



07-06-2026

הועדה המקומית לתכנון ולבניה תל-אביב - יפו		
שם התכנית 507-0337626 תא/מק/4487 מתחם שניצלר		
אפשרה למתן תוקף (לאחר דיון בהתנגדויות):		
תאריך	פרוטוקול	החלטה
14/09/2022	122-0026	7 החלטה
12/07/2023	123-0012	12 החלטה
22/01/2025	125-0002	6 החלטה
05/02/2025	125-0003	10 החלטה
24/12/2025	125-0024	15 החלטה
מנהל האגף	מנהל העיר	לשאר שפירא, עו"ד
אורלי אראל	אהוד כרמלי, אדרי	יו"ר הועדה/יו"ר ועדת המשנה
א.ל. אראל	7/1/25	לשאר שפירא, עו"ד
יו"ר ועדת המשנה לתכנון ולבניה		

סקר אנרגיה בת קיימה לתב"ע

מתחם שניצלר

תל-אביב יפו

יולי 2024

עורך המסמך: אינג' נדב גבינג

פיתוח סביבה וקיימות בע"מ

מאושרת
סמכות מקומית

אלי לוי
מנהל אגף תכנון ולבניה

Leading Since 2010



תוכן עניינים

מבוא.....	3
תקציר מנהלים.....	3
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.....	24
7. טעינת רכבים חשמליים.....	25
8. סיכום ממצאים ומסקנות.....	26
נספח א'- חישוב תעריף תע"ז.....	27
נספח ב'- נתונים טכניים של פנלים BIPV.....	32
נספח ג'- ניתוח חשיפה לשמש.....	33
נספח ד'- נתונים טכניים מערכת קוגנרציה.....	37
נספח ה'- תוצאות סימולציות.....	38
נספח ו'- מפרט טכני של משאבת החום הנבחרת.....	49
מקורות.....	50





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 בעיריית ת"א לפי מתודולוגיה עדכנית - **תכנון אנרגיה בת קיימא הנחיות להכנת סקר אנרגיה - גרסה ינואר 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.



תקציר מנהלים

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.



ממצאי הסקר

התפלגות חזויה של צריכת האנרגיה במתחם :

שימוש	שטח עיקרי [מ"ר]	צריכת אנרגיה שנתית (KWh למ"ר)	צריכת אנרגיה שנתית חזויה (GWh)
מסחר	540	270	0.1458
מגורים	15,120	170	2.5704
תעסוקה	18,453	250	4.6132
ציבור	4,445	220	0.9779
שירות	13,855	94	1.3024
סה"כ	51,850		9.6097





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.** עם זאת, PV על הגגות כנראה לא יצליח לספק את כל דרישות העירייה עבור ייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים.

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. **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 עד כ-80% 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.



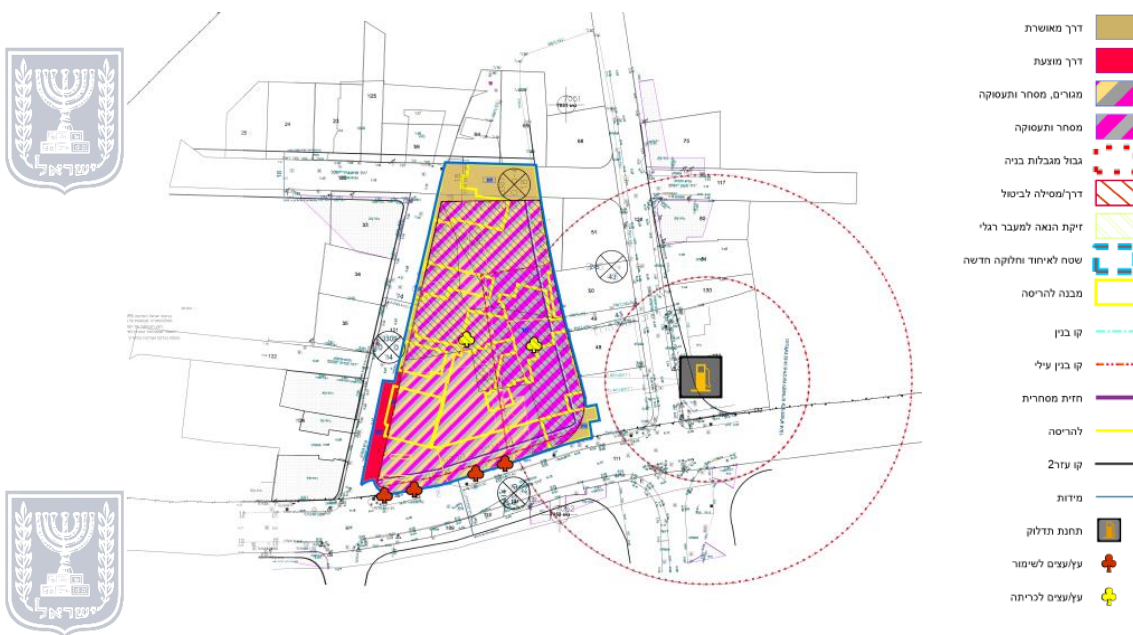
סקר אנרגיה בת קיימא

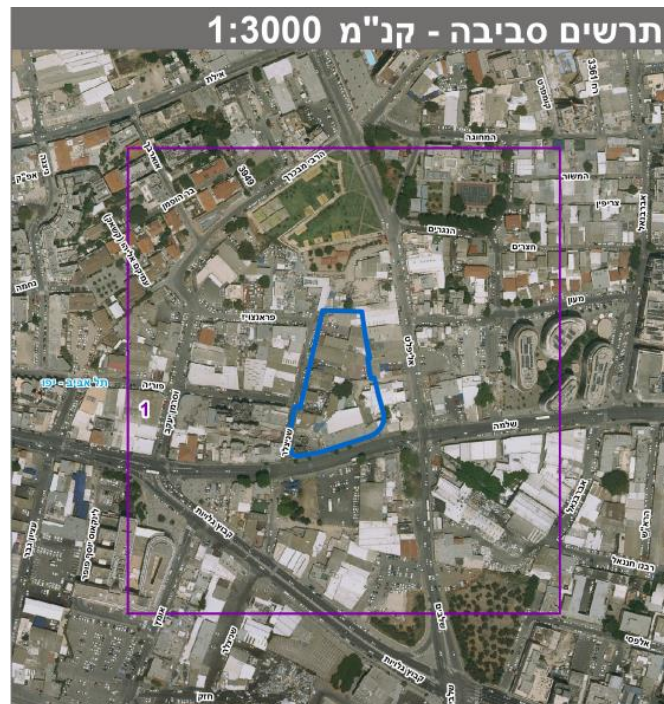
במסגרת מדיניות עיריית תל-אביב יפו לתכנון בר קיימא, יזמים ומתכננים נדרשים להגיש סקר אנרגיה בשלבי התכנון הראשוניים, במסגרת תב"עות, תכניות עיצוב ובקשות להיתרי בנייה. על סקר זה להציג את מאזן האנרגיות הכללי בפרויקט ולהציע דרכים להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים בתחומי הפרויקט, בהתבסס על מכלול השיקולים הרלוונטיים.

1. תיאור הפרויקט

מיקום: תכנית "מתחם שניצלר" ממוקמת בדרום-מערב תל אביב, ונתחמת ע"י הרחובות שלמה בדרום, אליפלט במזרח, שניצלר במערב והמשכו של רחוב פרנצווי בצפון, ומוגדרת כאזור אקלים א'. שטח התכנית הינו כ-7 דונם.

תב"ע/תכנית מתאר מאושרת : תא/מק/4487





כיום בנויים במרבית שטח המתחם מבנים נמוכים וצפופים, בחלקם ארעיים, המאכלסים מוסכים, פחחים וכדומה. בפינה הדרום מערבית ממוקמת תחנת דלק פז.

התכנית מבוססת על התאגדות בעלי הקרקע בתחומה, לצורך קידום התכנון. גבולות התכנית נקבעו בהתאם לגבולות הבעלות. בנוסף, כולל גבול התכנית את רחוב פרנצוויץ, במטרה להסדיר את פינוי המבנים הבנויים היום בתחום זכות הדרך.

