

مجموعه مقالات تحقیقاتی پروژه شهرهای جوان، جلد یازدهم

ساختمان‌های اداری انرژی کارا بهره‌وری انرژی با طراحی معماری

دکتر فرشاد نصراللهی

ساختمان‌های اداری انرژی‌کارا بهره‌وری انرژی با طراحی معماری

مجموعه مقالات تحقیقاتی پروژه شهرهای جوان، جلد یازدهم

دکتر فرشاد نصراللهی



قدردانی

کتاب و از خانم‌ها مونا مشهدی میرزا، فاطمه اکرمی ابرقویی و زهراسادات زمردیان برای همکاری در تصحیح زبانی و نگارشی این کتاب کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

برلین، شهریور ۱۳۹۳

دکتر فرشاد نصراللهی

استاد مهمان دانشگاه هنر برلین و مدرس دانشگاه هنر اصفهان

کتاب «ساختمان‌های اداری انرژی‌کارا - بهره‌وری انرژی با طراحی معماری»، به معماری به عنوان یکی از جنبه‌های در هم تنیده مرتبط با بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها شامل معماری، فیزیک ساختمان، سیستم‌های تهویه مطبوع و سیستم‌های تولید انرژی می‌پردازد و نتایج پژوهش‌های مولف در زمینه بهره‌وری انرژی با استفاده از طراحی معماری را ارائه می‌نماید. این پژوهش‌ها در پروژه تحقیقاتی شهرهای جوان (*Young Cities*) انجام شده است و از آنجا که این پروژه پژوهشی و همچنین انتشار این کتاب توسط وزارت آموزش و تحقیقات دولت فدرال آلمان (*BMBF*) تامین مالی گردیده، از این وزارتخانه برای این حمایت مالی صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از دانشگاه فنی برلین (*TU Berlin*) و انتشارات این دانشگاه، برای انتشار کتاب خود با عنوان *Green Office Buildings* و کتاب حاضر به عنوان ویراستی جدید و تکمیل شده از کتاب مذکور به زبان فارسی، تشکر می‌نمایم. لازم است از پروفسور دکتر رودلف شفر (*Prof. Dr. Rudolf Schäfer*) مدیر پروژه پژوهشی شهرهای جوان نیز به خاطر کمک به پیشرفت این پروژه تشکر گردد. همچنین از آنجا مولف غالب پژوهش‌های انجام شده برای تألیف این کتاب را در موسسه «تکنولوژی ساختمان و طراحی معماری» دانشگاه فنی برلین انجام داده، از مدیریت این موسسه، پروفسور کلوک اشتفان (*Prof. Claus Steffan*) بخاطر حمایت از پژوهش‌های انجام شده و همچنین برای توصیه‌های مفید وی در روند طراحی ساختمان اداری نسل جدید تشکر می‌گردد.

در اینجا همچنین از دستیاران دانشجویی خود در دانشگاه فنی برلین آقای یاکوب کرس (*Jakob Kress*) برای همکاری در ترسیم نقشه‌ها و تهیه رندهای ساختمان اداری نسل جدید و از خانم زوفیا بوگوکا (*Zofia Bogucka*)، برای همکاری در ترسیم برخی از ایده‌ها و کانسپت‌های ساختمان اداری نسل جدید تشکر می‌نمایم.

لازم می‌دانم از همکار خود در گروه تحریریه مجموعه مقالات پژوهشی شهرهای جوان، خانم کرنلیا زالمن (*Cornelia Saalmann*)، به خاطر همکاری در فراهم کردن شرایط انتشار این کتاب و همچنین از گرافیکس‌های شرکت بورو-دی (*büro-d*)، بخاطر صفحه آرایی و طراحی گرافیکی کتاب، تشکر گردد. همچنین از دانشگاه هنر اصفهان به خاطر همکاری در انتشار این

The German side of the Young Cities project is partly funded by German Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

SPONSORED BY THE



Federal Ministry
of Education
and Research

Young Cities Research Paper Series, Volume 11

Edited by Technische Universität Berlin and
Road, Housing & Urban Development Research Center, Tehran

German-Iranian Research Project

Young Cities

Developing Energy-Efficient Urban Fabric in the Tehran-Karaj Region

Contact Germany

Technische Universität Berlin
www.youngcities.org

Contact Iran

BHRC Road, Housing & Urban
Development Research Center
www.bhrc.ac.ir

Universitätsverlag der TU Berlin, 2015

Design/Typesetting büro-d | Communication Design Berlin

Publisher

Universitätsverlag der TU Berlin
Universitätsbibliothek
Fasanenstr. 88
10623 Berlin | Germany
www.univerlag.tu-berlin.de

BHRC
P.O. Box 13145-1696
Sheikh Fazlollah Noori Highway
Tehran | Islamic Republic of Iran
www.bhrc.ac.ir

ISSN 2193-6099 (Print)

ISSN 2193-6102 (Online)

ISBN 978-3-7983-2733-7 (Print)

ISBN 978-3-7983-2734-4 (Online)

*Simultaneously published online on the Digital Repository
of the Technische Universität Berlin*

URN urn:nbn:de:kobv:83-opus4-59313

http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:83-opus4-59313

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the
Internet at <http://dnb.dnb.de>

Young Cities Research Paper Series

Editors: Rudolf Schäfer, Farshad Nasrollahi, Holger Ohlenburg,
Cornelia Saalman, Florian Stellmacher

List of Volumes

01 Accomplishments and Objectives (in Farsi)

*Rudolf Schäfer, Tayebbeh Parhizkar, Farshad Nasrollahi,
Holger Ohlenburg, Ghazal Raheb, Florian Stellmacher (Eds.)*

02 Accomplishments and Objectives (in English)

*Rudolf Schäfer, Farshad Nasrollahi, Holger Ohlenburg,
Florian Stellmacher (Eds.)*

03 The Shahre Javan Community Detailed Plan

Elke Pahl-Weber, Sebastian Seelig, Holger Ohlenburg (Eds.)

04 Energy Efficient Housing for Iran

*Farshad Nasrollahi, Philipp Wehage, Effatolsadat Shahriari,
Abbas Tarkashvand*

05 Urban Challenges and Urban Design

*Elke Pahl-Weber, Sebastian Seelig, Holger Ohlenburg,
Nadine Kuhla von Bergmann (Eds.)*

06 Construction Competencies and Building Quality

Bernd Mahrin, Johannes Meyser (Eds.)

07 New Towns—Promises Towards Sustainable Urban Form

Mohammad Reza Shirazi

08 Green Office Buildings

Farshad Nasrollahi

09 Intelligent Design using Solar-Climatic Vision

Mojtaba Samimi, Farshad Nasrollahi

10 Guideline for Sustainable Energy Efficient Architecture & Construction

Klaus Rückert, Effatolsadat Shahriari

11 Energy Efficient Office Buildings (in Farsi)

Farshad Nasrollahi

All texts are based on scientific research performed within the
Young Cities Project. All pictures, tables and graphics are courtesy
of the respective article's authors, unless otherwise mentioned.

This document is licensed under Creative Commons Attribution 3.0
Germany — <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/>

۷. محدوده آسایش حرارتی	۵۸	۸. مقاومت حرارتی بهینه پوسته حرارتی ساختمان	۸۳
۷.۱. دمای گرمایش	۵۸	۹. طراحی معماری	۸۵
۷.۲. دمای سرمایش	۵۹	۱۰. ایده‌های طراحی ساختمان اداری نسل جدید	۸۶
۷.۳. محدوده آسایش حرارتی (دمای گرمایش و سرمایش)	۶۰	۱۰.۱. فرم شهری بهینه	۸۶
۷.۴. نتیجه‌گیری	۶۲	۱۰.۲. فرم بهینه ساختمان	۸۸
۸. تعویض ناخواسته هوا	۶۳	۱۰.۳. سایبان‌های ثابت نوآورانه	۸۸
۸.۱. انرژی گرمایشی	۶۴	۱۰.۴. تهویه طبیعی	۹۰
۸.۲. انرژی سرمایشی	۶۴	۱۰.۵. بازتابنده‌های خورشیدی	۹۱
۸.۳. انرژی کل	۶۵	۱۰.۶. سیستم تهویه مکانیکی با بازیافت حرارت	۹۲
۸.۴. انرژی اولیه	۶۶	۱۰.۷. بام سبز	۹۳
۸.۵. نتیجه‌گیری	۶۶	۱۰.۸. معماری نیمه شفاف	۹۴
فصل سوم: ساختمان اداری نسل جدید		۱۱. مصرف انرژی ساختمان اداری نسل جدید	۹۵
طراحی یک ساختمان انرژی کارای اقتصادی		۱۲. انتشار گاز دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید	۹۸
۱. اهداف و راهبردها	۷۰	۱۳. نقشه‌های معماری و پرسپکتیوها	۱۰۰
۲. روش تحقیق	۷۱	فصل چهارم: ضوابط	
۳. سایت ساختمان	۷۱	۱۲۲. فهرست منابع	۱۲۳
۳.۱. استفاده بهینه از سایت ساختمان	۷۲	۱۲۴. فهرست تصاویر	۱۲۴
۴. تحقیقات نظری	۷۵	۱۲۸. فهرست جداول	۱۲۸
۵. برنامه فیزیکی	۷۶	کنسرسیوم آلمانی و ایرانی پروژه پژوهشی شهرهای جوان	۱۲۹
۵.۱. برنامه فیزیکی بر اساس ضوابط کشور آلمان	۷۶	درباره مولف	۱۳۰
۵.۲. برنامه فیزیکی بر اساس ضوابط کشور ایران	۷۹		
۵.۳. مقایسه برنامه فیزیکی فضاها بر اساس ضوابط مختلف	۸۰		
۶. مصالح ساختمان	۸۲		
۷. آسایش حرارتی	۸۲		

فہرست مطالب

فصل اول: تحلیل اقلیم		۳. کشیدگی ساختمان	۳۲
اقلیم شهر جدید هشتگرد		۳.۱. انرژی گرمایشی	۳۲
۱. مقدمه		۳.۲. انرژی سرمایشی	۳۲
۲. فاکتورهای اقلیمی در شهر جدید هشتگرد		۳.۳. انرژی روشنایی	۳۳
۲.۱. دمای هوا		۳.۴. انرژی کل	۳۳
۲.۲. رطوبت نسبی هوا		۳.۵. انرژی اولیه	۳۳
۲.۳. باد		۳.۶. نتیجه‌گیری	۳۳
۲.۴. نمودار سایکرومتریک		۴. تعداد طبقات	۳۵
۲.۵. نمودار جدول زمانی دما		۴.۱. انرژی گرمایشی	۳۵
۲.۶. نمودار خورشیدی و نمودار سایه اندازی		۴.۲. انرژی سرمایشی	۳۵
		۴.۳. انرژی روشنایی	۳۵
فصل دوم: بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا		۴.۴. انرژی کل	۳۶
ویژگی‌های معماری و مصرف انرژی ساختمان‌ها		۴.۵. انرژی اولیه	۳۶
۱. بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا		۴.۶. نتیجه‌گیری	۳۶
۱.۱. معیار بهره‌وری انرژی		۵. مساحت پنجره‌ها	۳۸
۱.۲. نتیجه‌گیری		۵.۱. نسبت سطح پنجره به دیوار در تمام جهت‌ها برای پنجره‌های بدون سایبان	۳۸
۱.۳. کاربرد معماری انرژی‌کارا در ایران		۵.۲. نسبت سطح پنجره به دیوار در تمام جهت‌ها برای پنجره‌های با سایبان‌های خارجی	۴۱
۲. جهت‌گیری		۵.۳. مقایسه نسبت سطح پنجره به دیوار در ساختمان‌های با و بدون سایبان‌های خارجی	۴۳
۲.۱. انرژی گرمایشی		۵.۴. نسبت سطح پنجره به دیوار در نمای شمالی	۴۳
۲.۲. انرژی سرمایشی		۵.۵. نسبت سطح پنجره به دیوار در نمای شرقی و غربی	۴۵
۲.۳. انرژی روشنایی		۵.۶. نتیجه‌گیری	۴۷
۲.۴. مقایسه مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی		۶. سایبان	۴۸
۲.۵. انرژی کل			
۲.۶. انرژی اولیه		۶.۱. سایبان‌های افقی	۴۸
۲.۷. مقایسه مصرف انرژی کل و انرژی اولیه		۶.۲. سایبان‌های افقی برای پنجره‌های جنوبی	۴۹
۲.۸. نتیجه‌گیری		۶.۳. فاصله سایبان‌های افقی از لبه پنجره‌های جنوبی	۵۱
		۶.۴. سایبان‌های کرکره‌ای خارجی	۵۴
		۶.۵. نتیجه‌گیری	۵۵
۲.۶. انرژی اولیه		۶.۱. سایبان‌های افقی	۴۸
۲.۷. مقایسه مصرف انرژی کل و انرژی اولیه		۶.۲. سایبان‌های افقی برای پنجره‌های جنوبی	۴۹
۲.۸. نتیجه‌گیری		۶.۳. فاصله سایبان‌های افقی از لبه پنجره‌های جنوبی	۵۱
		۶.۴. سایبان‌های کرکره‌ای خارجی	۵۴
		۶.۵. نتیجه‌گیری	۵۵

کدام از این شاخصها برای به حداقل رساندن مصرف انرژی کل و یا انرژی اولیه ساختمانها تعیین شده است.

بررسیهای انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که بهترین جهت‌گیری برای کمترین مصرف انرژی کل و انرژی اولیه ساختمان، جهت گیری جنوبی است. هرچند مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های با جهت‌گیری شمالی، به دلیل مصرف اندک انرژی سرمایشی این ساختمان‌ها، نیز کم است. کشیدگی بهینه ساختمان‌های اداری در این اقلیم زمانی است که طول ضلع جنوبی ساختمان سه برابر ضلع شرقی ساختمان باشد. همچنین تعداد طبقات، مصرف انرژی ساختمانها را بشدت تغییر می‌دهد. تعداد طبقات بهینه برای داشتن کمترین میزان انرژی کل و انرژی اولیه، دو طبقه می‌باشد.

بر اساس نتایج مربوط به سطح بهینه پنجره‌ها، جهت و سطح پنجره‌ها می‌تواند به میزان قابل توجهی بر نیاز انرژی ساختمان‌ها اثر بگذارد. برای ساختمان‌های با نسبت مساوی پنجره به سطح دیوار در همه جبهه‌ها، نسبت بهینه سطح پنجره به سطح دیوار برای ساختمان‌های بدون سایبان و با سایبان خارجی به ترتیب ۵۰٪ و ۶۰٪ می‌باشد. البته برای دستیابی به کمترین مصرف انرژی، سطح پنجره‌ها در جبهه‌های مختلف می‌بایستی متفاوت باشد. سطح بهینه پنجره‌ها به دیوارها برای دستیابی به کمترین میزان مصرف انرژی کل، برای جبهه‌های جنوبی، شرقی و غربی و جبهه شمالی به ترتیب ۶۰٪، ۱۰٪ و ۳۰٪ می‌باشد. نتایج مربوط به سایبان‌ها نشان می‌دهد که با افزایش عمق سایبان‌های ثابت افقی، مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری افزایش می‌یابد. هرچند سایبان‌های با عمقی به اندازه یک نهم ارتفاع پنجره، مصرف انرژی اولیه ساختمان‌ها را به کمترین میزان کاهش می‌دهند. همچنین این سایبان‌ها بایستی با فاصله‌ای به اندازه عمق خود، بالاتر از لبه بالایی پنجره تعبیه شوند تا اثرات منفی سایه اندازی این سایبان‌ها بر روی پنجره‌ها در دوره گرمایش به حداقل ممکن کاهش یابد. سایبان‌های پرده‌ای خارجی نیز مصرف انرژی ساختمان‌های اداری را کاهش می‌دهند. البته کارایی سایبان‌های متحرک به نحوه کنترل این سایبان‌ها بستگی داشته و تنها در صورتی سایبان‌های متحرک منجر به بهره‌وری انرژی می‌گردند، که بر حسب نیاز گرمایشی، سرمایشی و نوری کنترل شوند.

در این فصل همچنین اثر تغییرات محدوده آسایش حرارتی بر مصرف انرژی ساختمان‌های اداری بررسی شده است. بر اساس نتایج این بخش، افزایش دمای داخلی ساختمان‌ها در دوره گرمایش، منجر به افزایش عمده مصرف انرژی گرمایشی می‌گردد. همچنین کاهش دمای داخلی ساختمان‌ها در دوره سرمایش، مصرف انرژی سرمایشی را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. با افزایش یک درجه دما در دوره گرمایش و کاهش یک درجه دما در دوره سرمایش، مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان به ترتیب ۱۶/۵ و ۹/۰ درصد افزایش می‌یابد. افزایش تعویض ناخواسته هوای ساختمان نیز مصرف انرژی گرمایشی، انرژی کل و انرژی اولیه ساختمان را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد؛ درحالی‌که این تعویض تا میزان ۱/۶ بار در ساعت، منجر به کاهش و پس از آن منجر به افزایش مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد. بر این اساس، ساختمان‌ها برای داشتن کمترین میزان مصرف انرژی کل و انرژی اولیه می‌بایستی کمترین میزان ممکن نرخ تعویض هوا را داشته باشند.

فصل سوم کتاب، روند طراحی ساختمان اداری نسل جدید، به عنوان یک ساختمان پابلوت انرژی‌کارا و اقتصادی را ارائه می‌دهد. کاربرد راهکارهای حاصل از روش بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا در طراحی این ساختمان اداری، منجر به صرفه‌جویی ۵۰ درصدی مصرف انرژی گردیده است. کاربرد برخی ایده‌های جدید صرفه‌جویی انرژی، شامل فرم شهری و فرم ساختمانی بهینه، سایبان‌های ثابت نوآورانه، ترکیب تهویه طبیعی و سرمایش تبخیری، بازتابنده‌های خورشیدی، سیستم مکانیکی بازیافت حرارت و بام سبز، منجر به صرفه‌جویی انرژی بیشتری در این ساختمان شده است.

منابع داخلی ساختمان برای گرمایش ساختمان‌ها در این اقلیم بسیار مهم است. همچنین استفاده از سایبان‌ها و تهویه طبیعی نیز اقداماتی ضروری برای سرمایش غیرفعال در این اقلیم می‌باشند. در شهر جدید هشتگرد، سرمایش تبخیری می‌تواند تقریباً همه نیاز به سرمایش ساختمان‌ها را پوشش دهد.

از آنجا که صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها با استفاده از راهکارهای هزینه بر و انرژی بر، منجر به مصرف عمده منابع برای تولید مصالح و همچنین انتشار گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از مصرف انرژی و پروسه تولید مصالح می‌گردد، ابتدا بایستی از راهکارهایی که تا حد امکان منجر به افزایش مصرف منابع و انتشار گاز دی‌اکسید کربن نمی‌گردند و هزینه سرمایه‌گذاری ساختمان را افزایش نمی‌دهند، استفاده نمود. کاربرد این راهکارها منجر به دستیابی به بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری در استفاده از منابع برای دستیابی به ساختمان‌های انرژی‌کارا می‌گردد.

به دلیل اینکه طراحی معماری بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان و در نتیجه بر مصرف انرژی اولیه و میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن و هزینه‌های چرخه حیات ساختمان اثر می‌گذارد، با یک طراحی معماری هوشمندانه و انرژی‌کارا می‌توان مصارف انرژی ساختمان و هزینه‌های مرتبط با آن را کاهش داد و این بهترین روش برای دستیابی به ساختمان‌های اقتصادی انرژی‌کارا می‌باشد. بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا، بعنوان یک روش برای بهینه کردن طراحی معماری با هدف به حداقل رساندن مصرف انرژی، می‌تواند برای ساختمان‌های با کاربری مختلف و نیز اقلیم‌های مختلف استفاده گردد. راهکارهای استخراجی از این روش برای ساختمان‌های با کاربری‌های متفاوت می‌تواند بصورت ضوابطی برای طراحی شهری و طراحی معماری ساختمان‌ها در اقلیم‌های متفاوت تدوین گردد. در فصل دوم این کتاب، روش بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا در ساختمان‌های اداری در شرایط اقلیمی منطقه تهران، بکار گرفته شده است. در این بخش شاخص‌های معماری و ساختمانی موثر بر مصرف انرژی ساختمان‌ها همچون جهت گیری، کشیدگی ساختمان، تعداد طبقات، مساحت پنجره‌ها، انواع سایبان‌ها، محدوده آسایش حرارتی و تعویض ناخواسته هوای ساختمان مورد مطالعه قرار گرفته و اثر آنها بر مصارف مختلف انرژی ساختمان‌های اداری بررسی شده و میزان بهینه هر

بدلیل کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و تخریب محیط زیست جهانی، که غالباً ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است، کاهش مصرف انرژی امری مهم و ضروری است. افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی نیز بر اهمیت کاهش مصرف انرژی می‌افزاید. از آنجا که حدود ۴۰ درصد انرژی جهان توسط بخش ساختمان مصرف می‌گردد، معرفی و بکارگیری ساختمان‌های انرژی‌کارا می‌تواند مصرف جهانی انرژی را کاهش دهد.

ساخت ساختمان‌های کم انرژی مهمترین راهکار برای کاهش مصرف انرژی ساختمان‌هاست. از آنجا که هر سه جنبه معماری ساختمان، مقاومت پوسته حرارتی ساختمان و نوع و بازدهی سیستم‌های تاسیساتی ساختمانی بر مصرف انرژی ساختمان‌ها موثرند، از هر یک از این سه جنبه می‌توان برای کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها استفاده نمود. جنبه‌ای از ساختمان که بایستی در درجه اول برای کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها مورد توجه واقع گردد، جنبه معماری است. برای دستیابی به طراحی معماری انرژی‌کارا، پتانسیل‌ها و محدودیت‌های اقلیم بایستی شناخته شده و معماری ساختمان با توجه و منطبق بر شرایط اقلیمی طراحی گردد. از اینرو اولین قدم در طراحی انرژی‌کارا، آگاهی دقیق از شرایط اقلیمی و تعیین پتانسیل‌ها و امکان‌های اقلیم محل قرارگیری ساختمان، برای دستیابی به یک معماری مبتنی و پاسخگو به اقلیم و در نتیجه یک معماری انرژی‌کارا است. بنابراین اولین گام در مسیر دسترسی به یک معماری انرژی‌کارا، تحلیل دقیق داده‌های اقلیمی و استفاده از تمام ابزارهایی است که شناخت شرایط اقلیمی را امکان‌پذیر می‌نماید. از آنجا که تعداد داده‌های اطلاعات اقلیمی ساعتی هر اقلیم، بسیار زیاد می‌باشند، برای شناخت یک اقلیم می‌بایستی از نمودارهای مربوط به اقلیم استفاده نمود. این نمودارها شامل نمودار بیوکلماتیک ساختمان، نمودار سایکرومتریک، گلباد، نمودار خورشیدی و نمودار سایه اندازی می‌باشند.

فصل اول این کتاب به این مساله می‌پردازد که داده‌های اقلیمی چگونه بایستی تحلیل گردند و چه نتایجی می‌تواند از این تحلیل‌ها برای یک طراحی اقلیمی بدست آید. در این کتاب از منطقه شهر تهران و بصورت خاص از اقلیم شهر جدید هشتگرد به عنوان نمونه موردی و بستر مطالعات استفاده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که دریافت غیرفعال خورشیدی و دریافت انرژی از



ساختمان‌ها مسوول حدود چهل درصد از مصرف جهانی انرژی هستند و لذا پتانسیل صرفه جویی انرژی در آنها قابل توجه و چشمگیر است. عوامل متعددی همچون طراحی معماری، مصالح ساختمان، تجهیزات ساختمانی و سیستم‌های تهویه مطبوع، رفتار کاربران و غیره؛ میزان مصرف انرژی یک ساختمان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تقریباً همه این عوامل می‌توانند از جنبه مصرف انرژی، با استفاده از شبیه سازی انرژی و اقلیمی، بهینه شوند.

در این کتاب، توجه و تمرکز بر ساختمان‌های اداری و منطقه آب و هوایی گرم و خشک است که این تمرکز بویژه در شهر جدید هشتگرد در ایران غالب است. یافتن و ارائه راه حل و روشی برای بهینه کردن کانسپت ساختمان‌ها برای دستیابی به مصرف انرژی بسیار کم، بدون افزایش هزینه اجرای ساختمان؛ که در این کتاب ارائه شده است، بخشی از نتایج یک برنامه تحقیقاتی پنج ساله در آلمان بوده است.

این پژوهش نشان می‌دهد که طراحی معماری، مهم ترین عامل برای بهره وری و صرفه جویی انرژی در ساختمان‌ها است. فرم و هندسه ساختمان، جهت گیری و همچنین نسبت سطح پنجره به دیوار در جبهه‌های مختلف ساختمان، از جمله شاخص‌های مهم در این زمینه می‌باشد. در پژوهش‌های این کتاب، هم شرایط تابستانی و هم شرایط زمستانی مورد توجه قرار گرفته است که این مساله منجر به تامین شرایط آسایشی مطلوب در داخل ساختمان می‌گردد. بویژه تامین شرایط در تابستان، در اقلیم‌هایی با آب و هوای گرم، به همراه بار حرارتی داخلی زیاد ساختمان‌های اداری، یکی از جنبه‌های چالش برانگیز طراحی می‌باشد. بنابراین حفاظت ساختمان‌ها در مقابل تابش خورشید و سرمایش شبانه در این فرآیند، از مسائل حائز اهمیت است.

این کتاب همچنین روش‌های توسعه و ساخت ساختمان‌های اداری انرژی‌کارا در اقلیم‌های گرم را شرح می‌دهد، شرایطی که در ابرشهرهای در حال رشد سریع در آمریکای لاتین و جنوب آسیا یافت می‌گردد.

به موازات تحقیقات انجام شده و روش‌های جدید طراحی یکپارچه، نمونه‌های اولیه و ساختمانهای الگو می‌بایستی توسعه یافته، اجرا گردند و مورد سنجش واقع شوند تا به نتایج قابل اعتمادی دست یافته و این اطمینان بوجود آید که ساختمان‌های اداری به کاهش تغییرات آب و هوایی کمک می‌کنند.

پروفسور کلوس اشتفان

رئیس موسسه تکنولوژی ساختمان و طراحی معماری دانشگاه فنی برلین

این کتاب، نتایج پژوهش‌های انجام شده در زمینه بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های اداری را ارائه می‌دهد و به گام‌های مورد نیاز برای طراحی یک ساختمان انرژی‌کارا از قبیل تحلیل اقلیمی یک مکان خاص، رفتار مصرف انرژی ساختمان‌ها با توجه به شاخص‌های متفاوت معماری و ساختمانی و به روند طراحی ساختمان‌های کم انرژی می‌پردازد. این مطالعات در پروژه پژوهشی شهرهای جوان، پروژه تحقیقاتی مشترک بین آلمان و ایران، انجام شده است.

بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا، به عنوان یک روش ابداعانه صرفه جویی انرژی، روشی پارامتریک است که تاثیر شاخص‌های مختلف معماری بر میزان مصرف انرژی ساختمان‌ها را مطالعه می‌کند. در این شیوه از بهره‌وری انرژی، از مدلسازی دینامیک انرژی برای تعیین میزان بهینه شاخص‌های معماری از نظر مصرف انرژی، استفاده می‌گردد. بر اساس نتایج این پژوهش، شاخص‌های طراحی معماری بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و همچنین روشنایی ساختمانها تاثیر می‌گذارند. بنابراین استفاده از معماری انرژی‌کارا، راهی موثر برای کاهش مصرف منابع و همچنین هزینه‌های ساختمان است. کاربرد راهکارهای این شیوه از بهره‌وری انرژی در طراحی معماری ساختمان‌ها، می‌تواند به صرفه جویی انرژی بدون افزایش هزینه اجرای ساختمان‌ها منجر گردد.

تمرکز اصلی این کتاب بر ساختمان‌های اداری و از بین پروژه‌های پایلوت ساختمانی، که متودولوژی اصلی و راهبردی پروژه پژوهشی شهرهای جوان را تشکیل می‌دهند، بر ساختمان اداری نسل جدید است. قبل از هر طراحی، به منظور بررسی امکان صرفه جویی انرژی با طراحی اقلیمی در هر منطقه و نحوه دستیابی به آن، بایستی داده‌های اقلیمی این منطقه مورد تحلیل قرار گیرد که در این کتاب اطلاعات اقلیمی شهر جدید هشتگرد تحلیل شده است.

این کتاب سپس ایده سیستماتیک بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا را ارائه می‌دهد که با جزئیات به بررسی اثر شاخص‌های مختلف معماری بر مصرف انرژی ساختمان‌های اداری پرداخته و همچنین ضوابط انتخاب شاخص‌های معماری بهینه را با توجه به جنبه‌های زیست محیطی و اقتصادی حامل‌های انرژی بکار رفته برای گرمایش، سرمایش و روشنایی؛ از قبیل مصرف انرژی اولیه، انتشار گاز دی اکسید کربن، هزینه‌های انرژی، هزینه چرخه حیات ساختمان و غیره، ارائه

می‌نماید. این دیدگاه با جزئیات بیشتری در طراحی پروژه پایلوت ساختمان اداری نسل جدید بکار گرفته شده است.

این کتاب همچنین فرآیند برنامه ریزی، طراحی و توسعه یک ساختمان اداری انرژی‌کارا و اقتصادی را ارائه نموده و برخی ایده‌های خلاقانه و نوآورانه برای دستیابی به صرفه جویی انرژی در ساختمان‌ها را معرفی می‌نماید که در طراحی ساختمان اداری نسل جدید نیز بکار رفته اند.

هرچند در این کتاب، اقلیمی خاص برای طراحی پروژه پایلوت ساختمان اداری نسل جدید و نیز اعمال روش بهره‌وری انرژی با طراحی معماری انرژی‌کارا در ساختمان‌های اداری انتخاب شده است، تا کارایی این روش از بهره‌وری انرژی بررسی و مطالعه گردد، اما این روش از بهره‌وری انرژی و همچنین فرآیند طراحی را می‌توان به دیگر مناطق اقلیمی از جمله منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا نیز انتقال داد.

این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که روش بهره‌وری انرژی با طراحی معماری، روشی با ارزش و جذاب، بویژه برای شرایطی است که در آن صرفه جویی انرژی در ساختمان‌ها با استفاده از روش‌های هزینه‌بر، اقتصادی نمی‌باشد. مطالعه این کتاب به تمامی معماران توصیه می‌گردد و این کتاب می‌بایستی به مرجعی استاندارد برای همه افراد شاغل در زمینه ساخت و ساز تبدیل گردد.

پروفسور دکتر رودلف شفر

رئیس سابق دانشکده طراحی، ساخت و محیط زیست دانشگاه فنی برلین

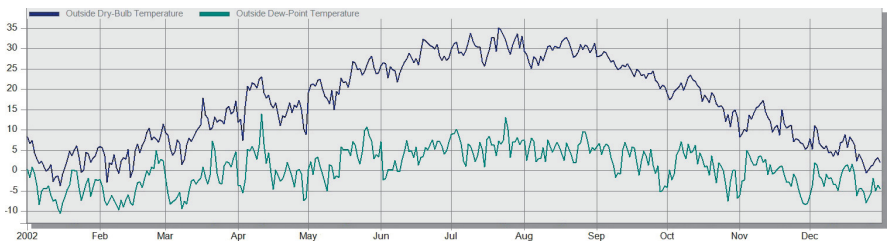
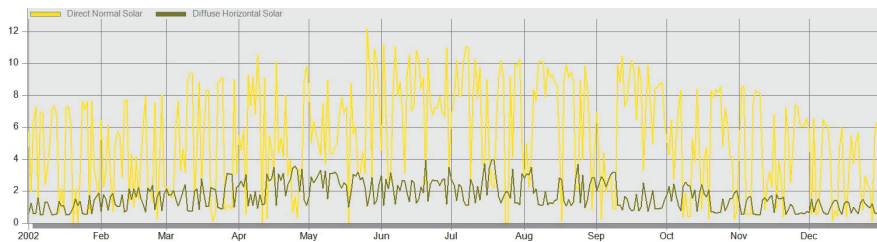
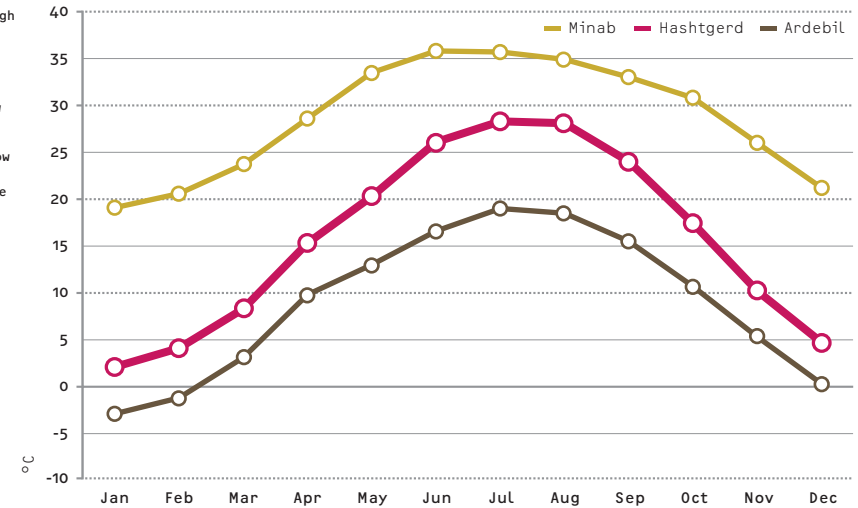
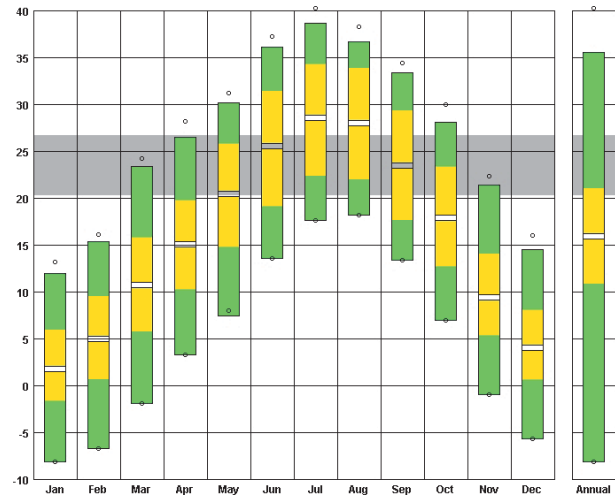


فصل اول:
تحليل اقليم
اقليم شهر جديد هشتگرد

۲. فاکتورهای اقلیمی در شهر جدید هشتگرد

۲.۱. دمای هوا

شکل شماره ۲ تغییرات متوسط ماهانه دمای خشک هوا برای سردترین و گرمترین شهرهای ایران، و در نتیجه محدوده تغییرات دمایی در ایران، را نشان می‌دهد. این نمودار همچنین متوسط ماهانه دمای هوای شهر جدید هشتگرد را در ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد (بر اساس داده‌های سازمان هواشناسی ایران، ۲۰۰۹ و نرم افزار 6 Meteororm).



تصویر شماره ۴: بازه دمایی هوا در شهر جدید هشتگرد در مقایسه با محدوده آسایش حرارتی (منبع داده‌های آب و هوایی: 6 Meteororm)

تصویر شماره ۲: متوسط ماهانه دمای هوا در گرمترین و سردترین شهرهای ایران و در شهر جدید هشتگرد تصویر شماره ۳.۱ و ۳.۲: دمای خشک و مرطوب هوا و تابش مستقیم و پراکنده خورشید در شهر جدید هشتگرد (منبع داده‌های آب و هوایی: 6 Meteororm)

شبهانه روز است که اصلی‌ترین دلیل این تفاوت، رطوبت نسبی اندک در این شهر می‌باشد.

۱- محدوده آسایش حرارتی بر اساس استاندارد اشری ۵۵-۲۰۰۴ با استفاده از مدل PMV

بر اساس این نمودار، متوسط ماهانه دما در شهر جدید هشتگرد در زمستان به محدوده پایینی دما در شهرهای ایران و در تابستان به محدوده بالایی دما در شهرهای ایران نزدیک می‌گردد و لذا این شهر دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم است. در شکل شماره ۴، بیشینه و کمینه و متوسط ماهانه دما و نیز بیشینه و کمینه اندازه‌گیری شده این شهر در هر ماه در مقایسه با محدوده آسایش حرارتی نمایش داده شده است.^۱ بر اساس این نمودار، متوسط ماهانه دمای هوا

ابزارهایی زمانی کارایی لازم را خواهد داشت که این ابزارها فاکتورهای اقلیمی را در ارتباط با یکدیگر و در ارتباط با شرایط حرارتی مورد نیاز، مثل محدوده آسایش حرارتی، نمایش دهند. برخی از این ابزارهای مفید، نمودار زیست اقلیمی (بیوکلیماتیک)، نمودار سایکرومتریک، گلباد، نمودار تابش خورشید و نمودار سایه اندازی می‌باشند.

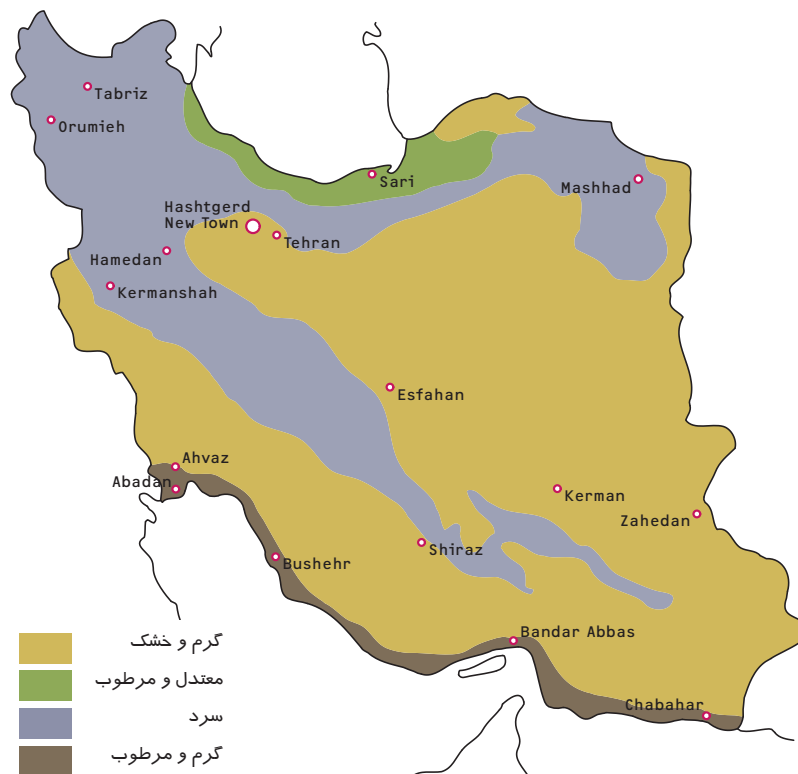
در این بخش، اقلیم شهر جدید هشتگرد مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. این شهر در همه مطالعات این کتاب به عنوان نمونه موردی برای اقلیم مورد استفاده قرار گرفته است. دلیل انتخاب اقلیم این شهر، طراحی ساختمان اداری نسل جدید، به عنوان یک نمونه موردی ساختمان انرژی‌کارا، در شهر جدید هشتگرد است و لذا برای طراحی ساختمانی اقلیمی و انرژی‌کارا می‌بایستی شرایط اقلیمی این شهر مورد مطالعه قرار گیرد.

راه‌های متفاوتی برای طبقه‌بندی اقلیم‌های متفاوت وجود دارد که طبقه‌بندی کوپن، یکی از بهترین طبقه‌بندی‌های اقلیمی می‌باشد. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، کشور ایران به چهار منطقه اقلیمی زیر تقسیم می‌گردد:

- | | |
|----------------------|-----------------------------------|
| ۱- اقلیم سرد | ۲- اقلیم معتدل و مرطوب |
| ۳- اقلیم گرم و مرطوب | ۴- اقلیم گرم و خشک (کسمایی، ۱۳۸۳) |

بر اساس این تقسیم‌بندی اقلیمی، شهر جدید هشتگرد در منطقه گرم و خشک واقع شده است؛ هرچند این شهر در مجاورت مرز منطقه اقلیمی سرد ایران قرار دارد. بنابراین شرایط اقلیمی این شهر متأثر از مشخصه‌های آب و هوایی هر دو اقلیم سرد و گرم و خشک می‌باشد. براساس تقسیم‌بندی صورت گرفته توسط نمودار زیست اقلیمی اولگی، ایران را می‌توان از لحاظ آب و هوایی به شش منطقه اقلیمی زمستانی و پنج منطقه اقلیمی تابستانی تقسیم کرد.

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| مناطق اقلیمی زمستانی: | مناطق اقلیمی تابستانی: |
| ۱- خیلی سرد | ۱- معتدل و مرطوب |
| ۲- سرد | ۲- گرم و خشک |
| ۳- معتدل و مرطوب | ۳- خیلی گرم و خشک |
| ۴- معتدل و خشک | ۴- گرم و مرطوب |
| ۵- گرم | ۵- خیلی گرم و مرطوب |
| ۶- گرم و مرطوب | |

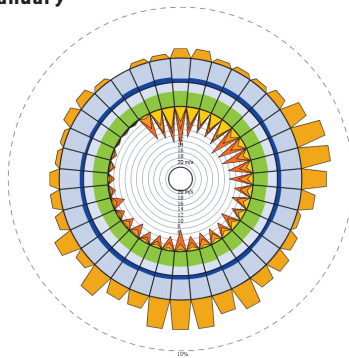


تصویر شماره ۱: نواحی اقلیمی ایران بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن (ترسیم بر اساس کسمایی، ۱۳۸۳)

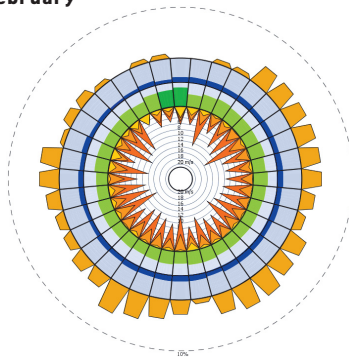
بر اساس تقسیم‌بندی نمودار زیست اقلیمی اولگی، شهر جدید هشتگرد در ناحیه‌ای با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک قرار دارد.

گیرد. این پارامترها شامل دمای خشک و دمای مرطوب، رطوبت نسبی، سرعت و جهت وزش باد و همچنین تابش مستقیم و پراکنده خورشید می‌باشند که دارای بیشترین اهمیت در یک طراحی اقلیمی هستند. بدلیل اینکه اطلاعات ساعتی و روزانه هر اقلیم، هزاران داده عوامل اقلیمی را دربردارند، بکارگیری ابزاری که بتواند این عوامل اقلیمی را به خوبی نمایش دهد، ضروری است. بکارگیری چنین ابزاری برای درک بهتر شرایط اقلیمی بسیار مفید است. هرچند استفاده از چنین

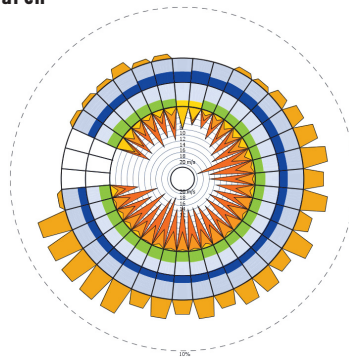
January



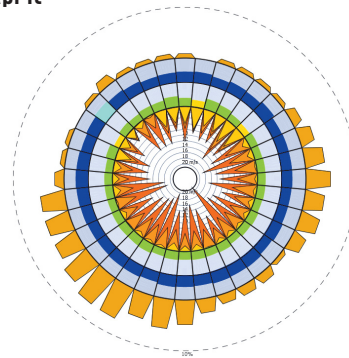
February



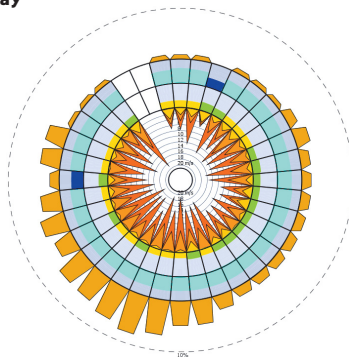
March



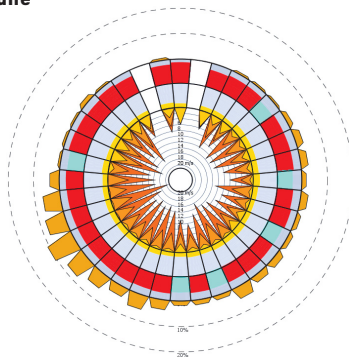
April



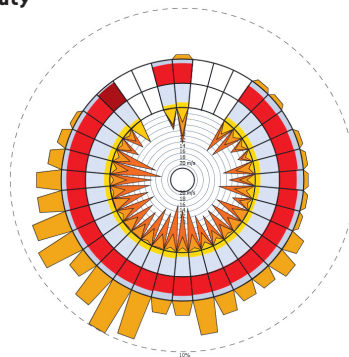
May



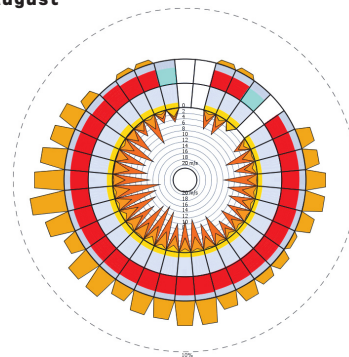
June



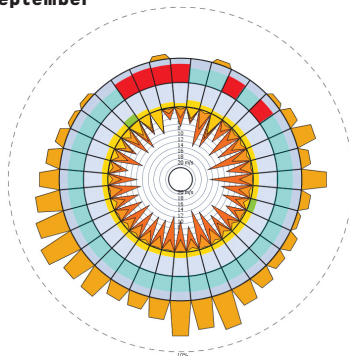
July



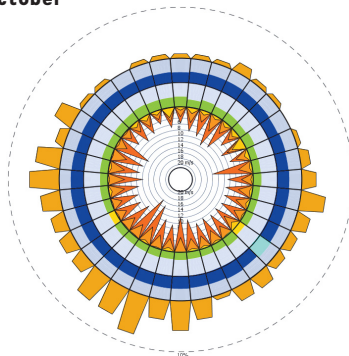
August



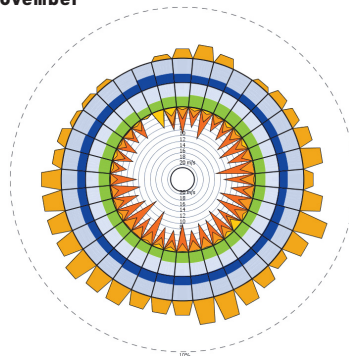
September



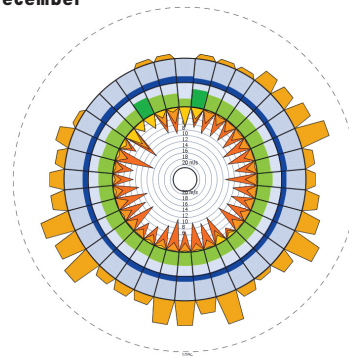
October



November



December



جدول شماره ۱: کلبادهای مختلف شهر جدید هشتگرد (منبع داده‌های آب و هوایی: 6 Meteororm)

Temperature [°C]

■ < 0 ■ 0-22 ■ 22-24 ■ 24-38 ■ > 38 ■ < 30 ■ 30-70 ■ > 70

Relative Humidity [%]

بخش عمده ماه‌های ژوئن و آگوست، دمای هوا بیشتر از میزان مناسب برای تهویه طبیعی است. البته زمان دقیق نیاز به تهویه طبیعی می‌بایستی بر اساس اطلاعات ساعتی دمای هوا و سرعت و جهت وزش باد، برای ساعت‌های مختلف تعیین گردد.

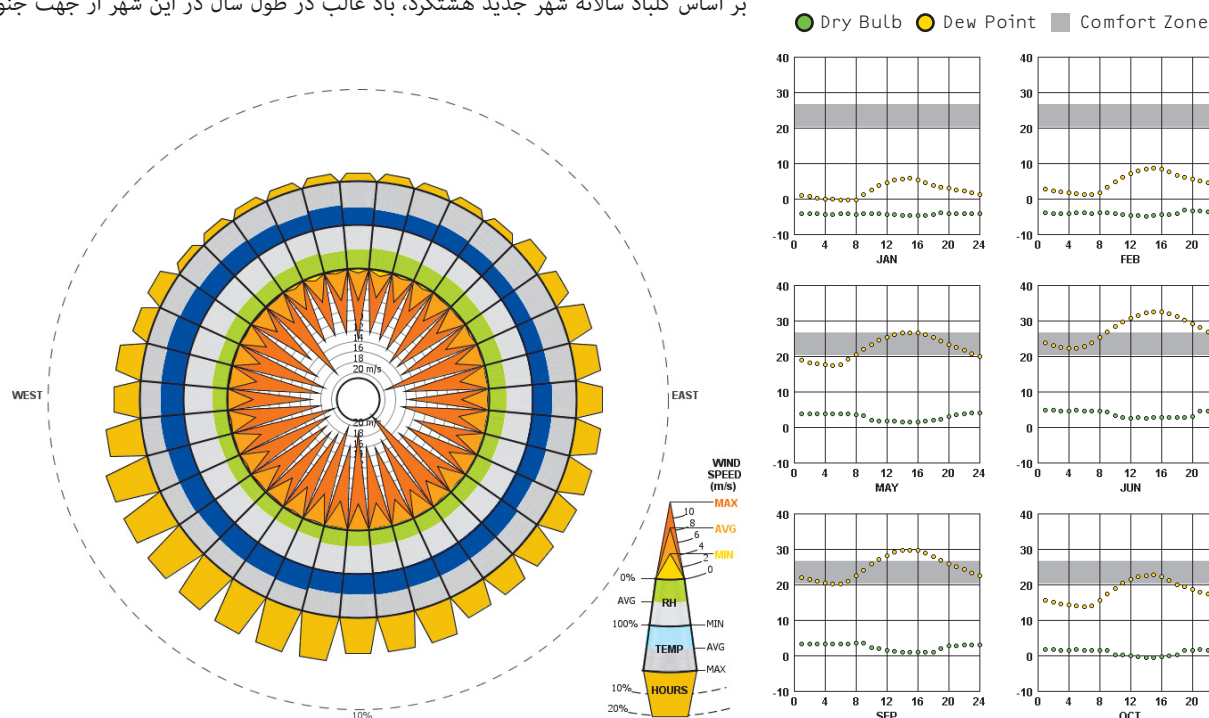
کلبادهای ماهانه این شهر، جهت وزش باد در فصل تابستان، زمانی که به تهویه طبیعی از طریق وزش باد نیاز است، غالباً از سمت جنوب غرب به سمت شمال شرق می‌باشد. همچنین بر اساس دمای هوا در ماه‌های مختلف، در این شهر در ماه‌های می و بخشی از ژوئن و آگوست و در ماه سپتامبر امکان استفاده از تهویه طبیعی فراهم می‌باشد. در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل و نیز اکتبر، نوامبر و دسامبر دمای هوا برای تهویه طبیعی پایین و در ماه‌های جولای و

۲.۲. رطوبت نسبی هوا

شهر جدید هشتگرد رطوبت نسبی بیشینه ۶۲٪ را در ماه ژانویه و رطوبت نسبی کمینه ۲۲٪ را در ماه ژوئن تجربه می‌کند. در شکل شماره ۵ تغییرات دما و رطوبت نسبی این شهر در ماه‌های مختلف و برای ساعت‌های مختلف، در مقایسه با محدوده آسایش حرارتی، نشان داده شده است.

یا محافظت ساختمان در برابر وزش باد را مشخص می‌نماید. ترکیب میزان وزش باد، دمای هوا و رطوبت نسبی در زمان وزش باد نشان می‌دهد که آیا دما و رطوبت نسبی هوا در زمان وزش باد برای تهویه طبیعی مناسب می‌باشد. در صورتیکه دما و رطوبت نسبی هوا در محدوده آسایش حرارتی و یا اندکی پایین‌تر از آن باشد، امکان استفاده از تهویه طبیعی برای خنک‌سازی فضاها فراهم می‌باشد ولی در صورت بالاتر بودن دمای هوا از محدوده آسایش حرارتی، تهویه طبیعی در ساختمان‌های دارای سیستم سرمایشی، باعث افزایش انرژی مصرفی برای سرمایش می‌گردد و لذا تهویه طبیعی نبایستی رخ دهد. همچنین هرچند بالا بودن رطوبت نسبی هوا در یک اقلیم، میزان نیاز به تهویه طبیعی را افزایش می‌دهد؛ ولی در صورتیکه میزان رطوبت نسبی از میزان حداکثری آن برای شرایط آسایش حرارتی بیشتر باشد، تهویه طبیعی در ساختمان‌های با سیستم تهویه مطبوع دارای رطوبت‌گیر، بر روی شرایط آسایش حرارتی اثر منفی خواهد داشت.

بر اساس گلباد سالانه شهر جدید هشتگرد، باد غالب در طول سال در این شهر از جهت جنوب



تصویر شماره ۶: گلباد سالانه شهر جدید هشتگرد (منبع داده‌های آب و هوایی: Meteororm 6)

تصویر شماره ۵: دمای خشک هوا و رطوبت نسبی در ماه‌های مختلف برای ساعت‌های مختلف در شهر جدید هشتگرد (منبع داده‌های آب و هوایی: Meteororm 6)

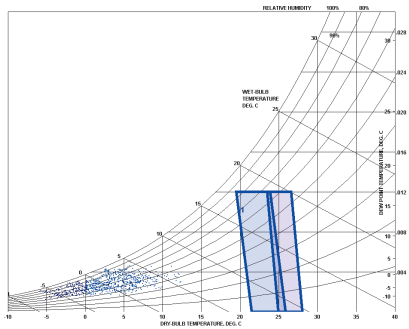
۲.۳. باد

نمودارهای زیر گلباد سالانه و ماهانه شهر جدید هشتگرد را نشان می‌دهند. این نمودارها شامل مدت زمان وزش باد در جهت‌های مختلف و سرعت بیشینه، کمینه و متوسط وزش باد و همچنین دما و رطوبت نسبی هوا در زمان وزش باد می‌باشند. میزان رطوبت نسبی و بویژه دمای هوا در زمان وزش باد از جبهه‌های مختلف در این نمودارها، ضرورت استفاده از باد برای تهویه طبیعی و

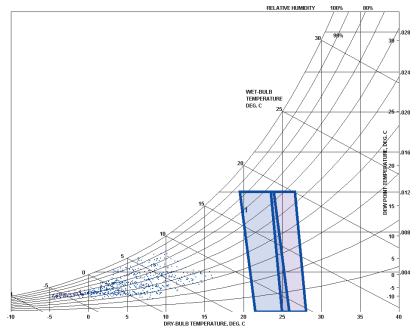


غرب، جنوب، جنوب شرق و شرق می‌وزد. هرچند مدت زمان وزش باد از سمت جنوب غربی بیش از بادهای جنوبی، جنوب شرقی و شرقی است. این نمودار همچنین نشان می‌دهد که وزش باد در این شهر، از جهت‌های مذکور بسیار بیشتر از وزش باد از سمت شمال می‌باشد. بر اساس

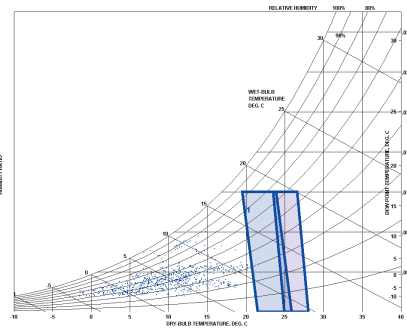
January



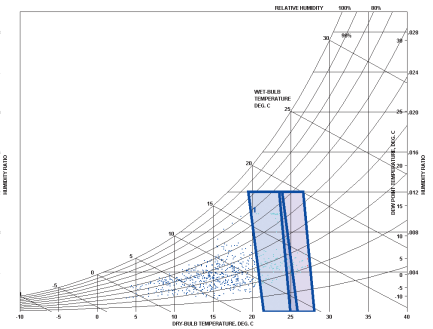
February



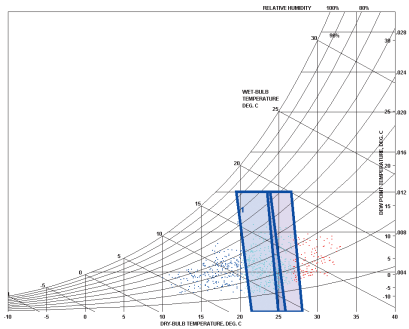
March



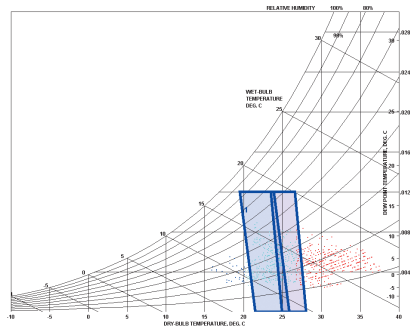
April



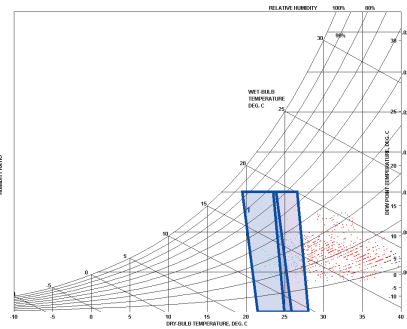
May



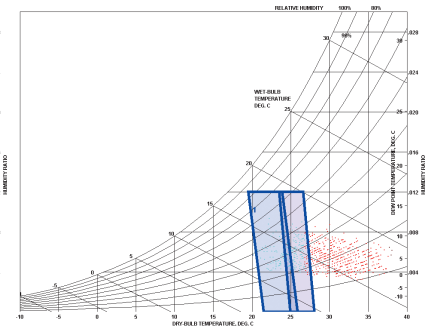
June



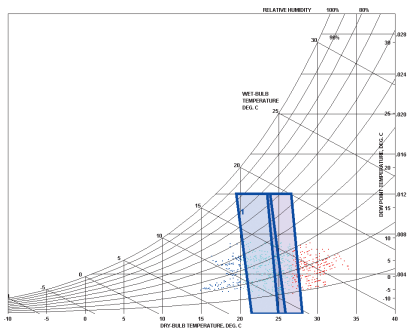
July



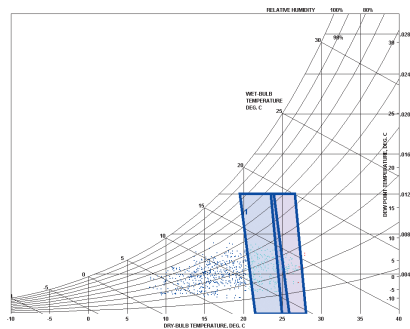
August



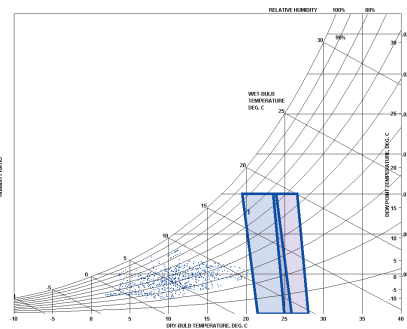
September



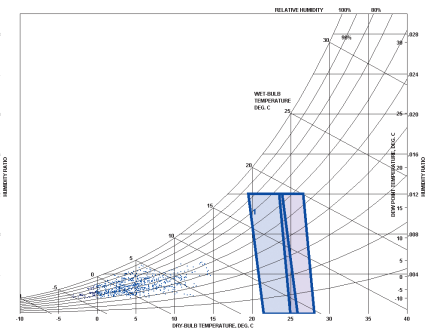
October



November



December



جدول شماره ۳: نمودار سایکرومتریک شهر جدید هشتگرد (منبع داده‌های آب و هوایی: 6 Meteororm)

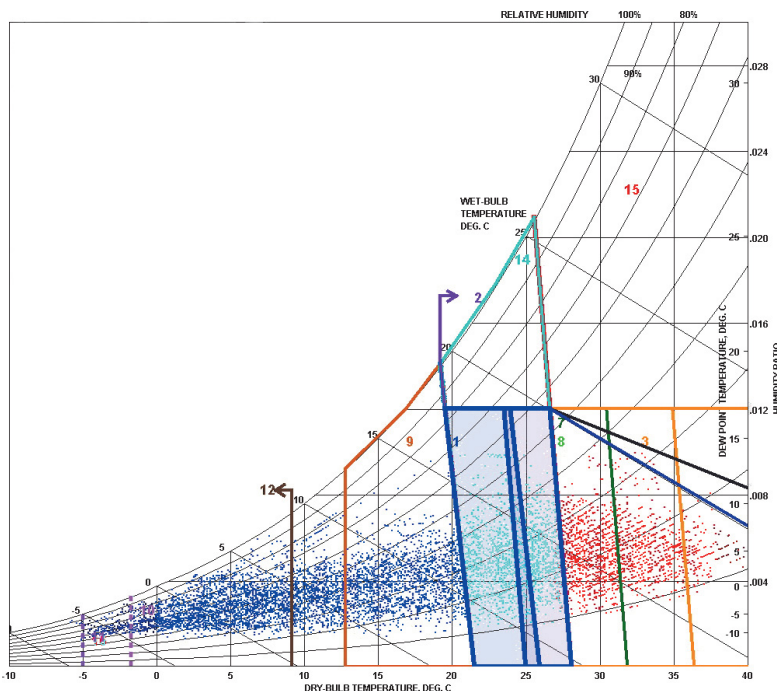
سرمایش

منابع داخلی ساختمان استفاده نمود.

- ساختمان‌های شهر جدید هشتگرد می‌بایستی در ۱/۹٪ از سال در مقابل بادهای سرد زمستانی آن منطقه محافظت گردند.
- بر اساس نمودار سایکرومتریک شهر جدید هشتگرد، در ۱۷/۴٪ از سال می‌بایستی از سایبان برای سایه‌اندازی بر روی پنجره‌ها استفاده کرد تا از ورود مستقیم اشعه خورشید به داخل ساختمان جلوگیری کرده و مانع افزایش دمای محیط داخلی ساختمان گردد.
- در ۷/۴٪ از سال تهویه طبیعی می‌تواند شرایط آسایش حرارتی را در داخل ساختمان تامین نماید.

۲.۴. نمودار سایکرومتریک

آن و همچنین به مصالح پوسته حرارتی آن وابسته است. ولی اگر تنها شرایط اقلیمی شهر جدید هشتگرد معیار سنجش باشد، در این شهر در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، اکتبر، نوامبر و دسامبر بایستی از گرمایش استفاده کرد و در ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست نیاز به سرمایش وجود دارد. همچنین در ماه‌های می و سپتامبر، بر حسب زمان و شرایط، هم به سرمایش و هم به گرمایش نیاز هست. در ادامه مهمترین روش‌های گرمایش و سرمایش غیرفعال برای اقلیم شهر جدید هشتگرد، و مدت زمانی که هر یک از این روش‌ها قابلیت استفاده دارند، آورده شده است. مدت زمان ذکر شده برای هر یک از این روش‌ها، تنها با توجه به اقلیم تعیین گردید است و مشخصات ساختمان، شامل معماری و مصالح آن، نقشی در تعیین این میزان‌ها نداشته است.



تصویر شماره ۷: نمودار سایکرومتریک شهر جدید هشتگرد (منبع داده‌های آب و هوایی: Meeonorm 6)

زمانیکه هدف در طراحی یک ساختمان استفاده از روش‌های غیرفعال برای تامین بخشی از شرایط آسایش حرارتی با استفاده از قابلیت‌های آن اقلیم باشد، تحلیل نمودار سایکرومتریک این اقلیم، مناسب ترین روش برای شناخت روش‌های غیرفعال تامین شرایط آسایش حرارتی و مدت زمان کارایی هر یک می‌باشد.

