



מאושרת
סמכות מקומית



סקר אנרגיה בת קיימא לתב"ע

מתחם האטד

תל-אביב יפו

אוקטובר 2022

מנהל אוקטובר העירייה
אלי לוי

עורך המסמך: אינג' נדב גבינג, אינג' דניאל קוליש

בקרה: אדר' גליה שטאנג

פיתוח סביבה וקיימות בע"מ



ארכיטקט אורניליוס ב"ס
Arcod Architects

YASHAR

אדריכלים
Eyal Ziv Architects



הועדה המקומית לתכנון ולבניה

תל-אביב - יפו

אישור תכנית שם התכנית 507-0629261 תא/מק/4920 מרחב האטד

הועדה המקומית החליטה לאשר את התכנית

תאריך 06/07/2022 פרוטוקול 22-0021 החלטה 13

תאריך 28/06/2023 פרוטוקול 23-0011 החלטה 9

28-05-2023

מנהל העיר
ליאור עפירא, עו"ד
יו"ר הועדה/נציגת העירייה

מנהל האגף
ממונה מחוז ת"א

1. פ



תוכן עניינים

מבוא.....	3
מתודולוגיה.....	3
תקציר מנהלים.....	3
סקר אנרגיה בת קיימא.....	5
1. תיאור הפרויקט.....	5
2. מתודולוגיה לחיזוי צריכת האנרגיה בפרויקט.....	9
3. ממצאי המודל – התפלגות צריכת אנרגיה.....	11
4. דרישות העירייה.....	11
5. בחינת מקורות האנרגיה החלופיים וייצור מקומי זמין.....	15
6. מרכז אנרגיה מתחמי.....	26
7. טעינת רכבים חשמליים.....	27
8. סיכום ממצאים ומסקנות.....	28
נספח א'- חישוב תעריף תע"ז.....	29
נספח ב'- נתונים טכניים של פנלים BIPV.....	35
נספח ג'- ניתוח חשיפה לשמש.....	36
נספח ד'- נתונים טכניים מערכת קוגנרציה.....	39
נספח ה'- תוצאות סימולציות.....	40
נספח ו'- חישוב הצללה.....	46
נספח ז'- מפרט טכני של משאבת החום הנבחרת.....	47
מקורות.....	48





מבוא

מטרת הסקר הינה לבחון הזדמנויות לאופטימיזציה של מאזן האנרגיה הכולל הנצרך והמיוצר במתחם. לצורך כך, נעשה ניתוח של צריכת האנרגיה החזויה, באופן סכמטי ובהתאם לרמת התכנון הנוכחית. על בסיס אומדן זה, הסקר בוחן הזדמנויות להסטת חלק מצריכת האנרגיה במתחם, לצריכה ממקורות מתחדשים. צעד זה יסייע במאבק להפחתת התלות בדלקים פוסיליים ולצמצום פליטות המזהמים לאוויר.



מסמך זה נכתב בהתאם לדרישת מחלקת תכנון בר קיימא ואנרגיה בעירית ת"א לפי מתודולוגיה עדכנית - **תכנון אנרגיה בת קיימא הנחיות להכנת סקר אנרגיה - גרסה דצמבר 2021**. מטרת המסמך הינה לבחון את מאזן האנרגיה בפרויקט ולגבש תמהיל אופטימלי של סך האנרגיה הנצרכת והמיוצרת במתחם.

לצורך כך, נעשה ניתוח של צריכת האנרגיה החזויה, באופן סכמטי ובהתאם לרמת התכנון הנוכחית (שמותאמת לשלב תב"ע). על בסיס אומדן זה, הסקר בוחן הזדמנויות להסטת חלק מצריכת האנרגיה במתחם, לצריכת אנרגיה המופקת ממקורות מתחדשים. צעד זה יסייע במאבק להפחתת התלות בדלקים פוסיליים ולצמצום פליטות המזהמים לאוויר.



מתודולוגיה

על מנת לאמוד את צריכת האנרגיה הכוללת הצפויה במתחם המוצע, נעשה שימוש בנתוני צריכה טיפוסיים המבוססים על הדמיות תרמו-דינמיות שנערכו במשרדנו עבור השימושים השונים ובהתאם למיקום הגיאוגרפי של הפרויקט. התפלגות צריכת האנרגיה במתחם חושבה לפי ייעודי המבנים והשימושים בהם לאורך שעות היממה ועונות השנה. היתכנות אספקת אנרגיה חלופית ממקורות מתחדשים לפרויקט, נבחנה בהתבסס על שיקולים הנדסיים, כלכליים וסביבתיים.

תקציר מנהלים

לאחר בחינת הפרויקט מול דרישות המתודולוגיה של עירית ת"א אנו ממליצים על התקנת פאנלים סולאריים PV על גג המבנה שיביא את הפרויקט לעמידה בדרישות העיריה לשלב תב"ע, 50% מסך הפוטנציאל.

על-פי דרישות העירייה לפרויקט הזה בשלב עיצוב אדריכלי יוצגו מערכות של אנרגיה מתחדשת בתפוקה של לפחות 60% מפוטנציאל הייצור, כלומר על הפרויקט להתקין מערכות שייצרו לפחות 300 MWh בשנה של אנרגיה ממקורות מתחדשים.

יש לציין כי הסקר מנחה ומסקנותיו אינן מחייבות ויבחנו לעומק לעת שלב תכנית העיצוב בהתאם לתקנים המאשרים והנחיות עיצוביות ותכנוניות. הרצות והבדיקות נעשו על בינוי סכמטי שאיננו מחייב את הבינוי הסופי.





ממצאי הסקר

התפלגות חזויה של צריכת האנרגיה במתחם:

שימוש	שטח עיקרי [מ"ר]	צריכת אנרגיה שנתית (KWh למ"ר)	צריכת אנרגיה שנתית חזויה (MWh)
מסחר	445	270	120.15
מגורים	8,758	170	1,488.86
תעסוקה	25,830	250	6,457.5
ציבור	2,056	220	452.32
שירות	11,230	94	1,055.62
סה"כ	48,319		9.574 GWh

נבחנו הפתרונות הטכנולוגיים הבאים להפקת אנרגיה:

- 1) פאנלים פוטו-וולטאיים (בשתי שיטות)
- 2) מערכת קוגנרציה הפועלת על גז טבעי
- 3) משאבות חום

1) **פאנלים פוטו-וולטאיים המותקנים על הגג** - זוהי הטכנולוגיה הזמינה והבטוחה מבין האפשרויות שנבחנו. הפקת האנרגיה הינה רציפה על פני רוב ימות השנה, התחזוקה השוטפת זולה ופשוטה וזמני החזר ההשקעה קצרים. מחברי הסקר ממליצים על התקנת פאנלים סולאריים על שטח נרחב מהגג.

פאנלים בשיטת BIPV המותקנים ע"ג חזיתות המבנה - בשיטה זו, מותקנים פנלים סולאריים ע"ג חיפויים במגוון צבעים וגימורים כך שהם מחליפים את החיפויים הסטנדרטים במבנה. שיטה זו חוסכת מקום ביחס לפאנלים סטנדרטים המותקנים על הגג, הודות לסידור אופטימלי של התאים והנחת החוטים מאחורי החיפוי. באופן זה, שיטת BIPV יכולה להניב כמות דומה של קילוואט מותקן למ"ר (על אף שיעילותם הסגולית פחותה), בהשוואה לפאנל סטנדרטי המותקן על הגג. מאחר ופאנלים אלו מחליפים את החיפוי הסטנדרטי של המבנה, התוספת השולית לבנייה פחותה. במקרה ששטח הגגות אינו מספיק כדי לעמוד בדרישת העירייה, מחברי הסקר ממליצים על שילובה של מערכת זו על פני שטח מצומצם ככל הניתן מהחזית הדרומית.

2) **מערכת קוגנרציה הפועלת על גז טבעי** - נמצא כי מערכת קוגנרציה המותקנת בחלל תת קרקעי ייעודי בעלת הספק של 125 Kw, תוכל לספק כ-20% (בהתאם לסך האנרגיה התרמית המנוצלת) מצריכת האנרגיה במתחם. עלות המערכת גבוהה וזמני החזר ההשקעה אינם ידועים לחלוטין, זאת עקב עלות ההתקנה ועלותו הגבוהה של הגז הטבעי בהשוואה להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים. בנוסף, מחקרים שבוצעו בשנים האחרונות מלמדים כי ההשלכות הסביבתיות של הפקת חשמל ע"י גז טבעי הינן גבוהות.

בהעדר תשתית הולכת גז בקרבת הפרויקט, תכנון הפרויקט נדרש לספק פתרונות שיבטיחו תפקוד בתנאים הנתונים. ניתן לקבוע כי קיימת היתכנות עקרונית להתקנת מערכת קוגנרציה במידה ותונח



התשתית הדרושה, ותלוי אישור כבאות ושאר הגורמים הרלוונטיים, אך לאור החסרונות העולים מסקר זה, **מחברי הסקר ממליצים להימנע מהתקנתה.**

ראוי לציין כי מדובר בתחום המשתנה ומתפתח במהירות. לאור העיכובים הרבים בפרישת תשתיות הגז, וסימני השאלה הרבים אשר טרם נענו (רגולציה, מחירים, אסדרה וכו'), לא סביר כי מערכת כזו תשולב במבנה.

3) משאבות חום - משאבות העושות שימוש בחום הסביבה לצורך חימום מים לצרכנים שונים. שימוש במשאבות חום עשוי להביא לחיסכון של כ-70% מצריכת החשמל לחימום מים (בהשוואה לחימום המתבצע ע"י דוד חשמל). עלות המערכת נמוכה באופן יחסי וזמני החזר ההשקעה קצרים. **מחברי הסקר ממליצים על התקנת משאבות חום במתחם.**



סקר אנרגיה בת קיימא

במסגרת מדיניות עיריית תל-אביב יפו לתכנון בר קיימא, יזמים ומתכננים נדרשים להגיש סקר אנרגיה בשלבי התכנון הראשוניים, במסגרת תב"עות, תכניות עיצוב ובקשות להיתרי בנייה. על סקר זה להציג את מאזן האנרגיות הכללי בפרויקט ולהציע דרכים להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים בתחומי הפרויקט, בהתבסס על מכלול השיקולים הרלוונטיים.



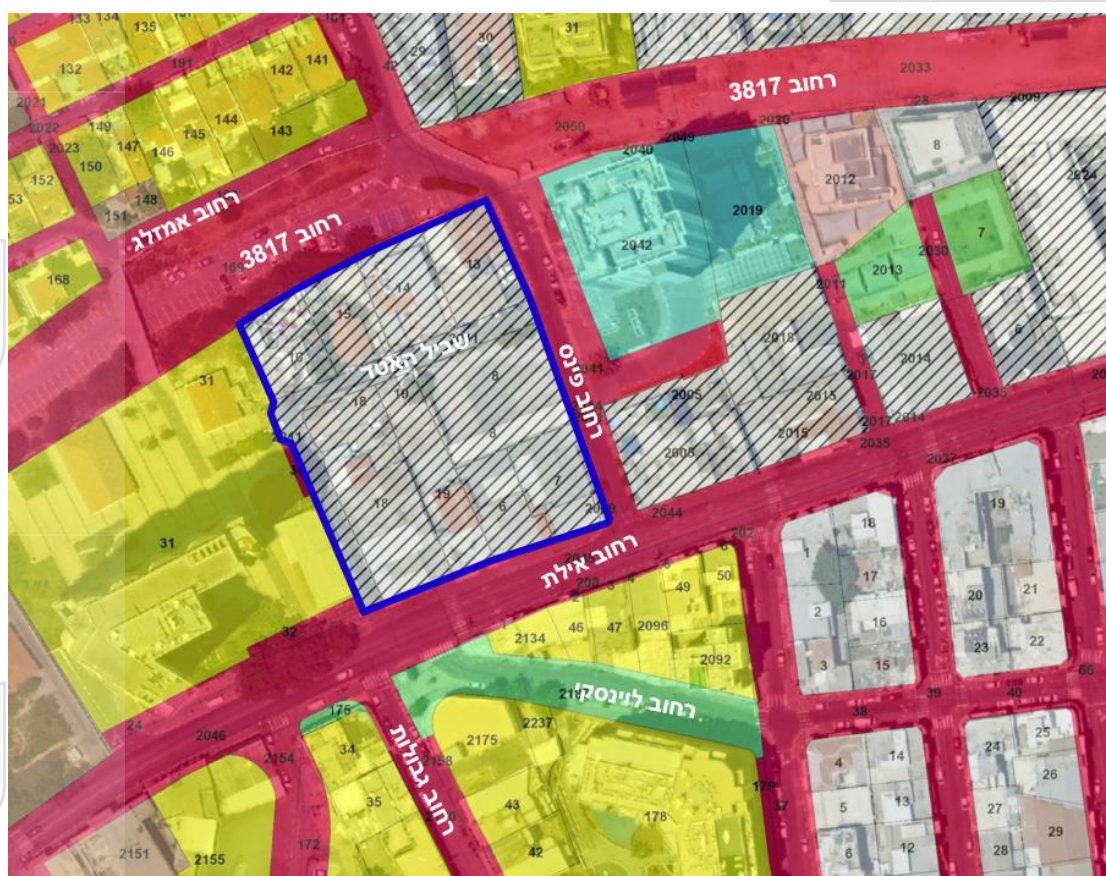
1. תיאור הפרויקט

מיקום: שטח התכנית תחום על ידי רחוב יפו מדרום, רחוב פינס ממזרח, שביל האטד ממערב ופארק המסילה מצפון. התכנית ממוקמת בדרום העיר תל-אביב, ומוגדרת כאזור אקלים א'. שטח התכנית הינו כ-6 דונם. התכנית כלולה בתחום מדיניות מרחב המסילה תא/9111.

