



סקר אנרגיה



עבור תוכנית

מתחם חברת החשמל במסגרת מתחם מיוחד 501 ג'

תל אביב יפו



הועדה המקומית לתכנון ולבניה תל-אביב - יפו		
שם התכנית 507-0796045 תא/מק/5063 מרחב החשמל בגין		
אושרה למתן תוקף (לאחר דיון בהתנגדויות):		
תאריך 12/07/2023	פרוטוקול 223-0012	החלטה 14
תאריך 28/08/2024	פרוטוקול 224-0016	החלטה 13
מנהל האגף	מנהל העיר	לואור שפירא, עו"ד
אורלי אראל	אהוד כרמלי, אדרי	יו"ר הועדה המקומית לתכנון ובניה
תאריך	תאריך	16-02-2025

מאי 2020





תוכן עניינים

1. כללי
2. תיאור המתחם
3. אומדן צריכת האנרגיה
4. מקורות אנרגיה אפשריים
5. ייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים
6. ייצור אנרגיה מגז טבעי
7. הספקת אנרגיה מרשת החשמל
8. בחינה התכנות כלכלית
9. סיכום

1. כללי



עיריית תל אביב יפו מקדמת מדיניות אנרגטית בת קיימה ובמסגרתה מפתחת ייצור אנרגיה מקומי, התייעלות אנרגטית, ייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים.

במסגרת הכנת תוכניות חדשות למתחמים ומבנים, נדרשים יזמים ומתכננים לבחון כל ההיבטים של שימוש יעיל במקורות אנרגיה אפשריים במגמה להגיע ליעד - מבנים מאופסי אנרגיה. במבנים רבי קומות עתירי צריכת אנרגיה לא ניתן להשיג את היעד במלואו, אך החשיבות להתקרב, ככל הניתן, להשגתו ולייצר אנרגיה מקומית בהיקפים מרביים אפשריים.



בד בבד עם התייעלות אנרגטית, נבחנים גם שיקולים כלכליים במגמה לחזק את הפתרונות המוצעים בהשגת חיסכון כספי לצרכני אנרגיה. סקר האנרגיה המוצג הוכן בהתאם למתודולוגיה שפרסמה עיריית תל אביב יפו.



2. תיאור המתחם

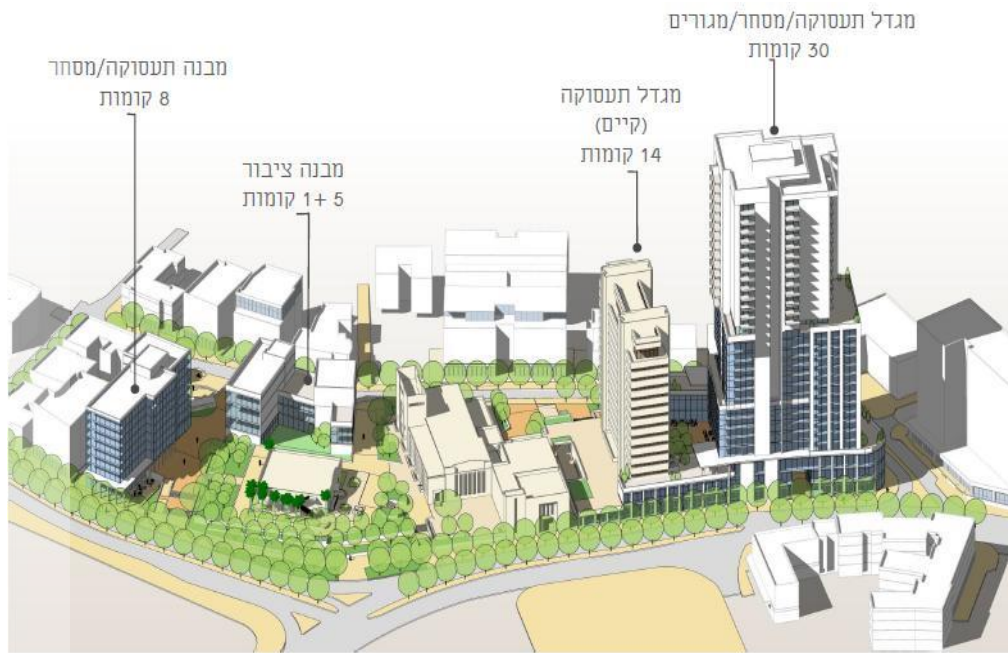
מתחם חברת חשמל הינו מתחם תכנון שבאזור 501 ג', לב העיר, שבמסגרת תכנית המתאר תא/ 5000.

