

פרויקטים מעוררי השראה | 2022

מבנים מאופסי אנרגיה בישראל

משרד האנרגיה
www.energy.gov.il



ILGBC
הסוכנות הישראלית
לבנייה ירוקה



תוכן עניינים

| | |
|----|---|
| 04 | הקדמה |
| 06 | Eco360 |
| 10 | גן החלומות |
| 14 | בית זיקי |
| 18 | רום במוזת הרמה |
| 22 | מעון יום ומרכז קהילתי לגיל הרך |
| 26 | אמות מודיעין |
| 30 | בית משפחת כהנוביץ' |
| 34 | בח"א 21 |
| 40 | ZHOME |
| 44 | School of Design and Environment (SDE4) |

עריכה

נגה הרץ, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

ליווי וסיוע

קרן שוויץ, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה
איריס אביעזר, עמיתת ממשק, משרד האנרגיה
יחזקאל ליפשיץ, סמנכ"ל אנרגיה מקיימת במשרד האנרגיה
אוריאל בבצייק, מנהל אגף אנרגיה מקיימת
אלעד כלפון, מרכז בכיר הנדסה ואנרגיה מקיימת באגף אנרגיה מקיימת
יאנינה פליישון, מנהלת תחום פרויקטים באגף אנרגיה מקיימת

עיצוב

שירלי רחל רוכמן

תמונת שער

ליאור אביטן

תודה לחברי ועדת השיפוט: ליאור איילון, נחי ברזט, נעמי גלברט, נירית עמיר,
בעז קידר ואביעד שר שלום.

מבנים אחראים ל
נ-60%
מכלל צריכת החשמל בישראל

נ-1/3
מסך פליטות גזי החממה

מבנים אחראים ל-60% מכלל צריכת החשמל, ל-30% מכלל צריכת האנרגיה בישראל וכן לכשליש מסך פליטות גזי החממה. גידול האוכלוסייה, הצמיחה הכלכלית והעלייה ברמת החיים מביאים לכך שצריכת האנרגיה נמצאת בעלייה מתמדת¹. על מנת לספק את צרכי המשק ולענות על הצורך ההולך וגובר באנרגיה יש להשקיע משאבים אדירים ולכך השלכות סביבתיות נרחבות. בניית בתים ובניינים בעלי יכולת ייצור חשמל ממקורות מתחדשים חיונית להפחתת עומסים על רשת החשמל, ליצירת בטחון ויציבות אנרגטית, לתרומה למגמה העולמית למאבק בשינוי האקלים ולעמידה ביעדים בתחום זה אותם הציבה הממשלה. בניית מבנים מאופסי אנרגיה, אשר צריכת האנרגיה השנתית בהם היא אפס, היא אחד האמצעים לקדם את צמצום צריכת האנרגיה בסקטור הבנייה והגדלת שיעור הפקת האנרגיה ממקורות מתחדשים. בנייה זו יכולה להתקיים ללא פגיעה בתנאי הנוחות בהם. הדוגמאות בחוברת זו, וכן מגוון הפרויקטים המאופסים הקיים בכל העולם, מציגים תמונה של בנייה חדשנית ואיכותית תוך שמירה על כדאיות כלכלית, חברתית וסביבתית.

חוברת זו הינה תוצר של מיזם משותף של משרד האנרגיה והמועצה הישראלית לבנייה ירוקה שמטרתו יצירת תכנית לקידום בנייה מאופסת אנרגיה בישראל אשר הינה חלק מההערכות להתמודדות עם משבר האקלים וכן מהמאמץ הלאומי לצמצום פליטות פחמן דו-חמצני. בהמשך לפיתוח ויישום כלי המדיניות בתחום פותח במשרד האנרגיה מסמך הגדרות ושיטות חישוב לבנייה מאופסת אנרגיה בישראל אשר מגדיר דרישות להתאמת בניינים לסטנדרט של בנייה מאופסת אנרגיה. הפרויקטים, אשר נבחרו על ידי צוות שיפוט לאחר שהוגשו לקול קורא, נמדדו על פי מסמך זה.

הפרויקטים המוצגים בחוברת מגוונים בייעוד שלהם: מגורים, חינוך, תעשייה ולוגיסטיקה, משרדים ובסיס צבאי ומבטאים מגוון של דרכים וגישות אפשריות להגעה ליעד של האפוס האנרגטי. היום, עם ביסוס תחום הבנייה הירוקה בארץ ובעולם, התפתח גם שוק חומרים ומוצרים ירוקים נרחב ואיתו גם טכנולוגיות מתקדמות ופורות דרך. היכולת להגיע ליעילות אנרגטית במבנים הפכה להיות נגישה, זמינה ומשתלמת יותר והפכה את החזון לאפוס אנרגטי ופחמני נרחב בסקטור הבנייה לקרוב מתמיד.

בנייה מאופסת אנרגיה בישראל - מנחות מוכיחות ויטדים

בהתאם למגמות העולמיות למאבק בשינוי האקלים, אשר קיבלו תוקף

בוועידות האקלים בשנים האחרונות ולאחרונה גם בגלגו, ממשלת ישראל קבעה מספר החלטות בהן נקבעו יעדי ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות ¹: 20% מכלל ייצור החשמל עד שנת 2025 ו-30% עד שנת 2030. יעד נוסף שנקבע הוא הגעה ל-17% התייעלות בעצמות צריכת האנרגיה המשקית עד 2030. בנוסף, גובשה תכנית פעולה לקידום בנייה מאופסת אנרגיה ובמסגרתה נבחנו יעדי בנייה מאופסת אנרגיה לפי ייעוד ומאפייני בנייה.

תחום הבנייה מאופסת אנרגיה בישראל נמצא בראשיתו והמודעות הציבורית לנושא זה נמוכה. מכך עולה כי יש צורך בהעלאת המודעות והכרת תקדימים בתחום.

מבנה החוברת

בחוברת מוצגים שמונה פרויקטים המחולקים לפי סיווג של מבנים בנויים ומבנים מתוכננים. בכל פרויקט מוצגים נתונים טכניים המפרטים את אופן העמידה באפוס האנרגטי, בניהם: צריכה וייצור של אנרגיה, שטח והספק מותקן, עצמויות אנרגטית (צריכת האנרגיה השנתית למ"ר שטח בנוי) ושיעור האפוס. על פי מסמך ההגדרות, מוגדרת גם קטגוריית האפוס אשר נגזרת מתוך שיעור האפוס האנרגטי.

הקטגוריות הינן:

- מבנה מוכן לאפוס אנרגיה (Zero Energy Ready Building) בו מתאפשרת התקנת מערכת אנרגיה ממקור מתחדש שתפוקתה תקוּז את כל צריכת האנרגיה.
- מבנה כמעט מאופס אנרגיה (Nearly Zero Energy Building) בו יופקו 70% לפחות מצרכי האנרגיה.
- מבנה מאופס אנרגיה (Zero Energy Building) בו צריכת האנרגיה שווה לייצור.
- מבנה חיובי באנרגיה (Positive Energy Building) המפיק יותר אנרגיה משהוא צורך.

הפרויקטים בחוברת זו נכללים תחת קטגוריה של 'מבנה מוכן לאפוס', פרט לפרויקט הראשון, בשל אחת משתי הסיבות: הם נמצאים בשלב של תכנון ונתוני צריכת וייצור האנרגיה שלהם מבוססים על סימולציה או שהמערכת הותקנה לאחרונה ועדיין אין נתוני צריכה וייצור אנרגיה של שנה שלמה בפועל.

מעבר לתיאור המבנים, מפורטות גם האסטרטגיות הפאסיביות שתורמות לנוחות אקלימית ומביאות לצמצום צריכת האנרגיה וכן המערכות היעילות והטכנולוגיות החדשניות התורמות לחסכון ולהתייעלות בצריכה. בחוברת משולבים גם שני מקרי מבחן מחו"ל, מארה"ב ומסינגפור, שמטרתם לתת השראה והבנה של המגמות הגלובליות בתחום האפוס האנרגטי.

¹ : מתווה לקידום בנייה מאופסת אנרגיה בישראל, משרד האנרגיה והמועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2020

ייעדי ממשלת ישראל בתחום האנרגיה:

30%
מכלל ייצור החשמל בישראל יהיה מאנרגיות מתחדשות עד שנת 2030

17%
התייעלות אנרגטית עד 2030

Eco360

מדריך כלות: יוסי קורי



צילומים: ליאור אביטן

תכנון פאסיבי

כל שלבי התכנון של הפרויקט נעשו בתכנת תלת מימד באמצעות מתודולוגיית תכנון וסימולציות שעזרו להגיע לתוצאה יעילה במיוחד בנושא המאזן האנרגטי של המבנה כבר בשלבי התכנון הראשוניים באמצעות סימולציות אנרגטיות, סימולציות רוח, תאורה טבעית ומלאכותית ועוד.

המעטפת ההיקפית בשילוב התאים הפוטוולטאים משמשת כאלמנט הצללה שמונע מהגגות להתחמם ולייצר עומסי חום נוספים בתוך המבנה. בהפנייה הדרומית המערכת משולבת עם גג ירוק שמוריד את הטמפרטורה בגג ומשפר את יעילות התאים, בעוד שבהפניה המערבית הפאנלים משמשים להצללה על אזור הכניסה והגג הנמוך. החזית המזרחית מוצללת בכל שעות היום בזכות הקונסטרוקציה של מעטפת הבניין הבולטת החוצה וגם אוזנת את התאים הסולאריים באופן שאין עליהם צל.

המעטפת מתפקדת גם כחזית מאווררת כאשר על קונסטרוקציית הבטון ישנם פרופילי אלומיניום של שתי וערב עם מרווח אוויר כלפי מעלה. בחלק העליון של הקיר המאוורר ישנו קופינג בגוון שחור כך שכל זמן שהשמש מחממת את הקופינג נוצר לחץ וזרימת אוויר, כך שהאוויר החם עולה למעלה ולא מחמם את קירות הבית. אפקט זה משמש כמיקרו ונטילציה שמסקנת עוד שכבת בידוד תרמי, אקוסטי ומניעת גשרי קור.

בית משפחה של שתי קומות בעל מאזן אנרגטי חיובי. המבנה מייצר הרבה יותר אנרגיה ממה שהוא צורך בזכות השילוב בין תכנון פאסיבי, אשר חוסך בהוצאות האנרגיה השוטפות, ובין תאים פוטוולטאים בעלי יעילות גבוהה המייצרים אנרגיה נקייה. התאים משתלבים בקו המתאר של הבית באופן שאינו בולט ונטמעים עם המעטפת ההיקפית אשר מייצרת על ידי כך הצללות פאסיביות וחזית מאווררת לטובת התייעלות אנרגטית. בין המניעים לתכנון היה הצורך להוות דוגמה אישית לבית המסתמך על עקרונות סביבתיים ולייצר מציאות שתורמת לחיסכון באנרגיה ופועלת לצמצום את הנזקים הסביבתיים והבריאותיים הנגרמים מבזבוז וחוסר יעילות בשימוש באנרגיה, כמו גם את הפערים החברתיים הנגזרים מכך. בישראל, שלושת העשירונים העליונים צורכים יותר מ- 50% מהחשמל הביתי, הפרויקט מנסה להוות השראה ולהפיץ ידע בנושא.

