

دوفصلنامه علمی، دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد
سال نهم - شماره چهاردهم - پاییز و زمستان ۱۴۰۰
ISSN: 2645-3711

ARCHITECTURE IN HOT AND DRY CLIMATE

Yazd University- Faculty of Art & Architecture
fall & winter, Vol. 9, No. 14, 2022
ISSN: 2645-3711



- فناوری ساخت و تحولات معماری دخمه زرتشتیان ترک آباد در اردکان یزد
ذات الله نیک زاد
- گونه شناسی مزارع تاریخی در اقلیم گرم و خشک با تکیه بر ویژگی های کالبدی و کارکردی آن
حسین راعی
- دیدگاه کل گرا به رابطه انسان و فضای معماری با تاکید بر فراروانشناسی
حسین سلطان رحمتی، سید محمد حسین آیت اللهی
- تاثیر تفکر اسلامی بر سیر تحول نقش مایه های گیاهی در معماری ایران تا دوره ایلخانی
الهام نبی، اسداله شفیع زاده، شبنم اکبری نامدار
- بازشناسی الگوی معماری خانقاه های دوره تیموری با نگاهی بر اسناد و متون
محمد شیخ الحکمایی، احد نژاد ابراهیمی
- حفاظت از سازه های خشت و گلی سنتی در شهرهای کویری با استفاده از رویه های جاذب رطوبت و صدا
محمد مهدی خیبری، زهره غفوری فرد، تماس کرزل ایلماسی
- بررسی عوامل موثر در چیدمان پلاتی فضاهای خانه های تک حیاط شهر اصفهان (مطالعه موردی: خانه های ساخته شده قبل از ۱۳۰۰ هجری شمسی)
سناز رهروی پوده، سمر حقیقی بروجنی
- بررسی و تبیین اصول حاکم بر معماری خانه با تاکید بر مبانی دینی و اعتقادی نمونه موردی (خانه های زرتشتیان شهر یزد)
عیسی قاسمیان، ملیحه تقی پور، علی اکبر حیدری
- بررسی زبان الگوی میدانی تاریخی منطقه یزد و تدوین قواعد طراحی میدانی شهری
مریم محمدی، حامد کرمی
- دستیابی به الگوی ساخت مسکن و تراکم متناسب با رویکرد حفاظت آب در مقایسه دو اقلیم کم بارش و پر بارش
مهدی گله خلیلی، نیلوفر نیک قدم، سید مجید مفیدی شمیرانی
- بررسی و تحلیل مشخصه های کالبدی-عملکردی در مسکن روستایی (نمونه موردی: روستای گرمین شاهرود)
ساجده خراباتی، نسترن ابراهیمیان
- تحلیلی بر روش های مقاوم سازی بناهای خشتی مبتنی بر بکارگیری عناصر تقویت کننده؛ بر اساس آیین نامه و استانداردهای خشت در کشورهای نیوزیلند، مراکش، پرو و آمریکا
سمیه امیدواری

- Architecture and construction techniques of the Zoroastrian Dakhma of Turkabad in Ardakan, Yazd
- Typology of historic farmsteads in hot and dry climates relying on their physical and functional characteristics
- A Holistic Perspective of the Relationship of Humans and Architectural Space with Focus on Parapsychology
- Effects of Islamic Thought on the Evolution of Botanical Motifs in Iranian Architecture up until the Ilkhanate Period
- Recognizing Architectural Patterns of Khanqahs in Timurid Era According to Documents and Texts
- Protection of traditional clay and mud structures in desert cities by using moisture and sound absorbing pavements
- Investigating the factors affecting the plan layout of single-yard houses in Isfahan (Case study: Houses built before ۱۳۰۰ AH)
- Description Principles governing the architecture of the house with emphasis on religious and doctrinal foundations Case study (Zoroastrian houses in Yazd)
- Investigating the language of the pattern of historical squares in Yazd region and compiling rules for designing urban squares
- Achieving a housing construction pattern and density commensurate with the water conservation approach in comparison to two climates, low rainfall, and high rainfall
- Investigation and analysis of physical-functional characteristics in rural housing (Case study: Garman Village of Shahrood)
- Analysis Methods to Strengthen Adobe Structures with an Emphasis on Reinforcement elements based on Clay Regulations and Standards in New Zealand, Morocco, Peru and the United States

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



نشریه معماری اقلیم گرم و خشک. سال نهم، شماره چهاردهم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰

ISSN: 2645-3711

ناشر: دانشگاه یزد

مدیرمسئول: دکتر کاظم مندگاری

زمینه انتشار: معماری

صاحب امتیاز: دانشگاه یزد

سرمدیر: دکتر علی غفاری

مدیر داخلی: دکتر علی شهابی نژاد

هیات تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

- | | |
|--|-----------------------------------|
| دانشیار دانشکده هنر و معماری- دانشگاه یزد | ۱- دکتر سید محمدحسین آیت اللهی |
| دانشیار دانشکده هنر و معماری- دانشگاه یزد | ۲- دکتر رضا ابویی |
| استاد دانشکده هنر و معماری- دانشگاه تهران | ۳- دکتر شاهین حیدری |
| استاد گروه جغرافیا- دانشگاه یزد | ۴- دکتر محمدحسین سرائی |
| استاد گروه شهرسازی- دانشگاه شهید بهشتی تهران | ۵- دکتر علی غفاری |
| استاد گروه معماری- دانشگاه شهید بهشتی تهران | ۶- دکتر هادی ندیمی |
| دانشیار دانشکده هنر و معماری- دانشگاه یزد | ۷- دکتر محمدرضا نقصان محمدی |
| دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران | ۸- دکتر سیدعباس یزدانفر |
| استاد دانشگاه تهران | ۹- دکتر پیروز حناچی |
| استاد دانشگاه شهید بهشتی | ۱۰- دکتر حمید ندیمی |
| استاد دانشگاه علم و صنعت | ۱۱- خانم دکتر فاطمه مهدیزاده سراج |

طراحی جلد و لوگو: مهندس شهاب الدین خورشیدی

ویراستار انگلیسی: مهندس حسین سلطان رحمتی

ویراستار ادبی: مهندس فاطمه اکرمی ابرقویی

چاپ: انتشارات دانشگاه یزد

نشانی: یزد، خیابان امام خمینی، کوچه سهل بن علی، دانشکده هنر و معماری، دفتر مجله معماری اقلیم گرم و خشک

تلفن: ۰۳۵۳۶۲۲۹۸۵

تارنمای نشریه: <http://smb.yazd.ac.ir>

پست الکترونیکی: ahdc@journals.yazd.ac.ir

سیستم نشریه معماری اقلیم گرم و خشک دسترسی آزاد بوده و استفاده از مطالب و کلیه تصاویر آن با ذکر منبع بلامانع است.

نشریه معماری اقلیم گرم و خشک پس از چاپ در پایگاه اطلاع رسانی مجلات علمی و تخصصی ایران (magiran.com) پایگاه مجلات تخصصی نور (noormags.ir)، ISC و Google scholar نمایه می‌شود.



