نشریه علمی معماری اقلیم گرم و خشک. سال نهم، شماره چهاردهم، صفحات۲۲۳-۲۰۳

مقاله پژوهشی

دستیابی به الگوی ساخت مسکن و تراکم متناسب با رویکرد حفاظت آب در مقایسهٔ دو اقلیم کم‌بارش و پربارش

مهدی گله خیلی[۱]، نیلوفر نیک قدم[۲] *و سید مجید مفیدی شمیرانی[۳]

۱-دانشجوی دکترا معماری؛ معماری، دانشکده هنر و معماری واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار؛ معماری، دانشکده هنر و معماری واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳-استادیار؛ معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

(دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷، پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸)

چکیده

با توجه به کمبود آب قابل شرب و همچنین افزایش میزان تقاضا از منابع آب به دلیل رشد جمعیت، بسیاری از شهرهای ایران، در تأمین آب با دشواری‌هایی روبه‌رو هستند. استراتژی‌های حفاظت آب که جمع‌آوری آب، احیای آب، مدیریت آب و ذخیره‌سازی آب برای مصارف شرب و غیرشرب را شامل می‌شود، در کاهش بحران فرآیند تأمین آب، راه‌های عملی به شهروندان ارائه می‌دهد. لازم است الگوی ساخت مسکن و تراکم در جهت حفاظت آب نیز بهینه باشد. در این مقاله نمونه‌هایی بر اساس الگوهای ساخت مسکن پیشنهادی طرح جامع یزد در اقلیم کم‌بارش و دو نمونه نیز در شهرهای ساری و گرگان به‌عنوان مناطق پربارش انتخاب شد. سپس به روش کمی، میزان ذخیره‌سازی آب باران و احیاء آب خاکستری محاسبه گردید. نتیجهٔ ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که در شهری مانند یزد، حدود ۵۷ درصد و در شهرهای پربارش حدود ۷۰ درصد تقاضا برای آب کاهش می‌یابد. در شهرهایی با بارش مناسب به دلیل هزینهٔ احیای آب می‌توان با تأکید بر راهبرد جمع‌آوری آب باران، به رویکرد حفاظت آب رسید. مثلاً در گرگان ۱۳/۱۲ درصد و در ساری ۱۵/۶۱ درصد نیاز سالانهٔ آب ساکنین، از بارش باران می‌تواند تأمین شود. در شهر یزد که حجم آب باران استحصالی کمتر از یک درصد مصرف و قابل توجه نبوده، استراتژی احیاء آب است؛ لذا رویکرد حفاظت آب به منظور کاهش هزینه‌های احیای آب، افزایش نفر در هکتار و ایجاد تراکم بیشتر ساختمانی است و الگوی مناسب ساخت مسکن ایجاد کاربری ذخیره‌سازی آب در طراحی مسکن شامل تغییر ترکیب فضاهای مسکن، ایجاد خانه‌های راست‌گوشه جهت ایجاد تراکم بیشتر، طرح سکونتگاه‌ها به صورت مجتمع و متمرکز است. لازم است در شهر یزد که در سال ۱۳۳۵ نسبت به سال ۱۳۹۵، سبب کاهش تراکم از ۱۲۷ نفر در هکتار، به ۳۲/۸ نفر در هر هکتار شد، سیاست‌های طرح‌های جامع مسکن بازنگری شود. الگوی مناسب ساخت مسکن و تراکم در شهرهای گرگان و ساری بر خلاف شهر یزد، طراحی سکونت‌گاه‌ها به صورت غیر متمرکز و کاهش تراکم نسبی جمعیت و نفر در هکتار و افزایش سرانهٔ زمین است.

واژگان کلیدی: مصرف آب، حفاظت آب، احیای آب، جمع‌آوری آب، الگوی ساخت مسکن و تراکم

Email: n_nikghadam@azad.ac.ir

۱- مقدمه

ایران کشوری با اقلیم عمدتاً گرم و خشک است. رشد سریع جمعیت، مهم‌ترین عامل کاهش آب تجدیدشوندهٔ کشور در قرن گذشته بوده است. جمعیت ایران در طی این ۹ دهه از حدود هشت میلیون نفر در سال ۱۳۰۰ به هفتاد و هشت میلیون نفر تا پایان سال۱۳۹۲ رسیده است. بر این اساس میزان سرانهٔ آب تجدیدپذیر سالانهٔ کشور از حدود ۱۳ هزار متر مکعب در سال ۱۳۰۰، به حدود ۱۴۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۹۲ تقلیل یافته و در صورت ادامهٔ این روند، وضعیت در آینده به‌مراتب بدتر خواهد شد (ببران، ۱۳۹۲). اکنون سرانهٔ منابع تجدیدپذیر، ۱۳۰۰ متر مکعب است (مرزبان و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۶ از کل منابع آب تجدیدشوندهٔ کشور حدود ۵.۵ میلیارد بر متر مکعب در بخش خانگی مصرف شده است. با توجه به میزان منابع آب و سرانهٔ مصرف، ایران ازجمله کشورهایی است که در گروه کشورهای مواجه با کمبود فیزیکی آب قرار دارد (ببران، ۱۳۹۲). این گروه شامل کشورهایی است که در سال ۲۰۲۵ با کمبود فیزیکی آب مواجه هستند. این یعنی که حتی با بالاترین بازده در بهره‌وریِ ممکن در مصرف آب، برای تأمین نیازهایش آب کافی در اختیار نخواهند داشت. بر اساس شاخص فالکون مارک، کشور ایران در آستانهٔ بحران آبی است (ببران، ۱۳۹۲). با توجه به اینکه در دههٔ ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ خورشیدی، حدود ۶۹ درصد از کل آب تجدیدپذیر سالیانه استفاده می‌شود، در نتیجه بر اساس شاخص سازمان ملل، ایران اکنون نیز در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد. بر اساس شاخص موسسهٔ بین‌المللی مدیریت آب نیز، ایران در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد.

بنا بر شاخصه‌های ذکرشده، کشور ایران برای حفظ وضع موجود خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصار خود بیفزاید (ببران، ۱۳۹۲). در خرداد سال ۱۳۹۳ خورشیدی، خبرگزاری جهانی طبیعت با انتشار خبری، بحران شدید آب را برای ایران، بزرگ‌ترین چالش در FDI دوران معاصر خواند. در این گزارش آمده است که بر اساس مستندات راهبردهای بین‌المللی آیندهٔ ایران از سال‌ها پیش در معرض بحران آب قرار داشته است (ببران، ۱۳۹۲). این گزارش حاکی از آن است که ایران از مرحلهٔ آمادگی برای خطر عبور کرده و هم اکنون در خطر قرار دارد. در استاندارد جهانی، هر کشوری که ۲۰ درصد از آب‌های تجدیدپذیرش را هرساله استفاده کند، در این صورت از نظر منابع آب، دچار خطر نخواهد شد؛ اگر ۲۰ تا ۴۰ درصد استفاده شود، در خطر قرار می‌گیرد، اما به شرط مدیریت می‌توانند در درازمدت، منابع آب را تأمین کند؛ اما اگر بالای ۴۰ درصد مصرف کند، وارد بحران شده است. کشور مصر با ۴۶ درصد و ایران با ۸۵ درصد، بالاترین مصرف را در دنیا دارند. این یعنی جای‌جای ایران‌زمین، همچون گاوخونی خشک خواهد شد (ببران، ۱۳۹۲). نظر به مصرف بالای آب در سکونتگاه‌ها در ایران، انتخاب الگوی ساخت مناسب مسکن و تراکم، با در نظر گرفتن اولویت‌ها، می‌تواند تأثیر بسزایی در جلوگیری از هدررفت آب داشته باشد. شناخت دقیق میزان تأثیر رویکرد حفاظت آب، در کاهش مصرف آب مؤثر است. همچنین انتخاب راهبرد مناسب رویکرد حفاظت آب، و سیاست‌گذاری و الگوی مناسب ساخت مسکن در هر اقلیم، اقدام مؤثری است که شرایط بحران کنونی آب، باید مورد توجه همگان قرار گیرد.

پرسش‌های پژوهش

مقالهٔ ارائه‌شده، بر نحوهٔ حفاظت آب در مسکن با توجه به نوع راهبردهای حفاظت آب تمرکز دارد. با چنین منظری، سؤالات پژوهش حاضر این‌گونه است:

- میزان تأثیر راهبردهای حفاظت آب در میزان صرفه‌جویی آب چه میزان است؟

- الگوی ساخت مسکن و تراکم مناسب از منظر حفاظت آب در اقلیم کم‌بارشِ شهر یزد در مقایسه با اقلیم پربارش شهر گرگان و ساری چگونه است؟

۲-پیشینهٔ تحقیق

آب و انرژی در طول چرخهٔ عمر یک ساختمان، دو رکن اصلی هستند که فعالیت‌های انسانی را پشتیبانی می‌کنند. درحالی که مطالعات زیادی در زمینه‌ی انرژی مصرف‌شده و بازیابی انرژی در ساختمان‌ها انجام شده، اما اطلاعات در زمینه‌ی آب مصرف‌شده بسیار ناکافی است (Bardhan, 2011: 94). تلاش‌های حرفه‌ای معماری و مهندسی در رابطه با ساختمان‌هایی که به لحاظ منابع کارآمدتر است، در چند دههٔ گذشته در درجه اول بر روی انرژی تمرکز کرده‌اند، درحالی که امروزه چالش آب در بسیاری از نقاط دنیا در سطحی بحرانی طرح می‌شود و آب، قبل از انرژی، به‌عنوان عامل محدودکنندهٔ رشد و توسعهٔ محلی و منطقه‌ای شناخته می‌شود (Grondzik and Kwork, 2015: 37) عمدهٔ فعالیت‌های انجام‌شده در خصوص ارائهٔ راهکارهای کاهش مصرف آب در ساختمان، بیشتر معطوف به مرحله بهره‌برداری از ساختمان است (ضیائی و عباسی هرفته، ۱۳۹۷) و به الگوی مناسب ساخت، کمتر توجه شده است. در خصوص سؤال اول پژوهش ، تحقیقات مشابهی در کشورهای آفریقای جنوبی، اندونزی، اردن، برزیل و استرالیا در زمینه‌ی ذخیره‌سازی آب باران صورت گرفته است. کاهیندا و همکاران (۲۰۰۷) به مطالعهٔ استحصال آب باران خانگی در روستاهای آفریقای جنوبی پرداختند. محققین اظهار داشتند که در جنوب آفریقا ۲٪ از مردم (۹.۷میلیون) دسترسی کافی به آب ندارند و با استفاده از استحصال آب باران برای خانواده‌ها می‌توان بخشی از این نیاز ساکنین را رفع کرد. قیسی و همکاران (۲۰۰۷) در زمینه‌ی ظرفیت و توان صرفه‌جویی در آب آشامیدنی با استفادهٔ استحصال آب باران در مناطق مسکونی جنوب شرقی برزیل، به مطالعه پرداختند. آن‌ها دریافتند که توان صرفه‌جویی آب از این طریق بر اساس موقعیت جغرافیایی منطقه محسوس است. سانگ و همکاران (۲۰۰۸) در مورد قابلیت به‌کارگیری استحصال آب باران به‌عنوان یک گزینهٔ پایدار جهت تأمین آب در شهر Banda Aceh در کشور اندونزی تحقیق کردند. آن‌ها دریافتند که همراه با افزایش آگاهی عموم مردم و همچنین ارائهٔ آموزش‌های مناسب، می‌توان منابع آب ایمن‌تری همانند استحصال آب باران برای استفاده فراهم آورد که هزینهٔ پایینی نیاز دارد. عبدالله و شریف (۲۰۰۹) جهت ارزیابی توان ذخیرهٔ آب شرب با استفاده از آب باران در بخش‌های مسکونی ۱۲ استان، تحقیقی در کشور اردن انجام دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که توان ذخیرهٔ آب آشامیدنی از طریق استحصال آب باران برای ۱۲ استان در حدود ۰/۲۷ تا ۱۹/۷ درصد است. استورم و همکاران (۲۰۰۹) تحقیقی را پیرامون استحصال آب باران انجام داده‌اند. هدف آنها، ارزیابی توان ذخیرهٔ آب قابل شرب در شهر بریزیلیا در کشور برزیل بود. نتایج این تحقیق گویای آن است که متوسط توان برای ذخیرهٔ آب قابل شرب با استفاده از آب باران، ۳۲/۷ درصد، و در محدودهٔ بین ۹/۲ تا ۵۷/۲ درصد است.

