

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

מעבר למשק חשמל זל פחמן

ינואר 2022

בחינה טכנית-כלכלית להעמקת יעדי
האנרגיות המתחדשות ומפת הדרכים
ליישומן עד לשנת 2030



הוכן ע"י:

ד"ר גיל פרואקטור, ד"ר רותי קירו

המשרד להגנת הסביבה

רון קמרה, אברי שכטר

חברת אקוטריידרס בע"מ

שמעון פרנט

יאשה חאין, אברהם פל

Ydan enterprise LTD

הפורום הישראלי לאנרגיה

סיוע בהכנת הדו"ח:

שולי נזר, אילה גלדמן, פנינה (פרל) קפלן, רן אברהם, ג'רמי בן-שלום, אביטל עשת

המשרד להגנת הסביבה

איתן פרנס, דין רז

איגוד חברות אנרגיה ירוקה לישראל

ערן טל

וולטה סולאר בע"מ

הילה חדד

נתיבי ישראל

שי פורת

חברת ענבר אנרגיה סולארית

אייל בהרב

גולן סולאר בע"מ

חוני קבלו, שמרית יסער

אנלייט אנרגיה מתחדשת בע"מ

מאיה קרבטרי

פורום ה-15

עמיחי דרורי

מרכז השלטון המקומי

גל שופרוני

רשות החשמל

תמצית התקציר

המערכת ושיפור הבטחון האנרגטי נדרש להתקין כ- 5.5 גיגה- ואט הספק אנירה (קיבולת- 33 גיגה- ואט שעה). העבודה מראה לראשונה כי הספקי ההשנאה ברשת החלוקה הצפויים ב-2030 יספיקו לקליטת 40% אנרגיות מתחדשות. העבודה מגדירה את הפעולות האופרטיביות הנדרשות לשמירה על שרידות המערכת, ובדגש על: קביעת סדר עדיפויות מוכוון מתחדשות בפיתוח הנוכחי של מערך השנאים, פעולות רגולציה לרבות הכפפת יחידות פרטיות Must Take למנהל המערכת, אחידות בקריטריון העומס על השנאים, רגולציה המאפשרת אגרגטורים הכפופים למנהל המערכת והשקעות בהיקף מצטבר של כ-1 מיליארד \$ במערכות שליטה, בקרה וניטור על רשת החלוקה. תוצאות העבודה מראות כי המשק ירוויח כ-6 מיליארד \$ עד 2030 מהעלאת שיעורי המתחדשות וייתר הצורך בהקמת תחנות כוח פוסיליות חדשות נוספות מעבר למאוסרות היום עד לשנת 2030. לסיכום, העבודה מציגה כי קיימת היתכנות למעבר למשק חשמל דל פחמן, על ידי מתווה של צעדים אופרטיביים, כבר בעשור הקרוב.

על מנת להתמודד עם משבר האקלים וכחלק מההסכמים הבינלאומיים אשר הושגו בוועידת האקלים בגלזגו בסוף 2021 נדרשת הממשלה להעמיק את היעדים להפחתת פליטות גזי חממה עד לשנת 2030, ולעדכן את תכנית הפעולה ליישומן. משק החשמל הוא המקור העיקרי לפליטת גזי חממה ומזהמי אוויר בישראל וחיבתו תתעצם אף יותר בעקבות תהליכי חשמול התחבורה והתעשייה. על כן, יש צורך בהאצה של הפחתת הפליטות ממשק החשמל בעשור הנוכחי באמצעות העלאת שיעורי היצור מאנרגיות מתחדשות. עבודה טכנית-מערכתית וכלכלית מקיפה שביצע המשרד להגנת הסביבה מראה כי ניתן להעלות את שיעורי האנרגיות המתחדשות המיוצרות על גבי השטחים המבונים, כך שישראל תוכל לשמור על השטחים הפתוחים והמערכות האקולוגיות החיוניות. מהעבודה עולה כי ניתן טכנית ותפעולית-מערכתית להעמיק את היקפי הפחתת פליטות גזי החממה ממשק החשמל ל 42% הפחתה בשנת 2030 במקום היעד הנוכחי של 30%. הפחתה זו תושג באמצעות הגדלת שיעור המתחדשות ל 40%, שהם כ-23 גיגה ואט הספק ברובו סולארי על רשת החלוקה, אשר יותקנו על גבי שטחים מבונים כמו גגות, חניונים, מאגרים, בתי עלמין ותשתיות. לצורך שמירה על שרידות



