



מאושרת
סמכות מקומית

סקר אנרגיה בת קיימא מתחם הרכבת סלומון תל-אביב יפו

ינואר 2023

אלי לוי
מנהל אגף נכס העירייה

עורך המסמך: אינג' דניאל קוליש

בקרה: אדר' גליה שטאנג-וייס

פיתוח סביבה וקיימות בע"מ

26-05-2026

הועדה המקומית לתכנון ולבניה תל-אביב - יפו		
שם התכנית 507-0780924 תא/מק/4927 רכבת סלומון		
אושרה למתן תוקף (לאחר דיון בהתנגדויות):		
החלטה 14	פרוטוקול 222-0031	תאריך 07/12/2022
החלטה 8	פרוטוקול 24-0004	תאריך 08/05/2024
החלטה 18	פרוטוקול 25-0024	תאריך 24/12/2025
מנהל האגף		אורי אראל
מנהל העיר		אהוד כרמלי
יו"ר ועדת המענה עו"ד		אורי אראל
יו"ר ועדת המשנה		אורי אראל
תאריך - לתכנון ובניה		אורי אראל



תוכן עניינים

מבוא.....	3
תקציר מנהלים.....	3
מתודולוגיה.....	4
ממצאי הסקר.....	4
סקר אנרגיה בת קיימה.....	6
1. תיאור הפרויקט.....	6
2. מתודולוגיה לחיזוי צריכת האנרגיה בפרויקט.....	15
3. ממצאי המודל – התפלגות צריכת אנרגיה.....	16
4. דרישות העירייה.....	17
5. בחינת מקורות האנרגיה החלופיים וייצור מקומי זמין.....	22
6. טעינת רכבים חשמליים.....	29
7. מרכז ניהול אנרגיה.....	29
8. סיכום ממצאים ומסקנות.....	30
נספח א'- חישוב תעריף תע"ז.....	32
נספח ב'- נתונים טכניים של פנלים BIPV.....	37
נספח ג'- נתונים טכניים מערכת קוגנרציה.....	38
נספח ד'- סימולציות לחישוב תפוקת מערכות PV.....	39
נספח ה'- חישוב אחוז הצללה.....	42
מקורות.....	43





מבוא

מטרת הסקר הינה לבחון הזדמנויות לאופטימיזציה של מאזן האנרגיה הכולל הנצרך והמיוצר במבנה. 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 במבנה, 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.**

תקציר מנהלים

לפי תוצאות הסימולציה, בפרויקט קיים פוטנציאל ייצור כולל של **MWh 195.4**. עבור פרויקט בשלב התב"ע, יידרש ייצור של לפחות **50%** מהפוטנציאל, כלומר על הפרויקט להתקין מערכות שייצרו לפחות **MWh 97.7** בשנה של אנרגיה ממקורות מתחדשים.



לאחר בחינת הפרויקט מול דרישות המתודולוגיה של עירית ת"א אנו ממליצים על שתי החלופות הבאות המביאות את הפרויקט לעמידה מלאה לדרישות העיריה. הטבלה הבאה מסכמת את הפתרונות החלופיים. לשם הבהרה, המבנה חולק בין המגדל לקובייה.

הערה: תכסית עקרונית בהתאם לנספח הבינוי. ככל שישתנה נספח הבינוי, תכסית תיקבע בהתאם לתכנית העיצוב שתאושר.

חלופה א'	חלופה ב'
הפקת אנרגיה ע"י PV על גג המגדל = MWh 82.7 - שטח גג המגדל = 423 מ"ר (90% משטח אפקטיבי מתוכנן)	הפקת אנרגיה ע"י PV על גג המגדל = MWh 82.7 - שטח גג המגדל = 423 מ"ר (90% משטח אפקטיבי מתוכנן)
הפקת אנרגיה ע"י PV על גג הקובייה = MWh 15 - שטח גג הקובייה = 106 מ"ר (43% משטח אפקטיבי מתוכנן)	ללא PV על גג הקובייה
ללא BIPV על החזיתות	הפקת אנרגיה ע"י BIPV על חזית המגדל = MWh 15 - שטח חזית המגדל = 162 מ"ר (6% משטח החשוף)





חלופה א': דרישת העירייה מושגת באמצעות פאנלים סולאריים המותקנות על גג המגדל (90% משטחו אפקטיבי מתוכנן) ועל גג הקובייה (43% משטחו אפקטיבי מתוכנן) – ללא צורך בהתקנה בחזיתות.

חלופה ב': דרישת העירייה מושגת באמצעות פאנלים סולאריים המותקנות על גג המגדל (90% משטחו אפקטיבי מתוכנן) ועל חזית המגדל (6% משטחה החשוף) – ללא צורך בהתקנה בגג הקובייה.



מתודולוגיה

על מנת לאמוד את צריכת האנרגיה הכוללת הצפויה במבנה המוצע, נעשה שימוש בנתוני צריכה טיפוסיים המבוססים על הדמיות תרמו-דינמיות שנערכו במשרדנו עבור השימושים השונים ובהתאם למיקום הגיאוגרפי של הפרויקט. התפלגות צריכת האנרגיה במבנה 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

נבחנו הפתרונות הטכנולוגיים הבאים להפקת אנרגיה:

- (1) פאנלים סולאריים פוטו-וולטאיים PV
- (2) פאנלים סולאריים בשיטת BIPV (Building Integrated PV)
- (3) מערכת קוגנרציה הפועלת על גז טבעי

(1) **פאנלים פוטו-וולטאיים PV 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 הגגות כדי לספק את דרישות העירייה.





(2) פאנלים בשיטת BIPV (Building Integrated PV) המותקנים ע"ג חזיתות המבנה - בשיטה זו,

מותקנים פנלים סולאריים ע"ג חיפויים במגוון צבעים וגומורים 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 קילואט 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 והגגות לא מספיק נרחבים כדי לספק את דרישת העירייה, מחברי הסקר ממליצים על שילוב של מערכת זו על פני שטח מצומצם ככל הניתן מהחזית הדרומית/דרום מערבית/דרום מזרחית.**

(3) מערכת קוגנרציה הפועלת על גז טבעי – שיטה זו מהווה אנרגיה משריפה מקומית של גז טבעי בטכנולוגיה

של יצור חשמל במנועי גז או בטורבינות גז וניצול אנרגיה תרמית בטכנולוגית קוגנרציה.

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. ממדי המערכת יקבעו על בסיס צרכי האנרגיה החשמלית והתרמית בפועל. יש לבחון אפשרות של הזרמת אנרגיה עודפת לרשת בשעות של שפל בביקוש, או אפשרות לטעינת רכבים חשמליים במהלך הלילה כאמצעי לאגירת אנרגיה.

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.





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 הרלבנטיים. עבור מתחמים הכוללים מספר מבנים בעלי עירוב שימושים, יש לבנות תחזית בעבור כל מבנה בנפרד.



1. תיאור הפרויקט

מיקום: התכנית ממוקמת בחלקה הדרומי של תל אביב-יפו, בפינת הרחובות הרכבת וסלומון. האזור מסווג כאזור אקלים א'.

שם התכנית: תא/מק/4927 הרכבת סלומון

מספר התכנית: 507-0780924

שטח התכנית: 1.597 דונם

מרחב תכנון מקומי: תל אביב-יפו

קואורדינאטה X: 179380, קואורדינאטה Y: 663260 (רשת ישראל החדשה)

מספר גוש: 8937

מספרי חלקות: 18-22

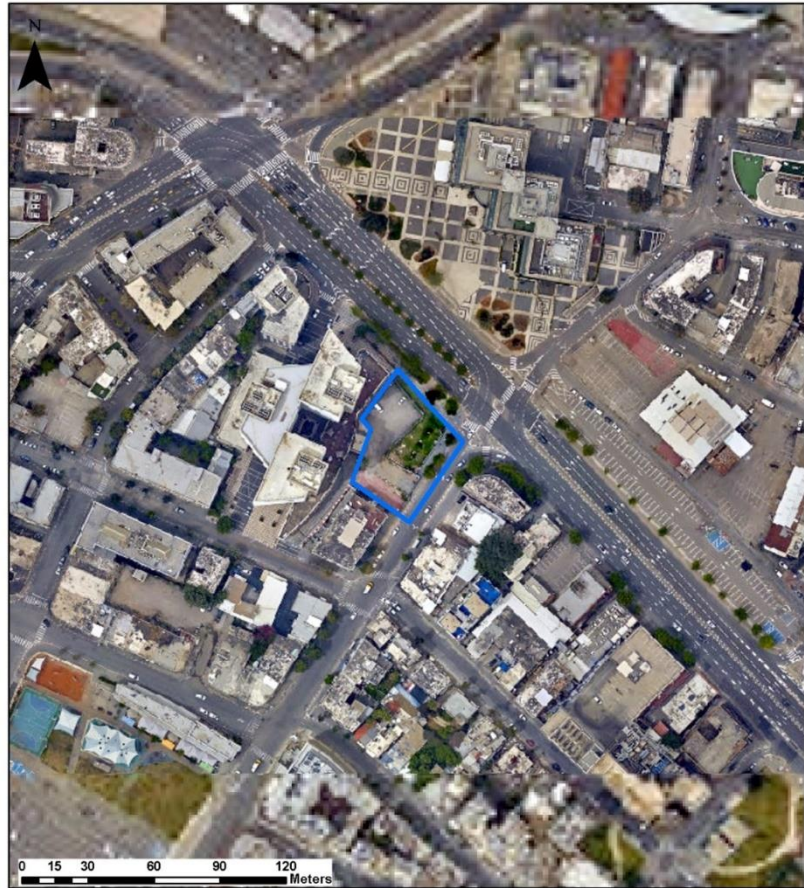


תכנית זו חלה על שטח הכלול ב"אזור תעסוקה מטרופוליני" "סמוך להסעת המונים" כהגדרתם בתכנית המתאר של תל אביב-יפו תא/5000.