ارکسوس و رحمان (۲۰۱۰) تحقیقی را پیرامون استحصال آب باران در ساختمان‌های چندواحدی در استرالیا انجام‌دادند. آن‌ها دربارهٔ توان ذخیرهٔ آب در مخازن آب باران سیدنی، نیوکاسل و ولونگونگ به مطالعه پرداختند. آن‌ها دریافتند که این نوع از مخازن موجب ذخیرهٔ مناسب آب باران، حتی در سال‌های خشک می‌شوند. ایمتیاز و همکاران (a ۲۰۱۱) برای اولین بار در ملبورن استرالیا، دربارهٔ بهینه‌سازی طراحی مخزن آب باران که از روان‌های پشت‌بام جمع‌آوری شده است، تحقیق کرده‌اند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که این مخازن اثرات برجسته‌ای در اقلیم‌های مرطوب و معتدل دارد و در سال‌های خشک، تاثیرات کمتری می‌پذیرد. ایمتیاز و همکاران (b ۲۰۱۱) برای دستیابی به ابزاری جامع جهت انجام تحلیل عملکرد و همچنین، طراحی مخازن آب باران در شهر ملبورن استرالیا تلاش کردند. نتایج مطالعات آنها بر اساس عوامل متعدد متفاوت بود. برای نمونه، در طرح خانوارهای دونفره با مساحت پشت‌بام ۱۵۰ متر مربعی، نمی‌توان ۱۰۰ درصد نیاز آبی را حتی در سال مرطوب، تأمین کرد. رشیدی مهرآبادی و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی عملکرد و تحلیل سامانهٔ سطوح آبگیر در ذخیره‌سازی آب باران و تأمین نیاز غیر شرب روزانهٔ ساکنین در ساختمان‌های مسکونی و در اقلیم‌های مختلف آب‌وهوایی

کشور ایران پرداختند. در مناطق پرباران، در ذخیره‌سازی آب باران با افزایش محسوس خواهیم داشت، ولی برای مناطق کم‌باران و خشک با همان شرایط، افزایش محسوسی در ذخیره‌سازی آب باران در مخازن نخواهیم داشت.

راهبرد دیگر رویکرد حفاظت آب، استفادهٔ مجدد از آب خاکستری است. اگر آب خاکستری چه در محل تولید و چه در نزدیکی آن مورد استفادهٔ مجدد قرار گیرد، این پتانسیل وجود دارد که نیاز به منابع آبی جدید کاهش یافته و در نتیجه ضمن صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش اثرات کربن در طبیعت، دامنهٔ گسترده‌ای از نیاز اجتماعی و اقتصادی برآورده شود(Allen et al., 2010).

تحقیقات متعدد یا مطالعاتی موردی در سطح یک خانوار یا مجتمع و یا حتی یک شهر، به بررسی‌های کمی و کیفی آب خاکستری به منظور استفادهٔ مجدد در محل و تأثیر آن بر کاهش میزان مصرف آب شرب پرداخته است (Church et al., 2015; de Gois et al.,2015) و یا شرایط محیطی و فرصت‌ها و چالش‌های موجود برای استفادهٔ مجدد آب خاکستری را در یک کشور خاص مورد بررسی قرارداده‌اند (Oron et al.,2014). در کنار تحقیقات بین‌المللی فوق‌الذکر، در ایران نیز تحقیقات معدودی در ارتباط با آب خاکستری انجام شده است (فرضی، مهرآبادی، ۱۳۹۸). تصفیهٔ آب خاکستری با صافی چکنده (Shamabadi et al.,2015)، در کنار بررسی فنی و اقتصادی استفاده از آب خاکستری در ساختمان‌های بلندمرتبهٔ ایران (Rohani and Tizghadam, 2017) و بررسی فرصت‌ها و موانع بازیافت پساب در مصارف شهری در تهران (Rezaee and Sarrafzadeh, 2017)، برخی از این تحقیقات معدود هستند. به نظر می‌رسد بر الگوی ساخت مسکن مناسب با رویکرد حفاظت آب، تحقیق جدی صورت نگرفته است.

۳-مواد و روشها

دراین بخش از پژوهش به روش پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها، جامعهٔ آماری، روش نمونه‌گیری و معادلات و روابط حاکم و ملاحضات مربوط به آن می‌پردازیم.

۳-۱-روش پژوهش

تحقیق حاضر در جهت پاسخ به پرسش‌های پژوهش، هدف‌گذاری شده تا با نیل به: ۱) بررسی تأثیر راهبردهای صرفه‌جویی در مصرف آب در مسکن و، ۲) الگو مناسب ساخت مسکن و تراکم از منظر رویکرد حفاظت آب، پاسخی برای سؤالات خود پیدا کند. جهت ارزیابی ابتدا انتخاب نمونه‌ها به‌صورت غیر تصادفی و از نوع نمونه‌گیری موردی، به‌صورت هدفمند و اطلاعات‌محور انجام شد. شهر یزد به‌عنوان نمونهٔ موردی در اقلیم کم‌بارش انتخاب شد؛ بدین رو الگوهای پیشنهادی طرح تفصیلی یزد، برای کل مناطق و محلات استخراج شد که بعد از مشخص شدن ۲۳ الگوی پیشنهادی، و با توجه به بُعد خانوار و سرانه و میزان مصرف آب (براساس داده‌های سایت شرکت آب‌وفاضلاب یزد)، اطلاعات در جداول مربوط به آن دسته‌بندی شد. پس از آن به روش کمی میزان ذخیره‌سازی آب باران با توجه به آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی، متوسط بارندگی ده ساله اخیر (۲۰۱۱-۲۰۲۰) و تعیین میزان احیای فاضلاب خاکستری در الگوهای ذکر شده محاسبه می‌شود. همچنین با در نظر گرفتن ۲ نمونه (روش و دلیل انتخاب در متن تشریح گردید) در ۲ شهر ساری و گرگان با اقلیم پربارش ، به بررسی تغییرات مصرف آب در الگوهای مختلف مسکن پرداخت می‌شود. اقلیم‌های مورد اشاره بر اساس تقسیمات چهارگانهٔ اقلیم ایران است که توسط دکتر حسن گنجی با کمی تغییرات در تقسیم‌بندی کوپن با توجه به عوارض جغرافیایی ایران انجام شده است (کسمایی ،۱۳۹۵) مراحل پژوهش عبارتند از :

الف. طرح مسله و تعیین محدودهٔ تحقیق

. دستیابی به الگوی ساخت مسکن و تراکم متناسب با رویکرد حفاظت آب
در مقایسهٔ دواقلیم کم‌بارش و پربارش

ب. انتخاب نمونه‌ها باتوجه به الگوهای پیشنهادی طرح تفصیلی یزد با اقلیم کم‌بارش

. انتخاب نمونه‌ها، غیرتصادفی و از نوع نمونه‌گیری موردی به‌صورت هدفمند و اطلاعات‌محور است.

ج. برآورد میزان مصرف آب بر اساس بُعد خانوار و سرانهٔ مصرف آب

د.تعیین میزان آب قابل ذخیره‌سازی

. آب باران جهت ذخیره‌سازی براساس متوسط بارش ده سالهٔ اخیر، فاضلاب خاکستری قابل احیاء و ذخیره‌سازی

ه. انتخاب دو نمونهٔ رایج در اقلیم متفاوت و تکرار مرحلهٔ(د)

. (ساری و گرگان) علت انتخاب دو شهر گرگان و ساری، میزان بارش مطلوب و مرکزیت آنها
و انتخاب موارد بر اساس مطالعات جامع مسکن شهر گرگان و ساری و با بیشترین الگوی رایج
ساخت مسکن در این شهرها است.

و.مقایسه و نتیجه گیری:

. تعیین میزان صرفه‌جویی در مصرف آب – شناسایی الگوی مسکن و تراکم بهینه از منظر رویکرد حفاظت آب
در ساخت مسکن

۳-۲-معادلات و روابط حاکم

مهم‌ترین معادلات شامل معادلات جمع‌آوری آب باران، بازده و میزان بارش، مساحت سطوح جمع‌آوری ، میزان و ملاحضات فاضلاب در مسکن و در نهایت متوسط میزان درصد آب مصرفی در بخش‌های مختلف ساختمان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۲-۱-جمع‌آوری آب باران در سقف و محوطهٔ ساختمان

عوامل اصلی در طراحی یک استحصال آب باران (RWH) (نجومی و همکاران، ۱۳۹۸) عبارت‌اند از بارندگی، مساحت سطح جمع‌آوری‌کننده آب باران، ضریب رواناب، حجم مخزن ذخیره‌سازی و مقدار تقاضای آب است (Mun and Han,) 2012حجم آب قابل استحصال از بام، از رابطه زیر به‌دست می‌آید (Okoye et al., 2015):

$$I_t = e \times p_t \times A \times 0.001$$

ضریب رواناب که در اینجا برابر با ۰/۸ در نظر گرفته شده c و m برابر با حجم آب استحصال‌شده برحسب Iکه درآن است.m مساحت حوضه آبریز (بام) بر حسب A و mm ارتفاع بارندگی برحسب pاست.

