



מפת הדרכים למשק אנרגיה דל פחמן עד שנת 2050



נוסח להתייחסות הציבור

18.4.2021

תוכן העניינים

4..... תקציר

40..... משק האנרגיה העולמי והמקומי

41.....	משק החשמל
52.....	משק החשמל בישראל
58.....	תכנון תשתיות במשק החשמל
65.....	התייעלות באנרגיה
76.....	משק הגז טבעי
85.....	תחבורה
91.....	תעשייה
93.....	שיתופי פעולה אזוריים

עקרונות תכנון, מתווה גיבוש המדיניות

97..... ותוצאות המודל

97.....	עקרונות תכנון
100.....	מתווה גיבוש המדיניות
101.....	שימוש במודל לבחינת תרחישים עתידיים אפשריים למשק החשמל
104.....	תוצאות מודל – תרחישים עתידיים

113..... יעדי התכנית

114.....	הגדלת אחוז המתחדשות בתמהיל הייצור
115.....	הטמעה של טכנולוגיות נוספות במשק החשמל
116.....	הגעה ליעדי הפחתת פליטות בסקטורים משלימים- תעשייה, תחבורה ומבנים
118.....	מדיניות הקצאת השטח
119.....	אגירה
119.....	פיתוח הרשת
121.....	שיתופי פעולה אזוריים וקישוריות
121.....	אבני הדרך לעמידה ביעדים
122.....	תרחישים שונים לעמידה ביעדים
124.....	עמידה ביעדים

129..... צעדי מדיניות

129.....	משק החשמל:
132.....	התייעלות באנרגיה:

132.....	תחבורה מאופסת ודלת פליטות:
135.....	סקטור התעשייה
135.....	סקטור הגז הטבעי
136.....	מחקר ופיתוח

אנרגיה היא המרכיב המרכזי בכל משק מפותח מודרני. הפעילות האנושית תלויה בשימוש בצורות ומקורות אנרגיה שונים לצורך ביצוע מגוון פעולות ועבודות ולפיכך, אין זה מפתיע שההתפתחות הכלכלית מתואמת עם רמות גבוהות יותר של צריכת אנרגיה. אנרגיה קשורה באופן ישיר כמעט לכל היבט בחיינו- תעשייה, תחבורה, מבנים ועוד, עד כי קיימת תלות באנרגיה לפעילותם השוטפת ולשגרת חיינו. מתוך כך, ניתן לראות לאורך ההיסטוריה כי עלייה באיכות החיים ובצמיחת המשקים השונים, מובילה לעלייה בצריכת האנרגיה, וכפועל יוצא מכך לגידול בפליטות שנוצרות בתהליך הייצור שלה.

לאור משבר האקלים, התקדמות טכנולוגית והשינויים העולמיים באופיים של משקי אנרגיה, עולה הצורך לגבש מדיניות ארוכת טווח אשר תכין את התשתית כבר היום ותוביל את משק האנרגיה הישראלי להתמודדות עם השינויים הצפויים תוך מענה על הצורך להפחית את פליטות גזי החממה הנובעים מסקטור מרכזי זה. מגמות גלובליות ומקומיות משנות את משקי האנרגיה בעולם. אל מול שינויים אלה ובעזרתם, יש לעצב יעדים ארוכי טווח התומכים בקיומו של משק בר קיימא המאופיין באמינות אספקה גבוהה, ביעילות ובמחיר הולם.

לצד הביטוי למגמות עולמיות, תהליך קביעת יעדים בתחום האנרגיה צריך לקחת בחשבון את מאפייניו הייחודיים של המשק הישראלי. ישראל היא אי אנרגטי גאו-פוליטי, המאופיינת בצפיפות אוכלוסייה גבוהה יחסית, בקצב גידול אוכלוסייה גבוה, במיעוט בשטחים פתוחים באזור המרכז, בעתודות גז טבעי גדולות, בפוטנציאל ייצור חשמל גבוה מאנרגיית השמש לעומת אפשרויות מוגבלות לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים אחרים.

קביעת יעדים שאפתניים ארוכי טווח בתחום מורכב וחיוני כל כך, מחייבת בחינה רחבה של המשק ומחויבות לעמידה ביעדי ביניים כבר בעשור הקרוב. מתוך כך נבחנו באופן מעמיק יעדי ביניים למשק וזאת לצד קביעת יעדים ארוכי טווח לשנת 2050. משרד האנרגיה מוביל את תהליך קביעת יעדי משק האנרגיה לשנת 2050 בשנה האחרונה. התהליך כלל צוות רב מגזרי בו השתתפו משרדי הממשלה הרלוונטיים לרבות אך לא רק, משרד הגנת הסביבה, משרד האוצר, מנהל התכנון, המועצה הלאומית לכלכלה, בנק ישראל, משרד התחבורה, משרד הכלכלה, רשות המיסים, כמו גם נציגי אקדמיה והמגזר השלישי.

נציין כי תהליך זה הינו חלק מתהליך ממשלתי רחב לגיבוש חזון למעבר לכלכלה משגשגת ודלת פחמן בישראל עד לשנת 2050.

בשנים האחרונות, אנחנו רואים כי במשקים רבים, ביניהם גם משק האנרגיה הישראלי, נעשים מאמצים להפריד בין מגמת עלייה באיכות חיים לבין מגמת עלייה בצריכת אנרגיה ולפעול כך שבמקביל להתפתחות המשק, ייצור האנרגיה יהיה דל פליטות ובהתאם להתפתחויות האחרונות גם דל פחמן.

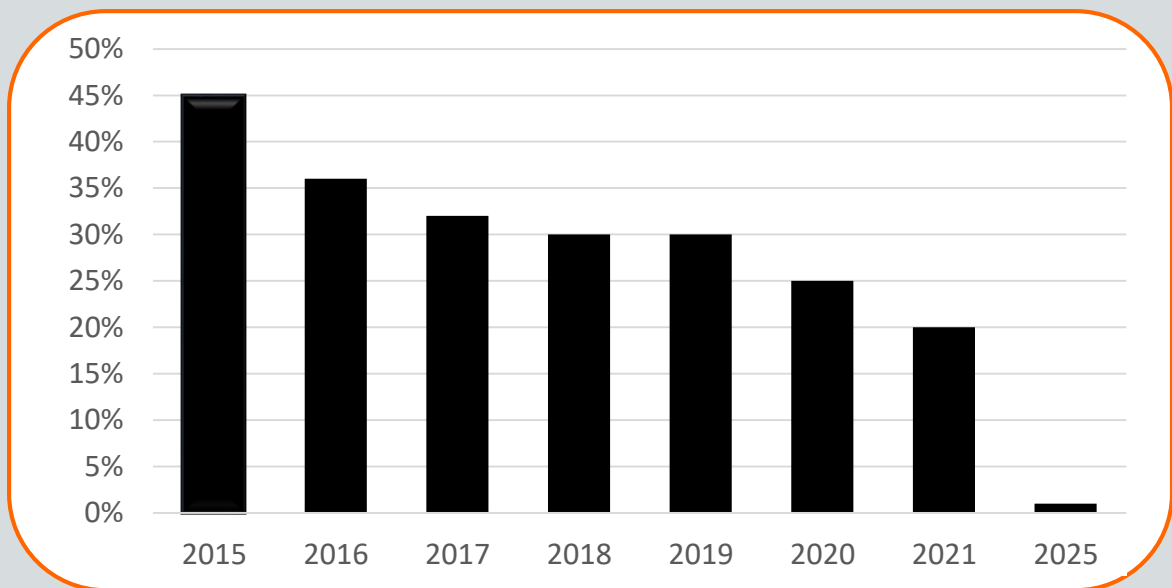
סוכנות האנרגיה הבינלאומית (IEA) פרסמה בדו"ח השנתי¹ (2019) את המגמות העולמיות לביקוש לאנרגיה עד שנת 2040. בתרחיש המדיניות המוצהרת, הביקוש לאנרגיה עולה ב- 1% בשנה עד לשנת 2040. מקורות דלי פחמן, בעיקר ממקור סולארי מספקים כחצי מהגידול השנתי, כאשר גז טבעי וגז טבעי נוזלי מהווים שליש נוסף. הביקוש לנפט משתטח בעשור הבא כמו גם שיעור השימוש בפחם, וחלקים מסקטור האנרגיה עוברים טרנספורמציה מהירה לשימוש בחשמל. עם זאת, נראה כי המומנטום העומד מאחורי קידום טכנולוגיות לאנרגיה נקייה אינו מספיק בכדי לקזז את ההשפעות של עלייה בביקוש לאנרגיה בעקבות כלכלה עולמית מתרחבת ואוכלוסייה גדלה. כלומר, עליית פליטות גזי החממה מאטה, אך ללא צמצום משמעותי נוסף לפני שנת 2040, העולם לא יוכל לעמוד במטרה המשותפת לעצור את השפעות משבר האקלים.

מתוך נתוני הלמ"ס 83% מסך פליטות גזי החממה בישראל מקורם במשק האנרגיה (נתון זה כולל גם פליטות של סקטור התחבורה והתעשייה). אם כך, ברור שהפחתה משמעותית של הפליטות עוברת בראש ובראשונה בסקטור האנרגיה.

ללא הצעדים המרכזיים אותם מתכנן משרד האנרגיה להוציא לפועל כאמור בצירוף צעדים נוספים שיפורטו להלן, נראה כי בתרחיש "עסקים כרגיל" (המשך שימוש בפחם, 17% התייעלות באנרגיה עד לשנת 2030 ו-17% אנרגיה מתחדשת בתמהיל הדלקים) וללא פעולות נוספות, סך פליטות גזי החממה, כפי שמוצג בגרף שלהלן, ממשק האנרגיה בשנת 2050 יגדל ב-35% מערכיהם בשנת 2015.

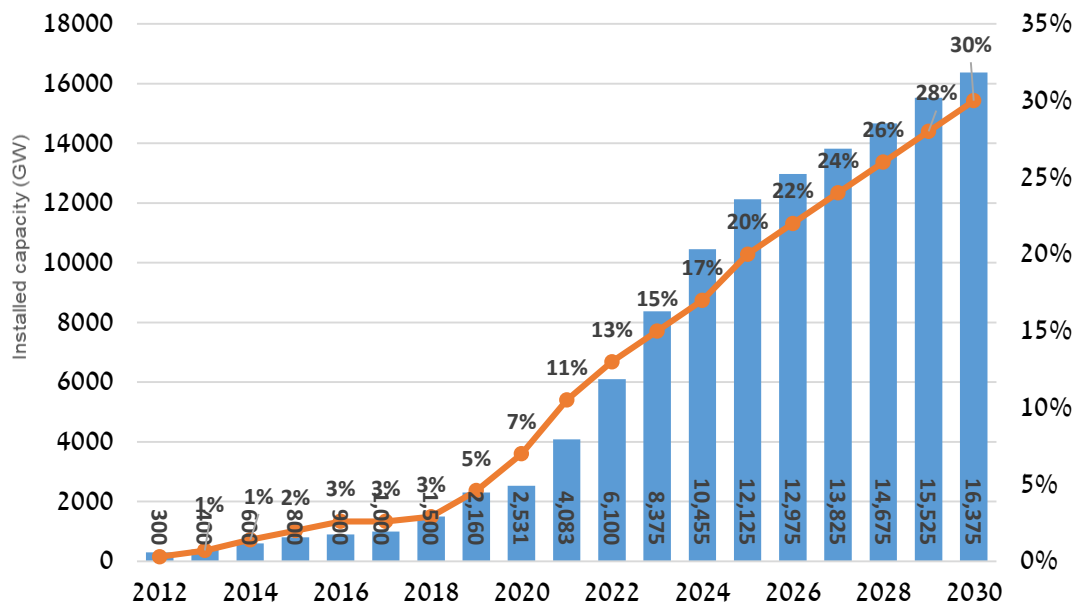
במשק האנרגיה הישראלי חלו התפתחויות רבות בשנים האחרונות- משרד האנרגיה ביחד עם שותפיו במשרדי הממשלה פועל רבות כדי לקדם אנרגיה יעילה, חסכונית וסביבתית ולשם כך מקדם רפורמות, הקמת תשתיות והשקעות רבות במחקר ופיתוח בתחומי האנרגיה. בשנת 2018, קידם המשרד מהלכים הכרחיים ליצירת התנאים למעבר משקי התחבורה והתעשייה לעולם נטול נפט, לרבות, תמיכה בפרישת תשתיות טעינה לרכב חשמלי ותחנות תדלוק בגז טבעי דחוס והעמקת התמיכה הממשלתית בפרישת רשת חלוקת הגז הטבעי. בנוסף בשנת 2017 החליט שר האנרגיה על צמצום השימוש בפחם למינימום תפעולי. בשלהי שנת 2019 הכריז שר האנרגיה על הסבה של כל תחנות הכוח הפחמיות לגז טבעי עד לשנת 2025 ובכך סימן את סוף עידן הפחם הישראלי. קצב הפחתת השימוש בפחם בישראל הוא המהיר ביותר. בתוך 7 שנים, ישראל צמצמה את השימוש בפחם בשני שליש, מ-60% מהיקף תמהיל הייצור ל-20%, ישראל תהיה מהמדינות הראשונות שתפסיק לחלוטין שימוש בפחם בתהליך ייצור החשמל (לצד בריטניה שנקודת המוצא שלה הייתה 40%). בגרף שלהלן ניתן לראות את הירידה החדה בייצור בפחם עד להפסקת הייצור הצפויה בשנת 2025.

¹ <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019#>



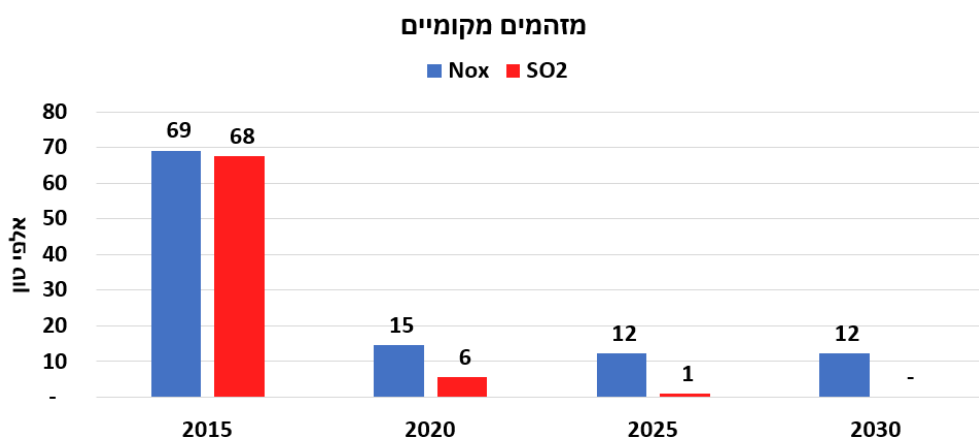
תרשים 1: תחזית אחוז הייצור בפחם מתוך תמהיל ייצור החשמל באותה שנה, משרד האנרגיה, 2020.

בנוסף לכך לפני כשנתיים יצאה אל הדרך הרפורמה במשק החשמל. רפורמה זו מאפשרת פיתוח משק חשמל תחרותי ויעיל תוך הקצאת המשאבים הנדרשים לפיתוח רשת החשמל לצורך קליטת אנרגיות מתחדשות. כמו כן, הכריז שר האנרגיה על יעדי משק האנרגיה לשנת 2030. היעדים כוללים את הפחתת השימוש במוצרי דלק מזהמים ובפרט הפסקת השימוש בפחם והפסקת רובו המכריע של השימוש בתזקיני נפט, תוך שמירה על אמינות ורציפות אספקת האנרגיה. בשנת 2020 אימצה הממשלה את יעדי משרד האנרגיה וקיבלה החלטה להעלות את יעדי ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות ל-30% מתמהיל הייצור, מרביתן ייצור סולארי, עד לשנת 2030. לפי פרסומים של ה-IEA, ישראל נמצאת בעשרת המקומות המובילים בעולם בייצור חשמל מאנרגיית שמש כבר היום ובזכות היעד השאפתני של 30% היא תמשיך להיות בצמרת העולמית. בנוסף, הושלמה ההכנה של תכנית לאומית להתייעלות באנרגיה עד לשנת 2030 הקובעת יעד של 1.3% שיפור שנתי בעצימות האנרגיה. להלן גרף המציג את ההספק המותקן באנרגיות מתחדשות, רובו ככולו מהשמש, בתחזית לעשור הקרוב. עוד ניתן לראות כי על אף שיעד המתחדשות שולש (מיעד של 10% בשנת 2020 ליעד של 30% בשנת 2030) סך ההספק המותקן צריך לגדול פי 6 (!) בין העשור השני לשלישי וזאת על מנת לעמוד בביקוש לחשמל ההולך וגדל.



תרשים 2: תחזית ההספק המותקן באנרגיות מתחדשות, רובה המכריע מהשמש, לעשור הקרוב. עיבוד רשות החשמל, 2021.

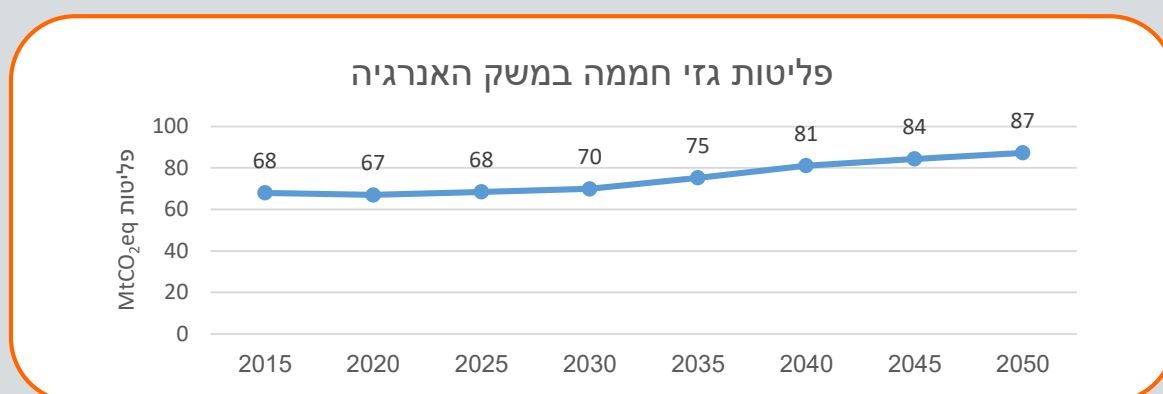
מדיניות המשרד בשנים האחרונות צפויה להביא לירידה חדה במזהמים המקומיים ולמגר כמעט לחלוטין את זיהום האוויר כתוצאה מייצור חשמל. בתרשים 3 שלהלן ניתן לראות את הירידה במזהמים כתוצאה מצעדי המדיניות. לצעדי מדיניות אלו, בראשם צמצום היצור בפחם עד להפסקתו בשנת 2025 וכן העלאת יעד האנרגיות המתחדשות, חשיבות מכרעת להקטנת זיהום האוויר בישראל. כבר היום קטן משמעותית הזיהום המקומי מסקטור האנרגיה וזה ילך ויצטמצם עם השלמת צעדי המדיניות שפורטו כאמור. בגרף שלהלן ניתן לראות את המזהמים המקומיים העיקריים בסקטור החשמל בהשוואה בין השנים וכן התחזית לשנת 2030.



תרשים 3: תחזית פליטות מזהמים באלפי טון בהשוואה בין השנים 2015 ל 2030, משרד האנרגיה, 2020.

בכל הקשור להפחתת פליטות, צעדים אלה – ההחלטה על הפחתת השימוש בפחם בתהליך ייצור חשמל עד להפסקת השימוש באופן מלא בשנת 2025, לצד העלאת יעד מתחדשות ל-30% שמרביתן ייצור סולארי, ועמידה ביעדי ההתייעלות באנרגיה צפויים להפחית משמעותית את המזהמים המקומיים במשק וכן להקטין את פליטות גזי החממה ממשק החשמל עד לשנת 2030 בכ- 30% ביחס לשנת בסיס 2015. יש לציין כי הפחתה זו מתקיימת חרף העובדה כי בישראל קצב גידול האוכלוסייה הינו כ- 1.7% בשנה, בשונה ממרבית מדינות ה-OECD, כך שבמונחי פלטות לנפש ההפחתה גדולה הרבה יותר. בזכות יעדים אלה, וצעדים תומכים נוספים, המשק הישראלי פוגש את המחויבויות הבינלאומיות שלו בהסכמי פריז, ואף צפוי להקדים אותן, ובכך הם מציבים את ישראל בקדמת הבמה בכל הקשור להפסקת השימוש בפחם, ליעד ייצור מאנרגית שמש ולהפחתת פלטות הפחמן הדו חמצני.

מתוך כך, ללא הצעדים המרכזיים אותם מתכנן משרד האנרגיה להוציא לפועל כאמור בצירוף צעדים נוספים שיפורטו להלן, נראה כי בתרחיש "עסקים כרגיל" (המשך שימוש בפחם, 17% התייעלות באנרגיה עד לשנת 2030 ו-17% אנרגיה מתחדשת בתמהיל הדלקים) וללא פעולות נוספות, סך פליטות גזי החממה, כפי שמוצג בגרף שלהלן, ממשק האנרגיה בשנת 2050 היו גדלים ב-35% מערכיהם בשנת 2015.



תרשים 4: פליטות גזי חממה ממשק האנרגיה עד שנת 2050 בתרחיש "עסקים כרגיל" ע"פ מודל אנרגיה, משרד האנרגיה, 2020.

תחזית זו, כפי שיפורט בהמשך, מציבה בפני משק האנרגיה הישראלי, אתגר משמעותי כפול – הצבת יעדים שאפתניים למשק תוך שמירה על משק אנרגיה אמין וחיוזוק צמיחה כלכלית בת קיימא

התוכנית קובעת כמה עקרונות אסטרטגיים אשר נדרשים ליצירת התשתית לעמידה ביעדים השאפתניים:

1. מעבר המשק לאנרגיית שמש, ואתו הצורך באגירה מאסיבית.
2. השקעה ובחינה של טכנולוגיות חדשניות, בין היתר מימן ותפיסת פחמן, כמו גם אנרגיות מתחדשות.
3. עתידיות, דוגמת אנרגיות שמקורן בים.
4. פיתוח רשת החשמל, תכנון תשתיות מקיים ומתוך כך הטמנת קווי מתח במקום קווים עליים, ביזור.
5. רשת החשמל, קירוב הייצור לצריכה.
6. טרנספורמציה אנרגטית של מבני מגורים לרבות חשמול המגזר הביתי, תוך החלפת השימוש גז הבישול בשימוש בחשמל.
7. מעבר לרכב חשמלי, תוך הפסקת השימוש במנועי בעירה המבוססים סולר ובנזין.
8. התאמת מערכת הגז הטבעי להובלת מימן ומיצוי יכולת ייצוא הגז הטבעי בתקופת המעבר.

חזון ויעדי התכנית

משק האנרגיה בישראל לשנת 2050 יהיה משק אנרגיה אמין, בר השגה ובר קיימא. משק האנרגיה יבטיח את איכות החיים המודרניים בישראל ע"י אבטחת אספקת אנרגיה אמינה ורצופה. המשק יהיה דל זיהום, ובו תצומצם ככול הניתן את טביעת הרגל הפחמנית לרבות תפיסת הקרקע. אלה יושגו תוך שאיפה מתמדת לקידום משק תחרותי וצומח, כזה שמקדם טכנולוגיה וחדשנות כערך והכל במחירי אנרגיה הוגנים ובני השגה.

על מנת לעמוד בעקרונות אלה תצטרך ישראל לטפח טכנולוגיות, תהליכים ומערכות במחירים נמוכים ככל האפשר. זאת על מנת להגן על עסקים ומשקי בית מעלויות אנרגיה גבוהות וכן על מנת להשיג יתרון תעשייתי וכלכלי מהמעבר הגלובלי לכלכלה דלת פחמן. בנוסף, על מנת שמדינות אחרות, במיוחד מדינות מתפתחות, ילכו בעקבות הדוגמה של ישראל, אנו זקוקים לטכנולוגיות דלות פחמן בעלויות נמוכות. כיוון שלא ניתן לחזות כל פריצת דרך טכנולוגית שתעזור לנו לעמוד ביעדים, עלינו ליצור את הסביבה הטובה ביותר האפשרית למגזר הפרטי לחדש ולהשקיע. ולהבטיח שאנחנו המקום הטוב ביותר עבור חדשנים ועסקים חדשים להתחיל ולצמוח.

בנוסף לתמיכה בחדשנות, אנו מתמקדים במדיניות המספקת יתרונות חברתיים, סביבתיים וכלכליים מעבר לצורך להפחתת פליטות גזי חממה. מבנים משמרי אנרגיה הם מקומות בריאים יותר לחיות ולעבוד בהם וזולים יותר לתחזוקה. מעבר מלא לתחבורה מאופסות פליטות הינה זכייה משולשת במונחים של הזדמנות תעשייתית, אוויר נקי יותר ופליטות גזי חממה נמוכים יותר. באופן מכריע, רבות מהפעולות ישפרו את ביטחון

האנרגיה של ישראל. לצד פעולות אלה, אנו מניחים את היסודות להחלטות מרכזיות בתחומים בהם אנו מתמודדים עם חוסר וודאות והאתגר הגדולים ביותר: שילוב כמויות גבוהות של אנרגיה סולארית ברשת, אגירה ומחסור בקרקע.

משק האנרגיה מספק את האנרגיה החיונית לתפקוד תקין של כלל הסקטורים בישראל כמו גם של כל אזרחי ישראל ולכן משפיע באופן ישיר ומהותי הן על כלכלת ישראל והן על איכות חייהם של תושביה. שלושת העקרונות המנחים של תכנון משק האנרגיה הם – ביטחון אנרגיה, כלכלה וסביבה.

למשק הישראלי מאפיינים ייחודיים. ישראל היא אי אנרגטי גאו פוליטי, המאופיינת בצפיפות אוכלוסייה גבוהה יחסית, בקצב גידול אוכלוסייה גבוה, בעתודות גז טבעי גדולות, בפוטנציאל לייצור חשמל מאנרגית השמש אולם במיעוט אפשרויות ליצירת אנרגיה ממקורות מתחדשים אחרים.

תכנון יעדים ארוכי טווח במשק האנרגיה מתכלל את עקרונות המשק תוך התייחסות והתחשבות במאפייניה הייחודיים של ישראל וזאת על רקע השאיפה להפחית משמעותית את פליטת גזי החממה שמקורם במשק האנרגיה.

יעדים בתחום האנרגיה

משרד האנרגיה הגדיר ארבעה 'יעדים ראשיים' שישקפו את המטרה האסטרטגית של הפחתת פליטות, ובנוסף לכך יעדים סקטוריאליים תומכים בעזרתם ניתן יהיה להשיגה. 'יעד העל' מוגדר כהפחתת פליטות גזי חממה ממגזר האנרגיה בשיעור של 80% ביחס לשנת הייחוס 2015 וזאת עד לשנת 2050.

היעדים והמדדים עבור סקטור האנרגיה מוצגים בלוח הבא:

לוח 1: יעדי תכנית האנרגיה

יעד 2050	יעד 2030	2018	מדד	יעדים ראשיים
80%	23%	0%	אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015	הפחתת פליטות גזי חממה במשק האנרגיה
85%-75%	כ- 30%	7.5%	אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015	הפחתת פליטות גזי חממה במגזר החשמל
שיפור שנתי של בעצימות האנרגיה 1.3%	שיפור שנתי של 1.3% בעצימות האנרגיה	0.7%	אחוז שיפור שנתי בעצימות אנרגיה (טרה-וואט/מלש"ח)	יעילות באנרגיה
0%	0%	30%	אחוז פחם בתמהיל ייצור החשמל	שימוש בפחם

יעדים אלו נבחרו מכיוון שהם משקפים את המטרות האסטרטגיות של התכנית ובפרט, הפחתת פליטות גזי חממה ומזהמי אוויר.

יעד המשנה בעל התרומה המשמעותית ביותר להפחתת הפליטות בסקטור האנרגיה הינו הפחתת 85%-75% מפליטות גזי חממה במגזר ייצור החשמל ביחס לשנת 2015. הפחתת הפליטות יכולה להיות מושגת ע"י מספר כלים עיקריים ביחסים שונים:

1. הגדלת אחוז אנרגיית השמש (סולארית) בתמהיל ייצור החשמל
2. תפיסת הפחמן הנפלט מתחנות הכח ושימוש חוזר או הטמנתו
3. חיבור רשת החשמל למדינות שכנות או לאירופה
4. בחינת השימוש באנרגיה גרעינית

5. שימוש במימן כחול המופק מגז טבעי

6. טכנולוגיות עתידיות לרבות אנרגיה מתחדשת ממקורות ימיים או אחרים

לכל אחד מהכלים המוצעים לעיל יתרונות וחסרונות כמו גם מידת ישימות שונה נכון להיום.

אחוז גבוה (מעל 30%) של אנרגיה מתחדשת בתמהיל הייצור כרוך באתגרים רבים הנוגעים בין השאר בהיבטים טכנוניים, סביבתיים, פיננסיים, ובעיקר ביציבות ושרידות מערכת החשמל, קצב התקדמות טכנולוגיות האגירה ואיתור שטחים לצורך הקמת מערכות סולאריות. פיתוח של מקורות מתחדשים שאינם קיימים כיום, כגון רוח במים עמוקים, גלים או גיאותרמיקה עמוקה, יכול לסייע לשילוב והגדלת חלקם של המקורות המתחדשים.

מבחינת טכנולוגיות להפחתת פליטות, אין מדובר בטכנולוגיה אחת, אלא בחבילה שלמה של טכנולוגיות ותהליכים. הטכנולוגיה המובילה בימים אלה הינה תפיסת והטמנת פחמן (CCS). כיום, ישנם מספר פרויקטים בעולם, חלק מפרויקטים אלה פועלים בהצלחה כבר עשרות שנים, בעוד אחרים נמצאים תחת פיתוח או בשלבי מעבר לשימוש בקנה מידה תעשייתי. ללא קפיצה טכנולוגית שתאפשר יישום בקנה מידה נרחב ואיתור אזורים מתאימים לכליאת הפד"ח, לא יתאפשר יישום של טכנולוגיות תפיסת ואחסון פחמן בישראל.

אחת הגישות המובילות להפחתת פליטות הינה גישה המבוססת על אגירה כימית של עודפי חשמל ממקורות מתחדשים - ניצול עודפי החשמל לתהליך אלקטרוליזה של מימן, תהליך שאינו מפיק פליטות או מזהמים. שימוש במימן כחול לצורך התהליך, כלומר מימן המופק מגז טבעי (הכולל פחמן ומימן בלבד), מייצר תרכובות פחמן שניתן לתפוס ולנצל בשנית. את המימן ניתן לאגור ולהזין לטורבינות ייעודיות לייצור חשמל, בתעשייה כחלופה לדלקים מזהמים, או לתאי דלק, ההופכים מימן וחמצן למים תוך כדי ייצור חשמל.

לצד טכנולוגיות אלה, קיימת האפשרות ליצור חשמל מאנרגיה גרעינית הנפוצה מאוד בעולם, אולם היא נתקלת בהתנגדויות משמעותיות ועל כן יש לבחון נושא זה בזהירות. הכלי האחרון הוא קישוריות - כלומר חיבור רשת החשמל למדינות אחרות והיכולת לסחור בחשמל נקי מצד אחד ומצד שני לייצב את המערכת של ביקוש והיצע וכך להגיע למערכת מאוזנת ויעילה יותר, בייחוד בעידן של הגדלת הייצור ע"י שימוש באנרגיות מתחדשות. נכון להיום אין חיבור מסוג זה אך מתקיימים מהלכים שיאפשרו זאת בעתיד.

לאור זאת, ובהתחשב באי הוודאות הגדולה לתכנון שלושה עשורים קדימה, משרד האנרגיה החליט להעמיד יעדים שאפתניים אך לאפשר למשק האנרגיה גמישות במציאת הדרך הטובה ביותר להשגת היעדים, שתקבל ע"י הערכה תקופתית של קצב ההתקדמות הטכנולוגית, המדינית ושינויים במחירים.

בנוסף, עמידה ביעדים בסקטורים משלימים (תעשייה, תחבורה ומבנים) היא כתלות בשיתוף הפעולה בין בעלי העניין השונים ובפרט בגורמים ממשלתיים. האתגרים העומדים בפנינו מורכבים ועל כן לטיפול בהם נדרשת גישה הוליסטית, ניצול משאבים וחלוקת אחריות.

יובהר כי, למימוש יעדים אלה, היתכנות טכנית ויתרונות כלכליים וסביבתיים שבאים לידי ביטוי בחסכון בעלויות דלקים, צמצום פליטת גזי חממה ומזהמים ובהפחתת התלות בנפט. עם זאת, על מנת שיישום טכנית

זו יצליח, ישנם תנאים ההכרחיים בלעדיהם לא יתאפשרו המהלכים המפורטים בהמשך וכתוצאה, מדינת ישראל לא תוכל לעמוד בהתחייבויותיה.

תנאים הכרחיים למימוש היעדים

כאמור, השגת היעדים המוצגים לעיל תלויה בשני פרמטרים עיקריים: העלאת אחוז האנרגיה המתחדשת והאגירה באופן משמעותי, בשילוב הטמעת טכנולוגיות חדשות שיובילו להפחתת פליטות. ללא עמידה בפרמטרים אלה לפחות, לא תתאפשר הפחתת פליטות שאפתנית כפי שהוצע בסקטור זה. מתוך כך ניתן לומר כי השגת היעדים תלויה בקיומם של מספר תנאים הכרחיים:

תנאי הכרחי	2020	יעד 2030	יעד 2050
הערכת השטח הנדרש להקמת מערכות אנרגיה מתחדשת		> 100 אלף דונם	513-930 אלף דונם
אגירה	0.3 GW	12 GW	34-57 GW
הטמעת טכנולוגיות להפחתת פליטות-CCS, גרעין, מימן, טכנו' עתידיות	יעודכן בהמשך בהתאם להתפתחויות הטכנולוגיות		
פיתוח הרשת – הערכה ליכולת הולכת אנרגיה מתחדשת	3-4 GW	7.3 GW	10-16 GW
פיתוח הרשת – הערכה להשקעה ברשת החלוקה יעודכן בהמשך	יעודכן בהמשך		
עמידה ביעדים של משקים משלימים – תחבורה ותעשייה	לפי צוותי תחבורה ותעשייה		
חיבור בין מדינות – יכולת חיבור רשת החשמל עם מדינות שכנות וקניית חשמל נקי	חיבור יציב לרשתות חשמל אזוריות: חיבור לרשת אירופאית ובעדיפות גם לרשתות חשמל נוספות באזור		

טכנולוגיה ומעבר למתחדשות

מעבר למשק אנרגיה מאופס פחמן כולל מהלכים במקטע התמרת האנרגיה והשימושים הסופיים של מוצרי אנרגיה במשק הישראלי. יישום המדיניות למימושם צפוי ליצור שינויים משמעותיים במערך ייצור החשמל, וענפי התחבורה והתעשייה. תמורות אלו יצריכו השקעות בתשתיות, שינוי בהרכב צריכת הדלקים והעלויות הנובעות מכך ושינויים בעלויות התפעול. מחירי העלות והתפעול של טכנולוגיות חדשות להפחתת פליטות גזי החממה ישפיעו על קצב אימוצם והטמעתם בישראל.

אנרגיות מתחדשות

בעשור האחרון חלות תמורות בתמהיל ייצור האנרגיה בעולם שהבולט בהם הוא שינוי בתמהיל מקורות האנרגיה לייצור חשמל. מבין שינויים אלה, המגמה הברורה ביותר היא הסתמכות הולכת וגדלה על טכנולוגיות בתחום האנרגיה מתחדשת, ובעיקר אלו המנצלות את אנרגית הרוח והשמש במקום השימוש המסורתי במתקני ייצור קונבנציונליים. הסבר לכך מצוי במגמות העולמיות להתמודדות עם משבר האקלים ובירידה המתמשכת במחירי האנרגיות המתחדשות אשר מאפשרת להקים הספק רב יותר בעלות נמוכה יותר על פני זמן. מחיר ההתקנה של וואט פוטו-וולטאי ירד בכ- 80% בעשור האחרון, וצפוי להשלים ירידה של כ- 30% נוספים על פני העשור הבא.

עמידה ביעדים משמעותיים של ייצור באנרגיות מתחדשות בישראל כרוכה באתגרים רבים הנוגעים בין השאר בהיבטים תכנוניים, סביבתיים, פיננסיים וטכנולוגיים, אשר מתאפיינים בהשפעה מכרעת על משק החשמל. בין ההשפעות הבולטות על המשק ניתן למנות את תוספת העלויות הישירות והעקיפות הנובעות משילוב אנרגיות מתחדשות במערכת ומגולמות בתעריף החשמל המשולם על ידי כלל הצרכנים, כמו גם את ההשפעות על יציבות ושרידות מערכת החשמל, על ביטחון האנרגיה, על הקצאת משאב הרשת ועוד.

בהיעדר פוטנציאל לייצור אנרגיה מתחדשת ממקורות קבועים כגון מקורות הידרו-אלקטריים וגיאותרמיים, ובשל החסמים הרבים הנוגעים לקידום מתקנים בטכנולוגיות אחרות, ההנחה בבסיס העבודה היא שלצורך עמידה ביעד, תוספת ההספק שתידרש תהיה ברובה המוחלט בהתבסס על אנרגית שמש. כך, עומדת ישראל להפוך לאחת המובילות העולמיות בחלק הייצור הסולארי מתוך סך הייצור. למרות היתרונות הכלכליים של ייצור סולארי ומאפייני האקלים בישראל, קיימת מורכבות רבה בניהול מערכת חשמל המסתמכת באופן כמעט בלעדי על מקור אנרגיה מתחדשת אחד בלבד, בפרט סירוגי (שאינו ניתן לשליטה על ידי מנהלי הרשת ואינו בעל כושר אספקה רציף). לאור האמור, יש חשיבות רבה לשימור ולהרחבת הפעולות שנקטו כדי להקל על שילובם של מתקנים סולאריים, לקידום סוגים נוספים של אנרגיות מתחדשות ובפרט טכנולוגיית הרוח, כמו גם לשימוש במתקני אגירה לצורך קליטת עודפי ייצור סולארי והגמשת מערך הייצור.

לישראל מספר מאפיינים נוספים המעצימים את האתגר הנובע משילוב משמעותי של אנרגיות מתחדשות, ובפרט שילוב מתקנים סולאריים. ראשית, לישראל אין חיבור משמעותי עם מדינות שכנות שמאפשר הזרמת עודפי חשמל או גיבוי במקרה של מחסור. בנוסף, ישראל היא מדינה קטנה ובעלת צפיפות אוכלוסין גבוהה. בהשוואה לייצור קונבנציונלי, כמות האנרגיה שמוצרת לתא שטח באמצעות מתקנים פוטו-וולטאים נמוכה

משמעותית. תא השטח הנדרש לייצור מגה וואט סולארי גבוה פי 100-150 מתא השטח הנדרש לייצור חשמל מגז טבעי. יצוין בהקשר זה כי יותר מ- 70% מייצור החשמל בישראל מיוצר בדרום הארץ בעוד 70% מהביקושים ומוקדי הצריכה העיקריים מרוכזים באזור המרכז, יתרה על כך, מלאי פוטנציאל השטחים הפנויים הגדול ביותר להקמת מתקני ייצור קרקעיים נמצא באזור הדרום, בו צריכת החשמל היא נמוכה. כתוצאה מכך, נדרש פיתוח משמעותי של רשת ההולכה לצורך העברת האנרגיה ממוקדי הייצור למוקדי הצריכה במרכז הארץ, משאבי הרשת העיליים של מערכות ההולכה תופסים שטחים נרחבים (70,000 מ"ר על כל קילומטר של קו 400 ק"ו) בנוסף, נדרש ניצול מרבי של יכולת הקמת מערכות ייצור בשימוש כפול בשטחים הבנויים במרכז הארץ בפרט וכן בשאר האזורים.

בעתיד ישנה אפשרות כי תתפתחנה טכנולוגיות מתחדשות נוספות שניתן יהיה ליישם בישראל, כגון טורבינות רוח צפות בים העמוק, ניצול גלים או זירמי ים, וניצול אנרגיה גיאותרמית מעומק האדמה. במידה וטכנולוגיות אלו יגיעו לבשלות טכנולוגית וכלכלית, הן תישקלנה ליישום בישראל ויאפשרו להקל על האינטגרציה ברשת החשמל.

טכנולוגיות לתפיסת פחמן והטמנתו / שימוש חוזר

תפיסת ואחסון פחמן (CCS) הינו תהליך בו פחמן דו-חמצני (פד"ח) נתפס מפליטות של תהליכים תעשייתיים ותהליכי הפקת חשמל, ומאוחסן ללא יכולת להיפלט לאטמוספירה. מטרת התהליך לצמצם את האפקט של פליטת גזי חממה ממקור אנושי על שינוי האקלים. אין מדובר בטכנולוגיה אחת, אלא בחבילה שלמה של טכנולוגיות ותהליכים. חלק מהם פועלים בהצלחה כבר עשרות שנים, בעוד אחרים נמצאים תחת פיתוח או בשלבי מעבר לשימוש בקנה מידה תעשייתי. ללא קפיצה טכנולוגית שתאפשר יישום בקנה מידה נרחב ואיתור אזורים מתאימים לכליאת הפד"ח, לא יתאפשר יישום של טכנולוגיות תפיסת ואחסון פחמן בישראל.

באופן בסיסי CCS מורכב משלושה שלבים עיקריים:

1. תפיסה - הפרדת פד"ח מגזים אחרים בתהליך התעשייתי או בתהליך הפקת חשמל. לאחר מכן הוא נדחס לקראת שינוע.
2. שינוע - העברת הפד"ח, בד"כ באמצעות צינורות, מאתר תפיסתו אל אתר אחסנה.
3. אחסון - הזרקת פד"ח אל תצורות קרקע או לאקוויפרים תת-קרקעיים לשם כליאה ארוכת טווח. לחילופין, ניתן לשלבו בתהליכים תעשייתיים ליצירת מוצרים (CCU).

כיום, CCS כלכלי רק בחלק מצמצם של מקרים, כאשר מרבית העלות מקורה בתהליך תפיסת הפד"ח. חסמים נוספים הם קושי בשימוש בפד"ח כחומר גלם, חוסר וודאות רגולטורי, צורך בתשתיות הולכה לפד"ח, אי קבלה ציבורית, קושי באיתור ואפיון אתרי אחסון, אי הכרה בעלויות החיצוניות של פליטת גזי חממה, ונושאי חבות (מי נושא באחריות במקרים של נזק).

בעולם פועלים נכון ל-2020, 26 מפעלים בקנה מידה גדול, ועוד 3 מפעלים בהקמה, כ-13 מפעלים בשלבי פיתוח מתקדם וכ-21 בשלבי פיתוח ראשוניים. המפעלים הפועלים היום בעלי קיבולת תפיסה של 40

MtCO₂ בשנה. בנוסף, ישנם עוד 34 מתקני חלוץ והדגמה פועלים או בתהליכי הקמה. בישראל בוצעה עבודה ראשונית למיפוי פוטנציאל הטמנת הפד"ח על ידי המכון הגיאולוגי ובכוננת המשרד להעמיק בחינה זו.

מימן

אחת הגישות המובילות להפחתת פליטות הינה גישה המבוססת על אגירה כימית של עודפי חשמל ממקורות מתחדשים - ניצול עודפי החשמל לאלקטרוליזה של מימן. תהליך שריפת המימן הינו תהליך נקי המפיק חום רב ומים בלבד כתוצר לוואי. אפשרות אחרת היא ניצול המימן בתאי דלק, הממירים אותו ישירות לחשמל בנצילות גבוהה. לכן המימן מיועד לשמש כדלק נקי בעתיד מופחת פליטות. אולם כיום, בישראל ובעולם בכלל, רובו המוחלט של המימן מופק מדלקים פוסיליים תוך פליטה משמעותית של פד"ח. מימן המופק בתהליך זה מכונה "מימן אפור" והוא לא יכול להוות בסיס לכלכלה דלת פליטות עתידית. מימן כחול לעומת זאת, הוא מימן המופק מגז טבעי (הכולל פחמן ומימן בלבד), כאשר בהליכי ההפקה נוצרות תרכובות פחמן שניתן לתפוס ולנצל (בדומה לטכנולוגיות ה-CCU). את המימן ניתן לאגור ולהזין לטורבינות ייעודיות לייצור חשמל (טורבינות הדומות לטורבינות גז עם שינויים מסוימים), לתנורים תעשייתיים כחלופה לדלקים מזהמים, או לתאי דלק, ההופכים מימן וחמצן למים תוך כדי ייצור חשמל.

טכנולוגיות מימן נקי עדין בשלבי פיתוח וניסוי ראשוניים בעולם, וללא קפיצה טכנולוגית שתאפשר יישום כלכלי בקנה מידה מספק, לא יתאפשר יישום של טכנולוגיה זו בישראל. המשרד משקיע משאבים בקידום טכנולוגיה מימן בישראל באמצעות תמיכה בנחקרים, בחברות הזנק ובמתקני חלוץ.

אנרגיה גרעינית

ייצור חשמל מאנרגיה גרעינית נפוץ מאוד בעולם, למרות התחושה בציבור כי מדובר בטכנולוגיה הנמצאת בתהליך מתמשך של דעיכה. בפועל, כ-10% מכלל החשמל בעולם מיוצר על ידי אנרגיה גרעינית (2018, IEA), ובמדינות ה-OECD השיעור עומד על 17.7%. כ-GW400 חשמל המיוצרים ב-452 כורים גרעיניים ב-31 מדינות בעולם. ניתן לראות כי כמעט בכל מדינות ה-OECD (למעט יפן שנאלצה לסגור את רב תחנות הכוח שלה בעקבות אסון פוקושימה) חלק החשמל המיוצר באנרגיה גרעינית עולה על הממוצע העולמי. נכון להיום היקף ייצור החשמל מאנרגיה גרעינית גדל, אם כי הוא גדל בקצב קטן מהגידול בסך צריכת החשמל, כך שחלקו בתמהיל יורד. תהליך זה מקבל גיבוי מדעת הקהל הציבורית וחלק מהגופים הירוקים. בכל הקשור למשק האנרגיה הישראלי, יש לבחון את היתרונות והחסרונות של הטכנולוגיה כמו גם את מידת הישימות של הטמעתה במשק הישראלי. יש לציין כי לישראל מספר מאפיינים ייחודיים המקשים על השימוש בטכנולוגיית גרעין. לצד זאת ככל שמגמות עולמיות של הפחתת פלטות פד"ח יביאו לפיתוחים טכנולוגיים בתחום ולהגברת השימוש בטכנולוגיה מבוססת גרעין במדינות ה-OECD, יהיה מקום לבחון זאת גם בישראל.

הפחתת פליטות בסקטורים משלימים - תעשייה, תחבורה ומבנים

כאמור, המשך הפיתוח הכלכלי בישראל מוביל לגידול מתמשך בביקוש לאנרגיה. הקשר בין תעשייה, תחבורה וסקטור המבנים לאנרגיה הוא קשר ישיר כיוון ששלושת התחומים תלויים באנרגיה לפעילותם השוטפת, עם זאת האתגר והאחריות למעבר לאנרגיה נקייה בסקטורים אלה משותף ותלוי במספר בעלי עניין.

מגזר התעשייה:

ישנם שלושה מקורות לפליטה במגזר התעשייה: פליטה ישירה מהתהליכים התעשייתיים עצמם, פליטה עקיפה עקב שימוש בחשמל ופליטה ישירה עקב שריפת דלקים וגז. בעולם, משקיעים בתהליכים המנסים לצמצם פליטות אלו וגם בישראל, משרד האנרגיה בשיתוף משרד הכלכלה, רשות החדשנות והתאחדות התעשיינים משתפים פעולה במטרה לקדם תהליכי מחקר, פיתוח ויישום של תהליכים מופחתים פליטות בתעשייה.

התהליכים להסבת התעשייה לתעשייה דלת או מאופסת פליטות גזי חממה הינם ארוכי טווח ודורשים הן בחינה הנדסית עמוקה והן השקעה של סכומים גבוהים. היות וכך יש להתחיל לקדם את התהליכים במהירות האפשרית בכדי לאפשר לתעשייה את הזמן הנדרש למעבר. ללא הסבה לגז טבעי בשלב הראשון במקביל לתהליכי חשמול ומעבר למימן בטווח הארוך, לא נוכל להפחית פליטות בסקטור זה ולעמוד ביעד העל.

להלן יעדי מגזר התעשייה:

יעד	מדד	יעד 2030	יעד 2050
הפחתת פליטות גזי חממה של התעשייה	הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015	15%	40%

מגזר התחבורה:

כיום קיימת תלות כמעט מוחלטת בנפט כמקור אנרגיה לתחבורה בארץ ובעולם. למעלה מ-90% מצריכת האנרגיה בתחבורה העולמית מקורה בנפט ובישראל התלות אף גדולה יותר. למצב זה ישנן השלכות שליליות ביותר הן מההיבט הסביבתי, כתוצאה מפליטות גזי חממה, הן מההיבט הבריאותי עקב מזהמים שונים הנפלטים לאוויר בקרבה לאוכלוסייה, הן מההיבט הכלכלי, מאחר ומחירי הנפט מתאפיינים בתנודתיות גבוהה, והן מההיבט הגיאופוליטי, מאחר והנפט מצוי בחלקו הגדול במדינות התורמות לחוסר יציבות פוליטית.

על מנת להפחית את הפליטות מסקטור זה יש לעודד חדירת רכב חשמלי ע"י חבילת תמריצים הכוללת הטבות מיסים רכישה ומכס, פריסת תשתיות ועמדות טעינה, השקעות ברשת החשמל בכדי שתוכל לספק את הביקוש התוספתי והשקעה במו"פ. בנוסף יש צורך לאמץ את התקנים האירופאים לפליטות ברכבים חדשים ולקבוע

יעדי מכירות וייבוא. מבחינת התחבורה הכבדה שלא צפויה לעבור חשמול בעשורים הקרובים, יש צורך בהשקעה בתחליפי דלקים כגון מימן, גט"ן וביו דלקים.

להלן יעדי מגזר התחבורה כפי שנקבעו על ידי צוות בהובלת משד התחבורה:

יעד	מדד	2018	יעד 2030	יעד 2050
רכבים מאופסי פליטה	אחוז רכבים מאופסי פליטה מסך מצבת הרכבים*	0%	25% עבור רכבים קלים מתחת ל-3.5 טון ואוטובוסים 10% עבור משאיות כבדות	100%
יעילות באנרגיה	צריכת אנרגיה סופית מתחבורה לתושב לשנה (MWh/capita)	7.7	6-7	2-3

מגזר המבנים:

בישראל, סקטור המבנים אחראי על כשליש מפליטות גזי החממה, בעיקר כתוצאה מצריכת אנרגיה לתאורה, לחימום ולקירור. אימוץ תקני בנייה ירוקה יוביל לחיסכון של עד 30% בצריכת האנרגיה במבנים, אולם, אימוץ של בנייה ירוקה אינו ממצה את פוטנציאל הפחתת פליטות גזי החממה ויש צורך למעבר לבנייה מאופסת אנרגיה, כך שייצור האנרגיה שווה לצריכת האנרגיה והמאזן האנרגטי הינו אפסי ואף חיובי במבנים אלה.

להלן יעדי מגזר המבנים כפי שנקבעו ע"י צוות מבנים וערים בהובלת מנהל התכנון:

יעד	מדד	יעד 2025	יעד 2030
בנייה ירוקה: הגדלת שיעור המבנים הנבנים בהתאם לתקן בכל הארץ	שיעור התחלות הבנייה של מגורים (בנייה רוויה), מבני מסחר ומבני ציבור הנבנים בהתאם לתקן בנייה ירוקה	100%	100%

100%	100%	שיעור התחלות הבנייה של מבני מגורים צמודי קרקע מאופסי אנרגיה	בנייה מאופסת אנרגיה: הגדלת שיעור המבנים מאופסי האנרגיה
100%	25%	שיעור התחלות הבנייה של מבני מגורים 3-5 קומות מאופסי אנרגיה	

שיתוף פעולה בין משרדי ומגזרי

שיתוף פעולה בין משרדי ומגזרי הינו קריטי על מנת להגיע למטרה המשותפת של השגת יעדי הפחתת הפליטות הלאומיים של ישראל. האתגרים העומדים בפנינו מורכבים ולכן לטיפול בהן נדרשת גישה משולבת ובהתבסס על יעילות ניצול המשאבים של כל משרד ועל חלוקת אחריות; תיאום יכול ליצור יתרון לגודל - מהלך של מספר משרדים הוא עוצמתי ויעיל יותר. אולם, קיים קושי לסנכרן ולתאם שגרה ונהלים ארגוניים, אשר מייצר חסם משמעותי לשת"פ, ולכל אחד מהגופים משתפי הפעולה יש מטרות ולחצים שונים שיכולים לפגוע במהלך הכולל. סוגיית השטח למשל, הינה דוגמא לאתגר שנוכל להתגבר עליו רק על ידי הבנה הדדית וחתירה למטרה זהה, שילוב נכסים והסכמה על ערך משמעותי שלכל אחד מהמשרדים יש סיבה ערכית אמתית לקדם אותו.

סוגיית השטח

סוגיית השטח היא אתגר לא פשוט כיוון שקרקע בישראל הינה משאב מוגבל מאוד. על כן, יש להשתמש בו בצורה מידתית ומושכלת על מנת לשלב ולאזן בין כושר הנשיאה הסביבתי של אזור נתון, הנגזר מהיצע המשאבים, לבין עומס הפיתוח, הנגזר מהביקוש לשימושי קרקע שונים באותו שטח.

לשימוש בקרקע ישנן השפעות על:

1. תשומות כלכליות – הקרקע הינו משאב שערכו נקבע על פי השימוש ומקומו הגאוגרפי ועל כן לשטחים שונים ערך כלכלי שונה.
2. סביבה – לקרקע ערך נופי ואקולוגי. ישנה חשיבות רבה בשימור קרקע בצורתה הטבעית על מנת לשמר את האיזון האקולוגי לרווחת בעלי החיים ופעילות אנושית.
3. פיתוח – ישנה תחרות רבה על פיתוח הקרקע לצרכי האדם: מבני מגורים, תעשייה, תחבורה, מסחר, בטחון ותשתיות חיוניות. לעיתים קרובות שטחים מוגדרים לא יוכלו לשמש לצרכים נוספים (דו שימוש בקרקע).