מיקום הרחובות



התכנית המוצעת על רקע
תצ"א

מקרא
גבול תכנית



סלומון-פינת הרכבת
ת"א

03/02/2021

ירון יוסף כהן

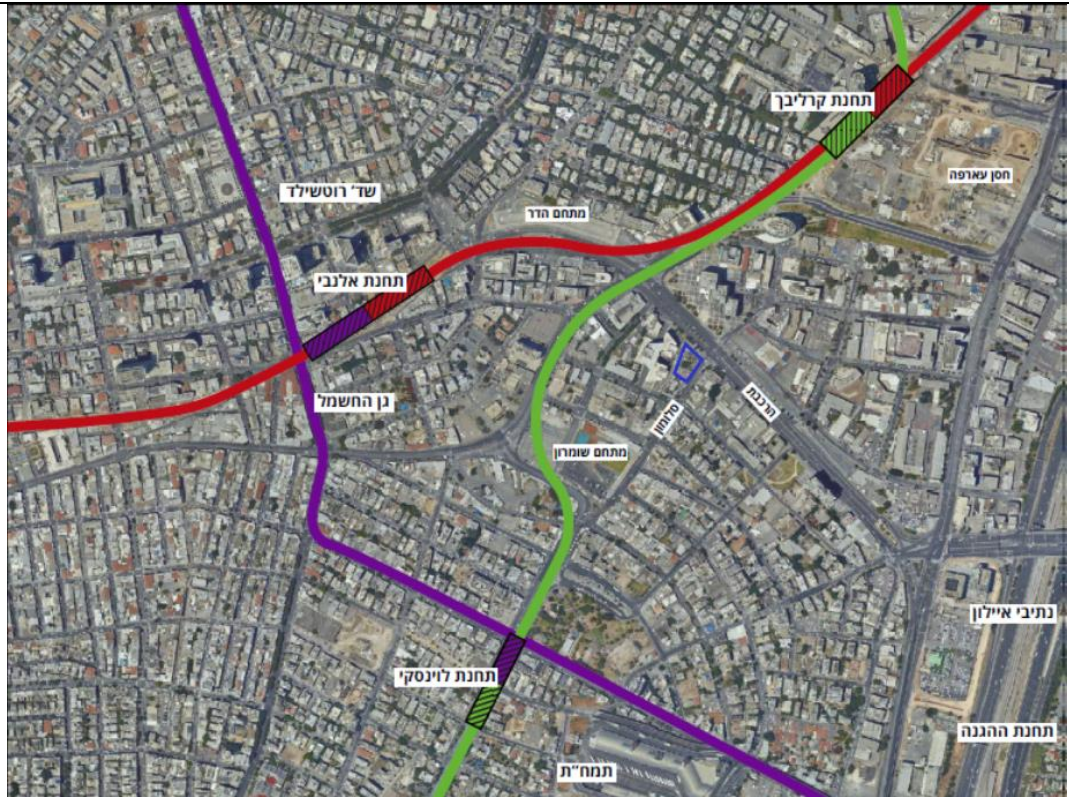
1:2,000

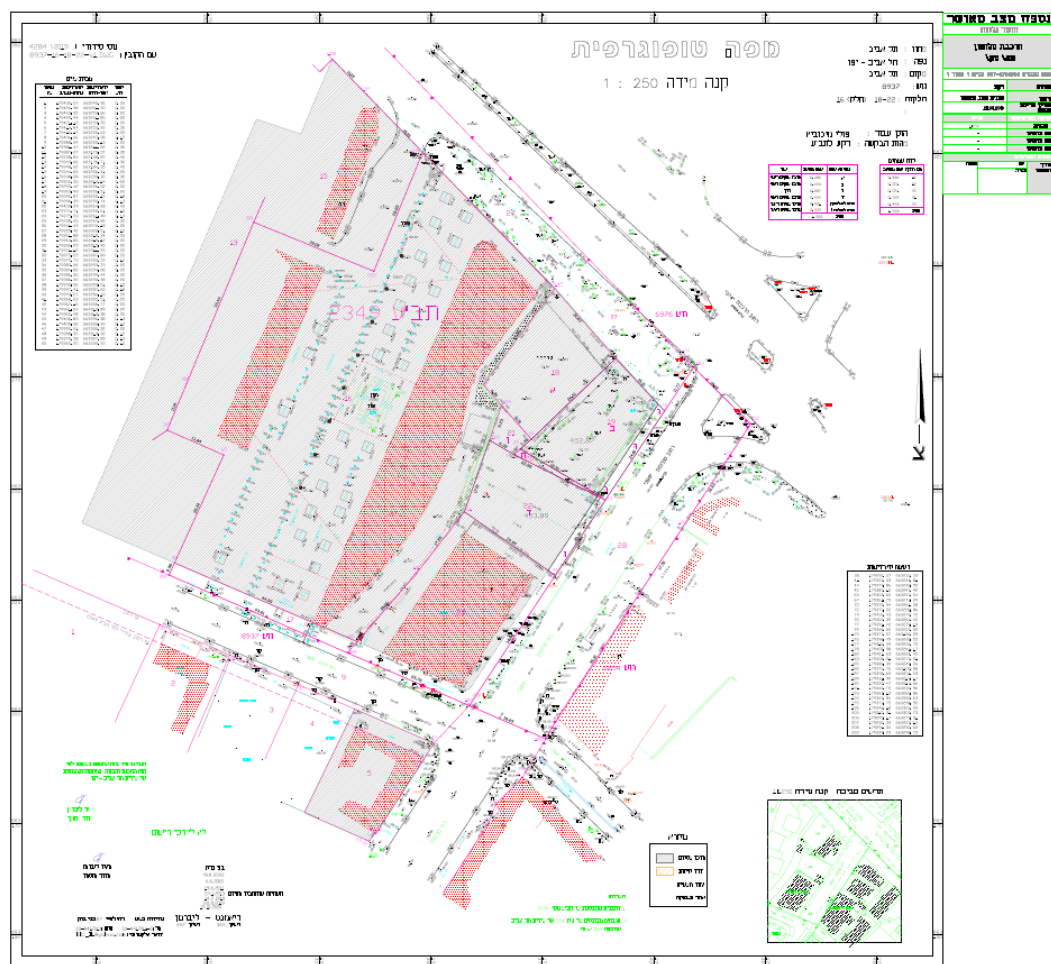
G:\PROJECTS\TLV\salomonHarakevet\GIS\taza.mxd