۳-۲-۲-راندمان جمع‌آوری آب باران در سقف و محوطهٔ ساختمان

راندمان جمع‌آوری آب باران به مواد استفاده‌شده، طراحی و ساخت، تعمیر و نگهداری و مقدار کل بارندگی بستگی دارد که ضریب رواناب بوده و این مقدار معادل ۰/۸ است (نجومی وهمکاران، ۱۳۹۸). برای مقایسه اگر سفال‌های سیمانی به‌عنوان مادهٔ تشکیل‌دهنده بام باشد، ضریب رواناب سقف در طول سال حدود ۰/۷۵ خواهد بود. سفال‌های خاک رس معمولاً با توجه به فن‌آوری برداشت، جمع‌آوری کمتر از ۵۰ درصد را دارند. ورق‌های پلاستیک و فلزی دارای بهترین بهره‌وری در حدود۸۰ تا ۹۰ درصد است. برای بهره‌برداری مؤثر از سیستم برداشت آب باران، یک سیستم آبراهه که به‌خوبی طراحی

شده و با دقت ساخته شود، بسیار ضروری است؛ زیرا ۹۰ ٪ یا بیشتر از آب باران جمع‌آوری‌شده در پشت‌بام به مخزن ذخیره‌سازی تخلیه خواهد شد (نجومی وهمکاران، ۱۳۹۸).

۳-۲-۳-میزان بارش (میلی‌متر در سال)

جهت تعیین میزان بارش ، متوسط میزان بارش سالیانه در طول ده سال آخر ملاک محاسبه قرار می‌گیرد (مهدوی، ۱۳۹۲) که آمار مربوط به ده سال (۲۰۱۱-۲۰۲۰) از سایت سازمان هواشناسی ایران استخراج می‌گردد (www.irimo.ir).

۳-۲-٤-مساحت (مترمربع)

مساحت در دو قسمت، ابتدا مساحت سقف ساختمان و سپس مساحت حیاط ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۲-۳-میزان فاضلاب تولیدشده جهت احیا

برای محاسبهٔ میزان فاضلاب ورودی به سیستم به میزان مصرف سرانهٔ آب نیاز است. برابر آمار ارائه‌شده حدود ۰/۶ تا ۰/۸ آب مصرفی مردم تبدیل به فاضلاب می‌شود (زنگنه‌مدار و همکاران، ۱۳۸۸). به همین دلیل برای محاسبهٔ میزان فاضلاب ورودی طبق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

((تعداد افراد * سرانه مصرف خانگی * ۰/۸ = میزان فاضلاب ورودی))

٦-۲-۳- ملاحضات مربوط به فاضلاب

بعد از محاسبهٔ میزان فاضلاب ورودی باید درصد فاضلاب قابل بازگشت به سیستم و قسمت جامد فاضلاب را از یکدیگر تفکیک کنیم و قسمت جامد توسط لوله‌های فاضلاب به تصفیه‌خانهٔ اصلی منتقل شود. این کار باعث می‌شود نیازی به جداکنندهٔ مواد جامد در سایت تصفیه‌خانهٔ ساختمانی نداشته باشیم. فاضلاب سرویس‌های بهداشتی هر ساختمان مستقیم از ساختمان خارج شده و وارد شبکهٔ فاضلاب اصلی می‌شود (آب سیاه) (فرزی و مهرآبادی، ۱۳۹۸)؛ اما فاضلاب ورودی از حمام، آشپزخانه و دیگر قسمت‌ها (آب خاکستری) (فرزی و مهرآبادی، ۱۳۹۸). به‌وسیلهٔ خطوط انتقال وارد سیستم می‌شوند. این میزان آب ورودی بر اساس نوع مصرف به قسمت‌های مختلفی تقسیم و تصفیه می‌شوند. مصارف فاضلاب تصفیه‌شده عبارت‌اند از: فلش تانک و فضای سبز هر قسمت از فاضلاب‌های تصفیه‌شده که وارد خط لولهٔ جدیدی می‌شوند و به مصرف می‌رسد. بعد از آن، مازاد بر تقاضا در مخزن جداگانه‌ای ذخیره می‌شود (زنگنه‌مدار و همکاران، ۱۳۸۸).

۷-۲-۳-متوسط میزان درصد آب مصرفی در بخش‌های مختلف ساختمان

متوسط میزان مصرف آب مصرفی در بخش‌های مختلف ساختمان در جدول ۱ به شرح زیر است:

جدول ۱: متوسط میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف ساختمان (Zaragozaa et al., 2007)

دوش و حمام	فلش تانک	لباسشویی	آشپزخانه و نوشیدنی	نظافت عمومی
۳۵٪	۳۰٪	۲۰٪	۱۰٪	۵٪

٤-یافته‌ها و بحث: ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در دو اقلیم کم‌بارش و پربارش

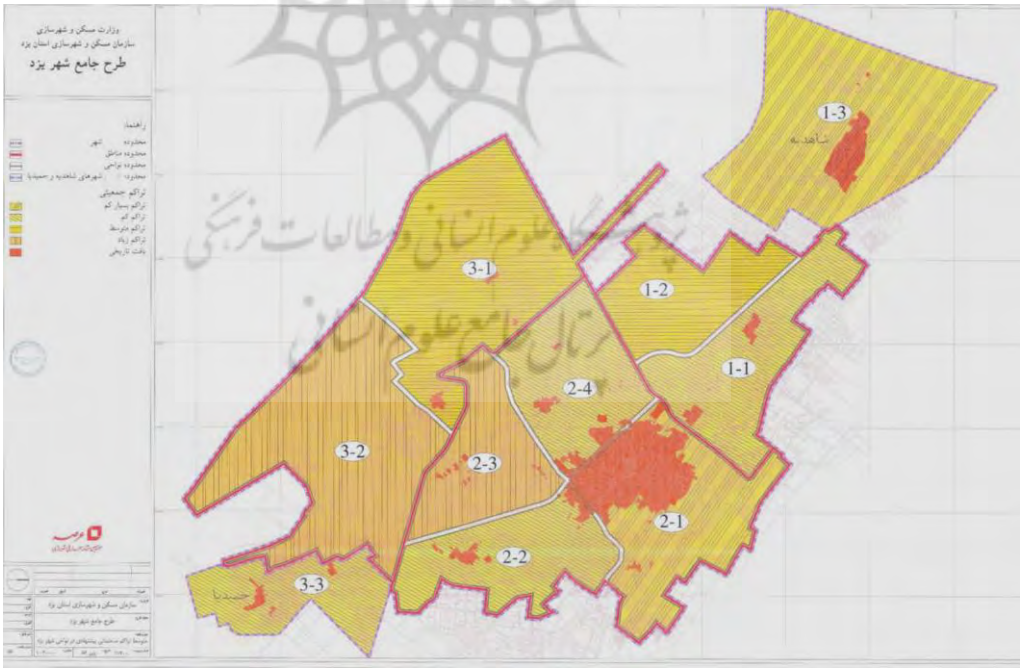
جهت ارزیابی استراتژی‌های فوق، ۲۳ نمونهٔ رایج الگوی پیشنهادی ساخت در شهر یزد (نمونهٔ موردی اقلیم کم‌بارش) بر اساس ضوابط طرح جامع مسکن یزد و دو نمونهٔ ساختمان رایج ساخت بر اساس طرح جامع مسکن هر شهر در حوزهٔ اقلیمی پربارش جهت مقایسه انتخاب شده‌اند؛ بدین رو انتخاب نمونه‌ها غیرتصادفی و از نوع نمونه‌گیری موردی به‌صورت هدفمند و اطلاعات‌محور است.

٤-١-موقعیت مکانی پژوهش

جهت ارزیابی یک شهر در اقلیم کم‌بارش و دو شهر در اقلیم پربارش تعیین شدند و در ادامه سایر مراحل پژوهش انجام می‌شود.

٤-١-١-موقعیت مکانی اقلیم کم‌بارش

شهر یزد به‌عنوان نمونه در اقلیم کم‌بارش انتخاب و در ادامه بر اساس مطالعات جامع مسکن شهر یزد (طرح جامع مسکن یزد) و الگوهای ساخت مسکن در این شهرنمونه‌ها انتخاب شده‌اند و کلیهٔ الگوهای پیشنهادی رایج ساخت مسکن در شهر یزد، طبق طرح جامع مسکن یزد مورد ارزیابی قرار گرفته شد که در تصویر ۱، نقشهٔ محلات شهر یزد مشخص شده و در جدول ۳، خلاصهٔ تراکم و سطح اشغال پیشنهادی طرح جامع مسکن شهر یزد جمع‌بندی گردید. در جدول ۲، تغییر و تحولات مساحت و جمعیت شهر نیز در سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ از طرح تفصیلی یزد گرفته شد. جهت تعیین میزان آب مصرفی نمونه‌های مورد مطالعه از سایت شرکت آب و فاضلاب یزد (www.abfayazd.ir) استفاده شده که در طول یک سال، متوسط مصرف روزانه تعیین گردید.