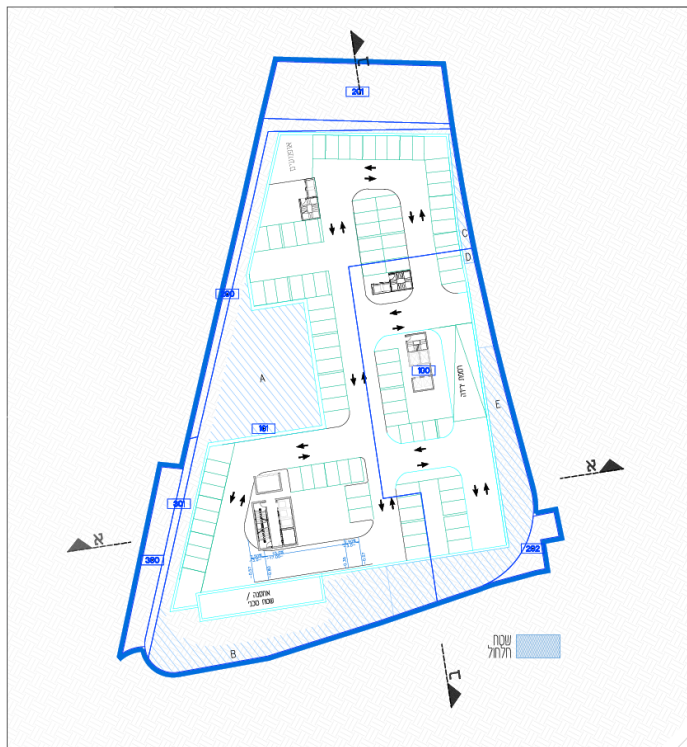
התכנון המוצע משלב בניה נמוכה מגדירת דופן לרחובות אליפלט, שלמה ופרנצוויץ, ושני מגדלים בגובה של עד 29 קומות מעל קומת קרקע מסחרית. מגדל אחד, שיפנה לרחוב אליפלט, מיועד לתעסוקה, ומגדל שני, שיפנה לרחוב שלמה, מיועד למגורים. העמדת המבנים הינה סביב מערך שטחים פתוחים הכולל כיכר עירונית מסחרית בפינת הרחובות שלמה ואליפלט, וכן שטח פתוח מגוון הפונה לרחוב שניצלר. בהתאם, תחנת התדלוק תפונה מן המתחם.





חניונים

3 מפלסים המכילים 217 מקומות חנייה פלוס חניות נגישות, לפי התקן.



חניות דרושות למגורים (תקן 1:0.5) - 105 חניות.
חניות דרושות לתעסוקה (תקן 1:350) - 47 חניות.
חניות דרושות למסחר (תקן 1:100) - 20 חניות.
חניות דרושות למבנה ציבור (תקן 1:100) - 45 חניות.
סה"כ דרושות 217 חניות ב-3 קומות מרתף.

תכנית חתך טיפוס

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 אחד יחסית וביקוש גבוה לאנרגיה במשך כל שעות היום.

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 DesignBuilder גרסה 5.0.1.024. התוכנה מבצעת סימולציה עבור שנה קלנדרית אחת תוך שימוש במנוע של ההדמיה EnergyPlus שפותח ע"י משרד האנרגיה האמריקאי ומאושר 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 תע"ז 2021

הגדרת שעות הצריכה ומחירי הקוט"ש



*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:

שימוש	שטח [מ"ר]	צריכת אנרגיה שנתית			כוללת (GWh)
		מים סניטאריים [KWh/m ² /year]	קירור [KWh/m ² /year]	כוללת [KWh/m ² /year]	
מסחר	540	22	120	270	0.1458
מגורים	15,120	34	60	170	2.5704
תעסוקה	18,453	18	110	250	4.6132
ציבור	4,445	20	100	240	0.9779
שירות	13,855	10	46	94	1.3024
סה"כ	51,850	GWh 1.075	GWh 4.022	4.4725	9.6097

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.



4.2 סימולציה

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

4.2.1 גגות



השטחים והתכנון ניתנו ממתכנני הפרויקט, ישר אדריכלים. שטחי הגגות חולקו לשישה אזורים נפרדים, בהתאם לתכנית הבינוי העדכנית. שטח הגגות הכולל הינו כ-3,414 מ"ר, מתוכם כ-2,020 מ"ר חשופים לשמש לפי הגדרות העירייה. על 90% משטחי הגגות החשופים לשמש ניתן להתקין מערכת PV בהספק כולל של כ-227 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]	הספק מותקן [KW]	פוטנציאל הפקה [MWh/year]
1	650	650	585	0	73	114.525
2	518	84	76	0	9.5	2.471
3	622	0	0	0	0	0
4	430	90	81	0	10	3.26
5	729	729	655	0	82	128.645
6	465	465	418	0	52.25	81.972
סה"כ	3,414	2,018	1,815		226.75	330.873





4.2.2 חזיתות

סך שטחי החזיתות הדרומיות בפרויקט עמוד על כ-6,150 מ"ר, מתוכם חשופים לשמש כ-5,665 מ"ר, רובם הגדול בשני המגדלים. עבור הסימולציה, נבחר פאנל בעל נצילות אופיינית של 13%, בעל יחס של 1 KW מותקן לכל 7.7 מ"ר. החזיתות נמצאות בהטייה אופטימלית לכיוון דרום.

עבור בדיקת דרישות העירייה, נעשו סימולציות שבהן חופו 30% משטח החזיתות הדרומיות החשופות לשמש בפאנלים סולאריים בשיטת BIPV, בשטח כולל של 1,700 מ"ר. בשטח זה ניתן להתקין מערכת בהספק כולל של כ-220 KW. תוצאות מלאות, כולל בדיקת החשיפה לשמש, יצורפו בפרק הנספחים.

מבנה	שטח חזית דרומית [מ"ר]	שטח חשוף לשמש [מ"ר]	שטח נבדק [מ"ר]	זווית הטיה ביחס לצפון [מעלות]	הספק מותקן [KW]	פוטנציאל הפקה [MWh/year]
1-3	2,760	2,760	828	0	107.5	98.93
4	485	0	0	0	0	0
5	2,190	2,190	657	0	85.25	78.5
6	710	710	213	0	27.5	25.43
סה"כ	6,145	5,660	1,698		220.25	202.86



4.3 תוצאות סימולציה

מבנה	הספק מותקן גג [KW]	פוטנציאל הפקה מהגג [MWh/year]	הספק מותקן חזית דרומית [KW]	פוטנציאל הפקה מחזית דרומית [MWh/year]	פוטנציאל הפקה [MWh/year]
1	73	114.525	107.5	98.93	206.43
2	9.5	2.471	0	0	2.471
3	0	0	0	0	0
4	10	3.26	0	0	3.26
5	82	128.645	85.25	78.5	207.145
6	52.25	81.972	27.5	25.43	107.402
סה"כ	226.75	330.873	220.25	220.25	526.708

לפי תוצאות הסימולציה, בפרויקט פוטנציאל ייצור שנתי של **MWh 526.708** ממקורות מתחדשים.

על-פי דרישות העירייה 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 **MWh 263.354** בשנה של אנרגיה ממקורות מתחדשים. תפוקה זו מייצגת כ-2.74% 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 הגג
- התקנת מערכת BIPV (Building-integrated PV) על חזיתות המבנה

5.1.1 מערכת PV על הגג:

שני גגות המגדלים חשופים לשמש ומיועדים למתקנים הנדסיים, ועל כן מתאימים להתקנת פאנלים סולאריים. יתר הגגות מוצלים, ועל כן לא מתאימים להצבת פאנלים סולאריים. קומת המסד (מבנה 6) גם חשופה לשמש, אך לא ברור בשלב זה אם יתאפשר להציב עליה פאנלים סולאריים.

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

שטח הגגות הכולל של שני המגדלים הינו כ-1,379 מ"ר.



תפוקה והחזר השקעה של PV				
1,000	700	400		שטח גג
125	87.5	50		קילוואט מותקן (לפי יחס 1:8)
211,110	147,784	84,459		קוויט"ש שנתי הפקה (ע"פ סימולציה)
80.16	56.11	32.07		אחוז מסך דרישות העירייה [%]
3500	3700	3700		עלות קילוואט מותקן
437,500	323,750	185,000		עלות התקנה
8,750	6,125	3,500		תחזוקה שנתית לפי 70 ש"ל לקילוואט
78,955	62,365	36,402		הכנסה שנתית מהפקה ב- ש"ל
5.5	5.6	5.4		זמן החזר השקעה בשנים
			4.5%	ריבית שנתית
0.374	0.422	0.431		תעריף הפקה [ש"ח/קוויט"ש]
			0.1	יחס קילוואט/מ"ר

עבור הפקת 100% מדרישות העירייה, דרושה התקנת פאנלים סולאריים על פני שטח כולל של כ- 1,270 מ"ר.

הספק מותקן [KWp]	תעריף [ש"ל]
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 המבנים מספקים שטח מצומצם יחסית להתקנת פאנלים סולאריים. התקנת פאנלים סולאריים על כ-92% משטח גגות המגדלים תענה על דרישות העירייה לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים.

על מנת להגדיל את אחוז הייצור, יש לבחון הגדלת השטחים הפנויים על הגגות ע"י פינוי מערכות אחרות, או שילוב של פאנלים תרמו-סולאריים לחימום מים.