اسامی داوران این شماره:

نریمان فرح زا

مهدی پیرحیاتی

محمدرضا حاتمیان

ندا حاجی صادقی

آزاده خاکی قصر

رضا رحیم نیا

حنیف رحیمی پردنجانی

محمود پورسراجیان

محسن عباسی هرفته

مهدی رازانی

مهدی صادق احمدی

آویده کامرانی

حمیدرضا محبی

رضا مرادپور

محمد رضایی ندوشن

محمدرضا نقصان محمدی

فاطمه فقیه خراسانی

کاوه منصوری

ذات الله نیک زاد

هانی زارعی

محمدرضا قدکیان

حمیدرضا بیگ زاده شهرکی

فهرست

شماره صفحه

- ۱-۲۷ فناوری ساخت و تحولات معماری دخمه زرتشتیان ترک آباد در اردکان یزد
ذات الله نیک زاد
- ۲۷-۴۸ گونه‌شناسی مزارع تاریخی در اقلیم گرم و خشک با تکیه بر ویژگی‌های کالبدی و کارکردی آن
حسین راعی
- ۴۹-۸۱ دیدگاه کل‌گرا به رابطه انسان و فضای معماری با تاکید بر فراوانشناسی
حسین سلطان رحمتی، سید محمد حسین آیت‌اللهی
- ۸۱-۹۹ تاثیر تفکر اسلامی بر سیر تحول نقش مایه‌های گیاهی در معماری ایران تا دوره ایلخانی
الهام نبی، اسداله شفیق‌زاده،
- ۹۹-۱۱۷ بازشناسی الگوی معماری خانقاه‌های دوره تیموری با نگاهی بر اسناد و متون
محمد شیخ‌الحکمایی، احد نژاد ابراهیمی
- حفاظت از سازه‌های خشت و گلی سنتی در شهرهای کویری با استفاده از روبه‌های جاذب رطوبت و صدا
محمد مهدی خیبری، زهره غفوری فرد، تماس گرنل‌الماسی
- ۱۱۷-۱۳۷ بررسی عوامل موثر در چیدمان پلانی فضاهای خانه‌های تک حیاط شهر اصفهان (مطالعه موردی: خانه‌های ساخته شده قبل از ۱۳۰۰ هجری شمسی)
ساناز رهروی پوده، سمر حقیقی بروجنی
- ۱۳۷-۱۵۸ بررسی و تبیین اصول حاکم بر معماری خانه با تاکید بر مبانی دینی و اعتقادی نمونه موردی (خانه‌های زرتشتیان شهر یزد)
علی اکبر حیدری، عیسی قاسمیان، ملیحه تقی‌پور
- ۱۵۹-۱۸۰ بررسی زبان الگوی میادین تاریخی منطقه یزد و تدوین قواعد طراحی میادین شهری
مریم محمدی، حامد کرمی
- ۱۸۱-۲۰۲ دستیابی به الگوی ساخت مسکن و تراکم متناسب با رویکرد حفاظت آب در مقایسه دو اقلیم کم بارش و پربارش
مهدی گله خیلی، نیلوفر نیک‌قدم، سید مجید مفیدی شمیرانی
- ۲۰۳-۲۲۳ بررسی و تحلیل مشخصه‌های کالبدی-عملکردی در مسکن روستایی (نمونه موردی: روستای گرم‌ن‌شاهرود)
ساجده خراباتی؛ نسترن ابراهیمیان
- ۲۲۳-۲۴۱ تحلیلی بر روش‌های مقاوم سازی بناهای خشتی مبتنی بر بکارگیری عناصر تقویت‌کننده؛ بر اساس آیین‌نامه و استانداردهای خشت در کشورهای نیوزیلند، مراکش، پرو و آمریکا
سمیه امیدواری



مقاله پژوهشی

دستیابی به الگوی ساخت مسکن و تراکم متناسب با رویکرد حفاظت آب در مقایسه دو اقلیم کم بارش و پر بارش

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 پر بارش انتخاب شد. سپس به روش کمی، میزان ذخیره‌سازی آب باران و احیاء آب خاکستری محاسبه گردید. نتیجه ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که در شهری مانند یزد، حدود ۵۷ درصد و در شهرهای پر بارش حدود ۷۰ درصد تقاضا برای آب کاهش می‌یابد. در شهرهایی با بارش مناسب به دلیل هزینه‌های 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 سالانه 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 سرانه زمین است.

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

ایران کشوری با اقلیم عمدتاً گرم و خشک است. رشد سریع جمعیت، مهم‌ترین عامل کاهش آب تجدیدشونده 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 سال ۱۳۹۲ رسیده است. بر این اساس میزان سرانه آب تجدیدپذیر سالانه کشور از حدود ۱۳ هزار متر مکعب در سال ۱۳۰۰، به حدود ۱۴۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۹۲ تقلیل یافته و در صورت ادامه این روند، وضعیت در آینده به مراتب بدتر خواهد شد (بیران، ۱۳۹۲). اکنون سرانه منابع تجدیدپذیر، ۱۳۰۰ متر مکعب است (مرزبان و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۶ از کل منابع آب تجدیدشونده کشور حدود ۵.۵ میلیارد بر متر مکعب در بخش خانگی مصرف شده است. با توجه به میزان منابع آب و سرانه مصرف، ایران از جمله کشورهایی است که در گروه کشورهای مواجه با کمبود فیزیکی آب قرار دارد (بیران، ۱۳۹۲). این گروه شامل کشورهایی است که در سال ۲۰۲۵ با کمبود فیزیکی آب مواجه هستند. این یعنی که حتی با بالاترین بازده در بهره‌وری ممکن در مصرف آب، برای تأمین نیازهایش آب کافی در اختیار نخواهند داشت. بر اساس شاخص فالکون مارک، کشور ایران در آستانه بحران آبی است (بیران، ۱۳۹۲). با توجه به اینکه در دهه 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 موسسه بین‌المللی مدیریت آب نیز، ایران در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد.

بنا بر شاخصه‌های ذکر شده، کشور ایران برای حفظ وضع موجود خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید (بیران، 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 آینده ایران از سال‌ها پیش در معرض بحران آب قرار داشته است (بیران، ۱۳۹۲). این گزارش حاکی از آن است که ایران از مرحله آمادگی برای خطر عبور کرده و هم اکنون در خطر قرار دارد. در استاندارد جهانی، هر کشوری که ۲۰ درصد از آب‌های تجدیدپذیرش را هر ساله 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 می‌تواند 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 ایران زمین، همچون گاوخونی خشک خواهد شد (بیران، 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

مقاله ارائه شده، بر نحوه حفاظت آب در مسکن با توجه به نوع راهبردهای حفاظت آب تمرکز دارد. با چنین منظری، سوالات 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 کم‌بارش شهر یزد در مقایسه با اقلیم پر بارش شهر گرگان و ساری چگونه است؟