מתחם התוכנית מצוי בין רחובות מקווה ישראל, מנחם בגין ורחוב החשמל כמתואר במפה הבאה:



המתחם כולל:

- מגדל תעסוקה משולב מגורים בגובה 30 קומות
- מבנה תעסוקה בגובה 8 קומות
- מבנה ציבור בגובה 5 קומות + 1 בנסיגה
- מבנה תעסוקה (קיים) בגובה 14 קומות



סה"כ שטחים בפרויקט (עיקרי + שירות):

- 22,785 מ"ר תעסוקה
- 9,565 מ"ר תעסוקה (מבנה עסקי קיים)
- 2,035 מ"ר מסחר
- 2,465 מ"ר מבנה ציבור
- 9,415 מ"ר (עיקרי) מגורים
- וסה"כ- 240 חניות פרטיות.





3. אומדן צריכת האנרגיה

אומדן צריכת האנרגיה עבור צרכני מסחר ותעסוקה ומבני הציבור בוצע ע"י חישוב הספק חשמלי ותרמי בהתאם למקדמי צריכה נורמטיביים לשטח הבנוי ולמקדם התלכדות של 60% והכפלתם בשעות צריכה אקוויולנטיות של שיא ביקוש.

אומדן צריכת האנרגיה עבור טעינת רכבים חשמליים בוצע ע"י חישוב הספק חשמלי הנדרש לטעינה בהתאם למספר החניות הפרטיות ולמקדם התלכדות של 10% והכפלתו בשעות צריכה אקוויולנטיות של שיא ביקוש.



אומדן צריכה שנתית של אנרגיה עבור מים חמים למגורים חושב לפי $15 \frac{kWh}{m^2}$.

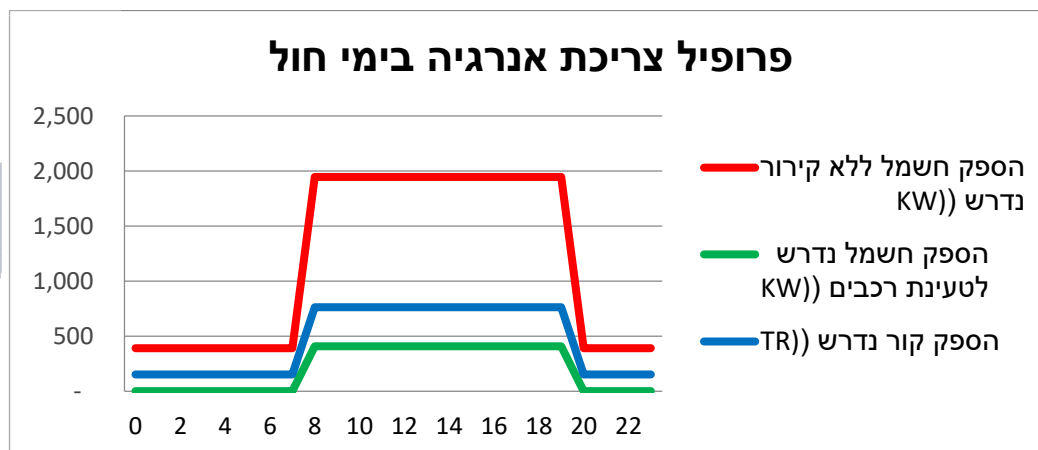
ההספק חשמלי שיא ביקוש (ללא קירור וכולל מקדם התלכדות) של צרכני מסחר, תעסוקה ומבני ציבור הוא 1947 kW.