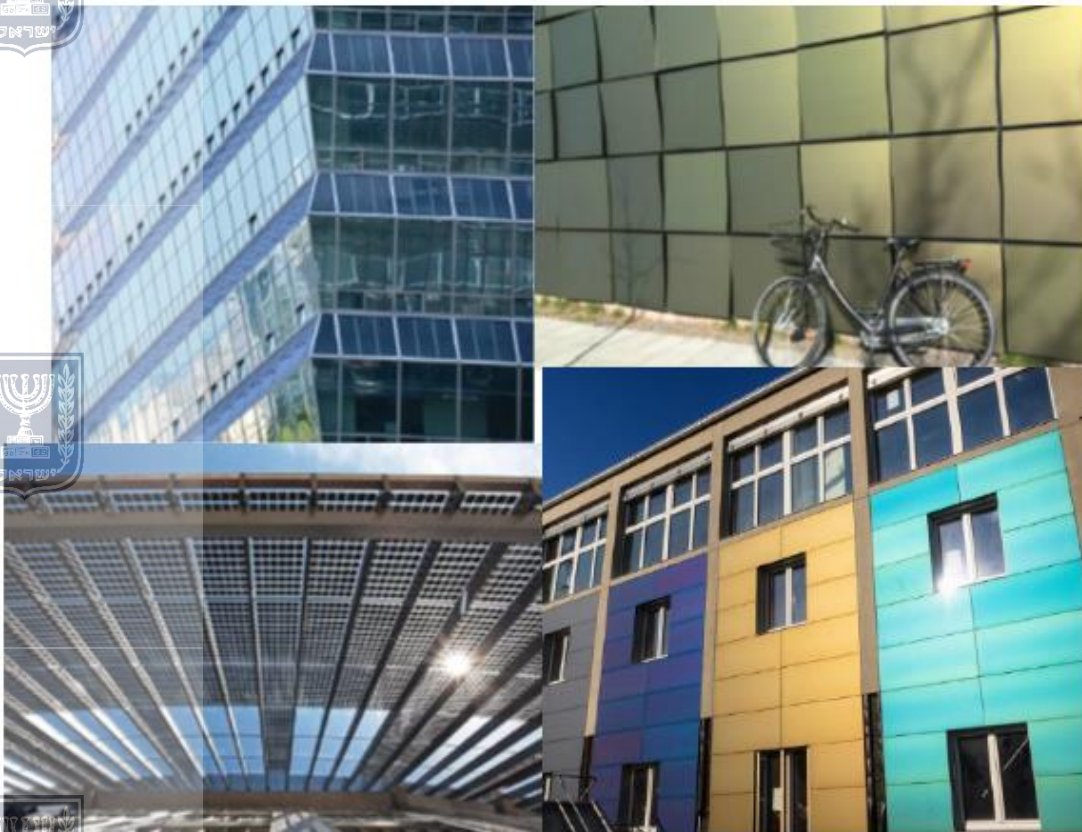
על כן, מחברי הסקר ממליצים על התקנה של פאנלים סולאריים, בשיטת PV וע"י שילוב של קולטי שמש לחימום מים.



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.

דוגמאות לשימוש בפנלים בשיטת BIPV:



תמונה 5: דוגמאות לשימוש בפאנלים בשיטת BIPV



בבדיקת החשיפה לשמש, נמצא שרק בשני המגדלים החזיתות הדרומיות חשופות לשמש במידה שתאפשר התקנה של פאנלים בשיטת BIPV. עם זאת, לא נהוג להתקין BIPV על 5 הקומות התחתונות, ועל כן הן לא נכללו בבדיקה.

השטח הכולל של החזית הדרומית של מבנה 1, בניכוי הקומות התחתונות, הינו כ-2,285 מ"ר, והחזית מחופה בזגוגיות. השטח הכולל של החזית הדרומית של מבנה 5, בניכוי קומות המסד, הינו כ-2,190 מ"ר, אך החזית אינה מחופה בזגוגיות, ועל כן ניתן להתקין BIPV על שטח הספנדריילים בלבד. שטח הספנדריילים מחושב כרוחב של 1 מטר, לאורך כל החזית (18.5 מטר), כפול מספר הקומות (22), סה"כ 407 מ"ר. סה"כ שטח פנוי להתקנה: 2,692 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]	264	1,081	2,163
קילואט מותקן	34.25	140	281
קוּוּט"ש שנתי הפקה (ע"פ סימולציה)	29,989	119,301	230,787
אחוז מסך דרישות העירייה [%]	11.38	45.3	87.63
עלות התקנה (450 ₪ למ"ר)	118,800	486,450	973,350
תחזוקה שנתית לפי 70 ₪ לקילואט	2,400	9,800	19,670
הכנסה שנתית מהפקה ב- ₪	13,195	42,232	62,543
זמן החזר השקעה בשנים	14.6	17.6	25
תעריף הפקה [ש"ח/קוּוּט"ש]	0.44	0.354	0.271

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 וגימורים 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

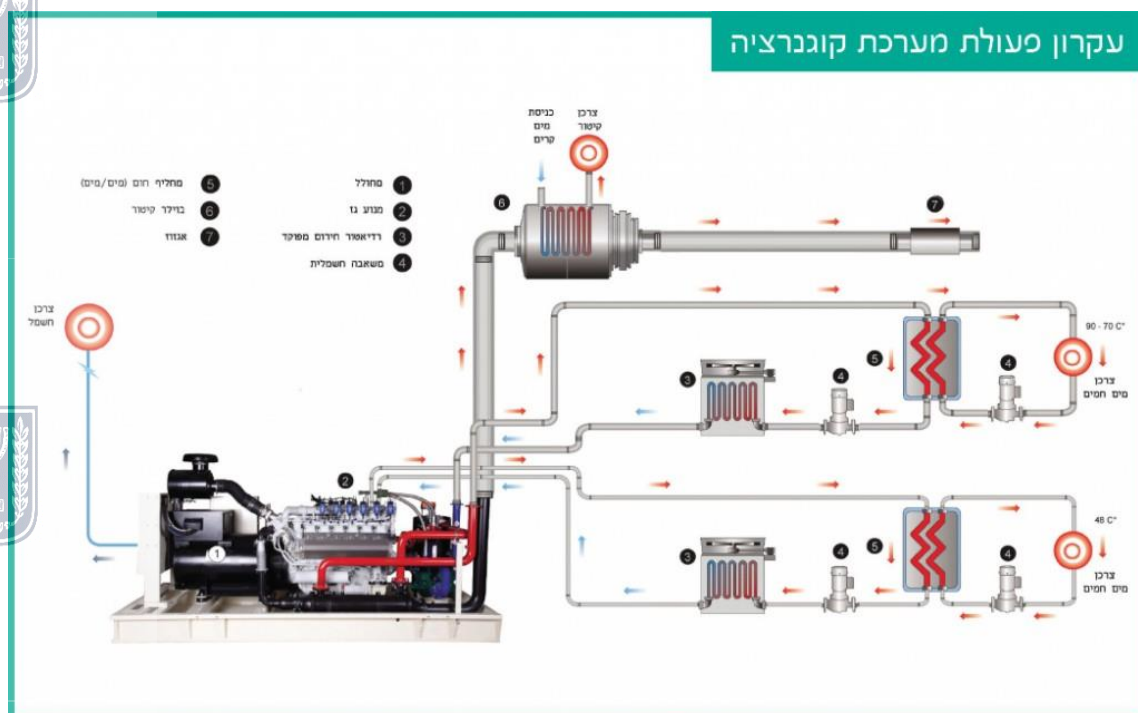


התאמה לפרויקט:

שילוב אלמנטים אינטגרליים בחזיתות לצורך הפקת אנרגיה הינו חדשני ומאתגר. שטח החזיתות נרחב, אך העלות הגבוהה של המערכת, יחד עם חוסר הניסיון בשוק וזמני החזר ההשקעה הגבוהים במיוחד מקשים על התקנתה על-פני שטח נרחב מהחזיתות. בהתאם לכל אלו, **מחברי הסקר ממליצים על התקנת פאנלים בשיטת BIPV על פני שטח מצומצם ככל הניתן מהחזיתות הדרומיות, למען עמידה בדרישות העירייה בלבד.**

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 **1.075 GWh** 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 כחום 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-9.469 GWh עבור חשמל (כולל איקלום)

(2) כ-1.075 GWh עבור חימום מים סניטאריים



- שימוש באנרגיה התרמית המופקת במערכת לחימום מים סניטאריים, יביא לחיסכון של כ-13% נוספים מצריכת החשמל הכוללת במתחם

- **סך האנרגיות החשמליות והתרמיות 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 סניטריים 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 אורור ותנאי בטיחות הולמים
- ייצור מים סניטריים 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 אפשריות. ישימות המערכת תוכל להבחן 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-

