

# עקרונות לתכנון משק האנרגיה בקיבוץ

## רקע

אנרגיה נתפסת בדרך כלל שכבה משנית בתהליכי התכנון, הנוספת לאחר קביעת האבנים המרכזיות. העליה בהסתמכות על חשמל לפעילויות החיים החיוניות, מחייבת התייחסות לניהול האנרגיה בכלל והחשמל בפרט בשלבים מוקדמים של התכנון, המאפשרים הטמעתם בצורה אופטימלית. זאת, באופן שיקנה יתרונות כלכליים בשוטף, וחוסן אנרגטי במצבי חירום. הנייר שלהלן משרטט בקווים כלליים ביותר עקרונות מומלצים לתכנון ייצור האנרגיה וניהול החשמל בשטח קיבוץ, ובפרט בבניה חדשה בה לעקרונות אלו עשויה להיות השפעה על התכנון האדריכלי שלו.

## אפשרויות ליצור אנרגיה מקומי:

1. **יצור על בסיס מקורות פוסילים:** מסתמך על מקורות המגיעים מחוץ לקיבוץ (אספקת סולר במיכליות, אספקת גז במיכליות לצוברים, או פריסת צינור גז עד לקיבוץ), ולכן על פי תרחישי חירום שונים לא יהיו זמינים בחירום. בנוסף, יצור זה גורר פליטת גזי חממה, ומזהמי אויר נוספים.

אמצעי יצור פוסיליים מרכזיים:

a. **גנרטורים:** פועלים בד"כ באמצעות סולר. גנרטורים כגיבוי בטחוני נפרסו בקיבוצים רבים בעוטף ובצפון בעשורים האחרונים. קיבוצים רבים אחרים מחזיקים גנרטורים כאמצעי גיבוי למקרי הפסקות חשמל, וכן לתועלת כלכלית באמצעות הסדרי השלת עומסים מרשת החשמל.

יתרונות: חשמל זמין, נתמך על ידי המדינה, טכנולוגיה מוכרת. עשויים לשמש להשלת עומסים בשגרה.

חסרונות: מייצרים זיהום אויר חמור (SOx, NOx, בנזן) וכן מפגע רעש; עלות הפעלה יקרה; מחייבים אספקת סולר קבועה ולכן אינם נותנים פתרון למצבי חירום ארוכים.

b. **תחנות כוח בגז:** קיבוצים יכולים להקים תחנות מיקרו-גנרציה לייצור חשמל מגז פוסילי, וכן תחנות קו-גנרציה המיצרות חשמל וחום השימושי בעיקר בתעשייה. מחייב חיבור לרשת הגז הארצית.

יתרונות: חשמל זמין, תועלת כלכלית, נתמך על ידי המדינה.

חסרונות: עלות הקמה יקרה. שריפת הגז יוצרת פליטת חומרים מסרטנים (פורמלדהיד); במצב חירום כגון אירוע בטחוני או רעידת אדמה, צפוי כי אספקת הגז תיפסק עקב פגיעה במקורות היצור או בצנרת, או שהיא תנותב לצרכנים בעלי תעדוף גבוה יותר כגון תחנות הכוח הארציות.

c. **גפ"מ לשימוש ביתי:** ברוב הקיבוצים קיימים מיכלי גז בבתי החברים. במספר קיבוצים יש מערכת גז מרכזית, הכוללת צובר וצינורות לכל בתי החברים, והגז משמש לחימום המים ולבישול. מערכת מרכזית כזו פגיעה לדליפות, ובעת חירום

עלולה להוות סיכון לאוכלוסיה (כפי שאכן קרה בשביעי לאוקטובר). ברמה הארצית, המדינה מעודדת צמצום השימוש בגפ"מ לכלל הצרכנים<sup>1</sup>, ומעבר לשימוש בחשמל. יתרונות: אמצעי מוכר ויעיל; מקור אנרגיה חלופי לחשמל בתרחיש עלטה. חסרונות: הכנסת תשתית נוספת לבתים (צנרת גז פנימית); לגבי מערכת מרכזית - פגיעות לאירועים בטחוניים ואחרים.

