



**חשמל במסלול הירוק - אנרגיה מתחדשת תומכת סביבה וטבע**

**כתיבה ועריכה: שירלי חכם יפרח, דרור בוימל**

חברי המערכת: דן אלון, אביב אלחסידי, אמיר בלבן, איתמר בן דוד, ערן בן-נון, דב גרינבלט, גיתית הרש, אסף זנזורי, שי טחנאי, שמוליק יידוב, רונה כהן-מורד, יעל לביא-אפרת, ניר פפאי, אלון רוטשילד, לירון שפירא.

עיצוב גרפי: מיטל מנחם, WE מיתוג ופרסום  
תמונת השער: האתר הסולארי באשלים | צילום: מידד גורן  
החברת הודפסה על נייר אקולוגי נטול עץ

העבודה נכתבה בסיוע אנשי גרינפיס ישראל, ובפרט ד"ר יונתן אייקנבאום, ועל כך מגיעה להם תודה מיוחדת. תודה מגיעה גם לרבים נוספים שתרמו מניסיונם והעירו הערות חשובות ומאירות עיניים.

החברה להגנת הטבע (ע"ר)  
אוקטובר 2017

4	1. תקציר מנהלים
6	2. מבוא
10	3. טכנולוגיות לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות
16	4. יעדי ייצור אנרגיה מתחדשת לשנים 2020 ו-2030
20	5. פוטנציאל ייצור חשמל סולארי מגגות
24	6. מדיניות וכלים למימוש הפוטנציאל
24	6.1 גיבוש מדיניות וקביעת יעדי ייצור
24	6.2 חיוב התקנת פאנלים סולאריים בחקיקה
25	6.3 שכלול וטיוב אסדרת "מונה נטו"
25	6.4 אסדרות נוספות לגגות סולאריים
25	6.5 עידוד יישום במגזרי גגות ייחודיים
27	6.6 מימון
27	6.7 מערך ליווי
28	6.8 פרסום וקמפיינים
28	6.9 שילוב פתרונות אגירה
32	7. סיכום
33	8. נספחים

## 1. תקציר מנהלים

בשנים האחרונות עובר משק החשמל בישראל תמורות רבות. ייצור החשמל בדרך המסורתית באמצעות שריפת פחם ודלקים נוזליים הולך ומצטמצם, ואת מקומו תופס השימוש בגז טבעי. בנוסף לכך, טכנולוגיות שונות לניצול אנרגיות מתחדשות מצטרפות למערך ייצור החשמל: על גגות מבנים מוצבים פאנלים סולאריים, מוקמים שדות סולאריים נרחבים על פני הקרקע, בעיקר בדרום הארץ, וטורבינות רוח נמצאות בהליכי תכנון והקמה.

מתוך מגוון האנרגיות המתחדשות בהן נעשה שימוש בעולם, הטכנולוגיות הרלוונטיות לישראל הינן ייצור חשמל מאנרגיית השמש (סולארי), הרוח (טורבינות רוח) וביוגז. לכל אמצעי שכזה יתרונות וחסרונות משלו, וכן קשיים ייחודיים למימוש בישראל. ביוגז מצריך זרם שוטף של פסולת אורגנית, אותו יש לשנע ממקומות מרוחקים וממוקדי ייצור רבים, וזאת לאחר תהליך מיון מורכב מתוך פסולת מעורבת. הצבת טורבינות רוח במקומות רבים בישראל, בהיותה ציר נדידה עולמי ובעלת חשיבות אקולוגית יוצאת דופן, משמעה קטל נרחב של עופות ועטלפים, רבים מהם בסכנת הכחדה. הקמת שדות סולאריים משמעם גריעת עשרות אלפי דונמים ממערך שטחים פתוחים מצומצם ממילא. אל מול אלו, ייצור חשמל סולארי על גגות משמעו ניצול שטח תפוס ממילא, חסכון בהקמת מערכות הולכת חשמל מהפריפריה אל מרכזי צריכת החשמל, וחלוקת התועלת הכלכלית מייצור החשמל בין יצרנים רבים.

עבודה זו ממליצה על עקרונות לשילוב ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות בדרך שתהיה המיטבית ביותר עבור הדור הנוכחי והדורות הבאים, תוך שמירה על ערכי הטבע והמגוון הביולוגי יוצאי הדופן ובעלי החשיבות העולמית של ישראל.

- לאור היתרונות, החסרונות והקשיים של הטכנולוגיות השונות שדו"ח זה סוקר, החברה להגנת הטבע סבורה כי:**
- יש לנצל את משאב הגגות ולפעול לייצור רחב היקף של אנרגיה סולארית במרחב הבנוי.**
  - יש לנצל את משאב הפסולת האורגנית לשם ייצור חשמל מביוגז תוך שמירה על איכות האוויר, המים והקרקע.**
  - הקמת טורבינות רוח תיעשה ככל שאין סיכון משמעותי לבעלי הכנף, בדגש על מינים בסכנת הכחדה ומיני דגל, וככל שאינן מייצרות מטרדים לתושבים. הפוטנציאל לכך מוגבל ביותר ובכל אופן אין להגדיל את המכסה הקיימת לטורבינות רוח.**
  - אין לאשר הקצאת קרקעות נוספות לאנרגיה סולארית.**

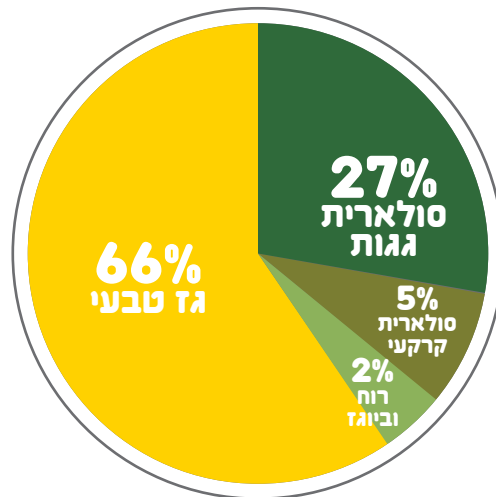
החלטות הממשלה מהשנים האחרונות קבעו יעדי ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות: עד שנת 2020 ושנת 2030 יש לייצר באמצעות אנרגיות מתחדשות לפחות 10% ו-17% מהחשמל, בהתאמה. בנוסף, יש להגיע ליעד של 17% התייעלות אנרגטית (צמצום צריכת חשמל) עד 2030. צריכת החשמל בישראל העומדת כיום על 67 TWH (טרה-וואט שעה), צפויה להגיע לכדי 72 TWH בשנת 2020, ולכדי 96 TWH בשנת 2030. אם יושג יעד התייעלות האנרגטית אזי צריכת החשמל בשנת 2030 צפויה לעמוד על כ-80 TWH.

על מנת לעמוד ביעד הממשלה לשילוב 17% אנרגיות מתחדשות עד שנת 2030, נדרשת תוספת ייצור של חשמל מאנרגיות מתחדשות. עד לשנת 2020 נדרשת תוספת בהיקף של 2.73 TWH, הניתנים לייצור במתקנים סולאריים בהספק מותקן כולל של כ-1,543 מ"ו. עד לשנת 2030 תידרש תוספת של מתקני ייצור חשמל, מעבר לתוספת הנדרשת עד לשנת 2020, שיספקו חשמל בהיקף נוסף של 3.8 TWH, הניתנים לייצור במתקנים סולאריים בהספק מותקן כולל של כ-2,146 מ"ו. בסך הכל מעבר למתקנים הקיימים כיום, או שבתהליכי תכנון, אישור או הקמה, או שצפויים לקום בנוסף לאלה עד לשנת 2030, יהיה צורך בתוספת ייצור של כ-6.53 TWH, הניתן לייצור במתקנים סולאריים בהספק מותקן כולל של כ-3,690 מ"ו.

**אימוץ תכנית על ידי הממשלה למיצוי פוטנציאל ייצור החשמל מאנרגיה סולארית על גגות יאפשר לייצר כשליש מצריכת החשמל בישראל באמצעות אנרגיות מתחדשות, וללא פגיעה בטבע ובמערכות האקולוגיות.**



## 2030 - תמהיל דלקים מומלץ



\*התחנות הפחמיות יישמרו לגיבוי

שני מחקרים אשר סקרו את שטח הגגות בישראל באמצעות מערכות מידע גיאוגרפיות (תוכנת GIS), והערכות נוספות שנעשו, מצאו כי ישנו די שטח גגות בכדי לספק את הנדרש לעמידה ביעד הממשלה לייצור 17% חשמל סולארי בשנת 2030 וכי **ניתן לייצר על גגות חשמל סולארי בהיקף של 16-21 TWh, שיהוו כ-25-20 מהחשמל בשנת 2030, ואף מעבר לכך. בתוספת המתקנים הקיימים, המאושרים ואלו בתהליכי אישור ואשר צפויים לקום עד שנת 2030, ניתן יהיה לייצר לפחות 27-34% מהחשמל מאנרגיות מתחדשות. לכן, מדיניות של עידוד הקמת גגות סולאריים תאפשר אף לקבוע יעדים שאפתניים יותר לאלו שנקבעו על ידי הממשלה.**

**על הממשלה וגורמים נוספים לפעול באופן נחרץ ועקבי על מנת לממש את הפוטנציאל לייצור חשמל מאנרגיה סולארית על גגות במרחב הבנוי. החברה להגנת הטבע מציגה בעבודה זו תכנית פעולה וקוראת לממשלה לאמצה על מנת לאפשר עמידה ביעד של 17% חשמל מאנרגיות מתחדשות בשנת 2030, ואף מעבר לו, וזאת ללא פגיעה בטבע ובמערכות האקולוגיות.**

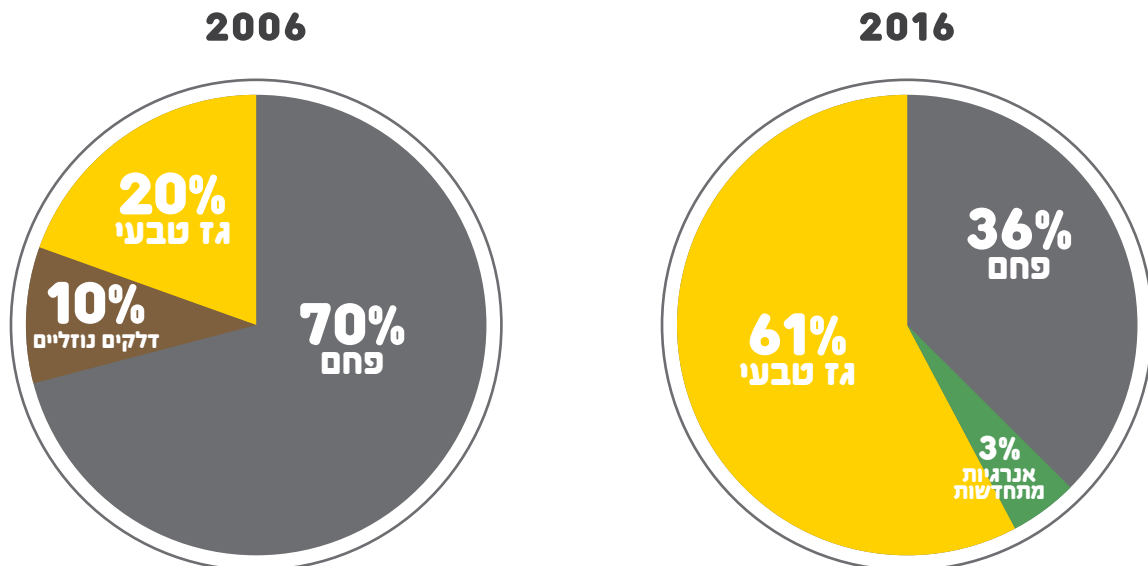
### תמצית ההמלצות

1. קבלת החלטת ממשלה שתקבע מדיניות וכלים להקמה נרחבת של גגות סולאריים בישראל.
2. קביעת יעד חיבור של 1,550 מ"ו גגות סולאריים עד לשנת 2020, ומכסה שנתית של לפחות 215 מ"ו גגות סולאריים עד לשנת 2030.
3. חיוב הצבת מערכות סולאריות בבניה חדשה בחקיקה.
4. שכלול וטיוב מכסת "מונה נטו", והוספת אסדרות נוספות מותאמות לגגות ללא הליך מכרזי תוך התחייבות לרכישת החשמל. את אלה צריך ללוות בהסרת חסמים שונים, ובהם צמצום הביקורים של חברת החשמל, הרחבת הפטור מהיתר בנייה, הרחבת הפטור מהיטל השבחה וקביעתו כקבוע ועוד.
5. עידוד ניצול הפוטנציאל במגזרי גגות ייחודיים ובהם רשויות מקומיות, נכסים ממשלתיים, דיור ציבורי ומבני מגורים משותפים. זאת לרבות באמצעות הסרת חסמים ייחודיים, העמדת מסלולי מימון, ביצוע מכרזים מרוכזים ופעולה ממשלתית מתואמת.
6. יצירת מתוו מימון שונים לרבות ערבויות מדינה, קרן ממשלתית, ביצוע מכרזים מרוכזים לגופים מממנים ועוד.
7. יצירת מערך ליווי שיסייע לבעלי הגגות לממש את פוטנציאל הגג שלהם לייצור אנרגיה סולארית.
8. ביצוע פרסום וקמפיינים על מנת להכיר לציבור את קיומן של האפשרויות לייצור חשמל מאנרגיה סולארית על גגות ולעודד אותו לעשות זאת וכן להעלאת מודעות בקרב גופים רלוונטיים כמו גופי תכנון ובקרב סוכני שינוי כגון אדריכלים.
9. לבסוף, בראיה צופת פני עתיד, יש לגבש מדיניות וכלים, לייצר תמריצים מתאימים, לשילוב מערכות אגירה שיסייעו להקים מערכות סולאריות על גגות בהיקפים גדולים.