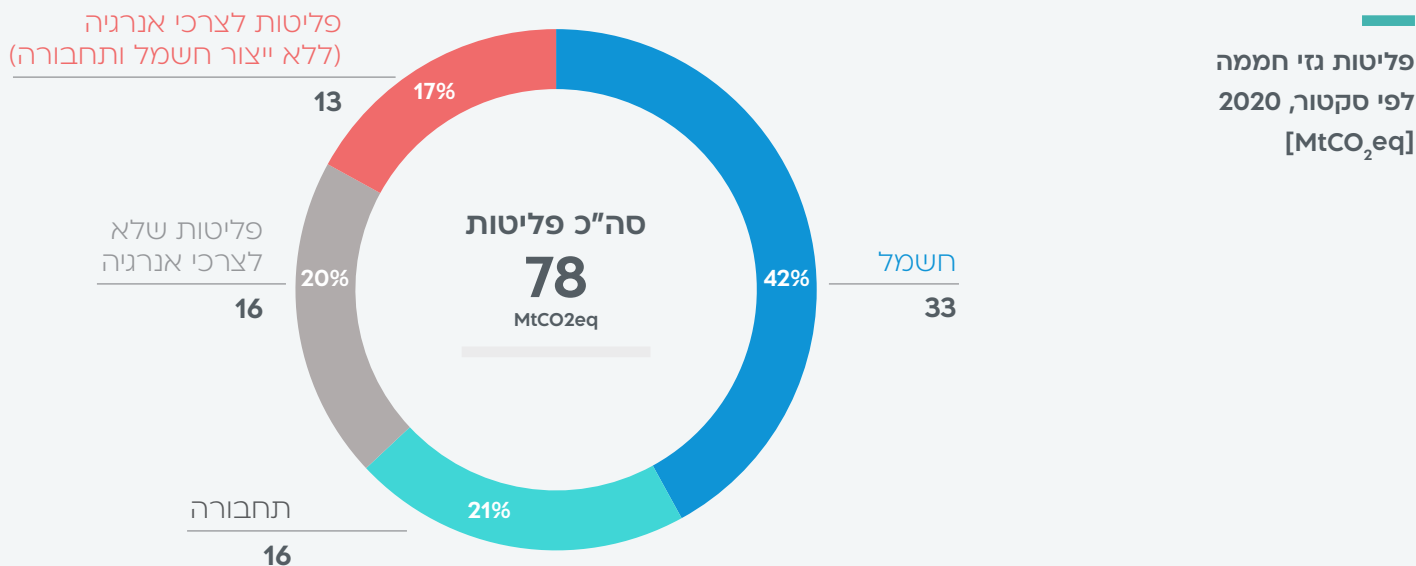
חשיבות משק החשמל לישראל דלת פחמן

משק החשמל הוא המשפיע המרכזי על פליטות גזי חממה ועל משבר אקלים

המחויבות הבינלאומית של הממשלה היא לפעול למעבר לכלכלה נקיה, בריאה ומשגשגת. ישראל הצטרפה למדינות העולם המפותחות והתחייבה לאיפוס נטו של פליטות גזי החממה בשנת 2050, בהתאם להכרזת ראש הממשלה, נפתלי בנט, ביום ה-1 בנובמבר 2021, בוועידת האקלים בגלגו. המשמעות המעשית המרכזית של מחויבות זו היא שעל ישראל לסיים את תלותה במקורות האנרגיה הפוסילים, נפט, פחם וגז, ולעבור למשק חשמל מבוסס אנרגיות מתחדשות ואגירה. בנוסף, בהסכמי ועידת גלזגו נקבע כי כל המדינות, לרבות ישראל, נדרשות לבחון ולעדכן בתוך שנה את יעדי הפחתת פליטות גזי חממה לשנת 2030 כך שיעמדו בהלימה עם הצורך הגלובאלי להפחתה של 45-50% מפליטות גזי חממה בעשור זה.

סקטור החשמל בישראל, כמו בכלכלות מפותחות רבות אחרות, הוא מקור הפליטה העיקרי של פליטות גזי חממה ומזהמי אוויר. חשיבותו של סקטור זה צפויה להתעצם אף יותר בעקבות המעבר של סקטור התחבורה וחלקים משמעותיים מהתעשייה לשימוש בחשמל כמקור האנרגיה העיקרי שלהם.

תרשים 1: פליטות גזי החממה בישראל, MtCO₂eq, 2020¹



המעבר העולמי למשק חשמל דל פחמן, המבוסס על שילוב אנרגיות מתחדשות ואגירה, מהווה את הבסיס לאסטרטגיית המעבר העולמי לכלכלה דלה עד מאופסת פליטות גזי החממה.

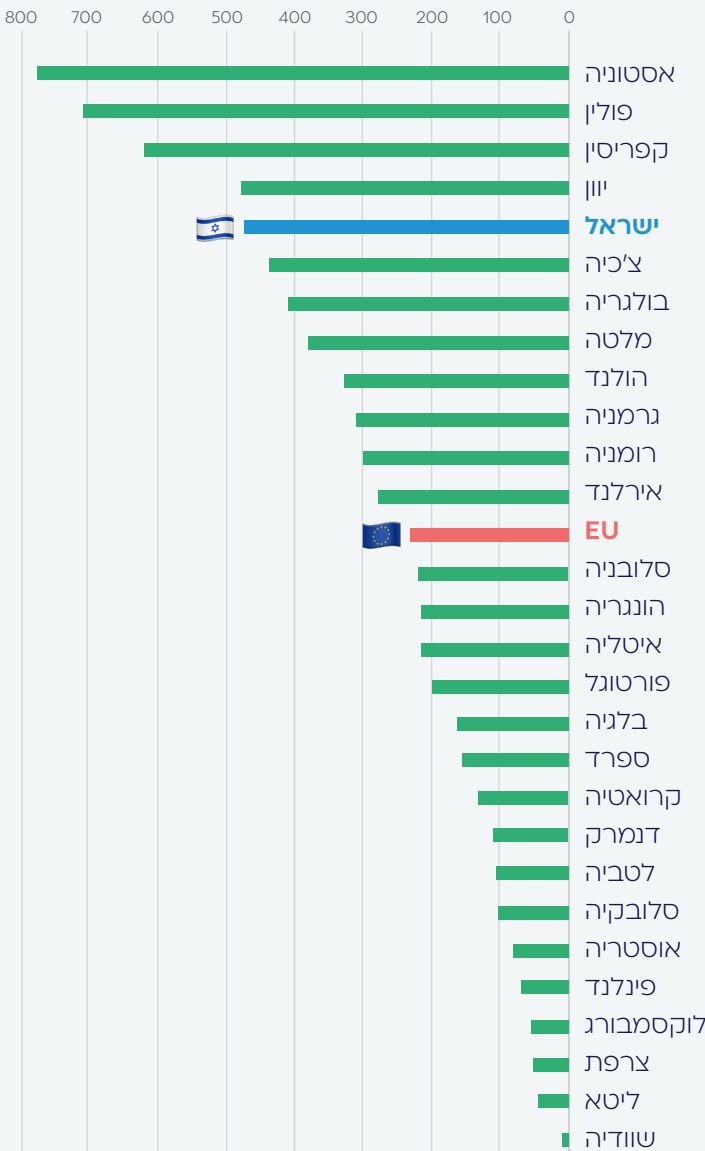
¹ מערך לאומי לניטור, לדיווח וליאמות פליטות גזי חממה (MRV), המשרד להגנת הסביבה, 2020. פליטות של מזהמי אוויר משריפת דלקים, למ"ס 2020.

בישראל שיעור האנרגיות המתחדשות נמוך ועצימות הפליטות גבוהה ביחס למדינות האיחוד האירופי