۲- پیشینه تحقیق

آب و انرژی در طول چرخه عمر یک ساختمان، دو رکن اصلی هستند که فعالیت‌های انسانی را پشتیبانی می‌کنند. در حالی که مطالعات زیادی در زمینه انرژی مصرف‌شده و بازیابی انرژی در ساختمان‌ها انجام شده، اما اطلاعات در زمینه 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 دهه گذشته در درجه اول بر روی انرژی تمرکز کرده‌اند، در حالی که امروزه چالش آب در بسیاری از نقاط دنیا در سطحی بحرانی طرح می‌شود و آب، قبل از انرژی، به‌عنوان عامل محدودکننده رشد و توسعه محلی و منطقه‌ای شناخته می‌شود (Grondzik and Kwork, 2015: 37) عمده فعالیت‌های انجام‌شده در خصوص ارائه 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 زمینه ذخیره‌سازی آب باران صورت گرفته است. کاهیندا و همکاران (۲۰۰۷) به مطالعه استحصال آب باران خانگی در روستاهای آفریقای جنوبی پرداختند. محققین اظهار داشتند که در جنوب آفریقا ۲٪ از مردم (۹.۷ میلیون) 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 زمینه ظرفیت و توان صرفه‌جویی در آب آشامیدنی با استفاده استحصال آب باران در مناطق مسکونی جنوب شرقی برزیل، به مطالعه پرداختند. آن‌ها دریافته‌اند 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 گزینه پایدار جهت تأمین آب در شهر Banda Aceh در کشور اندونزی تحقیق کردند. آن‌ها دریافته‌اند که همراه با افزایش آگاهی عموم مردم و همچنین ارائه آموزش‌های مناسب، می‌توان منابع آب ایمن‌تری همانند استحصال آب باران برای استفاده فراهم آورد که هزینه پایینی نیاز دارد. عبدالله و شریف (۲۰۰۹) جهت ارزیابی توان ذخیره 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 ذخیره 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 ذخیره آب قابل شرب در شهر برزیلیا در کشور برزیل بود. نتایج این تحقیق گویای آن است که متوسط توان برای ذخیره آب قابل شرب با استفاده از آب باران، ۳۲/۷ درصد، و در محدوده بین ۹/۲ تا ۵۷/۲ درصد است. ارسوس و رحمان (۲۰۱۰) تحقیقی را پیرامون استحصال آب باران در ساختمان‌های چندواحدی در استرالیا انجام دادند. آن‌ها درباره توان ذخیره آب در مخازن آب باران سیدنی، نیوکاسل و ولونگونگ به مطالعه پرداختند. آن‌ها دریافته‌اند که این نوع از مخازن موجب ذخیره مناسب آب باران، حتی در سال‌های خشک می‌شوند. ایمتیاز و همکاران (۲۰۱۱ a) برای اولین بار در ملبورن استرالیا، درباره 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 (۲۰۱۱ b) برای دستیابی به ابزاری جامع جهت 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 سامانه سطوح آبیگیر در ذخیره‌سازی آب باران و تأمین نیاز غیر شرب روزانه 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، استفاده مجدد از آب خاکستری است. اگر آب خاکستری چه در محل تولید و چه در نزدیکی آن مورد استفاده 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، دامنه 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 استفاده 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 استفاده مجدد آب خاکستری را در یک کشور خاص مورد بررسی قرار داده‌اند (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). تصفیه آب خاکستری با صافی چکنده (Shamabadi et al., 2015)، در کنار بررسی فنی و اقتصادی استفاده از آب خاکستری در ساختمان‌های بلندمرتبه 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

در این بخش از پژوهش به روش پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها، جامعه آماری، روش نمونه‌گیری و معادلات و روابط حاکم و ملاحظات 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 به صورت غیر تصادفی و از نوع نمونه‌گیری موردی، به صورت هدفمند و اطلاعات‌محور انجام شد. شهر یزد به عنوان نمونه 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 آب و فاضلاب 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 چهارگانه 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 محدوده تحقیق

دستیابی به الگوی ساخت مسکن و تراکم متناسب با رویکرد حفاظت آب در مقایسه دواقلیم کم بارش و پر بارش

ب. انتخاب نمونه‌ها با توجه به الگوهای پیشنهادی طرح تفصیلی یزد با اقلیم کم بارش

. انتخاب نمونه‌ها، غیر تصادفی و از نوع نمونه‌گیری موردی به صورت هدفمند و اطلاعات محور است.

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

د. تعیین میزان آب قابل ذخیره‌سازی

. آب باران جهت ذخیره‌سازی بر اساس متوسط بارش ده ساله اخیر، فاضلاب خاکستری قابل احیاء و ذخیره‌سازی

ه. انتخاب دو نمونه رایج در اقلیم متفاوت و تکرار مرحله (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 ملاحظات 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 محوطه ساختمان

عوامل اصلی در طراحی یک استحصال آب باران (RWH) (نجمی و همکاران، ۱۳۹۸) عبارت‌اند از بارندگی، مساحت سطح جمع‌آوری‌کننده آب باران، ضریب رواناب، حجم مخزن ذخیره‌سازی و مقدار تقاضای آب است (Mun and Han, 2012) حجم آب قابل استحصال از بام، از رابطه زیر به دست 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 استحصال شده بر حسب اکه در آن است. m مساحت حوضه آبریز (بام) بر حسب A و mm ارتفاع بارندگی بر حسب p است.

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

راندمان جمع‌آوری آب باران به مواد استفاده شده، طراحی و ساخت، تعمیر و نگهداری و مقدار کل بارندگی بستگی دارد که ضریب رواناب بوده و این مقدار معادل ۰/۸ است (نجمی و همکاران، ۱۳۹۸). برای مقایسه اگر سفال‌های سیمانی به عنوان ماده 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 حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد است. برای بهره‌برداری مؤثر از سیستم برداشت آب باران، یک سیستم آبراهه که به خوبی طراحی

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

۳-۲-۴- مساحت (مترمربع)

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

۳-۲-۵- میزان فاضلاب تولیدشده جهت احیا

برای محاسبه میزان فاضلاب ورودی به سیستم به میزان مصرف سرانه 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 محاسبه میزان فاضلاب ورودی طبق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{((تعداد افراد * سرانه مصرف خانگی * ۰/۸ = میزان فاضلاب ورودی))}$$

۳-۲-۶- ملاحظات مربوط به فاضلاب

بعد از محاسبه 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 تصفیه‌خانه اصلی منتقل شود. این کار باعث می‌شود نیازی به جداکننده مواد جامد در سایت تصفیه‌خانه ساختمانی نداشته باشیم. فاضلاب سرویس‌های بهداشتی هر ساختمان مستقیماً از ساختمان خارج شده و وارد شبکه فاضلاب اصلی می‌شود (آب سیاه) (فرزی و مهرآبادی، ۱۳۹۸)؛ اما فاضلاب ورودی از حمام، آشپزخانه و دیگر قسمت‌ها (آب خاکستری) (فرزی و مهرآبادی، ۱۳۹۸). به وسیله 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 لوله جدیدی می‌شوند و به مصرف می‌رسد. بعد از آن، مازاد بر تقاضا در مخزن جداگانه‌ای ذخیره می‌شود (زنگنه‌مدار و همکاران، ۱۳۸۸).