## 2. מבוא

הגידול באוכלוסיית מדינת ישראל, העלייה ברמת החיים ואיתה העלייה בצריכת חשמל לנפש, צפויים להביא את ייצור החשמל השנתי בישראל מ-67 TWH בשנת 2016 לכ-96 TWH בשנת 2030, בתרחיש "עסקים כרגיל"<sup>2</sup>.

בשנת 2016 61% מייצור החשמל נעשה באמצעות גז טבעי, 36% באמצעות פחם והיתרה, 3%, באמצעות אנרגיות מתחדשות. נתונים אלה מבטאים שינוי דרמטי שהתרחש בסל הדלקים לחשמל בשנים האחרונות, כאשר רק לפני עשור, בשנת 2006, כ-70% מהחשמל יוצר בפחם, כ-10% בדלקים נוזליים (סולר ומזוט) ופחות מ-20% בגז טבעי. המספרים הללו מבטאים הפחתה דרמטית, גם אבסולוטית, בייצור בפחם מלמעלה מ-35 TWH בתחילת העשור הנוכחי לכ-24 TWH בשנת 2016<sup>3</sup>.



שינוי זה החל בין היתר מכיוון שייצור חשמל משריפת פחם ודלקים נוזליים פולט מזהמים רבים אשר גורמים לאבדות קשות בנפש ולהפסדים כלכליים למשק המדינה במיליארדי דולרים לשנה בשל מחלות הקשורות בזיהום אויר. המדיניות להפחתת השימוש בפחם ודלקים נוזליים ומעבר לשימוש בגז טבעי, באה לידי ביטוי גם בהחלטת שרי האנרגיה והגנת הסביבה לסגור את יחידות 1-4 בתחנת הכוח אורות רבין בשנת 2022. מעבר מייצור חשמל באמצעות פחם לייצור חשמל באמצעות גז טבעי משמעותו ירידה משמעותית בפליטת מזהמי האויר. הפחתת הפליטות בשל המעבר לגז טבעי משמעה גם הפחתת התרומה לשינויי האקלים, שכן בייצור חשמל בגז טבעי נפלטות כמחצית מפליטות הפחמן הדו-חמצני שנפלטות בהשוואה לפחם<sup>4</sup>.

שילוב אנרגיות מתחדשות בתמהיל הדלקים גם הוא תורם להפחתת פליטות מזהמים ומפחית את התרומה לשינויי אקלים. כמו כן, לאנרגיות מתחדשות יתרונות נוספים: הן מבוססות על משאבים שאינם מתכלים ותורמות לכלכלה המקומית ולעצמאות אנרגטית.

1. הערכת הרשות למצב משק החשמל - 2016, רשות החשמל, 2017. מתוך אתר רשות החשמל: pua.gov.il.  
 2. התכנית הלאומית להתייעלות אנרגטית להתייחסות עמדות הציבור, משרד האנרגיה, 2017.  
 3. הערכת הרשות למצב משק החשמל - 2016, רשות החשמל, 2017. מתוך אתר רשות החשמל: pua.gov.il.  
 4. הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות- המלצות הצוות הבין משרדי, המועצה הלאומית לכלכלה, 2013.

## מדיניות הממשלה בתחום האנרגיות המתחדשות

בעשור האחרון ממשלת ישראל החליטה לפעול להפחתת פליטות גזי חממה, בין היתר באמצעות קידום התייעלות אנרגטית והפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים. בשנת 2011, הוחלט על יעדים של ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות: 5%-10% מכלל ייצור החשמל בשנים 2014 ו-2020, בהתאמה<sup>5</sup>. בספטמבר 2015, כחלק מהיערכות הממשלה לדיונים בפריז על המאבק העולמי בשינויי האקלים, התקבלה החלטת ממשלה מס' 542, אשר הוסיפה על היעדים הקיימים יעד מינימאלי של 17% חשמל מאנרגיות מתחדשות עד שנת 2030. במסגרת החלטה זו קבעה הממשלה גם יעד להתייעלות אנרגטית (צמצום צריכת חשמל) של 17%, ובהחלטה 1403 משנת 2016 אישרה הכנת תכנית לאומית ליישום ההתייעלות אנרגטית ושבמסגרתה יקבעו הכלים השונים להשגת היעדים.

מדיניות משרד האנרגיה לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת מתבססת על מסמך המדיניות של המשרד משנת 2010, אשר קבעה כי ייצור 10% חשמל מאנרגיות מתחדשות בשנת 2020 צפוי להיות בעיקרו ממתקנים קרקעיים גדולים לייצור אנרגיה סולארית, טורבינות רוח וביו מאסה<sup>6</sup>. בהחלטת ממשלה 1403 משנת 2016 נקבע כי שר האנרגיה יכין תכנית עדכנית להשגת יעדי ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות לשנת 2030, אך זו טרם פורסמה.

עבודה זו מציגה את עקרונות החברה להגנת הטבע לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות בישראל, תוך ראייה ארוכת טווח המטמיעה את ערכי שמירת הטבע וניצול מושכל ואחראי של משאב הקרקע. דגש מרכזי ניתן לצורך בשילוב נרחב של גגות סולאריים ועל כן העבודה מציגה בסיס לגיבוש מדיניות ממשלתית וכלים לשילוב גגות סולאריים כחלק ממערך ייצור החשמל בישראל.

### מילון מונחים

- מגה-וואט; מ"ו; MW - יחידת הספק של מתקני ייצור חשמל. מבטאת את כמות החשמל שהמתקן יכול לייצר במשך שעת פעילות מלאה.
- קילו-וואט/שעה; קוט"ש; KWH - יחידת מידה לאנרגיה חשמלית. נהוג לעשות בה שימוש בהיקפי חשמל נמוכים, כדוגמת חשבון חשמל.
- טרה וואט/שעה; TWH - יחידת מידה לאנרגיה חשמלית. טרה-וואט/שעה שווה ערך למיליארד קילו-וואט/שעה. נהוג לעשות בה שימוש בהיקפי חשמל גדולים, כדוגמת היקף צריכת חשמל בכלל המשק.

5. החלטת ממשלה מס' 3484 מיום 17.7.2011.

6. מדיניות משרד התשתיות הלאומיות לשילוב אנרגיות מתחדשות במערך ייצור החשמל בישראל, משרד התשתיות הלאומיות, 2010.



פאנלים סולאריים על גג בית ספר בירושלים | צילום: דב גרינבלט





טורבינות רוח ברמת סירין שבצפון | צילום: דב גרינבלט

### 3. טכנולוגיות לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות

בעולם ישנן טכנולוגיות שונות לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות. בישראל, החלופות העיקריות הרלוונטיות הינן אנרגיית שמש, אנרגיית רוח, ובהיקף מצומצם, גם הפקת חשמל מפסולת אורגנית. להלן סקירה של הטכנולוגיות השונות, על יתרונותיהן, חסרונותיהן וקשיי היישום בישראל.

#### טורבינות רוח

טורבינות רוח הן אחד האמצעים העיקריים שמשמשים כיום בעולם לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת, ובשנת 2016 סיפקו כ-5% מצריכת החשמל בעולם<sup>7</sup>. גם בישראל יש פוטנציאל לייצור חשמל מאנרגיית הרוח אך הוא מוגבל בהיקפו.

#### היתרונות בהפקת חשמל מרוח:

1. טכנולוגיה מוכחת כלכלית והנדסית.
2. ייצור חשמל באמצעות טורבינות הרוח אינו פולט מזהמים וגזי חממה.
3. טורבינות רוח מנצלות מקור בלתי מתכלה, זמין וללא עלות.
4. טורבינות רוח יעילות מבחינת צריכת שטח ומאפשרות שימושים נוספים בין הטורבינות.
5. טורבינות רוח מייצרות חשמל בשעות בהן מתקני ייצור חשמל סולארי אינם פועלים.

#### החסרונות בהפקת חשמל מרוח:

1. הפקת החשמל תלויה בעצמת הרוח, ולכן ייצור החשמל אינו רציף וסדיר.
2. גודלן של טורבינות הרוח והקמתן באזורים כפריים או טבעיים משפיעות מהותית על הנוף ומשנות אותו.
3. יצירת מטרדים לאוכלוסייה כגון ריצוד, רעש ואינפרא-סאונד וישנם חששות שאלו אף עשויים להשפיע על הבריאות.
4. טורבינות רוח מוכרות כקוטלות בעלי כנף.

#### קשיים בהקמת טורבינות רוח בישראל:

- הקמת טורבינות רוח הינה מלאכה מורכבת המצריכה התחשבות בפרמטרים רבים<sup>8</sup>, המקשים על היישום בישראל:
1. על האתר להיות בעל פוטנציאל לרוח ו"איכות" רוח מתאימים. בישראל לא מצויים אתרים רבים כאלה.
  2. בשל היותה של ישראל מדינה צפופה וממועטת שטחים פתוחים עולה קושי לאתר שטחים מרוחקים משימושים רגישים לטורבינות רוח, במיוחד אזורים מרוחקים מיישובים ואתרים רגישים אקולוגית.
  3. טורבינות רוח עלולות ליצור הפרעה לכלי טיס ולמכשירי מכ"מ, וישנה התנגדות של משרד הביטחון למיקומים שונים, כמו גם דרישה להתקנת מערכות בעלויות גבוהות.
  4. מדינת ישראל ממוקמת כגשר בין היבשות אפריקה ואסיה ואירופה, ונתברכה במגוון של מאות בעלי כנף- ציפורים ועטלפים, ובנתיב נדידה ראשי של מאות מיליוני ציפורים. טורבינות רוח באזורים רבים בישראל יובילו לפגיעות קשות בציפורים נודדות או בעלי כנף בסכנת הכחדה.
  5. הקמת טורבינות רוח כרוכה בהליכי תכנון ארוכים וצורך בתיאומים עם גופים רבים ובהם משרד הביטחון, שירותי הכבאות, משרד הגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים. כמו כן, התכניות מעוררות התנגדויות רבות שגם הן מקשות על הקמתן.
  6. אתרי טורבינות רוח מצויים באזורים מרוחקים במחוזות צפון ודרום<sup>9</sup> ומצריכים הרחבה ופריצת דרכים והקמת קווי מתח ארוכים לאזורי הצריכה. לדוגמה קו המתח לטורבינות בגולן ייפרש לאורך 25 קילומטרים, כולל באזור עמק החולה הרגיש סביבית, בעלות של כ-180 מיליון ש"ח<sup>10</sup>. ועדת קנדל העריכה את תוספת העלות לקוט"ש מיוצר מאנרגיה מתחדשת בשל הקמת מערכות הולכה בכ-0.01 ש"ח (אגורה), והיקף איבודי החשמל במערכת ההולכה הוערכה ב-6% מהיקף האנרגיה המיוצרת<sup>11</sup>. יתרה מכך, תשתיות ההולכה מתוכננות כך שיוכלו להעביר את האנרגיה המיוצרת בשעת שיא הייצור, ולאור התנדויות בייצור החשמל מהרוח, הן ישארו לא מנוצלות שעות רבות ביממה.

