

אנרגיה סולרית - תאים פוטו-וולטאיים היבטים תכנוניים וכלכליים

מאת

ד"ר בועז ברזילי, שמאי מקרקעין¹

מבוא

בהקמת תאים פוטו-וולטאיים מעורבים גורמים שונים: יצרני המתקנים וחלקיהם, משווקים, בעלי קרקע, רשויות השלטון ומערכות הבקרה הארציות הקובעות את התקנים, דרכי הפעולה והחקיקה. אולם, בסופו של התהליך, הוועדה המקומית לתכנון ובנייה, היא זו שבוחנת את מאפייני המתקן ומעניקה לו את היתר בנייה.

בקרב הוועדות המקומיות קיים חוסר ודאות באשר לאופי המתקנים הפוטו-וולטאיים והן נתקלות בקושי ביישום אחיד של גביית אגרות בנייה, מסלול האישור או אופן עריכת הבקשה להיתר² והיטלים.

הקמת מתקנים פוטו-וולטאיים על-ידי יזמים מותנית בתועלת כלכלית. בקרב גופים פרטיים קיים חוסר בהירות באשר לכדאיות הכלכלית שלהם. ספקות אלו מתגברים לנוכח חוסר הוודאות של הוועדות המקומיות עצמן וחדשנותו של הנושא בישראל מקשה אף על היזמים עצמם. חששם נובע ברובו מחוסר ודאות או חוסר מודעות בעניין הצורך בעלות תחזוקה שוטפת בנוסף לעלות ההתקנה, השפעות המתקן על המבנה ומטרדים חיצוניים אפשריים, שטח הקרקע הנדרש על מנת לייצר כדאיות כלכלית ומסלול הרישוי עד לאישור המתקן.

מטרת מאמר זה הנה לייצר שיח בנושא הגדרתו התכנונית של המתקן הפוטו-וולטאי, במסגרת הדיון הציבורי, לקראת גיבוש רגולציה ביחס למסלול אישורם של מתקנים פוטו-וולטאיים וכן, להגדיר ולכמת את העקרונות הכלליים למבחן כלכלי שיסייע לבחינת כדאיות ראשונית³.

טיעון המאמר יחל ברקע והגדרות כלליות, סקירה קצרה של המצב בעולם ובישראל, מגמות חקיקה ותקנים, המסגרת הנורמטיבית-תכנונית וההיבטים הכלכליים. כל זאת,

-
1. המחבר הינו שמאי מקרקעין בעל משרד פעיל, גיאוגרף - מומחה בתכנון עירוני באוניברסיטת תל-אביב ומרצה בתחומי התכנון והבנייה באוניברסיטאות תל-אביב וחיפה. עד 2007 כיהן כחבר ועדת ערר מס שבח שליד בית המשפט המחוזי בחיפה.
 2. הוועדה המקומית רשאית לדרוש ממגיש הבקשה למתקן פוטו-וולטאי לערוך אותה בהתאם לתקנות התכנון והבנייה, אם סברה שבדיקת הבקשה מחייבת זאת.
 3. כל התחשיבים המובאים במאמר הינם להמחשה בלבד, תחת ההנחות והמגבלות המפורטות. הם אינם מהווים אומדן שמאי ואינם מחליפים את הצורך בבדיקה ספציפית לפני הקמת כל מתקן.

במטרה לנסות ולמצוא תבנית תכנונית אליה ניתן לקשר את המתקן הפוטו-וולטאי ולמקד את העקרונות לבחינת כדאיותו הכלכלית.

הטכנולוגיה הפוטו-וולטאית - על קצה המזלג

תא פוטו-וולטאי (להלן גם: "תא P.V") הוא התקן סולרי המפיק אנרגיה חשמלית באמצעות קרינה אלקטרו-מגנטית מהשמש. בתוך התא יש שתי שכבות של חומר מוליך למחצה. כאשר פוגע אור (פוטונים) בפני התא, החומר המוליך למחצה שבתוך התא משנה את מוליכותו החשמלית ומאפשר זרימה של זרם חשמלי דרך התא. בכך משמש התא להפקה ישירה של אנרגיה חשמלית על-ידי קליטת קרינה אלקטרו-מגנטית מן השמש. תאי P.V נמצאים כיום בשימוש מסחרי וביתי (כגון: מחשבי כיס/תאי טלפון ציבוריים/עמודי תאורה וכד'). טכנולוגיה זו הינה אחת מטכנולוגיות "האנרגיה המתחדשת" (Renewable Energy).

עיקר הקושי בהחדרת המתקנים הסולריים לשימוש נפוץ והמוני הוא עלותם הגבוהה יחסית בטווח הקצר והשטח הגדול יחסית שהם תופסים. עלות ההתקנה והתפעול של תאי P.V גבוהה יחסית וכדאיותה קשורה בין היתר, לתנאים הגיאוגרפיים באזור השימוש כגון: שעות אור, ימי עננות וגשם וכד'. לכן המחקר כיום מתרכז בעיקר בתחום הטכנולוגי, תוך ניסיון לגוון את החומרים המוליכים של התא הסולרי על מנת שיוזילו את השימוש בהתקן. בנוסף, ממשלת ישראל מעודדת את השימוש בתאי ה-P.V, בין היתר, באמצעות הפקת חשמל עודף מההתקן ומכירתו לחברת החשמל במחיר הגבוה מתעריף החשמל הרגיל.