מיקום בהקשר סביבתי: הקו האדום, הקו הירוק, הקו הסגול

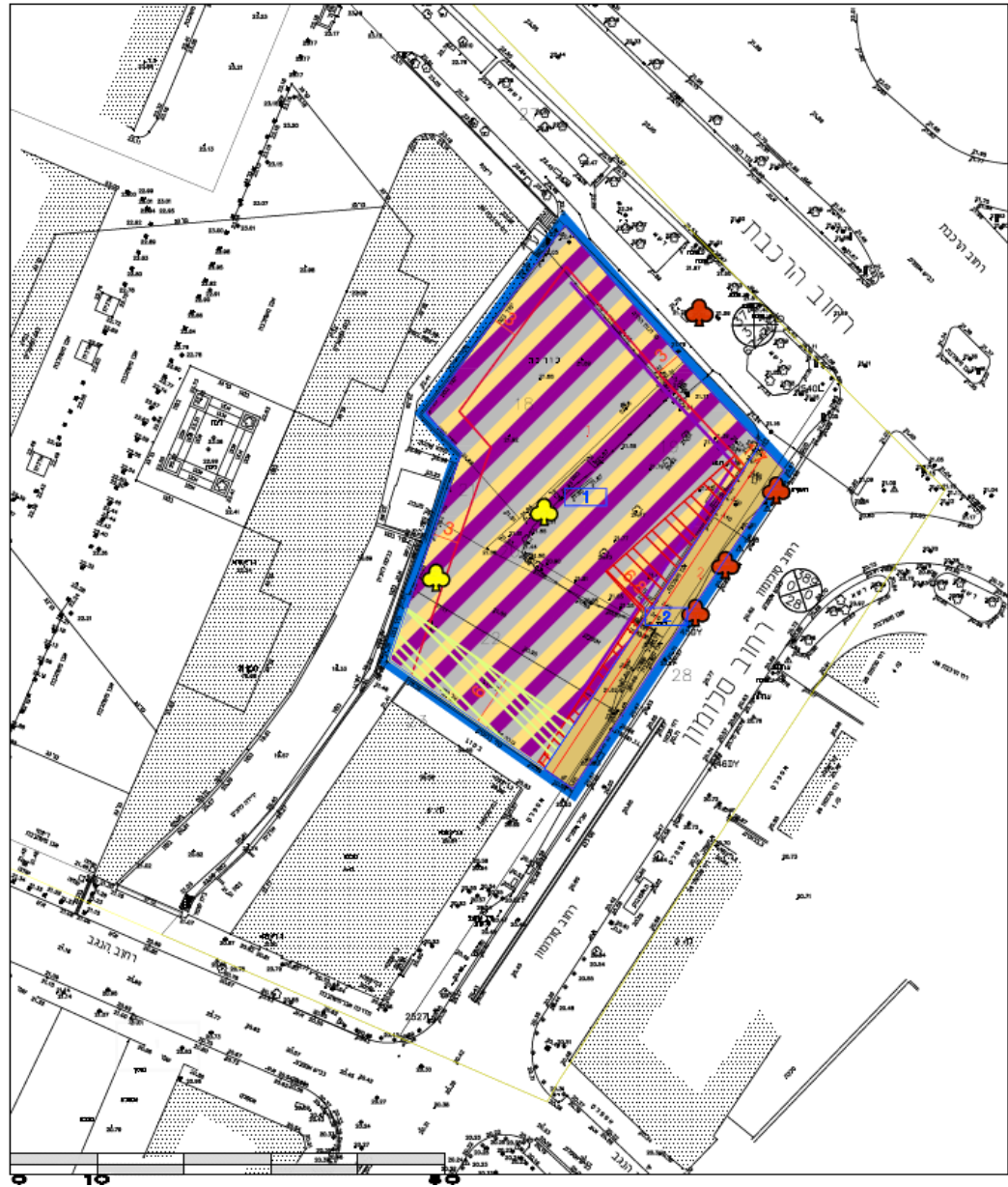




מ

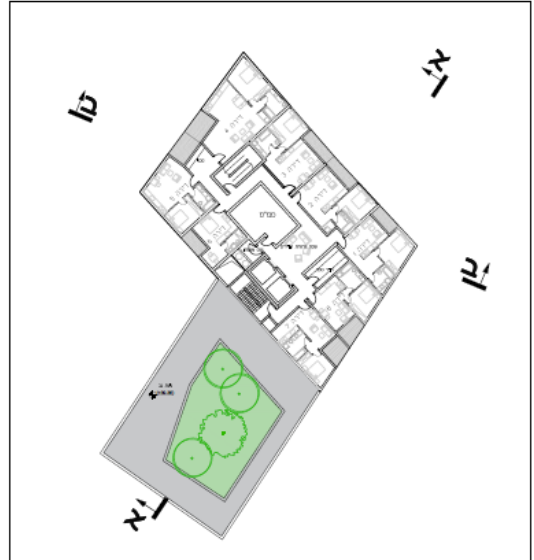


מצב מוצע

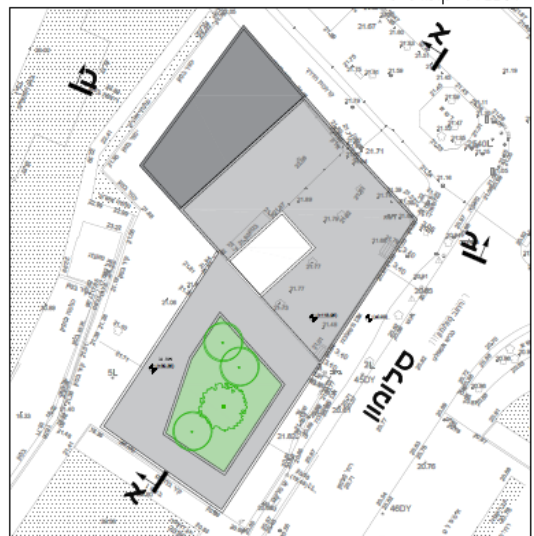




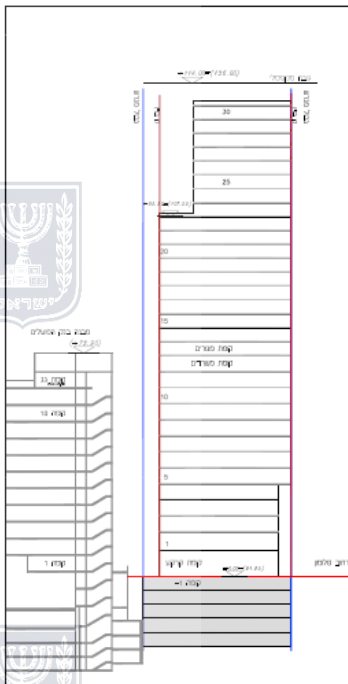
נספח בינוי וחתכים



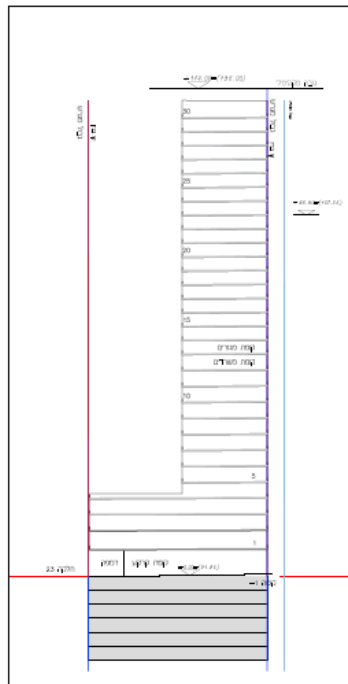
תכנית קומת מגורים 1:500



תכנית קומת גגות 1:500



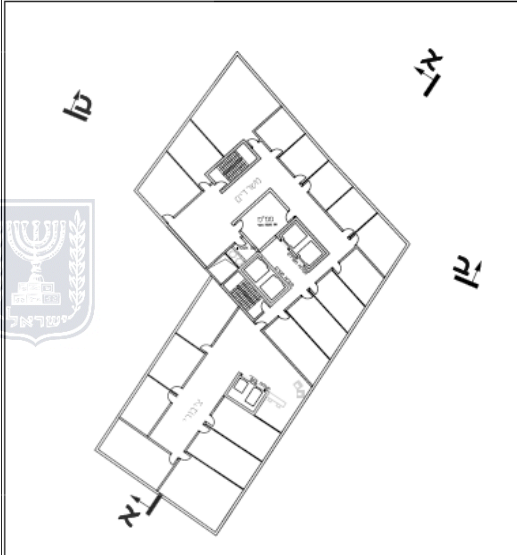
חתך א-א 1:1,000



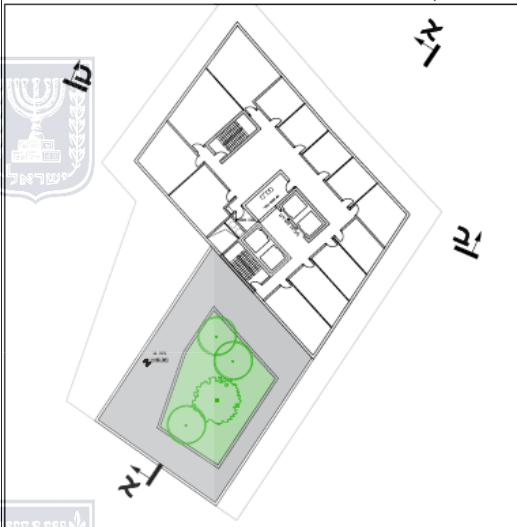
חתך ב-ב 1:1,000



נספח בינוי וחתכים



תכנית קומת בסיס 1:500



תכנית קומת משרדים 1:500



תכנית קומת קרקע 1:500





התוכנית המוצעת כוללת 25 קומות ומתוכנן כ-4 קומות המשלבות בין תעסוקה, מסחר ומגורים.

מס' קומות	שטח (מ"ר)	סה"כ	בקומה אחת			קומות	סה"כ שטחים בכל הקומות		
			ציבורי	תעסוקה	מגורים		ציבורי	תעסוקה	מגורים
קומת קרקע	907	907	400	267	240	1	400	267	240
קומת בסיס	1035	4140	450	585		2	900	1170	
				1035		2		2070	
קומת מגדל	614	9824		614		8		4912	
					580	8			4640
קומת גג	350	700			350	2			700
סה"כ		15571					1300	8419	5580

חניונים

התכנית מציעה חניון תת-קרקעי משותף למגדל ולמבנה הציבור, בעל 5 מפלסים, אשר יכיל כ-51 מקומות חנייה לרכבים פרטיים (בנוסף 4 מקומות חנייה לנכים), 25 מקומות חנייה לאופנועים ו-80 מקומות חנייה לאופניים. מתוך מקומות חנייה לרכב פרטי, 32 מוגדרות למגורים (בנוסף 2 מקומות לנכים) כאשר היתר ישמשו את התעסוקה, המסחר ואת מוסדות הציבור.