7. איגוד אנרגיית הרוח העולמי, אתר: [www.wwindea.org](http://www.wwindea.org).

8. המלצות הצוות הבינמשרדי לבחינת תאי שטח בעלי פוטנציאל להקמת חוות טורבינות רוח גדולות- המלצות הצוות למועצה הארצית לתכנון ובניה, סיכום שלב א, 2014.

9. המלצות הצוות הבינמשרדי לבחינת תאי שטח בעלי פוטנציאל להקמת חוות טורבינות רוח גדולות- המלצות הצוות למועצה הארצית לתכנון ובניה, סיכום שלב א, 2014.

10. מסמכי רקע לתכנית תשתית לאומית תת"ל 62 קו מתח עליון חולה- צומת בראון. באתר: <http://mavat.moin.gov.il>.

11. הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות- המלצות הצוות הבין משרדי, המועצה הלאומית לכלכלה, 2013.

**ביוגז<sup>12,13</sup>**

הפסולת האורגנית בישראל מסתכמת בכ-8 מיליון טון בשנה, וטומנת בחובה פוטנציאל לייצור חשמל. אחד האמצעים הכדאיים לניצול הפסולת כמקור של אנרגיה מתחדשת הינו ייצור חשמל באמצעות ביוגז שמקורו, בעיקר, בעיכול אנאירובי של פסולת אורגנית. בנוסף, ישנם מתקני איסוף מתאן (ביוגז) במטמנות אשר מאפשרות לנצל לייצור חשמל.

**היתרונות בהפקת חשמל מביוגז:**

1. צמצום כמות האשפה והצורך בהטמנתה, וחסכון בעלויות הטמנה ובקרקע הנדרשת להטמנה.
2. ניצול משאב זמין ומקומי.
3. צמצום פליטת מתאן (g) חממה חזק פי כמה מפחמן דו-חמצני).
4. מאפשר ייצור רציף ויציב.

**החסרונות בהפקת חשמל מביוגז:**

1. טכנולוגיה יקרה יחסית לאלטרנטיבות הקיימות.
2. זמינות שוטפת של פסולת והפעלת מתקן הייצור באופן רציף, הכרחיים לכלכליות הפרויקט.
3. איסוף הפסולת ושינועה ממוקדים שונים מהווים קושי לוגיסטי כלכלי ותברואתי.
4. בתהליך הטיפול בפסולת והכנתה להפקת החשמל לעתים מופיעים מפגעים סביבתיים הדורשים טיפול כגון מטרדי ריח, וזיהום מים וקרקע.
5. התנגדויות תושבים להקמת מתקנים עשויות להוביל להרחקת מתקנים לשטחים פתוחים או למנוע את הקמתם כליל.

**קשיים בהקמת מתקנים לייצור חשמל מביוגז בישראל:**

1. במשרד להגנת הסביבה מעריכים כי הפוטנציאל לייצור חשמל מביוגז בתרחיש מקסימלי הינו כ-70 מ"ו בלבד. לאור זאת החלטת ממשלה 2117 משנת 2014 גרעה ממכסת ייצור החשמל מביוגז וגם מכסה מצומצמת זו מנוצלת באופן חלקי בלבד של כ-13%<sup>14</sup>.
2. הליכי אישור ותכנון יקרים וארוכים, עמידה בתנאי המשרד להגנת הסביבה, וגופים אחרים, וקשיים במציאת אתר מתאים.
3. המודל הכלכלי להקמת מתקנים אינו יציב לאור הסיכונים הכרוכים בהקמת המתקנים והליכי התכנון הארוכים.

**ייצור חשמל מאנרגיית שמש**

ישראל התברכה בקרינת שמש גבוהה, ובעלת פוטנציאל גדול לייצור חשמל מאנרגיה סולארית. עיקר ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות כיום בישראל מופק מאנרגיית השמש<sup>15</sup>. ישנן שתי משפחות עיקריות של טכנולוגיות לייצור חשמל מאנרגיית השמש - תרמו-סולארית ופוטו-וולטאית. אנו נתמקד בטכנולוגיה הפוטו-וולטאית<sup>16</sup> (להלן גם סולארי).

**היתרונות בהפקת חשמל מאנרגיה סולארית:**

1. ייצור נקי מפליטות מזהמים וגזי חממה.
2. ניתן להקים מתקנים בגדלים שונים, החל ממתקנים קטנים על גגות ועד חוות על אלפי דונמים.
3. מעודדת פיתוח טכנולוגיות מקומיות ומספקת תעסוקה מקומית.
4. מחירה נמוך באופן יחסי והינה בעלת כדאיות כלכלית גבוהה.

12. הפקת אנרגיה מפסולת ביומאסה: תקצירי מחקרים ותובנות, המשרד להגנת הסביבה, 2014.  
 13. שיפור מערך הפקת האנרגיה מפסולת אורגנית בישראל, דניאל מדר, אקולוגיה וסביבה, 2015, 6 (3).  
 14. דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2016, רשות החשמל.  
 15. הערכת הרשות למצב משק החשמל - 2016, רשות החשמל, 2017. מתוך אתר רשות החשמל: pua.gov.il.  
 16. הטכנולוגיות התרמו-סולאריות לייצור חשמל, על אף יתרונותיהן השונים, נחותות משמעותית מבחינה כלכלית ולכן בעתיד הנראה לעין לא נראה שהן רלוונטיות לתמהיל האנרגיות המתחדשות, וכראיה היקף ההתקנות שלהן בעולם דועך.

**החסרונות בהפקת חשמל מאנרגיה סולארית:**

1. נדרש שטח רב לייצור חשמל בהיקף משמעותי.
2. ייצור החשמל אפשרי בשעות השמש בלבד. יצוין כי על מנת לגשר על הפער בין ייצור החשמל בשעות השמש לצריכה בשעות החשיכה מפותחים פתרונות אגירת אנרגיה.

**ייצור חשמל מאנרגיית שמש - שדות סולאריים**

שדות סולאריים הינם אתרים לייצור חשמל מאנרגיה סולארית באופן מרוכז המוקמים על חטיבות קרקע נרחבות.

**היתרונות בהפקת חשמל בשדות סולאריים:**

1. ייצור חשמל בהיקף גדול יחסית במתקן בודד.
2. עלויות הקמה ותחזוקה נמוכות יחסית לגגות בשל יתרון לגודל.
3. תחזוקה פשוטה.
4. ניהול מערכת פשוט.

**החסרונות בהפקת חשמל בשדות סולאריים:**

1. צריכת שטחים בהיקפים גדולים. למגה-וואט מותקן בודד דרושים לפחות 10 דונמים של קרקע- פי עשרות ואף מאות בהשוואה לייצור חשמל מגז טבעי.
2. שטחים גדולים לאנרגיה סולארית מצויים באזורים מרוחקים ומצריכים פריסת תשתיות הולכה להובלת החשמל לאזורי הצריכה, בעלויות סביבתיות וכספיות גבוהות (ראה התייחסות תחת טורבינות רוח לעיל). תשתיות אלה מתוכננות כך שיוכלו להעביר את האנרגיה המיוצרת בשיא הייצור, ולאור התנדטיות בייצור החשמל מהשמש, הן ישארו לא מנוצלות שעות רבות ביממה.
3. פגיעה קשה בחי ובצומח ובמערכות אקולוגיות כתוצאה מגריעת שטחי מחיה, עבודות עפר נרחבות ושינוי פני השטח ומשטר הניקוז.
4. עננות שחולפת בשמי מתקן סולארי קרקעי גדול פוגעת בהספק ייצור חשמל משמעותי.

**קשיים בהקמת שדות סולאריים בישראל:**

1. על מנת להקים את ההספק הנדרש של אנרגיות מתחדשות עד לשנת 2030 באמצעות שדות סולאריים, תידרש הקצאת שטחים פתוחים נוספת בהיקף של יותר כ-45,000 דונם לכל הפחות<sup>17</sup>, זאת מעבר לכ-40,000 דונמים שהוקצו עד היום. שטחה של העיר תל אביב, לשם המחשה הוא כ-50,000 דונמים. היעדר עמידה ביעדי התייעלות או מימוש נמוך במיוחד של אנרגיית רוח יצריכו הקצאה נרחבת יותר של קרקעות.
2. משאב הקרקע מצוי במחסור בישראל והוא נדרש לשימושים רבים המתחרים עליו, בהם פיתוח עירוני, חקלאות וגידול מזון, שטחי אש ושימושים צבאיים, שמירת עתודות קרקע לדורות הבאים ושימור המגוון הביולוגי והבטחת שירותי המערכת הנדרשים לבני האדם.
3. רשתות ההולכה מגיעות לרוויה באזורים בעלי תכניות או יוזמות להקמת שדות סולאריים וכמעט ובלתי ניתן לחבר אליהן מתקני ייצור נוספים.

## ייצור חשמל מאנרגיית שמש – גגות סולאריים

המדיניות התכנונית הארצית רואה חשיבות רבה להקמת גגות סולאריים לאור יתרונותיהם. מדיניות זו באה לידי ביטוי במסגרת תכנית המתאר הארצית למתקנים פוטו-וולטאיים תמ"א 10/ת/10 אשר נקבע בה כי הקמת מתקנים על גגות נמצאת בראש סדר העדיפויות לייצור חשמל מאנרגיית שמש.

### היתרונות בהפקת חשמל מאנרגיה סולארית במתקנים על גגות:

1. ייצור חשמל סולארי ללא הקצאת קרקע נוספת.
2. תועלת כלכלית בשל חסכון בהקמת קווי הולכה ובאיבודי חשמל. התועלת הכלכלית של גגות סולאריים הוערכה על ידי ועדת קנדל והוצע לתת בגינה פרמיה של כ-3.5 אגורות לכל קוט"ש מיוצר<sup>18</sup>. הערכות מדברות אף על תועלת גבוהה יותר.
3. תורם להצללה על גגות המבנים ובכך להפחתת צריכת האנרגיה של המבנה. קירוי חניונים תורם להצללת המרחב הציבורי והפחתת אי החום העירוני.
4. תורם לצדק חלוקתי בשל חלוקת רווחים למספר רב של בעלי גגות, בעוד מתקנים בינוניים וגדולים מוחזקים על ידי מספר מצומצם של יזמים, חברות ובעלי זיקה לקרקע. לפי מחקרו של גל שופרוני, ביישום מלא של גגות סולאריים בישראל יקטן מדד אי השוויון בישראל (גייני) בכ-2%. עוד מצא כי מערכת ממוצעת למשפחה בישראל תחסוך לאורך תקופת חייה כ-32,000 ש"ח<sup>19</sup>. בהערכות עדכניות יותר שעלו בשיחות עם מומחים בתחום עולה כי גובה החיסכון גבוה יותר. בפרט כאשר מדובר על בתים פרטיים שבהם החיסכון אף עשוי לעלות על 100 אלף ש"ח.
5. חיסכון לקופה הציבורית כאשר רשויות מקומיות, משרדי ממשלה וחברות ממשלתיות מנצלות שטחי גגות ומתקנים להקמת מערכות סולאריות.
6. ייצור חשמל במקומות הצריכה מקטין את התלות של הצרכנים במערכות ייצור מרוכזות ומרוחקות, ובמערכות הולכה וחלוקה שעשויות להיפגע ממשלים שמקורם באירועים ביטחוניים, אסונות טבע או אירועי מזג אוויר קיצוניים. ייצור חשמל סולארי באופן מבוזר ברחבי הארץ יקטין את הפגיעה המישיקית מאירועים כאלו, יגביר את היציבות ואף עשוי להקטין את הצורך בהקמת תחנות כוח קונבנציונליות לגיבוי.
7. מתקנים על גגות מתאפיינים בהליכי תכנון והקמה פשוטים ומהירים ולכן בעלי יתרון מובהק בתקופות בהן נדרשת הגדלת ההספק המותקן במהרה, בין אם בשל רזרבת חשמל נמוכה או בין אם על מנת לעמוד ביעדים לשילוב אנרגיה מתחדשת.
8. שילוב מתקנים על גגות צרכנים מגביר את מודעות הציבור לצריכת אנרגיה חכמה יותר ומעבר לשיטות ניהול מתקדמות לשם הסטת ביקושים לשעות שפל וחיסכון באנרגיה.
9. הקמה על גג באתרי הצריכה במסגרת אסדרת "מונה נטו"<sup>20</sup> אינה מעמיסה עלויות על המשק/ צרכני החשמל.