נחונים

שטח בנוי: 248 מ"ר

שטח הגג: 107 מ"ר

שטח מותקן על הגג: 96 מ"ר

הספק מותקן: 17.28 kW

צריכת חשמל שנתית: 12,265 kWh

ייצור חשמל שנתי: 24,338 kWh



עצימות אנרגטית:

49

kWh/m²*Year

על הפרויקט

ייעוד המבנה: מגורים

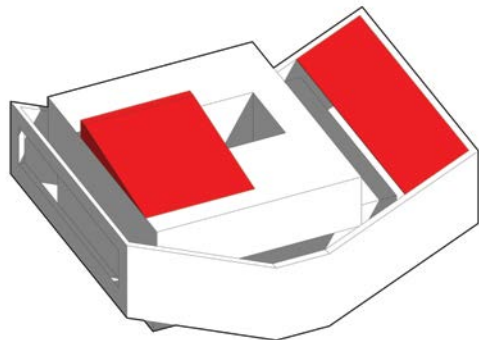
מיקום: ארסוף

סטטוס: בנוי

קטגוריית מבנה חיובי בצריכת איפוס: אנרגיה

טכנולוגיה וחדשנות

- חימום מים באמצעות שפופרות תרמו סולאריות וטיפול חדשני בנושא המים.
- גופי תאורה מבוססים על לדים בלבד וניתנים לעמעום ובכך מתקבל חיסכון משמעותי בצריכת האנרגיה.
- תאורת החוץ מכוונת כלפי מטה תוך כיסוי שטח מירבי ומתוכננת ליצירת מינימום זיהום אורי.
- מוצרי החשמל בבית בעלי דירוג אנרגטי גבוה במיוחד A+ ו-A.
- חיישני טמפרטורה ונוכחות.
- מיזוג VRF עם משאבת חום של חברת סמסונג בעילות גבוהה מאד אשר נותן מענה בימים הבודדים הנדרשים לאקלום מכאני. המערכת מאפשרת הפעלה נוחה ונפרדת לכל משתמש, תחזוקה נוחה, פיקוד ובקרה מרחוק וחיבור לחשמל החכם. המערכת שקטה במיוחד ושומרת על טמפרטורה קבועה ואחידה בחללים הממוזגים.
- מאוררי תקרה של חברת Big Ass מדגם הייקו בעלי קוטר של 1.5 מטר עם כנפי במבוק שיוצעים בתקשר עם החשמל החכם ולייצר סירקולציית רוח נעימה בכל הבית ולחסוך את השימוש במזגן ברוב שעות היום והלילה.
- מערכת חשמל חכם, נעשה על ידי חברת ואת, המאפשרת ניהול אנרגיה של הבית והיא נשלטת מהטלפון. חיישני נוכחות ואור המאפשרים שליטה חכמה בתאורה ובעוצמה הנדרשת.
- חברת Solar Edge סיפקה מערכות ניטור ובקרת ביצועים של אופטימיזר, ממיר מתח ותוכנת ניטור ובקרת ביצועים ברמת הקולט הבודד שמאפשרת הפקת של עד 25% יותר אנרגיה מהקולטים.



← מודל תלת מימדי של הבית והמערכת הפוטו-וולטאית

על גג הבית הותקנה מערכת ייצור חשמל באנרגיה סולארית המייצרת כ-25,000 (קוט"ש) בשנה אשר מהווה הרבה מעל צריכת החשמל הממוצעת. המערכת מורכבת מ-48 פנלים מתקדמים ביכולת ייצור אנרגיה גבוהה במיוחד (360 ואט לכל פנל) וההסדרה מול חברת החשמל היא בשיטת "מונה נטו". על מנת לאפשר ייצור אנרגיה ברוב שעות היום חצי מהמערכת הפוטוולטאית פונה לכיוון דרום והחצי השני לכיוון מערב, ומאפשרת ייצור גם בשעות שהן מעבר לשעות השיא.

תחוני צריכת וייצור אנרגיה

בשנת 2020 צריכת האנרגיה של הבית לפי חברת החשמל היתה 12,265 קוט"ש. נתון זה הינו נמוך באופן משמעותי מצריכת האנרגיה הממוצעת באזור בזכות התכנון הפאסיבי. ייצור האנרגיה בשנה זו עפ"י המונה של חברת Solar Edge עמד על 24,340 קוט"ש, פי שניים מהצריכה. בנוסף, סימולציות מעידות על כך שכ-13,300 קילוגרם של פליטת גזי CO2 נחסכו השנה על ידי המערכת וכי ייצור האנרגיה הירוקה ומניעת הזיהום כתוצאה מכך שקולים לנטיעה של כמעט 400 עצים חדשים!



גן החלומות

**אדריכלות: שפיזמן
שסל אדריכלים**
יזם: עמותת גדולים מהחיים
**יועצי בנייה ירוקה ואנרגיה:
אלפא פרויקטים ידוקים**
בשיתוף נעמי גלברט

גן החלומות, המוקם בסמוך לבית החולים סורוקה בעיר באר שבע, הינו גן לילדים חולי סרטן ולמחלימים ומאפשר קבלת מסגרת חינוכית מחזקת בזמן הטיפולים בבית החולים. המבנה הוא מרכז חינוכי שיקומי סטרילי, ייחודי לפעוטות וילדים חולי סרטן בגיל הרך. בגן פועלות בשעות היום שתי כיתות מעון יום לפעוטות עד גיל 3, ושתי כיתות חינוך מיוחד לילדים בגילאי 7-3. בשעות הערב פועלות במבנה מגוון פעילויות תמיכה וסיוע לנוער מחלימים מסרטן ובני משפחותיהם מאזור הנגב כולו.

תכנון הגן וביצועו נעשו במטרה לספק מבנה מוביל במאפייני הבנייה הירוקה, בעל ביצועים מצוינים בתחומי אנרגיה, מים, בריאות ונוחות המשתמשים בו בשטחי החוץ והפנים. רוב העבודה שהושקעה בתכנון וביצוע הגן נעשתה בהתנדבות, ומערכות רבות נתרמו לו כדי לעמוד ביעדים הגבוהים שהוצבו. המבנה מתוכנן לפי חזון היום כמבנה מאופס אנרגיה, המתפקד בצורה אופטימלית לנוחות ובריאות משתמשי יחד עם השגת חיסכון באנרגיה למשק ועלות צריכת חשמל עתידית מינימלית לעמותת "גדולים מהחיים".

גן החלומות צפוי להיות הגן המאופס אנרגטית השני בישראל, ולהמשיך את המגמה החיובית של תכנון מבנים התורמים למשתמשים וסביבתם.

נחונים

| | |
|------------------------|------------|
| שטח בנוי: | 825 מ"ר |
| שטח הגג: | 520 מ"ר |
| שטח מותקן על הגג: | 313 מ"ר |
| הספק מותקן: | 43 kW |
| צריכת חשמל שנתית: | 69,000 kWh |
| חיזוי ייצור חשמל שנתי: | 70,000 kWh |



נצימות אנרגטית:

84

kWh/m²*Year

על הפרויקט

| | |
|-----------------|--------------------------------------|
| ייעוד המבנה: | חינוך |
| מיקום: | באר שבע |
| סטטוס: | בנוי |
| קטגוריית איפוס: | מבנה מוכן לאיפוס (מבנה מאופס אנרגיה) |

תכנון פאסיבי

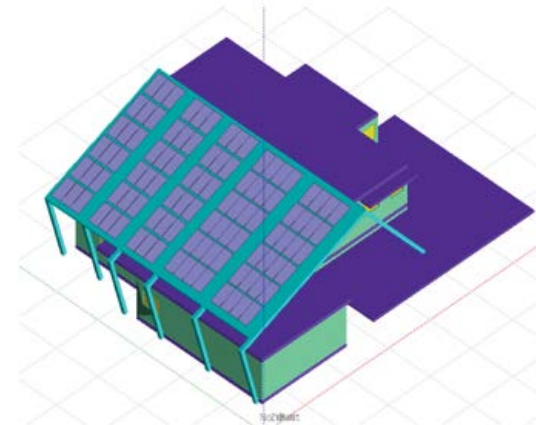
- המבנה כולל מאפיינים רבים התורמים לחיסכון אנרגטי ותוכנן לשמירת תנאים תרמיים נוחים בתחמו, באמצעות שילוב האמצעים הבאים:
- התאמת התכנון בהתאם למסלול השמש בהיבטים של העמדת והפניית המבנה, תכנון החזית וגדלי חלונות אופטימליים.
- הצללות מובנות על החלונות בכל החזיתות מלבד הצפונית.
- בידוד תרמי מחמיר מהנדרש עבור קירות החוץ והגגות לפי ת"י 1045.
- שילוב צלון כלאו בזיגוג לשליטה בכניסת קרינת השמש.
- זכוכית מסוג Low-e משולבת בזיגוג.
- מערכת מתקדמת של חומר משנה פאזה (PCM) בתקרות החללים, כנוספת מסה תרמית.

צילומים: חי פתרונות חכמים בע"מ



ייצור אנרגיה מתחדשת

מעבר למאפייני המבנה התורמים לחסכון אנרגיה באופן פאסיבי ועל מנת להגיע לאיפוס על ידי ייצור הותקנה מערכת פוטו-וולטאית על גג המבנה ועל הפרגולות המצלילות עליו. מיקום הקולטים על הגג והפרגולות נבדק בשלב ראשוני בתוכנת Pvsyst כדי לאפשר ייצור מקסימלי של אנרגיה ומניעת הצללות ממערכות ואלמנטים שונים באזור הגג. מיקומם הסופי של הקולטים נקבע על ידי קבלן המערכת באזורים האופטימליים בגג המבנה ובהצללה המערבית הקשתית.



← בדיקת ייצור אנרגיה במערכות פוטו - וולטאית, כפי שבוצעה בתוכנת Pvsyst

נחוני צריכת וייצור אנרגיה

תהליך התכנון כלל בניית מודל אנרגטי בתכנת eQUEST אליו הוזנו נתוני כל צרכני החשמל העתידיות של המבנה: מכשירי חשמל, תאורה ומערכות מיזוג. המודל נבנה לפי התכנון הקיים של המבנה על כל מאפייניו האדריכליים לרבות בידוד, סוג זיגוג והצללות. האנליזה התייחסה לקובץ אקלים מקומי לעיר באר שבע.