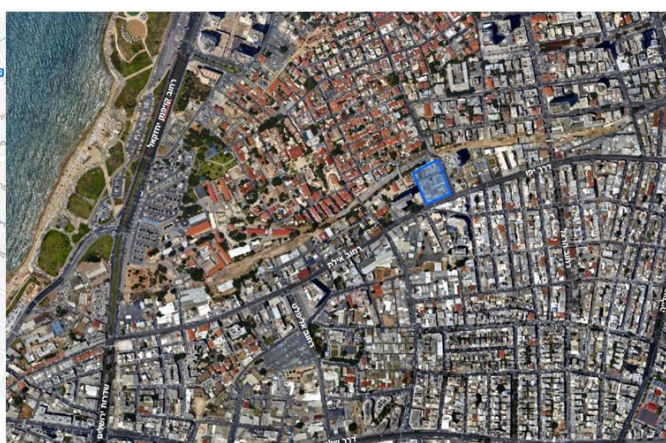
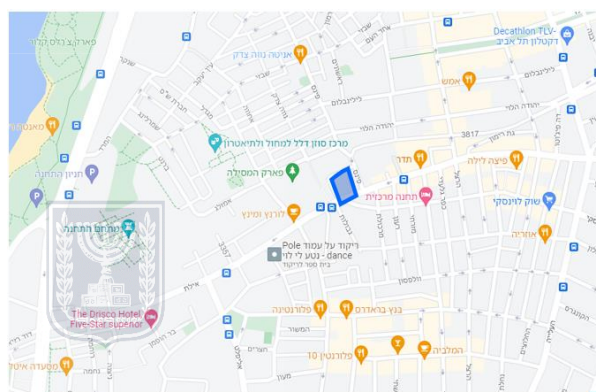




מצב קיים - ייעודי קרקע



שטח לתכנון בעתיד מחורים תחבורה מגורים מגורים-תעסוקה מעורב



מטרת התכנית הינה פיתוח והתחדשות עירונית לאורך דרך יפו ומרחב המסילה בהתאם לתכנית המתאר תא/5000 ומסמך המדיניות למרחב המסילה, תוך מיצוי יתרונות המיקום בקרבה למערכת הסעת המונים. זאת על ידי קביעת הוראות לשימור מבנים טמפלרים וחומה היסטורית לאורך פארק המסילה והריסת המבנים לאורך דרך יפו לצורך הקמת מגדל בן 40 קומות בעירוב שימושים למגורים, מסחר ותעסוקה.

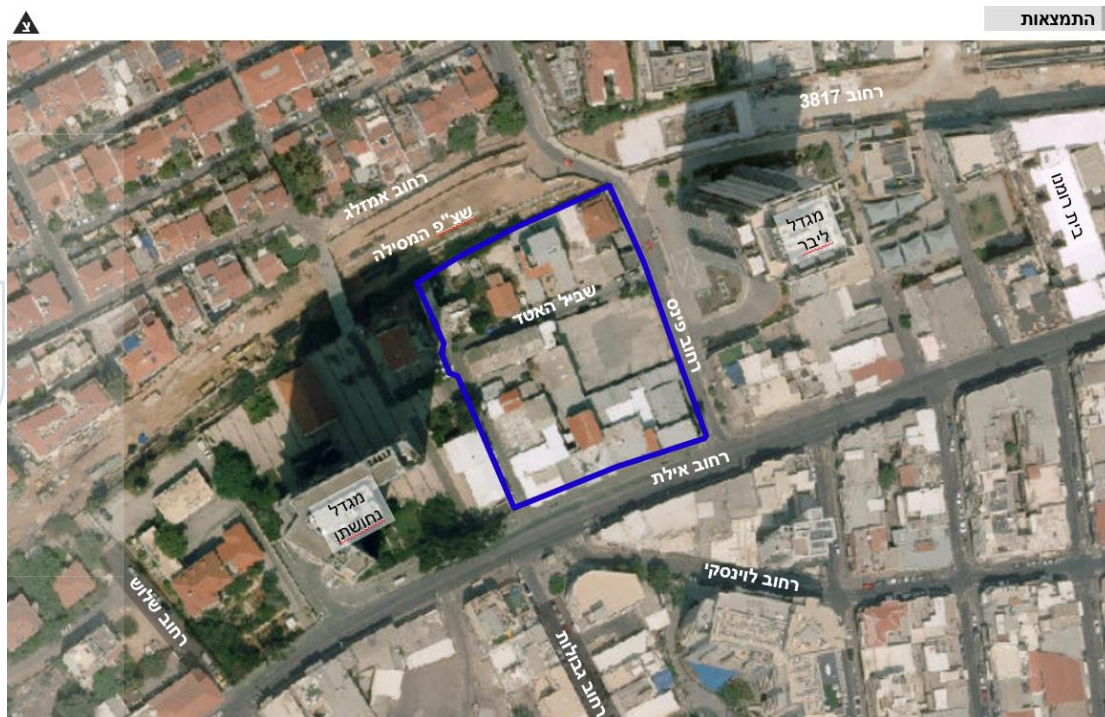




סה"כ זכויות הבניה הסחירות העל קרקעיות בתכנית הינו 48,615 מ"ר המהווים רחק של 12.8.

מתוך שטחים אלה 36,460 מ"ר לשטחי מסחר ותעסוקה, ו- 12,155 מ"ר למגורים המהווים 25% מסך השטחים הסחירים וכ-127 יחידות דיור.

כמו כן, התכנית קובעת הפקעות לטובת הרחבת דרך יפו ורחוב פינס ומגרש ציבורי ביעוד מעורב לשטחים פתוחים ושטח למבני ציבור. זכויות הבניה לשימושים ציבוריים במגרש זה הינם 2,731 מ"ר המהווים רח"ק של 2.7.



התמצאות



מצב קיים



חניונים

בפרויקט מתוכנן חניון תת קרקעי בעל 158 מקומות חנייה, מתוכן 72 עבור המגורים.



חניון תת קרקעי יספק את כל החניות הנדרשות
לא יבטלו/יופחתו מקומות חניה קיימים בכחול לבן

טבלת מאזן חניה

שימושים	שטח/יח"ד	תקן	חניות	תפעולי
מגורים	144	1:0.5	72	
משרדים	28,060	1:350	80	
מבנה ציבור	2,056	1:350	6	
סה"כ			3	

שימושים	תקן לאופניים	חניות	תקן לאופנועים	חניות
מגורים	1:1	144	1:5	29
משרדים	1:100	280	1:100	280
מבנה ציבור	1:500	4		
סה"כ		428		309

*הטבלה תואמת את תקן החניה שנקבע במסמך מדיניות תכנון המסילה.



דגשים לתכנון וצרכים מיוחדים

שילוב בין שימושים בהם צריכת האנרגיה מתרחשת בשעות השיא (תעסוקה) לבין שימושים בהם ביקוש האנרגיה מוגבר בשעות השפל (מגורים) מייצר פרופיל צריכה אחיד יחסית וביקוש גבוה לאנרגיה במשך כל שעות היום. עם זאת, צריכת האנרגיה עבור שימושי התעסוקה צפויה להגיע לכשני שליש מצריכת האנרגיה הכולל במתחם – צריכה אשר מתבצעת ברובה בשעות השיא.



במקרה שבו הפקת האנרגיה מתרחשת גם בשעות הלילה (למשל בקוגנרציה) כאשר הצריכה נמוכה, מומלץ לבדוק אפשרות לאגירה של אנרגיה עודפת. אגירת אנרגיה אפשרית באמצעות טעינת רכבים חשמליים או באמצעות סוללות לאגירת אנרגיה. פתרונות אגירה נוספים היכולים להתאים לפרויקט, כגון אגירה תרמית קרה (למשל של חברת נוסטרומ), נמצאים עדיין בשלבי פיתוח.

2. מתודולוגיה לחיזוי צריכת האנרגיה בפרויקט

2.1. תוכנת Design Builder ושיטת הבדיקה



על מנת לאמוד את צריכת האנרגיה הכוללת החזויה הצפויה במבנים המוצעים נעשה שימוש בנתוני צריכה טיפוסיים המבוססים על הדמיות תרמודינמיות שנערכו במשרדנו עבור השימושים השונים בהתאם למיקום הגיאוגרפי של הפרויקט. ההדמיה התרמו-דינמית (סימולציה אנרגטית תפקודית) נערכה באמצעות תוכנת Design Builder גרסה 5.0.1.024. התוכנה מבצעת סימולציה עבור שנה קלנדרית אחת תוך שימוש במנוע של ההדמיה Energy Plus שפותח ע"י משרד האנרגיה האמריקאי ומאפשר לשימוש ע"י ארגון מתכנני אוורור ומיזוג אוויר האמריקאי - ASHRAE. ההדמיה מחשבת את צריכת האנרגיה כפועל יוצא של נתוני המבנה והמערכות המותקנות בו, אכלוס ושעות פעילות שהוזנו במודל הוירטואלי.





2.2. הנחות בסיס למידול

גיאומטריית המבנה נבנתה על פי תכניות אדריכליות (תכנון ראשוני) הזמינות בעת עריכת הדוח.

בידוד המעטפת נקבע לפי הגדרת מבנה ייחוס בתקן ת"י 5282.

אפיון המערכות הוגדר לפי הגדרות ברירת מחדל המובאות בתקן - Appendix G - ASHREA 90.1-2010

הגדרות אכלוס - שעות אכלוס ופעילות שהוזנו במודל

שימוש	שעות פעילות	מספר ימי פעילות בשבוע
משרדים	07:00 – 18:00	5
מסחר	07:00 - 20:00	6
מגורים	18:00 - 08:30	7

תעריפי תעו"ז 2022



*תעריפים אלו נכונים לזמן כתיבת הסקר



אקלים: נעשה שימוש בקובץ אקלים מאושר שמקורו בבית דגן

מערכות שהוזנו במודל

עומס תאורה: 10 וואט למ"ר

מערכת מיזוג: צילר עיבוי אוויר לקירור ולחימום

חימום מים: דוד שמש עבור כ-35 דירות. דוד חשמל לשאר הדירות

3. ממצאי המודל – התפלגות צריכת אנרגיה טיפוסית

התפלגות צריכת האנרגיה בבניין לפי ייעודי מבנה:

צריכת אנרגיה שנתית				שטח [מ"ר]	שימוש
כוללת (GWh)	כוללת [KWh/m ²]	קירור [KWh/m ²]	מים סניטאריים [KWh/m ²]		
120.15	270	120	22	445	מסחר
1,488.86	170	60	34	8,758	מגורים
6,457.5	250	110	18	25,830	תעסוקה
452.32	240	100	20	2,056	ציבור
1,055.62	94	46	10	11,230	שירות
9.574 GWh		GWh 4.142	MWh 925.922	48,319	סה"כ

4. דרישות עירייה

4.1 לפי המתודולוגיה העירונית, יש לחשב את פוטנציאל הפקת אנרגיה מתחדשת לפי המפתח הבא:



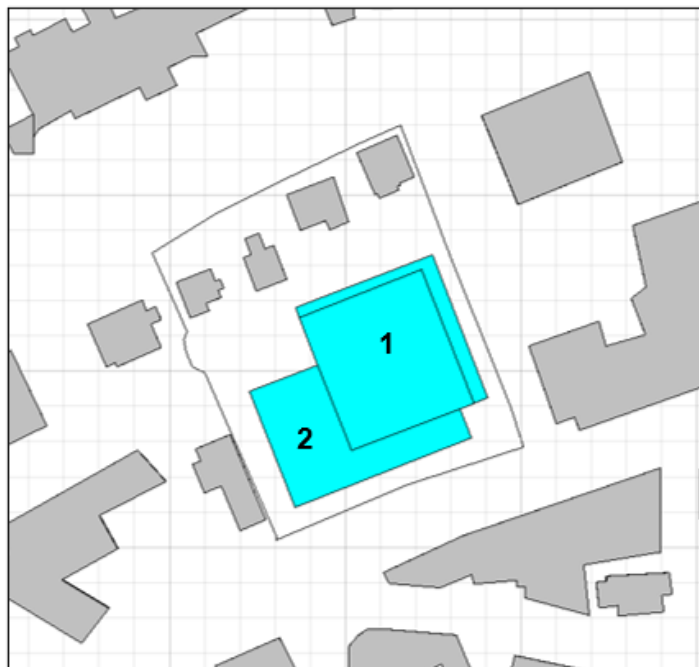
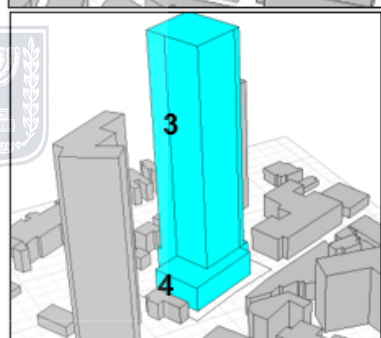
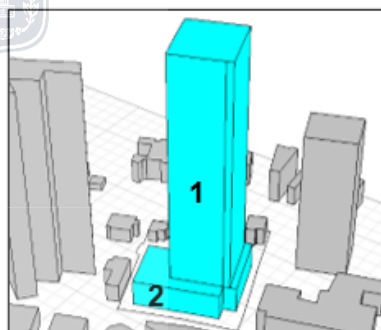
לצורך החישוב בסקר בלבד יחופה 90% משטח הגג החשוף לשמש בפאנלים סולאריים בהספק של 450W בהצבה רציפה כמעט אופקית. מתקנים טכניים יותקנו בשטח הגג שאינו חשוף לשמש, או שהפנלים יותקנו על גבי פרגולה מעל כל המתקנים הטכניים שעל הגג או מעל לגג הירוק. לצורך החישוב אין להוציא מתוך שטח הגג החשוף לשמש את השטח הנדרש להקמת כל מערכת שהיא הנדרשת לפרויקט.