יצוין כי תאי P.V שונים מקולטים רגילים שהכרנו עד כה, למרות דמיונם החיצוני. הגם שפעולתם של שני ההתקנים מבוססת על אנרגיית השמש, תאי P.V מבוססים על המרת אנרגיית אור לאנרגיית חשמל ואילו הקולט הרגיל מבוסס על המרה לאנרגיית חום ומשמש, בעיקר, לחימום מים לצרכים ביתיים.

להלן מספר מונחים בסיסיים בתחום הטכנולוגיה הפוטו-וולטאית, המובאים כרקע למודל הכלכלי שיפורט בהמשך.

התא הפוטו-וולטאי הנפוץ ביותר בנוי משתי שכבות סיליקון (מוליך למחצה) אשר ביניהן מתקיימת תנועה של אלקטרונים חופשיים, כל עוד מקור האור זמין. המערכת בכללותה מורכבת מקולטים פוטו-וולטאים המחוברים ביניהם במודולים,⁴ מסוללה⁵ וממיר⁶ ההופך

4. מודולים הינם קבוצה של תאים פוטו-וולטאיים המחוברים ליחידה אחת, לרוב לאחר שסידרו אותם ביחד מתחת למשטח זכוכית. הם חסינים, עמידים ולא חדירים למים. לרוב, יצרני מודולים נותנים תקופת אחריות בת 20-25 שנה על ביצועי המודול. מקובל להשתמש גם במושג "פאנל סולרי".

5. הסוללה אוגרת את האנרגיה לשעות החושך. כיום, מיוצרות בעולם סוללות המתאימות במיוחד למערכות סולריות. על-מנת להגן על הסוללה מפני טעינת יתר או חוסר בטעינה, פעולות המובילות לקיצור חי המצבר או אף לקלקולו בטרם עת, מתווסף "בקר טעינה" המספק נתונים אודות מצב המערכת וכן "מונה" של כמות החשמל שיוצרה או נוצלה.

6. ממיר הינו מכשיר להמרת "זרם ישר", המופק ממערכת פוטו-וולטאית, ל"זרם חילופין" אשר מתאים לרשת החשמל הארצית. רכיב זה הינו חיוני לצורך חיבור המערכת הפוטו-וולטאית לרשת החשמל הארצית.

את הזרם הישר לזרם חליפין ובכך מאפשר אספקת חשמל ישירות לרשת החשמל. הספק תא פוטו-וולטאי נמדד ביחידות הנקראות וואט-שיא.⁷ ככלל אצבע, ניתן לומר, כי כ-10 מ"ר של תאים פוטו-וולטאיים בטכנולוגיית סיליקון מספקים 1 קילו-וואט שיא.⁸ לחברת החשמל קיים מונה ייעודי, המודד את כמות החשמל שמייצרת המערכת הסולרית. על סמך מדידה זו, מתבצע תשלום חודשי עבור כל קילו וואט שנוצר במערכת.

מחיר הטכנולוגיה, הנשענת על הסיליקון כחומר בסיסי, מושפע מהמחסור בסיליקון הגורם לעליה חדה במחירו. עליית מחירי הסיליקון דוחפת את התעשייה לשימוש בתאים מדור שני ושלישי הנשענים על טכנולוגיה שונה ("תאי שכבה דקה")⁹ הזולה יותר מטכנולוגיית הסיליקון.¹⁰ שימוש בטכנולוגיה זו, שתופס כיום 25% מהשוק הפוטו-וולטאי,¹¹ עשוי לצמצם את עלות הפקת האנרגיה וצפוי לכסות כשליש משוק המערכות במשך שלוש השנים הקרובות.¹²

תפוקת המתקן הפוטו-וולטאי היא פונקציה של מספר גורמים: כמות האור, אורך הגל, גובה הטמפרטורה וכיוון הצבתו של המתקן. הטמפרטורה האופטימלית לתפקודו של המתקן הינה 25°C. טמפרטורות גבוהות יותר, המאפיינות את הקיץ בישראל, מפחיתות את תפוקת המערכת.¹³ גם רוחות או שלג יכולים להשפיע על התפוקה של התא הסולרי.

איבוד תפוקה ייגרם גם כתוצאה ממיקום לא אופטימלי של מערכת התאים: זווית התקנתה; כיוונה במרחב; אי התאמה של מערכת ממיר הזרם ואף לכלוך ואבק על המערכת. הגברת התפוקה, לתפוקה מרבית, תלויה בעוצמת האור (כלומר, עוצמת האור מהווה יתרון והטמפרטורה - חיסרון).¹⁴