شکل شماره ۷ نمودار سایکرومتریک شهر جدید هشتگرد را بر پایه دمای خشک هوا نشان می‌دهد. بر اساس نمودار سایکرومتریک این شهر، برای دستیابی به شرایط آسایش حرارتی مورد نیاز انسان در این اقلیم، هم به گرمایش و هم به سرمایش نیاز می‌باشد. در این شهر در حدود ۲۰٪ از زمان سال، دما در محدوده آسایش حرارتی قرار دارد. همچنین بطور تقریبی در ۵۸٪ از سال دمای این شهر کمتر از مرز پایینی محدوده آسایش حرارتی است و به گرمایش نیاز می‌باشد؛ درحالیکه در ۲۲٪ سال، دمای این شهر بالاتر از مرز بالایی محدوده آسایش حرارتی است و لذا

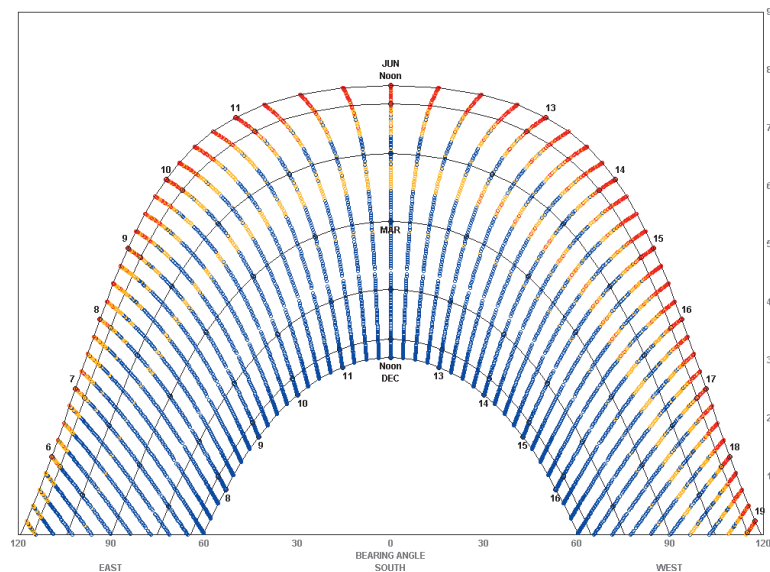
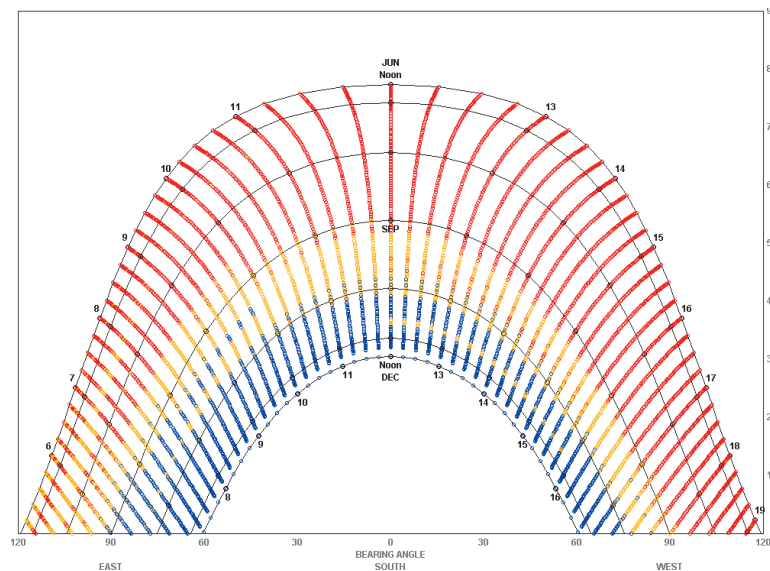
شماره	راهنبرد	درصد	زمان در سال (ساعت)
۱	آسایش حرارتی	۱۹/۴٪	۱۶۹۸
۲	سایه اندازی بر روی پنجره‌ها	۱۸/۹٪	۱۶۵۶
۳	جرم حرارتی بالا	۹/۷٪	۸۵۳
۴	جرم حرارتی بالا و تهویه شبانه	۹/۸٪	۸۶۱
۶	سرمایش تبخیری مستقیم	۲۱/۶٪	۱۸۹۰
۶	سرمایش تبخیری دو مرحله‌ای	۲۱/۷٪	۱۸۹۷
۷	سرمایش با تهویه طبیعی	۵/۹٪	۵۱۶
۸	سرمایش با تهویه مکانیکی	۷/۱٪	۶۲۳
۹	دریافت حرارت از منابع داخلی	۲۱/۳٪	۱۸۶۷
۱۰	جذب مستقیم غیرفعال خورشیدی (با جرم حرارتی کم)	۱۱/۹٪	۱۰۳۹
۱۱	جذب مستقیم غیرفعال خورشیدی (با جرم حرارتی زیاد)	۱۴/۱٪	۱۲۳۴
۱۲	محافظت در مقابل باد	۰/۵٪	۴۵
۱۳	طوبت زنی	۰	۰
۱۴	رطوبت گیری	۰	۰
۱۵	سرمایش فعال و در صورت نیاز رطوبت زنی	۰	۰
۱۶	گرمایش فعال و در صورت نیاز رطوبت زنی	۲۸/۹٪	۲۵۳۴

جدول شماره ۲: درصد زمانی سالانه و تعداد ساعت‌های کاربرد هر یک از راه‌کارهای متفاوت طراحی در اقلیم شهر جدید هشتگرد (منبع داده‌های آب و هوایی: Meeonorm 6)

گرمایش

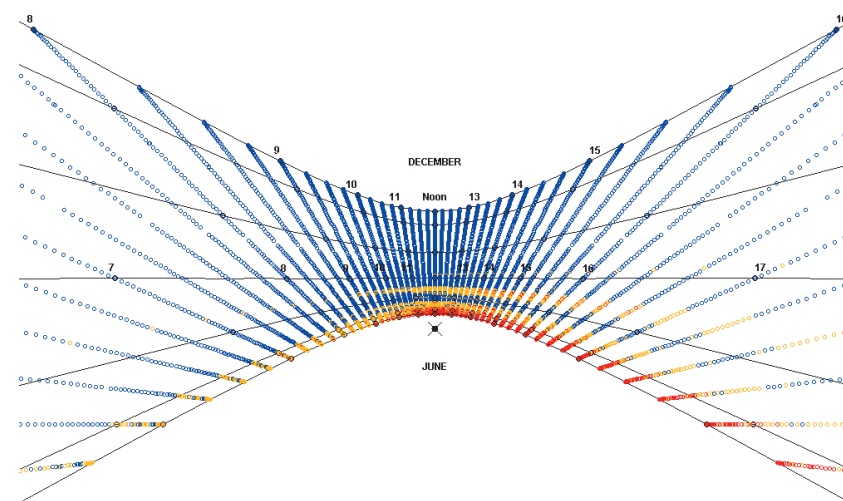
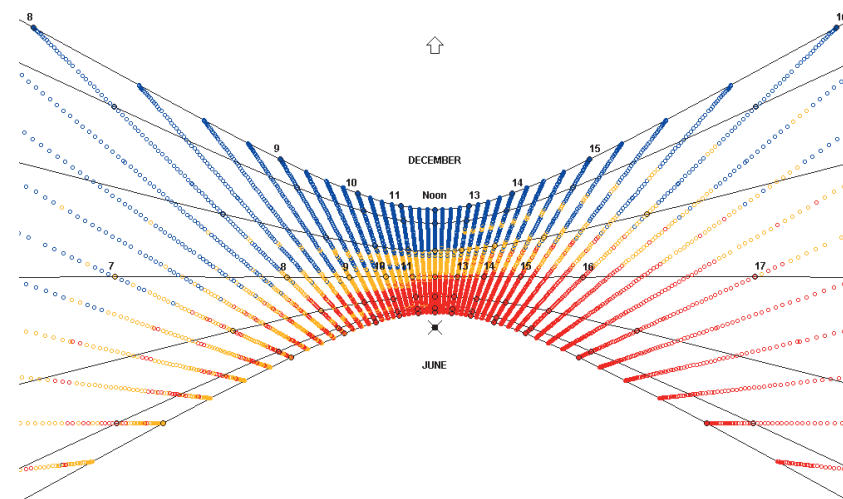
- دریافت تابش مستقیم خورشید راه‌کاری بسیار مهم برای گرمایش غیرفعال ساختمان‌ها در همه اقلیم‌های سرد و از جمله در اقلیم شهر جدید هشتگرد است. در این اقلیم در ۲۴٪ از سال، دریافت تابش خورشید برای گرمایش ساختمان‌ها مورد نیاز است.
- برای تامین شرایط آسایش حرارتی در این اقلیم، در ۲۰٪ از سال می‌توان از جذب حرارت از

در این مدت برای تامین شرایط آسایش، به سرمایش نیاز است. این نمودار همچنین نشان می‌دهد که رطوبت نسبی در این شهر، بویژه در دوره گرم سال، بسیار پایین است. در جدول شماره ۲ درصد زمانی سالانه و تعداد ساعت‌هایی که هر یک از روش‌های غیرفعال و فعال توانایی تامین شرایط آسایش حرارتی در این اقلیم را دارند، آورده شده است. نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی یک ساختمان، فارغ از اقلیم محل این ساختمان، به معماری



تصویر شماره ۱۱: نمودار سایه اندازی شهر جدید هشتگرد (از ۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر)
تصویر شماره ۱۲: نمودار سایه اندازی شهر جدید هشتگرد (از ۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن)
(منبع داده‌های آب و هوایی: Meteonorm 6)

○ Warm hot >27°C (Shade needed) ○ Comfort >20°C (Shade helps) ○ Cool/cold <20°C (Sun needed)



تصویر شماره ۹: نمودار خورشیدی شهر جدید هشتگرد (از ۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر)
تصویر شماره ۱۰: نمودار خورشیدی شهر جدید هشتگرد (از ۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن)
(منبع داده‌های آب و هوایی: Meteonorm 6)

۲.۶. نمودار خورشیدی و نمودار سایه اندازی

شهر جدید هشتگرد است. نیاز و یا عدم نیاز به استفاده از سایبان‌ها در زمان‌های مختلف سال و ساعات مختلف روز متفاوت است. سایه‌اندازی بر روی پنجره‌ها می‌بایستی تنها زمانی رخ دهد که دما در محدوده آسایش حرارتی قرار داشته و یا به انرژی سرمایشی نیاز هست. ایجاد سایه بر روی پنجره‌ها نبایستی باعث کاهش جذب انرژی تابشی خورشید در زمان نیاز به انرژی گرمایشی گردد.

در زمانی که دمای هوا از مرز پایینی محدوده آسایش حرارتی بیشتر است، به گرمایش انرژی تابشی خورشید نیازی نیست و لذا می‌بایستی بر روی سطوح شفاف ساختمان سایه‌اندازی شود. سایه‌اندازی بر روی سطوح شفاف ساختمان در این اقلیم در ۱۷/۲٪ از سال مورد نیاز می‌باشد. بنابراین استفاده از سایبان‌ها برای پنجره‌ها و سطوح شفاف ساختمان، موضوعی بسیار مهم در

۲.۵. نمودار جدول زمانی دما

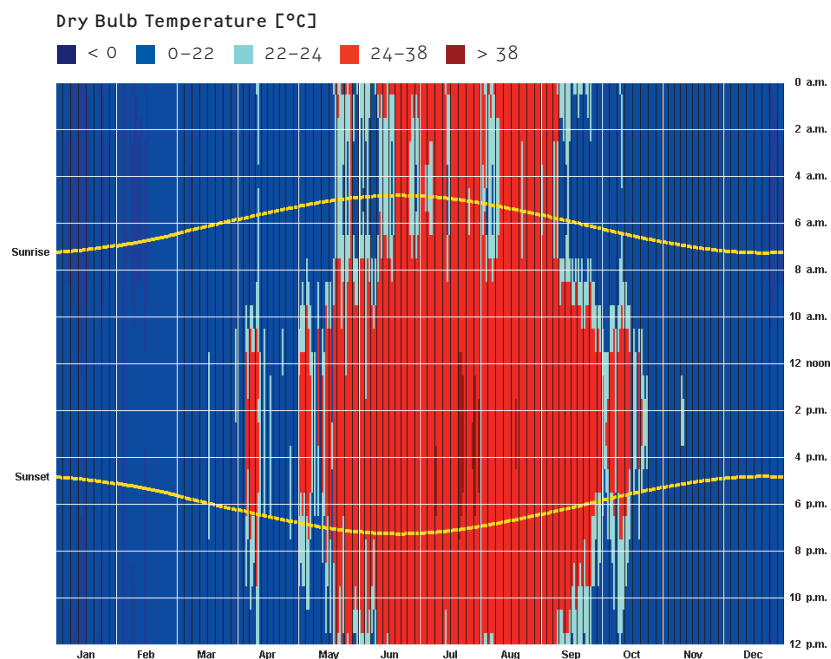
شکل شماره ۸، دمای خشک هوا در ماه‌های مختلف سال و زمان‌های مختلف روز، و نیز زمان طلوع و غروب خورشید را برای شهر جدید هشتگرد نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، دمای هوا در طی ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر پایین‌تر از محدوده آسایش حرارتی است. بنابراین در این ماه‌ها می‌بایستی میزان اتلاف انرژی را به حداقل ممکن کاهش داد و دریافت انرژی از منابع داخلی (افراد، لامپ‌ها، دستگاه‌های برقی و غیره) و منابع خارجی (تابش خورشید) را به حداکثر میزان ممکن افزایش داد.

این نمودار همچنین نشان می‌دهد که دمای هوا در ماه‌های آگوست و جولای در حوالی ظهر بین ۲۷ تا ۳۸ درجه سانتیگراد است. در این بازه زمانی، به سرمایه‌ش نیاز می‌باشد تا دمای هوا را تا محدوده آسایش حرارتی کاهش دهد. بنابراین در این زمان می‌بایستی دریافت گرما از منابع داخلی ساختمان و نیز ورود گرما از خارج ساختمان را به حداقل ممکن کاهش داد.

بر اساس نمودار جدول زمانی دما، بطور کلی دمای هوا در نیمه اول روز کمتر از نیمه دوم روز است. بنابراین نیاز به دریافت انرژی تابشی خورشید در زمستان، در قبل از ظهر بیشتر از بعد از ظهرها می‌باشد. بر این اساس، جهت ساختمان می‌تواند از جنوب، چرخشی چند درجه‌ای به سمت شرق داشته باشد؛ هرچند جهت بهینه هر ساختمان به عوامل متعددی بستگی دارد و می‌بایستی برای هر اقلیم و کاربری‌های مختلف، برای به حداقل رساندن انرژی کل و یا انرژی اولیه مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش تعیین گردد.

به دلیل پایین بودن رطوبت نسبی در شهر جدید هشتگرد، سرمایه‌ش غیرفعال و فعال تبخیری در این اقلیم بسیار کارا بوده و از آن می‌توان برای خنک کردن فضاهای داخلی ساختمان در تابستان استفاده نمود. روش‌های سرمایه‌ش تبخیری، به عنوان یکی از موثرترین راه‌کارهای سرمایه‌ش در این اقلیم، می‌توانند در ۲۰/۳٪ از سال استفاده گردند. این میزان تقریباً تمام مدت زمان نیاز به سرمایه‌ش در اقلیم شهر جدید هشتگرد می‌باشد. بنابراین تمام نیاز سرمایه‌شی در این شهر می‌تواند توسط سرمایه‌ش تبخیری تامین گردد.

بر اساس نمودار سایکرومتریک، ظرفیت مصالح بکار رفته در ساختمان در جذب و ذخیره حرارت (جرم حرارتی ساختمان) تأثیر چشمگیری در خنک‌سازی ساختمان در شهر جدید هشتگرد دارد. در این شهر در ۷/۹٪ از سال می‌توان از جرم حرارتی مصالح ساختمان برای جذب گرما در فضاهای داخلی ساختمان و پایین نگهداشتن دما استفاده نمود.

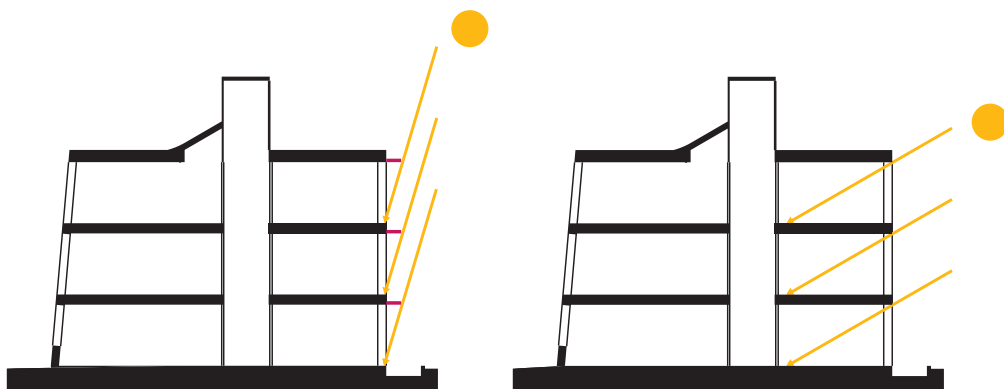
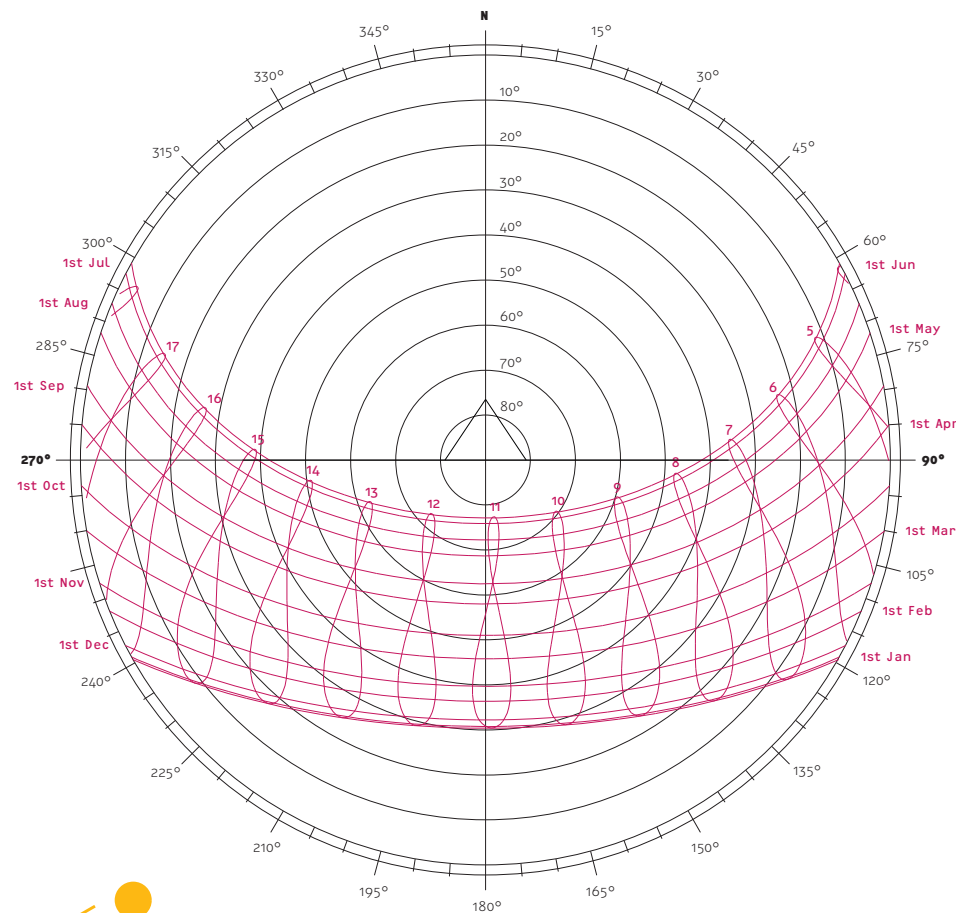


تصویر شماره ۸: نمودار جدول زمانی دمای شهر جدید هشتگرد
(منبع داده‌های آب و هوایی: 6 Meteoronorm)

شکل‌های شماره ۹ و ۱۰، نمودارهای خورشیدی شهر جدید هشتگرد، از ۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن و از ۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر می‌باشند. این نمودارها زمان نیاز به استفاده از سایبان‌ها در اقلیم این شهر را نشان می‌دهند. شکل‌های شماره ۱۱ و ۱۲، نمودار سایه اندازی خورشید در این شهر را از ۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن و از ۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر نشان می‌دهند. نمودار مسیر خورشید (تصویر شماره ۱۳) همچنین زاویه ارتفاع و زاویه سمت خورشید را در طول سال در شهر جدید هشتگرد، و شهرهای با عرض جغرافیایی یکسان، نشان می‌دهد. با توجه به اطلاعات نمودار مسیر خورشید، در شکل شماره ۱۴ ارتفاع تابش خورشید در زمان انقلاب تابستانی و زمستانی در این شهر نشان داده شده است.

بیشترین زاویه ارتفاع خورشید در روزهای بلند تابستان در شهر جدید هشتگرد حدود ۷۸ درجه است که زاویه زیادی برای تابش خورشید می‌باشد. در نتیجه در این موقع از سال، استفاده از یک سایبان افقی کوچک می‌تواند سایه مورد نیاز پنجره‌های جنوبی را تامین نماید. با توجه به زاویه ارتفاع زیاد خورشید، اشعه خورشید در ظهرهای تابستان به صورت تقریباً عمودی به سطوح افقی ساختمان می‌تابد. بنابراین سطوح افقی، همچون سقف، در این شرایط مقدار زیادی انرژی تابشی دریافت می‌کنند که این میزان جذب در حوالی ظهر به بیشترین مقدار خود می‌رسد.

در ۲۱ دسامبر بیشترین زاویه ارتفاع خورشید ۳۰/۵۴ درجه می‌باشد. بنابراین صفحات عمودی، بویژه صفحاتی که در جبهه جنوبی ساختمان واقع شده‌اند، بیشترین میزان انرژی تابشی مفید را دریافت می‌کنند و لذا این سطوح پتانسیل استفاده برای گرمایش غیرفعال ساختمان را دارند.



تصویر شماره ۱۳: دیاگرام حرکت خورشید در شهر جدید هشتگرد

تصویر شماره ۱۴: زاویه ارتفاع خورشید در تابستان و زمستان در شهر جدید هشتگرد



فصل دوم:

بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا ویژگی‌های معماری و مصرف انرژی ساختمان‌ها

سنجش استفاده کردند. اگر میزان بهینه یک عامل معماری تنها بر اساس یکی از این سه نوع مصرف انرژی استوار گردد، نتیجه حاصل احتمالاً افزایش بیشتر در دو مصرف انرژی دیگر خواهد بود. مصرف انرژی گرمایشی، به میزانی از انرژی اطلاق می‌گردد که برای گرمایش ساختمان مصرف می‌گردد تا شرایط آسایش حرارتی را در دوره گرمایش، زمانیکه دمای هوا کمتر از شرایط آسایش حرارتی می‌باشد، تامین کند. مصرف انرژی سرمایشی، میزان انرژی مصرفی برای سرمایش ساختمان و تامین شرایط آسایش حرارتی در دوره سرمایش می‌باشد. معمولاً برای گرمایش گاز طبیعی و برای سرمایش برق استفاده می‌گردد. در این پژوهش نیز سوخت‌های مذکور به عنوان حامل انرژی مصرفی برای گرمایش و سرمایش ساختمان استفاده شده‌اند. مصرف انرژی روشنایی ساختمان به میزان برقی اطلاق می‌گردد که برای تامین نور مورد نیاز فضاهای یک ساختمان با استفاده از روشنایی مصنوعی، زمانیکه میزان نور روز برای روشن کردن فضاها کافی نباشد، اطلاق می‌گردد. حامل‌های انرژی مختلفی که برای تامین گرمایش، سرمایش و روشنایی استفاده می‌گردد، ویژگی‌های زیست محیطی و اقتصادی متفاوتی دارند. چنانکه سهم زیادی از برق از سوخت‌های فسیلی تولید می‌گردد و بازدهی نیروگاه‌ها نیز کم است (کمتر از ۶۰ درصد)، برق می‌بایستی نقشی مهمتر از گاز در تحلیل‌های مربوط به مصرف انرژی ایفا نماید. برق نسبت به گاز طبیعی قیمت بیشتری داشته و گاز گلخانه‌ای بیشتری نیز منتشر می‌کند. بنابراین در تحلیل‌های انرژی، هم از جنبه زیست محیطی و هم از جنبه اقتصادی، مصرف انرژی اولیه، معیار معنادارتری نسبت به مجموع مصارف انرژی است. مصرف انرژی اولیه به استفاده مستقیم انرژی در منبع و یا تامین انرژی خامی که هنوز تبدیل نشده و یا در روند تبدیل قرار نگرفته است، اطلاق می‌گردد (IEA, 2013). بنابراین میزان انرژی اولیه، سهمی از انرژی که صرف استخراج، تبدیل به حالت‌های دیگر انرژی و انتقال انرژی تا محل مصرف می‌گردد را نیز در بر می‌گیرد. به دلیل اثرات متفاوت زیست محیطی هر یک از حامل‌های انرژی و نیز تفاوت آنها از جنبه اقتصادی، هر یک از مصارف انرژی مرتبط با معماری، همچون گرمایش، سرمایش و روشنایی، بهتر است ضریبی مانند ضریب انتشار دی‌اکسید کربن، ضریب انرژی اولیه یا ضریب قیمت به خود اختصاص دهد. بنابراین معیار انتخاب حالت و یا میزان بهینه برای هر عامل معماری، نه تنها باید بر مصرف انرژی کل (مصرف انرژی برای گرمایش، سرمایش و روشنایی) باشد، بلکه بهتر است بر میزان مصرف انرژی اولیه، میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن، هزینه‌های انرژی و یا هزینه چرخه زندگی و غیره استوار گردد. استفاده از راهکارهای کاهش دهنده مصرف انرژی حاصل از روش

برای ساختمان‌های اداری در ایران به کار می‌رود، ضریب انرژی اولیه برای گاز طبیعی ۱/۱ و برای برق ۳/۶ استفاده شده است که ضرایب انرژی اولیه مربوط به ایران می‌باشند. در این کتاب اثر عوامل مختلف معماری بر مصرف مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی بصورت جداگانه و همچنین بر مصرف انرژی کل (مجموع انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی) و مصرف انرژی اولیه (برای گرمایش، سرمایش و روشنایی) در ساختمان‌های اداری بررسی شده است.

۱.۲. نتیجه‌گیری

صرفه‌جویی انرژی از طریق بهینه کردن طراحی معماری، نه تنها عملکرد انرژی ساختمان را بهبود می‌بخشد، بلکه منجر به بهروری در استفاده از منابع و هزینه‌ها نیز می‌گردد. این بدان معناست که با این شیوه از صرفه‌جویی انرژی، نیاز انرژی ساختمان کاهش می‌یابد، بدون آنکه سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای ساختمان افزایش یابد و نیز بدون آنکه مصرف منابع و انرژی برای تولید مصالح ساختمانی اضافی مورد نیاز برای صرفه‌جویی از طریق کاربرد مصالح و تجهیزات، افزایش یابد.

بهره‌وری در هزینه‌ها و مصرف منابع، به پایداری اقتصادی و زیست محیطی یک ساختمان، در طی چرخه حیات آن منجر می‌گردد. بهره‌وری انرژی با طراحی معماری، به عنوان یک روش برای بهینه کردن طراحی معماری ساختمان در جهت کاهش مصرف انرژی، می‌تواند برای انواع مختلف ساختمان‌ها و اقلیم‌ها و برای استخراج راهکارهای صرفه‌جویی انرژی استفاده گردد. این راهکارها می‌توانند از طرف معماران و طراحان ساختمان، در طراحی ساختمان‌ها به کار برده شوند. اگر این ضوابط و راهکارهای طراحی، توسط معماران در مراحل طراحی حجم، فرم، جهت‌گیری، کشیدگی، ارتفاع ساختمان، نسبت بازوها به سطح دیوارها در جبهه‌های مختلف ساختمان و غیره به کار گرفته شود، ساختمان طراحی شده مصرف انرژی کمتری خواهد داشت. این روش مستقل از مصالح و تجهیزات مورد نیاز ساختمان است، هرچند ویژگی‌ها و ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان بر میزان پتانسیل صرفه‌جویی انرژی با استفاده از طراحی معماری تاثیر خواهد گذاشت. کاربرد اقدامات مرتبط با کاهش مصرف انرژی با معماری در طراحی معماری، بار هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی ساختمان را کاهش خواهد داد.

۱.۳. کاربرد معماری انرژی‌کارا در ایران

در ادامه مطالعات معماری انرژی‌کارا در ساختمان‌های اداری در شرایط اقلیمی منطقه تهران، مجموعه ضوابطی برای طراحی ساختمان‌های اداری انرژی‌کارا در این منطقه اقلیمی استخراج می‌گردد. از آنجاکه جهت‌گیری، نسبت سطح پنجره‌ها به دیوار، کشیدگی ساختمان، تعداد طبقات و سایبان‌ها مهم‌ترین عوامل معماری موثر بر نیاز انرژی ساختمان‌ها هستند، در این تحقیق روی

بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا در روند طراحی باعث می‌گردد که مصرف انرژی، میزان انتشار دی‌اکسید کربن و همچنین بهای انرژی مصرفی ساختمان کاهش یابد.

شیوه بهره‌وری انرژی با طراحی معماری می‌تواند در همه اقلیم‌ها و برای ساختمان‌های با کاربری‌های مختلف استفاده گردد. در کتاب حاضر، این شیوه از بهره‌وری انرژی برای ساختمان‌های اداری و در اقلیم شهر جدید هشتگرد استفاده شده است. از آنجاکه این مطالعه

۱. بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا

روش با استفاده از شبیه‌سازی دینامیک مصرف انرژی، میزان و یا حالت بهینه هر یک از عوامل و یا عناصر معماری را برای ساختمانی با یک کاربری خاص و در اقلیمی خاص ارائه می‌نماید. عوامل معماری شامل جهت‌گیری و کشیدگی ساختمان، درصد بازشوها در جهت‌های مختلف، اندازه و نوع سایبان‌ها و نحوه کنترل سایبان‌های متحرک، میزان و زمان نیاز به تهویه طبیعی، فرم ساختمان و غیره می‌باشند. این روش بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها، اولین بار توسط نگارنده در سال ۲۰۰۹ در کتاب "خانه‌های پاسخگو به اقلیم و انرژی"^۱ استفاده و ارائه گردید.

روند پژوهش و بررسی در بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا بر پایه مجموعه‌ای از شبیه‌سازی‌هایی استوار است که توسط نرم افزار شبیه‌سازی *DesignBuilder* برای محاسبه میزان مصرف انرژی یک ساختمان با متغیرهای مختلف معماری انجام شده است. برای انجام این کار، شبیه‌سازی به عنوان ابزاری برای مطالعه و درک رفتار یک ساختمان در ارتباط با انرژی، با تغییر متغیرهای معماری مانند جهت‌گیری، درصد بازشوها، میزان کشیدگی ساختمان و غیره، استفاده می‌گردد. هدف این تحلیل‌ها، یافتن متغیرهای بهینه مرتبط با انرژی و ویژگی‌هایی از ساختمان است که بهترین و موثرترین عملکرد انرژی را برای یک ساختمان با کاربری خاص و در اقلیمی خاص در بر خواهد داشت. این روش بهره‌وری انرژی، تاثیر ویژگی‌های مختلف معماری را بر روی مصرف انرژی ساختمان‌ها بررسی کرده و منجر به استخراج راهکارهایی برای بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها می‌گردد. راهکارهای استخراجی از این روش می‌توانند در روند طراحی معماری ساختمان‌ها به کار گرفته شوند و این امر منجر به بهبود عملکرد حرارتی و روشنایی ساختمان و کاهش مصرف منابع می‌گردد، بدون آنکه به مصالح و یا تجهیزات خاصی نیاز باشد.

۱.۱. معیار بهره‌وری انرژی

از میان مصارف مختلف انرژی ساختمان‌ها، شامل مصرف انرژی برای تامین شرایط آسایش حرارتی و تامین روشنایی، آب گرم مصرفی، لوازم خانگی و تجهیزات صوتی و تصویری، تهویه مکانیکی و غیره، معماری یک ساختمان بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و میزان برق مورد نیاز برای روشنایی مصنوعی اثرگذار است. بنابراین میزان بهینه هر عامل معماری می‌بایستی بر اساس این سه عامل سنجیده شود. رفتار میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌ها با یکدیگر متفاوت و حتی در تضاد با یکدیگر است. از جمله میزان مصرف انرژی سرمایشی و روشنایی غالباً برخلاف یکدیگر عمل می‌کنند و افزایش یکی با کاهش دیگری همراه

صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها با استفاده از روش‌های انرژی‌بر و پرهزینه، مانند کاربرد مصالح ساختمانی و تکنولوژی‌های اضافی، تنها با مصرف زیاد منابع و انتشار گاز دی‌اکسید کربن حاصل از تولید این مصالح، امکان‌پذیر است. این چنین راهکارهایی شامل استفاده از مصالح برای افزایش مقاومت حرارتی پوسته ساختمان، استفاده از سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و تهویه مطبوع و تجهیزات روشنایی با بازدهی بالا، استفاده از سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید بخشی از انرژی مصرفی ساختمان و غیره می‌گردد. کاهش مصرف انرژی ساختمان از طریق این اقدامات منجر به افزایش هزینه سرمایه‌گذاری برای ساخت چنین ساختمان‌هایی می‌گردد. بطور کلی میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای ساختمان‌هایی با مصرف انرژی اندک، شامل سرمایه‌گذاری صاحبان بنا و یارانه‌های دولتی، غالباً مقدار زیادی است و لذا سرمایه‌گذاری برای چنین پروژه‌هایی در شرایط اقتصادی کنونی بسیاری از کشورها، هنوز مقرون به صرفه نیست. از این رو در گام نخست، به کارگیری راه‌های بدون هزینه و در عین حال موثر برای صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها اهمیت دارد. در گام‌های بعدی استفاده از شیوه‌های هزینه بر صرفه‌جویی انرژی، همچون بهبود مقاومت حرارتی پوسته ساختمان و استفاده از سیستم‌های گرمایشی و تهویه مطبوع و یا استفاده از سیستم‌های تولید کننده انرژی اهمیت می‌یابد. یکی از مقرون به صرفه‌ترین و زیست محیطی‌ترین روش‌های صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها، کاهش مصرف انرژی ساختمان از طریق معماری انرژی‌کارا و اقلیمی است. صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق بهینه کردن طراحی معماری، نه تنها بدون هزینه است، بلکه از نظر مصرف منابع نیز بهینه بوده و تولید دی‌اکسید کربن ندارد. این روش از بهره‌وری انرژی همچنین پتانسیل صرفه‌جویی بسیار زیادی دارد. بنابراین صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق بهینه کردن طراحی معماری، شیوه‌ای اقتصادی و از لحاظ زیست محیطی پایدار است. لذا اولین و مهمترین راهکار برای صرفه‌جویی انرژی می‌بایستی بهینه کردن طراحی معماری و متناسب کردن طراحی با شرایط اقلیمی باشد. پیشرفت علم شبیه‌سازی در ساختمان‌ها در دهه‌های اخیر، مطالعه دقیق عملکرد ساختمان‌ها از نظر مصرف انرژی را آسانتر کرده است. ابزارهای علمی، پیشگویی رفتار پیچیده ساختمان را در رابطه با اقلیم امکان‌پذیر کرده است. ولی تاکنون جز مقایسه تئپولوژی‌های مختلف ساختمان‌ها برای یافتن حالت بهینه از نظر مصرف انرژی، هیچ روشی دیگری، که بتواند

می‌باشد؛ چراکه عوامل معماری‌ای که میزان مصرف انرژی روشنایی را کاهش می‌دهند، غالباً میزان نیاز به انرژی سرمایشی را افزایش می‌دهند. بنابراین مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان بایستی با یکدیگر و در کنار هم به عنوان معیار ارزیابی کارایی انرژی ساختمان‌ها و یافتن حالت و یا میزان بهینه عوامل و ویژگی‌های مختلف معماری، به کار روند. بر این اساس، میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و یا روشنایی نباید به تنهایی به عنوان معیار

با توجه به تنوع گونه‌های معماری و اقلیمی، به صرفه‌جویی انرژی از طریق طراحی معماری دست یابد، وجود نداشته است. بنابراین به منظور ایجاد امکان صرفه‌جویی انرژی و ایجاد انگیزه برای بهینه کردن طراحی معماری، بایستی روش‌هایی که راهکارهای مهمی برای کاهش مصرف انرژی ساختمان ارائه می‌دهند، بهبود یابد. «طراحی معماری انرژی‌کارا» یک روش پارامتریک است که تاثیر عوامل معماری مرتبط با انرژی را بر نیاز انرژی ساختمان‌ها، بررسی می‌نماید. این

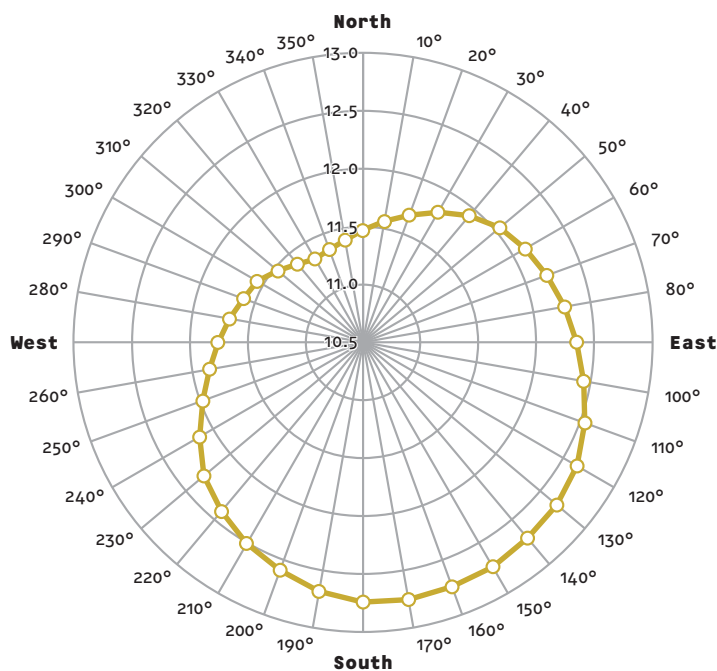
۲.۱. انرژی گرمایشی

کمترین مصرف انرژی گرمایشی ساختمان زمانی اتفاق می‌افتد که ساختمان دارای جهت‌گیری ۱۷۰ درجه (۱۰ درجه از جنوب به سمت شرق) باشد. با دور شدن جهت‌گیری ساختمان از این جهت، چه به سمت شرق و چه به سمت غرب، میزان مصرف انرژی گرمایشی افزایش می‌یابد. بیشترین میزان مصرف انرژی گرمایشی ساختمان در ۴۰ درجه (شمال شرقی) و ۳۲۰ درجه (شمال غربی) اتفاق می‌افتد. مصرف انرژی گرمایشی ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری‌های متفاوت حدود ۲۴ درصد تغییر می‌کند.

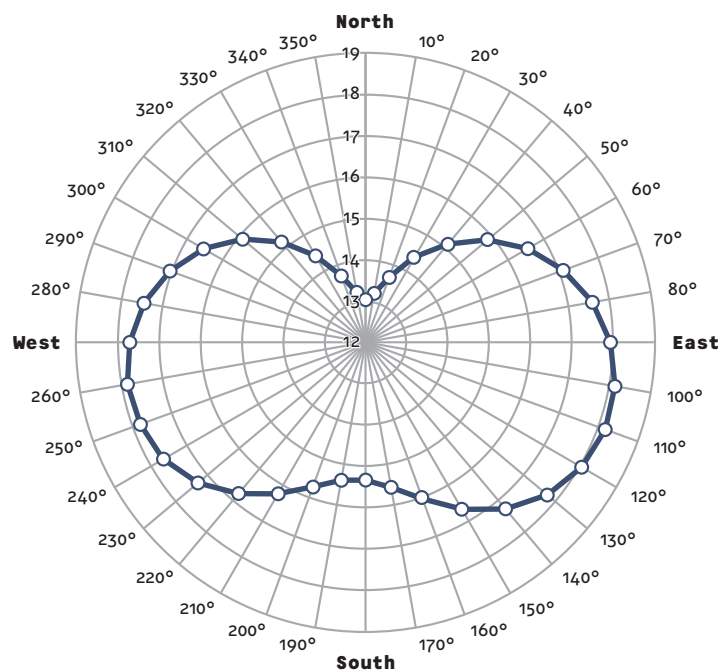
۲.۲. انرژی سرمایشی

مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری شمالی کمترین میزان خود را داراست. بالاترین مصرف انرژی سرمایشی زمانی اتفاق می‌افتد که ساختمان جهتی به سمت ۱۱۰ و

شرق به سمت جنوب شرق ساختمان حرکت می‌کند و از آنجا که زاویه ارتفاع آن در این زمان کم است، تابش خورشید بر روی سطوح دیوارهایی با جهت‌های بین شمال شرق و جنوب شرق بیشتر از دیوارهایی با جهت جنوبی و نیز سطوح افقی بام‌ها است. لذا دیوارهایی با این جهت‌گیری‌ها و بویژه دیوارهای شرقی و دیوارهای شرقی متمایل به جنوب، در این فصل بیشترین میزان انرژی تابشی را از طریق بازوها دریافت می‌کنند. دریافت انرژی تابشی زیاد ساختمان‌های با جهت‌گیری‌های مذکور، منجر به نیاز زیاد به مصرف انرژی برای جبران انرژی گرمایشی جذب شده و در نتیجه زیاد بودن انرژی سرمایشی می‌گردد. زمانیکه خورشید به جبهه جنوبی می‌رسد، به دلیل زاویه ارتفاع زیاد خورشید، بخش زیادی از اشعه‌های آن می‌تواند از طریق پنجره‌ها وارد ساختمان شده، منجر به کمتر بودن مصرف انرژی سرمایشی ساختمان در مقایسه با ساختمان‌هایی با جهت‌گیری‌های بین شمال شرقی و جنوب شرقی می‌گردد. برای ساختمان‌های با جهت‌گیری‌های بین جنوب غرب و شمال غرب، پدیده‌ای مشابه با جهت‌گیری‌های بین شمال شرق و جنوب شرق،



تصویر شماره ۱۷: مصرف انرژی روشنایی ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری‌های متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)



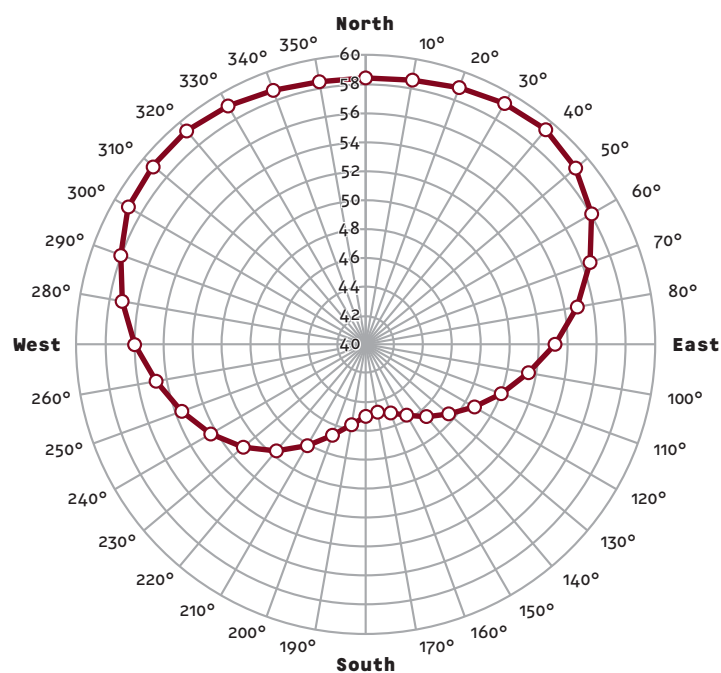
تصویر شماره ۱۶: مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری‌های متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

در بعدظهرهای تابستان اتفاق می‌افتد. در دو نقطه در طول مسیر خورشید، هم در جنوب غرب و هم در جنوب شرق (۱۱۰ و ۲۶۰ درجه)، دریافت حداکثر میزان تابش خورشید در تابستان و در نتیجه حداکثر میزان مصرف انرژی سرمایشی رخ می‌دهد. میزان مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌ها با جهت‌گیری‌های مختلف حدود ۲۸ درصد متفاوت است.

۲۶۰ درجه دارد. با چرخش ساختمان از جهت شرقی و غربی به سمت شمال و جنوب، مصرف انرژی سرمایشی کاهش می‌یابد. رفتار توصیف شده مصرف انرژی سرمایشی ساختمان نسبت به جهت‌های مختلف، به دلیل مسیر حرکت خورشید در طول روز و سال می‌باشد. در تابستان، خورشید در شمال شرق طلوع می‌کند، در جنوب به بالاترین ارتفاع خود می‌رسد و در شمال غرب غروب می‌نماید. در صبح‌های تابستان، از زمان طلوع تا حدود ساعت ۱۰ صبح، خورشید از شمال

۲. جهت گیری

جهت‌گیری ساختمان‌ها اثری قابل توجه بر میزان مصرف انرژی ساختمان دارد. جهت‌گیری ساختمان در میان همه فاکتورهای معماری، یکی از مهمترین عوامل در رابطه با صرفه‌جویی انرژی می‌باشد. به منظور مطالعه تاثیر جهت‌گیری بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی، یک ساختمان اداری پایه سه طبقه، با جهت‌گیری‌های مختلف در شرایط اقلیمی شهر هشتگرد شبیه‌سازی شده است. مشخصات پوسته حرارتی این ساختمان، کشیدگی و نسبت پنجره‌ها از پیش تعیین شده است. شبیه‌سازی ساختمان اداری و مقایسه مصارف انرژی، رفتار ساختمان‌های اداری در رابطه با مصرف انرژی را نسبت به جهت‌گیری‌های مختلف نشان می‌دهد. شبیه‌سازی‌ها برای محاسبه میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان در جهت‌های مختلف، در گام‌های ۱۰ درجه‌ای، انجام گرفته است. جهت‌گیری برای غایبی به کار می‌رود که بیشترین



تصویر شماره ۱۵: مصرف انرژی گرمایشی ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری‌های متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

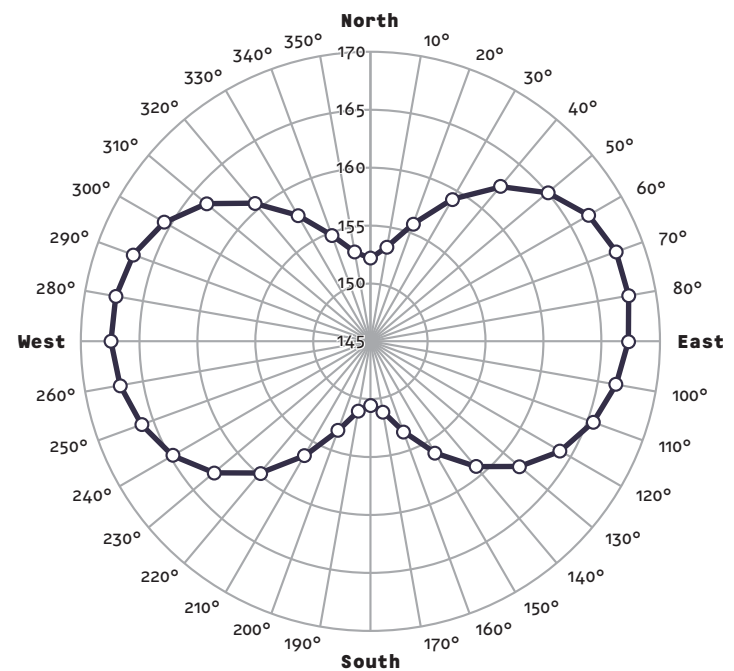
مساحت پنجره را دارد، یعنی به ساختمانی که بیشترین سطح پنجره را در جبهه روبروی جنوب دارد، ساختمان با جهت‌گیری جنوبی اطلاق می‌گردد. جهت‌گیری ساختمان همچنین از مبدا شمال و در جهت حرکت عقربه‌های ساعت سنجیده می‌شود. این بدان معناست که جهت‌گیری شمالی دارای زاویه صفر درجه، جهت‌گیری شرقی دارای زاویه ۹۰ درجه و جهت‌گیری جنوبی و غربی به ترتیب دارای زاویه ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه می‌باشند.

این عوامل مهم تمرکز می‌گردد. به کارگیری راه‌کارهای استخراج شده از این مطالعه در طراحی ساختمان اداری نسل جدید، به عنوان یک نمونه موردی از ساختمان انرژی‌کارا، تنها از طریق بهینه‌سازی معماری و بدون نیاز به هر مصالح و یا تکنولوژی اضافی، منجر به حدود ۵۰ درصد صرفه‌جویی انرژی گردیده است.

به دلیل اقلیم خاص، پتانسیل صرفه‌جویی انرژی از طریق معماری انرژی‌کارا در ایران بسیار بالا است. دو ویژگی اصلی اقلیم قاره‌ای، از قبیل میزان تابش خورشیدی بالا و رطوبت نسبی پایین، پتانسیل صرفه‌جویی انرژی با استفاده از معماری انرژی‌کارا را افزایش می‌دهد. از آنجاکه در ایران قیمت حامل‌های انرژی، حتی پس از کاهش یارانه‌های انرژی، هنوز پایین است و قیمت ساخت و ساز بالاست، سرمایه‌گذاری برای صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها با استفاده از کاربرد مصالح و تجهیزات ساختمانی، در برخی یا بسیاری از موارد از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست. با این حال، به دلیل وضعیت اقتصادی کشور، جنبه‌های اقتصادی در همه موارد و از جمله در صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌ها از اهمیت زیادی برخوردار بوده و لذا گرایش عمومی به بهره‌وری انرژی با استفاده از شیوه‌های هزینه بر اندک می‌باشد. به این دلیل، روش استفاده شده برای افزایش کارایی انرژی ساختمان‌ها بایستی تا حد امکان از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد. بنابراین معماری انرژی‌کارا برای ایران هم از نقطه نظر اقتصادی و هم زیست محیطی بسیار مناسب است.

۱- Climate and Energy Responsive Housing

می‌باشد. مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری رو به شمال نیز مقداری بسیار پایین دارد، چراکه ساختمان‌های اداری حداقل مصرف انرژی سرمایشی، که ضریب انرژی اولیه بالایی دارد، را با جهت‌گیری شمالی تجربه می‌کنند. ساختمان‌های اداری حداکثر میزان انرژی اولیه را در جهت ۲۷۰ درجه (جهت‌گیری غربی) و ۸۰ درجه (جهت‌گیری شرقی با ۱۰ درجه تمایل به سمت شمال) دارد. دلایل این امر این است که ساختمان‌های اداری با این دو جهت‌گیری تقریباً بیشترین مصرف انرژی سرمایشی را دارند که به دلیل ضریب بالای انرژی اولیه سرمایش، افزایش انرژی اولیه بالای ساختمان با این جهت‌گیری‌ها را تقویت می‌کند و نیز ساختمان‌های اداری با این جهت‌گیری‌ها مصرف انرژی گرمایشی نسبتاً بالایی دارند و این دو مساله منجر به بیشترین مصرف انرژی اولیه ساختمان با این دو جهت‌گیری می‌گردد. تفاوت بین بالاترین و پایین‌ترین میزان انرژی اولیه حدود ۱۰ درصد می‌باشد.

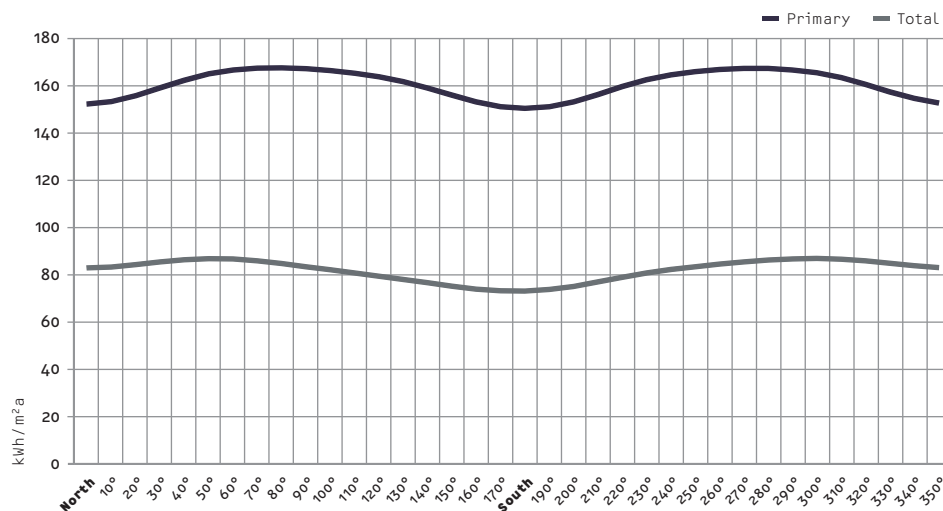


تصویر شماره ۲۰: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری‌های متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

مشابهی هستند. هر دو مصرف انرژی با جهت‌گیری جنوبی، کمترین میزان و با جهت‌گیری شرقی و غربی بالاترین میزان را دارند. مصرف انرژی اولیه یک ساختمان اداری رو به شمال نسبت به جهت‌های دیگر، جز جهت‌گیری جنوبی و زوایای نزدیک به آن، کمتر است. از آنجا که تقاضای انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری رو به شمال پایین است و ضریب انرژی اولیه سرمایش بالاست، در نتیجه تقاضای انرژی اولیه ساختمان با این جهت‌گیری پایین می‌باشد. این درحالی است که انرژی کل یک ساختمان اداری رو به شمال در مقایسه با بسیاری از جهت‌گیری‌ها بیشتر است.

۲.۸. نتیجه‌گیری

یافتن جهت‌گیری بهینه برای یک ساختمان و طراحی ساختمان با این جهت‌گیری می‌تواند منجر به صرفه‌جویی انرژی زیادی گردد. میزان پتانسیل صرفه‌جویی انرژی از طریق جهت‌گیری بهینه، با توجه به شرایط اقلیمی، کاربری ساختمان، مقاومت حرارتی پوسته ساختمان و غیره متفاوت است. این بررسی نشان می‌دهد که جهت‌گیری ساختمان می‌تواند مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، انرژی کل و همچنین انرژی اولیه ساختمان‌های اداری را بشدت تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین انتخاب جهت‌گیری بهینه برای ساختمان‌ها، مصرف انرژی اولیه و انرژی کل آنها را بدون استفاده از هرگونه مصالح و یا تکنولوژی جدید کاهش خواهد داد. پتانسیل صرفه‌جویی انرژی با



تصویر شماره ۲۱: مقایسه میزان مصرف انرژی کل و انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری‌های متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

جهت‌گیری مناسب ساختمان‌های اداری در این منطقه اقلیمی برای مصرف انرژی کل و انرژی اولیه، به ترتیب ۱۶ و ۱۰ درصد می‌باشد. بنابراین امکان صرفه‌جویی میزان زیادی انرژی در ساختمان‌های اداری به تنهایی از طریق جهت‌گیری مناسب وجود دارد و این امر می‌تواند به میزان قابل توجهی به صرفه‌جویی منابع و به حداقل رساندن انتشار گاز دی‌اکسید کربن کمک کند. استفاده از جهت‌گیری مناسب، هرچند محدودیت‌هایی دارد ولی به مصالح و یا تکنولوژی خاصی نیاز ندارد.

۲.۷. مقایسه مصرف انرژی کل و انرژی اولیه

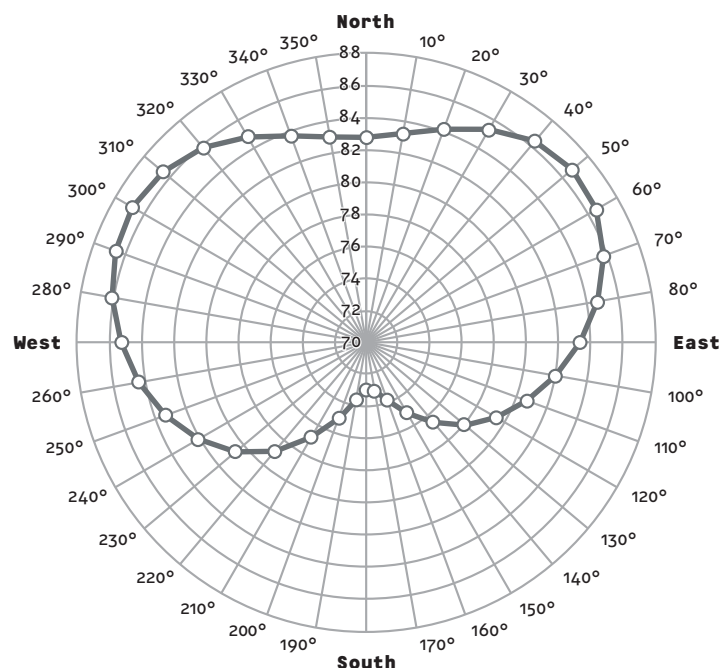
مقایسه بین میزان مصرف انرژی کل و مصرف انرژی اولیه نشان می‌دهد که به دلیل ضرایب انرژی اولیه گاز و برق، که بیشتر از یک می‌باشند، میزان انرژی اولیه بیشتر از میزان انرژی کل است و مصرف انرژی اولیه تقریباً دو برابر مصرف انرژی کل است. همچنین علیرغم اختلافاتی که بین میزان تغییرات این دو وجود دارد، انرژی کل و انرژی اولیه تقریباً دارای الگوی رفتاری

۲.۳. انرژی روشنائی

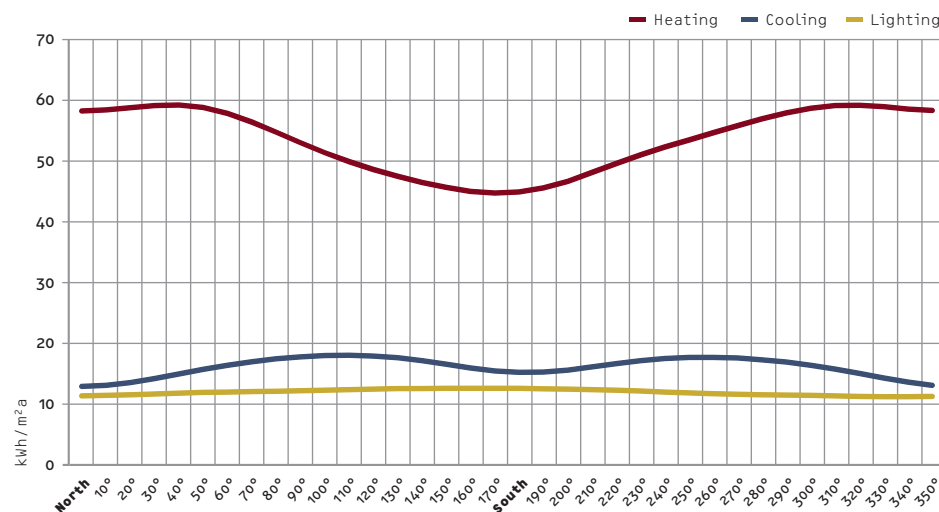
اثر جهت‌گیری ساختمان‌های اداری بر مصرف انرژی روشنائی نسبت به مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی اندک است. رفتار مصرف انرژی روشنائی همچنین نسبت به مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی متفاوت است. پایین‌ترین مصرف انرژی روشنائی ساختمان، در جهت ۳۳۰ درجه و بالاترین آن در جهت ۱۷۰ درجه اتفاق می‌افتد. مصرف انرژی روشنائی حدود ۱۱ درصد در جهت‌های مختلف متفاوت است.

۲.۴. مقایسه مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنائی

در شکل شماره ۱۸ میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنائی ساختمان‌های اداری مورد بررسی، مقایسه شده است. این نمودار نشان می‌دهد که جهت‌گیری ساختمان‌های اداری، مصرف انرژی روشنائی ساختمان را در مقایسه با انرژی گرمایشی و سرمایشی بسیار اندک تحت تاثیر قرار می‌دهد. تاثیر جهت‌گیری بر مصرف انرژی گرمایشی نسبت به مصارف دیگر بیشتر است. بر اساس این نمودار ساختمان‌های اداری زمانیکه جهت‌گیری جنوبی دارند، پایین‌ترین مصرف انرژی گرمایشی را دارند. مصرف انرژی سرمایشی نیز در ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری جنوبی



تصویر شماره ۱۹: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری‌های متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)



تصویر شماره ۱۸: مقایسه میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنائی ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری‌های متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

۲.۶. انرژی اولیه

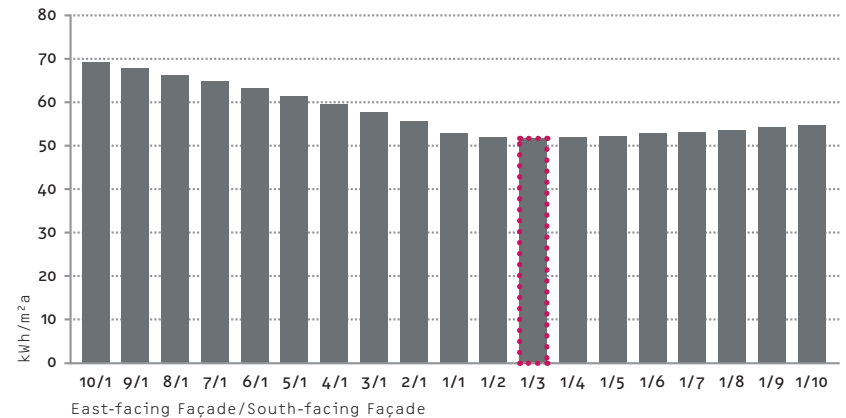
همانند مصرف انرژی کل، مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با جهت‌گیری جنوبی کمترین میزان را داراست. جز ساختمان‌های با جهت‌گیری جنوبی، ساختمان‌های اداری رو به شمال نیز دارای مصرف انرژی اولیه کمی می‌باشند. مصرف انرژی اولیه پایین ساختمان با جهت‌گیری جنوبی به دلیل مصرف انرژی گرمایشی اندک و انرژی سرمایشی نسبتاً پایین ساختمان با این جهت‌گیری

کم است، هرچند در کمترین میزان خود نیست. اگر ساختمان از جنوب به سمت شرق و یا غرب بچرخد، مصرف انرژی با رفتاری نسبتاً مشابه افزایش می‌یابد. هرچند این افزایش برای جهت‌گیری‌های به سمت شرق و غرب کاملاً یکسان نیست. در این اقلیم در ساختمان‌های اداری، میزان مصرف انرژی گرمایشی همیشه بالاتر از مصرف انرژی سرمایشی و روشنائی است. ولی جهت‌گیری ساختمان، بیشترین اثر را بر میزان مصرف انرژی سرمایشی دارد.

سرمایشی ساختمان کاهش می‌یابد. این کاهش تا تبدیل ساختمان به فرمی مربع شکل و پس از آن تا افزایش کشیدگی ساختمان در محور شرقی - غربی به نسبت ۱ به ۲ ادامه می‌یابد. پس از افزایش کشیدگی ساختمان از این نسبت، مجدداً انرژی سرمایشی ساختمان افزایش می‌یابد. بنابراین برای داشتن کمترین میزان انرژی سرمایشی، نسبت جبهه شرقی به جنوبی ساختمان‌های اداری در این منطقه اقلیمی می‌بایستی ۱ به ۲ باشد. دلیل افزایش آرام مصرف انرژی سرمایشی ساختمان پس از افزایش نسبت سطح جبهه جنوبی به شرقی، عوامل متعددی از قبیل افزایش دریافت انرژی تابشی جذب شده از طریق پنجره‌های شمالی (در صبح و عصر تابستان) و پنجره‌های جنوبی و نیز افزایش اتلاف حرارت (ورود گرما به داخل ساختمان) از طریق پوسته حرارتی، به دلیل افزایش مساحت پوسته و نسبت سطح به حجم بناست.

۳.۳. انرژی روشنایی

هرچه کشیدگی ساختمان، چه در محور شرقی - غربی و چه در محور شمالی - جنوبی، افزایش یابد، عمق ساختمان کمتر شده و محدوده‌ای از زیربنا که نور روز می‌تواند پوشش دهد، افزایش می‌یابد. لذا افزایش کشیدگی ساختمان، در هر دو محور، باعث کاهش نیاز به انرژی روشنایی ساختمان می‌گردد. بنابراین ساختمان‌های با پلان مربع شکل، حداکثر مصرف انرژی روشنایی و ساختمان‌های با بیشترین کشیدگی، کمترین مصرف انرژی روشنایی را دارند.

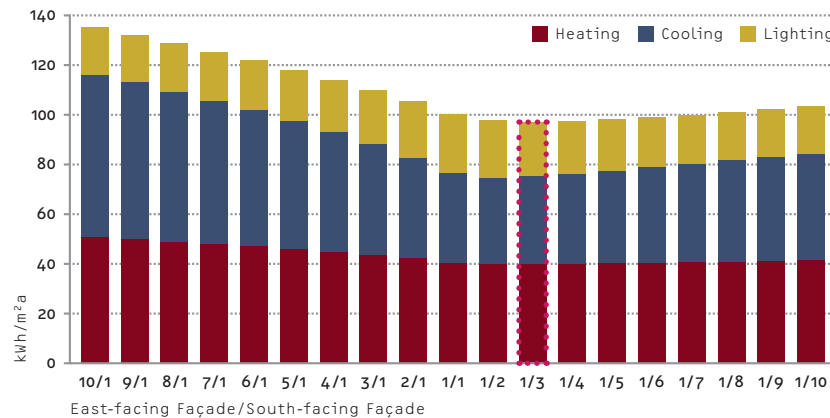


تصویر شماره ۲۳: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با کشیدگی‌های متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

ساختمان افزایش می‌یابد. افزایش انرژی مورد نیاز ساختمان پس از این نسبت‌ها و با افزایش کشیدگی ساختمان در محور شرقی - غربی با شیب کمتری رخ می‌دهد. با توجه به کم بودن میزان مصرف انرژی روشنایی ساختمان نسبت به مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی و اینکه رفتار انرژی روشنایی ساختمان، تفاوت زیادی با رفتار انرژی گرمایشی و سرمایشی ندارد؛ مصرف انرژی کل ساختمان نیز رفتاری مشابه انرژی گرمایشی و سرمایشی دارد. بر اساس نمودار شماره ۲۳، مجموع مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان با کاهش کشیدگی ساختمان در محور شمالی - جنوبی کاهش یافته، در نسبت ۱ به ۲ به حداقل میزان خود رسیده و پس از آن با شیب کمتری افزایش می‌یابد.

۳.۵. انرژی اولیه

با توجه به مشابهت اثر تغییر در کشیدگی ساختمان بر میزان نیاز به انرژی برای مصارف مختلف، بویژه انرژی گرمایشی و سرمایشی؛ تغییرات مصرف انرژی اولیه ساختمان با تغییر در کشیدگی ساختمان نیز مشابه تغییرات نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی و نیز انرژی کل ساختمان می‌باشد. بر اساس نمودار شماره ۲۴، ساختمان‌های با نسبت زیاد جبهه شرقی و غربی به جبهه جنوبی و شمالی، مصرف انرژی اولیه بالایی دارند. با کاهش این کشیدگی، مصرف انرژی اولیه تا نسبت ۱ به ۳ کاهش یافته و پس از آن با شیب کمتری افزایش می‌یابد. بنابراین برای داشتن کمترین انرژی اولیه، نسبت جبهه شرقی به جبهه جنوبی در ساختمان‌های اداری می‌بایستی ۱ به ۳ باشد.



تصویر شماره ۲۴: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با کشیدگی‌های متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

۳.۴. انرژی کل

هم انرژی گرمایشی و هم انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری، با کاهش کشیدگی ساختمان در محور شمالی - جنوبی و کمتر شدن نسبت جبهه شرقی و غربی به جبهه‌های جنوبی و شمالی ساختمان، با شیب نسبتاً تندی کاهش می‌یابد. کاهش انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان به ترتیب تا نسبت‌های ۱ به ۳ و ۱ به ۲ ادامه یافته و پس از این نسبت‌ها، انرژی مورد نیاز

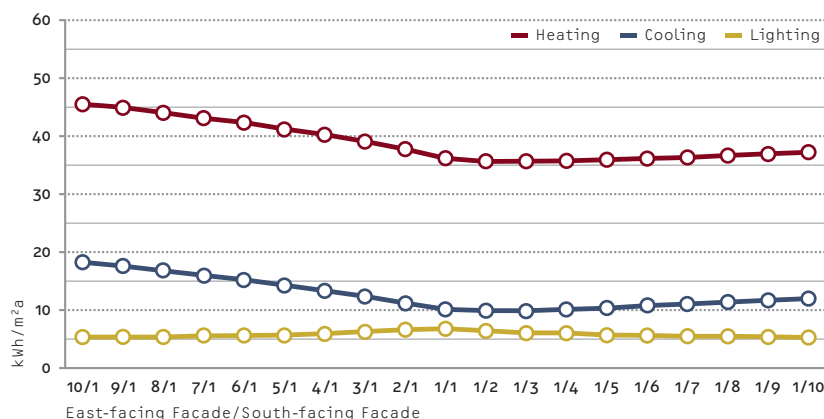
۳.۶. نتیجه‌گیری

بررسی اثر کشیدگی ساختمان در محورهای مختلف بر مصرف انرژی ساختمان‌های اداری نشان می‌دهد که کشیدگی ساختمان، مصارف مختلف انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ساختمان‌های اداری در اقلیم شهر جدید هشتگرد زمانی دارای کمترین میزان انرژی اولیه و انرژی کل هستند که طول جبهه جنوبی، سه برابر جبهه شرقی ساختمان باشد. دلیل این مساله

۳. کشیدگی ساختمان

مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش یک ساختمان به منظور به تعادل رساندن اتلاف و دریافت انرژی از طریق پوسته حرارتی آن ساختمان انجام می‌گیرد. لذا هر تغییر در مساحت پوسته حرارتی و یا تغییر در مساحت اجزای پوسته حرارتی که در جهات جغرافیایی مختلف قرار می‌گیرند، میزان اتلاف و دریافت انرژی از طریق این پوسته را تغییر داده و در نتیجه مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان را تغییر می‌دهند. تغییر در کشیدگی ساختمان نه تنها باعث تغییر در مساحت اجزاء مختلف و کل پوسته حرارتی و در نتیجه نسبت سطح به حجم ساختمان می‌گردد و بدین شکل میزان اتلاف انرژی ساختمان را تغییر می‌دهد؛ بلکه مساحت جبهه‌های مختلف ساختمان با جهت‌گیری‌های مختلف را تغییر داده و لذا میزان انرژی تابشی دریافتی از طریق اجزای شفاف پوسته حرارتی را نیز تغییر می‌دهد. بنابراین کشیدگی ساختمان، هم بر مصرف انرژی گرمایشی و هم بر مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌ها اثرگذار است. کشیدگی ساختمان همچنین با ایجاد تغییر در عمق ساختمان، باعث تغییر در میزان نفوذ نور روز در فضاهای داخلی ساختمان می‌گردد و بدین صورت بر میزان مصرف برق مورد نیاز برای تامین روشنایی ساختمان اثر می‌گذارد. بر این اساس کشیدگی ساختمان یکی از عوامل موثر بر مصرف انرژی ساختمان‌ها است.