### החסרונות בהפקת חשמל מאנרגיה סולארית במתקנים על גגות:

1. עלות קוט"ש מיוצר גבוהה ביחס למתקנים בינוניים וגדולים, בעיקר בשל עלויות עסקה.
2. לא כל הגגות או שטחים זמינים להקמת מערכות סולאריות בשל שימושים אחרים. מפנה הגג, והצללות מבניינים ועצים סמוכים פוגעים גם הם באפשרות לייצר חשמל. כמו כן, חוסר ודאות בדבר הפיתוח העירוני בסביבת המבנים, הקמת מבנים סמוכים או הגבתם עשויים לגרום בעתיד להצללה ולפגוע בתפקוד המערכת.
3. קידום תהליכי התחדשות עירוניים עשוי למנוע או לעכב הקמת מערכות סולאריות על גגות, ולהיפך, הקמת מערכות סולאריות תוך השקעות גדולות עשויה למנוע תהליכי התחדשות.

18. הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות- המלצות הצוות הבין משרדי, המועצה הלאומית לכלכלה, 2013.  
 19. Toward a solar rooftop reform: how Israel's residential photovoltaic potential can upscale the economy, עבודת תזה לתואר מוסמך באוניברסיטה העברית, גל שופרוני, 2014.  
 20. "מונה נטו" זו אסדרה של רשות החשמל להקמת מערכות לייצור חשמל מאנרגיה סולארית באתרי הצריכה, אשר עיקרה קובע כי היצרן אינו מקבל תשלום עבור החשמל, אלא מתקזז אל מול צריכת החשמל שלו.

### עקרונות רצויים לשילוב אנרגיות מתחדשות בישראל

ישראל הינה מדינה צפופה וממועטת בשטחים פתוחים, וצפויה להיות המדינה הצפופה במערב. לצד זאת, בישראל מגוון ביולוגי רב ואיכותי, ושטחה של ישראל נכלל במסגרת 2% משטחי היבשות שנמצאו כחשובים ביותר למגוון הביולוגי בעולם<sup>21</sup>. לכן יש להקפיד על הטמעת טכנולוגיות אשר חוסכות בקרקע ואינן פוגעות בבע"ח, תוך שמירה על שטחים פתוחים גדולים, רציפים ואיכותיים ככל הניתן. השמירה על פיתוח חסכוני בקרקע מתחייב גם על מנת לאפשר לדורות הבאים לספק את צרכיהם. החברה להגנת הטבע סבורה כי:

1. יש להפנות את עיקר המאמצים ליישום רחב היקף של אנרגיה סולארית במרחב הבנוי. ככל שמשאב הגגות ינוצל בהיקף רב יותר כך ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות יהיה סביבתי יותר.
2. יש לנצל את משאב הפסולת האורגנית לשם ייצור חשמל מביוגז תוך שמירה על איכות הסביבה.
3. הקמת טורבינות רוח תיעשה באתרים מתאימים מבחינת פוטנציאל הרוח ככל שאינם מסכנים את בעלי הכנף, בדגש על מינים בסכנת הכחדה ומיני דגל, וככל שאינם מייצרים מטרדים לתושבים או פוגעים בפיתוחם של יישובים קיימים. ההערכה היא כי הפוטנציאל מוגבל ביותר, וישנו ספק בדבר יכולת מיצוי המכסה הקיימת. לאור זאת אין להגדיל את מכסת הרוח.
4. אין לאשר הקצאת שטחים קרקעיים נוספים לאנרגיה סולארית. בפרט, אין להקצות קרקעות למתקנים סולאריים במחוזות ירושלים, מרכז, תל אביב, חיפה וצפון.

21. Biodiversity hotspots for conservation priorities, Myers, R. Mittermeier, C. Mittermeier, A. B. da Fonseca & Kent, Nature, VOL 403, 24.2.2000, 853



פאנלים סולאריים על גג אצטדיון טדי בירושלים | צילום: דב גרינבלט

## 4. יעדי ייצור אנרגיה מתחדשת לשנים 2020 ו-2030

### שנת 2020

רשות החשמל מעריכה כי היקף ייצור החשמל שיידרש בשנת 2020 יעמוד על כ-72 TWH<sup>22</sup>. תחזית זו נמוכה יותר משצפתה התכנית להתייעלות אנרגטית משנת 2010, בתרחיש עסקים כרגיל לשנת 2020, וגבוהה יותר מהתחזית בתרחיש יישום יעדי ההתייעלות האנרגטית<sup>23</sup>. אם כן, בעשור זה חלה האטה בצמיחת צריכת החשמל, בין אם בשל פעולות להתייעלות ובין אם בשל סיבות אחרות. על מנת לעמוד ביעד של 10% ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות בשנת 2020 יש צורך בייצור חשמל בהיקף של 7.2 TWH לשנה. **כלומר, יש צורך בתוספת מתקנים שייצרו חשמל מאנרגיה מתחדשת בהיקף של 2.73 TWH בשנה, בנוסף למתקנים קיימים או בתהליכי הקמה, אישור או תכנון מתקדמים אשר צפויים לקום עד שנת 2020** (ראה פירוט בנספח א').



יעד ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות (10% מסך הצריכה)



תחזית צריכה (ללא התייעלות)



סה"כ תוספת ייצור נדרשת עד לשנת 2020



היקף ייצור צפוי במתקנים קיימים או בתהליכי הקמה/ אישור/תכנון (ראה נספח א')

22. הערכת הרשות למצב משק החשמל - 2016, רשות החשמל, 2017. מתוך אתר רשות החשמל: [pua.gov.il](http://pua.gov.il).  
 23. התוכנית הלאומית להתייעלות אנרגטית- צמצום בצריכת החשמל 2010-2020, משרד התשתיות הלאומיות, 2010.



**שנת 2030**

בהתאם לתכנית להתייעלות אנרגטית משנת 2017, בתרחיש "עסקים כרגיל" היקף הצריכה השנתי בשנת 2030 יעמוד על כ-96 TWH<sup>24</sup>. תחת הנחת עמידה ביעד ההתייעלות האנרגטית של 17% בשנת 2030 היקף הצריכה יעמוד על 80 TWH ויהיה צורך בייצור 13.6 TWH חשמל מאנרגיות מתחדשות. **כלומר, יש צורך בתוספת מתקנים שייצרו חשמל מאנרגיה מתחדשת בהיקף של 6.53 TWH בשנה, בנוסף למתקנים קיימים או בתהליכי הקמה, אישור או תכנון מתקדמים ומתקנים נוספים במסגרת מכסות קיימות, אשר צפויים לקום עד שנת 2030** (ראה פירוט בנספח ב').



תחזית צריכה לאחר יישום יעד התייעלות (17% מסך הצריכה)



תחזית צריכה (ללא התייעלות)



היקף ייצור צפוי במתקנים קיימים או בתהליכי הקמה/ אישור/תכנון (ראה נספח ב')



יעד ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות (17% מסך הצריכה)



**סה"כ תוספת ייצור נדרשת עד לשנת 2030**

את תוספת הייצור הנדרשת, מעבר למתקנים קיימים או בתהליכי הקמה, אישור או תכנון מתקדמים ומתקנים נוספים במסגרת מכסות קיימות, אשר צפויים לקום עד שנת 2030, ניתן לבצע באמצעות הספק מותקן של כ-3,689 מ"ו של אנרגיה סולארית<sup>25</sup>. מתוך הספק זה, על מנת לעמוד ביעד של 10% אנרגיה מתחדשת בשנת 2020, יש צורך בהספק מותקן של 1,543 מ"ו של מתקנים לייצור חשמל מאנרגיה סולארית. בין השנים 2020 ו-2030 יהיה צורך בהקמת 2,146 מ"ו נוספים של מתקנים לייצור חשמל מאנרגיה סולארית.

24. התכנית הלאומית להתייעלות אנרגטית להתייחסות עמדות הציבור, משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, 2017. 25. בעבודה זו ההנחה היא כי 1 מ"ו מותקן מייצר בשנה כ-0.00177 TWH, שהם כ-1,770,000 קוט"ש.



שדה סולארי בחצבה | צילום: דב גרינבלט

פאנלים סולאריים על לול בעין השופט | צילום: לירון שפירא



## 5. פוטנציאל ייצור חשמל סולארי מגגות

הערכת הפוטנציאל לייצור חשמל מאנרגיה סולארית באמצעות מתקנים על גגות בישראל הינה מורכבת. יש לסקור את מצאי הגגות בישראל, תוך התייחסות לגודלם והשימוש שנעשה בהם (מגורים, תעשייה, מסחר, חקלאות וכדומה). מאלה, יש להסיר שטחי גגות אשר משמשים לשימושים ומתקנים אחרים, שטחי גגות מוצללים, וגגות במפנים לא מתאימים. ככל הידוע, עד היום נערכו בישראל שני מחקרים עיקריים אשר ניסו להעריך את פוטנציאל הגגות המתאימים להקמת מתקנים סולאריים: מחקרו של רן ורדימון משנת 2010, שנעשה עבור מכון דש"א<sup>26</sup>, ומחקרו של גל שופרוני משנת 2016<sup>27</sup>. בנוסף, לאלו, בשנת 2012 ד"ר יואל כהן ממשד המדען הראשי במשרד האנרגיה ביצע הערכה של פוטנציאל הגגות לשילוב מתקני ייצור חשמל מאנרגיה סולארית.

### מחקרו של ורדימון

מחקרו של ורדימון בחן את פוטנציאל ייצור החשמל מאנרגיה סולארית בכלל הגגות בישראל, בחלוקה לסקטורים שונים ותוך ביצוע הנחות שונות. במחקר מצא כי בישראל קיים מצאי של כ-251,000 דונמים של גגות. במסגרת המחקר בוצעו שתי הערכות בדבר פוטנציאל המימוש של הגגות לאנרגיה סולארית, הערכה כוללת והערכה זהירה:

**הערכת פוטנציאל כוללת** - במסגרת זו הונח כי 30% משטח הגגות הכולל יהיה זמין להקמת מתקנים סולאריים וכי יעילות המערכות תעמוד על 16%. הערכה זו איתרה פוטנציאל של 76,000 דונמים של גגות, שמאפשרים הספק מותקן כולל של כ-12,000 מ"ו, וייצור של 16 TWH חשמל בשנה.

**הערכת פוטנציאל זהירה** - במסגרת זו נלקחו בחשבון גגות בשטח 800 מ"ר ומעלה בלבד. מכיוון שמדובר על גגות גדולים נלקחה הנחה כי 50% מסך שטח גגות אלה יהיה זמין, וכי יעילות המערכת תעמוד על 10% בלבד. הערכה זו איתרה פוטנציאל של 25,000 דונמים של גגות, שמאפשרים הספק מותקן כולל של כ-2,500 מ"ו, וייצור של 3.3 TWH חשמל בשנה.

יצוין כי מאז מחקרו של ורדימון, גדל פוטנציאל ייצור החשמל מגגות: נוספו עשרות אלפי מבנים<sup>28</sup>, איבוד החשמל בהמרה ממתח ישיר (DC) למתח חלופי (AC) פחת משמעותית ומקובל לחשבו ב-2% לעומת 10% במחקרו של ורדימון<sup>29</sup>, וכן במקום תפוקה של כ-1,460 KWH לכל ק"ו מותקן מקובל כיום לחשב תפוקה של כ-1,600 KWH ואף יותר.