7. יחידת מידה זו נקבעת בתנאי אור במעבדה, המדמים עוצמת אור של 1000 וואט למ"ר ובטמפרטורה של 25°C.
8. ראו גם: יהודה גליקמן, **שאלות ותשובות בנושא ייצור חשמל מתאים פוטו-וולטאיים**, www.agrolan.co.il.
9. "Thin-Film Cell". מודולים פוטו-וולטאיים המבוססים על טכנולוגייה זו נבנים על-ידי שיקוע של שכבות דקות ביותר של חומרים הרגישים לאור על-גבי משטחים זולים, כמו: זכוכית, פלדת אל-חלד או פלסטיק. רובו של תחום זה נמצא עדיין בפיתוח, אולם נראה כי בעתיד הוא יהווה חלק גדול מהמערכות הפוטו-וולטאיות. הטכנולוגיה משתמשת בחומר הנקרא קדמיום טלוריד (Cadmium tellurid).
10. מכאן קבלו תאים אלו כינוי: "Low-cost photovoltaic cells".
11. REN21: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2010 Global Status report.
12. כיום הצורן (סיליקון) הגבישי (Crystalline silicon) עודנו הרכיב הראשי של מודולים פוטו-וולטאיים המיוצרים בעולם.
13. ראו גם: יהודה גליקמן, ה"ש 8 לעיל.
14. ייתכן מצב בו מותגים שונים של פאנלים פוטו-וולטאיים אשר נתנו תוצאות זהות בתנאי מעבדה, יפיקו אנרגיה בכמות שונה בתנאי השטח. הסיבה לכך נעוצה, בין היתר, בהתנהגות שונה של כל אחד מן הפאנלים תחת תנאי טמפרטורה או תנאי בידוד שונים, לדוגמה: פאנל בעל רמת אפקטיביות נמוכה יתחמם יותר מפאנל אחר, ובתנאי טמפרטורה גבוהה יותר יעילות ההמרה של הזרם תהיה נמוכה יותר. היחס בין עוצמת מקור האנרגיה לבין תפוקת ה- η נקרא יחס ההמרה (Capacity Factor), ראו גם: מסמך מדיניות משרד התשתיות לשילוב אנרגיות מתחדשות במערך ייצור החשמל בישראל, 14.2.2010 <http://www.mni.gov.il/NR/rdonlyres/D2E4FE39-80D6-4E05-AC44-E9C0BCDE5FEB/0/renewables.pdf>.

יתרונותיה של מערכת פוטו-וולטאית נובעים מהיותה אנרגיה נקייה ביחס לשיטות הפקת אנרגיה מבוססות פחם וגז; מזמינות בלתי מתכלה של השמש כמקור אנרגיה, המבטלת את התלות בחומרי הגלם האחרים, מקרינת קיץ ארוכה ומחסכון הנובע מכך שההשקעה המרכזית להקמת המערכת היא חד-פעמית תוך חסכון בעלות הובלת החשמל. יצוין, כי עלויות התחזוקה של המערכות מצומצמות יחסית.¹⁵

קיימים שני סוגי התקנים למערכות סולריות אלו: הראשון - הוא התקן מערכות "עוקבות".¹⁶ התקנים אלו מתכווננים מעצמם לקליטה אופטימלית של הקרינה וכך מגבירים את תפוקת המערכת בכ-20% בחורף ובכ-50% בקיץ. השני - התקן מערכות קבועות.¹⁷ התקנים אלו מחזיקים את המערכת הסולרית במקום בזווית ובשיפוע קבועים מראש.¹⁸

מתקנים פוטו-וולטאים בעולם

כמות המתקנים הפוטו-וולטאיים בארץ נמוכה יחסית בהשוואה למדינות מפותחות אחרות, כמו: איטליה, גרמניה, יפן וארה"ב. הפער מוסבר, בין היתר, בקשיים של רגולציה ותשתית.¹⁹ מדיניות הענקת תמריצים ביפן וארה"ב, המחזיקות כיום ב-89% ממערכות אלו ברמה העולמית, גרמה לגידול בביקוש בארצות אלו, לצמיחת התעשייה של אנרגיה סולרית ולירידת מחירים מתמשכת. ייצור תאים פוטו-וולטאיים בתעשייה העולמית צמח בקצב של 65% לשנה בין השנים 2004 ו-2009,²⁰ ובכך רושמת תעשייה זו את קצב הצמיחה הגדול ביותר בין תעשיות האנרגיה החלופית (ראו תרשים 1). שש המדינות המובילות בתחום הפוטו-וולטאי (גרמניה, ארה"ב, ספרד, יפן, איטליה וצפון קוריאה) מפיקות 89% לערך מהתפוקה העולמית, 7% נוספים לערך מופקים על-ידי מדינות אירופה האחרות ויתר מדינות העולם ובכללן ישראל - 4% לערך (ראו תרשים 2).

ארגון התקינה הבין-לאומי, IEC,²¹ קבע מספר תקנים ספציפיים בנושא המערכות הפוטו-וולטאיות. אימוץ התקנים ככלל, הינו וולונטרי, אך בעל משקל בתעשייה, שכן הוא מוביל לעליית ביקושים להתקנת מערכות אלו.

תקן IEC61215 מתייחס לעיצוב מערכות מבוססות טכנולוגיית סיליקון.

תקן IEC61646 מתייחס למערכות מבוססות טכנולוגיית השכבה הדקה (Thin Films).

תקן IEC61730 מתייחס לרכיבים האחרים של המערכת ובכלל זה לסוגיית הבטיחות.

-
15. בנייתו של התא הסולרי ממגנט אותו ממפגעים פיזיים, כגון: הובלה, התקנה ושימוש שוטף. הוא ממוקם מאחורי לוחות זכוכית ומוגן מפני תופעות של חלודה וקורוזיה העלולים לפגוע בחלקים המתכתיים.
 16. מכונים בספרות Trackers.
 17. מכונים בספרות Fixed Racks.
 18. בדרך-כלל בזווית 22-30 מעלות המופנית בישראל דרומה.
 19. ראו גם: לאון קרברסקי (2010) בכתובת: www.civileng.co.il.
 20. REN21: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2010 Global Status report.
 21. The International Electrotechnical Commission (IEC): a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees).