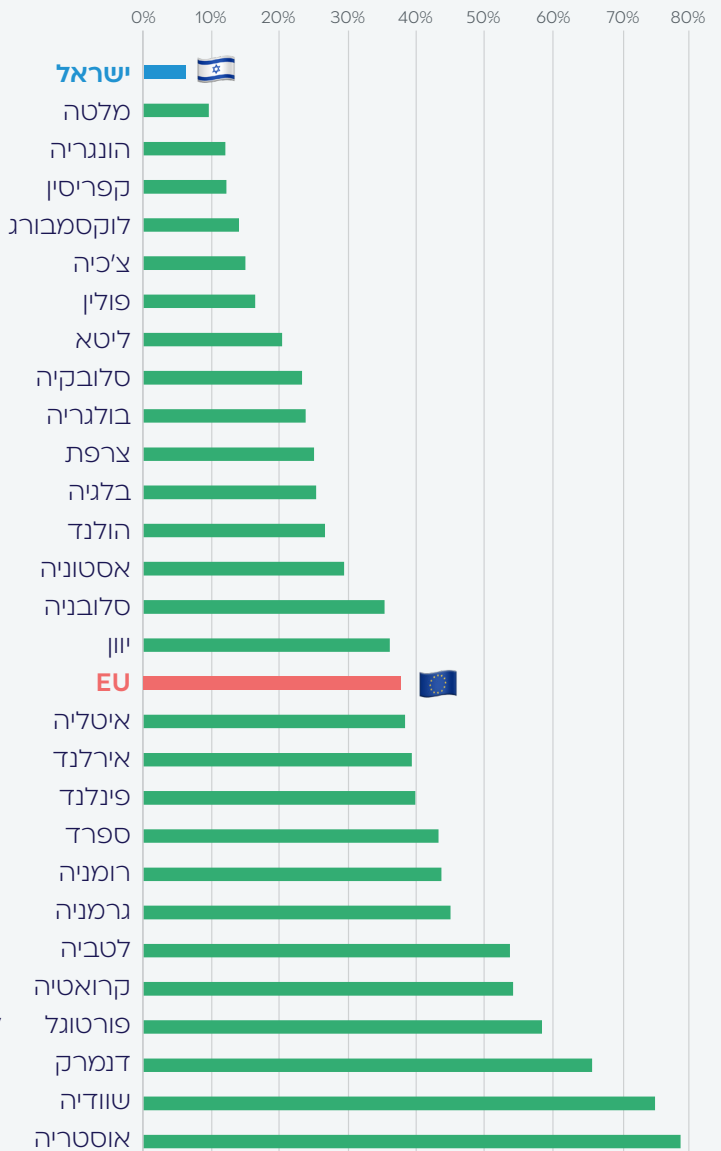
שיעור האנרגיות המתחדשות בתמהיל הדלקים המשמש לייצור חשמל בישראל נמוך משמעותית ממרבית מדינות ה-OECD האחרות. בשנת 2020 אחוז המתחדשות בישראל היה כ-6%, לעומת הממוצע האירופי של 37%, כפי שניתן לראות בתרשים 2. התרומה הנמוכה של מתחדשות לתמהיל יצור החשמל בישראל באה לידי ביטוי במדד עצימות הפליטות לקוט"ש חשמל מיוצר בישראל (כמות גזי חממה הנפלטים בממוצע לקילוואט שעה מיוצר). בישראל נפלטים כמעט פי 2 יותר פליטות גזי חממה בממוצע לכל קוט"ש מאשר באיחוד האירופי. בהסתכלות קדימה מדינות רבות כמו הוואי, דנמרק, בליז, פורטוגל, גואטמלה, ספרד, גרמניה ומדינות נוספות קבעו יעדי פליטות גזי חממה בממוצע של 100% עד 2050 והעלו בהתאם את יעדי הביניים שלהם ל-50% ואף יותר לשנת 2030, מתוך הצורך לעמוד ביעדי הפחתת הפליטות המשקיים שלהן כבר בעשור הנוכחי.

תרשים 2: אחוז המתחדשות ועצימות הפליטות לקוט"ש באיחוד האירופי בשנת 2020²

עצימות פליטות גז"ח בשנת 2020
מייצור חשמל [gCO₂eq/KWh]



שיעור אנרגיות מתחדשות מתוך סך צריכת החשמל בשנת 2020



מטרת עבודה זו היא בחינת ההיתכנות והצעדים האופרטיביים הנדרשים על מנת להעמיק את הפחתת הפליטות במשק החשמל כבר בעשור הקרוב, באמצעות העלאת שיעורי החדירה של אנרגיות מתחדשות בשילוב אנרגיה.

לצורך כך הקים המשרד להגנת הסביבה צוות מקצועי המורכב מגורמי מקצוע בעלי ניסיון רב בתכנון וניהול משק החשמל ורשת החלוקה בישראל. העבודה בוצעה בשלבים המרכזיים הבאים:

1. ניתוח טכני ותפעולי של מערך הייצור ורשת החלוקה, תוך אפיון האתגרים הצפויים בניהול מערכות אלו, בהתבסס על מתקני אנרגיה מתחדשת מבזרים כמו גם את הפתרונות האפשריים.
2. ביצוע סימולציות שעתיות של פעולת מערך הייצור והפעלת מודל אופטימיזציה כלכלית.
3. זיהוי האתגרים הצפויים בניהול מתקני אנרגיה מתחדשת ואנרגיה מבזרים, והצעה לפתרונות.
4. בחינה כלכלית למעבר למשק חשמל זל פחמן אל מול חלופת היעד הנוכחי, 30% אנרגיות מתחדשות בשנת 2030.
5. זיהוי חסמים העומדים בפני השוק ליישום וחדירה של שיעורי אנרגיה מתחדשת במרחב המבונה.
6. גיבוש הפעולות ואמצעי המדיניות הנדרשים בכדי לשלב אנרגיות מתחדשות במרחב המבונה, ולהתגבר על החסמים שזוהו, בין השאר, על ידי ראיונות עם מומחים מחברות אנרגיות מתחדשות בישראל, המלצות משיתוף ציבור שנעשה ע"י רשות החשמל ועבודת הצוות המקצועי של המשרד.



מטרת העבודה ומתודולוגיה



הרקע לכתיבת הדוח
השקת מהלך מעבר ישראל
לכלכלה דלת פחמן

משק החשמל הוא המשפיע
המרכזי על פליטות גזי חממה

ינואר 2022

עבודה מקיפה הכוללת
מענה בנושא רשת החלוקה

יוני 2020

בחינת אגירה כחלופה
להספק קונבנציונאלי

ינואר 2020

בחינת פוטנציאל ייצור
סולארי בשטחים מבונים

דוחות

ניתוח מקטע
הייצור



הקמת צוות
מומחים



גיבוש
מתודולוגיה



מתדולוגיית
כתיבת הדוח

ניתוח מקטע
החלוקה



ניתוח
כלכלי



זיהוי חסמים
ואפיון פתרונות



גיבוש אמצעי
מדיניות



האתגרים והצעדים הנדרשים בעשור הקרוב לשילוב אנרגיות מתחדשות במרחב המבונה

התאמת מערך הייצור לשילוב אנרגיות מתחדשות

ביסוס מערך ייצור החשמל על אנרגיה סולארית ממערכות PV צפוי לייצר מספר אתגרים מרכזיים למקטע הייצור: (1) קיטום (אי ניצול) של הייצור הסולארי (2) שינויים חדים בעומס השיורי (עקום הביקוש השעתי לחשמל, אשר מתקבל בעקבות ניכוי, מעקום העומס המקורי, של החשמל שמסופק על ידי מתקני אנרגיה מתחדשת בכלל ומערכות PV בפרט). הסיבות לאתגרים אלו מובאות להלן:

- מערכות PV מייצרות חשמל בהתאם לשעות השמש ועוצמת הקרינה, המשתנה בין שעות היממה ובין עונות השנה, לעיתים אין התאמה בין פרופיל הייצור הסולארי לבין צרכי המערכת בכלל ופרופיל הביקוש לחשמל בפרט.
- תיעדוף ייצור בתחנות כוח קונבנציונאליות על חשבון האנרגיה הסולארית, וזאת משתי סיבות עיקריות:

1. מגבלות טכניות של תחנות הכוח, ובייחוד ההספק המזערי בו ניתן להפעיל את היחידה, זמן הפעלה והפסקה מינימלי. כתוצאה מכך, תחנות כוח שאינן ניתנות להפעלה מתחת להספק מסוים ואשר דורשות זמן רב לכיבוי והתנעה מחדש פועלות במשטר Must-Run גם על חשבון קליטת אנרגיה סולארית. מגבלות נוספות שמביאות להפעלת תחנות כוח קונבנציונאליות גם במחיר אי ניצול חשמל סולארי הן קצב עליית ירידת הספק מרבי, וזמני התנעה מינימליים.

2. מגבלות רגולטוריות-מסחריות המחייבות את מנהל המערכת לתעדף חשמל אשר נמכר על ידי יצרני חשמל פרטיים לצרכני חשמל ספציפיים במסגרת הסכמים בילטרליים (הספק Must-Take).

- שמירה על גמישות הייצור בזמן אמת עקב אי וודאות בתחזית הביקוש השעתי, המחייבת את מנהל המערכת להבטיח את יכולת המערכת להוריד (Footroom) או להעלות (Headroom) את ההספק במערכת בהתאם לביקוש בפועל.
- תגובה לשינויי תדר- הפסקה מאולצת של יחידת ייצור גורמת לירידת תדר, ולשם ייצוב התדר יש צורך בהעלאת ההספק ביחידה אחרת.

הניתוח הטכני-תפעולי- והסימולציות הטכנו - כלכליות שבוצעו במסגרת עבודה זו, הראו כי ניתן לשלב אנרגיות מתחדשות ע"י הקמת מתקני אנרגיה הנשלטים על ידי מנהל המערכת, גיבוש דרישות לשליטת מנהל המערכת במתקני PV, גיבוש מסגרת רגולטורית לאספקת שירותים נלווים (ancillary services) ע"י מתקני אנרגיה ו-PV, העברת כל היצרנים לשיטת העמסה מרכזית, תזמון תחזוקת תחנות כוח תוך התחשבות בייצור סולארי עודף, הקמת מערך חיזוי סולארי מתקדם המותאם לצרכי המערכת ויישום מערכת ושיטות מתקדמות לחיזוי ביקושים לחשמל. אמצעים אלו יסללו את הדרך למעבר ישראל למשק חשמל דל פליטות.

התאמת רשת החלוקה לשילוב אנרגיות מתחדשות במרחב המבונה

שילוב אלפי מגה וואט של אנרגיות מתחדשות בישראל, בעת זאת, מתייחס בעיקר לשילוב של מערכות PV. על מנת לצמצם את הפגיעה בשטחים פתוחים ולקרוב את ייצור החשמל לאזורי הביקוש, יש לפעול לשילוב מערכות אלו בשטח המבונה אשר ישפיע באופן ניכר על רשת החשמל, ובפרט על רשת החלוקה במתח גבוה ומתח נמוך. לפיכך, יש לאפשר את המשכיות ההפעלה הטכנו-כלכלית האופטימלית של המערכת כולה, תוך שמירה על שרידות, אמינות, יעילות ובטיחות המערכת. זאת באמצעות הפעולות הבאות:

א. שמירה על יחס הספק מתקן סולארי- שנאי - השינוי העיקרי הנדרש ברשת החשמל הוא מעבר מרשת חלוקה רדיאלית המאופיינת בזרימת אנרגיה מתחנות כוח לצרכנים, לרשת דו-כיוונית המאפשרת זרימות עומס מהצרכן לרשת ובין הצרכנים השונים. שינוי זה עלול לגרום לפגיעה בתפקוד התקין של מערכות ההגנה ברשת החשמל ויצירת עומס חריג על המערכת. אתגרים אלו יתרחשו רק כאשר ההספק הכולל של מערכות הפאנלים הסולאריים המחוברות לנקודה מסוימת במערכת החלוקה גדול מההספק המרבי שרכיבי המערכת הקיימים יכולים לשאת באותה נקודה. כלומר, שמירה על יחס הספק מתקן סולארי להספק השנאי מוגדר, נדרשת על מנת להצליח לחבר פאנלים סולאריים לרשת החלוקה.

כבר כיום, בנקודות מסוימות מגבלה זו מונעת את החיבורים של מתקני הפאנלים הסולאריים. לכן, יכולת ניצול מלוא פוטנציאל ההתקנה ברשת החלוקה כרוכה ביישום מוצלח של תכנית חברת החשמל לשדרוג קווי הרשת אשר תגדיל את היקף הפאנלים הסולאריים שניתן להתקין ברשת החלוקה, כמו גם פיזור גאוגרפי אופטימלי של המתקנים באזורים שונים במדינה על מנת להימנע מעומסי יתר בתחנות משנה. כמו כן, התקנת האגירה במקומות האופטימליים במתח הנמוך והגבוה, לצורך הבטחת הגמישות הנדרשת במערך הייצור, אף היא נותנת מענה להקלת העומסים ברשת ותגדיל משמעותית את פוטנציאל ההתקנה.

ב. ניהול מערכת מבוצרת ברשת החלוקה ע"י המערכת הארצית (אגרגטורים) - בכדי לייצר את היכולות הטכניות שיאפשרו את ניהול המערכת המבוצרת, יש לפעול להשקעה בתשתיות הבאות:

- ניהול השקעה בתוכנה והטמעת מערכת DMS (Distribution Management System) אשר תאפשר מעקב אחר ייצור והביקוש לחשמל ותאפשר אופטימיזציה של התהליך, עבור רשת החלוקה.
- השקעות בחומרה, חיבור כלל מערכות הפאנלים הסולאריים ואגירה ברשת החלוקה למערכת זו, וזאת בכדי לאפשר ניהול מרכזי של המערכות המבוצרות בחבילות של כ-50 עד 100 מגו"ט עבור שירותי מערכת.