برای بررسی اثر کشیدگی ساختمان‌های اداری بر مصرف انرژی آنها، اثر این شاخص معماری بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری در اقلیم شهر جدید هشتگرد بررسی شده است. در این بررسی، کشیدگی ساختمان بصورت عددی تعریف شده است. عدد بیان‌کننده این شاخص معماری در این مطالعه، نسبت طول جبهه شرقی به طول جبهه جنوبی بنا در ساختمانی با پلانی مستطیل شکل را نشان می‌دهد و در نتیجه این عدد بیان‌کننده نسبت مساحت جبهه شرقی و یا غربی ساختمان به مساحت جبهه جنوبی و یا شمالی ساختمان می‌باشد. شاخص کشیدگی در این مطالعه از نسبت ۱۰ به ۱ (ساختمانی که طول جبهه شرقی و یا غربی آن ۱۰ برابر جبهه جنوبی و یا شمالی است) تا نسبت ۱ به ۱۰ (ساختمانی که طول جبهه شرقی و جنوبی و یا شمالی آن ۱۰ برابر جبهه شرقی و یا غربی است) می‌باشد. نسبت سطح پنجره‌ها به سطح دیوارها در همه جبهه‌های این ساختمان‌ها ثابت و معادل ۵۰٪ می‌باشد.



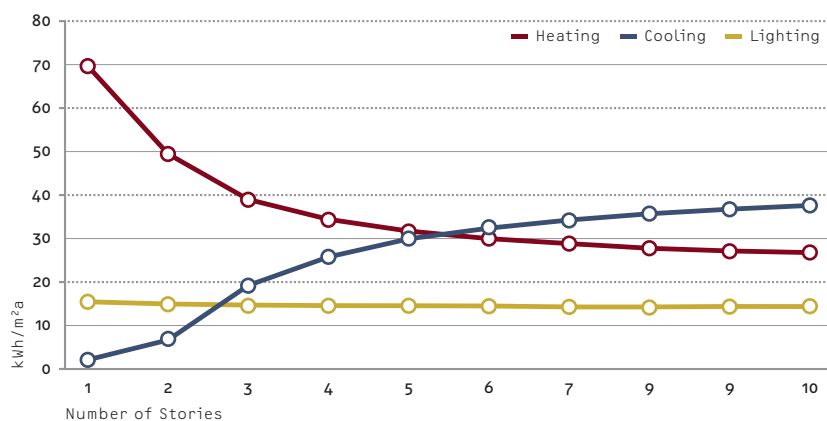
تصویر شماره ۲۲: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با کشیدگی‌های متفاوت (کیلوات ساعت بر مترمربع در سال)

۳.۲. انرژی سرمایشی

ساختمان‌های اداری با بیشترین کشیدگی در محور شمالی - جنوبی، به دلیل داشتن بیشترین سطح جبهه شرقی و غربی و در نتیجه حداکثر جذب انرژی تابشی در دوره سرمایش، بیشترین میزان نیاز به انرژی سرمایشی را دارند. با کاهش کشیدگی ساختمان در این محور و کاهش مساحت جبهه‌های شرقی و غربی ساختمان و در نتیجه کاهش سطح پنجره‌های این دو جبهه، میزان انرژی

مصرف انرژی گرمایشی ساختمان‌های اداری که کشیدگی آنها در محور شمالی - جنوبی است و در نتیجه مساحت جبهه شرقی و غربی آنها بیشتر از سطح جبهه جنوبی و شمالی است، بسیار زیاد است. دلیل این امر، دریافت انرژی تابشی اندک از طریق جبهه‌های شرقی و غربی ساختمان در دوره گرمایش و بالا بودن اتلاف انرژی از طریق پوسته حرارتی ساختمانی است که بدلیل

بر اساس نمودار شماره ۲۵، افزایش تعداد طبقات ساختمان‌های اداری مورد بررسی در اقلیم شهر جدید هشتگرد باعث افزایش مصرف انرژی سرمایشی این ساختمان‌ها می‌گردد. افزایش اتلاف انرژی ساختمان‌ها در دوره سرمایش، در برخی شرایط می‌تواند مصرف انرژی سرمایشی ساختمان را کاهش دهد. در شرایطی که دمای هوای خارج در محدوده آسایش حرارتی و یا کمتر از آن باشد و دمای هوای داخل ساختمان بالاتر از مرز بالایی شرایط آسایش حرارتی باشد، اتلاف انرژی باعث می‌گردد بخشی از انرژی حرارتی داخل ساختمان از طریق اتلاف از ساختمان خارج شود و این امر نیاز به مصرف انرژی سرمایشی برای جبران حرارت اضافی داخل ساختمان را کاهش می‌دهد. البته در صورتیکه دمای هوای خارج در بخش عمده دوره سرمایش بالاتر از مرز بالایی شرایط آسایش حرارتی باشد، اتلاف حرارت به منزله ورود گرما به داخل ساختمان بوده و لذا اتلاف انرژی، مصرف انرژی سرمایشی ساختمان را افزایش می‌دهد. یکی از دلایل افزایش مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری مورد بررسی با افزایش تعداد طبقات، کاهش سطح پوسته حرارتی ساختمان نسبت به حجم ساختمان و کاهش اتلاف انرژی از طریق این پوسته می‌باشد.



تصویر شماره ۲۵: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با تعداد طبقات متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

تعداد طبقات ساختمان یکی از عوامل اثرگذار بر مصرف انرژی ساختمان‌هاست. تعداد طبقات یک ساختمان، نسبت سطح به حجم بنا و به تبع آن میزان اتلاف انرژی از طریق پوسته حرارتی ساختمان و در نتیجه میزان مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

تعداد طبقات یک ساختمان همچنین، نسبت مساحت سقف به مساحت زیربنای ساختمان را تحت تاثیر قرار می‌دهد که عاملی مهم در میزان اتلاف و دریافت انرژی ساختمان است. سقف‌ها به عنوان سطوح افقی پوسته حرارتی، بویژه بدلیل دریافت تابش زیاد در دوره سرمایش و تابش کم در دوره گرمایش، نسبت به دیوارها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. این عنصر ساختمانی می‌تواند بدلیل دریافت تابش زیاد در تابستان باعث افزایش دریافت انرژی حرارتی طبقه نهایی ساختمان شده، مصرف انرژی سرمایشی را افزایش دهد. البته سقف‌ها می‌توانند با اتلاف انرژی باعث کاهش مصرف انرژی سرمایشی نیز گردند. مساله افزایش و یا کاهش مصرف انرژی سرمایشی با افزایش سطح سقف به عواملی از جمله نوع اقلیم، کاربری ساختمان و ساعات اشغال ساختمان بستگی دارد. سقف‌ها همچنین می‌توانند بواسطه اتلاف انرژی در زمستان باعث افزایش مصرف انرژی گرمایشی ساختمان گردند.

تغییر در تعداد طبقات یک ساختمان باعث تغییر در نسبت مساحت کف ساختمان به مساحت زیربنای ساختمان می‌گردد و این امر همچنین می‌تواند میزان نیاز ساختمان به انرژی گرمایشی و سرمایشی را تغییر دهد.

۴.۱. انرژی گرمایشی

افزایش تعداد طبقات یک ساختمان، بر حسب بزرگی ساختمان، غالباً باعث کاهش نسبت سطح پوسته حرارتی به حجم ساختمان شده و بدین صورت میزان اتلاف انرژی ساختمان در دوره گرمایش را کاهش می‌دهد. از آنجا که در دوره گرمایش، دمای محدوده شرایط آسایش حرارتی داخل ساختمان بالاتر از دمای بیرون می‌باشد، اتلاف حرارت ساختمان با خروج گرما از داخل به خارج، باعث نیاز بیشتر به انرژی گرمایشی مصنوعی برای جبران این اتلاف و در نتیجه افزایش مصرف انرژی گرمایشی می‌گردد. از اینرو کاهش نسبت سطح پوسته حرارتی به حجم ساختمان

۴.۳. انرژی روشنایی

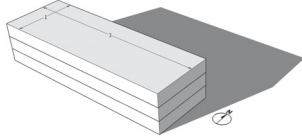
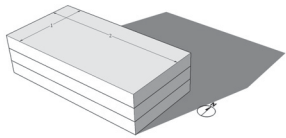
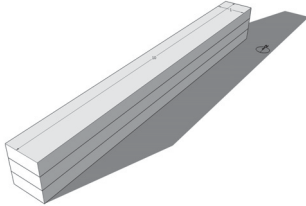
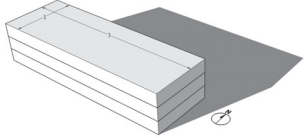
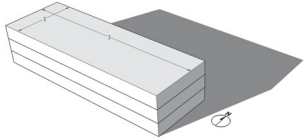
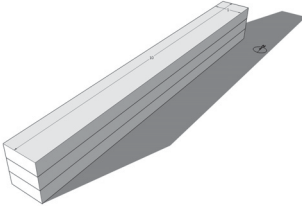
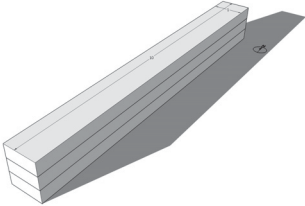
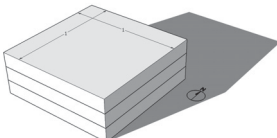
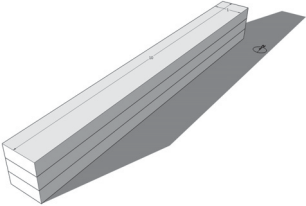
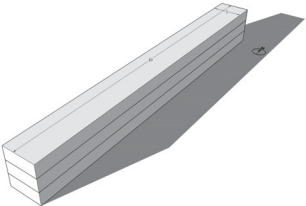
هرچند مصرف انرژی روشنایی ساختمان‌ها با افزایش تعداد طبقات به میزان بسیار اندکی کاهش می‌یابد ولی تعداد طبقات یک ساختمان اثر محسوسی بر میزان نور روز دریافتی طبقات ساختمان نداشته و در نتیجه اثر زیادی نیز بر مصرف برق مورد نیاز برای تامین روشنایی مصنوعی ساختمان‌ها ندارد. هرچند در بافت‌های متراکم شهری و در محیطی که طبقات پایین ساختمان

باعث کاهش مصرف انرژی گرمایشی می‌گردد. بنابراین افزایش تعداد طبقات ساختمان‌های اداری باعث کاهش مصرف انرژی گرمایشی آنها می‌گردد.

کاهش مصرف انرژی گرمایشی ساختمان‌ها، با افزایش تعداد طبقات از یک تا چهار و پنج طبقه با شیب تند رخ داده ولی پس از پنج طبقه، کاهش مصرف انرژی گرمایشی با افزایش تعداد طبقات با سرعت کمتری رخ خواهد داد.

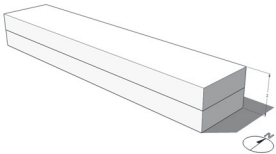
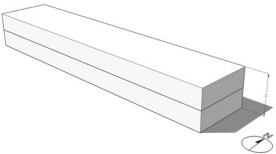
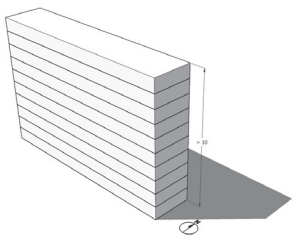
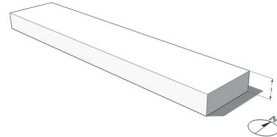
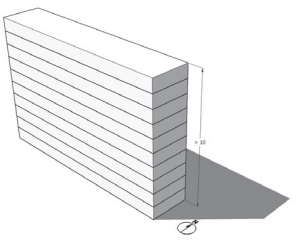
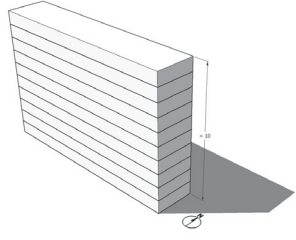
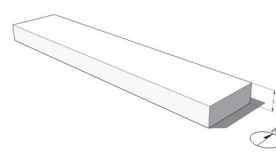
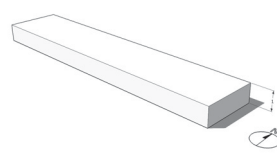
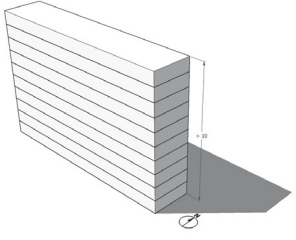
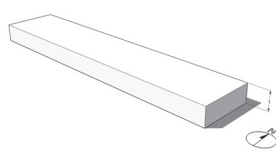
این است که در این کشیدگی، سطح جبهه جنوبی ساختمان، به عنوان جبهه‌ای مناسب هم برای دوره گرمایش و هم برای دوره سرمایش، سه برابر سطح جبهه شرقی و غربی ساختمان، که نسبت به جبهه جنوبی نقشی منفی در مصرف انرژی ساختمان ایفا می‌کند، می‌باشد. افزایش کشیدگی ساختمان بیش از این میزان، هرچند سطح جبهه جنوبی ساختمان به عنوان جبهه‌ای مفید را افزایش می‌دهد، ولی در عین حال باعث افزایش سطح پوسته حرارتی و افزایش اتلاف انرژی ساختمان می‌گردد. افزایش سطح جبهه جنوبی بیش از حد بهینه، همچنین منجر به دریافت انرژی تابشی در زمانی از دوره گرمایش می‌گردد که نیازی به وجود آن نبوده و یا منجر به افزایش جذب انرژی تابشی در دوره سرمایش می‌گردد که این جذب نقشی منفی ایفا نموده و باعث افزایش مصرف انرژی سرمایشی ساختمان می‌گردد.

این بررسی همچنین نشان می‌دهد که کشیدگی‌های در محور شرقی - غربی از نقطه نظر مصرف انرژی کل و یا انرژی اولیه بسیار بهتر از کشیدگی‌های در محور شمالی - جنوبی

Primary Energy Demand	Total Energy Demand	Lighting Energy Demand	Cooling Energy Demand	Heating Energy Demand	
					Minimum Energy Demand
					
					Maximum Energy Demand

جدول شماره ۵: کشیدگی ساختمان‌های اداری در حالت داشتن حداقل و حداکثر مصرف انرژی

می‌باشند و حداکثر مصرف انرژی کل و انرژی اولیه ساختمان‌ها در بیشترین کشیدگی‌ها در محور شمالی- جنوبی رخ می‌دهد.

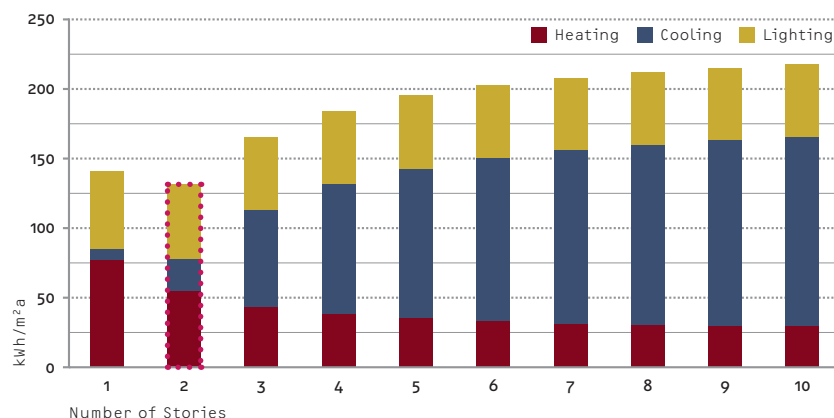
	Primary Energy Demand	Total Energy Demand	Lighting Energy Demand	Cooling Energy Demand	Heating Energy Demand
Minimum Energy Demand					
Maximum Energy Demand					

جدول شماره ۵: تعداد طبقات ساختمان‌های اداری در حالت داشتن حداقل و حداکثر مصرف انرژی

۴.۶. نتیجه گیری

انتخاب تعداد طبقات برای یک ساختمان متأثر از عوامل متعددی همچون میزان تراکم مورد نیاز و یا مجاز در هر منطقه، شاخص سطح اشغال زمین و شرایط و ضوابط مربوط به این موارد در بافتی است که ساختمان در آن قرار دارد. تعداد طبقات بهینه از جنبه مصرف انرژی، فارغ از عوامل اصلی همچون اقلیم، نوع کاربری، زمان اشغال ساختمان و غیره؛ به عواملی همچون طول و عرض ساختمان بستگی دارد. چراکه اثر کاهشی و یا افزایشی تعداد طبقات یک ساختمان بر فشردگی آن، به سطح زیربنای ساختمان بستگی دارد. در ساختمان‌های اداری در اقلیم منطقه تهران، از نظر مجموع مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی و انرژی اولیه مورد نیاز ساختمان، داشتن دو طبقه حالت بهینه می‌باشد.

اثر تعداد طبقات ساختمان‌ها بر مصرف انرژی آنها اثری نسبتاً پیچیده بوده و بستگی زیادی به اقلیم، کاربری و ساعات اشغال ساختمان دارد. در این مطالعه ساختمان‌های یک طبقه دارای بیشترین مصرف انرژی کل بوده اند، درحالیکه ساختمان‌های با بیشترین تعداد طبقات، به دلیل داشتن حداکثر نیاز به انرژی سرمایشی، بیشترین مصرف انرژی اولیه را داشته اند.



تصویر شماره ۲۷: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با تعداد طبقات متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

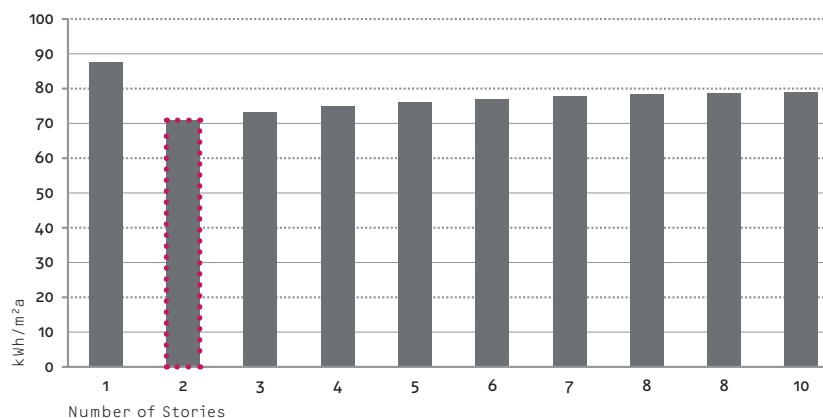
در سایه عناصر طبیعی و مصنوع اطراف خود قرار می‌گیرند و نور طبیعی دریافتی طبقات پایینی ساختمان کمتر از طبقات بالایی می‌باشد، افزایش تعداد طبقات ساختمان می‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی روشنایی گردد.

۴.۴. انرژی کل

افزایش تعداد طبقات یک ساختمان اداری از یک طبقه به دو طبقه باعث کاهش مجموع انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان می‌گردد. افزایش تعداد طبقات به بیش از دو طبقه مجدداً باعث افزایش مصرف انرژی کل ساختمان می‌گردد. البته افزایش نیاز به انرژی کل ساختمان با افزایش تعداد طبقات پس از دو طبقه، با سرعت اندکی رخ می‌دهد. بنابراین برای ساختمان‌های اداری در اقلیم شهر جدید هشتگرد، دو طبقه ساختمان برای داشتن کمترین نیاز انرژی کل، حالت بهینه می‌باشد. تغییر در هر یک از مشخصه‌های ساختمانی از جمله کاربری و یا ساعات اشغال ساختمان می‌تواند تعداد طبقات بهینه را تغییر دهد.

۴.۵. انرژی اولیه

با افزایش تعداد طبقات ساختمان‌های اداری مورد بررسی از یک طبقه به دو طبقه، مصرف انرژی اولیه ساختمان کاهش می‌یابد. با افزایش تعداد طبقات به بیش از دو طبقه، مصرف انرژی اولیه ساختمان افزایش می‌یابد. دلیل افزایش مصرف انرژی اولیه پس از افزایش تعداد طبقات به بیش



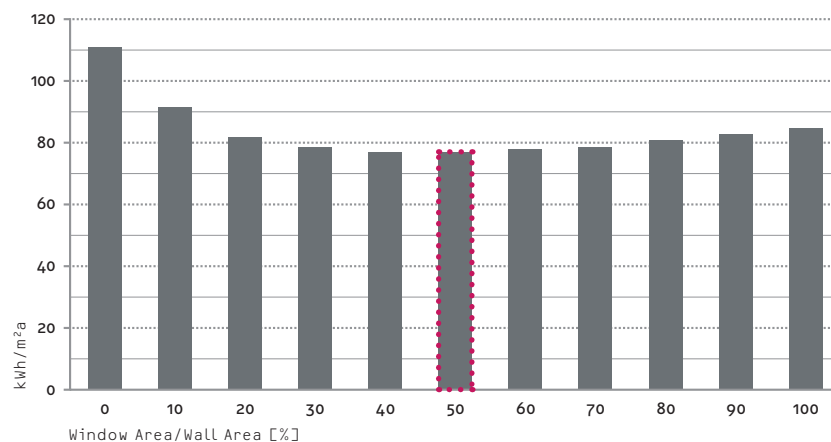
تصویر شماره ۲۸: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با تعداد طبقات متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

از دو طبقه با سرعت نسبتاً زیاد، افزایش انرژی سرمایشی ساختمان با افزایش تعداد طبقات و ضریب بالای انرژی اولیه حامل انرژی مورد استفاده برای سرمایش است. بنابراین از جنبه کمترین میزان انرژی اولیه، ساختمان‌های اداری در شرایط مورد بررسی می‌بایستی دارای دو طبقه باشند.

انتقال و تابش طول موج بلند نیز می‌گردد ولی میزان دریافت انرژی تابشی خورشید بسیار بیشتر از میزان اتلاف مذکور بوده و در نتیجه مصرف انرژی گرمایشی کاهش می‌یابد. با افزایش سطح پنجره‌ها از ۸۰ تا ۱۰۰ درصد، هر چند میزان جذب خورشید افزایش می‌یابد ولی میزان اتلاف انرژی بیشتر از میزان جذب مفید بوده و در نتیجه میزان انرژی گرمایشی با افزایش سطح پنجره‌ها از ۸۰ تا ۱۰۰ درصد افزایش اندکی خواهد داشت. این رفتار افزایشی و کاهش مصرف انرژی گرمایشی می‌تواند با تغییر میزان جرم حرارتی ساختمان تغییر کند، چراکه با افزایش جرم حرارتی ساختمان، حرارت خورشیدی دریافت شده قابلیت جذب در جرم حرارتی ساختمان را داشته و بخش بیشتری از انرژی خورشیدی جذب شده بصورت مفید استفاده خواهد شد. درحالی‌که در ساختمان با جرم حرارتی اندک، جذب خورشیدی تا میزانی بصورت مفید استفاده خواهد شد که دمای هوا را تا محدوده آسایش افزایش دهد. افزایش بیشتر جذب خورشیدی از طریق سطح بیشتر پنجره‌ها در ساختمانی که جرم حرارتی آن قابلیت جذب گرمای اضافی را ندارد، باعث افزایش بیش از حد دما شده و دمای هوا را از مرز بالایی محدوده آسایش افزایش داده که در اینصورت این گرمای اضافی بایستی به شکلی، از جمله با باز کردن پنجره‌ها، دفع گردد.

۵.۱.۲. انرژی سرمایشی

مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار از صفر تا ۱۰ درصد اندکی کاهش می‌یابد. دلیل این امر بیشتر بودن اتلاف انرژی از طریق پنجره‌ها در مقایسه



تصویر شماره ۲۹: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری بدون سایبان با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

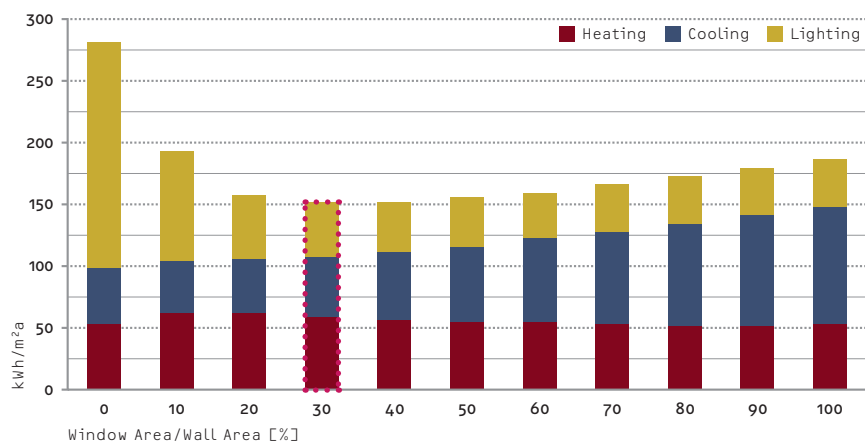
از جبهه‌های شرقی و غربی است. بنابراین با افزایش سطح پنجره‌های ساختمان‌های اداری، میزان جذب خورشیدی افزایش یافته و در نتیجه میزان مصرف انرژی سرمایشی آنها افزایش می‌یابد. افزایش سطح پنجره‌ها از ۱۰ تا ۲۰ درصد منجر به افزایش انرژی سرمایشی با شیبی اندک شده درحالی‌که افزایش سطح پنجره‌ها از ۲۰ تا ۱۰۰ درصد باعث افزایش انرژی سرمایشی به میزان بسیار بیشتر و با شیبی تقریباً ثابت می‌گردد.

۵.۱.۳. انرژی روشنایی

هر چه سطح پنجره‌های یک ساختمان بیشتر باشد، میزان روشنایی طبیعی فضاها بیشتر و در نتیجه میزان نیاز به روشنایی مصنوعی و برق مصرفی برای فراهم کردن این روشنایی کمتر خواهد بود. افزایش سطح پنجره‌ها از صفر تا ۱۰۰ درصد باعث کاهش مصرف انرژی روشنایی می‌گردد. بنابراین اگر هدف تنها کاهش میزان برق مصرفی برای روشنایی باشد، بهترین نسبت سطح پنجره‌ها به دیوارها ۱۰۰ درصد می‌باشد. بر اساس شکل ۲۸ با افزایش سطح پنجره‌ها به دیوار ساختمان‌های اداری از صفر تا ۲۰ درصد میزان مصرف انرژی روشنایی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد، پس از آن کاهش مصرف برق به میزان بسیار اندکی رخ خواهد داد.

۵.۱.۴. انرژی کل

با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار از صفر تا ۵۰ درصد، میزان مصرف انرژی کل ساختمان‌های



تصویر شماره ۳۰: مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری بدون سایبان با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

اداری بدون سایبان، کاهش می‌یابد. افزایش مساحت پنجره‌ها بیش از ۵۰ درصد منجر به افزایش میزان مصرف انرژی کل ساختمان‌ها می‌گردد. این امر نشان می‌دهد، اگر پنجره‌ها بدون سایبان باشند، نسبت بهینه سطح پنجره به دیوار برای ساختمان‌های اداری برای داشتن کمترین میزان مجموع انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی، ۵۰ درصد است.

با دریافت انرژی تابشی در ساختمان‌های با ۱۰ درصد پنجره نسبت به ساختمان‌های بدون پنجره می‌باشد. با افزایش نسبت سطح پنجره‌ها به دیوارها از ۱۰ تا ۱۰۰ درصد، مصرف انرژی سرمایشی افزایش می‌یابد. از آنجا که نسبت مساحت پنجره‌ها به دیوارها در تمام جبهه‌های ساختمان یکسان است، افزایش درصد سطح پنجره‌ها به معنی افزایش پنجره‌ها در تمام جبهه‌ها است و لذا افزایش سطح پنجره‌ها منجر به افزایش دریافت انرژی گرمایشی خورشید در تابستان بویژه

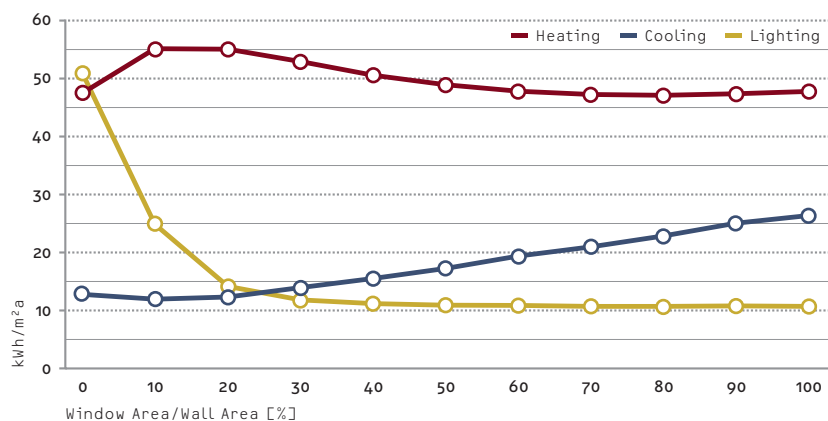
پژوهش، نسبت بهینه پنجره را برای هر یک از ماه‌ها با جهت‌های مختلف، همچون نمای جنوبی، شمالی، شرقی و غربی، بررسی و تعیین خواهد کرد.

۵.۱. نسبت سطح پنجره به دیوار در تمام جهت‌ها برای پنجره‌های بدون سایبان

به منظور دستیابی به نسبت بهینه سطح پنجره به دیوار در جهت بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها، یک ساختمان اداری بدون سایبان با نسبت‌های مختلف پنجره به دیوار، از طریق شبیه‌سازی مورد بررسی واقع شده است. این ساختمان جهت‌گیری جنوبی و کشیدگی شرقی-غربی داشته و نسبت سطح پنجره به دیوار در همه ماه‌های آن یکسان است. همچنین تمام ویژگی‌های ساختمان جز مساحت پنجره‌ها یکسان در نظر گرفته شده است. این ساختمان تحت شرایط اقلیمی، ساختمانی و معماری یکسان شبیه‌سازی می‌شود و میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی آن محاسبه و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵.۱.۱. انرژی گرمایشی

مصرف انرژی گرمایشی ساختمان‌های اداری زمانیکه نسبت سطح پنجره به دیوار ۱۰ درصد است در مقایسه با ساختمان‌های بدون پنجره بیشتر است. این بدان معناست که میزان مصرف انرژی گرمایشی ساختمان با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار از صفر تا ۱۰ درصد افزایش می‌یابد. دلیل این امر این است که اتلاف انرژی از طریق پنجره‌ها در زمستان برای ساختمان با ۱۰ درصد



تصویر شماره ۲۸: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری بدون سایبان با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

پنجره بیشتر از ساختمان بدون پنجره است ولی میزان دریافت انرژی تابشی خورشید از ۱۰ درصد پنجره نمی‌تواند انرژی تلف شده از طریق پنجره‌ها را جبران نماید. میزان مصرف انرژی گرمایشی یک ساختمان اداری با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار از ۱۰ تا ۸۰ درصد کاهش می‌یابد. دلیل این امر این است که با افزایش سطح پنجره‌ها از ۱۰ تا ۸۰ درصد، میزان جذب خورشیدی ساختمان افزایش می‌یابد. هرچند افزایش سطح پنجره‌ها باعث افزایش اتلاف انرژی از طریق

پنجره‌ها در مقایسه با اجزای دیگر پوسته حرارتی ساختمان همچون دیوارها مقاومت حرارتی بسیار کمتری داشته و به دلیل شفافیتشان دریافت انرژی تابشی و همچنین روشنایی روز از طریق آنها اتفاق می‌افتد و لذا این عنصر ساختمانی مهمترین جزء ساختمان از نقطه نظر انرژی می‌باشد. دریافت انرژی تابشی خورشید از طریق پنجره‌ها در فصل گرمایش باعث تامین بخشی از انرژی حرارتی مورد نیاز و در نتیجه کاهش انرژی گرمایشی و در فصل سرمایش منجر به ایجاد گرمای اضافی در فضا و در نتیجه افزایش عمده انرژی سرمایشی برای جبران گرمای اضافی تولید شده در فضا می‌گردد. بدین ترتیب جذب گرمای خورشیدی در دوره گرمایش مفید و سودمند و در دوره سرمایش مضر می‌باشد. شفافیت پنجره‌ها همچنین باعث تامین بخشی از نور مورد نیاز فضا می‌گردد و این امر مصرف برق مورد نیاز برای روشنایی فضا را تحت تاثیر قرار می‌دهد. استفاده از نور روز فارغ از کاهش نیاز به نور مصنوعی، کیفیت بیشتری نسبت به نور مصنوعی دارد. به این دلایل از نقطه نظر انرژی، پنجره‌ها از حیاتی‌ترین عناصر یک ساختمان هستند و مساحت پنجره‌ها و جهت قرارگیری آنها تاثیر قابل توجهی بر مصرف انرژی ساختمان‌ها دارد. بنابراین استفاده از سطح مناسب پنجره‌ها در هر جهت، یکی از مهم‌ترین جنبه‌های بهره‌وری انرژی از طریق طراحی معماری است. پنجره‌ها، عنصری حیاتی از ساختمان با پیچیده‌ترین رفتار در زمینه انرژی و برای گرمایش، سرمایش و نور می‌باشند. همه خواص پنجره‌ها از جمله ضریب انتقال حرارتی شیشه و قاب پنجره، ضریب عبور خورشیدی، ضریب عبور نور، همچنین نوع سایبان و عناصر سایه انداز آن، عواملی هستند که اثر این عنصر ساختمانی را بر مصرف انرژی تعیین می‌کنند. بنابراین لازم است جهت به حداقل رساندن مصرف انرژی در هر شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های اصلی مرتبط با این عنصر ساختمانی و سایبان‌ها و نسبت مناسب سطح پنجره‌ها به دیوارها برای جبهه‌های مختلف تعیین گردد. به منظور نشان دادن تاثیر مساحت پنجره بر کارایی انرژی ساختمان‌های اداری در شهر جدید هشتگرد و در نهایت برای تعیین نسبت بهینه مساحت پنجره‌ها به دیوارها، به عنوان راهکاری برای صرفه‌جویی انرژی، شبیه‌سازی‌های گوناگونی با نسبت‌های مختلف سطح پنجره‌ها به دیوار، انجام شده است. سایبان‌ها بر حسب نوع و اندازه و داخلی و یا خارجی بودنشان، میزان دریافت تابش خورشید را کاهش می‌دهند و لذا ساختمان‌های با سایبان و بدون سایبان، نیاز به سطح پنجره متفاوتی برای داشتن حداقل مصرف انرژی دارند. از اینرو این تحقیق هم برای ساختمان‌های بدون سایبان و هم

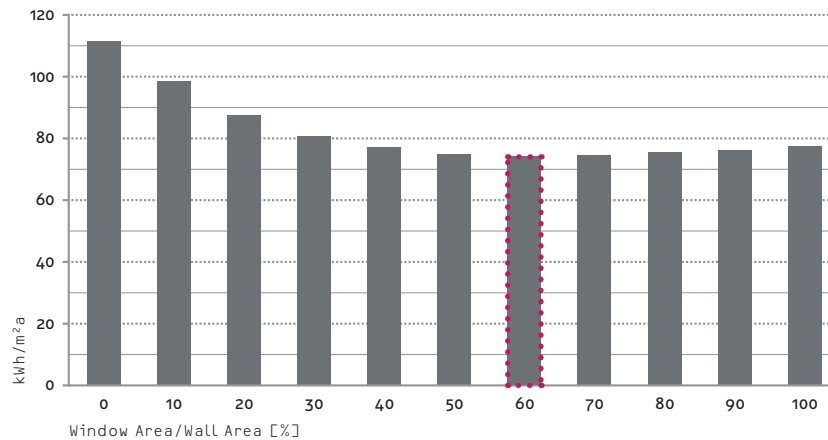
برای ساختمان‌های با سایبان‌های متحرک خارجی (پرده‌های کرکره خارجی) با هدف یافتن سطح بهینه پنجره‌های با سایبان و بدون سایبان، انجام شده است. از آنجا که میزان تابش خورشیدی در طول زمان‌های مختلف روز و سال به جهت پنجره بستگی دارد، یک ساختمان بایستی نسبت‌های مختلفی از مساحت پنجره به دیوار در جهت‌های مختلف داشته باشد. لذا پس از یافتن سطح بهینه پنجره‌ها، درحالتیکه همه جبهه‌های ساختمان دارای نسبت مساوی از پنجره به دیوار هستند، این

۵.۲.۲. نسبت سطح پنجره به دیوار در تمام جهت‌ها برای پنجره‌های با سایبان‌های کرکره‌ای خارجی

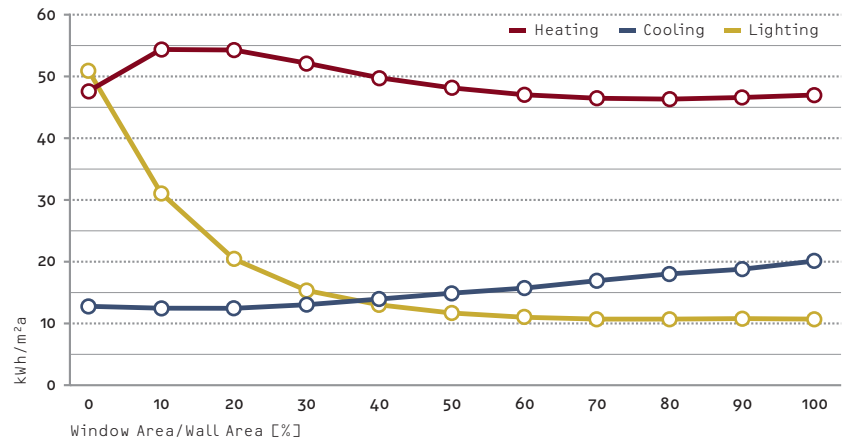
از آنجاکه نسبت بهینه سطح پنجره به دیوار برای ساختمان‌های دارای سایبان و بدون سایبان متفاوت است و همچنین تاثیر پنجره‌ها بر رفتار ساختمان‌ها از نظر مصرف انرژی بسیار زیاد است، برای ساختمان‌های اداری دارای سایبان‌های متحرک خارجی، تحلیلی مشابه با ساختمان‌های اداری بدون سایبان انجام شده است. نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که کارایی انرژی ساختمان‌های اداری با تغییر سطح پنجره‌ها برای ساختمان‌های دارای سایبان کرکره‌ای خارجی با ساختمان‌های بدون سایبان متفاوت است.

۵.۲.۱. انرژی گرمایشی

با افزایش نسبت سطح پنجره به سطح دیوار از صفر تا ۲۰ درصد، نیاز به انرژی گرمایشی در ساختمان‌های اداری حدود ۱۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال افزایش می‌یابد که بیش از ۲۰ درصد است. با افزایش نسبت سطح پنجره به سطح دیوار از ۲۰ تا ۸۰ درصد، نیاز به انرژی گرمایشی تقریباً ۱۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال کاهش می‌یابد. افزایش نسبت سطح پنجره به سطح دیوار از ۸۰ تا ۱۰۰ درصد تاثیر کمی بر افزایش مصرف انرژی گرمایشی دارد که ناشی از بیشتر بودن اتلاف حرارت از طریق پنجره‌ها نسبت به تابش دریافتی با نسبت پنجره به دیوار بیش از ۸۰ درصد است.



تصویر شماره ۳۲: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با سایبان متحرک خارجی با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)



تصویر شماره ۳۱: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با سایبان متحرک خارجی با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

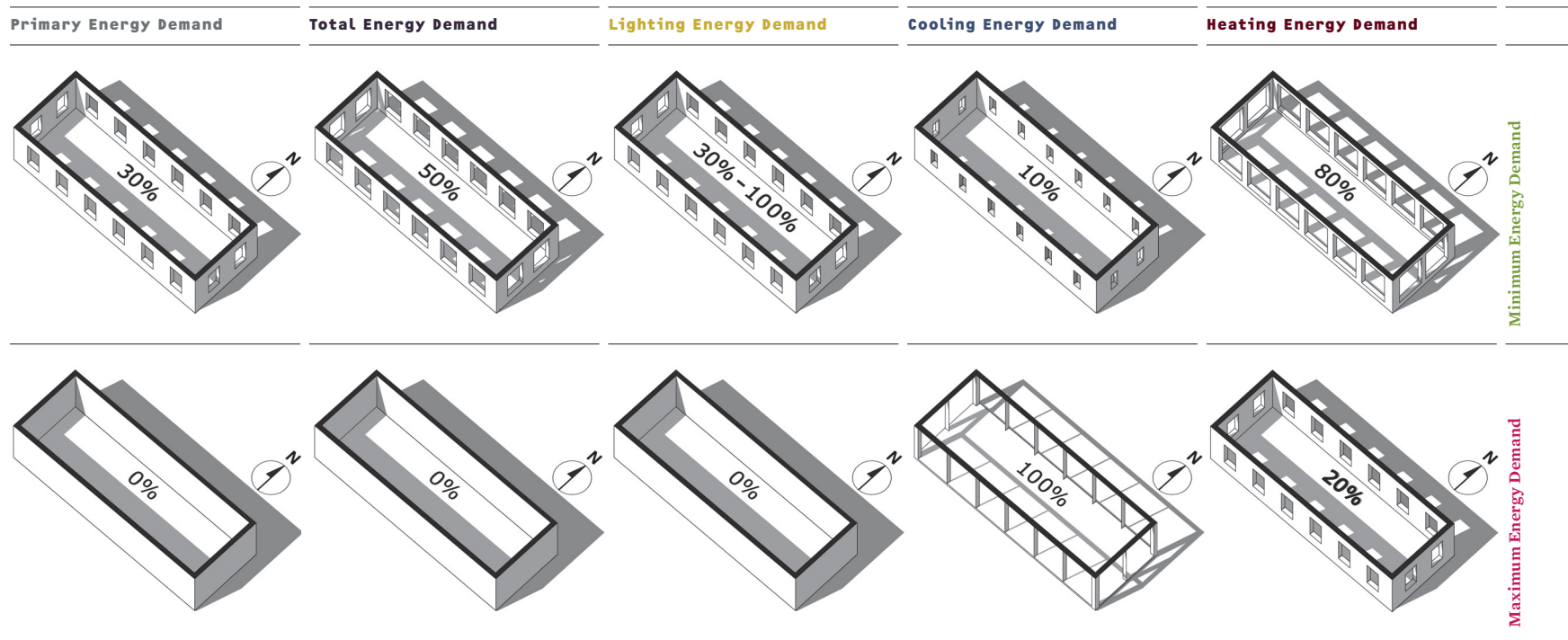
۵.۲.۲. انرژی سرمایشی

نیاز به انرژی سرمایشی در ساختمان‌های اداری با افزایش نسبت سطح پنجره به سطح دیوار از ۱۰ تا ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد. این افزایش کمتر از ۱۰ کیلووات ساعت بر مترمربع، کمی کمتر از ۵۰ درصد است.

۵.۱.۵. انرژی اولیه

جدول شماره ۶ نسبت سطح پنجره به سطح دیوار را برای دستیابی به حداقل مصرف انرژی و در حالت داشتن حداکثر میزان نیاز به انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، انرژی کل و انرژی اولیه در ساختمان‌های بدون سایبان نشان می‌دهد. بر اساس این جدول حداکثر میزان نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی در ساختمان‌های اداری زمانی است که نسبت سطح پنجره به سطح دیوار به ترتیب ۲۰ و ۱۰۰ درصد باشد. همچنین بدترین حالت از نظر نیاز به انرژی روشنایی، انرژی اولیه و انرژی کل زمانی است که ساختمان فاقد پنجره باشد.

میزان نیاز به انرژی اولیه ساختمان‌ها بیشتر تحت تأثیر انرژی سرمایشی و روشنایی می‌باشد، چراکه حامل انرژی مورد استفاده برای این دو برق بوده که ضریب انرژی اولیه بسیار بیشتری نسبت به گاز طبیعی، به عنوان حامل انرژی مورد استفاده برای گرمایش، دارد. با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار از صفر تا ۳۰ درصد، نیاز به انرژی اولیه، به دلیل کاهش عمده مصرف برق مورد نیاز برای روشنایی، کاهش می‌یابد. افزایش سطح پنجره بیش از ۳۰ درصد، نیاز به انرژی اولیه را افزایش می‌دهد که ناشی از افزایش انرژی سرمایشی به دلیل افزایش سطح پنجره‌ها است. بنابراین نسبت بهینه سطح پنجره‌ها به دیوارها در ساختمان‌های اداری بدون سایبان برای داشتن حداقل میزان مصرف انرژی اولیه ۳۰ درصد می‌باشد.



جدول شماره ۶: نسبت سطح پنجره به سطح دیوار در حالت داشتن حداقل و حداکثر مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری بدون سایبان

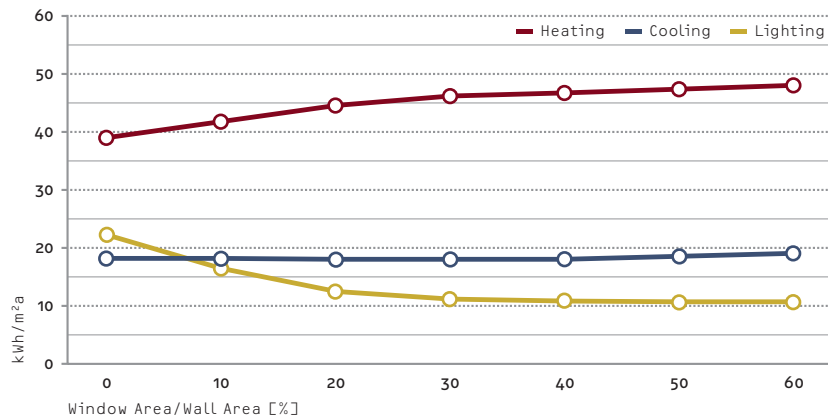
۵.۳. مقایسه نسبت سطح پنجره به دیوار در ساختمان‌های با و بدون سایبان‌های خارجی

برای بررسی کارایی ساختمان‌های اداری بدون سایبان و با سایبان با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار، میزان مصرف انرژی این ساختمان‌ها با سطوح مختلف پنجره در ایندو حالت با یکدیگر مقایسه شده است. شکل شماره ۳۴ میزان نیاز به انرژی کل ساختمان مورد بررسی در هر دو حالت با سایبان و بدون سایبان را نشان می‌دهد. هر دو نمودار رفتار نسبتاً مشابهی داشته، اما از نظر حداقل مقدار متفاوتند. در صورت استفاده از پرده‌های کرک‌های خارجی، کمترین نیاز به انرژی کل با نسبت سطح پنجره به دیوار ۶۰ درصد رخ می‌دهد که این میزان، ۱۰ درصد بیشتر از سطح بهینه پنجره‌ها برای ساختمان‌های بدون سایبان است. بر اساس جدول شماره ۶ و ۷، نسبت بهینه سطح پنجره به دیوار برای داشتن کمترین میزان مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی مشابه با ساختمان‌های بدون سایبان است. اما ساختمان‌های با پرده کرک‌های خارجی، سطح پنجره بیشتری برای تامین انرژی روشنایی و بویژه برای داشتن حداقل انرژی اولیه نیاز دارند.

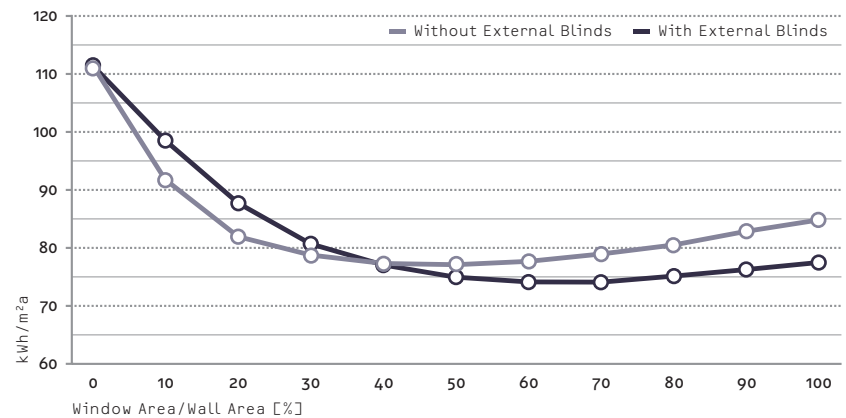
ساختمان، در حالیکه نسبت سطح پنجره به دیوار در جبهه‌های جنوبی، شرقی و غربی ساختمان ۶۰ درصد است، این نسبت در جبهه شمالی تغییر داده شده و مصرف انرژی ساختمان محاسبه گردیده است. نمودار شماره ۳۵ نشان دهنده تغییر میزان نیاز به انرژی ساختمان با نسبت مختلف پنجره به دیوار برای جبهه شمالی است.

۵.۴.۱. انرژی گرمایشی

نیاز به انرژی گرمایشی ساختمان‌های اداری با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار شمالی از صفر تا ۶۰ درصد افزایش می‌یابد. از آنجاکه نسبت‌های سطح پنجره به دیوار بالاتر از ۶۰ درصد نیز نیاز به انرژی گرمایشی را افزایش می‌دهند، این نسبت‌ها از نمودار حذف شده‌اند. دو دلیل برای افزایش نیاز به انرژی گرمایشی با افزایش سطح پنجره‌های شمالی وجود دارد. اول اینکه با توجه به ضریب انتقال حرارت بالای پنجره‌ها در مقایسه با دیوارها، میزان اتلاف حرارت ساختمان با افزایش سطح پنجره‌ها افزایش می‌یابد. دوم اینکه سطح زیاد پنجره‌های شمالی با توجه به موقعیت خورشید در طول روز و سال نمی‌تواند تابش قابل توجهی در زمستان دریافت کند. پنجره‌های جبهه‌های شمالی ساختمان فقط در صبح و بعد از ظهرهای تابستان تابش خورشید را بصورت مستقیم دریافت می‌کنند. بنابراین پنجره‌های جبهه شمالی در زمان نیاز به گرمایش، تنها از طریق تابش پراکنده خورشید، دریافت حرارت دارند و این میزان از اتلاف انرژی از طریق این پنجره‌ها کمتر است.



تصویر شماره ۳۵: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار شمالی (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)



تصویر شماره ۳۴: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با سایبان متحرک خارجی و بدون سایبان با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

۵.۴. نسبت سطح پنجره به دیوار در نمای شمالی (جنوب، شرق و غرب با نسبت ۶۰ درصد)

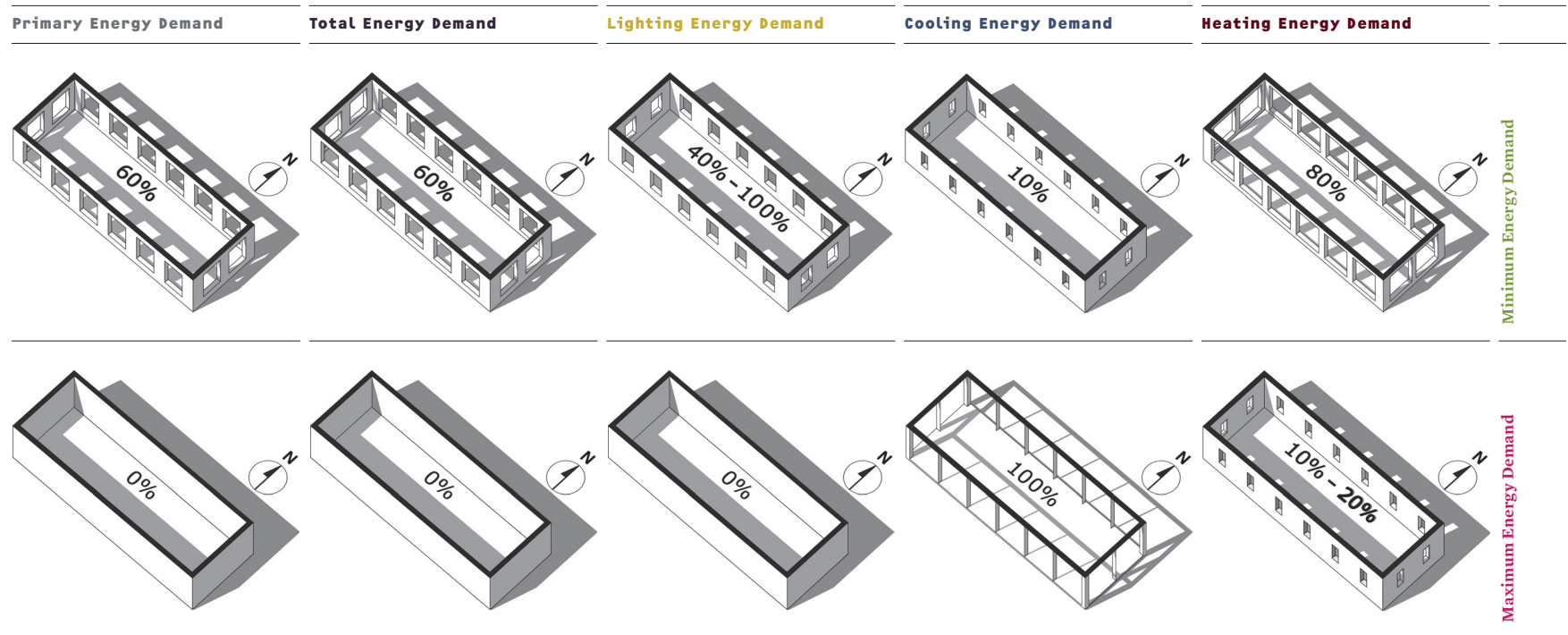
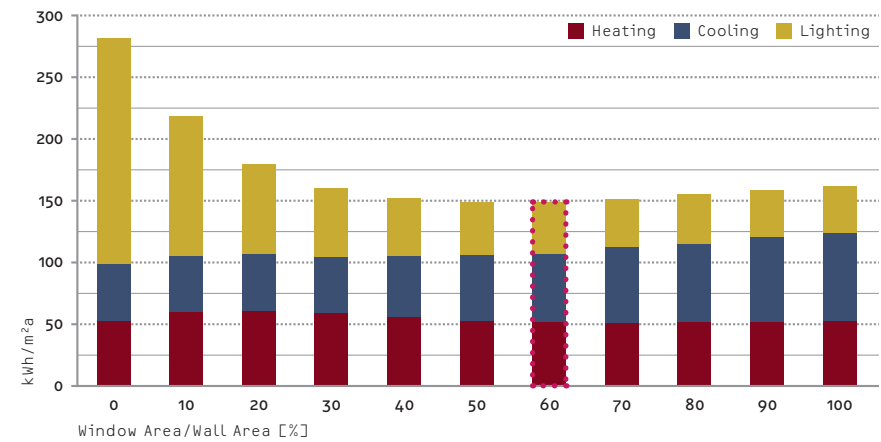
بنا بر نتایج تحلیل‌های انجام شده، نسبت سطح پنجره به دیوار ۶۰ درصد در تمام جهات بهترین گزینه از نظر میزان نیاز به انرژی کل برای ساختمان‌های اداری با سایبان‌های متحرک خارجی است. برای تعیین نسبت بهینه پنجره به دیوار برای جبهه‌های مختلف ساختمان، تحلیل جداگانه‌ای باید صورت گیرد. برای یافتن میزان بهینه پنجره به سطح دیوار برای جبهه شمالی

۵.۴.۲. انرژی سرمایشی

میزان نیاز به انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار جبهه شمالی از صفر تا ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. نسبت‌های بالاتر از ۲۰ درصد، میزان نیاز به انرژی سرمایشی را افزایش می‌دهند. بطور کلی تاثیر پنجره‌های جبهه شمالی بر میزان نیاز به انرژی سرمایشی بسیار کم است.

۵.۲.۵. انرژی اولیه

نیاز به انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با سایبان کرکره‌ای خارجی با سطوح مختلف پنجره، شبیه رفتار مصرف انرژی کل است. با افزایش درصد پنجره از صفر تا ۶۰ درصد، نیاز به انرژی اولیه بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد که عمدتاً مربوط به عملکرد انرژی روشنایی است. نسبت سطح پنجره به سطح دیوار بیش از ۶۰ درصد، نیاز به انرژی اولیه را افزایش می‌دهد. جدول شماره ۷ مناسب‌ترین و نامناسب‌ترین نسبت سطح پنجره به دیوار را بر اساس نیاز به انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، انرژی کل و اولیه در ساختمان‌های با سایبان‌های خارجی، ارائه می‌دهد. نامناسب‌ترین گزینه از نظر مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی به ترتیب نسبت ۱۰ (تا ۲۰) و ۱۰۰ درصد است. همچون ساختمان‌های بدون سایبان، ساختمان‌های اداری زمانی که فاقد پنجره هستند، حداکثر نیاز به انرژی روشنایی، انرژی کل و انرژی اولیه را دارند.



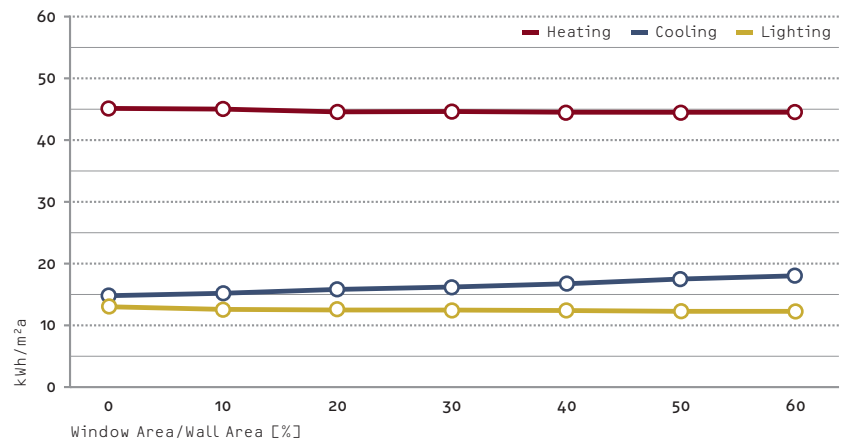
تصویر شماره ۳۳: مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با سایبان متحرک خارجی با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)
جدول شماره ۷: نسبت سطح پنجره به سطح دیوار در حالت داشتن حداقل و حداکثر مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری با سایبان کرکره‌ای خارجی

۵.۵. نسبت سطح پنجره به دیوار در نمای شرقی و غربی (شمال با نسبت ۲۰ درصد و جنوب ۶۰ درصد)

به منظور تعیین مناسب‌ترین نسبت سطح پنجره به دیوار برای هر دو جبهه شرقی و غربی ساختمان‌های اداری، با در نظر گرفتن نسبت سطح پنجره به دیوار ۶۰ درصد برای پنجره‌های جنوبی و ۲۰ درصد برای پنجره‌های شمالی، اثر سطح پنجره‌های شرقی و غربی بر انرژی مصرفی این ساختمان‌ها با استفاده از مدلسازی بررسی شده است. نمودار شکل شماره ۳۸ چگونگی تغییر نیاز به انرژی این ساختمان‌ها با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به دیوار برای جبهه‌های شرقی و غربی را نشان می‌دهد.

۵.۵.۱. انرژی گرمایشی

نیاز به انرژی گرمایشی ساختمان‌های اداری با افزایش سطح پنجره‌های جبهه شرقی و غربی تنها به میزان اندکی کاهش می‌یابد. این کاهش به دلیل افزایش دریافت تابش خورشید در زمستان است. هرچند افزایش سطح پنجره منجر به اتلاف حرارت بیشتر در زمستان می‌گردد ولی میزان دریافت انرژی تابشی از طریق این پنجره‌ها نه تنها اتلاف بیشتر پنجره‌ها نسبت به دیوارها را جبران می‌کند، بلکه اندکی نیز بیشتر بوده و لذا انرژی گرمایشی را کاهش می‌دهد. بطور کلی اثر کاهشی پنجره‌های جبهه‌های شرقی و غربی بر نیاز انرژی گرمایشی ساختمان اندک است.



تصویر شماره ۳۸: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوارهای شرقی و غربی (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

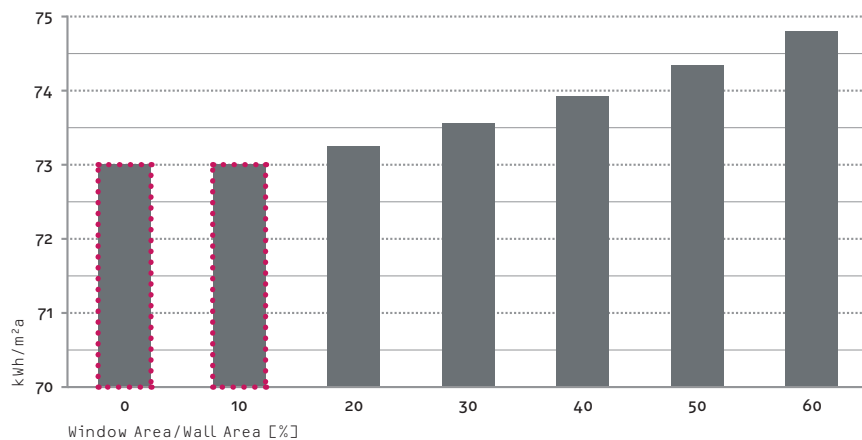
باشند، افزایش نیاز به انرژی سرمایشی به مراتب بیشتر است. دلیل افزایش انرژی سرمایشی به رغم داشتن سایبان متحرک خارجی این است که حتی سایبان‌های متحرک خارجی که بر حسب نیاز کنترل می‌شوند، نمی‌توانند میزان دریافت انرژی تابشی خورشید را در زمان عدم نیاز به آن، به صفر برسانند.

۵.۵.۳. انرژی روشنایی

افزایش سطح پنجره‌ها در جبهه‌های شرقی و غربی باعث کاهش میزان نیاز به انرژی روشنایی می‌گردد. این تاثیر بسیار ناچیز است؛ چراکه ساختمان مورد مطالعه به دلیل کشیدگی زیاد و عمق کم پلان، نور روز کافی از پنجره‌های جبهه‌های شمالی و جنوبی دریافت می‌کند.

۵.۵.۴. انرژی کل

بطور کلی افزایش سطح پنجره در جبهه‌های شرقی و غربی، میزان نیاز به انرژی کل ساختمان را افزایش می‌دهد. در حقیقت دریافت تابش خورشید از پنجره‌های جبهه‌های شرقی و غربی در تابستان بیشتر از زمستان است و افزایش نیاز به انرژی سرمایشی و کاهش نیاز به انرژی گرمایشی را در پی دارد. از نظر بهره‌وری انرژی، پنجره‌های جبهه‌های شرقی و غربی در ساختمان‌های دارای سطح کافی پنجره‌های جنوبی، نقطه ضعف محسوب می‌شوند. البته در صورتیکه یک ساختمان



تصویر شماره ۳۹: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوارهای شرقی و غربی (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

اداری هیچ پنجره‌ای در جبهه جنوبی نداشته باشد، پنجره‌های جبهه‌های شرقی و غربی باعث کاهش نیاز به انرژی کل ساختمان می‌گردند. بر اساس نتایج این بررسی، نسبت بهینه سطح پنجره به دیوارهای شرقی و غربی بین صفر تا ۱۰ درصد می‌باشد. هرچند برای کاهش مصرف انرژی کل، با توجه به اهمیت نور روز، نسبت سطح پنجره به دیوار کمتر از ۱۰ درصد توصیه نمی‌گردد.

۵.۵.۲. انرژی سرمایشی

نیاز به انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری با سایبان‌های متحرک خارجی، با افزایش سطح پنجره‌های شرقی و غربی، افزایش می‌یابد که ناشی از افزایش تابش خورشید بر جبهه‌های شرقی و غربی در تابستان است. افزایش نیاز به انرژی سرمایشی با افزایش سطح پنجره‌های شرقی و غربی به رغم داشتن سایبان متحرک خارجی رخ می‌دهد. در صورتیکه این پنجره‌ها فاقد سایبان

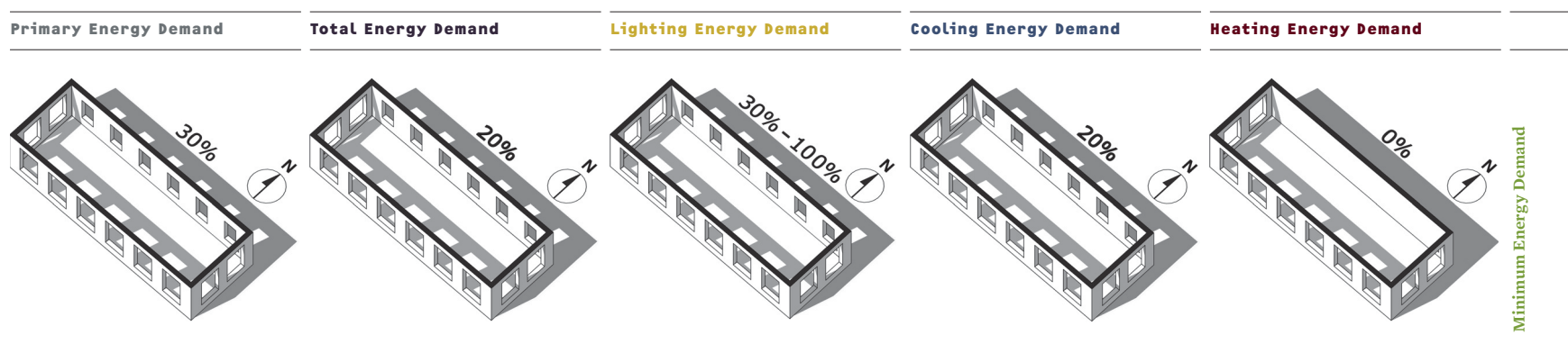
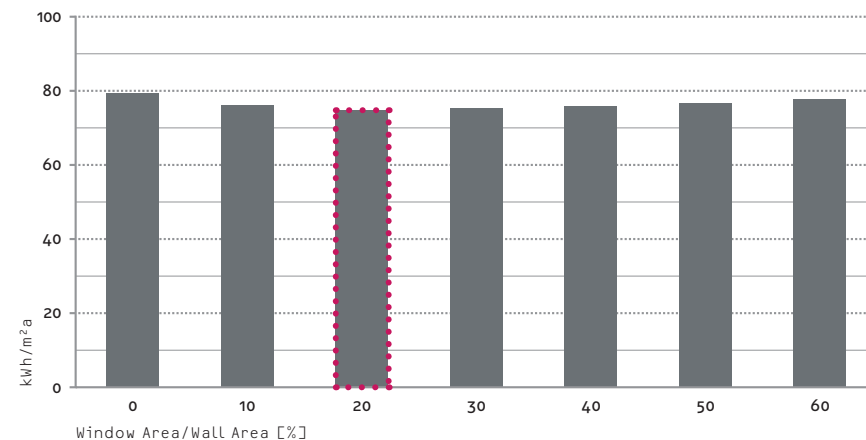
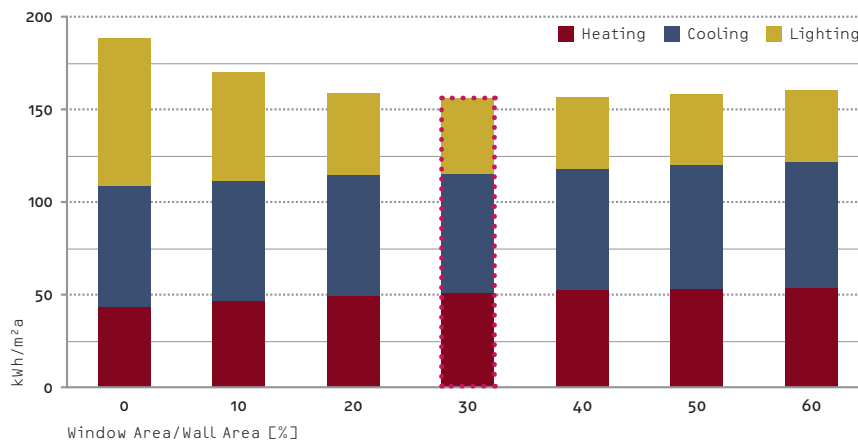
۵.۴.۳. انرژی روشنایی

به دلیل تامین بخشی از روشنایی مورد نیاز توسط نور روز، افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار، همیشه با کاهش مصرف انرژی روشنایی همراه است. همچون اثر پنجره‌های جبهه‌های مختلف، میزان مصرف انرژی روشنایی با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار برای پنجره‌های جبهه شمالی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. بنابراین افزایش سطح پنجره‌های جبهه شمالی، میزان نیاز به انرژی روشنایی ساختمان‌های اداری را کاهش می‌دهد. با تغییر نسبت سطح پنجره به دیوار از ۲۰ به ۳۰ درصد و بالاتر از آن، نیاز به انرژی روشنایی تغییر بسیار کمی می‌کند.