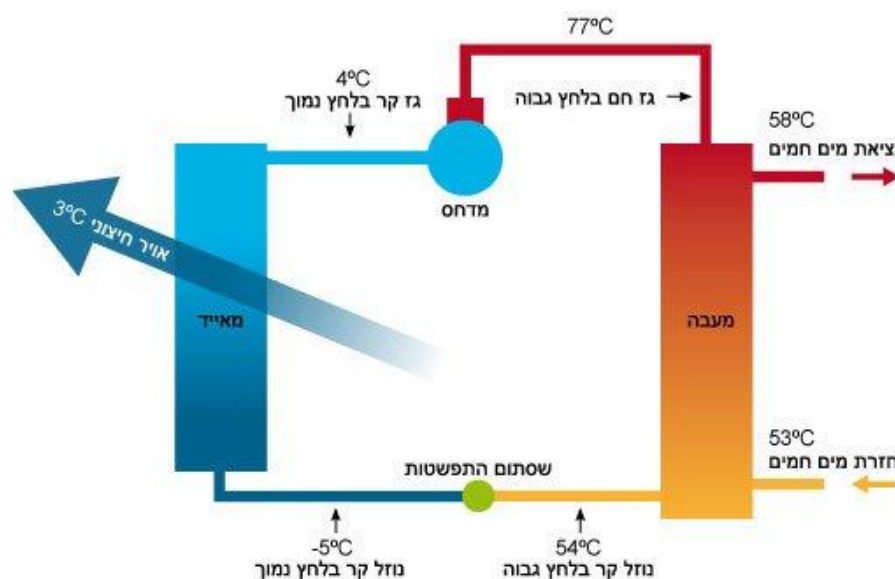
בנובמבר 2019, יצאה קבוצה גדולה מהקהילה המדעית ובהם אנשי אקדמיה ומדענים בעלי שם, בקריאה אל שר האנרגיה, לשקול מחדש את הרחבת השימוש בגז טבעי במשק האנרגיה. אלה עיקרי דבריהם:

- 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 5-15 השנים הקרובות, תפעול תחנת גז יהיה יקר הרבה יותר מהקמה של מערכת סולארית עם אגירה, בעלת הספק דומה. התוצאה תהיה הפסקת השימוש בטכנולוגית 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 קיימה

לאור המידע החדש ולאחר בחינת כלל האספקטים - כלכליים, סביבתיים והנדסיים, מחברי הסקר ממליצים שלא להתקין מערכת קוונרציה במתחם.

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.

תרשים סכמטי לפעולתה של משאבת חום:



<https://www.solari.co.il/%D7%A9%D7%90%D7%91%D7%AA-%D7%97%D7%95%D7%9D> : מקור





היתכנות

- האנרגיה התרמית הדרושה עבור חימום מים, על-פי הדמיות, הינה כ- **GWh 1.075 בשנה**
- עבור חימום המים בפרויקט מומלץ להתקין 5 משאבות חום בעלות הספק של 60 KW כל אחת ונצילות של 2.3, וסה"כ 300 KW. משאבות אלו יספקו את המים החמים הדרושים עבור החדרים, עבור מטבח המלון ועבור בריכת השחייה. משאבות אלו יספקו כ- **GWh 1.312** של אנרגיה תרמית (לפי מקדם תפוקה של 0.5), וידעו לספק עד **GWh 2.62** אנרגיה תרמית במקרה הצורך.
- עבור תפוקה תרמית של **GWh 1.312**, משאבות חום בעלות מקדם יעילות אופייני 2.3, יצרכו כ- **MWh 328** אנרגיה חשמלית. כלומר, המערכת תפיק כ- **GWh 0.984 של אנרגיה ממקורות מתחדשים, הרבה מעבר לדרישות העירייה.**
- עלות המערכת הינה כ- **10,000 ₪ ליח"ד**, ממדי היחידות החיצוניות (שיותקנו על הגג) הם 1.6 x 0.7 x 1.3 מטרים כ"א (מידע באדיבות פפיס מהנדסים ויועצים בע"מ)
- עבור תעריף מגורים של 0.51 ₪ לקוטר"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



תמונה 9 : 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 אשר מוריד מתח נמוך לכלל הצרכנים במתחם, מערכות ייצור אנרגיה (חשמלית ותרמית), מערכות אגירה (סוללות לאגירת חשמל, מאגר לאגירת מים חמים) ומערכת ניהול ובקרה.



המיקום המיטבי עבור מרכז זה הינו במבנה התעסוקה, מהסיבה המרכזית שיעוד זה מאפשר את קיומה של חברת ניהול, אשר בלעדית אין הצדקה למרכז אנרגיה. עם זאת, מכיוון שהדרישה למים חמים מגיעה ברובה המוחלט מהמבנה המשמש למגורים, מיקום מאגר המים החמים במבנה התעסוקה יוביל לאיבודי אנרגיה רבים. בנוסף, הפתרון של אגירת אנרגיה בסוללות ליתיום-יון, על אף שהינו אפשרי מבחינה כלכלית והנדסית, אינו פתרון בר קיימא לטווח הארוך, בעיקר בגלל הדגדגציה והצורך בכריית מתכות ומינרלים נדירים הנדרשים עבור ייצור הסוללות. כמו כן, חיבור כל המתחם לנקודת אספקת אנרגיה אחת עלולה לגרום לכך שכשל נקודתי יוביל לכשל מערכתי נרחב בכל המתחם.

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 קילוואט 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 במבנים 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 217 מקומות חנייה, בחלוקה כמעט שווה בין החניות המיועדות למגורים ויתר החניות (תעסוקה, מסחר וציבור).

- נדרש להתקין עמדות טעינה על 30% מהחניות (65), ולבצע תשתית להתקנת עמדות על 100% מהחניות.

- סוללת רכב חשמלי הינה בעלת תפוקה ממוצעת של כ-80 Kwh. בחישוב כולל נקבל:

- **תוספת צריכה פוטנציאלית של כ-17.36 MWh=217x80 Kwh ביום**

עולה כי קיים פוטנציאל צריכה של כ-17.36 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-1.46 GWh לצריכה השנתית, המהווים כ-15.2% 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 217 רכבים, כ-103 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.
- הצהרת יועץ חשמל בדבר עמדות טעינה מצורף בנספחים.



8. סיכום ומסקנות

נבחנו ארבע טכנולוגיות קיימות להפקת אנרגיה מקומית-
פאנלים בשיטת PV ופאנלים אינטגרליים בשיטת BIPV- מומלצת התקנה של פאנלים בשיטת PV, או לחלופין קולטי שמש לחימום מים. עבור השלמה לדרישות העירייה, במידה ותידרש, מומלצת התקנת BIPV על שטח מינימלי ככל הניתן של החזיתות הדרומיות.
משאבות חום- חימום מים סניטאריים בשיטה זו נלקח כחלק אינטגרלי של המתחם כנדרש בחוק. על בסיס הנחה זו בוצעו חישובי הצריכה ומאזני האנרגיה במתחם. **מחברי הסקר ממליצים על התקנת משאבות חום.**



עבור מערכת קווגרציה, נמצא כי ישנה היתכנות הנדסית להתקנת מערכת בהספק של כ- 125 Kw, המסוגלת לספק כ-20% מצריכת האנרגיה הכוללת במתחם, זאת בכפוף להנחת תשתיות להובלת גז בקרבת המתחם. אף על פי כן, מדובר בפתרון מיושן ומסורבל, המצריך היערכות לוגיסטית נרחבת ואינו עולה בקנה אחד עם המגמה העולמית להתייעלות אנרגטית. לאור החסרונות הסביבתיים והכלכליים המשמעותיים של המערכת, **מחברי הסקר ממליצים להימנע מהתקנתה.**
מערכת לניהול אנרגיה במבנים – מחברי הסקר ממליצים על התקנת מערכת לניהול אנרגיה במבנים. מערכת כזו תוביל לחיסכון של כ-10-20% בצריכת האנרגיה השנתית במתחם.



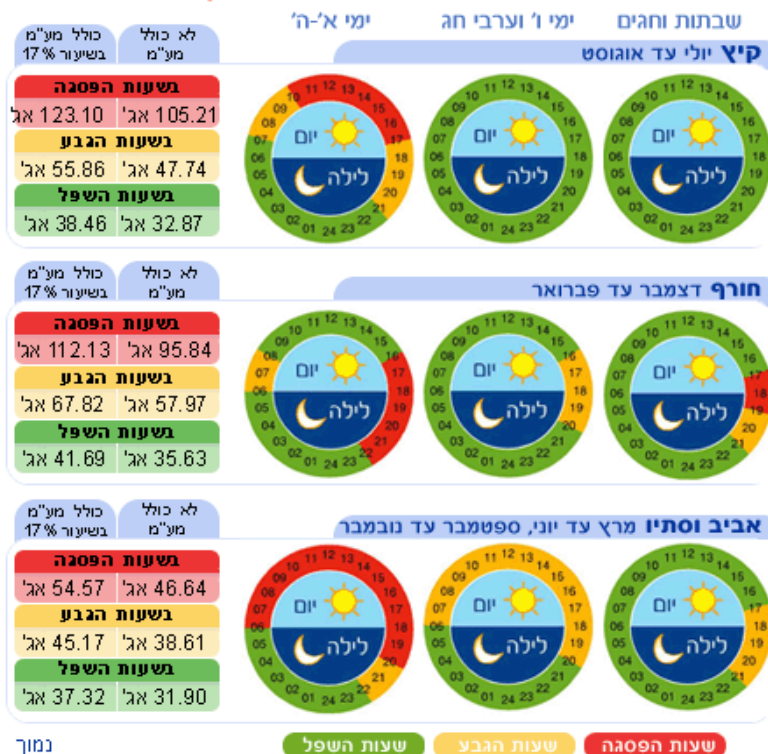


נספח א' – תוצאות הדמית צריכה במבנה מסחר לפי תעריף תע"ז

הגדרת שעות הצריכה ומחירי הקוט"ש



הגדרת שעות הצריכה ומחירי הקוט"ש





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



פיתוח סביבה וקיימות

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 לקו"ט"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_b	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 a spectral distribution of the sunlight according to the atmospheric mass (AM) 1.5.