טבלת ביקוש

נכים	אופנועים		אופניים		רכב פרטי		
	כמות	תקן מוצע	כמות	תקן מוצע	כמות	תקן	יח"ד/מ"ר
מגורים	16	1:5	80	1:1	32	0 0.8:1	40 יחיד ממוצע לחדר 40 יחיד ממוצע לחדר
מסחר	2	1:200	2	1:300	-	0	390
ציבורי	5	1:200	4	1:250	10	1:100	1000
תעסוקה	29	1:200	23	1:250	16	1:350	5610
סה"כ	52		109		58		

טבלת היצע:

נכים	אופניים	אופנועים	תפעול	רכב פרטי	מס' מקומות חניה
מס' מקומות חניה	מס' מקומות חניה	מס' מקומות חניה	מס' מקומות חניה	מס' מקומות חניה	
-	62	52		12	מדרג 1-
2 גבוה 2 רגיל	47	-		12	מדרג 2-
-	-	-		12	מדרג 3-
				12	מדרג 4-
				10	מדרג 5-
2 גבוה 2 רגיל	109	52		58	סה"כ

טבלת מאזן:

נכים	אופניים	אופנועים	תפעול	מס' מקומות חניה	
2 גבוה 2 רגיל	80	52		58 בנוסף 4 נכים	ביקוש
2 גבוה 2 רגיל	80	52		58 בנוסף 4 נכים	היצע
2 גבוה 2 רגיל	80	52	-	-	סה"כ

דגשים לתכנון וצרכים מיוחדים

שימושי התעסוקה והמסחר אחראים למרבית צריכת האנרגיה במבנה (כ-63%). כפועל יוצא, צריכת האנרגיה במתחם אינה אחידה לאורך שעות היום: במהלך שעות העבודה, צריכת האנרגיה במתחם צפויה להיות גבוהה משמעותית מאשר בשעות הערב. לפיכך, מומלץ לבחון אמצעים לאגירת אנרגיה בשעות השפל עבור שימוש בשעות השיא.

שילוב בין שימושים בהם צריכת השיא מתרחשת במהלך שעות היום (מסחר ותעסוקה) לבין שימושים בהם הביקוש לאנרגיה מוגבר בשעות הערב (מגורים), מייצר פרופיל צריכה אחיד יחסית וביקוש גבוה לאנרגיה במשך כל שעות הפעילות. הביקוש לאנרגיה תרמית מתחלק בין אספקת מים חמים סניטריים למגורים, לבין התעסוקה והמסחר.



במקרה שבו הפקת האנרגיה מתרחשת גם בשעות הלילה (למשל בקוגנרציה או טורבינות רוח) כאשר הצריכה נמוכה, מומלץ לבדוק אפשרות לאגירה של אנרגיה עודפת. אגירת אנרגיה אפשרית באמצעות טעינת רכבים חשמליים או באמצעות סוללות אגירה (דוגמת סוללת "טסלה") שעדיין לא משווקות בארץ אך ייתכן וישווקו בעתיד. בבחינת הפרויקט נלקחו בחשבון תב"עות מאושרות בסביבה.



2. מתודולוגיה לחיזוי צריכת האנרגיה ובדיקת פוטנציאל ייצור האנרגיה בפרויקט

2.1. תוכנות ושיטת הבדיקה

נעשה שימוש במודל תלת ממדי ממוחשב בתוכנת Ecotect analysis 2011. התוכנה מיועדת לחישובי הצללות וקרינה על פי נקודות בדיקה נבחרות.

בדיקה כמותית לשעות ההצללה נעשתה עפ"י הזנת נתונים למודל מתמטי אשר בו ניתן להגדיר את תאריך ושעות שמש וכמו כן להגדיר את השטח הנבדק.



נעשה שימוש בתוכנת System Advisor Model גרסה 2021.12.2 ממעבדה לאומית לאנרגיה מתחדשת של משרד האנרגיה האמריקאי - NREL (National Renewable Energy Laboratory). התוכנה מיועדת לחישובי פוטנציאל הפקת אנרגיה באמצעות פאנלים סולאריים.

2.2. הנחות בסיס למידול

גיאומטריית המבנה: נבנתה על פי תכניות אדריכליות (תכנון ראשוני) הזמינות בעת עריכת הדו"ח.

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

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



הגדרות אכלוס: שעות אכלוס ופעילות שהוזנו במודל לפי טבלה להלן.

שימוש	שעות פעילות	מספר ימי פעילות בשבוע
תעסוקה	07:00 – 19:00	5
מסחר	07:00 – 20:00	6
מגורים	18:00 – 08:30	7



תעריפי תע"ז כמפורט בנספח (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 לקירור ולחימום

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

*נתון זה מתייחס אך ורק לסימולציה, ואינו משקף את התכנון האמיתי בפרויקט



3. ממצאי המודל – התפלגות צריכת אנרגיה טיפוסית

עבור בדיקת צריכת האנרגיה של המבנה, בוצעה סימולציה תרמודינמית לקביעת צריכת האנרגיה הטיפוסית למ"ר עבור השימושים השונים. עבור קביעת הצריכה השנתית המשווערת, יש לכפול את הצריכה הטיפוסית למ"ר בכמות השטח עבור כל שימוש.



צריכת אנרגיה שנתית				שטח [מ"ר]	שימוש
כוללת (MWh)	כוללת [KWh/m ² /year]	איכלוס [KWh/m ² /year]	חימום מים [KWh/m ² /year]		
2273.13	270	120	22	8419	מסחר ותעסוקה
948.6	170	60	34	5580	מגורים
312	240	100	20	1300	ציבור
25.474	94	46	10	271	שירות
GWh 3.56		MWh 1487.55	MWh 403.65	15570	סה"כ

מקור : פיתוח סביבה וקיימות בע"מ. נתונים אלו נלקחו על סמך הדמיות תרמו-דינמיות עבור שימושים שונים ובהתאם למיקום הגיאוגרפי של הפרויקט. הנתונים מופיעים כנספח





4. דרישות עירייה

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.

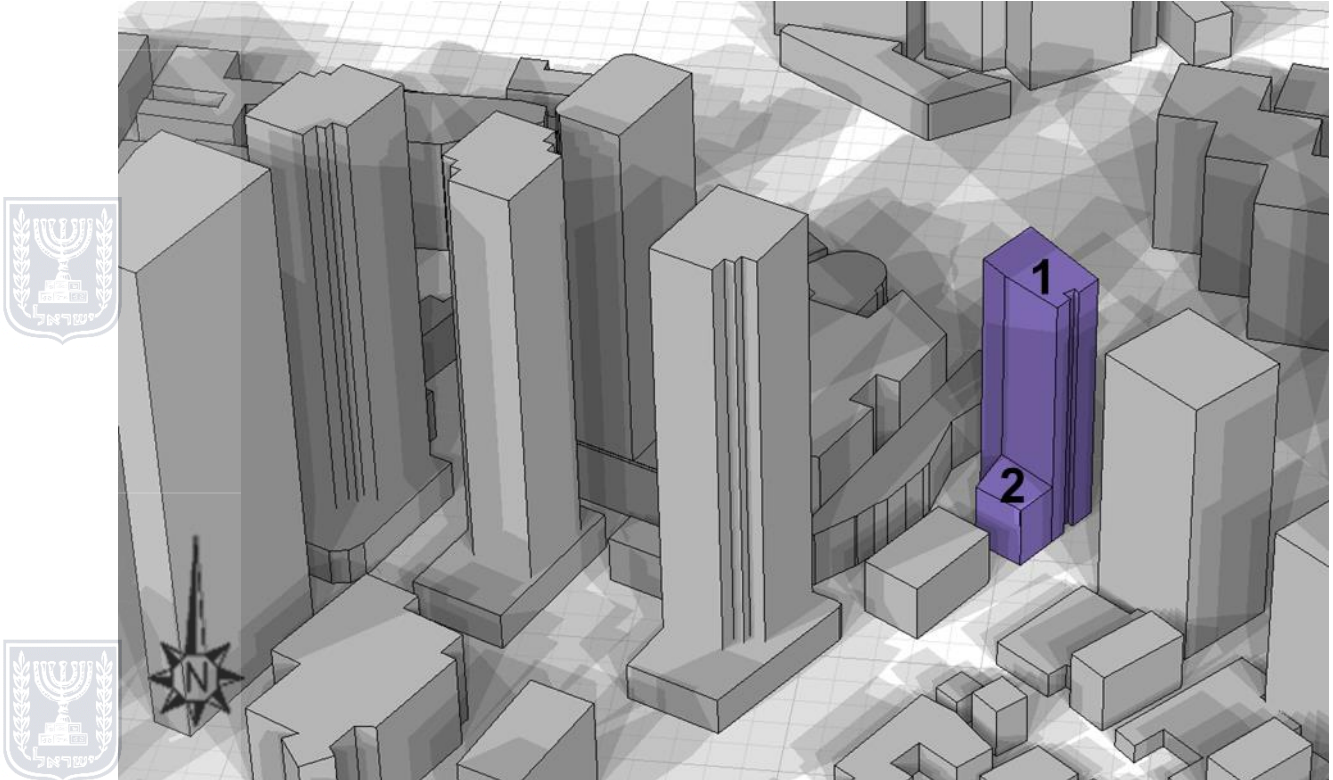
עבור בחינת דרישות העירייה להפקת אנרגיה מתחדשת, נערכה בדיקת חשיפה לשמש, למען קביעת השטחים שעבורם יש לבצע את החישובים.

