

חן כהן

המחלקה לניהול ולמדיניות ציבורית,
אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

איתי דאבוש

המחלקה לניהול ולמדיניות ציבורית,
אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

ענת חלפון

המחלקה לניהול ולכלכלה,
האוניברסיטה הפתוחה

ציטוט מומלץ

כהן ח, דאבוש א וחלפון ע. 2023.
משחקים בחשמל – שימוש בתורת
המשחקים לקידום הקמת מערכות
סולאריות על גגות מבני דיור ציבורי
כמנוע לצמצום העוני האנרגטי
ולהגדלת הצדק החלוקתי. *אקולוגיה*
(1)14(1).



האם יש תועלת כלכלית וחברתית בהקמת מערכות סולאריות בדיור ציבורי? | אופיר פלוטקין, מתוך אתר פיקיוויקי, CC BY 2.5

משחקים בחשמל – שימוש בתורת המשחקים לקידום הקמת מערכות סולאריות על גגות מבני דיור ציבורי כמנוע לצמצום העוני האנרגטי ולהגדלת הצדק החלוקתי

14 במאי, 2023

[גיליון אביב 2023 / כרך 14\(1\)](#)

[בקצרה](#)

מדינת ישראל קבעה יעד לשימוש באנרגיות ממקורות מתחדשים בהיקף של כ-30% עד 2030. נכון למחצית הראשונה של שנת 2022 עמד שיעור ייצור האנרגיה ממקורות מתחדשים בישראל על כ-10.6%^[5]. הפוטנציאל להתקנת מערכות סולאריות בישראל על גבי מבנים ושטחים בנויים (כמו חניונים) עומד כיום על כ-18 ג'יגה-ואט. כלומר, ישנו די שטח פנוי על מבנים לייצר 46% מצריכת החשמל הכוללת במשק הישראלי כיום, ושליש ממנה משיך למבני מגורים^[3]. מבין סוגי מבני המגורים המשותפים, המחקר המוצג במאמר זה בחן **אם יש תועלת כלכלית וחברתית בהקמת מערכות סולאריות בדיור ציבורי**.

התיקון לחוק המקרקעין במדינת ישראל הוריד את ההסכמה הנדרשת להקמת מערכות סולאריות על כל שטח הגג מ-100% מבעלי הדירות במבנה ל-66% מהם^[1]. להקמת מערכת כזו עשויות להיות השפעות חיוביות על התושבים במבנה, למשל, הכנסותיהם יגדלו כי הם יקבלו תקבולים ממפעילי המערכות הסולאריות על השימוש בגג. ההתמקדות שלנו בדיור הציבורי נובעת, בין היתר, מהעובדה שרוב הדירות בדיור הציבורי הן בבעלות משרד השיכון, מה שמקנה למדינה שטח פוטנציאלי להקמת מערכות סולאריות בקלות יחסית. יתרה מכך, בישראל הדיור הציבורי מוקצה למשפחות נזקקות, לקשישים ולנכים^[3], כלומר לאוכלוסייה ממעמד חברתי-כלכלי נמוך, ועל כן פרויקט כזה עשוי לשפר את מצבן הכלכלי.

במחקר השתמשנו בשיטות מחקר איכותיות שכללו סקירת ספרות ו-15 ראיונות מובנים למחצה, ובשיטות כמותיות שכללו ניתוח כלכלי בשילוב כלים מתורת המשחקים. תורת המשחקים משתמשת במודלים מתמטיים כדי לחזות התנהגות של שחקנים רציונליים במצבים של קונפליקט או שיתוף פעולה. מחקרים מתחום תורת המשחקים משמשים לפתרון דילמות סביבתיות הנוגעות לעניין מתן תמריצים וקידום מדיניות סביבתית, כגון בנייה ירוקה^[7,8], ניהול פסולת ומחזור^[6,10], וכן ייעול השימוש באנרגיה^[9] המוצג במאמר זה.