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

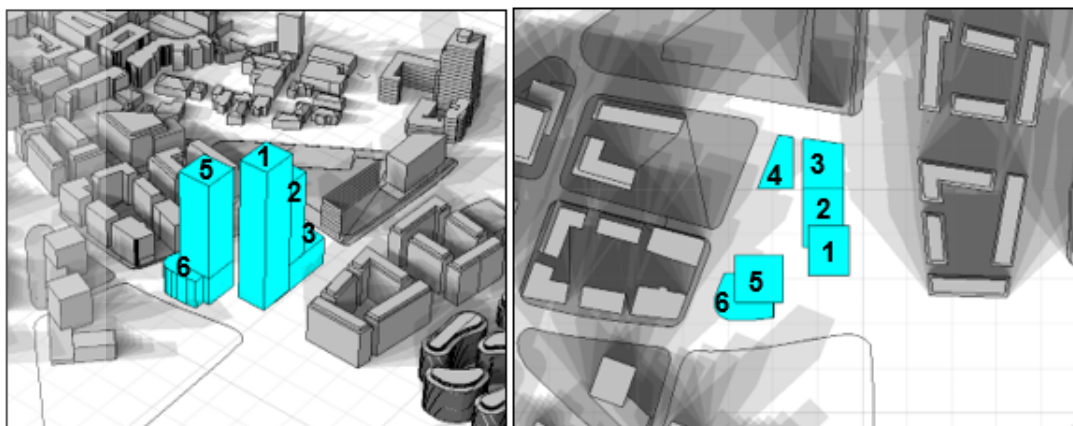
** NMOT: Module operating temperature at 800 W/m² insolation intensity in the plane of the module, air temperature 20 °C, wind speed 1 m/s and operating at mpp.



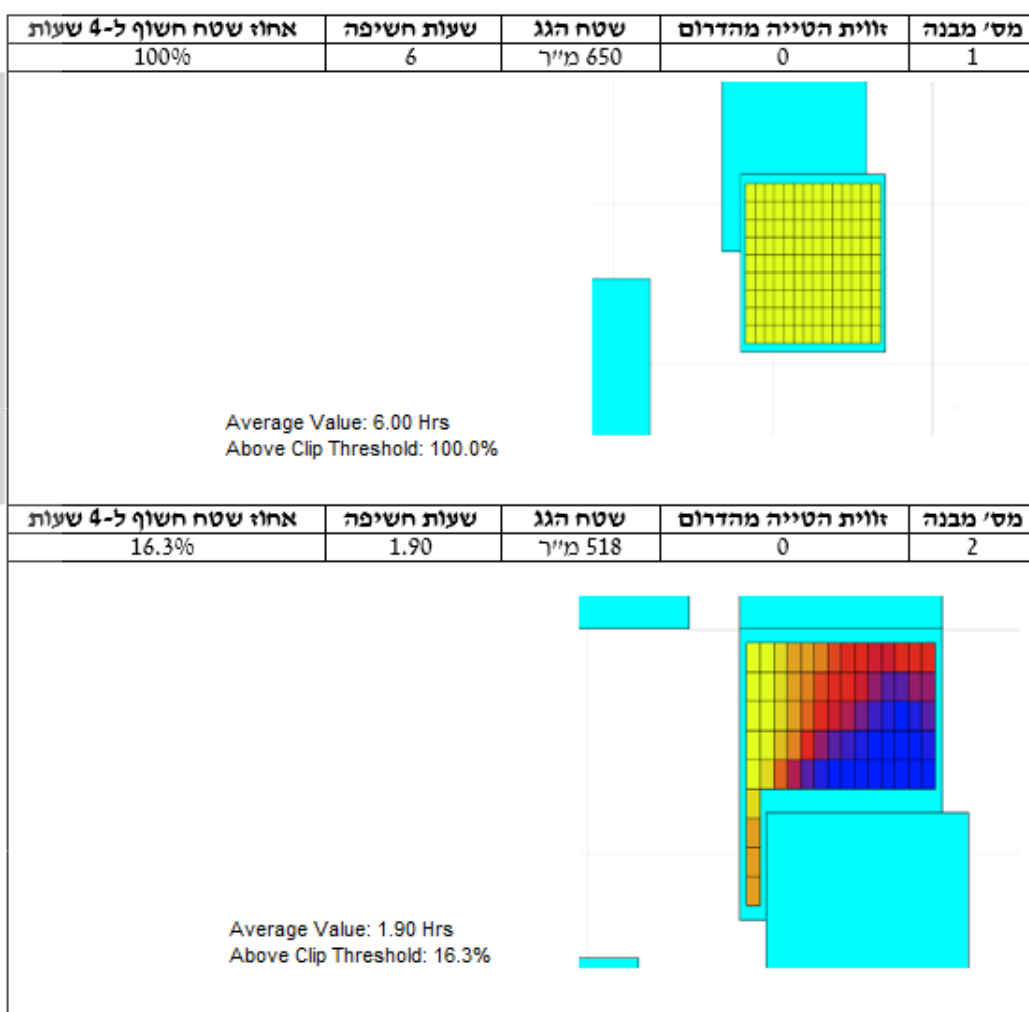


נספח ג' - ניתוח חשיפה לשמש

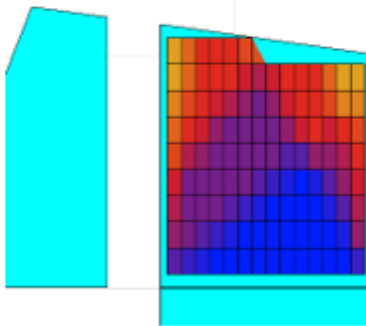
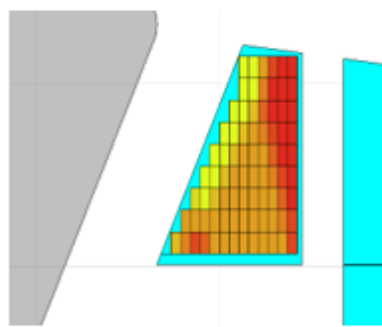
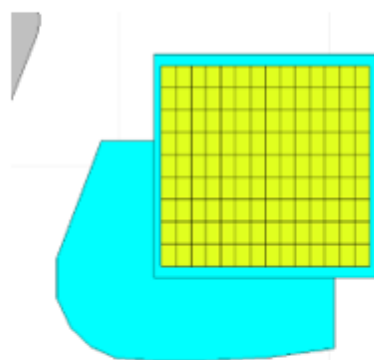
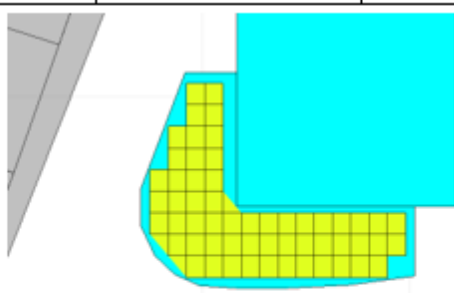
מיפוי מבנים נבדקים והצללה מהסביבה



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

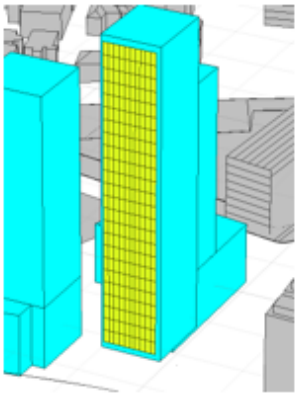
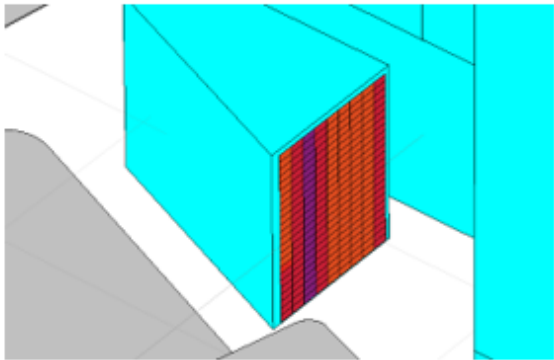
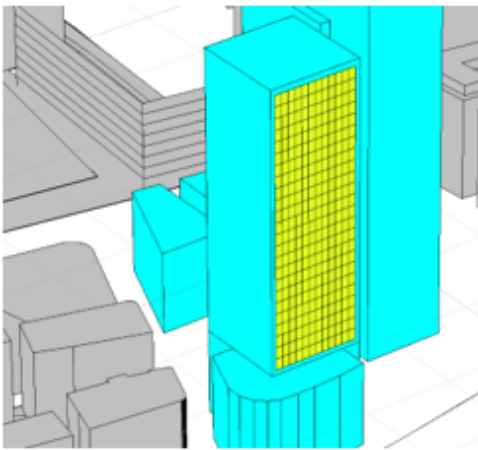




מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח הגג	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף ל-4 שעות
3	0	622 מ"ר	1.26	0%
Average Value: 1.26 Hrs Above Clip Threshold: 0.0% 				
מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח הגג	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף ל-4 שעות
4	0	430 מ"ר	2.92	20.8%
Average Value: 2.92 Hrs Above Clip Threshold: 20.8% 				
מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח הגג	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף ל-4 שעות
5	0	729 מ"ר	6	100%
Average Value: 6.00 Hrs Above Clip Threshold: 100.0% 				
מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח הגג	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף ל-4 שעות
6	0	465 מ"ר	5.82	100%
Average Value: 5.82 Hrs Above Clip Threshold: 100.0% 				



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

מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף בשעות לבדיקה
1-3	0	2761 מ"ר	4	100%
 Average Value: 4.00 Hrs Above Clip Threshold: 100.0%				
מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף בשעות לבדיקה
4	0	485 מ"ר	1.67	0%
 Average Value: 1.67 Hrs Above Clip Threshold: 0.0%				
מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף בשעות לבדיקה
5	0	2187 מ"ר	4	100%
 Average Value: 4.00 Hrs Above Clip Threshold: 100.0%				





מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף בשעות לבדיקה
6	0	717 מ"ר	3.95	100%

Average Value: 3.95 Hrs
Above Clip Threshold: 100.0%





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

1

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

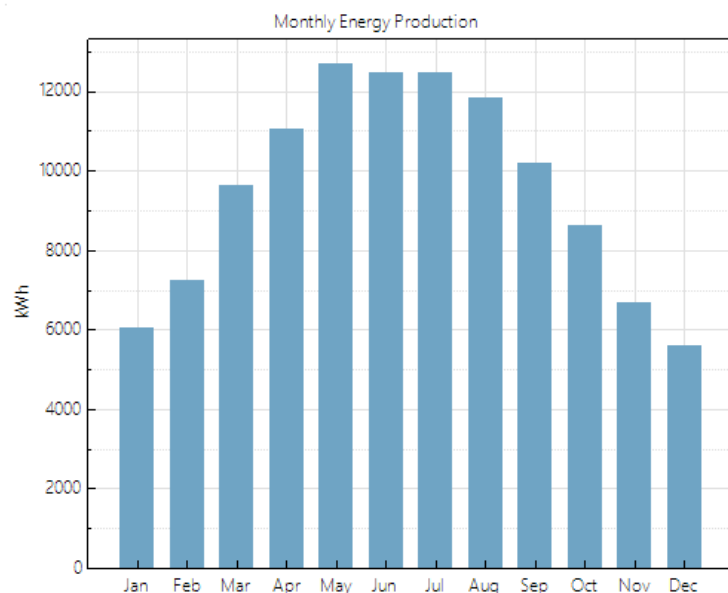
System losses account for performance losses you would expect in a real system that are not explicitly calculated by PVWatts.

Specify total system loss ☐ Total loss %

-Specify System Loss Categories

Soiling 2 %	Connections 0.5 %
Shading 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 energy (year 1)	114,525 kWh
Capacity factor (year 1)	17.9%
Energy yield (year 1)	1,569 kWh/kW





2

System Parameters

System nameplate capacity kWdc

Module type

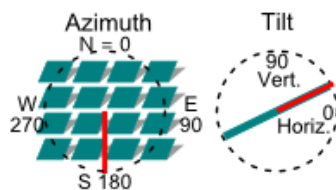
DC to AC ratio

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 ☐

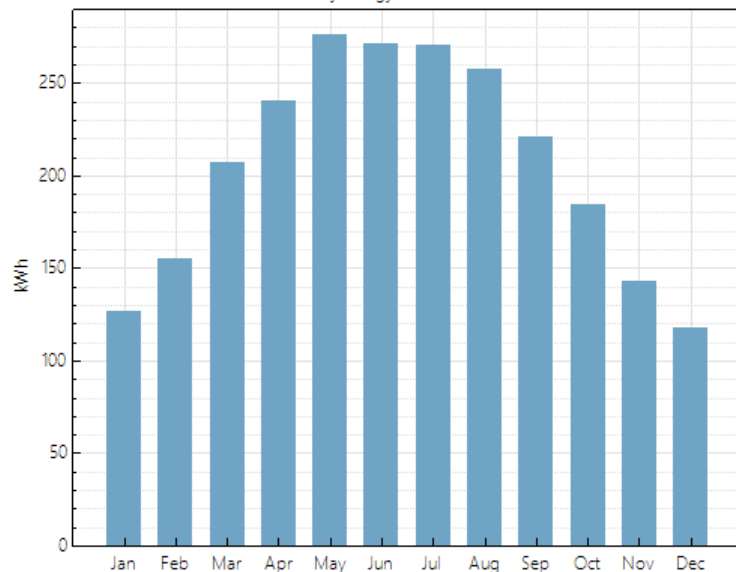
Total loss %

-Specify System Loss Categories-

Soiling 2 %	Connections 0.5 %
Shading 83 %	Light-induced degradation 1.5 %
Snow 0 %	Nameplate 1 %
Mismatch 2 %	Age 0 %
Wiring 2 %	Availability 3 %
Total system losses 84.94 %	

Metric	Value
Annual energy (year 1)	2,471 kWh
Capacity factor (year 1)	3.0%
Energy yield (year 1)	260 kWh/kW

Monthly Energy Production





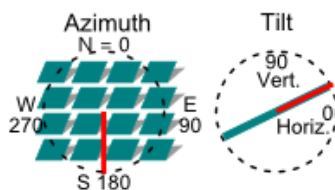
4

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 ☐

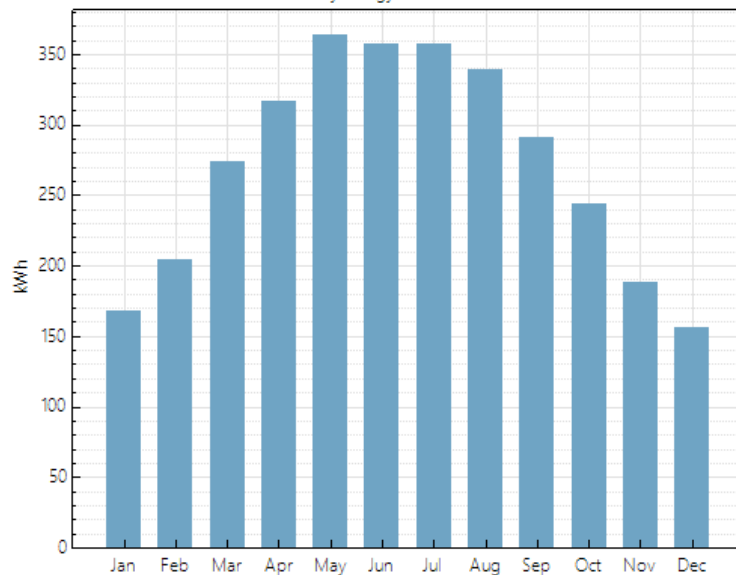
Total loss %

-Specify System Loss Categories

Soiling 2 %	Connections 0.5 %
Shading 79 %	Light-induced degradation 1.5 %
Snow 0 %	Nameplate 1 %
Mismatch 2 %	Age 0 %
Wiring 2 %	Availability 3 %
Total system losses 81.40 %	

Metric	Value
Annual energy (year 1)	3,260 kWh
Capacity factor (year 1)	3.7%
Energy yield (year 1)	326 kWh/kW

Monthly Energy Production





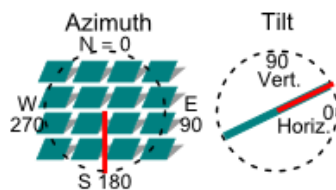
5

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 ☐

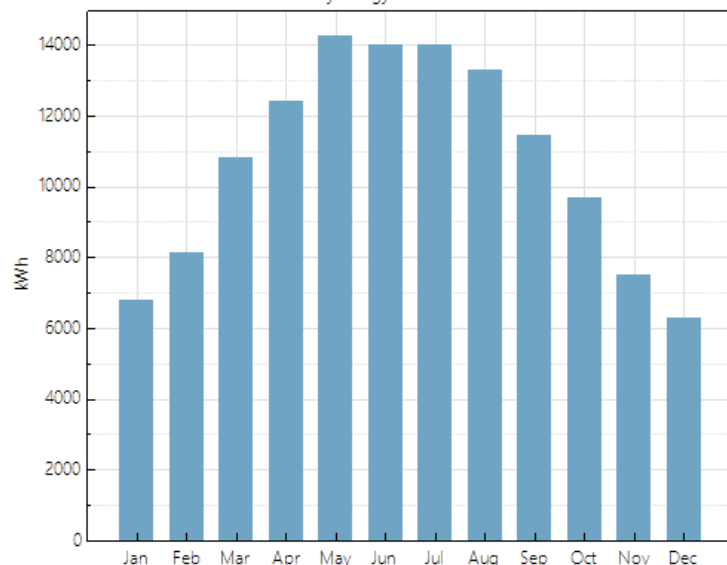
Total loss %

-Specify System Loss Categories-

Soiling 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 energy (year 1)	128,645 kWh
Capacity factor (year 1)	17.9%
Energy yield (year 1)	1,569 kWh/kW