### מחקרו של שופרוני

מחקרו של שופרוני בחן את פוטנציאל הגגות לייצור חשמל סולארי על גגות מגורים בלבד. השטח הפנוי על גגות הוערך באחוזים משתנים בהתאם לגובה המבנה: 42% במבני מגורים עד 2 קומות, 60% במבנים בגובה 3-5 קומות, 27% במבנים בגובה 6-8 קומות, ו-13.5% במבנים בני 9 קומות ומעלה. במחקר נטען כי מערכת פוטו-וולטאית יעילה יותר מדוד שמש, ולכן הניח הסרת דודי שמש לטובת פינוי שטח למערכות פוטו-וולטאיות. אך עם זאת, לפי המחקר, למבנים רבים יהיה כדאי להתקין מערכת סולארית גם לצד דודי שמש<sup>30</sup>. כמו כן, בבחינת פוטנציאל ייצור החשמל הוא הניח כי ניצול הגגות ייעשה בהתבסס על אסדרת "מונה נטו" שמגבילה את גודל המתקן להיקף צריכת משק הבית ולכן לא בהכרח מנוצל כלל שטח הגג. במסגרת המחקר מצא שופרוני כי שטחי גגות מבני המגורים הפנויים לייצור חשמל סולארי עומד על כ-76 אלף דונמים, מתוכם ניתנים לניצול תחת אסדרת "מונה נטו" כ-62 אלף דונמים. על סך כל הגגות ניתן להקים מתקנים בהספק כולל של כ-12,200 מ"ו ותחת הנחת "מונה נטו" כ-9,800 מ"ו. פוטנציאל ייצור החשמל הוא 16.5 ו-20.5 TWH בשנה, בהתאמה.

26. הערכת הפוטנציאל לייצור חשמל פוטו-וולטאי מבוצר על גגות בתים בישראל, רן ורדימון, 2010. Toward a solar rooftop reform: how Israel's residential photovoltaic potential can upscale the economy, עבודת תזה לתואר מוסמך באוניברסיטה העברית, גל שופרוני, 2016.

28. הירחון הסטטיסטי לישראל, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. מתוך אתר הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה: <http://www.cbs.gov.il>

29. PHOTOVOLTAICS REPORT, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE, 2017.

30. שופרוני, עמי' 27. לתמהיל כדאיות שילוב דוד שמש עם מערכת סולארית- ר' מודלים למבנים מאופסי אנרגיה, התכנתם והתאמתם ליישום בישראל, שורף ואחי', המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, מחלקת מחקר ופיתוח, דצמבר 2016.

לצד שני מחקרים אלה, בוצעו הערכות נוספות:  
 - הערכת פוטנציאל שבוצעה במסגרת הכנת תכנית המתאר הארצית למשק האנרגיה תמ"א 41 בהתבסס על עבודתו של ורדימון, ולפיה קיים פוטנציאל לימוש של 50,000 דונם בסבירות גבוהה או בינונית.  
 - הערכה שביצע בשנת 2012 ד"ר יואל כהן מלשכת המדען הראשי במשרד האנרגיה ולפיה בישראל כ-330 אלף דונמים של גגות, מהם ניתנים לניצול כ-85 אלף דונמים לפאנלים סולאריים, עליהם ניתן להקים מתקנים בהספק כולל של כ-11,000 מ"ו שיספקו כ-21.4 TWH חשמל בשנה<sup>31</sup>.  
 - הערכת דו"ח אפס פליטות פחמן לפיה, עם הגידול במספר הגגות עד שנת 2040 ושיפור נצילות המערכות הסולאריות ל-20%, ניתן יהיה להתקין כ-23,500 מ"ו שיספקו כ-43.7 TWH חשמל בשנה. בנוסף מוערך בדו"ח כי פוטנציאל ייצור חשמל על קירות בניינים יעמוד על בין 6 TWH ל-15.6 TWH בשנה. בהתאם למטרות עבודה זו- הערכת הפוטנציאל ליישום בפועל עד לשנת 2030 - לא ניתן להתבסס על הערכת דו"ח אפס פליטות פחמן לשנת 2040 שכן הוא מבוסס על הערכת מבנים שיהיו בנויים בשנת 2040 ועל פיתוחים טכנולוגיים שלא בהכרח זמינים כיום ליישום מסחרי. יחד עם זאת, דו"ח אפס פליטות פחמן בהחלט מראה כי פוטנציאל ייצור החשמל הסולארי במרחב הבנוי צפוי לגדול באופן דרמטי.

להלן סיכום הנתונים מהמחקרים וההערכות (ללא הערכת דו"ח אפס פליטות לשנת 2040):

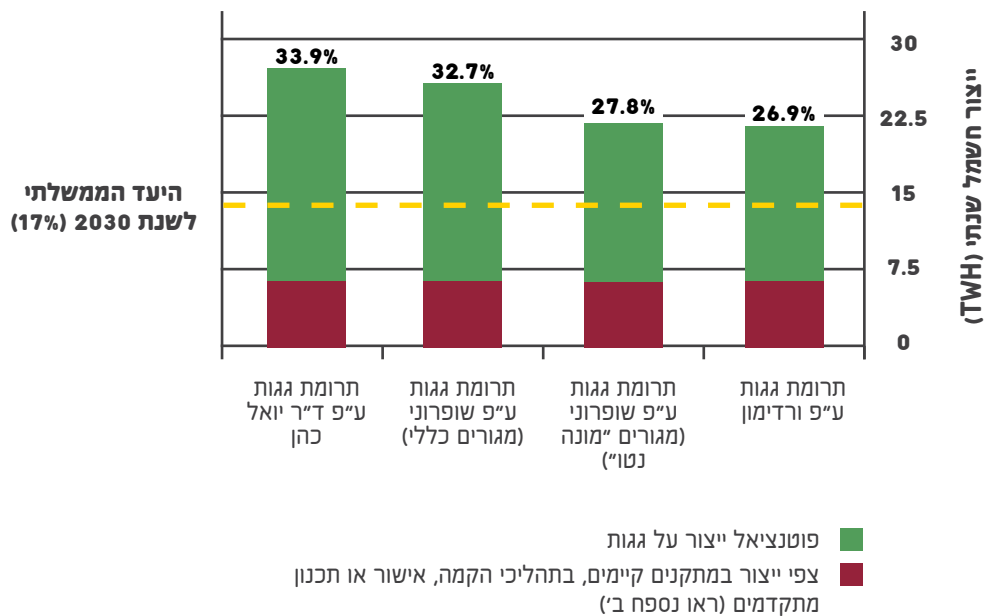
תאריך מסד נתונים / פירוט	ורדימון תרחיש זהיר	ורדימון תרחיש כללי	שופרוני לפי "מונה נטו"	שופרוני כללי	ד"ר יואל כהן
פירסום 2010	פירסום 2010	פירסום 2010	מסד נתונים 2012	מסד נתונים 2012	הצגה 2012
10%	16%	16%	16%	14%	14%
מעל 800 מ"ר	כל הגגות	מגורים בלבד	מגורים בלבד	כל הגגות	כל הגגות
50%	30%	1-2 קומות: 42% 3-5 קומות: 60% 6-8 קומות: 27% 9 קומות ומעלה: 13.5%	כנ"ל	20% למגורים 60% כל היתר	שטח פנוי ממוצע
1460	1460	1675-1802	1675-1802	לא מצוין	תפוקה שנתית ל-1 kWp (קוט"ש)
10%	10%	2%	2%	לא מצוין	אובדן המרה
50,000	252,000	לא רלוונטי	לא רלוונטי	לא רלוונטי	שטח גגות כולל (דונם)
25,000	76,000	61,516	75,990	85,487	שטח גגות לניצול (דונם)
2,500	12,000	9,842.7	12,158.6	11,540.8	פוטנציאל הספק (מ"ו)
TWH 3.3	TWH 16	TWH 16.58	TWH 20.48	TWH 21.46	תפוקת חשמל שנתית

31. אפס פליטות פחמן בישראל - חזון למשק האנרגיה בשנת 2040, הפורום הישראלי לאנרגיה, 2013.

בהתייחס למחקרים שפורטו לעיל יש להדגיש מספר נקודות:  
 - הנתונים במחקרים וההערכות השונות שהוצגו מבוססים על מצאי הגגות הקיים בעת הכנתם. עד שנת 2030 צפוי מצאי הגגות לגדול בהיקפים משמעותיים לאור בנייה של כ-40,000-50,000 יחידות דיור וכ-2-3 מיליון מטר לייעודים אחרים (תעסוקה, מסחר, מבני ציבור וכדומה) מדי שנה<sup>32</sup>. המועצה הלאומית לכלכלה מעריכה כי הצורך ביחידות דיור עד לשנת 2030 אף יגדל ויגיע לכ-60,000 יחידות דיור מדי שנה<sup>33</sup>.  
 - הנתונים מבוססים על הנחות שונות לגבי יעילות הפאנלים, אחוזי מימוש משטח הגגות וכדומה. חלק מהנחות אלה הופכות לבלתי רלוונטיות עם השנים והפוטנציאל והיישום בפועל יכולים להיות גדולים יותר.  
 - חלק מהמחקרים וההערכות עסקו במגזרי גגות מסוימים או שנתנו דגש על מגזרים מסוימים. יש לזכור שפוטנציאל למתקנים סולאריים על גגות מצוי בכל הסקטורים ולכן, לפחות ביחס לחלק מהמחקרים, הפוטנציאל למעשה גבוה יותר.  
 כל אלו יגדילו משמעותית את פוטנציאל ייצור החשמל מגגות סולאריים.

על פי המחקרים עולה כי ישנו פוטנציאל רב להקמת גגות סולאריים בישראל בהיקפים שנעים בין 16 TWH ל-21 TWH (ההערכה הזהירה של ורדימון איננה רלוונטית שכן היא מבוססת אך ורק על גגות הגדולים מ-800 מטר ועד היום כבר קודמו מתקנים על אלפי גגות קטנים מכך). פוטנציאל זה גבוה משמעותית מכפי שנדרש על מנת לעמוד ביעדי הממשלה לשנת 2030. מיצוי פוטנציאל הגגות הקיים לפי המחקרים, בצירוף המתקנים הקיימים או בתהליכי הקמה, אישור או תכנון מתקדמים (ראה פרק 4), מאפשר, לכל הפחות, ייצור של כ-26.9%-33.9% מכלל ייצור החשמל הצפוי בשנת 2030. בתוספת היקף הבינוי הצפוי בשנים הקרובות וניצול מיטבי של משאב הגגות הקיים, פוטנציאל זה אף יגדל מעבר לכך.

**פוטנציאל הגגות לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות בשנת 2030\***



\*האחוזים הינם ביחס לייצור הכולל, אשר צפוי לעמוד על כ-80 THW

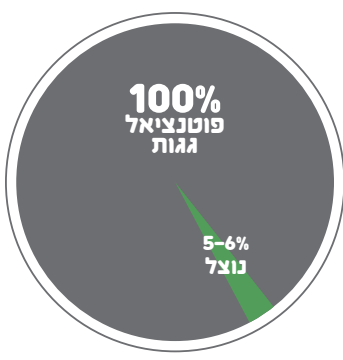
32. הירחון הסטטיסטי לישראל, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. מתוך אתר הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה: <http://www.cbs.gov.il>  
 33. התכנית הלאומית לדיור לשנים 2017-2040, המועצה הלאומית לכלכלה, 2017.



פאנלים סולאריים על לול בעין השופט | צילום: לירון שפירא

## 6. מדיניות וכלים למימוש הפוטנציאל

כפי שעולה מדו"ח זה, הפוטנציאל לייצור חשמל על גגות סולאריים רב ביותר ועומד, לכל הפחות, על אלפי מ"ו. אולם פוטנציאל זה רחוק ממיצוי, שכן עד כה הוקמו על גגות בישראל מתקנים בהספק כולל של כ-500-600 מ"ו בלבד, המהווים 5-6% מהפוטנציאל כפי שהוצג בפרק הקודם.



ייצור חשמל סולארי על גגות בהיקפים גדולים מחייב נקיטת פעולה אקטיבית של מאות אלפי בעלי מבנים ודירות בישראל. לפיכך יש לשכלל ולארגן את התשתית החוקית, התכנונית, האסדרתית, המיסויית והמימונית ולהעלות את הכדאיות של ייצור חשמל סולארי על גגות, על מנת להביא להקמת גגות סולאריים בסדר הגודל הנדרש. לצד אלה יש להגביר את המודעות הציבורית לאפשרויות הייצור של חשמל מאנרגיה סולארית.

