود.

منابع

۱. رستگار، ح. (۱۳۸۷). ارزیابی و مقایسه‌ی سامانه‌های سطوح آبگیر مسطح، هلالی و لوزی شکل در ذخیره نزولات آسمانی هرمزگان، ناشر پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، کرمان، ایران، ۲: ۷۵۱-۷۵۸.
۲. رضائی، ع. و س. ج. موسوی (۱۳۸۹). لزوم سطح عایق برای جمع‌آوری آب باران در نواحی نیمه‌خشک. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۴ (۱۱): ۵۳-۵۶.
۳. سپاسخواه، ع. (۱۳۷۵). کم آبیاری به روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان، هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، یزد، ایران. ۴۶-۵۹.
۴. شاهینی، غ. (۱۳۸۴). ارزیابی اشکال مختلف سامانه‌های سطوح آبگیر در استحصال و ذخیره رطوبت پروفیل خاک در شرق استان گلستان، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب‌وخاک، کرمان. ۱: ۸۸-۸۹.
۵. شرکت جم آب (۱۳۷۹). گزارش برنامه یکپارچه منابع آب کشور.
۶. شکرچیان، ا. (۱۳۸۴). بررسی روش‌های ذخیره نزولات آسمانی شرکت بادام تلخ و شیرین در حوزه‌های آبخیز پیروئیه بافت، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب‌وخاک، کرمان. ۲: ۷۳۱-۷۳۴.
۷. قدوسی، ج. م. ج. سلطانی، س. ع. خلخالی و ع. سپنجی (۱۳۸۴). ارزیابی تأثیر تیمار قرق در مراتع بر کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران، ص ۱-۳۰.
۸. کوثر، آ. (۱۳۶۴). کاربرد قیر درختان دیم و اثر هرز آب ایجادشده در موفقیت و رشد اقاکیا، سرو نقره‌ای و زبان‌گنجشک، ناشر موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور. شماره ۴۳.
9. Boers Th. M. (1994). *Rainwater Harvesting in Arid and Semi-Arid Zones*. University of Wageningen, International Institute for Land Reclamation and mprovement, Wageningen, the Netherlands, pp. 6-23.
10. Boers Th. M. and Ben-Asher J. (1980). *Water Harvesting in the Desert* in: Annual Report 1979.
11. Gholinezhad E. (2019). *Effect of drought stress and stress modifier on biochemical traits of pot marigold (Calendula officinalis L)*. j.plant proc. func. 8 (33):213-228.
12. Gupta G. N. (1994). *Conserving Rainwater for Plant Production*. Journal of Ecological Management. 70: 329-339.
13. Huang Z.B., Shan L., Gao J.E., Yang X. M. and Meni Ben H. (2002). *Artificial Rainwater Harvesting System and the Using for Agriculture on Loess Plateau of China*, 12th ISCO Conference.
14. Ozyavuz A. and Ozyavuz M. (2012). *Xeriscape in Landscape Design*. 10.5772/38989.
15. Smith C.R. and Larson R. (2003). *Xeriscape Plant Selections and Ideas*, North Dakota University, USA.
16. Texas Agricultural Extension Service, (2003). *Xersicape: Landscape Water Conservaiton*, The Texas A&M University System, 16p. USA.
17. Wade L., James T., Coder K. D., Landry G. and Tyson A. W. (2002). *A guide to developing a water-wise landscape*, University of Georgia Environmental Landscape Design Department, Georgia.
18. Welsh D. (2000). *Xeriscape: North Carolina*, National Zeriscape Council, 28p, USA.

The feasibility study of urban green space re-design in the form of dry landscaping with the approach of rainwater harvesting

Milad Mir ramazani^{1*}, Majid Riyahi samani², Saeid Eslamian³, Yasin Aghaee Shalmani⁴, Mahdis Rahmati⁵

1. Ph.D. Student in natural disasters Engineering, Faculty of Engineering, University of Tehran, Iran
2. Department of Civil Engineering, Khomeini Shahr Branch, Islamic Azad University, Khomeini Shahr, Isfahan, Iran
3. Department of Water Resources, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran
4. Department of Civil Engineering, Khomeini Shahr Branch, Islamic Azad University, Khomeini Shahr, Isfahan, Iran
5. Ph.D. Student in Geographic Information Systems (GIS), Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 2018/12

Accepted: 2021/07

Abstract

In this research, a plan for the intelligent design of dry landscaping has been proposed for urban green spaces, non-residential, and administrative units with a rainwater harvesting approach. In this plan, by using two infiltrate and non-infiltrate layers and designing a drainage network between the two layers, due to the appropriate slope of the area, rainwater runoff can be extracted. Also, to prevent using different drains with an economic justification approach, we have created systems to collect and direct rainwater to the exit point of the system and guide rainwater to the desired source. By implementing these systems, soil moisture, especially in the output range of each section, and the efficiency of this project will increase. Executing this project will reduce water consumption and increase efficient use of harvested water, and as a result, will have significant economic profitability and help conserving water resources. Daily rainfall, runoff, evaporation, and soil temperature were determined by the equipment. The results showed that with this design, runoff can be doubled, soil moisture of the region can be increased up to 5%, rainwater runoff can be stored to a large extent to be used for different purposes, and reduce the intensity of soil temperature and evaporation, which can reduce water consumption for green space irrigation. On the other hand, with the implementation of this project and the design of suitable artificial feeding systems, rainwater runoff can be intelligently directed to the groundwater aquifers. This positive environmental approach can play a crucial role in reducing land subsidence, especially in the plains of Iran.

Keywords: Rainwater harvesting, evaporation reduction, non-infiltrate layer, dry landscaping.

¹ Corresponding Author Email: Miladmirramezani@ut.ac.ir