Monthly Energy Production





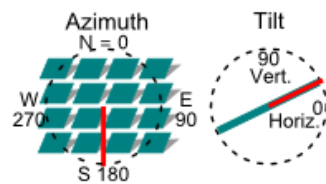
6

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 %

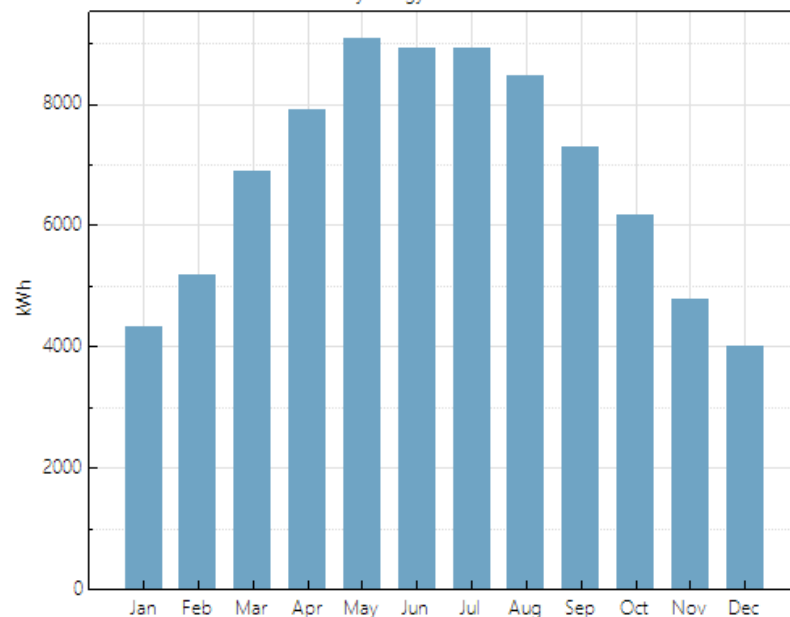
-Specify System Loss Categories-

Soiling 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 %

Metric	Value
Annual energy (year 1)	81,972 kWh
Capacity factor (year 1)	17.9%
Energy yield (year 1)	1,569 kWh/kW

Monthly Energy Production





פוטנציאל חזיתות

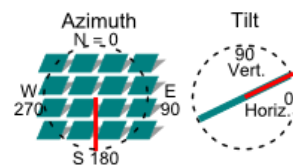
1-3

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

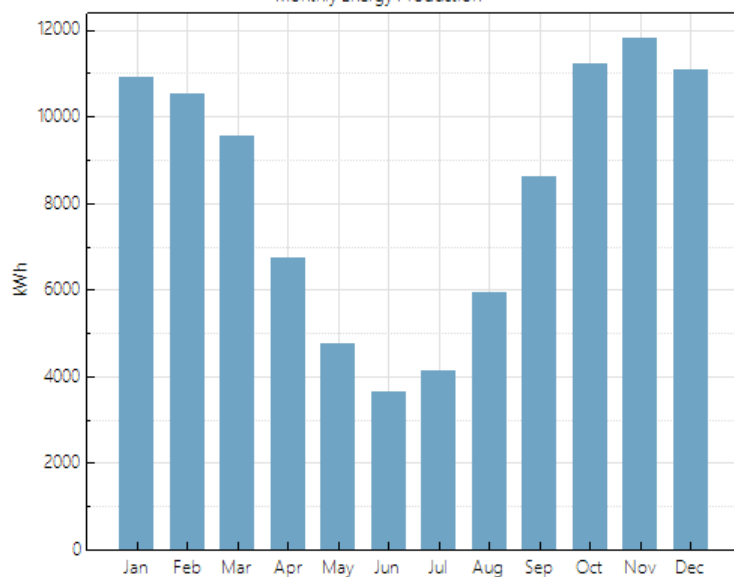
Soiling %
 Shading %
 Snow %
 Mismatch %
 Wiring %

Connections %
 Light-induced degradation %
 Nameplate %
 Age %
 Availability %

Total system losses %

Metric	Value
Annual energy (year 1)	98,929 kWh
Capacity factor (year 1)	10.5%
Energy yield (year 1)	920 kWh/kW

Monthly Energy Production





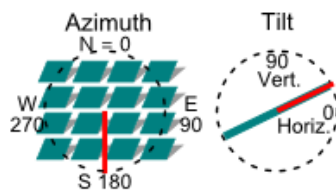
5

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 ☐

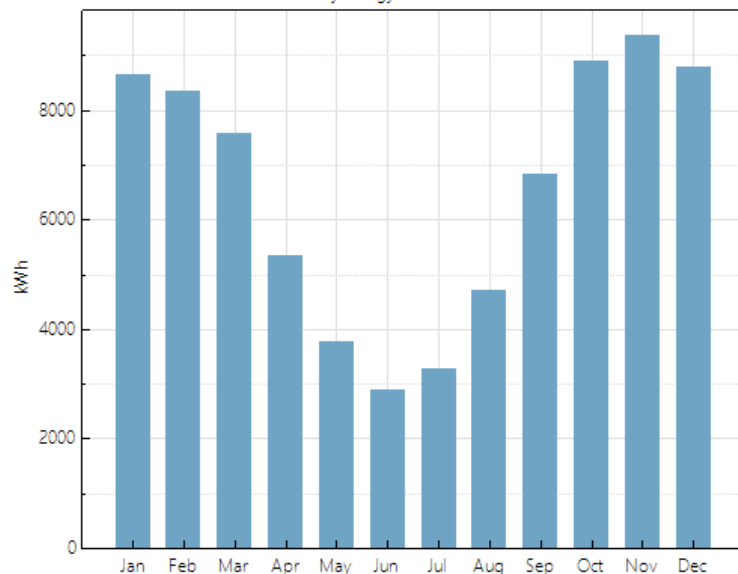
Total loss %

-Specify System Loss Categories-

Soiling 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 energy (year 1)	78,504 kWh
Capacity factor (year 1)	10.5%
Energy yield (year 1)	921 kWh/kW

Monthly Energy Production





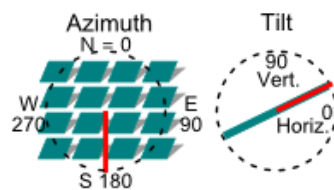
6

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 %

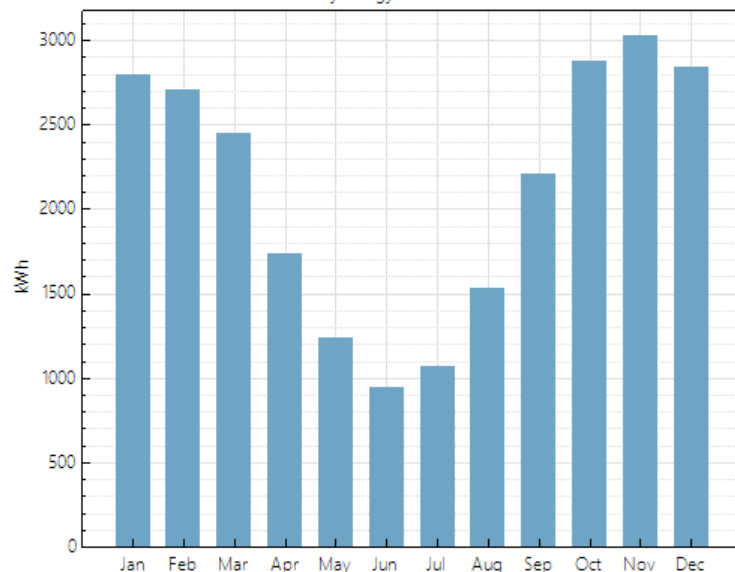
-Specify System Loss Categories

Soiling 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 %

Metric	Value
Annual energy (year 1)	25,433 kWh
Capacity factor (year 1)	10.6%
Energy yield (year 1)	925 kWh/kW

Monthly Energy Production





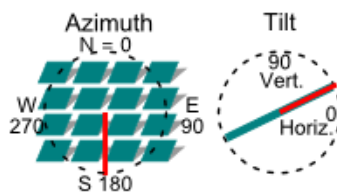
קומות טכניות

System Parameters

System nameplate capacity	34.25 kWdc
Module type	Standard
DC to AC ratio	1.2
Rated inverter size	28.54 kWac
Inverter efficiency	96 %

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	Fixed open rack
Tilt	90 degrees
Azimuth	180 degrees
Ground coverage ratio	0.4