לצורך החישוב בסקר יחופו 30% משטח החזית הדרומית החשוף לשמש בפאנלים סולאריים בהספק של 450W או בפנאלים משולבים בחיפוי הבניין (BIPV) בהתאם להספק הקיים לפאנלים מתאימים הקיימים בשוק בלבד שהספקם לא יפחת מ-250 וואט למ"ר.

לצורך החישוב בסקר יחופו 30% משטח החזית הדרומית החשוף לשמש בפאנלים סולאריים בהספק של 450W או בפנאלים משולבים בחיפוי הבניין (BIPV) בהתאם להספק הקיים לפאנלים מתאימים הקיימים בשוק בלבד שהספקם לא יפחת מ-250 וואט למ"ר.

עבור בחינת דרישות העירייה להפקת אנרגיה מתחדשת, נערכה בדיקת הצללות, למען קביעת השטחים שעבורם יש לבצע את החישובים. נמצא כי כל שטחי הגגות וכל שטחי החזיתות הדרומיות חשופות לשמש מלאה, לפי הגדרות העירייה.

מניפת הצללה של הפרויקט המוצע ומיפוי אזורים נבדקים:





4.2 סימולציה

לצורך חישוב דרישות העירייה, נבנה מודל תלת ממדי של הפרויקט בתכנת Design Builder, ונעשתה סימולציה שבחנה את הפקת האנרגיה המתחדשת לאורך שנה קלנדרית אחת.

4.2.1 גגות

שטח גג המגדל הינו כ-1,215 מ"ר, וחשוף כולו לשמש לפי הגדרות העירייה. זהו המקום האידיאלי עבור הצבת פאנלים סולאריים. בנוסף, ישנו גג המסד הנמוך, אשר שטחו כ-700 מ"ר. גם גג זה חשוף כולו לשמש לפי הגדרות העירייה, אך תפוקת הפאנלים אשר יוצבו על גג המסד תהיה נמוכה משמעותית, בגלל הצל המוטל עליהם מהמגדל, וממגדלים סמוכים אחרים. על 90% משטחי הגגות החשופים לשמש ניתן להתקין מערכת PV בהספק כולל של כ-215 KW (לפי יחס של 1 KW מותקן על כל 8 מ"ר). תוצאות מלאות, כולל בדיקת החשיפה לשמש, יצורפו בפרק הנספחים.

מבנה	שטח גג כולל [מ"ר]	שטח גג החשוף לשמש [מ"ר]	שטח נבדק [מ"ר]	זווית הטיה ביחס לצפון [מעלות]	הצללה (%) *	הספק מותקן [KW]	פוטנציאל הפקה [MWh/year]
1	1,215	1,215	1,093.5	21.5	3	136.7	214.0
2	700	700	630.0	21.5	17	78.8	105.5
סה"כ	1,915	1,915	1,723.5			215.5	319.5

* אחוז הצללה שנתי חושב בעזרת תוכנת EcoTect לפי היחס בין הקרינה הסולארית המצטברת בגג במצב מוצע ובין הקרינה הסולארית המצטברת בגג בלי סיבה מצלילה מסביב. חישובי אחוז הצללה יצורפו בפרק הנספחים.

הערה לטבלה: הבדיקה נעשתה על בינוי סכמתי שאיננו מחייב את הבינוי הסופי.

4.2.2 חזיתות

שטח החזית הדרומית של המגדל הינו כ-5,935 מ"ר, מתוכם חשופים לשמש כ-5,816 מ"ר. עבור הסימולציה, נבחר פאנל בעל נצילות אופיינית של 13%, בעל יחס של 1 KW מותקן לכל 7.7 מ"ר. החזיתות נמצאות בהטייה של 21.5 מעלות (אזימוט 158.5).



עבור בדיקת דרישות העירייה, נעשתה סימולציה שבהן חופו 30% משטח החזית הדרומית החשופה לשמש בפאנלים סולאריים בשיטת BIPV, בשטח כולל של 1,745 מ"ר. בשטח זה ניתן להתקין מערכת בהספק כולל של כ-226.6 KW. תוצאות מלאות, כולל בדיקת החשיפה לשמש, יצורפו בפרק הנספחים.



חזית	שטח חזית דרומית [מ"ר]	שטח חשוף לשמש [מ"ר]	שטח נבדק [מ"ר]	זווית הטיה ביחס לצפון [מעלות]	הצללה (%) *	הספק מותקן [KW]	פוטנציאל הפקה [MWh/year]
1	5,935	5,816	1,745	21.5	15	226.6	184.9

* אחוז הצללה שנתי חושב בעזרת תוכנת EcoTect לפי היחס בין הקרינה הסולארית המצטברת בגג במצב מוצע ובין הקרינה הסולארית המצטברת בגג בלי סיבה מצלילה מסביב. חישובי אחוז הצללה יצורפו בפרק הנספחים.

הערה לטבלה: הבדיקה נעשתה על בינוי סכמתי שאיננו מחייב את הבינוי הסופי.



4.3 תוצאות סימולציה

פוטנציאל הפקה מהגג [MWh/year]	פוטנציאל הפקה מחזית דרומית [MWh/year]	פוטנציאל הפקה 50% מהפוטנציאל דרישת העירייה - [MWh/year]
319.5	184.9	504.4
252.2		



לפי תוצאות הסימולציה, בפרויקט פוטנציאל ייצור שנתי של 504.4 MWh ממקורות מתחדשים.

על-פי דרישות העירייה לבחינת ייצור האנרגיה לפרויקט בשלב התכנון התב"עי, על הפרויקט להתקין מערכות של אנרגיה מתחדשת בתפוקה של לפחות 50% מפוטנציאל הייצור, כלומר על הפרויקט להתקין מערכות שייצרו לפחות 252.2 MWh בשנה של אנרגיה ממקורות מתחדשים. ייצור אנרגיה זה מייצג כ-2.6% בלבד מסך הצריכה השנתית במתחם.





5. בחינת מקורות האנרגיה החלופיים והפקה מקומית

כחלק מתפיסת תכנון מתקדמת, אספקת אנרגיה ממקורות מתחדשים למתחם תפחית את צריכת האנרגיה מרשת החשמל, תשפר את עצמאותו האנרגטית ותצמצם את טביעת הרגל האקולוגית לאורך מחזור החיים שלו.



- בעדיפות ראשונה יש לעשות שימוש באנרגיה המופקת ממקורות מתחדשים
- בעדיפות שנייה יש לעשות שימוש בטכנולוגיות יעילות להפקת אנרגיה, בעלות השפעה פחותה במידה מסוימת על הסביבה כגון מערכות קוגנרציה או טריגנרציה
- בעדיפות אחרונה יש לעשות שימוש ברשת החשמל כמקור אנרגיה, ובהתאם לשימושים השונים במתחם מומלץ לשקול חיבור למונה תעו"ז בעל תעריפים משתנים עפ"י רמות הביקוש לחשמל

5.1 הפקת אנרגיה סולארית

נבחנו שתי שיטות:

- התקנת מערכת PV על הגגות המבנה
- התקנת מערכת BIPV (Building-integrated PV) על חזיתות המבנה





5.1.1. מערכת PV על הגג:

גג המגדל חשוף לשמש ומיועד למתקנים הנדסיים, ועל כן מתאים להתקנת פאנלים סולאריים. גג המסד מוצל, ועל כן לא מתאים להצבת פאנלים סולאריים.

על מנת לבחון את ההיתכנות האנרגטית והכלכלית של התקנת פאנלים סולאריים על הגג, נבחנה התקנת פאנלים בהיקפים שונים, בהתאם לצפי שטח הגג הפנוי לאחר התקנת מערכות הנדסיות נוספות.

שטח הגג הכולל של המגדל הינו כ-1,215 מ"ר.

תפוקה והחזר השקעה של PV				
1,199	1,000	700	400	שטח גג
149.875	125	87.5	50	קילוואט מותקן (לפי יחס 8:1)
252,240	210,375	147,263	84,150	קוויט"ש שנתי הפקה (ע"פ סימולציה)
100.0	83.4	58.4	33.4	אחוז מסך דרישות העירייה [%]
3500	3500	3700	3700	עלות קילוואט מותקן
524,563	437,500	323,750	185,000	עלות התקנה
10,491	8,750	6,125	3,500	תחזוקה שנתית לפי 70 ₪ לקילוואט
86,635	78,722	62,145	36,269	הכנסה שנתית מהפקה ב- ₪
6.89	6.25	5.78	5.65	זמן החזר השקעה בשנים
				ריבית שנתית (4.5%)
0.343	0.374	0.422	0.431	תעריף הפקה [ש"ח/קוויט"ש]

עבור הפקת 100% מדרישות העירייה, דרושה התקנת פאנלים סולאריים על פני שטח כולל של כ-1,200 מ"ר (כ-98% משטח הגג של המגדל).

הספק מותקן [KWp]	תעריף [₪]
15	0.48
15-100	0.41
100-630	0.189

יתרונות מערכת PV:

- הטכנולוגיה הזמינה, היעילה והבטוחה ביותר להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים הקיימות כיום



- עלויות התקנת המערכת ותחזוקתה נמוכות באופן יחסי
- זמן החזר השקעה נמוך מהחלופות הקיימות
- ניתן להתקין במתחם מערכת לצריכה ישירה, היות וצריכת האנרגיה בו רציפה לכל אורך היום, זאת בכפוף להסדר מול חברת החשמל
- כחלק מתפיסת תכנון מתקדמת, ניצול שטח הגג הפנוי להתקנת מערכת PV, יסיט חלק מצריכת האנרגיה של המתחם לצריכה ממקורות מתחדשים ויקטין את טביעת הרגל האקולוגית של המתחם



חסרונות מערכת PV:

- כושר ההפקה של המערכת נמוך בהשוואה לסך האנרגיה הנצרכת במתחם. בראייה כוללת, תרומתה של המערכת לחיסכון באנרגיה תהיה נמוכה

התאמה לפרויקט:

גגות המגדל חשוף כולו לשמש, ומהווה מקום אידיאלי עבור התקנת מערכת PV. על מנת להגדיל את אחוז הייצור, יש לבחון הגדלת השטחים הפנויים על הגג ע"י פינוי מערכות אחרות, או שילוב של פאנלים תרמו-סולאריים לחימום מים. על כן, מחברי הסקר ממליצים על התקנה של פאנלים סולאריים בשיטת PV על גגות הפרויקט כדי לעמוד בדרישת העירייה.



5.1.2 מערכת Building Integrated Photovoltaic – BIPV

נבחנה אפשרות להטמעה של פאנלים סולאריים אינטגרליים על חזיתות המבנים. פאנלים אלה יכולים להחליף את רכיבי המבנה הסטנדרטיים דוגמת חיפויים, חלונות, קירות מסך, פתחי גג (Skylight), מעקות ועוד. הפאנלים מופיעים במנעד רחב של סוגים וצורות החיפוי, הצבעים ואף רמת מעבר האור. השימוש בשיטה זו כפוף להתאמתה לתכנון האדריכלי של המבנה. דוגמאות לשימוש בפנלים בשיטת BIPV:





דוגמאות לשימוש בפאנלים בשיטת BIPV

בבדיקת החשיפה לשמש, נמצא שכל שטח חזית המגדל הדרומית חשופה לשמש במידה שתאפשר התקנה של פאנלים בשיטת BIPV. עם זאת, לא נהוג להתקין BIPV על 5 הקומות התחתונות, ועל כן לא נכללו בבדיקה. השטח הכולל של החזית הדרומית היו כ-5,935 מ"ר. בניכוי הקומות התחתונות, מדובר על שטח כולל של כ-5,193 מ"ר. עבור בחינת הפוטנציאל של מערכת BIPV בפרויקט, נעשו סימולציות הבוחנות את התקנת המערכת על פני הקומות הטכניות בלבד, על פני השליש העליון של החזיתות, ועל פני 2/3 העליונים של החזיתות.