להלן מניפת הצללה של הפרויקט המוצע בהתחשבות בתב"עות מאושרות בסביבה.





מניפת הצללה של הפרויקט המוצע ומיפוי מבנים נבדקים



4.1 סימולציה

לצורך חישוב דרישות העירייה, נבנה מודל תלת ממדי של הפרויקט בתוכנת Ecotect analysis 2011, ונעשתה סימולציה שבחנה את הפקת האנרגיה המתחדשת לאורך שנה קלנדרית אחת באמצעות תוכנת System Advisor Model 2021.

4.1.1 גגות

שטח הגגות הינו 907.3 מ"ר, כולל גג המגדל (616 מ"ר) – מסומן כ-גג 1, וגג ה"קובייה" (291.3 מ"ר) – מסומן כ-גג 2, וחשופים כולם לשמש לפי הגדרות העירייה. קביעת שטח אפקטיבי מתוכנן להתקנת פאנלים סולאריים כללה הפחתת מעקות והותרת שטח פתוח לזכויות שמש למשתמשי המרפסת/חצר גג – הפחתה של כ-24% ו-16% משטח גג המגדל וגג הקובייה, בהתאם.

על 90% משטח הגגות אפקטיבי מתוכנן ניתן להתקין מערכת PV בהספק כולל של כ-80.4 KW (לפי יחס של KW מותקן על כל 8 מ"ר של שטח גג נבדק). הפאנלים הוצבו בזווית כמעט אפסית של 3 מעלות. הטבלה הבאה מרכזת את תוצאות הסימולציות. תוצאות מלאות יוצרו בפרק הנספחים. נמצא פוטנציאל הקפת אנרגיה שנתית של 113.8 MWh עבור הגגות.





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
1	30°	616 מ"ר	4.43	100%
Average Value: 4.43 Hrs Above Clip Threshold: 100.0%				
מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח הגג	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף ל-4 שעות
2	30°	291.3	4.78	100%
Average Value: 4.78 Hrs Above Clip Threshold: 100.0%				

גגות	שטח כולל [מ"ר]	שטח חשוף לשמש [מ"ר]	שטח אפקטיבי מתוכנן* [מ"ר]	שטח נבדק [מ"ר]	הספק מותקן [KW]	אחוז הצללה** [%]	פוטנציאל הפקה [MWh/year]
גג 1 (מגדל)	616	616	470	423	52.875	3	82.7
גג 2 ("קובייה")	291.3	291.3	245	220.5	27.5625	30	31.1
סה"כ	907.3	907.3	715	643.5	80.4375	-	113.8

*שטח אפקטיבי מתוכנן התקבל מהפרויקט ומתייחס לשטח המאפשר התקנת פאנלים סולאריים, כולל הפחתת מעקות והותרת שטח פתוח לזכויות שמש למשתמשי המרפסת/חצר גג.

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



4.1.2 חזיתות

שטח חזית המגדל הינו 3185 מ"ר, וחשוף רובו לשמש לפי הגדרות העירייה. שטח חזית ה"קובייה" הינו 334 מ"ר, וחשוף לשמש רק 62.5% ממנו לפי הגדרות העירייה. בנוסף, לחזית ה"קובייה" קיים אחוז הצללה שנתי גבוה (35%) ולכן, הסימולציות בוצעו אך ורק למגדל.

עבור בדיקת פוטנציאל ייצור אנרגיה, נעשתה סימולציה שבה חופו 30% משטח החזית החשוף לשמש בפאנלים סולאריים בשיטת BIPV בשטח כולל של 882.9 מ"ר. בשטח זה ניתן להתקין מערכת בהספק כולל של כ-110.4 KW (לפי יחס של KW מותקן על כל 8 מ"ר של שטח חשוף). הפאנלים הוצבו בזווית של 90 מעלות, ובאזימוט מתאים. הטבלה הבאה מרכזת את תוצאות הסימולציות. תוצאות מלאו יצורפו בפרק הנספחים. נמצא פוטנציאל הקפת אנרגיה שנתית של 81.6 MWh עבור חזית דרום מערבית.

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

מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף לבדיקה	בשעות
1	30°	3185 מ"ר	4.28	92.4%	
מס' מבנה	זווית הטייה מהדרום	שטח החזית	שעות חשיפה	אחוז שטח חשוף לבדיקה	בשעות
2	30°	334 מ"ר	3.65	62.5%	





חזית	שטח כולל [מ"ר]	שטח חשוף לשמש [מ"ר]	שטח נבדק [מ"ר]	הספק מותקן [KW]	אחוז הצללה* [%]	פוטנציאל הפקה [MWh/year]
חזית 1 (מגדל)	3185	2942.94	882.882	110.36025	24	81.6
חזית 2 ("קובייה")	334	208.75	62.625	7.828125	35	לא נבדק

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

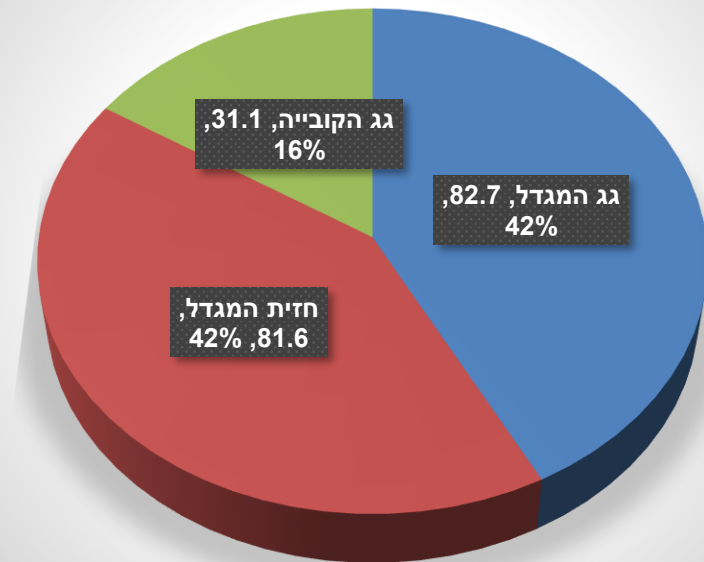
4.2 תוצאות סימולציה

לפי תוצאות הסימולציה, בפרויקט פוטנציאל ייצור כולל של **MWh 195.4**. עבור פרויקט בשלב התב"ע, יידרש ייצור של לפחות **50%** מהפוטנציאל, כלומר על הפרויקט להתקין מערכות שייצרו לפחות **MWh 97.7** בשנה של אנרגיה ממקורות מתחדשים. הטבלה הבאה מסכמת את חובת ייצור האנרגיה ממקורות מתחדשים:

פוטנציאל הפקה מהגג [MWh/year]	פוטנציאל הפקה מהחזית [MWh/year]	סה"כ פוטנציאל [MWh/year]	דרישות העירייה (50% מפוטנציאל) [MWh/year]
מגדל	82.7	81.6	164.3
קובייה	31.1	לא נבדק	31.1
סה"כ	113.8	81.6	195.4



פוטנציאל הפקת אנרגיה [MWh/year]



5. בחינת מקורות האנרגיה החלופיים והפקה מקומית

כחלק מתפיסת תכנון מתקדמת, אספקת אנרגיה ממקורות מתחדשים למבנה תפחית את צריכת האנרגיה מרשת החשמל, תשפר את עצמאותו האנרגטית ותצמצם את תביעת 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 טרי-גנרציה
- 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 גגות המבנה
- התקנת מערכת BIPV (Building-integrated PV) על חזיתות המבנה



5.1.1 מערכת PV על הגגות

על מנת לבחון את ההיתכנות האנרגטית והכלכלית של התקנת פאנלים סולאריים על הגג, נבחנה התקנת PV בהיקפים שונים, בהתאם לצפי שטח הגג אפקטיבי מתוכנן לאחר התקנת מערכות הנדסיות נוספות. להלן חישובי עלות, כושר הפקה והחזר השקעה לפי השטח הנדרש כדי לעמוד בדרישת העירייה. כלומר, **כדי לעמוד בדרישת העירייה באמצעות PV על הגגות בלבד, נדרש שטח חשוף כולל של כ-467 מ"ר.**

יש לציין שהערכה זו נכונה לעת כתיבת הדוח. סבירות גבוהה שהטכנולוגיה של מערכות PV ישתפרו עם הזמן ויכולת ההפקת אנרגיה בשטח למ"ר תצטמצם.