۵.۴.۵. انرژی اولیه

با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار از صفر تا ۳۰ درصد مصرف انرژی اولیه، به دلیل کاهش نیاز به روشنایی، کاهش می‌یابد. این تاثیر با توجه به ضریب انرژی اولیه برق شدت می‌یابد. نیاز به انرژی اولیه نیز رفتاری مشابه انرژی کل دارد. کمترین میزان نیاز به انرژی اولیه با نسبت پنجره به دیوار ۳۰ درصد قابل دستیابی است.

جدول شماره ۸ مناسب‌ترین نسبت سطح پنجره به دیوار در جبهه شمالی برای نیاز به انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، انرژی کل و انرژی اولیه در ساختمان‌های اداری دارای سایبان



تصویر شماره ۳۷: مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار شمالی (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)
جدول شماره ۸: نسبت سطح پنجره به سطح دیوار شمالی برای حداقل مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری با سایبان کرکره‌ای خارجی

تصویر شماره ۳۶: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار شمالی (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)
جدول شماره ۸: نسبت سطح پنجره به سطح دیوار شمالی برای حداقل مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری با سایبان کرکره‌ای خارجی

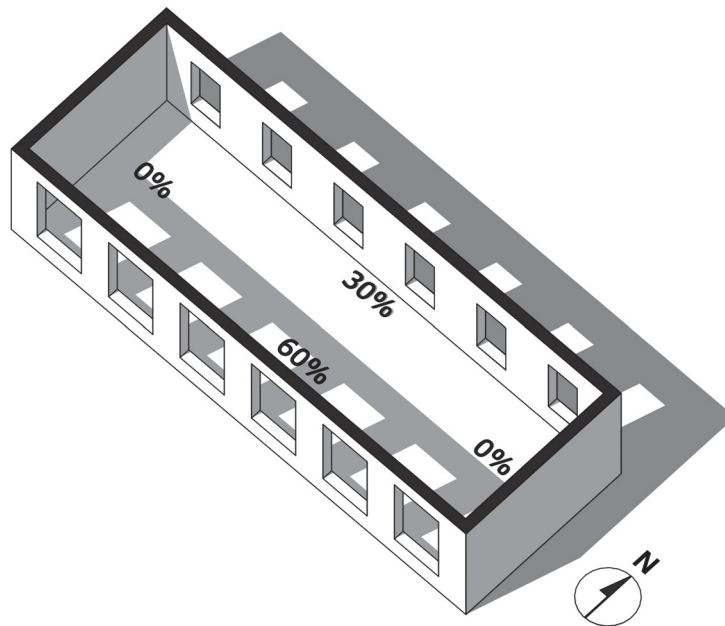
۵.۴.۴. انرژی کل

نیاز به انرژی کل در ساختمان‌های اداری با افزایش نسبت سطح پنجره به دیوار شمالی از صفر تا ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. اگر سطح پنجره جبهه شمالی از ۲۰ درصد افزایش یابد، نیاز به انرژی کل ساختمان‌های اداری افزایش می‌یابد. بنابراین نسبت ۲۰ درصد پنجره به دیوار در جبهه شمالی برای داشتن حداقل انرژی مصرفی کل، میزانی بهینه است.

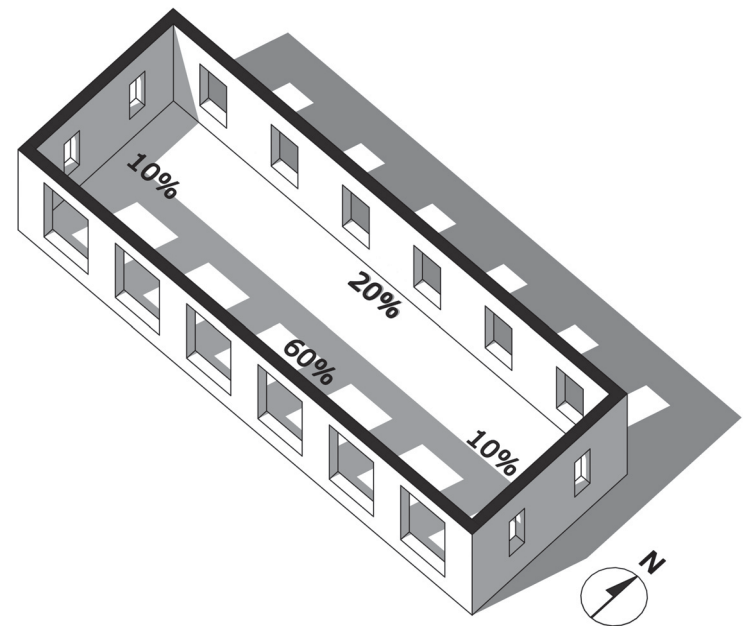
متحرک خارجی را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول بهترین نسبت سطح پنجره به دیوار از نظر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی به ترتیب صفر، ۲۰ و ۳۰ درصد و برای انرژی کل و انرژی اولیه به ترتیب ۲۰ و ۳۰ درصد می‌باشد.

برای تعیین نسبت بهینه سطح پنجره به دیوار ساختمان‌های اداری از نظر بهره‌وری انرژی، اثر سطح پنجره‌ها بر مصرف انرژی آنها با استفاده از شبیه‌سازی بررسی شده است. این ساختمان‌ها دارای خصوصیات یکسانی از نظر اقلیم، مصالح و معماری بوده و دارای نسبت‌های مختلف سطح پنجره به دیوار می‌باشند. برای تعیین میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، انرژی کل و انرژی اولیه این ساختمان‌ها از مدل‌سازی استفاده شده است. بر اساس نتایج این مطالعات، جهت‌گیری پنجره‌ها تأثیر بسزایی بر مصرف انرژی ساختمان‌ها دارد. سطح پنجره‌ها یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های معماری برای افزایش بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها است که نیاز به ابزار و یا مصالح ساختمانی خاص و یا سرمایه‌گذاری اضافی ندارد. کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها با روش‌هایی همچون استفاده از سطح بهینه پنجره‌ها، نه تنها هزینه سرمایه‌گذاری ساختمان را افزایش نمی‌دهد، بلکه به دلیل کاهش میزان مصرف انرژی و هزینه‌های آن، هزینه‌های چرخه حیات ساختمان را به شکل قابل توجهی کاهش می‌دهد.

- برای ساختمان‌های با سایبان‌های متحرک خارجی و با نسبت مساوی سطح پنجره به دیوار در تمام جبهه‌ها، سطح بهینه پنجره برای داشتن کمترین انرژی کل و انرژی اولیه ۶۰ درصد می‌باشد.
- پنجره‌های جنوبی، بیشترین تأثیر را در کاهش نیاز به انرژی کل ساختمان‌ها دارند. بنابراین ساختمان‌ها می‌بایستی بیشترین سطح پنجره را بر روی این جبهه داشته باشند. نسبت حداقل سطح پنجره به دیوار برای پنجره‌های جنوبی ۶۰ درصد می‌باشد.
- برای اینکه ساختمان‌های اداری کمترین میزان نیاز به انرژی کل و انرژی اولیه را داشته باشند، می‌بایستی نسبت سطح پنجره‌ها به نما در جبهه شمالی به ترتیب ۲۰ درصد و ۳۰ درصد باشد.
- نماهای شرقی و غربی می‌بایستی برای داشتن حداقل میزان مصرف انرژی کمترین سطح پنجره را نسبت به جبهه‌های دیگر داشته باشند. نسبت سطح پنجره به دیوار در این دو نما می‌بایستی برای کمترین میزان مصرف انرژی کل بین صفر تا ۱۰ درصد و برای کمترین میزان نیاز به انرژی اولیه صفر درصد باشد.



تصویر شماره ۴۲: نسبت بهینه سطح پنجره به دیوار در نماهای مختلف برای کمترین نیاز به انرژی اولیه



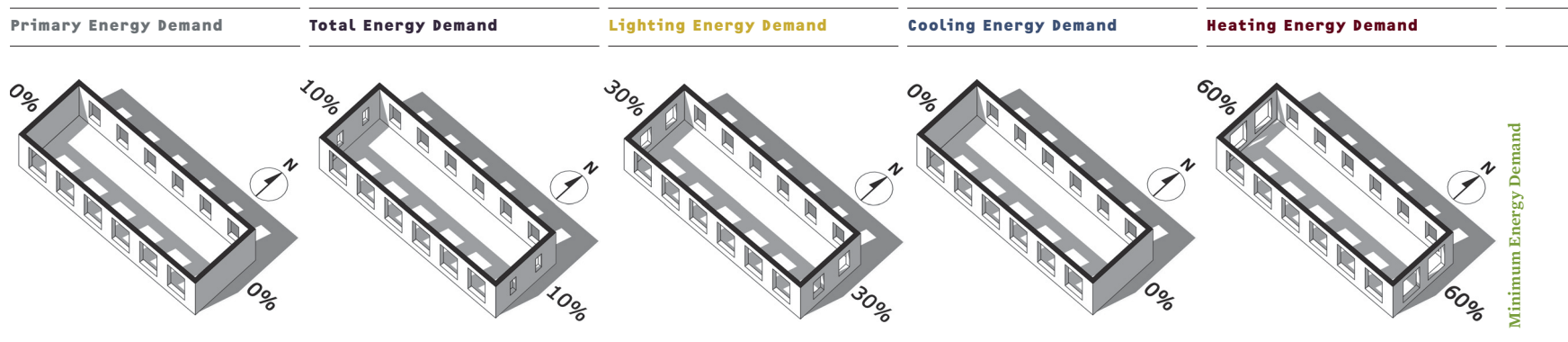
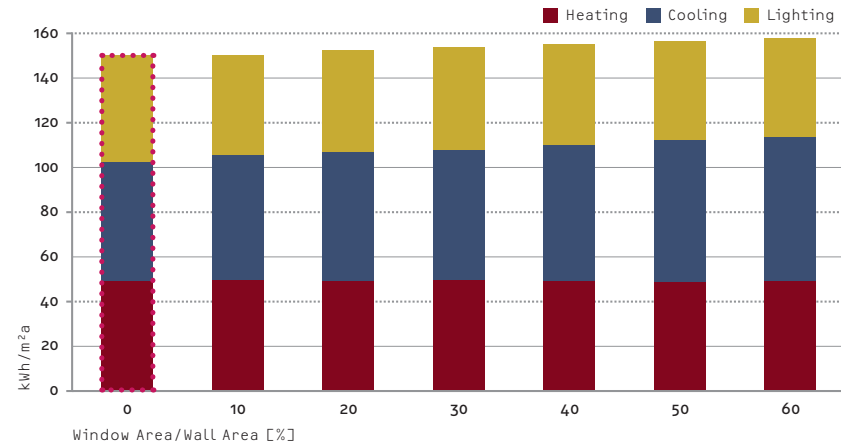
تصویر شماره ۴۱: نسبت بهینه سطح پنجره به دیوار در نماهای مختلف برای کمترین نیاز به انرژی کل

نتایج مطالعات مربوط به سطح پنجره‌ها به طور خلاصه به شکل زیر است:

- مصرف انرژی ساختمان‌های اداری با سطوح مختلف پنجره برای ساختمان‌های با سایبان و بدون سایبان بطور قابل ملاحظه‌ای متفاوت است.
- برای ساختمان‌های بدون سایبان، که نسبت سطح پنجره به دیوار در تمام جبهه‌های آنها یکسان است، سطح بهینه پنجره برای داشتن کمترین انرژی کل و انرژی اولیه به ترتیب ۵۰ درصد و ۳۰ درصد می‌باشد.

۵.۵.۵. انرژی اولیه

نتایج بررسی‌های مربوط به مصرف انرژی اولیه در ساختمان‌های با نسبت‌های مختلف پنجره در جبهه‌های شرقی و غربی نشان می‌دهد که ساختمان‌های بدون پنجره شرقی و غربی دارای کمترین نیاز به انرژی اولیه می‌باشند. جدول شماره ۹، نسبت سطح پنجره به دیوار در جبهه‌های شرقی و غربی را برای حداقل نیاز به انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، انرژی کل و انرژی اولیه نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، کمترین نیاز به انرژی گرمایشی، روشنایی و انرژی کل



تصویر شماره ۴۰: مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوارهای شرقی و غربی (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)
جدول شماره ۹: نسبت سطح پنجره به سطح دیوارهای شرقی و غربی برای حداقل مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری با سایبان کرکره‌ای خارجی

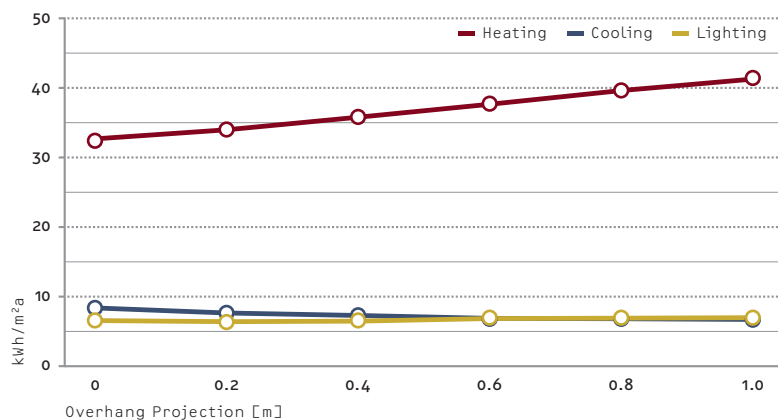
برای ساختمان‌های اداری زمانی است که نسبت سطح پنجره به دیوار به ترتیب ۶۰ درصد، ۳۰ و ۱۰ درصد باشد. مناسب‌ترین حالت از نظر میزان نیاز به انرژی سرمایشی و انرژی اولیه زمانی است که ساختمان هیچگونه پنجره‌ای در جبهه شرقی و غربی نداشته باشد.

۶.۲. سایبان‌های افقی برای پنجره‌های جنوبی

به دلیل زاویه ارتفاع زیاد خورشید در تابستان و زاویه ارتفاع کم خورشید در زمستان، سایبان‌های ثابت افقی برای جبهه جنوبی ساختمان که در طول بخش عمده روز، جز ساعات اولیه و انتهایی روزهای تابستان، در معرض تابش خورشید هستند، بسیار مناسب می‌باشند. این در حالی است که به دلیل زاویه ارتفاع کم خورشید در ساعات اولیه صبح و ساعات انتهایی عصر، سایبان‌های افقی نمی‌توانند مانع از ورود تابش خورشید از طریق جبهه‌های شرقی و غربی ساختمان، که در زمان‌های مذکور و بویژه در تابستان در معرض این تابش قرار می‌گیرند، به داخل ساختمان گردند. همچنین تنها در صبح و عصر تابستان‌ها، خورشید به جبهه شمالی ساختمان می‌تابد. بنابراین سایبان‌های افقی تنها برای جبهه جنوبی ساختمان مناسب می‌باشند و برای جبهه شرقی و غربی و شمالی مناسب نیستند.

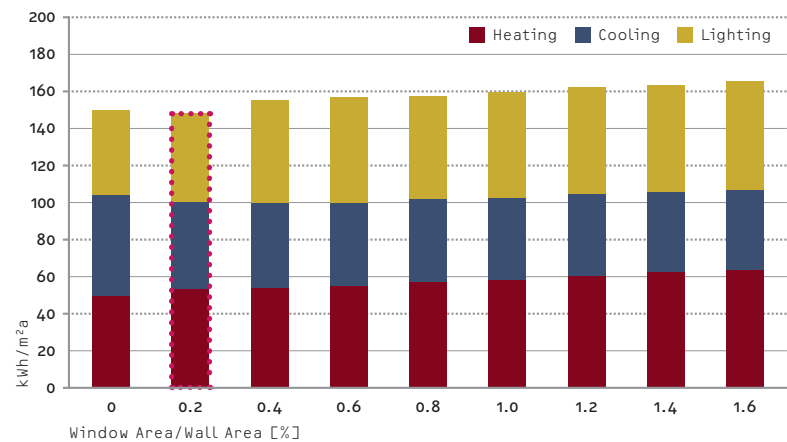
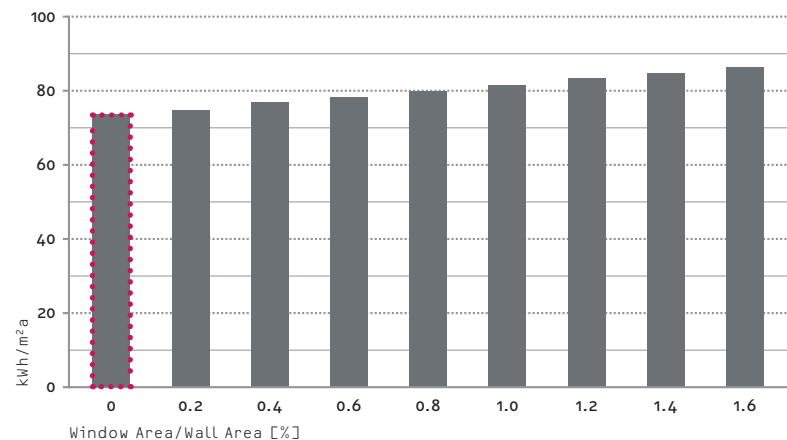
میزان تابش وارد شده از طریق پنجره‌های با سایبان‌های ثابت به داخل ساختمان‌ها متأثر از عمق سایبان‌ها است و این مساله در مورد سایبان‌های ثابت افقی پنجره‌های جنوبی نیز صادق است. بنابراین یافتن عمق بهینه سایبان‌های افقی برای پنجره‌های جنوبی از نظر حداقل انرژی کل و با انرژی اولیه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این عمق به اقلیم، عرض جغرافیایی و به طبع آن زوایای خورشیدی، کاربری ساختمان، ارتفاع پنجره‌ها و غیره بستگی دارد.

در این قسمت اثر عمق سایبان‌های ثابت افقی بر روی پنجره‌های جبهه جنوبی ساختمان بررسی شده است. سطح پنجره‌ها در ساختمان‌های بررسی شده، میزانی است که بر اساس بررسی‌های



تصویر شماره ۴۷: اثر عمق سایبان‌های افقی پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

یک ساختمان اداری با سایبانی افقی به عمق ۲۰ سانتیمتر، نسبت به ساختمان بدون سایبان، مصرف انرژی اولیه کمتری دارد. اما اگر پیش آمدگی سایبان به بیش از ۲۰ سانتیمتر افزایش یابد، مصرف انرژی اولیه افزایش می‌یابد. هرچند ساختمان‌های اداری در این اقلیم برای رسیدن به حداقل نیاز به انرژی کل به سایبان افقی نیاز ندارند، ساختمان با سایبان افقی به عمق ۲۰ سانتیمتر کمترین مصرف انرژی اولیه را خواهد داشت. کاهش نیاز به انرژی اولیه با استفاده از سایبان، ناشی از کاهش نیاز به انرژی سرمایشی با حامل انرژی برق با ضریب انرژی اولیه بالا است.



تصویر شماره ۴۸: اثر عمق سایبان‌های افقی بر مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری
تصویر شماره ۴۹: اثر عمق سایبان‌های افقی بر مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

مربوط به پنجره‌ها، میزان بهینه می‌باشد. بنابراین نسبت سطح پنجره‌ها به دیوارهای جنوبی و شمالی به ترتیب ۶۰ و ۲۰ درصد و برای جبهه‌های شرقی و غربی ۱۰ درصد می‌باشد. همچنین در این بررسی، تنها پنجره‌های جنوبی دارای سایبان بوده و پنجره‌های جبهه‌های دیگر فاقد سایبان می‌باشند. ارتفاع پنجره‌های این ساختمان و همچنین پنجره‌هایی که سایبان‌ها بر روی آنها بررسی شده است، ۱/۸ متر می‌باشد.

۱- Shading Coefficient

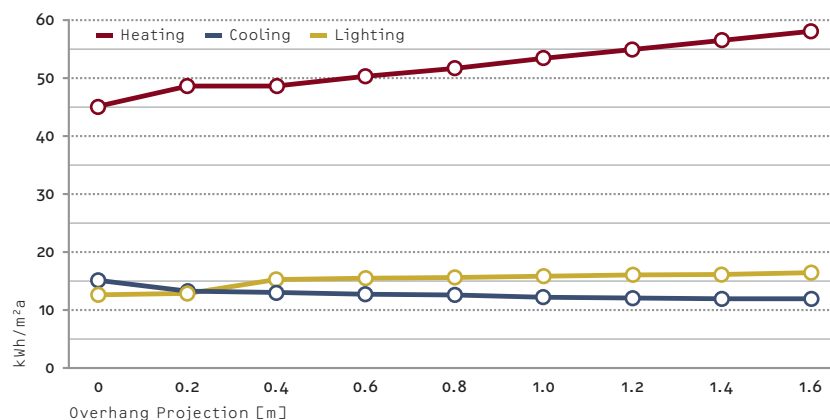
۲- Overhang

۳- External Blinds

سایبان ثابت افقی^۲ عنصری ساختمانی است که به صورت بیرون زدگی افقی در بالای پنجره قرار می‌گیرد. شکل شماره ۴۳ نشان می‌دهد که چگونه یک سایبان افقی از ورود تابش به ساختمان جلوگیری می‌کند. این شکل همچنین تاثیر عمق سایبان افقی بر عملکرد آنرا نشان می‌دهد.

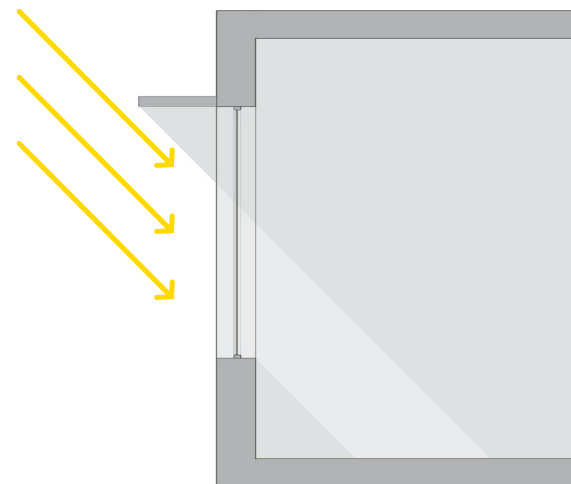
شکل شماره ۴۴ تاثیر عمق سایبان‌های افقی بر نیاز انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری را نشان می‌دهد. همه پنجره‌ها با جهت‌های مختلف دارای سایبان‌های افقی مشابه با عمق یکسان هستند. بر اساس این نمودار، با افزایش عمق سایبان‌های افقی، میزان نیاز به انرژی گرمایشی در ساختمان اداری در شرایط اقلیمی شهر جدید هشتگرد افزایش و میزان نیاز به انرژی سرمایشی کاهش می‌یابد. افزایش انرژی گرمایشی و کاهش انرژی سرمایشی با استفاده از سایبان‌های افقی ناشی از کاهش تابش دریافتی در زمستان و تابستان است. نیاز به انرژی روشنایی نیز با افزایش عمق سایبان به دلیل سایه اندازی بیشتر، افزایش می‌یابد.

همانطور که این نمودار نشان می‌دهد، از آنجایی که افزایش مصرف انرژی گرمایشی و روشنایی، بیش از کاهش مصرف انرژی سرمایشی است، سایبان‌های بزرگ مصرف انرژی کل ساختمان را افزایش می‌دهند. بنابراین برای دستیابی به حداقل نیاز به انرژی کل، استفاده از سایبان‌های افقی در هر چهار جهت اصلی ساختمان‌های اداری در این اقلیم توصیه نمی‌شود.



تصویر شماره ۴۴: اثر عمق سایبان‌های افقی بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

استفاده از سایبان‌های مناسب روشی کارآمد جهت کاهش نیاز به انرژی سرمایشی ساختمان‌ها برای زمانی است که جذب گرما از منابع داخلی و بویژه از تابش خورشید، منجر به ایجاد گرمای اضافی در فضاهای داخلی و عدم آسایش حرارتی می‌شود. این امر بویژه در اقلیم‌های با تابستان‌های گرم اهمیت می‌یابد. سایبان‌ها با جلوگیری از ورود قسمتی از تابش خورشید از طریق پنجره‌ها و جلوگیری از افزایش دمای داخلی، بر مصرف انرژی ساختمان‌ها اثر می‌گذارند. سایبان‌های از نظر محل قرارگیری شامل دو نوع داخلی و خارجی هستند. سایبان‌های خارجی موثرتر از سایبان‌های داخلی بوده و ضریب سایه^۱ کمتری دارند. سایبان‌های خارجی تابش خورشید را قبل از ورود به ساختمان و تبدیل شدن به گرما، مسدود می‌کند. سایبان‌ها همچنین از نظر قابلیت حرکت و تنظیم شامل دو نوع ثابت و متحرک هستند. سایبان‌های قابل تنظیم، اگر دقیق و مطابق با نیازهای گرمایشی، سرمایشی و روشنایی کنترل گردند، کاراتر از سایبان‌های ثابت هستند. ولی این سایبان‌ها نیازمند سطح بالاتری از تکنولوژی و سرمایه‌گذاری مالی می‌باشند. همچنین رفتار استفاده کنندگان در کنترل و تنظیم سایبان‌های متحرک در زمان‌های مختلف سال



تصویر شماره ۴۳: سایبان ثابت افقی

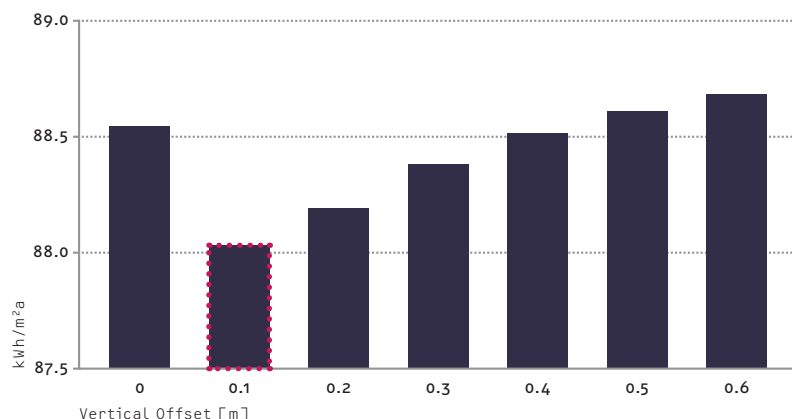
و روز در میزان کارایی این سایبان‌ها اثرگذار است. سایبان‌های ثابت در مقایسه با سایبان‌های متحرکی که به خوبی و بر حسب نیاز یا عدم نیاز به تابش و نور خورشید تنظیم می‌شوند، دریافت تابش خورشید را در زمستان بیشتر کاهش داده و سبب افزایش مصرف انرژی گرمایشی می‌شوند. بنابراین هر یک از سایبان‌های ثابت یا متحرک، مزایا و معایبی دارند که بایستی بر حسب نیاز و شرایط ساختمان و اقلیم انتخاب گردند.

۶.۳. فاصله سایبان‌های افقی از لبه پنجره‌های جنوبی

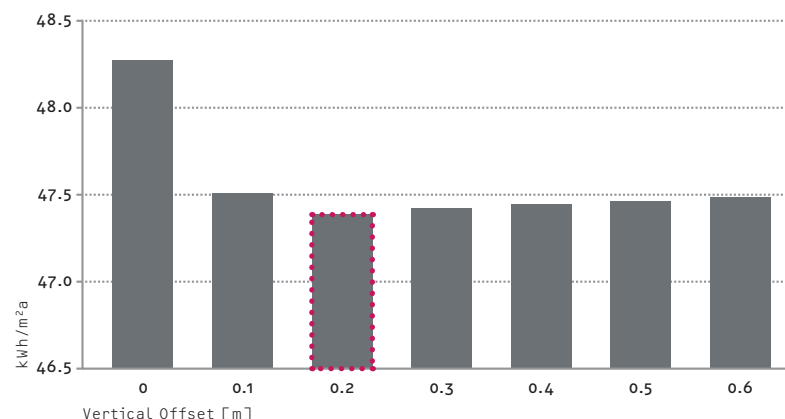
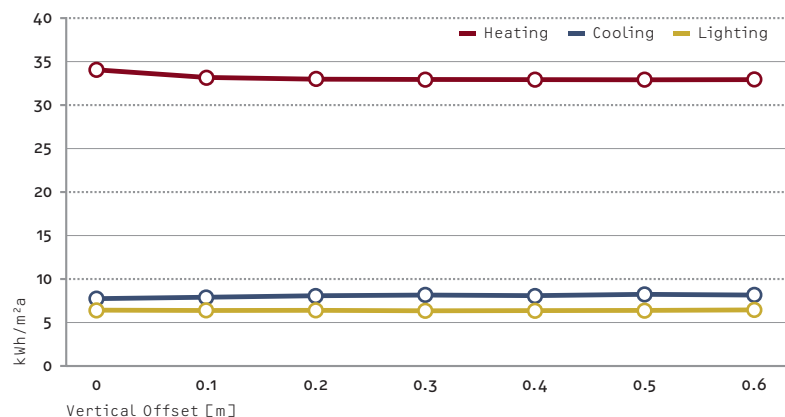
دلیل افزایش مصرف انرژی گرمایشی و انرژی کل ساختمان‌هایی که دارای سایبان هستند، جلوگیری از ورود بخشی از تابش خورشید به داخل ساختمان در دوره گرمایش است. در صورتیکه سایبان‌ها از لبه فوقانی پنجره‌ها فاصله بگیرند، در دوره گرمایش سایه سایبان بر روی حداثال بین لبه بالایی پنجره و سایبان افتاده و سایه کمتری بر روی پنجره خواهد افتاد. هرچند عمق این سایه در دوره گرمایش به دلیل زاویه ارتفاع کم خورشید کوتاه است ولی همین سایه باعث کاهش جذب خورشیدی ساختمان می‌گردد. در صورتیکه سایبان بالاتر از لبه بالایی پنجره تعبیه گردد، ارتفاع سایه‌ای که روی پنجره می‌افتد کمتر شده و لذا اثر منفی سایبان در کاهش جذب خورشیدی در دوره گرمایش کاهش می‌یابد. برای بررسی اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی از لبه پنجره، اثر سایبان‌هایی با عمق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتیمتر، با فاصله‌های متفاوت از لبه بالایی پنجره بر مصرف انرژی ساختمان‌ها مطالعه شده است.

۶.۳.۱. سایبان‌های با عمق بیست سانتیمتر

افزایش فاصله عمودی سایبان‌هایی با عمق ۲۰ سانتیمتر از لبه فوقانی پنجره‌ها با کاهش مصرف انرژی گرمایشی مواجه است که این امر به دلیل کاهش سایه اندازی سایبان‌ها بر روی پنجره‌ها می‌باشد. افزایش فاصله عمودی سایبان از لبه پنجره تا اندازه عمق سایبان باعث کاهش عمده مصرف انرژی گرمایشی شده و پس از آن این اثر کم می‌شود. افزایش فاصله عمودی محل قرارگیری



می‌دهند. بنابراین حتی در اقلیم‌های با تابستان‌های گرم، سایبان‌های افقی، بویژه سایبان‌هایی با عمق زیاد و سایبان‌هایی که مستقیماً بر روی لبه پنجره تعبیه می‌شوند، الزاماً باعث کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها نمی‌گردند. بر اساس نتایج بررسی‌های انجام شده بر روی سایبان‌های ثابت افقی پنجره‌های جنوبی که مستقیماً بر روی لبه بالایی پنجره قرار می‌گیرند، برای کمترین میزان انرژی کل، ساختمان‌های اداری می‌بایستی فاقد سایبان بوده و برای کمترین میزان انرژی اولیه، عمق سایبان‌ها می‌بایستی یک نهم ارتفاع پنجره باشد.



تصویر شماره ۵۰، ۵۱ و ۵۲: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی بیست سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی (تصویر شماره ۵۰)، مصرف انرژی کل (تصویر شماره ۵۱) و مصرف انرژی اولیه (تصویر شماره ۵۲) ساختمان‌های اداری (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

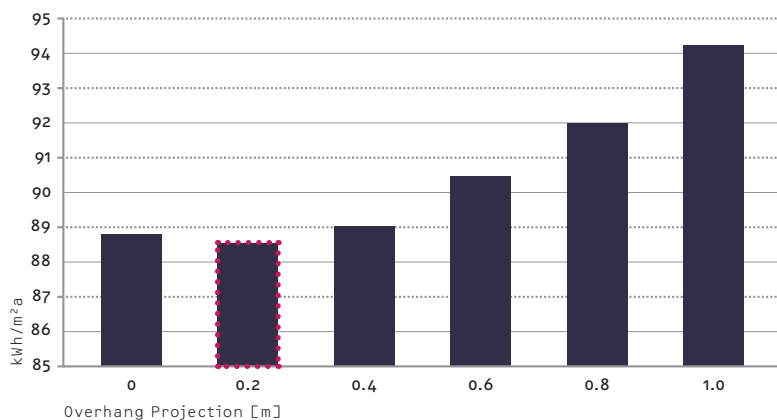
سایبان‌های ثابت افقی از لبه بالایی پنجره‌ها باعث افزایش مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد، چراکه افزایش این ارتفاع، نسبت عمق مفید سایبان‌ها به ارتفاع پنجره‌ها را کاهش می‌دهد و این امر منجر به افزایش جذب خورشیدی در دوره سرمایش می‌گردد. البته افزایش مصرف انرژی سرمایشی با افزایش فاصله قرارگیری سایبان نسبت به لبه فوقانی پنجره اندک و بسیار کمتر از کاهش مصرف انرژی گرمایشی است. همچنین هرچه سایبان با فاصله بیشتری از لبه پنجره‌ها قرار گیرد، نیاز به

۶.۲.۱. انرژی گرمایشی

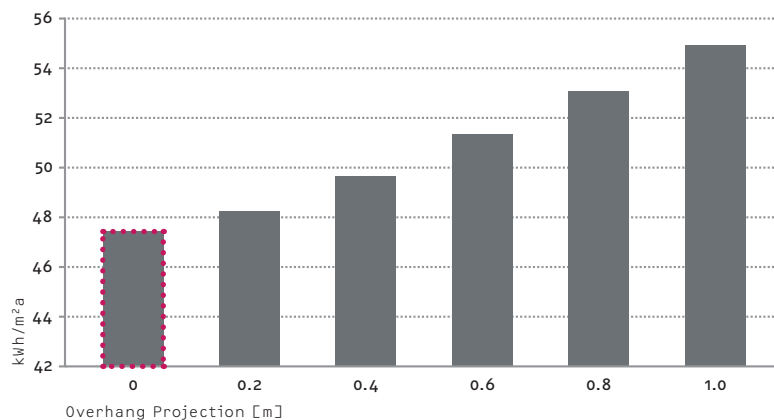
نمودار شماره ۴۷ نشان می‌دهد که استفاده از سایبان‌های افقی ثابت تنها برای جبهه جنوبی نیز باعث افزایش انرژی گرمایشی ساختمان می‌گردد. هرچند زاویه ارتفاع خورشید در زمستان کم بوده و این مساله باعث می‌گردد که سایبان‌های ثابت افقی در زمستان در مقایسه با تابستان، امکان ورود بیشتر انرژی تابشی خورشید به داخل ساختمان را فراهم کنند؛ ولی سایبان‌های افقی که مستقیماً بر روی لبه بالایی پنجره‌ها قرار می‌گیرند، در دوره گرمایش نیز مانع ورود بخشی از تابش خورشید به داخل ساختمان شده، نیاز به انرژی گرمایشی را افزایش می‌دهند. بنابراین تنها از نظر میزان مصرف انرژی گرمایشی، بهتر است پنجره‌های جنوبی فاقد هر گونه سایبانی باشند.

۶.۲.۲. انرژی سرمایشی

سایبان‌های افقی پنجره‌های جنوبی مانع از ورود بخشی از انرژی تابشی خورشید در دوره سرمایش شده و بدین صورت مصرف انرژی سرمایشی ساختمان را کاهش می‌دهند. هرچه عمق سایبان‌های افقی پنجره‌های جنوبی افزایش یابد، میزان دریافت انرژی تابشی و در نتیجه میزان انرژی سرمایشی ساختمان‌ها کاهش می‌یابد. هرچند اثر افزایش اندازه سایبان‌های افقی پس از عمقی خاص، که به اقلیم و ارتفاع پنجره‌ها بستگی دارد، ناچیز می‌گردد. دلیل این مساله این است که سایبان‌های با عمقی خاص می‌توانند مانع از ورود تقریباً تمامی اشعه‌های مستقیم خورشید به داخل ساختمان شده و لذا اثر آنها بر کاهش مصرف انرژی سرمایشی ناچیز می‌گردد.



تصویر شماره ۴۹: اثر عمق سایبان‌های افقی پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)



تصویر شماره ۴۸: اثر عمق سایبان‌های افقی پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

۶.۲.۶. نتیجه‌گیری

سایبان‌های ثابت افقی پنجره‌های جنوبی، بدلیل زاویه ارتفاع زیاد خورشید در دوره سرمایش، در این زمان مانع از ورود بخشی از انرژی تابشی خورشید به داخل ساختمان می‌شوند. ولی این سایبان‌ها در صورتیکه مستقیماً بر روی لبه بالایی پنجره قرار گیرند، در دوره گرمایش نیز مانع از ورود بخشی از انرژی تابشی خورشید به داخل ساختمان شده، انرژی گرمایشی را افزایش

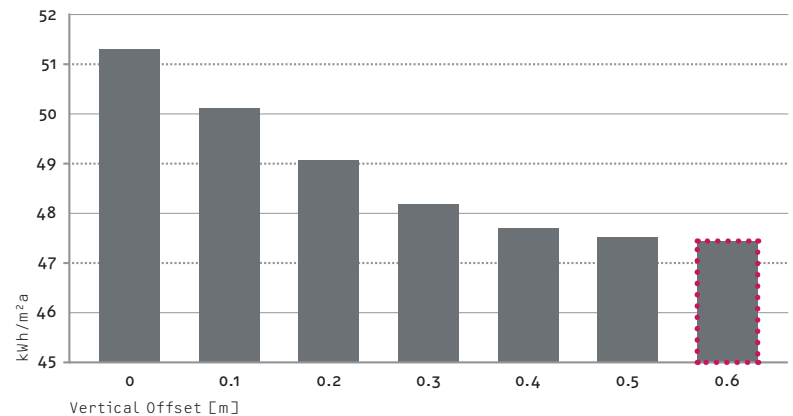
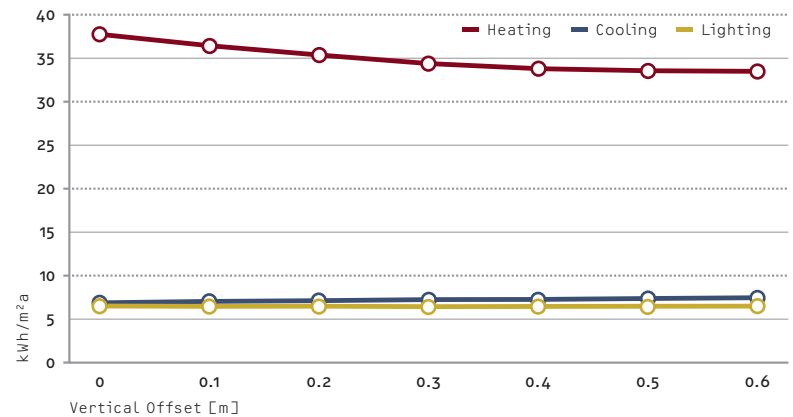
۶.۲.۳. انرژی روشنایی

افزایش عمق سایبان‌های افقی باعث افزایش نیاز به انرژی روشنایی مصنوعی ساختمان می‌گردد، هرچند این اثر در مقایسه با تغییرات انرژی سرمایشی و بویژه انرژی گرمایشی ناچیز است.

و لبه پنجره بر انرژی کل و انرژی اولیه خیلی زیاد نیست، ولی برای این سایبان‌ها ارتفاع محل قرارگیری سایبان از لبه پنجره برای داشتن کمترین میزان انرژی کل بایستی ۶۰ سانتیمتر و برای داشتن کمترین میزان انرژی اولیه بایستی ۵۰ سانتیمتر باشد.

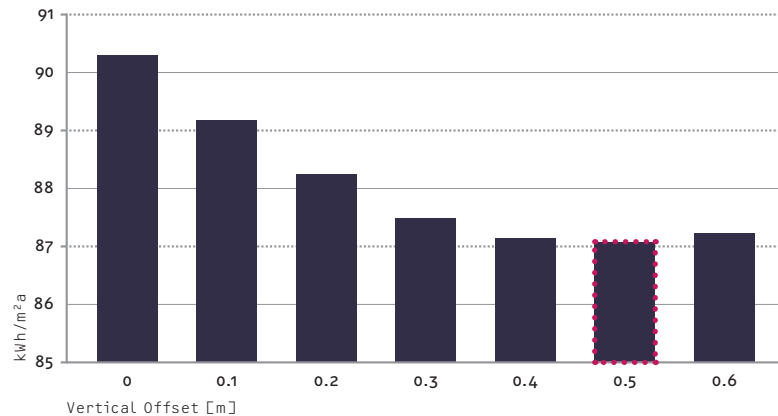
۶.۳.۴. نتیجه‌گیری

در مورد سایبان‌های با عمق‌های متفاوت، افزایش فاصله عمودی بین لبه فوقانی پنجره با سایبان منجر به کاهش مصرف انرژی گرمایشی، افزایش مصرف انرژی سرمایشی و کاهش اندک انرژی



عمق سایبان است. بنابراین برای داشتن کمترین مجموع انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی، سایبان‌های افقی ثابت می‌بایستی به فاصله‌ای به اندازه عمق خود از لبه پنجره تعبیه شوند تا اثر منفی آنها در کاهش جذب انرژی تابشی در دوره گرمایش و افزایش مصرف انرژی گرمایشی تعدیل گردد.

از نظر مصرف انرژی اولیه، فاصله بین سایبان و لبه بالایی پنجره می‌بایستی اندکی کمتر از عمق سایبان باشد، بدینگونه که فاصله بهینه بین پنجره و سایبان در سایبان‌هایی به عمق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتیمتر به ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۵۰ سانتیمتر می‌باشد. دلیل اینکه فاصله بهینه بین سایبان و پنجره برای داشتن حداقل انرژی اولیه کمتر از فاصله بهینه برای داشتن حداقل انرژی کل می‌باشد، این است که در مصرف انرژی اولیه، سرمایش بدلیل اینکه حامل انرژی آن برق است، نقش مهمتری نسبت به گرمایش ایفا می‌کند.

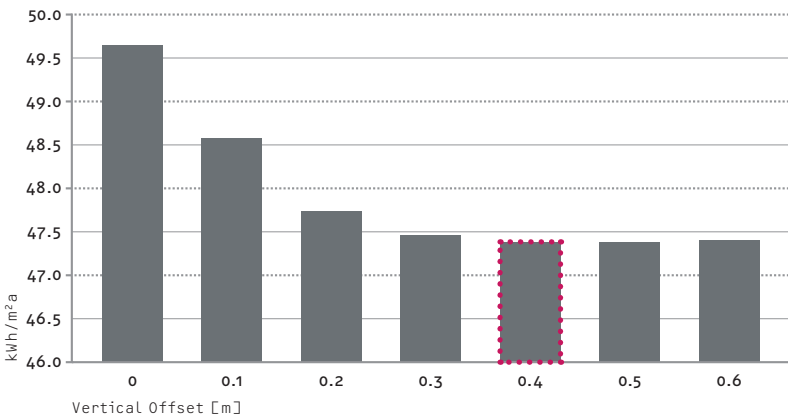
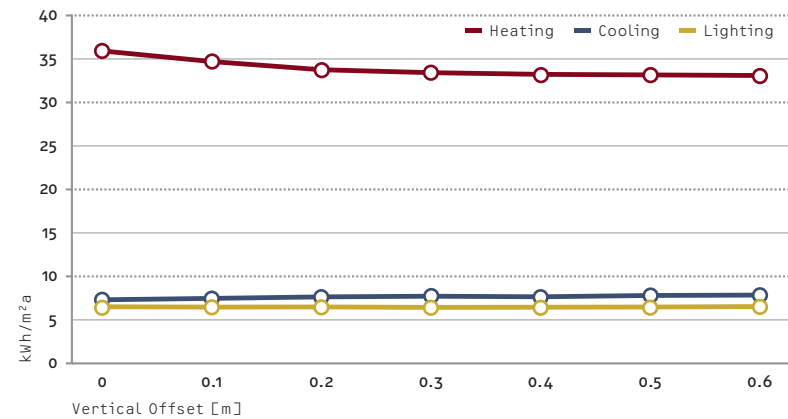


تصویر شماره ۵۶، ۵۷ و ۵۸؛ اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی شصت سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی (تصویر شماره ۵۶)، مصرف انرژی کل (تصویر شماره ۵۷) و مصرف انرژی اولیه (تصویر شماره ۵۸) ساختمان‌های اداری (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

روشنایی می‌گردد. برای این سایبان‌ها همچنین افزایش فاصله بین سایبان و پنجره تا میزان خاصی منجر به کاهش مصرف انرژی کل و انرژی اولیه شده و پس از آن مجدداً منجر به افزایش مصرف انرژی کل و انرژی اولیه می‌گردد. میزان بهینه این فاصله بر حسب عمق سایبان متفاوت است. بررسی‌های انجام شده و نتایج آنها که در نمودارهای شماره ۵۰ تا ۵۸ آمده است، نشان می‌دهد که میزان بهینه فاصله عمودی سایبان از لبه پنجره برای داشتن کمترین میزان انرژی کل برابر با

روشنایی مصنوعی ساختمان کاهش می‌یابد. البته این کاهش ناچیز است.

از آنجاکه فاصله گرفتن سایبان‌های ثابت افقی از لبه پنجره باعث کاهش مصرف انرژی گرمایشی و روشنایی و افزایش مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد، این اثر افزایشی و کاهش خنثی می‌گردد و در نتیجه اثر افزایش فاصله عمودی بین سایبان و لبه پنجره بر مصرف انرژی کل و انرژی اولیه ناچیز است. افزایش فاصله عمودی بین سایبان و لبه پنجره تا ارتفاع ۲۰ سانتیمتر باعث کاهش مجموع مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی می‌شود ولی افزایش این فاصله به بیش از



تصویر شماره ۵۳، ۵۴ و ۵۵: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی چهل سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی (تصویر شماره ۵۲)، مصرف انرژی کل (تصویر شماره ۵۴) و مصرف انرژی اولیه (تصویر شماره ۵۵) ساختمان‌های اداری (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

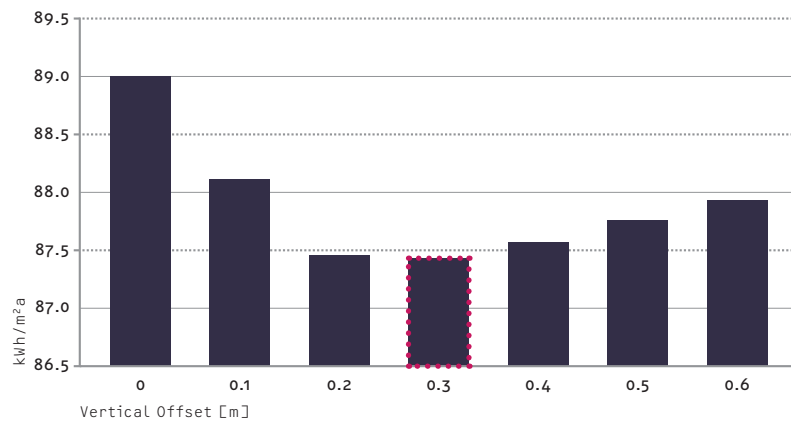
۶.۳.۲. سایبان‌های با عمق چهل سانتیمتر

افزایش فاصله بین سایبان‌هایی با عمق چهل سانتیمتر و لبه بالایی پنجره باعث کاهش مصرف انرژی گرمایشی ساختمان می‌گردد. این کاهش تا فاصله سی سانتیمتر با سرعت نسبتاً زیاد رخ داده و پس از آن اثر افزایش این فاصله بر مصرف انرژی گرمایشی ناچیز می‌گردد. افزایش فاصله عمودی بین سایبان و پنجره باعث افزایش مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد. البته این اثر افزایشی اندک است. افزایش این فاصله همچنین باعث کاهش مصرف انرژی روشنایی می‌گردد، اثری که از نظر عددی ناچیز است.

اثر افزایش فاصله عمودی بین سایبان و لبه پنجره بر مصرف انرژی کل و انرژی اولیه سایبان‌های با عمق ۴۰ سانتیمتر نیز ناچیز است. با افزایش فاصله بین سایبان و پنجره تا ارتفاع ۴۰ سانتیمتر، مصرف انرژی کل کاهش و پس از آن افزایش می‌یابد. مصرف انرژی اولیه ساختمان نیز با افزایش این فاصله تا ارتفاع ۳۰ سانتیمتر، کاهش و پس از آن افزایش می‌یابد. بنابراین برای سایبان‌هایی به عمق ۴۰ سانتیمتر، فاصله بین پنجره و سایبان برای داشتن کمترین مصرف انرژی کل و انرژی اولیه بایستی به ترتیب ۴۰ و ۳۰ سانتیمتر باشد.

۶.۳.۳. سایبان‌های با عمق شصت سانتیمتر

برای سایبان‌های افقی به عمق ۶۰ سانتیمتر نیز همچون سایبان‌های به عمق ۲۰ و ۴۰ سانتیمتر، افزایش فاصله عمودی بین سایبان و پنجره باعث کاهش مصرف انرژی گرمایشی و افزایش اندک



انرژی سرمایشی می‌گردد. افزایش این فاصله همچنین باعث کاهش اندک انرژی روشنایی می‌گردد. افزایش فاصله عمودی بین سایبان و پنجره تا ارتفاع ۶۰ سانتیمتر باعث کاهش مجموع مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی و پس از آن باعث افزایش مصرف انرژی کل می‌گردد. این افزایش از ارتفاع صفر تا ۵۰ سانتیمتر همچنین باعث کاهش مصرف انرژی اولیه و پس از آن باعث افزایش مصرف انرژی اولیه ساختمان می‌گردد. بنابراین، هرچند اثر فاصله بین سایبان

۲۰ سانتیمتر باعث افزایش مصرف انرژی کل می‌گردد. مصرف انرژی اولیه ساختمان نیز با افزایش این فاصله تا ارتفاع ۲۰ سانتیمتر، کاهش و پس از آن افزایش می‌یابد. بنابراین برای سایبان‌هایی به عمق ۲۰ سانتیمتر، فاصله بین پنجره و سایبان برای داشتن کمترین مصرف انرژی کل و انرژی اولیه بایستی به ترتیب ۲۰ و ۱۰ سانتیمتر باشد.

استراتژی‌های کنترل پرده‌های خارجی، نیاز به انرژی روشنایی را بجز در چهار مورد زیر افزایش می‌دهند:

- نور روز
- حداقل دمای هوای خارج در شب
- گرمایش در شب
- حداقل دمای هوای داخل در شب

۶.۴.۴. انرژی کل

تنها چند مورد از استراتژی‌های ذکر شده برای کنترل سایبان‌های متحرک خارجی، میزان نیاز به انرژی کل ساختمان‌های اداری را کاهش می‌دهند. این موارد عبارتند از:

- حداقل دمای هوای خارج در شب
- گرمایش در شب
- حداقل دمای هوای داخل در شب

اگر پرده‌های خارجی بر اساس این استراتژی‌ها کنترل شوند، نیاز به انرژی گرمایشی و روشنایی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر مصرف انرژی سرمایشی کمی افزایش می‌یابد. این موضوع گرچه نشان دهنده عملکرد نامناسب سایبان‌ها است، اما نشان می‌دهد که سایبان‌ها، بویژه سایبان‌های قابل تنظیم، می‌توانند بر نیاز به انرژی گرمایشی و روشنایی نیز تاثیر بگذارند. این امر همچنین بیانگر این است که استفاده از سایبان‌های متحرک برای کاهش نیاز به انرژی کل ساختمان، فرایند پیچیده‌ای است. عملکرد بهینه این سایبان‌ها وابسته به پارامترهای مختلفی از جمله زمان بسته شدن سایبان‌ها در طول روز و سال، دمای هوای خارج، میزان تابش خورشید، زاویه جهت و زاویه ارتفاع خورشید و غیره است.

۶.۴.۵. انرژی اولیه

میزان نیاز به انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با استفاده از استراتژی‌های مختلف کنترل سایبان‌ها، مشابه نیاز به انرژی کل است. تنها برخی از استراتژی‌های کنترل پرده‌های خارجی، پتانسیل کاهش

۶.۵. نتیجه‌گیری

اثر پرده‌های کرکره‌ای خارجی بر مصرف انرژی کل یک ساختمان اداری بطور کلی بسیار کم است. بالا بودن زاویه ارتفاع خورشید در شهر جدید هشتگرد، بویژه در تابستان، کوتاه بودن ساعات استفاده از ساختمان‌های اداری در ایران و در شهر جدید هشتگرد و قرارگیری بخش عمده آن در ساعت‌های قبل از ظهر را می‌توان از دلایل اصلی تاثیر کم سایبان‌ها بر کاهش انرژی مصرفی ساختمان‌های اداری این اقلیم دانست. تحلیل نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده، همچنین اثر عمق سایبان‌های ثابت افقی و نحوره کنترل پرده‌های کرکره‌ای خارجی بر مصرف انرژی ساختمان‌های اداری را نشان می‌دهند. این نتایج بیانگر این است که استفاده از سایبان‌های افقی و پرده‌های خارجی حتی می‌توانند میزان نیاز به انرژی را در برخی موارد افزایش دهند. نتایج بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد که ساختمان‌های دارای سایبان‌های پرده‌ای خارجی، در صورتیکه این سایبان‌ها بطور موثری کنترل شوند، مصرف انرژی کمتری نسبت به ساختمان‌های بدون سایبان دارند. استفاده از مکانیسم‌های کنترل اتوماتیک سایبان‌های متحرک، که این سایبان‌ها را بر اساس حالت‌های کنترل موثر همچون حداقل دمای هوای خارج در شب، گرمایش در شب و دمای هوای داخل در شب کنترل می‌کنند، برای استفاده از حداکثر پتانسیل سایبان‌های پرده‌ای توصیه می‌گردد. استفاده از سایبان‌های خارجی قابل تنظیم نیازمند مصالح و تکنیک خاص این سایبان‌ها است. باد و گرد و غبار، همچنین می‌تواند مشکلاتی در عملکرد این سایبان‌ها ایجاد و از جنبه برنامه‌ریزی و تکنیکی چالش‌هایی برای آنها بوجود آورد. استفاده از سایبان‌های پرده‌ای خارجی هزینه‌های سرمایه‌گذاری را نیز افزایش داده ولی از طرف دیگر هزینه‌های انرژی و هزینه‌های چرخه حیات ساختمان را کاهش می‌دهد. نتایج تحلیل‌های اقتصادی اولیه نشان می‌دهد که استفاده از سایبان‌های متحرک خارجی در ساختمان‌های اداری، در صورتیکه این سایبان‌ها به شیوه مناسبی تنظیم شوند، از نظر اقتصادی به صرفه است.

نیاز به انرژی اولیه را دارند، که عبارتند از:

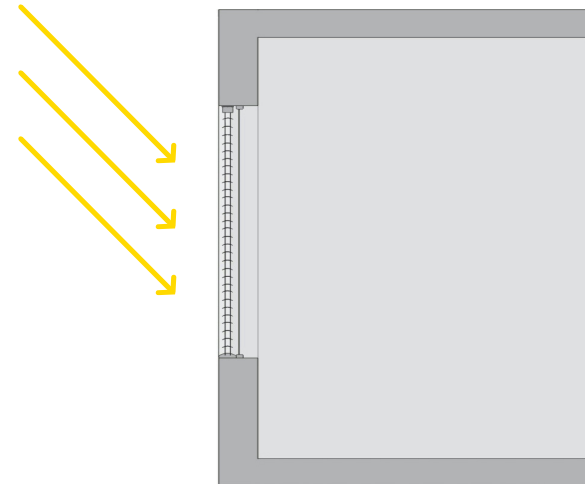
- حداقل دمای هوای خارج در شب
- گرمایش در شب

۶.۴. سایبان‌های کرکره‌ای خارجی

سایبان‌های خارجی قابل تنظیم همچون پرده‌های کرکره‌ای خارجی^۱ از راه‌های مختلف بر تعادل انرژی ساختمان‌ها اثر می‌گذارند. زمان استفاده از سایبان‌های متحرک خارجی و چگونگی کنترل آنها بر نوع اثر این سایبان‌ها تأثیر بسزایی داشته و لذا از مواردی است که بایستی برای بهبود عملکرد آنها مورد توجه واقع شود.

شکل شماره ۵۹ میزان مصرف انرژی ساختمان‌های اداری با سایبان‌های متحرک خارجی را در حالتی نشان می‌دهد که این سایبان‌ها بر اساس استراتژی‌های متفاوتی کنترل و تنظیم می‌گردند. این نمودار نشان می‌دهد که اثر سایبان‌های کرکره‌ای خارجی بر مصرف انرژی ساختمان‌ها، همچون سایبان‌های افقی، ثابت نیست. اثر سایبان‌های قابل تنظیم بر مصارف مختلف انرژی ساختمان‌ها، بر اساس استراتژی‌های مورد استفاده برای تنظیم و کنترل آنها تغییر می‌کند.

به منظور مطالعه اثر سایبان‌های کرکره‌ای خارجی و استراتژی‌های کنترل و تنظیم آنها بر مصرف انرژی ساختمان‌های اداری در شرایط اقلیمی شهر جدید هشتگرد، یک ساختمان اداری با سایبان‌های کرکره‌ای خارجی با استراتژی‌های تنظیم و کنترل متفاوت شبیه‌سازی شده است. در شکل شماره ۶۰ نیاز به انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و انرژی کل یک ساختمان اداری با سایبان کرکره‌ای و بدون آن مقایسه شده است. نتایج به روشنی نشان می‌دهد که سایبان‌های



تصویر شماره ۵۹: سایبان کرکره‌ای خارجی

کرکره‌ای خارجی، متغیر است. استراتژی‌های تنظیم پرده‌های کرکره‌ای خارجی بر اساس یکی از سه عامل کلی دمای هوا، تابش خورشید و یا برنامه زمانی، استوار است. در هر استراتژی تنظیم، پرده‌ها بر اساس یک عامل از قبیل تابش خورشید، دمای هوای داخل، دمای هوای خارج، نیاز به نور روز و یا نیاز به تابش در یک بازه زمانی مشخص، کنترل می‌شوند. پرده‌های خارجی اگر بر طبق استراتژی‌های زیر کنترل شوند، میزان نیاز به انرژی گرمایشی ساختمان را در مقایسه با حالتی که ساختمان فاقد سایبان باشد، کاهش می‌دهند.

- دمای هوای خارج
- تابش خورشید و سرمایش در طی روز و شب
- حداقل دمای هوای خارج در شب
- حداقل دمای هوای داخل در شب
- نیاز گرمایشی در شب
- حداقل دمای هوای خارج در شب و نیاز سرمایشی در روز

پنج مورد از شش استراتژی ذکر شده برای کاهش مصرف انرژی گرمایشی با شرایط شبانه ارتباط دارد. دلیل این امر این است که در زمستان هنگام شب، بسته بودن پرده‌ها جز کاهش اتلاف انرژی از طریق رسانایی، اتلاف حرارت از طریق تابش طول موج بلند انرژی از فضای گرم داخلی به هوای سرد خارج را نیز کاهش می‌دهد. بنابراین پرده‌های کرکره‌ای، چه داخلی و چه خارجی، بایستی در شب‌های زمستان بسته شوند تا اتلاف انرژی و در نتیجه مصرف انرژی گرمایشی را کاهش دهند.

۶.۴.۲. انرژی سرمایشی

با توجه به اینکه سایبان‌های متحرک در حالت‌های مختلف تنظیم و کنترل، میزان جذب تابش خورشید را کاهش می‌دهند، غالب استراتژی‌های کنترل پرده‌های خارجی مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری را کاهش می‌دهند؛ مگر اینکه از طریق دیگری منجر به افزایش انرژی سرمایشی گردند. اگر سایبان‌های متحرک خارجی بر اساس استراتژی‌های زیر کنترل شوند، نیاز به انرژی سرمایشی ساختمان را افزایش می‌دهند:

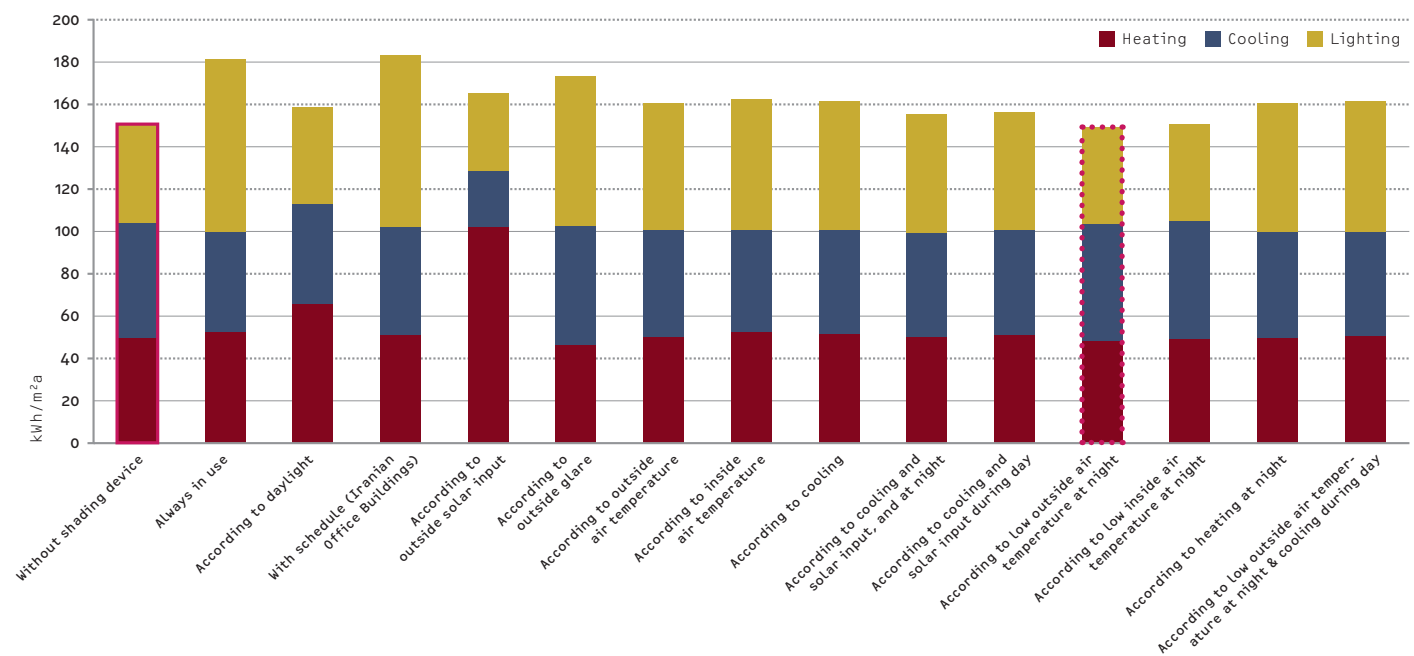
- دمای هوای خارج
- حداقل دمای هوای خارج در شب

کرکره‌ای خارجی با استراتژی‌های تنظیم متفاوت، بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و انرژی کل یک ساختمان اداری تأثیر قابل توجهی دارند.

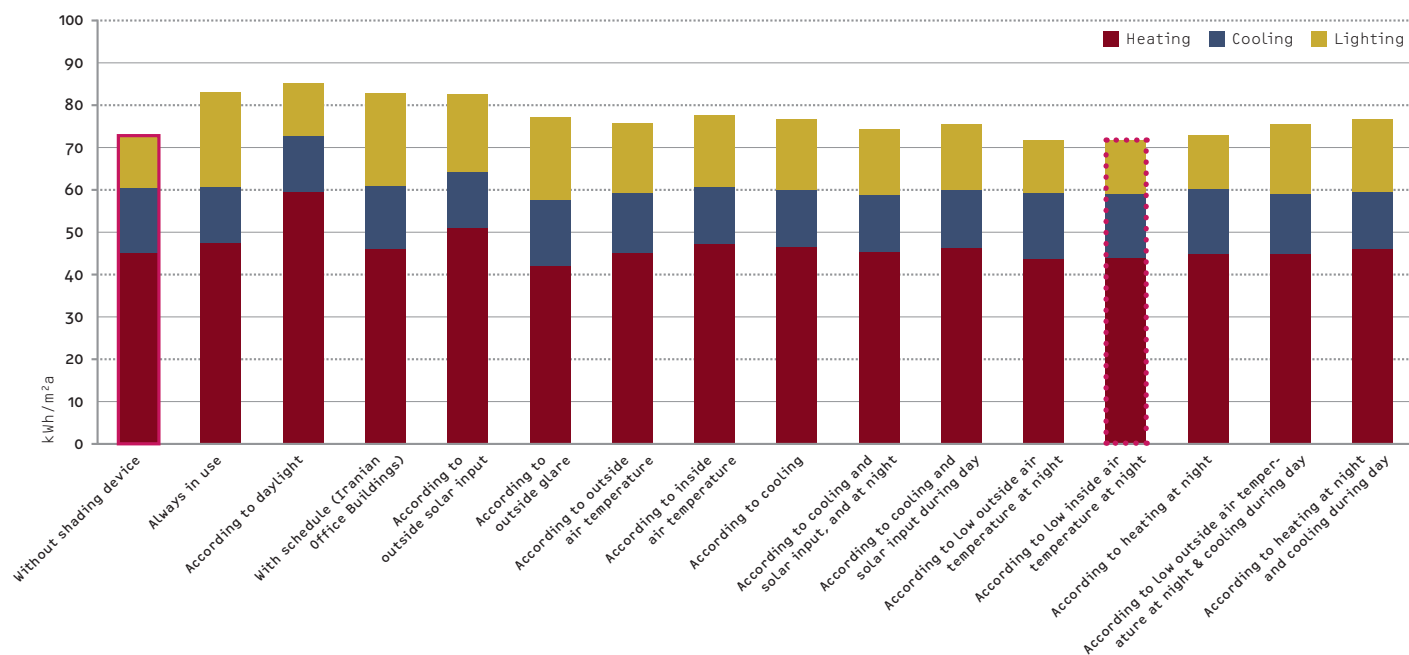
۶.۴.۱. انرژی گرمایشی

میزان نیاز به انرژی گرمایشی ساختمان‌های اداری، با استراتژی‌های کنترل متفاوت پرده‌های

بطور کلی اگر نیاز به انرژی سرمایشی ساختمان دغدغه اصلی تنظیم این سایبان‌ها باشد، استفاده از این استراتژی‌ها توصیه نمی‌گردد.