تصویر ۱: نقشهٔ محلات شهر یزد (طرح جامع مسکن یزد، ۱۳۸۸)

جدول ۲: تغییر و تحولات مساحت و جمعیت شهر یزد ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ (طرح جامع مسکن یزد ، ۱۳۸۸)

سال	مساحت به هکتار	جمعیت به نفر	درصد تغییرات مساحت	درصد تغییرات جمعیت	تراکم نسبی جمعیت (در هر هکتار)
۱۳۳۵	۵۰۰	۶۳۵۰۲	___	___	۱۲۷
۱۳۴۵	۷۱۰	۹۳۲۴۱	©©©۱/۴	۴۷/۲	۱۳۱/۳
۱۳۵۰	۹۲۰	۱۱۳۰۰۰	۲۹/۵	۲۱/۱	۱۲۲/۸
۱۳۵۵	۱۱۵۰	۱۳۵۹۲۵	۲۵/۲	۲۰/۲	۱۱۷/۵
۱۳۶۰	۲۶۰۰	۲۰۶۳۸۴	۲۶	۵۱/۸	۷۹/۴
۱۳۶۵	۳۴۰۰	۲۳۰۴۸۳	۳۰/۷	۱۱/۶	۶۷/۸
۱۳۷۵	۸۵۵۰	۳۲۶۷۷۶	۵۱/۴	۴۱/۷	۳۴/۸
۱۳۸۰	۱۱۰۰۰	۳۷۳۰۵۴	۲۸/۶	۱۴/۱	۳۴/۵
۱۳۸۵	۱۳۳۸۸	۴۶۱۷۴۳	۲۱/۷	۲۳/۷	۳۴/۵
۱۳۹۰	۱۴۶۷۱	۴۸۴۱۶۷	____	____	۳۳
۱۳۹۵	۱۶۱۰۰	۵۲۹۶۷۳	___	____	۳۲/۸۹

جدول ۳: خلاصهٔ تراکم و سطح اشغال پیشنهادی طرح جامع مسکن یزد (منبع: نگارنده) با اقتباس از طرح جامع شهر یزد

	جمعیت		مساحت		متراژ زمین	سطح اشغال	تراکم	طبقه
منطقه ۱	۷۸۱۸۲	۳۰۱۲۵	۲۰۴۰	۱۰۶۳	۱۷۵-۲۰۰	۵۰	۱۰۰	۲
					۲۰۰-۳۵۰	۴۰	۱۲۰	۳
		۴۸۰۵۷		۹۷۷	۳۵۰ و ...	۴۰	۱۶۰	۴
منطقه ۲	۲۲۵۳۶۰	۱۰۵۱۴۰	۴۱۹۸/۹	۱۳۸۰/۴	۲۰۰-۲۵۰	۵۰	۱۰۰	۲
		۴۱۶۷۵		۹۴۵/۷	۲۵۰-۳۰۰	۵۰	۱۵۰	۳
		۲۶۶۹۲		۸۶۱/۵	۳۰۰-۳۵۰	۴۰	۱۲۰	۳
		۵۱۸۵۳		۱۰۱۱/۳	۳۵۰ و بیشتر	۴۰	۱۶۰	۴
منطقه ۳	۱۹۰۳۴۹	۴۰۷۷۶	۴۴۶۹/۵	۱۷۴۹/۷	۲۰۰-۳۰۰	۵۰	۱۰۰	۲
		۲۸۷۳۶		۱۶۹۴/۸	۳۰۰-۵۰۰	۵۰	۱۵۰	۳
		۱۲۰۸۳۷		۱۰۲۵	۵۰۰ و بیشتر	۵۰	۲۰۰	۴
شاهدیه	۱۲۷۹۶		۲۰۲۲		۲۰۰-۳۰۰	۴۰	۴۰	۱
					۳۰۰ و بیشتر	۳۰	۶۰	۲
حمیدیا	۱۵۶۴۳		۶۸۵/۳		۱۷۵-۲۰۰	۵۰	۱۰۰	۲
					۲۰۰ و بیشتر	۴۰	۱۲۰	۳
بافت قدیم						۷۰	عرض معبر۱۰-۶	۱۲۰
							عرض معبر۱۴-۱۰	
							عرض معبر ۱۴ و بیشتر	۳

۲-۱-٤-موقعیت مکانی اقلیم پربارش

شهرهای گرگان و ساری به‌عنوان دو نمونه در اقلیم پربارش شمال ایران انتخاب شدند و در ادامه، دو نمونهٔ رایج ساخت، طبق مطالعات طرح جامع مسکن هر شهر با روش غیر تصادفی هدفمند و اطلاعات‌محور انتخاب شده‌اند و علت انتخاب این دو شهر، میزان بارش مطلوب آنها بود که در حدذمیانگین بارش کل هر استان است و به دلیل مرکزیت این دوشهر، شهرهای دیگر نیز در الگوی ساخت از آنها پیروی می‌کند. مورد مطالعهٔ اول در شهر گرگان (جزء اقلیم پربارش)، مرکز استان گلستان و در جنوب دریای خزر است و شهر ساری، مرکز استان مازندران، مورد دوم مطالعهٔ انتخاب شده است. انتخاب موارد بر اساس مطالعات جامع مسکن شهر گرگان و ساری و با بیشترین الگوی رایج ساخت مسکن در این شهرها انتخاب‌شده‌اند. جهت تعیین میزان آب مصرفی نمونه‌ها با اخذ قبض آب مصرفی در طول سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۷- ۱۳۹۸ و همچنین سایت شرکت آب‌وفاضلاب شهری گرگان و ساری، متوسط مصرف روزانه تعیین گردید.

۲-٤-ارزیابی به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم کم‌بارش

جهت ارزیابی، مواردی از قبیل موقعیت، مشخصات ساختمان، متوسط میزان بارندگی در ده سال اخیر و برآورد میزان مصرف آب و فواید آب خاکستری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲-٤-متوسط میزان بارندگی سال آبی در یزد

متوسط میزان بارندگی سال آبی در شهر یزد در ده سال اخیر (۲۰۱۱-۲۰۲۰) طبق جدول ۴ به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۴-متوسط میزان بارندگی سال آبی در شهر یزد در ده سال اخیر (۲۰۱۱-۲۰۲۰) (منبع: www.irimo.ir)

میزان متوسط بارندگی	متوسط بارندگی ۱۰ سال mm	٤٥/٠٩									
	متوسط بارندگی ۱ ساله mm	۴۸/۵	۵۳	۴۹	۵۶/۸	۴۶/۶	۲۳/۸	۲۶/۱	۱۸/۳	۶۱/۶	۶۷/۲
	سال بارندگی mm	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰

۲-۲-٤- نمونه اول (شهر یزد)

مشخصات ساختمان نمونهٔ اول طبق جدول ۳ در جدول شمارهٔ ۵ جهت ارزیابی به شرح زیر است. نحوهٔ انتخاب نمونه‌ها قبلاً توضیح داده شد. سطح زیربنای مجاز واحد مسکونی یک خانوار (۴/۲ نفر بعد خانوار) تا ۱۲۰ متر مربع طبق مطالعات طرح جامع مسکن شهر یزد محاسبه شد.

جدول ۵: مشخصات ساختمان نمونهٔ اول جهت ارزیابی (منبع : نگارنده) با اقتباس از طرح جامع شهر یزد

مشخصات ساختمان مورد اول منطقهٔ ۱، ۲۰۰-۱۷۵	متراژ زمین متر مربع	سطح ساخت (درصد)	سطح ساخت (متر مربع)	حیاط (درصد)	حیاط(متر مربع)	تعداد واحد	جمع کل افراد ساکن نفر	سرانهٔ مصرف در روز لیتر	متوسط میزان مصرف آب در یک روز	متوسط میزان مصرف آب در یک سال لیتر	سرانهٔ زمین برای هر نفر لیتر
	۲۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۲	۸	۲۰۰	۲۰۰*۸=۱۶۰۰	۵۸۴۰۰۰	۲۵

۳-۲-٤- ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم کم‌بارش در نمونهٔ اول:

ارزیابی به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم کم‌بارش در نمونهٔ اول طبق جدول شماره ۶ است. در ارزیابی از روش‌های بخش معادلات و روابط حاکم استفاده شده که در جدول ۶ نیز به آنها اشاره شده است و بر اساس آنها محاسبه شده‌اند:

جدول ۶: ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم کم‌بارش در نمونهٔ اول

شهر	∑out متوسط میزان مصرف آب سالانه لیتر	∑in متوسط جمع کل آب جمع‌آوری‌شده و احیاشده سالانه			میزان متوسط سالانه کمبود آب ∑ in out -∑ لیتر	نسبت آب جمع آوری شده با راهبرد جمع آوری آب به کل میزان مصرف سالانه	درصد کاهش میزان مصرف آب سالانه
		متوسط حجم آب باران قابل ذخیره در سقف در یک سال به لیتر	متوسط حجم آب باران در محوطه در یک سال به لیتر (۵۰ درصد فضای سبز)	میزان متوسط سالانه تأمین آب از تصفیه آب خاکستری لیتر			
	نقل از جدول ۵	میزان بارش(mm)*مساحت(m2)* ضریب رواناب	میزان بارش(mm)*مساحت(m2)* ضریب رواناب	میزان مصرف آب سالانه به غیر از سرویس بهداشتی(لیتر)*۰.۸	۵۸۴۰۰۰ =۳۳۲۹۰ -۱	میزان آب جمع آوری شده در حیاط و سقف سالیانه / کل میزان مصرف آب سالیانه	∑in / ∑out
یزد	۵۸۴۰۰۰	۰/۸*۱۰۰*۴۵/۰۹=۳۶۰۷/۲	۰/۵*۱۰۰*۴۵/۰۹=۲۲۵۴/۵	۳۲۷۰۴۰ =*۰/۸*۵۸۴۰۰۰ ۰/۷	۲۵۱۰۹۹	(۳۶/۲+۲۲۵۴/۵) (۰۷ /۵۸۴۰۰۰=٪۱	٪۵۷
		۳۳۲۹۰۱ =	۳۶۰۷/۲ +	۳۲۷۰۴۰+۲۲۵۴/۵			

*طبق ارزیابی انجام‌شده در جدول فوق، ملاحظه می‌گردد که حدود ۵۷ درصد در مصرف آب سالانه، کاهش یافته است. در ادامهٔ مشابه محاسبات انجام‌شده در جدول ۶ برای سایر نمونه‌های جدول ۳ نیز انجام شده است که مشخصات نمونه‌های انتخابی جهت ارزیابی در جدول ۷ بیان شده است. نحوهٔ انتخاب نمونه‌ها نیز قبلاً توضیح داده شد.