והחזר השקעה של תפוקה PV	
467.18	שטח גג
58.40	קילוואט מותקן (לפי יחס 8:1)
97700.00	קוטר שני הפקה (ע"פ סימולציה)
100%	אחוז מסך דרישות העירייה [%]
3500.00	עלות קילוואט מותקן
204393.31	עלות התקנה
4087.87	תחזוקה שנתית לפי 70 ₪ לקילוואט
41813.65	הכנסה שנתית מהפקה ב- ₪
5.42	זמן החזר השקעה בשנים (ריבית שנתית 4.5%)
0.428	תעריף הפקה [ש"ח/קוטר ש"ש]

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

תעריף הפקה עבור פאנלים סולאריים PV

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
- כחלק מתפיסת תכנון מתקדמת, ניצול שטח הגג אפקטיבי מתוכנן 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:



הסימולציות מראות שניתן להפיק את כול דרישת העירייה על ידי הצבת פאנלים סולאריים בשיטת PV על הגגות. על כן, מחברי הסקר ממליצים על התקנת פאנלים סולאריים על הגגות כדי לספק את דרישות העירייה.

5.1.2 מערכת 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:





היתכנות

עלות הפאנלים הקיימים בשוק כיום גבוהה, אך מאחר והם מחליפים את רכיבי הבניין הסטנדרטיים, זמני החזר ההשקעה מחושבים ביחס לתוספת העלות לרכיב הסטנדרטי אותו הפאנל מחליף.

לפי הדמיות אדריכליות של המבנה, החזית הדרומית מחופה בזגוגיות. עובדה זו מאפשרת התקנה של BIPV, במקום הזגוגיות המסורתיות. עם זאת, הקומות העליונות משמשות למגורים, כך שעלולה להיווצר בעייתיות בהתקנת BIPV בקומות הללו – לרוב, מערכת BIPV הינה סטטית. אם נדרש לפתוח ולסגור את הזגוגיות, הדבר עלול לגרום לבעיות תפעוליות.



למרות שפנלים סטנדרטיים יעילים יותר מפנלים בשיטת BIPV (כ-22% מול 13% עבור צבעים בהירים), התקנה בשיטת BIPV חוסכת מקום הודות לסידור אופטימלי של התאים וחווט המתבצע מאחורי החיפוי. באופן זה, שיטת BIPV יכולה להניב כמות דומה של קילואט מותקן למ"ר, בהשוואה לפנל PV סטנדרטי. חזית המגדל חולקה לשני שטחים טיפוסיים, ונעשתה סימולציה המחשבת את התפוקה השנתית של המערכת, תוך התחשבות בנתוני הצללות, זווית הפניה וכו'. העמודה השמאלית מתייחסת לשטח הנדרש כדי לעמוד בדרישת העירייה. כלומר, כדי לעמוד





בדרישת העירייה באמצעות BIPV על חזית המגדל בלבד, נדרש שטח חשוף כולל של כ-930 מ"ר, בערך 32% משטח החזית החשוף.

והחזר השקעה של תפוקה BIPV				
דרישת העירייה	עליון 2/3	עליון 1/3	קומות טכניות	
930.48	1780.80	890.40	296.80	שטח חזית
116.31	222.60	111.30	37.10	קילוואט מותקן (לפי יחס 1:8)
97700.00	186984.00	93492.00	31164.00	קוטר שנת הפקה (ע"פ סימולציה)
100%	191%	96%	32%	אחוז מסך דרישות העירייה [%]
418714.29	801360.00	400680.00	133560.00	עלות התקנה (450 ש"ח למ"ר)
8141.67	15582.00	7791.00	2597.00	תחזוקה שנתית לפי 70 ש"ח לקילוואט
37911.30	54785.98	37115.99	13659.24	הכנסה שנתית מהפקה ב- ש"ח
14.07	20.44	13.66	12.07	זמן החזר השקעה בשנים (ריבית שנתית 4.5%)
0.388	0.293	0.397	0.438	תעריף הפקה [ש"ח/קוטר ש"ח]

יתרונות מערכת BIPV

- טכנולוגיה חדשנית שהשימוש בה הולך ומתרחב בעולם
- המערכת מחליפה חלקים שונים בבניין כגון חיפויים, מעקות או חלונות ולכן מציגה זמני החזר השקעה סבירים יחסית, זאת בשל קיצוז עלות החיפוי או האלמנט הסטנדרטי
- ניקוי הפאנלים נעשה כחלק מהתחזוקה השוטפת של הבניין
- המערכת מוצעת במגוון צבעים, סגנונות וגימורים ועל כן מאפשרת חופש תכנוני ועיצובי רחב
- כאשר מחליפה חלונות מסך, מקטינה את הסינוור כלפי חוץ, ואת החום הנכנס בקרינה

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:

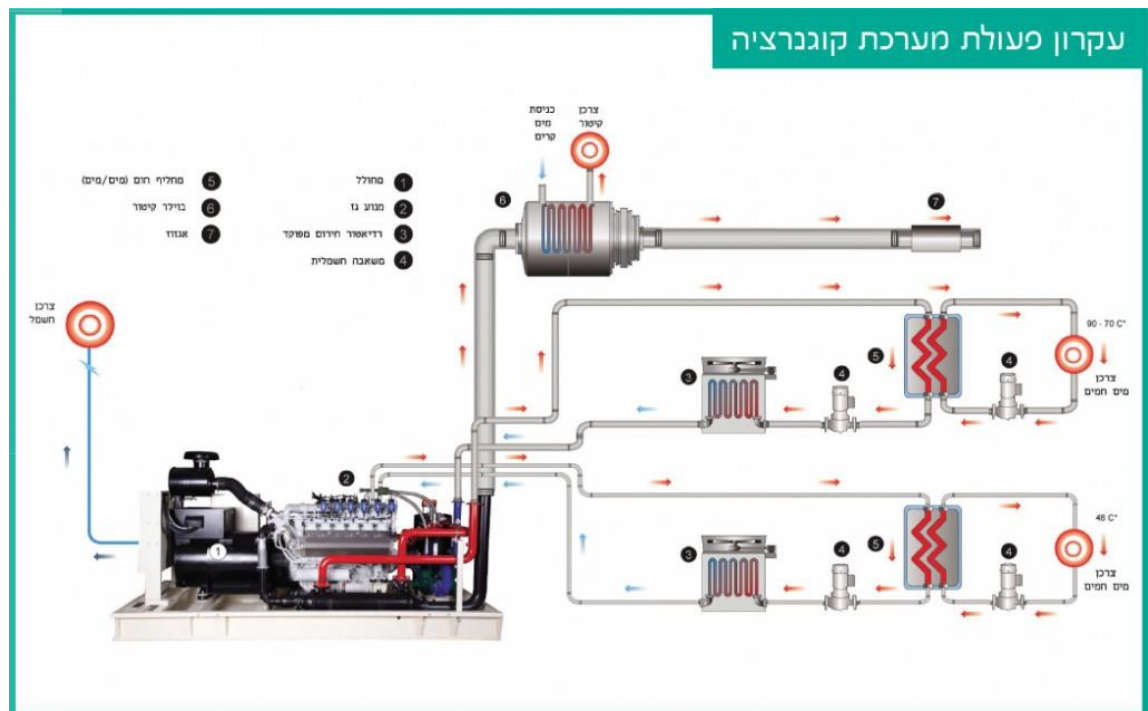
שילוב אלמנטים אינטגרליים בחזיתות לצורך הפקת אנרגיה הינו חדשני ומאתגר. עם זאת, עלות הפאנלים גבוהה (וכך גם זמן החזר ההשקעה) ביחס לפאנלים בשיטת PV ויעילותם טרם נבדקה בארץ הלכה למעשה. עם זאת, בעקבות דרישת העירייה להתקנת BIPV על שטח החזית, מומלץ לבחון את המשמעויות האדריכליות של התקנת



המערכת כבר בשלב התב"ע. במקרה והגגות לא מספיק נרחבים כדי לספק את דרישת העירייה, מחברי הסקר ממליצים על שילוב של מערכת זו על פני שטח מצומצם ככל הניתן מהחזית הדרומית/דרום מערבית/דרום מזרחית.

5.2 מערכת קוגנרציה

מערכת קוגנרציה הינה מערכת המשלבת גנרטור (המופעל בד"כ בגז טבעי) ומחליפי חום, הרוותמים את החום השיורי הנפלט מתהליך הפקת החשמל, לצורך חימום מים עבור צרכנים שונים. המים החמים יכולים לשמש לחימום חללים וחימום מים סניטריים, או כמקור החום של צילרים בטכנולוגיית ספיגה (צילרים 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 כ-404 MWh בשנה (עפ"י סימולציות).

יתרון מערכת קוגנרציה 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, ומערכות חימום מבוססות מים.