تصویر شماره ۶۱: مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با استراتژی‌های مختلف کنترل سایبان‌های کرکره‌ای خارجی (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)



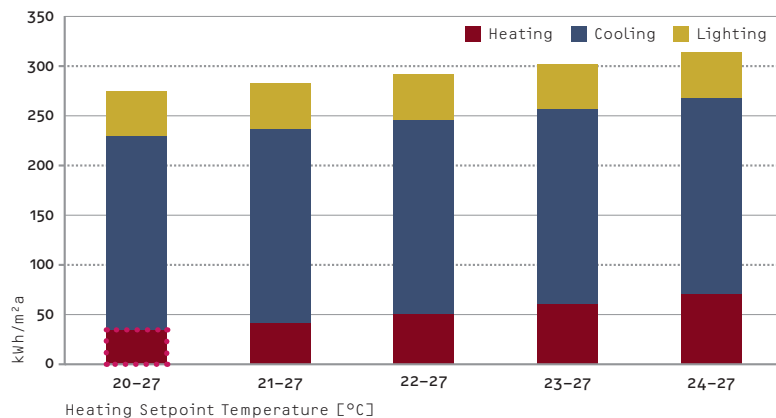
تصویر شماره ۶۰: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و انرژی کل ساختمان‌های اداری با استراتژی‌های مختلف کنترل سایبان‌های کرکره‌ای خارجی (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

۷.۱.۳. انرژی اولیه

با افزایش هر درجه دمای داخلی ساختمان در دوره گرمایش، مصرف انرژی اولیه ساختمان به طور متوسط ۳/۲ درصد افزایش می‌یابد. از آنجا که در مصرف انرژی اولیه، انرژی گرمایشی نقش کمتری نسبت به انرژی سرمایشی ایفا می‌کند، نرخ افزایش مصرف انرژی اولیه با افزایش دمای داخلی در دوره گرمایش، کمتر از نرخ رشد مصرف انرژی کل ساختمان است. نرخ رشد مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری به ازای یک درجه اختلاف دمای گرمایش، با افزایش دمای داخلی افزایش می‌یابد. افزایش دما از ۲۰ به ۲۱ درجه سانتیگراد باعث افزایش ۲/۸ درصدی مصرف انرژی اولیه می‌گردد، درحالی‌که افزایش دما از ۲۳ به ۲۴ درجه سانتیگراد، افزایش ۳/۷ درصدی مصرف انرژی اولیه را به همراه دارد. مصرف انرژی اولیه ساختمان با دمای داخلی ۲۴ درجه، ۱/۱ برابر مصرف انرژی اولیه این ساختمان با دمای داخلی ۲۰ درجه سانتیگراد است.

۷.۲. دمای سرمایش

هرچه دمای داخل ساختمان در دوره سرمایش کاهش یابد، اختلاف دمای داخل و خارج و در نتیجه اتلاف انرژی ساختمان افزایش می‌یابد که منجر به افزایش مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد. دمای آسایش حرارتی در دوره سرمایش به میزان رطوبت نسبی اقلیم بستگی دارد. افزایش رطوبت نسبی منجر به نیاز به دمای پایین‌تر برای تامین شرایط آسایش حرارتی در دوره سرمایش می‌گردد. برای بررسی اثر دمای داخلی ساختمان در دوره سرمایش بر میزان نیاز به انرژی



تصویر شماره ۶۴: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با دماهای گرمایش متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

می‌یابد. بگونه‌ای که برای ساختمان‌های اداری در شرایط مورد بررسی، افزایش دمای داخل از ۲۰ به ۲۱ درجه منجر به افزایش ۱۷/۴ درصدی مصرف انرژی گرمایشی شده و برای افزایش دما از ۲۳ به ۲۴ درجه سانتیگراد، افزایش ۱۵/۴ درصدی را به همراه دارد. افزایش دمای داخلی ساختمان‌های اداری در دوره گرمایش آنچنان مصرف انرژی گرمایشی را افزایش می‌دهد که مصرف انرژی گرمایشی ساختمانی اداری با دمای ۲۴ درجه سانتیگراد، ۲/۱ برابر مصرف انرژی گرمایشی این ساختمان با دمای داخلی ۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. طبیعی است که افزایش دمای داخلی ساختمان‌ها در دوره گرمایش اثری بر مصرف انرژی سرمایشی و روشنایی ساختمان ندارد.

۷.۱.۲. انرژی کل

از آنجا که افزایش دمای داخلی ساختمان در دوره گرمایش منجر به افزایش مصرف انرژی گرمایشی می‌گردد، این افزایش دما، مصرف انرژی کل ساختمان را نیز افزایش می‌دهد. با افزایش هر درجه دمای داخلی ساختمان در دوره گرمایش، مجموع مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی^۱ ساختمان به طور متوسط ۷/۱ درصد افزایش می‌یابد. نرخ رشد مصرف انرژی کل ساختمان به ازای یک درجه اختلاف دمای گرمایش، با افزایش دمای داخل افزایش می‌یابد. مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری در اقلیم مورد بررسی برای ساختمان با دمای گرمایش ۲۴ درجه، ۱/۳ برابر زمانی است که دمای گرمایش ۲۰ درجه باشد.



تصویر شماره ۶۳: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با دماهای گرمایش متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

ساختمان، مصرف انرژی سرمایشی، مصرف انرژی کل و انرژی اولیه یک ساختمان اداری در اقلیم شهر جدید هشتگرد با دماهای متفاوت از ۲۸ تا ۲۴ درجه سانتیگراد با یکدیگر مقایسه شده است. البته دمای ۲۸ درجه برای اقلیم‌های نسبتاً مرطوب، دمای بالایی است که نمی‌تواند شرایط آسایش حرارتی را تامین نماید.

^۱ به رغم اینکه دمای شرایط آسایش حرارتی هیچ اثری بر مصرف انرژی روشنایی ساختمان‌ها ندارد، به منظور یکسان بودن تعریف انرژی کل و انرژی اولیه در این کتاب و امکان مقایسه عددی مصرف انرژی ساختمان‌ها در بخش‌های مختلف، در این بخش نیز همچون دیگر بخش‌ها، در محاسبه مصرف انرژی کل (مجموع انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی) و انرژی اولیه ساختمان، میزان مصرف انرژی روشنایی نیز لحاظ شده است.

استانداردهای مختلف، محدوده‌های آسایش حرارتی متفاوتی را پیشنهاد می‌دهند. همچنین محدوده آسایش حرارتی در کاربری‌های مختلف، به دلیل نوع فعالیت و نوع پوشش متفاوت، متفاوت است. هرچه محدوده آسایش حرارتی تنگتر گردد و فاصله بین دمای گرمایش و دمای سرمایش کمتر شود، افراد بیشتری در این شرایط حرارتی احساس آسایش می‌نمایند و این محدوده از کیفیت آسایشی بیشتری برخوردار است. ولی وسیع بودن محدوده آسایش حرارتی به معنی عدم تأمین شرایط آسایش حرارتی نیست.

البته شرایط حرارتی که یک انسان در یک فضا حس می‌کند، تنها متأثر از دمای هوای پیرامون نیست، بلکه متأثر از میانگین دمای هوا و دمای متوسط تابشی یک فضا است. دمای متوسط تابشی در یک فضا نیز متأثر از دمای سطوح تشکیل دهنده فضا و مساحت و هندسه هر یک می‌باشد. همچنین بر حسب عواملی از قبیل نوع سیستم حرارتی و برودتی اتاقی، دمای جداره‌ها و ارتفاع فضا، دمای هوا در ارتفاع‌های مختلف یک فضا متفاوت بوده و برش عمودی تغییرات دمای هوا در یک فضا، خطی مستقیم نیست. از نظر برش عمودی تغییرات دمای هوا، شرایطی از آسایش حرارتی برای انسان‌ها ایده آل است که در آن دمای هوا با افزایش ارتفاع فضا کاهش یابد، بگونه‌ای که دما در سطوح نزدیک به کف بالاتر از دمای هوا در ارتفاع میانه فضا و این دما بالاتر از دما در ارتفاع بالای فضا باشد. همچنین هر چه فاصله بین دمای هوا و دمای تابشی یک فضا کمتر باشد، کیفیت آسایش حرارتی در آن فضا بیشتر است. البته در بررسی اثر شرایط آسایش حرارتی و دمای گرمایش و دمای سرمایش بر مصرف انرژی ساختمان‌های اداری، تنها دمای هوا در ارتفاع میانی فضا به عنوان شاخص شرایط آسایش حرارتی مورد استفاده قرار گرفته است. میزان انرژی مصرفی ساختمان‌ها برای گرمایش و سرمایش بصورت مستقیم متأثر از دمای محدوده آسایش حرارتی درون ساختمان است. مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش ساختمان، برای به تعادل رساندن اتلاف و دریافت انرژی ساختمان است و از آنجا که میزان اتلاف انرژی به صورت مستقیم به اختلاف دمای داخل و خارج بستگی دارد، افزایش و یا کاهش دمای داخل، میزان اختلاف دمای داخل و خارج را تغییر داده و در نتیجه میزان اتلاف حرارت از پوسته ساختمان را تغییر می‌دهد. تغییر در میزان اتلاف انرژی ساختمان، انرژی گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز برای به تعادل رساندن این اتلاف و دریافت را تغییر داده و لذا مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی

ساختمان می‌گردد. همین مساله با کاهش دمای داخلی ساختمان در دوره سرمایش رخ می‌دهد. بنابراین افزایش دمای داخلی ساختمان در دوره گرمایش، موجب افزایش مصرف انرژی گرمایشی و کاهش دمای داخل ساختمان در دوره سرمایش، منجر به افزایش مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد.

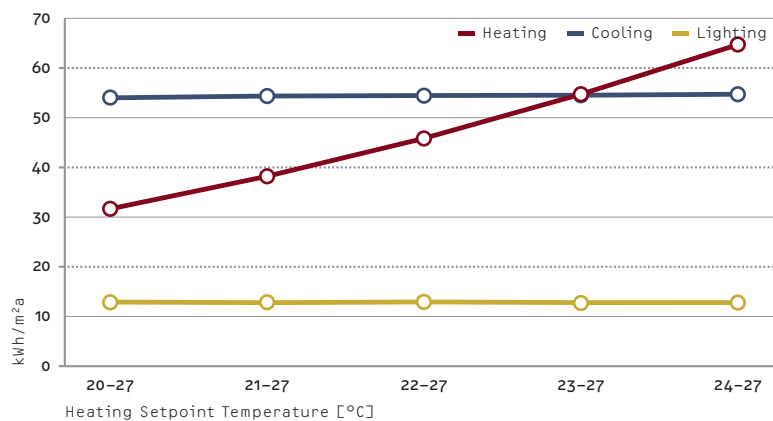
برای بررسی اثر محدوده آسایش حرارتی بر مصرف انرژی ساختمان‌های اداری، اثر تغییرات دمای گرمایش و سرمایش بر مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی، انرژی کل و انرژی اولیه ساختمان‌های اداری در اقلیم شهر جدید هشتگرد بررسی شده است.

۷.۱. دمای گرمایش

برای بررسی دمای گرمایش بر مصرف انرژی ساختمان‌های اداری، مصرف انرژی یک ساختمان اداری با دماهای متفاوت گرمایش با استفاده از مدلسازی محاسبه و با هم مقایسه شده است. در این بررسی دمای گرمایش از ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتیگراد تغییر کرده و اثرات آن بر مصارف مختلف انرژی بررسی شده است.

۷.۱.۱. انرژی گرمایشی

افزایش دمای گرمایش ساختمان و یا بالا رفتن مرز پایینی شرایط آسایش حرارتی منجر به افزایش اختلاف دمای داخل و خارج، افزایش اتلاف انرژی و در نتیجه افزایش مصرف انرژی برای جبران



تصویر شماره ۶۲: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با دماهای گرمایش متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

اتلاف حرارت ساختمان می‌گردد. بنابراین بر اساس شکل شماره ۶۲، افزایش دمای گرمایش منجر به افزایش عمده نیاز به انرژی گرمایشی ساختمان می‌گردد. به ازای افزایش هر درجه دمای داخل ساختمان در دوره گرمایش، مصرف انرژی گرمایشی بطور متوسط ۱۶/۵ درصد افزایش می‌یابد. هرچند افزایش مصرف انرژی با افزایش دمای گرمایش رفتاری تقریباً خطی است ولی نرخ رشد مصرف انرژی گرمایشی به ازای یک درجه اختلاف دمای گرمایش، با افزایش دمای داخل کاهش

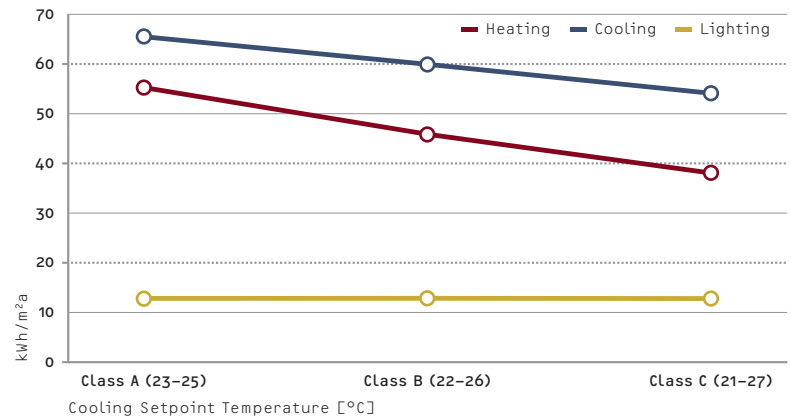
ساختمان را تغییر می‌دهد.

هرچه اختلاف دمای داخل و خارج افزایش یابد، میزان اتلاف انرژی از پوسته حرارتی ساختمان افزایش یافته و لذا میزان مصرف انرژی و همچنین بارهای حرارتی و برودتی ساختمان افزایش می‌یابد. هر چه دمای داخل ساختمان در دوره گرمایش بیشتر باشد، اختلاف دمای داخل و خارج و در نتیجه میزان اتلاف انرژی بیشتر می‌شود و این امر منجر به افزایش مصرف انرژی گرمایشی

تا ۲۷ درجه سانتیگراد را نشان می‌دهند. در هر کلاس آسایش حرارتی، دمای گرمایش یک درجه کاهش و دمای سرمایش یک درجه افزایش می‌یابد و در نتیجه محدوده آسایش حرارتی وسیع‌تر می‌گردد. هرچند هر چه محدوده آسایش حرارتی کوچک‌تر باشد و نوسانات دما کمتر گردد، افراد احساس آسایش حرارتی بیشتری می‌کنند ولی نه تنها کلاس‌های B و C که در این بررسی تعریف شده‌اند، شرایط آسایش حرارتی افراد را تامین کرده و با بسیاری از استانداردهای مرتبط با شرایط آسایش حرارتی مطابقت دارند، بلکه انسان قابلیت انطباق پذیری زیادی با شرایط دمایی محیط پیرامون خود داشته و می‌تواند خود را با شرایط حرارتی منطبق نماید. در این بررسی مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، مصرف انرژی کل و انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با کلاس‌های مختلف آسایش حرارتی با یکدیگر مقایسه شده است.

۷.۳.۱. انرژی گرمایشی

تغییر شرایط آسایش حرارتی از کلاس A (۲۳ تا ۲۵ درجه سانتیگراد) به کلاس B (۲۲ تا ۲۴ درجه سانتیگراد) و سپس به کلاس C (۲۱ تا ۲۷ درجه سانتیگراد) که در هر مرحله به معنی یک درجه کاهش دمای گرمایش و یک درجه افزایش دمای سرمایش و وسیع‌تر شدن محدوده آسایش حرارتی به اندازه دو درجه سانتیگراد است، منجر به کاهش عمده مصرف انرژی می‌گردد. تغییر شرایط آسایش حرارتی از کلاس A به کلاس B منجر به کاهش ۱۶/۹ درصدی مصرف انرژی گرمایشی و از کلاس B به C منجر به کاهش ۱۷/۳ درصدی مصرف انرژی گرمایشی می‌گردد، که



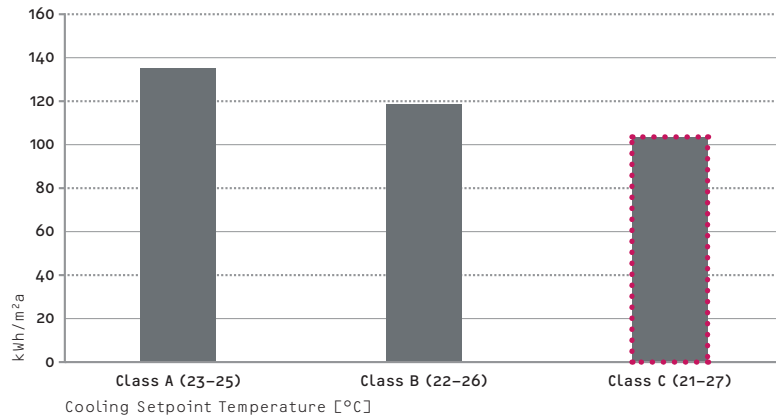
تصویر شماره ۶۸: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با شرایط آسایش حرارتی متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

که از محدوده آسایش حرارتی خارج نشود و رضایت افراد را به مخاطره نیندازد، کاهش یابد.

۷.۳.۲. انرژی سرمایشی

با افزایش گستره محدوده آسایش حرارتی از ۲۳ تا ۲۵ درجه به ۲۲ تا ۲۴ و سپس به ۲۱ تا ۲۷ درجه سانتیگراد، مصرف انرژی سرمایشی نیز همچون مصرف انرژی گرمایشی کاهش می‌یابد. کاهش مصرف انرژی سرمایشی با این تغییر ناشی از افزایش دمای سرمایش و کاهش اختلاف دمای هوای داخل و خارج است. مصرف انرژی سرمایشی با تغییر شرایط آسایش حرارتی از کلاس A به کلاس B، ۸/۵ درصد و از کلاس B به کلاس C، ۹/۶ درصد کاهش می‌یابد که کاهش متوسط ۹/۰ درصدی را نشان می‌دهد. همچنین تغییر شرایط آسایش حرارتی از کلاس A به C منجر به کاهش ۱۷/۲ درصدی مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد.

هرچند افزایش گستره شرایط آسایش حرارتی به اندازه یک درجه هم برای گرمایش و هم برای سرمایش، منجر به کاهش عمده مصرف انرژی سرمایشی ساختمان می‌گردد، ولی این کاهش از کاهش مصرف انرژی گرمایشی کمتر است. این بدان معناست که اثری که کاهش یک درجه دمای گرمایش بر مصرف انرژی گرمایشی دارد، بیشتر از اثری است که افزایش یک درجه دمای سرمایش بر مصرف انرژی سرمایشی دارد. دلیل این مساله بیشتر بودن اختلاف دمای داخل و خارج در دوره گرمایش نسبت به این اختلاف دما در دوره سرمایش است که باعث می‌گردد تغییر در دمای داخل در دوره گرمایش نسبت به تغییری مشابه در دوره سرمایش، اثر بیشتری بر مصرف انرژی داشته باشد.



تصویر شماره ۶۹: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با شرایط آسایش حرارتی متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

۷.۳.۳. انرژی کل

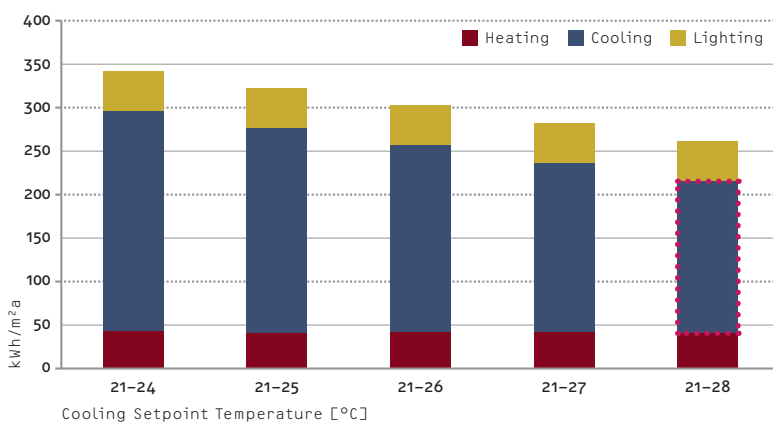
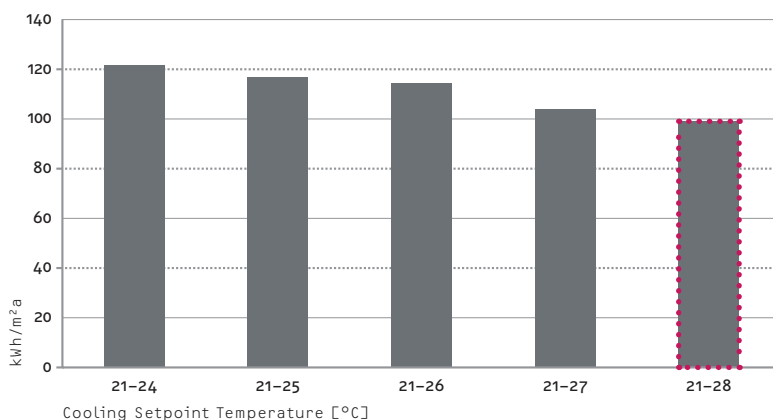
بر اساس شکل شماره ۶۹، افزایش گستره محدوده آسایش حرارتی به اندازه دو درجه، یک درجه دمای گرمایش و یک درجه دمای سرمایش، منجر به کاهش عمده مصرف انرژی کل ساختمان می‌گردد. متوسط کاهش مصرف انرژی به ازای یک درجه کاهش دمای گرمایش و یک درجه افزایش دمای سرمایش، ۱۱/۳ درصد است. همچنین در صورتیکه محدوده آسایش حرارتی از ۲۳

متوسط این کاهش مصرف انرژی، ۱۷/۱ درصد می‌باشد. همچنین تغییر شرایط آسایش حرارتی از ۲۳ تا ۲۵ درجه به ۲۱ تا ۲۷ درجه، منجر به کاهش مصرف انرژی به اندازه ۳۱/۳ درصد می‌گردد. تفاوت عمده در مصرف انرژی گرمایشی ساختمان‌های اداری تنها با تغییری دو درجه‌ای در مرز پایینی و بالایی محدوده آسایش حرارتی، حاکی از اهمیت دمای داخل فضا برای کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها است و نشان می‌دهد، دمای داخلی فضاها در دوره گرمایش بایستی تا آنجا

۷.۲.۱. انرژی سرمایشی

۷.۲.۳. انرژی اولیه

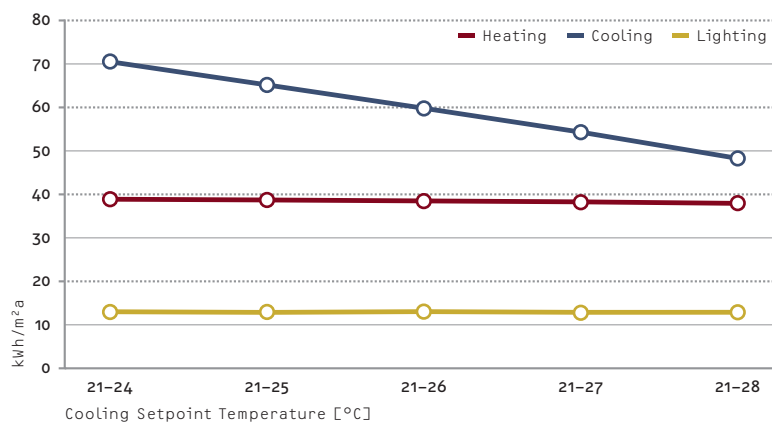
مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با کاهش دمای سرمایش، افزایشی بیش از افزایش مصرف انرژی کل دارد. دلیل این امر، نقش ضریب انرژی اولیه برق است که به عنوان حامل انرژی برای تامین سرمایش استفاده می‌گردد. کاهش دمای سرمایش، به ازای هر درجه کاهش، بطور متوسط منجر به افزایش ۶/۵ درصدی مصرف انرژی اولیه می‌گردد. مصرف انرژی اولیه ساختمانی اداری با دمای داخلی ۲۴ درجه سانتیگراد در دوره سرمایش، ۱/۳ برابر مصرف انرژی اولیه این ساختمان با دمای داخلی ۲۸ درجه سانتیگراد می‌باشد.



مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری با کاهش دمای سرمایش افزایش می‌یابد. کاهش دمای آسایش حرارتی در دوره سرمایش از ۲۸ تا ۲۴ درجه سانتیگراد به ازای هر درجه کاهش دما، بطور متوسط منجر به افزایش ۹/۰ درصدی مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد. هرچند افزایش مصرف انرژی سرمایشی با کاهش دمای سرمایش، رفتاری نسبتاً خطی دارد ولی با کاهش دمای داخل، نرخ افزایش مصرف انرژی سرمایشی به ازای یک درجه اختلاف دما، کاهش می‌یابد. چنانچه کاهش دما از ۲۸ به ۲۷ درجه سانتیگراد منجر به افزایش ۱۰/۸ درصدی مصرف انرژی سرمایشی و کاهش دما از ۲۵ به ۲۴ درجه منجر به افزایش ۷/۶ درصدی مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد. مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌ها با کاهش دمای داخل ساختمان به شدت افزایش می‌یابد، بگونه‌ای که مصرف انرژی سرمایشی ساختمانی با دمای داخلی ۲۴ درجه سانتیگراد در دوره سرمایش، ۱/۵ برابر مصرف انرژی سرمایشی همین ساختمان با دمای داخلی ۲۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. کاهش دمای داخلی ساختمان در دوره سرمایش طبیعتاً هیچ اثری بر مصرف انرژی گرمایشی و روشنایی ساختمان ندارد.

۷.۲.۲. انرژی کل

مجموع مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با کاهش دمای داخلی ساختمان در دوره سرمایش، افزایش می‌یابد. میزان مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با



تصویر شماره ۶۵: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با دماهای سرمایش متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

تصویر شماره ۶۶: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با دماهای سرمایش متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

تصویر شماره ۶۷: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با دماهای سرمایش متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

۷.۳. محدوده آسایش حرارتی (دمای گرمایش و سرمایش)

برای بررسی اثر محدوده آسایش حرارتی، هم در دوره گرمایش و هم در دوره سرمایش، در این بخش سه محدوده آسایش حرارتی با دماهای مختلف تعریف و مصارف انرژی ساختمان‌های اداری با این شرایط آسایش حرارتی محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده است. این محدوده‌های حرارتی در سه کلاس A, B و C تعریف شده اند که به ترتیب دماهای ۲۳ تا ۲۵، ۲۲ تا ۲۴ و ۲۱

کاهش دمای داخلی از ۲۸ به ۲۴ درجه سانتیگراد، به ازای هر درجه کاهش دما، بطور متوسط ۵/۱ درصد افزایش می‌یابد. هرچند افزایش مصرف انرژی کل ساختمان با کاهش دمای سرمایش، کمتر از افزایش مصرف انرژی سرمایشی است ولی اثر کاهش دمای داخل بر افزایش مصرف انرژی کل ساختمان، اثری بزرگ است، بگونه‌ای که مصرف انرژی کل ساختمانی با دمای داخلی ۲۴ درجه، ۱/۲ برابر مصرف انرژی کل ساختمانی مشابه با دمای داخلی ۲۸ درجه سانتیگراد است.



تصویر شماره ۲۱: آزمایش درب دمنده

خروج هوای درون فضاهای کنترل شده به بیرون ساختمان و جایگزینی آن با هوای بیرون باعث می‌گردد که هوای داخل ساختمان با دمایی که در محدوده شرایط آسایش حرارتی قرار دارد، از ساختمان خارج شود و در دوره گرمایش با هوای سرد بیرون و در دوره سرمایش با هوای گرم بیرون، جایگزین گردد. هوای وارد شده به ساختمان بایستی مجدداً تا دمای داخل، گرم و یا سرد گردد. برای افزایش و یا کاهش دمای هوای ورودی به ساختمان و رساندن آن به دمای محیط داخل، نیاز به صرف انرژی است. بنابراین تعویض هوای داخل و خارج، مصرف انرژی ساختمان‌ها را افزایش می‌دهد.

از آنجا که در دوره گرمایش همیشه دمای هوای بیرون کمتر از دمای هوای داخل فضاهای کنترل شده است، تعویض هوای داخل با خارج، منجر به جایگزینی هوای گرم داخل با هوای سرد خارج شده و افزایش دمای هوای سرد ورودی تا دمای شرایط آسایش، مستلزم صرف انرژی گرمایشی است. بنابراین تعویض هوا در دوره گرمایش، همیشه منجر به افزایش مصرف انرژی گرمایشی می‌گردد. در دوره سرمایش و زمانیکه دمای هوای خارج بیشتر از مرز بالایی شرایط آسایش حرارتی است نیز، اتفاقی مشابه رخ می‌دهد و بایستی هوای گرمی که جایگزین هوای داخل ساختمان شده، سرد گردد و این امر با مصرف انرژی همراه است. درحالیکه زمانیکه دمای هوای داخل ساختمان بالاتر از دمای شرایط آسایش حرارتی است ولی دمای هوای بیرون در محدوده شرایط آسایش حرارتی و یا پایین‌تر از آن است، تعویض هوای داخل و خارج، منجر به جایگزینی هوای خنک بیرون با هوای گرم داخل می‌گردد و این امر منجر به کاهش مصرف انرژی سرمایشی می‌شود. در این حالت، تعویض ناخواسته هوا همچون تهویه طبیعی عمل نموده، به تامین شرایط آسایش حرارتی بدون صرف انرژی کمک می‌نماید. البته این مساله تنها در مواقع خاصی از سال و در اقلیم‌هایی که تابستان‌های بسیار گرم ندارند، رخ می‌دهد.

با توجه به اینکه تعویض هوای داخل و خارج منجر به صرف انرژی برای تغییر دمای هوای ورودی تا محدوده شرایط آسایش حرارتی می‌گردد، یکی از راه‌های کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها، هوابندی پوسته حرارتی آنها است. هوابندی ساختمان‌ها در واقع باعث کاهش اتلاف حرارتی آنها از طریق نشت هوا از اجزای پوسته حرارتی ساختمان و محل اتصال آنها می‌گردد. هوابندی ساختمان نه تنها اتلاف حرارتی ساختمان را کاهش می‌دهد، بلکه مانع از ایجاد مشکلاتی از قبیل ایجاد کپک

سرمایشی، انرژی کل و انرژی اولیه ساختمان‌های اداری می‌پردازد. برای بررسی اثر تعویض هوا بر میزان مصرف انرژی ساختمان‌های اداری، ساختمان اداری پایه در اقلیم شهر هشتگرد، در شرایط کاملاً مشابه و میزان متفاوت تعویض هوا در ساعت شبیه سازی شده است. میزان تعویض هوا در این ساختمان‌ها که شامل ۲۰ حالت متفاوت می‌باشد، از صفر^۱ آغاز شده و با فواصل ۰/۲ بار تعویض هوا در ساعت به ۴ بار تعویض در ساعت منتهی می‌گردد.

در ساختمان شده، صداهای مزاحم خارجی را کاهش داده و کیفیت هوای داخلی را بهتر و قابل کنترل‌تر می‌کند. از میان عوامل ساختمانی موثر بر مصرف انرژی ساختمان‌ها، نرخ تعویض هوا از طریق نشت، یکی از مهمترین و موثرترین عوامل موثر بر مصرف انرژی است. میزان نشت هوای ساختمان را می‌توان با آزمایش درب دمنده تحت فشارهای مختلف اندازه گیری نمود.

این بخش به بررسی میزان اثرگذاری تعویض ناخواسته هوا بر میزان مصرف انرژی گرمایشی،

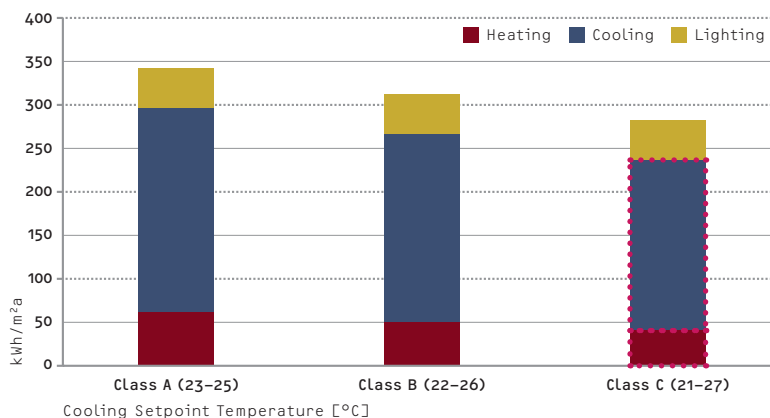
۷.۴. نتیجه‌گیری

هر چه دمای مرز پایینی شرایط آسایش حرارتی کاهش و دمای مرز بالایی شرایط آسایش حرارتی افزایش یابد، مصرف انرژی ساختمان به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. البته تامین شرایط آسایش حرارتی یکی از وظایف اصلی ساختمان‌هاست. این مساله همچنین بصورت مستقیم رضایت افراد از فضا و نیز بازدهی کاری آنها در ساختمان‌های اداری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین تامین شرایط آسایش حرارتی نباید فدای صرفه جویی انرژی گردد؛ ولی دمای داخلی فضاها نیز نباید در دوره گرمایش از کمترین دمای مورد نیاز، که شرایط آسایش حرارتی را تامین می‌نماید، بیشتر شده و در دوره سرمایش از بیشترین دمای مورد نیاز کمتر گردد. این تغییرات دمایی هرچند اثر قابل توجهی بر شرایط آسایش حرارتی و رضایت افراد از این شرایط حرارتی ندارند، ولی مصرف انرژی ساختمان را به میزان زیادی افزایش می‌دهند. این مساله نقش مهم رفتار کاربران در تنظیم سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی و جلوگیری از افزایش و یا کاهش غیر ضروری دما در ساختمان‌ها را نشان می‌دهد. این امر همچنین نشان می‌دهد که استفاده از کنترل کننده‌های اتوماتیک، که سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی را بر اساس دمای داخلی ساختمان کنترل و تنظیم کرده و مانع از افزایش بیش از حد نیاز دما در زمستان و کاهش بیش از حد نیاز دمای هوا در تابستان می‌شوند، می‌توانند مصرف انرژی ساختمان‌ها را به شدت کاهش دهند.

تا ۲۵ به ۲۱ تا ۲۷ تغییر یابد، مصرف انرژی کل ساختمان ۲۱/۴ درصد کاهش می‌یابد، که کاهش عمده است. این امر نشان می‌دهد که کوچکتر کردن محدوده آسایش حرارتی و یا افزایش دمای گرمایش و یا کاهش دمای سرمایش، اثر بزرگی بر مصرف انرژی کل ساختمان دارد.

۷.۳.۴. انرژی اولیه

مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری نیز با افزایش محدوده دمایی شرایط آسایش حرارتی کاهش می‌یابد. به ازای هر دو درجه تغییر در محدوده شرایط آسایش حرارتی، مصرف انرژی اولیه ساختمان به طور متوسط ۹/۱ درصد کاهش می‌یابد. اثر این تغییرات بر مصرف انرژی اولیه، کمتر از این اثر بر مصرف انرژی کل است، چراکه سرمایش، که کاهش مصرف انرژی کمتری را با تغییرات مشابه نسبت به انرژی گرمایشی به دنبال دارد، در مصرف انرژی اولیه نقش بیشتری ایفا می‌نماید. همچنین تغییر شرایط آسایش حرارتی از کلاس A به C منجر به کاهش ۱۷/۴ درصدی مصرف انرژی اولیه می‌گردد.

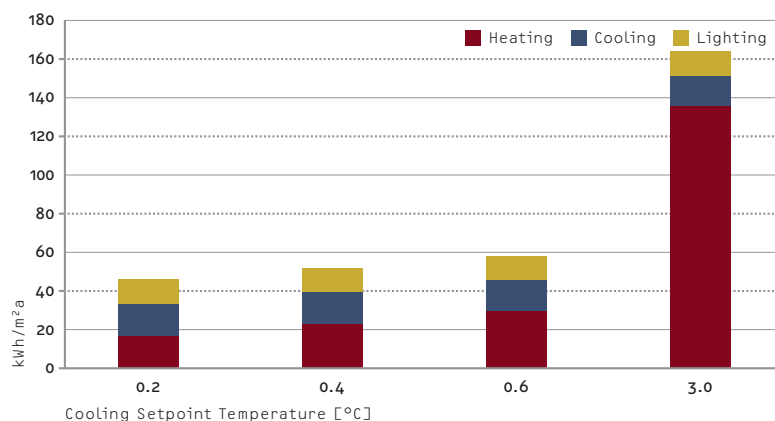


تصویر شماره ۷۰: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با شرایط آسایش حرارتی متفاوت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

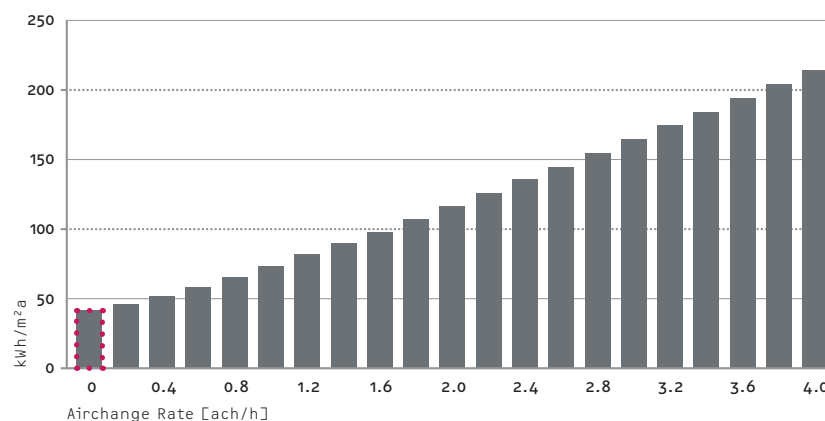
۸.۳. انرژی کل

بواسطه تاثیر بسیار زیاد تعویض هوا بر میزان مصرف انرژی گرمایشی ساختمان در مقایسه با انرژی سرمایشی، اثر میزان تعویض هوا بر مجموع انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان بسیار زیاد بوده و چون بیشتر متاثر از رفتار انرژی گرمایشی است، اثری تقریباً خطی می‌باشد. بنابراین اثر تعویض هوا بر مصرف انرژی کل یا مجموع انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی^۲ نیز متاثر از رفتار افزایشی مصرف انرژی گرمایشی است.

اثر نرخ تعویض ناخواسته هوا بر میزان مصرف انرژی کل ساختمان نیز بسیار زیاد است. بگونه‌ای که بر اساس شکل شماره ۷۵، میزان مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با ۳ بار تعویض هوا در ساعت ۳/۶، ۳/۲ و ۲/۸ برابر مصرف انرژی کل همین ساختمان به ترتیب با ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ بار تعویض هوا در ساعت است.



تصویر شماره ۷۵: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ بار تعویض هوا در ساعت (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)



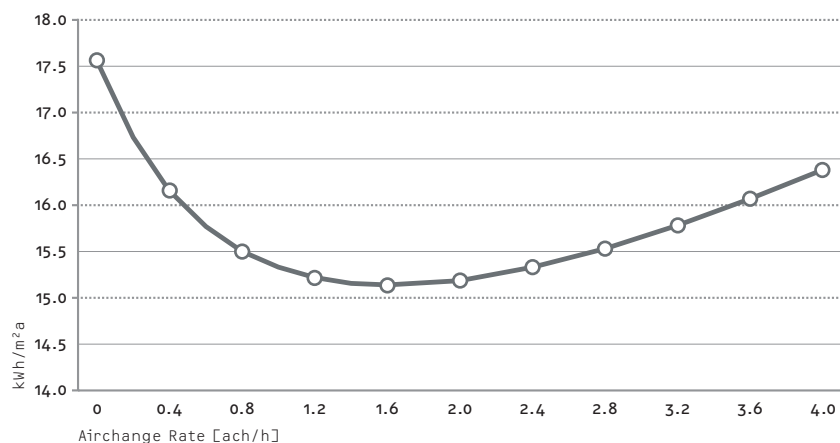
تصویر شماره ۷۴: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با میزان متفاوت تعویض هوا (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

۸.۱. انرژی گرمایشی

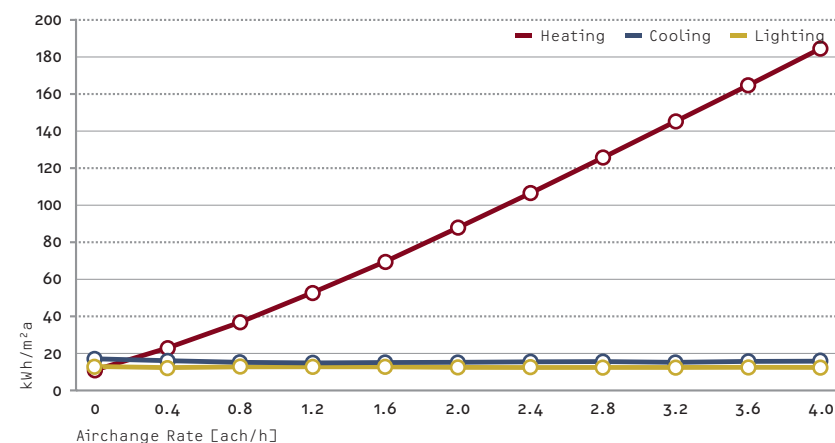
بر اساس شکل شماره ۷۲، افزایش نرخ تعویض هوا، میزان نیاز به انرژی گرمایشی ساختمان‌ها را افزایش می‌دهد. میزان افزایش انرژی گرمایشی ساختمان با افزایش نرخ تعویض هوا، بسیار زیاد بوده و رفتاری تقریباً خطی دارد. میزان افزایش مصرف انرژی گرمایشی با افزایش نرخ تعویض هوا به قدری زیاد است که از میان تمامی فاکتورهای ساختمانی و معماری، میزان تعویض هوا را می‌توان یکی از مهمترین عوامل اثرگذار بر مصرف انرژی ساختمان‌ها دانست. به عنوان مثال، مصرف انرژی گرمایشی ساختمان‌های اداری با ۳ بار تعویض هوا در ساعت، ۸/۱، ۵/۹ و ۴/۵ برابر زمانی است که میزان تعویض هوا به ترتیب ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ بار تعویض در ساعت می‌باشد.

۸.۲. انرژی سرمایشی

شکل شماره ۷۳ میزان مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری با میزان متفاوت تعویض هوا و نیز رفتار افزایشی و کاهش مصرف انرژی سرمایشی این ساختمان‌ها در ارتباط با میزان تعویض هوا را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار، افزایش میزان تعویض هوا از ۰/۲ تا ۱/۶ بار تعویض در ساعت، میزان مصرف انرژی سرمایشی را کاهش می‌دهد. میزان کاهش انرژی سرمایشی با تغییر نرخ تعویض هوا از ۰/۲ تا ۱/۶، هرچند از نظر میزان عددی اندک ولی از نظر نسبت برابر با ۹/۴ درصد می‌باشد. افزایش تعویض هوا از ۱/۶ تا ۴ بار تعویض هوا در ساعت، میزان مصرف انرژی سرمایشی را افزایش می‌دهد. شکل‌های شماره ۷۲ و ۷۳ نشان می‌دهند که رفتار انرژی سرمایشی نسبت به میزان تعویض هوا، با رفتار انرژی گرمایشی ساختمان کاملاً متفاوت بوده و نیز اثر تعویض هوا بر مصرف انرژی سرمایشی در مقایسه با انرژی گرمایشی بسیار اندک می‌باشد.



تصویر شماره ۷۳: مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری با میزان متفاوت تعویض هوا (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)



تصویر شماره ۷۲: مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با میزان متفاوت تعویض هوا (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)



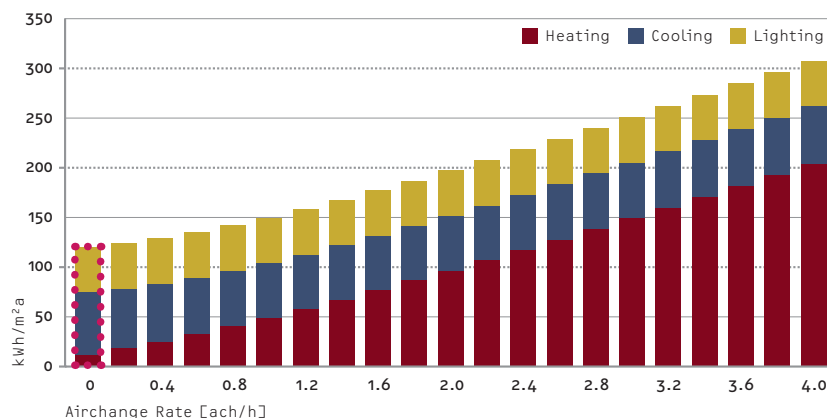
۸.۴. انرژی اولیه

مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری نیز همچون مصرف انرژی کل آنها با افزایش نرخ تعویض ناخواسته هوا به شدت افزایش می‌یابد. از آنجا که در مصرف انرژی اولیه، سرمایه‌ش سهم بیشتری نسبت به گرمایش ایفا می‌کند، تغییرات مصرف انرژی اولیه با توجه به تغییرات نرخ تعویض هوا کاملاً خطی نیست. افزایش مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با افزایش نرخ تعویض هوا بسیار زیاد است، بگونه‌ای که مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با ۳ بار تعویض هوا در ساعت ۲/۰، ۱/۹ و ۱/۸ برابر مصرف انرژی اولیه ساختمانی مشابه به ترتیب با ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ بار تعویض هوا در ساعت است.

۸.۵. نتیجه‌گیری

بررسی‌های انجام شده در رابطه با اثر تعویض ناخواسته هوا بر مصرف انرژی ساختمان‌ها نشان می‌دهد که افزایش میزان تعویض هوا به شدت میزان مصرف انرژی ساختمان‌ها را افزایش می‌دهد. میزان زیاد تعویض هوا همچنین میزان آسایش حرارتی افراد را، به علت امکان ایجاد جریان هوای سرد در داخل فضاها، کاهش می‌دهد. بدلیل اثر افزایشی میزان تعویض هوا بر انرژی مصرفی ساختمان‌ها، برای کاهش مصرف انرژی و بویژه انرژی گرمایشی ساختمان‌ها، میزان تعویض هوای ساختمان‌ها را بایستی به کمترین میزان ممکن کاهش داد.

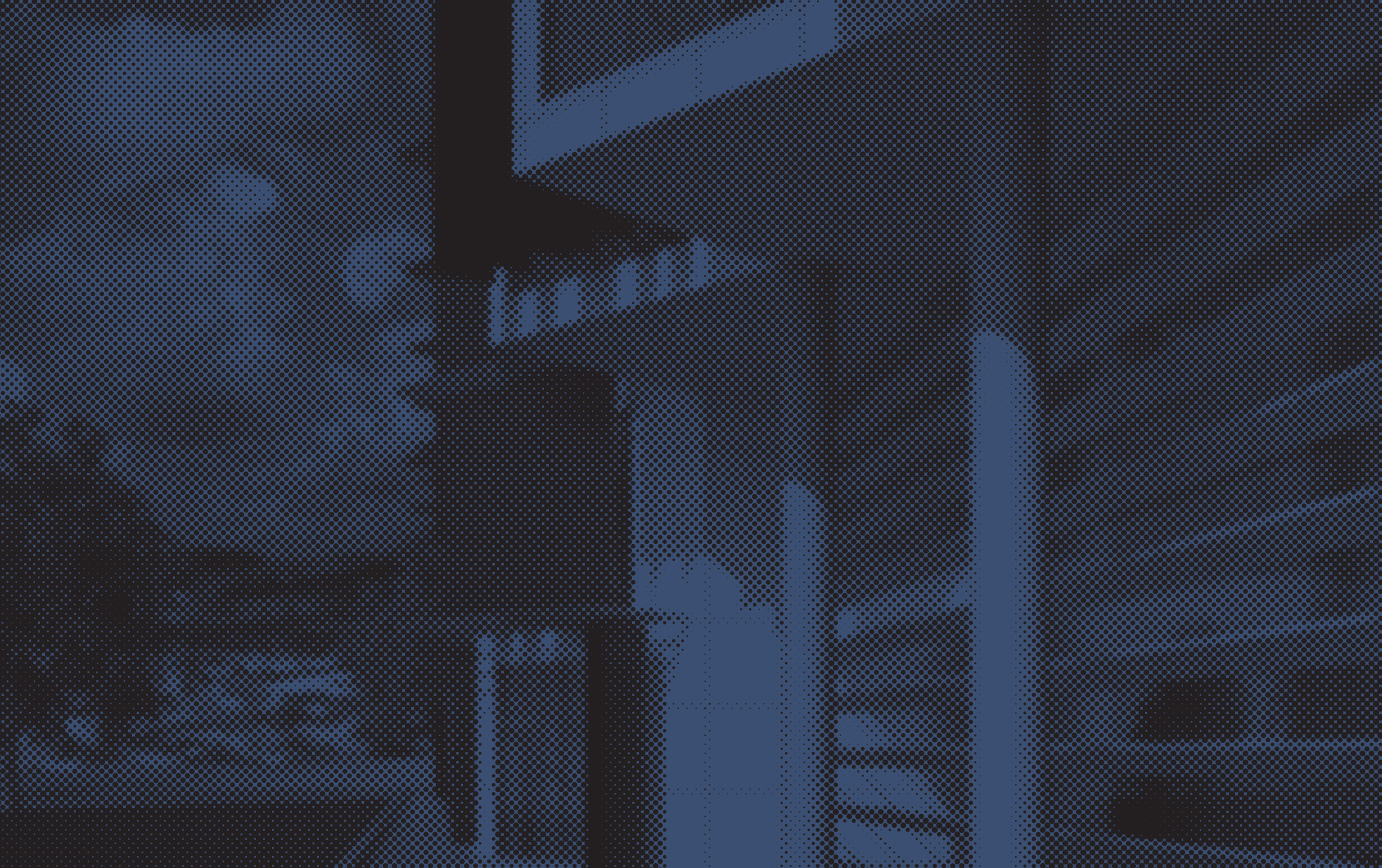
نرخ بالای نشت هوا در ساختمان‌ها در ایران یکی از عمده‌ترین دلایل مصرف بالای انرژی ساختمان‌ها می‌باشد و با توجه به اثر قابل توجه میزان تعویض هوا بر میزان مصرف انرژی، کاهش نرخ تعویض هوای ساختمان‌ها در ایران، منجر به کاهش شدید مصرف انرژی آنها می‌گردد. در ساختمان‌های ایران که اغلب با مصالح بنایی اجرا می‌گردند، تعویض هوا غالباً از طریق جداره‌های غیر شفاف مثل دیوارها، سقف و کف ساختمان و محل اتصال آنها نمی‌باشد. چراکه لایه‌های نازک کاری داخلی جداره‌ها به تنهایی مانع از نشت هوا از طریق این عناصر می‌گردد. غالب میزان تعویض ناخواسته هوا در ساختمان‌ها در ایران، از طریق نشت هوا از بازشوها (در و پنجره‌ها، ونت‌ها، هواکش‌ها، دودکش‌ها و غیره) و محل اتصال آنها با عناصر ساختمانی مجاورشان می‌باشد. کاهش نرخ تعویض هوا از طریق این عناصر کار چندان مشکلی نخواهد بود، چراکه این عناصر غالباً کارخانه ساز بوده و به این دلیل امکان آزمایش آنها و کنترل کیفی مرتبط با نشت هوا در آنها، در کارخانه، وجود دارد.



تصویر شماره ۴۶: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با میزان متفاوت تعویض هوا (کیلووات ساعت بر مترمربع در سال)

۲- هرچند نرخ تعویض هوای ساختمان هیچ اثری بر مصرف انرژی روشنایی ساختمان‌ها ندارد، ولی به منظور یکسان بودن تعریف انرژی کل و انرژی اولیه در این کتاب و امکان مقایسه عددی مصرف انرژی ساختمان‌ها در بخش‌های مختلف، در این بخش نیز در محاسبه مصرف انرژی کل (مجموع انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی) و انرژی اولیه ساختمان، میزان مصرف انرژی روشنایی نیز لحاظ شده است.

۱- در حالت واقعی امکان به صفر رساندن میزان تعویض هوا از طریق نشت در ساختمان‌ها وجود ندارد.



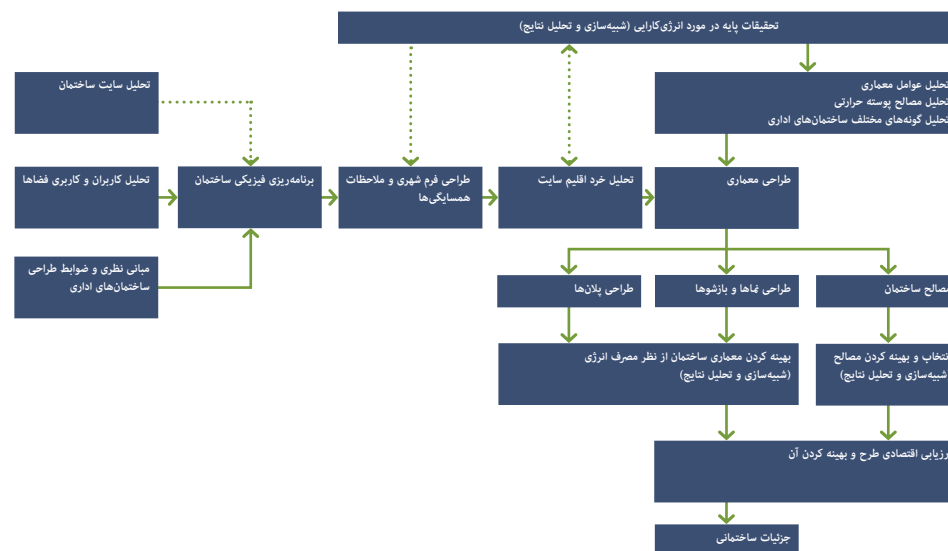
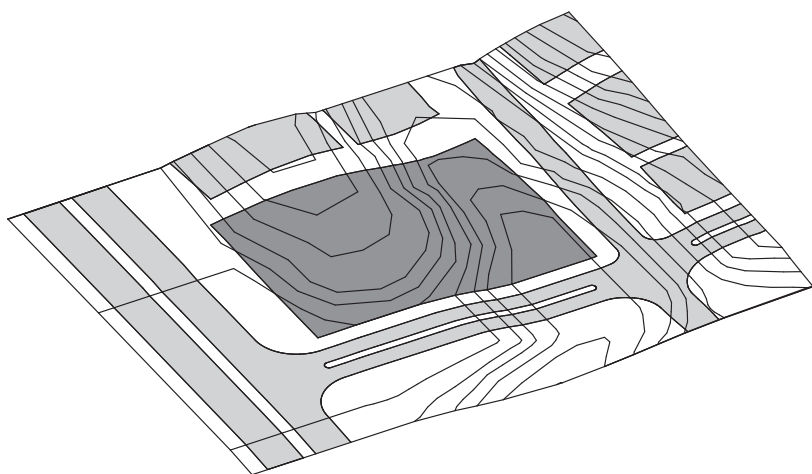
فصل سوم:

ساختمان اداری نسل جدید

طراحی یک ساختمان انرژی کارای اقتصادی

ساختمان اداری نسل جدید، به عنوان یک ساختمان اداری سبز، برای مجموعه شهری شهرهای جوان^۱ در شهر جدید هشتگرد برنامه‌ریزی شده است. یکی از موقعیت‌های مکانی مناسب در مجموعه شهرهای جوان برای یک ساختمان اداری، گوشه جنوب غربی سایت این مجموعه شهری است. اصلی‌ترین کاربری واقع در شمال و شرق سایت در نظر گرفته شده برای ساختمان اداری نسل جدید، کاربری مختلط است که کاربری غالب آن مسکونی است. این موقعیت همچنین ارتباط خوبی با سایر قسمت‌های شهر دارد. این ارتباط برای یک ساختمان اداری، با توجه به تعداد مراجعه کنندگان زیاد، اهمیت ویژه دارد.

این سایت از طرف غرب و جنوب به ترتیب با یک جاده اصلی به عرض ۵۰ متر و یک مسیر جمع کننده به عرض ۳۴ متر احاطه شده است. توپوگرافی سایت با اختلاف ارتفاعی در حدود هشت متر، آنرا بسیار شاخص کرده است. از آنجا که سایت مورد نظر بالاتر از جاده‌های اطراف قرار گرفته است، مناسب‌ترین مکان در مجموعه شهری شهرهای جوان، با مساحت بیش از ۳۵ هکتار، برای این ساختمان اداری آزمایشی است.



تصویر شماره ۲۸: رویکرد روشمند طراحی ساختمان اداری نسل جدید (پژوهش و طراحی)

تصویر شماره ۲۹: سایت ساختمان اداری نسل جدید و توپوگرافی آن

راهنمایی برای طراحی ساختمان اداری نسل جدید مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

پس از تکمیل روند طراحی، این ساختمان شبیه‌سازی شده، مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. سپس مصالح پوسته حرارتی ساختمان انتخاب و با استفاده از شبیه‌سازی حرارتی بهینه می‌گردند. سرانجام، ساختمان طراحی شده از لحاظ اقتصادی مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

۱- مجموعه شهری شهرهای جوان توسط متخصصین دانشگاه فنی برلین در پروژه پژوهشی مشترک بین آلمان و ایران بنام «پروژه پژوهشی شهرهای جوان» طراحی شده است

۱. اهداف و راهبردها

با توجه به مصرف بالای انرژی ساختمان‌ها در ایران، هدف اولیه ساختمان اداری نسل جدید کاهش نیاز به انرژی همراه با بهبود شرایط آسایش حرارتی در فضاهای داخلی این ساختمان در مقایسه با ساختمان‌های اداری موجود در ایران است. بهره‌وری هزینه‌ها نیز هدف دیگر این ساختمان اداری است. در راستای نیل به بهره‌وری هزینه‌ها، صرفه‌جویی انرژی از طریق روش‌های هزینه‌بر کاهش مصرف انرژی انجام نخواهد شد، بلکه استفاده از روش‌های بی‌هزینه و یا کم‌هزینه، همچون بهره‌وری انرژی از طریق طراحی معماری، مورد نظر خواهد بود. بنابراین مهمترین ابزار برای صرفه‌جویی انرژی در این پروژه آزمایشی، طراحی معماری است و لذا رویکرد بهره‌وری انرژی در این ساختمان، تاکید کمتری بر صرفه‌جویی انرژی از طریق مصالح و تجهیزات

هدف از طراحی ساختمان اداری نسل جدید و معرفی روند طراحی آن، ارائه روش و پروسه طراحی یک ساختمان انرژی‌کارا و پایدار است. هدف دیگر آن، کاربرد راهکارهای استخراجی از روش بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا در طراحی این ساختمان است، تا میزان اثرگذاری این روش از بهره‌وری انرژی بر مصرف انرژی ساختمان‌ها بررسی گردد. این ساختمان آزمایشی، که برای به نمایش گذاشتن بهره‌وری انرژی و پایداری طراحی می‌گردد، ساختمانی اداری بوده و «ساختمان اداری نسل جدید»^۱ نامیده می‌شود. یکی از دلایل نامگذاری این ساختمان آزمایشی

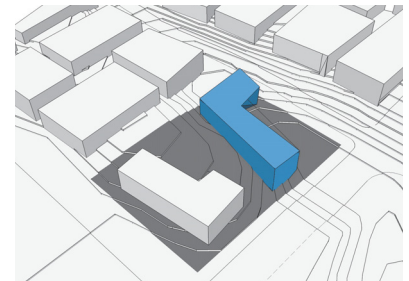
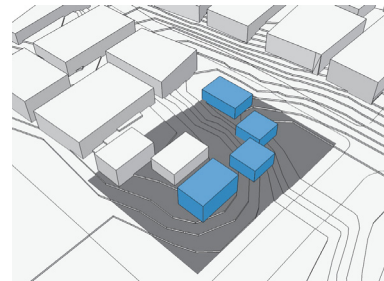
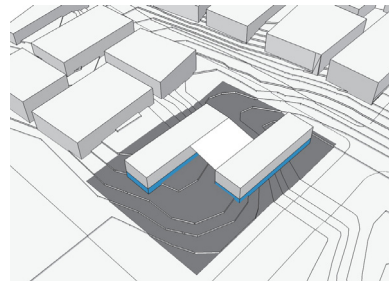
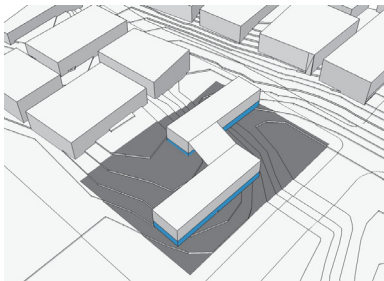
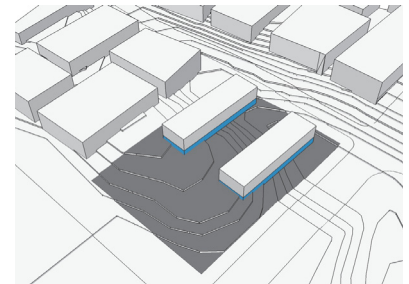
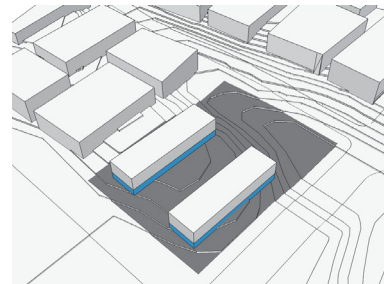
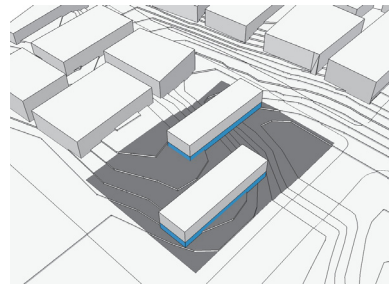
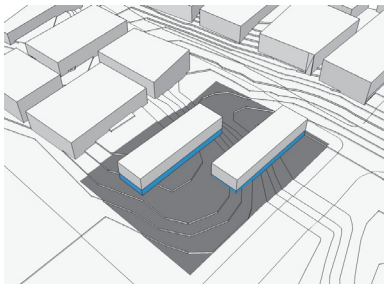
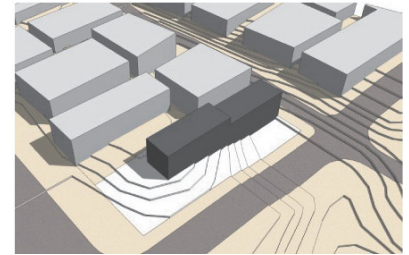
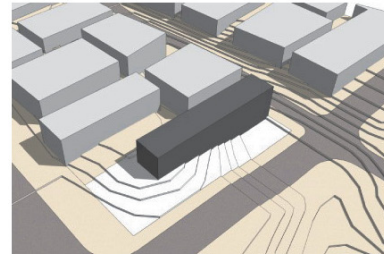
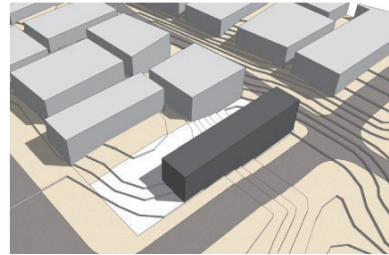
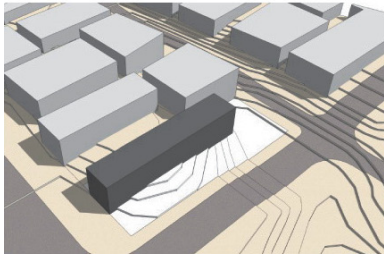
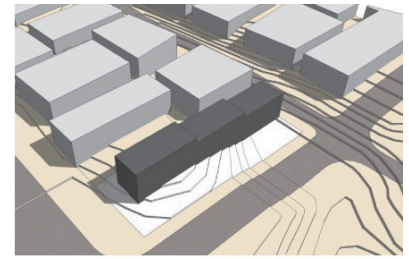
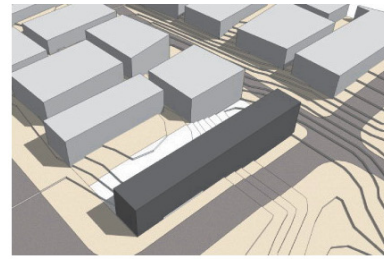
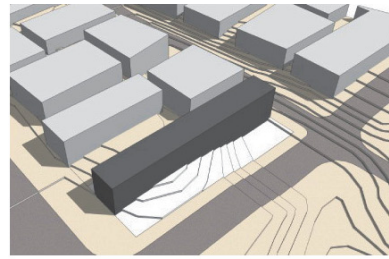
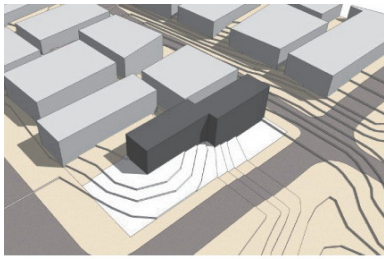


تصویر شماره ۷۷: ساختمان اداری نسل جدید

ساختمانی دارد و بیشتر روش‌های معماری در رویکردهای بهره‌وری انرژی این ساختمان به کار می‌روند. ساختمان اداری نسل جدید یک پروژه آزمایشی برای بکارگیری نتایج تحقیقات و مطالعات انجام گرفته برای بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا برای ساختمان‌های اداری است.

۱- New Generation Office Building

به ساختمان اداری نسل جدید این است که نسل آینده همه ساختمان‌ها و از جمله ساختمان‌های اداری، ناگزیر بایستی در مسیر بهره‌وری انرژی و پایداری حرکت کنند. چراکه نه تنها بهره‌وری در مصرف منابع و از جمله بهینه‌سازی مصرف انرژی از مسائل مهم امروز جهان است، بلکه این امر در آینده مهم‌تر نیز خواهد گردید. در آینده همچنین استفاده بهینه از منابع و دستیابی به پایداری، امری گریزناپذیر خواهد بود.



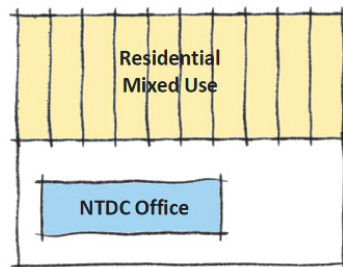
تصویر شماره ۸۱: مدل‌های حجمی مختلف برای ساختمان اداری نسل جدید در بخش جنوبی سایت و کاربری مختلط مسکونی در بخش شمالی سایت
تصویر شماره ۸۲: مدل‌های حجمی مختلف برای ساختمان اداری نسل جدید و ساختمان‌های اداری اضافی

۳.۱. استفاده بهینه از سایت ساختمان

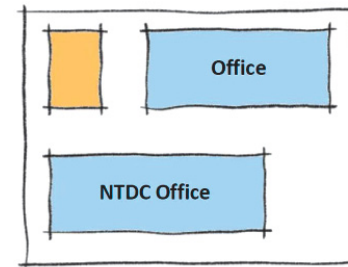
جوان و همچنین در کل شهر جدید هشتگرد، سطح زیربنای نهایی برای کل ساختمان‌های اداری تعیین خواهد شد. شکل شماره ۸۲، فرم و ترکیب بندی‌های مختلف ساختمان اداری نسل جدید، برای حالتی که تمام سایت برای طراحی و ساخت ساختمان اداری استفاده می‌گردد، را نشان می‌دهد.