۳-۲-۷- 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 (Zaragoza et al., 2007)

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

۴- یافته‌ها و بحث: ارزیابی به‌کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در

ساختمان در دو اقلیم کم‌بارش و پر بارش

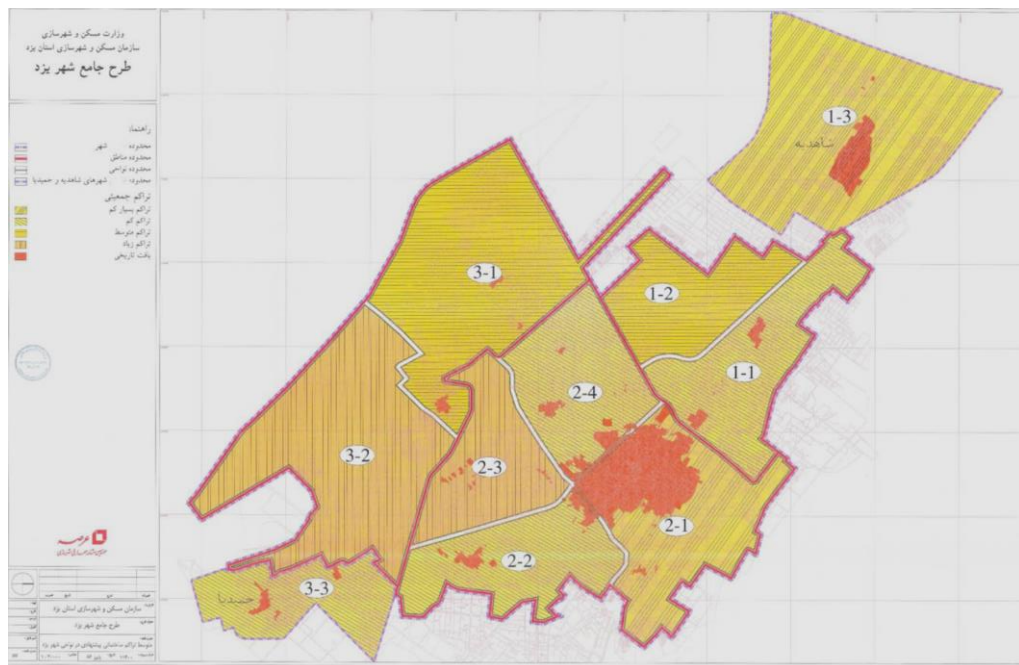
جهت ارزیابی استراتژی‌های فوق، ۲۳ نمونه رایج الگوی پیشنهادی ساخت در شهر یزد (نمونه موردی اقلیم کم‌بارش) بر اساس ضوابط طرح جامع مسکن یزد و دو نمونه ساختمان رایج ساخت بر اساس طرح جامع مسکن هر شهر در حوزه اقلیمی پر بارش جهت مقایسه انتخاب شده‌اند؛ بدین رو انتخاب نمونه‌ها غیر تصادفی و از نوع نمونه‌گیری موردی به‌صورت هدفمند و اطلاعات محور است.

۴-۱- موقعیت مکانی پژوهش

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

۴-۱-۱- 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 شهر نمونه‌ها انتخاب شده‌اند و کلیه الگوهای پیشنهادی رایج ساخت مسکن در شهر یزد، طبق طرح جامع مسکن یزد مورد ارزیابی قرار گرفته شد که در تصویر ۱، نقشه محلات شهر یزد مشخص شده و در جدول ۳، خلاصه 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: نقشه 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	۹۳۳۴۱	©©©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: خلاصه تراکم و سطح اشغال پیشنهادی طرح جامع مسکن یزد (منبع: نگارنده) با اقتباس از طرح جامع شهر یزد

منطقه	جمعیت		مساحت		متراژ زمین	سطح اشغال	تراکم	طبقه
	جمعیت	مساحت	مساحت	تراکم				
منطقه ۱	۷۸۱۸۲	۳۰۱۲۵	۲۰۴۰	۱۰۶۳	۲۰۰-۱۷۵	۵۰	۱۰۰	۲
		۴۸۰۵۷		۹۷۷	۳۵۰-۲۰۰	۴۰	۱۲۰	۳
		۱۰۵۱۴۰		۱۳۸۰/۴	۳۵۰ و ...	۴۰	۱۶۰	۴
منطقه ۲	۲۲۵۳۶۰	۴۱۶۷۵	۴۱۹۸/۹	۹۴۵/۷	۲۵۰-۲۰۰	۵۰	۱۵۰	۲
		۲۶۶۹۲		۸۶۱/۵	۳۵۰-۳۰۰	۴۰	۱۲۰	۳
		۵۱۸۵۳		۱۰۱۱/۳	۳۵۰ و بیشتر	۴۰	۱۶۰	۴
منطقه ۳	۱۹۰۳۴۹	۴۰۷۷۶	۴۴۶۹/۵	۱۷۴۹/۷	۳۰۰-۲۰۰	۵۰	۱۰۰	۲
		۲۸۷۳۶		۱۶۹۴/۸	۵۰۰-۳۰۰	۵۰	۱۵۰	۳
		۱۲۰۸۲۷		۱۰۲۵	۵۰۰ و بیشتر	۵۰	۲۰۰	۴
شاهدیه	۱۲۷۹۶	۲۰۲۲			۳۰۰-۲۰۰	۴۰	۴۰	۱
								۲
حمیدیا	۱۵۶۴۳	۶۸۵/۳			۲۰۰-۱۷۵	۵۰	۵۰	۲
								۳
بافت قدیم						۷۰		عرض معبر ۱۰-۶
								عرض معبر ۱۴-۱۰
								عرض معبر ۱۴ و ۳ بیشتر

۲-۱-۴- موقعیت مکانی اقلیم پربارش

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

۲-۴- ارزیابی به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در

اقلیم کم بارش

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.

۲-۴-۱- 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)

۴۵/۰۹										متوسط بارندگی ۱۰ سال mm	میزان متوسط بارندگی
۶۷/۲	۶۱/۶	۱۸/۳	۲۶/۱	۲۳/۸	۴۶/۶	۵۶/۸	۴۹	۵۳	۴۸/۵		
۲۰۲۰	۲۰۱۹	۲۰۱۸	۲۰۱۷	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	سال بارندگی mm	

۲-۲-۴- نمونه اول (شهر یزد)

مشخصات ساختمان نمونه اول طبق جدول ۳ در جدول شماره ۵ جهت ارزیابی به شرح زیر است. نحوه 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 نمونه اول جهت ارزیابی (منبع: نگارنده) با اقتباس از طرح جامع شهر یزد

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

۳-۲-۴- ارزیابی به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم کم‌بارش در نمونه اول:

ارزیابی به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم کم‌بارش در نمونه 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 به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم کم‌بارش در نمونه اول