## 2. יצור חשמל באנרגיות מתחדשות:

a. **אנרגיה סולארית בדו שימוש בתחומי המחנה**: יצור סולארי באסדרות תעריפיות המבטיחות תעריף ידוע ל-25 שנה.

יתרונות: הכנסה כלכלית קבועה ומשמעותית, ניצול שטח קיים, בשילוב אגירה ומערכת ניהול יכול להבטיח עצמאות אנרגטית לקיבוץ. חסרונות: במקרים בהם נדרשת קונסטרוקציה יקרה (כגון בקירוי מגרשי ספורט) ה-ROI עלול להיות גבולי.

b. **אנרגיה סולארית בשטחים הפתוחים**: יצור סולארי במתקנים קרקעיים או אגרי-וולטאי (יצור סולארי במקביל להמשך העיבוד החקלאי של השטח). כלל האגודות בארץ קיבלו הקצאה של 250 דונם למתקנים קרקעיים (חלקם בהתניה), וכן 500 דונם למתקן אגרי-וולטאי. ישובים בחבל תקומה קיבלו הקצאה של 150 דונם קרקעי נוספים. לרוב הקיבוצים יש התקשרויות חתומות לשטחים אלו. יתרונות: הכנסה כלכלית קבועה ומשמעותית. בקיבוצים בהם כל שטח המשבצת נכלל בתחומי המחלק ההיסטורי, יצור בשטחים הפתוחים יכול להגדיל את החוסן האנרגטי בחירום.

חסרונות: מתקנים קרקעיים מחליפים לרוב שטחים חקלאיים; אגרווולטאי עדיין אינה פרקטיקה מוכחת בישראל ותתכן פגיעה בחקלאות כתוצאה מתחרות על השמש (תתכן גם הטבה עם החקלאות עם הכנסת הצללה, הכנסה קבועה, חשמל לטכנולוגיות מתקדמות ומעקב קפדני בשטח); החתימה הנופית של מתקנים סולאריים משנה, לעיתים דרמטית, את הנוף. בפרט, במתקנים אגרי-וולטאים בהם הקונסטרוקציה מגיעה ל-6 מטרים ויותר, בדומה לבתי רשת וחממות.

c. **רוח**: בקרוב אזורי הארץ הרוח אינה מספקת להקמת טורבינות רוח בטכנולוגיות הקיימות. כיום מתפתחות מיקרו-טורבינות הניתנות להצבה במרחב הבנוי, ויתכן ובעתיד תהיה הצבה שלהן בתוך תחומי הקיבוצים.

d. **ביו-גז**: יצור אנרגיה מחומר אורגני. המקורות המקובלים הם פסולת אורגנית ביתית, גזם, פרש בעלי חיים ובוצת מטשים. כלל הפתרונות מחייבים קבלת זרם אחיד וקבוע של פסולת נקיה מחומרים זרים על מנת לפעול באופן תקין. חשוב לציין כי מתקני ביו-גז הם בראש ובראשונה פתרון לפסולת, והאנרגיה המתקבלת מהם היא משנית יחסית לתפוקת האנרגיה.

<sup>1</sup> הצוות הבין משרדי לצמצום השימוש בגפ"מ - דו"ח המלצות, 11/2024  
<https://www.gov.il/BlobFolder/reports/lpg-reduction-report/he/lpg-nov-2024.pdf>

לגבי פסולת אורגנית ביתית, ישנם מספר פתרונות המיועדים לרמת הקיבוץ או לרמה הביתית. מתקנים אלה הם בעלי כלכליות מוגבלת כיום, התועלת המרכזית שלהם היא אמור כפתרון לטיפול בפסולת.

### ניהול האנרגיה ברמת הקיבוץ

לקיבוצים שהם מחלקים היסטורים יש עצמאות רבה בכל הקשור לתכנון וניהול רשת החשמל המקומית.