תקנים וחקיקה בישראל

מתקן פוטו-וולטאי נתפס בדרך כלל בקרב הציבור כ"מתקן ירוק". המונח "בנייה ירוקה" בהתאם לתקן הישראלי²² מוגדר כ"בנייה שפגיעתה בסביבה פחותה". לבנייה ירוקה שני מאפיינים מרכזיים: האחד, עוסק בצמצום ההשפעה של תהליך הבנייה על הסביבה (טווח קצר), והאחר עוסק בשילוב ההיבטים הסביבתיים בתהליך התכנון, הפיתוח, ההקמה והשימוש במבנה ("פיתוח בר קיימא").²³ מתוך תודעה זו, מנסים גופים שלטוניים לקדם ולהסדיר הקמת מתקנים פוטו-וולטאיים.

ב-1.7.2008, במסגרת השגת יעדי הממשלה לקידום ועידוד השימוש באנרגיה מתחדשת במשק החשמל הישראלי,²⁴ נכנס לתוקף הסדר של הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל - הנוגע לייצור חשמל לצריכה עצמית ולהעברת עודפים לרשת באמצעות מתקנים קטנים בטכנולוגיה פוטו-וולטאית. הסדר זה מיועד לצרכני חשמל בעלי מתקנים פוטו-וולטאיים המשמשים לצריכה עצמית בתעריף ביתי למגורים בלבד, בעלי מתקנים בהספק שלא יעלה על 15 קילו-וואט ועל צרכנים אחרים בעלי מתקנים בהספק שלא יעלה על 50 קילו-וואט (להלן: "מתקנים קטנים"). תנאי ההסדר האמור תקפים עד להשגת 50 מגה-וואט במצטבר, בפריסה ארצית או עד לסוף שנת 2014, המוקדם מביניהם, כאשר תעריפי רכישה עודפי החשמל משתנים מעת לעת.²⁵

בנוסף הוחלט, כי תינתן עדיפות למתקנים בטכנולוגיה פוטו-וולטאית ללא ריכוז (טכנולוגיה לריכוז קרינת השמש) וללא עקיבה (טכנולוגיה להתקן "עוקב" אחר מיקום השמש), עם הקצאה של לפחות 90% מנפח ההתקנות לטכנולוגיה זו.²⁶

במהלך 2010 גובש במשרד התשתיות מתווה להקצאה של מכסה נוספת עבור מתקנים סולריים עסקיים קטנים,²⁷ בהמשך למכסות הקיימות למתקנים פרטיים קטנים ובינוניים. בין היתר, הוחלט, כי עד שנת 2014 תותר התקנה של מתקנים אלה ללא הגבלה באזורי פריפריה במחיר מסובסד שתיקבע הרשות לחשמל. הרשות לחשמל מצדה מכינה מתווה למכסות חדשות למתקנים סולריים מסחריים קטנים, ללא חלוקה בין אזורי מרכז ופריפריה.

ב-26.12.10 אישרה הממשלה תכנית מתאר ארצית למתקנים פוטו-וולטאיים.²⁸ תכנית זו מאפשרת הקמת תאים פוטו-וולטאיים בהיתר, ביעודי קרקע שחלה עליהם תכנית

22. ת"י 5281, מאי 2006.

23. ראו בהרחבה: בועז ברזילי "בנייה ירוקה - השיקול הכלכלי", **מקרקעין** ח/4 (2009).

24. "הסדרה לייצור חשמל מבוזר לצריכה עצמית והעברת עודפים לרשת, באמצעות מתקנים קטנים בטכנולוגיה פוטו-וולטאית" **הרשות לשירותים ציבוריים חשמל** 1, 216 (2008) - www.pua.gov.il/448-1472-he/Electricity.aspx?pos=24

25. עומד כעת על 2.04 ש"ח לקוט"ש ויורד כל שנה ב-4% החל מינואר 2011 עד סיום המכסה או עד שנת 2015.

26. "הסדרה למתקני ייצור חשמל סולאריים הגדולים מ-50 קילוואט" **הרשות לשירותים ציבוריים חשמל** 2, 284 (2009).

27. מתקן סולרי קטן מוגדר כמתקן בעל תפוקה של 15 עד 50 קילוואט שיא.

28. להלן: "תמ"א 10/10".

מאושרת המאפשרת בינוי, אם התקיימו אחד מאלה: על גג מבנה או חזיתו - בהתאם לתכנית המפורטת שחלה ביחס לאותו מבנה, ואשר כבר קיבלה את אישור הוועדה לשמירה על קרקע חקלאית ושטחים פתוחים; ועל קרקע בשטח שייעודו בתכנית מפורטת אחסנה או מבני משק, תעשייה, מתקן הנדסי או חניון.

במקביל, משרד התשתיות פועל לקידום ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות בין בפרסום מכרזים, מיפוי קרקעות לאיתור אתרים זמינים ופיתוח תשתית קווי הולכה לקליטת חשמל המיוצר בטכנולוגיה זו, לבין בחינת תמריצים למחקר ופיתוח ובחינה של קביעת אזורי עדיפות לאומית (נגב וערבה) לשימושים אלו.²⁹

כיום, החקיקה אינה נותנת מענה לדרישות בטיחותיות ומבניות בתחום, לדוגמה: מתקנים מבוקשים על-גבי מבנים ישנים שהוקמו ללא היתר או ברמת פיקוח הנדסי הנדרש כיום (לולים/רפתות וכד') עלולים לגרום לכשל קונסטרוקטיבי. העומס המחושב אינו מביא בחשבון את עומסי הרוח על-פי תקן ישראלי 414, אלא על-פי תקן שהיה רלוונטי בעת הקמת המבנה עליו מבוקש המתקן. לכשל זה עלולה להיות השלכה קונסטרוקטיבית ללא חיזוקים מבניים.