جدول ۷: مشخصات گزینه‌های انتخابی جهت ارزیابی (منبع : نگارنده) با اقتباس از طرح جامع شهر یزد

ردیف	منطقه	متراژ زمین (متر مربع)	سطح ساخت (متر مربع)	حیاط		تعداد واحد	تعداد طبقه	جمع کل افراد ساکن نفر	سرانه مصرف در روز لیتر	متوسط میزان مصرف آب در یک روز	متوسط میزان مصرف آب در یک سال لیتر هزار	سرانه زمین برای هر نفر لیتر
				(متر مربع)	درصد							
۱	۱، ۲۰۰–۱۷۵	۲۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	۲		۸	۲۰۰	۲۰۰*۸=۱۶۰۰	۵۸۴	۲۵
۲	۱، ۳۵۰–۲۰۰	۳۵۰	۱۴۰	۲۱۰	۶۰		۳	۱۲	۲۰۰	۲۰۰*۱۲=۲۴۰۰	۸۷۶	۲۹/۱
۳	۱، ۵۰۰–۳۵۰	۵۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۶۰	۸	۴	۳۲	۲۰۰	۲۰۰*۳۲=۶۴۰۰	۲۳۳/۶	۱۵/۶۲
۴	۲، ۲۵۰–۲۰۰	۲۵۰	۱۲۵	۱۲۵	۵۰	۲	۲	۸	۲۰۰	۲۰۰*۸=۱۶۰۰	۵۸۴	۳۱/۲۵
۵	۲، ۳۰۰–۲۵۰	۳۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۵۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۰۰*۱۲=۲۴۰۰	۸۷۶	۲۵
۶	۲، ۳۵۰–۳۰۰	۳۰۰	۱۲۰	۱۸۰	۶۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۰۰*۱۲=۲۴۰۰	۸۷۶	۲۵
۷	۲، ۳۵۰ متر و بیشتر	۴۰۰	۱۶۰	۲۴۰	۶۰	۴	۴	۱۶	۲۰۰	۲۰۰*۱۶=۳۲۰۰	۱۱۶۸	۲۵
۸	۳، ۳۰۰–۲۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۵۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۰۰*۱۲=۲۴۰۰	۸۷۶	۲۵
۹	۳، ۵۰۰–۳۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۵۰	۶	۳	۲۴	۲۰۰	۲۰۰*۲۴=۴۸۰۰	۱۷۵۲	۲۰/۸۳
۱۰	۳، ۵۰۰ متر و بیشتر	۶۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۵۰	۱۲	۴	۴۸	۲۰۰	۲۰۰*۴۸=۹۶۰۰	۳۵۰۴	۱۲/۵
۱۱	شاهدیه ۳۰۰–۲۰۰	۳۰۰	۱۲۰	۱۸۰	۶۰	۱	۱	۴	۲۰۰	۲۰۰*۴=۸۰۰	۲۹۲	۷۵
۱۲	شاهدیه ۳۰۰ و بیشتر	۴۵۰	۲۷۰	۱۸۰	۴۰	۲	۴	۸	۲۰۰	۲۰۰*۸=۱۶۰۰	۵۸۴	۵۶/۲۵
۱۳	حمیدیه، ۲۰۰–۱۷۵	۲۰۰	۱۰۰	۵۰		۲	۲	۸	۲۰۰	۲۰۰*۸=۱۶۰۰	۵۸۴	۲۵
۱۴	حمیدیه، ۳۰۰و بیشتر	۴۰۰	۱۶۰	۶۰		۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۰۰*۱۲=۲۴۰۰	۸۷۶	۳۳/۳۳
۱۵	بافت قدیم حوزه ۱و۲، ۱۵۰< a<۲۵۰	۲۰۰	۱۳۰	۳۵		۲	۲	۸	۲۰۰	۲۰۰*۸=۱۶۰۰	۵۸۴	۲۵
۱۶	بافت قدیم حوزه ۱و۲، ۲۵۰< a<۳۵۰	۳۰۰	۱۶۵	۴۵		۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۰۰*۱۲=۲۴۰۰	۸۷۶	۲۵
۱۷	بافت قدیم حوزه ۱و۲، ۳۵۰< a<۵۰۰	۴۰۰	۲۱۰	۴۷/۵		۸	۴	۳۲	۲۰۰	۲۰۰*۳۲=۶۴۰۰	۲۳۳۶	۱۲/۵
۱۸	بافت قدیم حوزه ۳ نعیم آباد ۲۰۰< a<۳۰۰	۲۵۰	۱۵۰	۴۰		۲	۲	۸	۲۰۰	۲۰۰*۸=۱۶۰۰	۵۸۴	۳۱/۲۵
۱۹	بافت قدیم حوزه ۳ نعیم آباد ۳۰۰< a<۴۰۰	۳۵۰	۱۷۵	۵۰		۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۰۰*۱۲=۲۴۰۰	۸۷۶	۲۹/۱۶
۲۰	بافت قدیم حوزه ۳ نعیم آباد ۴۰۰< a<۲۵۰۰	۴۵۰	۲۳۶	۴۷/۵		۸	۴	۳۲	۲۰۰	۲۰۰*۳۲=۶۴۰۰	۲۳۳۶	۱۴/۰۶
۲۱	بافت قدیم حوزه ۳ کشتارگاه ۳۰۰< a<۱۶۰	۲۵۰	۱۶۰	۳۵		۴	۲	۱۶	۲۰۰	۲۰۰*۱۶=۳۲۰۰	۱۱۶۸	۱۵/۶۲
۲۲	بافت قدیم حوزه ۳ کشتارگاه ۴۰۰< a<۳۰۰	۳۵۰	۱۹۰	۴۵		۵	۳	۰	۲۰۰	۲۰۰*۲۰=۴۰۰۰	۱۴۶۰	۱۷/۵
۲۳	بافت قدیم حوزه ۳ کشتارگاه ۵۰۰< a<۴۰۰	۴۰۰	۲۵۰	۴۵		۸	۴	۳۲	۲۰۰	۲۰۰*۳۲=۶۴۰۰	۲۳۳۶	۱۴/۰۶

٤-٢-٤- ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم کم‌بارش در سایر نمونه‌ها:

در ادامه، مشابه ارزیابی انجام‌شده برای نمونهٔ اول در جدول ۶ برای سایر نمونه‌های جدول ۳ نیز برآورد میزان صرفه‌جویی آب با احیای آب خاکستری و جمع‌آوری آب باران انجام‌شده و خلاصهٔ نتایج آن در جدول ۸ بیان شده است.

جدول ۸: ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم کم‌بارش در سایر نمونه‌ها

ردیف	متوسط میزان مصرف آب سالانه(هزار لیتر)∑ out	∑in متوسط جمع کل آب جمع‌آوری‌شده و احیاشدهٔ سالانه			میزان متوسط سالانهٔ کمبود آب جهت N.Z.W.B لیتر	نسبت آب جمع‌آوری‌شده با راهبرد جمع‌آوری آب به کل میزان مصرف سالانه	درصد کاهش میزان مصرف آب سالانه
		متوسط حجم آب باران قابل ذخیره در سقف در یک سال به لیتر	متوسط حجم آب باران در محوطه در یک سال به لیتر (۵۰ درصد فضای سبز)	میزان متوسط سالانهٔ تأمین آب از تصفیهٔ فاضلاب خاکستری			
		میزان بارش(mm)*مساحت(m2) *ضریب رواناب	میزان بارش(mm)*مساحت(m2) *ضریب رواناب	میزان مصرف آب سالانه به غیر از سرویس بهداشتی(لیتر) *۰.۸	∑in ∑out-	میزان آب جمع آوری شده در حیاط و سقف سالیانه کل میزان مصرف آب سالیانه	
۱	۵۸۴	۳۶۰۷/۲	۲۲۵۴/۵	۳۲۷۰۴۰	۲۵۱۰۹۹	/۵۸۴۰۰۰ =٪۱/۰۰ (۳۶۰۷/۲+۲۲۵۴/۵)	/۰۰ ۵۷
۲	۸۷۶	۴۷۹۵	۴۴/۹۵	۴۹۰۵۶۰	۳۷۶۱۵۰	/۸۷۶۰۰۰ =٪۱/۰۶ (۴۷۹۵+۴۴۹۵)	/۰۶ ۵۷
۳	۲۳۳۶	۶۸۵۰	۶۴۲۲	۱۳۰۸۱۶۰	۵۸۸	۶۴۲۲/۲۳۳۶۰۰۰=٪۰/۵۶ (۶۸۵۰+	/۵۶ ۵۶
۴	۵۸۴	۴۲۸۱	۶۴۲۲	۱۳۰۸۱۶۰	۲۵۰۰۰۴	= ٪۱/۱۹ ۴۲+۲۶۷۵)/۵۸۴۰۰۰*۱۰۰ (۸۱	/۱۹ ۵۷
۵	۸۷۶	۵۱۳۷	۳۲۱۰	۴۹۰۵۶۰	۳۷۷۰۹۳	= ٪۰/۹۵ ۵۱+۳۲۱۰)/۸۷۶۰۰۰*۱۰۰ (۳۷	/۹۵ ۵۶
۶	۸۷۶	۴۱۰۹	۳۸۵۳	۴۹۰۵۶۰	۳۷۷۴۷۸	= ٪۰/۹۰ ۴۱+۳۸۵۳)/۸۷۶۰۰۰*۱۰۰ (۰۹	/۹۰ ۵۶
۷	۱۱۶۸	۵۴۸۰	۵۱۳۷	۶۵۴۰۸۰	۵۰۳۳۰۳	= ٪۰/۹۰ ۵+۵۱۳۷)/۱۱۶۸۰۰۰*۱۰۰ (۴۸۰	/۹۰ ۵۶
۸	۸۷۶۰	۵۱۳۷	۳۲۱۰	۴۹۰۵۶۰	۳۷۷۰۹۳	= ٪۰/۹۵ ۵۱+۳۲۱۰)/۸۷۶۰۰۰*۱۰۰ (۳۷	/۹۵ ۵۶
۹	۱۷۵۲	۸۵۶۲	۵۳۵۱	۹۸۱۱۲۰	۷۵۶۹۶۷	= ٪۰/۷۹ ۸+۵۳۵۱)/۱۷۵۲۰۰۰*۱۰۰ (۵۶۲	/۷۹ ۵۶