- עבור צרכי המתחם ובהתאם למגבלות מקום פנוי, ניתן לבחון התקנה של מערכת קוגנרציה בהספק חשמלי של KW 50, שתפיק כ-KW 65 הספק תרמי כחום שיורי. מערכת זו תוכל לספק אחוז משמעותי מהדרישה לאנרגיה 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-MWh 416 אנרגיה חשמלית בשנה (כ-11% מצריכת החשמל הכוללת במתחם) וכ-540 MWh אנרגיה תרמית בשנה.
- 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.

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 סניטאריים 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 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.



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. לאחר בחינת כלל האספקטים - כלכליים, סביבתיים והנדסיים, מחברי הסקר ממליצים שלא להתקין מערכת קוגנרציה במתחם.



6. טעינת רכבים חשמליים

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

בפרויקט חניון בעל קיבולת של 58 מקומות חנייה, מתוכם 32 מיועדים למגורים. בשלב זה מומלץ להתקין ככל ויתאפשר - תשתית יבשה עבור 100% מהחניות, ועמדות טעינה פעילות בעבור 10% מהחניות המוצמדות לדירות (4) ו- 30% מהעמדות המוצמדות למשרדים, תעסוקה וציבור (8). יובהר כי פתרון החניה הינו של מתקן חניה אוטומטי והפתרונות יהיו בהתאם לטכנולוגיה שתתאפשר לעת הוצאת היתר הבניה.



סוללת רכב חשמלי הינה בעלת תפוקה ממוצעת של כ- 80 KWh. לכן תוספת צריכה פוטנציאלית לכל רכב חשמלי הינה 80 KWh ביום, ובהנחה כי טעינה מלאה מתבצעת פעמיים בשבוע, מדובר על תוספת של כ- **MWh 8.64 בשנה**. ערך זה, מוכפל במספר הרכבים החשמליים (12), מהווה תוספת של כ- **MWh 103.68** לצריכה השנתית, המהווים כ- **2.9%** מצריכת החשמל הכוללת במבנה.

- 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.
- היצע החנייה הינו על-פי מדיניות נוכחית, ועלול להשתנות עפ"י תקן החנייה לעת הוצאת היתרי בנייה (הנמוך מבניהם). הכמות הסופית של עמדות הטעינה תיקבע עפ"י ההיצע בפועל.



7. מרכז ניהול אנרגיה

כחלק מהערכת הפוטנציאל להתייעלות אנרגטית במתחם, נבדקה האפשרות של הקמת מרכז ניהול האנרגיה. מטרות מרכז ניהול האנרגיה הינן להקטין את סך צריכת החשמל מהרשת הארצית, להקטין שיאי הביקושים היומיים והשנתיים ולנהל את העומסים.

שילוב בין שימושים בהם צריכת השיא מתרחשת במהלך שעות היום (מסחר ותעסוקה) לבין שימושים בהם הביקוש לאנרגיה מוגבר בשעות הערב (מגורים), מייצר ביקוש גבוה לאנרגיה במשך כל שעות הפעילות. שימושי התעסוקה והמסחר אחראים למרבית צריכת האנרגיה במבנה (כ-63%). כפועל יוצא, צריכת האנרגיה במתחם אינה אחידה לאורך שעות היום: במהלך שעות העבודה, צריכת האנרגיה במתחם צפויה להיות גבוהה משמעותית מאשר בשעות הערב. לפיכך, מומלץ לבחון אמצעים לאגירת אנרגיה בשעות השפל עבור שימוש בשעות השיא.





במקרה שבו הפקת האנרגיה מתרחשת גם בשעות הלילה (למשל בקוגנרציה או טורבינות רוח) כאשר הצריכה נמוכה, מומלץ לבדוק אפשרות לאגירה של אנרגיה עודפת. אגירת אנרגיה אפשרית באמצעות טעינת רכבים חשמליים או באמצעות סוללות אגירה (דוגמת סוללת "טסלה") שעדיין לא משווקות בארץ אך ייתכן וישווקו בעתיד. אמצעי אגירה נוספים, כגון אגירה קרה (למשל, של חברת נוסטרומו) נמצאים עדיין בשלבי פיתוח.

מרכז ניהול האנרגיה יכול לכול את המרכיבים להלן:



- חיבור המתח הגבוה של כל המתחם לחברת החשמל וחלוקת מתח נמוך לכל הצרכנים במתחם,
- מערכות לניהול ייצור אנרגיה,
- מערכות אגירה (אגירת אנרגיה חשמלית, אגירת מים חמים),
- מערכת ניהול ביקושים לטעינת רכבים חשמליים,
- מערכת ניהול ובקרה.

המיקום המומלץ להקמת מרכז ניהול האנרגיה הינו **מיקום מרכזי** המאפשר את התוואי הקצר ביותר לצנרת הולכת אנרגיה טרמית וכבילה להולכת חשמל לכל הבניינים במתחם. בנוסף, מומלץ מיקום **במבנה תעסוקה**, המאפשר קיומה של חברה לניהול אנרגיה.



מחברי הסקר ממליצים להתקין מערכת כזו במתחם.

8. סיכום ומסקנות

נבחנו שלוש טכנולוגיות קיימות להפקת אנרגיה מקומית:

פאנלים בשיטת PV ופאנלים אינטגרליים בשיטת BIPV - מומלצת התקנת פאנלים סולאריים על הגגות כדי לספק את דרישות העירייה. כמו כן, במקרה והגגות לא מספיק נרחבים כדי לספק את דרישת העירייה, מחברי הסקר ממליצים על שילוב של מערכת זו על פני שטח מצומצם ככל הניתן מהחזית הדרומית/דרום מערבית/דרום מזרחית.



כדי להגיע לנצילות גבוהה של גגות הפרויקט, מחברי הסקר ממליצים על התקנת PV על הגגות ושימוש במשאבות חום לחימום מים.

עבור מערכת קוגנרציה - מחברי הסקר ממליצים להימנע מהתקנתה.

הערה: תכסית עקרונית בהתאם לנספח הבינוי. ככל שישתנה נספח הבינוי, תכסית תיקבע בהתאם לתכנית העיצוב שתאושר.





להלן פירוט פתרונות חלופיים:

חלופה א'	חלופה ב'
הפקת אנרגיה ע"י PV על גג המגדל = MWh 82.7 - שטח גג המגדל = 423 מ"ר (90% משטח אפקטיבי מתוכנן)	הפקת אנרגיה ע"י PV על גג המגדל = MWh 82.7 - שטח גג המגדל = 423 מ"ר (90% משטח אפקטיבי מתוכנן)
הפקת אנרגיה ע"י PV על גג הקובייה = MWh 15 - שטח גג הקובייה = 106 מ"ר (43% משטח אפקטיבי מתוכנן)	ללא PV על גג הקובייה
ללא BIPV על החזיתות	הפקת אנרגיה ע"י BIPV על חזית המגדל = MWh 15 - שטח חזית המגדל = 162 מ"ר (6% משטח החשוף)
הפקת אנרגיה לעמידה בדרישת העירייה - MWh 97.7 (שנתי) - חלופה א' גג המגדל גג הקובייה חזית המגדל	הפקת אנרגיה לעמידה בדרישת העירייה - MWh 97.7 (שנתי) - חלופה ב' גג המגדל גג הקובייה חזית המגדל

חלופה א': דרישת העירייה מושגת באמצעות פאנלים סולאריים המותקנות על גג המגדל (90% משטחו אפקטיבי מתוכנן) ועל גג הקובייה (43% משטחו אפקטיבי מתוכנן) – ללא צורך בהתקנה בחזיתות.

חלופה ב': דרישת העירייה מושגת באמצעות פאנלים סולאריים המותקנות על גג המגדל (90% משטחו אפקטיבי מתוכנן) ועל חזית המגדל (6% משטחה החשוף) – ללא צורך בהתקנה בגג הקובייה.





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

תשלום חודשי קבוע

תשלום קבוע חלוקה	124.09 ש"ח (לא כולל מע"מ)
תשלום קבוע חלוקה	145.19 ש"ח (כולל מע"מ בשיעור 17%)
תשלום קבוע אספקה	90.36 ש"ח (לא כולל מע"מ)
תשלום קבוע אספקה	105.72 ש"ח (כולל מע"מ בשיעור 17%)

תע"ז מתח נמוך חד חודשי

תשלום קבוע חלוקה	26.94 ש"ח (לא כולל מע"מ)
תשלום קבוע חלוקה	31.52 ש"ח (כולל מע"מ בשיעור 17%)
תשלום קבוע אספקה	11.59 ש"ח (לא כולל מע"מ)
תשלום קבוע אספקה	13.56 ש"ח (כולל מע"מ בשיעור 17%)

תע"ז מתח נמוך דו חודשי

תשלום קיבולת בש"ח ל-KVA בשנה: 3.18 ש"ח (לא כולל מע"מ)
3.72 ש"ח (כולל מע"מ בשיעור 17%)

הגדרת שעות הצריכה ומחירי הקוט"ש





מתח נמוך

מחיר קוט"ש ללא מע"מ (אג')			צריכה Kw	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



פיתוח סביבה וקיימות



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	30.6	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 ג
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		

מקור: פיתוח סביבה וקיימות בע"מ. נתונים אלו נלקחו על סמך הדמיות תרמו-דינמיות עבור שימושים שונים ובהתאם למיקום הגיאוגרפי של הפרויקט.