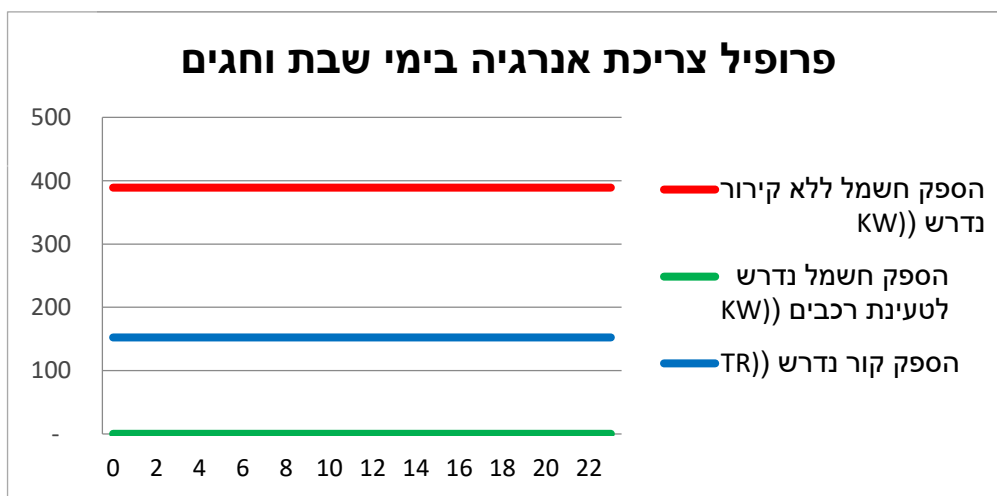
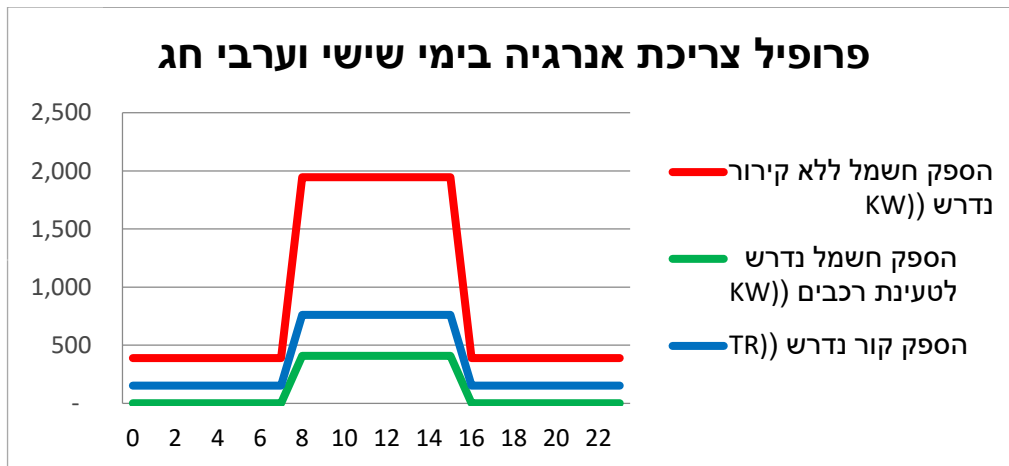
ההספק התרמי שיא ביקוש (כולל מקדם התלכדות) של צרכני מסחר, תעסוקה ומבני ציבור הוא 762 TR.

ההספק חשמלי שיא ביקוש לטעינה חשמלית (כולל מקדם התלכדות) הוא 408 kW.



שעות צריכה אקוויולנטיות של שיא ביקוש עבור צרכני מסחר, תעסוקה ומבני תעסוקה וטעינת רכבים הן 12 שעות ביום בימי חול ו- 8 שעות בימי שישי וערבי חג וההנחה שבשעות הלילה ובסופי שבוע וחגים הספק השיא הביקוש עבור חשמל (לא כולל טעינת רכבים) וקור הינו 20% לעומת ערכו ביום ו- 0% עבור טעינת רכבים כמוצג להלן:





מכאן שהאנרגיה החשמלית השנתית הנדרשת (ללא קור וללא טעינת רכבים) מוערכת ב- 8,861,378 kWh/year.

האנרגיה החשמלית השנתית הנדרשת לטעינת רכבים מוערכת ב 1,428,000 kWh/year.

האנרגיה התרמית השנתית הנדרשת מוערכת ב- 2,441,751 kWh/year בהנחת COP 5 (Coefficient of performance).



סך אומדן האנרגיה החשמלית כולל קירור הנדרשת בשנה עבור צרכני מסחר, תעסוקה מבני תעסוקה וטעינת רכבים היא 12,731,129 kWh/year.