העיקרון המוביל את תכנון רשת החשמל בקיבוץ הוא יכולת לשמור על תפקוד מלא, גם בעת נפילה של רשת החשמל הארצית לתקופה ארוכה. מצב זה דורש יכולות יצור חשמל בתוך שטחי המחלק באופן שאינו תלוי במקורות אספקה חיצוניים (ובכללם סולר או גז, בין אם מצוברים או מרשת החלוקה); אמצעי אגירת אנרגיה, וכן ומערכת מיתוג, יצוב תדר וניהול רשת חכמה, המאפשרת יצירת מיקרו-גרید מקומי.

על מנת להבטיח את החוסן האנרגטי, מומלץ כי החשמל בשטח המחלק יתוכנן כהיררכיה של מיקרו-גרידים, שלכל אחד מהם יכולת פעולה עצמאית, החל מרמת הבית הפרטי, השכונה (או מקבץ בתים הניזונים מאותו שנאי) ועד למחלק כולו.

התכנון המרחבי של הקיבוץ צריך לשאוף למקסם את יצור האנרגיה המתחדשת בדו-שימוש בתחומי המחנה, ולכלל הפחות לאפשר התקנת מערכות סולאריות על מבנים בצורה פשוטה ואסתטית בעתיד, במידה שבעת ההקמה אין הצדקה כלכלית לכך. זאת, עקב העליה הצפויה בביקוש לחשמל והצורך למקסם יצור בדו-שימוש לאספקתו בכלל הארץ.

מערכת כזו, הכוללת יצור סולארי משמעותי, רמות שונות של אגירה וכן מערכת ניהול חכמה, תקנה לקיבוץ תועלות כלכליות בשוטף באמצעות אגירת עודפי היצור הסולארי מכירתם לרשת בשעות הערב, ובטחון אנרגטי במצבי חירום.

נושא נוסף שיש להתייחס אליו כבר בשלב התכנון הוא עמדות הטעינה לרכבים חשמליים. טעינת הרכבים צפויה ליצור עומס רב על רשת החשמל דווקא בשעות בהן היצור הסולארי יורד. תכנון וניהול נכון יכולים למנוע יצירת עומסים, ובעתיד לנצל את הרכבים החשמליים להעלות חוסן המערכת, על ידי שימוש בסוללות הרכבים כמצברים נוספים (במידה והרכב הוא V2G Ready)

### תכנון מערכת החשמל בקיבוץ צריך להתחשב בגורמים הבאים:

1. יצור אנרגיה:

- a. מיצוי יצור סולארי על גבי גגות ומבנים.
- b. קירוי מקסימלי של שטחים פוטנציאליים: מגרשי ספורט ושעשועים, חניות כלי רכב, אזורים הדורשים הצללה. במקומות בהם עדין לא מוקמים הקירויים, יש להכין תשתיות מתאימות לכך.
- c. גידור סולארי: אופקי - כגדר עצמה באופן שחוסם את הנוף, או מעל הגדר במאוזן לקרקע (או קרוב לכך). גידור סולארי מאפשר לקיבוץ תוספת גידור עם רכיבי ביטחון

- באופן זול מאוד או רווחי לקיבוץ לעומת גידור רגיל כך שניתן לשפר בעזרתו את הביטחון.
2. אגירה: תכנון מיקום אגירה מרכזית ו/או מערכות אגירה מבוזרות ברמת השכונות. בשני המקרים מומלץ כי האגירה תהיה מחוברת לחיבור מתח גבוה של הקיבוץ, על מנת שתוכל לשמש גם למסחר בחשמל האגור.
  3. ניהול הרשת: בניית רשת החשמל בקיבוץ כהיררכיה של מיקרו-גרידים, כאשר בזמני שגרה המערכת יודעת לנהל ולאזן יצור מול ביקוש, ובחירום תתי-מערכות מסוגלות לפעול עצמאית.
  - מבחינה תכנונית נדרש להקצות מקום מתאים וממוגן למערכת ניהול ומיתוג מרכזית, ומערכות משניות.
  4. תכנון עצמאות אנרגטית ברמות משניות לקיבוץ:
    - a. הגדרה ותכנון של מרכז חוסן אקלימי, שיתן מתן מענה לצרכים בסיסים (מים, אנרגיה) לצרכנים קריטיים גם בתרחיש עלטה ארוך טווח.
    - b. תכנון אספקה רציפה למוקדים קריטיים נוספים ובכלל זה חמ"ל, מרפאה, קשישים ומונשמים, וכיוב'.
    - c. תכנון עצמאות אנרגטית מינימלי לכל בית. הרמה הבסיסית כוללת יצור סולארי על גג (או חזיתות) המבנה, ממיר היברידי ואגירה מינימלית (כיום כ-10 קוט"ש). מומלץ לתכנן ניהול מרחוק של הסוללות הביתיות כך שניתן יהיה להשתמש בהן גם בשגרה למטרות כלכליות.
  5. הטמנת קוי החשמל, וכן מיגון מערכות ניהול ובקרת הרשת, סוללות האגירה, הגנרטורים ואמצעי אחסנת הדלק לגנרטורים - במידה ויש כאלו, וכיוב'.
  6. טעינת רכבים חשמליים, וניהול הטעינה:
    - a. הכנת תשתית לעמדות טעינה בכל החניות הציבוריות המתוכננות בקיבוץ. ניתן ורצוי לשלב עם קירוי סולארי של החניות, למניעת התחממות יתר של כלי הרכב ולמיקסום היצור.
    - b. תכנון עמדות טעינה מהירות ו/או אולטרה מהירות (DC) באזור החניה הראשית, במיקום הנגיש גם לאורחים ולמגיעים מבחוץ.