### החברה להגנת הטבע מביאה בזאת שורה של המלצות לעידוד שימוש רחב היקף בגגות לטובת ייצור חשמל סולארי וממליצה לאמץ ולעגן אותן בהחלטת ממשלה באחריות משרד האנרגיה, ובהן (ראו טבלה בסוף הפרק המרכזת את כל ההמלצות):

#### 6.1. גיבוש מדיניות וקביעת יעדי חיבור

- יש לגבש מדיניות אשר תכוון, תאפשר ותעודד ייצור חשמל סולארי רב ככל הניתן על גגות.
  - א. יש לקבוע יעד חיבור מינימאלי של 1,550 מ"ו גגות סולאריים נוספים עד שנת 2020, על מנת לעמוד ביעד הממשלה של 10% חשמל מאנרגיות מתחדשות עד לשנה זו.
  - ב. יש לקבוע יעד חיבור מינימאלי של 215 מ"ו גגות סולאריים מדי שנה, בין השנים 2020-2030.
- קביעת יעדי חיבור בהיקפים ידועים מראש תאפשר לשוק חברות האנרגיה הסולארית להיערך ולהתפתח.

#### 6.2. חיוב התקנת פאנלים סולאריים בחקיקה

מדי שנה נבנים כ-40-50 אלף יחידות דיור, אשר כרבע עד שליש מהן צמודי קרקע, וכ-2-3 מיליון מטרים רבועים לייעודים אחרים כגון תעשייה, מסחר, מבני ציבור וחקלאות<sup>34,35</sup>. בבניה זו פוטנציאל רב להקמת גגות סולאריים כבר כחלק מתהליך הבניה. **המלצת החברה להגנת הטבע היא:**

לחייב בחקיקה הקמת גגות סולאריים במסגרת בנייה חדשה, בדומה לשנעשה ביחס לדודי שמש החל משנות ה-80 של המאה שעברה<sup>36</sup>. חיוב הקמת גגות סולאריים במבנים חדשים במסגרת היתר הבנייה יאפשר הטמעה פשוטה ואכיפה אפקטיבית ויתרום לתכנון גג באופן חכם שיאפשר ניצול מיטבי של שטחו לטובת המערכת הסולארית. תשומת לב לכך במסגרת תכנון שכונות אף יאפשר להתייחס לזכויות שמש באופן שיבטיח וימקסם את יכולת הקמת הגגות הסולאריים בשכונה.

34. הירחון הסטטיסטי לישראל, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2017.  
 35. התכנית האסטרטגית לדיור, המועצה הלאומית לכלכלה, 2017.  
 36. חברת הכנסת יעל כהן פארן מקדמת הצעת חוק ברוח זו בכנסת הנוכחית (הכנסת ה-20).



### 6.3. שכלול וטיוב אסדרת "מונה נטו"

אסדרות רשות החשמל מהוות חלק מרכזי ברגולציה של גגות סולאריים ולכן יש לפעול לעצבן באופן שיעודד ניצול גגות לאנרגיה סולארית. הסרת חסמים בשנתיים האחרונות נושאת פירות, וכיום מכסת "מונה נטו" צוברת תאוצה ומתחילה להתמלא, אך עדיין נדרשים שיפורים שיאפשרו את ניצולה באופן טוב ומהיר יותר. **המלצות החברה להגנת הטבע הן:**

1. כל שינוי או שיפור באסדרה ייעשה באופן שמגדיל את הודאות והיציבות בענף לבעלי המערכות הסולאריות ולחברות המציעות שירותים בתחום (לרבות ייזום, מכירה, התקנה, אחזקה ומימון).
2. יש להגדיל את מכסת "מונה נטו" באופן שאודלה לא יהווה חסם להקמת גגות סולאריים.
3. יש לאפשר לקזז תקבולים של המערכת הסולארית מחשבון חשמל שאינו זהה למונה אליו מחוברת המערכת (העברת קרדיט). שינוי זה יעודד ניצול שטחי גגות במלואם (כיום מבנה עם גג גדול וצריכה נמוכה ינוצל בחלקו אם בכלל), הקמת מערכות על מבנים מושכרים, מתקני "מונה נטו" וירטואלי ועוד. בנוסף, יש לאפשר הגדלת גודל חיבור ללא תלות בהיקף הצריכה כדי לאפשר ניצול כל שטח הגג.
4. מתקנים המוקמים במסגרת אסדרת "מונה נטו" רגישים במיוחד לתעריף החשמל. יש לייצר מתווה שלא מושפע משינויי התעריף כדי שלא לפגוע בכדאיות ההקמה ואשר נותן ודאות בדבר גובה החזר ההשקעה. גם רכישת עודפי ייצור צריכה להיות בתעריף שיישמר ככלכלי לאורך חיי המערכת.
5. יש לבצע שינויים באסדרה באופן שיקל על בעלי גגות לקבל מימון.
6. המלצות נוספות (רלוונטיות גם לסוגי אסדרות אחרים):
  - יש לצמצם את מספר הביקורים והבדיקות הנדרשות מול חברת החשמל.
  - יש לתת פטור מהיתר בנייה לגגות סולאריים בהספק של עד 630 ק"ו.
  - עיגון הוראת השעה לפטור מהיטל השבחה כחוק קבוע ולהרחיבו לכל גג ללא תלות בייצור לצריכה עצמית או גודל הגג.

### 6.4. אסדרות נוספות לגגות סולאריים

אסדרת "מונה נטו" לא יכולה להתאים לכל סוגי הגגות. **המלצות החברה להגנת הטבע הן:**

1. קביעת אסדרה תעריפית ברת מימון אשר תוריד את חוסר הודאות לגבי כלכליות השקעה במערכת סולארית, ותקל על יכולת הבנקים לתת הלוואות בתנאים טובים יותר, לרבות מימון מלא. אין הכוונה למרכזי תעריף שיכולים להתאים בעיקר לגגות גדולים, אלא למכסה עם תעריף מובטח ללא תהליך מכרזי.
2. התעריף צריך להיות כדאי מספיק כדי לעודד הקמת גגות סולאריים ולא להיבחן בהשוואה לתעריפי מערכות גדולות. יש לשקלל בתעריף עלויות/תועלות חיצוניות לגגות הסולאריים: בכלל אלה יש לתת פרמיות עבור חיסכון במשאב הקרקע, חיסכון במערכות הולכה, חיסכון באיבודי חשמל ברשת, חיסכון בצריכת אנרגיה כתוצאה מהצללות על המבנים, חסכון בזיהום, וכדומה.

### 6.5. עידוד יישום במגזרי גגות ייחודיים

#### רשויות מקומיות

לרשויות המקומיות פוטנציאל רב של גגות המתאימים להתקנת מערכות סולאריות, ובכלל אלה מבני חינוך וציבור ומבני משרדי הרשות. כמו כן, לרשויות מקומיות יש חניונים, גני משחקים, מגרשי ספורט וכיוב', שגם הם עשויים להתאים למערכות סולאריות. למרות זאת ועל אף הפוטנציאל לחיסכון כספי גדול בעלויות החשמל לרשות המקומית, רק חלקן פעלו להקמת מערכות סולאריות על גגות המבנים. זאת, בין היתר, בשל חסמים לרשויות המקומיות. **המלצות החברה להגנת הטבע הן:**

1. רשות מקומית המבקשת הלוואה נדרשת באישור משרד הפנים, אשר בוחן בין היתר את עומס המלוות. יש ליצור הליך מזורז במשרד הפנים לאישור הלוואות להקמת מערכות סולאריות, או לבחון חרגת הלוואות אלו מעומס המלוות, שכן החזר הלוואה מקוזז כנגד החסכון בחשמל.
2. לרשויות חלשות יש קושי בהעמדת הון להתקנת מערכות סולאריות. יש להעמיד מענקים, מימון וערבויות ייעודיים להתקנת מערכות ברשויות אלה.
3. יש להנגיש לרשויות המקומיות את האפשרות להקים מערכות סולאריות, הן דרך העלאת המודעות, לדוגמה דרך הדרכות לממוני אנרגיה ברשויות, והן דרך הצעת חוזים ומכרזים מובנים, שיישעו לרשויות להתקשר עם יועצים וספקים ביתר קלות.
4. יש לפעול לקירוי שטחים ציבוריים כגון חניונים, מדרכות הולכי רגל, שבילי אופניים, גני משחקים ושטחים נוספים בהיקפים שיימצאו כמתאימים. יודגש, שעל אף הרצון לייצר אנרגיה סולארית, לא רצוי שכל שטחי העיר הציבוריים יקורו. ניתן לשקול לקבוע זאת כמדיניות במסגרת הנחיות מרחביות שתקבע הועדה המקומית לתכנון ולבנייה.

#### נכסים ממשלתיים

בבעלות המדינה, באמצעות מינהל הדיור הממשלתי, משרדי הממשלה, רשויות ממשלתיות, גופי סמך וחברות ממשלתיות ועוד, אלפי נכסים עם פוטנציאל להקמת גגות סולאריים. לצד הגדלת ההספק המותקן של אנרגיה סולארית, התקנת מערכות על גגות בהיקף נרחב על ידי הממשלה תאזן את הציבור הרחב כי מדובר בפעילות כלכלית ומבורכת, וכן תאפשר לשוק החברות הסולאריות להתרחב ולהתפתח. דוגמה למימוש הפוטנציאל הינו פיילוט "שמיים כחולים" של המשרד לביטחון פנים, במסגרתו מותקנות מערכות סולאריות על מתקנים שונים כמו בתי כלא ותחנות משטרה. **המלצות החברה להגנת הטבע הן:**

1. יש לממש את הפוטנציאל בכלל נכסי המדינה והחברות הממשלתיות שיימצאו מתאימים לגגות סולאריים. כיום הוראת החשבת הכללית באוצר היא כי בתכנית בינוי חדשה של מינהל הדיור הממשלתי יותקנו מערכות סולאריות לייצור חשמל. יש להרחיב את ההנחיה גם לנכסים הבנויים<sup>37</sup>.
2. יש למנות צוות שיקלו את נציגי משרד האנרגיה, רשות החשמל, משרד האוצר ומינהל הדיור הממשלתי שיתכלל את הנושא, ובכלל זאת יבחן מודלים שונים למימון, ואת הצורך בהוצאת מכרזים להקמת ותחזוקת המתקנים הסולאריים.
3. סקר גגות ממשלתיים - כל גוף ממשלתי ימנה גורם שישקור את שטחי הגגות או המתקנים הפנויים, ובסיוע של הצוות יפעל להקמת מערכות סולאריות עליהם.

#### דיור ציבורי

הקמת מתקנים על גגות מבני הדיור הציבורי מתמודדת עם שני אתגרים עיקריים: הימצאותם של מבנים בבעלות מעורבת (ציבורית ופרטית) והצורך בהתקזזות בצריכת החשמל של הדיירים (בדומה לכל בניין משותף). ואולם, דווקא האוכלוסייה המתגוררת בדיור הציבורי היא האוכלוסייה הזקוקה ביותר לתועלות הכלכליות המופקת מייצור החשמל על גגות המבנים. התועלות הכלכליות יכולות גם לשמש לשיפור ותחזוקת השטחים המשותפים ושיפוץ המבנים, לקרן לרכישת דירות נוספות לדיור הציבורי, ועוד<sup>38</sup>. **המלצת החברה להגנת הטבע היא:**

כי חברות הדיור הציבורי יבחנו כיצד להקים גגות סולאריים במבני מגורים בעלי דירות רבות של דיור ציבורי, ויציעו מודלים למימון, הקמה ושימוש בהכנסות/ בחסכון בחשמל. על רשות החשמל לבחון האם יש צורך ביצירת אסדרה ייחודית לסקטור זה של מבנים ועל משרד המשפטים לבחון האם יש צורך ביצירת הסדר משפטי שונה מבניין מגורים משותף רגיל. דוגמה לפרויקט מסוג זה הינו "פרויקט שכונה טובה" שנעשה בעיקר בעירות פיתוח פרופריאליות ברחבי הארץ, בשיתוף פעולה של המשרד להגנת הסביבה, משרד השיכון והבינוי וקרן קיימת לישראל, אשר הקצתה לטובתו 100 מיליון ש"ח לשיפוץ מבנים לשם הגברת היעילות האנרגטית ולהצבת מערכות סולאריות. מודל הפרויקט

37. חומר רקע ונקודות לדיון בנושא אנרגיות מתחדשות, מרכז המחקר והמידע של הכנסת, מפגש ועדת הכלכלה עם ועדת התעשייה והמסחר של המועצה המחוקקת של הונג קונג מיום 25.7.2017.