האנרגיה השנתית הנדרשת עבור מים חמים למגורים מוערכת ב 141,225 kWh/year.





4. מקורות אנרגיה אפשריים

4.1 מקורות אנרגיה מתחדשים

- אנרגיה סולארית – מקור אנרגיה מתחדשת עיקרי בעיר, ככלל ניתן למימוש בטכנולוגיה פוטו-וולטאית (PV).
- אנרגיה תרמו סולארית – אפשרית למימוש מסורתי לחימום מים, מתחרה על שטחי גגות עם PV אך יעיל אנרגטית פחות עקב שעות מוגבלות של שימוש במים חמים. בנוסף, במבנים רבי קומות אין אפשרות הספקת מים חמים ממערכות תרמו סולאריות לקומות תחתונות. שימוש באנרגיה תרמו סולארית נפסל בתוכנית.
- אנרגיית רוח – משטר רוחות בעיר ומגבלות אורבניות אינם מאפשרים לממש פרויקטים משמעותיים של אנרגיית רוח.

4.2 ייצור אנרגיה מקומי מגז טבעי

- גז טבעי יהיה זמין בעיר בפרק זמן תואם את צרכי הפרויקט.
- חברת החלוקה Super NG (סופר אנ.ג'י), בהזמנת עיריית תל אביב יפו מכינה תוכנית אב לפריסת תשתיות הגז בעיר, באזור של התוכנית מתוכננת פריסת תשתיות הגז בעדיפות גבוהה.



- שימוש בגז טבעי בטכנולוגיה קו-גנרציה – תהליך ייצור אנרגיה בעל יעילות גבוהה במיוחד, לכן גז טבעי נבחן כמקור אנרגיה.
- שימוש גז טבעי במקום גפ"מ – עם פריסת תשתיות הגז קיימת זמינות הספקת הגז לצרכנים ביתיים במקום גפ"מ.

4.3 רשת החשמל

- כל צרכני האנרגיה בתוכנית יחוברו לרשת החשמל, ללא קשר להספקת אנרגיה אפשרית ממקורות ייצור מקומי.



4.4 סדרי עדיפות בשימוש במקורות אנרגיה

- בעדיפות ראשונה – שימוש מרבי אפשרי במקורות מתחדשים.
- בעדיפות שנייה – שימוש במקורות אנרגיה יעילים, כמו קו-גנרציה מייצור עצמי בגז טבעי.
- בעדיפות אחרונה – שימוש במקורות אנרגיה בעלי יעילות נמוכה יותר, כמו רשת החשמל.





5. ייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים

בהתאם לצפי צריכות האנרגיה החשמלית בשטחי המסחר והתעסוקה קיימת אפשרות לייצור אנרגיה חשמלית באמצעות התקנת מערכות סולאריות על גגות וקירות המבנים התואמים התקנת מערכת שכזו.

המערכת הסולארית מתבססת על המרה של האנרגיה האגורה בקרני השמש לאנרגיה חשמלית באמצעות פאנלים פוטו-וולטאים וממירי מתח ההופכים את הזרם הישר שמייצרים הפאנלים לזרם חילופי (AC) התואם לרשת החשמל המסחרית.



בחינת המערכות הפוטו-וולטאיות התבססה על שימוש בשני סוגי פאנלים:

- פאנל סולארי להתקנה על גג הבניין – מדגם GCL-P6/72H-400 (או שווה ערך) בטכנולוגיית פולי-קריסטליין בהספק של 400 וואט ($207 \frac{W}{m^2}$), התקנה בשיפוע 20 מעלות לכיוון דרום מזרח (בהתאם למפנה גג הבניין).
- פאנל סולארי להתקנה על חזיתות הבניין – מדגם JAM6-72-300/SI (או שווה ערך) בטכנולוגיית מונו-קריסטליין בעל הספק של 300 וואט ($155 \frac{W}{m^2}$), התקנה אנכית לכיוון דרום מזרח/מזרח.



המבנים שעל גגותיהם וחזיתותיהם נבחנה התקנת המערכות הסולאריות הם מגדל 30 הקומות למגורים ותעסוקה, מבנה הציבור בעל 6 הקומות ומבנה התעסוקה בעל 8 הקומות. יש לציין שרק חלק מחזיתות המבנים משמשים להתקנת פנלים, כי חלק גדול של החזיתות מוצלל על ידי בניינים העתידיים לקום במתחם השומרון.