תפוקה והחזר השקעה עבור BIPV			
תכסית	קומות טכניות	1/3 עליון	2/3 עליון
שטח התקנה [מ"ר]	296	1,780	3,560
קילוואט מותקן	38.5	231	462
קוטר שש שנתי הפקה (ע"פ סימולציה)	29,721	177,427	354,448
אחוז מסך דרישות העירייה [%]	10.19	60.83	121.53
עלות התקנה (450 ש"ח למ"ר)	133,200	801,000	1,602,000
תחזוקה שנתית לפי 70 ש"ח לקילוואט	2,695	16,170	32,340
הכנסה שנתית מהפקה ב- ש"ח	12,988	51,276	84,713
זמן החזר השקעה בשנים	14.6	17.6	25
תעריף הפקה [ש"ח/קוטר שש]	0.437	0.289	0.239

יתרונות מערכת BIPV

- טכנולוגיה חדשנית שהשימוש בה הולך ומתרחב בעולם
- המערכת מחליפה חלקים שונים בבניין כגון חיפויים, מעקות או חלונות ולכן יכולה להציג, תחת התנאים המתאימים, זמני החזר השקעה סבירים יחסית, זאת בשל קיזוז עלות החיפוי או האלמנט הסטנדרטי
- המערכת מוצעת במגוון צבעים, סגנונות וגמימורים ועל כן מאפשרת חופש תכנוני ועיצובי רחב

חסרונות מערכת BIPV

- עם התרחבות הבנייה באזור, שטח החזיתות החשוף לקרני השמש עשוי להצטמצם ולפגוע בכושר ההפקה של המערכת
- עלות המערכת גבוהה ויעילותה עדיין לא הוכחה בארץ
- המערכת דורשת תחזוקה שוטפת, אבק ולכלוך על גבי הפנלים פוגעים בכושר ההפקה

התאמה לפרויקט:

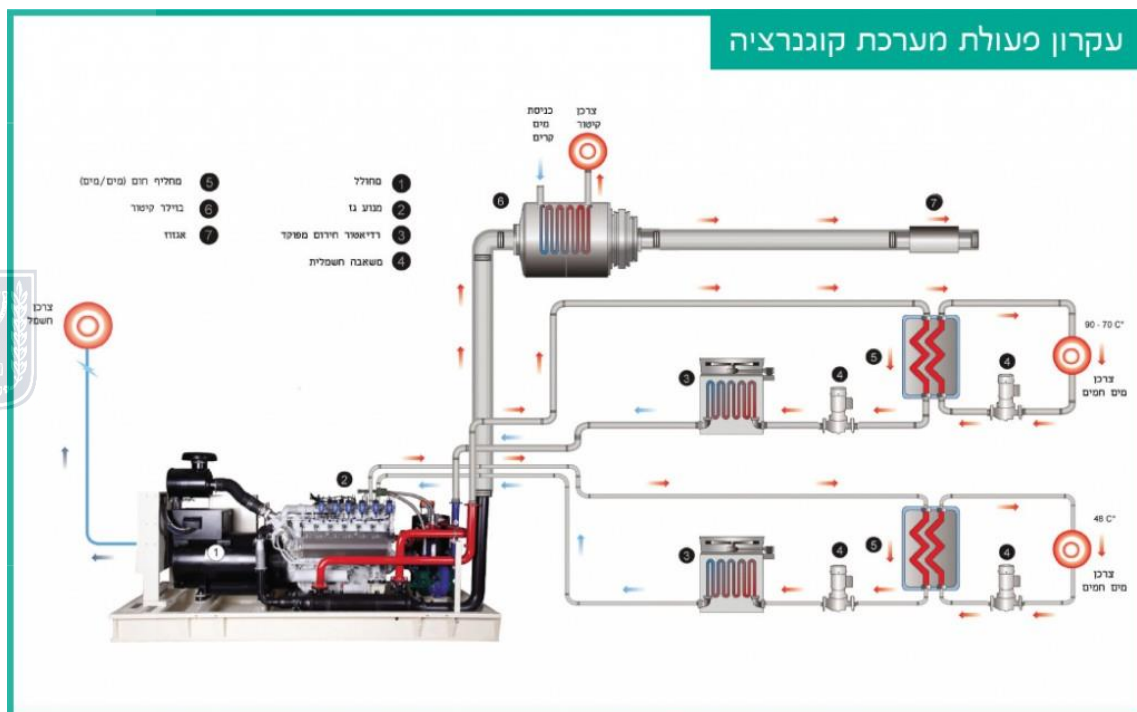
שילוב אלמנטים אינטגרליים בחזיתות לצורך הפקת אנרגיה הינו חדשני ומאתגר. שטח החזית נרחב, אך העלות הגבוהה של המערכת, יחד עם חוסר הניסיון בשוק וזמני החזר ההשקעה הגבוהים במיוחד מקשים על התקנתה על-פני שטח נרחב מהחזית.

בהתאם לכל אלו, **במקרה ששטח הגגות אינו מספיק כדי לעמוד בדרישת העירייה, מחברי הסקר ממליצים על בחינת התקנת פאנלים בשיטת BIPV על פני שטח מצומצם ככל הניתן מהחזיתות הדרומיות, וכל זאת בהתאם לתכנון האדריכלי והשתלבותו במבנה.**



5.2. מערכת קוגנרציה

מערכת קוגנרציה הינה מערכת המשלבת גנרטור (המופעל בד"כ בגז טבעי) ומחליפי חום, הרוותמים את החום השירורי הנפלט מתהליך הפקת החשמל, לצורך חימום מים עבור צרכנים שונים. המים החמים יכולים לשמש לחימום חללים וחימום מים סניטריים, או כמקור החום של ציילרים בטכנולוגיית ספיגה (ציילרים העושים שימוש בחום המים לצורך דחיסת גז הסופג בהתפשטותו את חום החלל המאוקלם). הנצילות הכללית של מערכות קוגנרציה גבוהה ועומדת בטווח של 70-90%, בהשוואה לטורבינות סטנדרטיות המספקות חשמל בנצילות של כ- 40-50%. עקרון הפעולה מתואר בתרשים הבא:



במערכת מהסוג שלעיל, הספק החום הינו פי 1.3 מההספק החשמלי המופק. מערכת המפיקה 1 Mw הספק חשמלי, מפיקה 1.3 Mw הספק תרמי. צריכת החשמל השנתית הכוללת במתחם עבור הפקת מים חמים עומדת על **926 MWh בשנה** (עפ"י סימולציות).

יתרון מערכת הקוגנרציה נעוץ בניצול האנרגיה התרמית המופקת בה, כתוצר לוואי של תהליך הפקת האנרגיה החשמלית. היות ולא ניתן לאגור מים חמים עודפים, אם הביקוש למים חמים נמוך (עבור כלל השימושים), האנרגיה התרמית המיוצרת בתהליך לא תנוצל באופן אופטימלי, מה שיפחית את נצילות המערכת וייתר את השימוש בה.

בשלב תכנון מתקדם, יש לבצע חישוב מדויק של תפוקת החימום הנדרשת עבור מים סניטאריים (בעיקר עבור שטחי המלונאות), ומערכות חימום מבוססות מים.



- עבור צרכי המתחם ובהתאם למגבלות מקום פנוי, ניתן לבחון התקנה של מערכת קוגנרציה בהספק חשמלי של 125 KW, שתפיק כ-162.5 KW הספק תרמי כחוס שיורי. מערכת זו תוכל לספק אחוז משמעותי מהדרישה לחשמל ואנרגיה תרמית עבור השימושים השונים במתחם
- עם אספקה רציפה של גז טבעי, המערכת מיועדת לעבוד כ-95% מימות השנה (כ-5% עבור תקלות ותחזוקה)



- מערכת כזו, תפיק כ-1.04 GWh אנרגיה חשמלית בשנה (כ-11% מצריכת החשמל הכוללת במתחם) וכ-1.35 GWh אנרגיה תרמית בשנה.
- מהדמיות עולה כי צריכת החשמל השנתית בשטחי הפרויקט הינה :
 - (1) כ-9.574 GWh עבור חשמל (כולל איקלום)
 - (2) כ-926 MWh עבור חימום מים סניטאריים
- שימוש באנרגיה התרמית המופקת במערכת לחימום מים סניטאריים, יביא לחיסכון של כ-13% נוספים מצריכת החשמל הכוללת במתחם

• סך האנרגיות החשמלית והתרמית המופקות במערכת, ייתן מענה לכ-25.61% מצריכת החשמל הכוללת במתחם



- ככל וסך האנרגיה התרמית המנוצלת יעלה, בין אם לצרכי מים סניטאריים או שימושים אחרים, תצטמצם הדרישה לאנרגיה חשמלית ועמה יעלה אחוז האנרגיה הכללית המסופקת למתחם ע"י המערכת
- עלות התקנת המערכת מוערכת ב-2-8 מיליון ₪.
- עלות שנתית מוערכת של גז טבעי -177,500 ₪ (ללא עלויות חיבור והולכה, לפי תעריף של 3.3 ₪ לדולר).
- עלויות תחזוקה ותפעול שנתיות מוערכות ב-52,125 ₪.
- הכנסות שנתיות מקסימליות מהמערכת מוערכות בכ-494,125 ₪ (לפי תעריף מקסימלי של כ-50 אג' ל-KWh מיוצר).
- זמן החזר השקעה פשוט עומד על כ-9.5-15 שנה.



יתרונות מערכת קוגנרציה

- מערכת בעלת נצילות אנרגטית גבוהה ביותר המספקת אחוז ניכר מצריכת החשמל במתחם
- ייצור קבוע ואמין, 24 שעות ביממה לכל אורך ימות השנה
- המערכת אינה משפיעה על נראות המבנה
- הפקת מים חמים תיתן מענה לתקנות החדשות לאספקת מים סניטאריים במבני מגורים





חסרונות מערכת קוגנרציה

- מערכת יקרה מאוד. אינה מצויה בארץ כ"מוצר מדף"
- חסר הניסיון בארץ לתפעול ותחזוקה של המערכת
- המערכת מצריכה שימוש בשטח פנימי במתחם המספק אוורור ותנאי בטיחות הולמים
- ייצור מים סניטרים משותפים מציב אתגרי ניהול במתחם, בעיקר בתחום המגורים
- קיימת סבירות נמוכה לאישור המערכת ע"י כבאות והצלה
- תמורות עתידיות בשוק האנרגיה בישראל, הן מבחינה תעריפית והן מבחינה רגולטורית, יוצרים חוסר וודאות קשה מאוד בתחום.

נדגיש כי על המערכת להיות מוזנת בגז טבעי, בעל רמות זיהום נמוכות ביחס לדלקים אחרים, אך הן אינן אפסיות. ישימות המערכת תוכל להבחין כאשר תושלם הנחת תשתית הולכת גז טבעי בעיר. בטורבינות מסוימות ניתן להשתמש ביותר מסוג דלק אחד אולם שימוש בדלקים אחרים עשוי להעלות את רמת זיהום האוויר בסביבת הבניינים.

עוד בנושא ההשלכות הסביבתיות של המערכת-

בנובמבר 2019, יצאה קבוצה גדולה מהקהילה המדעית ובהם אנשי אקדמיה ומדענים בעלי שם, בקריאה אל שר האנרגיה, לשקול מחדש את הרחבת השימוש בגז טבעי במשק האנרגיה. אלה עיקרי דבריהם:

- גז טבעי הוא אמנם דלק נקי יותר מפחם, אך הוא בכל זאת דלק מאובן אשר שריפתו פולטת CO₂ לאטמוספירה. מחקרים עדכניים מצביעים כי בטווח הקצר, עוצמתו של גז מתאן, הנפלט לאטמוספירה כגז חממה, היא פי 84 ביחס ל - CO₂
- נמצא כי בתהליך הטיפול והולכת הגז, נפלטת חומרים אורגניים נדיפים שחלקם מוכרים כמסרטנים ודאיים. בנוסף, טורבינות המבוססות על גז טבעי מהוות מקור לזיהום תחמוצות חנקן, במיוחד ככל שגילן עולה.
- לאור ההוזלה המשמעותית בשנים האחרונות בפתרונות אגירה ואמצעים להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים, הקמת תחנות מבוססות גז כיום, טומנת בחובה סיכון כלכלי משמעותי- מחקרים עדכניים מצביעים על כך שבטווח 15-5 השנים הקרובות, תפעול תחנת גז יהיה יקר הרבה יותר מהקמה של מערכת סולארית עם אגירה, בעלת הספק דומה. התוצאה תהיה הפסקת השימוש בטכנולוגיית הגז בטרם עת
- שימוש בטכנולוגיות מבוססות גז טבעי אינו עולה בקנה אחד עם המגמות הקיימות בשוק האנרגיה ואינו תואם את ההתחייבויות הבינלאומיות של ישראל בתחום שינויי אקלים ויעדי פיתוח בר קיימא.



התאמה לפרויקט:

קיימת היתכנות עקרונית להתקנת מערכת קוגנרציה במתחם, בכפוף להנחת תשתיות הולכת גז באזור ובכפוף לאישור הגורמים הרלוונטיים (כבאות והצלה, איכות סביבה וכו'). אך כפי שצינו, המחיר הסביבתי והכלכלי עולה לאין שיעור על התועלת. לאור המידע החדש ולאחר בחינת כלל האספקטים - כלכליים, סביבתיים והנדסיים, מחברי הסקר **ממליצים שלא להתקין מערכת קוגנרציה במתחם**.