בעיית העומס הזמני בזמן ההתקנה וגישה שוטפת למערכות - העומס המתוכנן, 15-18 ק"ג למ"ר, אינו מביא בחשבון את משקל האדם בעת הגישה למתקן. הצבת המתקנים מעל גגות פח או איסכורית עלולה ליצור קערים בגג ובמקרים קיצוניים התמוטטות. לעניין זה יצוין, כי ככל שתחזוקת המערכת תהיה יעילה יותר (לרבות שמירה על ניקיונה), מידת הנצילות של המערכת תהיה גבוהה יותר. ראוי שהיתר הבנייה במקרים אלו יתייחס גם לדרכי הגישה לגג/סולמות, נקודות עגינה וכדומה.

קורוזיה מואצת עלולה להווצר במתקנים המשמשים לבעלי חיים (רלוונטי בעיקר לרפתות) עקב חומציות (הנובעת מחלב ומהפרשות בעלי החיים). יש צורך בבידוד ובתחזוקה שוטפת לרבות הסדרת דרכי גישה המתחשבת בעומסים זמניים כאמור. חיבור בין פלדה או פח לבין אלומיניום (בין המתקן לגג המבנה עליו הוא מותקן) עלול לצור תא קורוזי. יש להסדיר, אם כן, תקני חיבור היוצרים הפרדה.

מכל האמור עולה, כי נכון לסוף שנת 2010, התקנים והחקיקה בישראל בחיתוליהם. הגופים השלטוניים שוקדים על בחינה, לימוד וגיבוש תמריצים לטכנולוגיה פוטו-וולטאית וכן על גיבוש קווים מנחים סטטוטוריים ולא סטטוטוריים. גיבוש המדיניות, לכשתושלם ותפורסם תתרום לוודאות בתחום ועמה, ניתן להניח, לעלייה בביקושים לטכנולוגיה זו.

²⁹ ראו: מסמך מדיניות משרד התשתיות לשילוב אנרגיות מתחדשות במערך ייצור החשמל בישראל, 14.2.2010, ה"ש 14 לעיל.

המסגרת הנורמטיבית תכנונית להיתר בנייה

מתקן פוטו-וולטאי מוגדר בתקנות התכנון והבנייה³⁰ כמערכת לייצור חשמל לצריכה עצמית והזרמת עודפים לרשת החשמל, הממירה ישירות אנרגיה סולרית לאנרגיה חשמלית. מכוח אותן התקנות ניתן לבקש היתר לעבודה מצומצמת על גגות מבנים קיימים, אשר נבנו על-פי היתר בנייה כדין וקיבלו טופס 4 במועד גמר בנייתם. בעניין הגדרת "עבודות מצומצמות", נקבעה בתקנות רשימת עבודות המהוות עבודה מצומצמת, אלא אם כן, הן משנות אלמנטים של שלד הבניין, או פוגעות במערכות הבניין או בבטיחותו. התקנת מתקן "פוטו-וולטאי" על גג מבנה קיים נכלל בהגדרה זו.³¹ יחד עם זאת, תקנה 3(ג) לתקנות הותירה שיקול דעת לוועדה המקומית:

"הוגשה בקשה להיתר להתקנת מתקן פוטו-וולטאי או לצורך ביצוע עבודות לשיפור הנגישות לבנין ובתוכו, ראשית הועדה לדרוש ממגיש הבקשה לערוך את בקשתו בהתאם להוראות תקנות הבניה, אם סברה, מנימוקים מיוחדים שיירשמו בכתב, כי בדיקת הבקשה מחייבת זאת: דרשה הועדה כאמור, יחולו על הבקשה תקנות הבניה."

הוועדה ראשית לדרוש ממגיש הבקשה להיתר לערוך את בקשתו בהתאם להוראות תקנות הבנייה ולצרף לבקשתו תכנית גג, חזיתות וחישובים סטטיים. הוועדה יכולה לדרוש גם מסמכים לעניין סינוור הנובע מהמתקן, לפי דרישת המהנדס.³²

בקשה להתקנת מתקן פוטו-וולטאי על גגות בניינים מוגדרת כבקשה להיתר ל"עבודה מצומצמת". בקטגוריה זו נכללות פעולות נוספות, כמו: התקנת אנטנה לטלוויזיה, התקנת מתקן הסקה בדירה והצבת קולטים ודוד שמש. מתוך הגדרת המתקן בתקנות, כמערכת לייצור חשמל לצריכה עצמית, דומה, כי בקשה להיתר לבנייה מצומצמת קשורה עם מתקנים פרטיים לצריכה עצמית ולא עם מתקנים מסחריים.