להלן שטחי הגגות והחזיתות הזמינים למערכות הסולאריות:

מבנה	סה"כ שטח גג (מ"ר)	אחוז שימוש בגג	סה"כ שטח גג נטו (מ"ר)	סה"כ שטח חזיתות (מ"ר)	אחוז שימוש בחזיתות	סה"כ שטח חזיתות נטו (מ"ר)
מגדל 30 ק' (מגורים/תעסוקה)	1300	70%	910	מגורים	20%	3420
				תעסוקה	60%	2280
מבנה ציבור 6 ק'	500	70%	350	60%	270	445
מבנה תעסוקה 8 ק'	655	70%	460	60%	1260	2100





להלן מאזן האנרגיה למערכות המותקנות על גגות וחזיתות המבנים:

מערכת PV על חזית המבנה			מערכת PV על גג המבנה			מבנה
אנרגיה חשמלית מסופקת (MWh)	Specific production (kWh/kWp)	הספק מותקן על חזית (kWp)	אנרגיה חשמלית מסופקת (MWh)	Specific production (kWh/kWp)	הספק מותקן על הגג (kWp)	
88.2	882	100	168.3	1683	100	מגדל 30 ק' (מגורים/תעסוקה)
144	720	200				
21.44	536	40	54.56	1436	38	מבנה ציבור 6 ק'
54.9	305	180	60.8	1216	50	מבנה תעסוקה 8 ק'



סה"כ הספק מותקן על גגות המבנים: 188 kWp ועל החזיתות 520 kWp.

סה"כ אנרגיה סולארית מיוצרת בשנה על גגות המבנים: 283,668 קוט"ש,

וסה"כ אנרגיה סולארית מיוצרת בשנה על חזיתות המבנים: 308,540 קוט"ש.





6. ייצור אנרגיה מגז טבעי

בהתאם לצפי צריכות האנרגיה נבחר פתרון להקמת מרכז אנרגיה (קו-גנרציה) מבוסס מנוע גז מדגם G3520H מתוצרת Caterpillar (לדוגמא או שווה ערך), בעל הספק חשמל של 2,500 KW במשולב עם צ'ילר ספיגה בהספק תרמי של 720 TR.

ההספק החשמלי נטו של המתקן יהיה כ- 90% מההספק הנקוב של מנוע הגז, מאחר וחלק מהחשמל ייצרך כצריכה עצמית במתקנים ומערכות של יחידת הקו-גנרציה.



המכונה תפעל בעומס המתאים לנדרש ותספק את האנרגיה החשמלית והתרמית לצרכנים בלבד, ללא העברת עודפי חשמל לרשת.

אנרגיית החשמל והקור המיוצרות יסופקו לצרכני התעסוקה, המסחר והציבור ואנרגיית החום תסופק למגורים, כמו כן תסופק אנרגיית חשמל גם עבור טעינת רכבים חשמליים. משטר ההפעלה המוצע הוא הפעלת המתקן במשך 5.5 ימים בשבוע.

האנרגיה החשמלית השנתית המסופקת לצרכנים תהיה 7,875,000 kWh/year.