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.

* Manufacturing tolerance: -5 %/+10 %.

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' - נתונים טכניים מערכת קוגנרציה

CHP Packages: outline data								
	Gas-engine CHP					Small-scale gas turbine CHP		
Electrical output	60kW	100kW	300kW	600kW	1,000kW	60kW	100kW	
Heat output	115kW	130kW	430kW	880kW	1,300kW	100kW	150kW	
Fuel consumption	215kW	310kW	990kW	1,950kW	3,000kW	280kW	350kW	
Electrical efficiency	27.9%	32.3%	30.3%	30.8%	33.3%	21.4% ¹	28.6%	
Heat efficiency	53.5%	41.9%	43.4%	45.1%	43.3%	35.7%	42.9%	
Overall efficiency	81.4%	74.2%	73.7%	75.9%	76.6%	57.1%	71.5%	
Package length (metres)	2.9	2.9	4.0	6.5	8.0	2.0	2.9	
Package width (metres)	0.8	1.3	2.0	3.5	4.0	0.9	0.9	
Package height (metres)	1.8	1.95	2.4	2.6	3.5	1.6	1.9	
Package weight (tonnes)	2.5	4.0	8.0	12.0	16.0	1.0	2.0	
¹ Small-scale gas turbines with recuperators have higher electrical efficiencies - typically 26-28%.								





נספח ד' - סימולציות לחישוב תפוקת מערכות PV ו-BIPV

פוטנציאל גגות

סימולציה עבור גג 1 (מגדל)

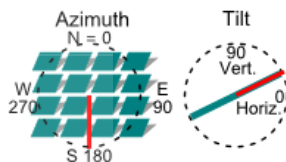
System Parameters

System nameplate capacity 52.875 kWdc
Module type Standard
DC to AC ratio 1.15
Rated inverter size 45.98 kWac
Inverter efficiency 96 %

-Area Estimate for Land Area Calculations

Estimated total module area 927.632 m²

Orientation and Tracking



Array type Fixed open rack

Tilt 3 degrees

Azimuth 210 degrees

Ground coverage ratio 0.3

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 %

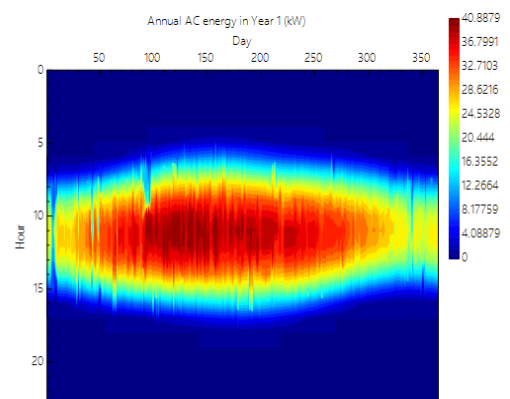
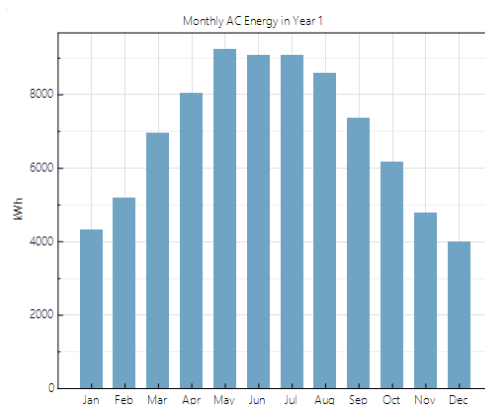
-Specify System Loss Categories

Soiling 2 %
Shading 8 %
Snow 0 %
Mismatch 2 %
Wiring 2 %

Connections 0.5 %
Light-induced degradation 1.5 %
Nameplate 1 %
Age 0 %
Availability 3 %

Total system losses 14.08 %

Metric	Value
Annual AC energy in Year 1	82,699 kWh
DC capacity factor in Year 1	17.9%
Energy yield in Year 1	1,564 kWh/kW





סימולציה עבור גג 2 (קובייה)

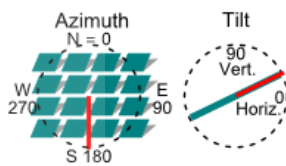
System Parameters

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



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 ☐

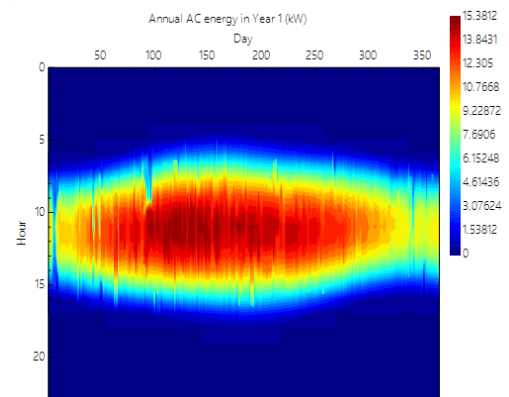
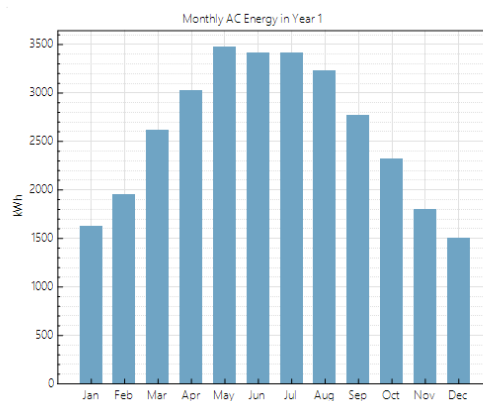
Total loss %

Specify System Loss Categories

Soiling 2 %	Connections 0.5 %
Shading 30 %	Light-induced degradation 1.5 %
Snow 0 %	Nameplate 1 %
Mismatch 2 %	Age 0 %
Wiring 2 %	Availability 3 %

Total system losses %

Metric	Value
Annual AC energy in Year 1	31,110 kWh
DC capacity factor in Year 1	12.9%
Energy yield in Year 1	1,129 kWh/kW





פוטנציאל חזית דרום מערבית

סימולציה עבוד חזית 1 (מגדל)

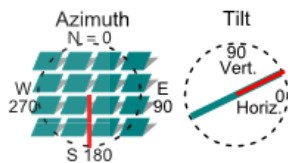
System Parameters

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



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.

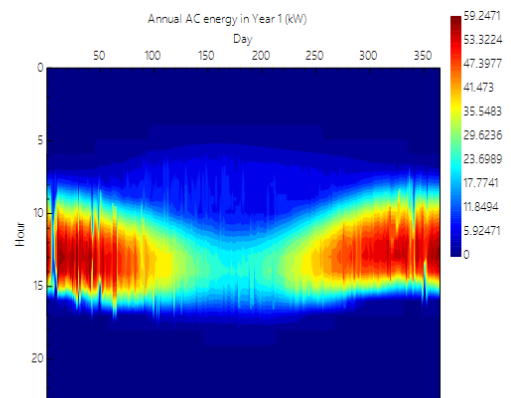
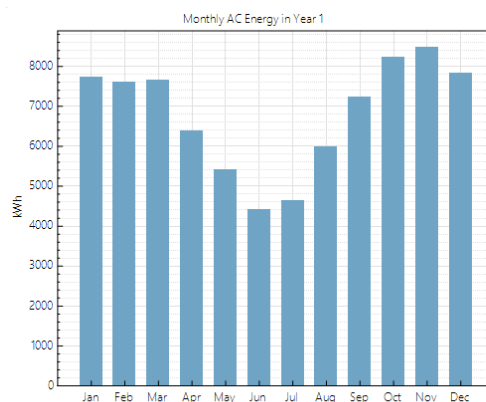
Specify total system loss ☐

Total loss %

-Specify System Loss Categories

Soiling 2 %	Connections 0.5 %
Shading 24 %	Light-induced degradation 1.5 %
Snow 0 %	Nameplate 1 %
Mismatch 2 %	Age 0 %
Wiring 2 %	Availability 3 %
Total system losses 32.68 %	

Metric	Value
Annual AC energy in Year 1	81,556 kWh
DC capacity factor in Year 1	8.4%
Energy yield in Year 1	739 kWh/kW





נספח ה' - חישוב אחוז הצללה

אלמנט	מבנה	קרינה סולארית שנתית מצטברת – מצב מוצע [KWh]	קרינה סולארית שנתית מצטברת – ללא סביבה מצלילה [KWh]	אחוז הצללה שנתית [%]
גגות	מגדל	1713.37	1713.37	3%
	קובייה	1121.81	1545.66	30%
חזיתות	מגדל	1046.61	1237.08	24%
	קובייה	980.6	1326.93	35%

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 דיינבסקי, 26.10.2010
- (4) Avancis PowerMAX44 May 2019
- (5) https://www.researchgate.net/figure/HAWT-and-VAWT-http-www-windturbine-works-com-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