כאמור לעיל, במקרה של התקנת מתקן פוטו-וולטאי ראשית הוועדה, לדרוש ממגיש הבקשה להיתר לעבודה מצומצמת לערוך את בקשתו בהתאם להוראות תקנות התכנון והבנייה, אם סברה, מנימוקים מיוחדים שיירשמו בכתב, כי בדיקת הבקשה מחייבת זאת. במקרה זה, כאמור, יחולו על הבקשה תקנות התכנון והבנייה. כתנאי למתן ההיתר ראשית הוועדה לדרוש כי כאשר מדובר בהנחת מתקן על גג משופע, יונח המתקן בצמוד לגג, ככל הניתן ובכיוון השיפוע הגג. בגג שטוח תיתכן דרישה לפיה המתקן לא יבלוט ממעקה הגג.

בהתקנת מתקן פוטו-וולטאי על גג מבנה, יש להותיר מקום להתקנת כל המתקנים האחרים הנחוצים, לרבות מערכת סולרית לאספקת מים חמים כנדרש בתקנות. כמו כן, נדרש היתר

30. תקנות התכנון והבניה (היתר לעבודה מצומצמת), התשס"ג-2003 (להלן: "התקנות").

31. פירוט עבודות מס' (14).

32. תקנה 7(4) לתקנות קובעת: "לא יינתן היתר לעבודה מצומצמת אלא אם כן עשה מבקש ההיתר כל אלה: ... לבקשה להתקנת מתקן פוטו-וולטאי צירף תכנית גג, חזיתות, חישובים סטטיים ואישור בכתב של מהנדס חשמל בדבר התנאים להתקנת המיתקן הפוטו-וולטאי; ולפי דרישת המהנדס גם מסמכים לעניין סינוור הנובע מהמיתקן האמור".

ממשרד התשתיות. בהתחשב בכך שמשקל המערכת הוא כ-15 ק"ג למ"ר, יש להניח, כי במבנים קשיחים לא נדרשת בדיקת יציבות בגין התקנת המערכות ובכל מקרה, על הוועדה המקומית לשקול דרישה זו לגופו של עניין, בהתאם לסוג המבנה, גילו ומצבו הפיזי.

עד לאישור תמ"א 10/ד/10, היתר הבנייה הוסדר בתקנות התכנון והבנייה, כאשר תכנית בניין עיר קובעות את המסגרת הנורמטיבית להוצאתו. ההיתר יינתן על-סמך הוראות תכנית בניין עיר המכילה תוכן פרטני מספק להענקת ההיתר, תוך שמירה על הוראות סעיף 145 לחוק התכנון והבנייה. האפשרות להוציא היתר ללא תכנית מפורטת הינה בגדר חריג.³³

אופיו של מתקן פוטו-וולטאי ובמיוחד השפעתו המרחבית האפשרית וחיבורו למערכת תשתית מקומיות, אזוריות וארציות, מעניק לו אופי של מבנה מיוחד החורג מרשימת המבנים האחרים שברשימת העבודות המצומצמות (התקנת אנטנה לטלוויזיה, התקנת מתקן הסקה בדירה, הצבת קולטים ודוד שמש). לפיכך, להערכתנו, אישור מתקן פוטו-וולטאי צריך להינתן במסגרת של שימוש חורג רק אם אינו כלול במסגרת תמ"א 10/ד/10. יש לזכור כי אישור המתקן לשימוש חורג יוצר חבות בתשלום היטל השבחה, ככל שקיימת בנסיבות העניין, בהתאם למיקומו, אופיו ונתוניו.

לעניין אגרות בנייה, יצויין, כי תקנות התכנון והבנייה³⁴ קובעות אגרות להתקנת לוחות בטכנולוגיה פוטו-וולטאית המותקנים על הקרקע או על עמוד,³⁵ אולם אינן קובעות אגרות מיוחדות למתקנים פוטו-וולטאיים המותקנים על גבי מבנים קיימים, לרבות היטלי פיתוח וארנונה, דבר היוצר חוסר אחידות בגביית האגרות בין הוועדות השונות.

היבטים כלכליים

מטרת התקציר שלהלן הינה תחשיב טנטטיבי אפשרי לבחינת כדאיות הקמת מערכת סולרית פוטו-וולטאית בנפח הספק לשימוש פרטי ומסחרי מצומצם ולהתקנים מבוסס-סיליקון בישראל. הנתונים מותאמים לנתוני הרקע והסביבה המאפיינים את ישראל.³⁶ בין יתר הנתונים שהבאנו בחשבון, מצוי סקר³⁷ אשר בדק את ההספק השנתי של ייצור

33. ראו בהרחבה: פרק "רישוי והיתרי בנייה" בועז ברזילי, **תכנון ובינוי עירוני הלכות ויישומים** (מהדורה שמינית, 2011).

34. תקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות), התשס"ב-2002.

35. תקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות) (תיקון מס' 4), התשס"ו 2006, ק"ת 6512.

36. התחשיב מהווה קנה מידה כללי ואינו מהווה חוות דעת שמאית. הוא משקף את דעתו של הכותב בלבד ובכל מקרה יש לבחון את הכדאיות הכלכלית בהצבת מתקן פוטו-וולטאי לגופה.

37. פרופ' ד. פיימן, ד"ר ד. פוירמן, מדוד, פרופ' ע. זמל **מערכות פוטו-וולטאיות בערי ישראל** משרד התשתיות, אגף מ"פ (2000).