גודל המערכת הפוטו-וולטאית המותקנת, בהספק של 43 kW, נקבע לפי תוצאות המודל האנרגטי שהציגו צריכה שנתית צפויה מוערכת של כ- 69Mh. המבנה צפוי לייצר כ- 70Mh אנרגיה ובכך להגיע לאיפוס אנרגטי מלא.

טכנולוגיה וחדשנות

מבנה שולבו מערכות שונות לשמירה על חסכון אנרגטי בשימוש השוטף:

- חיישני נוכחות לכיבוי תאורה באזורים שאינם מאוכלסים בקביעות.
- מעגלי תאורה בחללים מאוכלסים בקביעות להפחתת צריכת חשמל לתאורה עם כניסת אור טבעי.
- מערכת בקרה למנייה של מערכות מיזוג אויר.
- מערכות מיזוג אוויר מסוג VRF בעלות יעילות אנרגטית A .
- אוורור לילה מכני.
- תאורת LED חסכונית כחלק מתכנון כולל של צפיפות תאורה אופטימלית.
- בנוסף, ביצועי המבנה בפועל ינוטרו בזמן אמת, על מנת לתת תוקף לתכנון ולהתאימו לתנאי השטח.



בית זיקי

אדריכלות: ברנד אדריכלים

בית זיקי נבנה בשנת 1999 ומאז מהווה סוג של מעבדת מחקר לבנייה ירוקה של בני הזוג, ד"ר לפיזיקה ואדריכלית, המתגוררים בבית עם משפחתם. למבנה שתי קומות ומרתף במפלסים מדורגים. בנוסף למערכת PV אשר הותקנה לאחרונה, בבית קיימת גם מערכת תרמו-סולארית ומשאבת חום אשר מספקות יחד מים חמים לרדיאטורים המחממים את חלל המגורים הגבוה ולג'קוזי. המבנה הממוקם בראש הגבעה, על קו פרשת המים, חשוף לרוחות מערביות חזקות ודורש אנרגיה בעיקר לחימום בעונת החורף.

על הפרויקט

| | |
|-----------------|--------------------------------------|
| ייעוד המבנה: | מגורים |
| מיקום: | זיכרון יעקב |
| סטטוס: | בנוי |
| קטגוריית איפוס: | מבנה מוכן לאיפוס (מבנה מאופס אנרגיה) |

נתונים

| | |
|------------------------|--|
| שטח בנוי: | 200 מ"ר |
| שטח הגג: | 87 מ"ר |
| שטח מותקן על הגג: | 36 מ"ר (PV) 14 מ"ר (מע' תרמו-סולארית) |
| הספק מותקן: | 8.4 kW |
| צריכת חשמל שנתית: | 14,400 kWh |
| חיזוי ייצור חשמל שנתי: | 14,400 kWh |



עצימות אנרגטית: **72** kWh/m²*Year



תכנון פאסיבי

בתכנון הבית הושם דגש גדול על התאמתו לתנאי האקלים ושילוב מאפיינים פאסיביים אשר תורמים להיותו חסכוני ויעיל באנרגיה. למבנה חזית ארוכה לכיוון דרום ובכל החלונות שבה הותקנו הצללות החוסמות קרינת שמש ישירה בחודשי הקיץ ומאפשרות את כניסתה בחודשי החורף. בפתחים בצד המזרחי מותקנים סוככים מתכווננים שמטרתם זהה. החלונות הפונים לכיוון צפון, כיוון הנוף, הם גדולים וקבועים ואילו אלו הפונים לכיוון המערבי מינימליים בגודלם.

בידוד תרמי חיצוני יוצר מסה תרמית שעוזרת לאגור את החום והקור במהלך השנה. לדוגמא, חתך הקיר החיצוני של המבנה מורכב מ-8 ס"מ של טיח תרמי המותקן על גבי 20 ס"מ של בטון.

ייצור אנרגיה מחדש

מאז שנת 2010 מותקנת בבית מערכת חימום תרמו-סולארית המספקת כ-72% מדרישות החימום על פני השנה, כולל מים חמים, חימום החלל וחימום המים לג'קוזי המותקן בחצר. בעבר,



צילומים: אדריכלית אלה ברנד - אדל

טכנולוגיה חדשנות

שילוב קולטי PV יחד עם קולטים תרמו-סולארים על אותו גג בפריסה יעילה, מבחינת מיקום וזווית הקולטים, דורש תכנון מתקדם באמצעות סימולציה אשר מתחשב בשינויים הקיצוניים בדרישות החום במהלך השנה. בנוסף, השילוב של מערכת תרמו-סולארית עם משאבת החום, אשר דורש בקרה מתוחכמת וידע נרחב בתחום, שכיח במדינות באירופה אך עדיין נדיר מאד בישראל למרות התאמתו לאקלים.



את חימום הבית בחודשים הקרים השלים תנור עצים. בשנת 2018 הוחלף תנור העצים במשאבת חום המחממת את הבית דרך אותם הרדיאטורים אשר מחוממים על ידי המערכת הסולארית ומספקת את 25% הנותרים מדרישות החום ב-COP מוערך של 3. בנוסף, משאבת החום מהווה גיבוי למים חמים ולחימום הג'קוזי.

בחודש יולי 2021 הותקנה מערכת PV בעלת הספק של 8.4 קילוואט אשר צפויה לספק 14,300 kWh שנתי ומתוכננת לכסות 100% מצריכת החשמל לאורך השנה. על בסיס נתונים שנאספו בחודשים האחרונים של ייצור החשמל בפועל אל מול הסימולציה, לאחר התקנת הפאנלים, עולה כי ייצור החשמל צפוי לעלות על הצריכה בכ- 5% עד 7%.

נחוני צריכת וייצור אנרגיה

צריכת החשמל של הבית עומדת על 14,400 kWh. כתוצאה מחשיפת המבנה לרוחות בשל מיקומו והתכנון הפאסיבי היעיל, צריכת האנרגיה לחשמל וחום בחודשי החורף עולה על צריכת האנרגיה בחודשי הקיץ.

האיפוס האנרגטי, איפוס החשמל והחום במבנה, נמדדים ומתוכננים בראייה שנתית: בחודשי הקיץ ועונות המעבר ייצור החשמל גבוה מהצריכה ובחודשי החורף קורה הדבר ההפוך. בחודשי החורף צריכת החשמל הביתית וכן הצריכה של משאבת החום עולה על ייצור החשמל המתקבל על ידי מערכת ה-PV.

עם זאת, על מנת להבין את התכנון האקלימי הייחודי של הבית יש להסתכל על מאזן החום והחשמל השנתיים באופן נפרד.

החום המופק מהתאים התרמו-סולאריים בחודשים אפריל עד אוקטובר עומד בדרישות הצריכה ואילו בחודשים נובמבר עד מרץ צריכת החום הביתית עולה באופן משמעותי. בחודשים אלו הפקת החום נעשית באמצעות התאים התרמו-סולאריים ומשאבת החום. כיום לא ניתן לאגור חום ולכן לא ניתן לנצל עודפי החום המיוצרים בקיץ.

החשמל המופק מתאי ה-PV בחודשים מרץ עד נובמבר עולה על דרישות הצריכה. בחודשים דצמבר עד פברואר צריכת החשמל הביתית, כולל משאבת החום, עולה והפקת החשמל הנעשית באמצעות תאי ה-PV מגובה בחשמל מחברת החשמל.

גירעון החשמל בחורף מאוזן על ידי הפקת יתר חשמל בקיץ ועונות המעבר.



רום במות הרמה

אדריכלות: ישראלה
וסר אדריכלים

יזם: עדלוג נכסים
(2014) בע"מ

יועץ בנייה ירוקה
ואנרגיה: אלפא
פרויקטים ירוקים

צילומים: נמרוד גנישר



תכנון פאסיבי

- משלבים מוקדמים בתכנון נקבע יעד משותף עם יזם הפרויקט לאיפוס אנרגטי של בניין המשרדים. האסטרטגיה שנקבעה והובילה את התכנון הייתה בראש ובראשונה תכנון יעיל אנרגטית ככל האפשר. הן ברמה הפאסיבית והן ברמה האקטיבית, ורק אח"כ מיקסום מערכת ה-PV המתוכננת במתחם. הפרויקט מתוכנן בצורה של קומת משרדים ארוכה וצרה, בהפניה דרום צפון אופטימלית (חזיתות ארוכות), כך שמתאפשר:
- מקסום תאורת אור יום לאורך כל קומת המשרדים העליונה, להפחתת השימוש בתאורה במהלך שעות הפעילות.
 - יישום יעיל של הצללות חיצוניות על חזית דרומית, להפחתת הקרינה וצמצום צריכת מיזוג האוויר.
 - תכנון מתאים ליישום פאנלים סולאריים עם הצללה הדדית מינימלית.

מרכז לוגיסטי של חברת רוֹם ישראל - במות הרמה בע"מ, מהחברות המובילות בהשכרת, מכירת ותחזוקת כלים ניידים לעבודה בגובה. המרכז ממוקם באזור התעשייה במודיעין הכולל בניין משרדים בגובה שלוש קומות, מוסך לטיפול בבמות, ומבנה לניקוי ושטיפה של הבמות.

על מנת לספק שירותים ברמה גבוהה ללקוחותיה בשנים הבאות ומתוך ראיית איכות סביבה ואחריות חברתית, החליטה הנהלת החברה לתכנן ולבנות מתחם לוגיסטי חדיש שיעמוד בסטנדרטים הגבוהים ביותר בהיבטים אלו ושיתמוך בגידול העתידי המתוכנן לצי הכלים אותם היא מתפעלת בארץ.

תכנון הפרויקט הינו ייחודי ומשלב מאפיינים למזעור פגיעה בסביבה ויצירת תנאי נוחות משופרים למשתמשי הבניין. בהתאם לחזון הפרויקט, החל משלבי התכנון המוקדמים היה ניסיון לייצר עבודה אינטגרטיבית בנושאים תכנוניים רב תחומיים במטרה לזהות הזדמנויות ליצירת סביבות עבודה מעולה שיהיו בריאות, נוחות

וחסכוניות במשאבים תוך התבססות על עקרונות בנייה ירוקה. הבניין נמצא תוך תהליך התעדה לרמה של לפחות LEED SILVER Operations & maintenance תקן לבניינים קיימים ומתוכנן להסמכה עד אמצע שנת 2022.