38. הרחבת ייצור האנרגיה הסולארית על גבי מבני מגורים, ניר לוטן, מכון ירושלים לחקר ישראל, מרכז מילקן לחדשנות והמשרד להגנת הסביבה, 2016.

מבוסס על כך שההכנסות מהמערכות הסולאריות יכסו את הוצאות התיפעול הנדרשות, יפחיתו תשלומי ועד בית, ישפרו בניינים מוזנחים ללא תאורה או גינון וישביחו את הנכס. יחד עם זאת, יש לציין כי מיזם זה התבסס על תקציב שהוקצה למיזם משיקולים סביבתיים ולא פותח כמיזם שאמור להיות כלכלי, אך בודאי ניתן ללמוד ממנו רבות לצורך גיבוש מודלים כלכליים חלופיים.

#### בתים משותפים

הפוטנציאל של ייצור חשמל על מאות אלפי גגות בתים משותפים כמעט ואינו מנוצל, בשל קשיים וחסמים ייחודיים. במחקרו של שופרוני שהוזכר בדו"ח זה נמצא כי הפוטנציאל עומד על עשרות אלפי דונמים המתאימים להקמת אלפי מ"ו של מערכות סולאריות. במצב בו הגג (או חלק מהגג) של הבית המשותף הינו שטח ציבורי השייך לכלל הדיירים, לא ניתן להעמיד מערכת סולארית ללא הסכמת כל הדיירים ותקבולי המערכת הסולארית מוגבלים לקיזוז מול הצריכה המשותפת בלבד. **המלצות החברה להגנת הטבע הן:**

1. לאפשר חלוקת קרדיט במסגרת אסדרת "מונה נטו" בין דיירי בתים משותפים ולא רק לצריכה בשטחים משותפים ואגב כך לאפשר ניצול מרבי של שטח הגג.

2. ליצור הסדר משפטי שיאפשר הקמת מערכות גם בהסכמה חלקית של בעלי הגג המשותף.

#### 6.6 מימון

על אף ירידות המחירים של פאנלים סולאריים בשנים האחרונות, הקמת מערכות סולאריות עדיין מצריכות מימון של עשרות אלפי שקלים למערכת למשק בית ממוצע. אם כן, על אף הכדאיות הכלכלית, לא לכולם ישנו הון פנוי להשקעה. הבנקים לא מעמידים מימון לכל לווה וישנם חלקים בציבור בעלי הגגות שלא יכולים להקים מערכות. בנוסף, תשלום ריביות לבנקים שוחק את הכדאיות שבהקמת מערכת, בעיקר במקרים של לווים שהבנקים נותנים להם הלוואות בתנאים נוחים. **המלצת החברה להגנת הטבע היא** ליצור מתווים שונים שיאפשרו קבלת מימון להקמת מערכות, כדוגמא:

- העמדת ערבויות מדינה להחזרת הלוואות לגורמים המממנים ובכך להנגיש מימון לאוכלוסיות נוספות שלא מקבלות הלוואות מהבנקים, וגם תסייע להפחתת הריביות.
- ביצוע מכרזים לגופים מממנים למימון מערכות סולאריות (ניתן לשלב עם ערבות מדינה). הוצאת מכרז ע"י רשות ממשלתית עשויה להביא לתוצאות משופרות בתנאי מימון לצרכנים קטנים, ולהבטיח מימון מלא למערכות ואף גם לביטוח ולאחזקה.
- הקמת קרן ללא ריבית למערכות סולאריות לאוכלוסיות מוחלשות. ההחזרים לקרן ייגזרו מהחיסכון בחשבון החשמל של משק הבית ויממנו מתקנים נוספים, והיתרה תיוותר בידי ותגדיל הכנסתו הפנויה. ניתן לשקול בנוסף הקמת קרנות עירוניות.
- תיקונים באסדרת "מונה נטו" שיאפשרו לגופי מימון לממן מערכות ביתר קלות ויצירת בטוחה להחזרי הלוואה בתוך האסדרה.

#### 6.7 מערך ליווי

הקמת מערכת סולארית על הגג היא מהלך מורכב, אמנם פחות מבעבר, אשר דורשת שימוש בבעלי מקצוע שונים והתמודדות מול גופי ממשל רבים. **המלצת החברה להגנת הטבע היא** להקים מערך ליווי לבעלי גגות, ברמה ממשלתית (במשרד האנרגיה או ברשות החשמל), או ברמת הרשות המקומית (כדוגמת פעילותן של עיריית כפר סבא<sup>39</sup>, עיריית אילת<sup>40</sup> ותכנית שעיריית תל אביב-יפו מתכננת להשיק<sup>41</sup>), אשר יכלול:

- הליך מובנה ומהיר להנעת פרויקט דרך אתר האינטרנט אצל גורם מטפל ברשות המקומית או אצל חברות ייעוץ שזכו במכרז.
- מתן שירותי ייעוץ לבחינת הגג ומידת התאמתו להקמת פאנלים סולאריים.

39. "חדש תחת השמש – מיזם הגגות הסולאריים בעיר כפר סבא".

40. אתר עיריית אילת: [www.eilateil.org/he/he-eilat-city](http://www.eilateil.org/he/he-eilat-city)

41. הוצגה על ידי אוריאל בבצייק מעיריית תל אביב-יפו בכנס השנתי השישי לבנייה ירוקה, 11.9.2017, תל אביב.

- בחינת אזור המגורים מבחינת פוטנציאל התחדשות עירונית, זכויות בניה קיימות או תוכניות עתידיות המתירות בנית קומות נוספות וקונפליקטים שעשויים לעלות.
- מתן מידע על ליווי מימוני על ידי גופים שזכו במכרזים של הממשלה/ של הרשות המקומית.
- רשימת קבלנים של חברות סולריות שנבחנו לפי קריטריונים/ או שזכו במכרזים, כולל ליווי משפטי והסכמים מובנים מול אותן חברות.
- היצע כלי תחזוקה וביטוח.

### **6.8. פרסום וקמפיינים**

המודעות לאפשרות להקמת גגות סולאריים נמוכה במיוחד. גם כאשר נתקלים בפרסום בתחום הוא נעשה לרוב ע"י חברות מסחריות, אשר אינן נתפסות כמקור מידע אובייקטיבי. למעט רשויות מקומיות ספורות, אין בנמצא מקור מידע רשמי וסדור אשר נגיש למעוניין בהתקנת מערכת סולארית. **המלצות החברה להגנת הטבע הן:**

1. להניע תהליך שיווקי שיכלול בין היתר:
  - קמפיין תקשורתי הכולל תשדירי שירות, פרסומות וכדומה, לעידוד הציבור להקים גגות סולאריים.
  - פרסום האפשרות להקמת גגות סולאריים בחשבונות החשמל.
  - הקמת אתר אינטרנט ייעודי שירכז את כלל המידע הרלוונטי. המידע וההנחיות באתר יכוונו לציבור הרחב, ליזמים ולחברות ולבעלי תפקידים, פקידים ומוסדות רלוונטיים.
2. פעילות ממוקדת להעלאת מודעות בקרב גופים רלוונטיים וסוכני שינוי:
  - העלאת מודעות בקרב רשויות מקומיות, ועדות מקומיות לתכנון ולבנייה ומוסדות רישוי.
  - גיבוש סדנאות והכשרות לממוני האנרגיה ברשויות המקומיות, במפעלים ובגופים גדולים ובעלי תפקידים רלוונטיים נוספים.
  - העלאת מודעות וקיום סדנאות בקרב סוכני שינוי כמו מתכננים, אדריכלים וקבלנים, יועצי בנייה ירוקה ועוד.

### **6.9. שילוב פתרונות אגירה**

פתרונות אגירת אנרגיה או חשמל הצפויים להתפתח בעתיד הקרוב יאפשרו שילוב רב יותר של אנרגיה סולארית במשק החשמל. לאור זאת, **המלצות החברה להגנת הטבע הן:**

1. לגבש כבר עתה מדיניות לשילוב מתקני אגירה במתקנים סולאריים על גגות.
2. לקבוע סובסידיות או פרמיות שיאפשרו התקנת פתרונות אגירה באופן כלכלי.
3. לבחון הקלות בדרישות השונות של האסדרות הסולאריות לאור התקנת פתרונות אגירה. לדוגמא, סקרי היתכנות יקחו בחשבון את שילובם של פתרונות אגירה במתקנים המוצעים וכך יאפשרו הקמת מתקנים גדולים יותר על אף מגבלות מקום ברשת.

**על משרד האנרגיה לגבש תכנית ממשלתית לקידום גגות סולאריים בישראל, שתובא כהחלטת ממשלה, ותכלול את הפירוט של הכלים שהוצעו בעבודה זו וכלים נוספים, לרבות סמכויות ואחריות למעקב ובקרה אחר יישום התכנית.**



## ריכוז ההמלצות למדיניות וכלים:

המלצה	פירוט המלצה	גורם אחראי	צורך בתיקון חקיקה/ אישור הכנסת
<b>קידום החלטת ממשלה</b>	<b>ההצעה תכלול מדיניות, כלים ומעקב</b>	<b>משרד האנרגיה</b>	<b>לא</b>
קביעת יעדי חיבור של גגות סולאריים	- יעד ל-2020 - יעדים שנתיים עד ל-2030	- משרד האנרגיה - רשות החשמל	ניתן לשלב במסגרת חוק משק החשמל (תיקון מס' 14- הוראת שעה), תשע"ז 2017 שעסק ביעדי יישום של אנרגיות מתחדשות
חיוב התקנת פאנלים סולאריים בבנייה חדשה		מינהל התכנון, מטה הדיור, ועדת הפנים ואיכות הסביבה של הכנסת	תיקון חקיקה (בחוק התכנון הבנייה או בתקנותיו)
שכלול וטיוב מכסת "מונה נטו" והגדלתה	- העברת קרדיטים - הגדלת המכסה  - טיפול בתעריף "האלטרנטיבי" ותעריף עודפי ייצור - צמצום מספר ביקורי חח"י - פטור מהיתר בניה עד 630 ק"ו - פטור מהיטל השבחה	- רשות החשמל - רשות החשמל ומשרד האנרגיה - רשות החשמל  - רשות החשמל - מינהל התכנון  - מינהל התכנון/ משרד האוצר	פטורים מהיתר בנייה ומהיטל השבחה מצריכים תיקון תקנות ואישור בוועדת הפנים והגנת הסביבה בכנסת
אסדרות נוספות לגגות סולאריים	קביעת אסדרה תעריפית, שאינה בתהליך מרכזי	רשות החשמל	לא
מימוש הפוטנציאל ברשויות מקומיות	- טיפול בעומס מלוות  - העמדת מענקים, מימון או ערבויות לרשויות מקומיות - העלאת מודעות - חוזים ומכרזים באופן מרוכז  - קירוי שטחים מתאימים באמצעות קביעת הנחיות מרחביות/ מדיניות עירונית	- משרד הפנים ומרכז השלטון המקומי - אגף תקציבים ומרכז השלטון המקומי - משרד האנרגיה - החשב הכללי/ החברה למשק וכלכלה - האגף לתכנון מקומי במינהל התכנון והועדות המקומיות לתכנון ולבניה	לא
מימוש פוטנציאל הגגות בנכסים ממשלתיים	- יש לחייב הקמה בכל הנכסים - צוות בינמשרדי לריכוז העבודה - מינוי אחראי בכל גוף ממשלתי	- החשב הכללי - משרד האנרגיה  - באחריות כל גוף	לא
מימוש פוטנציאל במבנים עם דיור ציבורי	- בחינת אופן הקמת גגות סולאריים ומימוש - בחינת הצורך באסדרה ייחודית	- החברות המשכנות - רשות החשמל	לא
מימוש הפוטנציאל בבתים משותפים	- אישור חלוקת קרדיטים בין הדיירים - מתן אפשרות להקמת מערכות בהסכמת חלק מהדיירים	- רשות החשמל - משרד המשפטים	צורך בתיקון חוק המקרקעין לעניין הסכמת דיירים
מימון	- ערבויות מדינה - ביצוע מכרזים לגופים מממנים - הקמת קרן - תיקונים באסדרת "מונה נטו"	- אגף תקציבים - החשב הכללי - אגף תקציבים - רשות החשמל	לא

המלצה	פירוט המלצה	גורם אחראי	צורך בתיקון חקיקה/ אישור הכנסת
מערך ליווי	הקמת מערך ליווי שיכלול את מה שנדרש על מנת לסייע ולהקל לבעלי גגות בהקמת גגות סולאריים	משרד האנרגיה/ רשויות מקומיות	לא
פרסום וקמפיינים	<ul style="list-style-type: none"> <li>- קמפיין תקשורת</li> <li>- הקמת אתר אינטרנט ייעודי</li> <li>- העלאת מודעות בקרב עובדי רשויות מקומיות ומוסדות תכנון ורישוי</li> <li>- העלאת מודעות בקרב סוכני שינוי</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- משרד האנרגיה</li> <li>- חברת חשמל לעניין יידוע בחשבונות החשמל</li> </ul>	לא
אגירה	<ul style="list-style-type: none"> <li>- גיבוש מדיניות</li> <li>- קביעת סובסידיות או פרמיות</li> <li>- בחינת הקלות באסדרות הסולאריות</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- משרד האנרגיה</li> <li>- רשות החשמל</li> <li>- רשות החשמל</li> </ul>	לא

פאנלים סולאריים על רפת ברמת השופט | צילום: לירון שפירא



## 7. סיכום

לאנרגיות מתחדשות יתרונות רבים ובהם: צמצום זיהום האוויר וצמצום פליטת גזי חממה, הקטנת התלות במקורות אנרגיה מיובאים ומתכלים, והשתלבותה של ישראל במאמץ העולמי להפחית את שינויי האקלים ידי אדם, כמו גם יתרונות כלכליים. לכן ישנה חשיבות רבה ביישום החלטות הממשלה בדבר שילובם של אנרגיות מתחדשות במשק החשמל בישראל.