درصد	نسبت آب جمع آوری شده با راهبرد جمع آوری آب به کل میزان مصرف سالانه	میزان متوسط سالانه کمبود آب	جمع‌آوری شده و احیای شده سالانه			میانگین متوسط میزان مصرف آب سالانه
			میزان متوسط سالانه	متوسط حجم آب باران در محوطه در یک سال به لیتر (۵۰ درصد فضای سبز)	متوسط حجم آب باران قابل ذخیره در سقف در یک سال به لیتر	
$\sum in$	میزان آب جمع آوری شده در حیاط و سقف سالانه	۵۸۴۰۰۰	میزان مصرف آب سالانه به غیر از سرویس بهداشتی (لیتر)*۰.۸	میزان بارش (mm)*مساحت (m2)*۰.۵	میزان بارش (mm)*مساحت (m2)*۰.۸	$\sum in$
$\sum out$	میزان مصرف آب کل سالانه	۳۳۲۹۰=۱-	۳۲۷۰۴۰	۲۲۵۴/۵	۳۶۰۷/۲	$\sum out$
	میزان مصرف آب کل سالانه	۲۵۱۰۹۹	۰.۷	۰.۵	۰.۸	۵۸۴۰۰
	۳۶/۲+۲۲۵۴/۵ (۰.۷) %۵۷		۰.۷	۰.۵	۰.۸	یزد
	۱/۵۸۴۰۰۰=%۱		۳۲۷۰۴۰+۲۲۵۴/۵ +۳۶۰۷/۲ =۳۳۲۹۰.۱			

*طبق ارزیابی انجام شده در جدول فوق، ملاحظه می‌گردد که حدود ۵۷ درصد در مصرف آب سالانه، کاهش یافته است. در ادامه مشابه محاسبات انجام شده در جدول ۶ برای سایر نمونه‌های جدول ۳ نیز انجام شده است که مشخصات نمونه‌های انتخابی جهت ارزیابی در جدول ۷ بیان شده است. نحوه 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	متر از زمین (متر مربع)	سطح ساخت (متر مربع)	حیات		تعداد واحد	تعداد طبقه	جمع کل افراد ساکن نفر	سرانه مصرف در روز لیتر	میانگین میزان مصرف آب در یک روز	میانگین میزان مصرف آب در یک سال لیتر هزار	سرانه زمین برای نفر لیتر
				درصد	(متر مربع)							
۱	۱، ۲۰۰-۱۷۵	۲۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰	۲		۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۸*۲۰۰	۵۸۴	۲۵
۲	۱، ۳۵۰-۲۰۰	۳۵۰	۱۴۰	۲۱۰	۶۰		۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶	۲۹/۱
۳	۱، ۵۰۰-۳۵۰	۵۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۶۰	۸		۳۲	۲۰۰	۶۴۰۰=۳۲*۲۰۰	۲۳۳۶	۱۵/۶۲
۴	۲، ۲۵۰-۲۰۰	۲۵۰	۱۲۵	۱۲۵	۵۰	۲	۲	۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۸*۲۰۰	۵۸۴	۳۱/۲۵
۵	۲، ۳۰۰-۲۵۰	۳۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۵۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶	۲۵
۶	۲، ۳۵۰-۳۰۰	۳۰۰	۱۲۰	۱۸۰	۶۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶	۲۵
۷	۲، ۳۵۰ متر و بیشتر	۴۰۰	۱۶۰	۲۴۰	۶۰	۴	۴	۱۶	۲۰۰	۳۲۰۰=۱۶*۲۰۰	۱۱۶۸	۲۵
۸	۳، ۳۰۰-۲۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۵۰	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶	۲۵
۹	۳، ۵۰۰-۳۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۵۰	۶	۶	۲۴	۲۰۰	۴۸۰۰=۲۴*۲۰۰	۱۷۵۲	۲۰/۸۳
۱۰	۳، ۵۰۰ متر و بیشتر	۶۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۵۰	۱۲	۴	۴۸	۲۰۰	۹۶۰۰=۴۸*۲۰۰	۳۵۰۴	۱۲/۵
۱۱	شاهدیه ۳۰۰-۲۰۰	۳۰۰	۱۲۰	۱۸۰	۶۰	۱	۱	۴	۲۰۰	۸۰۰=۴*۲۰۰	۲۹۲	۷۵
۱۲	شاهدیه ۳۰۰ و بیشتر	۴۵۰	۲۷۰	۱۸۰	۴۰	۲	۴	۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۸*۲۰۰	۵۸۴	۵۶/۲۵
۱۳	حمیدیه، ۲۰۰-۱۷۵	۲۰۰	۱۰۰	۵۰		۲	۲	۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۸*۲۰۰	۵۸۴	۲۵
۱۴	حمیدیه، ۳۰۰ و بیشتر	۴۰۰	۱۶۰	۶۰		۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶	۳۳/۳۳
۱۵	بافت قدیم حوزه ۱ و ۲، $150 < a < 250$	۲۰۰	۱۳۰	۳۵		۲	۲	۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۸*۲۰۰	۵۸۴	۲۵
۱۶	بافت قدیم حوزه ۱ و ۲، $250 < a < 350$	۳۰۰	۱۶۵	۴۵		۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶	۲۵
۱۷	بافت قدیم حوزه ۱ و ۲، $350 < a < 500$	۴۰۰	۲۱۰	۴۷/۵		۸	۴	۳۲	۲۰۰	۶۴۰۰=۳۲*۲۰۰	۲۳۳۶	۱۲/۵
۱۸	بافت قدیم حوزه ۳ نعیم آباد، $200 < a < 300$	۲۵۰	۱۵۰	۴۰		۲	۲	۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۸*۲۰۰	۵۸۴	۳۱/۲۵
۱۹	بافت قدیم حوزه ۳ نعیم آباد، $300 < a < 400$	۳۵۰	۱۷۵	۵۰		۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶	۲۹/۱۶
۲۰	بافت قدیم حوزه ۳ نعیم آباد، $400 < a < 2500$	۴۵۰	۲۳۶	۴۷/۵		۸	۴	۳۲	۲۰۰	۶۴۰۰=۳۲*۲۰۰	۲۳۳۶	۱۴/۰۶
۲۱	بافت قدیم حوزه ۳ کشتارگاه، $160 < a < 300$	۲۵۰	۱۶۰	۳۵		۴	۲	۱۶	۲۰۰	۳۲۰۰=۱۶*۲۰۰	۱۱۶۸	۱۵/۶۲
۲۲	بافت قدیم حوزه ۳ کشتارگاه، $300 < a < 400$	۳۵۰	۱۹۰	۴۵		۵	۳	۰	۲۰۰	۴۰۰۰=۲۰*۲۰۰	۱۴۶۰	۱۷/۵
۲۳	بافت قدیم حوزه ۳ کشتارگاه، $400 < a < 500$	۴۰۰	۲۵۰	۴۵		۸	۴	۳۲	۲۰۰	۶۴۰۰=۳۲*۲۰۰	۲۳۳۶	۱۴/۰۶

دستیابی به الگوی ساخت مسکن و تراکم متناسب با رویکرد حفاظت آب....