לא יהיה אפשרי לעמוד ביעדי הייצור השאפתניים של אנרגיות מתחדשות ללא מיצוי ייצור אנרגיה בשטחים מבונים. זאת משום שאנחנו חוסכים פעמיים: מייצרים את החשמל באזור הביקוש ובכך מייעלים את השימוש בהספק המיוצר וחוסכים את משאבי הרשת לצורך העברת החשמל. כאמור יש צורך בשטחי קרקע נרחבים לטובת ייצור החשמל באנרגיה סולרית (מפורט בסוגיית השטח בעבודה זו), על כן יש צורך בשיתוף פעולה

לשם מקסום השימוש הכפול בקרקע לייצור סולארי, כמו גם להגיע להסכמות לגבי הקצאת שטחים פתוחים בין משרדי הממשלה השונים (משרד האוצר, רשות מקרקעי ישראל, מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה ועוד).

רשות החשמל ביצעה הערכה ראשונית של פוטנציאל השטחים להקמת מתקני ייצור פוטו-וולטאים לצורך מימוש יעד הביניים של 30% אנרגיה מתחדשת בתמהיל האנרגיה בשנת 2030². מובן שפוטנציאל השטחים העתידי תלוי בשיקולים ובגורמים רבים כמו גם בהתפתחויות טכנולוגיות. הערכת סך פוטנציאל השטחים להקמת מתקני ייצור סולאריים מפורטים בטבלה הבאה:

לוח 2 - פוטנציאל השטח וההספק לפי סוג

סוג פוטנציאל	פוטנציאל בדונם	הספק (MW)
קרקעי ³	84,920	8,416
גגות	41,933	5,079
מאגרים	45,888	5,558
מחלפים	2,420	240
שימושים דואליים נוספים	5,000	606
סה"כ	180,161	19,898

מתוצאות אלו ניתן ללמוד כי קיים פוטנציאל שטח שיאפשר עמידה ביעד של 30%. עם זאת, היקף הפוטנציאל שמופה הוא בעל יתירות מצומצמת באופן יחסי וכדי לעמוד ביעד יש למצות אותו כמעט עד תום. בנוסף, הפוטנציאל הממופה בטבלה לא תואם אל מול כלל הגורמים שאמורים לאשרו ולכן קיימת אי ודאות לאפשרויות מימוש. פוטנציאל זה עשוי לגדול בשל שטחים נוספים אפשריים, הן דואליים והן קרקעיים, שנסקרו אך לא נלקחו בחשבון במסגרת העבודה עקב אי וודאות ביחס ליכולת לממש אותם. מיצוי פוטנציאל זה והגדלתו תאפשר רק על ידי טיפול בחסמים הרלוונטיים וקידום משלים של צעדי רגולציה.

לשם עמידה ביעד של לפחות 50% אנרגיה מתחדשת בתמהיל האנרגיה בשנת 2050, הערכות המודל המשמש לעבודה זו עומדות על צורך בהקמה של הספק מותקן של 57,000 מגה- וואט על פני כ- 513,000 דונם. העלאת אחוז המתחדשות לכדי 80% תצריך כ-930,00 דונם. שימוש נרחב כל כך בשטח, גם אם בשימושים דואליים, מציב אתגר חסר תקדים בכל הנוגע לייצור אנרגיה בטכנולוגיית PV ויכולת קליטתו ברשת. הלכה למעשה לא קיימת כל יכולת להקצות שטחים בהיקף זה לייצור אנרגיה, בוודאי שלא בהינתן

² https://www.gov.il/he/departments/publications/Call_for_bids/shim_2030yaad

³ מתוך זה, פוטנציאל קרקעי בשטחי יהודה ושומרון, שטחי אש וקרקעות בדואים פרטיות עומד על 50,000 דונם, הספק של 8,416 MW

קצב גידול האוכלוסייה ואתו הביקוש ההולך וגובר למשאבי קרקע. לפיכך, היכולת להטמיע אנרגיית שמש בהיקפים כה גדולים תלויה ביכולת למקסם שימוש כפול בקרקע ובהתקדמות טכנולוגיית שתאפשר ניצול טוב יותר של אנרגיית השמש ליחידת שטח כמו גם התקנת מערכות בשימושים נוספים דוגמת קירות מסך ואחרים. תחום נוסף המתפתח כיום בעולם הינו שימוש כפול בשטחי חקלאות, או "אגרי-וולטאי". נמצא כי ניתן לייצר חשמל סולארי מעל שטחי חקלאות תוך פגיעה מזערית בגידולים, ולעיתים אף תוך שיפור התנובה. ייצור סולארי בשטחי החקלאות גם יאפשר שיפור הוודאות הכלכלית של החקלאים התלויים כיום באיתני הטבע ובתמיכה ממשלתית. בישראל, פיתוח יכולת אגרי-וולטאית הינו רכיב מפתח ביכולת להשגת יעדי משק האנרגיה.

אגירה

אגירת אנרגיה מחליפה הקמת תוספת ייצור וחוסכת בשטחים. השימוש באגירה הוא אמצעי מפתח לפתרון בעיית הפקת חשמל מאנרגיה סולארית. השימוש באגירה, בין אם בסוללות או בכל טכנולוגיה אחרת, יכול לפתור את בעיית הייצור העודף באמצעות קליטת עודפי הייצור בשעות הצהריים ופריקתה בערב ובלילה. בנוסף, לאמצעי האגירה יכולת תגובה מהירה והם יכולים לתת מענה לחלק מהבעיות הדינמיות המקשות על שמירת יציבות הרשת. לאגירה בסוללות יתרונות נוספים כגון זמני הקמה מהירים יחסית, גודל המתקנים והיכולת לשלב אותם בתשתיות קיימות ויכולת הקמה מודולרית.

יש לציין כי טכנולוגיית האגירה באמצעות סוללות עדיין בחיתוליה ואין ניסיון רב בעולם בתפעול מערכת חשמל הכוללת כמות גדולה מאד של מערכות אגירה באמצעות סוללות. בנוסף, קיימת אי וודאות רבה לגבי עלויות הטכנולוגיה, מחזורי החיים שלה ואף לגבי היכולות שלה.⁴ עם זאת, השימוש בטכנולוגיה זו הולך וגדל ברחבי העולם וקיימת מגמה ברורה של ירידת מחירים כאשר הצפי הוא להמשך המגמה לאורך העשור הקרוב לפחות.⁵

על מנת לספק את הביקוש בשנת 2030 כאשר תמהיל האנרגיה יכיל 30% אנרגיה מתחדשת, ובשנת 2050 כאשר תמהיל האנרגיה יכיל מינימום 50% אנרגיה מתחדשת, יהיה צורך בהספק אגירה מותקן של כ- 19,600-26,000 ו-150,000-225,000 מגה-וואט-שעה בהתאמה.⁶ בבחינת העלות העודפת והחיסכון המשקי של הגדלת יעד המתחדשות ל 30% עולה כי הטווח נע בין עלות עודפת של כ- 4 מיליארד ש"ח לבין חיסכון של כ- 8 מיליארד ש"ח. עד לשנת 2050 צפוי חיסכון של כ-3 מיליארד ש"ח בשנה, אך ערך זה הינו נמוך ביחס לאי הוודאות בנוגע לעלויות בטווח הזמן של 30 שנים.

⁴ ראו גם: NREL – Cost projections for Utility-Scale Battery Storage, June 2019

⁵ ראו גם: IRENA – Electricity storage and renewables: Cost and markets to 2030

⁶ כמות ההספק המדויקת, תלויה במספר גורמים ובעיקר בתמהיל של סוגי המתקנים, זאת לאור רמות התפוקה הממוצעות השונות

פיתוח הרשת

רשת החשמל מהווה תשתית לאומית עיקרית וחיונית שתפקידה, בין היתר, להעביר את האנרגיה המיוצרת בתחנות הכוח אל מרכזי הצריכה ברמת האמינות והאיכות הנדרשת. פיתוח מערכת ההולכה וההשנאה נדרש על מנת לתת מענה להתפתחות הביקוש הצפוי במשק החשמל, הצורך בשדרוג הרשת לשם הגברת שרידות המערכת, אמינות ויתירות ההספקה ולחיבור של מתקני ייצור ובכללם מתקני ייצור באמצעות אנרגיה מתחדשת הנדרשים למשק החשמל.

יחידת תכנון ופיתוח טכנולוגיות (תפ"ט) בחברת ניהול המערכת אחראית על תכנון מערכת ההולכה בהתייחס לביקוש הצפוי במשק החשמל על פי אזורים גיאוגרפיים, טכנולוגיות הייצור תוך שמירה על שרידות ואמינות האספקה.

פרויקטים במקטע ההולכה מקודמים במסגרת תכניות מתאר ארציות על ידי המועצה הארצית לתכנון ובנייה או הוועדה לתשתיות לאומיות (ות"ל). מעבר לקושי המערכתי בפיתוח מקטע ההולכה, הליך התכנון של הפרויקטים כולל חסמים רבים ואורך זמן רב. קושי זה הולך וגדל עם העלייה במגמה של ביזור ייצור החשמל, כאשר במקביל העיכובים בפיתוח הרשת מונעים הקמה של מערכות ייצור, ובפרט מערכות סולאריות בדרום. תכנון ופיתוח רשת החשמל אמור תמיד היה לתת מענה להובלת החשמל מתחנות הכוח ואתרי הייצור אל אזור הביקושים מכאן שבתהליך התכנון נעדר השיקול לאופטימיזציה תכנונית של הרשת. החשיבות לתכנון רשת אופטימלית במדינה שבה משאב הרשת מצומצם והצפיפות לנפש היא מהגבוהות בעולם היא רבה מאוד, מאידך יש לשמור במקביל על אמינות האספקה ושרידות למרות השאיפה לתכנון אופטימלי.

תוספת הספק מותקן באנרגיות מתחדשות, בוודאי מסוג סירוגי אחד (סולארי), עשויה שלא לחסוך כמעט בכלל הספק קונבנציונלי, שנדרש לצורך גיבוי מתקני הייצור באנרגיות מתחדשות בשעות בהן אין ייצור מהם.⁷ מכיוון שהרשת צריכה לתת מענה לקליטת האנרגיה מכל מתקני הייצור ולהעברתו ממוקדי הייצור אל מוקדי הצריכה, הוספה של מתקנים פוטו-וולטאים בהיקף של אלפי מגה-וואט מחייבת התאמה של פיתוח הרשת והגדלת היקף ההשקעות במקטעי הרשת.

קושי נוסף נובע מכך שהייצור הסולארי מרוכז בכ-5 שעות ביום במוצע, כך שייצור סולארי דורש הספק הולכה מרבי גבוה פי 3 לערך ביחס לייצור דומה ממקורות קונבנציונליים. מכאן שהגדלת הייצור הסולארי מטילה דרישות כבדות על הרשת. שימוש משמעותי באגירה יכול להפחית דרישות אלו ולכן יש לתכנן את הרשת במקביל לתחזיות הייצור הסולארי והאגירה.

הספק מותקן בגז טבעי ואמינות האספקה

הבטחת אמינות האספקה ופיתוח כלכלי של המשק הם תנאי בסיס כאמור בתכנון אסטרטגי של המשק. לפיכך יעדי התכנון וכן אבני הדרך חייבים להיבחן באופן תמידי ובכל עת.

⁷ שילוב של אמצעי אגירה לצד מתקני האנרגיות המתחדשות יכול כמובן לחסוך בהספק קונבנציונלי.

אחת השאלות בנוגע לאמינות האספקה, במשק שהוא אי אנרגטי ומבוסס כמעט בלעדית על מקורות סולאריים, היא כיצד תובטח האספקה גם בשבוע מעונן שבו תפוקת המערכות הסולאריות הינה מינימלית. אם נבחן את היעדים לשנת 2050, נמצא כי שיא הביקוש לחשמל בשנה זו צפוי להיות כ-32GW. אולם, גם בשבוע הקשה ביותר בשנה אין צורך להחזיק הספק קונבנציונלי בגובה זה.

היות ומתקנים סולאריים מפיקים אנרגיה רק כ-20% מהזמן בממוצע, הרי שבכדי להפיק כמות אנרגיה בדומה למתקן בגז טבעי, יש להקים הספק גבוה פי 3 לערך (מתקן בגז טבעי פועל בממוצע כ-60% מהזמן). מכאן שלפי תוצאות המודל, בשנת 2050 יהיה צורך בכ-105GW של הספק סולארי מותקן. גם אם בימי החורף המעוננים הספק זה יוכל למלא את הביקוש לחשמל בשעות הצהריים, לא ייווצרו עודפים שיאפשרו אגירת אנרגיה לקראת שיא הערב והלילה שלאחריו. על פי מודל החשמל נמצא כי גם בשערי החדרה גבוהים ביותר של אנרגיה נתחדש (מעל 80%) עדיין יהיה צורך בהספק בגז טבעי של כ-16 GW שיפעל ברציפות במשך כל היממה בכדי לטעון את הסוללות בצהריים, בכמות מספקת שתאפשר את אספקת האנרגיה הדרושה בערב ובלילה, וזאת במקביל ליחידות הקונבנציונליות שתמשכנה לפעול בהספק המכסימלי גם אז.

מכאן, שעודף ההספק הסולארי, יכולות האגירה, יחד עם היחידות בגז טבעי שעוד צריכות לקום, שיהיו הספק של כ-50% משיא הביקוש השנתי, יאפשרו אספקת חשמל לכל צרכי המשק גם בתקופות של מספר ימים מעוננים רצופים בהם תפוקת החשמל הסולארי תהיה מינימלית.

יש לציין כי ניתוח זה אינו מתייחס לרזרבה הנדרשת במערכת לגיבוי בעת תקלה. בניתוח שנערך על בסיס המודל בהתאם לעקומות הייצור והביקוש הצפויות בשנת 2050 נמצא כי עודפי הייצור הגבוהים במשק (ייצור סולארי של מעל 100GW, בתוספת אגירה והספק בגז טבעי) יחזיקו הספק עודף ברוב שעות השנה שיאפשר להתמודד עם תקלה ביחידת ייצור בת 600MW ואף מעבר לכך. אולם, עבור אותם שבועות מעוננים, בהם יכולת הייצור תהיה קרובה לגבול יכולתה, יהיה צורך להחזיק רזרבה של 1-2GW ביחידות בגז טבעי מעל ל-32GW הנדרשים לאספקה הסדירה (וזאת ביחס לכ-20% רזרבה הנדרשת כיום). לפיכך סך ההספק הנדרש בגז טבעי בשנת 2050 יעמוד לכל הפחות על כ-18 GW וזאת גם בתרחיש הכולל התבססות על אנרגיית שמש בשיעורים הגבוהים ביותר האפשריים. הספק זה יעבוד בשעות מעטות יחסית, אך יבטיח אספקת חשמל יציבה למשק. לא מן הנמנע, כי הספק זה יופעל בעתיד על ידי מימן בשילוב עם גז טבעי או במקומו, ובכך יביא להפחתת פלטות הפד"ח הנגרמות מייצור החשמל.

בעתיד בו יכולת הייצור תהיה מוטה למערכות סולאריות מבוזרות בתוספת יכולת אגירה משמעותית שגם היא תהיה מבוזרת בחלקה, עם יכולות לאספקת אנרגיה מקומית, תהיה עליה מובנית בביטחון האספקה ותצטמצם התלות ברשת ההולכה לאספקת חשמל לצרכנים. בנוסף, חיבור הגריד הישראלי למדינות שכנות ולמדינות אירופה, יהווה גם הוא מקור לסיוע בשעת חירום ויאפשר שיפור בביטחון האספקה.

במקביל ככול יוטמעו במשק החשמל טכנולוגיות אחרות וגיוון מקורות האנרגיה יעלה כך גם תשפר אמינות האספקה במיוחד בטכנולוגיות ייצור משלימות לייצור סולארי. כך למשל, אגירה ארוכת טווח באמצעות מימן תאפשר לייצר מימן מחשמל עודף באביב ובקיץ, ולהשתמש באנרגיה זו לייצור חשמל בשבועות המעוננים

בחורף. טכנולוגיה נוספת שמתפתחת במהירות לאחזרונה היא טורבינות רוח צפות בים העמוק. באם טכנולוגיה זו תגיע לכדאיות כלכלית, ניתן יהיה להקים טורבינות צפות 20 ק"מ בעומק הים, מעבר לקו האופק, ולהפיק מהן אנרגיה נוספת שתסייע לאזן את המשק בשעות הערב ובימים המעוננים.

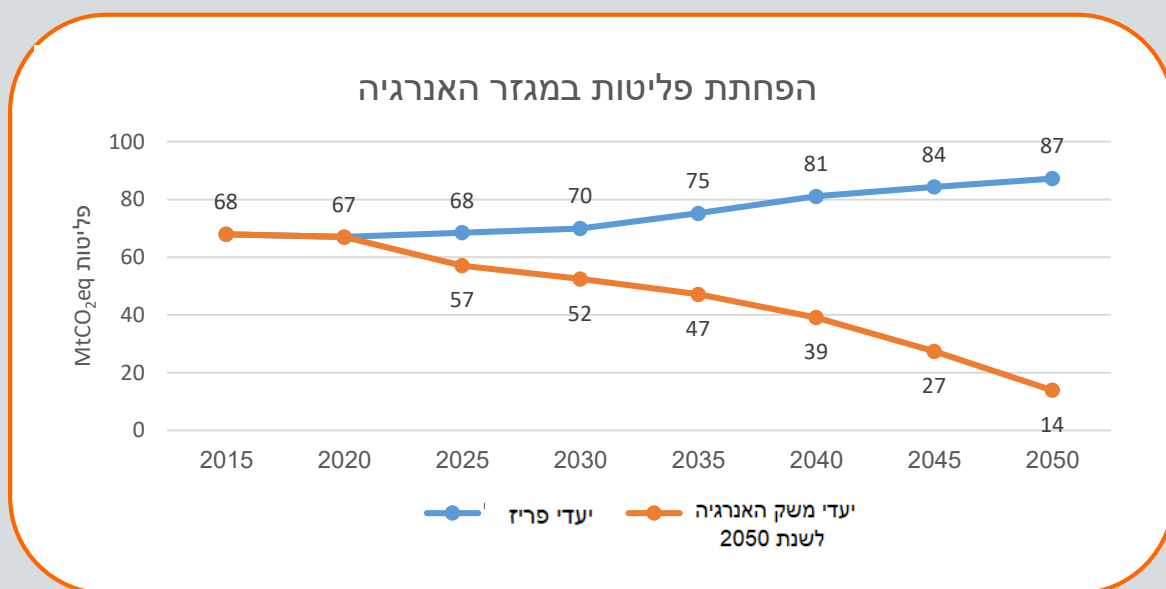
מתוך כך וכפועל יוצא של קביעת היעדים יבחן לאורך זמן קריטריון אמינות הרשת וכן גם היערכות המשק לשעת חירום.

עוד נציין כי המעבר למשק אנרגיה המאופיין באנרגיות מתחדשות מכריח התייחסות לפיתוח משק הגז הטבעי אשר הופך דלק מעבר. בשנים הקרובות השימוש בגז טבעי עדיין גבוה אולם בעשורים הבאים הוא עשוי להתמתן ועלכן עולה הצורך בבחינת מדיניות היצוא של ישראל.

על כן פיתוח כלכלי של המשק כתלות ביעדי התוכנית מחייב התייחסות נרחבת לפיתוח אוצרות הטבע של ישראל בראשם הגז הטבעי.

יעד הפחתת הפליטות

בתרחיש "עסקים כרגיל" (המבוסס על התחייבות ישראל בהסכמי פריז) וללא פעולות נוספות סך פליטות גזי החממה ממשק האנרגיה בשנת 2050 יגדלו ב-28% מערכיהם בשנת 2015 (87.3 ו-2.68 MtCO₂e/y בהתאמה). לעומת זאת, כתוצאה מעמידה ביעדי המשרד שנת 2050 (לרבות המדיניות לעשור הקרוב: העלאת יעד מתחדשות ל-30% בשנת 2030 וסגירת התחנות הפחמיות) וכן הפועלות המשלימות בכלל הסקטורים במשק האנרגיה (לרבות תחבורה ותעשייה), סך פליטות גזי החממה ממגזר האנרגיה צפוי לפחות לשיעור מזערי של כ-13.9 MtCO₂e בשנת 2050, הפחתה של 80% לעומת שנת 2015.



תרשים 5: פליטות גזי חממה ממשק האנרגיה עד שנת 2050 בתרחיש "עסקים כרגיל" ובתרחיש הפחתה ע"פ מודל אנרגיה שנכתב לצורך עבודה זו. משרד האנרגיה, 2020. תרומת משק האנרגיה להפחתת פליטות גזי החממה במשק הישראלי הינה התרומה המשמעותית ביותר מבין הסקטורים בישראל ומהווה הפחתה של כ-71% מפליטות גזי החממה הצפויים בשנת 2050.

תכנית האנרגיה – צעדי המדיניות

כאמור, משק האנרגיה הינו הסקטור המשמעותי ביותר להבטחת מעבר לאיפוס פחמני וכלכלה דלת פחמן במדינת ישראל. תכנית האנרגיה נכתבה לאור שלושה עקרונות: משק אנרגיה אמין, נקי ובר השגה ובהתייחס לתמורות העולמיות במשקי האנרגיה בעולם והמגמות הטכנולוגיות.

התכנית כוללת חבילה משולבת של אמצעי מדיניות שמטרתם להשלים את ההשקעות בתשתיות הפיסית. יובהר כי קביעת מדיניות בהסתכלות שלושה עשורים קדימה, בתחום מורכב כל כך שבו הטכנולוגיה משתנה בקצב גובר והולך, מאופיינת ברמת חוסר וודאות גבוהה. לפיכך, חבילת המדיניות פורשת את כלל האמצעים להפחתת פליטות במשק האנרגיה, אך ההחלטות לגבי יישום המדיניות בכל אחד מהסקטורים במשק האנרגיה יתקבלו בטווח הקצר-בינוני (עשר שנים קדימה) על פי עמידה ביעדי הביניים כמו גם בהתאם לקצב ההתקדמות הטכנולוגית. מפת דרכים זו תעודכן מדי חמש שנים, כך שיתאפשר תכנון מיטבי של משק האנרגיה בכל זמן נתון ובעזרת מודל אנרגיה מלווה. להלן יפורטו צעדי המדיניות לצורך עמידה ביעדי התכנית:

הפסקת השימוש בפחם

משק החשמל מבוסס כיום על שלושה סוגי דלקים עיקריים: גז טבעי, פחם ואנרגיה מתחדשת. בנוסף, חשמל בהיקף מצומצם מיוצר עדיין באמצעות סולר ובמזוט, בעיקר בשעות שיא ביקוש בהן הספקת הגז למשק, המבוססת עדיין על מאגר גז אחד, אינה מספקת, או כתוצאה מתקלה או תחזוקה במאגרי הגז. שיעור ייצור החשמל באמצעות פחם הופחת בשנים האחרונות באופן משמעותי מהיקף של כ-60% מהצריכה המשקית לכ-30% בשנת 2018. הפסקת השימוש בפחם כמקור אנרגיה לייצור חשמל עד שנת 2025 הינה החלטה היסטורית בחשיבותה בניהול משק האנרגיה הישראלי. משמעותה היא הפחתה מהירה ודרסטית של פליטות גזי חממה ומזהמי אוויר. הספק פחמי זה יוחלף בייצור חשמל ממקורות מתחדשים ומגז טבעי, בהתבסס על הסבת היחידות הפחמיות קיימות ליחידות דו-דלקיות העושות שימוש בגז טבעי כדלק עיקרי ובפחם כדלק משני, המשמש בעת אירוע חירום או תקלה באספקת הגז. בשל האמור לעיל ותחזיות עולמיות לעלייה בשימוש בגז טבעי כדלק מעבר, יש צורך בבחינה מחודשת של מדיניות הייצוא של גז טבעי ישראלי - ככלל פרויקט, האפשרות להקדים את ההכנסות מגדילה את כדאיותו ומקדמת הכנסות למדינה. במקביל, מגמה נוספת בסקטור הגז הינה התאמת תשתיות הולכת הגז הטבעי להעברת מימן ודלקים ביולוגיים. מכיוון שרשתות ההולכה והחלוקה בישראל נבנות בסטנדרטים מחמירים מאוד, מידת התאמתם לשימוש זה גבוהה ויש צורך לאמץ את הרגולציה האירופאית בהקשר זה.

הפחתת פליטות בסקטור ייצור החשמל

על מנת לעמוד ביעד של הפחתת פליטות גזי חממה בשיעור של 75-85% בסקטור ייצור החשמל, יש להעלות את אחוז ייצור החשמל מאנרגיה מתחדשת. יעד של 30% ייצור באנרגיה מתחדשת בשנת 2030 נקבע כמדיניות המאזנת בין שאיפותיה של ישראל לעמוד בשורה אחת עם מדינות העולם בהיבטי אנרגיות מתחדשות והצורך להפחית את זיהום האוויר המשקי, ובין העלויות, ההשלכות והאתגרים הנובעים מכך. ניהול משק חשמל המתבסס במידה רבה על אספקת אנרגיה בלתי יציבה מצד אחד ומבוזרת מאוד מצד שני, דורש הערכות משמעותיות ברשת החשמל ובניהול הייצור והאספקה. הערכות הנדסית זו כרוכה בהשקעות משמעותיות ברשת החשמל, הן בתוספת קווי הולכה, בתוספת אגירה, והן במערכות ניהול חכמות שיוכלו לקלוט את החשמל הבלתי יציב והמבוזר תוך אופטימיזציה של משאבי הייצור והרשת הקיימים וניהול הביקוש לחשמל. לצד אתגרים אלו, שההתמודדות עימם תלויה בעיקרה בריכוז מאמץ ממשלתי, קיימים משתנים חיזוניים, אשר עשויים להשפיע במידה רבה על יכולתו של המשק לעמוד ביעדי ייצור מאנרגיה מתחדשת גבוהים יותר. כל זאת מתעצם כאשר בוחנים יעד שאפתני אף יותר של 50-80% אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל עד שנת 2050. על כן יש לנקוט במספר צעדים חיוניים:

1. **פיתוח מואץ של רשת החשמל** - פיתוח רשת החשמל מהווה תנאי הכרחי ליישום היעדים. על כן, נדרש לגבש בהקדם תכניות פיתוח למערכת המסירה ולרשת החלוקה שתיתן מענה לקליטת ההספק הנדרש. יש לפתח את רשת ההולכה כך שתאפשר ייצור חשמל סולארי מסיבי בפריפריה ובעיקר בדרום הארץ, ואת רשת החלוקה והאספקה כך שתוכל לנהל ביציבות ייצור כמויות גדולות של חשמל סולארי על גגות הבתים. בנוסף, היות וקיימים חסמים משמעותיים לפיתוח הרשת, נדרש לקדם בהקדם תכנית להסרת חסמים, להאצת פריסת הרשת ולייעול ההליכים התכנוניים למתקני רשת.
2. **הטמנת קווי מתח עליון** - הטמנת קווי מתח עליון מסירה את המופע העילי והפגיעה הנופית, מונעת פגיעה בבעלי כנף, מצמצמת את פוטנציאל הפגיעה בעקבות הקצנת תופעות מזג אוויר ופגיעות אדם ומצמצמת תפיסת שטחים. לאור הצפיפות ההולכת וגדלה והצורך בהקמת קווי מתח עליון נוספים, לא מן הנמנע שיידרש שילוב מוגבר של קווים מוטמנים באזורים בנויים וגם בשטחים פתוחים.
3. **הולכה בזרם ישר (DC)** - בעקבות ההתפתחויות בתחום ממירי המתח, התפתח בשנים האחרונות גם תחום ההולכה בזרם ישר. לזרם ישר מספר יתרונות, ובפרט בקווי מתח מוטמנים. אובדן האנרגיה בהולכה בזרם ישר הינו נמוך מאד והעלויות נמוכות יחסית, וזאת ביחס לאובדן הגבוה בקווי הולכה מוטמנים בזרם חילופין (AC) ועלויות גבוהות פי 5-7 ביחס לקווי מתח עיליים. בנוסף, פליטת הקרינה מקווי זרם ישר נמוכה ומרחקי הביטחות הנדרשים הינם נמוכים משמעותית. משמעות הדבר היא כי ניתן להטמין קווי DC לצד תשתיות קיימות כגון כבישים או קווי מתח עיליים, ובכך לפשט ולורז את הליכי התכנון וההפקעה המורכבים הנדרשים לצורך הקמת קווי מתח עיליים. אולם, קווי DC מסוגלים להוליך אנרגיה רק מנקודה ונקודה, ובשני קצות הקו יש להקים תחנות המרה גדולות ויקרות. היות וכך, יש לבחון כבלי הולכה בזרם ישר כפתרון לצורך הולכת הספקים גבוהים מאד של אנרגיה מאתרי הייצור הסולארי בפריפריה ישירות לרשת החשמל במרכז הארץ באזורי הצריכה, אך כבלים אלו לא יוכלו להחליף את רשת ההולכה הקיימת על כל מורכבותה.

4. **מנהרות תשתית רב מערכתיות** - מנהרת תשתיות היא ללא ספק הדרך הטובה ביותר תכנונית וסביבתית להעברת תשתיות "בכפיפה אחת" באזורים בנויים צפופים. על מנת לקדם מנהרות תשתית יש לקדם הקמת גורם מקצועי מתכלל שירכז בידיו את הסמכויות לקידום, ניהול, תפעול וטיפול במנהרות תשתית כמו גם לייצר מנגנונים כלכליים להסדרת מקורות המימון והתפעול של הקמת המנהרה. בנוסף, יש צורך להטמיע הגדרות וכללים לאיתור מנהרות תשתית רב מערכתיות המתייחסים להיבטי כלכלה, יעילות תפקודית, סביבה ותכנון בהליכי קידום תכניות למנהרות.
5. **תכנון אנרגיה נקייה בשטחים המבונים** – יש להטמיע הנחיות בתהליך התכנון הכוללות בחינה של הבינוי בהתייחס לאפשרות למצותו לייצור להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים לצורך ייעול ניצול הקרקע בתוכנית. לרבות, אך לא רק: הנחיות למקסום פוטנציאל ייצור אנרגיה בשטחים מבונים קיימים ובתוכניות חדשות; שמירת שטחים למערכות חשמל וחדרי ההשנאה הנדרשים לקליטת חשמל ממקורות ייצור מרובים ומבוזרים; תכנון ושמירת אתרים להטענת רכבים חשמליים בשטחים הפרטיים והציבוריים; קביעת הנחיות ברורות ופשוטות להתקנת מערכות ייצור אנרגיה נקייה המיועדות לרשות המקומית ולאזרח, כמו גם הנחיות ומנגנוני גמישות שיאפשרו שילוב ועדכון חידושים טכנולוגיים בהתאם להתפתחויות ולצרכים המשתנים; ניצול והפקת חשמל נקי ביעילות ובטכנולוגיה המיטבית במירב השטח המבונה על כל שימושיו (למשל בכבישים). גופים מקצועיים תכנוניים מנהלים ומתכללים יסייעו לקדם וללוות את הליך הפקת החשמל ממקורות מתחדשים בשטחים מבונים, במסגרת זאת יש לכלול: א) מדריך להליכי הקמת אנרגיה מתחדשת בשטחים מבונים. ב) הכשרת אנשי מקצוע לליווי ההליך וסיוע בהסרת חסמים. ג) מעקב אחר פוטנציאל הייצור החזוי מהשטח המבונה אל מול המימוש בפועל וניתוח החסמים והפערים. ד) הסקת מסקנות והמלצות להמשך מיצוי הפוטנציאל. ה) קידום הסרת החסמים ויצירת מנגנוני עידוד על בסיס הלמידה והניסיון. ו) הנגשת המידע ופרסומו לציבור בעזרת מאגרי מידע ונתונים מקוונים
6. **ביזור מערכת האנרגיה בישראל** - הקמת אמצעי ייצור ואגירה מקומיים בסמיכות למוקדי הביקוש כמו גם יצירת מערכות כלכליות שיביאו למקסום פוטנציאל זה תחסוך משאבי קרקע של הולכת רשת למרחקים, הגדלת הניצולת של ייצור החשמל המקומי והפחתת אובדן, כל זאת תוך הגדלת אמינות אספקה ושירות ליישובים מרוחקים ו/או מבודדים. קידום והטמעת רשת חכמה לניהול מערכות החשמל כחלק מתוכניות פיתוח הרשת – קביעת לוח"ז להטמעה ואימוץ רשת חכמה לניהול מערכת החשמל לפי שלבים ואבני דרך. שינוי תפיסת הרשת על ידי הרגולטור וקידום אמצעים חוקיים ורגולטורים שיאפשרו הקמת מערות כאמור ושילובן לתוך משק החשמל הישראלי.
7. **אגירת חשמל** – לבחון את אופן ההטמעה של מתקני אגירה באופן מיטבי בהתאם להתפתחות הטכנולוגית, מחירי האגירה וצרכי המשק. יש לקדם מגוון מערכות אגירה - מגוון טכנולוגיות אגירה מתפתחות במקביל ויש להניח שיהיו פתרונות מגוונים לאגירת אנרגיה ברמה ארצית ומקומית. יש לשמור על אפשרות הקמה והטמעת הטכנולוגיות בעתיד לרבות שיחלופן ככל שיתקדמו ופיזור גיאוגרפי של מתקני האגירה בהתאם למיקום אופטימלי ויעיל שמוצע להקים אותה. מתקני אגירת

אנרגיה בליווי מערכות קצה חכמות, יכולות לתת מענה לגיבוי ולניהול יעיל יותר של הרשת כך שניתן יהיה לנתב ולתעל את האנרגיה לצרכנים לפי הביקוש.

8. **קרקע** - - תמ"א 41 – תוכנית מתאר ארצית לתשתיות אנרגיה לשנים 2030 ו- 2050, זיהתה אתרים לקידום אנרגיות מתחדשות. אתרים אלו זוהו בהתבסס על הרמה הארצית. לאור מגבלת הקרקע, נדרש להגדיל ולמצות את פוטנציאל השטח על ידי זיהוי האזורים בהם מומלץ וניתן לקדם ייצור סולרי במתקנים קרקעיים גם במת המחוזות. משרד האנרגיה מקדם עבודה כאמור בשיתוף פעולה עם לשכות התכנון המחוזיות. בנוסף, יש לבחון אפשרות להטמעה של מתקנים פוטו-וולטאים כשימוש נלווה בתכניות, יצירת וודאות ליזמים בנוגע לתנאים לשימוש בקרקע, חיוב התקנת מתקנים פוטו-וולטאים בבניה חדשה וקביעת האופן בו ניתן להשתמש בקרקע לצורך מיצוי פוטנציאל השטחים הדואליים (כבישים ומחלפים, חניונים, מאגרי מים וייעודים נוספים).

9. **אגרו וולטאי** – עקב מיעוט השטחים הטבעיים בישראל, פיתוח יכולת אגרי-וולטאית הינו רכיב מפתח ביכולת להשגת יעדי משק האנרגיה, אך בד בבד מהווה הזדמנות כלכלית ייחודית לפיתוח מובילות עולמית. נמצא כי ניתן לייצר חשמל סולארי מעל שטחי חקלאות תוך פגיעה מזערית בגידולים, ולעיתים אף תוך שיפור התנובה. לאחרונה משרד האנרגיה ומשרד החקלאות, בשיתוף משרדים וגופי ממשל נוספים, מקדמים הקמה של מערכות אגרי-וולטאיות ראשונות בהן תיחקר השפעת המערכות הסולאריות על הגידולים שמתחתן ויפותחו ממשקים חקלאיים אופטימליים בתנאים אלו. בישראל, קיימת חקלאות מתקדמת וגם יכולת טכנולוגית מפותחת, השילוב בין השתיים עשוי למצב את המדינה בחזית תחום האגרי-וולטאי המתפתח במהירות בעולם ולהוות עוד ענף ייצוא ומנוע צמיחה למשק. על כן יש צורך להמשיך ולהשקיע בטכנולוגיה זו ולקדם פיילוטים בתחום.

10. **אסדרות** - יש לוודא קיומם של פתרונות אסדרתיים לטווח ארוך על מנת ליצור אופק לתעשייה הסולארית. בכלל זה, יש להמשיך ולקיים באופן סדיר הליכים תחרותיים ובנוסף לתת מענה רציף בדמות אסדרות בסיסיות. האסדרות ייקבעו ללא תלות במכסה, או באמצעות אפשרות להשתלב במסחר הסיטונאי הכללי בשוק החשמל. בנוסף, יש לבחון אילו התאמות נדרשות באסדרות הרלוונטיות של מתקני ייצור קונבנציונליים, על מנת לאפשר התאמה שלהם למשטרי הפעלה שיידרשו.

11. **ניהול מערך הייצור** - לשם התמודדות עם האתגרים בניהול מערך הייצור, יש צורך להטמיע ולהפעיל מגוון כלים אשר יסייעו בהיערכות מערך הייצור ובהם הוספת אגירה בהיקפים משמעותיים, הוספת גמישות למערך הייצור באמצעות שינוי התמהיל הקונבנציונלי, שינוי משטר ההפעלה של היחידות הקונבנציונליות הקיימות במערכת, ניהול ביקושים, ואף קיטום של הייצור הסולארי בשעות שיא הייצור. הטמעה והפעלה של כלים כאמור, בהיקפים גדולים, עשויה להיות

מורכבת ולדרוש שינויים הנדסיים ורגולטוריים שתהיה להם השפעה נרחבת על מערך הייצור ועל אופן ניהול הייצור והביקוש.

12. **ניהול ביקושים** – כלי ראשון במעלה להגדלת הגמישות ברשת הינו ניהול הביקוש. עם העלייה בחזירת האנרגיה הסולארית לרשת יש להכניס את ניהול הביקושים כחלק אינטגרלי של ניהול המערכת, גם ברמת רשת החלוקה. יש להרחיב את הסדרי ניהול הביקוש, לאסדר את הפעלת חברות האנרגיה, חברות המאגדות ומנהלות צרכנים רבים לכדי "תחנות כוח וירטואליות" המסוגלות להגיב לדרישות מנהל המערכת ולתרום ליציבות הרשת.

13. **שיתוף פעולה רב מגזרי** - על אף צעדים רבים שכבר קודמו והמאמצים הרבים שהושקעו מצד משרדי הממשלה ושחקנים נוספים בשילוב אנרגיות מתחדשות, קיימים עדיין מגוון חסמים ואתגרים. הגדלת היעד תחייב מאמץ ושיתוף פעולה הוצה מערכות לטובת מגוון צעדים של ייעול הליכים, צמצום חסמים ויצירת תמריצים.

14. **תמריצי מימון** - הקמת קרן הלוואות בערבות המדינה לרשויות לטובת הקמת PV ואגירת אנרגיה. במטרה להגדיל את היקף ייצור החשמל ממקור סולארי על גבי מבנים ציבוריים, לפתור את חסמי המימון ולייצר תמריץ לרשויות המקומיות, בינואר 2020 הושקה קרן הלוואות להאצת הטמעת אנרגיות מתחדשות ברשויות המקומיות בישראל. הקרן תספק הלוואות בהיקף של כ-500 מיליון ש. לאור הצלחת הקרן והביקוש הגבוה מצד הרשויות המקומיות, נכון יהיה להקצות משאבים נוספים בהיקף של 500 מל"ח למימון ותמיכה בהתקנת מערכות נוספות לייצור חשמל מקומי ובפרט באמצעות מנגנוני סיוע לרשויות המקומיות.

התייעלות באנרגיה

על מנת לעמוד ביעד של שיפור שנתי של 1.3% בעצימות האנרגיה, הוכנה תכנית לאומית להתייעלות באנרגיה לשנים 2016-2030⁸, יעדיה וצעדיה גובשו על בסיס ניתוח מגמות המתרחשות במשק האנרגיה הישראלי ובחינת צעדים בינלאומיים מקובלים בעולם. אמצעי התוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה צפויים לחסוך בצריכת האנרגיה, הן במשק החשמל והן בצריכת דלקים, ולהביא לחיסכון באנרגיה המוערך בכ- 16.5 Twh בשנה⁹, הפחתת פליטות של כ- 6 MtCO₂e ותועלת משקית מצטברת של כ-87 מיליארד ש"ח בשנת 2030. התכנית הלאומית פורסת מגוון אמצעי מדיניות לעמידה ביעד ובניהם:

1. יש לבצע **עדכון תקנות מקורות אנרגיה** (בתחום מיזוג האוויר, מכשירי חשמל ביתיים ועוד) ועדכון המפרט של סקר אנרגיה המחויב לפי חוק באופן שוטף ועל פי ההתקדמות הטכנולוגית. בנוסף לכל אלו, תחויב הטמעה של ת"י ISO 50001 למערכות ניהול אנרגיה בקרב גופים המחויבים בהיתר פליטה ותצא לפועל רפורמה ביבוא מוצרי חשמל.

⁸ https://www.gov.il/BlobFolder/news/energy_2030/he/energy_2030_updated.pdf

⁹ הערכת חיסכון באנרגיה לאחר ניכוי השפעות צולבות בין אמצעי מדיניות

2. **תמריצים, מענקים והלוואות** - לצורך עמידה ביעדים שפורטו לעיל, יש צורך בתקציב חמש שנתי בסך כמיליארד ש"ח (עבור השנים 2021-2025), להרחבת התמיכה בפרויקטים להתייעלות באנרגיה והפחתת פליטות גזי חממה.
3. **חיוב מבני ממשלה ויחידות סמך ביעדי אנרגיה מתחדשת ויעילות באנרגיה**- קידום החלטת ממשלה במשרדי ממשלה ויחידות סמך שתכלול שני רכיבים עיקריים שייושמו במשרדי הממשלה ויחידות הסמך: התקנת מערכות לייצור אנרגיה סולארית על גבי גגות מבני המשרדים והתייעלות בצריכת האנרגיה.
4. **חינוך, הכשרה והסברה**- על מנת להגביר מודעות ולשנות את הרגלי הצריכה בתחום האנרגיה יש צורך להרחיב את היקף פעילות החינוך, ההכשרה וההסברה.
5. **חשמול המגזר הביתי**- בחינת תיקון תקנות התכנון והבנייה כך שתבוטל החובה לפרישת תשתית גפ"מ בבנייה חדשה למגורים, ובחינת האפשרות אף לאסור על פרישתה.
6. **בנייה מאופסת אנרגיה** – חיוב תקן בנייה בת-קיימא (בנייה ירוקה) במסגרת בקשות להיתרי בנייה למבנים חדשים הנבנים במשק
7. **פתיחת מגזר אספקת החשמל לתחרות** צפויה ליצור מערך תמריצים תעריפיים מקומיים לניהול ביקושים והתייעלות. מספקים מקומיים יוכלו אף לתמוך בהתקנת אמצעי התייעלות בקרב הצרכנים – בגלל שחיסכון באנרגיה עולה פחות מייצור אותה כמות אנרגיה, הרי שיש כדאיות לספקים לשלם לצרכנים ליישם צעדי התייעלות מאשר לרכוש חשמל. עם פתיחת השוק לספקים פרטיים ניתן יהיה גם לחייב אותם ביישום צעדי התייעלות באחוז מסוים מסך הביקוש שהם מנהלים, מודל הנקרא **(EEPS) Energy Efficiency Portfolio Standard**

סקטור הגז הטבעי

ההחלטה העקרונית למעבר לכלכלה דלת פחמן והשאיפה לצמצום פליטות דורשים חישוב מחדש של הערכת הביקוש לגז טבעי. הגדלה משמעותית של נפח האנרגיה הסולארית, משמעותה הפחתת הביקוש לגז הטבעי, ומכאן להגדלת מלאי הגז הטבעי הזמין לייצוא גדל. יתרה מכך, המגמה העולמית מחד לחשמול מגזר התחבורה, המגזר הביתי ובמידה מסוימת המגזר התעשייתי ומאידיך, המגמה העולמית להפסקת השימוש בפחם והתייחסות לגז טבעי כ"דלק מעבר" בשנים הקרובות, עשויה להביא, ככל הנראה, בהתאם לתרחישים מסוימים, להגדלת הביקוש העולמי לגז טבעי עד לנקודת שיא לקראת סיום העשור הנוכחי, ולאחר מכן לירידה בביקוש העולמי בשל המעבר לאנרגיות חלופיות.

המשמעות היא שנוצר "חלון הזדמנויות" מוגבל בזמן, וכי גז טבעי שלא יימכר ב 20-10 השנים הבאות, קטנים הסיכויים שיימכר כלל.

1. **בחנינת מדיניות הייצוא** - כבכל פרויקט, האפשרות להקדים את התקבולים מגדילה את כדאיותו. לאור הצפי לגידול משמעותי בהיקף הייצור העולמי מאנרגיות מתחדשות, ולאור העובדה כי המשק המקומי מאופיין כמשק מוגבל ביקוש, יצוא הוא הנתיב המרכזי המאפשר הקדמת ההכנסות מהפרויקט וניצול משאבי הטבע לרווחת המדינה.
2. **עידוד המשך פיתוח והפקה** - בשל תרומתו של הגז הטבעי למשק הישראלי מבחינה כלכלית, סביבתית ואסטרטגית, ישנה חשיבות להמשיך ולעודד חיפוש והפקה של גז טבעי בטווח הקרוב, ולקדם מיצוי חכם ואופטימלי של עתודות האנרגיה הקיימות בישראל.
3. **יצירת אפיקי ייצוא בעיקר למדינות שכנות** – מיצוי פוטנציאל הגז וייצוא הגז מחייבים יצירתם של אפיקי ייצוא. ככל שאפיקים אלו הינם למדינות בעלות קרבה גיאוגרפית, הרי שגם במכלול ההיבטים הסביבתיים, גלומים בכך יתרונות ביחס לכל אמצעי אספקה אחר. לפיכך, יש לפעול ליצירת שיתופי פעולה שיאפשרו הקמת תשתיות לייצוא גז טבעי.
4. **מדיניות בנושא לכידת ואגירת פחמן**: ללכידת ואגירת פחמן תפקיד משמעותי ביותר בהפחתת הפליטות בארץ ובעולם. פרויקטים עתידיים והמשך השימוש בגז לצרכים מקומיים ייתכן ויותנו בפרויקטים של אגירת פחמן. לצורך כך יש להסדיר את הנושא מבחינה רגולטורית ולבצע: סקירה עולמית כלכלית, הנדסית ורגולטורית בנושא אגירת פחמן ושימוש בפחמן בתעשייה (CCS ו-CCU).
5. **החלפת גז טבעי במימן/ביוגז** - האירופאים מתירים להחדיר לרשת הגז הטבעי מימן בשיעור של עד 20% מהכמות ברשת הגז הטבעי – מבלי שהדבר ישפיע על בטיחות הרשת ועל צורת השימוש¹⁰. מכיוון שרשתות ההולכה והחלוקה בישראל נבנים בסטנדרטים מחמירים מאוד, מבחינת הבטיחות ככל הנראה הרשת בישראל יכולה לעמוד בשיעור זה¹¹. על כן מומלץ בשנים הקרובות לצאת לפיילוט שיבחן שילוב מימן ברשת ולהרחיבו בשלב מאוחר יותר בהתאם לממצאים.
6. **בחנינת תחזיות ומדיניות הגז טבעי והדלקים בישראל** - יש לבצע עבודה מעמיקה לבחינת הצרכים של המשק בתקופת הביניים למעבר למשק אנרגיה מאופס פליטות והדרכים להשגתם. העבודה תכלול, בין השאר, תחזית ישראלית לשימוש בדלקים נוזליים בהתאם למדיניות המעבר לתחבורה נקייה.

שיתופי פעולה אזוריים וחיבור רשתות:

מדינת ישראל אשר ראתה עצמה כאי אנרגטי במשך רוב תקופת קיומה, ורק לאחרונה ביססה עצמה כבעלת עצמאות באנרגיה, החלה גם כן בשנים האחרונות להוות מקור אנרגיה לחלק משכנותיה. שיתופי הפעולה

¹⁰ <https://hydeploy.co.uk/faqs/hydrogen-level-set-maximum-20/>

¹¹ בהתבסס על שיחה עם מהנדסי נגב גז

עשויים להיות אבן דרך משמעותית בקידום היעדים במשק האנרגיה. להלן פירוט של נושאים שיש לקדם על מנת לייצר מערכת אנרגיה אזורית משותפת, יעילה והרמונית הפועלת לרווחתם של כל תושביה.

1. חיבור רשת החשמל הישראלית לרשתות שכנות- לאחרונה, עקב חתימת הסכמי נורמליזציה עם

איחוד האמירויות הערביות ובחריין, יש לבחון חיבור הרשת הישראלית למדינות השכנות לרבות לאירופה ולמדינות במזרח התיכון. החיבור של מדינת ישראל למערכת כזו יספק בטחון אנרגיה במקרי חירום ומהצד השני יאפשר גם לישראל למכור את העודפים שייווצרו מאנרגית השמש בשעות מסוימות וכן לקנות חשמל נקי משכנותיה וכך לייצר מערכת יציבה ויעילה יותר. לאחרונה מקודם חיבור כבל תת ימי לקפריסין ואל יבשת אירופה. קידום הכבל מתוכנן לחבר בין ישראל, קפריסין, כרתים וחצי האי היווני וכך בעצם לחבר את רשת החשמל הישראלית אל הרשת החשמל האירופאית.

2. חיבור רשת הגז הטבעי לרשתות שכנות- מתוך הבנה כי על אף המעבר למתחדשות, לגז הטבעי

יהיה ביקוש לשנים ארוכות קדימה ברחבי העולם כדלק מעבר, יש לקדם את פרויקט ה- EAST MED אשר נחתם לאחרונה עם קפריסין ויוון והמתעתד להיחתם גם עם איטליה. אין ספק שבשלבים הבאים גם מצריים וקפריסין יחלו לפתח את המאגרים שבשטחיהן ויצטרפו לייצוא הגז באמצעות צינור ה- EAST MED. בנוסף, על מנת לעודד יצוא גז טבעי סביר להניח כי מתקני הנזלת הגז במצריים יופעלו ויחזרו לשימוש וכן יוקמו מתקני הנזלת גז צפים רבים באזורינו. על כן תתפרס צנרת נוספת מהמאגרים שבשטחיהן אל מתקני היצוא. צינור הגז המתוכנן לאילת אף הוא יקדם את יצוא הגז הטבעי, הקמתו תעודד הקמת מתקני הנזלה בסיני אשר ינזילו את הגז וכך יאפשרו גם יצוא גז אל מדינות אסיה, בהן הדרישה לגז בטבעי נמצאת במגמת עלייה חדה אשר תמשיך לעלות ככל שמדינות אלו עוברות מגמת התפתחות וצמיחה מהירות. באזורינו קיימות עוד שתי מערכות גז בינלאומיות: מערכת פאן ערבית המחברת בין ירדן, מצריים וסוריה, וכן מערכת הגז של מדינות המפרץ אשר מגיעה עד ליאנבו השוכנת במערב סעודיה, לחופי הים האדום. מתוך כך ניתן לקדם מערכת אשר תחבר בין שלושת המערכות הללו ותייצר מערכת מסחר משוכללת ויעילה להובלת הגז ממדינות המפרץ לאירופה בצנרת או בעזרת הנזלה. הפרויקטים המקודמים היום של חיבור צינור הגז אל תחנת הכוח בג'נין כמו גם הצינור לעזה והרחבת תחנת הכוח הפועלת שם תוך הסבתה לגז טבעי במקום הנפט עליו היא מתבססת היום, יביאו לרווחת התושבים, אספקת חשמל טובה וזולה יותר וקידום צמיחה כלכלית ותעסוקה תוך שימוש בדלקים נקיים יותר והפחתת זיהום האוויר באזורים אלו.

מחקר ופיתוח

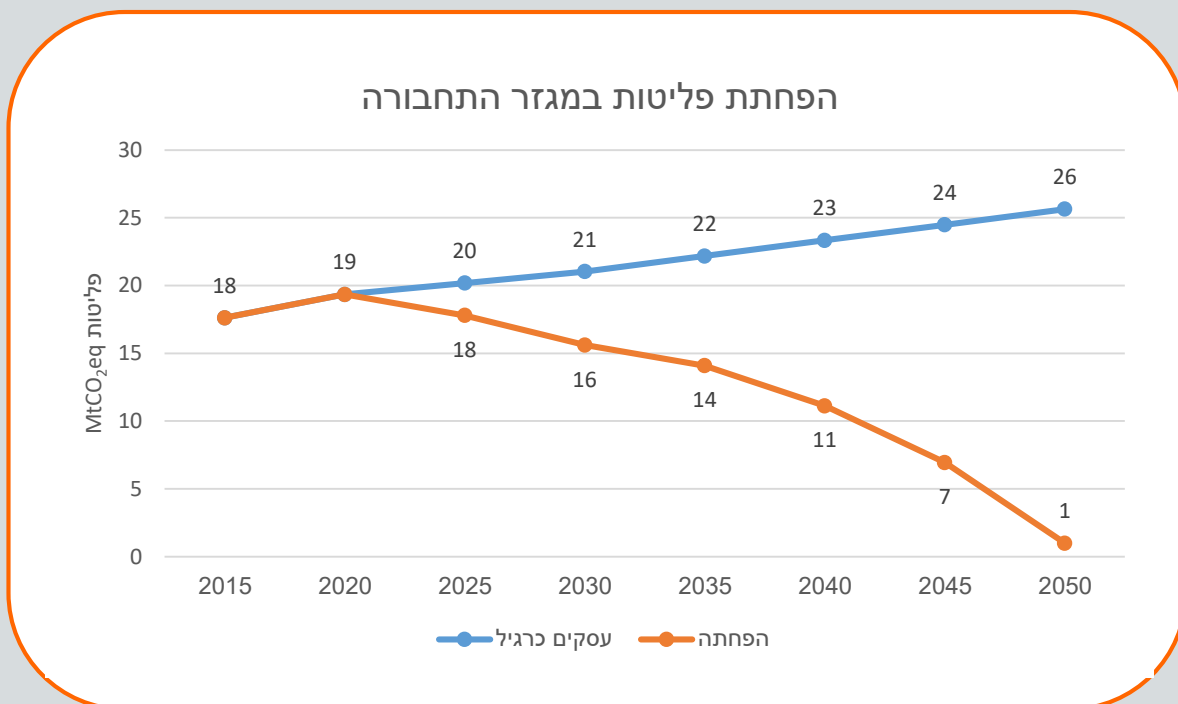
שווקי האנרגיה בעולם עוברים שינויים משמעותיים שהבולט בהם הוא שינוי בתמהיל מקורות האנרגיה לייצור חשמל על מנת להתמודד עם משבר האקלים. מבין שינויים אלה, המגמה הברורה ביותר היא הסתמכות הולכת וגדלה על טכנולוגיות בתחום האנרגיה מתחדשת, וטכנולוגיות לתפיסת פחמן.