נחזינים

| | |
|------------------------|-------------|
| שטח בנוי: | 5000 מ"ר |
| שטח הגג: | 2500 מ"ר |
| שטח מותקן על הגג: | 2100 מ"ר |
| הספק מותקן: | 130 kW |
| צריכת חשמל שנתי חזויה: | 187,000 kWh |
| חזיון ייצור חשמל שנתי: | 207,000 kWh |



עצימות אנרגטית:
37
kWh/m²*Year

על הפרויקט

| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| ייעוד המבנה: | תעשייה ולוגיסטיקה |
| מיקום: | מודיעין |
| סטטוס: | בנוי |
| קטגוריית איפוס: | מבנה מוכן לאיפוס (מבנה חיובי באנרגיה) |

ייצור אנרגיה מתחדשת

לצורך איפוס הצריכה בפרויקט, ברזולוציה שנתית, הושם משקל משמעותי על תהליך מיקסום ייצור האנרגיה המתחדשת במערכת סולארית המותקנת על גגות המבנים באתר אשר כבר מותקנת מינואר 2021. המערכת מתוכננת לייצר חשמל בהספק של כ-130 kWp אשר צפויה לייצר 207 MWh בשנה. המערכת מתוכננת לאפס מבחינה אנרגטית את כלל המתחם, את מבנה המשרדים, מוסך הטיפול בממות ומבנה השטיפה.

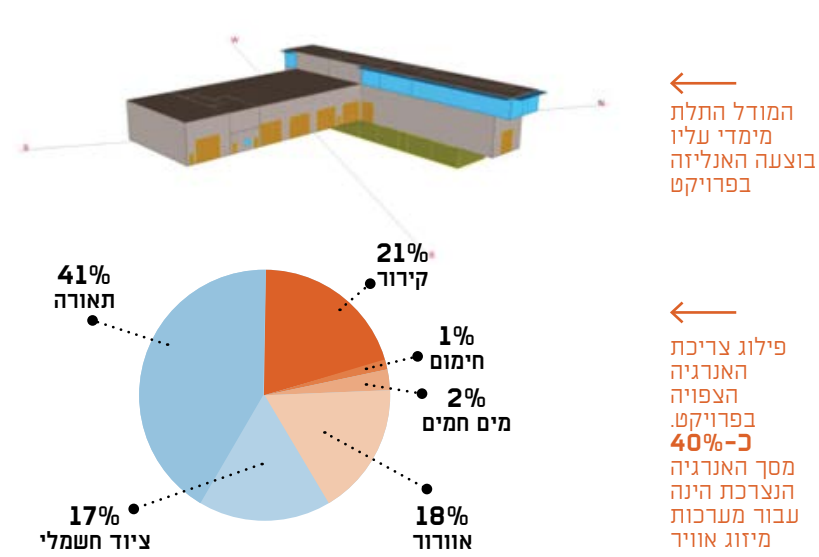
תכנון הפאנלים בוצע בצורה של ניצול השטחים הפוטנציאליים באופן מקסימלי:

- זווית (אזימוט) יעילה למיקסום ייצור האנרגיה - הפניה דרומית, וזווית הטיית פאנלים אופטימלית בהתאם למיקום הגיאוגרפי של הפרויקט.
- ניצול שטח הפרגולות שמעל הכלים לייצור חשמל.
- שימוש בגג העליון שמעל המשרדים, בצורה שתפחית מהקרונה המתקבלת על הגג שמעל המשרדים.
- תכנון שורות פאנלים ארוכות, הפחתת 'שטחים מתים' (אשר מוצלים ע"י הפאנלים עצמם / משמשים לטובת תחזוקה של המערכת) בניצול מירבי של שטחי הגגות.

תחומי צריכת וייצור אנרגיה

הערכת הצריכה השנתית של הפרויקט

לצורך בחינת הצריכה השנתית הצפויה של הפרויקט והגשת הפרויקט לתקן LEED הוכן מודל אנרגטי של המרכז הלוגיסטי ובניין המשרדים בשיטת BIM. המודל כלל את כל צרכני האנרגיה העיקריים ולקח בחשבון את הבינוי המתוכנן, האקלים, מעטפת הבניין, לוחות זמנים ועומסים צפויים בהתאם לפרוגרמה ומידול מפורט של מערכות מיזוג אוויר ומאפשר חיזוי שעתי של הצריכה הצפויה במבנה.



הסימולציות הציגו חיסכון צפוי של כ-14% בצריכת האנרגיה בהשוואה למקרה הייחוס המחמיר המוגדר בתקן ASHRAE. עוד ניתן לראות כי מערכת מיזוג האוויר בפרויקט צורכת כ-40% מסך האנרגיה הנצרכת וכך גם מערכת התאורה.

הפרויקט מיועד להיות מאופס אנרגיה ברזולוציה שנתית באמצעות המערכת הפוטוולואית המותקנת באתר.

הצריכה השנתית הצפויה עפ"י המודל האנרגטי היא 187,000 kWh והייצור 207,000 kWh.

טכנולוגיה וחדשנות

השיפור בתפקוד האנרגטי של המבנה ובצריכה מתקבלים באמצעות המאפיינים הבאים:

- הצללות חיצוניות אופקיות למניעת קרינה ישירה על זיגוג קומת המשרדים, והגדלת שטח הגג ליישום פאנלים סולאריים.
- יחידות מ"א מסוג VRF ביעילות גבוהה במיוחד, המאפשרות קירור וחימום במקביל, תוך שימוש מינימלי ביחידות חוץ החוסך שטחים פוטנציאליים למערכות לייצור אנרגיה על הגגות.
- ניצול חום שיורי ממערכות מ"א - HEAT RECOVERY, למיקסום יעילות המערכות ולצמצום צריכת האנרגיה למיזוג החללים.
- תכנון תאורה יעיל באנרגיה, בשימוש בנורות LED בלבד, בהפחתה של 20% בעומס האנרגיה לתאורה ביחס לתקן ASHRAE האמריקאי.
- שימוש במערכת LUTRON מחברת גלובל קוואלטי הכולל גלאי נוכחות לצמצום צריכות התאורה בחללים לא מאויישים, ובגלאי אור יום לחיסכון בחשמל וניצול תאורה טבעית.
- שילוב מערכות מתקדמות BEMS לבקרה וניטור של אנרגיה בבניין, זיהוי תקלות, איסוף נתונים והרגלי צריכה, בתוספת שימוש באפליקצית 'בית חכם' לשליטה מרחוק.



מעון יום ומרכז קהילתי לגיל הרך

אדריכלות וייעוץ בנייה ירוקה ואנרגיה: אוסטרליץ אדריכלות

יום: מועצה אזורית מטה יהודה

מבנה מעון היום והמרכז הקהילתי לגיל הרך בשכונת סנסן בצור הדסה תוכננו לבקשת המועצה האזורית מטה יהודה. השכונה, שמאוכלסת כיום בהדרגה, כוללת בעיקר בנייה רוויה למגורים ומשווקת למשפחות צעירות. לאור זאת, יש צורך ביצירת מבנה שישימש מעון לילדים צעירים וכן מרכז קהילתי לגיל הרך לשעות אחר הצהריים.

יעילות אנרגטית מרבית הייתה בין היעדים המרכזיים של האדריכלים והמזמין כבר מראשית הפיתוח הרעיוני. משום כך תוכנן מבנה נמוך, הצומח מהשטח ויוצר "טופוגרפית גגות" - מדמה את תחושת מדרון ההר הקיים וגם יוצרת משטחים בשיפוע נכון למערכת סולארית. המבנה תוכנן ב-2 קומות, בהתאמה לכיוון השיפוע הטבעי של המגרש ובהתאמה למפלסי הרחוב הקיים לשם יצירת נגישות נוחה ממנו למבנה.

המבנה תוכנן מראש להיבנות בטכנולוגיות בנייה מתקדמות ובחומרים בעלי ערך בידוד תרמי גבוה בהתאם לתנאי האקלים של הרי ירושלים אשר תורמים לתפקוד אנרגטי

נתונים

שטח בנוי: 970 מ"ר

שטח הגג: 625 מ"ר

שטח מותקן על הגג: 450 מ"ר

הספק מותקן: 45 kW

צריכת חשמל שנתית חזויה: 37,250 kWh

חיזוי ייצור חשמל שנתי: 62,881 kWh

עצימות אנרגטית:

38

kWh/m²*Year

פוטנציאל איפוס: **169%**

על הפרויקט

ייעוד המבנה: חינוך

מיקום: צור הדסה

סטטוס: מתוכנן

קטגוריית איפוס: מבנה מוכן לאיפוס (מבנה חיובי באנרגיה)

תכנון פאסיבי

תפקוד מעטפת תרמית: לשם השגת תפקוד תרמי פאסיבי ככל הניתן והפחתת שעות שימוש במזגנים, הוחלט על שיטת בנייה המשלבת בידוד רב במעטפת הקירות החיצוניים והגגות. בנוסף, חתך שלד המבנה מאפשר ניצול יתרונות המאסה התרמית של רכיבי הבטון של הרצפות ומבנה הממ"ד. חישוב התועלת של המאסה התרמית לוקח בחשבון גם את המגע הישיר של חלקי הבטון עם הסלע המקומי, השומר על טמפרטורת קרקע הקבועה. מאסה תרמית זו תורמת בעיקר לאיזון הטמפרטורה החיצונית המשתנה בקיץ ומאפשרת קירור פאסיבי של המבנה והפחתת הצורך במיזוג אוויר - צרכן האנרגיה העיקרי במבנה זה.

תאורה טבעית: על מנת לאפשר הארה אחידה ברמתה ולצמצם סנוור פוטנציאלי מחלונות המבנה, בוצעו במהלך התכנון סימולציות הצללה ותאורה טבעית. בהתאם להן התקבלו ההחלטות על מיקום הפתחים במעטפת המבנה. הפניית הפתחים העיקריים של כל כיתות המעון לדרום יוצרת הצללה אפקטיבית בקיץ ומסייעת להחדרת שמש מחממת בחורף לעומק כיתות המעון והשגת חימום פאסיבי.



הדמיות: AUS אוסטרליץ אדריכלות

העומסים בחישוב נלקחו מה 90.1 ASHRAE ו-62.2, וכללו חימום מים בדוד חשמלי, אנרגיה לקירור, חימום, מכשירים חשמליים ותאורה.
 על פי הסימולציות צריכת האנרגיה השנתית תעמוד על כ- 37,250 kWh.
 הפרויקט מתוכנן לייצור אנרגיה סולארית: כ- 62,881 kWh.
 כך המבנה יכול להגיע לייצור של 170 אחוז מהאנרגיה שהוא צורך ולתרום להחזר כספי של עלויות עודפות בבנייתו.