۴-۲-۴- ارزیابی به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان

در اقلیم کم‌بارش در سایر نمونه‌ها:

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

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

ردیف	$\sum in$ متوسط میزان مصرف آب سالانه (هزار لیتر)	$\sum in$ متوسط جمع کل آب جمع‌آوری‌شده و احیاء شده سالانه			$\sum out$ متوسط میزان مصرف آب سالانه (هزار لیتر)	ردیف		
		میزان 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 فاضلاب خاکستری			نسبت آب جمع‌آوری‌شده با راهبرد جمع‌آوری آب به کل میزان مصرف سالانه	
۱	۵۸۴	۳۶۰۷/۲	۲۲۵۴/۵	۳۲۷۰۴۰	۲۵۱۰۹۹	۱/۰۰ ۵۷	۱/۰۰ ۵۷	$\frac{2254.5}{3607.2 + 2254.5} = 1.00\%$ (۳۶۰۷/۲+۲۲۵۴/۵)
۲	۸۷۶	۴۷۹۵	۴۴/۹۵	۴۹۰۵۶۰	۳۷۶۱۵۰	۱/۰۶ ۵۷	۱/۰۶ ۵۷	$\frac{44.95}{4795 + 44.95} = 1.06\%$ (۴۷۹۵+۴۴۹۵)
۳	۲۳۳ ۶	۶۸۵۰	۶۴۲۲	۱۳۰۸۱۶۰	۵۸۸	۱/۵۶ ۵۶	۱/۵۶ ۵۶	$\frac{6422}{2336 + 6422} = 1.56\%$ (۶۸۵۰+)
۴	۵۸۴	۴۲۸۱	۶۴۲۲	۱۳۰۸۱۶۰	۲۵۰۰۴	۱/۱۹ ۵۷	۱/۱۹ ۵۷	$\frac{6422}{42 + 2675} / 584 \times 100 = 1.19\%$ (۸۱)
۵	۸۷۶	۵۱۳۷	۳۲۱۰	۴۹۰۵۶۰	۳۷۷۰۹۳	۱/۹۵ ۵۶	۱/۹۵ ۵۶	$\frac{3210}{51 + 3210} / 876 \times 100 = 1.95\%$ (۳۷)
۶	۸۷۶	۴۱۰۹	۳۸۵۲	۴۹۰۵۶۰	۳۷۷۴۷۸	۱/۹۰ ۵۶	۱/۹۰ ۵۶	$\frac{3852}{41 + 3853} / 876 \times 100 = 1.90\%$ (۰۹)
۷	۱۱۶ ۸	۵۴۸۰	۵۱۳۷	۶۵۴۰۸۰	۵۰۳۳۰۳	۱/۹۰ ۵۶	۱/۹۰ ۵۶	$\frac{5137}{5 + 5137} / 1168 \times 100 = 1.90\%$ (۴۸۰)
۸	۸۷۶ ۰	۵۱۳۷	۳۲۱۰	۴۹۰۵۶۰	۳۷۷۰۹۳	۱/۹۵ ۵۶	۱/۹۵ ۵۶	$\frac{3210}{51 + 3210} / 876 \times 100 = 1.95\%$ (۳۷)
۹	۱۷۵ ۲	۸۵۶۲	۵۳۵۱	۹۸۱۱۲۰	۷۵۶۹۶۷	۱/۷۹ ۵۶	۱/۷۹ ۵۶	$\frac{5351}{8 + 5351} / 1752 \times 100 = 1.79\%$ (۵۶۲)

/۴۷ ۵۶	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۱۵۲۵۰۶۴	۱۹۶۲۲۴۰	۶۴۲۲	۱۰۲۷۴	۳۵۰ ۴	۱۰
/۷۲ ۵۸	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۱۲۰۵۱۸	۱۶۳۵۲۰	۳۸۵۳	۴۱۰۹	۲۹۲ ۰	۱۱
/۲۴ ۵۸	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۲۴۳۸۶۰	۳۲۷۰۴۰	۳۸۵۳	۹۲۴۷	۵۸۴	۱۲
/۹۵ ۵۶	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۲۵۱۳۹۵	۳۲۷۰۴۰	۲۱۴۰	۳۴۲۵	۵۸۴	۱۳
/۰۱ ۵۷	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۳۷۶۵۳۵	۴۹۰۵۶۰	۳۴۲۵	۵۴۸۰	۸۷۶	۱۴
/۰۱ ۵۷	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۲۵۱۰۱۰	۳۲۷۰۴۰	۱۴۹۸	۴۴۵۲	۵۸۴	۱۵
/۹۷ ۵۶	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۳۷۶۸۹۹	۴۹۰۵۶۰	۲۸۹۰	۵۶۵۱	۸۷۶	۱۶
/۴۸ ۵۶	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۱۰۱۶۵۸۱	۱۳۰۸۱۶۰	۴۰۶۷	۷۱۹۲	۲۳۳ ۶	۱۷
/۲۴ ۵۷	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۲۴۹۶۸۳	۳۲۷۰۴۰	۲۱۴۰	۵۱۳۷	۵۸۴	۱۸
/۱۱ ۵۷	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۳۷۵۷۰۱	۴۹۰۵۶۰	۳۷۴۶	۵۹۹۳	۸۷۶	۱۹
/۵۴ ۵۶	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۱۰۱۵۱۷۷	۱۳۰۸۱۶۰	۴۵۸۱	۸۰۸۲	۲۳۳ ۶	۲۰
/۶۳ ۵۶	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۵۰۶۵۱۴	۶۵۴۰۸۰	۱۹۲۶	۵۴۸۰	۱۱۶ ۸	۲۱
/۶۸ ۵۶	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۶۳۲۴۶۸	۸۱۷۶۰۰	۳۴۲۵	۶۵۰۷	۱۴۶	۲۲
/۵۴ ۵۶	=	$\frac{\%}{\%} \cdot \frac{1}{100}$	۱۰۱۴۹۹۷	۱۳۰۸۱۶۰	۴۲۸۱	۸۵۶۲	۲۳۳ ۶	۲۳

۳-۴- ارزیابی به کارگیری استراتژی های جمع آوری 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 می گیرد.