5.3. משאבות חום

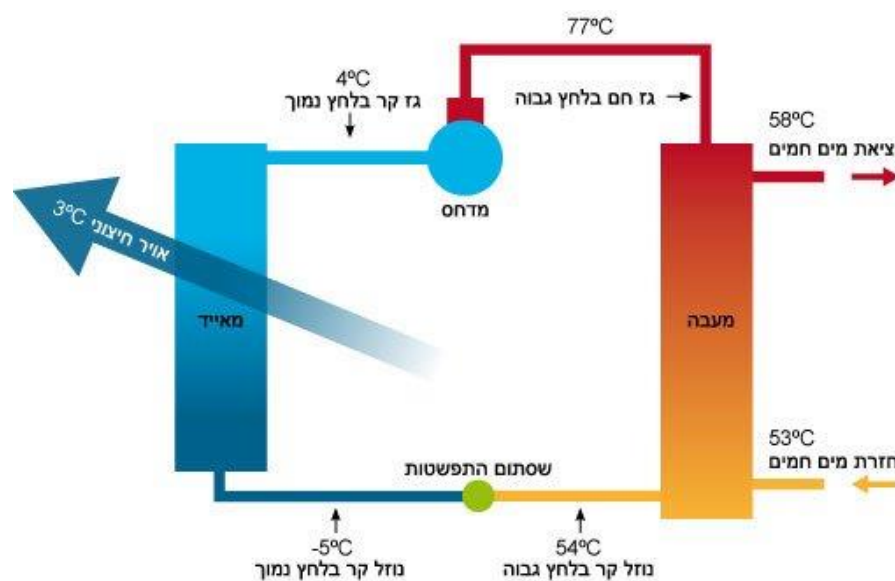
משאבת חום הינה טכנולוגיה להפקת אנרגיה ממקור מתחדש, הדומה באופן פעולתה למזגן סטנדרטי. בשונה מהמזגן, משאבת החום סופחת חום מהסביבה לצורך חימום מים ובתמורה פולטת אליה קור. בלב משאבת החום מותקן מחליף חום המשמש להעברת חום בין פזה גזית למים. ע"י שימוש בגז בעל טמפרטורת רתיחה נמוכה, משאבות חום מסוגלות לעבוד גם בסביבה קרה, כך שגם מעט האנרגיה התרמית המצויה באוויר מספיקה לדחיסת הגז וחימום המים.



הודות לנצילותה הגבוהה, משאבת חום מסוגלת לחסוך עד כ-80% מצריכת האנרגיה לחימום מים (בהשוואה לחימום בחשמל או סולר). בטכנולוגיה זו, רוב החום הדרוש מתקבל מהאוויר ורק כ-20% מצריכת האנרגיה הינה חשמלית.

משאבת חום ניתנת להתקנה כתחליף למערכות חימום מסורתיות המופעלות בסולר, גז או חשמל, ויכולה גם לשמש כמערכת משלימה לדוד השמש, בימים בהם קרינת השמש נמוכה.

תרשים סכמטי לפעולתה של משאבת חום:



- האנרגיה התרמית הדרושה עבור חימום מים, על-פי הדמיות, הינה כ-926 GWh בשנה

- בפרויקט כולו מתוכננות 127 יח"ד. ניתן להתקין משאבות חום לחימום מים כגיבוי למערכת קולטי השמש. משאבת חום מקבלת כ-70% מהאנרגיה שלה מחום שיורי, שהינו מקור מתחדש. יח"ד ממוצעת תזדקק למשאבת חום בהספק של 1 KW, אשר הספקה התרמי הינו כ-4 KW. על פי המסמך "התכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה לשנים 2020-2030" שפרסם משרד האנרגיה, כל יח"ד בעלת משאבת חום צפויה לייצר כ-1,368 קו"ש בשנה מאנרגיה מתחדשת, לפי הרגלי צריכה ממוצעים. מכך עולה שהתקנת משאבות חום עבור 127 יח"ד, תמלא כ-60% מדרישות העירייה לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים.

- נכון להיום, עיריית ת"א אינה מכירה במשאבות חום כמקור לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים, על אף המחקרים הרבים המוכיחים את תרומתן של משאבות חום לצמצום פליטות מזהמים.

- ניתן גם להתקין משאבות חום גדולות, אשר יחממו מאגר מים משותף למספר יחיד.
- עבור תעריף מגורים של 0.51 ₪ לקוויט"ש, משאבות אלה עשויות לחסוך עד כ-500,000 ₪ בשנה וזמן החזר השקעה עומד על **כ-3.5 שנים** (עלות ההון נלקחה כ-4.5% ריבית שנתית)
- LCOE של המערכת מוערך ב- 0.33 ₪/kWh



דוגמאות למשאבות חום

התאמה לפרויקט:

משאבות חום הינן טכנולוגיה זולה, אמינה ויעילה ביותר להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים. הן פשוטות להתקנה ותחזוקה ודורשות שטח התקנה קטן. מחברי הסקר ממליצים על **התקנתן של משאבות חום במתחם.**

עוד על משאבות חום כמקור לאנרגיה מתחדשת:

<http://hpc2017.org/wp-content/uploads/2017/05/O.2.1.3-The-Role-of-Heat-Pumps-in-Renewable-Heating-and-Cooling.pdf>

<https://www.cse.org.uk/advice/renewable-energy/air-source-heat-pumps>



6. מרכז אנרגיה מתחמי

כחלק מהערכת הפוטנציאל להתייעלות אנרגטית במתחם, נבדקה האפשרות של הקמת מרכז אנרגיה מתחמי. מטרת מרכז האנרגיה היא להקטין את סך צריכת החשמל מהרשת הארצית והקטנת שיאי הביקושים היומיים והשנתיים.



מרכז אנרגיה מתחמי מורכב משנאי המקבל מתח גבוה מרשת החשמל ומוריד מתח נמוך לכלל הצרכנים במתחם, מערכות ייצור אנרגיה (חשמלית ותרמית), מערכות אגירה (סוללות לאגירת חשמל, מאגר לאגירת מים חמים) ומערכת ניהול ובקרה.



ייעוד המגרש לתעסוקה מאפשר קיום חברת ניהול, אשר בלעדיה אין הצדקה למרכז אנרגיה. עם זאת, מרבית צריכת המים החמים מתבצעת ע"י שימוש המגורים, ואגירת המים החמים במאגר משותף תוביל גם לאיבודי אנרגיה (כאשר הדרישה למים חמים קטנה מהאספקה), וגם למחסור במים חמים זמינים כאשר הדרישה בשיא. בנוסף, הפתרון של אגירת אנרגיה בסוללות ליתיום-יון, על אף שהינו אפשרי מבחינה כלכלית והנדסית, אינו פתרון בר קיימא לטווח הארוך, בעיקר בגלל הדגרדציה והצורך בכריית מתכות ומינרלים נדירים הנדרשים עבור ייצור הסוללות.

על כן, מחברי הסקר ממליצים להימנע מהקמת מרכז אנרגיה מתחמי, ובמקום זאת להתקין מערכת לניהול אנרגיה במבנה, עבור כל אחד מהמבנים בפרויקט.

מערכת לניהול אנרגיה במבנה הינה מערכת אשר מתכללת, מנהלת ומייעלת את כל נושא ייצור וצריכת האנרגיה במבנה.



מערכות אלו פועלות בכמה ממדים, מניהול עומסים ועד לחיסכון וייעול גרידא. הדוגמה הפשוטה היא מערכת חכמה שדואגת לכבות תאורה או מזגנים שעובדים בשעה שאין אף אחד בחדר.

מאז הכניסה המסיבית של מערכות לניהול אנרגיה לשוק, חברות שונות הגיעו לתוצאות מרחיקות לכת בכל הקשור לביצועים האנרגטיים שלהן. אחת מהן היא תאגיד הענק האמריקאי פרוקטר את גמבל (P&G), אשר הטמיע מערכת לבקרת אנרגיה בכל שדרות הארגון.



התאגיד, שצריכת החשמל השנתית שלו עומדת על כ-4,400,000 קילואט לשעה, הצליח לצמצם את צריכת החשמל שלו ב-10%. החיסכון הכספי השנתי מוערך במיליונים רבים, וההחזר על ההשקעה של עלות הרכישה וההתקנה של המערכת ארך 4 חודשים בלבד.



בישראל פועלות מספר חברות אשר מציעות מערכת לניהול אנרגיה, ביניהן ABB, חברת ענק בינלאומית. מערכת כזו אפקטיבית במיוחד במתחם בעל שימושים שונים, ובעל משטר צריכה דינמי. מחברי הסקר ממליצים על התקנת מערכת לניהול אנרגיה בפרויקט.

7. טעינת רכבים חשמליים

בהסתמך על חזון משרד האנרגיה, כי עד שנת 2030 יאסרו לשיווק כלי רכב שאינם חשמליים, ראוי להתייחס לצריכת האנרגיה הפוטנציאלית של רכבים חשמליים.

- חניון המתחם הינו בעל קיבולת של 158 מקומות חנייה, כאשר 72 מקומות מיועדות למגורים, והיתר (86) מיועדות לתעסוקה, מסחר ולמבנה הציבור.
 - נדרש להתקין עמדות טעינה על 30% מהחניות (47), ולבצע תשתית להתקנת עמדות על 100% מהחניות.
 - בשלב ההקמה, מומלץ למקם את עמדות הטעינה בחניות המיועדות לתעסוקה, מסחר וציבור. מומלץ להתקין את העמדות בחניות הקרובות ביותר לרמפה.
 - סוללת רכב חשמלי הינה בעלת תפוקה ממוצעת של כ- 80 Kwh. בחישוב כולל נקבל:
- **תוספת צריכה פוטנציאלית של כ- 12.64 MWh = 158x80 Kwh ביום**

עולה כי קיים פוטנציאל צריכה של כ- 12.64 MWh ביום עבור טעינת רכבים, במידה וכל עמדות הטעינה בחניון מטעינות טעינה מלאה. בהנחה כי טעינה מלאה מתבצעת פעמיים בשבוע, מדובר על תוספת של כ- **1.063 GWh** לצריכה השנתית, המהווים כ- **11.1%** מצריכת החשמל הכוללת במתחם. מומלץ לשקול הגבלת מספר עמדות הטעינה הציבוריות.

- מאחר וטעינת מצברים מלאה מתבצעת כפעמיים בשבוע (או טעינה חלקית המתבצעת בכל יום), מתוך 158 רכבים, כ-75 רכבים בממוצע יזדקקו לטעינה מלאה בכל יום
- מומלץ להורות ליועץ החשמל לתת את התייחסותו המקצועית לגידול הצריכה הצפוי בעקבות טעינת רכבים חשמליים, ולבצע כבר בשלב ההקמה תשתית אשר תאפשר גידול עתידי משמעותי בצריכת החשמל.

- נדרש להתקין מערכת לניהול טעינת רכבים חשמליים.

- לפי המסמך "בחניה טכנו-כלכלית: תשתיות לטעינת רכבים חשמליים בבנייני מגורים" של משרד הבינוי והשיכון (נובמבר 2020), "החיבור הציבורי יחושב בהתאם למקדמי ההעמסה ווהתלכדות, כך שתתאפשר צריכה נומינלית לכל רכב חשמלי בכל רגע נתון שלא תפחת מ-3 KW לכל רכב וזאת בנוסף לחיבור הציבורי הדרוש למתקן החשמל המשותף".



8. סיכום ומסקנות

לאחר בחינת הפרויקט מול דרישות המתודולוגיה של עירית ת"א אנו ממליצים על התקנת פאנלים סולאריים PV על גג המבנה שיביא את הפרויקט לעמידה בדרישות העיריה לשלב תב"ע, 50% מסך הפוטנציאל.

על-פי דרישות העירייה לפרויקט הזה בשלב עיצוב אדריכלי יוצגו מערכות של אנרגיה מתחדשת בתפוקה של לפחות 60% מפוטנציאל הייצור, כלומר על הפרויקט להתקין מערכות שייצרו לפחות 300 MWh בשנה של אנרגיה ממקורות מתחדשים. יש לציין כי הסקר מנחה ומסקנותיו אינן מחייבות ויבחנו לעומק לעת שלב תכנית העיצוב בהתאם לתקנים המאשרים והנחיות עיצוביות ותכנוניות. הרצות והבדיקות נעשו על בינוי סכמתי שאיננו מחייב את הבינוי הסופי.