سایت انتخاب شده جهت احداث ساختمان اداری نسل جدید، مساحتی در حدود ۷۸۰۰ مترمربع دارد. برنامه فیزیکی انجام شده برای ساختمان اداری نسل جدید با ۱۲۰ نفر کارمند، زیربنایی حدود ۳۰۰۰ مترمربع را برای این ساختمان پیشنهاد می‌نماید. بر طبق طرح تفصیلی مجموعه شهری شهرهای جوان، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان‌ها در این محدوده، سه طبقه است. در صورتیکه این ساختمان اداری با سه طبقه اجرا شود، شاخص سطح اشغال سایت، ۰/۱۳ خواهد بود و بدین ترتیب بخش اعظم سایت بصورت اشغال نشده باقی خواهد ماند که می‌تواند بصورت فضای باز و یا فضای سبز استفاده گردد. شاخص سطح اشغال ۰/۱۳ از نظر اقتصادی، بهینه نیست و با شاخص سطح اشغال مجموعه شهری اطراف آن که در حدود ۰/۷ است، همخوانی ندارد. بنابراین برای استفاده اقتصادی‌تر از این سایت، بایستی شاخص سطح اشغال سایت افزایش یابد. برای افزایش شاخص سطح اشغال سایت در نظر گرفته شده برای ساختمان اداری نسل جدید، سه راهکار ارائه می‌گردد. راهکار اول، تقسیم سایت پیش بینی شده بر اساس محور شرقی غربی به دو قسمت مساوی به مساحت ۳۹۰۰ مترمربع است. در صورت تقسیم این سایت به دو قسمت، بخش جنوبی این سایت برای ساختمان اداری نسل جدید استفاده شده و قسمت شمالی به عنوان کاربری مختلط مسکونی، در کنار منطقه مسکونی مجاور، مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای حالتی که این راهکار استفاده گردد، ساختمان اداری نسل جدید و مجموعه مسکونی بخش شمالی سایت، با فرم و ترکیب‌های شهری مختلف مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

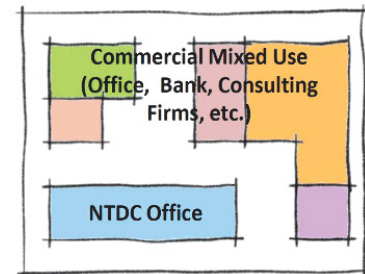
Site Division



Higher Gross Floor Area



Commercial Mixed-Use Buildings



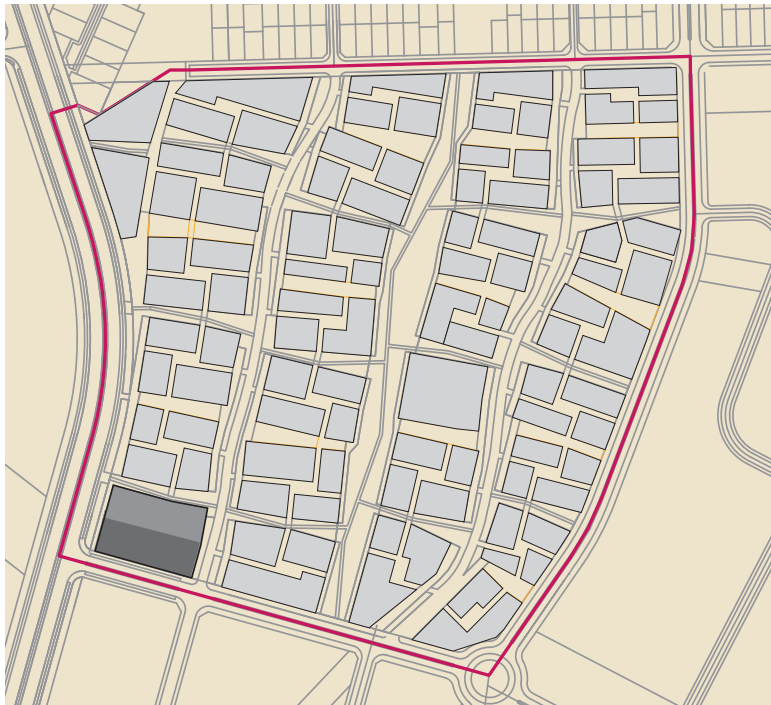
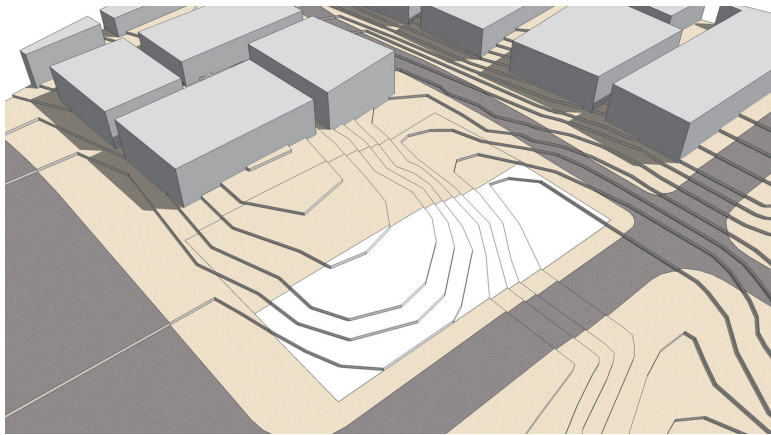
تصویر شماره ۸۰: راهکارهای مختلف برای افزایش شاخص سطح اشغال سایت

راهکار دوم برای استفاده بهینه از سایت، طراحی ساختمان‌های اداری با زیربنایی بیش از نیاز اولیه است. در این حالت، ساختمان‌های اداری طراحی شده، نه تنها نیاز فضایی از پیش تعیین شده برای ساختمان اداری نسل جدید را تأمین می‌کنند، بلکه فضاهای اضافی آن به عنوان فضای اداری استیجاری می‌توانند به کاربری‌های اداری اجاره داده شده و یا به عنوان فضای اداری فروخته شوند. برای این پیشنهاد بسته به فضای اداری مورد نیاز در مجموعه شهری شهرهای

ترکیبی، کلپ تجاری و دفاتر معکوس‌پذیر. از میان این گونه‌ها، دو مورد از آنها یعنی دفاتر تیمی و دفاتر انفرادی، بویژه از دیدگاه اجتماعی و فرهنگی و بازدهی کاری، جز مناسب‌ترین گزینه‌ها برای ساختمان‌های اداری در ایران می‌باشند. بنابراین ترکیب دفاتر انفرادی و تیمی، مناسب‌ترین گزینه برای این هدف خاص می‌باشد. در جدول شماره ۱۰، گونه‌های مختلف دفاتر اداری با ملزومات فضایی و ویژگی‌های اصلی آنها نشان داده شده است.

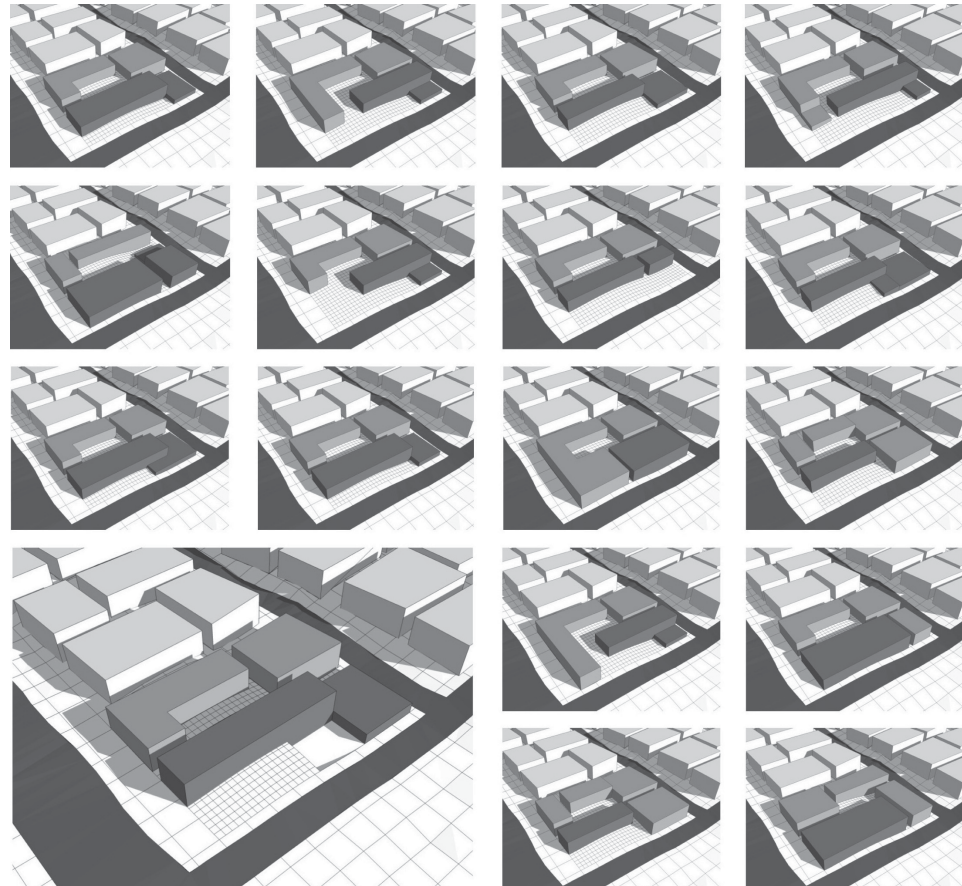
برای طراحی پروژه آزمایشی ساختمان اداری نسل جدید، تحقیقات مختلفی بر روی گونه‌بندی‌های مختلف ساختمان‌های اداری به همراه ویژگی‌ها و ملزومات مکانی و فضایی آنها انجام شده است. گونه‌های مرسوم دفاتر اداری عبارتند از: دفاتر پلان آزاد، دفاتر تیمی، دفاتر فردی، دفاتر

دفاتر پلان آزاد	دفاتر تیمی	دفاتر فردی	دفاتر ترکیبی	کلپ تجاری	دفاتر معکوس‌پذیر
- انعطاف پذیری بالا - تداوم‌پذیری و پایداری	- بازدهی فضایی و سازماندهی - امکان کنترل مجزای نور و تهویه	- امکان تمرکز و ارتباطات بالا - امکان کنترل مجزای نور و تهویه - رضایت بالای کاربران	- امکان کنترل مجزای نور و تهویه - حفظ حریم خصوصی	- قابلیت بالای کار تیمی و ارتباطی - فاصله کم بین افراد - محیط‌های کاری با کیفیت یکسان	- قابلیت بالای کار تیمی و ارتباطی - انعطاف‌پذیری در آرایش فضاهای کاری - انعطاف‌پذیری تخصیص فضا
- عدم امکان استفاده انتخابی از فضا - ارتفاع زیاد بین طبقات - هزینه سرمایه‌گذاری بالا	- فقدان حریم خصوصی - پیچیدگی فنی - رضایت پایین کاربران	- شفافیت دفاتر فردی - پرتی فضا در بخش میانی	- انعطاف ناپذیری و تک‌ابردی بودن فضا - فقدان قابلیت کار تیمی - استفاده از راهرو میانی تنها برای رفت و آمد	- مزاحمت‌های صوتی - فقدان حریم خصوصی - عدم امکان کنترل فردی شرایط دمایی فضا	- مزاحمت‌های صوتی و بصری - فقدان حریم خصوصی - نیاز به نور مصنوعی و تهویه مکانیکی - هزینه سرمایه‌گذاری بالا



تصویر شماره ۸۴ و ۸۵: سایت ساختمان اداری نسل جدید در مجموعه شهری شهرهای جوان

Mixed-Use Residential
 Mixed-Use Commercial
 New Generation Office Building



تصویر شماره ۸۳: مدل‌های حجمی مختلف برای ساختمان اداری نسل جدید و مجموعه اداری چند منظوره

بخش‌های اداری بر اساس DIN 277		کاربری	سرفته زیربنای مورد نیاز (مترمربع یا مترمربع به ازای نفر)	تعداد افراد	تعداد (واحد)	زیربنا (مترمربع)	زیربنای کل (مترمربع)
دفاتر اداری	دفتر فردی - ریاست	۲۰	۱		۳۰	۷۷۹/۲۵	
	دفتر فردی - منشی ریاست	۱۲	۱		۱۲		
	دفتر فردی - مدیر بخش	۲۴	۴		۹۶		
	دفتر دستیاران- هیات اجرایی	۱۸	۱۰		۱۸		
	دفاتر ترکیبی- کارمندان خاص	۷/۵	۲۱		۷۸/۷۵		
	دفاتر ترکیبی- کارمندان	۹	۸۵		۳۸۲/۵		
فضاهای جانبی دفاتر اداری	اتاق کپی	۶		۵	۳۰	۲۰۷/۷	
	آرشیو	۶		۵	۳۰		
	انبار	۶		۵	۳۰		
	کتابخانه	۰/۳۵	۱۲۲	۱	۴۲/۷		
	پذیرش	۱۵		۵	۷۵		
فضاهای درجه سه	اتاق کنفرانس	۲/۵	۱۰۰	۱	۲۵۰	۱۲۲۳	
	اتاق جلسات (ریاست)	۲/۲	۳۰	۱	۶۶		
	اتاق جلسات (هیات اجرایی)	۲	۲۰	۳	۱۳۲		
	مُهازخانه	۱/۷۵	۴۰	۱	۲۰		
	سالن غذاخوری	۰/۴ + ۱/۸	۶۰	۱	۱۳۲		
	اتاق استراحت کارمندان	۱/۲	۳۰	۱	۳۶		
	آبدارخانه	۴		۳	۱۲		
	پارکینگ	۱۲/۵		۴۲	۵۲۵		
فضاهای جانبی خدمات اصلی	دستشویی زنانه	۵	۳	۳	۴۵	۱۴۴	
	دستشویی مردانه	۵	۵	۳	۷۵		
	دستشویی معلولین	۳/۳	۱	۳	۹/۹		
	سرایداری	۶		۱	۶		
	اتاق زباله	۸		۱	۸		
فضاهای جانبی خدماتی	اتاق خدمات فنی	۱۰		۳	۳۰	۶۰	
	اتاق سرور و سالن کامپیوتر	۳۰		۱	۳۰		
فضاهای دسترسی	سالن ورودی	۳۰		۱	۳۰	۵۶۴	
	راه‌پله‌ها	۱۶		۳	۴۸		
	آسانسور	۴/۳۷	۱۰		۴۲		
	راهروها	۱۰۰					
	پارکینگ	۶/۲۵					
مساحت اشغال دیوارهای خارجی و جداکننده							۴۱۸
زیربنای ناخالص خارجی کل							۳۴۸۶

جدول شماره ۱۲: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط اجرای ساختمان های آلمان

یافته به هر کارمند در ساختمان های اداری موجود، بدست آمده است.

۵.۱.۱. ضوابط اجرای ساختمان های آلمان^۶

ساختمان های آلمان، استفاده شده است و در صورتیکه هیچ ضابطه ای برای تعیین نیازهای فضایی یک عملکرد خاص در این مقررات وجود نداشته باشد، از مراجع دیگر استفاده گردیده است. خلاصه این برنامه فیزیکی در جدول شماره ۱۲ ارائه شده است.

در این برنامه فیزیکی، زیربنای مورد نیاز فضاهای اصلی مورد استفاده شامل دفاتر اداری (دفاتر فردی و تیمی، دفاتر دستیاران و دبیرخانه)، فضاهای جانبی (اتاق کپی، بایگانی، انبار و پذیرش) و

۵. برنامه فیزیکی

طراحی ساختمان اداری نسل جدید و آرایش فضایی آن بر مبنای انعطاف‌پذیری بالایی صورت گرفته است تا این ساختمان بتواند برای کاربری‌های مختلف اداری مورد استفاده قرار گیرد. به دلیل اینکه ساختمان اداری نسل جدید برای سازمان و یا ارگان خاصی طراحی نمی‌گردد، این ساختمان اداری بایستی دارای استاندارد باشد که امکان استفاده از آن برای موسسات و ارگان‌های مختلف فراهم باشد. این ساختمان اداری برای حضور حدود ۱۲۰ کارمند طراحی می‌گردد. برنامه فیزیکی این ساختمان اداری و نیز طراحی فضاهای آن بگونه‌ای انجام شده است که بتواند نیازهای فضایی مورد نیاز برای این تعداد کارمند را برآورده سازد.

بررسی‌های مختلفی در رابطه با نیازهای فضایی این پروژه آزمایشی و استانداردها و ضوابط مختلف مرتبط با فضاهای اداری انجام شده است. نتیجه این بررسی‌ها برای محاسبه مساحت فضاهای مختلف اداری و نیز کل ساختمان مورد استفاده قرار گرفته است. برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس تعداد کارمندان و ضوابط نیازهای فضایی و عملکردی ساختمان‌های اداری در کشورهای اروپایی (بویژه آلمان) و ایران انجام شده است. طراحی ساختار دفاتر این ساختمان نیز بر اساس این برنامه فیزیکی و ضوابط مربوط به ساختمان‌های اداری انجام شده است.

۵.۱. برنامه فیزیکی بر اساس ضوابط کشور آلمان

ابتدا محاسبات نیازهای فضایی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس مقررات و استانداردهای کشور آلمان صورت گرفته است. ساختار محاسبات مربوط به برنامه فیزیکی این ساختمان بر اساس استاندارد آلمانی *DIN 277* انجام شده است. این استاندارد که برای محاسبات سطح و فضای مورد نیاز ساختمان‌ها بکار می‌رود، در این برنامه فیزیکی به عنوان مبنای تعیین ساختار برنامه فیزیکی مورد استفاده قرار گرفته است. استانداردها و ضوابط دیگر آلمانی و اروپایی نیز برای تعیین سطح زیربنای مورد نیاز این ساختمان استفاده شده‌اند. یکی از این استانداردها، «کد ارزیابی برنامه‌ریزی اقتصادی»^۱ تدوین شده توسط «شورای اقتصاد ساخت‌وساز اروپا»^۲ می‌باشد. دیگر ضوابط و استانداردهای کشور آلمان، که ارائه‌کننده سرانه فضایی هر کارمند بسته به سلسله مراتب مدیریتی هستند، برای محاسبه نیازهای فضایی این ساختمان اداری مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

دفاتر پلان آزاد	دفاتر تیمی	دفاتر فردی	دفاتر ترکیبی	کلوپ تجاری	دفاتر معکوس‌پذیر	
۱۲ - ۱۵	۱۲ - ۱۵	۱۰ - ۱۴	۸ - ۱۲	۸ - ۱۲	۸ - ۱۵	میانگین فضای مورد نیاز برای هر کارمند (مترمربع)
۲۰ - ۳۰	۵ - ۱۵	۴/۵ - ۷/۲	۳/۶ - ۴/۵	۳/۶ - ۴/۵ یا ۱۲	۳/۶ - ۷/۲	طول فضا (متر)
-	-	۲/۴ - ۳	۲/۳ - ۳	۲/۳ - ۳	۲/۳ - ۳	عرض فضا (فضای کاری یک کاربر) (متر)
-	-	۳/۶ - ۴/۵	۳/۵ - ۴/۵	۳/۵ - ۴/۵	۳/۵ - ۴/۵	عرض فضا (فضای کاری دو کاربر) (متر)
۲۰ - ۴۰	۱۲ - ۲۴	۱۲ - ۱۳	۱۴ - ۱۷	از ۱۴	۱۴ - ۱۵	عمق ساختمان (متر)
۳/۷۵ - ۴/۵	۳/۵ - ۵	۲/۷۵ - ۳	۳/۲۵ - ۳/۵	۳/۵ - ۳/۷۵	حداقل ۳/۷۵	ارتفاع سقف از کف (متر)
حداقل ۳	حداقل ۳	حداقل ۲/۵	۲/۷۵ - ۳	حداقل ۳	حداقل ۳	ارتفاع طبقات (متر)
-	-	۳۳	۲۳ - ۲۶	-	۲۳ - ۳۳	زیربنای ناخالص برای هر فضای کاری (کاربر فردی) (مترمربع)
۲۶/۵	۲۶ - ۲۸	تقریباً ۲۲/۵	۲۰ - ۲۴	۱۴ - ۱۶	۲۰ - ۲۸	زیربنای ناخالص برای هر فضای کاری (حالت استاندارد) (مترمربع)
۲۰ - ۱۰۰	۸ - ۲۵	۱/۵ - ۲	۱/۵ - ۲	۱/۵ - ۲	بسته به کانسبت	تعداد کارمندان در یک فضا
۴۰۰ - ۱۶۰۰	۱۰۰ - ۴۰۰	-	-	-	-	زیربنای خالص هر دفتر (مترمربع)
تقریباً ۲۰/۵	تقریباً ۱۲	۱۸ - ۲۸	تقریباً ۱۴	تقریباً ۱۴	تقریباً از ۲۰	زیربنای ناخالص برای هر فضای کاری (مترمربع)

جدول شماره ۱۱: ویژگی‌های فضایی گونه‌های مختلف دفاتر اداری (بر اساس اطلاعات 2005, Eisele)

به منظور بررسی اعتبار برآورد انجام شده برای زیربنای مورد نیاز ساختمان اداری نسل جدید، این زیربنا از سه روش دیگر و بر اساس اطلاعات و ضوابط «انجمن مدیریت تسهیلات آلمان»^۳، «مدیریت املاک و مستغلات جونز لانگ لاسیل»^۴ و همچنین «مرکز اطلاعات مخارج ساختمان جامعه معماری آلمان»^۵ محاسبه شده است. قابل ذکر است داده‌های مربوط به سرانه فضایی در ضوابط مرکز اطلاعات مخارج ساختمان جامعه معماری آلمان بر اساس میانگین زیربنای تخصیص

انجمن مدیریت تسهیلات آلمان برآورد شده است. بر اساس این برنامه فیزیکی، زیربنای مورد نیاز بدون پارکینگ ۲۷۷۵ مترمربع و کل فضای مورد نیاز ۳۵۶۳ مترمربع می‌باشد.

۵.۱.۴. مدیریت املاک و مستغلات جونز لانگ لاسیل

سومین روش محاسبه زیربنای مورد نیاز فضاهای مختلف این ساختمان اداری بر اساس اطلاعات مدیریت املاک و مستغلات جونز لانگ لاسیل (۲۰۰۷) انجام شده است. بر اساس این روش، زیربنایی معادل ۳۵۸۰ مترمربع بدون پارکینگ و زیربنای کل ۴۳۶۸ مترمربع برای این ساختمان اداری مورد نیاز خواهد بود.

بخش‌های اداری بر اساس DIN 277			سهم تخصیص فضا بر اساس مرکز اطلاعات مخارج ساختمان جامعه معماری آلمان برای ۴۷/۲۱ مترمربع به ازای فرد (درصد)		زیربنای کل (مترمربع)
زیربنای ناخالص خارجی	زیربنای فضاهای کاربردی	زیربنای فضاهای داخلی	دفتر اداری		
			فضاهای جانبی دفتر اداری	۶۴/۹ درصد	۳۳۴۲/۱
			فضاهای درجه سه		
			فضاهای جانبی خدمات اصلی	۵/۴ درصد	۲۷۸
			فضاهای جانبی خدماتی	۳ درصد	۱۰۷
زیربنای ناخالص کل	زیربنای ناخالص کل بدون زیربنای پارکینگ	زیربنای ناخالص کل	فضاهای دسترسی	۱۸/۱ درصد	۹۳۲
			مساحت اشغال دیوارهای خارجی و جداکننده	۱۱/۶ درصد	۵۹۷
زیربنای ناخالص خارجی کل			۵۱۵۰		
زیربنای ناخالص کل بدون زیربنای پارکینگ			۴۳۶۲		

جدول شماره ۱۵: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس مرکز اطلاعات مخارج ساختمان جامعه معماری آلمان

۵.۲. برنامه فیزیکی بر اساس ضوابط کشور ایران

برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید و برآورد نیازهای فضایی این ساختمان بر اساس ضوابط و مقررات ایران نیز انجام شده است. این ضوابط که از سوی «سازمان برنامه و بودجه ایران»^۹ تدوین شده‌اند، نیازهای فضایی مورد نیاز برای هر کارمند را بر اساس سمت سازمانی وی، مشخص می‌نمایند.

جدول شماره ۱۶، برنامه فیزیکی فضاهای ساختمان اداری نسل جدید را بر اساس ضوابط و مقررات ایران نشان می‌دهد. بر اساس این برنامه فیزیکی، زیربنای مورد نیاز این ساختمان اداری ۲۲۲۷ مترمربع و مساحت مورد نیاز برای پارکینگ ۱۳۶۰ مترمربع می‌باشد.

۵.۲.۱. پارکینگ اتومبیل

بر اساس ضوابط مربوط به نیازهای فضایی ساختمان‌های اداری که توسط سازمان برنامه و بودجه سابق تعیین گردیده‌اند، برای ساختمان‌های اداری به ازای هر ۱۰ تا ۱۵ نفر کارمند، یک پارکینگ مورد نیاز است. بر اساس این ضوابط، ساختمان اداری نسل جدید که برای ۱۲۰ کارمند طراحی می‌گردد، بایستی حدود ۱۰ پارکینگ داشته باشد که این تعداد پارکینگ برای شرایط فعلی در ایران، منطقی به نظر نمی‌رسد و این تعداد پارکینگ و در نتیجه زیربنایی که برای آن مورد نیاز

زیربنای خالص (مترمربع)	فضاهای دسترسی افقی (%)	سطح زیربنای کل (مترمربع)	فضاهای دسترسی عمودی (%)	کل زیربنای ناخالص خارجی (مترمربع)
۱۱۰۴/۱۲	۱۵ - ۳۰	۱۳۸۰/۱۵		
۱۲۶/۶	۲۵	۱۵۸/۲۵		
۱۸۳	۲۵	۲۲۸/۷۵		
۱۳۶۷	۲۰	۱۶۴۰/۴۰		
زیربنای کل (بدون فضاهای دسترسی عمودی)				۳۵۷۸
				۳ - ۵
				۳۴۰۷/۵۵

جدول شماره ۱۶: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط ایران

۵.۱.۵. مرکز اطلاعات مخارج ساختمان جامعه معماری آلمان

چهارمین روش محاسبه سطوح مورد نیاز فضاهای ساختمان اداری نسل جدید بر مبنای سرانه‌های مرکز اطلاعات مخارج ساختمان جامعه معماری آلمان انجام شده است. با استفاده از اطلاعات این مرکز می‌توان میانگین فضای مورد نیاز یک فضای کاری یا کارمند را تعیین کرد. در این برنامه فیزیکی، زیربنای ساختمان اداری نسل جدید بر اساس میانگین زیربنای تخصیص یافته به یک

فضاهایی با درجه اهمیت سوم (اتاق کنفرانس، نمازخانه، سالن غذاخوری، اتاق استراحت کارکنان، آبدارخانه و پارکینگ)؛ بر اساس ضوابط اجرای ساختمان‌های آلمان محاسبه شده است. فضای مورد نیاز برای روسای درجه دو و یا معاونان این ساختمان اداری، بر اساس زیربنای پیشنهادی این ضوابط برای روسای بخش‌ها و به اندازه ۳۰ مترمربع در نظر گرفته شده است. بر اساس محاسبات این برنامه فیزیکی، زیربنای فضاهای اصلی مورد نیاز در این ساختمان اداری ۲۲۱۰ مترمربع می‌باشد. در ضوابط اجرای ساختمان‌های آلمان، ضابطه‌ای برای محاسبه زیربنای فضاهای جانبی عملکردهای اصلی (سرویس‌های بهداشتی، سرایداری و اتاق زیاله)، فضاهای خدماتی (اتاق‌های خدمات فنی و اتاق سرور)، فضاهای دسترسی و عبوری (سالن ورودی، پله‌ها، آسانسور، راهروها و پارکینگ) و همچنین فضایی که دیوارهای خارجی و دیوارهای جداکننده اشغال می‌کنند (۱۰ درصد از فضاهای ناخالص

بخش‌های اداری بر اساس DIN 277				سهم تخصیص فضای اساس انجمن مدیریت تسهیلات آلمان (درصد)	زیربنای کل (مترمربع)
زیربنای ناخالص خارجی	زیربنای ناخالص داخلی	زیربنای فضاهای کاربردی	دفاتر اداری		
			فضاهای جانبی دفاتر اداری	۶۲ درصد	۲۲۰۹
			فضاهای درجه سه		
			فضاهای جانبی خدمات اصلی	۴ درصد	۱۴۳
			فضاهای جانبی خدماتی	۳ درصد	۱۰۷
زیربنای ناخالص خارجی کل	زیربنای ناخالص داخلی کل	زیربنای فضاهای کاربردی کل	فضاهای دسترسی	۲۰ درصد	۱۰۷
			مساحت اشغال دیوارهای خارجی و جداکننده	۱۱ درصد	۳۹۲
زیربنای ناخالص خارجی کل					۳۵۶۳
زیربنای ناخالص کل بدون زیربنای پارکینگ					۲۷۷۵

جدول شماره ۱۳: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس انجمن مدیریت تسهیلات آلمان

ضوابط ساختمانی ایالت نوردراین وستفالن آلمان^۸ انجام شده است. بر اساس این مقررات می‌بایستی به ازای هر ۴۰ مترمربع فضای اداری، یک پارکینگ تامین گردد. با احتساب ۱۶۸۴ مترمربع فضای اداری، برای ساختمان اداری نسل جدید می‌بایستی ۴۲ پارکینگ در نظر گرفته شود. بر اساس این مقررات، ۸۰ درصد از پارکینگ‌ها برای کارکنان و ۲۰ درصد آنها بایستی برای مراجعین طراحی گردد. لذا ۳۴ پارکینگ باید به کارکنان و ۸ پارکینگ به مراجعین اختصاص داده شود. جدول شماره ۱۳، خلاصه‌ای از برنامه‌ریزی فضاها بر اساس ضوابط اجرای ساختمان‌های آلمان را ارائه می‌دهد. بر اساس این جدول، ساختمان اداری نسل جدید زیربنایی معادل ۲۶۹۸ مترمربع برای فضاهای اداری و فضاهای وابسته به آن و ۷۸۸ مترمربع فضای پارکینگ نیاز دارد.

بخش‌های اداری بر اساس DIN 277				زیربنای کل (مترمربع)	زیربنا به ازای هر فضای کاری بر اساس مدیریت املاک و مستغلات چونز لانگ لاسپل (مترمربع به فضای کاری)
زیربنای ناخالص خارجی	زیربنای ناخالص داخلی	زیربنای فضاهای کاربردی	دفاتر اداری	۲۷۰۸	۲۲/۲
			فضاهای جانبی خدمات اصلی		
			فضاهای درجه سه		
			فضاهای جانبی خدمات اصلی	۱۷۱	۱/۴
			فضاهای جانبی خدماتی	۱۳۴	۱/۱
زیربنای ناخالص خارجی کل	زیربنای ناخالص داخلی کل	زیربنای فضاهای کاربردی کل	فضاهای دسترسی	۸۷۸	۷/۲
			مساحت اشغال دیوارهای خارجی و جداکننده	۴۷۶	۳/۹
				۴۳۶۸	
زیربنای ناخالص کل بدون زیربنای پارکینگ				۳۵۸۰	

جدول شماره ۱۴: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس مدیریت املاک و مستغلات جونز لانگ لاسیل

۵.۱.۳. انجمن مدیریت تسهیلات آلمان

دومین برنامه‌ریزی فیزیکی برای تعیین زیربنای مورد نیاز فضاهای مختلف اداری، بر اساس ضوابط انجمن مدیریت تسهیلات آلمان انجام شده است. در این برنامه‌ریزی فیزیکی نیز، همچون اولین روش انجام برنامه فیزیکی، فضاهای اصلی مورد استفاده بر اساس ضوابط اجرای ساختمان‌های آلمان تعیین شده‌اند. اندازه فضاهای دیگر نیز بر اساس درصدهای ارائه شده ازسوی

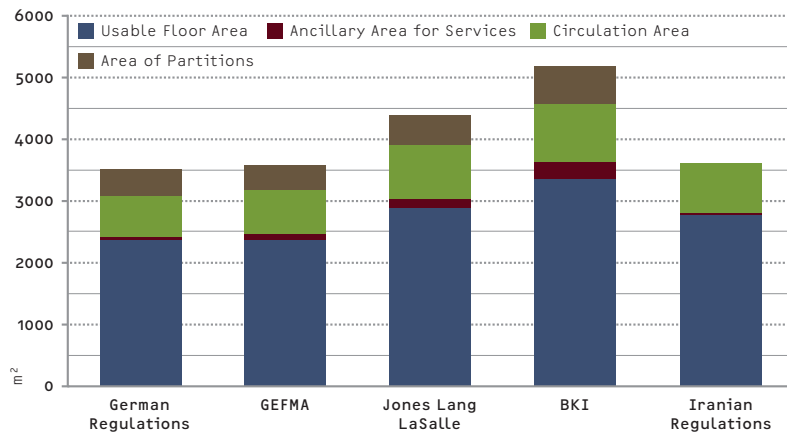
داخلی) وجود ندارد. بنابراین زیربنای مورد نیاز این کاربری‌ها بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده و با استفاده از مراجع مختلف محاسبه شده است.

۵.۱.۲. پارکینگ اتومبیل

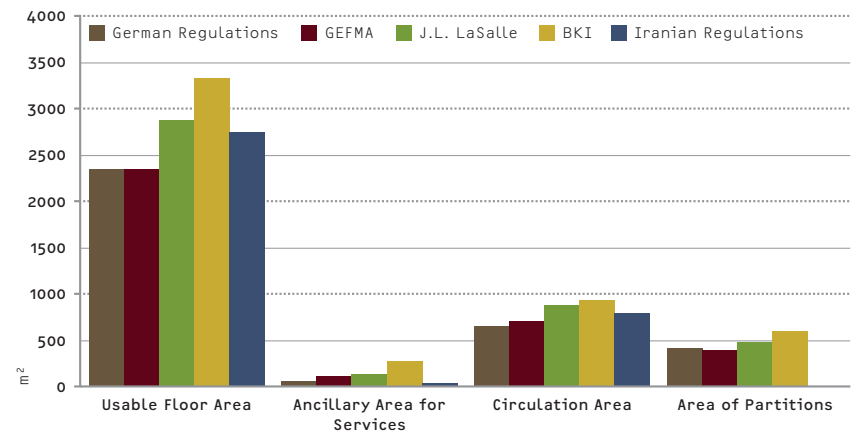
برآورد انجام شده در مورد تعداد پارکینگ‌ها و نیز فضای عبوری مورد نیاز پارکینگ، بر اساس

ساختمان اداری نسل جدید دارای اتاق‌ها و فضاهای مختلفی به شرح زیر می‌باشد:

- دفتر فردی مدیریتی
- دفتر فردی کارمندان
- دفتر گروهی کارمندان
- اتاق‌های جلسات
- سالن کنفرانس
- سالن ورودی و پذیرش
- فضاهای دسترسی (راهروها، راه‌پله‌ها، آسانسور و غیره)
- سالن کامپیوتر و اتاق سرور
- اتاق کپی
- بوفه
- آبدارخانه
- اتاق استراحت کارکنان
- کتابخانه
- سرایداری
- بایگانی و انبار اسناد
- نمازخانه
- سرویس‌های بهداشتی (زنانه، مردانه و معلولین)
- انبار
- اتاق تاسیسات و فضاهای خدمات فنی
- اتاق زباله
- پارکینگ



تصویر شماره ۸۷: نیازهای فضایی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط مختلف



تصویر شماره ۸۶: زیربنای بخش‌های مختلف ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط مختلف

۶- Guidelines for the Realization of Federal Building (RBBau)

۷- BauO NRW (North-Rhine Westphalia)

۹- سازمان برنامه و بودجه ایران از تیرماه سال ۱۳۷۹ با سازمان امور اداری و استخدامی کشور

ادغام گردیده و از این ادغام، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی تشکیل شده است.

۱- CEEC Code of Measurement for Cost Planning

۲- European Council of Construction Economics

۳- German Facility Management Association

۴- Jones Lang LaSalle Real Estate Consulting Company

۵- Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI)

۵.۳. مقایسه برنامه فیزیکی فضاها بر اساس ضوابط مختلف

که دیوارها اشغال می‌کنند، نشده و شیوه‌ای برای محاسبه آن تعیین نشده است. بر اساس نتایج حاصل از این مقایسه و به دلیل اینکه ضوابط آلمان زیربنای مورد نیاز ساختمان را با جزئیات بیشتری تعیین می‌نماید، ضوابط آلمان برای طراحی ساختمان‌های اداری مناسب‌تر می‌باشد.

جدول شماره ۱۷ و شکل شماره ۸۶، نیازهای فضایی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط و مقررات مختلف را نشان می‌دهند. در شکل شماره ۸۷ نیز، نیازهای فضایی این ساختمان در یک نمودار مقایسه شده‌اند. محاسبات انجام شده برای این برنامه‌های فیزیکی و مقایسه آنها نشان می‌دهد، سرانه فضایی ساختمان‌های اداری موجود، که مبنای برخی از محاسبات انجام شده برای تعیین زیربنای مورد نیاز ساختمان اداری نسل جدید قرار گرفته‌اند، از مقادیری که در

بخش‌های اداری بر اساس DIN 277					زیربنای کل بر اساس ضوابط آلمان (مترمربع)	زیربنای کل بر اساس انجمن مدیریت تسهیلات آلمان (مترمربع)	زیربنای کل بر اساس مدیریت املاک و مستغلات چونز لانگ لاسپیل (مترمربع)	زیربنای کل بر اساس مرکز اطلاعات مخارج ساختمان جامعه معماری آلمان (مترمربع)	زیربنای کل بر اساس ضوابط ایران (مترمربع)
زیربنای ناخالص خارجی	زیربنای فضاهای کاربردی	دفاتر اداری	۷۷۹/۲۵						
			فضاهای جانبی	۲۰۷/۷	۲۲۰۹	۲۷۰۸		۲۵۷۵	
			دفاتر اداری				۳۳۴۲/۱		
		فضاهای درجه سه	۱۲۲۳						
		فضاهای جانبی خدمات اصلی	۱۴۴	۱۴۳	۱۷۱		۱۷۶		
		فضاهای جانبی خدماتی	۶۰	۱۰۷	۱۳۴	۲۷۸	۳۹		
زیربنای ناخالص داخلی	فضاهای دسترسی	۶۵۴	۷۱۳	۸۷۸	۹۳۲	۷۹۷			
		مساحت اشغال دیوارهای خارجی و جداکننده	۴۱۸	۳۹۲	۴۷۶	۵۹۷			
		زیربنای ناخالص خارجی کل	۳۴۸۶	۳۵۶۳	۴۳۶۸	۵۱۵۰	۳۵۸۷		
زیربنای ناخالص کل بدون زیربنای پارکینگ			۲۶۹۸	۲۷۷۵	۳۵۸۰	۴۳۶۲			

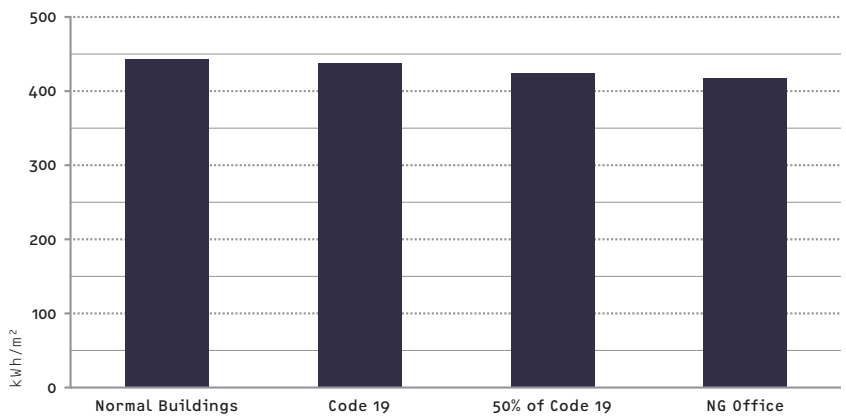
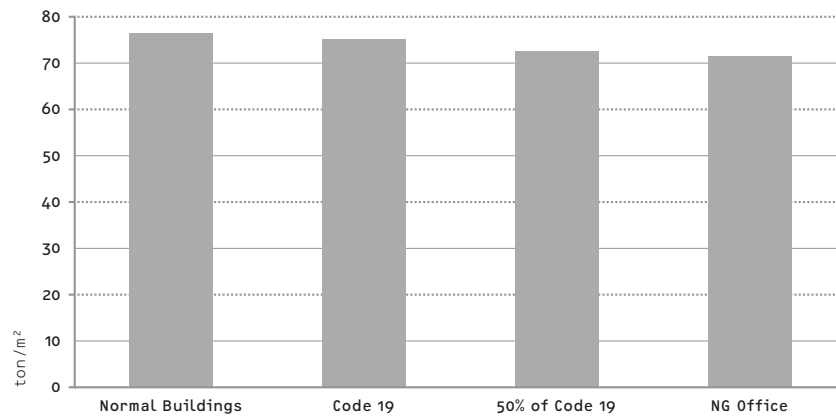
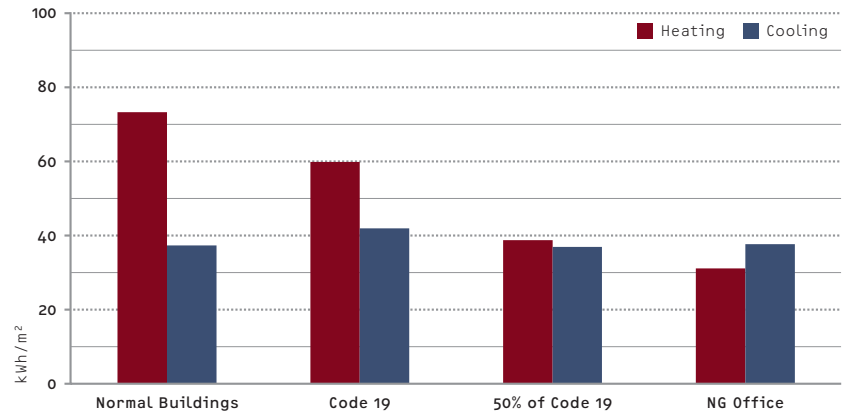
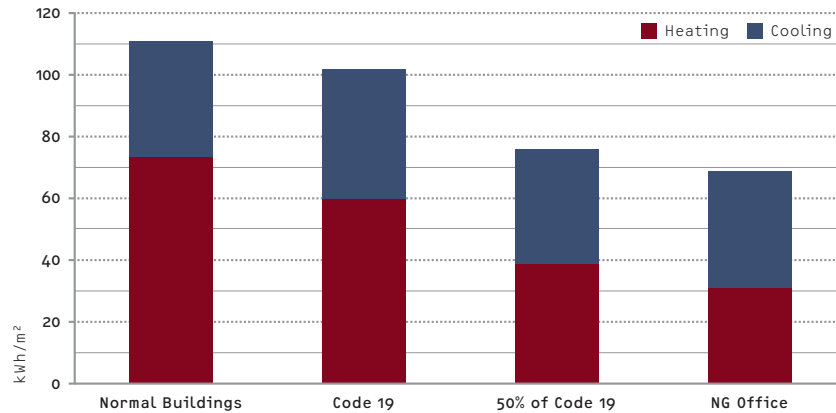
جدول شماره ۱۷: تخصیص فضا و زیربنای بخش‌های مختلف ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط مختلف

ضوابط مختلف تعیین شده است، بیشتر می‌باشد.

این مقایسه همچنین نشان می‌دهد که مجموع نیازهای فضایی ساختمان‌های اداری در ضوابط ایران و آلمان تقریباً مساوی است. هرچند زیربنای پیشنهادی این ضوابط برای پارکینگ کاملاً متفاوت است. همچنین نحوه تخصیص فضا برای بخش‌ها و زیرمملکدهای مختلف، در قوانین آلمان مفصل‌تر و با جزئیات بیشتری تعیین شده است. بطور مثال در ضوابط ایران ذکری از سطحی

▲ مقاومت حرارتی بهینه پوسته حرارتی ساختمان

برای به حداقل رساندن انرژی مورد نیاز ساختمان، علاوه بر ویژگی‌های معماری، برخی ویژگی‌های ساختمانی از جمله مقاومت حرارتی پوسته ساختمان نیز بررسی شده است تا بتوان با توجه به آنها، بهره‌وری انرژی و عملکرد حرارتی این ساختمان را بدون صرف هزینه‌های گزاف افزایش داد. در تحقیق حاضر، صرفه حویی انرژی با عایقکاری حرارتی دیوارهای بیرونی، سقف و کف زمین مورد بررسی قرار گرفته است. مقدار ضریب انتقال حرارتی بهینه برای تمامی اجزای پوسته حرارتی



تصویر شماره ۹۰: اثر ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان بر مجموع مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی
تصویر شماره ۹۱: اثر ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن

تصویر شماره ۸۸: اثر ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان بر مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی
تصویر شماره ۸۹: اثر ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان بر مصرف انرژی اولیه برای گرمایش و سرمایش

نصف مقادیر پیشنهادی مبحث ۱۹ فرض شده است. در حالت چهارم نیز، مقادیر ضریب انتقال حرارتی حتی به کمتر از نصف مقادیر پیشنهاد شده در مبحث ۱۹، کاهش داده شده است. میزان ضریب انتقال حرارتی اجزای مختلف پوسته این ساختمان اداری در چهار حالت مذکور در جدول شماره ۱۸ آمده است. بر اساس شکل شماره ۸۸، درصورتیکه مقاومت حرارتی پوسته ساختمان افزایش یابد، انرژی گرمایشی مورد نیاز کاهش خواهد یافت. با این حال تغییر مقادیر ضریب

ساختمان را می‌توان بر مبنای محاسبه انرژی کل و انرژی اولیه مورد نیاز و تولید گاز دی‌اکسید کربن ساختمان تعیین نمود.

به منظور بررسی تاثیر ضخامت عایق‌های حرارتی بر میزان انرژی گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز ساختمان اداری نسل جدید و نیز تعیین میزان بهینه ضریب انتقال حرارتی پوسته آن، این ساختمان با چهار مقدار متفاوت ضریب انتقال حرارتی شبیه‌سازی شده و میزان انرژی مصرفی آن

دمای هوای داخل یک ساختمان، از جمله عواملی است که بر میزان انرژی گرمایشی و سرمایشی مورد نیاز برای ایجاد شرایط آسایش حرارتی داخل ساختمان اثرگذار است.

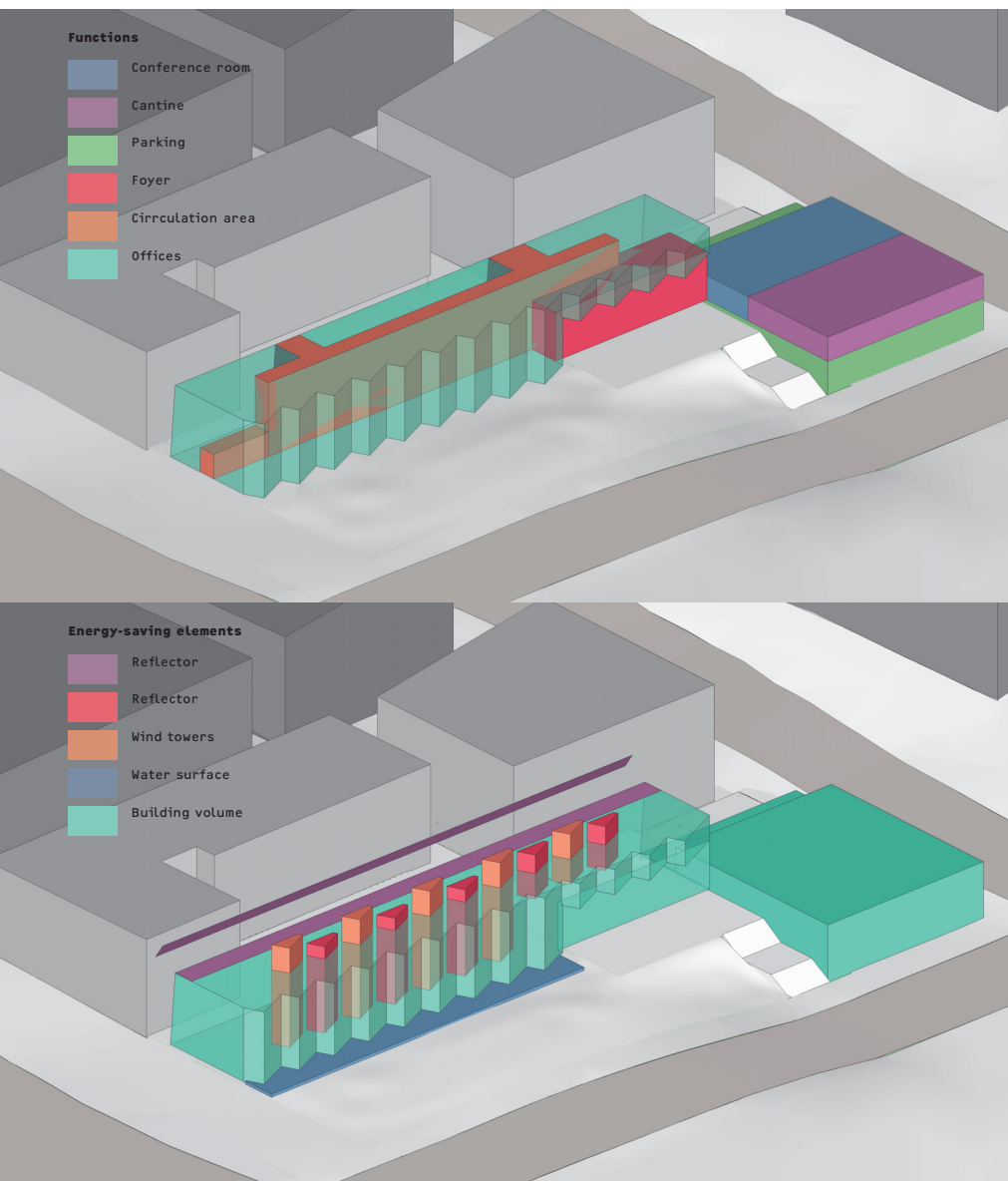
آسایش حرارتی در ساختمان‌های اداری از مسائل بسیار مهم است، چراکه تاثیر قابل توجهی بر رضایت افراد از محیط کار و بازدهی شغلی کارکنان دارد. از آنجاکه دمای داخلی ساختمان، عاملی کلیدی برای ایجاد آسایش حرارتی و تعیین مقدار انرژی مورد نیاز برای سرمایش و گرمایش ساختمان است، بنابراین برخی از مهمترین استانداردهای مطرح در مورد آسایش حرارتی (ازجمله استانداردهای *ASHRAE*، *ISO 7730* و *CIBSE*) با توجه به شرایط آب و هوایی و نیز اجتماعی و فرهنگی در ایران مورد بازبینی قرار گرفته‌اند تا به کمک آنها بتوان محدوده دمایی مناسبی برای زمستان و تابستان، برای ساختمان اداری نسل جدید، تعیین نمود. بر اساس این بررسی دمای موثر در تمامی ساختمان‌های اداری در این اقلیم می‌بایستی در زمستان بالاتر از ۲۱ درجه سانتیگراد و در تابستان پایین‌تر از ۲۶ درجه سانتیگراد باشد. در صورتیکه طراحی برای اقلیمی با رطوبت نسبی بیشتری انجام شود، شرایط آسایش حرارتی تابستانی بایستی پایین‌تر از ۲۶ درجه سانتیگراد باشد. همچنین محدوده آسایش حرارتی در فضاهایی با کاربری و فعالیت‌های مختلف، متفاوت است.

ضریب انتقال حرارتی	ضرایب ساختمان‌های موجود	ضرایب پیشنهادی میحت ۱۹ مقررات ملی	نصف ضرایب پیشنهادی میحت ۱۹ مقررات ملی	ضرایب ساختمان اداری نسل جدید
دیوارهای خارجی	۱/۸	۱/۶۱	۰/۸۱	۰/۲۵
درپ‌های خارجی	-	۵/۱۱	۲/۵۶	-
کف مجاور خاک	۲	۱/۴	۰/۷۰	۰/۳۴
کف مرتبط با هوا	-	۰/۸۰	۰/۴۰	-
سقف	۱/۲	۰/۸۰	۰/۴۰	۰/۳۳
پنجره‌ها	۵/۷۸	۴/۹۶	۲/۴۸	۲/۴۸
عناصر مجاور فضاهای کنترل نشده	-	۱/۰۲	۰/۵۱	۰/۵۱

جدول شماره ۱۸: ضریب انتقال حرارتی اجزای مختلف پوسته حرارتی در ساختمان‌های اداری مورد بررسی

ساختمان اداری نسل جدید دارای اسکلت بتن آرمه با دیوارهای برشی و مقاوم در برابر زلزله است. پی، ستون‌ها، تیرها و دال‌های این ساختمان همچون دیوارهای برشی از جنس بتن می‌باشند که در محل ساختمان اجرا می‌گردند. دیوارهای خارجی و داخلی ساختمان با استفاده از مصالح سبک ساخته شده‌اند، چراکه دیوارهای با مصالح سبک نسبت به دیوارهای با مصالح بنایی سنگین، که عموماً در ساختمان‌های ایران استفاده می‌شوند، مزایای بیشتری دارند. استفاده از مصالح سبک در ساختمان باعث کاهش وزن ساختمان و هزینه‌های مربوطه و همچنین امکان تعمیرات ساده‌تر و نیز دوام بیشتر ساختمان می‌شود. دیوارهای خارجی ساختمان اداری نسل جدید از سمت بیرون با تخته‌های سیمانی و از سمت داخل با تخته‌های گچی پوشانده می‌شوند و عایق حرارتی در میان این دو لایه قرار می‌گیرد. پوشال، که یک محصول کم استفاده و یا بی‌استفاده کشاورزی است، به عنوان عایق حرارتی در ساختمان اداری نسل جدید به کار می‌رود. پوشال ماده‌ای طبیعی، غیر سمی و قابل بازیافت است و انرژی محتوی بسیار کمی دارد.

برای تولید پوشال نیاز به صرف انرژی نیست و میزان نشر دی‌اکسید کربن و هزینه‌های تولید آن نیز در مقایسه با دیگر عایق‌های مرسوم، بسیار کمتر می‌باشد. همچنین این ماده قابل بازیافت بوده و اگر به عنوان مصالح ساختمانی بکار رود، می‌توان آنرا یک مصالح ساختمانی پایدار محسوب کرد. از همه مهمتر، این ماده در مناطق کشاورزی اطراف شهرهایی همچون شهر جدید هشتگرد نیز یافت می‌شود. بنابراین انرژی و منابع مالی مورد نیاز برای انتقال این ماده به سایت احداث ساختمان بسیار پایین است. پوشال به عنوان یک ماده عایق، نه تنها ضرری برای محیط زیست ندارد، بلکه از نظر هزینه نیز بسیار مقرون به صرفه است. با این حال قابلیت انتقال گرما در پوشال بستگی به چگالی آن دارد و عموماً این ماده ضریب هدایت حرارتی بیشتری نسبت به عایق‌های مرسوم دارد. هرچند ضریب هدایت حرارتی پوشال از عایق‌ها متداول خیلی بیشتر نیست. همچنین لایه‌های متراکم پوشال به دلیل تراکم پایین اکسیژن در لایه‌های فشرده، نسبت به عایق‌های فومی مقاومت بیشتری در برابر احتراق دارند.



تصویر شماره ۹۲: فضاهای مختلف ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۹۳: عناصر مرتبط با بهره‌وری انرژی در ساختمان اداری نسل جدید

در پروسه طراحی ساختمان اداری نسل جدید، گزینه‌های مختلف طراحی، بررسی شدند و طرح انگاره‌های اولیه مورد ارزیابی قرار گرفتند تا مناسب‌ترین طرح انتخاب شود. طراحی اولیه این ساختمان بر اساس نتایج تحلیل‌های مختلف، تحقیقات نظری و برنامه‌ریزی فیزیکی فضاها بنا گردید. سپس طرح اولیه از جنبه‌های مختلف، از جمله بهره‌وری انرژی، مورد ارزیابی قرار گرفته و در پایان طرح نهایی توسعه یافت.

در تصویر شماره ۹۲، کاربری‌های عمده مختلف در این ساختمان نشان داده شده است. بر اساس این شکل، این ساختمان شامل دو حجم اصلی است. بخش غربی ساختمان، که دارای حجمی باریک و بلند است، قسمت اداری ساختمان بوده و در بخش شرقی، فضاهای نیمه عمومی مانند پارکینگ، سالن غذاخوری و سالن کنفرانس جایابی شده‌اند. پارکینگ ماشین‌ها در پایین‌ترین قسمت ساختمان واقع شده است که نسبت به طبقات دیگر، زیرزمین ساختمان محسوب می‌شود. ولی در سطح خیابان شرقی واقع شده و می‌توان از خیابان شرقی بدون نیاز به رمپ وارد آن شد. محل قرارگیری پارکینگ بگونه‌ای انتخاب شده که این کاربری در عمیق‌ترین جای سایت قرار گرفته است، بگونه‌ای که نیاز به کمترین خاکبرداری وجود داشته و نه تنها این بخش از ساختمان به عنوان سکویی برای ارتفاع گرفتن کاربری‌های اصلی دیگر بکار رفته، بلکه برای ورود راحت ماشین‌ها، این بخش از ساختمان همسطح خیابانی است که ورودی پارکینگ در آن قرار می‌گیرد. همچنین کاربری‌های عمومی‌تر همچون سالن کنفرانس و سالن غذاخوری نیز بر روی پارکینگ و در طبقه همکف این بخش طراحی شده‌اند تا دسترسی به آنها برای عموم و نیز برای کاربران دیگر ساختمان‌های اداری مجموعه اداری مجاور به سادگی امکان پذیر باشد.

در شکل شماره ۹۳، حجم ساختمان به همراه عناصری که برای بهره‌وری انرژی در ساختمان اداری نسل جدید بکار رفته‌اند نشان داده شده است. این عناصر شامل بازتابنده‌های خورشیدی، پنجره‌های سقفی عمودی، بادگیرها و سطوح آبی، که برای سرمایش تبخیری بکار رفته‌اند، می‌باشند.

انتقال حرارتی، تأثیرات متفاوتی بر میزان نیاز به انرژی سرمایشی خواهد داشت. کاهش ضرایب انتقال حرارتی پوسته ساختمان از میزان ضرایب ساختمان‌های اداری موجود به مقادیر ضریب انتقال حرارتی پیشنهادی مبحث ۱۹ مقررات ملی، باعث افزایش نیاز به انرژی سرمایشی می‌گردد. کاهش مقدار ضرایب انتقال حرارتی پیشنهادی مبحث ۱۹ به نصف آنها، باعث کاهش نیاز به انرژی سرمایشی خواهد شد. همچنین کاهش مجدد ضرایب انتقال حرارتی پوسته ساختمان به کمتر از نصف میزان پیشنهادی مبحث ۱۹، باعث افزایش نیاز به انرژی سرمایشی خواهد شد. بر اساس این بررسی، افزایش میزان مقاومت حرارتی پوسته ساختمان، همیشه باعث کاهش نیاز به انرژی گرمایشی می‌گردد ولی تأثیر این افزایش بر میزان نیاز به انرژی سرمایشی، کاملاً متفاوت بوده و تابعی خطی نیست.

دلیل این امر این است که هرچه مقدار ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان کمتر باشد، میزان اتلاف انرژی از طریق رسانایی از پوسته حرارتی ساختمان کاهش می‌یابد و این امر کاهش نیاز به انرژی گرمایشی را به دنبال خواهد داشت. ولی اتلاف کمتر انرژی، همیشه اثر مثبتی بر میزان نیاز به انرژی سرمایشی نخواهد داشت. دلیل این امر این است که کاهش اتلاف انرژی در دوره سرمایش همیشه اثر ثابت و مثبتی بر کاهش نیاز به انرژی سرمایشی ندارد. اتلاف انرژی از طریق پوسته حرارتی تنها در صورتی نیاز به انرژی سرمایشی را افزایش می‌دهد که دمای هوای خارج، بالاتر از دمای داخل باشد. اما اگر دمای هوای خارج در محدوده شرایط آسایش حرارتی و یا پایین‌تر از آن باشد، اتلاف انرژی از طریق پوسته حرارتی باعث کاهش نیاز به انرژی سرمایشی می‌شود، چراکه در این حالت جریان حرکت گرما از داخل به خارج ساختمان است و این امر باعث می‌گردد بخشی از گرمای اضافی فضا از طریق پوسته حرارتی خارج شده و نیاز به انرژی سرمایشی، برای کاهش دمای هوای داخل، کمتر گردد.

اگرچه افزایش مقاومت حرارتی پوسته ساختمان‌های اداری در برخی شرایط نیاز به انرژی سرمایشی را افزایش می‌دهد، ولی هرچه مقاومت حرارتی پوسته ساختمان اداری نسل جدید بیشتر باشد، مجموع نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان کاهش خواهد یافت. همچنین افزایش مقاومت حرارتی پوسته ساختمان‌های اداری در اقلیم منطقه شهر تهران باعث کاهش نیاز به انرژی اولیه و همچنین کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن توسط ساختمان‌ها می‌گردد. بنابراین برای ساختمان اداری نسل جدید از پوسته حرارتی با حداقل ضریب انتقال حرارتی استفاده خواهد شد که در نمودارها با عنوان پوسته حرارتی ساختمان اداری نسل جدید نامیده شده است.

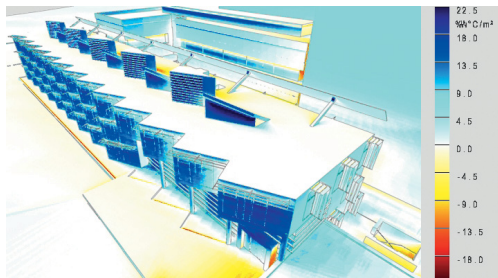
نور گذر، بایستی حداکثر جذب خورشیدی را در دوره گرمایش و حداقل جذب خورشیدی را در دوره سرمایش داشته باشند. میزان تابش خورشیدی که سطوح مختلف ساختمان در زمان‌های مختلف روز و سال دریافت می‌کنند، به جهت‌گیری هر سطح و نیز سایه‌اندازی محیط طبیعی و مصنوع اطراف آن بر روی این سطوح بستگی دارد. فرم و ترکیب حجمی یک مجموعه شهری و یا واحد همسایگی، تعیین کننده میزان دریافت خورشیدی ساختمان‌های این مجموعه، در فصل گرمایش و سرمایش، می‌باشد. دلیل این امر این است که فرم و ترکیب حجمی مجموعه‌های شهری، تعیین کننده مساحت و جهت سطوح خارجی ساختمان‌ها، سایه‌اندازی و میزان و زمان سایه‌اندازی بخش‌هایی از این مجموعه بر سطوح خارجی ساختمان‌های آن و یا عدم سایه‌اندازی سطوح می‌باشد.

در مجموعه اداری با کاربری مختلط، که در گوشه جنوب غربی مجموعه شهرهای جوان واقع شده است، فرم‌های مختلف شهری برای ساخت ساختمان اداری نسل جدید و دیگر ساختمان‌های اداری مورد ارزیابی قرار گرفت تا میزان و زمان تابش انرژی خورشیدی، که در فصول مختلف سال توسط سطوح خارجی ساختمان‌های این مجموعه دریافت می‌شود، ارزیابی گردد. علاوه بر شدت تابش خورشید بر سطوح خارجی این مجموعه ساختمانی در طول سال، اثر همزمان مقدار

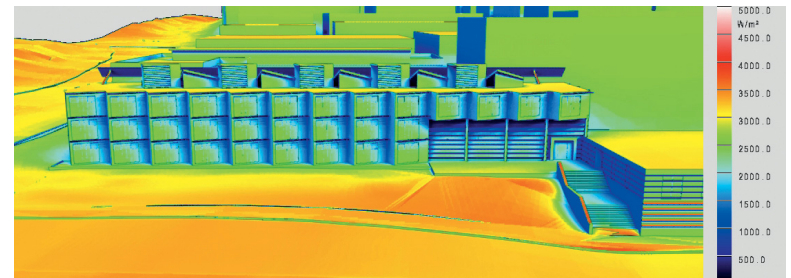
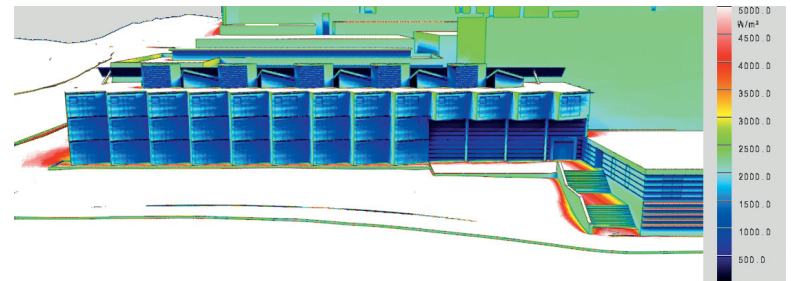
مثبت و تابش خورشید در زمان با دمای بالاتر از محدوده آسایش، به عنوان عاملی منفی ایفای نقش می‌کند. همچنین پایین بودن دما در دوره گرمایش نقشی مثبت و بالا بودن دما در دوره سرمایش نقشی منفی در محاسبه این عامل ایفا می‌نماید. این بدان معناست که در دوره گرمایش، هر چه میزان تابش خورشید بالاتر و دمای هوا پایین‌تر باشد، عامل محاسبه شده درجه مفید بودن بیشتری دارد. برعکس این موضوع در دوره سرمایش رخ می‌دهد؛ بطوریکه در این دوره، هرچه میزان تابش خورشید بیشتر و دمای هوا بیشتر باشد، این عامل درجه منفی بودن بیشتری خواهد داشت.

پس از محاسبه و نمایش تصویری این عامل بر روی سطوح خارجی ترکیب‌های شهری مختلف برای این مجموعه، بهترین گزینه از نظر میزان انرژی خورشیدی دریافتی در دوره سرمایش و گرمایش انتخاب گردید. سپس فرم شهری این مجموعه ساختمانی مورد ارزیابی مجدد قرار گرفته و بگونه‌ای بصورت نهایی طراحی گردید که پوسته ساختمان بالاترین مقدار انرژی خورشیدی را در زمستان و کمترین مقدار را در تابستان دریافت کند.

از آنجاکه تحلیل فرم شهری یک مجموعه شهری و یا واحد همسایگی برای یافتن فرم بهینه شهری یک مجموعه، بخشی از پروسه طراحی برای افزایش بهره‌وری انرژی است، این امر هزینه‌های



تصویر شماره ۹۸ و ۹۹: نقش مثبت و یا منفی سطوح خارجی ساختمان اداری نسل جدید با توجه به اثر همزمان تابش خورشید و دمای هوا



تصویر شماره ۹۶: میزان تابش خورشید بر سطوح خارجی ساختمان اداری نسل جدید در زمستان
تصویر شماره ۹۷: میزان تابش خورشید بر سطوح خارجی ساختمان اداری نسل جدید در تابستان

اجرای ساختمان را افزایش نمی‌دهد، چراکه برای انجام این کار به مصالح یا تکنولوژی بیشتری نیاز نمی‌باشد. با کاهش مصرف انرژی و در نتیجه هزینه‌های انرژی حاصل از یک فرم شهری بهینه، هزینه‌های طول عمر ساختمان کاهش می‌یابد.

انرژی تابشی خورشید و دمای هوا (*SolarChVision*) بر سطوح خارجی ساختمان‌های این واحد همسایگی نیز محاسبه و بررسی شده است.