חשמל מתא פוטו-וולטאי של 1 קילו-וואט שיא לייצור זרם ישראל³⁸ ב-5 ערים בישראל.³⁹ האומדן מבוסס, בין היתר, גם על קווי המדיניות וההנחות המקורבות שלהלן:⁴⁰

מדיניות התחייבות לרכישת עודפי תפוקה מפרטיים על-ידי הרשות לתקופה קצובה וארוכה. השיטה מבוססת על הבטחת כדאיות כלכלית להפעלת טכנולוגיית אנרגיה חלופית.⁴¹

מדיניות מקלה במיסוי במסגרת זו הנחת פטור ממס הכנסה למערכת פרטית עד גודל של 4 קילוואט שיא.⁴² פחת מואץ למערכות סולריות עסקיות.⁴³

שימוש ביתי - על-פי אומדן מקורב, תא של 1 קילוואט שיא מייצר 1,642 קילוואט שעה חשמל בשנה.⁴⁴

מערכות בעלות הספק של 4-15 קילוואט שיא, הן בהסכם מחיר מובטח מראש על-ידי חברת החשמל של 2.04 ש"ח לקילוואט שעה⁴⁵ (קוטי"ש) לתקופה של 20 שנה. מחירה של המערכת שלעיל בגבולות של 120,000-150,000 ש"ח לערך.⁴⁶ סך זה במקורב כולל התקנה וחיבור למונה.

להלן תחשיב טנטטיבי למערכת פרטית בהספק של 15 קילוואט שיא:⁴⁷

מחיר המערכת כולל התקנה וחיבור למונה :	450,000 ש"ח
תפוקה שנתית: ⁴⁸	24,000 קוטי"ש לערך
הכנסה שנתית ממכירת חשמל:	48,960 ש"ח
תשואה גולמית:	10.88%

-
38. כפי שהוסבר לעיל, הזרם הישר (DC) מומר לזרם חילופין (AC) על-מנת לחברו לרשת החשמל ובתהליך זה יש הפסד נוסף.
39. חיפה, תל-אביב, ירושלים, באר-שבע ואילת.
40. התחשיב הינו להמחשה בלבד ולפיכך לא הובאו בחשבון נתונים נוספים, כמו: אורך חיי הממיר, הסוללה והמתקן; תחזוקתם השוטפת, לרבות ניקיונם, עלויות לחיזוק ו/או תחזוקת המבנה עליו מותקנת המערכת הנובעות מהתקנת המערכת וממשקלה, ארנונה וביטוח. כמו-כן לא הובאו בחשבון מע"מ ושינויים אפשריים בתקופת המערכת, אלו נגזרים בין היתר מאופן תחזוקתה ומשינויי מזג אוויר ואקלים. כמו כן, החישוב יכול להשתנות בין האזורים האקלימיים השונים.
41. מכונה "Fit" (feed in tariff).
42. סכום הפטור מוגבל עד לסכום של 18,000 ש"ח.
43. משרד התשתיות הלאומיות **מדיניות משרד התשתיות הלאומיות לשילוב אנרגיות מתחדשות במערך ייצור החשמל בישראל**, 27 (2010).
44. ראו: הי"ש 37 לעיל. ראו גם: יהודה גליקמן, הי"ש 8 לעיל.
45. יש לשים לב להבדל בין קילוואט לקוטי"ש. הראשון, מתייחס לקצב צריכת האנרגיה הרגעי שהוא ההספק של המכשיר. השני, מתייחס לכמות האנרגיה שנצרכה על-ידי המכשיר. לפיכך: נורה לא צורכת 60 וואט בשעה. היא צורכת כ-60 וואט-שעה במשך שעה (או לחילופין - 0.06 קוטי"ש).
46. הפער בעיקר בהספק המערכת (4-15 קילוואט שיא).
47. התחשיב נועד להמחשה בלבד. הוא אינו מגלם עלויות מימון ומניח הצמדת תקבולים.
48. על בסיס ערכים ממוצעים מקורבים, מתאים פחות או יותר לתפוקה הממוצעת בירושלים.

להלן תחשיב טנטטיבי למערכת מסחרית בהספק של 50 קילוואט שיא:⁴⁹

מחיר המערכת כולל התקנה וחיבור למונה: ⁵⁰	1,250,000 ש"ח
תפוקה שנתית: ⁵¹	80,000 קוואט"ש לערך
הכנסה שנתית ממכירת חשמל: ⁵²	124,000 ש"ח
תשואה גולמית:	9.92%

סיכום

למרות המאמצים של גופים שלטוניים לקדם תחום זה, החקיקה והמסגרת הנורמטיבית לאישור והקמה של מתקנים פוטו-וולטאיים נמצאת בישראל עדיין בחיתוליה. שיעור ניצול הטכנולוגיה הפוטו-וולטאית הינו מהנמוך בעולם המערבי, למרות מיקומה של ישראל ויתרונותיה האקלימיים והגיאוגרפיים. כאשר יישום הטכנולוגיה מועבר לציבור, תוך יצירת תמריצים כאלו או אחרים, דומה כי הבהרת והשלמת הרגולציה ופיתוח השיח הכלכלי, שיפתח מודעות לתחום, יסייעו להגדלת נפח השימוש בכלי זה בנוף הישראלי.

כל עוד לא הוסדרה והושלמה הרגולציה, נשען היתר הבנייה למתקנים פוטו-וולטאיים על תקנות התכנון והבנייה ועל המסגרת החקיקתית הנורמטיבית הקבועה בחוק התכנון והבנייה. המסגרת הקיימת היום מותירה שיקול דעת נרחב לוועדות המקומיות ולפיכך נוצר מצב של חוסר אחידות בין וועדות שונות בעניין הליכי האישור, הדרישות המקדמיות להיתר בנייה, אגרות, היטלים וכדומה.