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱۰	۳۵۰۴	۱۰۲۷۴	۶۴۲۲	۱۹۶۲۲۴۰	۱۵۲۵۰۶۴	=٪۰/۴۷۶ ۱+۶۴۲۲)/۳۵۰۴۰۰۰*۱۰۰ (۰۲۷۴	/۴۷ ۵۶
۱۱	۲۹۲۰	۴۱۰۹	۳۸۵۳	۱۶۳۵۲۰	۱۲۰۵۱۸	=٪۲/۷۲ ۴۹+۳۸۵۳)/۲۹۲۰۰۰*۱۰۰ (۰۱	/۷۲ ۵۸
۱۲	۵۸۴	۹۲۴۷	۳۸۵۳	۳۲۷۰۴۰	۲۴۳۸۶۰	=٪۲/۲۴ ۹۲+۳۸۵۳)/۵۸۴۰۰۰*۱۰۰ (۴۷	/۲۴ ۵۸
۱۳	۵۸۴	۳۴۲۵	۲۱۴۰	۳۲۷۰۴۰	۲۵۱۳۹۵	=٪۰/۹۵ ۳۴+۲۱۴۰)/۵۸۴۰۰۰*۱۰۰ (۲۵	/۹۵ ۵۶
۱۴	۸۷۶	۵۴۸۰	۳۴۲۵	۴۹۰۵۶۰	۳۷۶۵۳۵	=٪۱/۰۱ ۵۴+۳۴۲۵)/۸۷۶۰۰۰*۱۰۰ (۸۰	/۰۱ ۵۷
۱۵	۵۸۴	۴۴۵۲	۱۴۹۸	۳۲۷۰۴۰	۲۵۱۰۱۰	=٪۱/۰۱ ۴۴+۱۴۹۸)/۵۸۴۰۰۰*۱۰۰ (۵۲	/۰۱ ۵۷
۱۶	۸۷۶	۵۶۵۱	۲۸۹۰	۴۹۰۵۶۰	۳۷۶۸۹۹	=٪۰/۹۷ ۵۶+۲۸۹۰)/۸۷۶۰۰۰*۱۰۰ (۵۱	/۹۷ ۵۶
۱۷	۲۳۳۶	۷۱۹۲	۴۰۶۷	۱۳۰۸۱۶۰	۱۰۱۶۵۸۱	=٪۰/۴۸ ۷+۴۰۶۷)/۲۳۳۶۰۰۰*۱۰۰ (۱۹۲	/۴۸ ۵۶
۱۸	۵۸۴	۵۱۳۷	۲۱۴۰	۳۲۷۰۴۰	۲۴۹۶۸۳	=٪۱/۲۴ ۵۱+۲۱۴۰)/۵۸۴۰۰۰*۱۰۰ (۳۷	/۲۴ ۵۷
۱۹	۸۷۶	۵۹۹۳	۳۷۴۶	۴۹۰۵۶۰	۳۷۵۷۰۱	=٪۱/۱۱ ۵۹+۳۷۴۶)/۸۷۶۰۰۰*۱۰۰ (۹۳	/۱۱ ۵۷
۲۰	۲۳۳۶	۸۰۸۲	۴۵۸۱	۱۳۰۸۱۶۰	۱۰۱۵۱۷۷	=٪۰/۵۴ ۸+۴۵۸۱)/۲۳۳۶۰۰۰*۱۰۰ (۰۸۲	/۵۴ ۵۶
۲۱	۱۱۶۸	۵۴۸۰	۱۹۲۶	۶۵۴۰۸۰	۵۰۶۵۱۴	=٪۰/۶۳ ۵+۱۹۲۶)/۱۱۶۸۰۰۰*۱۰۰ (۴۸۰	/۶۳ ۵۶
۲۲	۱۴۶	۶۵۰۷	۳۴۲۵	۸۱۷۶۰۰	۶۳۲۴۶۸	=٪۰/۶۸ ۶+۳۴۲۵)/۱۴۶۰۰۰۰*۱۰۰ (۵۰۷	/۶۸ ۵۶
۲۳	۲۳۳۶	۸۵۶۲	۴۲۸۱	۱۳۰۸۱۶۰	۱۰۱۴۹۹۷	=٪۰/۵۴ ۸+۴۲۸۱)/۲۳۳۶۰۰۰*۱۰۰ (۵۶۲	/۵۴ ۵۶

۳-٤-ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان، در اقلیم پربارش

جهت ارزیابی به مواردی از قبیل موقعیت، مشخصات ساختمان، متوسط میزان بارندگی در ده سال اخیر (۱۳۸۶-۱۳۹۸) و برآورد میزان مصرف آب و تولید آب خاکستری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۳-٤-متوسط میزان بارندگی سال آبی در گرگان و ساری

متوسط میزان بارندگی سال آبی در گرگان و ساری در ده سال (۱۳۸۶-۱۳۹۵) به شرح جدول ۹ است. به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات رسمی برای سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۷-۱۳۹۸ تا سال ۱۳۹۵، میانگین بارش به‌عنوان مبنای محاسبه قرار گرفت؛ اما اطلاعات غیر رسمی نشان می‌دهد میانگین بارش ۳ سال ذکرشده، تقریباً تغییر قابل ملاحضه‌ای نداشته است:

جدول ۹: متوسط میزان بارندگی سال آبی در گرگان و ساری در ۱۰ سال اخیر (۱۳۸٦-۱۳۹٥) (منبع :www.irimo.ir)

میزان بارندگی متوسط سال آبی گرگان	متوسط بارندگی ۱۰ سال گرگان mm	۵۹۱							
	متوسط بارندگی ۱ ساله mm	۳۳۸	۶۸۸.۶	۶۲۰.۶	۶۴۰.۶	۹۸۵.۲	۷۰۰.۴	۵۶۶.۳	۴۷۳.۲	۶۰۸
	سال بارندگی mm	۸۶ ۸۷	۸۷ ۸۸	۸۸ ۸۹	۸۹ ۹۰	۹۰ ۹۱	۹۱ ۹۲	۹۲ ۹۳	۹۳ ۹۴	۹۴ ۹۵
میزان متوسط بارندگی سال آبی ساری	متوسط بارندگی ۱۰ سال ساری mm	۷۱۸۱۹							
	میزان بارندگی ۱ ساله mm	۵۹۹	۷۸۷,۲	۸۲۶,۲	۵۷۵,۶	۹۴۲,۸	۷۵۰,۸	۷۷۳,۱	۵۹۳,۲	۶۲۲,۲
	سال بارندگی mm	۸۶ ۸۷	۸۷ ۸۸	۸۸ ۸۹	۸۹ ۹۰	۹۰ ۹۱	۹۱ ۹۲	۹۲ ۹۳	۹۳ ۹۴	۹۴ ۹۵

۲-۳-٤- مشخصات دو نمونهٔ گرگان و ساری

مشخصات ساختمان نمونهٔ اول و دوم جهت ارزیابی در جدول ۱۰ به شرح زیر است:

جدول ۱۰ : مشخصات ساختمان نمونهٔ اول و دوم در شهر ساری و گرگان جهت ارزیابی (منبع : منبع : نگارنده) با اقتباس از طرح جامع ساری وگرگان

مشخصات ساختمان مورد	متراژ زمین مترمربع	سطح ساخت مترمربع	حیاط مترمربع	تعداد واحد	جمع کل افراد ساکن نفر	متوسط میزان آب در یک سال لیتر	متوسط میزان مصرف آب در یک روز لیتر	متوسط سرانه مصرف آب در یک روز لیتر	سرانه زمین برای هر نفر متر مربع
گرگان	۳۷۰	(٪۶۰) ۲۲۲	(٪۴۰) ۱۴۸	۸	۲۴	۱.۱۳۲.۵۹۵	۳۱۰۳	۱۳۰	۱۵.۴۱
ساری	۲۲۰	۱۸۰	۴۰	۶	۱۵	۷۷۵۱۸۵	۲۰۶۹	۱۳۸	۱۴۶۶

۳-۳-٤- ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم پربارش دو نمونهٔ گرگان و ساری

ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم پربارش دو نمونه گرگان و ساری طبق جدول ۱۱ است که در ارزیابی از روش‌های بخش معادلات و روابط حاکم استفاده شده است:

جدول ۱۱: ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم پربارش (نمونهٔ گرگان و ساری)

	$\sum_{out}$ متوسط میزان مصرف آب سالانه لیتر	$\sum_{in}$متوسط جمع کل آب جمع‌آوری‌شده و احیاشده سالانه			میزان متوسط سالانه کمبود آب جهت N.Z.W.B لیتر	نسبت آب جمع آوری شده با راهبرد جمع آوری آب به کل میزان مصرف سالانه	درصد کاهش میزان مصرف آب سالانه
		متوسط حجم آب باران قابل ذخیره در سقف در یک سال به لیتر	متوسط حجم آب باران در محوطه در یک سال به لیتر	میزان متوسط سالانه تأمین آب از تصفیه فاضلاب خاکستری لیتر			
نمونه اول گرگان	۱.۱۳۲.۵۹۵	۱۰۴۹۶۲	۴۳۷۳۴	۶۳۴۲۵۳	۳۴۹۶۴۶	**٪۱۳/۱۲**	٪۷۰
نمونه دوم ساری	۷۷۵.۱۸۵	۱۰۳۵۲۲	۱۴۳۷۸	۴۳۴۱۰۴	۲۲۳۱۸۱	٪۱۵/۶۱	٪۷۱/۲

طبق ارزیابی انجام‌شده در جدول فوق ملاحظه می‌گردد که حدود ۷۰ درصد کاهش میزان مصرف آب سالانه در نمونهٔ اول (گرگان) و حدود ۷۱/۲ درصد کاهش مصرف آب سالانه در نمونه دوم (ساری) صورت گرفته است.

٤-٤- مقایسهٔ الگوی تراکم و ساخت مسکن بر اساس استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در دو اقلیم کم‌بارش و پربارش

در جدول ۱۲ مقایسه کمی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان نمونه‌های موردی در شهر یزد با اقلیم کم‌بارش و نمونه‌های انتخاب‌شده در شهرهای گرگان و ساری با اقلیم پربارش بیان شده است.

در مقایسهٔ نمونه‌های ارزیابی‌شده در جدول ۱۲ نشان می‌دهد که استراتژی جمع‌آوری آب باران در مناطق کم‌بارش، تأثیر بسیار کمی دارد؛ اما استراتژی احیای آب خاکستری در این مناطق کاراتر است. از طرفی در مناطق پربارش، استراتژی جمع‌آوری آب باران تأثیر قابل توجهی در رویکرد حفاظت آب دارد و ستون سرانهٔ زمین برای هر نفر نشان می‌دهد افزایش سرانهٔ زمین، ارتباط مستقیم با افزایش تأثیر استراتژی جمع‌آوری آب باران دارد در ادامه تحلیل و نتیجه‌گیری در خصوص الگوی تراکم و ساخت مناسب مسکن بر اساس استراتژی‌های رویکرد حفاظت آب در دو اقلیم کم‌بارش و پربارش انجام می‌پذیرد.