مشخصه حاصل از ترکیب میزان تابش خورشید و دمای هوا در یک زمان، نمایانگر نقطه ضعف و یا قوت هر سطح از نظر میزان تابش خورشید در دوره سرمایش و گرمایش است. در محاسبه این عامل، میزان تابش خورشید در زمان‌های با دمای پایین‌تر از محدوده آسایش به عنوان مشخصه‌ای

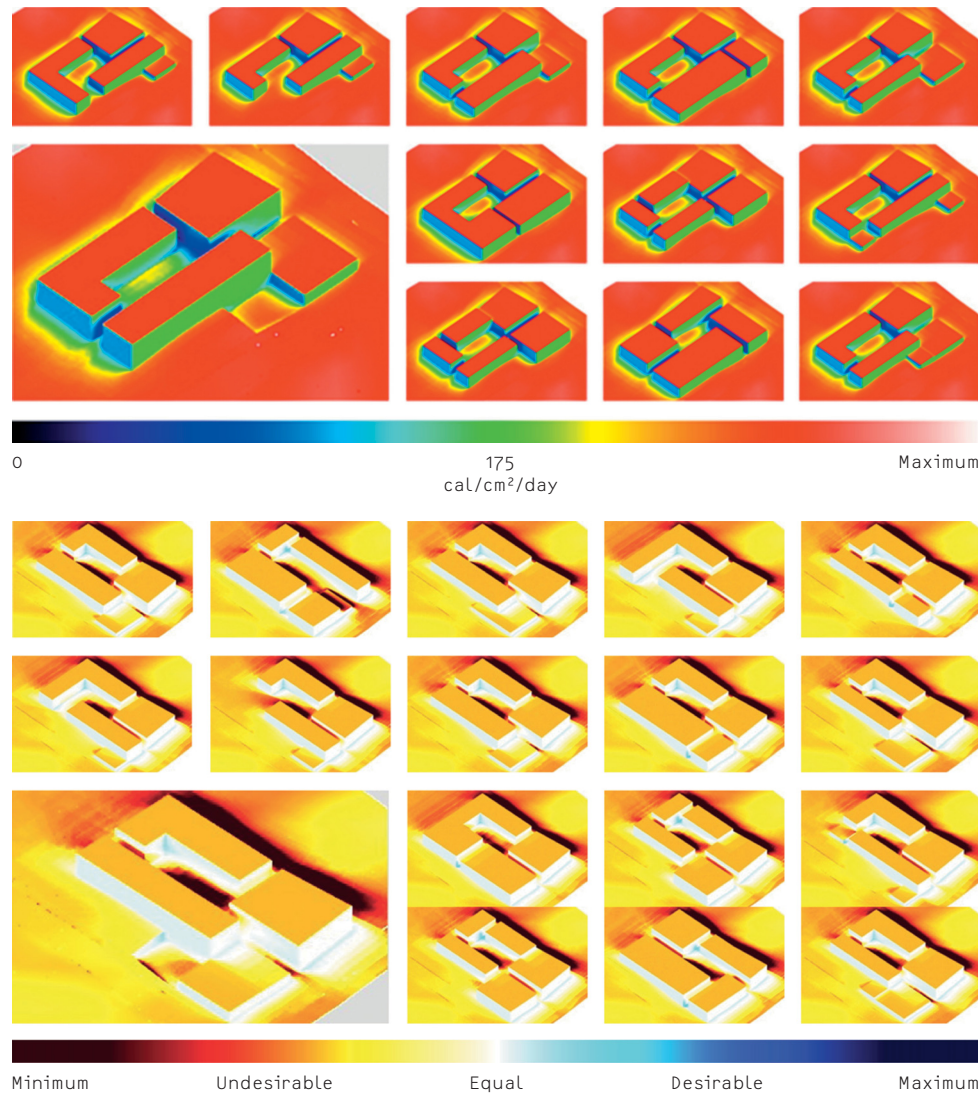
«مساحت بهینه پنجره‌ها در جهات مختلف» برای ایجاد توازن بهینه در جذب حرارت در تابستان و زمستان و تامین نور مناسب برای به حداقل رساندن میزان نیاز به انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی

به موازات این راهکارها، چند ایده دیگر نیز در جهت پایداری این ساختمان، در طراحی ساختمان اداری نسل جدید بکار رفته است. غالب این ایده‌ها برای کاهش مصرف انرژی ساختمان اداری نسل جدید و دستیابی به پایداری زیست محیطی، در طراحی این ساختمان استفاده شده است. ایده‌های مختلف ساختمان اداری نسل جدید، ایده‌هایی بدیع و نوآورانه بوده و از ویژگی‌های منحصر به فرد این پروژه آزمایشی است. این ایده‌ها برای طراحی ساختمانی پایدار از جنبه زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی- فرهنگی بکار رفته‌اند. برخی از این ایده‌ها عبارتند از:

- فرم شهری بهینه
- فرم بهینه ساختمان
- سایبان‌های ثابت نوآورانه
- تهویه طبیعی
- بازتابنده‌های خورشیدی
- سیستم تهویه مکانیکی با بازیافت حرارت
- بام سبز
- معماری نیمه شفاف

۱۰.۱. فرم شهری بهینه

محیط طبیعی و محیط مصنوع اطراف ساختمان، بر تعادل حرارتی ساختمان اثر می‌گذارند. ویژگی‌های طبیعی و مصنوع یک محیط، همچون فضاهای سبز و سطوح آبی، توپوگرافی، ساختمان‌های مجاور و غیره، یک خرد اقلیم ایجاد می‌نمایند که نه تنها بر ویژگی‌های مرتبط با انرژی ساختمان، بلکه بر وضعیت آسایش حرارتی داخل و خارج ساختمان اثر می‌گذارد. علاوه بر اثر محیط طبیعی و مصنوع خرد اقلیم، ساختمان‌ها و رفتار مرتبط با انرژی آنها متأثر از تابش خورشید و همچنین جهت و سرعت وزش باد می‌باشد، هرچند تابش خورشید اثرگذارترین عامل بر رفتار انرژی یک ساختمان یا مجموعه شهری می‌باشد. ساختمان‌ها در یک مجموعه شهری، از یک طرف در زمان‌های مختلف روز و سال می‌توانند بر یکدیگر سایه بیفکنند و از طرف دیگر



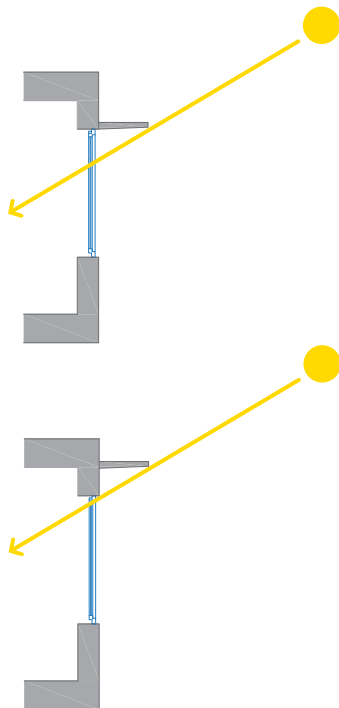
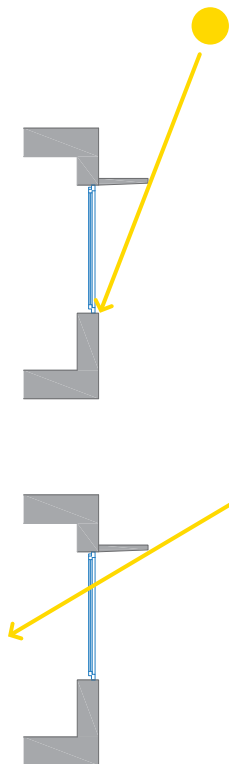
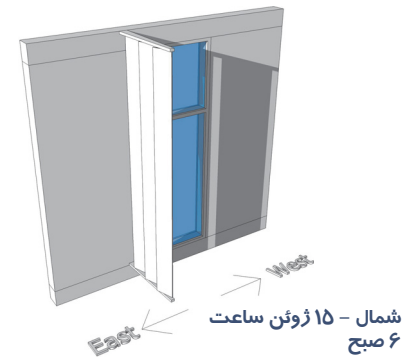
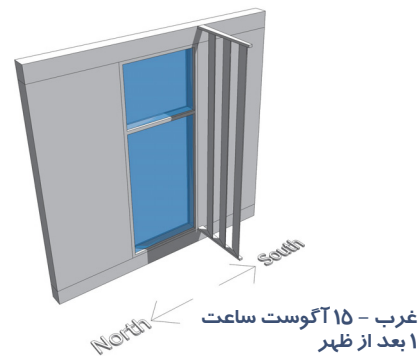
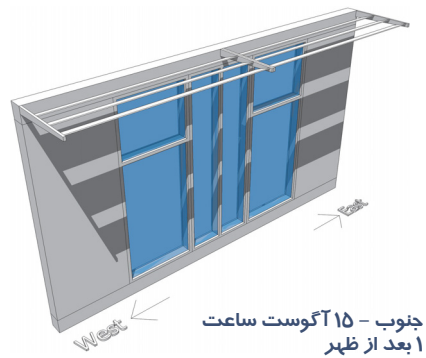
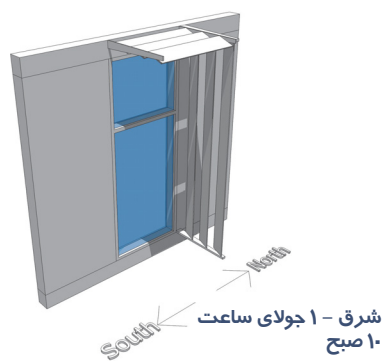
تصویر شماره ۹۴: میزان تابش سالانه خورشید بر سطوح بیرونی ساختمان‌های با فرم‌های شهری مختلف
تصویر شماره ۹۵: ویژگی سطوح بیرونی ساختمان‌های با فرم‌های شهری مختلف از نظر میزان دریافت انرژی خورشید در دوره گرمایش و سرمایش

می‌توانند تابش خورشید را نیز منعکس کنند. این ویژگی‌ها، بویژه سایه‌اندازی ساختمان‌ها بر روی یکدیگر، یکی از عوامل کلیدی در تعادل انرژی ساختمان‌ها است. به علاوه ویژگی‌های معماری مرتبط با برنامه ریزی و طراحی شهری یک ساختمان، همچون جهت‌گیری، کشیدگی، ارتفاع ساختمان، فرم کلی پلان و غیره، از موثرترین عوامل در یک طراحی انرژی‌کارا هستند.

به منظور کاهش نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی، پوسته حرارتی ساختمان، بویژه بخش‌های

نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده بر روی بهره‌وری انرژی با معماری انرژی‌کارا برای ساختمان‌های اداری، که در فصل دو ارائه شد، در طراحی ساختمان اداری نسل جدید به کار می‌رود. دو مورد اصلی از این راهکارها عبارتند از:

«جهت‌گیری بهینه ساختمان» برای دریافت حداکثر حرارت خورشیدی در زمستان و حداقل حرارت خورشید در تابستان



تصویر شماره ۱۰۲: کاهش دریافت انرژی تابشی خورشید در فصل گرمایش توسط سایبان افقی
تصویر شماره ۱۰۳: فاصله سایبان‌های افقی با لبه پنجره برای جلوگیری از کاهش دریافت انرژی تابشی خورشید در دوره گرمایش

تصویر شماره ۱۰۰: سایبان‌های ثابت جبهه‌های چهارگانه ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۱۰۱: سایبان‌های ثابت بر روی نمای شمالی ساختمان اداری نسل جدید

به تابش، مانع عبور اشعه‌های خورشید و برخورد آنها به پنجره‌ها می‌گردند. همچنین با توجه به زمان استفاده از این ساختمان اداری و زوایای تابش خورشید به جبهه‌های مختلف ساختمان، این سایبان‌ها بسته به جهات اصلی ساختمان، بصورت ترکیبی از بخش‌های افقی و عمودی طراحی شده‌اند.

در طراحی یک ساختمان، نه تنها لازم است فرم شهری مجموعه‌ای که ساختمان در آن قرار می‌گیرد، از لحاظ مقدار انرژی خورشیدی که سطوح خارجی آن در دوره گرمایش و سرمایش دریافت می‌کنند، بهینه گردد؛ بلکه لازم است تا فرم خود ساختمان نیز بگونه‌ای طراحی شود که سطوح خارجی و بویژه سطوح شفاف آن در دوره گرمایش، بیشترین انرژی خورشیدی و در طول دوره سرمایش، کمترین انرژی خورشیدی را دریافت کنند.

شکل‌های شماره ۹۶ و ۹۷، تابش خورشید بر روی سطوح ساختمان را به ترتیب در زمستان و تابستان نشان می‌دهند. شکل ساختمان اداری نسل جدید، با توجه به جهت سایت و زوایای تابش خورشید در تابستان و زمستان بهینه شده است. جهت سایت ساختمان اداری نسل جدید کاملاً جنوبی نیست و ۱۵ درجه به سمت غرب انحراف دارد. این جهت‌گیری از نظر میزان مصرف انرژی، یک جهت‌گیری نامناسب، بویژه برای ساختمان‌های اداری، است. ولی با توجه به اینکه به دلیل محدودیت‌های طراحی شهری، این ساختمان و ساختمان‌های مجاور آن نمی‌توانند به سمت جنوب چرخانده شوند، می‌بایستی پوسته ساختمان، بویژه جبهه جنوبی ساختمان، به عنوان مهمترین جبهه مرتبط با دریافت انرژی تابشی، بگونه‌ای طراحی گردد که از نظر میزان دریافت تابش خورشید در دوره سرمایش و گرمایش بهینه باشد. بنابراین نمای جنوبی این ساختمان، ۳۰ درجه از جهت اولیه به سمت شرق چرخانده شده است، بطوریکه در نهایت نمای ساختمان دارای جهت جنوبی با ۱۵ درجه انحراف به سمت شرق شده است. این جهت‌گیری برای اقلیمی با نیاز به گرمایش بالا و بویژه برای یک ساختمان اداری، که بخش عمده زمان اشغال آن در نیمه اول روز است، جهتی بهینه می‌باشد. فضاهای واقع در جبهه جنوبی این ساختمان اداری، که همگی دفاتر کاری هستند، در دوره گرمایش و بویژه قبل از ظهر، میزان زیادی دریافت انرژی تابشی دارند که منجر به کاهش عمده انرژی گرمایشی ساختمان می‌گردد. میزان انرژی تابیده شده به سطوح خارجی این فضاها در تابستان نیز اندک بوده که بخش عمده این تابش نیز توسط سایبان‌های ثابت و متحرک مهار می‌گردد. این چرخش هرچند منجر به ایجاد شکستگی در نما گردیده و این امر میزان اتلاف انرژی ساختمان را افزایش می‌دهد، ولی به دلیل اثر مثبت بسیار بیشتر این چرخش، مصرف انرژی ساختمان با این چرخش، به میزان عمده‌ای کاهش خواهد یافت. شکستگی‌های نمای جنوبی ساختمان همچنین منجر به سایه‌اندازی این نما بر روی بخش‌هایی از این نما، که در مجاورت شکستگی‌ها قرار دارند، می‌گردد و در صورتیکه پنجره‌ها در این بخش و با

بصورت خیلی محدود از پنجره‌ها وارد ساختمان می‌گردد. همانگونه که تحلیل‌های مربوط به میزان دریافت انرژی تابشی خورشید در زمان‌های مختلف سال در شکل‌های شماره ۹۶ تا ۹۹ نشان می‌دهد، نمای جنوبی ساختمان با چرخشی اندک به سمت شرق، از نظر میزان تابش انرژی خورشیدی در زمان‌های مختلف، جهت‌گیری بسیار مناسبی خواهد بود. بعلاوه اینکه پنجره‌ها نیز در مناسب‌ترین محل در این نما قرار می‌گیرند.

۱۰۳. سایبان‌های ثابت نوآورانه

انرژی سرمایشی برای جبران گرمای حاصل از جذب گرما از منابع داخلی و از منابع خارجی بکار می‌رود. بنابراین سایبان‌ها، با کاهش میزان جذب انرژی تابشی خورشید، به عنوان بزرگترین منبع جذب حرارت در ساختمان‌ها، کاربرد بسیار موثری در کاهش نیاز به انرژی سرمایشی در اقلیم‌های با تابستان‌های گرم دارند. سایبان‌های ثابت، ابزاری ساده و ارزان قیمت بوده که عملکرد سرمایشی آن‌ها وابسته به تنظیم آنها توسط کاربران نیست. با این حال این عنصر ساختمانی می‌تواند گرمای دریافتی از تابش خورشید در زمستان، که سبب کاهش نیاز به انرژی گرمایشی می‌شود، را نیز کاهش دهد. لذا سایبان بهینه، سایبانی است که میزان جذب خورشید را در طول دوره سرمایش به حداقل ممکن کاهش داده ولی میزان جذب خورشیدی را در دوره گرمایش تا حد ممکن کاهش ندهد. با توجه به مسیر متفاوت حرکت خورشید در زمستان و تابستان و زوایای متفاوت خورشید در زمان‌های مختلف سال و روز، طراحی چنین سایبانی، حتی اگر متحرک نبوده و بر حسب نیاز و یا عدم نیاز به انرژی تابشی خورشید در زمان‌های مختلف قابل تنظیم نباشد، امکان پذیر است. سایبان‌ها، بویژه سایبان‌های افقی که برای پنجره‌های جنوبی ساختمان اداری نسل جدید طراحی شده‌اند، اگر در طول دوره سرمایش، بیشترین سایه و در طول دوره گرمایش، کمترین سایه را بر روی پنجره‌ها ایجاد کنند، نیاز به انرژی کل ساختمان را به نحو موثری کاهش خواهند داد.

سایبان‌هایی که از سطوح غیر قابل نفوذ خورشید ساخته می‌شوند، بویژه اگر در لبه پنجره قرار گیرند، در زمستان نیز بر روی پنجره سایه‌اندازی خواهند کرد. در صورتیکه سایبان‌های ثابت افقی و عمودی برای جبهه‌های مختلف درست انتخاب شده باشند و عمق آنها نیز بر اساس عرض جغرافیایی محل و ارتفاع پنجره (برای سایبان‌های افقی) و یا عرض پنجره (برای سایبان‌های عمودی) تعیین شده باشند، بازهم در دوره گرمایش بر روی پنجره‌ها سایه انداخته، دریافت

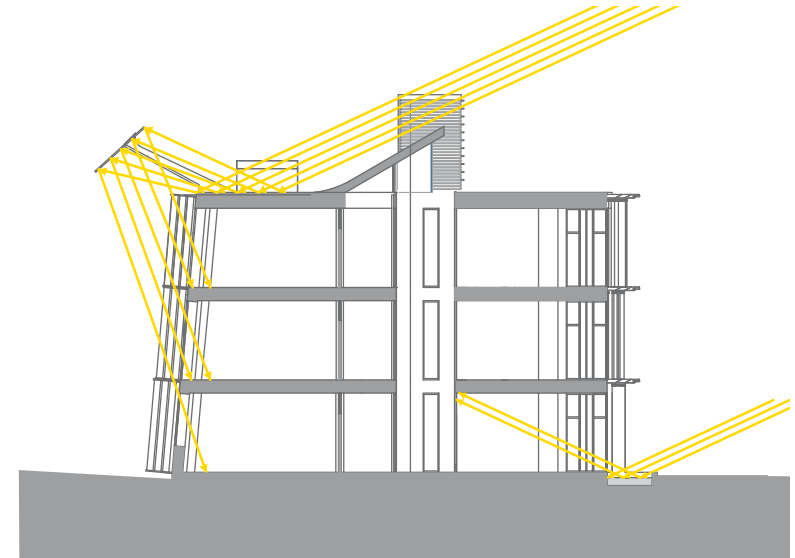
انرژی تابشی را کاهش می‌دهند. بدین دلیل، سایبان‌ها می‌بایستی با فاصله‌ای، که بر اساس عوامل مختلف بصورت دقیق قابل تعیین می‌باشد، از لبه پنجره تعبیه گردند و یا بگونه‌ای طراحی شوند که باعث کاهش دریافت انرژی تابشی خورشید در زمستان نگردند. سایبان‌های ساختمان اداری نسل جدید از سطوح غیرقابل نفوذ خورشید طراحی نشده‌اند بلکه از پره‌هایی با زوایایی طراحی شده‌اند، که تابش خورشید را در زمان‌های نیاز به تابش، عبور داده و در زمان عدم نیاز

بر روی محور سطوح ایجاد شده (وسط دفاتر اداری) قرار گیرند، این امر منجر به کاهش دریافت انرژی خورشیدی این فضاها در زمستان می‌گردد. به این دلیل و به منظور حذف این اثر منفی، پنجره‌ها از بخش سایه‌گیر نما فاصله گرفته و در بخش غربی این سطوح جایابی شده‌اند تا در سایه حاصل از شکستگی‌های نمای جنوبی قرار نگیرند. در نتیجه بواسطه فرم نهایی این نما و محل قرار گیری سطوح شفاف آن، انرژی خورشیدی در زمستان به اندازه کافی و در تابستان

رطوبت نسبی کم در اقلیم شهر جدید هشتگرد، ورود هوای تازه با رطوبت نسبی بیشتر، به افزایش کیفیت هوای داخل فضاها و مطبوع شدن آن کمک می‌نماید. بنابراین، این برج‌های بادی باعث کاهش موثر نیاز به انرژی سرمایشی ساختمان میشوند.

۱۰.۵. بازتابنده‌های خورشیدی

استفاده از بازتابنده‌های خورشیدی به عنوان یک روش غیرفعال گرمایش می‌تواند با دریافت تابش خورشید از طریق پنجره‌های واقع در جبهه شمالی ساختمان، باعث کاهش میزان نیاز به انرژی گرمایشی به میزان قابل توجهی شود. از نظر تامین انرژی، نمای شمالی ساختمان مهمترین قسمت ساختمان محسوب می‌شود؛ چراکه انرژی حرارتی دریافتی از خورشید از طریق سطوح نورگذر این جبهه در طول دوره گرمایش بسیار اندک است. در فصل زمستان خورشید به جبهه شمالی ساختمان نمی‌تابد و لذا دریافت انرژی تابشی از طریق این پنجره‌ها تنها از طریق تابش پراکنده خورشید و در نتیجه بسیار اندک است. این درحالی است که میزان اتلاف انرژی از طریق پنجره‌های این جبهه بسیار زیاد است. اگر انرژی تابشی خورشید، که در برخی از اقلیم‌ها و از جمله اقلیم شهر جدید هشتگرد بسیار زیاد است، بر روی نمای شمالی ساختمان منعکس گردد،



تصویر شماره ۱۰۶: محل قرارگیری و زاویه بازتابنده‌های خورشیدی در ساختمان اداری نسل جدید

تصویر شماره ۱۰۷: دید نمای شمالی و بازتابنده خورشیدی این جبهه

بازتابنده‌ها بتوانند انرژی تابشی خورشید را فقط در فصل زمستان و نه در تابستان، بر روی نمای شمالی ساختمان منعکس کنند. بنابراین موقعیت و زاویه بازتابنده‌های خورشیدی باید بر این اساس تعیین گردند.

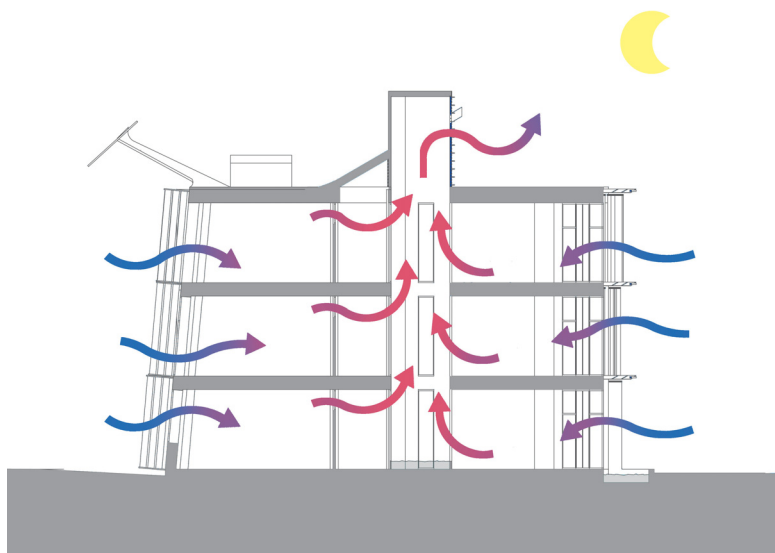
اتاق‌های شمالی نیز می‌توانند انرژی تابشی خورشید را از طریق اشعه‌های مستقیم خورشید دریافت کنند. استفاده از این راه حل می‌تواند مصرف انرژی مورد نیاز برای گرمایش ساختمان را به نحو قابل توجهی کاهش دهد. بازتابنده‌های خورشیدی سطوحی با میزان بازتابندگی زیاد همچون ورق‌های فلزی صیغلی از قبیل استیل و یا آلومینیومی می‌باشند که می‌توانند انرژی تابشی خورشید را منعکس کنند. محل و زاویه بازتابنده‌های خورشیدی بایستی بگونه‌ای باشد که این

در مصالح پوسته ساختمان می‌تواند منجر به ایجاد خساراتی در پوسته ساختمان و ایجاد مشکلات مربوط به سلامتی افراد، بویژه در اقلیم‌های مرطوب، گردد.

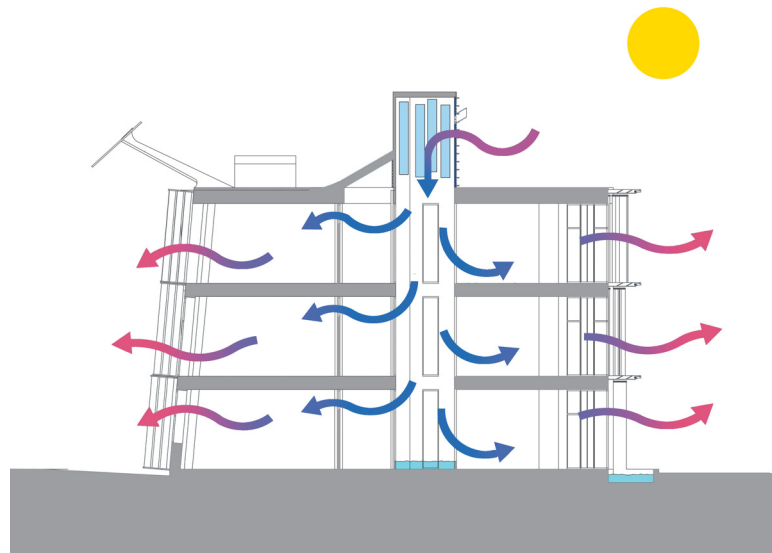
در ساختمان اداری نسل جدید، تهویه طبیعی به دو شکل، از طریق پنجره‌ها و از طریق بادگیرها، انجام می‌گیرد. به دلیل اینکه در تهویه طبیعی از طریق بازشوهای جداره‌ها، تهویه طبیعی دوطرفه نسبت به تهویه طبیعی یک‌طرفه موثرتر است، در این ساختمان از تهویه طبیعی دو طرفه استفاده گردیده است؛ بطوریکه با طراحی بازشوهایی در بالای راهروی وسط این ساختمان، امکان ورود باد از جبهه جنوبی ساختمان، عبور از بازشوهای بالای راهرو و خروج از پنجره‌های جبهه شمالی فراهم گردیده است.

در این ساختمان همچنین از تهویه طبیعی در ترکیب با سرمایش تبخیری با شیوه‌ای نوآورانه برای تامین بخش عمده‌ای از نیاز به انرژی سرمایشی استفاده شده است. در این روش از تهویه طبیعی، از بادگیرهایی استفاده گردیده که از وزش باد در ارتفاع بالاتر از ارتفاع ساختمان برای ورود هوای تازه به داخل ساختمان استفاده می‌نمایند. جهت بازشوهای این بادگیرها در جهت وزش باد مطبوع شهر جدید هشتگرد در تابستان قرار دارد. در داخل ساختمان، این بادگیرها با راهروی وسط ساختمان در هر سه طبقه و با فضاهای اداری جبهه جنوبی ساختمان ارتباط

تهویه طبیعی می‌تواند با دفع گرمای اضافی داخل فضاها، نیاز به انرژی سرمایشی را کاهش داده و با ورود و تامین هوای تازه مورد نیاز استفاده کنندگان بنا، شرایط سالم‌تری در فضاهای داخلی ایجاد کند. در فرایند تهویه طبیعی، اختلاف فشار طبیعی بین هوای داخل و خارج منجر به جریان هوای خارج به داخل و خروج هوا داخل به خارج و تعویض هوای داخل و خارج می‌گردد. این اختلاف فشار می‌تواند یا ناشی از جریان باد و یا تفاوت دمای بین داخل و خارج ساختمان باشد. تهویه طبیعی در ساختمان‌ها بصورت کلی شامل دو نوع تهویه ایجاد شده توسط باد و تهویه طبیعی ناشی از اثر دودکشی می‌باشد. تهویه طبیعی می‌تواند نیاز به انرژی سرمایشی ساختمان‌ها را به شکل موثری کاهش دهد. با این حال اگر تهویه در زمان‌های مناسبی صورت نگیرد، می‌تواند به افزایش نیاز به انرژی گرمایشی و حتی انرژی سرمایشی منجر گردد. کاهش نیاز به انرژی سرمایشی با استفاده از تهویه طبیعی، روشی بسیار ساده و اقتصادی برای بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها محسوب می‌شود و نیاز به مصالح و یا ابزار خاصی ندارد. تهویه طبیعی باعث تامین هوای تازه و مطلوب مورد نیاز ساکنین ساختمان شده و به صرفه‌جویی انرژی و همچنین کاهش ظرفیت سیستم سرمایشی ساختمان کمک می‌نماید. بنابراین استفاده از تهویه



تصویر شماره ۱۰۵: سرمایش شبانه از طریق پنجره‌ها و بادگیرها در شب‌های تابستان



تصویر شماره ۱۰۴: ترکیب تهویه طبیعی با سرمایش تبخیری با استفاده از بادگیرها در روزهای تابستان

دارند و می‌توانند هوا تازه خنک شده را به داخل این فضاها هدایت کنند. برای موثرتر کردن اثر سرمایش با تهویه طبیعی، نه تنها در پایین‌ترین نقطه بادگیر، در کف طبقه همکف از حوضچه‌های آب استفاده شده است، بلکه در قسمت بالایی این بادگیرها، پره‌های پارچه‌ای مرطوب به صورت تیغه‌ای تعبیه شده است که با عبور هوا از بین آنها، دمای هوا به دلیل تبخیر از طریق این پره‌ها کاهش یافته و هوا با دمای کمتری وارد ساختمان می‌گردد. همچنین به دلیل

طبیعی کارآمد در ساختمان‌ها می‌تواند هزینه‌های سرمایه‌گذاری و جاری ساختمان برای انرژی مصرفی را کاهش دهد. همچنین تهویه طبیعی می‌تواند مخارجی را، که برای تعمیر و نگهداری دستگاه‌های تهویه مکانیکی هزینه می‌گردد، کاهش دهد. علاوه بر این، تهویه طبیعی باعث خروج هوای مرطوب داخل فضاها و جایگزینی آن با هوای تازه با رطوبت کمتری شده و بدین ترتیب مانع نفوذ رطوبت به پوسته ساختمان می‌گردد. نفوذ رطوبت و باقی ماندن این رطوبت

استفاده از بام سبز در ساختمان می‌تواند تأثیرات نامطلوب حرارتی را، بویژه در تابستان، کاهش داده، دوام و ماندگاری بام را افزایش دهد. سطوح افقی در تابستان به دلیل زاویه ارتفاع زیاد خورشید، نسبت به سطوح عمودی میزان انرژی تابشی بسیار بیشتری دریافت می‌کنند. تابش جذب شده توسط بام به گرما تبدیل شده، دمای سطح خارجی بام را به شدت افزایش می‌دهد. بخشی از حرارت سطح بیرونی بام از طریق رسانایی از سقف به داخل ساختمان نفوذ کرده و این گرما از سطح داخلی بام بصورت تابشی و یا جابجایی وارد فضاها شده، باعث افزایش دمای هوا و دمای تابشی فضا می‌گردد. این امر نه تنها مصرف انرژی سرمایشی ساختمان را به شدت افزایش می‌دهد، بلکه سطح آسایش حرارتی را نیز، به دلیل تابش گرما از سطح سقف بر افراد، کاهش می‌دهد. به این دلایل سقف ساختمان‌ها از نظر حرارتی، بویژه در تابستان، می‌تواند نقشی منفی در تعادل حرارتی ساختمان‌ها ایفا کند. افزایش دمای سطح سقف در طول روز و کاهش دمای این سطح در طول شب، همچنین باعث تغییر مداوم دمای سطح بام شده و دوام سقف، بویژه



تصویر شماره ۱۱۱: سقف سبز بخش شرقی ساختمان اداری نسل جدید

برگ‌های آنها نیز مقاومت حرارتی سقف را تا اندازه‌ای افزایش می‌دهند که این امر، هم برای دوره سرمایش و هم برای دوره گرمایش سودمند خواهد بود. بنابراین سقف‌های سبز از نظر حرارتی می‌توانند نقش بسیار مفیدی ایفا نمایند. البته سقف‌های سبز در اقلیم‌های با رطوبت نسبی پایین و بارش کم، نیاز به آبیاری دارند که اگر این آبیاری توسط آب آشامیدنی انجام شود، استفاده از سقف سبز می‌تواند از نظر اقتصادی و زیست محیطی مقرون به صرفه نباشد.

برخی از مزیت‌های استفاده از بام‌های سبز عبارتند از:

- کاهش مصرف انرژی، بویژه انرژی سرمایشی
- کاهش بار سرمایشی
- دوام بیشتر بام
- بهبود کیفیت هوا
- بهبود در خرد اقلیم
- افزایش کیفیت بصری محیط و ایجاد محیطی مطلوب
- امکان کنترل و کاهش شدت حرکت روان آب‌ها در زمان بارش باران
- کمک به جمع‌آوری آب باران برای آبیاری سقف سبز یا به منظور استفاده برای سرمایش تبخیری
- کاهش دود و گرد و غبار
- کاهش اثر جزیره حرارتی در مناطق شهری

بلوک شرقی ساختمان اداری نسل جدید، محل قرارگیری سالن غذاخوری و سالن کنفرانس، دارای بام سبز است. نقش غالب این بام سبز حفاظت این سقف از تابش مستقیم خورشید در تابستان و نیز جلوگیری از انعکاس اشعه‌های تابیده شده به این سقف به داخل فضاهای جبهه جنوبی و شرقی این ساختمان اداری است. کاربرد این سقف سبز باعث کاهش مصرف انرژی سرمایشی و نیز کاهش ظرفیت سیستم سرمایشی می‌شود. همچنین کاشت گل و گیاه به همراه ضخامت خاک بکار رفته برای آن، باعث افزایش مقاومت حرارتی بام و کاهش نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی ساختمان خواهد شد و نیز دوام بام را افزایش خواهد داد. این بام سبز در تابستان می‌تواند به عنوان محلی برای استراحت کارمندان و فضای تفریح استفاده گردد.

نسبت به ساختمان‌های رایج، هزینه سرمایه‌گذاری برای ساختمان‌های با بام سبز بالاتر است. با این حال بام‌های سبز قابلیت کاهش هزینه‌های انرژی و هزینه سرمایه‌گذاری برای سیستم

سرمایشی را داشته و هزینه‌های تعمیرات سقف در یک بازه زمانی طولانی را نیز کاهش می‌دهند. با ایجاد فضای سبز در سقف ساختمان، ارزش ساختمان نیز افزایش می‌یابد. ولی بایستی تحقیقات بیشتری در رابطه با بهره‌روی اقتصادی ساخت این بام‌ها و زمان بازگشت سرمایه آنها در شرایط اقتصادی ایران انجام شود. همچنین لازم است گیاهانی مناسب برای سقف‌های سبز، برای شرایط جوی شهر جدید هشتگرد تعیین گردند.

دمای مصالح سطح خارجی سقف، را کاهش می‌دهد.

گیاهان بام سبز مانع از دریافت مستقیم تابش توسط سطح بام می‌شوند، بخشی از تابش خورشید را جذب و بخشی از آنرا منعکس می‌نمایند. همچنین بام سبز به واسطه تبخیر، دمای سطح بام را در تابستان کاهش می‌دهد و این‌ها عواملی هستند که مانع از افزایش عمده دمای سطح بام در تابستان می‌گردند. لایه خاکی که برای سقف استفاده می‌گردد، به همراه گیاهان و هوای بین

۱۰.۶. سیستم تهویه مکانیکی با بازیافت حرارت

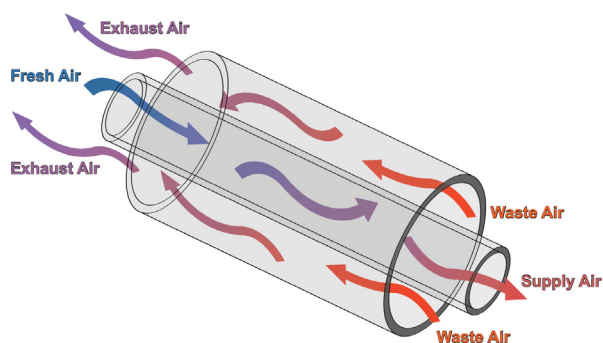
با افزایش میزان تعویض هوا از طریق نفوذ ناخواسته، میزان نیاز به مجموع انرژی گرمایشی و سرمایشی در ساختمان‌های اداری افزایش می‌یابد. افزایش میزان تعویض هوا، میزان انرژی گرمایشی را بشدت و تقریباً بصورت خطی افزایش می‌دهد. این اثر بر انرژی سرمایشی، بسیار کمتر از انرژی گرمایشی بوده و رفتاری متفاوت دارد. اثر تعویض هوای ناخواسته بر میزان انرژی کل ساختمان، بسیار زیاد و اثری با رفتاری نسبتاً خطی است. بنابراین به منظور کاهش میزان مصرف انرژی ساختمان، میزان تعویض هوا در ساختمان‌ها می‌بایستی به حداقل ممکن کاهش یابد. هزینه سرمایه‌گذاری برای ساختمان‌هایی که میزان تعویض هوای پایینی دارند، در مقایسه با ساختمان‌های معمولی، بیشتر است. با این وجود، به دلیل اثر بسیار زیاد هوابندی ساختمان‌ها بر کاهش انرژی مصرفی و در نتیجه بر کاهش هزینه‌های انرژی ساختمان، سرمایه‌گذاری برای کاهش میزان تعویض هوا در ساختمان‌ها و از جمله ساختمان‌های اداری مقرون به صرفه است. اما در ساختمان‌های هوابندی شده، میزان هوای تازه مورد نیاز ساکنین از طریق نفوذ هوا تامین نمی‌گردد و لذا برای تامین کیفیت مورد نیاز هوای داخل ساختمان‌های هوابندی شده، باید از تهویه مکانیکی استفاده کرد. در ساختمان‌های با سیستم تهویه مکانیکی، برای تامین هوای تازه مورد نیاز در زمستان، میزان معینی هوای گرم داخل با همان میزان هوای سرد خارج جایگزین می‌گردد. بنابراین مقدار قابل توجهی انرژی باید صرف گردد تا دمای هوای سرد وارد شده به

خروج هوای خنک داخل و جایگزینی آن با هوای گرم خارج رخ خواهد داد. در این شرایط نیز می‌توان از مبدل حرارتی هوا به هوا برای کاهش اتلاف انرژی و در نتیجه کاهش انرژی سرمایشی استفاده نمود.

با استفاده از سیستم تهویه مکانیکی به همراه یک سیستم بازیافت حرارت در ساختمان‌های هوابندی شده می‌توان اهداف زیر را تامین نمود:

- بازیافت حرارت از هوای خروجی که منجر به صرفه‌جویی انرژی می‌گردد
- تامین هوای تازه برای ساکنین داخل ساختمان
- خروج آلودگی هوا از فضاهایی که سطح آلودگی در آنها بالاست
- کنترل هوای ورودی به ساختمان و جلوگیری از ورود گرد و خاک، آلودگی، بو و غیره به داخل ساختمان

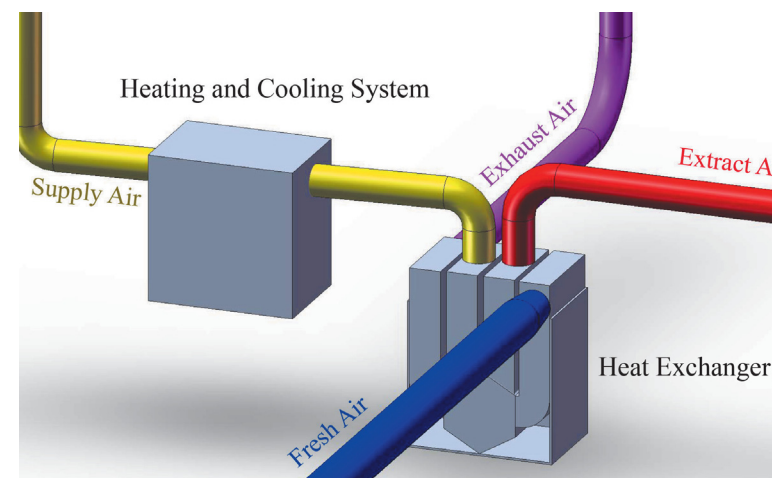
یکی از ویژگی‌های ساختمان اداری نسل جدید، طراحی سیستم تهویه مکانیکی به همراه سیستم بازیافت حرارت برای این ساختمان است. بازیافت حرارت در یک سیستم تهویه مکانیکی به افزایش بهره‌وری انرژی در ساختمان کمک می‌نماید. مبدل حرارتی هوا به هوا، بخش عمده انرژی حرارتی را از هوای گرم خروجی در زمستان و هوای خنک خروجی در تابستان، بازیافت می‌نماید. این امر باعث کاهش عمده اتلاف انرژی از طریق سیستم تهویه مکانیکی خواهد شد. مبدل‌های حرارتی قادر به بازیافت حرارت تا ۹۵ درصد می‌باشند. برای بازیافت حرارت در سیستم تهویه



تصویر شماره ۱۱۰: ساختار لوله در لوله به عنوان یک مبدل حرارتی هوا به هوای کم هزینه برای بازیافت انرژی حرارتی



تصویر شماره ۱۰۹: ایده بازیافت انرژی حرارتی در مبدل حرارتی هوا به هوا



تصویر شماره ۱۰۸: ارتباط کانال‌های هوای خروجی و هوای ورودی به مبدل حرارتی هوا به هوا و سیستم سرمایشی و گرمایشی ساختمان

مکانیکی ساختمان اداری نسل جدید، می‌توان از یک مبدل حرارتی هوا به هوا و یا یک سیستم ساده با فناوری پایین استفاده کرد.

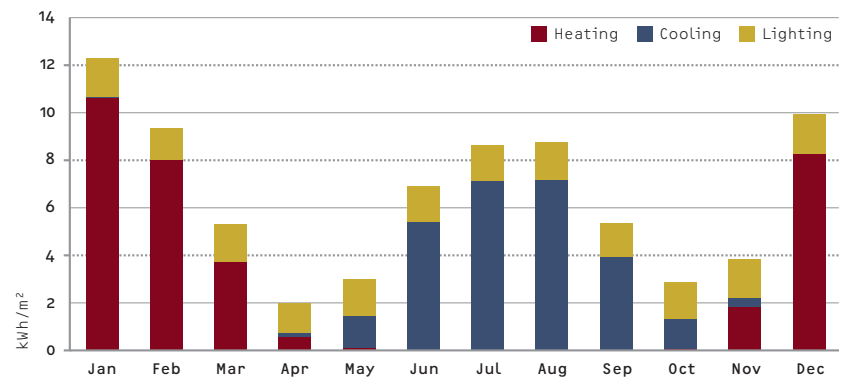
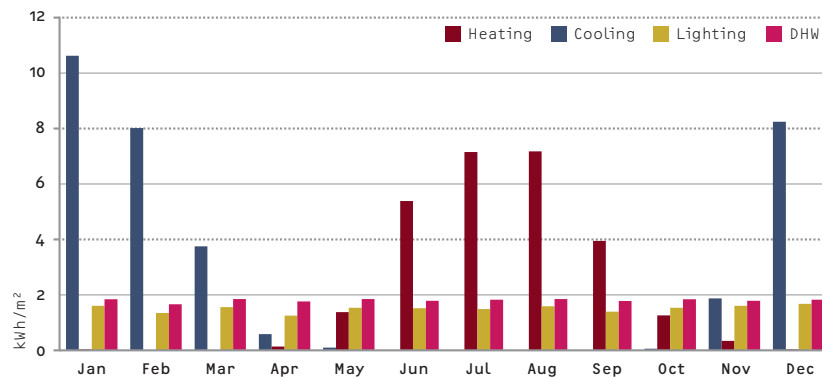
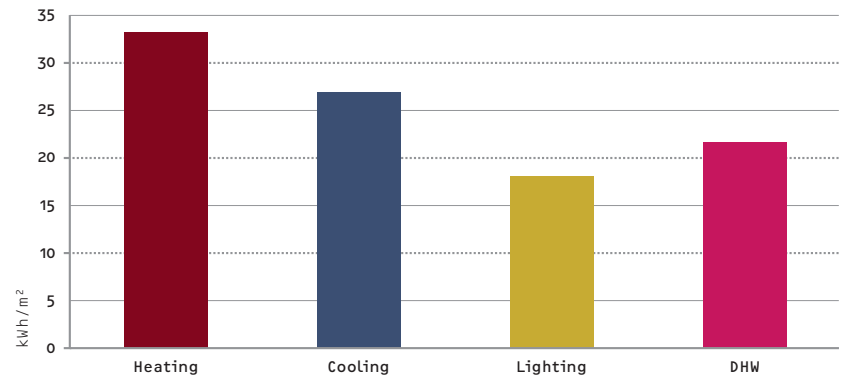
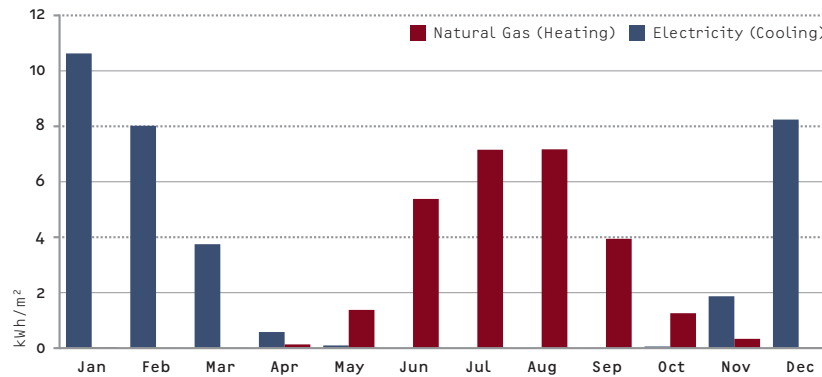
ساختمان را تا دمای هوای داخل افزایش دهد. برای کاهش اتلاف انرژی از طریق خروج هوای گرم داخل و جایگزینی آن با هوای سرد خارج، می‌توان با استفاده از یک مبدل حرارتی هوا به هوا، انرژی حرارتی هوای گرم خروجی را بازیافت نمود. گرمای بازیافت شده از هوای گرم خروجی توسط این مبدل حرارتی می‌تواند برای پیش گرمایش هوای ورودی استفاده گردد. در تابستان نیز، زمانیکه دمای هوای خارج بالاتر از محدوده آسایش حرارتی است، همین اتلاف انرژی با

۱۱. مصرف انرژی ساختمان اداری نسل جدید

•• انرژی روشنایی (برق): ۱۸/۱۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال

•• آب گرم مصرفی (گاز طبیعی): ۲۲ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال

به رغم پایین بودن نسبی ضرایب عملکردی در نظر گرفته شده برای سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی این ساختمان، که اثر مستقیم و قابل توجهی بر مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی خواهند داشت، میزان نیاز به انرژی برای گرمایش، سرمایش و روشنایی در این ساختمان بسیار اندک می‌باشد. مجموع نیاز به انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و آب گرم مصرفی در این ساختمان اداری معادل ۱۰۰/۲۱ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال (۵۵/۲۶ کیلووات ساعت بر مترمربع گاز طبیعی و ۴۴/۹۵ کیلووات ساعت بر مترمربع برق) می‌باشد که تقریباً ۸۰ درصد کمتر از میزان مصرف انرژی ساختمان‌های اداری موجود در ایران است.



تصویر شماره ۱۱۵: نیاز ماهانه به گاز طبیعی و برق در ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۱۱۶: مقایسه نیاز ماهانه انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و آب گرم مصرفی در ساختمان اداری نسل جدید

تصویر شماره ۱۱۳: نیاز سالانه انرژی در ساختمان اداری نسل جدید برای مصارف مختلف
تصویر شماره ۱۱۴: نیاز ماهانه انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی در ساختمان اداری نسل جدید

دلیل کم بودن عمده مصرف انرژی این ساختمان نسبت به ساختمان‌های اداری موجود در ایران، بهره‌وری انرژی با طراحی معماری انرژی‌کارا و نیز ایده‌های مربوط به صرفه‌جویی انرژی در طراحی این ساختمان و نیز مقاومت حرارتی بیشتر پوسته حرارتی این ساختمان نسبت به ساختمان‌های موجود می‌باشد. با توجه به هزینه سرمایه‌گذاری و نیز نیاز به انرژی پایین در ساختمان اداری نسل جدید، که حاصل معماری انرژی‌کارای این ساختمان می‌باشد، این ساختمان

برودت سیستم سرمایشی آن چیلری با ضریب عملکرد ۱/۳۲ می‌باشد.

بر اساس نتایج مدلسازی ساختمان اداری نسل جدید، میزان نیاز و نوع حامل انرژی برای مصارف مختلف این ساختمان اداری به شرح زیر است:

•• انرژی گرمایشی (گاز طبیعی): ۳۳/۲۶ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال

•• انرژی سرمایشی (برق): ۲۶/۸۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال

می‌توانند شرایطی دلپذیر را برای کارمندان، بویژه در شرایط فرهنگی ایران، تامین کنند، دفاتر اداری نه بصورت کاملاً شفاف بلکه بصورت نیمه شفاف طراحی شده‌اند و داخل این دفاتر اداری تنها بصورت غیر مستقیم از داخل راهروی میانی ساختمان قابل دیدن است. معماری رایج در ایران معماری نسبتاً درونگرایی است ولی ساختمان‌های عمومی می‌بایستی معماری خیلی درونگرا و غیرشفافی نداشته باشند، چراکه شفافیت برای ساختمان‌های عمومی همچون ساختمان‌های اداری دارای مزایای اجتماعی- فرهنگی است. ساختمان‌های عمومی می‌بایستی نه تنها برای کارمندان بلکه هم برای کارمندان و هم برای مراجعین طراحی گردند و برای هر دو به عنوان استفاده کنندگان از بنا، فضایی با کیفیت ایجاد نمایند. شفافیت در فضاهای

هدف از شفافیت در معماری ساختمان اداری نسل جدید، افزایش سطح ارتباطات بین کارمندان و مراجعه کنندگان، به منظور افزایش انگیزه و بازدهی شغلی و همچنین افزایش اعتماد کاربران به کارمندان مشغول در این ساختمان می‌باشد. از آنجا که ساختمان اداری نسل جدید به عنوان یک ساختمان اداری، یک ساختمان عمومی است، یکی از معیارهای اصلی طراحی معماری آن، ایجاد محیط داخلی نیمه شفاف می‌باشد. برای دستیابی به ساختمانی با محیطی با شفافیت لازم و با قابلیت ارتباطی بالا بین کارمندان و بین مراجعه کنندگان و کارمندان، می‌توان از دو رویکرد مختلف استفاده نمود. این دو رویکرد عبارتند از استفاده از دیوارهای داخلی شفاف و یا ایجاد



تصویر شماره ۱۱۲: دفاتر اداری نیمه شفاف

داخلی ساختمان‌های عمومی می‌تواند باعث افزایش گستره دید، بویژه بین کارمندان و مراجعین، شود و این امر نه تنها بازدهی شغلی کارمندان را می‌افزاید، بلکه باعث افزایش اعتماد در مراجعه کنندگان خواهد شد. معماری شفاف، نیاز به استفاده از هیچ مصالح و یا تکنیک خاصی ندارد و از اینرو هزینه اضافی چندانی نیز در پی نخواهد داشت.

فضاهایی نیمه عمومی در ساختمان، که می‌توانند برای فعالیت‌های اداری از جمله برگزاری جلسات و یا دوره‌های آموزشی درون سازمانی استفاده گردند. بخش‌هایی از دیوارهای داخلی ساختمان اداری نسل جدید از شیشه ساخته شده است که می‌تواند ارتباط بصری میان کارکنان و مراجعه کنندگان را افزایش داده و نوع این ارتباطات را بهبود بخشد. از آنجا که فضاهای اداری کاملاً شفاف، که در آنها کارمندان از طرف یکدیگر و نیز از طرف مراجعه کنندگان دیده می‌شوند؛

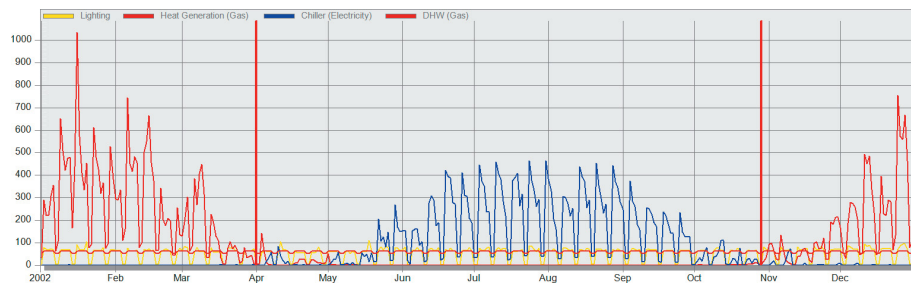
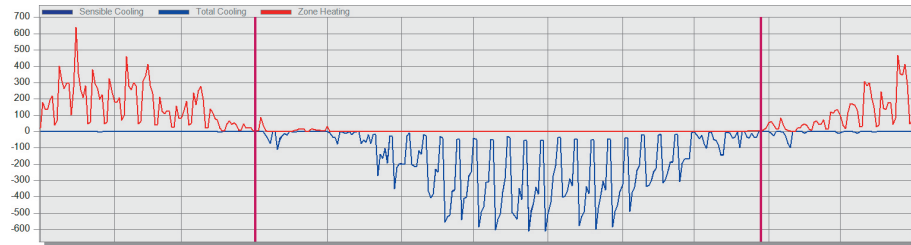
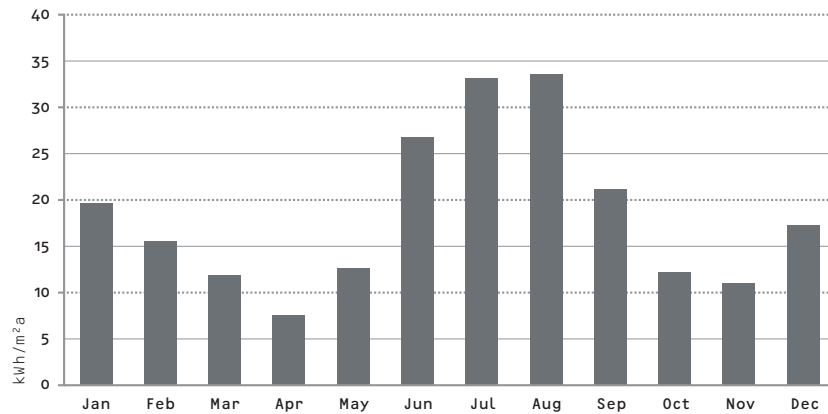
طراحی معماری انرژی‌کارا، به عنوان روشی بدون هزینه، انجام شده است؛ میزانی از انرژی که بایستی برای پوشش کل انرژی مورد نیاز آن و در نتیجه تبدیل این ساختمان به ساختمانی انرژی صفر تولید گردد، اندک می‌باشد. بنابراین، ساختمان انرژی صفر حاصل از ساختمان اداری نسل جدید، ساختمانی اقتصادی می‌باشد.

شکل شماره ۱۱۴، میزان نیاز به انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان اداری نسل جدید را در ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد. بر اساس نمودار مذکور، این ساختمان از ماه می تا اکتبر به انرژی سرمایشی نیاز دارد. هرچند سیستم سرمایشی این ساختمان در چند روز از ماه نوامبر نیز بایستی روشن باشد. ولی میزان نیاز به انرژی سرمایشی در این ماه بسیار اندک است. سیستم گرمایشی این ساختمان نیز بایستی از ماه نوامبر تا آپریل استفاده گردد، هرچند انرژی گرمایشی مورد نیاز در ماه آپریل بسیار کم است.

در شکل شماره ۱۱۵، میزان کل مصرف برق این ساختمان، برای سرمایش و روشنایی، و مصرف گاز طبیعی آن برای گرمایش، نشان داده شده است که بر اساس آن، مصرف برق این ساختمان بیش از مصرف گاز آن می‌باشد. بر اساس شکل شماره ۱۱۶، میزان نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی در این ساختمان اداری، بخش عمده نیاز به انرژی ساختمان را در بر می‌گیرد. میزان نیاز به انرژی اولیه ماهیانه این ساختمان، در ماه‌های تابستان، با توجه به تامین سرمایش با برق، بسیار بیشتر از زمستان است. مجموع نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی در این ساختمان اداری ۶۰/۱۱ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال می‌باشد که بسیار کمتر از متوسط مصرف انرژی ساختمان‌های اداری رایج در ایران است. بر اساس ضرایب انرژی اولیه در ایران، میزان نیاز به انرژی اولیه این ساختمان برای گرمایش و سرمایش ۱۳۳/۲۶ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال می‌باشد.

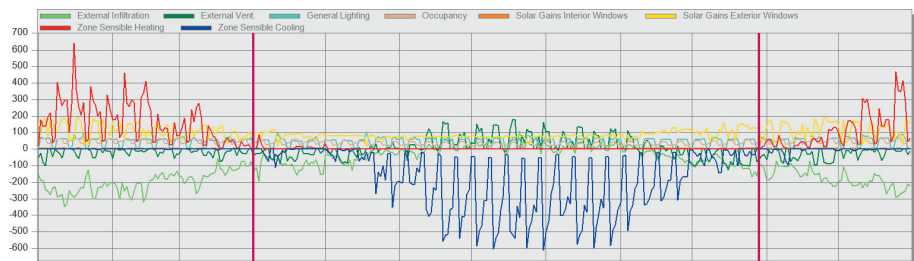
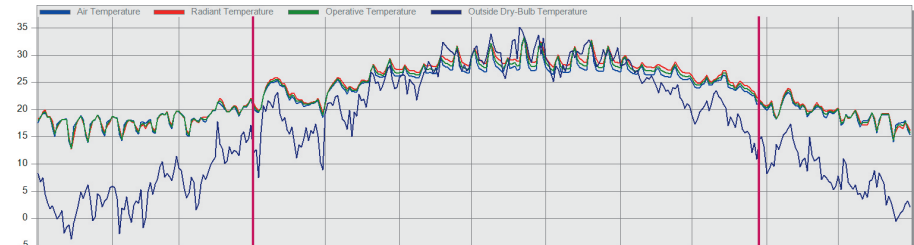
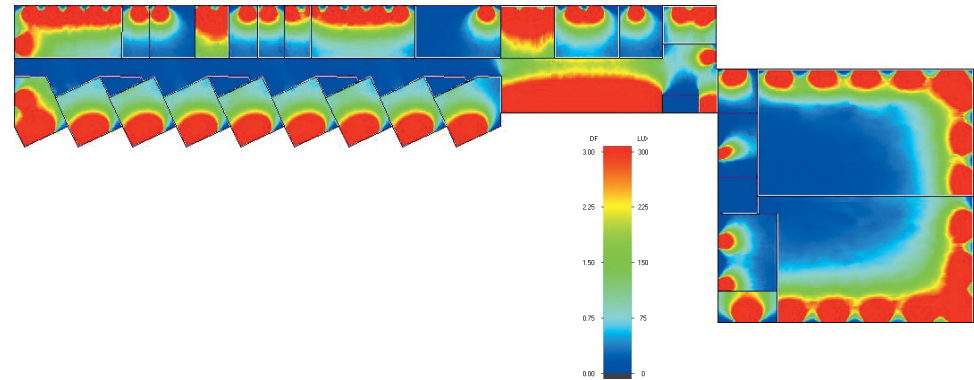
ساختمان اداری نسل جدید، نه تنها از دیدگاه حرارتی، یک ساختمان با بهره‌وری انرژی بالا محسوب می‌شود، بلکه از نظر تامین روشنایی روز نیز بهینه است و میزان نیاز به انرژی برای روشنایی مصنوعی این ساختمان با روش‌های مختلف به حداقل ممکن کاهش یافته است. در شکل شماره ۱۱۷، میزان روشنایی و فاکتور نور روز برای طبقه دوم این ساختمان در یک روز ابری زمستانی نشان داده شده است.

گرمایشی و سرمایشی با ضرایب عملکردی بالاتر، مصرف گاز طبیعی و برق این ساختمان بشدت کاهش خواهد یافت. استفاده از سیستم تبخیری به جای سیستم تبریدی برای سرمایش این ساختمان، مصرف برق مورد نیاز برای سرمایش را نیز به شدت کاهش می‌دهد، هرچند در این سیستم سرمایشی، مصرف آب نیز وجود خواهد داشت. البته به رغم اهمیت زیست محیطی آب



تصویر شماره ۱۲۰: نیاز به انرژی اولیه ساختمان اداری نسل جدید در ماه‌های مختلف
تصویر شماره ۱۲۱: سرمایش محسوس و گرمایش مورد نیاز فضاها در ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۱۲۲: نیاز انرژی روزانه ساختمان اداری نسل جدید

به سادگی می‌تواند به ساختمانی انرژی صفر، که همزمان اقتصادی نیز هست، تبدیل گردد. برای دستیابی به استاندارد زیر انرژی در این ساختمان، بر حسب تعریف استاندارد انرژی صفری که بایستی بدست آید، می‌بایستی از ایده‌ها و روش‌های متفاوتی استفاده گردد. مهمترین راهکارها برای دستیابی این ساختمان به استاندارد زیر انرژی به ترتیب، افزایش ضخامت عایق و در

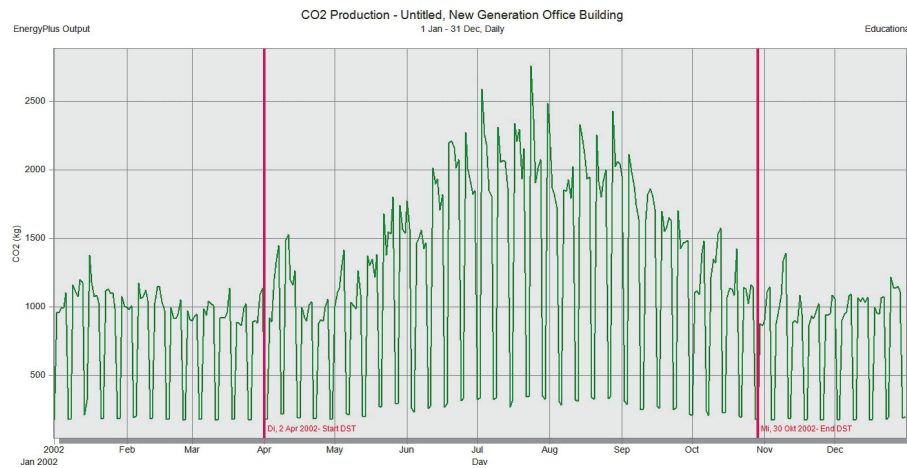


تصویر شماره ۱۱۷: میزان روشنایی و فاکتور نور روز در طبقه دوم ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۱۱۸: دمای هوای خارج و متوسط دمای فضاهای داخلی ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۱۱۹: دریافت و اتلاف روزانه انرژی در ساختمان اداری نسل جدید

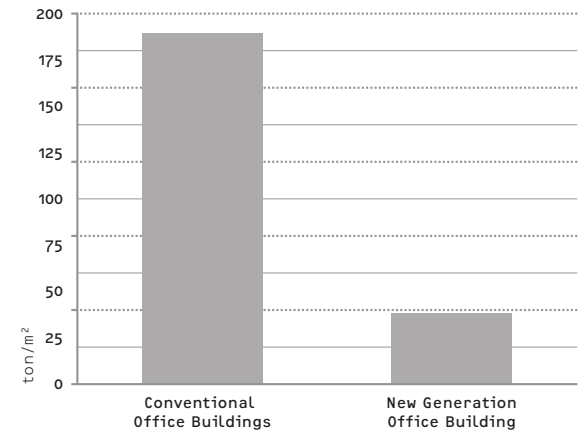
به عنوان یکی از منابع طبیعی، استفاده از آب برای سرمایش تبخیری در این اقلیم، از استفاده از سرمایش تبریدی هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی به صرفه‌تر می‌باشد. با استفاده از این راهکارها، میزان نیاز به انرژی این ساختمان، هم برای گرمایش و هم برای سرمایش، به شدت کاهش خواهد یافت که این میزان اندک نیز می‌تواند توسط سیستم‌های فعال خورشیدی تامین گردد. از آنجا که بخش عمده کاهش نیاز به انرژی این ساختمان از طریق

نتیجه افزایش مقاومت حرارتی پوسته ساختمان، استفاده از سیستم گرمایشی و سرمایشی کاراتر با ضرایب عملکردی بالاتر و نیز استفاده از سرمایش تبخیری بجای سرمایش تبریدی و در نهایت استفاده از سیستم‌های فعال خورشیدی همچون فتوولتایک و سیستم‌های آبگرمکنی برای تولید مابقی انرژی مورد نیاز این ساختمان می‌باشد. با افزایش مقاومت حرارتی پوسته این ساختمان، میزان نیاز به انرژی برای ایجاد تعادل حرارتی در فضاهای آن کاهش یافته و با کاربرد سیستم

کیلوگرم بر کیلووات ساعت (IEA statistics, 2011) می‌باشد. ضریب انتشار دی‌اکسید کربن گاز طبیعی نیز در ایران ۰/۲۰۰۹۷ کیلوگرم بر کیلووات ساعت است (IPCC, 1996). بر مبنای این ضرایب، میزان دی‌اکسید کربنی که ساختمان اداری نسل جدید در هر سال منتشر می‌کند، ۳۸۱/۹۵۰ تن می‌باشد. البته از آنجاکه میزان نیاز به انرژی همه ساختمان‌ها و از جمله ساختمان اداری نسل جدید و میزان انتشار دی‌اکسید کربن آنها، با تغییر ویژگی‌های ساختمان، از جمله ویژگی‌های فیزیکی پوسته حرارتی و یا سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی تغییر می‌کند، تغییر در هر یک از مشخصات این ساختمان، منجر به تغییر در میزان انتشار دی‌اکسید کربن آن می‌گردد. روش دیگر برای تعیین میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن در این ساختمان، استفاده از شبیه‌سازی است. غالب نرم افزارهای شبیه‌سازی که میزان دی‌اکسید کربن حاصل از مصرف انرژی را محاسبه می‌کنند نیز میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن ساختمان را بر اساس میزان انرژی مصرفی و ضرایب انتشار گاز دی‌اکسید کربن حامل‌های مختلف انرژی محاسبه می‌کنند. میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ساختمان اداری نسل جدید نیز با استفاده از مدلسازی تعیین گردید. از آنجا که روش محاسبه و نیز ضرایب انتشار گاز دی‌اکسید کربن حامل‌های مختلف انرژی در هر دو روش یکسان بوده است، میزان انتشار دی‌اکسید کربن حاصل از هر دو روش محاسبه نیز یکسان می‌باشند. شکل شماره ۱۲۷، میزان انتشار روزانه گاز دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید، که با شبیه‌سازی محاسبه شده است، را نشان می‌دهد.