נספח א' – תוצאות הדמית צריכה במבנה מסחר לפי תעריף תע"ז

הגדרת שעות הצריכה ומחירי הקו"ש



הגדרת שעות הצריכה ומחירי הקו"ש



גבוה

נמוך



מתח נמוך

מחיר קוט"ש ללא מע"מ (אג')			צריכה Kwh	שעה	תאריך	יום בשבוע
ש	ו	א-ה				
31.59	31.59	31.59	17.51	01:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	31.59	17.51	02:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	31.59	17.51	03:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	31.59	17.51	04:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	31.59	17.51	05:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	31.59	17.83	06:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	45	24.87	07:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	45	46.8	08:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	45	70.32	09:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	96.41	46.99	10:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	96.41	47.15	11:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	96.41	59.49	12:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	96.41	76.2	13:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	96.41	76.63	14:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	96.41	61.4	15:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	96.41	51.45	16:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	45	62.92	17:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	45	57.69	18:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	45	49.85	19:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	45	29.42	20:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	31.59	28.57	21:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	31.59	17.91	22:00	21/08/2002	יום ד
31.59	31.59	31.59	18.81	23:00	21/08/2002	יום ה
31.59	31.59	31.59	18.65	00:00	22/08/2002	יום ו
31.59	31.59	31.59	17.51	01:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	31.59	17.51	02:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	31.59	17.51	03:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	31.59	17.51	04:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	31.59	17.51	05:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	31.59	17.83	06:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	45	25.38	07:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	45	48.35	08:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	45	72.74	09:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	96.41	49.11	10:00	23/08/2002	יום ו

31.59	31.59	96.41	50.06	11:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	96.41	61.65	12:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	96.41	76.9	13:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	96.41	77.32	14:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	96.41	61.85	15:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	96.41	51.47	16:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	45	63.22	17:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	45	57.99	18:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	45	50.09	19:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	45	29.52	20:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	31.59	28.72	21:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	31.59	18.17	22:00	23/08/2002	יום ו
31.59	31.59	31.59	18.81	23:00	23/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	18.65	00:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	17.51	01:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	17.51	02:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	17.51	03:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	17.51	04:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	17.51	05:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	17.66	06:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	45	15.12	07:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	45	14.48	08:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	45	20.3	09:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	96.41	20.67	10:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	96.41	20.62	11:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	96.41	20.81	12:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	96.41	15.33	13:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	96.41	15.34	14:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	96.41	15.8	15:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	96.41	15.75	16:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	45	17.25	17:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	45	15.42	18:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	45	18.75	19:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	45	17.61	20:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	17.61	21:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	17.71	22:00	24/08/2002	שבת
31.59	31.59	31.59	17.51	23:00	24/08/2002	יום א



31.59	31.59	31.59	17.51	00:00	25/08/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	18.28	01:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	18.61	02:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	18.7	03:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	18.72	04:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	18.74	05:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	53.68	25.12	06:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	53.68	51.26	07:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	74.13	08:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	91.61	09:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	64.76	10:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	63.99	11:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	73.57	12:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	90.71	13:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	93.97	14:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	75.35	15:00	18/01/2002	יום ו
33.94	53.68	87.59	66.85	16:00	18/01/2002	יום ו
87.59	53.68	87.59	77.49	17:00	18/01/2002	יום ו
87.59	53.68	87.59	76.07	18:00	18/01/2002	יום ו
53.68	53.68	87.59	56.97	19:00	18/01/2002	יום ו
53.68	33.94	87.59	32.94	20:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	87.59	30.61	21:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	22.48	22:00	18/01/2002	יום ו
33.94	33.94	33.94	19.07	23:00	18/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	19.1	00:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	23.98	01:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	24	02:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	24.03	03:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	24.06	04:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	24.05	05:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	53.68	24.3	06:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	53.68	27.67	07:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	27.69	08:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	31.24	09:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	30.03	10:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	29.19	11:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	29.03	12:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	24.23	13:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	23.98	14:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	23.61	15:00	19/01/2002	שבת
33.94	53.68	87.59	25.95	16:00	19/01/2002	שבת
87.59	53.68	87.59	27.45	17:00	19/01/2002	שבת
87.59	53.68	87.59	25.96	18:00	19/01/2002	שבת
53.68	53.68	87.59	24.93	19:00	19/01/2002	שבת
53.68	33.94	87.59	23.89	20:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	87.59	23.9	21:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	23.94	22:00	19/01/2002	שבת
33.94	33.94	33.94	23.89	23:00	19/01/2002	יום א
33.94	33.94	33.94	24.07	00:00	20/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	17.51	01:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	17.51	02:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	17.51	03:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	17.51	04:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	17.51	05:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	53.68	23.57	06:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	53.68	50.51	07:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	72.82	08:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	87.15	09:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	59.82	10:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	58.48	11:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	67.83	12:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	83.22	13:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	82.97	14:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	67.45	15:00	21/01/2002	יום ב
33.94	53.68	87.59	61.34	16:00	21/01/2002	יום ב
87.59	53.68	87.59	71.79	17:00	21/01/2002	יום ב
87.59	53.68	87.59	71.54	18:00	21/01/2002	יום ב
53.68	53.68	87.59	56.09	19:00	21/01/2002	יום ב
53.68	33.94	87.59	32.94	20:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	87.59	30.61	21:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	22.47	22:00	21/01/2002	יום ב
33.94	33.94	33.94	18.81	23:00	21/01/2002	יום ג
33.94	33.94	33.94	18.65	00:00	22/01/2002	יום ה



30.6	30.6	30.6	17.51	01:00	21/03/2002	יום ה
30.6	30.6	30.6	17.51	02:00	21/03/2002	יום ה
30.6	30.6	30.6	17.51	03:00	21/03/2002	יום ה
30.6	30.6	30.6	17.51	04:00	21/03/2002	יום ה
30.6	30.6	30.6	17.51	05:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	20.92	06:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	41.77	07:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	61.43	08:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	76.72	09:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	49.95	10:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	48.63	11:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	57.96	12:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	73.13	13:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	72.74	14:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	56.51	15:00	21/03/2002	יום ה
30.6	36.65	43.79	46.07	16:00	21/03/2002	יום ה
36.65	36.65	43.79	58.3	17:00	21/03/2002	יום ה
36.65	36.65	43.79	63.06	18:00	21/03/2002	יום ה
36.65	36.65	43.79	53.94	19:00	21/03/2002	יום ה
36.65	30.6	36.65	32.65	20:00	21/03/2002	יום ה
30.6	30.6	36.65	32.48	21:00	21/03/2002	יום ה
30.6	30.6	30.6	22.27	22:00	21/03/2002	יום ה
30.6	30.6	30.6	18.81	23:00	21/03/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	00:00	22/03/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	01:00	22/03/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	02:00	22/03/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	03:00	22/03/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	04:00	22/03/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	21.15	05:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	41.56	06:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	59.83	07:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	75.88	08:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	48.97	09:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	47.6	10:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	56.57	11:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	71.43	12:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	70.96	13:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	54.63	14:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	43.93	15:00	22/03/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	55.58	16:00	22/03/2002	יום ו
36.65	36.65	43.79	60.66	17:00	22/03/2002	יום ו
36.65	36.65	43.79	53.65	18:00	22/03/2002	יום ו
36.65	36.65	43.79	32.69	19:00	22/03/2002	יום ו
36.65	30.6	36.65	32.56	20:00	22/03/2002	יום ו
30.6	30.6	36.65	22.41	21:00	22/03/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	18.81	22:00	22/03/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	18.65	23:00	22/03/2002	שבת
30.6	30.6	30.6	18.65	00:00	23/03/2002	שבת
30.6	30.6	30.6	17.51	01:00	23/03/2002	שבת
30.6	30.6	30.6	17.51	02:00	23/03/2002	שבת
30.6	30.6	30.6	17.51	03:00	23/03/2002	שבת
30.6	30.6	30.6	17.51	04:00	23/03/2002	שבת
30.6	30.6	30.6	17.51	05:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	17.66	06:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	21.7	07:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	19.55	08:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	24.34	09:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	24.26	10:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	23.86	11:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	23.78	12:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	18.59	13:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	18.31	14:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	18.11	15:00	23/03/2002	שבת
30.6	36.65	43.79	18.18	16:00	23/03/2002	שבת
36.65	36.65	43.79	19.69	17:00	23/03/2002	שבת
36.65	36.65	43.79	20.49	18:00	23/03/2002	שבת
36.65	36.65	43.79	18.75	19:00	23/03/2002	שבת
36.65	30.6	36.65	17.61	20:00	23/03/2002	שבת
30.6	30.6	36.65	17.61	21:00	23/03/2002	שבת
30.6	30.6	30.6	17.71	22:00	23/03/2002	שבת
30.6	30.6	30.6	17.51	23:00	23/03/2002	יום א
30.6	30.6	30.6	17.51	00:00	24/03/2002	יום ב



30.6	30.6	30.6	17.51	01:00	21/10/2002	יום ב
30.6	30.6	30.6	17.51	02:00	21/10/2002	יום ב
30.6	30.6	30.6	17.51	03:00	21/10/2002	יום ב
30.6	30.6	30.6	17.51	04:00	21/10/2002	יום ב
30.6	30.6	30.6	17.51	05:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	17.83	06:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	26.19	07:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	47	08:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	66.09	09:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	40.76	10:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	40.78	11:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	51.05	12:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	66.71	13:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	67.76	14:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	51.39	15:00	21/10/2002	יום ב
30.6	36.65	43.79	41.42	16:00	21/10/2002	יום ב
36.65	36.65	43.79	57.04	17:00	21/10/2002	יום ב
36.65	36.65	43.79	53.68	18:00	21/10/2002	יום ב
36.65	36.65	43.79	43.79	19:00	21/10/2002	יום ב
36.65	30.6	36.65	27.64	20:00	21/10/2002	יום ב
30.6	30.6	36.65	27.41	21:00	21/10/2002	יום ב
30.6	30.6	30.6	17.17	22:00	21/10/2002	יום ב
30.6	30.6	30.6	18.81	23:00	21/10/2002	יום ג
30.6	30.6	30.6	18.65	00:00	22/10/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	01:00	25/10/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	02:00	25/10/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	03:00	25/10/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	04:00	25/10/2002	יום ו
30.6	30.6	30.6	17.51	05:00	25/10/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	17.83	06:00	25/10/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	26.67	07:00	25/10/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	47.28	08:00	25/10/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	65.98	09:00	25/10/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	40.48	10:00	25/10/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	40.1	11:00	25/10/2002	יום ו
30.6	36.65	43.79	49.79	12:00	25/10/2002	יום ו





	36.65	36.65	43.79	54.06	17:00	25/10/2002	יום ו
	36.65	36.65	43.79	53.14	18:00	25/10/2002	יום ו
	36.65	36.65	43.79	43.79	19:00	25/10/2002	יום ו
	36.65	30.6	36.65	27.64	20:00	25/10/2002	יום ו
	30.6	30.6	36.65	27.41	21:00	25/10/2002	יום ו
	30.6	30.6	30.6	17.17	22:00	25/10/2002	יום ו
	30.6	30.6	30.6	18.81	23:00	25/10/2002	שבת
	30.6	30.6	30.6	18.65	00:00	26/10/2002	שבת
	30.6	30.6	30.6	17.51	01:00	26/10/2002	שבת
	30.6	30.6	30.6	17.51	02:00	26/10/2002	שבת
	30.6	30.6	30.6	17.51	03:00	26/10/2002	שבת
	30.6	30.6	30.6	17.51	04:00	26/10/2002	שבת
	30.6	30.6	30.6	17.51	05:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	17.66	06:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	18.23	07:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	15.59	08:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	19.33	09:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	18.92	10:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	18.54	11:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	18.33	12:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	13.1	13:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	13.05	14:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	13.08	15:00	26/10/2002	שבת
	30.6	36.65	43.79	13.79	16:00	26/10/2002	שבת
	36.65	36.65	43.79	16.86	17:00	26/10/2002	שבת
	36.65	36.65	43.79	15.87	18:00	26/10/2002	שבת
	36.65	36.65	43.79	18.75	19:00	26/10/2002	שבת
	36.65	30.6	36.65	17.61	20:00	26/10/2002	שבת
	30.6	30.6	36.65	17.61	21:00	26/10/2002	שבת
	30.6	30.6	30.6	17.71	22:00	26/10/2002	שבת
	30.6	30.6	30.6	17.51	23:00	26/10/2002	שבת
	30.6	30.6	30.6	17.51	00:00	27/10/2002	יום א
1966.6	סה"כ עלות בימי חול			3964.1	סה"כ צריכה בימי חול		
1970.7	סה"כ עלות בימי ו'			3936.7	סה"כ צריכה בימי ו'		
877.9	סה"כ עלות בימי ש'			1935.6	סה"כ צריכה בימי ש'		
0.490658	עלות ממוצעת לקווס"ש לפי משקל יחסי של ימות השבוע						





נספח ב'- נתונים טכניים של פנלים BIPV

PowerMax®

Valid for product variant 4.4

MECHANICAL SPECIFICATIONS

PowerMax® 4.4	Value
External dimensions	1,587 x 664 mm ²
Thickness	38 mm
Weight	17 kg
Cell type	CIGS
Frame	none
Front cover	3.2 mm tempered glass
Design load (safety factor 1.5)	upward 1600 Pa downward 3400 Pa
Junction box protection class	IP67
Dimensions of the junction boxes	60 x 60 x 11.5 mm ³
Cable lengths (⊖ plug ⊕ socket)	200 320 mm
Cable cross section	2.5 mm ²
Connector type	Amphenol Helios H4
Fire rating	Class C (ANSI/UL 790:2004)

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Data measured under standard test conditions (STC):

PowerMax® 4.4	135	140	145	150
Nominal power P_{nom}^*	135 W	140 W	145 W	150 W
Sorting	-0/+5 W			
Module efficiency η	12.8 %	13.3 %	13.8 %	14.2 %
Aperture efficiency η	14.2 %	14.7 %	15.2 %	15.7 %
Open-circuit voltage V_{OC}^*	78.9 V	79.5 V	80.1 V	80.7 V
Short-circuit current I_{SC}^*	2.57 A	2.58 A	2.59 A	2.59 A
Voltage at mpp V_{mpp}^*	59.7 V	60.8 V	61.9 V	63.0 V
Current at mpp I_{mpp}^*	2.26 A	2.30 A	2.34 A	2.38 A
Max. over-current protection I_R	4.0 A			
Max. system voltage V_{sys}	1000 V			

Insolation intensity 1000 W/m² in the plane of the module, module temperature 25 °C and

Data measured at nominal module operating temperature (NMOT)** and AM 1.5:

PowerMax® 4.4	135	140	145	150
NMOT	40 °C			
Nominal power P_{nom}	101 W	105 W	109 W	113 W
Open-circuit voltage V_{OC}	75 V	76 V	76 V	77 V
Short-circuit current I_{SC}	2.06 A	2.06 A	2.07 A	2.07 A
Voltage at mpp V_{mpp}	56 V	57 V	58 V	59 V