במסגרת המחקר זוהו חמישה שחקנים רלוונטיים – שני שחקני מפתח: משרד הבינוי והשיכון ודיירי הדיוור הציבורי, ושלושה שחקנים תומכים: היזמים (מתקני המערכות), חברות האכלוס ומשרד הרווחה והביטחון החברתי. הניתוח נעשה עבור משחק סימולטני (החלטות כל השחקנים מתקבלות באותו זמן) וגם עבור משחק סדרתי (השחקן היחיד, שהוא משרד הבינוי והשיכון, בוחר אסטרטגיה, והשחקן המגיב, כלומר דיירי הדיוור הציבורי, בוחרים אסטרטגיה בהתאם).

מהראיונות עם נציגי משרד הבינוי והשיכון עלה שבשל אילוצי אסדרה, המודל היחיד שרלוונטי ללא תלות בפרמטרים הכלכליים הוא מודל ההשכרה. במודל זה משרד הבינוי והשיכון מציע ליזמים במרכז את הגגות, עלויות הקמת המערכות ותחזוקתן חלות על היזם, והוא מקבל את חלק הארי של ההכנסות תמורת תשלום לבעלי הדירות על השימוש בגג.



"הפרויקט מהווה גם מנוע חברתי לחלוקת הכנסות. ההכנסות מהמערכת, שיחזרו לתושבים ממעמד חברתי-כלכלי נמוך בפרמיה ישירה או עקיפה, יתרמו לקידום מעמדם החברתי ביחס לשיעור צריכת האנרגיה שלהם"

מתוצאות המחקר זיהינו שישה סיכויי ממש שהגברת התועלת החברתית תחזק את האמון ושיתוף הפעולה ותגביר את התועלת הכלכלית העקיפה לכלל השחקנים. התועלת הכלכלית יכולה להתבטא למשל בעלויות תחזוקה נמוכות יותר למבנים, בשמירת ערך של הציוד ובצריכת אנרגיה מופחתת על-ידי הדיירים הודות להגברת המודעות הסביבתית ולשיפור תנאי האקלים באמצעות איטום ובידוד הגגות. ממצאים אלה עולים בקנה אחד עם הספרות בנושא, שבחנה את צריכת האנרגיה בדיוור הציבורי באיטליה ובארה"ב לאחר שיפוץ ששיפר את אקלים המבנים, ומצאה ירידה בצריכת האנרגיה של התושבים.

ככל שהעשירון שהתושב משתייך אליו נמוך יותר, כך הוצאות האנרגיה שלו מהוות נתח גבוה יותר מההכנסה ברוטו. משקי בית שההוצאה הבסיסית שלהם על אנרגיה מהווה יותר מ-10% מהכנסות משק הבית מוגדרים כמשקי בית שסובלים מעוני אנרגטי^[2]. מהמחקר עולה כי כל העברה של 10% מהכנסות המערכות הסולאריות לדיירים שקולה בממוצע ל-4.6% מהוצאות האנרגיה הביתיות מתוך ההכנסה הגולמית של משק הבית. ולכן, כל הכנסה מהמערכת הסולארית שתועבר לדיירים לצורך מימון הוצאה של אנרגיה למשק הבית, תביא להפחתת העוני האנרגטי של הדיירים, כמתואר באיור 1.

איור 1. השפעת ההכנסות מהמערכת על שיעור ההוצאה של משק בית בעשירון התחתון על אנרגיה

הקו הכחול מתאר את ההשפעה של גובה שיעור ההכנסה על שיעור ההוצאה של משק הבית על אנרגיה. בחיצים השחורים מתואר החיסכון העקיף הממוצע הדרוש בהוצאות האנרגיה למשק בית שיגרום לדיירים להשתייך לעשירון גבוה יותר, מאחר שיקטין את שיעור הוצאות האנרגיה היחסי מסך ההכנסה ברוטו למשק בית. החיסכון תלוי בשיעור ההכנסה מתוך המערכת הסולארית ובחיסכון העקיף בהוצאות האנרגיה.