جدول ۱۲: مقایسهٔ کمّی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان نمونه‌های موردی در شهر یزد و گرگان و ساری

ردیف	شهر	متراژ زمین مترمربع	سطح ساخت		حیاط		تعداد واحد		افراد ساکن	سرانه مصرف آب در روز لیتر	متوسط میزان مصرف آب در روز	متوسط میزان مصرف آب در سال	سرانه زمین برای هر نفر	درصد کاهش مصرف سالانه آب	درصد کاهش مصرف سالانه با راهبرد
			درصد	متر مربع	درصد	مساحت(متر مربع)	واحد	طبقه							
۱	یزد	۲۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۲	۲	۸	۱۰۰	۲*۸=۱۶۰۰	۵۸۴۰۰۰	۲۵	/۰۰۵۷	/۰۰۱
۲	یزد	۳۵۰	۴۰	۱۴۰	۶۰	۲۱۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	*۱۲=۲۴۰۰ ۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲/۱۹	/۰۶۵۷	/۰۶۱
۳	یزد	۵۰۰	۴۰	۲۰۰	۶۰	۳۰۰	۸	۴	۳۲	۲۰۰	*۳۲=۶۴۰۰ ۲۰۰	۲۳۳۶۰۰۰	/۶۲۱۵	/۵۶۵۶	/۵۶۰
۴	یزد	۲۵۰	۵۰	۱۲۵	۵۰	۱۲۵	۲	۲	۸	۲۰۰	۲*۸=۱۶۰۰	۵۸۴۰۰۰	/۲۵۳۱	/۱۹۵۷	/۱۹۱
۵	یزد	۳۰۰	۵۰	۱۵۰	۵۰	۱۵۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	*۱۲=۲۴۰۰ ۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲۵	/۵۹۵۶	/۹۵۰
۶	یزد	۳۰۰	۴۰	۱۲۰	۶۰	۱۸۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	*۱۲=۲۴۰۰ ۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲۵	/۹۰۵۶	۰/۹
۷	یزد	۴۰۰	۴۰	۱۶۰	۶۰	۲۴۰	۴	۴	۱۶	۲۰۰	*۱۶=۳۲۰۰ ۲۰۰	۱۱۶۸۰۰۰	۲۵	/۹۰۵۶	۰/۹
۸	یزد	۳۰۰	۵۰	۱۵۰	۵۰	۱۵۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	*۱۲=۲۴۰۰ ۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲۵	/۹۵۵۶	/۹۵۰
۹	یزد	۵۰۰	۵۰	۲۵۰	۵۰	۲۵۰	۶	۹	۲۴	۲۰۰	*۲۴=۴۸۰۰ ۲۰۰	۱۷۵۲۰۰۰	/۸۳۲۰	/۷۹۵۶	/۷۹۰
۱۰	یزد	۶۰۰	۵۰	۳۰۰	۵۰	۳۰۰	۱۲	۴	۴۸	۲۰۰	*۴۸=۹۶۰۰ ۲۰۰	۳۵۰۴۰۰۰	۱/۵۲	/۵۶۴۷	/۴۷۰
۱۱	یزد	۳۰۰	۴۰	۱۲۰	۶۰	۱۸۰	۴	۴	۴	۲۰۰	۲۰*۴=۸۰۰ ۰	۲۹۲۰۰۰	۷۵	/۷۲۵۸	/۷۲۲
۱۲	یزد	۴۵۰	۶۰	۲۷۰	۴۰	۱۸۰	۴	۲	۸	۲۰۰	۲*۸=۱۶۰۰ ۰۰	۵۸۴۰۰۰	۵۶.۲۵	/۲۴۵۸	/۲۴۲
۱۳	یزد	۲۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۲	۲	۸	۲۰۰	۲*۸=۱۶۰۰ ۰۰	۵۸۴۰۰۰	۲۵	/۹۵۵۶	/۹۵۰
۱۴	یزد	۴۰۰	۴۰	۱۶۰	۶۰	۲۴۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	*۱۲=۲۴۰۰ ۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	/۳۳۳۳	/۰۱۵۷	/۰۱۱
۱۵	یزد	۲۰۰	۶۵	۱۳۰	۳۵	۷۰	۲	۲	۸	۲۰۰	۲*۸=۱۶۰۰ ۰۰	۵۸۴۰۰۰	۲۵	/۰۱۵۷	/۰۱۱

۱۶	یزد	۳۰۰	۵۵	۱۶۵	۴۵	۱۳۵	۳	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۱۲*۲۴۰۰=۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲۵	۹۷/۵۶	۹۷/۰
۱۷	یزد	۴۰۰	۵/۵۲	۲۱۰	۴/۵۷	۱۹۰	۸	۴	۳۲	۲۰۰	۳۲*۶۴۰۰=۲۰۰	۲۳۳۶۰۰۰	۱/۵۲	۴۸/۵۶	۴۸/۰
۱۸	یزد	۲۵۰	۶۰	۱۵۰	۴۰	۱۰۰	۲	۲	۸	۲۰۰	۲*۸=۱۶۰۰	۵۸۴۰۰۰	۲۵/۳۱	۲۴/۵۷	۲۴/۱
۱۹	یزد	۳۵۰	۵۰	۱۷۵	۵۰	۱۷۵	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۱۲*۲۴۰۰=۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۱۶/۲۹	۱۱/۵۷	۱۱/۱
۲۰	یزد	۴۵۰	۵/۵۲	۲۳۶	۴/۵۷	۲۱۴	۸	۴	۳۲	۲۰۰	۳۲*۶۴۰۰=۲۰۰	۲۳۳۶۰۰۰	۰۶/۱۴	۵۴/۵۶	۵۴/۰
۲۱	یزد	۲۵۰	۶۵	۱۶۰	۳۵	۹۰	۴	۲	۱۶	۲۰۰	۱۶*۳۲۰۰=۲۰۰	۱۱۶۸۰۰۰	۶۲/۱۵	۶۳/۵۶	۶۳/۰
۲۲	یزد	۳۵۰	۵۵	۱۹۰	۴۵	۱۶۰	۵	۳	۲۰	۲۰۰	۲۰*۴۰۰=۲۰۰	۱۴۶۰۰۰۰	۱/۵۷	۶۸/۵۶	۶۸/۰
۲۳	یزد	۴۵۰	۵۵	۲۵۰	۴۵	۲۰۰	۸	۴	۳۲	۲۰۰	۳۲*۶۴۰۰=۲۰۰	۲۳۳۶۰۰۰	۰۶/۱۴	۵۴/۵۶	۵۴/۰
۲۴	گرگان	۳۷۰	۶۰	۲۲۲	۴۰	۱۴۸	۸	۴	۲۴	۱۳۰	۲۴*۳۱۰۳=۱۳۰	۱۱۳۲۵۹۵	۴۱/۱۵	۷۰	۱۲/۱۳
۲۵	ساری	۲۲۰	۸۰	۱۸۰	۵۰	۴۰	۶	۳	۱۵	۱۳۸	۲۰۶۹	۷۷۵۱۸۵	۶۶/۱۴	۷/۲۱	۶۱/۱۵

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی تأثیر راهبردهای رویکرد حفاظت آب پرداخته شد که جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری جهت صرفه‌جویی مصرف آب در ساختمان، و ارائهٔ الگوی مسکن و تراکم مناسب جهت تحقق این امر را شامل می‌شود. جهت ارزیابی، انتخاب نمونه‌ها به‌صورت غیرتصادفی و از نوع نمونه‌گیری موردی به‌صورت هدفمند و اطلاعات‌محور بوده است. شهر یزد به‌عنوان نمونه‌ای برای اقلیم کم‌بارش انتخاب شد. بدین رو ۲۳ نمونه بر اساس الگوهای رایج ساخت مسکن در طرح جامع مسکن شهر یزد در اقلیم کم‌بارش انتخاب و شهرهای ساری وگرگان به‌عنوان نمونه‌های موردی در اقلیم پربارش انتخاب شدند. همچنین یک نمونه از الگوی رایج ساخت مسکن، طبق مطالعات طرح جامع مسکن هر شهر انتخاب شد و علت انتخاب دوشهر گرگان و ساری، میزان بارش مطلوب آنها بوده که در حد میانگین بارش کل هر استان است. همچنین به‌دلیل مرکزیت این دوشهر، شهرهای دیگر نیز در الگوی ساخت از آنها پیروی می‌کنند. نتایج این تحقیق از محاسبات و ارزیابی‌های انجام شده بر نمونه‌های پیشنهادی به شرح زیر استخراج شده‌اند.

۱- نقش راهبرد جمع‌آوری آب باران (RWH) در میزان مصرف آب سالانه در یزد، به‌طور متوسط زیر یک درصد است، ولی این عدد با افزایش سرانهٔ زمین برای هر نفر، نسبت مستقیم دارد؛ به‌گونه‌ای که برای سرانهٔ زمین زیر ۳۰ متر مربع برای هر نفر، این عدد حدود یک درصد بود و با دو برابر شدن آن نیز این عدد تقریباً دو برابر می‌گردد که جدول ۱۲ نمایانگر این امر است.

۲- نقش راهبرد جمع‌آوری آب باران (RWH) در میزان مصرف آب سالانه درگرگان و ساری نسبت به یزد، به‌شدت افزایش یافته و تقریباً بالای ۱۳ درصد از مصرف سالیانه است. جدول ۱۲ نیز این امر را نمایش می‌دهد (در گرگان ۱۳/۱۲ درصد و ساری ۱۵/۶۱ درصد مصرف سالانه).

۳- در راهبرد احیای آب، آب سیاه به دلیل هزینهٔ بالای احیا دفع می‌گردد، ولی آب خاکستری با توجه به قابلیت استفادهٔ مجدد در محل، احیا می‌شود.

۴- راهبرد احیای آب خاکستری می‌تواند حدود ۵۷ درصد میزان مصرف آب سالانه را تأمین کند که جدول ۱۲ نمایانگر این امر است.

۵- در شهر یزد با اقلیم کم‌بارش راهبرد مناسب جهت رویکرد حفاظت آب (به دلیل آنکه نقش راهبرد جمع‌آوری آب باران (RWH) در میزان مصرف آب سالانه در یزد به‌طور متوسط زیر یک درصد است)، احیای آب خاکستری است.

۶- در شهرهای گرگان و ساری با اقلیم پربارش، راهبرد مناسب جهت حفاظت آب، جمع‌آوری آب باران است.

۷- چون در شهر یزد با اقلیم کم‌بارش، راهبرد مناسب جهت حفاظت آب، احیای آب خاکستری است؛ بدین سبب مناسب‌ترین سیاست‌گذاری مسکن جهت دستیابی به رویکرد حفاظت آب، کاهش هزینه‌های احیای آب خاکستری با افزایش نفر در هکتار و ایجاد تراکم بیشتر ساختمانی است.

۸- الگوی مناسب ساخت مسکن در شهر یزد، ایجاد کاربری ذخیره‌سازی آب در طراحی مسکن (تغییر ترکیب فضاهای مسکونی)، ایجاد خانه‌های راست‌گوشه جهت ایجاد تراکم بیشتر، طراحی سکونتگاه‌ها به‌صورت مجتمع و متمرکز است.

۹- الگوی مناسب تراکم مسکونی در شهر یزد با اقلیم کم‌بارش، ایجاد تراکم بیشتر است.

۱۰- اصلاح و تغییر سیاست‌های اشتباه طرح‌های جامع مسکن شهر یزد که تراکم نسبی جمعیت ۱۲۷ نفر در هکتار در سال ۱۳۳۵ را به ۳۲/۸ نفر در هکتار در سال ۱۳۹۵ کاهش داده است.