מסקנות העבודה הראו כי הספק השנאים המתוכנן ע"פ תכנית השדרוג הקווים הצפויה של חברת חשמל ותוספת אגירה במקומות הייעודים מאפשרים מבחינה טכנית ותפעולית שילוב האנרגיות המתחדשות במרחב המבונה, תוך הבטחת הפעולה התקינה של רשת החלוקה, עם השקעות תוספתיות מועטות ויצירת אסדרות רגולטוריות שיאפשרו זאת.

טבלה 1: סיכום פוטנציאל ההספק למערכות PV במתח נמוך וגבוה ב-2030

מקטע רשת החלוקה	הספק שנאים קיים ל- 2019 (גיגה-וולט אמפר)	הספק שנאים מתוכנן ל- 2030 (גיגה-וולט אמפר)	פוטנציאל התקנה מערכות סולאריות (גיגה-וואט)
מתח נמוך	25.3	31	24.8
מתח נמוך	22.3	28	22.4
פוטנציאל חדירה אפקטיבי	-	-	22.4

העלאת יעדי האנרגיות המתחדשות של ישראל בעשור הקרוב

יעד האנרגיות המתחדשות הקיים לשנת 2030 בשיעור של 30% אינו מספק להצבת המשק במסלול להפחתת פליטות גזי חממה העומד בהלימה לשאר מדינות ה-OECD ולצורך להעמקת היעדים של ישראל לשנת 2030. מהעבודה עולה כי ישנה היתכנות טכנית-מערכתית להעלות את יעדי האנרגיות המתחדשות ל 40% בשנת 2030 ללא תוספת עלות משקית, ואך השגת חיסכון משמעותי למשק.

מצב ב-2020 | 5.7%

1.5 GW מאושרת לשנת 2021
3.5 GW הספק קיים לשנת 2021

0.3 GW אגירה קיימת
2.5 GW הספק קיים

33 מיליון tCO₂e
פליטות משק חשמל

יעד כלכלי חדש מופחת פליטות ל-2030 | 40%

5.5 GW אגירה
18-23 GW הספק הנדרש

23 מיליון tCO₂e
פליטות משק חשמל

3.5 GW אגירה
17 GW הספק הנדרש

יעד ל-2030 | 30%

26 מיליון tCO₂e
פליטות משק חשמל
מקור הנתונים: מידול משרד האנרגיה

מקור הנתונים:

מודל האופטימיזציה כלכלית למערך הייצור / מידול משרד האנרגיה / מידול המשק להגנת הסביבה



מימוש הפוטנציאל לאנרגיות המתחדשות במרחב המבונה

ניתן להגיע ל-40% אנרגיות מתחדשות בשטח המבונה

הגדלת יעדי המתחדשות, ובפרט הגדלה משמעותית של אנרגיה סולארית צריכה להיות מוכוונת לידו שימוש, בדגש על המרחב המבונה, זאת, בין היתר, על מנת למזער את הפגיעה בשטחים הפתוחים, לתרום לביטחון האנרגטי, לקרב את הביקוש לצריכה ולחסוך בתשתיות רשת.

עבודות קודמות של המשרד מראות כי הפוטנציאל להתקנת מערכות סולאריות על גבי מבנים ושטחים בנויים הצפויים להיות ב-2030 נאמד בכ-24 ג'י'ט (גיגה-ואט). אלו צפויים לייצר בממוצע 38 טרה-ואט שעה בכל שנה. כלומר, מימוש פוטנציאל זה יאפשר לייצר 43% מצריכת החשמל בישראל בשטחים מבונים בלבד ב-2030. מלבד זאת, קיים פוטנציאל נוסף בידו שימוש כמו אגרו-ולטאי ובסוגי אנרגיות מתחדשות אחרים כמו רוח³.

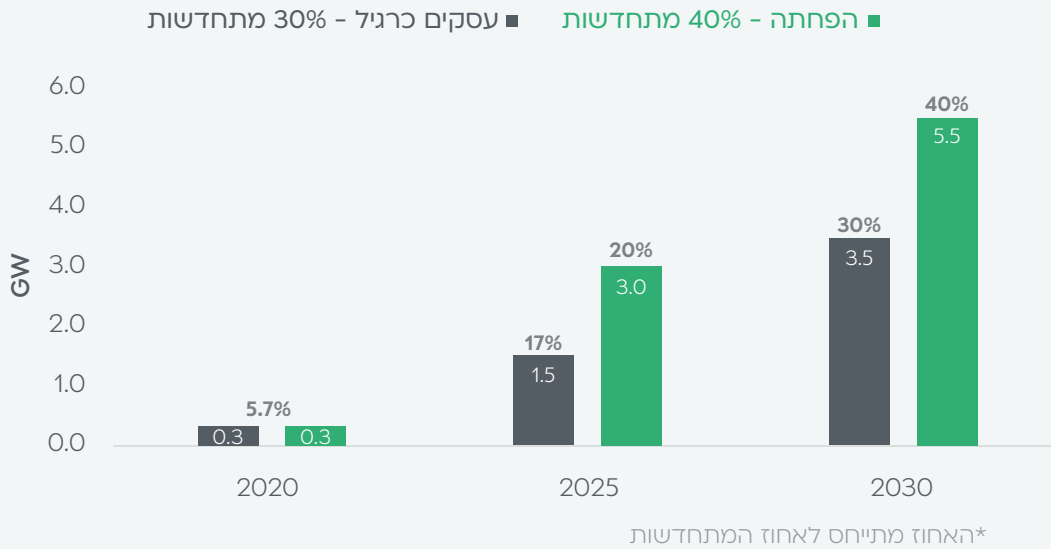
פוטנציאל השטח גדול ביחס לסה"כ הנדרש ל-40% מתחדשות

פוטנציאל בידו-שימוש (אגרו-ולטאי) ופוטנציאל בשטח הפתוח (20,000 דונם, כ-2 GW)



האגירה היא מרכיב הכרחי להעמקת שיעור המתחדשות, וע"פ מודל האופטימיזציה הטכנו-כלכלי בעבודה זו, תוך התייחסות למערך הייצור והשקעות ברשת, ההספק האגירה הנדרש בשנת 2030 נאמד בכ-5.5 גו"ט (כ-33 גוט"ש).