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 ☐

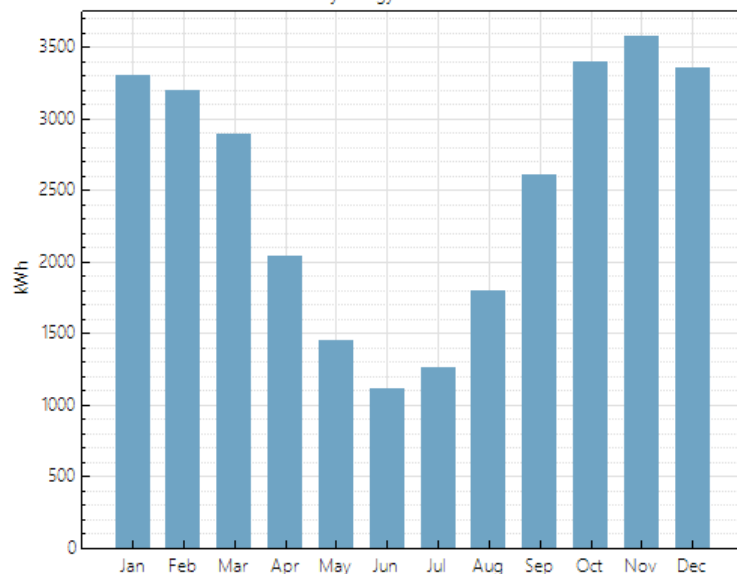
Total loss 14 %

-Specify System Loss Categories-

Soiling	2 %	Connections	0.5 %
Shading	8 %	Light-induced degradation	1.5 %
Snow	0 %	Nameplate	1 %
Mismatch	2 %	Age	0 %
Wiring	2 %	Availability	3 %
		Total system losses	18.50 %

Metric	Value
Annual energy (year 1)	29,989 kWh
Capacity factor (year 1)	10.0%
Energy yield (year 1)	876 kWh/kW

Monthly Energy Production





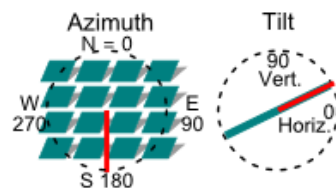
1/3 עליון

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

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 ☐

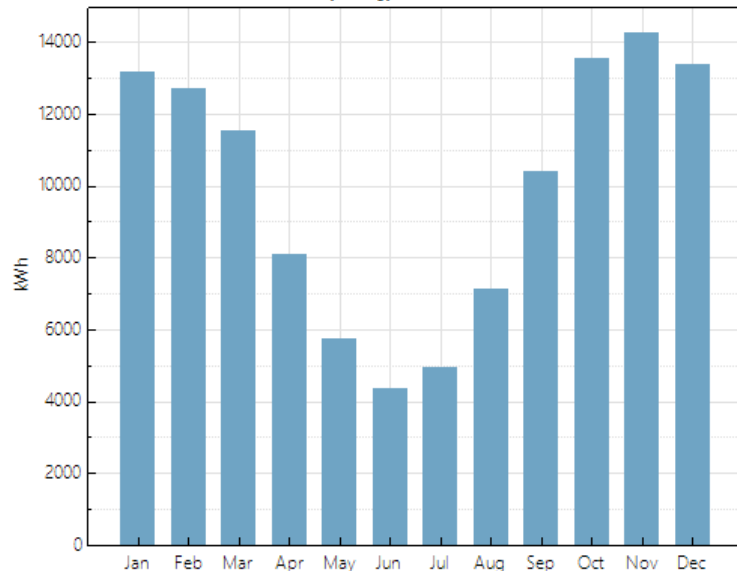
Total loss %

-Specify System Loss Categories

Soiling 2 %	Connections 0.5 %
Shading 10 %	Light-induced degradation 1.5 %
Snow 0 %	Nameplate 1 %
Mismatch 2 %	Age 0 %
Wiring 2 %	Availability 3 %
Total system losses 20.28 %	

Metric	Value
Annual energy (year 1)	119,301 kWh
Capacity factor (year 1)	9.7%
Energy yield (year 1)	852 kWh/kW

Monthly Energy Production





2/3 עליון

System Parameters

System nameplate capacity kWdc

Module type

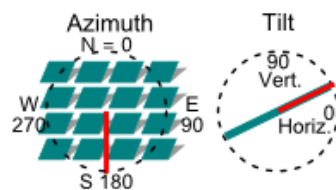
DC to AC ratio

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

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 %

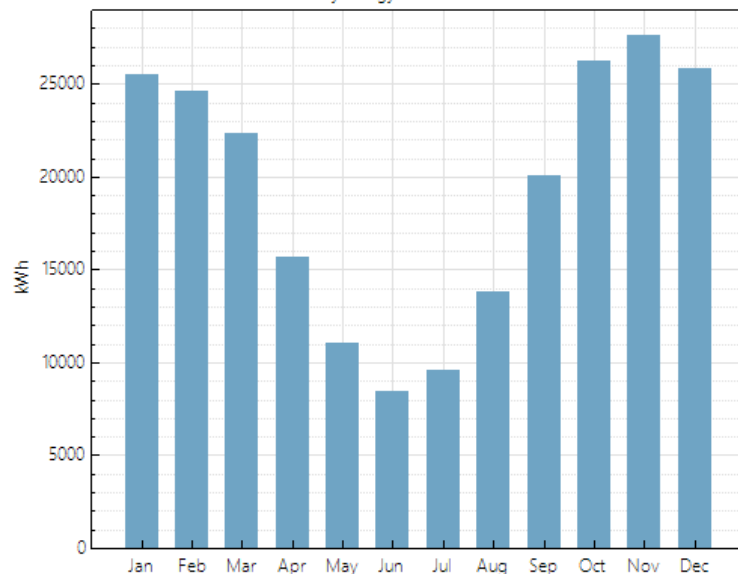
Age %

Availability %

Total system losses %

Metric	Value
Annual energy (year 1)	230,787 kWh
Capacity factor (year 1)	9.4%
Energy yield (year 1)	821 kWh/kW

Monthly Energy Production





נספח ו'- מפרט טכני של משאבת החום הנבחרת

יחידות חיצוניות

STANDARD



C				B				A				רכיב מודולים	
רוחב-1,295				רוחב-1,295				רוחב-880				קוד	שם דגם
230	260	260	240	220	200	180	160	120	100	80	80	#	קידור
23.9	22.4	20.7	19.1	17.5	15.9	14.3	12.8	9.6	8.0	6.4	6.4	TR	קידור
84.0	78.6	72.8	67.2	61.6	56.0	50.4	45.0	33.6	28.0	22.4	22.4	AW	קידור
268,000	268,200	248,400	229,200	210,200	191,100	172,000	153,500	114,800	95,500	76,400	76,400	החלפת	קידור
94.5	88.2	81.9	75.6	69.3	63.0	56.7	50.4	37.8	31.5	25.2	25.2	AW	קידור
322,400	301,000	279,500	258,000	236,500	215,000	193,500	172,000	129,000	107,500	86,000	86,000	החלפת	קידור
22.7	20.7	18.9	17.1	17.4	14.2	12.8	12.1	7.6	6.2	4.8	4.8	AW	קידור / קידור
20.6	20.2	18.0	17.4	16.7	13.9	11.9	11.6	7.8	5.9	4.6	4.6	AW	קידור / קידור
26.4	33.2	30.3	27.4	27.8	22.7	20.2	19.4	12.1	10.0	7.4	7.4	A	קידור
33.0	32.4	28.9	27.9	26.8	22.3	19.1	18.6	12.1	9.4	7.4	7.4	A	קידור
3 x 80	3 x 63	3 x 63	3 x 63	3 x 50	3 x 50	3 x 40	3 x 40	3 x 25	3 x 25	3 x 20	3 x 20	החלפת	קידור
3.7	3.8	3.9	3.9	3.6	4.0	4.0	3.7	4.4	4.5	4.9	4.9	AW	קידור / קידור
4.6	4.4	4.6	4.3	4.2	4.5	4.8	4.3	5.0	5.4	5.5	5.5	AW	קידור / קידור
6.7	6.8	6.9	7.1	6.3	6.6	6.6	6.8	7.2	7.4	8.0	8.0	AW	קידור / קידור
69	69	66	66	65	65	64	63	62	58	57	57	AW	קידור / קידור
34"	34"	34"	34"	34"	34"	34"	34"	34"	34"	34"	34"	AW	קידור / קידור
1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 3/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	3/4"	3/4"	AW	קידור / קידור
350	342	333	333	285	277	255	253	196	196	196	196	AW	קידור / קידור

1. נתון נתון המבט מראה את המפרט הטכני של יחידת החיצונית. 2. נתון נתון המבט מראה את המפרט הטכני של יחידת הפנימית. 3. נתון נתון המבט מראה את המפרט הטכני של יחידת הפנימית. 4. נתון נתון המבט מראה את המפרט הטכני של יחידת הפנימית. 5. נתון נתון המבט מראה את המפרט הטכני של יחידת הפנימית. 6. נתון נתון המבט מראה את המפרט הטכני של יחידת הפנימית. 7. נתון נתון המבט מראה את המפרט הטכני של יחידת הפנימית.



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-wwwwindturbine-workscom-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
- (18)