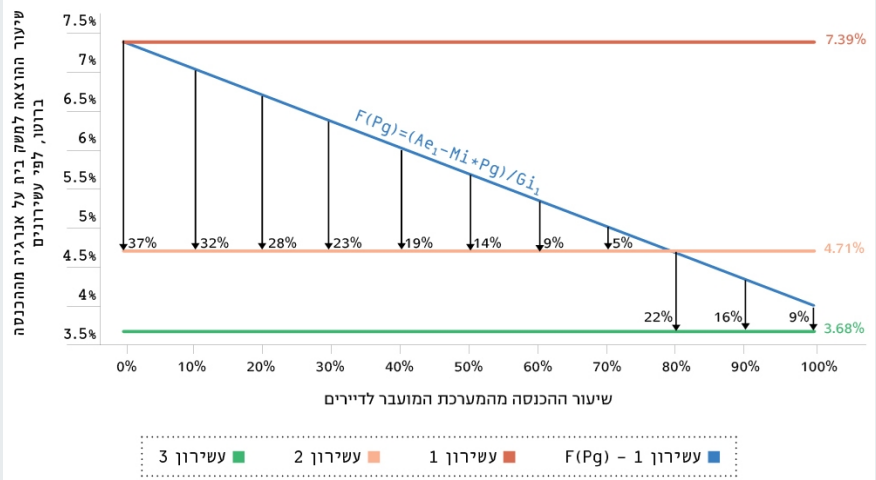
$F(Pg)$ - הפונקציה של שיעור הפרמיה לדיירים מהכנסות המערכת לדירה

d - עשירון

Ae_d - הוצאה ממוצעת לחשמל, גז ודלק לדירה, לפי עשירון (ש)

Mi - הכנסה חודשית ממוצעת לדירה ממערכת סולארית

Gi_d - הכנסה כספית ברוטו - סך הכול, לעשירון (ש)



איור 1

השפעת ההכנסות מהמערכת על שיעור ההוצאה של משק בית בעשירון התחתון על אנרגיה

הקו הכחול מתאר את ההשפעה של גובה שיעור ההכנסה על שיעור ההוצאה של משק הבית על אנרגיה. בחיצים השחורים מתואר החיסכון העקיף הממוצע הדרוש בהוצאות האנרגיה למשק בית שיגרום לדיירים להשתייך לעשירון גבוה יותר, מאחר שיקטין את שיעור הוצאות האנרגיה היחסי מסך ההכנסה ברוטו למשק בית. החיסכון תלוי בשיעור ההכנסה מתוך המערכת הסולארית ובחיסכון העקיף בהוצאות האנרגיה.

ורכנו ניתוח מקיף של ההשפעות הכלכליות הישירות והעקיפות מפרויקט זה על שכבות האוכלוסייה הרלוונטיות (עשירונים 1-3) [9]. מצאנו כי בעשירון השני והשלישי שיעור ההכנסה מהמערכת שיועבר לדיירים, יקדם אותם לשיעור נמוך יותר של הוצאה על אנרגיה, ויגביר את החוסן האנרגטי שלהם, צריך להיות נמוך יותר מזה של תושבים בעשירון התחתון. שיעור ההוצאה הממוצע של העשירון התחתון על אנרגיה עומד על 7.39% מההכנסה ברוטו. חלוקת הכנסות מהפרויקט בגובה של כ-30% תשאיר אותם בגבולות העשירון התחתון מבחינת שיעור ההוצאה על אנרגיה למשק בית. כדי לשפר את מצבם ולעלות לעשירון הבא (השני) יהיה צורך בחיסכון בהוצאות האנרגיה למשק בית (תועלת כלכלית וחברתית עקיפה) בשיעור של כ-22% (איור 1).