הוספת מתקני אגירה הכרחית לקליטת האנרגיות המתחדשות

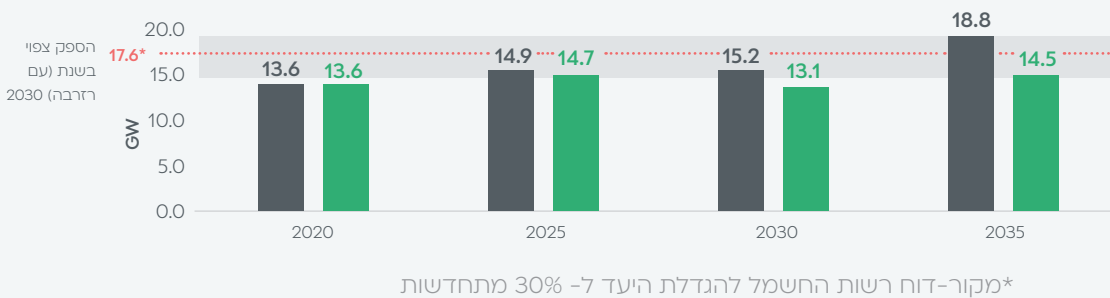


הספק אגירה

תרשים 3: תוצאות המודל להספק האגירה הנדרש עד שנת 2030

תוצאות המודל האופטימיזציה הטכנו-כלכלי, וניתוח ההשפעות הכלכליות מראות כי לא נדרש הספק ייצור קונבנציונלי חדש בעשור הקרוב. הספק הקונבנציונאלי שיידרש בשנת 2030 עומד על כ-15 גיגה-ואט (ללא רזרבה) בתרחיש עסקים כרגיל ועל כ-13 גיגה-ואט (ללא רזרבה) בתרחיש הפחתה.

שילוב אנרגיות מתחדשות ואגירה מייטרים את הצורך בהקמת תחנות כוח פוסיליות חדשות



תרשים 4: תוצאות המודל להספק הפוסילי (ללא רזרבה) הנדרש עד שנת 2035

יישום יעד זה יעמיק את הפחתת פליטות גזי החממה מסקטור החשמל ביחס לשנת 2015 בכ-42% בשנת 2030⁴. כתוצאה מכך, ניתן יהיה להעמיק את היעד הלאומי הכלל משקי הפחתת פליטות גזי חממה של ישראל מעבר ל-27% הקבועים כרגע.

⁴ בהינתן 95% אנרגיה מתחדשת בשנת 2050

התועלות הנוספות למעבר למשק חשמל דל פחמן

מעבר ל 40% מתחדשות בעשור הקרוב חוסך מיליארדי ₪

ניתוח ההשקעות והתועלות המשקיות במערך הייצור בוצע תוך שימוש מודל סימולציה טכנו-כלכלי, המסוגל לנתח את צרכי משק החשמל באחוזים משתנים של מקורות האנרגיות המתחדשות במטרה לבחון את הספק האופטימלי של אגירה במערכת, היקף ההספק הקונבנציונאלי החדש הנדרש, ואת ההשפעות הכלכליות המשקיות של מפת הדרכים על מערך הייצור (תרחיש ההפחתה). זאת, לעומת תרחיש בו יעדי ייצור החשמל באנרגיה מתחדשת עומדים על 30% בלבד (תרחיש עסקים כרגיל).

ניהול מספר רב של מערכות סולאריות ואגירה מבזרות יחייב תוספות במערכות מחשוב, תקשורת, בקרה ושליטה של הפיקוח האזורי והארצי. המשמעות הכלכלית נאמדת בעלות של כמיליארד ₪ במשך 10 שנים. השקעה זו נדרשת הן בתרחיש עסקים כרגיל המניח 30% ייצור באנרגיות מתחדשות, והן בתרחיש ההפחתה המניח 40% אנרגיות מתחדשות ב-2030.

מסקנות הניתוח מראות כי העלאת שיעור הייצור מאנרגיות מתחדשות בשנת 2030 ל 40% תניב תועלת משקית של כ-6 מיליארד ₪ (ענ"ן) עד שנת 2030. בנוסף לכך, העלאת שיעור הייצור מאנרגיה מתחדשת בין 95%-80% בשנת 2050 תביא להפחתה של עד 91% בפליטות גזי החממה ביחס לשנת 2015, ותניב תועלת של כ-65 מיליארד ₪ (ענ"ן) למשק.

טבלה 2: עלות-תועלת למשק (ענ"ן) מיישום מפת הדרכים, מיליארד ₪

עלות משקית עד שנת 2030 (ענ"ן)			מיליארד ₪
תועלת עודפת	תרחיש הפחתה (40%)	תרחיש עסקים כרגיל (30%)	פרמטר
5.73	196.04	201.77	מערך הייצור
-0.02	1.18	1.16	השקעות בתוכנה וחומרה
5.71	197.22	202.93	סה"כ

מעבר לתועלות אלו, שילוב האנרגיות המתחדשות במרחב המבונה תורם (1) הגברת הביטחון האנרגטי- מקורות האנרגיה המתחדשת מוסיפים חסינות למערך ייצור החשמל לצורך ביטחון האספקה מול איומים ביטחוניים, אסונות טבע, סייבר ועוד. הביזור של מתקני אנרגיה מתחדשת מקטין מאד את הסיכון לפגיעה מערכתית⁵, ובכך תורם לביטחון האנרגטי ואמינות אספקת החשמל; (2) שימור שטחים פתוחים- התקנת מערכות סולאריות בדו שימוש ובפרט בשטח המבונה מונעים פגיעה בשטחים הפתוחים (3) חסכון בתשתיות של דלק גיבוי לתחנות כוח (4) חסכון בצורך בשידרוג רשת החשמל (5) חסכון באיבודי הולכה (6) חסכון בתשתיות הולכה וחלוקה של גז (7) חסכון במיגון ובאבטחה של תשתיות (8) מינוף מקומות עבודה חדשים- בשנת 2019 הערכה העולמית של מספר העובדים בתחום המתחדשות היה 11.5 מיליון, לעומת 11 מיליון של השנה הקודמת⁶.

⁵ <https://www.neaman.org.il/EF37-Energy-security-in-Israel-HEB>

⁶ https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/IRENA_RE_Jobs_2020.pdf

הסרת חסמים במרחב המבונה

מימוש פוטנציאל הייצור הסולארי במרחב המבונה בפועל, מחייב התקנה של מערכות סולאריות על מגוון רחב של מבנים ושטחים וכלל בעלי נכסים שונים. לכל אחד מהשטחים האלו, קיימת רגולציה וסטטוטוריקה שונה, היוצרת חסמים שונים למימוש פוטנציאל הייצור הסולארי. לשם כך, נבחנו החסמים השונים על בסיס הליך שיתוף הציבור שבוצע על ידי משרד האנרגיה ורשות החשמל, ראיונות עם יזמים מענף הסולארי, רשויות מקומיות וגורמי תכנון, תוך התמקדות בחסמים העומדים בפני הקמת מערכות סולאריות בתוך המרחב המבונה. להלן החסמים העיקריים:

חסמי ידע ומדעות

- העדר ידע וכוח אדם לקידום, ליווי ומימוש הפוטנציאל הסולארי, בפרט ברשויות המקומיות
- העדר מודעות ציבורית לשילוב מתחדשות

חסמים סטטוטוריים

- הליך רישום וחיבור מערכות סולאריות אינו אחיד
- תהליך טורי במוסדות התכנון
- הקלות בהיטל השבחה וארנונה, לא חלות על שימוש דואלי, שהוא לא על גג
- העדר תכנון מיטבי בשכונות חדשות

חסמים רגולטורים

- העדר מדיניות ותכנית פעולה לשילוב מתחדשות ואגירה במרחב המבונה
- העדר אסדרה לשירותים נלווים למנהל המערכת ע"י מתחדשות ואגירה
- העדר אסדרה לרכישה ישירה של אנרגיה מתחדשת
- היעדר מדיניות להפחתת השלת אנרגיה בגלל must run-I take

חסמים כלכליים

- פגיעה בכדאיות למתקנים בטווח 100-400 קו"ט (נפתר עד 300)
- כדאיות נמוכה למתקנים הדורשים קונסטרוקציה
- כדאיות נמוכה וחוסר וודאות לחברות להשקיע בנתחי שוק המאופיינים בגגות קטנים בשטח המבונה
- כדאיות נמוכה לחלק מהמתקנים הדואליים

צעדי המדיניות המרכזיים

חלוקה



העלאת מתחדשות ברשת החלוקה

כתיבת דרישות טכניות למענה לעליה בייצור הכוללות: יחס מותאם בין הספק חשמלי של אנרגיות מתחדשות לבין שנאי, פריסה גיאוגרפית מתאימה לשנאים וייעוד המתחדשות למקומות אופטימליים ברשת



טכנולוגיה לשליטה בביזור

הטמעת מערכת (DMS (Distribution Management System ברשת החלוקה, במתח גבוה ומתח נמוך לרבות מחשוב, תקשורת, בקרה ושליטה



ניהול של ייצור מבוזר

מסגרת רגולטורית לחיבור מתקני אנרגיות מתחדשות ומתקני אגירה לניהול מרכזי של המערכות המבוזרות באגרזציה של כ-50 עד 100 מגו"ט



תכנון מיטבי בשכונות חדשות

יישום הדרישות הטכניות ברשתות חשמל של שכונות חדשות ע"י הטמעה של יחס הספק שנאי מספק והטמעה של חומרה ותוכנה המאפשרים שליטה תפעולי

ייצור



הגדרת יעדים לאגירה

לקבוע יעדים לאגירה עד שנת 2030



אספקת שירותים למנהל המערכת

חיוב התקנת אמצעים טכנולוגיים ואמצעי שליטה במתקני אנרגיה מתחדשת ומתקני אגירה למתן שירותים Ancillary Services כולל מסגרת רגולטורית מאפשרת



שוק תחרותי לשירותי מערכת

מסגרת המאפשרת שוק תחרותי של שירותים למנהל המערכת למתקני אנרגיה מתחדשת ואגירה



מניעת השלכת אנרגיה מתחדשת

- הכפפת יחידות פרטיות Must Take למנהל המערכת
- מסגרת דרישות הכוללות את תזמון תחזוקה של יצרני חשמל Must Run ו-Must take בעיקר בעונות במעבר

מפת הדרכים

פירוט אמצעי המדיניות



קטגוריה	אמצעי
יעד לאומי לאנרגיה	לקבוע יעדים להקמת מתקני אנרגיה עד שנת 2030.
ניהול מתקני אנרגיה מתחדשת גדולים	לגבש רגולציה אשר תאפשר שליטה של מנהל המערכת במתקני אנרגיה מתחדשת ואנרגיה המחוברים למתח עליון, למתח גבוה ולמתקני מתח נמוך המחוברים לקבוצות של 50 עד 100 מגו"ט, בעמידה בדרישות טכניות המקנות למנהל המערכת תכונות של dispatchability ויכולות טכניות להשתתפות במתן שירותים נלווים.
קביעת נוהל מחייב לבדיקת יכולת המתקנים לעמוד בדרישות אלו.	
יצירת שוק למתן שירותים נלווים	לגבש מסגרת רגולטורית שמטרתה ליצור שוק תחרותי של שירותים נלווים (Ancillary Services), כולל שווקים מקומיים ברמה של מערכת החלוקה המבוזרת, בו מתקני אנרגיה מתחדשת ואנרגיה יוכלו להציע את שירותיהם בתנאים שווים עם היחידות הקונבנציונאליות.
לקבוע את אמות המידה ואסדרות נדרשות ליישום המסגרת הרגולטורית ליצירת שוק תחרותי של שירותים נלווים.	
צמצום תיעודף מובנה לייצור קונבנציונאלי על פני ייצור באנרגיה מתחדשת	לגבש הנחיות ליצרני החשמל, ובפרט יצרנים פרטיים העובדים בחוזים בילטרליים, לתזמן את השבתת יחידות הייצור לצורך תחזוקה מתוכננת לעונות המעבר, באופן התורם למיקסום היקף האנרגיה הסולארית המנוצלת בפועל.
לבחון כיצד ניתן למקסם את הניצול בפועל של אנרגיה סולארית באמצעות התאמת משטר ההפעלה של יחידות ייצור קונבנציונאליות המוגדרות Must-Run.	
לגבש ולהגיש לממשלה תכנית להעברת כלל יחידות הייצור בבעלות יצרני חשמל פרטיים מעל הספק 50 מגה וואט להעמסה מרכזית.	
להטמיע מערכת DMS (Distribution Management System) ברשת החלוקה, במתח גבוה ומתח נמוך לרבות מחשוב, תקשורת, בקרה ושליטה של הפיקוח האזורי וארצי.	הסבת רשת החלוקה לרשת חכמה
להכין דרישות טכניות (GRID CODE) למערכת חלוקה אקטיבית המאפשרת זרימת חשמל דו-כיוונית כתוצאה מאנרגיה וייצור חשמל מקומי מבוזר באמצעות אנרגיה מתחדשת.	תכנון רשת החלוקה
בהקמת שכונות ויישובים חדשים, לתכנן מראש את רשת החלוקה החדשה - במתח גבוה ומתח נמוך - באופן המתחשב לא רק בצריכה הצפויה, אלא כמערכת חלוקה אקטיבית.	
לגבש תכנית לאופטימיזציה של אגירת אנרגיה ברכבים חשמליים וניצולה ברשת החשמל הארצית, לרבות סנכרון ממוחשב בין רכבים ולבין מערכת החשמל, מערכת תעריפים ועוד.	ניהול מבוזר של סוללות רכבים חשמליים
להגדיר תנאים טכניים לעמדות הטעינה ומערכות המנייה עבור רכבים חשמליים, כך שתתאפשר טעינה מנוהלת ובכלל זה פריקת אנרגיה לטובת הרשת (V2G).	
גיבוש אסטרטגיה לאומית לאינטגרציה של השינויים המפורטים במפת דרכים זו כמו גם שינויים עתידיים נוספים הנדרשים במבנה שוק החשמל לשם פעולה אופטימלית בהתבסס על שיעורים גבוהים של אנרגיה מתחדשת מבוזרת.	מבנה שוק החשמל
לפתח וליישם מערך מתקדם לחיזוי תפוקות סולאריות בטווחי זמן בינוניים ועד זמן אמת, וזאת בהתאם לצרכי המערכת.	חיזוי הייצור במתקני אנרגיה מתחדשת