לדעתנו, יש לאשר מתקנים שאינם כלולים בתמ"א 10/ד/10 במסגרת שימושים חורגים זמניים. לעניין זה, יש לבחון בכל מקרה לגופו את החבות בתשלום היטל ההשבחה.

להערכתנו, אופיו של המתקן הפוטו-וולטאי הקשור והמחובר לתשתיות מחוזיות וארציות וכן השפעתו המרחבית, חורגים מעבודות מצומצמות בהיתרי בנייה המפורטות בתקנות התכנון והבנייה. במסגרת הרגולציה המתהווה כיום, מומלץ לבחון קביעת הנחיות נפרדות למתקן זה, לעומת המתקנים הדורשים היתרים של עבודות מצומצמות.⁵³

דומה, כי ההפרדה הנהוגה כיום בין מתקנים פרטיים לבין מתקנים מסחריים, מקורה בחוסר תשומת לב של הרגולטור, שכן, מטרתו המוצהרת של המחוקק הייתה עידוד תופעת המתקנים הפוטו-וולטאיים. בכל מקרה, מומלץ לבחון פער זה. כמו-כן מומלץ לקבוע מדיניות אחידה ביחס לאגרות והיטלים למתקנים מסוג זה תוך הבחנה בנפח השימוש של המתקנים השונים.

49. התחשיב נועד להמחשה בלבד. הוא אינו מגלם עלויות מימון ומניח הצמדת תקבולים.
50. ככלל, ככל שהפרויקט גדול יותר, עלות ההשקעה הממוצעת ל-1 קילוואט שיא קטנה יותר.
51. על בסיס ערכים ממוצעים מקורבים, מתאים פחות או יותר לתפוקה הממוצעת בירושלים.
52. הובא בחשבון מחיר מובטח של 1.55 ש"ח לקו"ש.
53. דומה להבחנה המקובלת בין אנטנה סלולרית לאנטנת טלוויזיה.

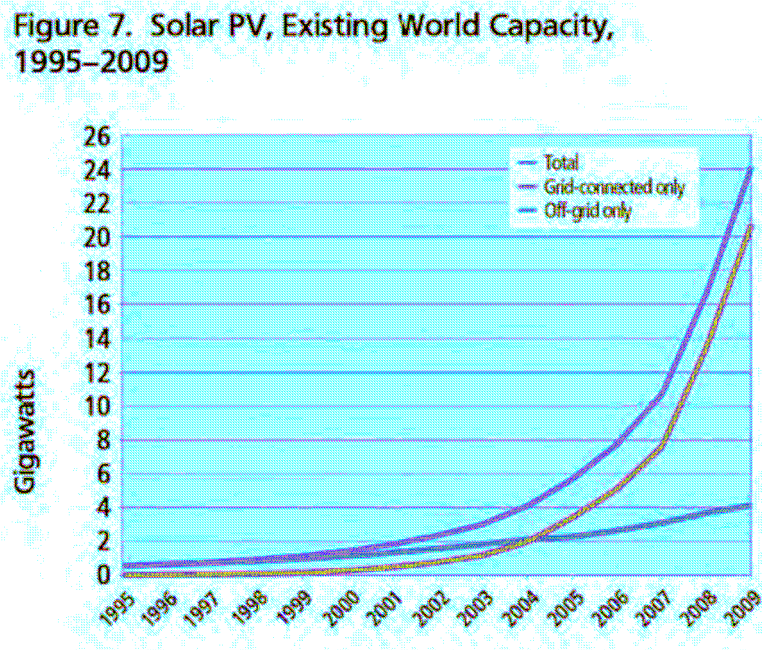
מבחינה כלכלית נדמה, כי הרגולטור יצר כלי בעל כדאיות כלכלית רבה: מדובר בכלי המניב תשואה גבוהה יחסית, בהשקעות בטוחות באופן יחסי לאורך תקופת ההתקשרות עם חברת החשמל וכן גם במידת הוודאות הגבוהה לגבי קבלת תמורה לאורך זמן. לצורך יצירת כדאיות כלכלית, נדרשים בין 200 ל-220 מ"ר לערך אשר מתוכם כ-50 מ"ר משמשים בדרך כלל לגישה ומתקנים משותפים אחרים. הדרישה לשטח זה מטילה ספק בכדאיות הכלכלית בהתקנת מתקנים פוטו-וולטאיים על גגות מבני מגורים.

להערכתנו, שימוש במתקן פוטו-וולטאי בקרקע חקלאית אינו מתיישב עם שימושיה של הקרקע החקלאית (המתקנים אינם דרושים במישרין לייצור או לעיבוד חקלאי כמוגדר בתוספת הראשונה לחוק התכנון והבנייה). על-כן, בקרקע חקלאית מוכרזת או שיעודה קבוע בתכנית מתאר ארצית ליעוד זה או לשטחים פתוחים, מומלץ לדרוש אישור של הוועדה לשמירה על קרקע חקלאית ושטחים פתוחים.

תרשים 1

הגידול בתפוקת תאים פוטו-וולטאים קיימים 1995-2009

(מתוך Renewables 2010: Global Status Report)



תרשים 2
חלוקת התפוקה העולמית

(מתוך Renewables 2010: Global Status Report)

Figure 8. Solar PV Existing Capacity, Top Six Countries, 2009