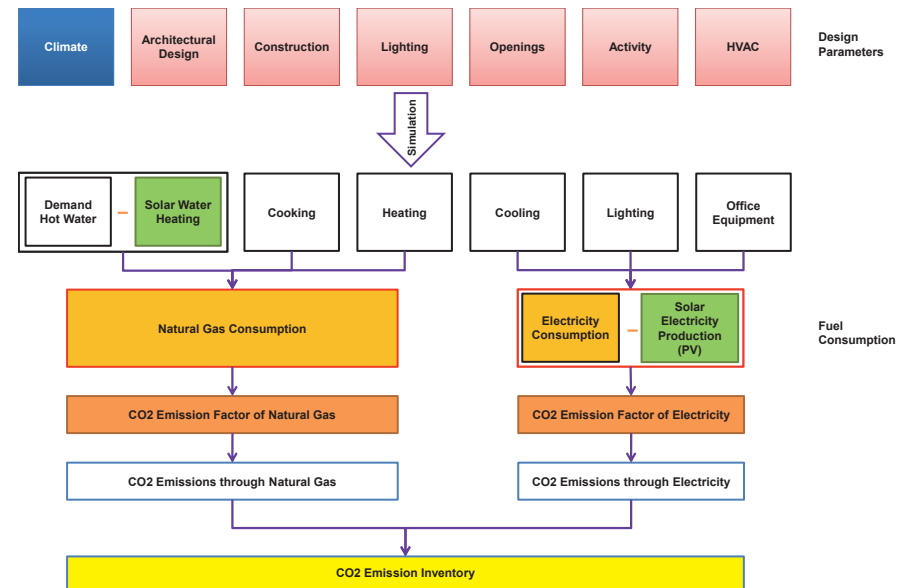
تصویر شماره ۱۲۷: نمودار روزانه انتشار دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید



تصویر شماره ۱۲۶: مقایسه میزان انتشار دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید و ساختمان‌های اداری موجود در ایران

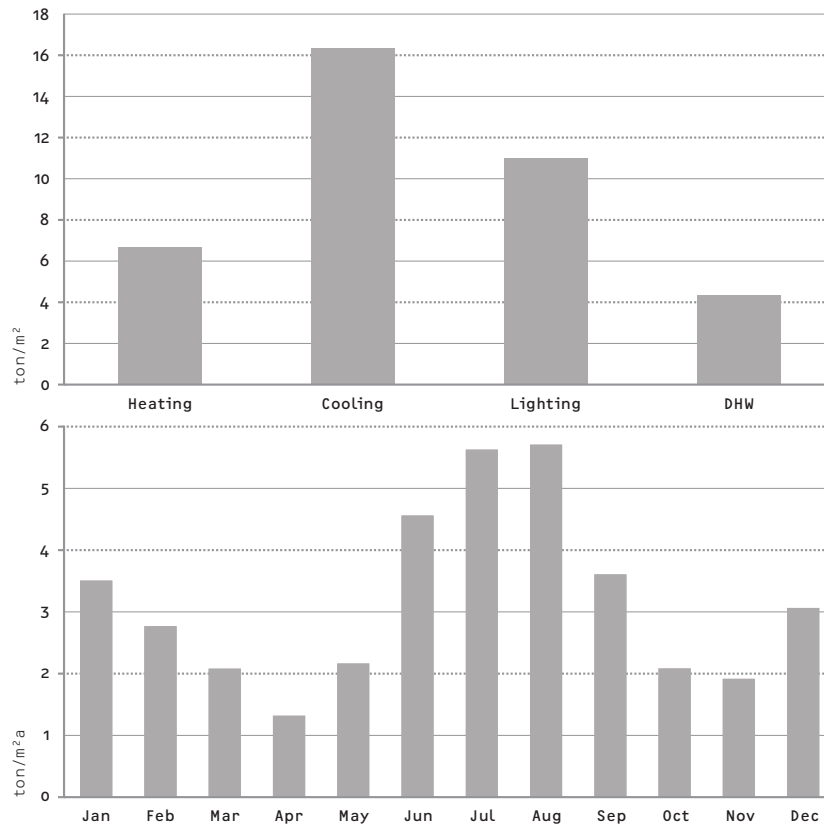
۱۲. انتشار گاز دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید

میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن ناشی از سوخت انرژی‌های فسیلی در ساختمان اداری نسل جدید بر مبنای میزان انرژی مصرفی این ساختمان و ضریب انتشار گاز دی‌اکسید کربن حامل‌های مختلف انرژی محاسبه شده است. میزان مصرف انرژی هر ساختمان و از جمله این ساختمان اداری به فاکتورهای مختلفی از جمله اقلیم، معماری ساختمان، مصالح پوسته حرارتی، نوع و بازدهی سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و روشنایی و غیره دارد. داده‌های اقلیمی ساعتی شهر جدید هشتگرد برای شبیه‌سازی این ساختمان اداری و محاسبه مصرف انرژی آن استفاده شده است. اجزای مختلف ساختمان و ویژگی‌های آنها، هریک به تنهایی بر میزان مصرف انرژی ساختمان و میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن آن تاثیر می‌گذارند. این ویژگی‌ها متنوع بوده و گستره وسیعی از طراحی معماری، خصوصیات فیزیکی اجزای پوسته حرارتی ساختمان تا ویژگی‌های کاربران ساختمان و نوع فعالیت‌های آنها را نیز در بر می‌گیرد.



تصویر شماره ۱۲۳: روش محاسبه انتشار دی‌اکسید کربن در ساختمان اداری نسل جدید

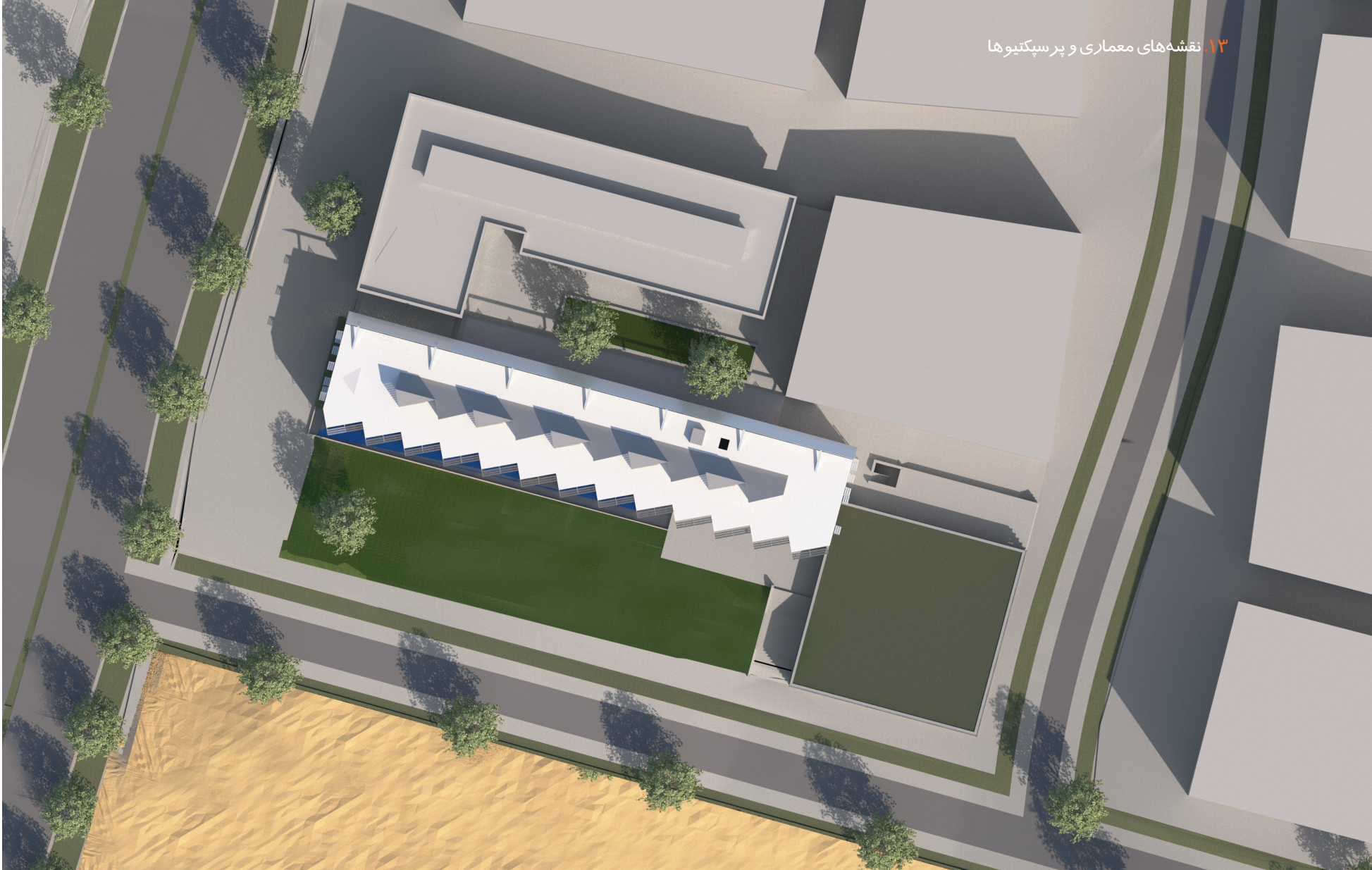
گرمایش و تامین آب گرم مصرفی و از برق برای سرمایش، روشنایی و برای تجهیزات اداری استفاده می‌گردد. استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر برای پوشش بخشی از نیاز به انرژی یک ساختمان باعث می‌گردد که آن ساختمان از انرژی فسیلی کمتری استفاده نماید و در نتیجه گاز دی‌اکسید کربن کمتری از احتراق سوخت تولید کند. بنابراین در صورت استفاده از کلکتورهای خورشیدی آبگرمکنی برای تولید گرما و یا با استفاده از پنل‌های فتوولتایک برای پوشش بخشی از نیاز برق ساختمان، میزان انرژی‌های تجدیدپذیری که در ساختمان تولید می‌شوند نقشی در تولید دی‌اکسید کربن نداشته و این میزان‌ها بایستی در محاسبات مربوط به تولید دی‌اکسید کربن، از مقدار مصرف گاز طبیعی و برق ساختمان کم شوند.



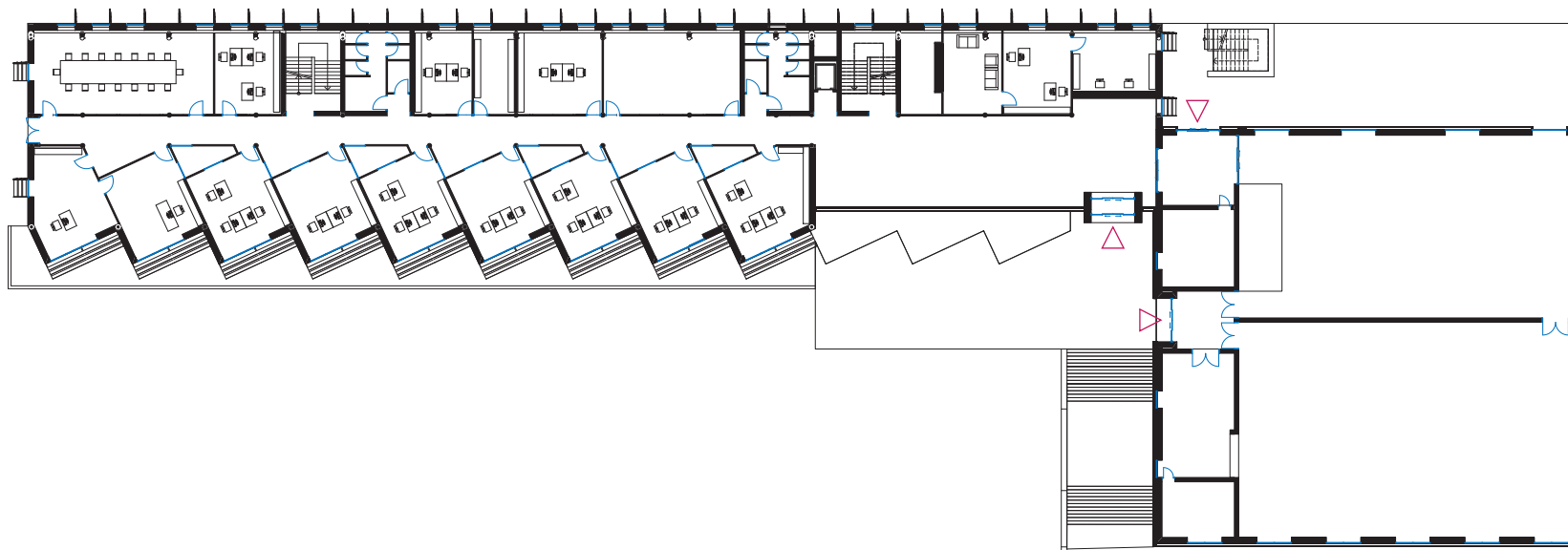
تصویر شماره ۱۲۴: میزان انتشار دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید برای مصارف مختلف انرژی
تصویر شماره ۱۲۵: میزان ماهانه انتشار دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید

میزان نیاز به انرژی در ساختمان اداری نسل جدید برای انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و آب گرم مصرفی و مصرف برق برای کامپیوترها و تجهیزات اداری، با انجام شبیه‌سازی انرژی محاسبه گردید. بر اساس این شبیه‌سازی‌ها مقدار نیاز به گاز طبیعی این ساختمان ۱۵۵/۲۲۱ مگاوات ساعت و مقدار نیاز به برق آن ۵۷۵/۹۵۹ مگاوات ساعت در طول سال می‌باشد. در ایران، میانگین ضریب انتشار دی‌اکسید کربن برق بین سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۹ معادل ۰/۶۰۹

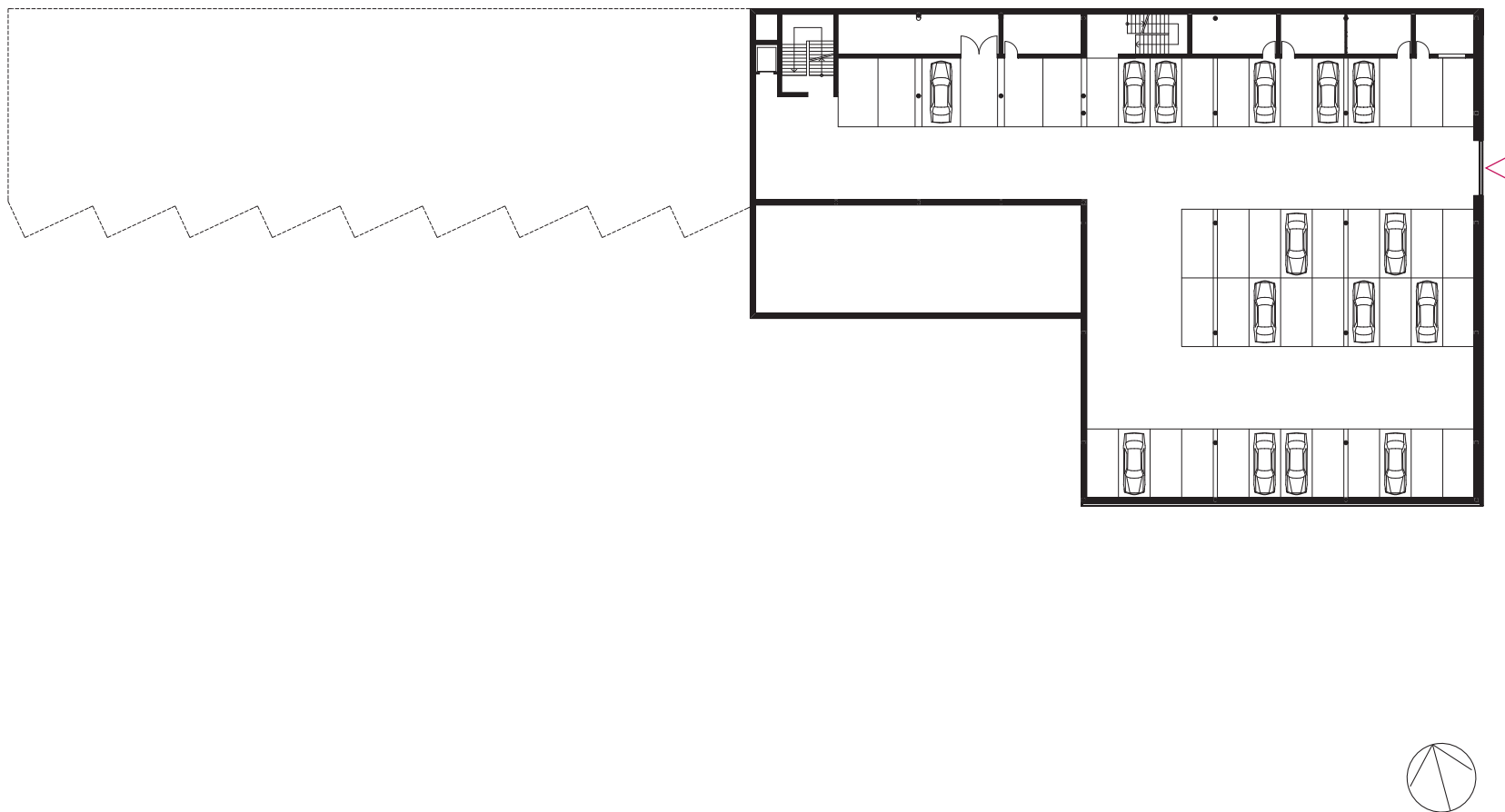
میزان نیاز به انرژی در ساختمان اداری نسل جدید با شبیه‌سازی انرژی محاسبه شده است. میزان تولید گاز دی‌اکسید کربن توسط هر ساختمان به نوع سوخت مورد استفاده برای مصارف مختلف انرژی دارد. ساختمان‌ها از حامل‌های مختلف انرژی از جمله انرژی‌های تجدید پذیر، برق، گاز طبیعی، نفت سفید و غیره برای گرمایش، سرمایش، آب گرم مصرفی، روشنایی و برای تجهیزات خانگی یا اداری استفاده می‌کنند. در ساختمان اداری نسل جدید از گاز طبیعی برای



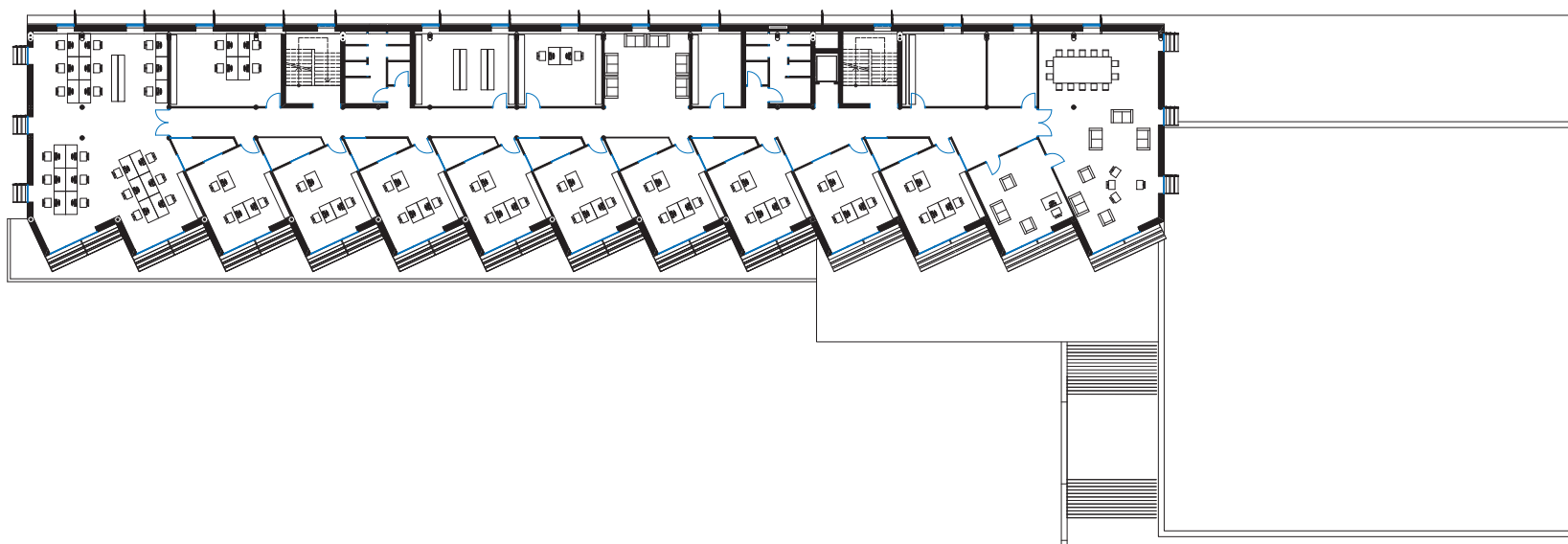
تصویر شماره ۱۲۸: سایت پلان ساختمان اداری نسل جدید و مجموعه اداری مجاور



تصویر شماره ۱۳۰: پلان طبقه همکف ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)



تصویر شماره ۱۲۹: پلان زیرزمین ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)



تصویر شماره ۱۳۲: پلان طبقه دوم ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)

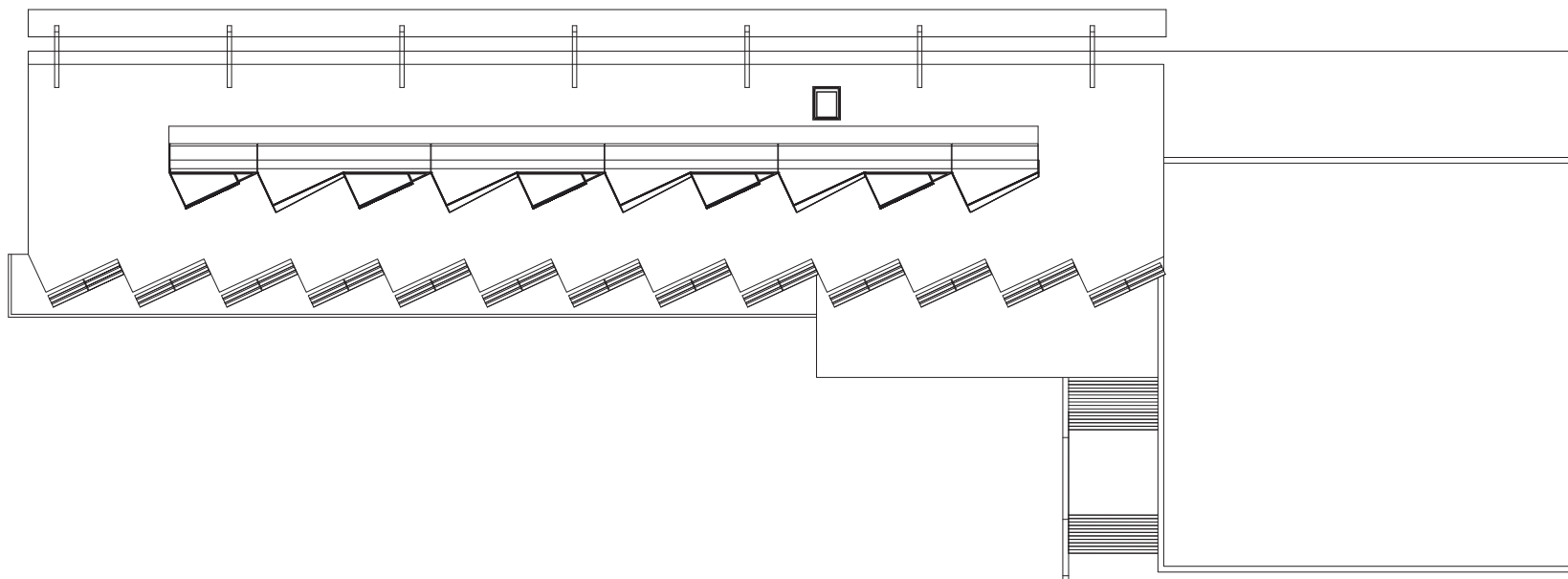


تصویر شماره ۱۳۱: پلان طبقه اول ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)

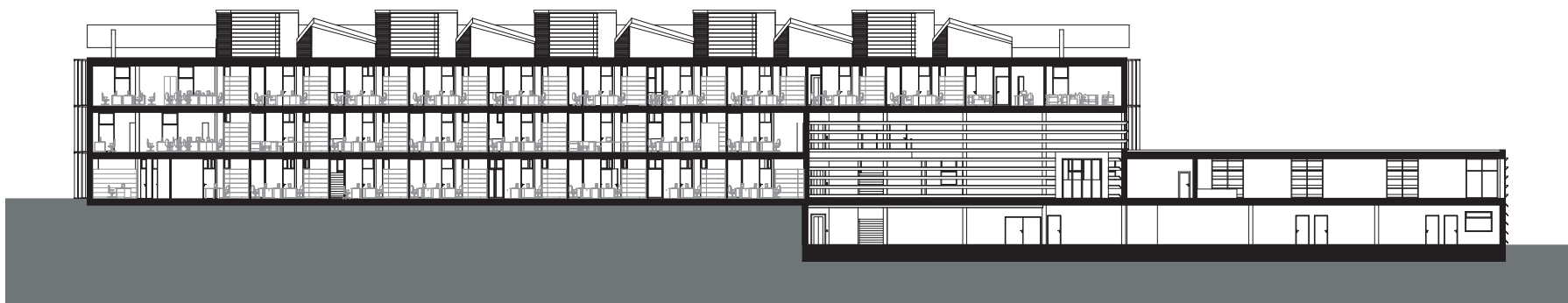


تصویر شماره ۱۳۶: نمای غربی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)

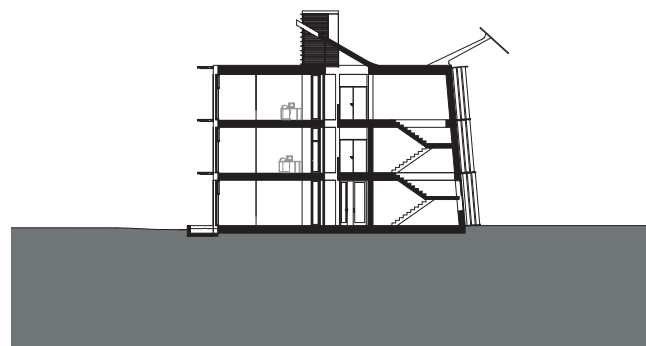
تصویر شماره ۱۳۴: نمای جنوبی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)
تصویر شماره ۱۳۵: نمای شرقی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)



تصویر شماره ۱۳۳: پلان بام ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)



تصویر شماره ۱۴۰: برش شرقی - غربی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)
تصویر شماره ۱۴۱: برش شرقی - غربی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)



تصویر شماره ۱۳۹: برش شمالی - جنوبی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)

تصویر شماره ۱۳۷: نمای شمالی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)
تصویر شماره ۱۳۸: برش شمالی - جنوبی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)



تصویر شماره ۱۴۴: نمای شرقی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱ : ۵۰۰)
تصویر شماره ۱۴۵: نمای غربی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱ : ۵۰۰)



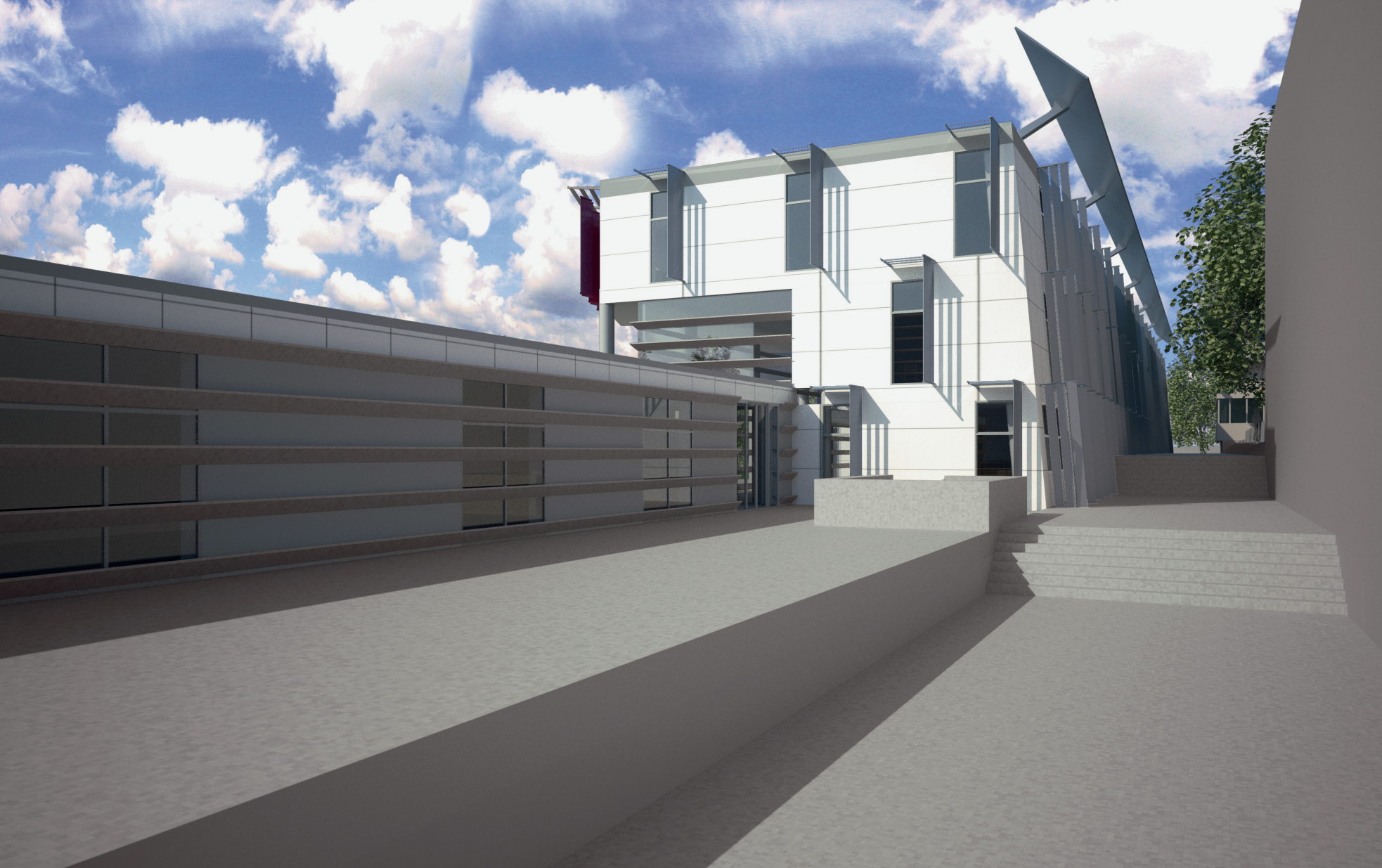
تصویر شماره ۱۴۲: نمای جنوبی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)
تصویر شماره ۱۴۳: نمای شمالی ساختمان اداری نسل جدید (مقیاس ۱:۵۰۰)



تصویر شماره ۱۴۷: پرسپکتیو جبهه جنوب شرقی ساختمان اداری نسل جدید



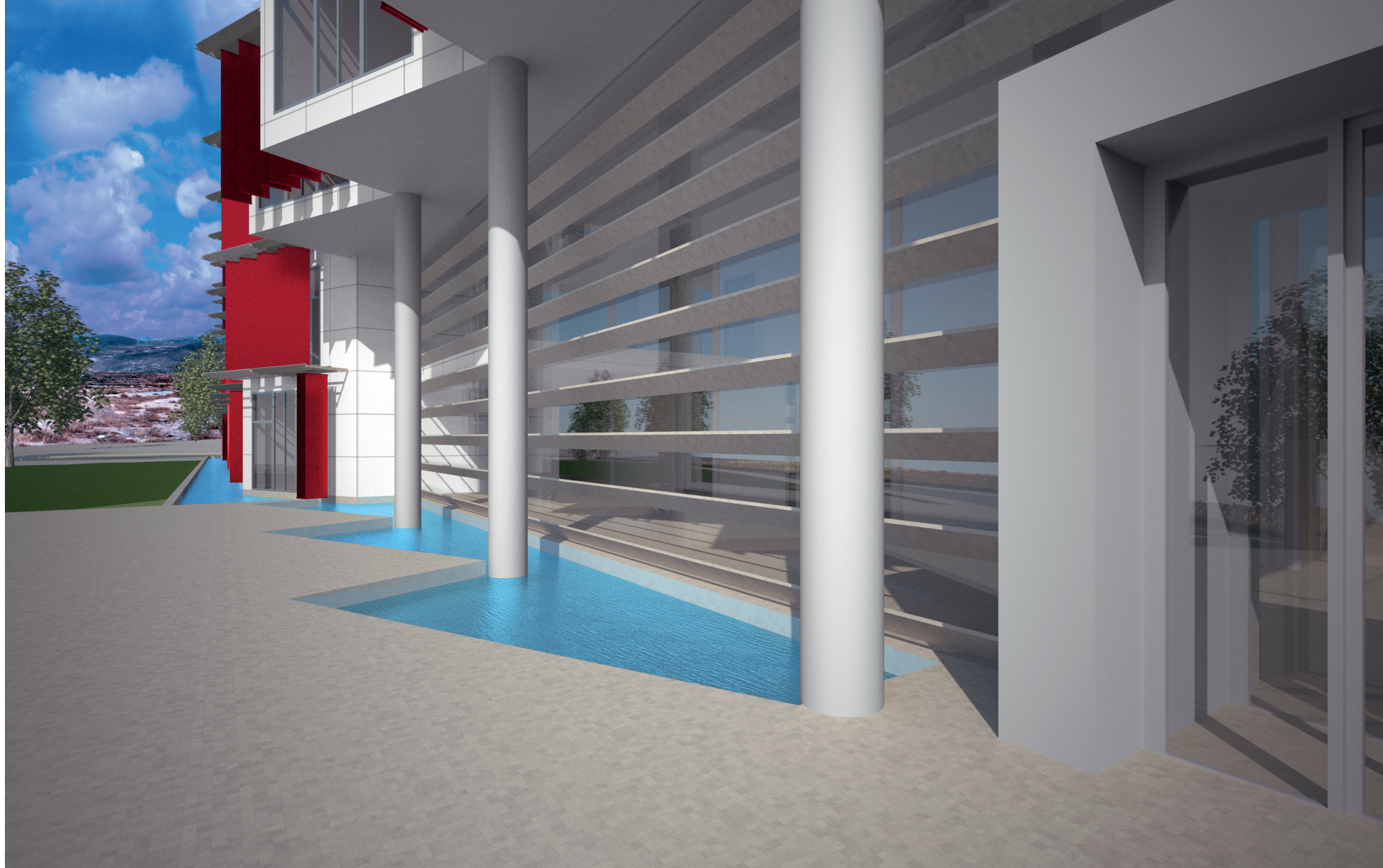
تصویر شماره ۱۴۶: پرسپکتیو جبهه جنوبی ساختمان اداری نسل جدید



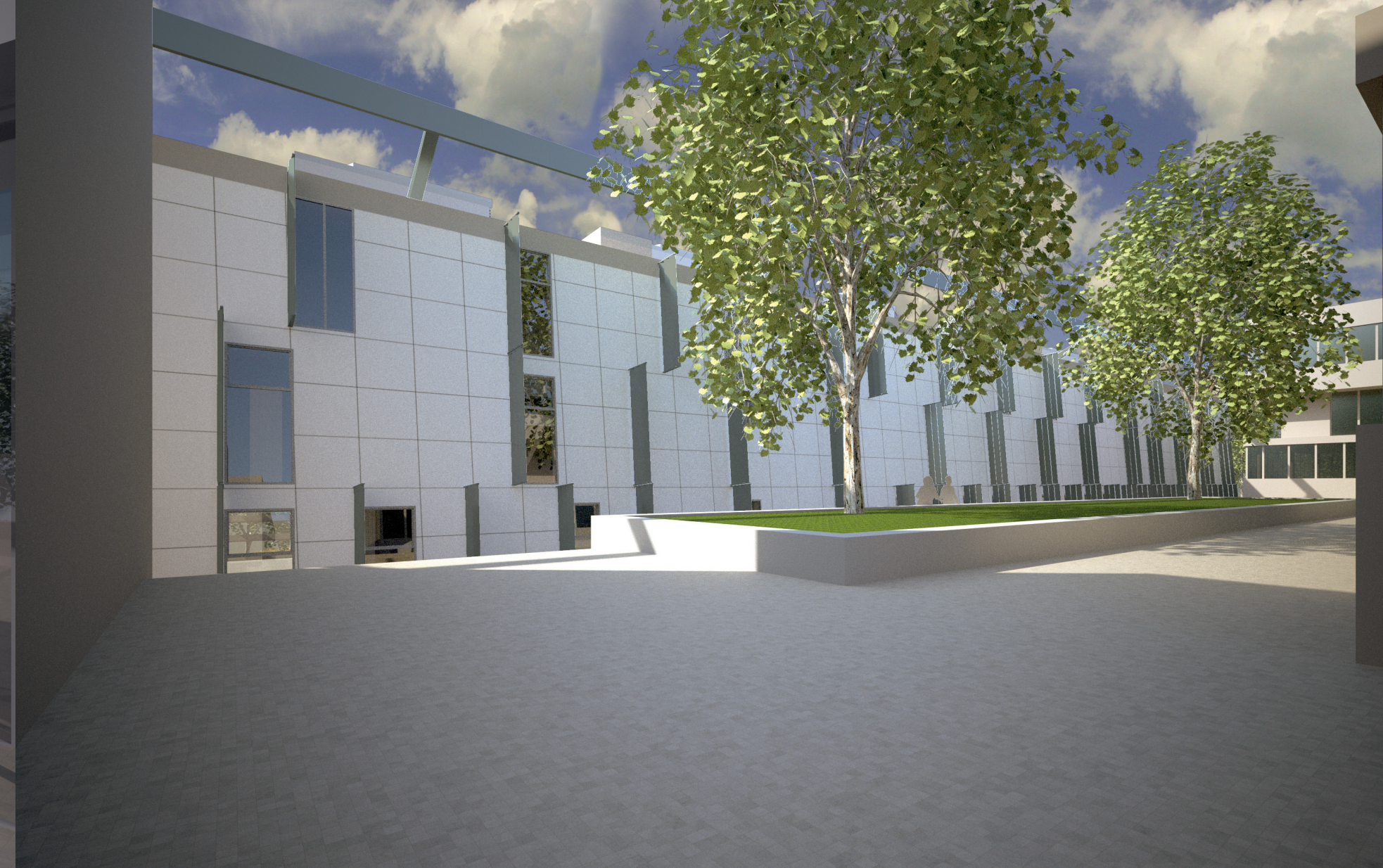
تصویر شماره ۱۴۹: پرسپکتیو جبهه شرقی ساختمان اداری نسل جدید



تصویر شماره ۱۴۸: پرسپکتیو جنبه جنوب غربی ساختمان اداری نسل جدید



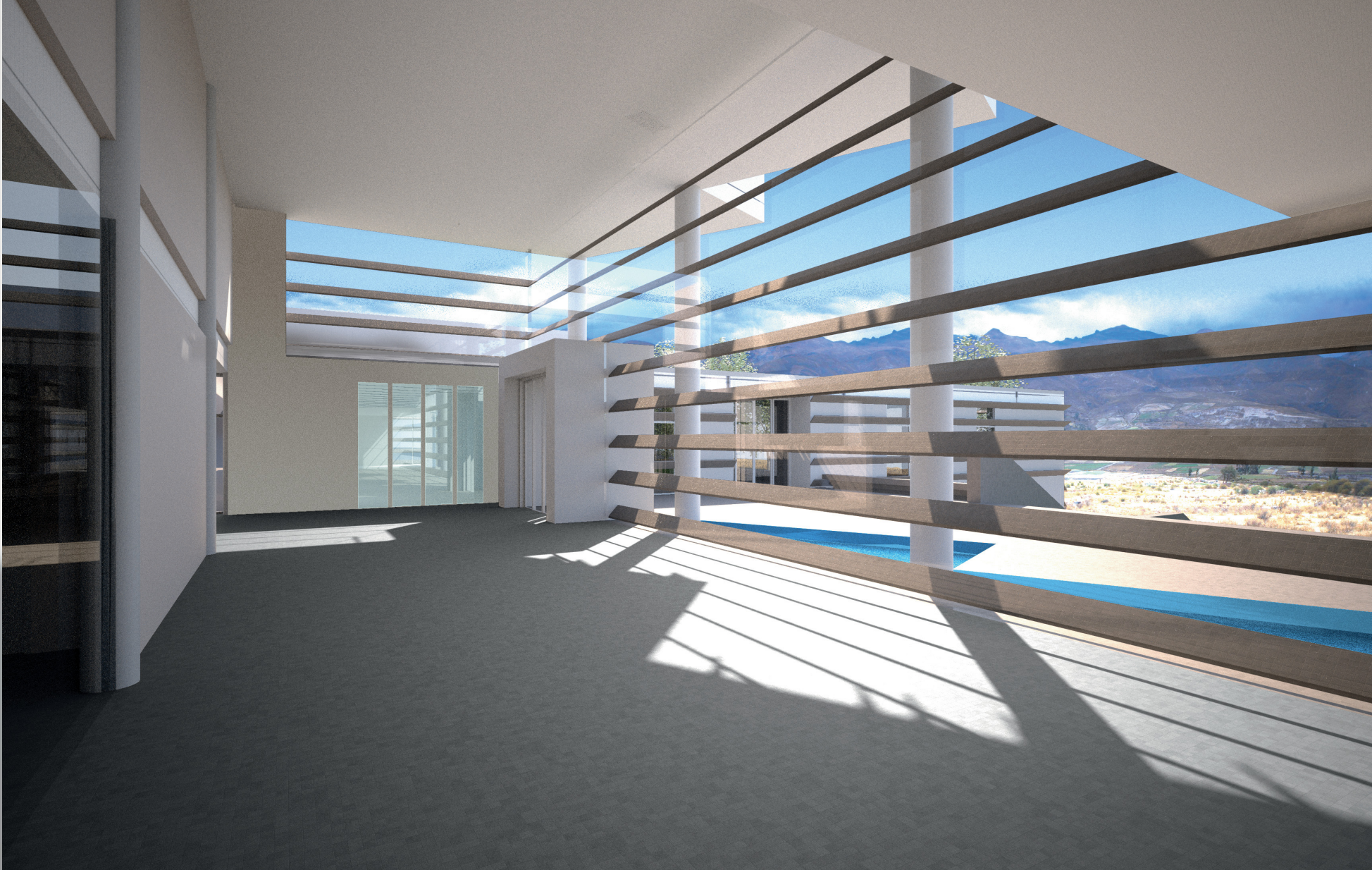
تصویر شماره ۱۵۱: دید به ورودی و سطوح آبی نمای جنوبی ساختمان اداری نسل جدید



تصویر شماره ۱۵۰: پرسپکتیو جبهه شمالی ساختمان اداری نسل جدید



تصویر شماره ۱۵۳: تامین نور روز در ساختمان اداری نسل جدید از طریق پنجره‌های سقفی



تصویر شماره ۱۵۲: پرسپکتیو داخلی فضای ورودی ساختمان اداری نسل جدید



تصویر شماره ۱۵۴: پرسپکتیو داخلی راهروی ساختمان اداری نسل جدید

- کسمائی، م. (۱۳۸۳):
اقلیم و معماری، ویراسته محمد احمدی نژاد، ویراست دوم، نشر خاک، تهران.
- سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۸):
آمار ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، <http://www.weather.ir>.
- Olgyay, V. (1963):**
Design with Climate, Bioclimatic approach to architectural regionalism, ISBN: 0691079439, Princeton, Princeton University Press, New Jersey.
- Meteonorm 6.0 (2011):**
Meteonorm software version 6.0.
- Nasrollahi, F. (2009):**
Climate and Energy Responsive Housing in Continental Climates, The Suitability of Passive Houses for Iran's Dry and Cold Climate, ISBN 978 3 7983 2144 1, Universitätsverlag der TU Berlin, Berlin.
- International Energy Agency (2011):**
FAQs: Energy efficiency, available at: www.iea.org.
- Eisele, J. (2005):**
Bürobau-Atlas: Grundlagen, Planung, Technologie, Arbeitsplatzqualitäten, ISBN: 3-7667-1649-2, Callwey, München.
- Samimi, M. (2011):**
SOLARCHVISION Studies on Young Cities Project in Hashtgerd New Town, Iran, Young Cities Research Project, Supervisors: Steffan C. & Nasrollahi F., Berlin Institute of Technology, Berlin.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (1996):**
Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- International Weather for Energy Calculations (2013):**
IWECC Weather File, available at: <http://apps1.eere.energy.gov>.
- Samimi, M. (2013):**
Solarvision Analysis on the New Generation Office Building.
- International Energy Agency (2011):**
CO₂ Emissions from fuel combustion — Highlights, IEA Statistics.

فصل چهارم: ضمايم



تصویر شماره ۵۴: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی چهل سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری	۴۴	پنجره به سطح دیوار شمالی	تصویر شماره ۳۷: مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با نسبت‌های مختلف سطح
تصویر شماره ۵۵: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی چهل سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری	۴۵	نسبت‌های مختلف سطح پنجره به سطح دیوارهای شرقی و غربی	تصویر شماره ۳۸: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با
تصویر شماره ۵۶: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی شصت سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری	۴۵	پنجره به سطح دیوارهای شرقی و غربی	تصویر شماره ۳۹: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با نسبت‌های مختلف سطح
تصویر شماره ۵۷: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی شصت سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری	۴۶	پنجره به سطح دیوارهای شرقی و غربی	تصویر شماره ۴۰: مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با نسبت‌های مختلف سطح
تصویر شماره ۵۸: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی شصت سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری	۴۶	نیاز به انرژی کل	تصویر شماره ۴۱: نسبت بهینه سطح پنجره به دیوار در مُاهای مختلف برای کمترین
تصویر شماره ۵۹: سایبان کرکره‌ای خارجی	۴۷	تصویر شماره ۴۲: نسبت بهینه سطح پنجره به دیوار در مُاهای مختلف برای	کمترین نیاز به انرژی اولیه
تصویر شماره ۶۰: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و انرژی کل ساختمان‌های اداری با استراتژی‌های مختلف کنترل سایبان‌های کرکره‌ای خارجی	۴۷	تصویر شماره ۴۳: سایبان ثابت افقی	تصویر شماره ۴۴: اثر عمق سایبان‌های افقی بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی
تصویر شماره ۶۱: مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری با استراتژی‌های مختلف کنترل سایبان‌های کرکره‌ای خارجی	۴۸	و روشنایی ساختمان‌های اداری	تصویر شماره ۴۵: اثر عمق سایبان‌های افقی بر مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری
تصویر شماره ۶۲: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با دماهای گرمایش متفاوت	۴۹	تصویر شماره ۴۶: اثر عمق سایبان‌های افقی بر مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری	تصویر شماره ۴۷: اثر عمق سایبان‌های افقی پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی گرمایشی،
تصویر شماره ۶۳: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با دماهای گرمایش متفاوت	۴۹	سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری	تصویر شماره ۴۸: اثر عمق سایبان‌های افقی پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی کل
تصویر شماره ۶۴: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با دماهای گرمایش متفاوت	۵۰	ساختمان‌های اداری	تصویر شماره ۴۹: اثر عمق سایبان‌های افقی پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی اولیه
تصویر شماره ۶۵: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با دماهای سرمایش متفاوت	۵۰	ساختمان‌های اداری	تصویر شماره ۵۰: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی بیست سانتیمتری از لبه پنجره‌های
تصویر شماره ۶۶: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با دماهای سرمایش متفاوت	۵۱	تصویر شماره ۵۱: اثر عمق فاصله عمودی سایبان‌های افقی بیست سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری	تصویر شماره ۵۱: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی بیست سانتیمتری از لبه پنجره‌های
تصویر شماره ۶۷: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با دماهای سرمایش متفاوت	۵۱	جنوبی بر مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری	

تصویر شماره ۶۹: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با شرایط آسایش حرارتی متفاوت	۵۱	تصویر شماره ۵۲: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی بیست سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی اولیه ساختمان‌های اداری
تصویر شماره ۷۰: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با شرایط آسایش حرارتی متفاوت	۵۲	تصویر شماره ۵۳: اثر فاصله عمودی سایبان‌های افقی چهل سانتیمتری از لبه پنجره‌های جنوبی بر مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری

۳۱	اداری با جهت گیری های متفاوت	تصویر شماره ۲۱: مقایسه میزان مصرف انرژی کل و انرژی اولیه ساختمان های اداری
۳۱	با جهت گیری های متفاوت	تصویر شماره ۲۲: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان های اداری
۳۲	با کشیدگی های متفاوت	تصویر شماره ۲۳: مصرف انرژی کل ساختمان های اداری با کشیدگی های متفاوت
۳۳	تصویر شماره ۲۴: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان های اداری با کشیدگی های متفاوت	
۳۳	تصویر شماره ۲۵: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان های اداری	تصویر شماره ۱: نواحی اقلیمی ایران بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن
۳۵	با تعداد طبقات متفاوت	تصویر شماره ۲: متوسط ماهانه دمای هوا در گرمترین و سردترین شهرهای ایران
۳۶	تصویر شماره ۲۶: مصرف انرژی کل ساختمان های اداری با تعداد طبقات متفاوت	و در شهر جدید هشتگرد
۳۶	تصویر شماره ۲۷: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان های اداری با تعداد طبقات متفاوت	تصویر شماره ۳۰۱ و ۳۰۲: دمای خشک و مرطوب هوا و تابش مستقیم و پراکنده خورشید
۳۶	تصویر شماره ۲۸: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان های اداری	تصویر شماره ۴: بازه دمایی هوا در شهر جدید هشتگرد در مقایسه با محدوده آسایش حرارتی
۳۸	بدون سایبان با نسبت های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار	تصویر شماره ۵: دمای خشک هوا و رطوبت نسبی در ماه های مختلف برای ساعت های مختلف در شهر جدید هشتگرد
۳۹	تصویر شماره ۲۹: مصرف انرژی کل ساختمان های اداری بدون سایبان با نسبت های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار	تصویر شماره ۶: گلباد سالانه شهر جدید هشتگرد
۳۹	تصویر شماره ۳۰: مصرف انرژی اولیه ساختمان های اداری بدون سایبان با نسبت های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار	تصویر شماره ۷: نمودار سایکرومتریک شهر جدید هشتگرد
۳۹	تصویر شماره ۳۱: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان های اداری	تصویر شماره ۸: نمودار جدول زمانی دمای شهر جدید هشتگرد
۴۱	با سایبان متحرک خارجی با نسبت های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار	تصویر شماره ۹: نمودار خورشیدی شهر جدید هشتگرد (از ۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر)
۴۱	تصویر شماره ۳۲: مصرف انرژی کل ساختمان های اداری با سایبان متحرک خارجی	تصویر شماره ۱۰: نمودار خورشیدی شهر جدید هشتگرد (از ۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن)
۴۱	با نسبت های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار	تصویر شماره ۱۱: نمودار سایه اندازی شهر جدید هشتگرد (از ۲۱ ژوئن تا ۲۱ دسامبر)
۴۱	تصویر شماره ۳۳: مصرف انرژی اولیه ساختمان های اداری با سایبان متحرک خارجی با نسبت های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار	تصویر شماره ۱۲: نمودار سایه اندازی شهر جدید هشتگرد (از ۲۱ دسامبر تا ۲۱ ژوئن)
۴۲	نسبت های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار	تصویر شماره ۱۳: دیگرام حرکت خورشید در شهر جدید هشتگرد
۴۲	تصویر شماره ۳۴: مصرف انرژی کل ساختمان های اداری با سایبان متحرک خارجی و بدون سایبان با نسبت های مختلف سطح پنجره به سطح دیوار	تصویر شماره ۱۴: زاویه ارتفاع خورشید در تابستان و زمستان در شهر جدید هشتگرد
۴۳		تصویر شماره ۱۵: مصرف انرژی گرمایشی ساختمان های اداری با جهت گیری های متفاوت
		تصویر شماره ۱۶: مصرف انرژی سرمایشی ساختمان های اداری با جهت گیری های متفاوت

۲۹	تصویر شماره ۱۷: مصرف انرژی روشنایی ساختمان های اداری با جهت گیری های متفاوت	تصویر شماره ۱۸: مقایسه میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان های اداری با جهت گیری های متفاوت
۳۰	تصویر شماره ۱۹: مصرف انرژی کل ساختمان های اداری با جهت گیری های متفاوت	تصویر شماره ۲۰: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان های
۳۰	تصویر شماره ۲۱: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان های اداری با جهت گیری های متفاوت	

تصویر شماره ۱۱۴: نیاز ماهانه انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی در ساختمان		تصویر شماره ۱۳۹: برش شمالی - جنوبی ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۸
اداری نسل جدید	۹۵	تصویر شماره ۱۴۰: برش شرقی - غربی ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۹
تصویر شماره ۱۱۵: نیاز ماهانه به گاز طبیعی و برق در ساختمان اداری نسل جدید	۹۵	تصویر شماره ۱۴۱: برش شرقی - غربی ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۹
تصویر شماره ۱۱۶: مقایسه نیاز ماهانه انرژی گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و آب		تصویر شماره ۱۴۲: نمای جنوبی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۰
گرم مصرفی در ساختمان اداری نسل جدید	۹۵	تصویر شماره ۱۴۳: نمای شمالی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۰
تصویر شماره ۱۱۷: میزان روشنایی و فاکتور نور روز در طبقه دوم ساختمان اداری		تصویر شماره ۱۴۴: نمای شرقی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۱
نسل جدید	۹۶	تصویر شماره ۱۴۵: نمای غربی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۱
تصویر شماره ۱۱۸: دمای هوای خارج و متوسط دمای فضاهای داخلی ساختمان		تصویر شماره ۱۴۶: پرسپکتیو جبهه جنوبی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۲
اداری نسل جدید	۹۶	تصویر شماره ۱۴۷: پرسپکتیو جبهه جنوب شرقی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۳
تصویر شماره ۱۱۹: دریافت و اتلاف روزانه انرژی در ساختمان اداری نسل جدید	۹۶	تصویر شماره ۱۴۸: پرسپکتیو جبهه جنوب غربی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۴
تصویر شماره ۱۲۰: نیاز به انرژی اولیه ساختمان اداری نسل جدید در ماه‌های مختلف	۹۶	تصویر شماره ۱۴۹: پرسپکتیو جبهه شرقی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۵
تصویر شماره ۱۲۱: سرمایش محسوس و گرمایش مورد نیاز فضاها در ساختمان اداری		تصویر شماره ۱۵۰: پرسپکتیو جبهه شمالی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۶
نسل جدید	۹۶	تصویر شماره ۱۵۱: دید به ورودی و سطوح آبی نمای جنوبی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۷
تصویر شماره ۱۲۲: نیاز انرژی روزانه ساختمان اداری نسل جدید	۹۶	تصویر شماره ۱۵۲: پرسپکتیو داخلی فضای ورودی ساختمان اداری نسل جدید	۱۱۸
تصویر شماره ۱۲۳: روش محاسبه انتشار دی‌اکسید کربن در ساختمان اداری نسل جدید	۹۸	تصویر شماره ۱۵۳: تامین نور روز در ساختمان اداری نسل جدید از طریق پنجره‌های	
تصویر شماره ۱۲۴: میزان انتشار دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید برای		سقفی	۱۱۹
مصارف مختلف انرژی	۹۸	تصویر شماره ۱۵۴: پرسپکتیو داخلی راهروی ساختمان اداری نسل جدید	۱۲۰
تصویر شماره ۱۲۵: میزان ماهانه انتشار دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید	۹۸		
تصویر شماره ۱۲۶: مقایسه میزان انتشار دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید و			
ساختمان‌های اداری موجود در ایران	۹۹		
تصویر شماره ۱۲۷: نمودار روزانه انتشار دی‌اکسید کربن ساختمان اداری نسل جدید	۹۹		
تصویر شماره ۱۲۸: سایت پلان ساختمان اداری نسل جدید و مجموعه اداری مجاور	۱۰۰		
تصویر شماره ۱۲۹: پلان زیرزمین ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۲		
تصویر شماره ۱۳۰: پلان طبقه همکف ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۳		
تصویر شماره ۱۳۱: پلان طبقه اول ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۴		
تصویر شماره ۱۳۲: پلان طبقه دوم ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۵		
تصویر شماره ۱۳۳: پلان بام ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۶		

تصویر شماره ۱۳۴: نمای جنوبی ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۷
تصویر شماره ۱۳۵: نمای شرقی ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۷
تصویر شماره ۱۳۶: نمای غربی ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۷
تصویر شماره ۱۳۷: نمای شمالی ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۸
تصویر شماره ۱۳۸: برش شمالی - جنوبی ساختمان اداری نسل جدید	۱۰۸

تصویر شماره ۷۲: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری	تصویر شماره ۹۲: فضاهای مختلف ساختمان اداری نسل جدید
با میزان متفاوت تعویض هوا	تصویر شماره ۹۳: عناصر مرتبط با بهره‌وری انرژی در ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۷۳: مصرف انرژی سرمایشی ساختمان‌های اداری با میزان متفاوت تعویض هوا	تصویر شماره ۹۴: میزان تابش سالانه خورشید بر سطوح بیرونی ساختمان‌های با فرم‌های شهری مختلف
تصویر شماره ۷۴: مصرف انرژی کل ساختمان‌های اداری با میزان متفاوت تعویض هوا	تصویر شماره ۹۵: ویژگی سطوح بیرونی ساختمان‌های با فرم‌های شهری مختلف از نظر میزان دریافت انرژی خورشید در دوره گرمایش و سرمایش
تصویر شماره ۷۵: مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و روشنایی ساختمان‌های اداری با ۳، ۰/۶، ۰/۴ و ۰/۲ بار تعویض هوا در ساعت	تصویر شماره ۹۶: میزان تابش خورشید بر سطوح خارجی ساختمان اداری نسل جدید در زمستان
تصویر شماره ۷۶: مصرف انرژی اولیه برای گرمایش، سرمایش و روشنایی ساختمان‌های اداری با میزان متفاوت تعویض هوا	تصویر شماره ۹۷: میزان تابش خورشید بر سطوح خارجی ساختمان اداری نسل جدید در تابستان
تصویر شماره ۷۷: ساختمان اداری نسل جدید	تصویر شماره ۹۸ و ۹۹: نقش مثبت و یا منفی سطوح خارجی ساختمان اداری نسل جدید با توجه به اثر همزمان تابش خورشید و دمای هوا
تصویر شماره ۷۸: رویکرد روشمند طراحی ساختمان اداری نسل جدید	تصویر شماره ۱۰۰: سایبان‌های ثابت جبهه‌های چهارگانه ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۷۹: سایت ساختمان اداری نسل جدید و توپوگرافی آن	تصویر شماره ۱۰۱: سایبان‌های ثابت بر روی نمای شمالی ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۸۰: راهکارهای مختلف برای افزایش شاخص سطح اشغال سایت	تصویر شماره ۱۰۲: کاهش دریافت انرژی تابشی خورشید در فصل گرمایش توسط سایبان افقی
تصویر شماره ۸۱: مدل‌های حجمی مختلف برای ساختمان اداری نسل جدید در بخش جنوبی سایت و کاربری مختلط مسکونی در بخش شمالی سایت	تصویر شماره ۱۰۳: فاصله سایبان‌های افقی با لبه پنجره برای جلوگیری از کاهش دریافت انرژی تابشی خورشید در دوره گرمایش
تصویر شماره ۸۲: مدل‌های حجمی مختلف برای ساختمان اداری نسل جدید و ساختمان‌های اداری اضافی	تصویر شماره ۱۰۴: ترکیب تهویه طبیعی با سرمایش تبخیری با استفاده از بادگیرها
تصویر شماره ۸۳: مدل‌های حجمی مختلف برای ساختمان اداری نسل جدید و مجموعه اداری چند منظوره	در روزهای تابستان
تصویر شماره ۸۴ و ۸۵: سایت ساختمان اداری نسل جدید در مجموعه شهری شهرهای جوان	تصویر شماره ۱۰۵: سرمایش شبانه از طریق پنجره‌ها و بادگیرها در شب‌های تابستان
تصویر شماره ۸۶: زیربنای بخش‌های مختلف ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط مختلف	تصویر شماره ۱۰۶: محل قرارگیری و زاویه بازتابنده‌های خورشیدی در ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۸۷: نیازهای فضایی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط مختلف	تصویر شماره ۱۰۷: دید نمای شمالی و بازتابنده خورشیدی این جبهه
تصویر شماره ۸۸: اثر ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان بر مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی	تصویر شماره ۱۰۸: ارتباط کانال‌های هوای خروجی و هوای ورودی به مبدل حرارتی هوا به هوا و سیستم سرمایشی و گرمایشی ساختمان
	تصویر شماره ۱۰۹: ایده بازیافت انرژی حرارتی در مبدل حرارتی هوا به هوا

تصویر شماره ۸۹: اثر ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان بر مصرف انرژی اولیه برای گرمایش و سرمایش	تصویر شماره ۱۱۰: ساختار لوله در لوله به عنوان یک مبدل حرارتی هوا به هوای کم هزینه برای بازیافت انرژی حرارتی
تصویر شماره ۹۰: اثر ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان بر مجموع مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی	تصویر شماره ۱۱۱: سقف سبز بخش شرقی ساختمان اداری نسل جدید
تصویر شماره ۹۱: اثر ضریب انتقال حرارتی پوسته ساختمان بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن	تصویر شماره ۱۱۲: دفاتر اداری نیمه شفاف
	تصویر شماره ۱۱۳: نیاز سالانه انرژی در ساختمان اداری نسل جدید برای مصارف مختلف

young cities

Developing Urban Energy Efficiency
Tehrān-Karaj

کنسرسیوم آلمانی و ایرانی پروژه پژوهشی شهرهای جوان



دانشگاه فنی برلین



موسسه معماری کامپیوتر و مهندسی
نرم افزار فراونهوفر گزلسافت



مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن



دانشگاه آزاد برلین



شرکت مادر تخصصی عمران شهرهای جدید



موسسه مدیریت منابع اینتر درای



وزارت مسکن و شهرسازی



موسسه مدیریت مشارکتی و تحقیقات میان
رشته ای نکسوس



پژوهشکده هواشناسی



پ۲م برلین



دانشگاه هنر برلین



موسسه آموزش حرفه ای برلین- براندنبورگ

فهرست جداول

جدول شماره ۱: گلباد ماه‌های مختلف شهر جدید هشتگرد	۱۷	جدول شماره ۱۲: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط
جدول شماره ۲: درصد زمانی سالانه و تعداد ساعت‌های کاربرد هر یک از راه‌کارهای		اجرای ساختمان‌های آلمان ۷۷
متفاوت طراحی در اقلیم شهر جدید هشتگرد	۱۸	جدول شماره ۱۳: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس انجمن
جدول شماره ۳: نمودار سایکرومتریک شهر جدید هشتگرد	۱۹	مدیریت تسهیلات آلمان ۷۸
جدول شماره ۴: کشیدگی ساختمان‌های اداری در حالت داشتن حداقل و		جدول شماره ۱۴: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس مدیریت
حداکثر مصرف انرژی	۳۴	املاک و مستغلات جونز لانگ لاسیل ۷۸
جدول شماره ۵: تعداد طبقات ساختمان‌های اداری در حالت داشتن حداقل و حداکثر		جدول شماره ۱۵: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس مرکز اطلاعات
مصرف انرژی	۳۷	مخارج ساختمان جامعه معماری آلمان ۷۹
جدول شماره ۶: نسبت سطح پنجره به سطح دیوار در حالت داشتن حداقل و حداکثر		جدول شماره ۱۶: برنامه فیزیکی ساختمان اداری نسل جدید بر اساس ضوابط ایران
مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری بدون سایبان	۴۰	جدول شماره ۱۷: تخصیص فضا و زیربنای بخش‌های مختلف ساختمان اداری نسل
جدول شماره ۷: نسبت سطح پنجره به سطح دیوار در حالت داشتن حداقل و حداکثر		جدید بر اساس ضوابط مختلف ۸۰
مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری با سایبان کرکره‌ای خارجی	۴۲	جدول شماره ۱۸: ضریب انتقال حرارتی اجزای مختلف پوسته حرارتی در ساختمان‌های
جدول شماره ۸: نسبت سطح پنجره به سطح دیوار شمالی برای حداقل مصرف انرژی		اداری مورد بررسی ۸۲
در ساختمان‌های اداری با سایبان کرکره‌ای خارجی	۴۴	
جدول شماره ۹: نسبت سطح پنجره به سطح دیوارهای شرقی و غربی برای حداقل		
مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری با سایبان کرکره‌ای خارجی	۴۶	
جدول شماره ۱۰: گونه‌های مختلف دفاتر اداری و ویژگی‌های فضایی آنها	۷۵	
جدول شماره ۱۱: ویژگی‌های فضایی گونه‌های مختلف دفاتر اداری	۷۶	



ساختمان‌ها و طراحی پارامتریک برای دانشجویان کارشناسی ارشد معماری تمرکز داشت. وی از سال ۱۳۹۲ تاکنون در موسسه «خدمات مهندسی ساختمان و تامین انرژی» دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر برلین مشغول فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی بوده و در ترم تابستان سال ۲۰۱۴ به عنوان استاد مهمان (*Guest Professor*) مدیریت این موسسه دانشگاهی را بر عهده داشت.

وی همچنین در این میان به عنوان استاد در موسسه مرکزی الگوناوی مصر، متعلق به دانشگاه فنی برلین برای کارشناسی ارشد رشته‌های مهندسی انرژی و توسعه شهری و همچنین به عنوان مدرس مقاطع مختلف از کارشناسی تا دکتری در دانشگاه هنر اصفهان و کارشناسی ارشد معماری و انرژی دانشگاه ایلام فعالیت نموده است.

از فعالیت‌های اجرایی و حرفه‌ای وی در زمینه معماری و انرژی می‌توان به مدیریت طراحی اولین ساختمان انرژی صفر ایران برای پژوهشگاه مواد و انرژی، که اجرای آن در سال ۱۳۹۳ به اتمام رسید، و همچنین به همکاری در طراحی و اجرای ساختمان «رُوف تاپ»، ساختمان طراحی شده توسط تیم دانشگاه هنر و دانشگاه فنی برلین برای مسابقه سولار دکاتلون سال ۲۰۱۴ اشاره نمود. وی همچنین به عنوان متخصص انرژی در هیأت داوران مسابقه معماری طراحی و اجرای سفارت آلمان در مصر، که توسط وزارت مسکن آلمان برگزار گردید، فعالیت نمود. تاکنون چندین کتاب و مقالات علمی متعددی در زمینه معماری و انرژی از وی منتشر شده است.

دکتر فرشاد نصراللهی در سال ۱۳۵۶ در شهرکرد به دنیا آمد. وی تحصیلات دوره راهنمایی و دبیرستان را در مدارس نمونه دولتی و دیپلم خود را در رشته ریاضی و فیزیک در سال ۱۳۷۴ به پایان رساند. وی در سال ۱۳۸۱ از دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد، مدرک کارشناسی ارشد معماری دریافت نمود. پایان نامه وی با عنوان «تجزیه و تحلیل معماری قلاع بختیاری» در سال ۱۳۸۱ رتبه ممتاز اولین جشنواره دانشجویی معماری و شهرسازی، که توسط دانشکده هنرهای زیبای دانشگاه تهران و فرهنگستان هنر برگزار گردید، را کسب نمود.

وی در سال ۱۳۸۳ مطالعات دکتری خود را در موسسه «تکنولوژی ساختمان و طراحی معماری» و «واحد سکونت» دانشگاه فنی برلین آغاز نمود و در سال ۱۳۸۸، از این دانشگاه در زمینه معماری و انرژی دکتری مهندسی دریافت کرد. عنوان پایان نامه دکتری وی «ساختمان‌های پاسخگو به اقلیم و انرژی در اقلیم‌های قاره‌ای» بود که بعدها برنده چندین جایزه گردید. در مدت تحصیل در این دانشگاه و بین سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۷، وی به عنوان آسپستان پژوهشی و آموزشی در این دانشگاه فعالیت نمود. دکتر نصراللهی در سال ۱۳۸۸ جایزه *DAAD Award 2009* را برای دستاوردهای خاص علمی و فعالیت‌های بین فرهنگی در طول تحصیل در مقطع دکتری، دریافت نمود.

از دیگر جوایز وی می‌توان به پژوهشگر برتر انرژی سال ۱۳۹۰ از طرف وزارت نیرو و وزارت نفت ایران در دومین کنفرانس و نمایشگاه مدیریت و بهینه سازی انرژی اشاره نمود. پایان نامه دکتری وی همچنین در این سال در هشتمین کنفرانس بین المللی انرژی از طرف کمیته ملی انرژی ایران و سازمان بهره‌وری انرژی به عنوان پایان نامه برگزیده دکتری در زمینه انرژی انتخاب گردید.

دکتر نصراللهی از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ به عنوان استادیار تمام وقت در موسسه تکنولوژی ساختمان

و طراحی معماری دانشکده معماری دانشگاه فنی برلین فعالیت نمود. فعالیت‌های پژوهشی وی در این موسسه، بر ساختمان‌های انرژی کارا و بهره‌وری انرژی با طراحی معماری تمرکز داشت. وی همچنین در این مدت عضو گروه تحریریه پروژه پژوهشی شهرهای جوان بود، گروهی که ایده پردازی و ویراستاری مجموعه مقالات پژوهشی شهرهای جوان در ۱۱ جلد را بر عهده داشت. فعالیت‌های آموزشی او در دانشگاه فنی برلین بر شبیه سازی انرژی و بهره‌وری انرژی در



Universitätsverlag der TU Berlin

ISSN 2193-6099 (Print) ISBN 978-3-7983-2733-7 (Print)
ISSN 2193-6102 (Online) ISBN 978-3-7983-2734-4 (Online)



Road, Housing & Urban Development
Research Center

BHRC