<p>לבחון מחדש את המדרגות התעריפיות באסדרה מיום 11.01.2021 באופן המבטיח את הכדאיות הכלכלית של מתקנים סולאריים מונחי גגות בהספק העולה על 100 קו"ט. נפתר עד 300 קו"ט מאז כתיבת העבודה.</p>	<p>יצירת ודאות ארוכת טווח והתאמת מסגרות תעריפיות לפלחי שוק נוספים</p>
<p>לבחון מנגנון תעריפי ייעודי למתקנים מונחי גגות הקטנים מ-10 קו"ט תוך תשלום תעריף מובדל על פני מספר שנים מוגבל.</p>	
<p>גיבוש אסדרות ו/או הליכים תחרותיים ייעודיים למתקנים המוקמים בשטחים מבונים המחייבים קירוי (חניונים, בתי עלמין, פארקים, ועוד).</p>	
<p>לבחון מנגנון תעריפי ייעודי למתקני אנרגיה, אגירה ומיקרו-גרید בטכנולוגיות חדשניות תוך תשלום תעריף מובדל על פני מספר שנים מוגבל.</p>	
<p>קידום אסדרות ארוכות טווח אשר יתנו ודאות על פני מספר שנים בתעריפים קבועים אשר יעודכנו אחת לתקופה בהתאם לשינויים במחירי המערכות, בהתאם למנגנון עדכון שקוף וברור.</p>	
<p>פרסום תכנית רב שנתית אשר תפרוט את המכרזים המתוכננים לשנים הקרובות.</p>	
<p>גיבוש הסדר חקיקתי לחיוב התקנת מערכות סולאריות ואגירה כחלק אינטגרלי בבנייה חדשה.</p>	<p>היטל השבחה, ארנונה ושומת קרקע</p>
<p>גיבוש הסדר חקיקתי לחיוב קירוי סולארי בחניונים, מוסדות חינוך, בתי עלמין ושטחים כלואים בין מחלפים.</p>	
<p>הרחבת הפטור הקיים מהיטל השבחה למערכות סולאריות שאינן לצרכי רווח על גגות גם למערכות גם בשימושים דואליים נוספים שיוגדרו מראש, עד ל-7,000 מ"ר.</p>	
<p>תקנון תקנות ההסדרים במשק המדינה (ארנונה כללית ברשויות המקומיות – תשס"ז 2007) לקביעת תעריפי ארנונה אחידים למערכות סולאריות, לרבות מערכות שאינן מוקמות על גגות מבנים.</p>	
<p>הענקת פטור מתשלום ארנונה למערכות סולאריות בשימושים דואליים נוספים שיוגדרו מראש (מערכות שאינן על גגות או קרקע) המשמשות לצרכי עצמית עד 200 מ"ר.</p>	
<p>קביעת שומת קרקע למערכות סולאריות לפי שטח המתקן ולא לפי הספקו.</p>	
<p>לבחון ולהציג תכנית להקלות לדו-שימושיות בקרקע בהתאם להחלטת ממשלה 1403 מיום 10.04.2016.</p>	<p>קיצור ופישוט הליכי רישום וחיבור של הח"י</p>
<p>יש לפעול לייעול ושכלול הליכים לרישום, חיבור, והגדלת גודל החיבור למתקן על ידי מעבר להליכים דיגיטליים ולמערכת אחודה ונוחה המתכללת את כלל התהליך (One port call).</p>	
<p>בחינת אמות המידה המגדירות את משך הזמן לחיבור המתקנים והתאמתן לסטנדרטים המקובלים במדינות מפותחות.</p>	<p>חובת היתר בניה וייעוד שימושי קרקע</p>
<p>תקנון תקנות התכנון והבנייה (עבודות ומבנים הפטורים מהיתר, תשע"ד 2014) וקביעת פטור למתקנים מונחי גגות המחוברים לרשת מתח נמוך בהתאם לגודל החיבור (KVA 630).</p>	
<p>להטמיע בהוראות כל תכניות הפיתוח המקודמות מערכות סולאריות ומתקני אגירה כשימושים מותרים.</p>	
<p>גיבוש מסמך הנחיות לוועדות התכנון המקומיות לבחינת היתר בניה למערכות סולאריות.</p>	<p>חסמים ייעודיים ברשויות מקומיות</p>
<p>גיבוש נוהל בוועדות התכנון המאפשר הגשה במקביל של בקשה להיתר בניה ובקשת פטור מהיתר להקמת מערכת PV על גבי גג המבנה/קונסטרוקציה המתוכנן.</p>	
<p>מתן ייעוץ מקצועי לרשויות מקומיות בהיבטים רלוונטיים כמו סקרי שטחים, אופן שילוב המתקנים במרחב הבנוי, שיפור היכולות להתמודד בהליכים תחרותיים ועוד.</p>	
<p>בחינת מנגנוני מימון לפרויקטים כגון: מתן ערבות מדינה להחזר ההשקעה, הלוואות מדינה בתנאים מועדפים, הקמת קרן השקעות או הרחבה של קרן ההלוואות שהוקמה ע"י מפעל הפיס ומשרד האנרגיה.</p>	
<p>גיבוש ופרסום בסיס נתונים אחיד המרכז, לפי קטגוריה (גגות בתי מגורים, בתי עלמין, מגרשי ספורט וכדומה) ולפי רשות, את השטחים הפוטנציאליים להקמת מערכות סולאריות במרחב המבונה אשר יעודכן אחת לשנה.</p>	<p>היעדר מודעות ציבורית לאנרגיה מתחדשת</p>
<p>גיבוש וקידום תכנית הסברתית המותאמת לצרכי הסקטורים השונים וכוללת פרסום ממוקד, שיתופי פעולה עם הגופים השונים, ימי עיון ועוד.</p>	