۱-۳-۴- 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 سال های ۱۳۹۶-۱۳۹۷-۱۳۹۸ تا سال ۱۳۹۵، میانگین بارش به عنوان مبنای محاسبه قرار گرفت؛ اما اطلاعات غیر رسمی نشان می دهد میانگین بارش ۳ سال ذکر شده، تقریباً تغییر قابل ملاحظه ای نداشته است:

جدول ۹: متوسط میزان بارندگی سال آبی در گرگان و ساری در ۱۰ سال اخیر (۱۳۸۶-۱۳۹۵) (منبع: www.irimo.ir)

گرگان	میزان بارندگی سال آبی متوسط	متوسط بارندگی ۱۰ سال mm ۵۹۱								
		متوسط بارندگی ۱ ساله mm								
ساری <td rowspan="2">میزان متوسط بارندگی سال آبی</td> <td>۶۰۸</td> <td>۴۷۳٫۲</td> <td>۵۶۶٫۳</td> <td>۷۰۰٫۴</td> <td>۹۸۵٫۲</td> <td>۶۴۰٫۶</td> <td>۶۲۰٫۶</td> <td>۶۸۸٫۶</td> <td>۳۳۸</td>	میزان متوسط بارندگی سال آبی	۶۰۸	۴۷۳٫۲	۵۶۶٫۳	۷۰۰٫۴	۹۸۵٫۲	۶۴۰٫۶	۶۲۰٫۶	۶۸۸٫۶	۳۳۸
		سال بارندگی mm								
ساری <td rowspan="2">میزان متوسط بارندگی سال آبی</td> <td>-۹۵</td> <td>-۹۴</td> <td>-۹۳</td> <td>-۹۲</td> <td>-۹۱</td> <td>-۹۰</td> <td>-۸۹</td> <td>-۸۸</td> <td>-۸۷</td>	میزان متوسط بارندگی سال آبی	-۹۵	-۹۴	-۹۳	-۹۲	-۹۱	-۹۰	-۸۹	-۸۸	-۸۷
		۹۴	۹۳	۹۲	۹۱	۹۰	۸۹	۸۸	۸۷	۸۶
گرگان <td rowspan="2">میزان متوسط بارندگی سال آبی</td> <td colspan="9">متوسط بارندگی ۱۰ سال mm ساری ۷۱۸۱۹</td>	میزان متوسط بارندگی سال آبی	متوسط بارندگی ۱۰ سال mm ساری ۷۱۸۱۹								
		میزان بارندگی ۱ ساله mm								
ساری <td rowspan="2">میزان متوسط بارندگی سال آبی</td> <td>۶۲۲٫۲</td> <td>۵۹۳٫۲</td> <td>۷۷۳٫۱</td> <td>۷۵۰٫۸</td> <td>۹۴۲٫۸</td> <td>۵۷۵٫۶</td> <td>۸۲۶٫۲</td> <td>۷۸۷٫۲</td> <td>۵۹۹</td>	میزان متوسط بارندگی سال آبی	۶۲۲٫۲	۵۹۳٫۲	۷۷۳٫۱	۷۵۰٫۸	۹۴۲٫۸	۵۷۵٫۶	۸۲۶٫۲	۷۸۷٫۲	۵۹۹
		سال بارندگی mm								
ساری <td rowspan="2">میزان متوسط بارندگی سال آبی</td> <td>-۹۵</td> <td>-۹۴</td> <td>-۹۳</td> <td>-۹۲</td> <td>-۹۱</td> <td>-۹۰</td> <td>-۸۹</td> <td>-۸۸</td> <td>-۸۷</td>	میزان متوسط بارندگی سال آبی	-۹۵	-۹۴	-۹۳	-۹۲	-۹۱	-۹۰	-۸۹	-۸۸	-۸۷
		۹۴	۹۳	۹۲	۹۱	۹۰	۸۹	۸۸	۸۷	۸۶

۲-۳-۴- مشخصات دو نمونه گرگان و ساری

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

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

مورد مشخصات ساختمان	گرگان	ساری
متر از زمین مترمربع	۳۷۰	۲۲۰
سطح ساخت مترمربع	(%) ۲۲۲	۱۸۰
جیات مترمربع	(%) ۱۴۸	۴۰
تعداد واحد	۸	۶
جمع کل افراد ساکن نفر	۲۴	۱۵
متوسط میزان آب در یک سال لیتر	۱.۱۳۲.۵۹۵	۷۷۵۱۸۵
متوسط میزان مصرف آب در یک روز لیتر	۳۱۰۰	۲۰۶۹
متوسط سرانه مصرف آب در یک روز لیتر	۱۳۰	۱۳۸
سرانه زمین برای هر نفر متر مربع	۱۵.۴۱	۶۶۶۶

۳-۳-۴- ارزیابی به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم پربارش دو نمونه گرگان و ساری

ارزیابی به کارگیری 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 به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان در اقلیم پربارش (نمونه گرگان و ساری)

درصد کاهش میزان مصرف آب سالانه	نسبت آب جمع آوری شده با راهبرد جمع آوری آب به کل مصرف سالانه	میزان متوسط سالانه کمبود آب جهت N.Z.W.B لیتر	میانگین جمع‌آوری شده و احیای سالانه			Σin متوسط جمع کل آب جمع‌آوری شده و احیای سالانه	Σout متوسط میزان مصرف آب سالانه لیتر	نمونه گرگان
			میزان متوسط سالانه تأمین آب از تصفیه فاضلاب خاکستری لیتر	متوسط حجم آب باران در محوطه در یک سال به لیتر	متوسط حجم آب باران قابل ذخیره در سقف در یک سال به لیتر			
۷۰٪	۱۳/۱۲٪	۳۴۹۶۴۶	۶۳۴۲۵۳	۴۳۷۳۴	۱۰۴۹۶۲	۱۰۱۳۲۰۵۹۵	اول	
۷۱/۲٪	۱۵/۶۱٪	۲۲۳۱۸۱	۴۳۴۱۰۴	۱۴۳۷۸	۱۰۳۵۲۲	۷۷۵۰۱۸۵	دوم ساری	

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

۴-۴- مقایسه 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 به کارگیری 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 مقایسه 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 کارا تر است. از طرفی در مناطق پربارش، استراتژی جمع‌آوری آب باران تأثیر قابل توجهی در رویکرد حفاظت آب دارد و ستون سرانه زمین برای هر نفر نشان می‌دهد افزایش سرانه 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: مقایسه کمی به کارگیری استراتژی‌های جمع‌آوری آب باران و احیای آب خاکستری در ساختمان نمونه‌های موردی در شهر یزد و گرگان و ساری