בהיעדר פוטנציאל ישראלי לייצור אנרגיה מתחדשת ממקורות קבועים כגון מקורות הידרו-אלקטריים וגיאותרמיים, עמידה ביעדים משמעותיים של ייצור באנרגיות מתחדשות בישראל כרוכה באתגרים רבים הנוגעים בין השאר בהיבטים תכנוניים, סביבתיים, פיננסיים וטכנולוגיים, אשר מתאפיינים בהשפעה מכרעת על משק החשמל. לאור האמור, יש חשיבות רבה לפיתוח וקידום טכנולוגיות המתאימות להפחתת פליטות בישראל ועל כן יש לקדם מספר אמצעי מדיניות:

7. **הקצאת תקציבים** למשך עשור לצרכי השקעות במחקר ופיתוח בתחום האנרגיה הנקייה ובפרט תחבורה נקייה ותפיסת פחמן. התקציב יאפשר לממן חוקרים באקדמיה, חברות ומיזמים פורצי דרך בתחום האנרגיה הנקייה, ויתרום למיצובה של ישראל כאומת סטארט-אפ גם בתחומי האנרגיה.
8. **תכנית משותפת לאנרגיה בתעשייה** - סיוע בהקמת תעשייה מתקדמת בתחומי האנרגיה (לדוגמא מפעלי לייצור סוללות, מפעל לייצור אמצעי אגירת חום, מפעל לייצור פאנלים סולאריים מתקדמים), על ידי הקצאת תקציב ייעודי לתחום זה במשרד הכלכלה, ושיתוף משרד האנרגיה בתהליכי קבלת ההחלטות. יש לייצר מסלול מואץ לאישורים בתחום זה.
9. **הקמת מכונים לאומיים** - יש להקים מכונים לאומיים לאנרגיה בתחום אגירת האנרגיה, מימן, רשת החשמל ואנרגיית השמש ועיבוי פעילות המכונים הקיימים.
10. **עיבוי פעילות המכונים הקיימים** - ש לעבות את הפעילות המחקרית של המכונים (המכון הגיאולוגי וחקר ימים ואגמים לישראל) וביצוע מחקרים בינתחומיים בשת"פ עם חוקרים מדיספלינות נוספות (הנדסה, כלכלה).
11. **רגולציה מאפשרת** - קידום רגולציה שתאפשר חידושים טכנולוגיים והטמעתם במשק הישראלי.

תחבורה מאופסת ודלת פליטות

הפחתה בצריכת תזקי נפט בתחבורה היבשתית מבוססת על מעבר לשימוש בהנעה חשמלית והנעה מבוססת גז טבעי דחוס (גט"ד). בהתאם לכך הכריז שר האנרגיה כי החל משנת 2030 תיאסר כניסת כלי רכב קלים מונעים בבנזין או בסולר לישראל. רכבים חשמליים מיועדים להיקלט באופן מלא בסקטור הרכבים הפרטיים ובאופן חלקי בסקטור הרכבים הכבדים. רכבים מונעי גז טבעי דחוס (גט"ד) מיועדים להיקלט בסקטור הרכבים הכבדים ובעיקר בקטגוריית משאיות במשקל מעל 3.5 טון. במקביל, בעולם מתפתח שוק רכבים כבדים מונעים במימן וכאשר הטכנולוגיה תבשיל, יפותח מגזר זה גם בישראל. על פי התכנית סקטור התחבורה יפחית את פליטות גזי החממה מערך צפוי של 25.6 MtCO₂e בשנת 2050 ל-1 MtCO₂e המהווה הפחתה של כ-94% ביחס לשנת 2015 (תרשים 6).



תרשים 6: פליטות מזהמים ממגזר התחבורה בתרחיש "עסקים כרגיל" ובתרחיש הפחתה עד שנת 2050. מודל אנרגיה, משרד האנרגיה 2020.

להלן מספר צעדי מדיניות עיקריים בתחום:

- הערכות תשתיות** – לאור הצפי לחדירה של מאות אלפים ואף מיליוני רכבים חשמליים, יש לוודא כי מערכת החשמל ערוכה לספק את החשמל הנוסף שיידרש למשק, בייחוד בשעות העומס. יש להכין בתוך שנתיים תכנית להתאמת הרשת ופיתוחה לקליטת עמדות לטעינת כלי תחבורה חשמליים (רכבים, אוטובוסים, ודו-גלגליים) במרחב הציבורי והפרטי. יש לקדם טעינה מנוהלת (טעינה חכמה) לשם הסטת הטעינה לשעות השפל, על מנת שהשפעת הרכב החשמלי על שיא ביקוש החשמל תהיה מצומצמת עד כמה שניתן. התכנית תתייחס בין היתר לאפשרות להזין את רשת החשמל באמצעות הרכבים החשמליים (זרימה דו כיוונית V2G).

2. **הטבת מס רכישה ומכס** – בשנת 2019 האריכה הממשלה את הטבת המיסוי על רכבים חשמליים מלאים עד לשנת 2024. עד שנת 2022 המיסוי על רכב חשמלי יעמוד על 10% ולאחר מכן יעלה בהדרגה עד ל-35% בשנת 2024. התחזית מראה כי עלות רכב חשמלי תהיה גבוהה מעלות רכב קונבנציונלי עד שנת 2026, ולכן יש לבחון בשנת 2022 את הארכת הטבת המיסוי, ככל והפער בין הרכבים לא הצטמצם באופן מלא לאחר הטבת המס. בנוסף, יש לבטל את המכס בסך 7% לרכבים חשמליים המיובאים מסין או הכוללים חלקים מסין (למשל סוללות) עד שנת 2026 לפחות.
3. **יעד מכירות** – יש לאמץ יעדים של מדינות מובילות בעולם ולקבוע יעד של 100% מכירות רכבי אפס פליטות פרטיים (Zero Emission Vehicles) בשנת 2030.
4. **פריסת רשת עמדות טעינה** – עד שנת 2030 תידרשנה בישראל כ-60 אלף נקודות טעינה איטיות ציבוריות וכ-1,000 נקודות טעינה מהירות בעלות של 1 מיליארד ש"ח. עד כמה השקיעה הממשלה כ-30 מל"ש בהקמה של 2,500 נקודות טעינה (איטיות ומהירות). נקודות אלו יספקו מענה מלא לרכבים שיעלו על הכביש ב-2-3 השנים הקרובות. לאחר מכן יש לבחון תמיכה נוספת בהקמת עמדות טעינה, כתלות בהתפתחות שוק הרכב החשמלי בישראל.
5. **תשתיות טעינה בבניה חדשה** – יש לפעול בתוך שנה לתיקון תקנות התכנון והבנייה ולהחלת חובה להקמת תשתית חשמל מקדמית בבנייני מגורים חדשים לחיבור עמדות טעינה עתידיות, בהתבסס על ממצאי עבודת משרד הבינוי והשיכון. יש לפעול לניסוח והחלת הנחיות דומות במבני צבור, מסחר, ותעסוקה.
6. **הקמת עמדות טעינה בבתים משותפים** – יש לפעול בתוך שנה לתיקון חוק המקרקעין על מנת לאפשר הקמת עמדת טעינה בחניונים פרטיים במבני מגורים משותפים ללא הצורך בהסכמת כלל דיירי בבניין.
7. **כלי רכב ממשלתיים** – יש לקבוע מעבר הדרגתי של רכבי ממשלה להנעות חלופיות כך שהחל משנת 2025, ירכשו או יוחכרו ע"י הממשלה רכבים חשמליים בלבד. יש לקבוע יעדי ביניים בתוך שנה, ולהחיל הנחיה דומה על חברות ממשלתיות.
8. **הפחתת פליטות פד"ח בכלי רכב חדשים** – יש לפעול לאימוץ הסטנדרטי האירופאי להפחתת פליטות פד"ח ברכבים חדשים בתוך שנתיים.
9. **שווי שימוש ואגרת רישוי** – יש לפעול להארכת הטבת שווי שימוש לרכבים חשמליים עד שנת 2026 וכן להעניק הנחה באגרת הרישוי עבור רכב חשמלי בסך של 50% לפחות בייחס לרכב בעירה פנימית.
10. **מוניות חשמליות** – יש לפעול בתוך שנה ליישום החלטת ממשלה מספר 529 מיום 6.9.2015 בדבר הקניית זכות ציבורית באגרה מופחתת למוניות המונעות בהנעה חשמלית (יש להקנות זכות זו לכלל ציבור נהגי המוניות בישראל).
11. **חניה מועדפת לכלי רכב חשמליים** – יש לקבוע בתוך שנה על מנגנון להקצאת חניות ייעודיות ומוזלות לכלי רכב חשמליים בחניוני תחנות רכבת ובחניונים של פרויקטים תחבורתיים לאומיים המתכוננים כיום ובעתיד.

12. **איסור כניסת רכבים למרכזי ערים** – יש לפעול בתוך שנתיים, בשיתוף הרשויות המקומיות, להכנת תכנית לקביעת יעדים לאיסור כניסת רכבים מונעי סולר למרכזי הערים או לאזורים מתוחמים החל משנת יעד.
13. **הסברה** – יש לצאת בפרסום לפי סקטורים, וציבור המשתמשים, ולמקד את הציבור ביתרונות התחבורה החשמלית בתוך שנה. הפרסום יכלול ימי עיון וסדנאות, בשיתוף הסקטור הפרטי והרשויות המקומיות, בהם הציבור יוכל להתנסות ולהכיר מקרוב רכבים חשמליים.
14. **רכבי מימן** – יש לפעול בתוך שלוש שנים לאימוץ תקינה בינלאומית והכנת תשתית רגולטורית שתאפשר שימוש ברכבי מימן בישראל, ככל ותהיה פריצת דרך בטכנולוגיה זו בשנים הבאות. עד פריצת הדרך, יש לפעול לביצוע הדגמות לשימוש ברכבי מימן באמצעות תקציבי מחקר ופיתוח במשרד האנרגיה.
15. **דו-גלגליים חשמליים** – דו-גלגליים פועלים בחלק גדול מהזמן במרחב העירוני ועל כן הנזקים שהם מסבים לסביבה, הן מבחינת זיהום האוויר והן מבחינת הרעש הנם משמעותיים ביותר. יש לפעול להכנת תכנית להאצת המעבר לדו-גלגליים חשמליים בתוך שנה.
16. **מערך תמריצים ברור** – מערך התמריצים הנדרש לעמוד בפני בעלי העניין השונים במשק צריך להיות מקיף וכוללני. מערך התמריצים צריך לכוון את כל שרשרת האספקה של ציי הרכב לחלופות דלות פחמן. התמריצים צריכים להתייחס לכל בעלי העניין (ציי רכב, יבואני רכב כבד, ספקי תשתית תדלוק, ספקי דלק/חברות דלק וכיוצ"ב ולטווח ארוך המייצר וודאות רגולטורית.
17. **רגולציה בינלאומית מחייבת** – הפחתת פליטות בתחום התעופה אינה יכולה להתבצע מיוזמה מקומית וחייבת להיות משולבת עם רגולציה גלובלית. כמו לדוגמה, חובה לשילוב של דלקים מתחדשים בתחבורה אווירית, הטלת מיסוי על דס"ל בטיסות בינלאומיות וכיוצ"ב.
18. **העברת מערך האוטובוסים העירוניים לחשמל** – העברת מערך האוטובוסים העירוניים לחשמל, כך שהחל משנת 2026 לא יכנסו אוטובוסים חדשים מונעי סולר לשירות. ההעברה תתבצע דרך שילוב חובה במרכזי הפעלת אשכולות תחבורה ציבורית. בנוסף, עשויה להינתן תמיכה להעברת יתרת ציי התחבורה הציבורית לגז טבעי.
19. **תמיכה בהקמת תשתית תדלוק גט"ד בתחנות ציבוריות** – מתן מענקים פיננסיים
20. **העברת משק הפסולת להנעה חלופית** מבוססת גז טבעי – מתן תמריצים להקמת תחנות תדלוק, הסבת ציי משאיות, מתן תמריצים רגולטוריים וכיוצ"ב
21. **פיילוט ותקינה של תחנת תדלוק במימן והסדרה של גט"ן** – מימון פרויקט חלוץ של תקינה לתחנת מימן ושל שימוש בגט"ן במשאיות כבדות/כבדות מאד.
22. **קידום רגולציית על סקטור המשאיות הקלות** – כפי שמקובל באיחוד האירופי וכפי שמוצע גם לגבי מכוניות פרטיות, יש לבחון הטלת חובה על יבואנים לעמוד ביעדי פליטות ממוצעות או לחילופין חיוב שילוב של הנעה חלופית במסגרת מצאי המשאיות אותן הם מייבאים לארץ.
23. **קידום רגולציה המחייבת חברות דלק לשלב דלקים מתחדשים/ירוקים ממקור מקומי** – רגולציה זו, בשונה מ"חובת המהילה" הקיימת במדינות אירופה לשילוב ביודלקים, שאינה רלוונטית לישראל

בה אין ייצור בידלקים מדור ראשון, עשויה להוביל לחובה הדרגתית ומידתית לשילוב דלקים מתחדשים ונקיים במסגרת סה"כ הדלקים הנמכרים על ידי חברות הדלק/בתי הזיקוק וכו'.

תעשייה- השלמת מעבר לגז טבעי וחשמול התעשייה

לאור החשיבות הרבה בצמצום הפליטות בסקטור זה, הפסקת השימוש בדלקים מזהמים בתעשייה והחלפתם במקורות אנרגיה יעילים ונקיים יותר, מקדמת הממשלה בשנים האחרונות מדיניות תמיכה לעידוד חיבור מפעלים לרשת חלוקת הגז הטבעי. להעברת משק התעשייה לשימוש נרחב בגז טבעי לטווח הזמן הקצר והבינוני היתכנות טכנית וכדאיות כלכלית וסביבתית. אולם, גם גז טבעי הינו דלק מחצבי הגורר פליטה של מזהמים וגזי חממה, ולצורך איפוס הפליטות ממגזר זה יהיה צורך לעבור בשלב הבא לחלופות נקיות יותר כגון חשמל ממקור סולארי או מימן.

על פי התכנית של צוות התעשייה, סקטור התעשייה יפחית את פליטות גזי החממה מערך צפוי של $12.7 \text{ MtCO}_2\text{e}$ בשנת 2050 ל- $5.9 \text{ MtCO}_2\text{e}$ המהווה הפחתה של כ- 53% ביחס לשנת 2015 (תרשים 5)

להלן צעדי מדיניות עיקריים בתחום:

24. מימוש החזון יחייב **ביצוע השקעות ברשת החלוקה**. לפני מתן המענקים, ייבחנו המקטעים והצריכות הפוטנציאליות על רקע הצעדים הנעשים לקידום הרשת.
25. **הקמת בסיס נתונים** של צריכת אנרגיה בתעשייה שיאפשר לנתח את פוטנציאל הצריכה בהתאם למאפייני צריכת האנרגיה, מיקום גיאוגרפי ומאפייני הצרכן ופעילותו.
26. יש **לבחון בכל תקופת זמן, חסמים רגולטורים** של צרכנים להסבות לגז טבעי, ולהציע צעדים לטיפול בהם.

התהליכים להסבת התעשייה לפעולה דלת פליטות גזי חממה הינם ארוכי טווח ודורשים הן בחינה הנדסית עמוקה והן השקעה של סכומים גבוהים. היות וכך מומלץ להתחיל לקדם את התהליכים כבר כעת, אף אם הטכנולוגיה תבשיל בעוד עשור או שניים.

מבנים- בנייה ירוקה ומאופסת פליטות

לסקטור המבנים השפעה נרחבת על צריכת האנרגיה במשק הישראלי. צריכת האנרגיה במבנים בישראל עומדת על כ- 30% מסך צריכת האנרגיה הסופית במשק. נתון זה בעל משמעות הולכת וגוברת כתוצאה מגידול האוכלוסין ועלייה מתמדת ברמת חיי התושבים, המשפיעים באופן ישיר על צריכת האנרגיה. היקפי צריכת האנרגיה, כמו גם השפעות סביבתיות נרחבות נוספות אשר באות לידי ביטוי במגוון תחומים רחב, החל משלבי התכנון והבניה וכלה בשימושי מבנים והפעילות המבוצעת במסגרתם, גרמו לכך שגברה המודעות בשנים האחרונות לבנייה בטכנולוגיות יעילות באנרגיה וייצור חשמל מקומי.

יישום צעדי מדיניות בתחום המבנים הינו נושא מורכב הדורש תכנון ושיתוף פעולה של גורמים רבים ברמה הלאומית. חשוב להדגיש כי לצעדים אלה אמנם השפעה משמעותית על צריכת האנרגיה במבנים גם בטווח

הבינוני- קצר (עד שנת 2030), אך פוטנציאל החיסכון באנרגיה צפוי לבוא לידי ביטוי ביתר שאת במהלך העשורים הבאים.

בנייה בת קיימה (בנייה ירוקה)

בשנת 2005 נכתבה לראשונה סדרת ת"י 5281 לבנייה בת קיימה (בנייה ירוקה), כאשר מאז בוצעו מספר עדכונים ותוספות לגרסה הראשונית. התקן מתייחס להיבטים בעלי השפעה סביבתית, בראשן צריכת האנרגיה של המבנה, המהווה את הרכיב המשמעותי ביותר בתקן.

משרד הבינוי והשיכון בשיתוף משרד האנרגיה והמשרד להגנ"ס פועלים לעדכון תקנות התכנון והבניה¹² במטרה להביא לחיוב תקן בנייה בת קיימה (בנייה ירוקה) במסגרת בקשות להיתרי בנייה של מבנים חדשים הנבנים במשק. בתוך כך, בחודש מרץ 2020 אושר בוועדת המשנה של המועצה הארצית לתכנון ובנייה עדכון לתקנות אלו באופן המחייב את התקן באופן הדרגתי החל מיולי 2021.

בנייה מאופסת אנרגיה

ייצור עצמאי של אנרגיות מתחדשות במרחב האורבני מאפשר שמירה על שטחים פתוחים וזאת באמצעות ניצול מיטבי של השטח הקיים. בשונה מהקמת תחנות כוח (לרבות תחנות לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות), הצורכות שטח רב, הקמת מערכות לייצור אנרגיה סולארית במרחב הבנוי תאפשר ניצול מיטבי של השטח. מאחר וישראל מוגבלת במשאבי הקרקע הזמינים להקמה של שדות סולאריים, לניצול משאבי קרקע באופן מושכל חשיבות גדולה אף יותר.

בנייה מאופסת אנרגיה מוגדרת כבנייה בה צריכת האנרגיה של כל מבנה מסופקת באופן עצמאי. כדי לתמוך בבניה מאופסת אנרגיה, קבעו משרד האנרגיה, מנהל התכנון והמשרד להגנ"ס יעדים המגדירים כי כבר בעשור הקרוב נתח משמעותי מהתחלות הבנייה במשק יהיו מבנים מאופסי אנרגיה.

איפוס אנרגיה במבנים כולל שני רכיבים עיקריים:

רכיב התייעלות באנרגיה, המורכב מאמצעים פאסיביים (כדוגמת בידוד) ואמצעים אקטיביים (כדוגמת מיזוג אויר) שמטרתם להביא לצמצום צריכת החשמל. התייעלות באנרגיה מסייעת בכך שמפחיתה את היקף ייצור החשמל הנדרש לאיפוס.

רכיב ייצור חשמל הנועד לספק את צריכת החשמל הנדרשת לקיום הפעילויות המתרחשות בתחום המבנה. הטכנולוגיה העיקרית לייצור חשמל מקומי באנרגיות מתחדשות הינה מערכות PV המותקנות על גגות.

במסגרת תהליך ישראל 2050 לכלכלה משגשגת בסביבה מקיימת ולצורך השגת היעדים הלאומיים, משרד האנרגיה, יחד עם מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבינוי והשיכון, מגבשים בימים אלה את מפת הדרכים לאיפוס אנרגיה של מבנים. מפת הדרכים צפויה לכלול, בין היתר, צעדים בתחום החקיקה והתקינה; הכשרות לבעלי מקצוע רלוונטיים בענף הבנייה; הסרת חסמים, לרבות חסמי מימון; עידוד חדשנות

¹² תקנות התכנון והבניה (תכן הבניה – בניה בת-קיימא), התש"ף – 2020

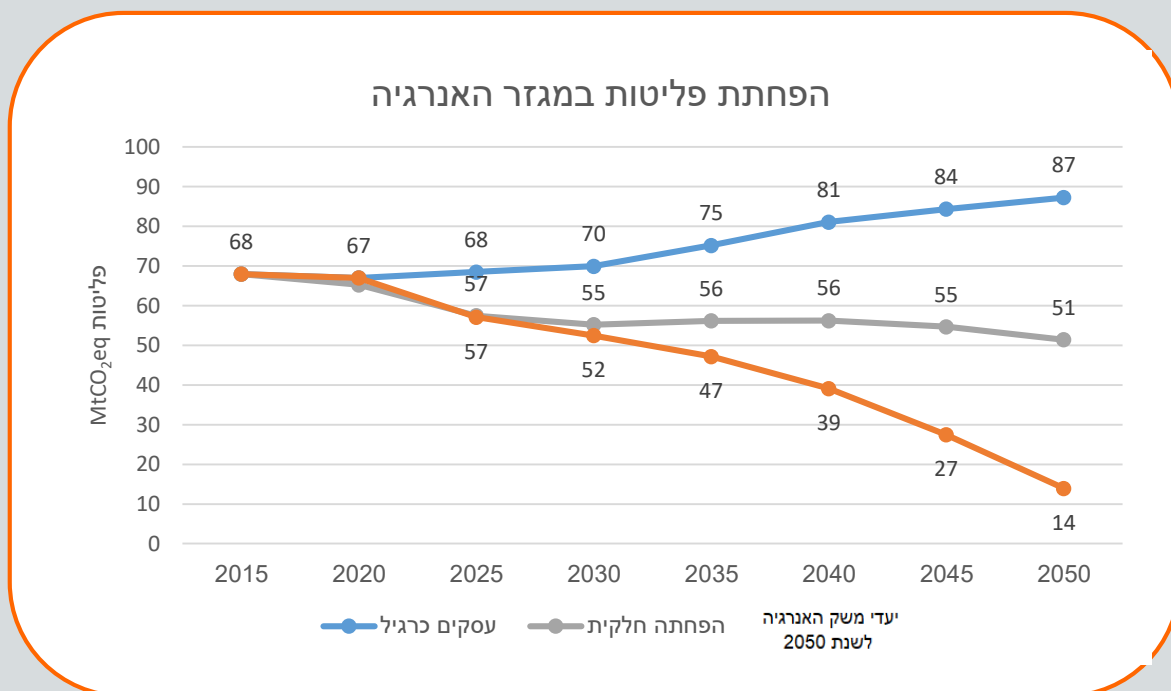
בתחום הבנייה; הטמעת פתרונות טכנולוגיים להתייעלות באנרגיה. בפרט, במסגרת גיבוש מפת הדרכים יקודם עדכון לתקנות התכנון והבנייה, כך שתחול חובת איפוס אנרגיה במתן היתר בנייה למבנה מגורים צמוד קרקע החל משנת 2025.

עמידה ביעדי התכנית

משרד האנרגיה הגדיר ארבעה 'יעדים ראשיים' שישקפו את המטרה האסטרטגית ויעדים סקטוריאליים תומכים בעזרתם ניתן יהיה להשיגה. 'יעד העל' מוגדר כהפחתת פליטות גזי חממה ממגזר האנרגיה בשיעור של 80% ביחס לשנת הייחוס 2015 וזאת עד לשנת 2050.

בחינת השפעת התכנית והעמידה ביעדים נעשית על ידי שימוש במודל טכנו-כלכלי הכולל שני חלקים – מודל טכני המבצע סימולציה של תפעול רכיבי הייצור השונים במשק מול עקומת הביקוש, ומודל כלכלי המתבסס על ממצאי המודל הטכני ובאמצעותם מעריך את העלויות המשקיות השנתיות למגזר החשמל בהתאם למחירים הצפויים לרכיבים השונים בעתיד.

נקבעו שני תרחישים לעמידה ביעדים - תרחיש של עמידה חלקית ביעדים (הפחתה חלקית) ותרחיש עמידה מלאה ביעדי התכנית (יעדי משק האנרגיה לשנת 2050) (תרשים 7). בעזרת המודל, ביצענו ניתוחי רגישות של עמידה ביעדים בתרחישים שונים והמשמעויות למשק הישראלי כפי שמפורט בפרק התרחישים בהמשך עבודה זו.



תרשים 7 : הפחתת פליטות גזי חממה בתרחיש "עסקים כרגיל" (יעדים כפי שנקבעו בהסכמי פריז) של עמידה חלקית ביעדים (הפחתה חלקית) ותרחיש עמידה מלאה ביעדי התכנית (יעדי משק האנרגיה לשנת 2050). משרד האנרגיה, 2020.

בתרחיש עסקים כרגיל (יעדים כפי שנקבעו בהסכמי פריז), סך פליטות גזי החממה ממגזר האנרגיה צפויות לגדול בכ- 28% לעומת שנת הייחוס 2015 ולעמוד על 87.3 MtCO_{2e} בשנה. לעומת זאת, בתרחיש "הפחתה חלקית", סך פליטות גזי החממה ממגזר האנרגיה צפויות להצטמצם בכ-25% לעומת שנת הייחוס 2015 ולעמוד על 51.4 MtCO_{2e} בשנה, ובתרחיש עמידה מלאה ביעדי התכנית (יעדי משק האנרגיה לשנת 2050), סך פליטות גזי החממה ממגזר האנרגיה צפויות להצטמצם ב-80% לעומת שנת הייחוס 2015 ולעמוד על 13.9 MtCO_{2e} בשנה. היעדים לשנים 2030 ו-2050 נבחרו על בסיס תרחיש עמידה מלאה ביעדים (יעדי משק האנרגיה לשנת 2050) וזאת מתוך מטרה להביא להפחתה מרבית של פליטות גזי חממה במשק האנרגיה הישראלי.

משק האנרגיה העולמי והמקומי

בשנת 2015, המדינות החברות באמנת האו"ם בדבר שינויי האקלים (UNFCCC) וביניהן ישראל אימצו הסכם אקלים מחייב. במסגרתו קבעה ישראל עד שנת 2030: יעד של צמצום צריכת החשמל בשיעור של 17% לפחות ביחס לצריכת החשמל הצפויה באותה שנה, וייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בשיעור של 17%. ועידת האקלים הבאה (2021), בה צפויות להשתתף 196 מדינות, נחשבת לחשובה ביותר מאז ועידת האקלים בפריז ב-2015, שכן במסגרתה המדינות השונות יציגו התחייבויות וצעדים משמעותיים ביותר להגבלת פליטות גזי חממה, במטרה לעמוד ביעד השאפתני של צמצום הפליטות במחצית עד סוף שנת 2030 והגעה לאיפוס פחמני עד 2050. העמקת היעדים תאפשר להגביל את ההתחממות הגלובלית ל-5.1 מעלות (לעומת עלייה צפויה של כ-3 מעלות), וכך להימנע מההשלכות החמורות וההרסניות ביותר שלה. כמו כן, התחייבו המדינות, ביניהן ישראל, להגיש עד סוף 2020 תכניות ארוכות טווח למעבר לכלכלה דלת פליטות עד 2050.

סוכנות האנרגיה הבינלאומית (IEA) פרסמה בדו"ח השנתי¹³ (2019) את מגמות האנרגיה העולמיות לשנת 2040. בתרחיש המדיניות המוצהרת, הביקוש לאנרגיה עולה ב-1% בשנה עד לשנת 2040. מקורות דלי פחמן, בעיקר ממקור סולארי (PV) מספקים כחצי מהגידול השנתי, כאשר גז טבעי וגז טבעי נוזלי (LNG) מהווים שליש נוסף. הביקוש לנפט משתטח בעשור הבא כמו גם שיעור השימוש בפחם. חלקים מסקטור האנרגיה, עוברים טרנספורמציה מהירה לשימוש בחשמל. עם זאת, המומנטום העומד מאחורי קידום טכנולוגיות לאנרגיה נקייה אינו מספיק בכדי לקזז את ההשפעות של כלכלה עולמית מתרחבת ואוכלוסייה צומחת. עליית הפליטות מאטה, אך ללא האטה משמעותית לפני שנת 2040, העולם לא יוכל לעמוד במטרה המשותפת לעצור את השפעות משבר האקלים.

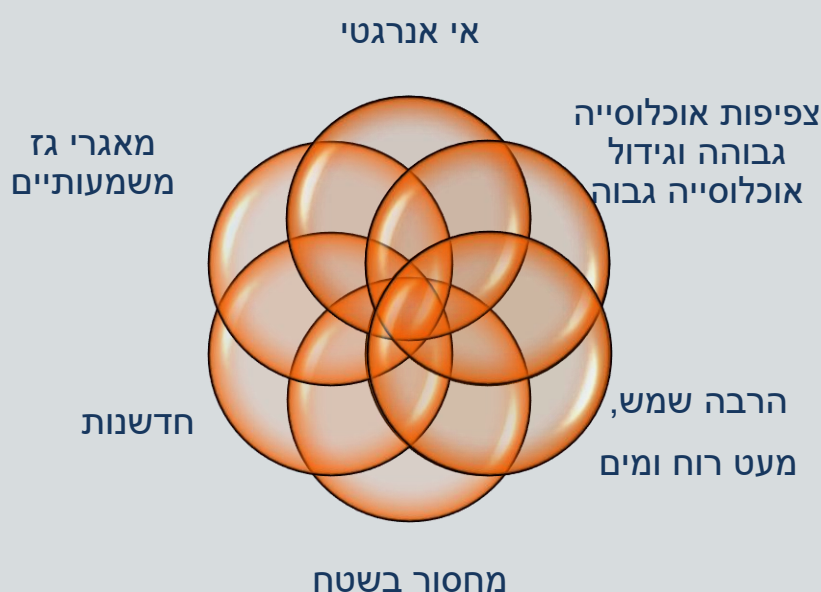
לצד משבר האקלים, משקי האנרגיה בעולם עוברים טרנספורמציה טכנולוגית חסרת תקדים. פיתוחים בתחום המתחדשות, האגירה, ניהול ביקושים ועוד מאפשרים שינויים דחופים יחסית במשקים השונים ומשנים את כללי המשחק.

לאור השאיפה לקידום משק נקי ודל פליטות, התקדמות טכנולוגית והשינויים העולמיים באופיים של משקי אנרגיה, עולה הצורך לגבש מדיניות ארוכת טווח אשר תכין את התשתית כבר היום ותוביל את משק האנרגיה הישראלי

¹³ <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019#>

להתמודדות עם השינויים הצפויים תוך מענה על הצורך להפחתת פליטות גזי חממה הנובעים מסקטור מרכזי זה. לצד הביטוי למגמות עולמיות, תהליך קביעת יעדים בתחום האנרגיה צריך לקחת בחשבון את מאפייניו הייחודיים של המשק הישראלי; ישראל היא אי אנרגטי גאו-פוליטי, המאופיינת בצפיפות אוכלוסייה גבוהה יחסית, בקצב גידול אוכלוסייה גבוה, במיעוט בשטחים פתוחים באזור המרכז, בעתודות גז טבעי גדולות, בפוטנציאל ייצור חשמל גבוה מאנרגיית השמש לעומת אפשרויות מוגבלות לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים אחרים.

מאפייני ישראל



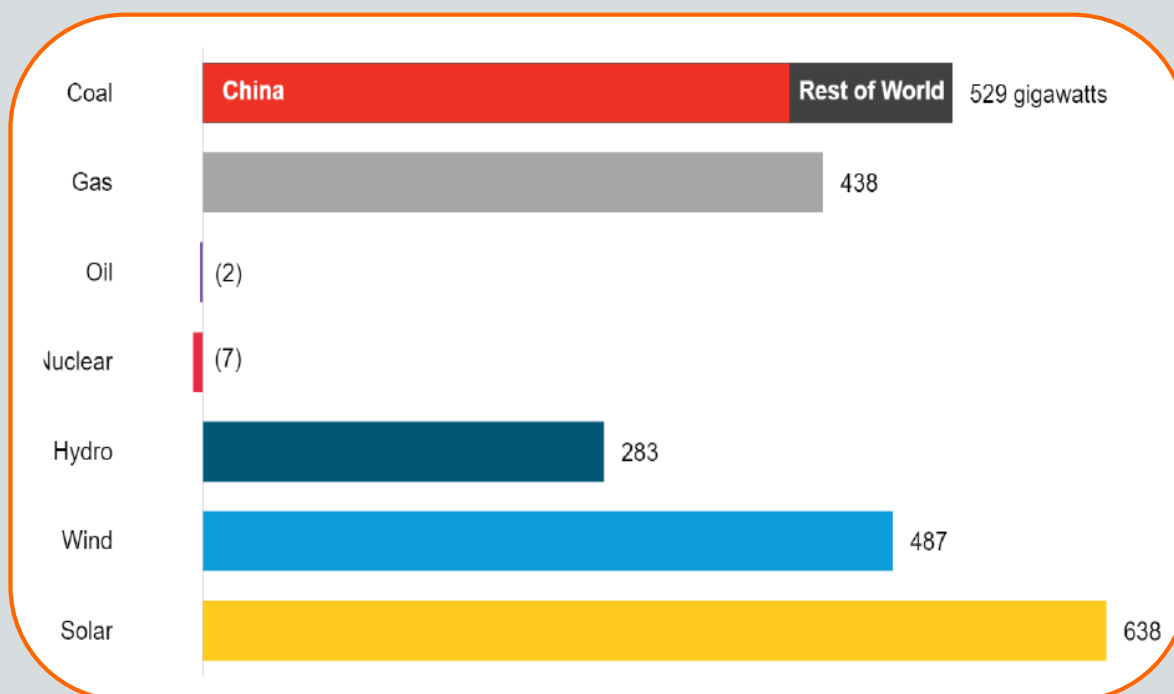
קביעת יעדים שאפתניים ארוכי טווח בתחום מורכב וחיוני כל כך, מחייבת בחינה רחבה של המשק ומחויבות לעמידה ביעדי ביניים כבר בעשור הקרוב. מתוך כך נבחנים כבר עכשיו באופן מעמיק יעדי הביניים לצד קביעת יעדים ארוכי טווח לשנת 2050.

בפרקים הבאים נפרט את בחינת אסטרטגיה ארוכת הטווח במשק האנרגיה הכוללת קביעת יעדים ובחינת צעדי המדיניות נדרשים והכל תוך שימוש במודל טכנו כלכלי. הבחינה נערכה עלפני מספר סקטורים כפי שנציג בפרק הבא.

משק החשמל

משק החשמל עובר שינויים לא מעטים בשנים האחרונות, והמהותי שבהם, מלבד הגידול בצריכה החשמל העולמית וחשמול סקטור התחבורה, הוא המעבר לאנרגיות מתחדשות. בשנים האחרונות, כ-120 מדינות הצהירו על תכניות אסטרטגיות ארוכות טווח להפחתת פליטות, חלקן מעוגנות במסגרת חוקית וחלקן נמצאות בסטטוסים משתנים בין התחייבות הצהרתית, לתכנית בפיתוח לעקרונות מדיניות כלליים ועוד. לצורך השוואה בין-לאומית נבחנו מגמות רוחביות והתבססנו על נתונים במסגרת מפת הדרכים של ארגון IRENA (International Renewable Energy Agency) ל-2050.¹⁴

תרשים 8 שלהלן ממחיש את המעבר העולמי לאנרגיות מתחדשות. האיור מציג את סך ההספק שהותקן בעולם לייצור חשמל לפי טכנולוגיות בעשור האחרון. מהאיור ניתן לראות כי ההספק הסולארי שנוסף עולה לבדו על ההספק בפחם ובגז (להוציא סין). מלבד זאת, סך ההספק המתחדש, הכולל אנרגיה סולארית, רוח והידרו עולה משמעותית על ההספק הפוסילי, שרובו הותקן בסין.

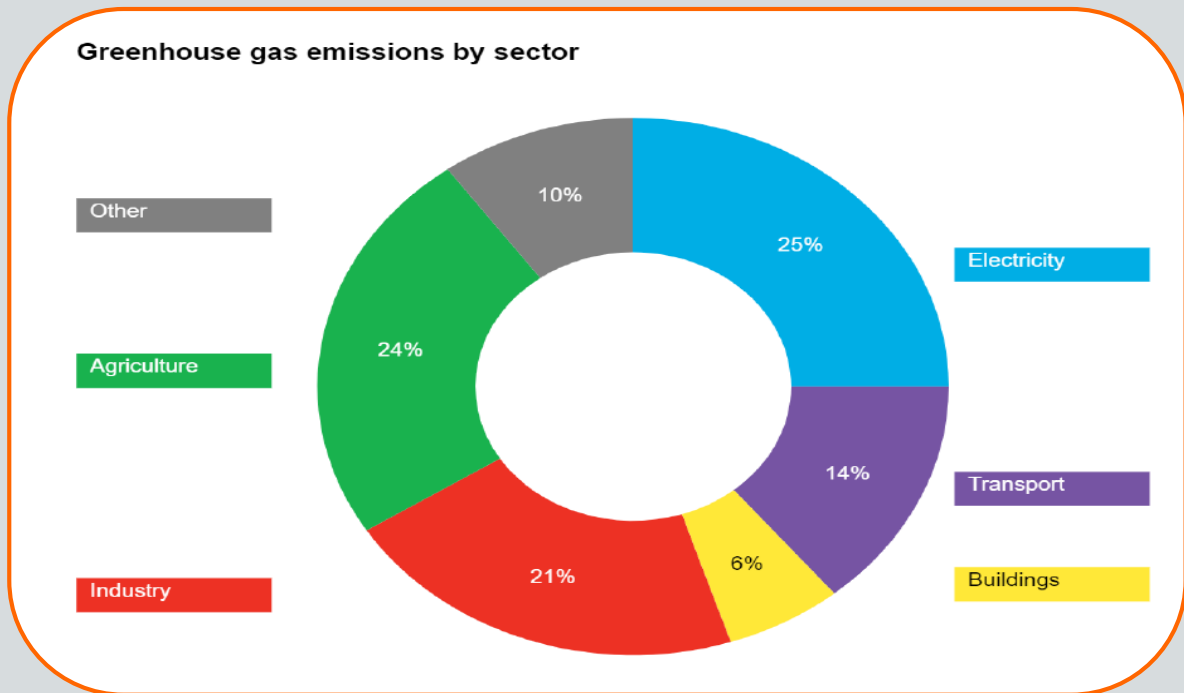


תרשים 8: סך התקנות באמצעי ייצור שונים בשנים 2009-2019 בעולם (גיגה וואט)

על אף קצב הגידול בהספק הסולארי, עיקר הייצור החשמל עדיין מבוסס על דלקים פוסיליים מה שמביא לפליטות גזי חממה משמעותיות. איור 2 שלהלן מציג את אחוז פליטות גזי החממה בחלוקה לסקטורים

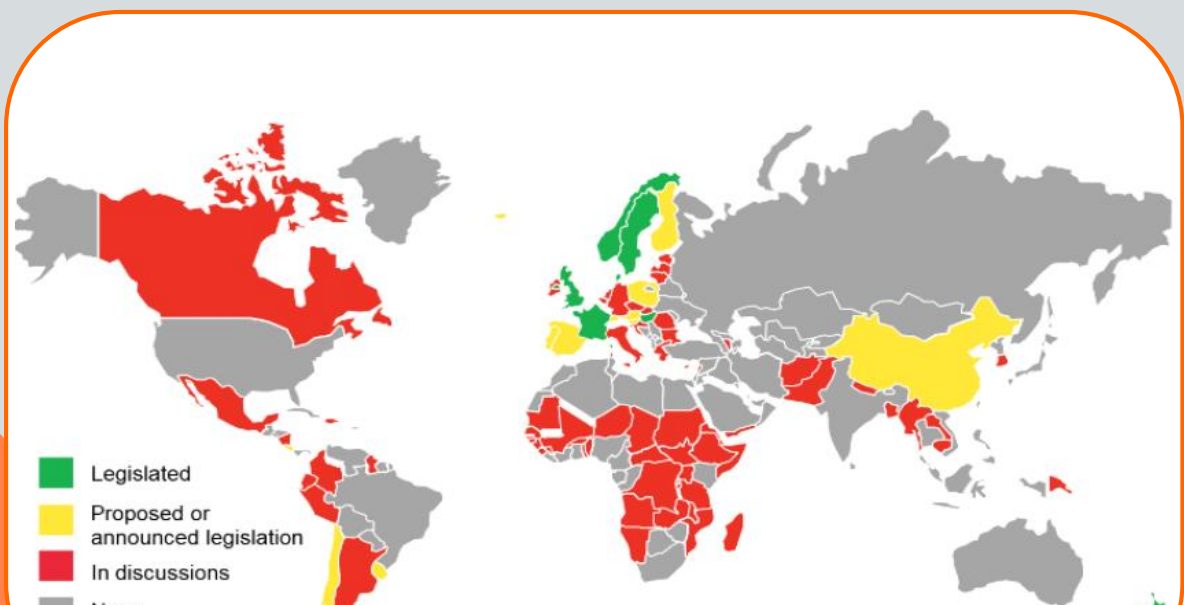
¹⁴ <https://www.irena.org/publications/2019/Apr/Global-energy-transformation-A-roadmap-to-2050-2019Edition>

עיקריים בעולם בשנת 2019. מהאיור ניתן לראות כי סקטור החשמל הוא הראשון באחוז הפליטות, עם 25%, ולאחריו סקטור החקלאות והתעשייה עם 24%-21% בהתאמה.



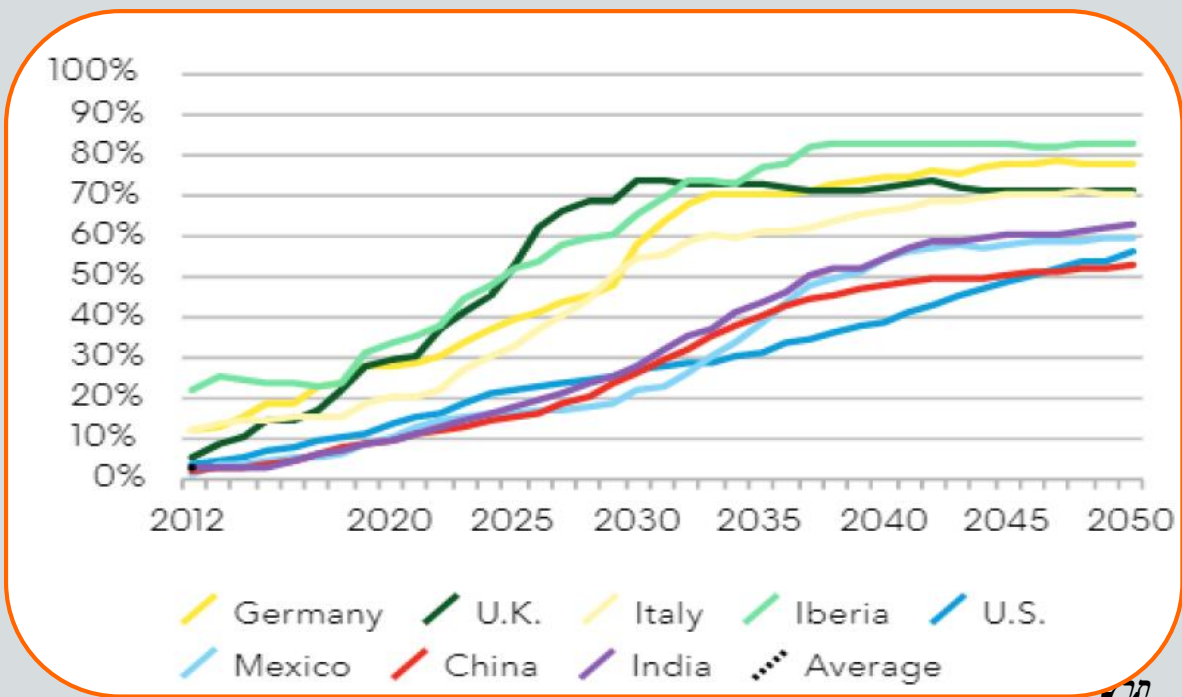
תרשים 9: פליטות גז חממה לשנת 2019 בחלוקה לסקטורים עיקריים

על מנת לצמצם את היקף פליטות גזי החממה ומזהמים אחרים, מדינות רבות החלו בכתיבת תכניות וקביעת יעדים ארוכי טווח למעבר לייצור חשמל מתחדש. תרשים 10 שלהלן מציג את השלבים בהם נמצאות מדינות העולם השונות. מהאיור ניתן לראות כי חלקן הגדול של המדינות נמצא בתהליכי עבודה, אך רובם טרם קבעו יעדים באמצעות חקיקה.



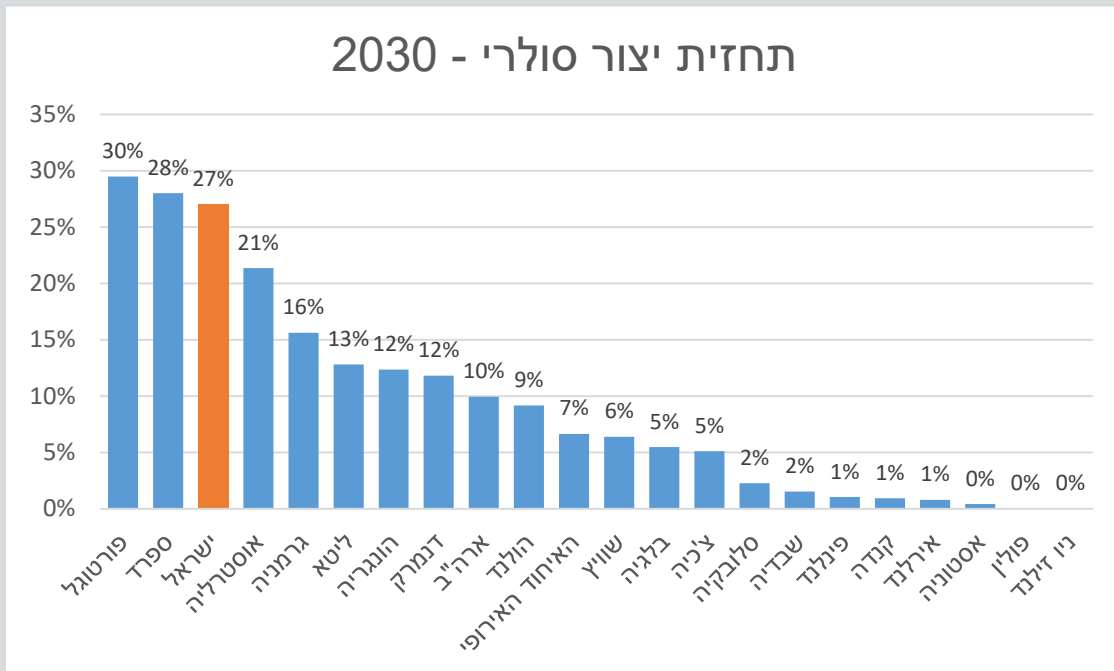
תרשים 10: שלבים לקביעת יעדים ארוכי טווח להפחתת פליטות.

על אף שיעדים רשמיים טרם הוגדרו במרבית המדינות, ברור כבר עכשיו כי שיעור המתחדשות יעלה עד מאוד בעיקר עד שנת 2050, וכבר כיום ישנן אינדיקציות לאחוזי החדירה העתידיים של אנרגיות מתחדשות במדינות רבות. תרשים 11 שלהלן מציג תחזית של בלומברג לשיעור המתחדשות הכולל המבוסס על רוח ואנרגיה סולארית במדינות נבחרות עד שנת 2050. מהתרשים ניתן לראות כי שיעור המתחדשות המבוססות על רוח ושמס יותר ממשלש את עצמו במרבית המדינות בין השנים 2020 ו-2050 ומגיע עד לכ-80% במספר מדינות.



המושג אנרגיות מתחדשות כולל סוגים שונים של מקורות אנרגיה ועל כן יש לשים לב באופן מיוחד לתחזיות הייצור הסולארי לשנים 2030 ו 2050 שכן מדובר בייצור חשמל שאינו יציב (סירווגי) ועל כן מעלה אתגרים רבים בהסתמכות עליו באופן בלעדי ועל כן משמש כחלק מתמהיל האנרגיות המתחדשות בכל מדינה. תרשים 12 מציג את תחזית הייצור הסולארי במדינות נבחרות לשנים 2030.

תחזית יצור סולרי - 2030



תרשים 12: תחזית ייצור סולארי במדינות נבחרות לשנת 2030, IEA, 2021.¹⁶

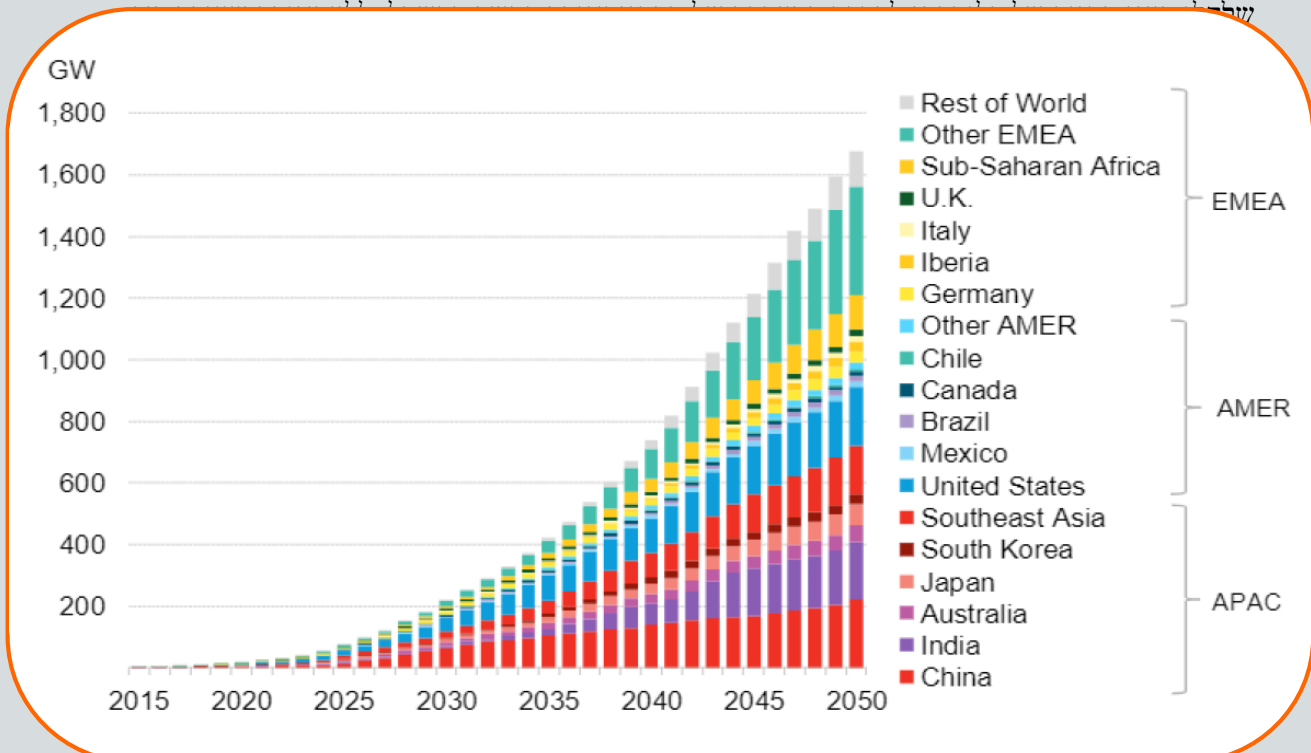
בבחינת הנתונים הנ"ל, ניתן ללמוד כי תחזית ייצור החשמל ממקור סולארי בכל המדינות הנבחרות לא עולה על 30% בשנת 2030 כאשר ישראל עומדת לצד המדינות השאפתניות ביותר ומרביתן המוחלט של המדינות עומדות על אחוזים בודדים בלבד. כאשר בוחנים את התחזית לשנת 2050 רואים כי על אף אחוזי האנרגיה המתחדשת הגבוהה החזויה במדינות השונות, אחוזי האנרגיה הסולארית מתמהיל האנרגיה המתחדשת הינו נמוך. בארה"ב למשל, אחוזי האנרגיה המתחדשת החזוי לשנת 2050 עומד על כ-55% מתוכם רק 17%

Projections: energy policies of IEA countries <http://data.iea.org/payment/products/114-projections-energy-policies-of-iea-countries.aspx> ¹⁵

Projections: energy policies of IEA countries <http://data.iea.org/payment/products/114-projections-energy-policies-of-iea-countries.aspx> ¹⁶

מייצור בסולארי, גם בגרמניה ניתן לראות שעל אף תחזית גבוהה של כ-80% אנרגיה מתחדשת לשנת 2050 רק 26% מתוכם צפויים להיות מיוצרים מאנרגיית השמש.

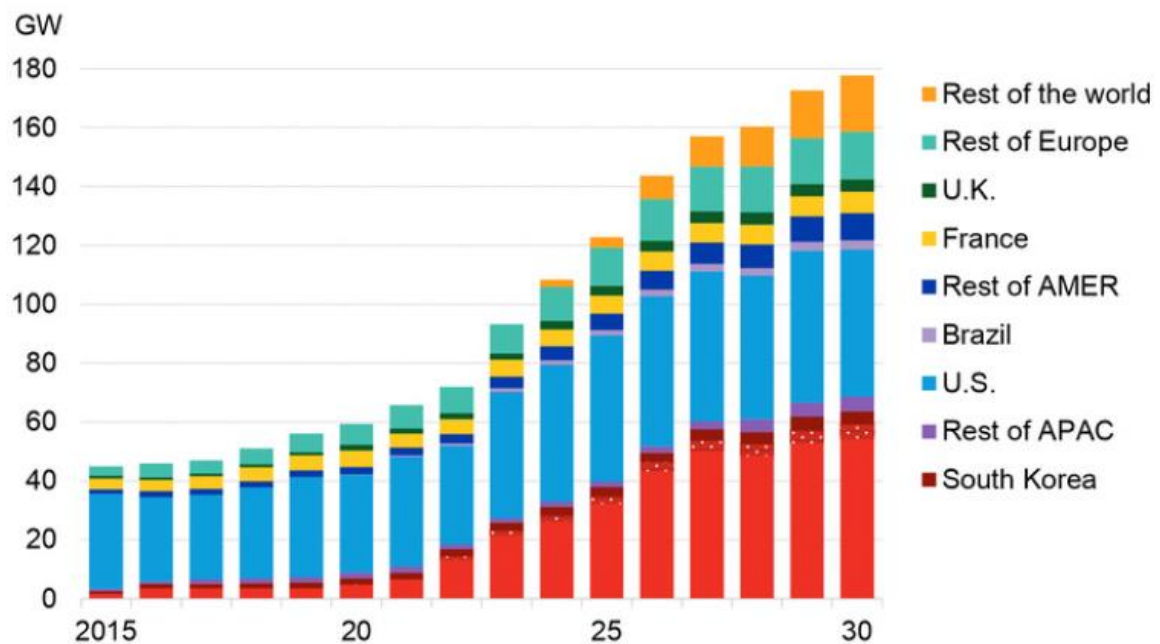
האפשרות לשלב רוח ושמש בהיקפים משמעותיים מוגבלת נוכח אופי יצור החשמל המתחדש, המשתנה כולות במזג האוויר ושעות היום, ומצריכה הערכות מיוחדות. בראש וראשונה נדרשת אגירה שתאפשר זמינות אנרגיה גם בשעות בהן היא איננה מיוצרת (למשל בלילה עבור אנרגיה סולארית). בעוד שמרבית האגירה הקיימת כיום הנה אגירה שאובה, כ-96% מסך הספק של 176 ג'גה-וואט לשנת 2017, בשני העשורים הקרובים משקלה צפוי לרדת, ואגירה באמצעים אחרים, מודולריים, כמו סוללות, תלך ותגדל. תרשים 13



תרשים 13: הספק אגירה מצטבר עד שנים 2050 לפי מדינות לפי תחזית בלומברג,

התנודתיות בתפוקת האנרגיה מהמקורות המתחדשים (שמש ומעט רוח), וחוסר היכולת לשלוט על תפוקת האנרגיה במגזר זה, הלוקח נתח גדל והולך בסך הייצור, דורש ממערך הייצור גמישות גבוהה. מערך ייצור האנרגיה המסורתי – טורבינות קיטור וגז – מתקשה לעקוב אחר התנודות והשינויים המהירים בתפוקת המקורות המתחדשים. אגירת אנרגיה יכולה לספק חלק מהגמישות הנדרשת – סוללות מסוגלות להיכנס לפעולה ולהגיב לצרכי הרשת בשברירי שנייה, אך כיום הן יקרות ובעלות תכולת אנרגיה מוגבלת. אמצעי אחר להשגת הגמישות הנדרשת ברשת הינו מנגנון ניהול הביקוש.