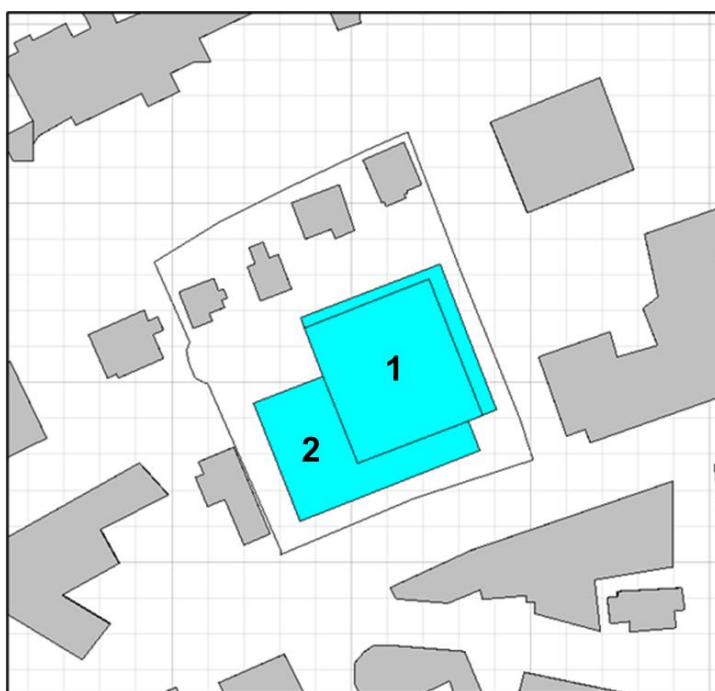
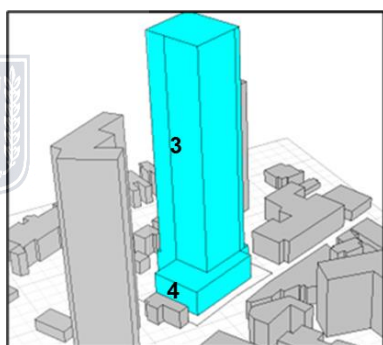
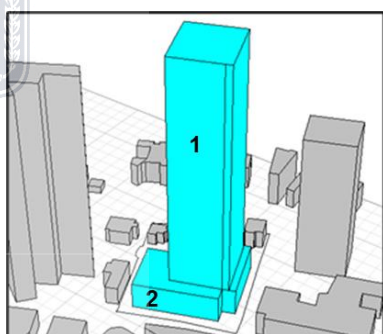
** NMOT: Module operating temperature at 800 W/m² insolation intensity in the plane of the module, air temperature 20 °C, wind speed 1 m/s and operating at mpp.



נספח ג' - ניתוח חשיפה לשמש

הבדיקה נעשתה על בינוי סכמתי שאיננו מחייב את הבינוי הסופי.

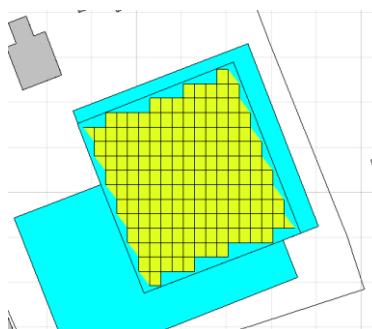
מניפת הצללה של הפרויקט המוצע ומיפוי אזורים נבדקים:



חשיפת גגות – 21.12 – בין השעות 9:00-15:00

מס' גג	זווית הטייה מהדרום	שטח הגג	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף ל-4 שעות
1	21.5° לכיוון מזרח	1515 מ"ר	6	100%

Average Value: 6.00 Hrs
Above Clip Threshold: 100.0%





מס' גג	זווית הטייה מהדרום	שטח הגג	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף ל-4 שעות
2	21.5° לכיוון מזרח	1036 מ"ר	5.50	100%

Average Value: 5.50 Hrs
Above Clip Threshold: 100.0%

חשיפת חזיתות דרום מזרחיות – 21.12 – בין השעות 10:30-14:00

מס' חזית	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף בשעות לבדיקה
1	21.5° לכיוון מזרח	5935 מ"ר	3.95	98%

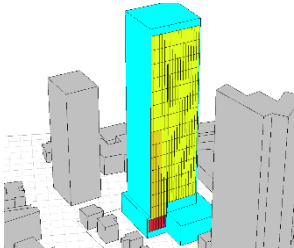
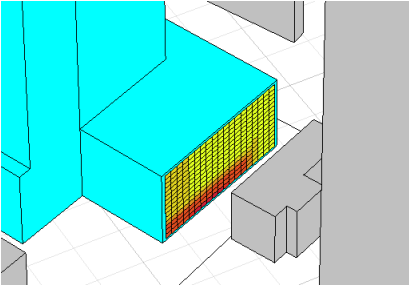
Average Value: 3.95 Hrs
Above Clip Threshold: 98.1%

מס' חזית	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף בשעות לבדיקה
2	21.5° לכיוון מזרח	965 מ"ר	4	99.4%

Average Value: 3.99 Hrs
Above Clip Threshold: 99.4%



חשיפת חזיתות דרום מערביות – 21.12 – בין השעות 10:30-14:00

מס' חזית	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף בשעות לבדיקה
3	68.5° לכיוון מערב	6592 מ"ר	3.73	82%
Average Value: 3.73 Hrs Above Clip Threshold: 81.9% 				
מס' חזית	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף בשעות לבדיקה
4	68.5° לכיוון מערב	634 מ"ר	3.31	52%
Average Value: 3.31 Hrs Above Clip Threshold: 51.9% 				





נספח ד' - נתונים טכניים מערכת קוגנרציה

Table 5-2. Microturbine Cost and Performance Characteristics

Microturbine Characteristics [1]	System					
	1	2	3	4	5	6
Nominal Electricity Capacity (kW)	30	65	200	250	333	1000
Compressor Parasitic Power (kW)	2	4	10	10	13	50
Net Electricity Capacity (kW)	28	61	190	240	320	950
Fuel Input (MMBtu/hr), HHV	0.434	0.876	2.431	3.139	3.894	12.155
Required Fuel Gas Pressure (psig)	55-60	75-80	75-80	80-140	90-140	75-80
Electric Heat Rate (Btu/kWh), LHV [2]	13,995	12,966	11,553	11,809	10,987	11,553
Electric Efficiency (%), LHV [3]	24.4%	26.3%	29.5%	28.9%	31.1%	29.5%
Electric Heat Rate (Btu/kWh), HHV	15,535	14,393	12,824	13,110	12,198	12,824
Electric Efficiency (%), HHV	21.9%	23.7%	26.6%	26.0%	28.0%	26.6%
CHP Characteristics						
Exhaust Flow (lbs/sec)	0.68	1.13	2.93	4.7	5.3	14.7
Exhaust Temp (°F)	530	592	535	493	512	535
Heat Exchanger Exhaust Temp (°F)	190	190	200	190	190	200
Heat Output (MMBtu/hr)	0.21	0.41	0.88	1.28	1.54	4.43

Table 5-2. Microturbine Cost and Performance Characteristics

Microturbine Characteristics [1]	System					
	1	2	3	4	5	6
Heat Output (kW equivalent)	61.0	119.8	258.9	375.6	450.2	1,299.0
Total CHP Efficiency (%), HHV [4]	70.0%	70.4%	63.0%	66.9%	67.5%	63.1%
Total CHP Efficiency (%), LHV	77.3%	77.8%	69.6%	73.9%	74.6%	69.8%
Power/Heat Ratio [5]	0.46	0.51	0.73	0.64	0.71	0.73
Net Heat Rate (Btu/kWh) [6]	6,211	5,983	6,983	6,405	6,170	6,963
Effective Electric Eff. (%), HHV [7]	54.9%	57.0%	48.9%	53.3%	55.3%	49.0%
Cost						
CHP Package Cost (\$/kW) [8]	\$2,690	\$2,120	\$2,120	\$1,840	\$1,770	\$1,710
Total Installed Cost (\$/kW) [9]	\$4,300	\$3,220	\$3,150	\$2,720	\$2,580	\$2,500

https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/catalog_of_chp_technologies_section_5_characterization_-_microturbines.pdf



נספח ה' - תוצאות סימולציות

פוטנציאל גגות

גג 1

System Parameters

System nameplate capacity: 136.7 kWdc

Module type: Standard

DC to AC ratio: 1.15

Rated inverter size: 118.87 kWac

Inverter efficiency: 96 %

- Area Estimate for Land Area Calculations

Estimated total module area: 2,398.246 m²

Orientation and Tracking

Array type: Fixed open rack

Tilt: 3 degrees

Azimuth: 158.5 degrees

Ground coverage ratio: 0.8

System Losses

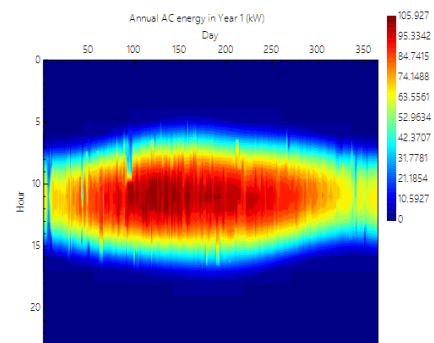
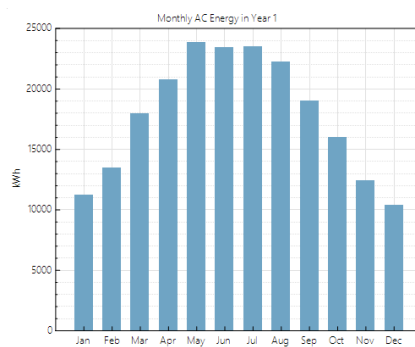
System losses account for performance losses you would expect in a real system that are not explicitly calculated by PVWatts.

Specify total system loss: ☐ Total loss: 14 %

- Specify System Loss Categories

Soiling	2 %	Connections	0.5 %
Shading	3 %	Light-induced degradation	1.5 %
Snow	0 %	Nameplate	1 %
Mismatch	2 %	Age	0 %
Wiring	2 %	Availability	3 %
Total system losses		14.08 %	

Metric	Value
Annual AC energy in Year 1	213,988 kWh
DC capacity factor in Year 1	17.9%
Energy yield in Year 1	1,565 kWh/kW





ג 2

System Parameters

System nameplate capacity kWdc

Module type

DC to AC ratio

Rated inverter size kWac

Inverter efficiency %

-Area Estimate for Land Area Calculations-

Estimated total module area m²

Orientation and Tracking

Azimuth N = 0
W 270 E 90 S 180

Tilt 50° Vert. Horiz. 0°

Array type

Tilt degrees

Azimuth degrees

Ground coverage ratio

System Losses

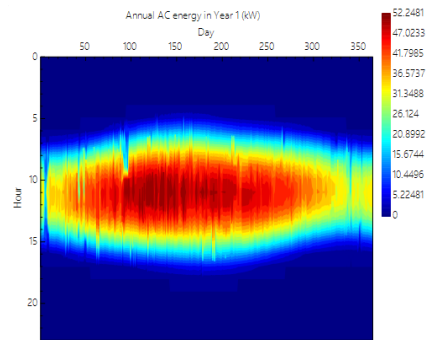
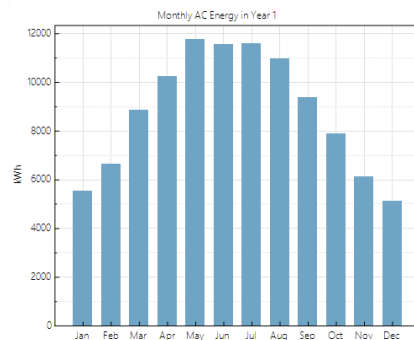
System losses account for performance losses you would expect in a real system that are not explicitly calculated by PVWatts.

Specify total system loss ☐ Total loss %

-Specify System Loss Categories-

Soiling 2 %	Connections 0.5 %
Shading 17 %	Light-induced degradation 1.5 %
Snow 0 %	Nameplate 1 %
Mismatch 2 %	Age 0 %
Wiring 2 %	Availability 3 %
Total system losses 26.48 %	

Metric	Value
Annual AC energy in Year 1	105,549 kWh
DC capacity factor in Year 1	15.3%
Energy yield in Year 1	1,339 kWh/kW





חזית דרומית

System Parameters

System nameplate capacity kWdc

Module type

DC to AC ratio

Rated inverter size kWac

Inverter efficiency %

-Area Estimate for Land Area Calculations-

Estimated total module area m²

Orientation and Tracking

Azimuth N = 0
W 270 E 90 S 180

Tilt 90 Vert. 0 Horiz.

Array type

Tilt degrees

Azimuth degrees

Ground coverage ratio

System Losses

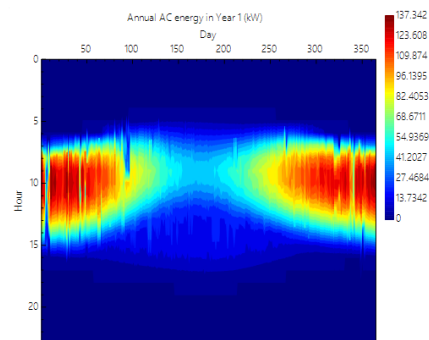
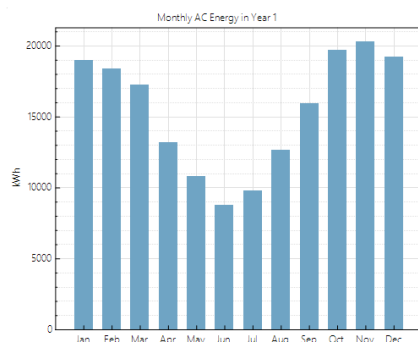
System losses account for performance losses you would expect in a real system that are not explicitly calculated by PVWatts.