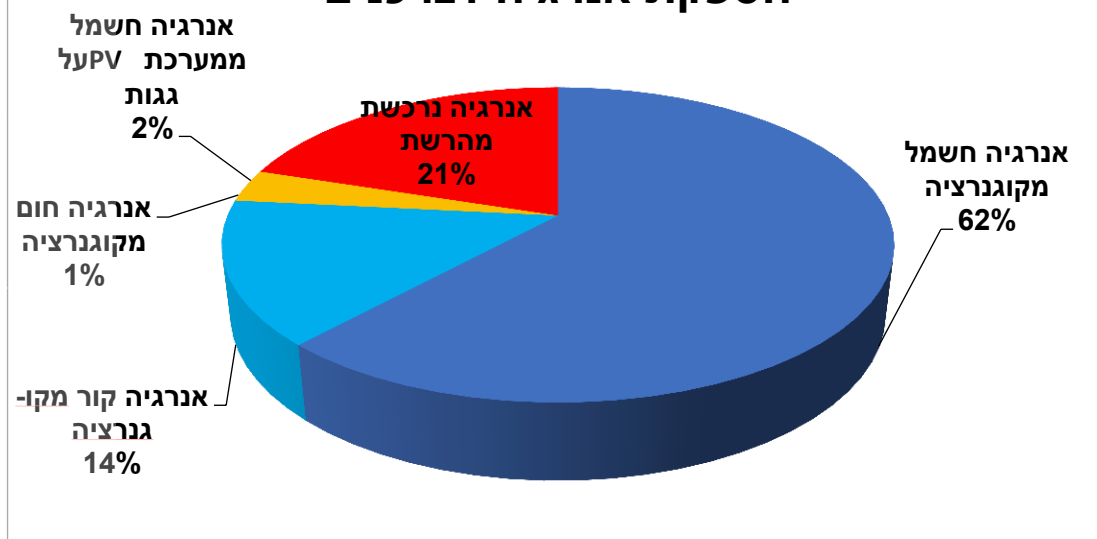


האנרגיה התרמית השנתית המסופקת לצרכנים תהיה 1,774,080 kWh/year עבור קירור ו- 141,225 kWh/year עבור חימום מים לצרכנים ביתיים.

סך האנרגיה החשמלית האלטרנטיבית (כולל קירור) המסופקת ע"י מערכת הקו-גנרציה בשנה היא 9,790,305 kWh/year.



הספקת אנרגיה לצרכנים





שטח ההקמה הנדרש להתקנת הציוד העיקרי (מנוע, צילר ספיגה, שנאי בית, לוח חשמל) בחניון מגדל התעסוקה/מגורים הוא כ- 120 מ"ר ושטח הנדרש להתקנת מגדלי הקירור הוא כ- 120 מ"ר. על גג המגדל או בחניון.

גזי הפליטה יובלו אל הארובה שתמוקם על גג המגדל.

בין מגדל תעסוקה משולב מגורים ועד למבנה התעסוקה בחלק הדרומי של המתחם תמוקם תעלה על תוואי זמין דרך רחוב החשמל.

התעלה ברוחב של כ- 100 ס"מ להעברת:

- 2 כבלי חשמל במתח נמוך בקוטר 6"
- 2 צינורות מים קרים בקוטר 12"





7. הספקת אנרגיה מרשת החשמל

- כל הצרכנים יחוברו לרשת החשמל.
- רשת החשמל תספק אנרגיה חשמלית לצרכנות ביתית.
- עבור צרכנות טעינת הרכבים, המסחר, התעסוקה ומבנה הציבור, רשת החשמל תשמש למטרות הבאות:
 - ✓ גיבוי לייצור אנרגיה מקומי.
 - ✓ השלמת הספקת האנרגיה בשעות שמערכות ייצור PV לא פועלות.
 - ✓ השלמת הספקת האנרגיה בשעות הלילה ובסופי שבוע כאשר ייצור מגז טבעי לא מופעל.
 - ✓ העברת עודפי ייצור אנרגיה מקומי (במידה וקיים) לרשת החשמל בהתאם להסדרה של רשות החשמל.



8. בחינה התכנות כלכלית

מערכת PV על גג המבנה						מבנה
החזר השקעה (שנים)	תשואה (%)	עלות השקעה מוערכת (₪)	הוצאות תפעול ותחזוקה (₪)	עלות האנרגיה (₪)	אנרגיה חשמלית מסופקת (MWh)	
6.4	11.8%	350,000	15,000	64,965	168.3	מגדל 30 ק' (מגורים/תעסוקה)
7.7	8.4%	133,000	5,700	21,063	54.56	מבנה ציבור 6 ק'
9.5	5.1%	175,000	7,500	23,469	60.8	מבנה תעסוקה 8 ק'

• עלות האנרגיה לפי תעריף תע"ז ממוצע משוקלל של 0.382 ₪ לקוט"ש.

• עלות השקעה למערכת PV על גג מוערכת לפי 3500 ₪/kWp והוצאות התפעול והתחזוקה השנתיות מוערכות לפי 150 ₪/kWp.