ردیف	شهر	متر از زمین مترمربع	سطح ساخت		حیات		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	مترمربع	درصد	مساحت (متر مربع)	واحد	طبقه							
۱	یزد	۲۰۰	۵۰	۱۰	۵۰	۱۰	۲	۲	۸	۱۰۰	۱۶۰۰=۲*۸	۵۸۴۰۰۰	۲۵	۱۰۰	۱
۲	یزد	۳۵۰	۴۰	۱۴	۶۰	۲۱	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲/۱	۱۰۰	۱
۳	یزد	۵۰۰	۴۰	۲۰	۶۰	۳۰	۸	۴	۳۲	۲۰۰	۶۴۰۰=۳۲*۲۰۰	۲۳۳۶۰۰	۱/۲	۱۰۰	۱
۴	یزد	۲۵۰	۵۰	۱۲	۵۰	۱۲	۲	۲	۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۲*۸	۵۸۴۰۰۰	۱/۲۵	۱۰۰	۱
۵	یزد	۳۰۰	۵۰	۱۵	۵۰	۱۵	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲/۲۵	۱۰۰	۱
۶	یزد	۳۰۰	۴۰	۱۲	۶۰	۱۸	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲/۲۵	۱۰۰	۱
۷	یزد	۴۰۰	۴۰	۱۶	۶۰	۲۴	۴	۴	۱۶	۲۰۰	۳۲۰۰=۱۶*۲۰۰	۱۱۶۸۰۰	۲/۲۵	۱۰۰	۱
۸	یزد	۳۰۰	۵۰	۱۵	۵۰	۱۵	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲/۲۵	۱۰۰	۱
۹	یزد	۵۰۰	۵۰	۲۵	۵۰	۲۵	۶	۶	۲۴	۲۰۰	۴۸۰۰=۲۴*۲۰۰	۱۷۵۲۰۰	۱/۸۳	۱۰۰	۱
۱۰	یزد	۶۰۰	۵۰	۳۰	۵۰	۳۰	۱۲	۴	۴۸	۲۰۰	۹۶۰۰=۴۸*۲۰۰	۲۵۰۴۰۰	۱/۵	۱۰۰	۱
۱۱	یزد	۳۰۰	۴۰	۱۲	۶۰	۱۸	۴	۴	۴	۲۰۰	۸۰۰=۴*۲۰۰	۲۹۲۰۰۰	۷/۵	۱۰۰	۱
۱۲	یزد	۴۵۰	۶۰	۲۷	۴۰	۱۸	۴	۴	۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۲*۸	۵۸۴۰۰۰	۵۶/۲	۱۰۰	۱
۱۳	یزد	۲۰۰	۵۰	۱۰	۵۰	۱۰	۲	۲	۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۲*۸	۵۸۴۰۰۰	۲۵	۱۰۰	۱
۱۴	یزد	۴۰۰	۴۰	۱۶	۶۰	۲۴	۳	۳	۱۲	۲۰۰	۲۴۰۰=۱۲*۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۱/۳۳	۱۰۰	۱
۱۵	یزد	۲۰۰	۶۵	۱۳	۳۵	۷۰	۲	۲	۸	۲۰۰	۱۶۰۰=۲*۸	۵۸۴۰۰۰	۲۵	۱۰۰	۱

۱۶	یزد	۳۰۰	۵۵	۱۶	۴۵	۱۳	۳	۳	۱۲	۲۰۰	*۱۲=۲۴۰۰ ۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۲۵	۹۷	۹۷
۱۷	یزد	۴۰۰	۵/۵	۲۱	۴/۵	۱۹	۸	۴	۳۲	۲۰۰	*۳۲=۶۴۰۰ ۲۰۰	۲۳۳۶۰۰	۱/۵	۴۸	۴۸
۱۸	یزد	۲۵۰	۶۰	۱۵	۴۰	۱۰	۲	۲	۸	۲۰۰	*۸=۱۶۰۰ ۰	۵۸۴۰۰۰	۲۵	۲۴	۲۴
۱۹	یزد	۳۵۰	۵۰	۱۷	۵۰	۱۷	۳	۳	۱۲	۲۰۰	*۱۲=۲۴۰۰ ۲۰۰	۸۷۶۰۰۰	۱/۱۶	۱۱	۱۱
۲۰	یزد	۴۵۰	۵/۵	۲۳	۴/۵	۲۱	۸	۴	۳۲	۲۰۰	*۳۲=۶۴۰۰ ۲۰۰	۲۳۳۶۰۰	۱/۰۶	۵۴	۵۴
۲۱	یزد	۲۵۰	۶۵	۱۶	۳۵	۹۰	۴	۴	۱۶	۲۰۰	*۱۶=۳۲۰۰ ۲۰۰	۱۱۶۸۰۰	۱/۶۲	۶۳	۶۳
۲۲	یزد	۳۵۰	۵۵	۱۹	۴۵	۱۶	۵	۳	۲۰	۲۰۰	*۲۰=۴۰۰۰ ۲۰۰	۱۴۶۰۰۰	۱/۵	۶۸	۶۸
۲۳	یزد	۴۵۰	۵۵	۲۵	۴۵	۲۰	۸	۴	۳۲	۲۰۰	*۳۲=۶۴۰۰ ۲۰۰	۲۳۳۶۰۰	۱/۰۶	۵۴	۵۴
۲۴	گرگان ن	۳۷۰	۶۰	۲۲	۴۰	۱۴	۸	۴	۲۴	۱۳۰	*۲۴=۳۱۰۳ ۱۳۰	۱۱۳۲۵۹	۱/۴۱	۱۲	۷۰
۲۵	ساری	۲۲۰	۸۰	۱۸	۵۰	۴۰	۶	۳	۱۵	۱۳۸	۲۰۶۹	۷۷۵۱۸۵	۱/۶۶	۶۱	۷/۲

۵- نتیجه گیری

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 ارائه الگوی مسکن و تراکم مناسب جهت تحقق این امر را شامل می‌شود. جهت ارزیابی، انتخاب نمونه‌ها به صورت غیرتصادفی و از نوع نمونه‌گیری موردی به صورت هدفمند و اطلاعات محور بوده است. شهر یزد به عنوان 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 و گرگان به عنوان نمونه‌های موردی در اقلیم پر بارش 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 به دلیل 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، به طور متوسط زیر یک درصد است، ولی این عدد با افزایش سرانه زمین برای هر نفر، نسبت مستقیم دارد؛ به گونه‌ای که برای سرانه 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 در گرگان و ساری نسبت به یزد، به شدت افزایش یافته و تقریباً بالای ۱۳ درصد از مصرف سالانه 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 هزینه بالای احیا دفع می‌گردد، ولی آب خاکستری با توجه به قابلیت استفاده 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 پر بارش، 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 و ساری با اقلیم پر بارش، راهبرد مناسب جهت حفاظت آب، جمع‌آوری آب باران است؛ پس مناسب‌ترین سیاست‌گذاری مسکن جهت دستیابی به رویکرد حفاظت آب، کاهش نفر در هکتار و کاهش تراکم ساختمانی خواهد بود.

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

۱۳- الگوی مناسب تراکم مسکونی در شهرهای گرگان و ساری با اقلیم پر بارش، 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؛ تقیان، بهرام؛ صادقیان، محمد صادق. (۱۳۸۸). مقاله ارزیابی عملکرد سطوح آبرگیر پشت بام ساختمان‌های مسکونی در تأمین نیاز غیر شرب ساکنین در شهرهای ساحلی کشور، مجله علمی مهندسی منابع آب، سال ششم، زمستان ۱۳۹۲، ۱-۱۵.
- 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 فاضلاب 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. تحقیقات منابع آب ایران. سال پانزدهم شماره ۴، ۳۳۹ - ۳۲۸.
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۹۵). اقلیم و معماری، انتشارات نشرخاک.
- مرزبان، حسین؛ صدراپی جواهری، احمد؛ ضیایی، منصور؛ ناظم السادات، سید محمد جعفر؛ کریمی، لیلان. (۱۳۹۸). بررسی وضعیت منابع و مصارف آب در ایران و راهکارهای بهبود وضعیت، مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۰، 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., Solyali, O., & Akintuğ, 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). Watery project: Towards a rational use of water in greenhouse agriculture and sustainable architecture. *Desalination.* 211(1-3), 296-303.

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 kheyli¹, Niloufar Nikghadam^{2*}, Seyed Majid Mofidi Shemirani³

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.