۱۱- در شهرهای گرگان وساری با اقلیم پربارش، راهبرد مناسب جهت حفاظت آب، جمع‌آوری آب باران است؛ پس مناسب‌ترین سیاست‌گذاری مسکن جهت دستیابی به رویکرد حفاظت آب، کاهش نفر در هکتار ورکاهش تراکم ساختمانی خواهد بود.

۱۲- الگوی مناسب ساخت مسکن در شهرهای گرگان و ساری با اقلیم پربارش، برخلاف شهر یزد با اقلیم کم‌بارش، طراحی سکونتگاه‌ها به صورت غیر متمرکز، کاهش تراکم نسبی جمعیت، کاهش نفر در هکتار و افزایش سرانهٔ زمین است.

۱۳- الگوی مناسب تراکم مسکونی در شهرهای گرگان و ساری با اقلیم پربارش، تراکم کم است.

نهایتاً نتایج نشان داد آنچه اهمیت دارد، تأثیر نوع الگوی ساخت مسکن و تراکم و سیاست‌گذاری مسکن در رویکرد حفاظت آب و با توجه به بحران جدی کم‌آبی اهمیت توجه معماران و شهرسازان، خصوصاً مدیران و متولیان در استان و کشور به این چالش را دوچندان می‌کند.

منابع

- ببران، صدیقه. (۱۳۹۲). بحران وضعیت آب در ایران و جهان، مرکز اطلاعات استراتژیک ایران.
- رشیدی مهرآبادی، محمد حسین؛ ثقفیان، بهرام؛ صادقیان، محمد صادق. (۱۳۸۸). مقاله ارزیابی عملکرد سطوح آبگیر پشت بام ساختمان های مسکونی در تامین نیاز غیر شرب ساکنین در شهر های ساحلی کشور، مجله ی مهندسی منابعآب، سال ششم، زمستان ۱۳۹۲، ۱۵-۱.
- زنگنه مدار، زهرا؛ کاظمی، فاطمه؛ میرزایی، عمار. (۱۳۸۸). تصفیه خانه و نقش آن در کاهش مصرف آب، مجله علمی دانشجویان دانشکده مهندسی عمران دانشگاه شریف،شماره ۳۸ بهار ۱۳۸۸، ۲۵-۲۲.
- سایت سازمان آب و فاظلاب شهری یزد (www.abfayazd.ir).

- سایت سازمان هواشناسی (www.irimo.ir) .
- ضیایی، فرناز؛ عباسی هرفته، محسن. (۱۳۹۷). تاثیر نوع سیستم ساختمانی بر میزان آب مصرفی ساخت و ساز در مسکن عرفی معاصر یزد، نشریه معماری اقلیم گرم و خشک، سال ششم، شماره هشتم، پاییز وزمستان ۱۳۹۷، ۲۱-۲.
- طرح جامع مسکن استان گلستان (۱۳۹۱) مهندسان مشاور بافت بهستان.
- طرح جامع مسکن یزد (۱۳۸۸) مهندسین مشاور معماری و شهرسازی عرصه.
- فرزی، ابوالفضل ؛ مهرآبادی، جعفر (۱۳۹۸). مقاله تحلیل نظام یافته نقاط قوت ، نقاط ضعف ، فرصت ها و تهدید های مربوط به استفاده مجدد در محل آب خاکستری مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی-مطالعه موردی ایران . تخقیقات منابع آب ایران. سال پانزدهم شماره ۴ ، ۳۳۹ – ۳۲۸.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۹۵). اقلیم ومعماری، انتشارات نشرخاک.
- مرزبان، حسین؛ صدرایی جواهری، احمد؛ زیبایی، منصور؛ ناظم السادات، سید محمد جعفر؛ کریمی، لیلا. (۱۳۹۸). بررسی وضعیت منابع و مصارف آب در ایران و راهکارهای بهبود وضعیت، مجله آب و فاضلاب،دوره۳۰، شماره ۴ ، ۳۲-۱۶ .
- مهدوی، محمد. (۱۳۹۲). هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- نجومی سیاهمرد، سمانه؛ شفیعی ثابت، بهنام؛ جنت رستمی، سمیه. (۱۳۹۸). بهینه سازی مخازن ذخیره سازی آب باران جمع آوری شده از بام ساختمان ها (مطالعه موردی : شهر یزد). تحقیقات منابع آب ایران. سال ۱۵ شماره ۴، ۲۴۱-۲۲۷.
- Abdulla, F.A., and A.W. AL-Shareef. 2009. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. J. Desalin. 243,195-207.
- Allen, L., Christian-Smith, J., & Palaniappan, M. (2010). Overview of greywater reuse: the potential of greywater systems to aid sustainable water management. Oakland: Pacific Institute.
- Bardham, S. (2011). Assessment of water resource consumption in building construction in India. Ecosystems and Sustainable Development. 3(144), 93-102.
- Church, J., Verbyla, M.E., Lee, W.H., Randall, A.A., Amundsen, T.J., & Zastrow, D.J. (2015) Dishwashing water recycling system and related water quality standards for military use. Science of the Total Environment. 529, 275-284.
- De Gois, E.H., Rios, C.A., & Costanzi, R.N. (2015). Evaluation of water conservation and reuse: a case study of shopping mall in southern Brazil. Journal of Cleaner Production. 96, 263-271.
- Eroksuz, E., and A. Rahman. 2010. Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities. J. Resour. Conserv. Recycl. 54: 1449-1452.
- Grondzik, W. T., & Kwok, A. G., (2015). Mechanical and electrical equipment for buildings. 12th ed., Hobken, New Jersey: Wiley.
- Ghisi, E., D.L. Bressan, and M. Martini. 2007. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. Environ. 32, 1654-1666.
- Imteaz, M.A., A. Shanableh, A. Rahman, and A. Ahsan. 2011 (a). Optimization of rainwater tank design from large roofs: A case study in Melbourne, Australia. J. Resour. Conserv. Recycl. 55, 1022-1029.
- Imteaz, M.A., A. Ahsan, J. Naser, and A.Rahman. 2011 (b). Reliability analysis of rainwater tank in Melbourne using daily water balance model. J. Resour. Conserv. Recycl. 56, 80-86.
- Kahinda, J.M., A.E. Taighenu, and J.R. Boroto. 2007. Domestic rainwater harvesting to improve water supply in rural South Africa. J. Phys. Chem. Earth. 32, 1050-1057.
- Mun, J. S., & Han, M. Y. (2012). Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: definition, sensitivity and verification. Journal of Environmental Management. 93(1), 147-153.

- Okoye, C. O., Solyalı, O., & Akıntuğ, B. (2015). Optimal sizing of storage tanks in domestic rainwater harvesting systems: A linear programming approach. Resources, conservation and recycling. 104, 131-140.
- Oron, G., Adel, M., Agmon, V., Friedler, E., Halperin, R., Leshem, E., & Weinberg, D. (2014). Greywater use in Israel and worldwide: standards and prospects. Water research. 58, 92-101.
- Rashidi Mehrabadi, M.H., B. Saghafian, and F. Haghighi Fashi. 2013. Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate condition. J. Resour. Conserv. Recycl. 73, 86-93.
- Rezaee, M., & Sarrafzadeh, M. H. (2017). Challenges and opportunities for wastewater reuse in municipal consumptions: a case study in Tehran metropolis. Iran-Water Resources Research, 12(4), 36-49.
- Rohani Farahmand, A., & Tizghadam Ghazani, M. (2017). Economic and technical investigation of grey water reuse in high-Rise buildings in Iran. Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab, 28(3), 13-22.
- Song, J., M. Han, T. Kim, and J. Song 2008. Rainwater harvesting as a sustainable water supply option in Banda Aceh. J. Desalin. 248,233-240.
- Sturm, M., M. Zimmermann. K.Schutz, W. Urban, and H. Hartung. 2009. Rainwater harvesting as an alternative water resource in rural sites in central northern Namibia. J. Phys. Chem. Earth. 34, 776-785.
- Shamabadi, N., Bakhtiari, H., Kochakian, N., & Farahani, M. (2015). The investigation and designing of an onsite grey water treatment systems at Hazrat-e-Masoumeh University, Qom, IRAN. Energy Procedia. 74, 1337-1346.
- Zaragoza, G., Buchholz, M., Jochum, P., & Pérez-Parra, J. (2007). Watergy project: Towards a rational use of water in greenhouse agriculture and sustainable architecture. Desalination. 211(1-3), 296-303.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Journal of Architecture in hot and dry climate

Architecture in Hot and Dry Climate Fall & Winter 2022, 9(14): 203-223

Original Research Article

A housing construction and a proper density pattern by comparing low rainfall and high rainfall cities with an approach to water conservation

Mehdi Gole kheyli[1], Niloufar Nikghadam[2*], Seyed Majid Mofidi Shemirani[3]

1-Architecture, Faculty of Art and Architecture, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Architecture, Faculty of Art and Architecture, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3-Architecture, Faculty of Architecture and Urban Design, University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Abstract:

Due to the shortage of drinking water and also the increase in demand for water resources due to population growth, many cities in Iran face difficulties in the water supply. Water conservation strategies that include water accumulation, water regeneration, water management, and water storage for drinking and non-drinking purposes are practical ways to reduce the growing water supply crisis for citizens. Therefore, the construction model of housing and density must be such that it is also optimal in terms of water protection. In this article, samples were selected based on the proposed housing construction models of city of Yazd with a low rainfall climate and then two samples in cities of Sari and Gorgan with much higher rainfall rates. In order to compare the master plans the amount of rainwater storage and gray water reduction was calculated and analyzed. The results of the evaluations show that in a city like Yazd, the demand for water decreases by about 57% and in rainy cities by about 70%. In cities with adequate rainfall due to the cost of water reclamation, the water conservation approach can be reached by emphasizing the rainwater collection strategy (for example, in Gorgan 13.12% and in Sari 15.61% of the annual water needs of residents from rainfall can be provided). However, in Yazd, where the volume of rainwater is not significant (less than one percent of yearly water consumption), the water reclamation strategy is more effective, therefore the water protection approach reduces the costs of rehabilitation, increases the number of people per hectare and creates more building density. An appropriate model for housing construction. A proper construction pattern consists of creating water storage use in housing design (changing the composition of housing spaces), creating right-angled houses to create more density, integrated and centralized housing plans, and reforming the policies of comprehensive urban plans in Yazd that has reduced the density increased from 127 people per hectare in 1335 to 32.8 people per hectare in 2016. A suitable model for housing construction and density in the cities of Gorgan and Sari, unlike the city of Yazd, is to design decentralized settlements and to reduce the relative density of population and people per hectare, and to increase the use of land per capita

Key words: Water consumption, Water conservation, Water regeneration, Water accumulation, Housing construction pattern and density.

Email: n_nikghadam@azad.ac.ir