מערכת PV על חזית המבנה					מבנה
תשואה (%)	עלות השקעה מוערכת (₪)	הוצאות תפעול ותחזוקה (₪)	עלות האנרגיה (₪)	אנרגיה חשמלית מסופקת (MWh)	
מגורים					מגדל 30 ק' (מגורים/תעסוקה)
שליטת	600,000	5,000	34,045	88.2	
תעסוקה					מבנה ציבור 6 ק'
שליטת	1,200,000	10,000	55,584	144	
שליטת	240,000	2,000	8,276	21.44	מבנה תעסוקה 8 ק'
שליטת	1,080,000	9,000	21,191	54.9	

• עלות האנרגיה לפי תעריף תע"ז ממוצע משוקלל של 0.382 ₪ לקוט"ש.

• עלות השקעה למערכת PV על חזיתות מוערכת לפי 6000 ₪/kWp והוצאות התפעול והתחזוקה השנתיות מוערכות לפי 50 ₪/kWp.



מערכת קו גנרציה				
הוצאות תפעול ותחזוקה (₪)	עלות הגז כולל הולכה חלוקה ומס בלו (₪)	צריכת גז שנתית (mmBTU)	עלות האנרגיה (₪)	סה"כ אנרגיה מסופקת (kWh)
398,125	1,430,276	68,600	4,184,432	9,790,305

מערכת קו גנרציה					
הוצאות מנהל מערכת (₪)	סה"כ הוצאות שוטפות (₪)	הכנסות בניכוי הוצאות (₪)	עלות השקעה מוערכת (₪)	תשואה (%)	החזר השקעה (שנים)
396,900	2,225,301	1,959,132	11,506,683	16.2%	5.9



- עלות אנרגיית חשמל וקור לפי תעריף תע"ז ממוצע משוקלל של 0.426 ₪ לקוט"ש ועלות אנרגיית חום לפי תעריף 0.52 ₪ לקוט"ש.
- מחיר גז לפי \$ 4.5 למיליון BTU.

מערכת קו גנרציה + PV על גגות המבנים				
עלות השקעה מוערכת (₪)	הכנסות בניכוי הוצאות (₪)	תשואה (%)	החזר השקעה (שנים)	% חיסכון באנרגיה
12,164,683	2,040,428	15.9%	6	79%



9. סיכום

- במסגרת התוכנית ניתן להתקין על גגות המבנים 188 kW פנלים סולאריים, ועל חזיתות המבנים 520 kW ולייצר כ- 592,000 KWh אנרגיה מתחדשת בשנה.
- לצרכנים בתוכנית ניתן לספק אנרגיה חשמלית בהספק של 2.5 MW המיוצרת ממנוע גז בטכנולוגיה קו-גנרציה ולספק אנרגיה תרמית - מים קרים למערכות מיזוג אוויר וגם מים חמים לצרכים סניטאריים לכל הצרכנים הביתיים.
- סה"כ ייצור אנרגיה מקומי מגז טבעי חוסך לפרויקט רכישת כ- 9,790,305 KWh אנרגיה חשמלית מרשת החשמל בשנה.
- נצילות ייצור אנרגיה מגז טבעי צפויה להגיע לכ- 85% – 90% ביחס לרכישת אנרגיה מרשת המיוצרת בנצילות כ- 50% כולל הפסדים ברשת.
- התקנת קולטים על חזיתות המבנים אינה כלכלית בעיקר עקב הצללות משמעותיות המשפיעות על תפוקת האנרגיה.
- פרויקט המשלב שימוש בקולטים סולאריים על גגות המבנים בשילוב מערכת הקו-גנרציה הינו בעל היתכנות כלכלית גבוהה עם תשואה של כ 15.9% והחזר השקעה של 6 שנים (לא כולל מימון).
- שימוש באנרגיה הסולארית על גגות המבנים בשילוב האנרגיה ממערכת הקו-גנרציה מהווה כ 79% מצריכת האנרגיה הנדרשת.

המלצות:

- מומלץ להקים מערכות פוטו-וולטאיות על הגגות בהיקף של כ- 188 kWp.
- למרות העדר הכלכליות, יש לשקול התקנת פנלים סולאריים על חזיתות המבנים בהספק של כ- 520 kWp להגברת הייצור מאנרגיות מתחדשות במתחם.
- להתקין מערכת קו-גנרציה מוזנת גז טבעי בהספק של כ-2500 קילוואט בשילוב עם צילור ספיגה מתאים שתספק אנרגיה חשמלית, מים קרים ומים חמים לצרכני המתחם.