טכנולוגיה וחדשנות

מערכות אקטיביות צורכות אנרגיה בטכנולוגיות חדשניות

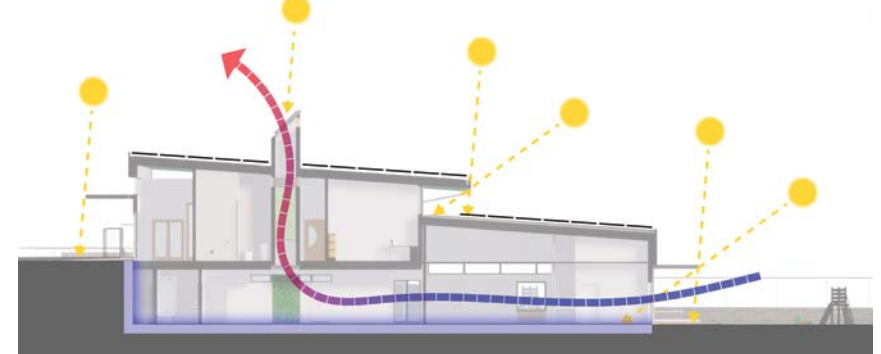
- במסגרת התכנון להפחתת צריכת אנרגיה, המבנה מתוכנן להיות ממוזג מקומית (לפי צורך) ביחידות מיזוג קטנות ויעילות [בדירוג A] בכל אזור בנפרד. כך תושג שליטה מקומית, בהתאמה לצורך של כל אזור ואזור.
- ישולבו מערכות תאורה יעילות שמתוכננות בחלוקה לאזורי הפעלה, בהתאם לכמות התאורה הטבעית המתקבלת בחללים (לפי סימולציה תאורה שנעשתה). השליטה במערכות תאורה אלו תהיה גם על פי יעדי כמות התאורה והגדרות בבקרים פשוטים שימנעו הפעלת המאור כאשר אינו נדרש.
- מעון יום דורש לא מעט מים חמים לרחצה והדחת כלים. חימום המים יעשה במערכת חדשנית המשלבת יצור חשמל סולארי וחימום מים סניטאריים.

פעולות אדריכליות נוספות לשיפור קיימות המבנה וסביבתו

- בנוסף לתכנון להשגת מקסימום יעילות אנרגטית, התכנון האדריכלי של המבנה וסביבתו יגביר את החוסן והקיימות שלו על ידי:
- תכנון שטחי החוץ של המעון בגישה נופית אקולוגית מאפשר לצוות ולילדים חיבור במבט ובתחושה לאלמנטים חיים, משחק בסביבות מוצלות, מגע עם חומרים טבעיים.
- התכנון הנופי-הידרולוגי מטפל ב- 100% ממי נגר הגשמים המתקבלים במגרש על ידי פתרונות נגר בעלות נמוכה ויעילות גבוהה.
- כל שטחי המרכז הקהילתי לגיל הרך מאפשרים גמישות גבוהה בחלוקות הפנים, ויאפשרו שינויים נדרשים עם הזמן.
- בחירת חומרי החיפוי החיצוני וחומרי הגמר הפנימיים נעשתה גם על פי שיקולים של עמידות לאורך שנים, וזאת במטרה להפחית עלויות התחזוקה והתפעול לאחר אכלוס המבנה ולשמור על חוסן מבני לשנים רבות.



אוויר פאסיבי: ארובת אוורור החודרת דרך הקומה השנייה עד לגג המבנה מאפשרת תנועת אויר פנימית מיטיבה, ופינוי האויר החם בקיץ. הפעלת ארובה זו תהיה בשליטה של מערכת בקרה שתסנכרן בין האוויר הפאסיבי ופעולת מערכות המיזוג.

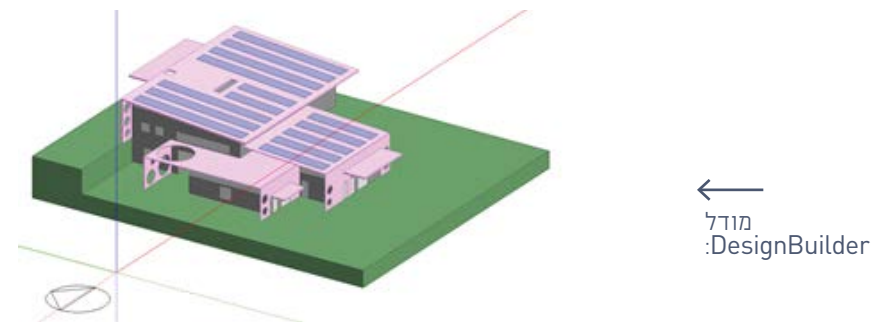


ייצור אנרגיה מחודשת

תכנון הגגות הסולאריים נעשה בתהליך של אופטימיזציה בתכנת RHINO ו-GRASSHOPPER, שאפשרו לתכנן בצורה מיטבית את פריסת הפאנלים הסולאריים (כולל מרחקי שירות ותחזוקה) והתאמת שטחי הגגות וזווית ההפניה תוך צמצום קונסטרוקציית משנה עודפת לפנלים. העבודה הפרמטרית בתכנה אפשרה בחינה של מספר רב של תרחישים בו זמנית, ומיטוב (אופטימיזציה) של מאפייני תכנון שיתמכו בהפקת אנרגיה מקסימלית. כמסקנה מהתכנון הפרמטרי הוגדרה זווית גגות ל-18 מעלות לכיוון הדרום, הוגדל שטח הגג בבליטות הקירוי ההיקפי מקונטור המבנה והופחתו אזורי פאנלים שהוצלו על ידי פיר אוורור שחוצה את המבנה לגובה. התוצאה המתקבלת מאפשרת התקנה של מערכת סולארית בהספק של כ- 45 קילוואט מותקן, ומשתרעת על שטח של 450 מ"ר מתוך שטחי הגגות.

תחומי צינח וייצור אנרגיה

לחישוב הדירוג האנרגטי של המבנה נבנה מודל בתכנת Design Builder בו הוזנו נתוני המבנה הפאסיביים והאקטיביים המשפיעים על ההתנהלות האנרגטית. המבנה עומד בדירוג A.



אמות מודיעין

תכנון פאסיבי

כבר מהשלב המוקדמים של הפרויקט נקבע יעד תכנון יעיל ברמה האנרגטית, הן ברמה הפאסיבית והן האקטיבית, והוחלט על איפוס אנרגטי של בניין המשרדים שיציע להשכרה ברמת מעטפת.

בתכנון הושם דגש מרכזי על מיקסוס האור הטבעי המתקבל בחללים השונים. הפרויקט מתוכנן בצורה ארוכה וצרה ובעל חזיתות דרומית וצפונית ארוכות המאפשרות כניסת תאורה טבעית לאורך כל קומות המשרדים למטרת הפחתת השימוש בתאורה מלאכותית במהלך שעות הפעילות. על פי אנליזה שבוצעה, בהתאם להנחיות ההסמכה לתקן, ניתן לראות כי מעל ל-75% מהחללים המאוכלסים בקביעות צפויים לקבל אור יום מספק. בנוסף מתוכנן יישום של הצללות מבוקרות כחלק מקיר המסך הכפול להפחתת הקרינה וצמצום צריכת מיזוג האוויר וכן אמצעים להפחתת הסנוור בקומות.

**אדריכלות:
גל מרום אדריכלים**
יזם: אמות השקעות
**יועץ בנייה ירוקה ואנרגיה:
אלפא פרויקטים ירוקים**

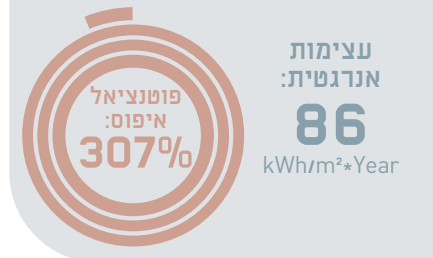
הפרויקט הינו פרויקט יזמי של "אמות השקעות" הממוקם באזור התעשייה במודיעין הכולל בניין משרדים בגובה 6 קומות בשטח מתחם "שופרסל" ומבנה לוגיסטי אוטומטי גדול אשר ישרת את החברה כמל"וג להזמנות האונליין שלהם. הפרויקט משלב מאפיינים ירוקים בתכנון למזעור פגיעה בסביבה וליצירת תנאי נוחות משופרים למשתמשי הבניין שמטרתן יצירת סביבות עבודה שיהיו בריאות, נוחות, וחסכוניות במשאבים. הפרויקט במהלך תהליך הסמכה לתקן LEED V4 ברמת GOLD לכל הפחות ומיועד להיות מאופס אנרגיה ברזולוציה שנתית על ידי ייצור אנרגיה פוטו-וולטאית במערכת אשר תותקן במתחם.



הדמיית: גל מרום אדריכלים

נחזנים

| | |
|--------------------------------|---------------|
| שטח בנוי: | 9150 מ"ר |
| שטח הגג: | 1500 מ"ר |
| שטח מותקן על גג המרל"וג הסמוך: | 1500 מ"ר |
| הספק מותקן: | 150 kW |
| צריכת חשמל שנתית חזויה: | 782,720 kWh |
| חיזוי ייצור חשמל שנתי: | 2,400,000 kWh |



על הפרויקט

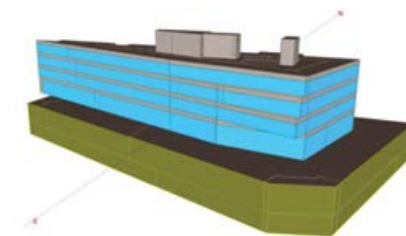
| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| ייעוד המבנה: | משרדים ולוגיסטיקה |
| מיקום: | מודיעין |
| סטטוס: | בנוי, לפני אכלוס |
| קטגוריית איפוס: | מבנה מוכן לאיפוס (מבנה חיובי באנרגיה) |

ייצור אנרגיה מתחדשת

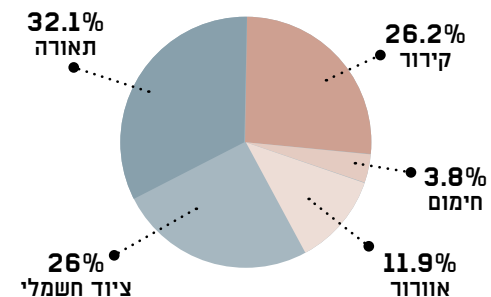
לצורך איפוס צריכת האנרגיה בפרויקט ברזולוציה שנתית נעשה תהליך של מיקסום ייצור האנרגיה המתחדשת במערכת סולארית באתר. המערכת מתוכננת על גג המבנה הלוגיסטי שממוקם מצפון למבנה המשרדים למטרת איפוס צריכת האנרגיה של מבנה המשרדים בלבד. בשלב זה מתוכננת המערכת הסולארית לייצור חשמל בהספק של כ-1.5 MWp אשר צפויה לייצר 2,400 MWh בשנה.