ניהול ביקושים / ניהול צד ביקוש (Demand Response/ Demand Side Management) מתייחס לפעולות יזומות (dispatchable) הנעשות לבקשת מנהל המערכת, בצד הביקוש לחשמל, אשר מאפשרות



תרשים 14: הספק מצטבר לניהול ביקושים עד שנת 2030 לפי מדינות.

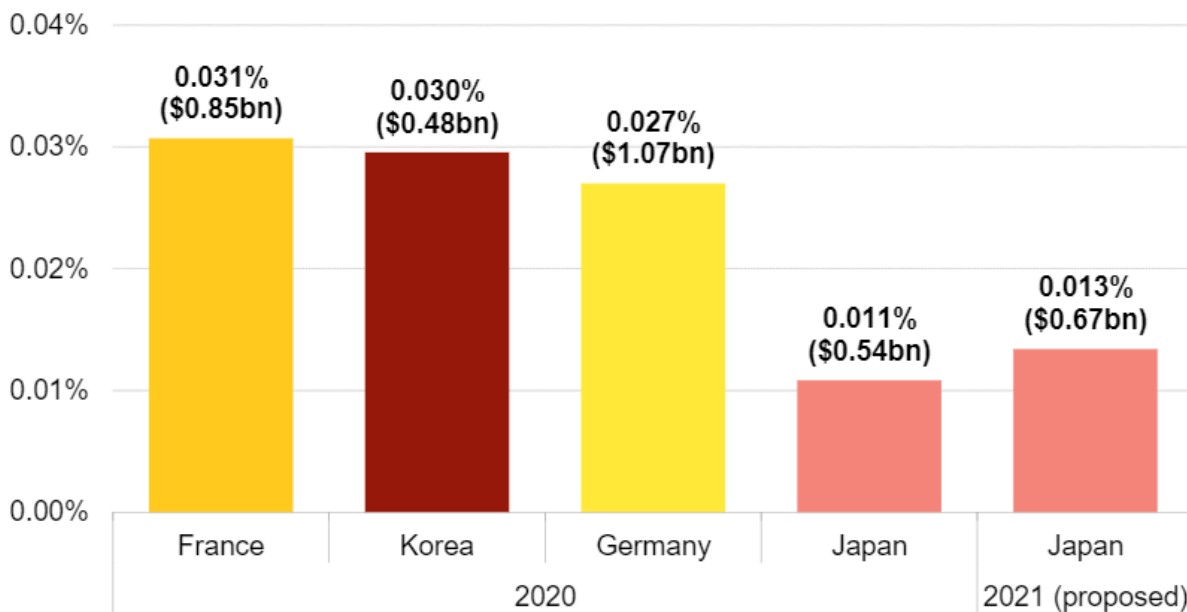
מאחר והשימוש באמצעי אגירה, בייחוד סוללות, מוגבל למספר שעות, ומכוון שהשימוש בניהול ביקושים מוגבל לרמת היכולת של הפרטים לשנות את צריכתם, נדרשת טכנולוגיה נוספת שתאפשר לצרוך אנרגיה מתחדשת גם בימים בהם אין יצור מתחדש בכלל. דוגמא לטכנולוגיה כזו הוא המימן אשר לו חלק חשוב במיוחד בסקטור החשמל, בין היתר בשל תכונותיו, המאפשרות לאגור אותו בכמות גבוהה, לפרק זמן ארוך, ולייצר ממנו חשמל נקי בשלב מאוחר יותר.

את המימן אפשר לייצר באמצעות אלקטרוליזר המשתמש בחשמל לפצל מים למימן וחמצן (מוגדר כמימן "ירוק" אם החשמל מגיע ממקורות מתחדשים), או בדרכים אחרות, למשל באמצעות התמרה (רפורמציה) של גז טבעי באמצעות קיטור (מוגדר כמימן "אפור" – מימן שבתהליך הייצור שנו נפלטו גזי חממה). את המימן האפור ניתן להפוך למימן "כחול" אם תופסים את הפחמן הדו-חמצני הנפלט בתהליך ייצור המימן. שיטה נוספת להפקת מימן "כחול" היא פירוליזה ישירה של גז טבעי – בתהליך מפוצל הגז הטבעי (מתאן) למימן

ופחמן, והפחמן מתגבש לפחמן מוצק טהור המוסר מהמערכת. לאחר הפקת המימן הוא ניתן לאגירה במיכלים בלחץ גבוה של 300-700 אטמוספרות, במיכלים במצב מונזל בטמפרטורה של -240°C , או לאחר התמרה כימית לחומרי אכסון כגון אמוניה או משפחת חומרים הנקראת Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC). בכדי להשתמש במימן ניתן להזינו לתא דלק - תא אלקטרו כימי הממיר מימן וחמצן למים וזרם חשמלי, או לשרוף אותו בדומה לגז טבעי, כאשר תוצרי השריפה הם אדי מים בלבד.

בשל השימושים הרבים למימן והפוטנציאל שלו להפוך תעשיות שלמות לנטולות פליטות, מדינות רבות החלו לפתח תכניות ארוכות טווח להשקעות בפרויקט מו"פ ובהטמעה של מימן. בין המדינות, הולנד, גרמניה, אוסטרליה, סין, יפן, קליפורניה, ספרד פורטוגל, קוריאה הדרומית ועוד. תרשים 15 שלהלן מציג את ההשקעה הצפויה בחלק מהמדינות הללו בשנים הקרובות במונחי אחוז מהתמ"ג ובאופן אבסולוטי. מהתרשים ניתן לראות כי צרפת מתכננת להשקיע כ- 0.85 מיליארד דולר (או 0.031% מהתמ"ג) בשנת 2020, קוריאה כ- 0.48 מיליארד דולר (או כ-0.03% מהתמ"ג), גרמניה כ- 1.07 מיליארד דולר (או כ- 0.027% מהתמ"ג) יפן כ- 0.54 מיליארד דולר וכ-0.67 מיליארד דולר (או כ- 0.011% וכ- 0.013%) עבור השנים 2020 ו-2021 בהתאמה.¹⁷

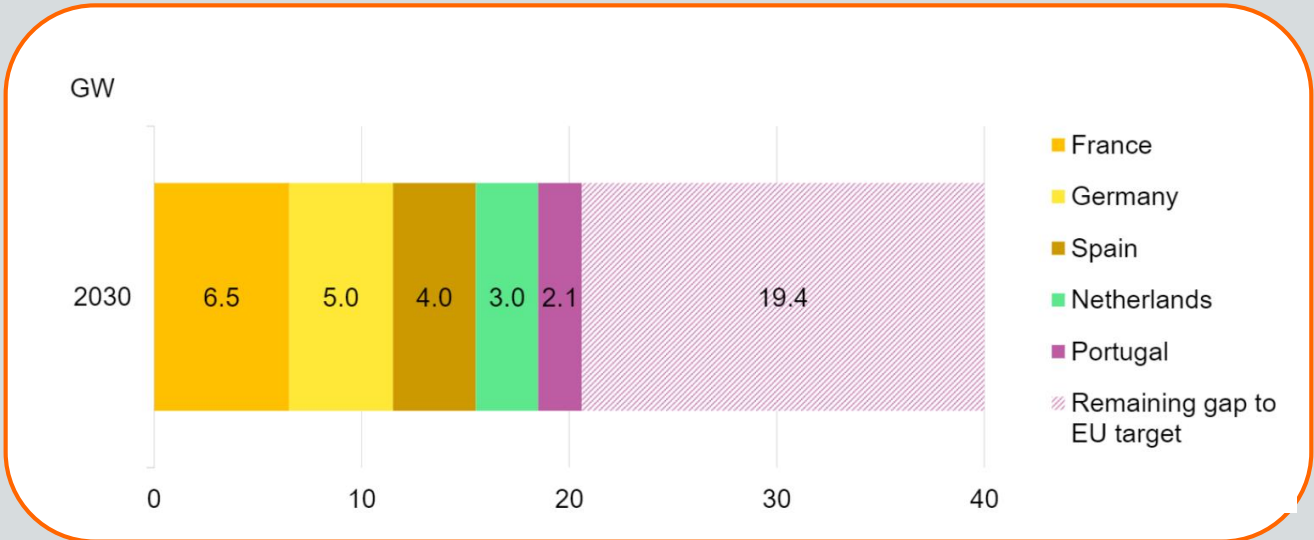
Public spending on hydrogen as a share of GDP



תרשים 15: השקעה ממשלתית במימן במספר מדינות בעולם

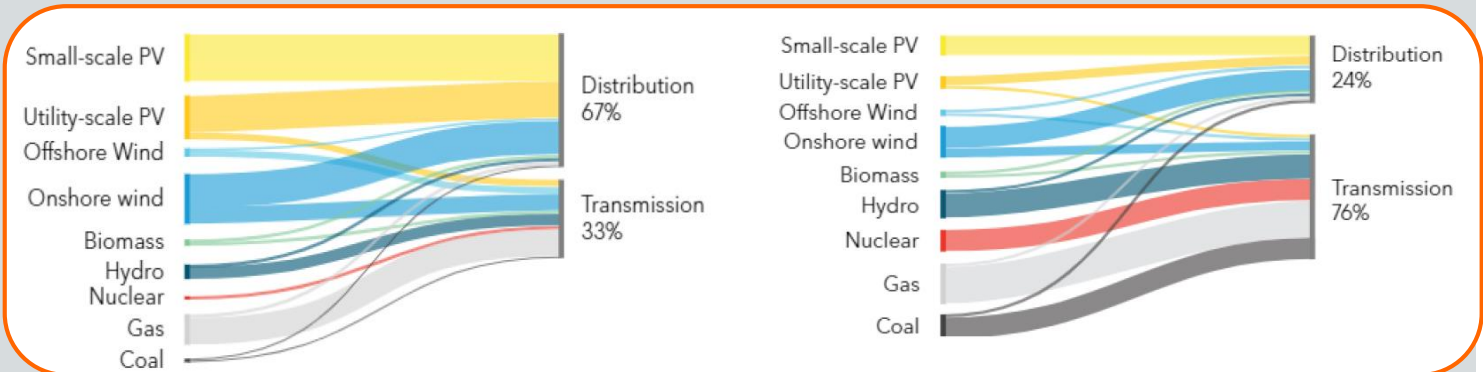
¹⁷ המדינות המצוינות באיור 4 צפויות לבצע השקעה שנתית דומה על פני כול העשור הקרוב.

בנוסף להשקעת כספים, מדינות רבות בעולם ובייחוד באירופה, החלו לקבוע יעדים להתקנת אלקטרוליזרים ליצירת מימן ירוק. תרשים 16 שלהלן מציג את יעדי ההתקנה במונחי ג'יגה וואט עד שנת 2030 במספר מדינות באירופה ובסה"כ באיחוד האירופאי. סך היעד באיחוד האירופאי עומד על כ-40 ג'יגה וואט, כאשר צרפת, גרמניה, ספרד, הולנד ופורטוגל קבעו יעדים של 2.1, 3, 4, 5, ו-2.1 ג'יגה וואט בהתאמה.



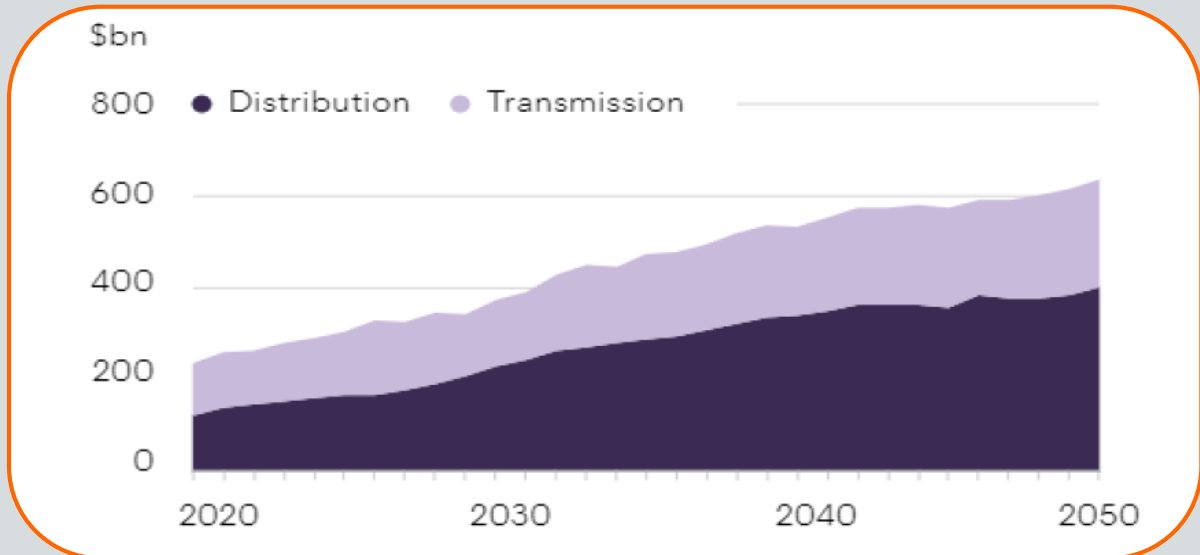
תרשים 16: יעדים להתקנת אלקטרוליזרים עד שנת 2030 (בלומברג)

מלבד אופי ייצור החשמל המתחדש, המשתנה כאמור כתלות במזג האוויר ושעות היום, ישנה סוגיית המיקום של מתקן הייצור. בעוד שכיום מרבית הייצור מרוכז בתחנות כוח גדולות המחוברות לרשת ההולכה, הרי שהמעבר לשימוש הולך וגדל באנרגיה מתחדשת, מביא לביזור הדרגתי באמצעי הייצור על כלל שטחי המדינות, ולהקטנת גודל המתקן הטיפוסי, כך שיותר ויותר מתקנים יתחברו לרשת החלוקה. תרשים 17 שלהלן מתאר את תמונת המצב היום (מימין), כשעיקר הייצור הוא פוסילי ומחובר לרשת ההולכה, ואילו צד שמאל מתאר את מצב העולם הצפוי לשנת 2050, לפי תחזיות בלומברג, כאשר עיקר הייצור הוא מתחדש ומחובר לרשת החלוקה. בעוד שבשנת 2020 כ-76% מהייצור בעולם מחובר לרשת ההולכה, בשנת 2050 צפוי כי המצב ישתנה ו-66% מהייצור יהיה מחובר לרשת החלוקה.



תרשים 17: אחוז ייצור מחובר לרשת חלוקה ורשת הולכה בשנת 2020 (צד ימין) ושנת 2050 (צד שמאל)

שינוי זה טומן בחובו התאמות רבות שנדרש לעשות הן ברשת החלוקה והן ברשת ההולכה, לשם קליטה מיטבית וניהול של אנרגיה מתחדשת. תרשים 18 שלהלן מציג את ההשקעה השנתית הנדרשת ברשת ההולכה ורשת החלוקה עד שנת 2050 לפי תחזיות בלומברג. מהאיור ניתן לראות כי בעוד שכיום ההשקעה מתחלקת באופן שווה בין רשת החלוקה וההולכה, עד שנת 2050 צפוי כי ההשקעה ברשת החלוקה תגדל באופן משמעותי ביחס לרשת ההולכה, וזאת כאמור לצורך שילוב הולך ועולה של אנרגיות מתחדשות.



תרשים 18: השקעה שנתית נדרשת ברשת החלוקה ורשת ההולכה עד שנת 2050 לפי תחזיות בלומברג

כמו כן בעולם ישנן טכנולוגיות נוספות אשר מתפתחות עם הדרישה להפחתת פליטות מסקטור האנרגיה. אחת מטכנולוגיות אלה היא תפיסת ואחסון פחמן (CCS). תהליך זה הוא תהליך בו פחמן דו-חמצני (פד"ח) נתפס מפליטות של תהליכים תעשייתיים ותהליכי הפקת חשמל, ומאוחסן ללא יכולת להיפלט לאטמוספירה. מטרת התהליך לצמצם את האפקט של פליטת גזי חממה ממקור אנושי על שינוי האקלים. אין מדובר בטכנולוגיה אחת, אלא בחבילה שלמה של טכנולוגיות ותהליכים. חלק מהם פועלים בהצלחה כבר עשרות שנים, בעוד אחרים נמצאים תחת פיתוח או בשלבי מעבר לשימוש בקנה מידה תעשייתי. ללא קפיצה טכנולוגית שתאפשר יישום בקנה מידה נרחב ואיתור איזורים מתאימים לכליאת הפד"ח, לא יתאפשר יישום של טכנולוגיות תפיסת ואחסון פחמן בישראל.

באופן בסיסי CCS מורכב משלושה שלבים עיקריים:

- תפיסה - הפרדת פד"ח מגזים אחרים בתהליך התעשייתי או בתהליך הפקת חשמל. לאחר מכן הוא נדחס לקראת שינוע.
 - שינוע - העברת הפד"ח, בד"כ באמצעות צינורות, מאתר תפיסתו אל אתר אחסנה.
 - אחסון - הזרקת פד"ח אל תצורות קרקע או לאקוויפרים תת-קרקעיים לשם כליאה ארוכת טווח. לחילופין, ניתן לשלבו בתהליכים תעשייתיים ליצירת מוצרים (CCU).
- כיום, CCS כלכלי רק בחלק מצומצם של מקרים, כאשר מרבית העלות מקורה בתהליך תפיסת הפד"ח. חסמים נוספים הם קושי בשימוש בפד"ח כחומר גלם, חוסר וודאות רגולטורי, צורך בתשתיות הולכה לפד"ח,

אי קבלה ציבורית, קושי באיתור ואפיון אתרי אחסון, אי הכרה בעלויות החיצוניות של פליטת גזי חממה, ונושאי חבות (מי נושא באחריות במקרים של נזק).

בעולם פועלים נכון ל-2020, 26 מפעלים בקנה מידה גדול, ועוד 3 מפעלים בהקמה, כ-13 מפעלים בשלבי פיתוח מתקדם וכ-21 בשלבי פיתוח ראשוניים. המפעלים הפועלים היום בעלי קיבולת תפיסה של 40 MtCO₂ בשנה. בנוסף, ישנם עוד 34 מתקני חלוץ והדגמה פועלים או בתהליכי הקמה

לצד טכנולוגיות אלה במשך שנים רבות מדינות פונות לייצור אנרגיה באמצעות גרעין. יצור חשמל מאנרגיה גרעינית נפוץ מאוד בעולם, למרות התחושה בציבור כי מדובר בטכנולוגיה הנמצאת בתהליך מתמשך של דעיכה. בפועל, כ-10% מכלל החשמל בעולם מיוצר על ידי אנרגיה גרעינית (IEA, 2018), ובמדינות ה-OECD השיעור עומד על 17.7%. כ-GW400 חשמל המיוצרים ב-452 כורים גרעיניים ב-31 מדינות בעולם. ניתן לראות כי כמעט בכל מדינות ה-OECD (למעט יפן שנאלצה לסגור את רב תחנות הכוח שלה בעקבות אסון פוקושימה) חלק החשמל המיוצר באנרגיה גרעינית עולה על הממוצע העולמי. נכון להיום היקף ייצור החשמל מאנרגיה גרעינית גדל, אם כי הוא גדל בקצב קטן מהגידול בסך צריכת החשמל, כך שחלקו בתמהיל יורד. תהליך זה נתמך על ידי דעת הקהל הציבורית וחלק מהגופים הירוקים. בכל הקשור למשק האנרגיה הישראלי, יש לבחון את היתרונות והחסרונות של הטכנולוגיה כמו גם את מידת הישימות של הטמעתה במשק הישראלי.

אתגרי השטח שמביאים איתם פיתוח מואץ של טכנולוגיות ייצור בפאנלים סולריים מחייבים שימושים דואליים. בעולם, וגם בישראל, ניתן לראות שימושים דואליים נפוצים על גגות בתים כמוכן ומאגרי מים אולם בשנים האחרונות מתפתחת מגמה נוספת של שימוש כפול בשטחי חקלאות, או "אגרי-וולטאי". נמצא כי ניתן לייצר חשמל סולארי מעל שטחי חקלאות תוך פגיעה מזערית בגידולים, ולעיתים אף תוך שיפור התנובה. בישראל עוצמת קרינת השמש, וביחוד בדרום הארץ, הינה גבוהה מאד ולעיתים הינה אף חזקה מידי עבור הגידולים. בנוסף, הצמח זקוק לכמויות קרינה משתנות לאורך חייו ולא תמיד זקוק למלוא עוצמת הקרינה. ניתן להקים מערכות סולאריות מעל לשדות תוך בקרה מדויקת של חלוקת הקרינה בין הצמח למערכת הסולארית, כך שהצמח יקבל את כל צרכי הקרינה להם הוא נדרש, והמערכת הסולארית תנצל את השאר להפקת אנרגיה. היות ובישראל כארבעה מיליון דונם של אדמות חקלאיות, שימוש בחלק זעיר משטח זה יאפשר את השגת יעדי האנרגיה תוך פגיעה מינימלית בשטחים הטבעיים או בחקלאות. ייצור סולארי בשטחי החקלאות גם יאפשר שיפור הוודאות הכלכלית של החקלאים התלויים כיום באיתני הטבע ובתמיכה ממשלתית.

משק החשמל בישראל

בשנים האחרונות קודמו במשק החשמל מספר צעדי מדיניות משמעותיים שתרמו משמעותית למעבר למשק אנרגיה נקי. בין צעדים אלה ניתן למנות את מעבר המשק לגז הטבעי, הגדלת יעדי המתחדשות וצמצום משמעותי של השימוש בפחם. כמו כן בתחילת שנת 2018 הכריז שר האנרגיה על תכנית ליעדי משק האנרגיה לשנת 2030. היעדים כוללים את הפחתת השימוש במוצרי דלק מזהמים ובפרט הפסקת השימוש בפחם וכן יעדים אגרסיביים במעבר לתחבורה חשמלית. בשנת 2018 אושרה גם רפורמה מקיפה, בעלת השלכות משמעותיות על משק החשמל, במסגרתה הוסכם על ביצוע שינוי מבני מקיף בחברת החשמל. כחלק מהרפורמה, מקטע הייצור יעבור ברובו לבעלות פרטית, מקטע האספקה יפתח לתחרות וניהול המערכת יעבור מחברת החשמל לישראל לחברה ממשלתית חדשה- מנהל המערכת. כמו כן, במסגרת הרפורמה הוחלט על מכירת 5 תחנות כוח בשנים הקרובות מחברת החשמל ליצרנים פרטיים כמו גם על סגירת יחידות 1-4 בפחמיות בתחנת הכח בחדרה והקמת שני מחזמיים במקומן על ידי חברת החשמל.

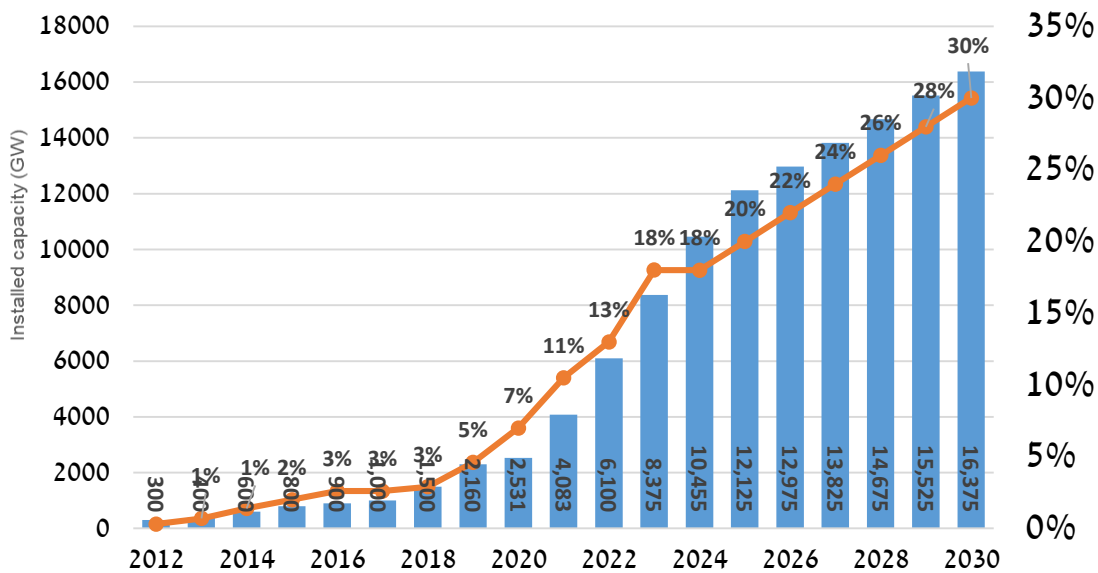
יעד הפסקת השימוש בפחם הוא צעד המדיניות האחרון בשורה של צעדי מדיניות במגמה להפחית את הזיהום וייצור החשמל בפחם. בשנת 2015 החליט שר האנרגיה להפחית את השימוש בפחם ב-15%. במסגרת היתרי הפליטה שניתנו בספטמבר 2016 לתחנות הפחמיות, על ידי המשרד להגנת הסביבה, הוגבל הייצור פחמי בכל היחידות עד השלמת הקמת המתקנים להפחתת פליטות. בשנת 2017 החליט שר האנרגיה לבטל את פרויקט D ולא להקים תחנת כח פחמית נוספת בישראל. עוד באותה השנה החליט שר האנרגיה על הפעלה מינימלית של התחנות הפחמיות. החלטה זו הביאה לעבודה בעומס מינימלי בתחנות הפחמיות במשך מרבית שעות השנה. ב-2018, החלטת ממשלה 4080, קבעה כי יחידות 1-4 באורות רבין יפסיקו לפעול עד יוני 2022 וחלף יחידות אלו יוקמו על ידי חברת החשמל באתר זה 2 תחנות כח מסוג מחז"מ.

תחום האנרגיות המתחדשות עבר גם הוא תהפוכות משמעותיות בעשות האחרון. בנובמבר 2002 נקבע לראשונה יעד רשמי לייצור חשמל באנרגיות מתחדשות, בהחלטת ממשלה 2664 שקבעה כי החל משנת 2007, 2% מהחשמל המסופק לצרכנים ייוצר על ידי מתקני אנרגיה מתחדשת. בינואר 2009 החלטת ממשלה מס' 4450 קבעה יעד לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בהיקף של 10% מצורכי האנרגיה בחשמל של המדינה לשנת 2020. כמו כן, בהחלטה נקבע יעד ביניים של 5% בשנת 2014 אשר לא הושג. ההחלטה כללה שורה של צעדים תומכי מדיניות, בעיקר בתחום הקצאת הקרקעות ותמריצי מיסוי, וכן במסגרתה הוטל על רשות החשמל לבחון אסדרות שיאפשרו את יישום המדיניות.

בספטמבר 2015, התקבלה החלטת ממשלה מס' 542 בעניין הפחתת פליטות גזי חממה ויעול צריכת האנרגיה במשק. בין היתר קבעה ההחלטה יעד ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בשיעור של 17% לפחות מסך צריכת החשמל בשנת 2030 וכן יעד ביניים של 13% בשנת 2025. בהמשך להחלטה 542, התקבלה בחודש אפריל 2016, החלטת ממשלה מס' 1403 אשר כללה שורת צעדים אופרטיביים למימוש יעדי הממשלה בתחומי המיסוי, המקרקעין, האסדרה ועוד.

במקביל, לאורך העשור האחרון אושרו החלטות נוספות על ידי הממשלה וכן על ידי שר האנרגיה אשר קבעו מכסות לטכנולוגיות השונות - תרמו סולארי, פוטו-וולטאי, רוח, ביוגז וביומאסה. כאשר לאורך השנים התמהיל שונה באמצעות הסטות בין המכסות ותוספות.

באוקטובר 2020 התקבלה החלטת ממשלה מס' 465 אשר קובעת יעד חדש של 30% ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות בשנת 2030 וכן יעד ביניים של 20% בשנת 2025. עוד קובעת ההחלטה שורה של צעדי מדיניות לעמידה ביעדים. להלן תרשים 19 המתאר את ההספק המותקן משנת 2012 ועד להספק החזוי בשנת 2030 (עמודות) וכן את אחוז הייצור באנרגיות מתחדשות (בקו). הגרף מראה את האתגר הגדול ביעד המתחדשות – הכפלת ההספק בפי 6 בתוך עשור. הגדלת הספק האנרגיה הסולארית באופן משמעותי כל כך נובעת מאחד האתגרים הגדולים ביותר של המשק הישראלי – ביקוש החשמל שנמצא במגמת עלייה עקבית לאור צמיחת המשק והגידול באוכלוסייה בישראל.



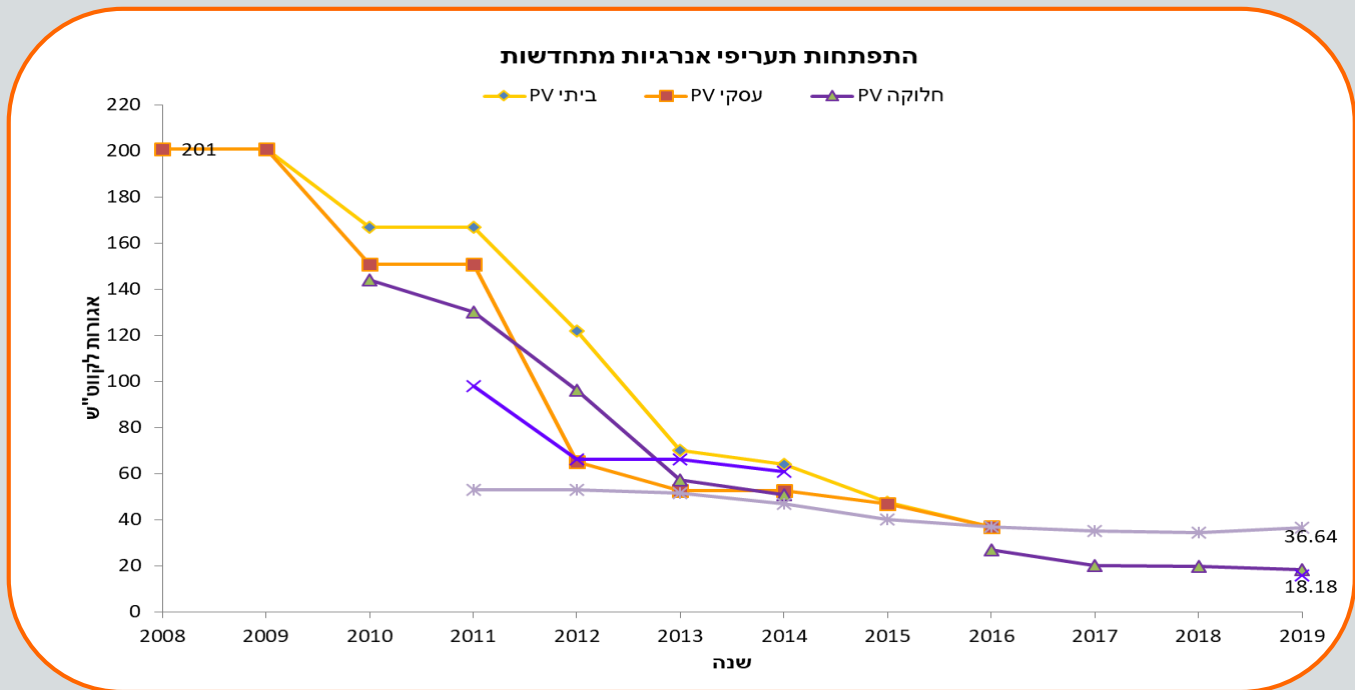
תרשים 19: הספק מותקן משנת 2012 ועד להספק החזוי בשנת 2030 (עמודות) ואחוז הייצור באנרגיות מתחדשות (בקו). מודל אנרגיה, משרד האנרגיה 2021.

עוד נציין כי ייצור חשמל מאנרגיית שמש בהיקפים גדולים בישראל כרוך באתגרים רבים הנוגעים בין השאר בהיבטים טכנוניים, סביבתיים, פיננסיים וטכנולוגיים, אשר מתאפיינים בהשפעה מכרעת על משק החשמל. העלאת הייצור מאנרגיית שמש בישראל תדרוש היקף נרחב יחסית של השקעות בשנים הבאות, תוספת עלויות ישירות ועקיפות הנובעות משילוב אנרגיות מתחדשות במערכת ומגולמות בתעריף החשמל המשולם על ידי כלל הצרכנים. עוד נציין כי הגדלת הייצור מאנרגיה סולארית תצריך מספר צעדי מדיניות משלימים בראשם הצורך האדיר באגירה אשר תאפשר את המעבר למתחדשות וכן צפויה לתרום רבות לחיסכון בסוגיית

הרשת וייצוב התדר, כמו גם צעדים להתמודדות עם ההשפעות על יציבות ושרידות מערכת החשמל, הביטחון באנרגיה, הקצאת משאב הרשת ועוד.

במסגרת בחינת עדכון יעד המתחדשות לשנת 2030 סימנה רשות החשמל בעבודתה שתי מגמות עיקריות במשק הישראלי: ירידת מחירי האנרגיה הסולארית וכן עדכון תמהיל הייצור המתחדש – מתחזית מגוונת של טכנולוגיות להסתמכות כמעט מוחלטת על אנרגיית שמש. בנוסף מציינת הרשות כי חלו שינויים רגולטוריים משמעותיים בראשם המעבר למתכונת אסדרתית של מכרזים תחרותיים.

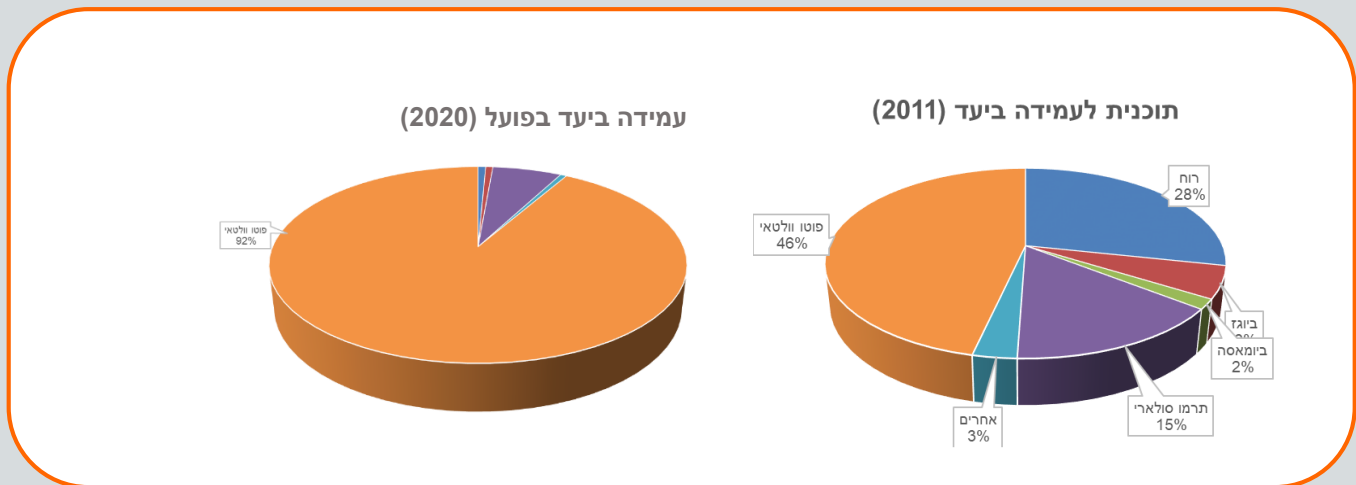
כאמור, בעשור האחרון חלה ירידה חדה בעלות ההקמה של מתקני ייצור בטכנולוגיה הפוטו-וולטאית, בהתאם לירידת המחירים העולמית, נרשמה הפחתה עקבית בתעריפים המשולמים בישראל למתקני ייצור בטכנולוגיה פוטו-וולטאית כמוצג בתרשים 20. בתרשים זה מפורטים מחירי המכרזים שהוציאה הרשות בחלוקה לפי סוגי המכרזים השונים.



תרשים 20: תעריפי אסדרות פוטו-וולטאיות על פני השנים 2008-2019. רשות החשמל

על פי רשות החשמל ירידת המחירים החדה בישראל בטכנולוגיה הפוטו וולטאית אינה מאפיינת את יתר הטכנולוגיות. בנוסף לכך נראה כי האתגרים וחסמים תכנוניים, סביבתיים וביטחוניים שונים הביאו לקושי במימוש של מכסות הרוח, הביוגו והביו-מאסה. באשר לטכנולוגיה התרמו-סולארית, למעט המתקנים אשר הוקמו במסגרת פרויקט אשלים על ידי המדינה, יתר המכסות הוסבו למכסות פוטו-וולטאיות בשל שיקולים כלכליים.

מתוך כך, לאור השינויים הטכנולוגיים והכלכליים שחלו בעשור האחרון, ולאור החסמים והאתגרים הייחודיים שחוו חלק מהטכנולוגיות בארץ, עודכנה על פני השנים התכנית לעמידה ביעד המתחדשות. תרשים 21 מציג השוואה בין התכנית המקורית למימוש יעד 2020 כפי שהוצגה בתחילת העשור, לעומת האופן בו יושג היעד בפועל עד סוף השנה הנוכחית. כפי שניתן לראות, על רקע אי-הודאות בתכנון ארוך-טווח, התכנית המקורית התאפיינה במגוון רחב של טכנולוגיות ומקורות ייצור לעומת התכנית הנוכחית, בה קיימת דומיננטיות טכנולוגית מובהקת למתקנים הפוטו-וולטאים ביחס ליתר הטכנולוגיות.



תרשים 21: תכנית העמידה ביעד אנרגיות מתחדשות בראשית העשור לעומת אופן העמידה ביעד בפועל

מתוך כך, בהיעדר פוטנציאל לייצור אנרגיה מתחדשת ממקורות קבועים כגון מקורות הידרו-אלקטריים וגיאותרמיים, ובשל החסמים הרבים הנוגעים לקידום מתקנים בטכנולוגיות אחרות, ההנחה בבסיס העבודה היא שתוספת ההספק הנדרש למשק תהיה ברובה המוחלט באמצעות מתקני ייצור סולאריים. למרות היתרונות הכלכליים של ייצור סולארי ומאפייני האקלים בישראל, קיימת מורכבות רבה בניהול מערכת חשמל המסתמכת באופן כמעט בלעדי על מקור אנרגיה מתחדשת אחד בלבד, בפרט סירווגי (שאינו ניתן לשליטה על ידי מנהלי הרשת ואינו בעל כושר אספקה רציף). לאור האמור, יש חשיבות רבה להסרת חסמים בכדי להקל על שילובם של מתקנים פוטו-וולטאים, לקידום סוגים נוספים של אנרגיות מתחדשות ובפרט טכנולוגיית הרוח, לשימוש באמצעי ייצור נוספים ובאמצעים נוספים להפחתת פלטות הפחמן הדו חמצני, כמו גם לשימוש במתקני אגירה לצורך קליטת עודפי ייצור סולארי והגמשת מערך הייצור.

על רקע העלאת אחוז הייצור באנרגיית שמש הולך ומתעצם אתגר השטח. ישראל היא מדינה קטנה ובעלת צפיפות אוכלוסין גבוהה. בהשוואה לייצור קונבנציונלי, כמות האנרגיה שמיוצרת לתא שטח באמצעות מתקנים פוטו-וולטאים נמוכה משמעותית. (תא השטח הנדרש לייצור מגה וואט סולארי גבוה פי 100-150 מתא השטח הנדרש לייצור חשמל מגז טבעי) יצוין בהקשר זה כי מוקדי הצריכה העיקריים מרוכזים באזור המרכז, בעוד שפוטנציאל השטחים הפנויים הגדול ביותר להקמת מתקני ייצור קרקעיים נמצא באזור הדרום, בו צריכת החשמל היא נמוכה. כתוצאה מכך, נדרש פיתוח משמעותי של רשת ההולכה לצורך העברת האנרגיה ממוקדי הייצור למוקדי הצריכה.

על מנת לשלב אחוז גבוה של אנרגיה מתחדשת בתמהיל הדלקים, יש צורך בשטחי קרקע נרחבים (מפורט בסוגיית השטח בעבודה זו), על כן יש צורך בשיתוף פעולה לשם מיסוס השימוש הכפול בקרקע לייצור סולארי, כמו גם להגיע להסכמות לגבי הקצאת שטחים פתוחים בין משרדי הממשלה השונים (משרד האוצר, רשות מקרקעי ישראל, מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה).

למעשה ניתן לחלק את השפעות שימושי הקרקע באופן הבא:

1. תשומות כלכליות – הקרקע הינו משאב שערכו נקבע על פי השימוש ומקומו הגאוגרפי ועל כן לשטחים שונים ערך כלכלי שונה.
2. סביבה – לקרקע ערך נופי ואקולוגי. ישנה חשיבות רבה בשימור קרקע בצורתה הטבעית על מנת לשמר את האיזון האקולוגי לרווחת בעלי החיים ופעילות אנושית.
3. פיתוח – ישנה תחרות רבה על פיתוח הקרקע לצרכי האדם: מבני מגורים, תעשייה, תחבורה, מסחר, בטחון ותשתיות חיוניות. לעיתים קרובות שטחים מוגדרים לא יוכלו לשמש לצרכים נוספים (דו שימוש בקרקע).

במסגרת העבודה נדון באופן תאורטי בסוגיית הקרקע אולם יש לבצע עבודת המשך אשר בוחנת את העלויות וההשפעות על הייצור הסולארי בשנים הקרובות בעניין זה.

על מנת לזהות את פוטנציאל השטח שיאפשר העלאת יעד המתחדשות ל-30% בשנת 2030, ביצעה רשות החשמל הערכה ראשונית של פוטנציאל השטחים להקמת מתקני ייצור פוטו-וולטאים לצורך מימוש יעד הביניים של 30% אנרגיה מתחדשת בתמהיל האנרגיה בשנת 2030¹⁸. מובן שפוטנציאל השטחים העתידי תלוי בשיקולים ובגורמים רבים כמו גם בהתפתחויות טכנולוגיות. הערכת סך פוטנציאל השטחים להקמת מתקני ייצור סולאריים מפורטים בטבלה הבאה:

לוח 3: פוטנציאל השטח וההספק על פי סוג

סוג פוטנציאל פוטנציאל בדונם הספק (MW)

¹⁸ https://www.gov.il/he/departments/publications/Call_for_bids/shim_2030yaad

8,416	84,920	קרקעי ¹⁹
5,079	41,933	גגות
5,558	45,888	מאגרים
240	2,420	מחלפים
606	5,000	שימושים דואליים נוספים
19,898	180,161	סה"כ

מתוצאות אלו ניתן ללמוד כי קיים פוטנציאל שטח שיאפשר עמידה ביעד של 30%. עם זאת, היקף הפוטנציאל שמופה הוא בעל יתירות מצומצמת באופן יחסי וכדי לעמוד ביעד יש למצות אותו כמעט עד תום. מנגד, פוטנציאל זה עשוי לגדול בשל שטחים נוספים אפשריים, הן דואליים והן קרקעיים, שנסקרו אך לא נלקחו בחשבון במסגרת העבודה עקב אי וודאות ביחס ליכולת לממש אותם. מיצוי פוטנציאל זה והגדלתו תתאפשר רק על ידי טיפול בחסמים הרלוונטיים וקידום משלים של צעדי רגולציה וכן מדיניות ממשלתית אשר תעודד הקמת אנרגיות מתחדשות בשטחים דואליים נרחבים כגון חקלאות וכבישים.

ואכן לאחרונה משרד האנרגיה ומשרד החקלאות, בשיתוף משרדים וגופי ממשל נוספים, מקדמים בימים אלו הקמה של מערכות אגרי-וולטאיות ראשונות בהן תיחקר השפעת המערכות הסולאריות על הגידולים שמתחתן ויפותחו ממשקים חקלאיים אופטימליים בתנאים אלו. בישראל, קיימת חקלאות מתקדמת וגם יכולת טכנולוגית מפותחת, השילוב בין השתיים עשוי למצב את המדינה בחזית תחום האגרי-וולטאי המתפתח במהירות בעולם ולהוות עוד ענף ייצוא ומנוע צמיחה למשק. אם כך, עקב מיעוט השטחים הטבעיים בישראל, פיתוח יכולת אגרי-וולטאית הינו רכיב מפתח ביכולת להשגת יעדי משק האנרגיה, אך בד בבד מהווה הזדמנות כלכלית ייחודית לפיתוח מובילות עולמית.

אתגרי המעבר לאנרגיית שמש בראשם אתגר השטח הם המפתח לקביעת יעדי המשק וכן הם מכריחים, בין היתר, את הצורך בתכנון תשתיות אנרגיה יעיל ומקיים.

¹⁹ מתוך זה, פוטנציאל קרקעי בשטחי יהודה ושומרון, שטחי אש וקרקעות בדואים פרטיות עומד על 50,000 דונם, הספק של MW/ 8,416

תכנון תשתיות על רקע המחסור בשטח

תכנון תשתיות אנרגיה היא משימה מורכבת, אחד האתגרים המשמעותיים הוא התחרות על משאב הקרקע. ישראל היא מהמדינות הצפופות בעולם, עם ממוצע של 405 תושבים לקילומטר מרובע. יתרה על כך, תחזית הצמיחה של הלמ"ס מלמדת כי אוכלוסיית ישראל צפויה להכפיל את עצמה עד לשנת 2065, אז יחיו בישראל כ-20 מיליון איש. בהתאם לכך, מקודמות עשרות אלפי יחידות דיור אשר צפויות לתת מענה לתחזיות אלו. לכך יש להוסיף את אספקת התשתיות הדרושות לאותן יחידות דיור באמינות גבוהה וביתירות.

בשנים האחרונות פועל משרד האנרגיה בשיתוף עם משרדי הממשלה השונים ושותפים נוספים לעידוד הייעול בשטח לייצור אנרגיה וכן להסרת חסמים לעידוד הקמה של אנרגיות מתחדשות. בין הצעדים הרבים שקודמו ניתן למנות הסרת חסמים בעולמות המקרקעין והמיסוי וכן קידום של תמ"אות ייעודיות להגדרת שטחים לאנרגיות מתחדשות.

בראייה צופה פני עתיד, מורכבות תכנון התשתיות רק הולך ומתעצם על רקע השאיפה להגדיל חלקן של האנרגיות המתחדשות בתמהיל הייצור, שיתבסס על חשמל סולארי שמאופיין ב: 1) צורך בשטחים נרחבים ביחס לייצור באמצעים אחרים; 2) ייצור חשמל מבוזר; 3) צורך באיתור שטחים עבור רשת חשמל מבוזרת בפריסה רחבה.

רשת החשמל מהווה תשתית לאומית עיקרית וחיונית שתפקידה, בין היתר, להעביר את האנרגיה המיוצרת בתחנות הכוח אל מרכזי הצריכה ברמת האמינות והאיכות הנדרשת. פיתוח מערכת ההולכה וההשנאה נדרש על מנת לתת מענה להתפתחות הביקוש הצפוי במשק החשמל, הצורך בשדרוג הרשת לשם הגברת שרידות המערכת, אמינות ויתירות ההספקה ולחיבור של מתקני ייצור ובכללם מתקני ייצור באמצעות אנרגיה מתחדשת הנדרשים למשק החשמל.

יחידת תכנון ופיתוח טכנולוגיות (תפ"ט) בחברת ניהול המערכת אחראית על תכנון מערכת ההולכה בהתייחס לביקוש הצפוי במשק החשמל על פי אזורים גיאוגרפיים, טכנולוגיות הייצור תוך שמירה על שרידות ואמינות האספקה.

פרויקטים במקטע ההולכה מקודמים במסגרת תכניות מתאר ארציות במסגרת המועצה הארצית או הוועדה לתשתיות לאומיות (ות"ל). מעבר לקושי המערכתי בפיתוח מקטע ההולכה, הליך התכנון של הפרויקטים כולל חסמים רבים ואורך זמן רב. קושי זה הולך וגובר עם העלייה במגמה של ביזור ייצור החשמל, מאידך העיכובים בפיתוח הרשת מונעים הקמה של מערכות ייצור, ובפרט מערכות סולאריות בדרום.

הרשת צריכה לתת מענה לקליטת האנרגיה מכל מתקני הייצור ולהעברתו ממוקדי הייצור אל מוקדי הצריכה, הוספה של מתקנים פוטו-וולטאים בהיקף של אלפי מגה-וואט מחייבת התאמה של פיתוח הרשת והגדלת היקף ההשקעות במקטעי הרשת.

קושי נוסף נובע מכך שהייצור הסולארי מרוכז בכ-5 שעות ביום, בממוצע, כך שייצור סולארי דורש הספק הולכה מירבי גבוה פי 3 לערך ביחס לייצור דומה ממקורות קונבנציונליים. יוצא מכך שהגדלת הייצור הסולארי מטילה דרישות כבדות על הרשת. שימוש משמעותי באגירה יכול להפחית דרישות אלו ולכן יש לתכנן את הרשת במקביל לתחזיות הייצור הסולארי והאגירה.

בהתאם לזאת, יש צורך חיוני בצמצום תפיסת השטח של **תשתיות הייצור והובלת האנרגיה** בהתייחס לאנרגיות מתחדשות וכן בקידום איחוד של תשתיות במנהרה. במסגרת עבודה זו נבחנו 4 נושאים משמעותיים לקידום ייעול השימוש בקרקע:

מקסום ייצור אנרגיה בשטחים מבונים – ייעול השימוש בקרקע וחיסכון בתוספת מערכות הובלת חשמל ע"י שימוש דואלי בשטחים הבנויים.

הטמנת קווי מתח עליון – רשת הולכה תת קרקעית שתנקז ותוליך את האנרגיה המתחדשת מאזורי הייצור הבינוניים והגדולים אל אזורי הביקוש ובכך תפנה רצועות הולכה עליות.

תכנון והקמת מנהרות תשתית רב מערכתיות (Multi System Utility Tunnels) שתאחד מספר תשתיות בתת הקרקע.

מיקרו גריד – הקמת אמצעי ייצור ואגירה מקומיים בסמיכות למוקדי הביקוש.

תכנון אנרגיה נקייה בשטחים מבונים ושימוש דואלי

הפקת חשמל נקי בשטחים מבונים מייעלת את השימוש בקרקע (דו-שימוש בקרקע) ומצמצמת פגיעה בשטחים לצורך הגדלת יכולת הייצור ותוספת הולכה. לצד אלו קיימים יתרונות נוספים כגון צמצום איבוד חשמל²⁰ בהולכה וביזור הייצור. הטמנת הנושא בהליך התכנון של השטחים המבונים, יסייע בהפיכת ייצור חשמל נקי בשטחים אלו לפרקטיקה נפוצה.

שר האנרגיה החליט כאמור על הגדלת חלקן של האנרגיות המתחדשות בתמהיל ייצור החשמל ל-30% עד לשנת 2030. המענה התכנוני להפקת חשמל נקי סולרי בכלל, לרבות בשטחים מבונים ניתן על ידי "תכנית מתאר ארצית למתקנים פוטו וולטאיים" הקובעת את כללי קידום התכנון וההקמה של האנרגיה המתחדשת בישראל ומעודדות בין היתר דו - שימוש בקרקע, קרי הקמת מתקנים פוטו וולטאים על גבי שימושי קרקע קיימים בשטחים מבונים. בתכנית המתאר הארצית לתשתיות משק האנרגיה נשמרו למעלה מ- 40,000 דונם לקידום תכניות מפורטות לייצור חשמל באמצעות אנרגית השמש. שטחים אלו מחולקים לשטחים שיקודמו לתכנון מפורט לשנת 2030 ושטחים שיקודמו לתכנון מפורט עד לשנת 2050. "מסמך אנרגיה לשטחים מבונים" שמקדם משרד האנרגיה בימים אלו, מתוכנן להשלים את המעטפת התכנונית בנושא ולעודד אנרגיה מתחדשת בתכניות של שטחים מבונים.

²⁰ הגדלת יעדי ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות לשנת 2030, עמ' 25

במקביל לעידוד ייצור האנרגיה בשטחים מבונים ומתוך הראייה הכוללת של ייעול השימוש בקרקע, בשנים האחרונות מעודד המשרד ביחד עם שותפיו במשרדי הממשלה השונים ייצור חשמל בשימושים דואליים (ייצור חשמל במקביל לשימוש קרקע אחר) בין היתר על מאגרי מים ובריכות דגים.

בראייה ארוכת טווח נראה כי הגדלת הייצור במתחדשות אחרי שנת 2030 תצריך בחינה מחודשת של פוטנציאל הקרקע. מתוך כך מקודמת בימים אלה בחינה מקיפה ביחד עם משרד החקלאות באשר לאפשרות לקידום ייצור אנרגיה סולארית במקביל (מעל לרוב) לגידולים חקלאיים (אגרו וולטאי).