Specify total system loss ☐ Total loss %

-Specify System Loss Categories-

Soiling 2 %	Connections 0.5 %
Shading 15 %	Light-induced degradation 1.5 %
Snow 0 %	Nameplate 1 %
Mismatch 2 %	Age 0 %
Wiring 2 %	Availability 3 %
Total system losses 24.71 %	

Metric	Value
Annual AC energy in Year 1	184,929 kWh
DC capacity factor in Year 1	9.3%
Energy yield in Year 1	816 kWh/kW





נתוני אמת – BIPV

קומות טכניות

System Parameters

System nameplate capacity kWdc

Module type

DC to AC ratio

Rated inverter size kWac

Inverter efficiency %

SAM uses PVWatts Version 7, which is different from the online PVWatts Calculator version. SAM's results will likely be different from the online calculator's results until the online calculator is updated. See Help for information about PVWatts versions.

Orientation and Tracking

Array type

Tilt degrees

Azimuth degrees

Ground coverage ratio

Azimuth N = 0, W 270, E 90, S 180. Tilt 90 Vert, 0 Horiz.

Losses

-System Losses-

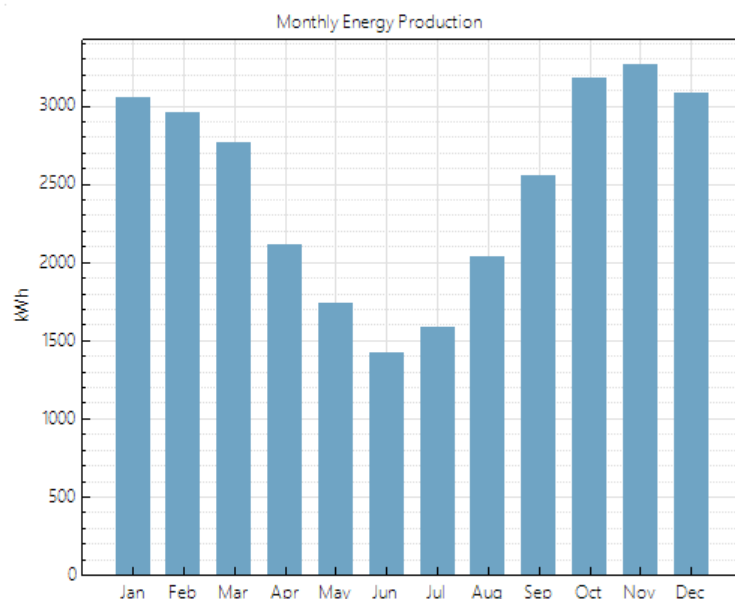
System losses account for performance losses you would expect in a real system that are not explicitly calculated by PVWatts.

Specify total system loss ☐ Total loss %

-Specify System Loss Categories-

Soiling 2 %	Connections 0.5 %
Shading 18 %	Light-induced degradation 1.5 %
Snow 0 %	Nameplate 1 %
Mismatch 2 %	Age 0 %
Wiring 2 %	Availability 3 %
Total system losses 27.36 %	

Metric	Value
Annual energy (year 1)	29,721 kWh
Capacity factor (year 1)	8.8%
Energy yield (year 1)	772 kWh/kW





1/3 עליון

System Parameters

System nameplate capacity kWdc

Module type

DC to AC ratio

Rated inverter size kWac

Inverter efficiency %

SAM uses PVWatts Version 7, which is different from the online PVWatts Calculator version. SAM's results will likely be different from the online calculator's results until the online calculator is updated. See Help for information about PVWatts versions.

Orientation and Tracking

Array type

Tilt degrees

Azimuth degrees

Ground coverage ratio

Azimuth N = 0
W 270 E 90 S 180

Tilt 90° Vert. 0° Horiz.

Losses

-System Losses

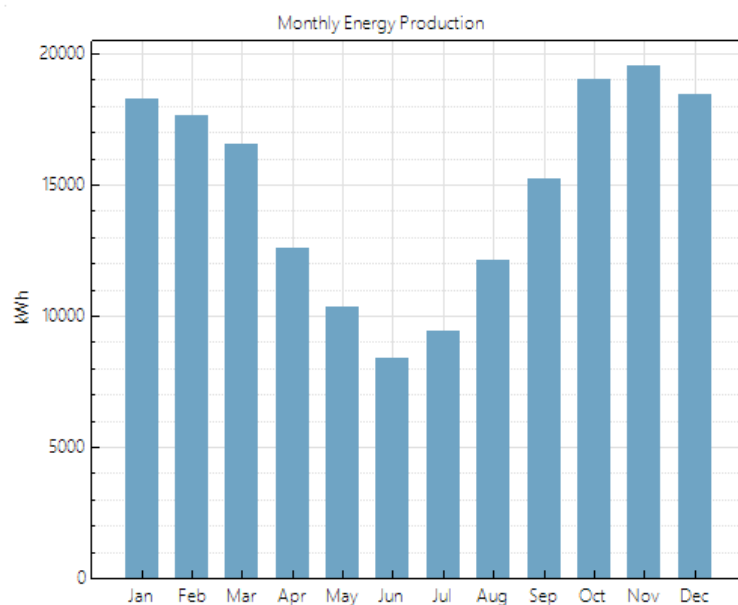
System losses account for performance losses you would expect in a real system that are not explicitly calculated by PVWatts.

Specify total system loss ☐ Total loss %

-Specify System Loss Categories

Soiling	2 %	Connections	0.5 %
Shading	18 %	Light-induced degradation	1.5 %
Snow	0 %	Nameplate	1 %
Mismatch	2 %	Age	0 %
Wiring	2 %	Availability	3 %
		Total system losses	 27.36 %

Metric	Value
Annual energy (year 1)	177,427 kWh
Capacity factor (year 1)	8.8%
Energy yield (year 1)	768 kWh/kW





2/3 עליונים

System Parameters

System nameplate capacity kWdc

Module type

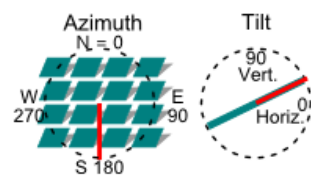
DC to AC ratio

Rated inverter size kWac

Inverter efficiency %

SAM uses PVWatts Version 7, which is different from the online PVWatts Calculator version. SAM's results will likely be different from the online calculator's results until the online calculator is updated. See Help for information about PVWatts versions.

Orientation and Tracking



Array type

Tilt degrees

Azimuth degrees

Ground coverage ratio

Losses

-System Losses

System losses account for performance losses you would expect in a real system that are not explicitly calculated by PVWatts.

Specify total system loss ☐

Total loss %

-Specify System Loss Categories

Soiling %

Shading %

Snow %

Mismatch %

Wiring %

Connections %

Light-induced degradation %

Nameplate %

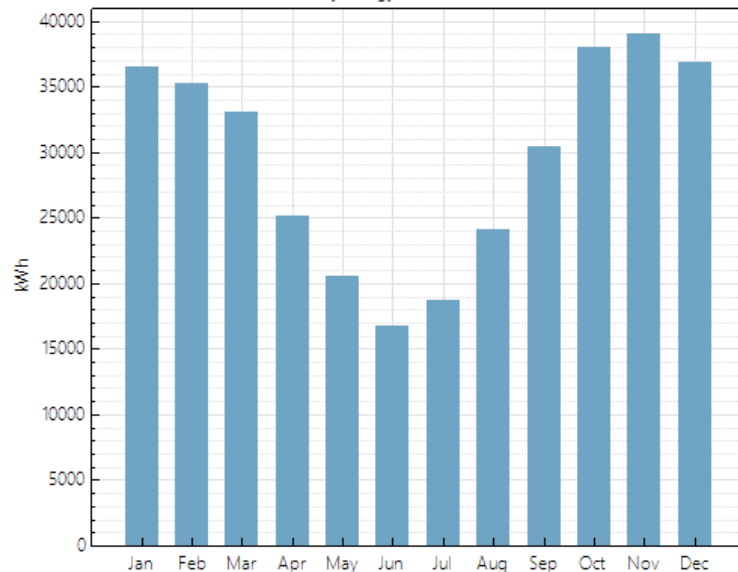
Age %

Availability %

Total system losses %

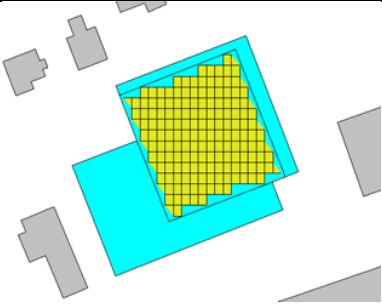
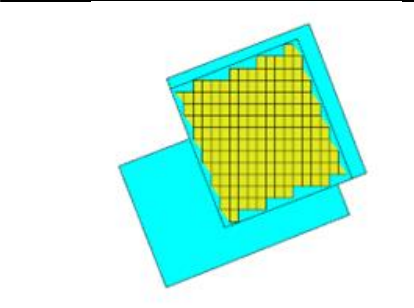
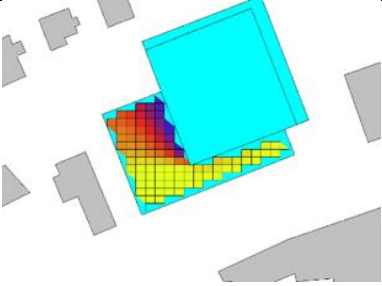
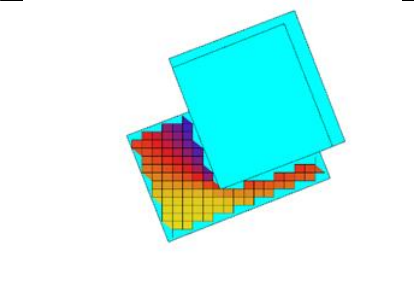
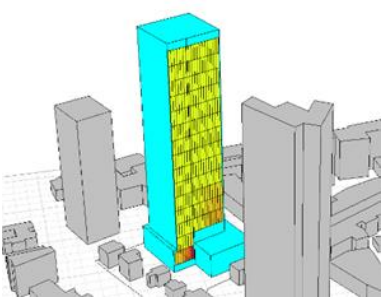
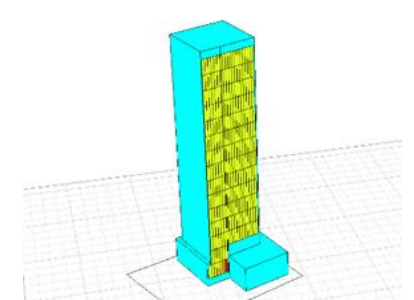
Metric	Value
Annual energy (year 1)	354,448 kWh
Capacity factor (year 1)	8.8%
Energy yield (year 1)	767 kWh/kW

Monthly Energy Production





נספח ו'- חישוב הצללה

אלמנט	קרינה סולארית שנתית מצטברת – מצב מוצע [KWh]	קרינה סולארית שנתית מצטברת – ללא סביבה מצלילה [KWh]	הצללה שנתית [%]
גג המגדל	1772.36	1772.36	3
			
גג המסד	1277.40	1484.30	17
			
חזית דרום מזרחית המגדל	994.90	1055.86	15
			

התחשב באחוז מינימלי של הצללה שנתית, עקב עננים וכו': 3% עבור גגות ו-9% עבור חזיתות.





מקורות

- (1) מדיניות לקידום תכניות להקמת טורבינות רוח לייצור חשמל- משרד הפנים, מנהל התכנון מאי 2012
- (2) BIPV/PV- לא מה שחשבתם- מצגת עבור משה"ב, אהו"ב, מאת ארתור טליסמן
- (3) משרד האנרגיה והמים, "נתונים מסייעים למתווה תכנוני של טורבינות רוח "קטנות" בישראל", דורון אהרן, ואורן דיינובסקי, 26.10.2010
- (4) Avancis PowerMAx44 May 2019
- (5) https://www.researchgate.net/figure/HA-WT-and-VA-WT-http-wwwwindturbinesworkscom-2018_fig1_333204326
- (6) <https://www.tashtiot.co.il/2010/02/10/%D7%9C%D7%95%D7%95%D7%99%D7%AA%D7%9F-%D7%90%D7%A0%D7%A8%D7%92%D7%99%D7%94-%D7%90%D7%A0%D7%A8%D7%92%D7%99%D7%99%D7%AA-%D7%A8%D7%95%D7%97/>
- (7) https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/48128/2167-uk-renewable-energy-roadmap.pdf
- (8) <https://flower-turbines-store.myshopify.com/products/large-wind-tulip-2-blades-5-kw-with-off-grid-inverter-and-charge-controller>
- (9) <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/power-generation/gas-turbines/sgt-300.html>
- (10) A detailed guide to CHP developers- department of energy and climate change UK
- (11) https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-050410-163916/unrestricted/mc_rd_an_js_Rooftop_Wind_IQP_Report.pdf
- (12) https://www.nevo.co.il/law_html/law01/502_190.htm#med13
- (13) <https://www.pv-magazine.com/2020/05/19/bipv-solar-modules-with-varying-transparency>
- (14) http://www.enpicbmed.eu/sites/default/files/guidelines_on_building_integration_of_photovoltaic_in_the_mediterranean_area.pdf
- (15) http://fs.knesset.gov.il/23/Committees/23_cs_bg_582204.pdf
- (16) https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/09/f33/CHP-Microturbines_0.pdf
- (17) https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/catalog_of_chp_technologies_section_5_characterization_microturbines.pdf