נחוני צריכת וייצור אנרגיה

לצורך בחינת הצריכה השנתית הצפויה של הפרויקט, במסגרת ההסמכה לתקן LEED, הוכן מודל אנרגטי מלא אשר כלל את כלל צרכני האנרגיה העיקריים ולקח בחשבון את הבינוי המתוכנן, תנאי האקלים, מאפייני מעטפת הבניין, לוחות הזמנים והעומסים הצפויים בהתאם לפרוגרמת השימוש במבנה. לצורך הסימולציה והערכת צריכת החשמל מודלו המערכות השונות, ובניהן מערכות מיזוג האוויר, דבר המאפשר חיזוי שעתית של הצריכה הצפויה של המבנה. באמצעות המודל ניתן לראות כי כ-42% מסך האנרגיה הנצרכת בפרויקט הינה עבור אקלים המבנה ועבור מערכת מיזוג האוויר. על פי המודל הבניין צפוי להשיג חיסכון אנרגטי כולל של כ-14% בהשוואה למקרה הייחוס המחמיר המוגדר בתקן ASHRAE 90.1-2010. המודל האנרגטי מצביע על צריכת אנרגיה צפויה של 782,720 kWh ועל ייצור אנרגיה של 2,400,000 kWh.



← מודל תלת מימדי בשיטת BIM של בניין המשרדים



← פילוג צריכת האנרגיה הצפויה בפרויקט. כ-42% מסך האנרגיה הנצרכת בפרויקט הינה עבור מערכות מיזוג אוויר

טכנולוגיה חדשנות

- בין האלמנטים שהוטמעו בתכנון ומטרתם להביא לחסכון ויעילות באנרגיה ניתן למצוא:
 - תכנון מעטפת מתקדמת, מסוג דאבל סקין עם הצללות מבוקרות, בעבודה משותפת של אדריכלי הפרויקט, יועצי האלומיניום ויועצי הבנייה הירוקה.
 - יחידות VRF ביעילות גבוהה במיוחד עם Heat Recovery, טכנולוגיה המאפשרת בקרה על ספיקת הקרר ופעולת המדחס לעבודה באופן אינטגרלי ורציף. וכן, שימוש בחום שיורי לחימום ויעילות אנרגטית גבוהה גם בעומסים חלקיים וגם בחימום, כאשר נדרש קירור וחימום יחד בחללים שונים.
 - תכנון תאורה יעילה אנרגטית באמצעות תאורת LED אשר יעילה ב-20% ממקרה הייחוס בתקן ASHRAE 90.1-2010.
 - שימוש בגלאי אור יום בחללים הרלוונטיים.
 - שילוב מערכות מתקדמות לבקרה וניטור של אנרגיה בבניין (BEMS) ומערכת מנייה חכמה (קומתית).



בית משפחה כהנוביץ'

אדריכלות: אוסטרליץ
אדריכלות בשיתוף
אדרי' מיכל אילן

תכנון פאסיבי

התכנון של הבית התבסס על עקרונות תכנון פאסיביים ובראשם העמדת המבנה ותכנון הגג המשופע בצורה המנצלת את קרינת השמש בצורה המיטבית לייצור אנרגיה סולארית בחודשים החמים ומאפשרת חימום פאסיבי בחודשים הקרים. התקרה והפתחים הגבוהים בהפניות מזרח ומערב נועדו לאוורר את הבית ולסייע בשחרור החום. הצללת המבנה מתאפשרת על ידי הפאנלים הסולאריים והפרגולה בחזית הדרומית שתוכננה בעומקה לאפשר קרינת שמש חורפית. בפתחים בחזיתות המזרחית והמערבית שולבו תריסים חשמליים למניעת חדירת קרינת שמש ישירה בהתאם לשעות היום. מעטפת המבנה בנויה משלד פלדה ומבודדת על ידי צמר סלעים ואילו קירות הממ"ד מבודדים באמצעות לוחות בידוד חיצוניים. הרצפה משמשת כמסה תרמית התורמת לאקלום הפאסיבי של הבית. הדירוג האנרגטי של המבנה הינו A+.



צילומים: שחר כהנוביץ' גל

נחונים

| | |
|------------------------|------------|
| שטח בנוי: | 126 מ"ר |
| שטח הגג: | 117 מ"ר |
| שטח מותקן על הגג: | 70 מ"ר |
| הספק מותקן: | 16.1 kW |
| צריכת חשמל שנתית: | 16,741 kWh |
| חיזוי ייצור חשמל שנתי: | 27,853 kWh |

עצימות אנרגטית:

133

kWh/m²*Year

פוטנציאל איפוס:

166%

על הפרויקט

| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| ייעוד המבנה: | מגורים |
| מיקום: | קיבוץ יקום |
| סטטוס: | בני |
| קטגוריית איפוס: | מבנה מוכן לאיפוס (מבנה חיובי באנרגיה) |

ייצור אנרגיה מחודשת

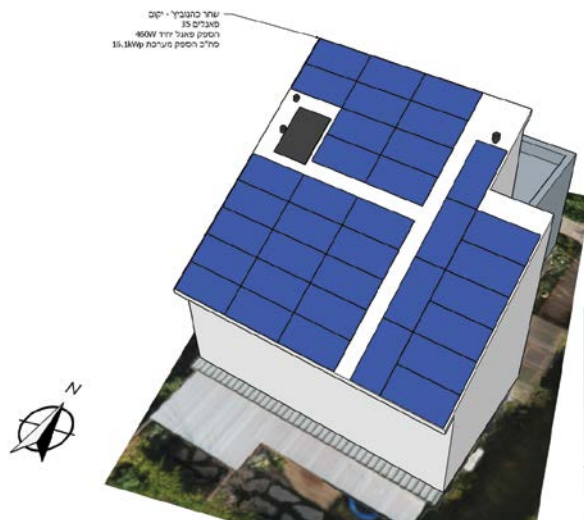
הבית אוכלס בשנת 2018 אך המערכת הסולארית הוקמה רק לאחרונה. מסיבה זו נתון ייצור האנרגיה מבוסס על ידי חיזוי תפוקות ותזרים לפי החברה המתקינה. גג המבנה מחולק לשניים, האחד בגודל 87 מ"ר ומשופע לכיוון דרום והשני בגודל של 30 מ"ר עליו עתידה להבנות תוספת. על החלק המשופע הותקנו 35 פאנלים בהספק של 16.1kW הצפויים לייצר 27,853 קוט"ש בשנה הראשונה. לאחר מיצוי זכויות הבנייה ניתן יהיה להגדיל את המערכת בעוד כ-8kW.

נחוני צריכת וייצור אנרגיה

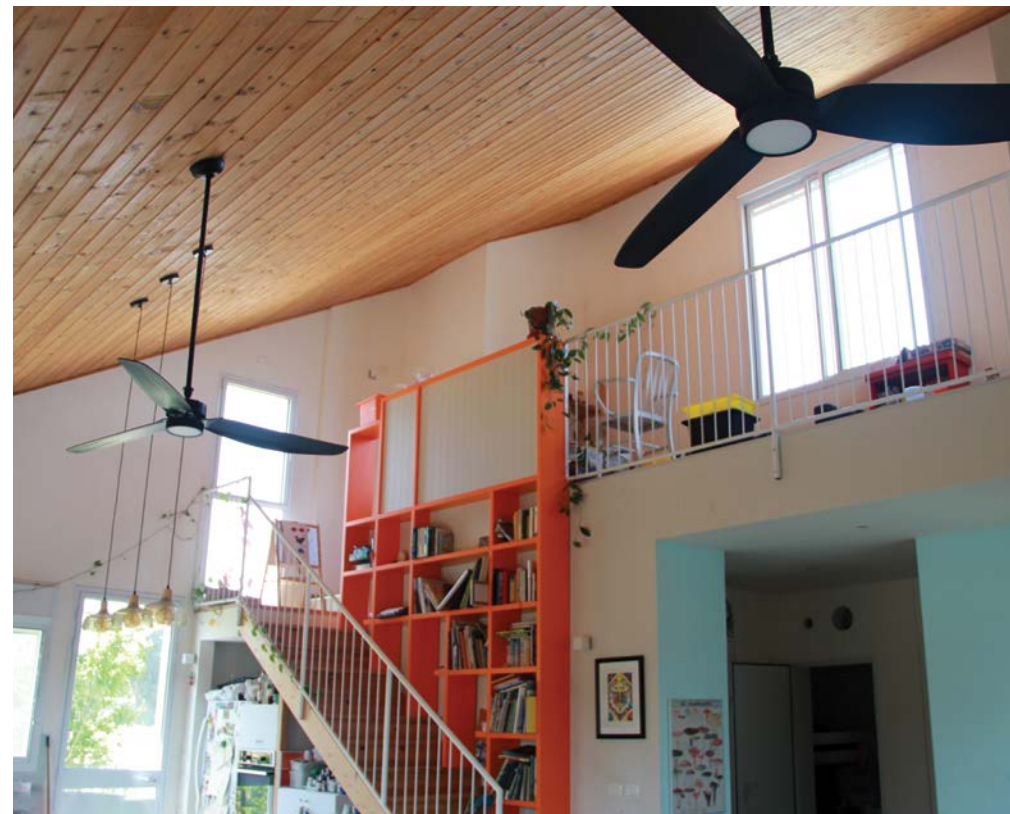
לדברי המשפחה, מעבר לנתונים הפאסיביים המביאים לחסכון, צריכת החשמל השנתית מושפעת מאד מאופן השימוש במבנה וניתן לראות הפרשים משמעותיים בין הדיירים השונים שגרו בבית בתקופות שונות. בעקבות כך עודף הייצור החזוי בהשוואה לצריכת האנרגיה יכולה לנוע משמעותית: בשנת 2019-20 נרשמה צריכה של 9,787 קוט"ש (עודף של כ- 65%) ואילו בשנת 2020-21 נרשמה צריכה של 16,741 קוט"ש (עודף של כ- 40%).

טכנולוגיה חודשנית

- הותקנו מאווררי תקרה בכל מרחבי הבית ועל ידי כך מתאפשר מעבר אוויר טבעי אשר מאוורר את חללי הפנים ומאיץ את שחרור החום בקיץ ומפזר אותו בצורה אפקטיבית בחורף.
- חומרי הבנייה ברובם הם חומרים בעלי תו ירוק. כמו כן, שיטת הבנייה שנבחרה, שלד פלדה, מאפשרת פירוק ומיחזור קל יותר בסיום חייו.