הטמנת קווי חשמל – מתח עליון

השאיפה להגדיל את חלקן של האנרגיות המתחדשות בתמהיל הייצור צפויה להגדיל את ביזור הייצור ולחייב פיתוח רשת הובלת חשמל רחבה. קידום תכנון של קווי מתח עליון (161 ק"ו) ועל עליון (400 ק"ו) הופך למשימה מורכבת שאורכת שנים רבות²¹ וזאת בין השאר מהסיבות הבאות: התרחבות השטחים הבנויים, צפיפות הולכת וגדלה, פיתוח תשתיות מואץ ותחרות על אותן רצועות קרקע, ביזור הייצור ובעקבות אלו קושי לאתר תוואים ולהתגבר על חסמים. המופע העילי של תשתית החשמל והחשש מהקרינה והפגיעה הסביבתית, מעוררים קושי ודרישה להרחיק את הקווים מאזורים בנויים ככל הניתן, דרישה המתנגשת עם עקרון הצמדת התשתיות וגורמת לתפיסת שטח רבה יותר ולהליך תכנון ארוך ומסורבל.

הטמנה של קווי מתח חשמל ובפרט קווי הולכה המוגדרים כקווי מתח מוטמנים הינה פרקטיקה מוכרת זה מספר עשורים. יחד עם זאת מדיניות משרד האנרגיה בשנים האחרונות תמכה בהטמנת קווי מתח עליון רק בשטחים בנויים צפופים עקב העלויות הגבוהות במיוחד, לעומת החלופה הרווחת של פיתוח והקמת קווי מתח עיליים. נכון להיום, מעגלי כבלי הולכה תת-קרקעיים של 161 ק"ו מהווים כשלושה אחוזים (3%) מסך כל מעגלי רשת ההולכה של קווים אלו. לצורך השוואה, נערכה בדיקה במאגר מיפוי תשתיות ההולכה האמריקני והאירופאי ונמצא כי אחוז קווי ההולכה המוטמנים בארה"ב עומד על כארבעה אחוזים (4%), ואחוזים בודדים משוערים באירופה²². בדומה לאחוז ההטמנה בישראל.

הסיבות העיקריות להטמנת קווי חשמל:

1. השפעה סביבתית – הטמנת קווים מצמצמת את הפגיעה בערכי סביבה ונוף, מצמצמת הפרת שטחים פתוחים ומצמצמת פגיעה בבעלי חיים המתנגשים בתיילים. במחקר שערכה המועצה הבינלאומית למערכות חשמל גדולות (CIGRÉ)²³ נמצא כי הגורם העיקרי להתנגדות הציבור לקווי הולכה היא הפגיעה הנופית.
2. הגורם הכלכלי – צמצום רצועת שטח מגבלות פיתוח ושימוש חלופי לשטח זה. העברת קו מתח של 161 ק"ו למשל מצריך תפיסת שטח ברוחב מגבלות של 40 מטרים²⁴. לעומת רצועת קו

²¹ במוצע יותר מ- 8 שנים לאישור תכניות של רשתות אזוריות/ארציות

²² <https://www.entsoe.eu/data/map/>.

²³ ארגון קהילתי בינלאומי שהוקם ב 1921 אשר מטוה ממוקם בפריז. מונה קהילה של מומחים בתחומי אנרגיה מרחבי

העולם. ראה: <https://www.cigre.org/GB/about/introducing-cigre>

²⁴ <https://www.iec.co.il/ElectricityProfessionals/DocLib6/MERHAKIM.pdf>

- מוטמן ברוחב של 10 מטרים עם מגבלות פיתוח מצומצמות יותר. בנוסף, קיים חשש מצד בעלי נכסים סמוכים לירידת ערך של הנכסים בבעלותם. החיסכון בשטח באזורים בהם ערך הקרקע גבוה במיוחד עשויים להצדיק הטמנת הקווים.
3. אמינות ושרידות הרשת החשמלית – הקצנת תופעות מזג האוויר מדגישות את הצורך בהפחתת אירועי הפסקות החשמל על ידי הטמנת רשת ההולכה. יתרון נוסף הינו הורדת רמת החשיפה של קווי החשמל לנזקי אדם ורלוונטיות מאוד בהקשר הישראלי של אזורי עימות.

אתגרים בהטמנת קווי מתח עליון

1. עלות הטמנת קווי מתח עליון – הסיבה העיקרית להימנעות מהטמנה היא העלות הגבוהה. בסיסי נתונים מחברת החשמל לישראל, התקבלו לשנים 2013 ו-2019 והם מציגים את עלויות הקמת קווי חשמל מתח עליון (161 ק"ו) עיליים ומוטמנים באלפי ש"ח לק"מ רץ (קילומטר אורך). נמצא כי יחס ההשקעה בין הטמנת קווים להקמת קווים בטווח העילי עומד על 1:7 ו-1:4 בשנת 2013 ו-2019 בהתאמה, כאשר חלופת ההטמנה היא החלופה היקרה מבין השתיים. מהנתונים ניתן ללמוד כי היחס בעלויות בין קווים עיליים וקווים מוטמנים הולך ומצטמצם עם השנים.
2. איבוד חשמל בקווים מוטמנים – תופעת איבוד חשמל בקווים מוטמנים ידועה ונגרמת כתוצאה מכך שקווי המתח העליון מתחממים מהולכת החשמל²⁵ כך שעלול להיגרם בלאי מואץ ואיבוד חשמל מוגבר ביחס לקווים עיליים. המשמעות של בלאי מואץ מתורגמת בעלות לתחזוקה תכופה יותר וצורך בכבל נוסף להעברת הספק החשמל שאבד, כך שנוצרת עלות נוספת על פני הקמת קו עילי באותו הספק.²⁶ בהקשר זה, השוואת עלויות לנעשה באירופה לא רלוונטית מאחר והקרקע באירופה קרה יותר, הקווים המוטמנים מתחממים פחות ועל כן פחות אנרגיה אובדת, כך שההטמנה כדאית יותר יחסית לישראל בהיבט זה.
3. תוואי השטח, תקלות ושדרוג/שחלוף קווים – בשונה מקווים עיליים, בעת הטמנה קיימת חוסר וודאות לגבי תוואי השטח בתת הקרקע עד לחפירה בשטח. ישנו קושי נוסף לשנות תוואי של קו מוטמן בשל אילוצים דוגמת תשתיות מוטמנות אחרות, בעלות על הקרקע ובטיחות הקו. יש לקחת בחשבון בידוד הקו, הצורך בתחזוקה ובהגנה על הקו. ובאופן רוחבי – מאחר ודרוש זמן רב יותר לאתר תקלות בקו מוטמן, כמו גם לחפור בשטח ולתקן אותן; בשונה מקו עילי, תיקון תקלות בתת הקרקע עלול לקחת זמן ארוך (שבועות וחודשים) ולפגוע באמינות האספקה לאורך זמן רב. על כן, כאשר יש צורך בשדרוג, או שחלוף קו מוטמן – נוטים להחליפו בקו חדש לחלוטין (לעיתים באתר סמוך) כך שהתהליך הופך ליקר בניגוד לפירוק קו עילי והחלפתו.
4. תוחלת החיים של קווי החשמל – בניגוד לטענה כי תוחלת החיים של קווי המתח המוטמנים גבוהה יותר בהטמנה, ישנן אינדיקציות שונות מחברות תפעול ותחזוקה כי תוחלת החיים של קווי המתח

25 אופייני לקווי זרם חליפי (AC)

26 במטרה למנוע איבוד חשמל עקב התחממות הקווים, ניתן לקרר את מנהרות התשתית אך נדרש לבחון השקעת אנרגיה בקירור מנהרת התשתית נמוכה יותר מאיבוד האנרגיה כתוצאה מהולכת החשמל ללא קירור. הקמת גוף המנהרה טומן בחובו עלויות נוספות ונדרשת תחזוקה גם של הקו וגם של המנהרה וכן לבנות את יחסי הגומלין של קו החשמל עם התשתיות האחרות במנהרה לרבות בנושאי בטיחות.

המוטמנים נמוכה משמעותית ואף מגיעה לפער של כ-50% לעומת קווי הולכה עיליים. מבחינה תפעולית עולים מספר קשיים בהטמנת קווי מתח אשר מהווים אנטי-תזה לטענות בעד הטמנת קווי ההולכה.²⁷ ראשית, ישנו קושי בהגעה לטיפול בקווים, דבר אשר יכול להגיע במקרים קיצוניים למצב של ניתוק הצרכנים לפרקי זמן ממושכים. שנית, קיימת מגבלת מרחק ידועה בהטמנת קווי מתח המבוססים על זרם חליפי (AC) כך שיכולת העברת המתח מוגבלת למרחק של קילומטרים ספורים. בנוסף נטען, כי הטמנת הקווים מייצרת סיכונים סביבתיים משלה כגון סכנת התפוצצות תת קרקעית בשל התחממות יתר של קווי ההולכה, אי חסינות מאירועי שיטפונות, רגישות גבוהה יותר לאירועי רעש אדמה וחשיפה לאירועי אקלים מסוימים כגון סופות ברקים (למרות ההטמנה).

מנהרות תשתית רב מערכתיות Multi System Utility Tunnels

מנהרת תשתית רב מערכתית הינה מבנה תת קרקעי הכולל קווים ומתקנים נלווים של תשתיות ומאפשר הקמה, תחזוקה, ניטור והחלפה של כל אחד מקווי התשתית ללא צורך בחפירה נוספת. בעולם קיימות מנהרות תשתית במדינות רבות, כאשר המניעים להקמתן הוא מגוון. נערכה סקירה כללית של מנהרות התשתית בעולם.²⁸ מהסקירה ניתן ללמוד כי מנהרות תשתית רב מערכתיות מוקמות בעיקר: במקומות בהם ישנו מחסום פיסי, כאשר ישנה התנגשות עם תשתיות אחרות ובאזורים המאוכלסים בצפיפות. אורכן של מנהרות התשתית שנסקרו נע בין מאות מ' לקילומטרים בודדים והן משלבות בין תשתיות הולכה לתשתיות חלוקה כתשתית נלווית. קיים מספר גדול של מנהרות תשתית רב מערכתיות כמתחמים סגורים, כאשר יש יותר מנהרות תשתית חד מערכתיות מאשר מנהרות תשתית רב מערכתיות.

יתרונות מנהרת תשתיות רב מערכתיות

1. ניצול תת הקרקע למספר תשתיות בצוותא – העברת מספר התשתיות במנהרה, מאחדת את המגבלות של התשתיות, מסירה מגבלות פיתוח מעל פני השטח, מפנה ומשחררת שטחים על פני הקרקע ומאפשרת פיתוח וניצול השטח העל קרקעי לשימושי קרקע חלופיים.
2. תחזוקה, בקרה ותפעול נוחים יותר – המנהרות מכילות מעברים ומסדרונות שירות אשר מאפשרים לטפל ולתחזק את התשתיות מבלי שיהיה צורך לחפור את פני הקרקע. הדבר מאפשר גם בדיקה שוטפת וניטור קל יותר של דליפות למשל וכן תחזוקת התשתית באופן שוטף ללא צורך בחפירה והפסקת אספקת התשתית בעת התחזוקה היא יחסית לזמן קצר יחסית.
3. עלויות שמירה, אבטחה ותפעול נמוכות יותר – מאחר והמנהרות מקבצות כמה תשתיות יחד, השמירה האבטחה והתפעול יעשו במשותף ויחולקו בין בעלי התשתית, מה שיוזיל את העלויות.
4. צמצום חשיפה לקרינה אלקטרומגנטית - קווי חשמל במנהרות תשתית, בתת הקרקע מצמצמים ומונעים חשיפה לשדות אלקטרומגנטיים.

²⁷<https://www.chelanpud.org/docs/default-source/commission/underground-vs-overhead.pdf>

²⁸ הולנד, צרפת, פינלנד, סינגפור, דרום קוריאנה, דובאי, בריטניה, ספרד.

5. צמצום פגיעה בתנועה לצרכי תחזוקת תשתיות בשטחים צפופים - מנהרות תשתית בשטחים מבונים, מצמצמות את הצורך להפור כדי להגיע לתשתית שמתחת לדרכים בכדי לתחזק אותה ובכך מונעים פגיעה בתנועה, בעולם יתרון זה מקבל משקל גבוה לתשתיות שנמצאות באיזורים צפופים לאורך כבישים ומתומחרות כחלק מכדאיות הכלכלית להקמת המנהרה.
6. צמצום מפגעים נופיים והפחתת עומס ויזואלי – מנהרת התשתית היא בתת הקרקע, אזי אין פגיעה ויזואלית ונופית. מאחר והיא נגישה אין צורך להפור בשטח, קרי לפגוע בנוף, בכדי לגשת אל המנהרה, פרט כמובן לתקופת הקמתה.
7. צמצום סיכוני חומ"ס - הובלת חומ"ס במנהרת תשתית מפחיתה את הפוטנציאל לזיהום הקרקע ומי התהום ביחס לצנרת חומ"ס קונבנציונלית

לישראל מספר מאפיינים מיוחדים המשפיעים על הקמת מנהרות תשתית:

1. מציאות ביטחונית מורכבת – מתקני תשתית גדולים, ו/או מנהרות הכוללות תשתיות בעלי חשיבות לאומית היוו ומהווים מטרה אסטרטגית, וזאת בשל הרצון לפגוע ברציפות התפקודית ובכך להביא לפגיעה בכלל המשק. לפיכך, בפרויקטים של מנהרות תשתית רב מערכתיות נדרש לתכנן את המנהרה כך שתעמוד באיומי הייחוס. מנגד, האיום ביטחוני עשוי להצדיק ואף לדחוף לשימוש במנהרות תשתית באזורים מסוימים במדינה לצורך הגנתם.
2. מבנה משק התשתיות בישראל - בישראל, מרבית חברות התשתית הינן חברות בבעלות ממשלתית, הכפופות לרגולציה מטעם רשויות המדינה, בעיקר כשהדבר נוגע לתקציב החברות. מצב זה שונה ממבנה משק התשתיות במדינות מערב אירופה, בארצות הברית ואף ביפן, בהן יש דומיננטיות לשוק הפרטי. הקמת מנהרות תשתית רב-מערכתיות דורשת עבודה אל מול חברות התשתית, שכן הן המשתמשות הפוטנציאליות במנהרה. שיתוף פעולות בין חברות התשתית ובין רשויות התכנון, דורשת מעורבות של משרדי הממשלה, בעיקר סביב נושא השתתפות החברה במימון עלויות ההקמה של המנהרה. הנושא נעשה סבוך עוד יותר, כשמדובר בעלויות של העתקת תשתיות, כאשר עד היום, חברות התשתית לא השתתפו בעלויות הנובעות מהעתקתן של התשתיות, והעתקת הקווים חלה על מבצע העבודה (משרד התחבורה, הרשות המקומית וכו').
3. ביטוח מנהרות התשתית - במרבית המקרים, תשתיות ציבוריות, מחזיקות בביטוח מקיף, ולא בביטוח פרטני, הכולל את כל רכיבי הפרויקט. מנהרות התשתית הרב מערכתיות, ברוב מדינות העולם, קיבלו התייחסות דומה לכלל מבני התשתית (כמו לדוגמה גשר, קו חשמל או צינור מים) ולא קיבלו כיסוי ביטוחי פרטני. לעומת זאת, במנהרות התשתית אשר נבנו בישראל הוחלט על כיסוי ביטוחי מלא לכל המנהרות, כולל ביטוח למבנה כמו גם ביטוחי צד ג'. בדרך זו כפי שקיים בישראל, מצטמצם הסיכון של מקימי המנהרה, הן מול המשתמשים במנהרה והן מול צד ג'. יחד עם זאת, עלות הביטוח בשיטה זו, הינה גבוהה מאוד ביחס למדינות אחרות, והיא מביאה לגידול בהוצאות התחזוקה והבקרה של המנהרות בכ-50%.

ביזור מערכת האנרגיה בישראל באמצעות מיקרו גריד

מיקרו גריד (Micro-grid) – מונח המתאר למעשה משק חשמל בזעיר אנפין הכולל אוסף יצרנים וצרכנים במרחב גיאוגרפי מוגדר המאפשר סחר מקומי באנרגיה להגדלת החוסן, להורדת העלויות, ולהקטנת העומס על הרשת הארצית. מודל המיקרו גריד נמצא בראשית דרכו²⁹ בישראל. אמנם כבר היום תהליכים אסדרתיים שונים מאפשרים לצרכני החשמל בישראל להפוך גם ליצרנים, אך עם זאת בישראל לא קיימת הגדרה רשמית, מדיניות מוצהרת או מפת דרכים סדורה לתכנון ופיתוח מיקרו גרידים כחלק מרשת החשמל הארצית.

נראה כי קיימים מספר מניעים לצמיחת שוק המיקרו גריד בחלקים שונים של העולם. בעוד שבארה"ב ובאירופה המניע הוא בעיקר הרצון לשילוב מקורות אנרגיה מתחדשים וטכנולוגיות תומכות בהפקת אנרגיה מתחדשת, באסיה, אפריקה והמזרח התיכון מניעי הצמיחה העיקריים הינם הביקוש הגובר לאנרגיה מבזרת שאינה חלק מהגריד הלאומי, כחלק ממגמות עיור ומודרניזציה³⁰. כיום השימוש במיקרו גריד שווה בגודלו בארה"ב ואסיה שהן מהוות יחד כ-84% משוק המיקרו גריד העולמי (כל אחת כ-42%), אירופה עם 11%, אמריקה הלטינית עם 4% ולבסוף אפריקה והמזרח התיכון עם 1% בלבד.

מתוך כך בראייה לטווח ארוך יש לפעול הקמת אמצעי ייצור ואגירה מקומיים בסמיכות למוקדי הביקוש כמו גם יצירת מערכות כלכליות שיביאו למקסום פוטנציאל זה תחסוך משאבי קרקע של הולכת רשת למרחקים, הגדלת הניצולת של ייצור החשמל המקומי והפחתת אובדן, כל זאת תוך הגדלת אמינות אספקה ושירות ליישובים מרוחקים ו/או מבודדים.

התייעלות באנרגיה

שימוש יעיל באנרגיה מקטין את הביקוש לאנרגיה ובכך תורם לצמצום בצריכת מקורות האנרגיה ולהקטנת ההשקעות הנדרשות בתשתיות חשמל ודלקים. הנזקים העקיפים משימוש בדלק – שינוי אקלים, מחלות, תמותה עודפת, פגיעה ביבולים חקלאיים ועלויות חברתיות, כלכליות וסביבתיות נוספות, נמדדים בעלויות משקיות כבדות. מעבר לכך, מאגרי הדלק הינם סופיים ולתלות ביבוא משמעותיות מדיניות וכלכליות מרחיקות לכת. שימוש יעיל באנרגיה מכונה בעולם "הדלק החמישי" מאחר והוא מחליף מקורות אנרגיה אחרים שהיו צורכים אלמלא ההתייעלות. "הדלק החמישי" הינו מקור האנרגיה הזול והנקי ביותר, שכן עלותו אפסית אך הוא בעל תועלת רבה: הפחתת הצורך בהשקעה בתשתיות חשמל ותחנות כוח, מזעור התלות ביבוא דלקים, היעדר פליטות מזהמי אוויר והעלאת החוסן האנרגטי של מדינת ישראל.

הדירקטיבה האירופאית להתייעלות באנרגיה

הדירקטיבה האירופאית להתייעלות באנרגיה נחשבת לדירקטיבה המקיפה ביותר שנקבעה תחת חוק האיחוד האירופאי והיא הוטמעה בחוק לאומי בכל מדינה החברה באיחוד. תחת הדירקטיבה (Energy Efficiency Directive 2012/27/EU), נקבע יעד התייעלות באנרגיה של 20% עד 2020 (בהשוואה לתרחיש עסקים כרגיל שנקבע ב-2007). יעד זה תורגם ליעדים במונחי צריכת אנרגיה אבסולוטית ראשונית – לא יותר מ-1483 Mto_e ולצריכת אנרגיה סופית – לא יותר מ-1087 Mto_e. הדירקטיבה מכסה את כל צרכני הקצה לרבות התייעלות באנרגיה בסקטור התחבורה. דירקטיבה זו החליפה את ה"דירקטיבה לשירותי אנרגיה" (Energy Services Directive 2006/32/EC) לרבות את יעדי התייעלות שנקבעו בה.

ב-2018, נכנסה לתוקף חבילת המדיניות של האיחוד האירופאי בנושא אנרגיה נקייה (Clean energy for all Europeans package) שכללה עדכון שורה של אמצעי מדיניות בתחום האנרגיה, בדגש על מעבר מדלקים מזהמים לאנרגיה נקייה. במסגרת שינוי המדיניות, הוחלט על עדכון לדירקטיבה להתייעלות באנרגיה, במטרה לקבוע יעדי התייעלות באנרגיה לכלל האיחוד – 32.5% התייעלות באנרגיה עד 2030 (בהשוואה לתרחיש עסקים כרגיל שנקבע ב-2007). יעד זה תורגם ליעדים במונחים של צריכת אנרגיה ראשונית – לא יותר מ-1273 Mto_e ולצריכת אנרגיה סופית – לא יותר מ-956 Mto_e. בנוסף, הוחלט כי ב-2023 הנציבות האירופאית תבחן עדכון ליעדים.³¹

לצורך השגת יעדים אלה, מדינות האיחוד מחויבות בהכנה של תכניות לאומיות עשר-שנתיות לאנרגיה ושינוי אקלים המפרטות את הפעילות הממשלתית לעמידה ביעדי התייעלות באנרגיה והפחתת הפליטות עד שנת 2030.³²

עוד במסגרת קביעת הדירקטיבה, בוצעה בחינת השפעת רגולציה (RIA – Regulatory Impact Assessment), מסקנות הבחינה הראו כי בכדי להשיג התייעלות משמעותית באנרגיה, אשר תביא לעמידה

³¹ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive>

³² https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/national-energy-climate-plans_en

ביעד הכלל אירופאי, נכון לחייב יישום של כלי מדינות משמעותיים במדינות החברות (כדוגמת צעדי התייעלות במבנים, התייעלות באנרגיה בקרב ספקי חשמל, רגולציה על מוצרים) ולא בהכרח להתמקד בחיוב יעדים ספציפיים עבור כל מדינה.³³

משום כך הוחלט כי המדינות יקבעו לעצמן יעדים לאומיים (לרבות המשמעות במונחי צריכת אנרגיה ראשונית וסופית) ותינתן גמישות בקביעת היעד באחת מהאפשרויות הבאות:

1. עצימות צריכת אנרגיה – הפחתה בצריכת האנרגיה ליחידת תוצר
2. צריכת אנרגיה ראשונית/סופית – יעד במונחי סך צריכת אנרגיה ראשונית/סופית
3. חיסכון באנרגיה – יעד במונחי החיסכון באנרגיה ראשונית/סופית.

במסגרת עדכון התוכנית להתייעלות באנרגיה, נדון באופן נרחב המדד הרלוונטי ביותר בישראל ונקבע כי עצימות באנרגיה הינו המדד המשקף באופן מיטבי את יעילות האנרגיה של המשק הישראלי, שכן הוא מקשר בין צריכת האנרגיה לתפוקה המושגת, ומתאים למצב של צמיחה כלכלית וגידול באוכלוסייה. בנוסף, נרמול הצריכה ליחידת פעילות כלכלית מאפשר השוואה בין מדינות בעלות מאפיינים שונים המשפיעים על צריכת האנרגיה (כדוגמת שטח, מספר תושבים).

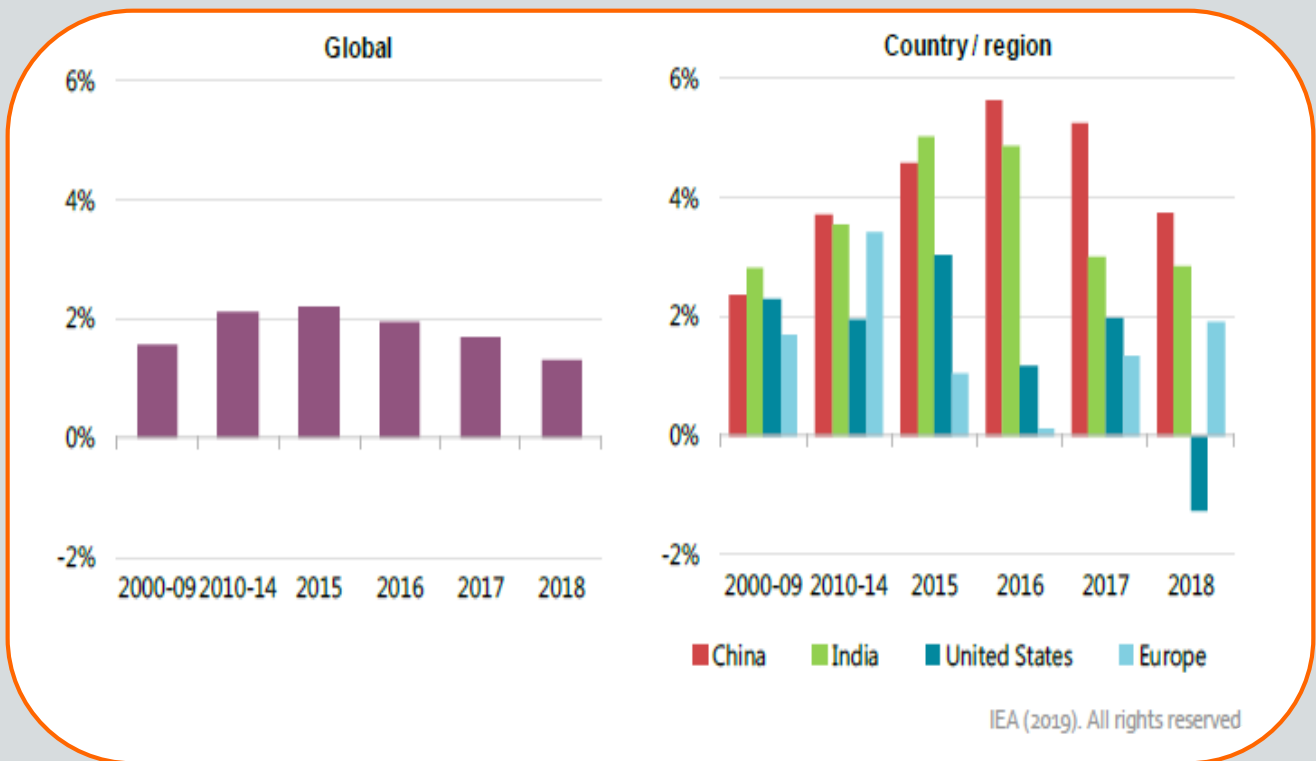
לפי פרסומי הסוכנות הבינ"ל לאנרגיה³⁴, בין השנים 2000-2018 חלה התייעלות בצריכת אנרגיה סופית בעולם³⁵. מגמה זו בולטת בתרשים 22, המתאר את השיפור השנתי בעצימות צריכת האנרגיה הסופית בעולם ובחתך לפי מדינות.

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/sec_2011_0779_impact_assessment.pdf³³

IEA – International Energy Agency³⁴

Energy efficiency, IEA, 2019/³⁵

https://www.buildup.eu/sites/default/files/content/energy_efficiency_2019.pdf



תרשים 22: שיפור שנתי בעצמות האנרגיה בעולם

ניתן לראות בתרשים 22, כי משנת 2000 ועד שנת 2015 קצב ההתייעלות השנתי העולמי עלה במוצע כאשר משנת 2015 עד שנת 2018 אחוז השיפור השנתי הלך וקטן. לפי סוכנות האנרגיה העולמית, ניתן לייחס האטה זו לעלייה בשימוש בדלקים בשנים 2017-2018, שינויים בכלכלה העולמית ומזג אוויר קיצוני וכתוצאה מכך דרישה מוגברת לאנרגיה ועלייה בצריכה הממוצעת לאדם.

בהתאם לכך ובמסגרת החזון האסטרטגי אותו מגבשות המדינות, נקבעו יעדי מטרה מרכזיים להתייעלות באנרגיה והפחתת פליטות המפורטים בלוח 4:

לוח 4: יעדים לאומיים להתייעלות באנרגיה והפחתת פליטות

התייעלות באנרגיה		חזון הפחתת פליטות	
2050	2030	2050	מדינה/ישות
-	לפחות 32.5% ³⁶ התייעלות באנרגיה עד שנת 2030 (ביחס לשנת 2007).	אפס פליטות נטו	EU

https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/long_term_strategy_brochure_en.pdf ³⁶

	היסכון שנתי של 0.8% ³⁷ באנרגיה הסופית בין 2021- 2030.		
הפחתת צריכת אנרגיה ראשונית ב- 50% לעומת 2008, עד שנת 2050 ⁴¹ צמצום עצימות צריכת האנרגיה הסופית ב-2.1% בכל שנה לעומת 2008, עד שנת 2050 ⁴²	30% ³⁹ התייעלות בצריכת אנרגיה ראשונית. שיפור שנתי של 2.1% ביעילות צריכת אנרגיה סופית ⁴⁰	הפחתת פליטות גזי החממה ב-80%-95% ³⁸ לעומת היקפי הפליטה שנמדדו במדינה בשנת 1990	גרמניה
טרם נקבע	הפחתה של 37% עד 2032 בהשוואה לשנת 2015 ⁴³ , שיפור שנתי של 2.7% בצריכת האנרגיה הסופית	אפס פליטות נטו	בריטניה
הפחתה של 50% בצריכת האנרגיה הסופית ביחס לשנת 2012 ⁴⁶	הפחתה של 20% בצריכת האנרגיה הסופית ביחס לשנת 2012 ⁴⁵	הפחתת פליטות גזי החממה ב-75% לעומת היקפי הפליטה שנמדדו במדינה בשנת 1990 ⁴⁴	צרפת
-	-	הפחתה של 80% בפליטות גז"ח (לא צוינה שנת הבסיס) ⁴⁷	יפן
-	הפחתת עצימות האנרגיה ב- 50% עד 2030, בהשוואה לשנת 2005 ⁴⁸ , שיפור שנתי של 2.7% באנרגיה ראשונית	-	שבדיה

37

https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf

f

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutzplan_2050_en_bf.pdf

38

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutzplan_2050_en_bf.pdf

39

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/de_neeap_2017_en.pdf

40

[https://cleanenergyaction.files.wordpress.com/2012/10/german-federal-governments-energy-](https://cleanenergyaction.files.wordpress.com/2012/10/german-federal-governments-energy-concept1.pdf)

41

[concept1.pdf](https://cleanenergyaction.files.wordpress.com/2012/10/german-federal-governments-energy-concept1.pdf)

42

[https://cleanenergyaction.files.wordpress.com/2012/10/german-federal-governments-energy-](https://cleanenergyaction.files.wordpress.com/2012/10/german-federal-governments-energy-concept1.pdf)

42

[concept1.pdf](https://cleanenergyaction.files.wordpress.com/2012/10/german-federal-governments-energy-concept1.pdf)

42

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/700496/clean-growth-strategy-correction-april-2018.pdf)

43

[700496/clean-growth-strategy-correction-april-2018.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/700496/clean-growth-strategy-correction-april-2018.pdf)

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/fr_neeap_2017_en.pdf

44

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/fr_neeap_2017_en.pdf

44

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/fr_neeap_2017_en.pdf

45

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/fr_neeap_2017_en.pdf

46

<https://www.env.go.jp/earth/earth/ondanka/mat3.pdf>

47

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/se_neeap_2017_en.pdf

48

לטביה	-	שיפור עצימות הצריכה ב- 48% עד שנת 2030 ביחס לשנת 2007 ⁴⁹ , שיפור שנתי של 3.1%.
סלובקיה ⁵⁰	-	קביעת יעד זהה ליעד שייקבע בעתיד על ידי האיחוד האירופי - באנרגיה הראשונית

ניתן לראות כי מדינות מפותחות כמו גרמניה ובריטניה בחרו יעד עצימות במונחי אנרגיה סופית המנחה שיפור של למעלה מ-2% עד שנת 2030. מעבר לכך, חשוב לציין כי יכולת השיפור בעצימות צריכת האנרגיה בכלכלות מפותחות, בהן קצב הצמיחה בתוצר נמוך באופן יחסי, פחותה בהשוואה לכלכלות צומחות כדוגמת ישראל. כצפוי, יעדי המדינות שהגדירו שיפור בעצימות צריכת אנרגיה ראשונית (כמו לטביה, מלטה ושוודיה) גבוהים באופן יחסי וזאת משום שהיכולת להניע לצמצום צריכת אנרגיה ראשונית גבוהה מהיכולת להניע לחיסכון באנרגיה סופית.

נכון להיום, ערים אחראיות לכ-75% מפליטות הפחמן בעולם, כאשר שיעורים אלה צפויים לעלות עם הזמן, שכן הערים צפויות להמשיך לגדול⁵¹. עלייה באיכות החיים, שימוש הולך ונרחב במכשירים אלקטרוניים וכן עלייה בצריכת חשמל למיזוג אוויר (כתוצאה מעלייה במשך ותדירות גלי חום בעקבות משבר האקלים), מייצרים אתגרים משמעותיים בתחום האנרגיה בערים.

ייצור עצמאי של אנרגיות מתחדשות במרחב האורבני מאפשר שמירה על שטחים פתוחים באמצעות ניצול מיטבי של השטח הקיים. זאת בשונה מהקמת תחנות כוח (לרבות תחנות לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות) הצורכות שטח רב. מאחר וישראל מוגבלת במשאבי הקרקע הזמינים להקמה של שדות סולאריים, לניצול מיטבי של משאבי קרקע חשיבות גדולה אפילו יותר לעומת חלק מהמדינות המובילות בתחום, עבורן משאב הקרקע לאו דווקא מהווה שיקול מרכזי. כמו כן, שימוש באנרגיות מתחדשות במרחב האורבני מאפשר ביזור של מקורות ייצור חשמל, חסכון עלויות בהקמת תשתיות להולכת אנרגיה והפחתת הפסדי הולכת אנרגיה. יתרה מכך, רשת הספקת החשמל מתרחקת ממודל של רשת חד כיוונית בה חשמל מועבר מתחנות כוח לצרכנים, והופכת לכזו שכוללת יצרני אנרגיה רבים בקנה מידה קטן יותר. בתוך כך, ערים מובילות הפנימו את הצורך בייצור אנרגיה מתחדשת במרחב העירוני. עד סוף שנת 2018 יותר מ-200 ערים ברחבי העולם אימצו יעדים ל-100% חשמל מאנרגיות מתחדשות⁵².

⁴⁹ https://www.pkc.gov.lv/sites/default/files/inline-files/LIAS_2030_en_1.pdf

⁵⁰ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/sk_final_necp_main_en.pdf

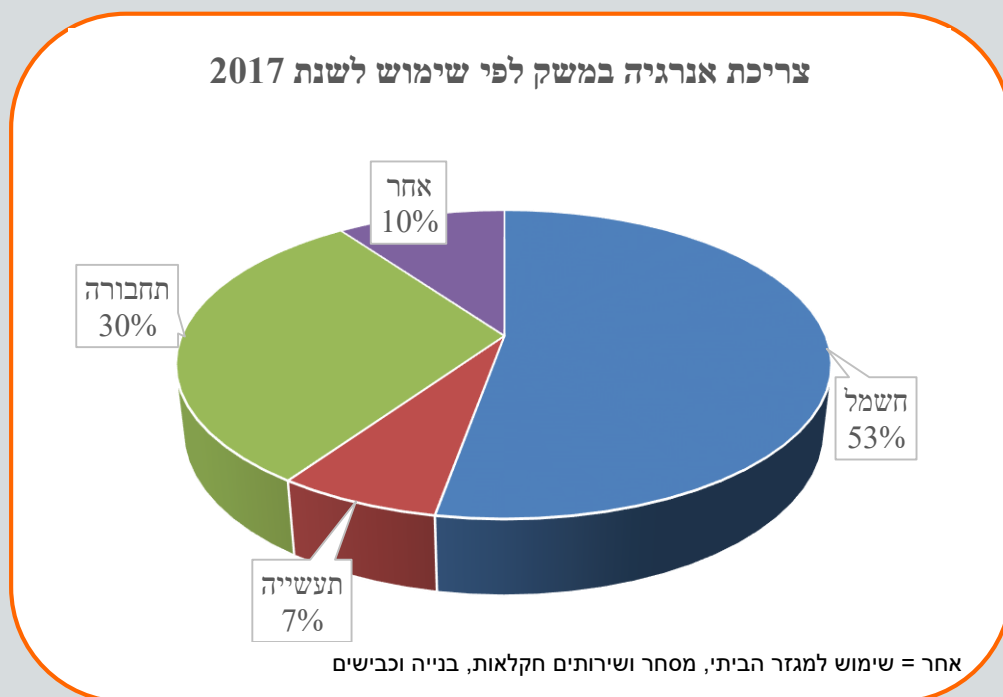
⁵¹ https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf

⁵² https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf

התייעלות באנרגיה- ישראל

עבור מדינות צפופות ודלות בשטחים פתוחים, כמו ישראל, התייעלות באנרגיה היא עמוד השדרה במאמצים להפחית את פליטות גזי החממה, בייחוד לאור העובדה שקצב גידול האוכלוסין, העלייה ברמת החיים והצמיחה הכלכלית המהירה תורמים לעלייה בצריכת האנרגיה. בד בבד, מהלכים לצמצום צריכת האנרגיה צפויים להוביל לחיסכון כלכלי לא מבוטל, הן ברמת הצרכנים והן ברמת המשק, וליצירה של מקומות עבודה חדשים. התועלות הכספיות המשקיות שבהתייעלות באנרגיה נובעות מארבעה גורמים עיקריים: חיסכון בדלקים, חיסכון בהון, חיסכון במניעת איבודים בהולכת וחלוקת החשמל לצרכנים.

בישראל, רמת החיים וקצב גידול האוכלוסייה גבוהים, כאשר החלק הארי (53%) של משק האנרגיה בישראל מופנה לייצור חשמל (תרשים 23).



תרשים 23: צריכת האנרגיה במשק הישראלי לפי סוג השימוש בשנת 2017

ישראל התחייבה לעמוד ביעד לאומי של צמצום צריכת החשמל בשיעור של 17% לפחות עד שנת 2030 ביחס לצריכת החשמל הצפויה לפי תרחיש "עסקים כרגיל". לשם כך הוכנה תכנית לאומית להתייעלות במשק החשמל בשנת 2017 אשר עודכנה והורחבה לתכנית לאומית להתייעלות באנרגיה בשנת 2020.

במהלך השנים האחרונות נעשו מספר צעדים נרחבים לשיפור יעילות האנרגיה בישראל אשר רובם התרכזו בסקטור התעשייתי. להלן פירוט צעדי המדיניות העיקריים:

1. התכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה: בשנת 2016 נכתבה באגף התכנית הלאומית להתייעלות אנרגטית. בסוף שנת 2017 אושרה התכנית בהחלטת ממשלה מספר 3269.

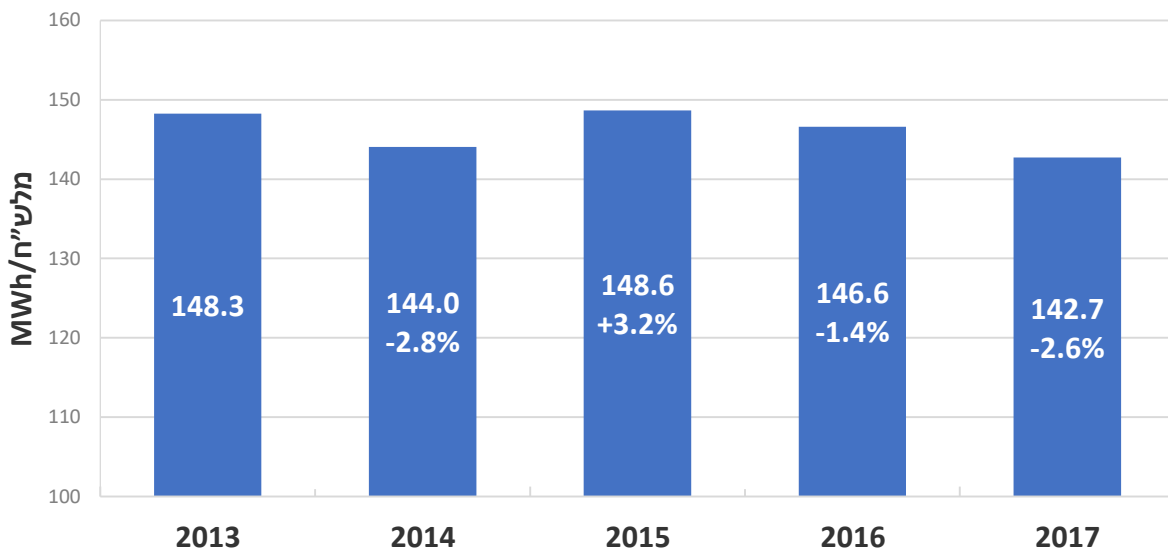
2. רגולציה ותקינה: עדכון וקידום תקנות קיימות וכתיבת תקנות חדשות בתחום צריכת האנרגיה והתייעלות באנרגיה בכלל המגזרים וכן קביעת תקנים לדירוג אנרגיה של מבנים.
3. מתן תמריצים לקידום התייעלות באנרגיה במגזר התעשייתי והמסחרי-ציבורי. המשרד מעניק תמריצים לפרויקטים נבחרים בכל המגזרים על מנת לקדם התייעלות באנרגיה, להגביר את המודעות לטכנולוגיות מתקדמות בתחום ולשכלל את ההיבט המתודולוגי. במסגרת החלטת ממשלה 542, הוקצו 300 מל"ח למענקים לפרויקטים להתייעלות באנרגיה והפחתת פליטות. בעקבות החלטות אלו, הוקם בשיתוף משרד האנרגיה, משרד הכלכלה, משרד האוצר והמשרד הגנת הסביבה מסלול סיוע להשקעות בפרויקטים להתייעלות באנרגיה והפחתת פליטות גזי חממה. במסגרת המסלול ניתנת עדיפות לרשויות מקומיות חלשות, עסקים קטנים ובינוניים וטכנולוגיות חדשניות ישראליות.
4. התייעלות באנרגיה ברשויות: רשויות מקומיות נמצאות במוקד האסטרטגיה לצמצום פליטות גזי חממה. על כן, המשרד מלווה ומסייע לרשויות המקומיות להכין תכניות פעולה מקומיות למעבר לאנרגיה מקיימת שמהן נגזרות תכנית עבודה ופרויקטים להיערכות לשינויי אקלים והפחתת פליטות בהתאמה למצב המקומי ולאופי היישוב. התוכניות המצליחות בתחום זה בעולם הן אלה המבוססות על אינטגרציה בין רמות השלטון השונות, ומייצרות מנגנונים מותאמים לדפוסי הפעילות של השלטון המקומי והמרכזי.
5. חינוך, הסברה ואכיפה: משרד האנרגיה פועל להעלאת מודעות לחיסכון באנרגיה באמצעות חינוך הכשרה והסברה במגוון דרכים- המשך הטמעת התכנית החינוכית, פיתוח תכנים חדשים מתוקשבים לרבות תחום בנייה חסכונית באנרגיה, הכשרת בעלי מקצוע בתחום התייעלות באנרגיה ואנרגיה נקייה בכל המגזרים, קידום הכשרה מקצועית ועדכנית של הנדסאי קירור ומיזוג אוויר במוסדות להכשרה טכנולוגית, פרסום קמפיינים בטלוויזיה ובמדיה החברתית להעלאת המודעות לצריכת חשמל מושכלת. בנוסף, מודל האכיפה השתנה עם תיקון חוק מקורות אנרגיה. ע"פ המודל החדש ניתנו סמכויות רבות יותר ליחידת האכיפה כגון אפשרות להטלת עיצומים כספיים על הפרות.
6. חשמול המגזר הביתי: כחלק מהמאמץ למעבר לייצור אנרגיה נקייה והפחתת השימוש בדלקים במגזר הביתי, ביצע משרד האנרגיה השוואה טכנו-כלכלית לבחינת חלופות לאספקת אנרגיה בבנייה חדשה במגזר הביתי⁵³, שמטרתה השוואה בין יישומים מבוססי גפ"מ לבין חלופותיהם החשמליות. הניתוח בחן, בין השאר, את הפוטנציאל המשקי מחשמול מלא של כל המבנים החדשים שיבנו עד לשנת 2050 עבור כלל שימושי הגפ"מ במגזר הביתי יחדיו (בישול, חימום מי צריכה והסקת מבנים) ומצא כי הסרת החובה הרגולטורית⁵⁴ לפיה יש לחבר כל מבנה מגורים חדש למערכת גז בשילוב חשמול מלא של המגזר הביתי יחסוך למשק כ-66,000 tCO₂e, 480,000 MWh ותועלת כלכלית של 700 מל"ח עד לשנת 2050.

⁵³ https://www.gov.il/he/departments/news/press_121120

⁵⁴ חובה רגולטורית הפועלת מתוקף תקנות התכנון והבנייה (תשס"ג-2003)

כאמור, בשנת 2017 פרסם המשרד תכנית לאומית להתייעלות באנרגיה ובנובמבר 2020 פורסם עדכון התוכנית אשר נכתבה בשיתוף עם בעלי עניין רבים ומשרדי ממשלה. התכנית המעודכנת מתייחסת לכלל מגזרי האנרגיה ומציעה יעד חדש להתייעלות באנרגיה – שיפור שנתי של 1.3% בעצמות האנרגיה.

עצמות האנרגיה הכוללת משקפת את צריכת האנרגיה במשק, ביחס לסך התמ"ג המשקי. בין השנים 2013-2017 עלה התמ"ג במשק בכ- 14%⁵⁵, אך עצמות האנרגיה ירדה בכ-3.7% (תרשים 24). נתון המצביע על התייעלות כוללת בצריכת האנרגיה ליחידת תוצר.



תרשים 24: עצמות אנרגיה סופית בישראל בשנים 2013-2017

את עיקר הירידה בעצמות הכוללת ניתן לשייך למגזר התעשייתי והמגזר המסחרי-ציבורי, כאשר מגזר התחבורה נמצא כבעל השפעה חיובית אך מצומצמת. מנגד, המגזר הביתי הינו גורם מעכב להתייעלות באנרגיה במשק (לוח 4).

לוח 4: שינוי צריכת מגזרים ביחס לתמ"ג המשקי הכולל בשנים 2013-2017⁵⁶

שם המגזר	שינוי בעצמות
תעשייתי	-17.6%
מסחרי-ציבורי	-7.6%

⁵⁵ לוח 11.3 - תוצר מקומי גולמי של כלל המשק, לפי ענף כלכלי

⁵⁶ פרט למגזרים העיקריים המוצגים בטבלה, קיימת עלייה של כ-45% בסקטורים האחרים. חשוב לציין כי הצריכה הכוללת של מגזרים אלו קטנה מאוד ביחס לסך הצריכה (6%) ולכן לא מנותחת בפרק זה

+1.7%	ביתי
-0.7%	תחבורה
-3.7%	סה"כ

מתוך כך עולה כי יש לרכז מאמץ בסקטור הביתי, ואכן המשרד עושה מאמץ אדיר בשנים האחרונות על מנת להתייעל במשק. בין הצעדים הרבים ניתן למנות:

1. תיקון חוק מקורות אנרגיה (דצמבר 2020) המקל את היבוא של מוצרים חשמליים לישראל בהקשר של דרישות הנצילות באנרגיה מהווה אימוץ הגישה האירופית על מנת להקל על הייבוא ולקצר זמנים ועלויות.
2. הכנת תכנית להתייעלות באנרגיה הפורטת שורת צעדי מדיניות להתייעלות במגזר הביתי אך לא רק (דצמבר 2020).
3. בחינת חשמו"ל המגזר הביתי.

עוד נציין כי בשנים האחרונות מרכז המשרד מאמצים בתחום הרשויות המקומיות מתוך הבנה כי רשויות שונות בעלות מאפיינים שונים ועל כן יש צורך "לתפור חליפת פתרונות" מותאמת בעזרת שיתוף פעולה הדוק עם השלטון המקומי. הבנה זו רק התחזקה בתקופה האחרונה, בזמן מגפת הקורונה בה ראינו שבהרבה מהמקרים הפתרון נבע מהרמה המקומית ולא דווקא מהשלטון המרכזי.

על כן, משרד האנרגיה הקים תכנית המעניקה מעטפת נרחבת של תכנון וייעוץ מקצועי לגיבוש תכניות הסיוע שיקבלו 12 הרשויות שנבחרו לתכנית יינתן על ידי יועצים ומומחים בתחום, ותוך שימוש בכלים ייעודיים פעולה להיערכות לשינוי אקלים ואנרגיה מקיימת, כולל סיוע תקציבי בעתיד לקידום מהלכים מסוג זה. שמגובשים לצורך התהליך. ראשית, הרשויות והאשכולות ימפו את ההשפעות החזויות של שינויי האקלים ואת פליטות החממה בשטח הרשות, וכמענה לכך יגבשו תכניות פעולה שיסייעו להן להיערך לשינויי האקלים ולהפחית את הפליטות תוך שאיפה להגיע ל-30% ייצור אנרגיה מתחדשת עד 2030, בהתאם לחזון משרד האנרגיה. הרשויות יעשו זאת, בין היתר, באמצעות התקנת פאנלים סולאריים על מבני ציבור ומשקי בית פרטיים, התייעלות באנרגיה בתשתיות העירוניות, הצללת רחובות, הקמת עמדות טעינה לכלי רכב חשמלי, נטיעת עצים ברחבי הרשות ועוד. מכלול צעדי המדיניות, אשר חלקם מפורטים במסמך זה, מפורטים באופן נרחב בתוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה שפרסם המשרד⁵⁷.

⁵⁷ https://www.gov.il/BlobFolder/news/energy_2030/he/energy_2030_updated.pdf

החיסכון הפוטנציאלי לחברה מהטמעת תכניות להתייעלות באנרגיה המתורגמות לחיסכון של עלויות אנרגיה ועלויות סביבתיות הוא עצום. יחד עם זאת, קיימים אתגרים רבים המעכבים את מימוש הפוטנציאל בישראל ובעולם. ארבעה אתגרים מהותיים בולטים במיוחד:

1. יעילות באנרגיה דורשת בדרך כלל השקעות גדולות מראש כדי להשיג חיסכון שנצבר מאוחר יותר.
2. חוסר מודעות ציבורית – האנרגיה בסקטורים השונים אינם מודעים לתועלות הכלכליות הגלומות בהפחתת צריכת האנרגיה כמו גם לחשיבות הסביבתית בצמצום צריכת האנרגיה במשק.
3. ההזדמנויות להתייעלות באנרגיה מפוצלות להרבה מאוד מכשירים כמו גם למיקומים שונים ואינם "חבילה אחת" ועל כן מקשה על יישום רחב.
4. קושי במדידת החיסכון – קושי ביכולת למדידת החיסכון כתוצאה מהתייעלות באנרגיה מפחית את המוטיבציה להשקיע בפרויקטים מסוג זה.

בעלי בתים בדרך כלל בעלי מודעות נמוכה לגבי צריכת האנרגיה שלהם או כיצד לצמצם אותה ובסופו של דבר ממעיטים בערך החיסכון. עבור רוב המשפחות, הקצאת כספים לאמצעים להתייעלות באנרגיה הינה מאתגרת: הוצאות הליבה סופגות כ- 90 אחוז מתקציבי משקי הבית הממוצעים.

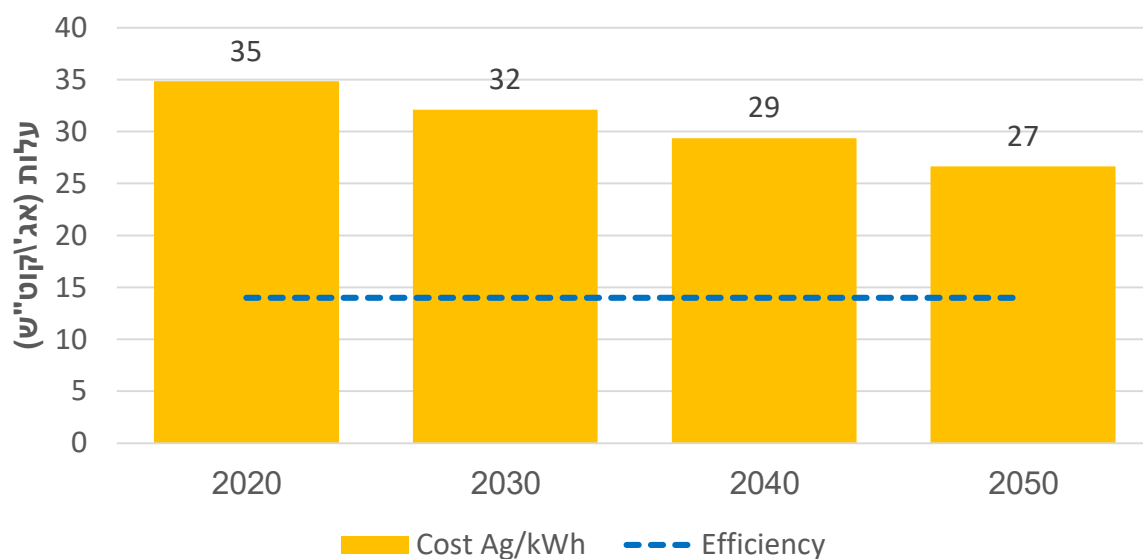
במגזר התעשייתי, לעיתים קרובות אנרגיה מהווה חלק קטן יחסית מהעלויות, כך שמנהלים בכירים עשויים להתנגד להשקעות רציניות. בדומה למגזר המסחרי, זמני ההחזר, אילוצי ההון והרכש עלולים להיות בעייתיים. באתרי תעשייה, למשל, חברות רבות דורשות כיום החזר של שנה וחצי עד שנתיים וחצי להחזר השקעות. מנהלים עשויים להתעלם מפרויקטים אטרקטיביים של התייעלות באנרגיה מהחשש לפגוע בדירוג האשראי שלהן על ידי גיוס חוב. בנוסף, החשש גורם גם למנהלי מפעלים שוחרי סיכון להחליף ציוד כושל באותם דגמים ולא בדגמים חסכוניים יותר באנרגיה.

עם כל זאת התייעלות באנרגיה הינה האמצעי המועדף ל"ייצור" אנרגיה. מתייחסים להתייעלות כאל מקור אנרגיה משום שבמקום לייצר אנרגיה, מגז, פחם, או ממקורות מתחדשים, ניתן פשוט להתייעל ולצמצם את הצורך לאנרגיה ממקור חיצוני. התייעלות באנרגיה זולה יותר מכל מקור אנרגיה אחר בכל תרחיש, ונקיה יותר מאחר והיא אינה פולטת מזהמים או גזי חממה ואינה דורשת שטחים פתוחים או שדרוג מערכת ההולכה. אולם, גם להתייעלות יש מחיר ועלויות.