היבט נוסף בתוצאות המחקר הוא ביסוס קשרי האמון ושיתוף הפעולה בין כלל השחקנים לטובת קידום הפרויקט. לדיירים משקל משמעותי במשחק, מכיוון שללא שיתוף פעולה מצידם הפרויקט לא יוכל להצליח. מסקירת הספרות והראיונות ניכר כי ישנה בעיית אמון בין דיירי הדיור הציבורי ומשרד הבינוי והשיכון וחברות האכלוס, המשפיעה על שיתוף הפעולה של הדיירים, והדבר מנע בעבר הקמת פרויקטים דומים. מהמחקר עולה, ששיתוף ושיקוף התהליך לתושבים מרמת התכנון ועד לביצוע - בין היתר, באמצעות תהליכי ההסברה שיש לבצע לכל אורך הפרויקט ופעולות להגברת המעורבות של הדיירים - יעלו את התועלת ושיתוף הפעולה של הדיירים בפרויקט. ביסוס קשרי האמון ושיתוף הפעולה יובילו גם להפחתת הסיכונים הגלומים בפרויקט, כדוגמת הרס וגניבת ציוד, להגדלת כמות המבנים המשתתפים בפרויקט, להעלאת הפרמיה ולהגברת התועלת לכלל השחקנים.

מסקנות המחקר מצביעות על הכדאיות של קובעי המדיניות לקדם וליישם את הפרויקט, שכן ההשלכות הכלכליות, החברתיות והסביבתיות ממנו רחבות, ובפרט קידום יעדי השימוש באנרגיה ממקורות מתחדשים וקידום הצדק החלוקתי עבור הדיירים. יישום הפרויקט בידי גוף מדיני יביא לצמצום העוני האנרגטי של הדיירים בכל העשירונים, ואף עשוי לתרום לצמצום צריכת האנרגיה שלהם, כפי שהוצג במחקרים קודמים בנושא.

מסקנה חשובה נוספת היא שהפרויקט מהווה גם מנוע חברתי לחלוקת הכנסות. ההכנסות מהמערכת, שיחזרו לתושבים ממעמד חברתי-כלכלי נמוך בפרמיה ישירה או עקיפה, יתרמו לקידום מעמדם החברתי ביחס לשיעור

צריכת האנרגיה שלהם.

התוצאות ומסקנות המחקר, שניגש לנושא מזווית שונה מזו שבחנה את התחום עד כה, הובילו לכך שבימים אלה מקודם פיילוט מעשי להתקנת מערכות סולאריות על גגות הדיור הציבורי.

מקורות

1. הכנסת – מאגר החקיקה הלאומי. [חוק המקרקעין \(תיקון מס' 34\)](#), התשפ"א-2020.
2. זוסמן נ, אבירם-ניצן ד ושואף-קלביץ ה. 2021. [מעבר צודק לכלכלה דלת פחמן](#). המכון הישראלי לדמוקרטיה והמשרד להגנת הסביבה.
3. פרואקטור ג, גינות י, תמיר ע ואחרים. 2020. [הערכת פוטנציאל הייצור הסולארי במרחב הבנוי בישראל](#). המשרד להגנת הסביבה.
4. קופראק נ. 2019. [מערך הדיור הציבורי בישראל, נתונים ותנאי זכאות](#). הכנסת, מרכז המחקר והמידע.
5. רשות החשמל. 2021. [יעדי אנרגיה מתחדשת במשק החשמל – מחצית א' 2022](#).
6. Cohen C, Halfon E, and Schwartz M. 2021. Trust between municipality and residents: A game-theory model for municipal solid-waste recycling efficiency. *Waste Management* **127**: 30–36.
7. Cohen C, Pearlmutter D, and Schwartz M. 2017. A game theory-based assessment of the implementation of green building in Israel. *Building and Environment* **125**: 122–128.
8. Cohen C, Pearlmutter D, and Schwartz M., 2019. Promoting green building in Israel: A game theory-based analysis. *Building And Environment* **163**: 106227.
9. Dabush I, Cohen C, Pearlmutter D, et al. 2023. Economic and social utility of installing photovoltaic systems on affordable-housing rooftops: A model based on the game-theory approach. *Building and Environment* **228**: 109835.
10. Ghalekhondabi I and Maihami R. 2020. Sustainable municipal solid waste disposal supply chain analysis under price-sensitive demand: A game theory approach. *Waste Management and Research* **38**(3): 300–311.