↑
מודל תלת מימדי ופריסת פאנלים



בז"א 21 קריית ההזונה הטכנולוגית של חיל האוויר

אדריכל מבנים ראשי: מוססקו
אדריכלים בשיתוף משרד
יחי אמסילי אדריכלות ויעקב
לנדא אדריכלים
זום: חיל האוויר
יועצי בנייה ירוקה ואנרגיה:
אלפא פרויקטים ירוקים
בשיתוף נעמי גלברט

תכנון פאסיבי

תכנון המבנים והעמדתם התבצע לפי היבטים פאסיביים שמאפשרים את הקטנת עומסי החום הנובעים מקרינה ישירה על החזיתות, מיקסום אור יום ע"י תכנון שטחי חלונות מרובים לכיוון צפון ודרום עם הצללה מתאימה וזיגוג סלקטיבי בחזית הדרומית ומיקסום יישום PV על הגגות. בין האסטרטגיות שנבדקו בוצעה אנליזת אור יום עבור האטריומים המרכזיים והחללים הרלוונטיים ונעשו התאמות על מנת להגיע לרמות אור אופטימליות. בין המאפיינים הפאסיביים ששולבו בפרויקט:

- תכנון מיטבי להפניית חזיתות ארוכות במבנים לצפון ודרום.
- תכנון רפפות חיצוניות בחזיתות הצפוניות בשילוב אחוזי זיגוג גבוהים ע"מ לאפשר תנאי עבודה נאותים בחללים.
- תכנון רפפות חיצוניות יעילות במניעת קרינת שמש ישירה בחזיתות הדרומיות, המערביות והמזרחיות.



הדמיות: מוססקו אדריכלים ומתכנני ערים

הבסיס הינו בסיס הדרכה סגור בדרום הארץ ומהווה שער הכניסה של הצוותים הטכניים של חיל האוויר לצה"ל ולחיל. הבסיס כולל 25 מבנים עיקריים בני קומה אחת עד שלוש ומבני תמך (מרכז אנרגיה, תחנת שאיבה וכו').

המבנה מתוכנן כבסיס מאופס אנרגיה כחלק מחזון שאפתני של מנהלת המעבר והחיל. אסטרטגיה זו דרשה עבודה תכנונית למיקסום ההיבטים הפאסיביים של המבנים, תכנון מערכות חסכוניות ככל האפשר וייצור אנרגיה מתחדשת פוטו-וולטאית בהספק הנדרש לאפס את הצריכה.

כלל המבנים הרלוונטיים נמצאים בשלב ההסמכה לת"י 5281 בדירוגים שונים (3-1 כוכבים) כאשר כל מבנה מוגש להתעדה לפי הייעוד הרלוונטי לו (משרדים, חינוך, התקהלות [ציבורית ומגורים]).

נתונים

| | |
|-----------------------------|---------------|
| שטח בנוי: | כ- 55,000 מ"ר |
| שטח הגג: | כ- 30,000 מ"ר |
| שטח מותקן על הגג: | 24,310 מ"ר |
| הספק מותקן על גגות הפרויקט: | 2,800 kWp |
| הספק מותקן כולל: | 4,300 kWp |
| צריכת חשמל שנתית חזויה: | 6,821,300 kWh |
| חיזוי ייצור חשמל שנתי: | 6,677,900 kWh |



עצימות אנרגטית:
119
kWh/m²*Year

על הפרויקט

| | |
|-----------------|---|
| ייעוד המבנה: | מעורב |
| מיקום: | דרום הארץ |
| סטטוס: | מתוכנן |
| קטגוריית איפוס: | מבנים מוכנים לאיפוס (מבנים מאופסי אנרגיה) |

- סקיילייטים המופנים צפונה צפויים לאפשר נוחות וויזואלית מוגברת.
- הפניית גגות אופטימלית לכיוון דרום ליישום פאנלים.
- צירת פאטיו פנימי המאפשר שילוב צמחייה וקווי מבט איכותיים מהמבנה.

ייצור אנרגיה מתחדשת

יישום המערכת הפוטו-וולטאית מתוכנן בשני שלבים. בשלב הראשון מתוכננת התקנת פאנלים בהספק גבוה ככל הניתן על גגות המבנים ובסקיילייט PV באחד המבנים הייצוגיים, בשילוב עם חצי מההספק המתוכנן להתקנה על הקרקע המוקצית ליישום PV בתחומי הבסיס. בשלב השני, לאחר שנת אכלוס וניתוח צריכת אמת, מתוכננת השלמת ההספק הנדרש על ידי פאנלים אשר יותקנו על הקרקע.

נחוני צריכת וייצור אנרגיה

לצורך חישוב מאזן הייצור השעתי מול מאזן הצריכה, וכחלק מהתכנון האנרגטי של הבסיס בוצע מודל אנרגיה לבסיס המתוכנן כולו. המודל כלל את צרכני האנרגיה העיקריים ולקח בחשבון את הבינוי המתוכנן, האקלים, מעטפות הבניינים, לוחות הזמנים והעומסים הצפויים בהתאם לפרוגרמה וכן מידול מפורט של מערכות מיזוג האוויר במרכז האנרגיה ובחללים עצמם אשר אפשר חיזוי שעתי של הצריכה הצפויה של הבסיס. ההספק המתוכנן הינו כ-2.8 MWp על גגות המבנים במקביל לכ-1.5 MWp נוספים שיופקו מהתקנה על הקרקע.

נתונים נוספים הנלקחו בחשבון בחישוב האיפוס האנרגטי: ניתוח וחישוב תעו"ז על פי פרמטריים כלכליים מקובלים, ניתוח ייצור אנרגיה שעתי שבוצע במחשבון ייעודי של משרד האנרגיה האמריקאי וחישוב צריכה שעיתית על מנת לצמצם למינימום את הזרמת האנרגיה לרשת החשמל הארצית.

טכנולוגיה וחדשנות

- במסגרת הפרויקט נערכו שתי סדנאות (IDP Integrated Design Process), ונקבע יעד איפוס אנרגטי כבר בשלב תכנוני ראשוני מאוד, בשלב חזון הפרויקט וקביעת הפרוגרמה.
- על מנת להגיע ליעדים שהוצבו נבחנו אסטרטגיות רבות ושולבו בתכנון מערכות חסכוניות, בנייה: מרכז אנרגיה ראשי למיזוג אוויר ביעילות גבוהה באמצעות צ'ילרים ושימוש בחום שיורי ממערכות מ"א לחימום מי צריכה (למקלחות).
- תכנון מערכות קצה למיזוג האוויר הכוללות אלמנטים לחסכון אנרגטי ושיפור נוחות המשתמשים בנייהן התקנת מחליפי חום, תרמוסטט שליטה בכל חדר ומאווררי ענק בהאנגרים וחללים גדולים (כדוגמת חדרי האוכל).
- שילוב סקיילייט PV לייצור אנרגיה מתחדשת המשמש כגורם מצליל אשר מייצר אנרגיה ומהווה אלמנט חינוכי וייצוגי לנושא הבסיס המאופס באנרגיה.
- שימוש בתאורה חסכונית וגלאי נוכחות, תכנון מעגלי תאורה ורמות תאורה אחידות ומערכת בקרה מרכזית ומדידת משנה לכל קומה או מבנה.
- כחלק מתהליך ההסברה של האלמנטים הירוקים והאיפוס האנרגטי שהוטמעו בתכנון מוגש למשתמשים במיקום מרכזי במבנה מסך חכם המציג נתונים כגון: צריכת אנרגיה מול ייצור געני ושנתי, חסכון מצטבר באנרגיה ומים, נתוני אקלים פנימיים, נתוני אקלים ועוד.





השראה גלובלית פרויקטים מאופסי אנוגיה

על הפרויקט

ייעוד המבנה: מגורים

שנת אכלוס: 2012

שטח בנוי: 1245 מ"ר

הספק מותקן לכל יחידת דיור, בהתאם לגודלה: kW 6.96 / 6 / 4.8

צריכת חשמל שנתית ממוצעת ליחידת דיור: kWh 7,344

ייצור חשמל שנתי ממוצע ליחידת דיור: kWh 7,776



ZHOME Issaquah, WA, USA

אדריכלות: David
Vandervort
Architects
יזם: Ichijo USA

הפרויקט הינו קומפלקס מגורים המורכב מעשר יחידות דיור אשר תוכנן לעמוד ביעדים אקלימיים, סביבתיים וחברתיים ובראשם איפוס אנרגטי מלא. גיבוש החזון מאחורי הפרויקט התחיל כבר בשנת 2006 כאשר המתכננים רצו להראות כי ניתן להגיע למבנים ברי-קיימא ונטולי השפעה שלילית על האקלים ולפעול למען שינוי הפרדיגמה הקיימת. התכנון שם דגש גם על צמצום שימוש במים, שימוש בחומרים בייצור מקומי או ממחוזרים ושימוש מקסימלי במי נגר הנאספים בשטח הפרויקט. המטרה של המתכננים הייתה להביא בשורה של תכנון מקיים לכל בית ולהוכיח כדאיות כלכלית לכל בעלי העניין במסגרת של דיור בר השגה לתושבים. שיקולים של ניתוח מחזור חיים, עמידות ותחזוקה נוחה ועלות הבנייה והמגורים ביחידות היו גם חלק בלתי נפרד מהתהליך.

הפרויקט מציג חשיבה הוליסטית חברתית וסביבתית ושם דגש על אלמנטים שתומכים בכך כדוגמת: שטחים פתוחים איכותיים משותפים, גינות קהילתיות, קירות ירוקים וייצור אנרגיה מתחדשת אשר הפך לעקרון המוביל ביצירת מסגרת התכנון. המרחב המשותף בין יחידות הדיור פונה למזרח, מוצל על ידי הבניינים ומתקיימים בו תנאים אקלימיים נוחים. השימוש בו אינו מוגבל לבעלי הדירות בלבד, אלא לקהל הרחב וכן מתקיימים בו אירועים קהילתיים רבים.

אחת מתוך עשרת יחידות הדיור תוכננה למטרת לימוד של נושא האנרגיה בבניינים ושימשה לסיורים והדגמה בחמש השנים הראשונות.

הביתיים וחימום המים. לצורך כך נעשתה אופטימיזציה על המודל לחסכון וצמצום צריכת האנרגיה ונבחרה החלופה המוצלחת ביותר וכן הוחלט על התקנת משאבת חום. נעשתה סימולציה לכל דירה ונקבעה צריכת האנרגיה הצפויה וגודל מערכת הייצור אשר תכסה את הצריכה השנתית. המודל מציג חסכון בצריכת אנרגיה של כ- 60% ביחס לנתוני הייחוס הנקבעו בתקן Ashrae 90.1-2007 ועומדת על 612 kWh בממוצע ליחידת דיור לחודש. החברה המנהלת והיזמית של הפרויקט מעידה על חסכון של כ- 100\$ לכל בית בכל חשבון אנרגיה. בפועל, הנתונים שנמדדו מראים הפחתה של כ- 78% מהצריכה החודשית הממוצעת בעיה. ייצור החשמל עומד על ממוצע של 648 kWh ליחידת דיור לחודש ועל איפוס אנרגטי של כ- 105%.