משרד האנרגיה מעודד יישום של אמצעי התייעלות שונים בעשורים האחרונים, ומנתוני העבר, בשילוב החיסכון שהושג, ניתן לראות כי העלות הממוצעת לכל קוט"ש שנחסך עומדת על כ-15 אג'. עלות זו נמוכה משמעותית מעלות הייצור בגז (כ- 22 אג' לקוט"ש), ונמוכה גם מעלות הייצור באנרגיה סולארית במשק. בתרשים 25 להלן מוצגת עלות הייצור הכוללת באנרגיה סולארית בעשורים השונים מהיום ועד ל-2050, וזאת על פי תחשיב המודל הטכנו-כלכלי של משק האנרגיה, משרד האנרגיה. המודל לוקח בחשבון הן את עלויות הפאנלים אך גם את עלות האגירה ותוספת עלות היחידות הקובנציונליות המשמשות לגיבוי ותמיכה

בייצור הסולארי. ניתן לראות כי גם במחירים הצפויים בשנת 2050 לאנרגיה סולארית ואגירה, המחיר הכולל גבוה מסף ה-15 אג' לקוט"ש עבור התייעלות באנרגיה.

עלות שולית של סולארי לעומת התייעלות באנרגיה



תרשים 25: עלות שולית של אנרגיה מתחדשת מול התייעלות. עלות האנרגיה המתחדשת חושבה באמצעות המודל הטכנו-כלכלי של משרד האנרגיה וכולל את עלות הפאנלים הסולאריים כמו גם האגירה ומתקני הייצור הקונבנציונליים הנדרשים לגיבוי ותמיכה בייצור הסולארי. עלות התייעלות חושבה על פי ניתוח פרויקטי עבר של התייעלות באנרגיה בהם תמך המשרד בעשורים האחרונים.

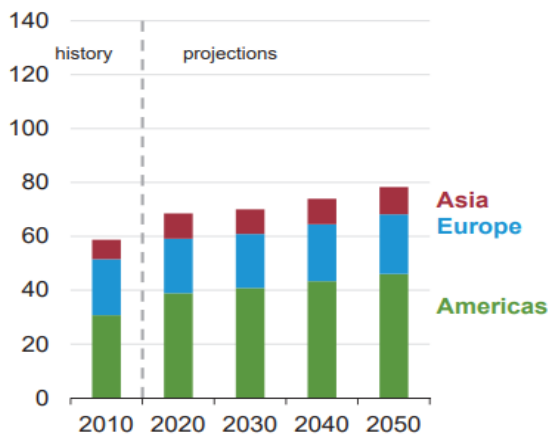
משק הגז טבעי

לאור משבר האקלים, מדינות העולם החלו בתהליכים של שינוי מקורות ייצור החשמל מייצור חשמל המבוסס על דלק פוסילי לייצור חשמל המבוסס על מקורות אנרגיה מתחדשים. עם זאת, הגז הטבעי הפך בעשורים האחרונים לפתרון הנקי יותר ליצור חשמל, כמו גם מקור אנרגיה חשוב במגזר התעשייתי והביתי עקב המגבלות הטכנולוגיות והכלכליות אשר אינן מאפשרות התבססות על אנרגיה ממקורות מתחדשים בלבד.

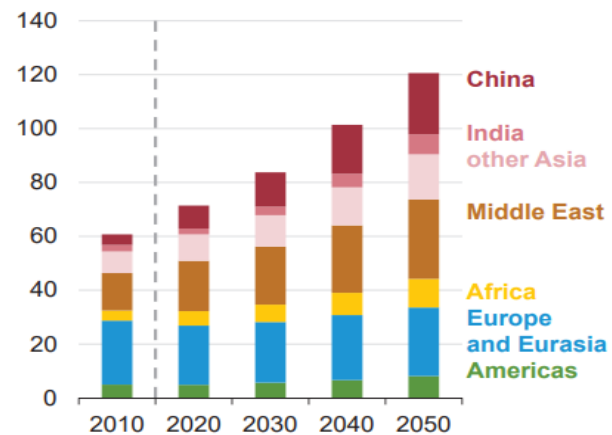
סקירת תחזיות עולמיות שונות מראה כי הביקוש לגז הטבעי צפוי לעלות בלמעלה מ-40% לעומת 2018 (תרשים 26), כאשר אחוז הגז הטבעי בסל הדלקים העולמי צפוי להישאר ללא שינוי בשל העלייה הכללית בביקוש לאנרגיה^{61,60,59,58}. כמו כן הגז הטבעי ומערכות ההולכה צפויים לשחק תפקיד מרכזי בשמירת אמינות האספקה וכמערכת חלופית למערכת החשמל.

Natural gas consumption grows most in non-OECD Asian countries—

OECD natural gas consumption
quadrillion British thermal units



Non-OECD natural gas consumption
quadrillion British thermal units



תרשים 26: גידול בצריכת גז טבעי בעולם⁶².

⁵⁸ EIA 2019. International Energy Outlook 2019 with projections to 2050. US. Energy Information Administration, U.S. Department of Energy. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>

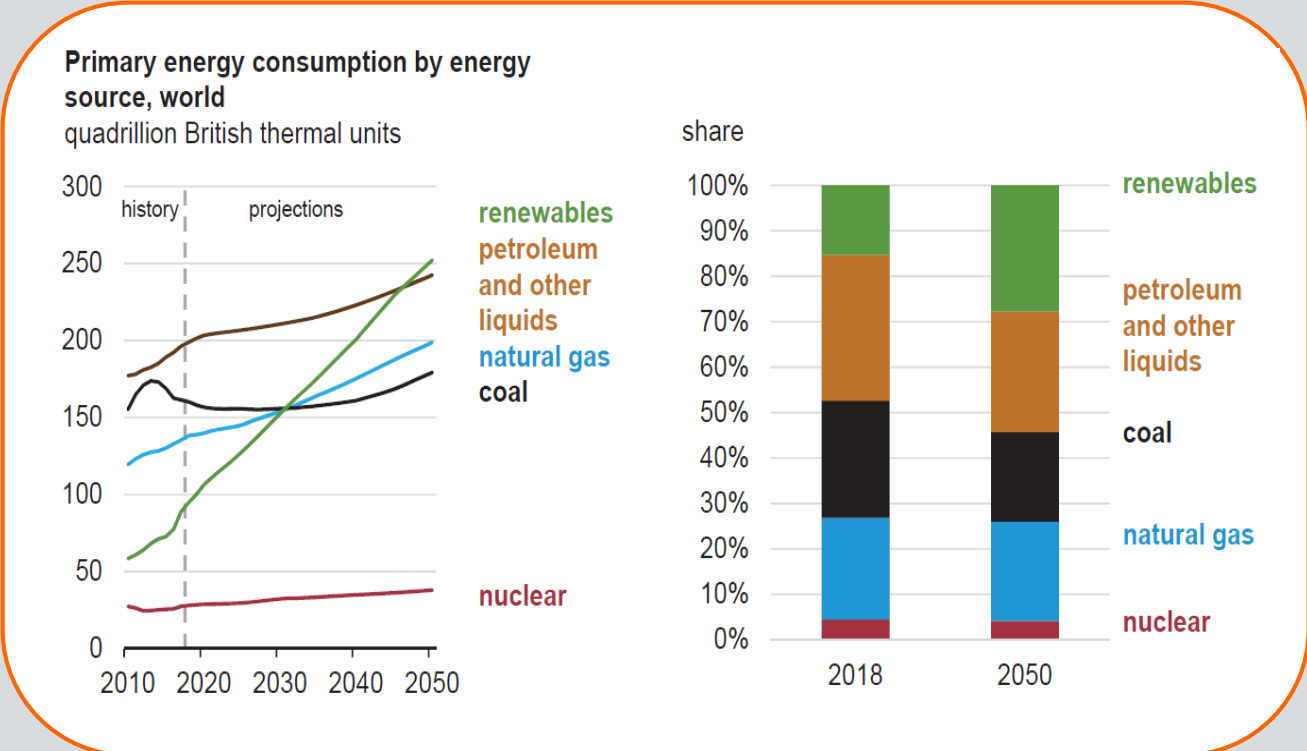
⁵⁹ IEA 2019. World Energy Outlook 2019. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>

⁶⁰ World Energy Council. World Energy Scenarios Composing energy futures to 2050. https://www.worldenergy.org/assets/downloads/World-Energy-Scenarios_Composing-energy-futures-to-2050_Executive-summary.pdf

⁶¹ World Energy Council. Natural Gas Perspectives. 2017. <https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WEC-PERSPECTIVES-Word-Gas-Report-WEB.pdf>

⁶² EIA 2019. International Energy Outlook 2019 with projections to 2050. US. Energy Information Administration, U.S. Department of Energy. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>

גם במבט הבוחן את תמהיל השימוש בגז טבעי אל מול דלקים אחרים ניתן לראות כי על אף העלייה באנרגיות המתחדשות ממשיך הגז הטבעי לשחק תפקיד מרכזי במשקי האנרגיה בעולם (תרשים 27).

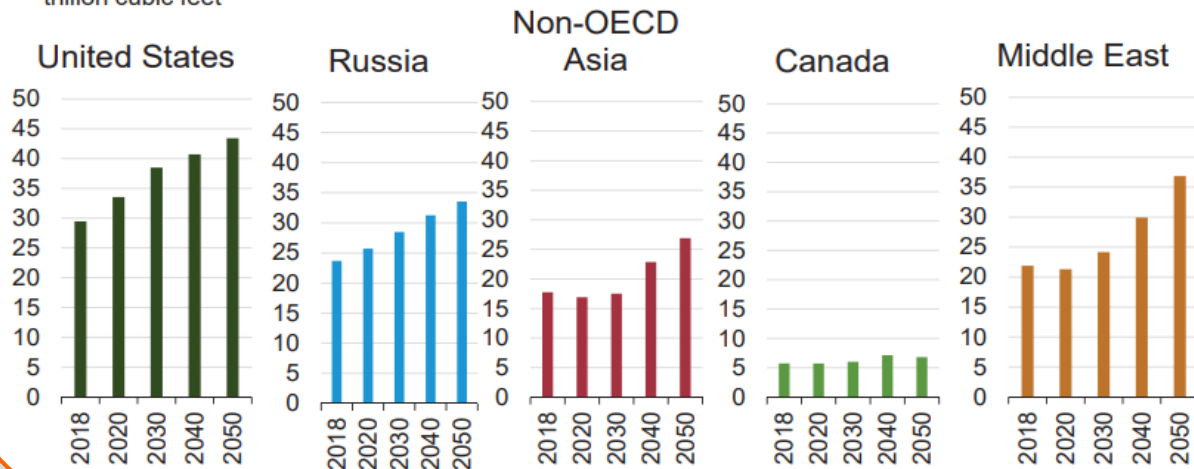


תרשים 27: צריכת אנרגיה עולמית על פי מקורות האנרגיה. *EIA International Energy Outlook 2019*. הגז הטבעי שומר על כמותו היחסית יחד עם העלייה בביקושים. רוב הביקושים יענו על ידי עלייה חדה באנרגיות מתחדשות לייצור חשמל.

במדינות הנסקרות כמו גם במדינות אחרות התחזית היא כי השימוש בגז טבעי ימשיך גם בשנת 2050 והפחתת הפליטות מסקטור זה מוגבל לשלב ההפקה וכן בשימוש מתוכנן נרחב בטכנולוגיה של לכידת פחמן. כפי שניתן לראות בתרשים 28, המדינות המפיקות גז טבעי מתכננות להמשיך את החיפוש והשימוש של הגז הטבעי כמו גם הייצוא, גם אם חלקן של האנרגיות המתחדשות בתמהיל הייצור גדל באופן משמעותי.

The Middle East, United States, Russia, and non-OECD Asia lead natural gas production—

Natural gas production by select regions
trillion cubic feet



תרשים 28: תחזית המשך הפקת גז טבעי באזורים נבחרים בעולם⁶³

בבחינה של תכניות אסטרטגיות להפחתת פליטות, לא נמצאו מדינות רבות כדוגמת דנמרק המצהירות על הפסקת חיפושי הגז והנפט, אך קיימות דוגמאות רבות למדינות המצהירות על המשך שימוש בגז טבעי, ואף עידוד חיפושי גז ונפט עד שנת 2050.

אירלנד למשל, קבעה יעדים שאפתניים של הפחתת פליטות במגזר האנרגיה של 80-95% ביחס לשנת 1990⁶⁴. בשנת 2017 51% מהחשמל יוצר בגז טבעי, ובסה"כ 30% מצריכת האנרגיה מסופקת על ידי גז טבעי⁶⁵. על פי התכנית האסטרטגית^{66,67,68}, אירלנד מתכננת הקטנה משמעותית של דלקים פוסיליים מזהמים עד 2050 על ידי מעבר לשימוש בגז טבעי⁶⁸, כאשר המתחדשות יתפסו 70% בייצור אנרגיה לחשמל. אירלנד מעודדת חיפושי גז טבעי בים וצופה גידול בשימוש במחז"מים יחד עם הגידול במתחדשות תוך סגירת תחנות פחמיות ותחנות קבול.

הממלכה המאוחדת הייתה אחת הראשונות לזיהוי הסכנה במשבר האקלים וב-2008 חוקקה את חוק שינוי האקלים. החוק קובע יעד של הפחתת 80% מהפליטות עד 2050 ביחס ל-1990⁶⁹. עקב ירידת ההפקה בים

⁶³ EIA 2019. International Energy Outlook 2019 with projections to 2050. US. Energy Information Administration, U.S. Department of Energy. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>

⁶⁴ Department of communications, Energy & Natural Resources. 2015. Ireland's Transition to a Low Carbon Energy Future 2015-2030.

⁶⁵ SEAI Sustainable Energy Authority of Ireland. 2018. Energy in Ireland, 2018 report.

⁶⁶ Paul Deane, John Curtis, Alessandro Chiodi, Maurizio Gargiulo, Fionn Rogan, Denis Dineen, James Glynn, John FitzGerald and Brian Ó Gallachóir. 2013. Technical support on developing low carbon sector roadmaps for Ireland. Low Carbon Energy Roadmap for Ireland. Economic & Social Research Institute (ESRI), E4sma, Environmental Research Institute University College Cork. pp 124.

⁶⁷ Climate Action and Low Carbon Development Act 2015. Number 46 of 2015.

⁶⁸ Department of communications, Energy & Natural Resources. 2015. Ireland's Transition to a Low Carbon Energy Future 2015-2030.

⁶⁹ The Climate Change Act 2008

הצפוני, הממלכה המאוחדת עברה מהפך ממדינה שיש לה מספיק גז לספק את כל צרכיה בשנת 2000 למדינה שמייבאת 50% מהגז הדרוש לה ב-2017. בהתאם למספר תרחישי שימוש אפשריים, הצפי הוא כי מאגרי הגז בים הצפוני השייכים לממלכה יידלדלו בין 2042-2050 והמגמה היא שיהיה צורך בהמשך ייבוא נרחב. לכן הממשלה משקיעה בחיפוש ובפיתוח מקורות אנרגיה בים ואף אישרה לאחרונה את האפשרות לשימוש בהפקה לא קונבנציונלית הכוללת שכירה הידראולית (Hydraulic Fracturing).

הרגולטור האחראי על חיפושי הגז והנפט (OGA) פרסם הצהרה כי לא יעשו פעולות להפחתת פליטות המנוגדות לפיתוח מואץ ומקסום התועלת הכלכלית מהפקת גז ונפט.

לנורבגיה יעד של איפוס פליטות עד 2050⁷⁰. נורבגיה היא אחת מהמדינות מפיקות הגז והנפט הגדולות בעולם ומובילה בהפחתת פליטות מהסקטור ובשימוש באגירת פחמן דו חמצני (פד"ח). נורבגיה מנצלת כ-12% מהאנרגיה שהיא מפיקה ואת השאר היא מייצאת, לרוב בצורה גולמית של גז טבעי ונפט⁷¹. ב-2018 נורבגיה הפיקה וייצאה 25% מהביקוש לגז טבעי באיחוד האירופי והיא היצואנית השנייה בגודלה בעולם אחרי רוסיה⁷². ההערכה היא שרק 1/3 ממשאבי הגז הטבעי הופקו עד כה וההפקה צפויה להמשיך בקצב גבוה ב-15-20 שנים הקרובות. עם זאת, כ-98% מהחשמל בנורבגיה מופק ממתחזשות, בעיקר מהידרואלקטרי, כך שרוב הגז מיועד לייצוא (לפי נתוני 2015⁷¹). אין כוונות להפסיק או לצמצם באופן יזום את הפקת הגז והנפט, והתחזיות ל-5 השנים הבאות צופות עליה בכמות הגז המיוצא⁷³.

בהתאם לנתונים מהשנים 2017-2018, הגז הטבעי באוסטרליה מהווה כ-25% מתמחיל הדלקים, נפט כ-39%, פחם כ-30% ומתחזשות כ-74%⁷⁴. הגז הטבעי מהווה נדבך גדל והולך בתמחיל ייצור חשמל ומחליף בהתמדה, יחד עם המתחזשות, ייצור חשמל מבוסס פחם (כ-60% מיצור החשמל¹¹³). בשנים האחרונות אוסטרליה הייתה אחת משתי יצואניות הגז הנוזלי (LNG) הגדולות בעולם (ביחד עם קטר)⁷⁵, ובשנת 2019, הפכה ליצואנית העולמית הגדולה ביותר. לא נמצא כי סוכנויות הרגולציה הפדראליות מתכננות להגביל או למתן חיפוש והפקה של נפט וגז, ונראה כי יש כוונה להמשיך ולהפיק. על פי התחזיות לפחות עד 2032 יש

⁷⁰ Ministry of Climate and Environment. 2014. The agreement on climate policy. <https://www.regjeringen.no/en/topics/climate-and-environment/climate/innsiktsartikler-klima/agreement-on-climate-policy/id2076645/>

⁷¹ iea. 2017. Energy Policies of IEA Countries, Norway 2017 review. International Energy Agency, OECD

⁷² <https://www.norskpetroleum.no/en/production-and-exports/exports-of-oil-and-gas/>

⁷³ <https://www.norskpetroleum.no/en/production-and-exports/production-forecasts/>

⁷⁴ <https://www.energy.gov.au/publications/australian-energy-update-2019>

⁷⁵

<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=40853><https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=40853>

עליה בביקוש לגז ברמה המקומית וכן לייצוא⁷⁶. מדיניות יצוא הגז הטבעי באוסטרליה ככלל מתירה יצוא באופן חפשי כל עוד יש אספקה מספקת לשוק המקומי⁷⁷.

במבט קדימה, מדינות רבות בוחנות את עתיד השימוש ברשתות הולכת הגז המקומיות ועל כן, נושא שילוב הגז הטבעי ומערכות ההולכה והחלוקה בתוכניות האסטרטגיות להפחתת פליטות מהווה אחת הסוגיות האסטרטגיות המרכזיות שעמדו בפני מדינות האיחוד האירופי. בפועל הועלו שלושה סוגי תרחיש לגבי משק הגז הטבעי לקראת 2050⁷⁸ :

תרחיש א': תרחיש המבוסס על גידול משמעותי בכושר ייצור חשמל ממקורות מתחדשים כבסיס לעמידה ביעדי הפחתת הפליטות. במסגרת זו, תבוצע השקעה מהותית במעבר לשימוש ביישומים חשמליים בכל מגזרי הצריכה, כאמור לעיל. במסגרת תרחיש זה יש צורך בהשקעות גדולות בשלושה תחומים - אחסון חשמל⁷⁹, שיפור החיבוריות במערכת החשמל (שתאפשר גמישות בהעברת עודפי חשמל) ולכידת פחמן. בתרחיש זה הולכת וחלוקת האנרגיה לצרכנים לקראת 2050 תבוצע באמצעות מערכת החשמל ועל כן במדינות שיבחרו בתרחיש זה השימוש בתשתית הקיימת של הולכה וחלוקה של גז טבעי ילך ויפחת ועל כן אין צורך בהשקעות חדשות בתשתית זו .

תרחיש ב': תרחיש המבוסס על גידול משמעותי בכושר ייצור חשמל ממקורות מתחדשים בשילוב עם ייצור חשמל המבוסס על סוגי גז ממקורות מתחדשים (כמו: CNM⁸⁰, ביו-מתאן ומימן) תוך הפחתת שימוש בגז טבעי לייצור חשמל. חלוקת האנרגיה לצרכנים לקראת 2050 תבוצע באמצעות מערכת החשמל, אך מערכות ההולכה והאחסון של גז טבעי משחקות תפקיד חשוב בהזרמת CNM, ביו-מתאן ומימן. לפיכך, במדינות שיבחרו בתרחיש זה ימשיכו להשתמש בתשתית הקיימת של הולכת הגז הטבעי ואף יצטרכו להשקיע השקעות נוספות במערכות ההולכה והאחסון. מאידך, במערכות החלוקה אין צורך בהשקעות חדשות.

תרחיש ג': תרחיש המבוסס על גידול משמעותי בכושר ייצור חשמל ממקורות מתחדשים בשילוב עם ייצור חשמל המבוסס על סוגי גז ממקורות מתחדשים כמו גם מתן פתרונות המשלבים העברת גזים ממקורות מתחדשים לצרכני הקצה בכל המגזרים (ולא רק לייצור חשמל), תוך שילובם במערכות ההולכה והחלוקה של

⁷⁶ Haylen and Montoya (2013). Gas: resources, industry structure and domestic reservation policies. Briefing paper No 12/2013. NSW Parliamentary Research Services, <https://www.parliament.nsw.gov.au/researchpapers/Documents/gas-resources-industry-structure-and-domestic-re/Gas%20-%20resources,%20industry%20structure%20and%20domestic%20reservation%20policies.pdf>

⁷⁷ <https://www.industry.gov.au/regulations-and-standards/australian-domestic-gas-security-mechanism>

⁷⁸ <https://www.frontier-economics.com/media/3120/value-of-gas-infrastructure-report.pdf>

⁷⁹ שיאפשרו התמודדות עם תנודות בהיקפי אספקת החשמל שאופייניים למערכות מבוססות שמש ורוח. במסגרת זו הועלו חלופות כמו מערכת ריבוי סוללות (שימוש בסוללות EV כגורם ממתן תנודות), משאבות אוויר דחוס וכו'

⁸⁰ מתאן "ניטרלי" שנוצר ממקורות מתחדשים ואינו תורם להתחממות כדור הארץ לפי התהליך $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. מבוסס על מימן ממקורות חשמל מתחדשים ופחמן דו חמצני מתהליך לכידת פחמן, מקורות אורגניים או שנתפס בטכנולוגיית Elevated temperature (מכונה לעיתים גם SNG – גז טבעי סינתטי)

הגז הטבעי. בתרחיש זה, מערכות ההולכה והחלוקה של הגז הטבעי משחקות תפקיד מהותי בתמהיל האנרגיה הלאומי הן ביצור חשמל מגזים מתחדשים והן ע"י הצרכנים הסופיים (למשל מערכות CHP⁸¹ בתעשייה). לפיכך, בתרחיש זה יהיה צורך בביצוע השקעות נוספות במערכות ההולכה והאחסון בנוסף על השקעות במערכת החלוקה שתאפשר שימור הקיים, שימוש בתשתית להעברת הגזים לצרכנים חדשים וכן הסבת קווי חלוקה להעברת מימן⁸².

לפחות בטווח הביניים היקפי ההשקעה בתשתית הגז הטבעי יושפעו משיקולים נוספים, כמו, גידול בצריכת הגז הטבעי והצורך בהוספת צרכנים חדשים למערכת (למשל, CCGT חדשים). בנוסף, עצם קיומה של מערכת הולכת וחלוקת גז, צפויה להשפיע גם היא על שיקולי הטווח הארוך. קיומה של מערכת הולכת גז טבעי במערב אירופה המאפשרת הולכת גז בהיקף גדול משמעותית מזה של מערכות חיבור החשמל. קיומה של מערכת הולכת גז טבעי בהיקפים אלו, וקיומו של מערך אחסון לכ- 500 TWh מול מערך אחסון חשמל שהיקפו נאמד ב-0.6 TWh בלבד, צפוי לדחוף את מקבלי ההחלטות ליישום תרחישים ב' וג' על פני תרחיש א' – אשר דורש השקעות כבדות בתשתית חיבור ואחסון חשמל.⁸³ לפיכך, ניתן לצפות כי במרבית מדינות אירופה תימשך ההשקעה במערכות ההולכה של הגז הטבעי בטווח הביניים תידרש השקעה במערכות ההולכה (וככל הנראה) גם במערכות החלוקה, גם בטווח הארוך, לשם שימור הקיים או התאמת המערכת להולכת גזים ממקור מתחדש (בעיקר תערובות עם מימן בשיעור שגבוה מאפשרויות המערכת).

כדי לבחון את מידת יישום העקרונות לעיל בצענו סקירה של התוכניות האסטרטגיות להפחת פליטות לשנת 2050 במדינות נבחרות והמשמעויות הנגזרות מהן למשק הגז הטבעי. ממצאי הסקירה מרוכזים בלוח 5:

לוח 5: ריכוז ממצאים עיקריים מתוכניות אסטרטגיות להפחתת פליטות בשנת 2050 במדינות נבחרות.

מדינה	עיקרי הפליטות	תכנית הפחתת משמעותיות	משמעותיות במשק הגז הטבעי – טווח בינוני	משמעותיות במשק הגז הטבעי – טווח ארוך
גרמניה	השקעות במקורות אנרגיה מתחדשים, ייצור גזים ירוקים, היסכון באנרגיה והתייעלות באנרגיה	משמעותיות	עליה בצריכת הגז הטבעי והשקעות בתשתית הולכה בשל סגירת תחנות כוח פחמיות וגרעיניות	ירידה משמעותית בצריכת הגז הטבעי. המשך השקעות בתשתית הולכה וחלוקה תוך שילוב גזים ירוקים בגז הטבעי
בריטניה	דגש על לכידת פחמן, היסכון באנרגיה, התייעלות בחימום והפקת מימן	היסכון	השקעות בשיפור ביטחון אספקה של גז טבעי כולל גז טבעי מקומי וגז פצלים.	חשיבות גבוהה לגז טבעי. ירידה בצריכת הגז הטבעי בטווח הארוך (אין פירוט לגבי

⁸¹ תחנות קו-גנרציה קטנות יחסית המשמשות ליצור משולב של חשמל וחום. נחשבות כפתרון בעל יעילות אנרגיה גבוהה.

⁸² ע"פ המחקרים ניתן לערבב בגז טבעי/מתאן עד 20% מימן מבלי לגרום לסכנות בטיחותיות מחד וללא צורך בשינוי מעברים מאידך

⁸³ <https://www.frontier-economics.com/media/3120/value-of-gas-infrastructure-report.pdf>

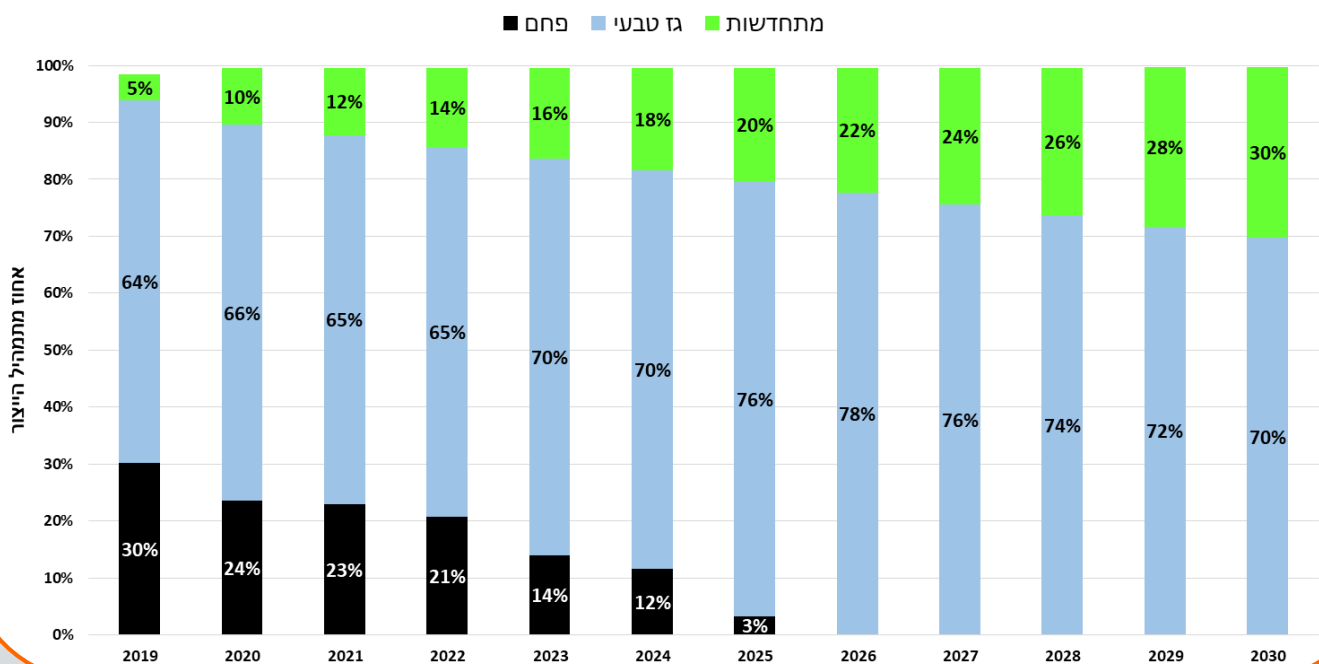
אופן השגת הירידה). המשך השקעות בתשתית הגז	
הולנד	דגש מרכזי על "חשמול": מעבר לרכבים חשמליים וחימום בתים ע"ב חשמל, כמו גם השקעות נרחבות בחיסכון באנרגיה במגזר הביתי
צפי לשינוי מדיניות ומעבר לשימוש בצנרת החלוקה להזרמת תערובות גז טבעי בשילוב גזים ירוקים	ירידה בצריכת הגז הטבעי בעיקר באמצעות ניתוק שכונות מגורים מגז טבעי
יוון	אין תכנית. התבססות על הפחתות שנובעות ממערכות יצור חשמל יעילות (CCGT במקום פחם) ומיבוא "חשמל נקי"
ייצוב בצריכת החשמל באמצעות חיסכון באנרגיה (אין פירוט) ו-CHP. בפועל, המשך גידול בצריכת גז טבעי.	עליה משמעותית בצריכת גז טבעי במעבר ל-CCGT לרבות השקעות בתשתית הולכה

מסקירת המדינות המוצגות וכן מסקירת התחום בעולם ניתן לראות כי לגז הטבעי תפקיד חשוב במעבר מדלקים מזהמים (בעיקר פחם) בטווח הקצר והבינוני. בטווח הארוך נראה כי המדינות רואות ברשת ההולכה והחלוקה פלטפורמה להובלת דלקים מתחדשים כגון מימן ועלכן לא סביר שיחדלו בהשקעה ברשתות החלוקה וההולכה.

משק הגז הטבעי- בישראל

משק הגז הטבעי עבר תהפוכות בשנים האחרונות עקב גילוי מצבורי גז טבעי בשטחי המדינה. כיום מדינת ישראל עוברת תהליך נרחב של הטמעת השימוש בגז טבעי מקומי שיחליף ייבוא של דלקים מזהמים יותר ואף החלה לייצא גז טבעי למדינות השכנות. גילוי מאגרי הגז הטבעי אפשרו למשק האנרגיה הישראלי לעבור מאנרגיה שמבוססת על פחם ודלקים שונים ומזהמים לגז טבעי זול וסביבתי יותר. היום, מאגרי הגז "תמר" ו-"לווייתן" מספקים גז טבעי לכלל המשק הישראלי ולייצוא למצריים וירדן, ובמחצית השנייה של 2021 עתיד להצטרף מאגר נוסף - "כריש תנין" שיקדם את המהפכה בתחום האנרגיה בישראל ויאפשר ייצוא נוסף למדינות השכנות לה. משרד האנרגיה מעודד מעבר לשימוש בגז טבעי ודלקים תחליפיים אחרים כמקורות אנרגיה נקיים וידידותיים יותר לסביבה, כבר היום כ- 70% ממשק החשמל פועל על גז טבעי, ועד שנת 2026 ייגמל מהשימוש בפחם (תרשים 29). התפתחויות אלו צפויות להמשיך את מגמת העלייה בביקוש לגז טבעי בישראל ולהוביל לצמצום התלות האסטרטגית והכלכלית של ישראל בנפט ובפחם, להקטין את טביעת הרגל הפחמנית, ולשפר את איכות האוויר בישראל.

תמהיל הדלקים לייצור חשמל



תרשים 29: ייצור חשמל לפי סוג דלק עיקרי בשנים 2019-2030

בנוסף לתפקידו המשמעותי בהפחתת הפליטות כתוצאה בהפסקת השימוש בדלקים מזהמים יותר, הגז הטבעי תורם להפחתת מחירי האנרגיה והחשמל בישראל והינו מקור הכנסות למדינה מתמלוגים וממיסים⁸⁴. על פי הערכת רשות הגז הטבעי, החיסכון המשקי בשנים 2019-2004 הנובע ממעבר לגז טבעי הינו כ- 71.3

84 נציין כי בשנת 2019 משרד האנרגיה גבה כ 839 מלש"ח בגין תמלוגים על גז טבעי ובעתיד צפויות הכנסות משמעותיות נוספות גם מהיטל על הגז הטבעי.

מיליארד ש"ח למשק הישראלי בעלויות ישירות של אנרגיה⁸⁵, כ - 78% מהחיסכון המשקי נובע מהפחתת עלויות בייצור חשמל ובכך תורם להפחתה משמעותית בתעריפי החשמל במשק, והיתרה מקורה בחיסכון בסקטור התעשייה.

בשנים הקרובות צפוי המושך פיתוח משק הגז הטבעי, הן בצד ההיצע בעקבות פיתוחם של מאגר תנין וכריש ועידוד פיתוח מאגרים נוספים והן בצד הביקוש בשל גידול צפוי בביקוש לגז טבעי בסקטור החשמל, בסקטור התעשייה ובסקטור התחבורה כתוצאה מהמעבר הצפוי של רכבים פרטיים מדלק קונבנציונלי לרכבים חשמליים.

עם זאת, המעבר לאנרגיות מתחדשות בישראל מעלה שאלות מהותיות בנוגע למדיניות יצוא גז טבעי בישראל. מדיניות היצוא אשר נקבעה במהלך השנים מבקשת לשמור על עתודות גז טבעי למשק הישראלי. כעת, לאור המגמות העולמיות, ההחלטה העקרונית למעבר לכלכלה דלת פחמן והשאיפה לצמצום פליטות דורשים הישג מחדש של הערכת הביקוש לגז טבעי. הגדלה משמעותית של נפח האנרגיות המתחדשות, או אנרגיה חלופית אחרת, בסל הדלקים לחשמל, משמעותה הפחתת הביקוש לגז הטבעי, ומכך להגדלת מלאי הגז הטבעי הזמין לייצוא.

יתרה מכך, המגמה העולמית ל"גמילה" מדלקים מזהמים, והתייחסות לגז טבעי כ"דלק מעבר" בשנים הקרובות, עשויה להביא, בהתאם לתרחישים מסוימים, להגדלת הביקוש העולמי לגז טבעי עד לנקודת שיא לקראת סיום העשור הנוכחי, ולאחר מכן לירידה בביקוש העולמי בשל המעבר לאנרגיות חלופיות.⁸⁶ המשמעות היא שנוצר "חלון הזדמנויות" מוגבל בזמן, וכי גז טבעי שלא יימכר ב 10-20 השנים הקרובות, קטנים הסיכויים שיימכר כלל, וזאת בנוסף לתועלת הכלכלית הנובעת מהקדמת ההכנסות. משכך, נבחנות בימים אלה ההגבלות על יצוא הגז הטבעי במסגרת ועדה בין-משרדית.⁸⁷

בנוסף, בדומה למדינות אחרות גם המשק הישראלי פיתח במהלך השני האחרונות מערכות הולכה וחלוקה של גז טבעי. מערכות אלה, כפי שמתחיל לקרות גם בעולם, צפויות לעבור התאמה להובלת דלקים נקיים יותר ולשילוב מימן כפי שפורט לעיל.

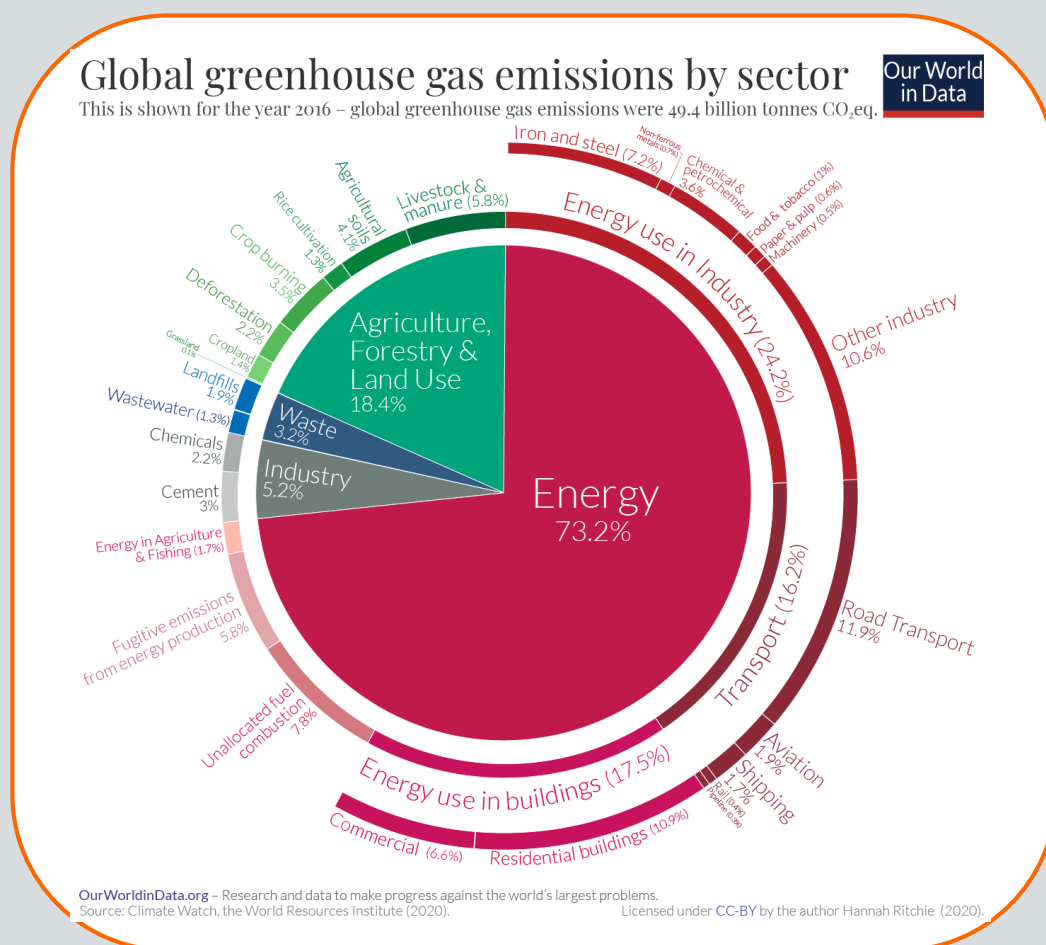
⁸⁵ החישוב לפי הערכת רשות הגז הטבעי ובהשוואה למשק ללא גז טבעי ועם הקמת תחנות פחמיות E ו D לפי התכנון מקורי. הערכה זו מתייחסת לחיסכון כלכלי בלבד ואינה מגלמת את התועלות הסביבתיות במעבר לגז טבעי

⁸⁶ <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019/gas>

⁸⁷ החלטת ממשלה 465, סעיף 13_2020 <https://www.gov.il/he/departments/policies/dec465>

תחבורה- מגמות בינ"ל

ככלל, התחבורה אחראית על כ- 16.2% מכלל פליטות גזי החממה בעולם (תרשים 30). עם זאת בעולם המערבי הנתח הינו גבוה יותר. לפי האיחוד האירופי, נתח התחבורה כולל תחבורה ימית ואווירית עומד על כ- 26% אחוזים, לפי האסטרטגיה האמריקאית להפחתת פליטות- התחבורה מהווה נתח של 34% מסך פליטות גזי החממה.



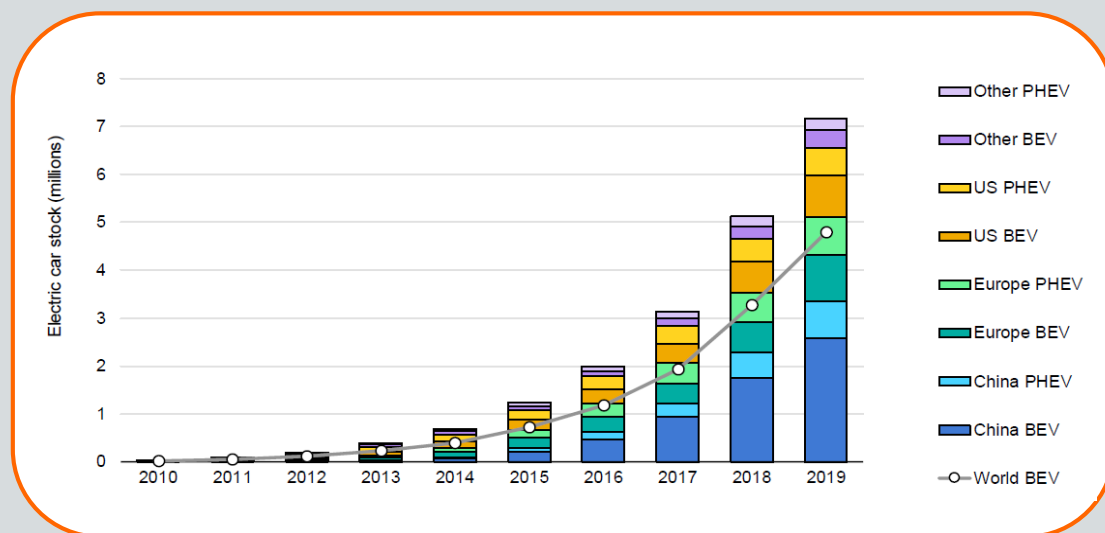
תרשים 30 : פילוח פליטות גזי חממה עולמי לפי שימושים סקטוריאליים

התלות בנפט כמקור אנרגיה לתחבורה בארץ ובעולם היא כמעט מוחלטת. למעשה, למעלה מ-90% מצריכת האנרגיה בתחבורה העולמית מקורה בנפט, בישראל התלות אף גדולה יותר. לתלות זו ישנן השלכות שליליות ביותר מההיבט הסביבתי (כתוצאה מפליטות גזי חממה ומזהמים אחרים), בהיבט הכלכלי (מאחר ומחירי הנפט מתאפיינים בתנודתיות גבוהה), ובהיבט הגיאופוליטי (מאחר והנפט מצוי בחלקו הגדול במדינות התורמות לחוסר יציבות פוליטית). לאור הנזק הסביבתי, כלכלי וגיאופוליטי, מדינות רבות הציבו לעצמן יעדים ברורים להפחתת התלות בנפט.

מסקירת התחום עולה כי למדינות רבות תכניות אסטרטגיות לשנת 2050 בכל הנוגע לתחבורה. כך למשל האסטרטגיה של ארה"ב לכלכלה דלת פחמן לאמצע המאה⁸⁸, מציגה עבור סקטור התחבורה כולו, הפחתה משמעותית בצריכת הדלקים תוך מעבר לדלקים ביולוגיים וחשמל, בשיעורים שווים. על אף שהתכנית מציגה הפחתה משמעותית בצריכת דלקים בשנת 2050 לעומת תרחיש עסקים כרגיל, מדובר בתכנית פחות שאפתנית מהתכנית שמציג האיחוד האירופי⁸⁹. ארה"ב משרטטת חזון כללי למדי בתחום התחבורה הכולל שלוש אבני יסוד (בסדר הזה): שיפור משמעותי של יעילות כלי הרכב, פיתוח של רכבים ודלקים דלי פחמן והפחתת הנסועה. חשיבות הסדר נעוצה בדגש ובסדר האמצעים המוצגים בחזון, כאשר ברור כי שיפור יעילות כלי הרכב הקונבנציונאליים הינה מוגבלת יחסית.

האיחוד האירופי מציג את התכנית הקיימת במסגרת ה *EU Mobility strategy*. תכנית שאושרה על ידי חברות האיחוד ב 2016, המציבה יעד של בין 60-100% הפחתה של פליטות גזי חממה בשנת 2050 ביחס לשנת 1990 במגזר התחבורה. התכנית כוללת שלוש "חבילות" של חקיקה שעסקו במכלול של נושאים הקשורים לתחבורת כביש בעיקר, ביצועים של כלי רכב, תשתיות טעינה, פיתוח סוללות ועוד.

בשנים האחרונות אנו עדים לעלייה ניכרת בתפוצת רכבי נוסעים חשמליים בעולם, וזאת בין היתר, בשל התפתחויות טכנולוגיות וירידת מחירי הסוללות. בשנת 2019 מספרם חצה את סף השבעה מיליון, גידול שנתי ממוצע של 60% לשנים 2014-2019 (תרשים 31), ובסוף שנת 2020 מספרם עבר את ה-10 מיליון רכבים. כ-70% מכלי הרכב החשמליים בעולם הינם חשמליים מלאים והיתרה הם פלאג-אין היברידיים.



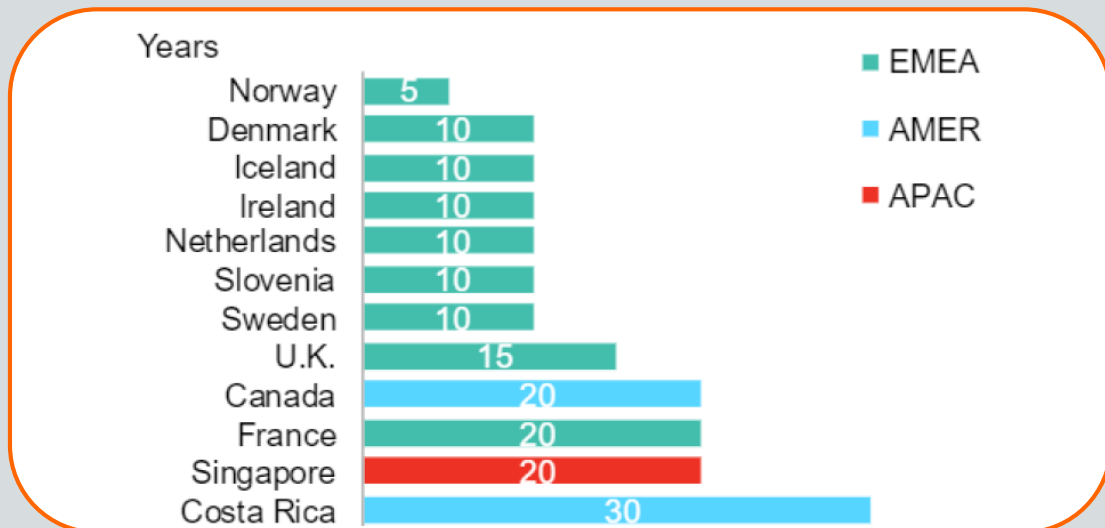
תרשים 31: מצאי רכבים פרטיים חשמליים בשנים 2010-2019 לפי אזורים נבחרים בעולם (IEA, 2020)

⁸⁸ Mid-Century Strategy, נובמבר 2016

⁸⁹ חשוב לציין כי התכנית הוצגה בסוף שנת 2016 ועל כן חלק מההתפתחות שחוותה תעשיית הרכב החשמלי לא נכנסו לאמדנים.

מגמת הגידול במספרם המוחלט ובנתח השוק של רכבים חשמליים צפויה להימשך בעתיד ואף לצבור תאוצה, בין היתר כתוצאה מאימוץ יעדים המגבילים את השימוש במנועי בעירה פנימית מחד, והמעודדים את השימוש ברכבים חשמליים מאידך, על ידי ממשלות ויצרניות רכב.

כעשר מדינות בעולם, הכוללות בשטחן כשני שלישי מסך מלאי הרכבים בעולם, ביניהן סין, הודו, יפן, קנדה וצרפת, הצהירו על יעד חדירה של 30% עד שנת 2030, חלק מקמפיין בינלאומי להאצת השימוש בתחבורה חשמלית EV30@30. ישנן מדינות, אשר הלכו צעד נוסף קדימה והכריזו על כוונתן לאסור מכירת רכבים מונעים במנוע בעירה פנימית בעתיד (תרשים 32 מציג חלק מהמדינות). בנורבגיה איסור זה אמור להיכנס לתוקף כבר בשנת 2025 ואילו בהולנד, אירלנד, דנמרק, איסלנד, סלובניה ושבדיה שנת היעד היא 2030. מדינות עם ציי רכבים גדולים נוטות להחיל את האיסור בשלב מאוחר יותר, ובהתאם לכך צרפת, אנגליה, ספרד וקנדה הכריזו על 2040 כשנת יעד לאיסור מכירת כלי רכב מונעים במנוע בעירה פנימית. יש לציין כי במרבית המדינות יעדים אלו טרם עוגנו רשמית.



תרשים 32: שנים שנתוירו לאיסור על מכירת כלי רכב עם מנועי בעירה פנימית במדינות נבחרות לפי שנת (BNEF, 2020) 2020

מגמת הגידול הצפויה בשוק הרכבים החשמליים בעולם מוצאת ביטוי גם בתכניותיהן של יצרניות הרכב. לאחרונה, יצרניות רבות הכריזו על יעדים ברורים הן במספר הדגמים החשמליים אשר יוצעו והן באחוז שלהם מסך הדגמים והמכירות. קבוצת רנו, למשל, הכריזה כי עד 2022, 20% מכלי הרכב הנמכרים על ידה יהיו חשמליים, וולוו הכריזה כי עד שנת 2025, 50% מכלי הרכב הנמכרים יהיו חשמליים, ואילו פולקסווגן ומרצדס קבוע יעד מכירות של 25% עד אותה שנה. כמו כן, פורד, פג'ו-קרייזלר, וג'יאם מתכננות להשיק 40, 28 ו-20 דגמים חשמליים חדשים עד שנת 2023, בהתאמה. פולקסווגן שמובילה בהיקף הדגמים החשמליים המתוכננים עד 2025, מתכננת להשיק כ-80 דגמים חדשים.

מדינות רבות בעולם החלו לנקוט בשורה של צעדים לקידום המעבר לרכבים חשמליים. האיחוד האירופאי, ארה"ב וסין כוללות בשטחן למעלה מ-95% ממצאי הרכבים החשמליים בעולם. מבחינת אמצעי המדיניות במדינות אלה, בולטים במיוחד הצעדים הבאים:

- סטנדרט לצמצום פליטות פחמן דו-חמצני (פד"ח) בקרב הרכבים הנמכרים במדינה.
- אימוץ דירקטיבה חדשה שמנחה לקבוע דרישות מינימום, להכנת תשתית מקדמית להתקנת עמדות טעינה במבנים חדשים ובמבנים שמיועדים לשיפוץ.
- תמריצים לרכישת רכבים חשמליים (הטבות מס ומענקים).
- קביעת יעדים לחדירת רכבים חשמליים ובחלק מהמקרים גם יעדים להקמת עמדות טעינה.
- העברה הדרגתית של ציים ממשלתיים וציבוריים לרכבים מופחתי פליטות.

בניגוד לעולם התחבורה הקלה, אשר עתיד לעבור חשמוול בעשור הקרוב עקב התפתחות מהירה של טכנולוגית הסוללות, בענפי התחבורה האחרים התמונה הינה מורכבת, וקיימות מספר טכנולוגיות שונות אשר ישמשו כולן במגזרי התחבורה השונים, בשלבים שונים במהלך העשורים הבאים. כפי שעולה ממרבית התכניות האסטרטגיות והסקירות הבינלאומיות (האיחוד האירופי, ארה"ב, צרפת, בריטניה, דנמרק, צ'כיה^{90,91,92,93}), חשמוול באמצעות סוללות, שהינה טכנולוגיה דומיננטית בעולם התחבורה הקלה נתקלת בקשיים משמעותיים בעולם התחבורה הכבדה (משאיות שבטווח שמעל 15-12 טון). חשוב להדגיש כי קיימים נעלמים טכנולוגיים משמעותיים, באשר לקצב הפיתוח וההבשלה של מרבית מטכנולוגיות אלו, כך שקשה לקבוע בשלב זה מה תהייה הטכנולוגיה הדומיננטית, כמו גם נעלמים אחרים משמעותיים כגון מחירי הנפט, המודעות הסביבתית והפתרונות הטכנולוגיים בענפי האנרגיה המקבילים.

תחבורה- בישראל

הערכות המשק למעבר לתחבורה מאופסת ודלת פחמן מטופלת בתכניות האסטרטגיות של משרד התחבורה, אולם בגלל החשיבות המכרעת של הסקטור על משק האנרגיה הישראלי, נידון בעבודה זו בעיקרי המגמות העולמיות ותוכניות הכוללות צעדי מדיניות משלימים למעבר לתחבורה נקייה.

בישראל, סקטור התחבורה אחראי לכ- 20% מסך הפליטות והינו המקור העיקרי לזיהום אוויר במרכזי ערים ובריכוזי אוכלוסין⁹⁴.

⁹⁰ A time of unprecedented change the transport system

⁹¹ France National low Carbon Strategy

⁹² clean planet for all

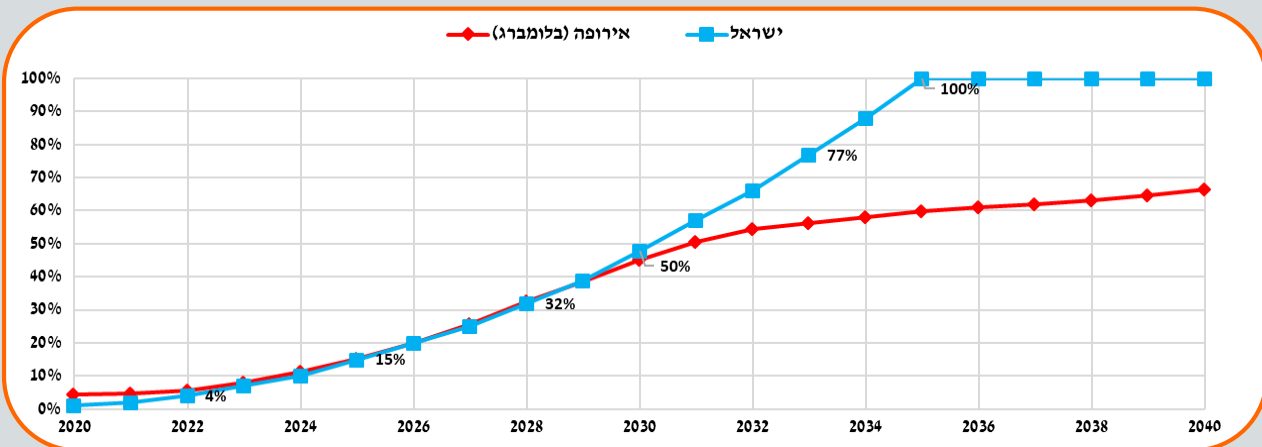
⁹³ United States Mid-Century Strategy FOR DEEP DECARBONIZATION

⁹⁴ התכנית הלאומית להפחתת זיהום אוויר, 2018

על אף התפוצה ההולכת וגוברת של רכבים חשמליים בעולם, המעבר בישראל לרכב חשמלי הוא עדין מצומצם. מתוך כ-3 מיליון כלי רכב פרטיים בישראל, רק כ-16 אלף הם חשמליים, ומתוכם כ-3,000 הם חשמליים מלאים. יחד עם זאת, בשנת 2020 לבדה נכנסו לישראל למעלה מ-1,500 רכבים חשמליים מלאים, יותר מכל השנים האחרונות ביחד⁹⁵. ישראל יכולה להאיץ את כניסת הרכב החשמלי בשל התנאים הייחודיים שלה, המעניקים לה יתרון משמעותי באימוץ הנעות חלופיות ביחס למדינות העולם:

- שטח מדינת ישראל הוא קטן יחסית ומרחקי הנסיעה בה קצרים, עובדה המאפשרת פריסה נוחה ומצומצמת יחסית של תשתיות טעינה.
- מחירי הדלקים הפוסיליים בישראל גבוהים ביחס למחירי החשמל הנמוכים יחסית (גם בניכוי המיסוי).
- לישראל יש מקורות אנרגיה עצמיים לייצור חשמל (מאגרי גז טבעי גדולים ושעות שמש רבות), ולעומת זאת אין לה כמעט עתודות נפט.
- ישראל היא מהמדינות החדשניות ביותר בעולם, והציבור בה נוהג לאמץ ולהוביל חדשנות טכנולוגית.