יחד עם זאת, לא כל הטכנולוגיות של אנרגיות מתחדשות מתאימות ליישום נרחב בישראל, אם בכלל, בין היתר בשל המגוון הביולוגי יוצא הדופן שלה המוכר כבעל חשיבות עולמית, אשר עשוי להיפגע קשות בפיתוח לא מושכל של אנרגיות מתחדשות. מתקנים סולאריים על גגות מנגד לא פוגעים במגוון הביולוגי שכן אינם מצריכים הקצאת קרקעות ואינם קוטלים בעלי כנף. בנוסף, הם בעלי יתרונות רבים נוספים ובכלל זאת חוסכים בתשתיות הולכה ומפחיתים את איבוד האנרגיה ברשת, מסייעים להוזלת יוקר המחיה דרך צמצום עלויות החשמל לצרכנים רבים ועוד. **לפיכך, בפיתוח האנרגיות המתחדשות בישראל, יש לתת עדיפות ברורה למתקנים סולאריים על גגות ובשטחים בנויים.**

מספר עבודות שנעשו בישראל, מראים כי ישנם שטחי גגות נרחבים בעלי פוטנציאל רב לייצור חשמל סולארי, כדי אספקת עשרות אחוזים מהחשמל בישראל. אם כן, **ביישום נרחב של גגות סולאריים ניתן להכפיל את היעדר הממשלתי של 17% אנרגיות מתחדשות עד שנת 2030 ולהגיע להיקפי ייצור של חשמל מאנרגיות מתחדשות בהיקף כולל של 34%-27%.**

**לשם כך, דו"ח זה גיבש את המדיניות הרצויה והכלים הנדרשים ליישומה** (ראו פירוט בטבלה המסכמת של פרק 6) **על מנת להביא לניצול הגגות לייצור חשמל סולארי נקי בהיקף נרחב.** יש לקבוע יעדי הקמה וחיבור של גגות סולאריים בהיקף של כ-3,700 מ"ו לכל הפחות עד שנת 2030, כאשר חלק בלתי מבוטל מהם ניתנים למימוש באם יוחלט על חיוב התקנת פאנלים סולאריים במסגרת בנייה חדשה. כמובן שאין די בכך ויש צורך לעודד הקמת מתקנים סולאריים על גגות מבנים קיימים, ולכן יש לטייב את האסדרות הקיימות, ובראשן "מונה נטו" ובפיתוח והשקת אסדרות נוספות, שתהיינה כלכליות ובעלות היתכנות למימון על ידי גופים מממנים, ובמקרים הנדרשים על המדינה לספק ערבויות מדינה וקרנות להקמת מערכות סולאריות. יש לתת את הדעת לסקטורים ייחודיים בעלי פוטנציאל רב של גגות אשר נדרשים להתייחסות מיוחדת ובכלל אלה רשויות מקומיות, נכסים ממשלתיים, דיור ציבורי ובתי מגורים משותפים. כמו כן, לאור המורכבות בהקמת גגות סולאריים יש לספק מערך ליווי לבעלי הגגות, אשר יסייע להם בניצול משאב הגג שברשותם לטובת ייצור חשמל נקי, וכן לפעול לפרסום והעלאת המודעות בקרב הציבור, מקבלי החלטות ואנשי מקצוע. בראייה צופה פני עתיד- על הממשלה לפעול כבר כעת לגיבוש המדיניות לשילוב מתקני אגירה אשר יהוו מפתח לעולם בו ניתן יהיה לשלב אנרגיה סולארית על גגות בהיקפים חסרי תקדים. **את כל הצעדים האלה, וצעדים נוספים, על משרד האנרגיה להביא בפני הממשלה כהצעת החלטה מפורטת אשר תקבע את המדיניות, הכלים, בעלי הסמכות ובעל האחריות למעקב אחר היישום. החברה להגנת הטבע תשמח לקחת חלק בתהליכי חשיבה, בשולחנות עגולים, בצוותי חשיבה או בכל מסגרת אחרת שתהווה בסיס לגיבוש ופירוט המדיניות והכלים לשילוב גגות סולאריים במשק החשמל.**

**מימוש מדיניות זו, תאפשר למדינת ישראל להיות שותפה למאמץ העולמי, תוך הפחתת זיהום האוויר בישראל, המרצת הכלכלה ויצירת מקומות תעסוקה, הגדלת השתתפות התושבים ב"פירות" הכלכליים של אנרגיות מתחדשות, צמצום התלות בדלקים מתכלים והגברת העצמאות האנרגטית, וכל זאת כמעט ללא עלויות סביבתיות ותוך שמירה על המגוון הביולוגי יוצא הדופן של ישראל ועל השטחים הפתוחים המועטים שלה.**



## 8. נספחים

**נספח א': מתקנים קיימים, בתהליכי תכנון/אישור או בתהליכי הקמה שצפויים לפעול עד שנת 2020**

המתקנים שיוקמו או שצפויים לקום ולהתחיל לספק חשמל עד שנת 2020, שכן לא צפויים קשיים משמעותיים במימוש שלהם, כוללים:

1. מכסות סולאריות שמוצו ובכלל אלה מכסות למתקנים גדולים, בינוניים וקטנים, אתר אשלים, מכסת "מונה נטו" (תחת הנחה של מימוש מלא) והמכרז על התעריף שתוצאותיו פורסמו במרץ 2017, כפי שמפורט בטבלה שלהלן:

מכסה רשות החשמל	מכסה (MW)	טכנולוגיה	ייצור חשמל (TWH)
מכרזי קרקע (תמנע)	60	PV	0.11
מכרזי קרקע (אחר)	60 (רק 16 מומשו)	PV	0.03
מכרז אשלים	302	PV ותרמו-סולאר	0.9
תרמו מוסב ל-PV	180	PV	0.32
הולכה	200	PV	0.38
בינוני	300	PV	0.52
"מונה נטו"	400	PV	0.68
קטנים	310	PV	0.53
מכרז תעריף שנת 2017	234	PV	0.45
			<b>סה"כ: 3.92 TWH</b>

סך ייצור חשמל שנתי במתקנים אלו מוערך בכ-3.92 TWH.

2. כ-35 מ"ו (כמחצית מהמכסה הקיימת) של מתקני ביוגז (לא כולל מתקנים שייטכן ויוקמו בתחנות הכוח של חברת החשמל) שניתן לצפות כי יוקמו.

סך ייצור חשמל שנתי במתקנים אלו מוערך בכ-0.21 TWH.

3. טורבינות רוח- לצורך עבודה זו נלקחה הערכה זהירה ביותר של מימוש, ולפיה למעט התכניות הקיימות בסיריון, גלבווע ובגולן, תמומש תכנית עמק הבכא המאושרת בלבד. התכניות הללו יסתכמו בכ-130 מ"ו:

סך ייצור חשמל שנתי במתקנים אלו מוערך בכ-0.34 TWH.

**סך הכל, ייצור החשמל השנתי במתקנים קיימים כיום, מאושרים או בתהליכים מתקדמים שימומשו עד 2020 מוערך בכ-4.47 TWH.**

**נספח ב': מתקנים קיימים, בתהליכי תכנון/אישור, בתהליכי הקמה והערכות ליישום של מתקנים, שצפויים לפעול עד שנת 2030**

- מכסות סולאריות כפי שמפורטות בטבלה בסעיף מספר 1 בנספח א'.  
סך ייצור חשמל שנתי במתקנים אלו מוערך בכ-3.92 TWH.
- תכניות שאושרו במוסדות התכנון השונים<sup>42</sup> שלא נכנסו לאחת מהמכסות שפורסמו עד כה, כולל תכנית למתקן סולארי בסמוך לדימונה שמקודמת בוועדה לתשתיות לאומיות<sup>43</sup>:

תכנית	הספק	טכנולוגיה	שנת 2030
פוטנציאל בתכניות מאושרות	395	PV	0.7
דימונה	400	PV	0.76
			<b>סה"כ: 1.46 TWH</b>

סך ייצור חשמל שנתי במתקנים אלו מוערך בכ-1.46 TWH.

- כ-70 מ"ו של מתקני ביוגז (כגודל המכסה הקיימת) (לא כולל מתקנים שייתכן ויוקמו בתחנות הכוח של חברת החשמל) שניתן לצפות כי יוקמו.  
סך ייצור חשמל שנתי במתקנים אלו מוערך בכ-0.42 TWH.
- טורבינות רוח- אמנם המכסה עומדת על 730 מ"ו אך בפני הקמת טורבינות רוח עומדים קשיים שונים. ישנו קושי להעריך כמה מתוך המכסה ימומש. לצורך החישוב נלקח מימוש חלקי שמרני של כשני שלישי מהמכסה, דהיינו כ-486 מ"ו:  
סך ייצור חשמל שנתי במתקנים אלו מוערך בכ-1.27 TWH.

**כלל ייצור החשמל במתקנים קיימים כיום, מאושרים או בתהליכים מתקדמים והערכות לייצור בשל מימוש נוסף עד שנת 2030 עומד על כ-7.07 TWH לשנה.**

בנוסף לאלו, משרד האנרגיה וחברת חשמל בוחנים שילוב של שריפת כופתאות גזם בתחנות הכוח הפחמיות ואם אכן תכנית זו תצא אל הפועל, גם היא תוסיף למצבת ייצור החשמל ממקורות מתחדשים. הערכות הן כי מדובר על הספק של כ-100 מ"ו, אשר עשוי לספק כ-0.66 TWH<sup>44</sup> ויישומה ייתר את הצורך ב-371 MW סולארי. יחד עם זאת, בעבודה זו, לא נתייחס לתכנית זו ככזו שניתן להסתמך עליה. במידה והתכנית תצא אל הפועל, יהיה ניתן לצמצם את ההספקים הנדרשים בתכניות אחרות, או שיהיה ניתן להגדיל את היעד לשנת 2030.

42. תכנית מתאר ארצית למתקנים פוטו וולטאיים תמ"א 10-ד/10- בחינת יישום התכנית והצורך בעדכונה בחלוף 4 שנים מאישורה, מינהל התכנון, 2015. במסמך זה סכימה של כלל התכניות שלא נכנסו למכסות הקיימות. מסך התכניות הללו הופחת ההספק של התכניות אשר נכנסו למכסת המכרז על התעריפי שתוצאותיו פורסמו במרץ 2017.

43. יזם התכנית, משרד האנרגיה, הציג תכנית של כ-500 מ"ו, אך חלקה חופף לחווה חקלאית. ייתכן ובסופו של דבר לא יהיה ניתן לקיים את האתר בשטח החווה ולכן עשויים להיגרע כ-100 מ"ו. החישוב כאן שמרני ומבוסס על תכנית של כ-400 מ"ו.

44. זאת תחת הנחה כי ההספק ימומש בהיקף של כ-75% מהשעות בשנה.