טכנולוגיה מחדשנות

הפרויקט נחשב לפורץ דרך בתחומו, קיבל פרסים רבים ועומד בכמה סטנדרטים ותקנים בינלאומיים בניהם: LEED Platinum ו-Living Building Challenge. בנוסף ניתן למצוא בו:

- מערכת ונטילציה בטכנולוגית heat recovery המספקת אוויר צח ומחומם לתוך הבתים.
- מערכת לניטור שימוש באנרגיה בזמן אמת בכל יחידת דיור ופעולות הסברה וחינוך אשר נועדו לעידוד התנהלות צרכנית נכונה וחסכונית על ידי הדיירים.
- חניות המצוידות באמצעי טעינה לרכבים חשמליים ממוקמות בשולי הפרויקט ולא במרכזו על מנת לתת את הבמה לחצר משותפת מרכזית.
- שימוש בתאורת לד חסכונית בלבד.
- שילוב מכשירי חשמל בסדנרט אנרגטי גבוה בלבד.
- נטיעת ושתילת צמחים מקומיים וכן צמחי תבלין ומאכל.
- מי גשם נאספים ומחולקים בין הדיירים, סינון וטיהור של מי נגר עילי- חסכון של 70% מים ביחס למבנים מקבילים.
- מבנה משותף ייעודי למטרת מחזור פסולת, קומפוסט וגינון.



תכנון פאסיבי יעיל שמשפיע ישירות על צמצום צריכת האנרגיה נחשב לצעד הראשון שיש לבצע כאשר שואפים לאיפוס אנרגטי ומהווה גם יתרון באשר ליחס בין עלות לתועלת. בין האסטרטגיות הפאסיביות בפרויקט זה ניתן למצוא את מיקסום החזיתות הדרומיות וחשיפתם המקסימלית לקרינת שמש ישירה למטרת ייצור אנרגיה וחימום פאסיבי, מיקסום שטח הגגות להצבת פאנלים פוטו וולטאים, הגדלת שטח הזיגוג ומיקום החלונות בהתאם לתנאים הפאסיביים והתרמיים, הכנסת תאורה טבעית מקסימלית מכיוון צפון, תכנון אוורור טבעי על ידי חללים גבוהים ופתחים עליונים ובידוד יעיל במעטפת הבניינים. גישת התכנון הייתה לקדם שימוש באלמנטים פשוטים, נפוצים ויעילים שיוכיחו כדאיות כלכלית וישתלבו עם טכנולוגיות חדשניות כדוגמת הפאנלים לייצור אנרגיה ומשאבת החום שהותקנה.

ייצור אנרגיה מחדשנות

התכנון הראשוני לקח בחשבון את ייצור האנרגיה הדרוש, את עלות הייצור לפי וואט ואת עלות ההחזר על האנרגיה הנחסכת. בשלב התכנון הראשוני נמדדה ונבחנה אפשרות של ייצור אנרגיה מתחדשת באתר באמצעות רוח. לאחר חישוב ובדיקת התכונות הוחלט על ייצור החשמל באמצעות טכנולוגית PV. על כל יחידת דיור הותקנה מערכת פוטו- וולטאית בהספקים של 6.96 / 6 / 4.8 kW בהתאם לגודלה ולכמות החדרים ובפריסה המתאימה לה לפי תוצאות הסימולציה האנרגטית.

תחומי צריכה וייצור אנרגיה

מודל אנרגיה נבנה במהלך התכנון על מנת לבחון אותו וכן לסייע בהחלטות בנוגע לצורת והעמדת המבנים, המעטפת, האסטרטגיות הפאסיביות ואת מאפייני המערכות למטרת ייצור אנרגיה והשגת יעד האיפוס. המודל הראה כי על מנת להגיע ליעד יש להפחית את עומסי החימום



על הפרויקט

ייעוד המבנה: השכלה גבוהה

שנת אכלוס: 2019

שטח בנוי: 8,588 מ"ר

הספק מותקן: kW 428

צריכת חשמל שנתית: kWh 470,750

ייצור חשמל שנתי: kWh 619,345



צילומים: Rory Gardiner

School of Design and Environment (SDE4) the National University of Singapore

אדריכלות: Serie + Multiply Consultants Pte. Ltd & Surbana Jurong
יזם: National University of Singapore

בית הספר לעיצוב וסביבה הוא מוסד השכלה גבוהה המקדם תכנון ועיצוב בראיה של חינוך לקיימות והוא חלק מהאוניברסיטה הלאומית של סינגפור בדרום מזרח אסיה. המבנה הוא בעל 6 קומות ושטחו 8,588 מ"ר והוא הראשון שקיבל את התואר מאופס אנרגיה במדינה. הוא כולל מעל 1,500 מ"ר של סטודיו, רחבה פתוחה של 500 מ"ר, מגוון של חללים ציבוריים וחברתיים, סדנאות ומרכזי מחקר, קפה וספרייה. חללי הפנים מאפשרים מקסימום גמישות ושינויים למטרות לימוד שונות ושימוש שונה בחלל ומייצגים גישה חדשנית של אופן הלימוד במאה ה-21.

תכנון פאסיבי

הבניין כולל מגוון רחב של אלמנטים ופונקציות מקיימות שהוטמעו בצורה הוליסטית בתכנון ובאדריכלות על מנת להביא לסביבה בריאה ונוחה למשתמשים תוך כדי יעילות אנרגטית גבוהה, זאת בתנאי אקלים טרופיים חמים ולחים.

הקונספט האדריכלי, כפי שהוצג בתחרות לתכנון המבנה, הינו שילוב של מפלסים ומסות מרובעות עם חזיתות מחוררות תוך ניסיון לייצר מבנה פתוח, קליל ומאוורר. הגאומטריה של המבנה תוכננה על מנת להכניס אוורור טבעי אופטימלי כאשר המרפסות והחללים המשותפים

צריכת האנרגיה השנתית במבנה עומדת על 470,750 kWh. עודף האנרגיה המיוצרת עומדת על 148,595 kWh שנתיים ואחוז האיפוס האנרגטי הינו 131.

טכנולוגיה וחדשנות

- בבניין תוכננה מערכת קירור חדשנית אשר מספקת 100% מהאוויר הצח המוזרם למבנה. האוויר, אשר מקורו על ידי המערכת לטמפרטורה גבוהה יותר מהרגיל ובאחוזי לחות גבוהים יותר, משלים את תהליך הקירור באמצעות מאווררי תקרה גבוהים.
- המבנה תוכנן כך שחלק מחללי הביניים שבו, בין חללי הפנים לחזיתות המזרחיות והמערביות, משמשים כמעבדה של מחקר וניסוי של טכנולוגיות בנייה ירוקה. חלקים בחזיתות ניתנים לשינוי והחלפה לפי צרכי המחקר במערכות אחרות כדוגמת הצללה או מחיצות חדשניות.
- תוכננה מערכת טיהור מים בשטח הפיתוח המקיף את הפרויקט המאפשרת לימוד ופעילויות חברתיות סביב הנושא.
- מעל 50% מהצמחייה שנשתלה הינה זנים מקומיים המתאימים לאקלים הטרופי.
- החומרים שנבחרו הינם טבעיים ככל הניתן ועומדים בקריטריונים של בנייה ירוקה ותקני בריאות ותוכננו לתרום ליצירת סביבה המושפעת מעקרונות תכנון ביופיליים.
- הרעיון והביצוע של הפרויקט מציגים תפיסה של תכנון איכותי, נוח, יעיל מבחינת צריכת משאבים ומראים היתכנות כלכלית אמיתית ליצירת מבנים שהם מאופסים באנרגיה, נטולי השפעה שלילית על סביבתם ואשר צמצמו משמעותית את פליטות גזי החממה שלהם. הפרויקט, אשר עלותו לא עלתה על העלות הסטנדרטית של מבנים דומים, מוכיח כי בנייה ירוקה ואיכותית אינה יקרה יותר והינה כדאית.



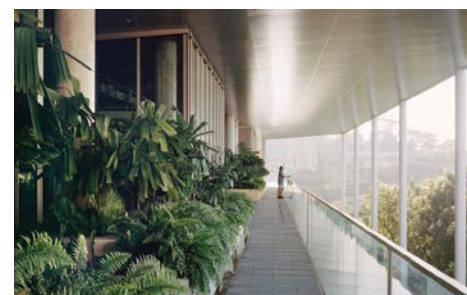
משמשים כחוצצים תרמיים לשאר חללי הפנים. החזית המזרחית והמערבית מורכבות מפלטות אלומיניום מחורר ומאפשרות כניסת אור טבעי מסונן. התכנון מושפע מתנאי האקלים הטרופיים המאפיינים את דרום- מזרח אסיה. אחד העקרונות המובילים בתכנון הוא אוורור מירבי, מעל 50% מהשטחים מאווררים באופן אופטימלי וכמעט בכלום ישנם פתחים למטרת אוורור טבעי. כתוצאה מכך, מיזוג האוויר המכני נמצא בשימוש רק כשיש צורך בכך, הרבה פחות מהשימוש הרגיל במדינה. הגג הצף, בחלקו הדרומי, מהווה שדרת עמודים מקורה ומוצללת.

ייצור אנרגיה מתחדשת

גג המבנה הינו גג צף שטוח וגדול ועליו מותקנים מעל 1200 פאנלים פוטו- וולטאים בהספק של 428 kW ומאפשר ייצור אנרגיה שנתי בסדר גודל של 619,345 kWh.

נחוני צריכת וייצור אנרגיה

תכנון הפאנלים נעשה באמצעות מודל ממוחשב במטרה להשיג את כמות החשמל הרצויה לייצור שתמלא את דרישות צריכת האנרגיה של הבניין ומשתמשיו. השגת יעד האיפוס מתאפשר תודות לשינוף פעולה בין הנהלת הפקולטה למשתמשי הבניין אשר דואגים ושומרים על צריכה נמוכה כל השנה. מערכת ניהול אשר מבקרת את כמות האנשים המאכלסים את הבניין בזמן נתון ומנתרת את המאפיינים התרמיים ואת איכות האוויר הפנים מבנית מאפשרת לימוד וניתוח הנתונים להמשך התנהלות צרכנית נכונה במהלך חיי המבנה.





המועצה הישראלית לבנייה ירוקה:

www.ilgbc.org

משרד האנרגיה:

https://www.gov.il/he/departments/ministry_of_energy/govil-landing-page