שילוב תנאים אלו עם מגמות עולמיות- בראשן ירידת מחירי הרכבים עד שנת 2026 ועליית טווח הנסועה, יכולים לסייע לישראל להיות בין המדינות המובילות בעולם בחדירת רכב חשמלי. בשנת 2018 הגדיר משרד האנרגיה יעדים שאפתניים לחדירת רכב חשמלי בישראל עד שנת 2030⁹⁶. במקביל החל המשרד, ביחד עם משרדי ממשלה נוספים, לפעול לקידום עמידה ביעדים אלו, בין היתר באמצעות מתן מענקים בסך של 30 מל"ח להקמת 2,500 נקודות טעינה ציבוריות (מהירות ואטיות), הארכת מתווה המיסוי המתמרץ לרכבים חשמליים עד לשנת 2024 (משרד האוצר)⁹⁷, והכנת טיוטות להנחיות ושינוי חקיקה להקמת תשתיות לעמדות טעינה בבתים משותפים בשלב הבניה ולאחריה (משרד הבינוי והשיכון, משרד המשפטים ומנהלת תחליפי דלקים).



תרשים 33: יעדי חדירת רכב חשמלי לישראל והתחזית באירופה (% ממכירות)

⁹⁵ שנת 2020

⁹⁶ יעדי משק האנרגיה לשנת 2030 :

https://www.gov.il/BlobFolder/news/plan_2030/he/2030summary.pdf

⁹⁷ עד שנת 2022 המיסוי על רכב חשמלי יעמוד על 10% ולאחר מכן יעלה בהדרגה עד ל-35% בשנת 2024.

תרשים 33 שלעיל מתאר את תרחיש החדירה הממוצע לאירופה לפי תחזיות בלומברג ואת תרחיש החדירה המוצע לישראל. מהתרחיש ניתן לראות כי עד 2030 עקומת החדירה בישראל מתנהגת באופן דומה למוצע האירופאי, אך לאחר 2030, העקומה בישראל עולה בקצב מהיר יותר. עליה זו משקפת את היתרונות הייחודיים של ישראל באימוץ תחבורה חשמלית, ותלויה כאמור בהנחות על גורמים חיצוניים כגון היצע הדגמים שיהיה זמין עבור השוק הישראלי, מחירי הרכבים לפני הטבות מס, מרחקי הנסיעה של הרכבים, וכן בהסתמכות על גורמים אנדוגניים לישראל ובראשם צעדי הממשלה לעידוד התחבורה החשמלית. ללא כל אלו, המעבר לא יוכל להתרחש בקצב הנדרש ועל כן הוא מותנה באימוץ הצעדים המוצעים לקידום תחבורה חשמלית בישראל ובהתפתחויות הטכנולוגיות של הרכבים החשמליים.

עד 2025 יעדי החדירה של הרכבים החשמליים בתרשים 33 יכללו רכבי פלאג-אין ומ-2025 היעדים יתייחסו רק לרכבים שאינם פולטים מזהמים באופן ישיר בעת הנסיעה (Zero Emission Vehicles), לדוגמה רכבים חשמליים מלאים, רכבי מימן, וכל טכנולוגיה אחרת שעלולה להתפתח עד אז, ככל ותעמוד בדרישות אלו.⁹⁸ על פי תרחיש זה, החל מ-2030 תאמץ ישראל את הרגולציה המקובלת בעולם ותאמץ מדיניות של "אפס רכבים שאינם נכללים בקטגוריית ZEV".

נכון לשנת 2019 מצבת הרכבים הכבדים עמד על 312 אלף משאיות וכ-21 אלף אוטובוסים. סה"כ צריכת התעופה האזרחית עמדה על כ-1300 אלף טון דס"ל בשנה, צריכת התחבורה הימית נאמדה בכ-250 אלף טון מזוט וסולר, צריכת הדלק של הרכבת בישראל נאמדה בכ-70 אלף טון סולר וצריכת כלי הצמ"ה בישראל מוערכת בכ-600 אלף טון.

אחד המאפיינים העיקריים של מדיניות האנרגיה של ישראל בשנים האחרונות היא המוטיבציה לנצל את מאגרי הגז הטבעי שנתגלו לחופיה, וזאת בניגוד למוצרי נפט שהינם מיובאים. מוטיבציה זו פועלת הן לשימוש בגז הטבעי באופן ישיר בכלי תחבורה (גז טבעי דחוס/נוזלי) או באופן עקיף ככלי רכב חשמליים. הגז הטבעי עשוי להיכנס כדלק חלופי בעיקר במשאיות הכבדות והאוטובוסים הבינעירוניים, ובאופן חלקי גם לתחבורה הימית. כניסתו של הגז עדיין מוטלת בספק לאור הקשיים הרבים הקשורים בתשתיות התדלוק, המחירים, היצע הדגמים ובעיות נוספות. כניסתו תלויה בצירוף של מספר רב של גורמים, חלקם גלובליים כמו מגמות עולמיות של יצרני המשאיות, מחירי הנפט בשנים הקרובות וכיוצ"ב, וחלקם גורמים מקומיים כמו מערך התמריצים והמדיניות הממשלתית, והמאמצים של הגורמים הרלוונטיים בהתנעת סקטור הגז לתחבורה. למרות שמרבית ההנעה הכבדה בישראל יכולה להסתמך על גז טבעי דחוס, הרי שקיים פוטנציאל לא מבוטל דווקא בגט"ן, המתאים לצריכת משאיות כבדות מאד, ויכול להסתמך על מערך תשתית תדלוק מצומצם ביחס לגט"ד. כמו גם היצע הרכבים בגט"ן הולך וגדל וזאת לאור העובדה כי מחירי הגט"ן הם בין הנמוכים בעולם

⁹⁸ רכבי פלאג-אין יותרו למכירה גם לאחר 2025 (ועד שנת 2035) אך לא יספרו ביעדי החדירה.

הצפויים להישאר נמוכים לאורך זמן כך שחלופה זו כדאית יותר ויותר. כרגע אין לישראל גישה לגט"ן מיובא במחירים אלו, אך יתכן כי אופציה זו תיפתח בשנים הבאות. חשוב להדגיש כי בעולם, בשנים האחרונות, ההנעה בגז טבעי משולבת בתכניות לניצול ביוגז באופן ישיר.

הנעה חשמלית באמצעות סוללות הינה אופציה כרגע גם בתחום של המשאיות הקלות וגם בתחום של המשאיות הבינוניות, אם כי כרגע נראה כי חלופה אמיתית באמצעות סוללות מתרחקת ככל שמשקל המשאית גדל.

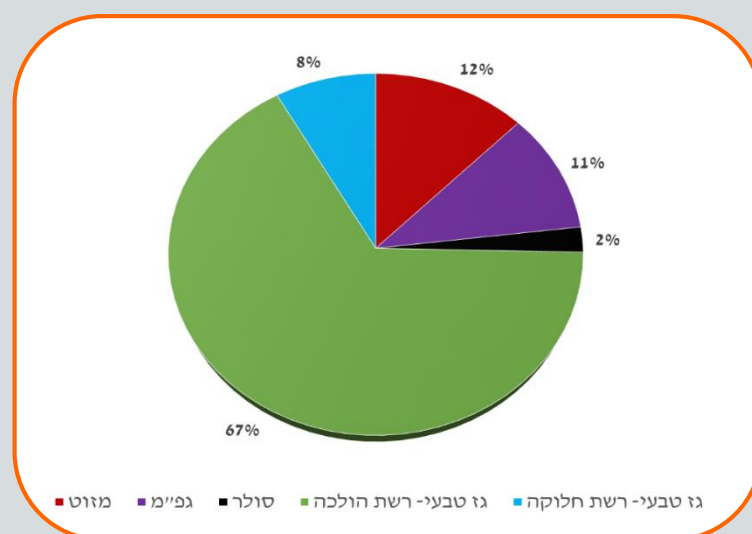
המימן הינו חלופה מבטיחה במובן זה שהוא מאפשר שילוב של מנוע חשמלי ללא סוללה גדולה שעלות ייצורה (הישירה והסביבתית) הינה גבוהה. עם זאת, כרגע המימן סובל מעלות גבוהה מאד בכל שרשרת הייצור-ייצור המימן, תשתית התדלוק ועלות הרכב. גם אם תהיה פריצה בתחום הוזלת הטכנולוגיה באחד המקטעים בשרשרת צפוי עוד זמן רב עד שיוזלו במידה ניכרת כל המקטעים.

תעשייה

הערכות המשק למעבר לתעשייה מאופסת ודלת פחמן מטופלת בתכניות האסטרטגיות של משרד הכלכלה, אולם לאור הממשק עם סקטור האנרגיה, נידונים בעבודה זו צעדי מדיניות משלימים למעבר לתחליפי דלקים בתעשייה.

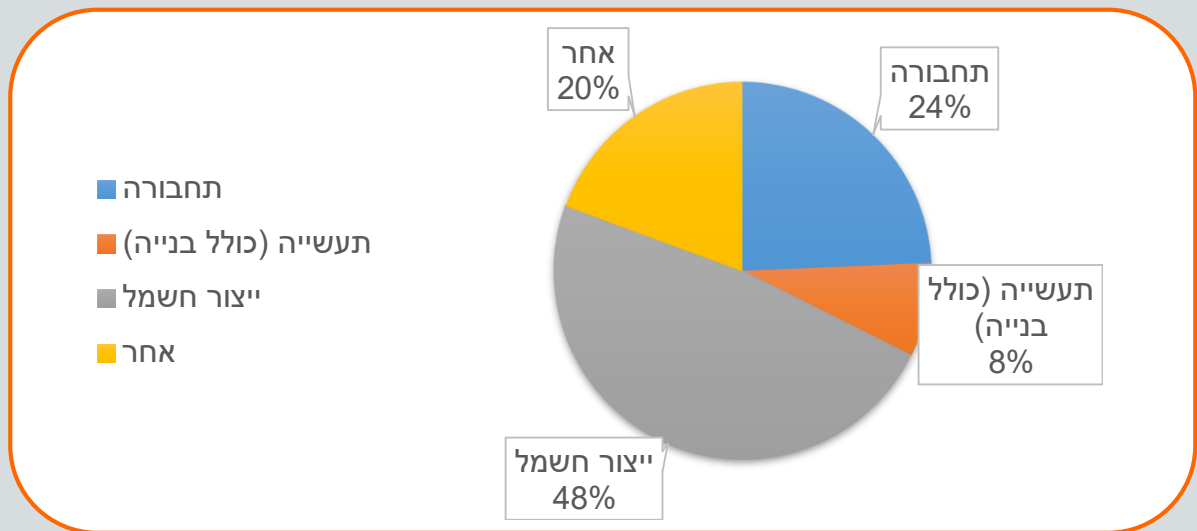
התעשייה בישראל מגוונת במיוחד ומתפרשת על פני אופקים רבים. בין התעשיות החשובות ביותר של ישראל ניתן למצוא את ענפי התעשייה הכימיים, תעשיית המזון והמשקאות, תעשיית ליטוש היהלומים, תעשיות פרמבצטיות, אלקטרוניקה, תעשיות ביטחוניות ותעשיות אנרגיה.

נכון לשנת 2017 סך צריכת הדלקים המזהמים בתעשייה עומדת על יותר מ- 500 אלף טון. דלקים אלו כוללים מזוט, גפ"מ וסולר. בנוסף לדלקים אלו, נצרכו בשנת 2017 בתעשייה כ- BCM 81.1 גז טבעי (תרשים 34). שיעורם של הדלקים המזהמים מסך צריכת האנרגיה בתעשייה בשנת 2017 עמד על כ-25%.



תרשים 34 : צריכת אנרגיה בתעשייה הישראלית בשנת 2017, למ"ס

נכון לשנת 2016, פליטות התעשייה היוו 8% מפליטות גזי החממה בישראל כך שסקטור התעשייה הינו הסקטור השלישי בגודלו אחרי סקטור ייצור החשמל והתחבורה (תרשים 35).



תרשים 35: פליטות גזי חממה (CO₂e) לפי סקטורים מרכזיים במשק.⁹⁹

לאור החשיבות הרבה בצמצום הפליטות בסקטור זה, הפסקת השימוש בדלקים מזהמים בתעשייה והחלפתם במקורות אנרגיה יעילים ונקיים יותר, מקדמת הממשלה בשנים האחרונות מדיניות תמיכה לעידוד חיבור מפעלים לרשת חלוקת הגז הטבעי.

להעברת משק התעשייה לשימוש נרחב בגז טבעי יש היתכנות טכנית וכדאיות כלכלית וסביבתית. סך צריכת הגז הטבעי הצפויה מחיבור של כ-450 צרכני תעשייה פוטנציאליים לרשת החלוקה עד שנת 2030 הינה כ-0.72 BCM, ומהווה כ-80% מפוטנציאל הצריכה התעשייתית הקלה, כאשר התועלת המשקית עד שנת 2040 נאמדת בכ-10.6 מיליארד ₪. עם השלמת המהלך הכולל, ייחסכו למשק בכל שנה כ-900 מיליון ₪. התועלת המשקית מחיבורם של כ-250 צרכנים נוספים (קטנים יותר, שסך צריכתם עומד על 0.27 BCM) עומדת על סך של כ-5.3 מיליארד ₪. תועלת זו נובעת בעיקר מחיסכון בעלות דלקים שנאמדת בכ-3.2 מיליארד ₪ (כולל הכנסות ממיסוי גז טבעי של כ-2.6 מיליארד ₪) ותועלת סביבתית, שעיקרה הפחתת פליטות מזהמים, שנאמדת בכ-2.6 מיליארד ₪. עם השלמת חיבור צרכנים אלו, ייחסכו למשק בכל שנה כ-500 מיליון ₪ נוספים.

אולם, למרות יתרונותיו של הגז הטבעי בהפחתת פליטות גזי חממה ומזהמים מקומיים חלף דלקים מזהמים יותר, הוא אינו דלק נקי לחלוטין או מתחדש. מתוך כך במבט צופה פני עתיד, ברור שלצורך איפוס הפליטות

⁹⁹ למ"ס 2018

ממגזר זה יהיה צורך לעבור בשלב הבא לחלופות נקיות כגון חשמל ממקור סולארי בתעשיות אשר שימושי האנרגיה בהן מאפשרים זאת או מימן כחול/ירוק.

בנוסף וכפי שפירטנו לעיל, אחד ממנועי הפחתת הפליטות המשמעותיים הוא האנרגיה שלא נצרכה, כלומר התייעלות באנרגיה בסקטור התעשייה. בתוכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה שפורסמה בסוף שנת 2020, מפורט חלקה כאמור של התעשייה ומתוך כך עולה כי בין השנים 2013-2017 הצריכה הכוללת של המגזר התעשייתי ירדה בכ- 100.6% מגזר התעשייה הינו המגזר היחיד אשר הפחית את צריכתו באופן אבסולוטי בשנים אלו.

התייעלות זו ניתנת להסבר באמצעות מספר סיבות:

- הסבת מפעלי תעשייה לגז טבעי - הסבת תזקי נפט לגז טבעי לרוב מלווה בשיפור נצילות התהליך.
- תמריצים ומענקים שחולקו לתעשייה במטרה לקדם טכנולוגיות יעילות באנרגיה
- צעדים רגולטוריים בתעשייה, כדוגמת חובת ביצוע סקרי אנרגיה
- התייעלות בתעשייה הנובעת משיפורים טכנולוגיים והדירה של טכנולוגיות חדשות לשוק.

המשך הפחתת הפליטות במגזר התעשייה צפוי להמשיך ולרדת בעקבות שינוי פרופיל התעשייה, חיבור מפעלים לתשתית הגז הטבעי והמשך מעבר התעשייה לשימוש בגז טבעי חלף דלקים מזהמים וכן חשמול התעשייה שמאפשרת זאת, כמו גם המשך השקעה בפרויקטים של התייעלות באנרגיה המלווה ברגולציה מעודדת הפחתת פליטות במגזר זה.

שיתופי פעולה אזוריים

מדינת ישראל אשר ראתה עצמה כאי אנרגטי במשך רוב תקופת קיומה, ורק לאחרונה ביססה עצמה כבעלת עצמאות באנרגיה, החלה גם כן בשנים האחרונות להוות מקור אנרגיה לחלק משכנותיה. שיתופי הפעולה עשויים להיות אבן דרך משמעותית בקידום היעדים במשק האנרגיה. להלן פירוט של נושאים שיש לקדם כבר עכשיו על מנת להביא את כל האזור כולו ליצירת מערכת אנרגיה משותפת, יעילה והרמונית הפועלת לרווחתם של כל תושביה.

¹⁰⁰ ע"ב פרסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה - מאזני אנרגיה בשנים 2013-2017. עדכון: 6.1.2019

חיבור הכבל התת ימי לקפריסין ואל יבשת אירופה:

רשת החשמל האירופאית ומדינות נוספות, המחוברות אליה, מקיימות רשת מסועפת אשר מתפרסת על כל יבשת אירופה ומתחברת הן למדינות אסיה וצפון אפריקה. הקישוריות הזו מאפשר למדינות לסחור בחשמל מצד אחד ומצד שני לייצב את המערכת של ביקוש והיצע וכך להגיע למערכת מאוזנת ויעילה יותר בייחוד בעידן של הגדלת הייצור ע"י מתחדשות.

הכבל מתוכנן לחבר בין ישראל, קפריסין, כרתים וחצי האי היווני וכך בעצם לחבר את רשת החשמל הישראלית אל הרשת החשמל האירופאית. הכבל המקודם ע"י חברת היזם הקפריסאית EURO-ASIA INTER CONECTOR ואין ספק שלו חשיבות עצומה עבורנו. החיבור של מדינת ישראל למערכת זו יספק לנו בטחון באנרגיה במקרי חירום, יאפשר למכור את העודפים שייווצרו מהגדלת אחוז המתחדשות בתמהיל הייצור ולקנות חשמל נקי בעת מחסור וכך לייצר מערכת יציבה ויעילה יותר ולחסוך בהקמת מתקני ייצור מזהמים.

חיבור חשמלי עם ירדן ולמצרים:

כאמור על מנת להקים רשת מספיק רחבה שתאפשר להגיע לאיזון ולמקסום היעילות בהיצע וביקוש, וכן להקטין שימוש בקרקעות, יש צורך לקשר את מערכות החשמל שלנו גם למדינות שכנות נוספות כמו ירדן, מצריים ואולי אף אחרות נוספות. בירדן ובמצריים ישנם שטחים מדבריים נרחבים בהם זורחת השמש במרבית ימות השנה, אשר יכולים להיות מנוצלים לטובת בניית שדות פוטוולטאיים בשטחים נרחבים ביותר ולהעביר את החשמל למדינות שכנות הזקוקות לכך. הדבר יתרום הן לצמיחה ותעשייה בארצות אלו, והן יספק לישראל את הגיבוי לשעות שיא וימים בהם הייצור נמוך יותר. עם התפתחות טכנולוגיית האגירה, ייצור חשמל באזורים אלו יכול לחלוטין לגרום להפחתת השימוש בדלקים מזהמים ולזרז את שכנותינו למעבר לשיעורי ייצור גבוהים מאוד באנרגיה מתחדשת.

אחד הקשיים בייצור האנרגיה באתרים אלו הינו הולכת האנרגיה למרחקים ארוכים. להקמת קווים להולכת חשמל למרחקים אלו עלות גבוהה כמו כן קווי הולכת חשמל ארוכים סובלים מאובדן אנרגיה רב בדרך. אחת האפשרויות שנבחנת בעולם הינה שימוש במימן להובלת אנרגיה למרחקים ארוכים. המימן יופק מהחשמל המיוצר בשדות הסולאריים והוא יובל בצינורות לישראל – בצינור מימן ניתן להעביר כמויות אנרגיה גבוהות משמעותית מקו מתח עליון, ובעלויות נמוכות יותר. בארץ ניתן יהיה להשתמש במימן כדלק לכלי רכב או לתעשייה, לאגור אותו, או לייצר ממנו חשמל חזרה.

איו"ש ועזה

ישנה חשיבות רבה שלעזה ושטחי הרשות הפלסטינית יהיו גם כן קשרים עם המדינות השכנות על מנת לסחור בחשמל ולהביא למקסום ויעול המערכות. כבר היום עזה מתקדמת מאוד בכמות השימוש במתחדשות

בשטחה. בנוסף, לא רחוק היום בו עזה תתחיל לייבא גז טבעי באמצעות צנרת ושטחי ישראל, תרחיב את תחנת הכוח שלה ועל כן תוכל לספק חשמל לתושביה באופן יציב יותר.

שטחי הרשות הפלסטינית, נכון להיום מסתמכים רבות על הרשת החשמל הישראלית, אך להערכתנו ככל שצינור הגז יתחבר לתחנת כח ג'נין אשר תקום, התלות ביצור הישראלי יפחת והרשות תפרוס רשת חשמל כך שהחשמל יוזרם ישירות מתחנת הכח אל הצרכנים, ללא שימוש בהולכת הרשת הישראלית. בנוסף, הרשות תגביר את חיבוריה אל מערכות החשמל הירדניות וכאמור תוכל לקנות ולמכור חשמל נקי. קשרים אלו יביאו לצמיחה ועידוד תעשייה ותעסוקה בשני האזורים.

החזון של רשת חשמל אזורית נתמך ע"י פרויקטים אזוריים נוספים בתחום החשמל המקודמים בתקופה

האחרונה:

- הסכם שנחתם לאחרונה בין סעודיה לירדן על חיבור חשמל ביניהן.
 - תכנית האו"ם לפיתוח מערכת חשמל בין 8 מדינות - מצרים, ירדן, לבנון, רשות פלסטינאית, עיראק, לוב, סוריה וטורקיה (The Eight Countries Electric Interconnection Project).
 - הסכם לחיבור בין המערכת של עיראק למערכת GCC (Gulf Cooperation Council) - מערכת חשמל משותפת של מדינות המפרץ) בתיווך אמריקני.
 - חשמל ליריחו - ירדן מספקת חשמל ליריחו באופן קבוע ולאחרונה אושרה הרחבה של חיבור זה ע"י הקמת קו מתח גבוה נוסף, כך שבפועל גם החיבור לירדן כבר מתקיים בשטחינו.
- פרויקטים אלה עשויים להיות הבסיס למערכת חשמל משותפת כמו זו שקיימת ברחבי יבשת אירופה ואזורים נרחבים אחרים בעולם. מערכת משותפת רחבה מייעלת את ייצור החשמל, מקדמת תהליכים של מעבר לאנרגיות מתחדשות אשר מפחיתות פליטות ותורמות לשמירה על הסביבה. אם נרצה, במבט חזוני לעתיד, מערכת החשמל הישראלית יכולה להתחבר לזו הירדנית, המצרית ואולי אף ישירות למערכת הסעודית דרך הים האדום. כך, פרויקטים אלו בצירוף לקידום ה Euro-Asia Interconnector כאמור לעיל, ימצב את ישראל כגשר חשמלי בין מערכת החשמל הפאן ערבית לזו האירופאית.

גז טבעי

יצוא גז טבעי

מתוך הבנה כי על אף המעבר למתחדשות, לגז הטבעי יהיה ביקוש לשנים ארוכות קדימה ברחבי העולם כדלק מעבר, יש לקדם את פרויקט ה- EAST MED אשר נחתם לאחרונה עם קפריסין ויוון והמתעד להיחתם גם עם איטליה. אין ספק שבשלב הבאים גם מצריים וקפריסין יחלו לפתח את המאגרים שבשטחיהן ויצטרפו ליצוא הגז באמצעות צינור ה- EAST MED.

על מנת לעודד יצוא גז טבעי סביר להניח כי מתקני הנזלת הגז במצריים יופעלו ויחזרו לשימוש וכן יוקמו מתקני הנזלת גז צפים רבים באזורינו. על כן תתפרס צנרת נוספת מהמאגרים שבשטחינו אל מתקני היצוא. צינור הגז המתוכנן לאילת אף הוא יקדם את יצוא הגז הטבעי, הקמתו תעודד הקמת מתקני הנזלה בסיני אשר ינזילו את הגז וכך יאפשרו גם יצוא גז אל מדינות אסיה, בהן הדרישה לגז בטבעי נמצאת במגמת עליה חדה

אשר תמשיך לעלות ככל שמדינות אלו עוברות מגמת התפתחות וצמיחה מהירות. באזורינו קיימות עוד שתי מערכות גז בינלאומיות: מערכת פאן ערבית המחברת בין ירדן, מצריים וסוריה, וכן מערכת הגז של מדינות המפרץ אשר מגיעה עד ליאנבו השוכנת במערב סעודיה, לחופי הים האדום. מתוך כך ניתן לקדם מערכת אשר תחבר בין שלושת המערכות הללו ותייצר מערכת מסחר משוכללת ויעילה להובלת הגז ממדינות המפרץ לאירופה בצנרת או בעזרת הנזלה.

גז טבעי באיו"ש ועזה

הפרויקטים המקודמים היום של חיבור צינור הגז אל תחנת הכוח בג'נין כמו גם הצינור לעזה והרחבת תחנת הכוח הפועלת שם תוך הסבתה לגז טבעי במקום הנפט עליו היא מתבססת היום, יביאו לרווחת התושבים, אספקת חשמל טובה וזולה יותר וקידום צמיחה כלכלית ותעסוקה תוך שימוש בדלקים נקיים יותר והפחתת זיהום האויר באזורים אלו.

עקרונות תכנון, מתווה גיבוש המדיניות ותוצאות המודל

עקרונות תכנון

בפרקים הקודמים סקרנו את המגמות העיקריות במשקי האנרגיה בעולם ובישראל. מגמות אלו הביאו לידי ביטוי את צעדי המדיניות עליהן כבר החליטה הממשלה ואותם כבר מקדם המשרד. כל אלו יוצרים את נקודת המוצא בבואנו לתכנן את יעדי משק האנרגיה לשנת 2050. סקירת המגמות הן אבן הדרך הראשונה בבואנו לתכנן מדיניות במשק האנרגיה. לאחר סקירת המגמות ובחינת מאפייניו הייחודיים של המשק הישראלי, יש לבחון את המדיניות על שלושת הרגליים עליו עומד משק האנרגיה: ביטחון אנרגטי, כלכלה וסביבה.

אמינות אספקה ובטחון אנרגיה

בראש ובראשונה משק האנרגיה הישראלי צריך לספק אנרגיה לצרכי המשק באופן רציף ואמין. אמינות האספקה והביטחון באנרגיה עשויים להיות מופרים ע"י הפרעות חד פעמיות חיצוניות כדוגמת רעידת אדמה או מלחמה או לסבול מהפרעות שוטפות שנובעות בין היתר מתכנון משק ביתירות נמוכה. למשק הישראלי מספר מאפיינים אשר מגדירים את תפיסת הביטחון במשק ביניהם העבודה כי ישראל היא מדינה מאוימת ביטחונית וכן מהיותה, נכון להיום, אי אנרגטי. לאור תפיסת הביטחון האנרגטי קידם המשרד בשנים האחרונות מספר צעדי מדיניות להתמודדות עם מצבי חירום. לצד המדיניות לשעת חירום, המגמות החזויות במשק דווקא צפויות לאתגר את שאלת אמינות האספקה בשגרה עלכן יש לדון בצעדים אשר עשויים להיות רלוונטיים בבחינה עתידית של המשק, בין היתר ניתן למנות את האתגרים הבאים:

- א. הבטחת יתירות באספקת גז טבעי למשק ובכלל זה: הבטחת יכולת תפקוד עצמאית של מערכות קבלת הגז הטבעי, הגדלת יתירות צנרת הולכת הגז הטבעי והקמת מאגר גז יבשתי.
- ב. הבטחת ביטחון באנרגיה בסקטור התחבורה ובכלל זה: הבטחת יכולת טעינה בעת שיבושים באספקת החשמל, הגדרת מנגנון שיבטיח אספקת גז טבעי להנעת רכבי גט"ד במצב חירום והגדרת מנגנונים להתקנת גיבויים חשמליים בתחנות טעינה מהירה ובתחנות תדלוק גט"ד.
- ג. הבטחת ביטחון באנרגיה בסקטור התעשייה ובכלל זה: הגדרת מנגנון שיבטיח העדפה באספקת גז טבעי לתעשייה חיונית במצב חירום ובחינת הצורך לחייב או לתמרץ יכולת דואלית של מפעלים המוגדרים כמפעלים חיוניים.
- ד. ביזור מקורות אנרגיה: בתרחיש של שיעור מתחדשות גבוה, יוקמו אלפי מתקנים פוטו-וולטאיים ברחבי הארץ, בחלקם גם תשולב יכולת אגירה. תמהיל המתקנים הפוטו-וולטאיים שיוקמו יכלול מתקנים קרקעיים, מתקני גגות ומתקנים על גבי מאגרי מים. הביזור הגאוגרפי של המתקנים לאורך ולרוחב הארץ לעומת מספר מצומצם של מתקני ייצור גדולים מהווה חיזוק ומעמיד אתגר למרכיב ביטחון האנרגיה: מחד, הביזור מקטין את הסיכון מפגיעה פיזית בכמות הספק משמעותי, מאידך הביזור מגדיל את התלות של מתקני הייצור ברשתות במתח גבוה ונמוך, בניגוד למתח העליון ורשת ההולכה הארצית.

ה. קריטריון האמינות של משק החשמל: מרכיב מדיניות מרכזי בביטחון האנרגיה הוא קביעת קריטריון האמינות המשקי. קריטריון האמינות משקף את קביעת המדיניות באשר לכמות ההספק התוספתי המתוכנן להקמה, מעבר לצרכי המשק, שיופעל כביטוח בזמנים בהם תקלות/אירועי חירום יפגעו ביכולת לייצר כבשגרה. קריטריון האמינות צריך להיקבע כאיזון של קובע המדיניות בין עלות צפויה של אי-אספקת אנרגיה למול העלות הוודאית שבהקמת מתקני ייצור נוספים. בהיבט זה, יש להבחין בין קריטריון של דקות אי אספקה, המתאר קשיים בצריכת האנרגיה שמקורם ברשת החשמל, לבין אמינות משקית, שהיא היכולת לייצר חשמל בכמות מספקת. בהמשך לצורך בגיבוי, קביעת קריטריון האמינות תשפיע באופן ישיר על כמות הגיבוי המשקי הנדרש.

ו. גיבוי משק החשמל בחירום: בתרחיש של שיעור מתחדשות גבוה (מעל 30%) שרובו צפוי להיות בטכנולוגיה סולארית, התלות של המשק הישראלי בגרמי השמים הופכת לגורם סיכון משמעותי. ימים רבים ו/או רצופים של עננות/ערפל/אובך עשויים לסכן את היכולת של מערכת החשמל לעמוד בביקוש המשקי. לשם כך, יידרש גיבוי מצד מתקנים קונבנציונאליים שיהיו זמינים למנהל המערכת ויכולו לספק את מלוא הביקוש. מתקנים אלו יפעלו ככל הנראה מספר שעות מצומצם במרבית השנה ויידרשו לרגולציה מתאימה שתבטיח כי הם אכן זמינים ומסוגלים לייצר חשמל לצרכי המשק הישראלי כולו בשעת הצורך.

ז. דלקי הגיבוי של המערכת: כחלק מתפיסת ההיערכות להבטחת יכולת הייצור בתרחישי חירום שונים על בסיס סל דלקים מגוון, נדרשת יכולת פעילות בדלקים חליפיים כדי לספק את צרכי המשק. מרבית מתקני הייצור הקונבנציונאליים המוקמים כיום הינם מתקני ייצור דו-דלקיים הפועלים בגז טבעי כדלק ראשי ובסולר כדלק חליפי. בהיבט זה, ככל והתלות במתקני ייצור קונבנציונאליים פוחתת בשגרה, כך המשק מוגן יותר מפני תרחישים של פגיעה ברציפות האספקה של גז טבעי. עם זאת, לצורך היערכות לתרחישי חירום, יש להבטיח יכולת שימוש גם בדלקים חליפיים כגיבוי. יש לציין כי שיפור ביטחון האנרגיה על פי פרמטר זה, אינו תלוי רק ביכולת הדו-דלקיות של המתקנים, אלא מותנה בשדרוג משמעותי של יכולות פיתוח צנרת דלקי הגיבוי ויכולות המיכול של הדלקים החלופיים.

ח. איומי פגיעה פיזית: תרחישי חירום שונים עשויים להתייחס לפגיעה אפשרית בתשתיות פיזיות של משק החשמל. השקעות לצורך מתן מענה בדמות מיגון פיזי וניטור פסיבי ואקטיבי של האיומים הצפויים, יהיו חלק משמירת ביטחון האנרגיה גם בטווח הרחוק.

ט. איומי סייבר: עד היום, אנרגיה חשמלית הופקה בעיקר בתחנות כוח מרכזיות גדולות. שילוב של טכנולוגיות חדשות לייצור אנרגיה מבזרת כגון פאנלים סולאריים רוח ועוד, יוצר הכרח להקמת רשתות תקשורת במקביל לרשת החשמל, וזאת עבור ניטור מבזר של טכנולוגיות אנרגיה מתחדשת ושל ציוד הקצה האלקטרוני המפוזר ברשת כולה, כגון: מוני אנרגיה, בקרים חכמים, מאגדים, חיישנים חכמים ועוד. העברת הנתונים מציוד הקצה אל שרתי היישום דרך אוסף של רשתות תקשורת, חושפת את "רשת החשמל החכמה" לאיומי אבטחה רבים. קביעת תקינה ישראלית (בסיוע של מעבדת הסייבר הלאומית) לרכיבים קריטיים תקטין באופן דרמטי את היכולת לפגוע במשק יצור החשמל.

כלכלה- תחרות ומחירים בני השגה

העיקרון השני לאורו מתוכנן משק האנרגיה הינו העיקרון הכלכלי. ישראל, פועלת רבות כדי לקדם אנרגיה יעילה, חסכונית ובת השגה ולשם כך מקדמת רפורמות, מפתחת תשתיות ומשקיעה רבות במחקר ופיתוח בתחומי האנרגיה. ההחלטות במשק, בראשן החלטות הנוגעות למשק החשמל, מתקבלות בבחינה מעמיקה של העלויות והתועלות הכלכליות. כך למשל מכרזי המתחדשות שהוציאה רשות החשמל בשנים האחרונות, הביאו הלכה למעשה להורדת מחירים דרסטית במחירי האנרגיות המתחדשות בישראל וזאת הודות למערכת מכרזים תחרותית.

בנוסף נציין כי הגז הטבעי הינו מרכיב חשוב בכלכלת ישראל ובביטחון האנרגיה שלה. ישראל היא אי אנרגטי, ולמעט מאגרי הגז הטבעי שנמצאו במימי הים התיכון, היא מדינה עניה יחסית במשאבי טבע. לפיכך, למציאת ופיתוח מאגרי הגז הימיים חשיבות רבה מבחינה כלכלית, ביטחונית, אסטרטגית וסביבתית. הכנסות המדינה מהפקת ומכירת הגז הטבעי לשימוש מקומי וליצוא מאפשרות הגדלת הרווחה של אזרחי המדינה, זאת מלבד תועלות נוספות כגון חיזוק מצבה הפיננסי של ישראל, ותרומת תעשייה זו לתעסוקה ולצריכה בישראל.

כמו כן, המשרד גם מקדם מספר רפורמות שתכליתן קידום משק יעיל ותחרותי. כחלק מכך, בשנת 2018 הוביל המשרד רפורמה מרחיקת לכת בחברת חשמל שעשויה לתרום לתחרותיות במשק ולקדם את יעילותו על אחת כמה וכמה אל מול האתגרים שצפויים למשק לאור המעבר למשק מבוזר.

מתוך כך, תכנון עתידי, כפי שנפרט בהמשך, צריך לקחת בחשבון את העלויות והתועלות הכלכליות וכן את המשמעויות הרחבות על צמיחת המשק.

סביבה – הפחתת גזי חממה וזיהום אוויר

העיקרון השלישי לאורו מתוכנן משק האנרגיה הינו העיקרון הסביבתי. במהלך השנים האחרונות ביצע משרד האנרגיה שורה ארוכה של מהלכים, אשר מהווים את היסודות הנדרשים לקידום אנרגיה נקייה בשיתוף עם גורמי ממשלה אחרים. שתי ההחלטות הדרמטיות ביותר בתחום הן העלאת יעד המתחדשות ל-30% בשנת 2030 וההחלטה על הפסקת הייצור בפחם. לצד החלטות אלה, בשנת 2018, קידם המשרד מהלכים הכרחיים ליצירת התנאים למעבר משקי התחבורה והתעשייה לעולם נטול נפט, לרבות, תמיכה בפרישת תשתיות טעינה לרכב חשמלי ותחנות תדלוק בגז טבעי דחוס והעמקת התמיכה הממשלתית בפרישת רשת חלוקת הגז הטבעי. כמו כן, הכריז שר האנרגיה בתחילת שנת 2018 על יעדי משק האנרגיה לשנת 2030. היעדים כוללים את הפחתת השימוש במוצרי דלק מזהמים ובפרט הפסקת השימוש בפחם והפסקת רובו המכריע של השימוש בתזקי נפט, תוך שמירה על אמינות ורציפות אספקת האנרגיה.

מסגרת העבודה לתכנון היעדים לשנת 2050 שתכליתה הפחתת פליטות גזי חממה במשק נכתבת לאור עיקרון זה. יחד עם זאת במבט רחב יותר בקביעת מדיניות יש לנסות להביא בחשבון עלויות סביבתיות נוספות הנוגעות כמובן להפחתת פליטות מזהמים אך גם למה שהולך והופך מאתגר יותר – ההשפעות הסביבתיות והנופיות הרחבות של תפיסת השטח הנדרשת לצורך עמידה ביעדים מאתגרים של אנרגיות מתחדשות.

מתווה גיבוש המדיניות

קביעת מדיניות ארוכת טווח בתחום מורכב כל כך שמשתנה באופן תדיר ומהיר מאופיינת ברמת חוסר וודאות גבוהה. בשל כך, מתווה העבודה הינו חזרתי והמדיניות נבנית בהדרגה, בצורה דו כיוונית, נדבך אחר נדבך וישנה גמישות לשינויים ושיפורים באמצעות מעורבות גבוהה של כלל בעלי העניין לכל אורך התהליך אשר התבצע באופן הבא:



על מנת לקבל החלטות מושכלות מבוססות נתונים, עבודת הצוותים החלה בסקירת הנעשה בעולם - בבחינת מגמות עולמיות ותכניות אסטרטגיות של מדינות שונות. בשלב הבא, כל צוות הגדיר את "תמונת המצב בישראל" והאתגרים בתחומם. במסגרת אפיון זה, הוגדרו "אילוצי המערכת" המשפיעים על הגדרת היעדים הסופיים ובחירת החלופה הטובה ביותר לישראל. את תהליך העבודה ליוותה וועדת היגוי מייעצת שכללה נציגי ממשרדי הממשלה הרלוונטים, נציגי אקדמיה, המגזר הפרט וארגונים סביבתיים.

גיבוש המדיניות התבצע במתווה משולב של שני תהליכים משלימים:

(1) גישת Top Down – קביעת יעדים שאפתניים בתחום הפחתת פליטות גזי החממה על ידי מובילי המדיניות במשרד. לפי גישה זו, היעדים שיבחרו יחייבו ביצוע פעולות דרמטיות בכדי להשיגם ולמקם את ישראל כאחת המדינות המובילות בתחום.

(2) גישת Bottom Up – קביעת יעדים על ידי צוותי העבודה המקצועיים בעלי המומחיות בכל אחד מהתחומים במשק האנרגיה ובהתחשב באילוצי המשק הישראלי.

שתי הגישות המתוארות לעיל התבצע בעזרת מודל טכנו-כלכלי שנכתב לצורך זה ומתואר בהמשך.

יש לציין כי אנו רואים בכתיבת מפת הדרכים תהליך מתמשך למעבר למשק אנרגיה אמין, יעיל ונקי ועל כן מפת הדרכים תעודכן בפרקי זמן קבועים של 5 שנים.

שימוש במודל לבחינת תרחישים עתידיים אפשריים למשק החשמל

לצורך בחינת תרחישים עתידיים ומשמעויות ליישומם נכתב מודל הכולל שני חלקים – מודל טכני המבצע סימולציה של תפעול רכיבי הייצור השונים במשק מול עקומת הביקוש, ומודל כלכלי המתבסס על ממצאי המודל הטכני ובאמצעותם מעריך את העלויות המשקיות השנתיות למגזר החשמל בהתאם למחירים הצפויים לרכיבים השונים בעתיד.

המודל הטכני

המודל הטכני מבצע ניתוח שעתי, על כלל משק החשמל בישראל, ומתאים בין הביקוש השעתי לתפוקה של מקורות האנרגיה השונים. מקורות האנרגיה המטופלים על ידי המודל הם: ייצור קונבנציונלי – תמהיל של יחידות מחז"מ ופיקריות המוסקות בגז טבעי, אנרגיה סולארית (בעיקר מערכות פוטו-וולטאיות) ורוח. כמו כן המודל מתייחס לרכיב אגירה המאפשר להתאים בין תפוקת המקורות המתחדשים לעקומת הביקוש. המודל הינו מודל מצרפי, דהיינו מבצע הערכה לגבי מגזרים שלמים במשק האנרגיה ללא הפרדה ליחידות ייצור בודדות או לאזורים גאוגרפיים.

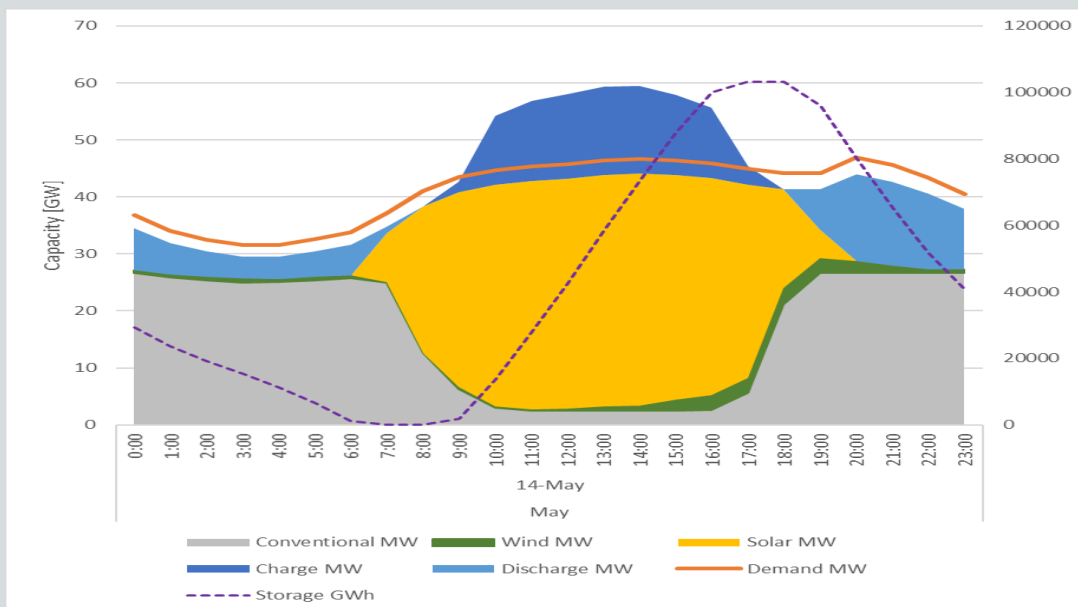
להלן פירוט הנתונים המתקבלים כקלט ופלט למודל:

פלט	קלט
עקומת ההפעלה של מערכות האגירה, ממנה ניתן ללמוד על כמות האגירה ששימשה בפועל ואחוז הניצול של המאגרים	סך הביקוש השנתי לחשמל החזוי בנקודות זמן בעתיד
האנרגיה הסולארית שנותרה מעבר לצריכה וליכולת הקליטה של מערכות האגירה ולכן הושלכה, אחוז השימוש באנרגיה הסולארית במשק בפועל (ללא האנרגיה שהושלכה).	אחוז החשמל ממקור סולארי שיידרש לייצור באותן נקודות זמן
עקומת ההפעלה של היחידות הקונבנציונליות, ממנה מחושב ההספק המותקן המכסימלי הנדרש ביחידות גזיות, סך ייצור החשמל ביחידות אלו, צריכת גז שעתי ושנתית למשק החשמל, אחוז הניצול של יחידות הגז, הפליטות ממגזר החשמל.	ההספק המותקן של טורבינות רוח
	כמות האגירה הצפויה בנקודת הזמן

כמות האנרגיה שתיחסך באמצעות התייעלות
באנרגיה

אחוז פליטות גזי החממה שיטופלו באמצעות
תפיסת פחמן (CCU/CCS)

בתרשים 36, ניתן לראות דוגמא לסימולציה עבור יום אופייני. הקו הכתום מציין את עקום הביקוש השעתי, באפור מוצג ההספק של היחידות הקונבנציונליות, בירוק תפוקת טורבינות הרוח, בצהוב אנרגיית שמש שמוזנת לאספקת הביקוש, בכחול כהה עודף אנרגיית שמש שטוען את סוללות האגירה, ובתכלת אנרגיה הנפרקת מהסוללות למילוי הביקוש, הקו המקווקו (סגול) תאר את מצב טעינת הסוללות – מאפס סביב 8:00 בבוקר, עד למילוי הסוללות סביב 17:00 אחה"צ, ולאחר מכן פריקה במשך הלילה, עד לבוקר שלמחרת.



תרשים 36: דוגמא לסימולציה השעתית במשך יום אופייני, מודל האנרגיה, משרד האנרגיה.

המודל הכלכלי

למודל הטכני צמוד מודל כלכלי המאפשר לחשב את העלויות המשקיות של מגזר החשמל על בסיס הרכיבים הבאים:

- עלות הרכיב הקונבנציונלי על בסיס עלות ההון, עלות התפעול, עלות הגז, ועלויות חיצוניות (פליטת מזהמים ו פליטת גזי החממה)
- עלות הרכיב הסולארי, על בסיס עלות ההון ועלות התפעול של ההספק הסולארי המותקן
- עלות רכיב הרוח, על בסיס עלות ההון והתפעול
- עלות רכיב האגירה, המורכב מעלות ההון ועלות התפעול

- עלות תפיסת הפחמן, בהתאם לפליטות מהרכיב הקונבנציונלי ואחוז הטיפול שהוגדר לפליטות אלו פלט המודל הכלכלי מאפשר לחשב את העלות המשקית השנתית של התרחישים השונים ובכך להשוות בין תמהילי מקורות שונים.

מגבלות המודל

מתוך רצון לשמור את המודל פשוט ומהיר, נעשו מספר הנחות מקלות המאפשרות לקבל תמונה מצרפית על משק החשמל בישראל. להלן המגבלות הנובעות מאופן הפעולה שנבחר:

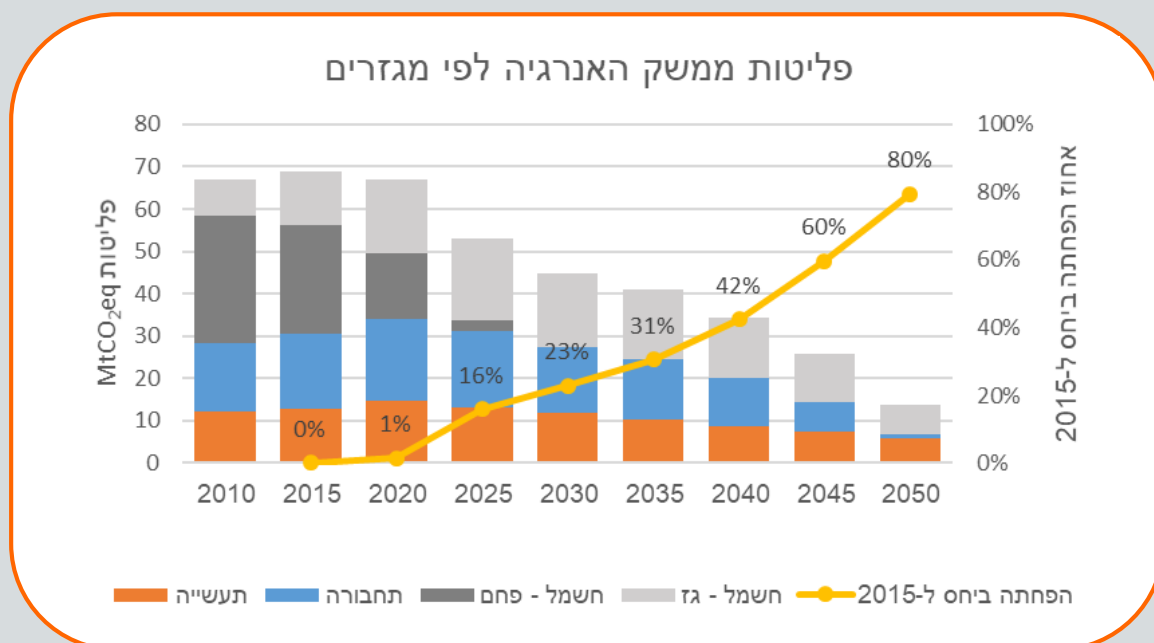
- המודל הינו מצרפי לכלל משק החשמל בארץ ולכן אינו מספק ניתוח על בסיס מיקום גיאוגרפי. משמעות הדבר היא כי לא ניתן ללמוד ממנו על רשת החשמל – על העומסים במקטעי ההולכה השונים, על צרכי פיתוח הרשת ועל עלויות הרשת בתרחישים השונים.
- המודל מתייחס לכל מגזר ייצור כיחידה אחת – היחידות הקונבנציונליות מחושבות כרכיב יחיד ללא אבחנה בין מחז"מ לפיקר, או בין יחידות ייצור שונות. אשר על כן אין התייחסות למשטר ההפעלה של היחידות השונות; המגזר הסולארי לא מבדיל בין מערכות תרמו-סולאריות לפוטו-וולטאיות, בין מערכות קרקעיות למערכות בשימוש כפול, בין מערכות מרוחקות למערכות קרובות לאתרי הביקוש; בין אגירה שאובה לאגירה בסוללות או אגירה בטכנולוגיה עתידית.
- המודל אינו מתייחס לנושא ההספק הנדרש מהאגירה, ומניח שניתן לספק את האנרגיה הנדרשת מן האגירה בכל מצב.
- המודל אינו מחשב את רזרבת הייצור הנדרשת (קלט) אך מעריך את עלותה.

תוצאות מודל – תרחישים עתידיים

בכדי להעריך את הכיוון המועדף לפיתוח משק האנרגיה לקראת שנת 2050, בשלב הראשון נבחנה האפשרות והמשמעויות של השגת יעד 100% אנרגיה מתחדשת לייצור החשמל. היות ובישראל המקור הכמעט בלעדי לאנרגיה מתחדשת הינו השמש, הפער בין עקומת הייצור הסולארי השנתי לעקומת הביקוש מחייב העברת כמויות אנרגיה אדירות מתקופת האביב לחורף. נמצא כי כיום עדין לא נראית באופק טכנולוגיה שתאפשר אגירה בסדרי הגודל הנדרשים ובעלות סבירה. בבחינת המודל נמצא כי מעל 95% אנרגיה סולארית בתמהיל הדלקים ידרוש כמות אגירה שהינה בלתי סבירה (בטכנולוגיות הקיימות) וערכים מעל 90% אנרגיה סולארית יהיו מאוד קשים להשגה גם ברמה התאורטית. מאידך, על פי המודל, בתרחיש האופטימלי כלכלית, הכולל את עלויות המזהמים ומחירי אנרגיה ללא ניכוי מיסים, במחירים הצפויים בשנת 2050 למקורות הסולאריים ולאגירה, עומד הייצור הסולארי בתמהיל על כ-81%. מכאן שהטווח בין הייצור הסולארי האפשרי לזה האופטימלי כלכלית עומד על בין 81-90% אנרגיה סולארית בתמהיל הדלקים.

בבחינת יעדי הפחתה של המגזרים העיקריים במשק האנרגיה, הכוללים את מגזרי החשמל, התחבורה והתעשייה, נמצא כי מגזר התעשייה יתקשה להשיג הפחתה משמעותית בפליטות, ולכן מגזר החשמל ידרש להפחתה משמעותית יותר בכדי לפצות על הקושי במגזר התעשייה. בתרשים 37 להלן ניתן לראות את פליטת גזי החממה מהמגזרים העיקריים. בכדי להשיג הפחתה של 80% בסך פליטות גזי החממה ממגזר האנרגיה יהיה צורך להשיג הפחתה של כ-86% במגזר החשמל, שיאזן בין הצורך להשגת יעדים שאפתניים התואמים

את המגמה העולמית למאבק במשבר האקלים, לבין העלויות המשקיות, השטח שיידרש להקמת המערכות הסולאריות וכמות האגירה שתידרש.



תרשים 37: פליטות גזי החממה מהמגזרים העיקריים במשק האנרגיה: ייצור החשמל, התחבורה והתעשייה. בתרשים מתואר תרחיש להשגת הפחתה של 80% בפליטות גזי החממה בשנת 2050, ביחס לפליטות בשנת 2015. מודל האנרגיה, משרד האנרגיה.