## רמת הבית

יצור אנרגיה סולארית ברמה הביתית מעלה את החוסן הכלכלי של משק הבית, באמצעות צמצום הוצאות החשמל ועליה בהכנסה יצור החשמל, ובתכנון נכון מעלה גם את החוסן האנרגטי שלו. הדבר מתחבר למגמת ביזור מקורות היצור המתומרצת כיום, כולל בהחלטת תקומה וכן בתקנות המחייבות התקנת מערכת סולארית על גגות בעלי גג בגודל של מעל 100 מ"ר מתאריך 18/07/24. לתכנון אדריכלי המטמיע שיקולי יעילות אנרגטית ויצור סולארי בתכנון המבנים יש יתרונות רבים, המאפשרים למקסם את התפוקה, לחסוך בעלויות ההקמה, לפשט את התפעול ולשפר את הנראות הכוללת.

יתרה מכך, במקרים בהם לא הוטמע יצור סולארי משלב התכנון, יתכן מצב בו התושבים ירצו להקים מערכת יצור בשלבים מאוחרים יותר, ולשם כך יאלצו לפגוע במעטפת המבנה להתאמת רשת החשמל, יצרו שינוי בנראות המבנה בגלל הפאנלים על הגג ועוד.

### **תכנון מערכת האנרגיה הביתית צריך להתייחס לגורמים הבאים:**

1. מיצוי יכולת יצור סולארית ביתית (בכלל זה גג, פרגולות, חזיתות במידה ורלוונטי)
2. העדפה של משאבות חום על פני דודי שמש לשם חימום מים, וזאת בגלל יעילות אנרגטית טובה יותר, והאפשרות לפנות שטח גג ליצור סולארי.
3. הקצאת מקום יעודי מותאם לאגירה ביתית באופן שיאפשר התאמה לטכנולוגיות עתידיות במידת הצורך.
4. התקנת מערכות לניהול וליעול צריכת האנרגיה, כגון מערכת שליטה מרכזית וכן מערכת ניהול חכמה לסוללה ביתית.
5. תכנון כוללני וצופה פני עתיד של מערכת החשמל בבית. באופן ספציפי יש לתת את הדעת על מיקום ארון החשמל, הממיר ומערכת האגירה כך שלא יתעורר חשש לקרינה בחדרים בהם יש שהות ארוכה, וכן שהמיקום יהיה נגיש ומוגן מפגעי מזג אוויר, תכנון תעלות חשמל המקשרות את הגג והמרכיבים השונים, וכיוב'.
6. במידה ומתוכננות חניות פרטיות, יש לכלול בהן הכנה להקמת עמדות טעינה לרכב חשמלי. עמדות אלו צריכות להיות מחוברות לרשת הביתית על מנת לסייע בחוסן בחירום, וכן בעלות אפשרות לניהול מרחוק ברמה הישובית.