בשלב הבא, נבחנו שלושה תרחישים מרכזיים ("תרחישי על"); תרחיש "עסקים כרגיל" המייצג את הפחתת הפליטות במשק האנרגיה הישראלי ללא שינוי מדיניות ושני תרחישי קיצון תרחיש "מבוסס אנרגיה מתחדשת" ותרחיש "מבוסס טכנולוגיות חדשות":

- תרחיש "עסקים כרגיל" המניח השגה של 17% מקורות מתחדשים בתמהיל האנרגיה, 17% התייעלות באנרגיה בשנת 2030 ושמירה על יחס זה עד לשנת 2050 והפסקת השימוש בפחם עד שנת 2025.
- תרחיש "מבוסס אנרגיה מתחדשת" (Solar) המניח הפחתה של פליטות גזי החממה באמצעות שימוש באחוזים גבוהים מאד של אנרגיה סולארית – עד 90% בשנת 2050 והשאר בגז טבעי.
- תרחיש "מבוסס טכנולוגיות חדשות" (Technology) המניח הפחתה של פליטות גזי החממה באמצעות 54% אנרגיה מתחדשת בתמהיל האנרגיה, 34% גז טבעי משולב עם תפיסת פחמן/טכנולוגיות אחרות ו12% גז טבעי.

המודל מאפשר בחינה של אופני הפיתוח הללו, תוך הערכת ההשלכות של כל תרחיש ומציאת התמהיל האופטימלי (בבחינת העלות המשקית/ הפחתת פליטות גזי חממה) בתרחישים השונים.

ניתוח תרחישי העל בעזרת המודל מאפשר לבחון מספר היבטים:

- ההספק הסולארי המותקן הנדרש לאורך השנים.
- כמות האגירה המותקנת הנדרשת לאורך השנים.
- אופן תפעול היחידות בגז טבעי. בעתיד מוטה מקורות אנרגיה מתחדשים ידרשו מאפיינים ייחודיים לתפעול יחידות אלו, כגון מספר התנעות גבוה, הדממה למשך פרקי זמן ארוכים (שבועות וחודשים), ודרישה לגמישות גבוהה מאד, הן בהאצה (ramp-up) מהירה מהתנעה להספק מלא והן ביכולת פעולה בהספק נמוך מאד.
- אופטימיזציה כלכלית. תחשיב העלות של התרחישים השונים יאפשר לזהות את הנתיב בו העלויות צפויות להיות הנמוכות ביותר ובכך לבחור את האמצעים בהם כדאי להשקיע כבר כעת בכדי להגיע לנתיב הנבחר.

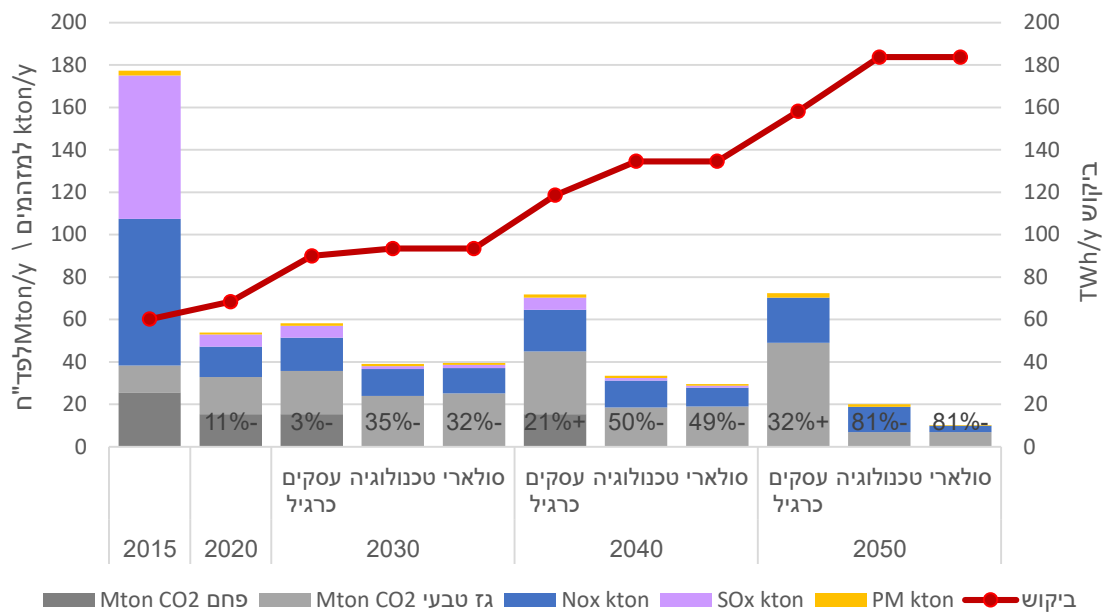
ניתוח ממצאי המודל

להלן מוצגים תוצאות המודל ביחס לכל אחד מהתרחישים.

על פי תרשים 38, ניתן לראות כי ללא שינוי במדיניות, הביקוש לחשמל יגדל פי 2.6 כאשר בשני תרחישי ההפחתה- בתרחיש הקיצון "מבוסס אנרגיה מתחדשת" (Solar) ובתרחיש השני "מבוסס טכנולוגיות חדשות" (Technology) הביקוש לחשמל גדל פי 3 עקב המעבר לרכב חשמלי.

על אף שהגידול בחשמל גבוה יותר בתרחישי ההפחתה לעומת תרחיש "עסקים כרגיל", בשני התרחישים פליטות גזי החממה יופחתו ב-81% (7.04 ל-7.0 MtCO₂) ביחס לשנת הייחוס 2015 לעומת זאת, בתרחיש עסקים כרגיל, פליטות גזי החממה יגדלו ב-32% ביחס לשנת 2015 (49 לעומת 32.9 MtCO₂ בהתאמה). מבחינת מזהמים נוספים, ניתן לראות כי בתרחיש "עסקים כרגיל" החומר החלקיקי (PM) יופחת ב-8% עד לשנת 2050 (2.12 לעומת 2.30 kton), בתרחיש הסולארי יקטנו ב-87% מהערכים בשנת 2015 (0.30 kton). בבחינת מזהמי תחמוצות החנקן (NO_x) רואים כי בתרחיש "עסקים כרגיל" רמת תחמוצת החנקן יורדת ב-69% (21.25 לעומת 69.1 בשנת 2050 לעומת שנת 2015 בהתאמה), בתרחיש הטכנולוגי יורדת ב-83% (11.93 kton) ובתרחיש הסולארי יורדת ב-96% (3.05 kton). כאשר בוחנים את רמת תחמוצות הגופרית (SO_x) רואים כי בכל התרחישים לא נפלטות תחמוצות גופרית בשנת 2050. יש לציין כי תחשיבי פליטות המזהמים השונים בעתיד הינן תחת ההנחה כי הפליטות הסגוליות (פליטת מזהמים ליחידת אנרגיה מיוצרת) יוותרו בערכים הנוכחיים. אך סביר ששיפורים טכנולוגיים בעתיד, יאפשרו את הפחתת פליטות המזהמים אל מתחת לערכים שצוינו לעיל.

פליטות גזי חממה ומזהמים בתרחישים שונים



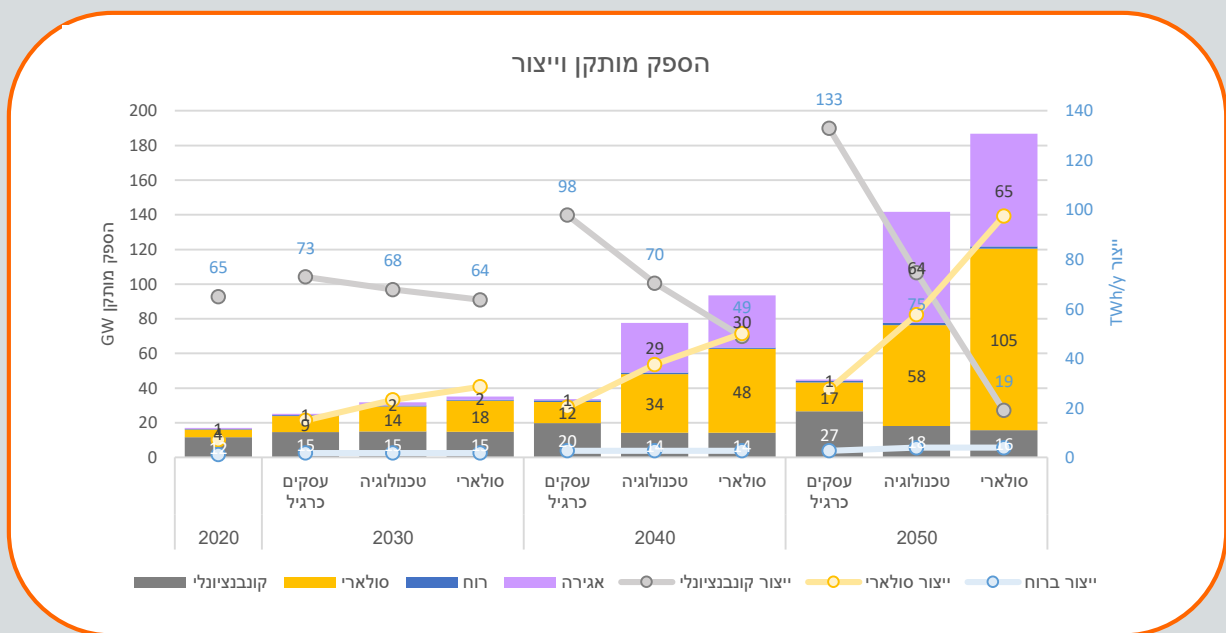
תרשים 38: תוצאות הרצת המודל הטכנו-כלכלי לשלושה תרחישים – תרחיש "עסקים כרגיל" ושני תרחישי קיצון, תרחיש "מבוסס אנרגיה מתחדשת" ותרחיש "מבוסס טכנולוגיות חדשות". משרד האנרגיה 2020.

בתרשים 39 להלן ניתן לראות את ההספק שיידרש ממתקני הייצור השונים עד לשנת 2050 בשלושת התרחישים. ניתן להתרשם מההספק (העמודות בתרשים) הניכר שיידרש למערכות הסולאריות ולאגירה בתרחיש הסולארי (ובאופן מתון יותר גם בתרחיש הטכנולוגיות). בגלל שמגה-וואט מותקן סולארי מייצר רק כ-30% מסך האנרגיה שמייצר מגה-וואט קונבנציונלי, הרי שנדרש הספק מותקן סולארי גבוה פי שלושה ויותר מהספק קונבנציונלי לצורך אספקת אותה כמות אנרגיה. בנוסף, המערכות הסולאריות דורשות אגירה ניכרת בכדי להעביר את כמויות האנרגיה הגבוהות המיוצרות בצהריים אל הערב והלילה שלאחריהם.

כמו כן, ניתן לראות בתרשים כי גם בתרחיש הסולארי נדרש הספק משמעותי בגז טבעי, וזאת בכדי שזה יהווה גיבוי למערכות הסולאריות בעת תקופות בהן אור השמש מועט, כגון מספר ימים רצופים בחורף עם עננות כבדה על פני רוב הארץ. אם נביט על התרחיש הסולארי בשנת 2050, למשל, הרי ששיא הביקוש לחשמל באותה השנה צפוי להיות כ-32GW, אולם גם תחת ההנחה שיהיו כ-105GW מתקנים סולאריים מותקנים (הספק מותקן), עדין יהיה צורך בכ-16GW של יחידות גזיות בכדי לספק את הביקוש במשך שבועיים-שלושה קשים לאורך השנה. מתוך כך עולה כי יהיה צורך בהספק בגובה של כ-50% משיא הביקוש בלבד היות ועם כמות האגירה שתתקיים במשך בשנה זו, ניתן יהיה להפעיל את היחידות בגז טבעי במשך 24 שעות רצוף בהספק נומינלי, בעוד מערכות האגירה יצברו את העודפים בשעות הביקוש הנמוך ויספקו את החוסר בשעות הביקוש הגבוה, יחד עם ההספק הסולארי המועט שיווצר בצהריים ניתן יהיה לשמור על אספקת חשמל רציפה. אולם, יש לזכור שיהיה צורך להוסיף עוד כ-1-2GW קונבנציונליים כרזרבה למקרה

של תקלה במערך הייצור. לסיכום, ניתן לראות כי בכל תרחיש, ישראל תידרש ליכולת הספק בגז טבעי של כ- 18 GW לכל הפחות בשנת 2050.

עקומות הקו בתרשים **מבטאות את כמות האנרגיה שתיוצר** מכל אחד מהמקורות. ניתן לראות כי הייצור הסולארי (בצהוב) הולך ועולה, בעוד הייצור הקונבנציונלי (באפור) עולה בתרחיש העסקים כרגיל אך יורד בתרחיש הטכנולוגי והסולארי. ובפרט כדאי לשים לב לפער בין ההספק הקונבנציונלי המותקן בתרחיש הסולארי בשנת 2050 לייצור המועט במגזר זה. משמעות הדבר היא כי יחידות הייצור עלולות לעמוד חודשים ארוכים ללא שימוש בזמן שהמגזר הסולארי יספק את כל צרכי המשק. לאופן הפעלה זה של יחידות הייצור תהיינה השלכות על תפעול היחידות משום שהן אינן מתוכננות לתקופות ארוכות של הדממה והשמשה. מאידך, שימוש מועט ביחידות אלה יוכל להעלות את אורך החיים שלהן ובכך להוזיל את עלויות האנרגיה.



תרשים 39: הספק מותקן וייצור אנרגיה בטכנולוגיות השונות, מודל האנרגיה, משרד האנרגיה. בעמודות מוצג ההספק המותקן בטכנולוגיות השונות, בשלושת התרחישים (ציר Y שמאלי). בגרף הקווי מוצגת כמות האנרגיה השנתית המיוצרת בטכנולוגיות השונות (ציר Y ימני).

כפי שרואים מניתוח החלופות לעיל, שני תרחישי הקיצון מובילים לאותה תוצאה – הפחתת 80% פליטות גזי החממה במשק האנרגיה בשנת 2050 לעומת שנת הייחוס 2015.

תוצאה זו מדגישה את "מניפת" התרחישים האפשריים להגעה ליעד של 80% הפחתת פליטות במשק האנרגיה בשימוש בכלים קיימים ועתידיים על בסיס קצב הבשלה של כל אחד מהם והכל לצד התייעלות משמעותית בצריכת האנרגיה:

1. העלאת % אנרגית השמש בתמהיל ייצור החשמל
2. שימוש נרחב בטכנולוגיות לתפיסת פחמן והטמנתו או טכנולוגיות דומות אחרות
3. שימוש בטכנולוגיות חדשות שאינן ידועות היום

4. שימוש באנרגיה גרעינית, שימוש במימן ואו אחרות
5. קישוריות – חיבור רשת החשמל למדינות אחרות וקניית חשמל נקי

לכל אחד מהכלים לעיל יתרונות וחסרונות אחרים כמו גם רמת הבשלה וקצב התפתחות שונה. אף על פי כן, ניתן לגזור כבר היום משמעויות מיישום שתי חלופות הקיצון – מפורטות בטבלה הבאה:

לוח 6: משמעויות הנגזרות מניתוח שתי חלופות הקיצון במודל הטכנו-כלכלי:

תנאי הכרחי	2020	יעד 2030	יעד 2050
שטח		> 100 אלף דונם	513-930 אלף דונם
אגירה	0.3 GW	2.7 GW	34-54 GW
פיתוח הרשת – יכולת הולכת אנרגיה מתחדשת	3-4 GW	7.3 GW	10-16 GW
עלויות שנתיות צפויות למשק		23-26 מיליארד ₪ בשנה	49-53 מיליארד ₪ בשנה

יש להדגיש כי הערכת העלות בטבלה מתארת את העלות השנתית המלאה החזויה לייצור החשמל במשק. בבחינה שנערכה ברשות החשמל להגדלת יעדי האנרגיה המתחדשת ל-30% בשנת 2030¹⁰¹ נמצא כי הפער בין תרחיש ה"עסקים כרגיל" לתרחיש ההפחתה נמצא בתחום $\pm 2\%$ מהעלות המשקית, בבחינה שנערכה לשנת 2050 נמצא כי העלות המשקית בתרחיש ההפחתה הינה זהה או נמוכה בכ-7% מהעלות בתרחיש "עסקים כרגיל". יש לזכור כי אי הוודאות בטכנולוגיות ובעלויות הצפויות בשנת 2050 גבוהה בהרבה מ-10% ולכן ניתן לומר כי העלויות בתרחיש השונים אינן שונות מהותית. על פי המודל ישנן משמעויות דרסטיות למעבר למשק אנרגיה דל פליטות ותנאי סף בלעדיהם לא נוכל לעמוד ביעד.

סוגיית השטח:

על פי ניתוח המודל, על מנת לאפשר אחוז גבוה (50-85%) של אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל העתידי (מתבסס על העלאת אחוז האנרגיה הסולארית בלבד) יש צורך בכ-513-930 אלף דונם לשם הקמת תחנות ייצור סולאריות בשנת 2050. שטח נדרש זה שווה לכעשרת הפעמים שטחה של תל אביב. על מנת לעמוד ביעד של 30% אנרגיה מתחדשת בתמהיל הייצור, יש צורך להקצות כבר עד לשנת 2030 שטח של

101

https://www.gov.il/BlobFolder/reports/2030_final/he/Files_pirsumim_2030_f_10.08.2020_paper.pdf

למעלה מ-100 אלף דונם. הקצאת שטח בהיקפים כאלו, הלכה למעשה, אינה אפשרית כלל. כבר כיום נתקל משק האנרגיה הקשיים הולכים וגדלים באיתור ותכנון קרקע למיזמי אנרגיה סולארית. המעבר לייצור באנרגיה סולארית מחייב שטחים בהיקף של פי 150-100 מאלו הנדרשים לייצור בגז טבעי. לפיכך, יישום אנרגיה מתחדשת בשיעורים גבוהים מחייב לא רק דו שימוש נרחב בקרקע, אלא גם קיומם של פיתוחים טכנולוגיים הן בשימוש בשטחים נוספים דוגמת קירות מסך, הן בפיתוח דו שימוש בין חקלאות לבין אנרגיה שמש והן בפיתוח טכנולוגיות להגברת נצילות התאים הפוטו-וולטאים ליחידת שטח. ללא ספק, לאור המגמות העולמיות, טכנולוגיות מסוג זה עשויות להתפתח ועל המשק הישראלי להוות גורם מוביל בפיתוח מגמות אלו.

אגירה:

על פי ניתוח המודל, על מנת לאפשר אחוז גבוה (50-85%) של אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל יש צורך ביכולת אגירה של 34-54 GW עד לשנת 2050. לצורך עמידה ביעד של 30% אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל בשנת 2030 נזדקק ליכולת אגירה בכמות של 2.7 GW. נכון להיום יכולת האגירה עומדת על 0.3 GW בלבד ומבוססת רובה ככולה על אגירה שאובה.

פיתוח הרשת- הולכה:

על פי ניתוח המודל, על מנת לאפשר אחוז גבוה (50-85%) של אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל יש צורך ביכולת הולכת אנרגיה מתחדשת של 10-16 GW על מנת לתת מענה להתפתחויות הביקוש הצפויות עד לשנת 2050. לצורך עמידה ביעד של 30% אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל בשנת 2030 נזדקק ליכולת הולכה בכמות של 7.3 GW, כאשר נכון להיום היכולת עומדת על 3-4 GW בלבד.

עלויות צפויות למשק - השקעות:

בחינת כלל העלויות למשק חושבה על בסיס עבודת רשות החשמל אשר ביצעה כימות של העלויות הכרוכות בהגדלת יעד האנרגיה המתחדשת¹⁰². העלויות מוצגות כעלות עודפת של הגדלת יעד המתחדשות מ-17% ל 30%. העלויות שתומחרו חולקו לשתי קטגוריות: עלויות הקמה ותפעול של המתקנים הפוטו-וולטאים ועלויות ההשקעה ברשת כדי לקלוט את ההספק הנדרש לצורך עמידה ביעד המתחדשות לשנת 2030. מעבר לעלויות שתומחרו, יש מספר עלויות למשק החשמל שלא תומחרו בשלב זה ובהן:

- א. עלויות נוספות הנובעות מהטמעת אמצעים שונים לשם ייצוב הרשת
- ב. עלויות הפיתוח הנדרשות ברשת חלוקת החשמל לצורך קליטת האנרגיה המתחדשת
- ג. תרומת האנרגיה המתחדשת לשרידות עקב ביזור מערך הייצור
- ד. חיסכון באיבודי חשמל עקב ביזור מערך הייצור והקמת מתקני ייצור בקרבה למוקדי צריכה
- ה. הפחתת הריכוזיות במקטע הייצור

הניתוח לוקח בחשבון את עלויות הקמת המתקנים עד שנת 2030 אך מחשב את עלויות הדלקים, התפעול הקבוע והמזהמים, הנובעים מתמהיל ההספק שיוקם על מנת לעמוד ביעד, לאורך תקופה של 20 שנים, קרי עד שנת 2040. כלל העלויות הונו לשנת 2020 לפי שיעור ריבית היוון בהשקעות חסרות סיכון בגובה של 3%.

בחישוב כלל העלות הנדרשת להקמה ולתפעול של מתקני האנרגיה המתחדשת הנדרשים לצורך עמידה ביעד של 30% בשנת 2030 עולה כי הפער בין יעד מתחדשות של 17% ל 30% נע בין עלות עודפת של כ- 4 מיליארד ש"ח, לחיסכון של 8 מיליארד ש"ח, ערכים הנמצאים בתחום $\pm 2\%$ מסך העלות המשקית. בבחינת הפער בשנת 2050 בין יעד מתחדשות של 17% ל-86% נמצא כי העלות בתרחיש ההפחתה הינה זהה או נמוכה בכ-7% מהעלות בתרחיש "עסקים כרגיל".

העלויות הנדרשות לשם פיתוח הרשת תלויות גם הן בסוג ההספק שיוקם. ככל שההספק המוקם הוא בשימוש דואלי כך סביר יותר שהוא יוקם סמוך לאזור צריכה ולכן יצריך פיתוח רשת מופחת. יחד עם זאת, החיסכון ברשת בא לידי ביטוי בעיקר כאשר המתקנים בשימוש דואליים קמים בסמיכות למוקדי הביקוש במרכז הארץ, בעוד מתקנים בשימוש דואלי באזורים בהם הצריכה נמוכה יותר מהייצור אינם מביאים לחיסכון משמעותי ברשת. ככל שההספק מוקם כקרקעי גובר הסיכוי שיוקם במרחק גדול יותר מאזורי צריכה ולכן נדרשת השקעה גדולה יותר ברשת.

מהבחינה עולה כי פערי העלות בהשקעות ברשת בין יעד מתחדשות של 17% ל- 30% הם כ- 4 - 5 מיליארד ש"ח. בנוסף ניתן לראות שבתרחיש המוטה למתקני ייצור קרקעיים, ההשקעה הנדרשת ברשת גבוהה יותר בשל ריחוקם ממוקדי צריכה. כאמור, עלויות ההשקעה ברשת אינן כוללות בשלב זה את עלות ההשקעה ברשת החלוקה.

לסיכום, תוצאות הרצת המודל בתרחישים השונים הן המפתח לקביעת היעדים לשנת 2050. המודל הטכני מצביע על התרחיש האפשרי והמודל הכלכלי על הכדאיות הכלכלית בהרצות השונות. לאור תוצאות המודל וטווח התכנון הארוך, ניתן לומר כי לא קיימת יכולת של ממש לאמוד את פערי העלות בין התרחישים השונים. לפיכך, הגורמים המרכזיים בעיצוב קבלת ההחלטות בטווח זמן זה הינם ההשפעה על רמת הביטחון באנרגיה המושגת וההשפעה הסביבתית הכוללת, לרבות פלטת מזהמים מקומיים והשפעות סביבתיות הנגרמות לאור שימוש נרחב בקרקע והפרת המרקם האקולוגי. כל אלו באים לידי ביטוי לא רק בקביעת היעדים, אלא קודם לכל במדיניות ממשלתית כוללת, דוגמת מדיניות הקצאת הקרקע בישראל, הנכונות התכנונית והמקובלות הציבורית להעברת שתשיות הולכת האנרגיה הנדרשות והיכולת להפחית משמעותית את זיהום האוויר המקומי באמצעים שונים. כל אלו מובילים למסקנה הבלתי נמנעת כי טווח התכנון הארוך מחייב מרחב גמישות משמעותי ואינו תומך בהתמקדות בטכנולוגיה אחת בלבד. לפיכך, הגמישות בקביעת הטכנולוגיות והתרחישים השונים הם כלים קריטיים בקביעת יעדים תפקודיים של הפחתת פליטות וזאת חלף קביעת יעד המקבע טכנולוגיה. בנוסף וכפי שפורט לעיל נגזרות המודל המתייחסות לשטח, אגירה ורשת והן הבסיס לקביעת אבני הדרך של התוכנית והאילווצים להגעה ליעדים.



יעדי התכנית

יעדי התכנית

משק האנרגיה מספק את האנרגיה החיונית לתפקוד תקין של כלל הסקטורים בישראל כמו גם של כל אזרחי ישראל ולכן משפיע באופן ישיר ומהותי הן על כלכלת ישראל והן על איכות חייהם של תושביה. שלושת העקרונות המנחים של תכנון משק האנרגיה הם – ביטחון אנרגיה, כלכלה וסביבה.

למשק הישראלי מאפיינים ייחודיים. ישראל היא אי אנרגטי גאו פוליטי, המאופיינת בצפיפות אוכלוסייה גבוהה יחסית, בקצב גידול אוכלוסייה גבוה, במיעוט שטחים פתוחים במיוחד באזור המרכז, בעתודות גז גדולות, בפוטנציאל לייצור חשמל מאנרגיות השמש אולם במיעוט אפשרויות ליצירת אנרגיה ממקורות מתחדשים אחרים.

תכנון יעדים ארוכי טווח במשק האנרגיה מתכלל את עקרונות המשק ביחד עם מאפיינה הייחודיים של ישראל וזאת על רקע השאיפה להפחית משמעותית את פליטת גזי החממה שמקורם במשק האנרגיה.

על כן, משרד האנרגיה הגדיר ארבעה 'יעדים ראשיים' שישקפו את המטרה האסטרטגית של הפחתת פליטות, ובנוסף לכך יעדים סקטוריאליים תומכים בעזרתם ניתן יהיה להשיגה. 'יעד העל' מוגדר **כהפחתת פליטות גזי חממה ממגזר האנרגיה בשיעור של 80%** ביחס לשנת הייחוס 2015 וזאת עד לשנת 2050.

היעדים והמדדים עבור סקטור האנרגיה מוצגים בלוח הבא:

לוח 7: יעדי תכנית האנרגיה

יעדים ראשיים	מדד	2018	יעד 2030	יעד 2050
הפחתת פליטות גזי חממה במשק האנרגיה	אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015	-	-	80%
הפחתת פליטות גזי חממה במגזר החשמל	אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015	-	-	75%-85%
יעילות באנרגיה	אחוז שיפור שנתי בעצימות אנרגיה (טרה-וואט/מלש"ח)	-	שיפור שנתי של 1.3% האנרגיה	שיפור שנתי של 1.3% האנרגיה בעצימות
שימוש בפחם	אחוז פחם בתמהיל ייצור החשמל	30%	0%	0%

יעדים אלו נבחרו מכיוון שהם משקפים את המטרות האסטרטגיות של התכנית ובפרט, הפחתת פליטות גזי חממה ומזהמי אוויר.

עמידה ביעדי התוכנית תלויה באבני הדרך להגעה ליעדים ובמבט הדרכים שתלך ותתגבש עם הזמן. מפת הדרכים תלויה במספר אילוצים והחלטות מדיניות. להלן דיון ברכיבים המשמעותיים של מפת הדרכים להגעה ליעדים וקביעת אבני דרך בחלקם.

מפת הדרכים להגעה ליעדים – אבני הדרך ועמודי המדיניות המרכזיים בדרך להגעה ליעד

כאמור עמידה ביעדים ארוכי טווח חייבת לעבור ביעדי ביניים וכן במספר צמתים אשר יגדירו את העמידה ביעדים ויותר מכך את הדרך או אופן העמידה ביעדים. כך למשל, החלטה בשאלת מדיניות הקצאת הקרקעות הן בשימוש בלעדי והן בשימושים דואליים תשפיע באופן ישיר על אחוז הייצור מאנרגיה סולארית. באופן דומה מדיניות שתביא לחיבור הרשת הישראלית עם רשתות אחרו וייצור אנרגיות מתחדשות במדינות שכנות ורכישת החשמל בישראל יביא לעמידה ביעד מבלי להקים הספק נוסף בישראל. לצד החלטות מדיניות יבחן עלפני זמן קצב התקדמות הטכנולוגיה אשר ישפיע על הטמעת טכנולוגיות נוספות ומתוך כך על אופן העמידה ביעדים. להלן אבני הדרך והמאפיינים השונים אשר יקבעו את אופן העמידה ביעדים.

הגדלת אחוז המתחדשות בתמהיל הייצור

תוצאות המודל מציגות שני תרחישים להגעה ליעד הפחתת פליטות במשק החשמל. התרחישים כוללים אחוז המתחדשות נע בין 50% ל-85%. בשני התרחישים מדובר בקצב חדירה גבוה למשק והוא גוזר משמעות רבות. על כן, וכפי שמפורט בתוכנית יקבע יעד מתחדשות לטווח הקצר וטווח הביניים, נכון להיום 20% מתחדשות עד שנת 2025 ו-30% עד שנת 2030. יעד זה יעודכן עם הזמן והוא אחד הקנדיטים המשמעותיים לעמידה ביעדי התוכנית.

אחוז גבוה (מעל 30%) של אנרגיה מתחדשת בתמהיל הייצור כרוך באתגרים רבים הנוגעים בין השאר בהיבטים תכנוניים, סביבתיים, פיננסיים, ובעיקר ביציבות ושרידות מערכת החשמל, קצב התקדמות טכנולוגיות האגירה ומציאת שטחים לצורך הקמת מערכות סולאריות.

בהיעדר פוטנציאל לייצור אנרגיה מתחדשת ממקורות קבועים כגון מקורות הידרו-אלקטריים וגיאותרמיים, ובשל החסמים הרבים הנוגעים לקידום מתקנים בטכנולוגיות אחרות, ההנחה בבסיס העבודה היא שלצורך עמידה ביעד, תוספת ההספק שתידרש תהיה ברובה המוחלט באמצעות מתקני ייצור סולאריים. כך, עומדת ישראל להפוך לאחת המובילות העולמיות בחלק הייצור הסולארי מתוך סך הייצור. למרות היתרונות

הכלכליים של ייצור סולארי ומאפייני האקלים בישראל, קיימת מורכבות רבה בניהול מערכת חשמל המסתמכת באופן כמעט בלעדי על מקור אנרגיה מתחדשת אחד בלבד, בפרט סירוגי (שאינו ניתן לשליטה על ידי מנהלי הרשת ואינו בעל כושר אספקה רציף). לאור האמור, יש חשיבות רבה לשימור ולהרחבת הפעולות שנקטו כדי להקל על שילובם של מתקנים פוטו-וולטאים, לקידום סוגים נוספים של אנרגיות מתחדשות ובפרט טכנולוגיית הרוח, כמו גם לשימוש במתקני אגירה לצורך קליטת עודפי ייצור סולארי והגמשת מערך הייצור.

לישראל מספר מאפיינים נוספים המעצימים את האתגר הנובע משילוב משמעותי של אנרגיות מתחדשות, ובפרט שילוב מתקנים סולאריים. ראשית, לישראל אין חיבור משמעותי עם מדינות שכנות שמאפשר הזרמת עודפי חשמל או גיבוי במקרה של מחסור. בנוסף, ישראל היא מדינה קטנה ובעלת צפיפות אוכלוסין גבוהה. בהשוואה לייצור קונבנציונלי, כמות האנרגיה שמיוצרת לתא שטח באמצעות מתקנים פוטו-וולטאים נמוכה משמעותית. יצוין בהקשר זה כי מוקדי הצריכה העיקריים מרוכזים באזור המרכז, בעוד שפוטנציאל השטחים הפנויים הגדול ביותר להקמת מתקני ייצור קרקעיים נמצא באזור הדרום, בו צריכת החשמל היא נמוכה. כתוצאה מכך, נדרש ניצול מירבי של יכולת הקמת מערכות ייצור בשימוש כפול בשטחים הבנויים במרכז, ופיתוח משמעותי של רשת ההולכה לצורך העברת האנרגיה ממוקדי הייצור למוקדי הצריכה.

מתוך כך, כאמור, נראה כי התמודדת עם האתגרים וכן המדיניות הממשלתית הנושא, שבעליה באחוז הייצור הסולארי, קרי יעדי המתחדשות בטווח הקצר והבינוני, יקבעו את אופן ההגעה ליעדים ארוכי הטווח.

הטמעה של טכנולוגיות נוספות במשק החשמל

טכנולוגיות הקשורות לעולם תפיסת הפחמן הן טכנולוגיות המימן ה"כחול". מימן כחול הוא מימן המופק מגז טבעי (הכולל פחמן ומימן בלבד). בהליכי ההפקה נוצרות תרכובות פחמן שניתן לתפוס ולנצל בדומה לטכנולוגיות ה-CCU שצוינו לעיל. את המימן ניתן לאגור ולהזין לטורבינות ייעודיות לייצור חשמל (טורבינות הדומות לטורבינות גז עם שינויים מסוימים), לתנורים תעשייתיים כחלופה לדלקים מזהמים, או לתאי דלק, ההופכים מימן וחמצן למים תוך כדי ייצור חשמל.

לצד טכנולוגיות אלה, קיימת האפשרות לייצור חשמל מאנרגיה גרעינית הנפוצה מאוד בעולם, אולם בישראל היא נתקלת בהתנגדויות משמעותיות. תחום קרוב הוא ההיתוך הגרעיני, שהינו בטוח ונקי יותר מתהליך הביקוע הגרעיני שבשימוש כיום. לאחרונה הוצגו מספר פריצות דרך בתחום זה ויתכן כי בעתיד יוכל להוות מקור שופע לאנרגיה נקייה וזולה. גם טכנולוגיות טורבינות הרוח הצפות בעומק הים מתפתחת בימים אלו במהירות וצפוי כי בעוד כעשור תוכל להוות מקור זול וזמין לחשמל נקי.

הטמעת הטכנולוגיות במשק הישראלי כוללת בהבשלתן הן הטכנולוגיות והן הציבורית תקבע באופן מהותי את אופן העמידה ביעדים.

הגעה ליעדי הפחתת פליטות בסקטורים משלימים- תעשייה, תחבורה ומבנים

כאמור, המשך הפיתוח הכלכלי בישראל ידרוש גידול מתמשך בביקוש לאנרגיה. הקשר בין תעשייה, תחבורה וסקטור המבנים לאנרגיה הוא קשר ישיר כיוון ששלושת התחומים תלויים באנרגיה לפעילותם השוטפת, עם זאת האתגר והאחריות למעבר לאנרגיה נקייה בסקטורים אלה משותף ותלוי במספר בעלי עניין.

1. מגזר התעשייה

ישנם שלושה מקורות לפליטה במגזר התעשייה: פליטה ישירה מהתהליכים התעשייתיים עצמם, פליטה עקיפה עקב שימוש בחשמל ופליטה ישירה עקב שריפת דלקים וגז. בעולם, משקיעים בתהליכים המנסים לצמצם פליטות אלו וגם בישראל, משרד האנרגיה בשיתוף משרד הכלכלה, רשות החדשנות והתאחדות התעשיינים משתפים פעולה במטרה לקדם תהליכי מחקר, פיתוח ויישום של תהליכים מופחתים פליטות בתעשייה.

התהליכים להסבת התעשייה לתעשייה דלת או מאופסת פליטות גזי חממה הינם ארוכי טווח ודורשים הן בחינה הנדסית עמוקה והן השקעה של סכומים גבוהים. היות וכך יש להתחיל לקדם את התהליכים במהירות האפשרית בכדי לאפשר לתעשייה את הזמן הנדרש למעבר. ללא הסבה לגז טבעי בשלב הראשון במקביל לתהליכי חשמול ומעבר למימן בטווח הארוך, לא נוכל להפחית פליטות בסקטור זה ולעמוד ביעד העל.

להלן יעדי מגזר התעשייה:

יעד	מדד	2018	יעד 2030	יעד 2050
הפחתת פליטות גזי חממה של התעשייה	הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015		15%	40%

2. מגזר התחבורה:

כיום קיימת תלות כמעט מוחלטת בנפט כמקור אנרגיה לתחבורה בארץ ובעולם. למעלה מ-90% מצריכת האנרגיה בתחבורה העולמית מקורה בנפט ובישראל התלות אף גדולה יותר. למצב זה ישנן השלכות שליליות ביותר הן מההיבט הסביבתי, כתוצאה מפליטות גזי חממה, הן מההיבט הבריאותי עקב מזהמי האוויר שונים, הן מההיבט הכלכלי, מאחר ומחירי הנפט מתאפיינים בתנודתיות גבוהה, והן מההיבט הגיאופוליטי, מאחר והנפט מצוי בחלקו הגדול במדינות התורמות לחוסר יציבות פוליטית.

על מנת להפחית את הפליטות מסקטור זה יש לעודד חדירת רכב חשמלי ע"י חבילת תמריצים הכוללת הטבות מיסים רכישה ומכס, פריסת תשתיות ועמדות טעינה, השקעות ברשת החשמל בכדי שתוכל לספק את הביקוש התוספתי והשקעה במו"פ. בנוסף יש צורך לאמץ את התקנים האירופאים לפליטות ברכבים חדשים ולקבוע יעדי מכירות וייבוא. מבחינת התחבורה הכבדה שלא צפויה לעבור חשמול בעשורים הקרובים, יש צורך באיסור מכירת כלי רכב מונעים בבנזין וסולר ובהשקעה נרחבת בתחליפי דלקים כגון מימן, גז טבעי נוזלי (גט"ן) וביו דלקים.

להלן יעדי מגזר התחבורה:

יעד	מדד	2018	יעד 2030	יעד 2050
רכבים מאופסי פליטה	אחוז רכבים מאופסי פליטה מסך מצבת הרכבים*	0%	25%	עבור רכבים קלים מתחת ל-3.5 טון ואוטובוסים -
			10%	עבור משאיות כבדות
יעילות אנרגטית	צריכת אנרגיה סופית מתחבורה לתושב לשנה (MWh/capita)	7.7	6-7	2-3

3. מגזר המבנים

בישראל, סקטור המבנים אחראי על כשליש מפליטות גזי החממה, בעיקר כתוצאה מצריכת אנרגיה לתאורה, לחימום ולקירור. אימוץ תקני בנייה ירוקה יוביל לחיסכון של עד 30% בצריכת האנרגיה במבנים, אולם, אימוץ של בנייה ירוקה אינו ממצה את פוטנציאל הפחתת פליטות גזי החממה ויש צורך לחיוב בנייה מאופסת אנרגיה, כך שייצור האנרגיה שווה לצריכת האנרגיה והמאזן האנרגטי הינו אפסי ואף חיובי במבנים אלה. להלן יעדי מגזר המבנים כפי שנקבעו ע"י צוות מבנים וערים:

יעד	יעד	מדד	יעד
2030	2025		
100%	100%	שיעור התחלות הבנייה של מגורים (בנייה רוויה), מבני מסחר ומבני ציבור הנבנים בהתאם לתקן בנייה ירוקה	בנייה ירוקה: הגדלת שיעור המבנים הנבנים בהתאם לתקן בכל הארץ
100%	100%	שיעור התחלות הבנייה של מבני מגורים צמודי קרקע מאופסי אנרגיה	בנייה מאופסת אנרגיה: הגדלת שיעור המבנים מאופסי האנרגיה
100%	25%	שיעור התחלות הבנייה של מבני מגורים 3-5 קומות מאופסי אנרגיה	* מכיוון שהתחום נמצא בראשיתו בישראל, ייתכן שהיעדים יעודכנו עם התקדמות העבודה

העובדה כי הגעה ליעדים בתחום האנרגיה תלויה לא מעט ביעדים של המשקים המשלימים מצריכה שיתוף פעולה בין-משרדי ובין מגזרי, הינה קריטית על מנת להגיע למטרה המשותפת של השגת יעדי הפחתת הפליטות הלאומיים של ישראל. האתגרים העומדים בפנינו מורכבים ולכן לטיפול בהן נדרשת גישה משולבת המתבססת על יעילות ניצול המשאבים של כל משרד ותחום ועל חלוקת אחריות. תיאום זה יכול ליצור יתרון לגודל - מהלך של מספר משרדים ובעלי עניין הוא עוצמתי ויעיל יותר. אולם, קיים קושי לסנכרן ולתאם שגרה ונהלים ארגוניים, אשר מייצר חסם משמעותי לשת"פ, ולכל אחד מהגופים משתפי הפעולה יש מטרות ולחצים שונים שיכולים לפגוע במהלך הכולל. סוגיית השטח למשל, הינה דוגמא לאתגר שנוכל להתגבר עליו רק על ידי הבנה הדדית וחתירה למטרה זהה, שילוב נכסים והסכמה על ערך משמעותי שלכל אחד מהמשרדים יש סיבה ערכית אמיתית לקדם אותו.

מדיניות הקצאת השטח

על פי ניתוח המודל, על מנת לאפשר אחוז גבוה (50-85%) של אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל העתידי (מתבסס על העלאת אחוז האנרגיה הסולארית בלבד) יש צורך בכ-930-513 אלף דונם לשם הקמת תחנות ייצור סולאריות בשנת 2050- שטח נדרש זה שווה לכעשרת הפעמים שטחה של תל אביב. מדובר כאמור בשטח אדיר ועלכן להקצאת השטח השפעה מכרעת על העמידה ביעדי התוכנית. לשם עמידה ביעד של לפחות 50% אנרגיה מתחדשת בתמהיל האנרגיה בשנת 2050, הערכות המודל המשמש לעבודה זו עומדות על צורך בהקמה של הספק מותקן של 57,000 מגה-וואט על פני כ-513,000 דונם. העלאת אחוזה מתחדשות לכדי 80% תצריך כ-930,00 דונם. שימוש נרחב כל כך בשטח, גם אם בשימושים דואליים, מציב אתגר חסר תקדים בכל הנוגע לייצור אנרגיה בטכנולוגיית PV ויכולת קליטתו ברשת.

מתוך כך בחינת העלאת יעד מתחדשות עד כדי עמידה ביעד המקסימלי מצריכה בחינה של עתודות השטח. כפי שפורט בעבודת יעדי 2030 סך הפוטנציאל לשטחים אשר נסקרו בתוכנית עומד על כ-180 אלף דונם בלבד. כך עולה הצורך בבחינה של פוטנציאל נוסף. פוטנציאל זה עשוי להגיע מקירוי כבישים ושימוש דואלי בשטחי חקלאות. בכל הקשור לקירוי כבישים מדובר עדיין בטכנולוגיה יקרה יחסית שלא נוסתה באופן רחב אולם בכל הקשור לאגרו וולטאי נראה שבעולם הולכת ומתפתחת היום, כאמור, טכנולוגיה רלוונטית. לצד הפוטנציאל הגלום הן לחקלאות והן, לאנרגיה יש לבחון בקפידה את העלויות הכלכליות ואת העלויות הסביבתיות שבשימוש נרחב כל כך בשטחים חקלאיים לטובת ייצור באנרגיה סולארית.

אגירה

אגירת אנרגיה מחליפה הקמת תוספת ייצור וחוסכת בשטחים. השימוש באגירה הוא אמצעי מפתח לפתרון בעיית הפקת חשמל מאנרגיה סולארית. השימוש באגירה, בין אם אגירה שאובה, בסוללות או בכל טכנולוגיה אחרת, יכול לפתור את בעיית הייצור העודף באמצעות קליטת עודפי הייצור בשעות הצהריים ופריקתה בערב ובליילה. בנוסף, לאמצעי האגירה יכולת תגובה מהירה והם יכולים לתת מענה לחלק מהבעיות הדינמיות המקשות על שמירת יציבות הרשת. לאגירה בסוללות יתרונות נוספים כגון זמני הקמה מהירים יחסית, גודל המתקנים והיכולת לשלב אותם בתשתיות קיימות ויכולת הקמה מודולרית.

יש לציין כי טכנולוגיית האגירה באמצעות סוללות עדיין בחיתוליה ואין ניסיון רב בעולם בתפעול מערכת חשמל הכוללת כמות גדולה מאד של מערכות אגירה באמצעות סוללות. בנוסף, קיימת אי וודאות רבה לגבי עלויות הטכנולוגיה, מחזורי החיים שלה ואף לגבי היכולות שלה.¹⁰³ עם זאת, השימוש בטכנולוגיה זו הולך וגובר ברחבי העולם וקיימת מגמה ברורה של ירידת מחירים כאשר הצפי הוא להמשך המגמה לאורך העשור הקרוב לפחות.¹⁰⁴

על מנת לספק את הביקוש בשנת 2030 כאשר תמהיל האנרגיה יכיל 30% אנרגיה מתחדשת, ובשנת 2050 כאשר תמהיל האנרגיה יכיל מינימום 50% אנרגיה מתחדשת, יהיה צורך בהספק אגירה מותקן של כ-19,600-26,000 ו-150,000-225,000 מגה-וואט-שעה בהתאמה¹⁰⁵. בבחינת העלות העודפת והחיסכון המשקי של הגדלת יעד המתחדשות ל 30% עולה כי הטווח נע בין עלות עודפת של כ-4 מיליארד ש"ח לבין חיסכון של כ-8 מיליארד ש"ח. עד לשנת 2050 צפוי חיסכון של כ-3 מיליארד ש"ח בשנה, אך ערך זה הינו נמוך ביחס לאי הוודאות בנוגע לעלויות בטווח הזמן של 30 שנים.

פיתוח הרשת

¹⁰³ ראו גם: NREL – Cost projections for Utility-Scale Battery Storage, June 2019

¹⁰⁴ ראו גם: IRENA – Electricity storage and renewables: Cost and markets to 2030

¹⁰⁵ כמות ההספק המדויקת, תלויה במספר גורמים ובעיקר בתמהיל של סוגי המתקנים, זאת לאור רמות התפוקה הממוצעות השונות

על פי ניתוח המודל, על מנת לאפשר אחוז גבוה (50-85%) של אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל יש צורך ביכולת הולכת אנרגיה מתחדשת של 10-16 GW על מנת לתת מענה להתפתחויות הביקוש הצפויות עד לשנת 2050. לצורך עמידה ביעד של 30% אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל בשנת 2030 נזדקק ליכולת הולכה בכמות של 7.3 GW, כאשר נכון להיום היכולת עומדת על 3-4 GW בלבד.

רשת החשמל מהווה תשתית לאומית עיקרית וחיונית שתפקידה, בין היתר, להעביר את האנרגיה המיוצרת בתחנות הכוח אל מרכזי הצריכה ברמת האמינות והאיכות הנדרשת. פיתוח מערכת ההולכה וההשנאה נדרש על מנת לתת מענה להתפתחות הביקוש הצפוי במשק החשמל, הצורך בשדרוג הרשת לשם הגברת שרידות המערכת, אמינות ויתירות ההספקה ולחיבור של מתקני ייצור ובכללם מתקני ייצור באמצעות אנרגיה מתחדשת הנדרשים למשק החשמל.

יחידת תכנון ופיתוח טכנולוגיות (תפ"ט) בחברת ניהול המערכת אחראית על תכנון מערכת ההולכה בהתייחס לביקוש הצפוי במשק החשמל על פי איזורים גיאוגרפיים, טכנולוגיות הייצור תוך שמירה על שרידות ואמינות האספקה. פרויקטים במקטע ההולכה מקודמים במסגרת תכניות מתאר ארציות במסגרת המועצה הארצית או הוועדה לתשתיות לאומיות (ות"ל). מעבר לקושי המערכתי בפיתוח מקטע ההולכה, הליך התכנון של הפרויקטים כולל חסמים רבים ואורך זמן רב. קושי זה הולך וגובר עם העלייה במגמה של ביזור ייצור החשמל, מאידך העיכובים בפיתוח הרשת מונעים הקמה של מערכות ייצור, ובפרט מערכות סולאריות בדרום.

תוספת של הספק מותקן באנרגיות מתחדשות, בוודאי מסוג סירוגי אחד, עשויה שלא לחסוך כמעט בכלל הספק קונבנציונלי, שנדרש לצורך גיבוי מתקני הייצור באנרגיות מתחדשות בשעות בהן אין ייצור מהם.¹⁰⁶ מכיוון שהרשת צריכה לתת מענה לקליטת האנרגיה מכל מתקני הייצור ולהעברתו ממוקדי הייצור אל מוקדי הצריכה, הוספה של מתקנים פוטו-וולטאים בהיקף של אלפי מגה-וואט מחייבת התאמה של פיתוח הרשת והגדלת היקף ההשקעות במקטעי הרשת.

קושי נוסף נובע מכך שהייצור הסולארי מרוכז בכ-5 שעות ביום, בממוצע, כך שייצור סולארי דורש הספק הולכה מירבי גבוה פי 3 לערך ביחס לייצור דומה ממקורות קונבנציונליים. יוצא מכך שהגדלת הייצור הסולארי מטילה דרישות כבדות על הרשת. שימוש משמעותי באגירה יכול להפחית דרישות אלו ולכן יש לתכנן את הרשת במקביל לתחזיות הייצור הסולארי והאגירה.

תכנון תשתיות אנרגיה באופן כללי היא משימה מורכבת, אחד האתגרים המשמעותיים הוא התחרות על משאב הקרקע. ישראל היא מהמדינות הצפופות בעולם, עם ממוצע של 405 תושבים לקילומטר מרובע¹⁰⁷. יתרה על כך, תחזית הצמיחה של הלמ"ס מלמדת כי אוכלוסיית ישראל צפויה להכפיל את עצמה עד לשנת 2065, אז יחיו בישראל כ-20 מיליון איש¹⁰⁸. בהתאם לכך, מקודמות עשרות אלפי יחידות דיור אשר צפויות לתת

¹⁰⁶ שילוב של אמצעי אגירה לצד מתקני האנרגיות המתחדשות יכול כמונן לחסוך בהספק קונבנציונלי.

¹⁰⁷ <https://ourworldindata.org/grapher/population-density>

¹⁰⁸ <https://www.cbs.gov.il/he/mediarelease/pages/2017>

מענה לתחזיות אלו¹⁰⁹. לכך יש להוסיף את אספקת התשתיות הדרושות לאותן יחידות דיור ובמקביל יש לשמור ולהבטיח שאספקת התשתיות תהייה באמינות גבוהה וביתירות.

מורכבות תכנון התשתיות מתעצמת, על רקע הרצון להגדיל את חלקן של האנרגיות המתחדשות בתמהיל הייצור, שיתבסס על חשמל סולרי שמאופיין ב: (1) צורך בשטחים נרחבים ביחס לייצור באמצעים אחרים, (2) ייצור חשמל מבוזר, (3) ייצור המחייב רשת חשמל מבוזרת בפריסה רחבה שגם בעבורה יש לאתר שטחים¹¹⁰.

מתוך כך וכפי שעולה מניתוח המודל בחינת התאמת הרשת להגדלת יעד המתחדשות וקליטת הטכנולוגיות היא תנאי הכרחי בדרך לעמידה ביעדים.

שיתופי פעולה אזוריים וקישוריות

המשק הישראלי נכון להיום הוא אי אנרגטי. אין ספק שהצורך בשמירה על אמינות האספקה ביחד עם המחסור בשטח, השאיפה לפיתוח כלכלי והרצון להפחית פליטות ומזהמים מסמנים את הדרך לקידום שיתופי פעולה אזוריים. חיבור רשת החשמל הישראלית וכן קידום מיזמים לייצור אנרגיות מתחדשות במדינות השכנות, אשר נבחנו כחלק מהתרחישים במודל, עשויים לאפשר למשק הישראלי את ההגעה ליעד, תוך חיזוק הכלכלה האזורית, ותרומה להפחתת הפליטות גם מחוץ לישראל. מורכבות התהליכים מצריכים הערכות עכשוויות בעניין זה וקידום מדיניות שתבחן את אפשרויות אלה.

אבני הדרך לעמידה ביעדים

כאמור, השגת היעדים המוצגים תלויה בגורמים רבים שפורטו לעיל והם שיקבעו את קצב העמידה ביעדים. חלק מהפרמטרים תלויים בהתפתחות טכנולוגית ואיזוריות ואת חלקן לא ניתן להעריך נכון להיום. עם זאת נראה כי קיימים שני פרמטרים עיקריים אשר ישפיעו באופן המשמעותי ביותר על העמידה ביעדים: העלאת אחוז האנרגיה המתחדשת והאגירה באופן משמעותי, בשילוב הטמעת טכנולוגיות חדשות שיובילו להפחתת פליטות. ללא עמידה בפרמטרים אלה לפחות, לא תתאפשר הפחתת פליטות שאפתנית כפי שהוצע בסקטור זה. מתוך כך ניתן לומר כי השגת היעדים תלויה בקיומם של מספר תנאים הכרחיים אשר חלקם יקבעו היום ויתעדכנו וחלקם יקבעו בהמשך:

¹⁰⁹ לדוגמא, לפי נתוני מנהל התכנון, בשנת 2019 אושרו כ- 140,000 יחידות דיור חדשות.

¹¹⁰ למשל, בהינתן שרוחב מינימלי של רצועת הולכה הינו 40 מ' – 70 מ', משמע שכל קילומטר רץ – קילומטר אורך, של רצועת חשמל שתוקם תתפוס שטח של כ- 40,000 מ"ר – 70,000 מ"ר.

תנאי הכרחי	2020	יעד 2030	יעד 2050
שטח להקמת מערכות אנרגיה מתחדשת		> 100 אלף דונם	513-930 אלף דונם
אגירה	0.3 GW	12 GW	GW34-57
הטמעת טכנולוגיות להפחתת פליטות-CCS, גרעין, מימן, טכנו' עתידיות	יעודכן בהמשך בהתאם להתפתחויות הטכנולוגיות		
פיתוח הרשת – יכולת הולכת אנרגיה מתחדשת	3-4 GW	7.3 GW	10-16 GW
פיתוח הרשת – השקעה ברשת החלוקה יעודכן בהמשך	יעודכן בהמשך		
עמידה ביעדים של משקים משלימים – תחבורה ותעשייה	לפי צוותי תחבורה ותעשייה		
חיבור בין מדינות – יכולת חיבור רשת החשמל עם מדינות שכנות וקניית חשמל נקי	יעודכן בהמשך		

תרחישים שונים לעמידה ביעדים

לרוב, תכנון אסטרטגי הוא תהליך שמתחיל מההווה, ממפה הזדמנויות ואתגרים, מגדיר את המטרה, מהו החזון, היעד המועדף וכיצד להגיע אליו. מאידך, תכנון ארוך טווח יכול שיתחיל מהעתיד, יסתכל קדימה לעתיד הרחוק יותר כדי לראות מה עשוי לקרות ויקבע מהם הצעדים שיש לקדם על מנת להתכונן לעתיד. תכנון לטווח קצר מניע למציאת פתרונות ברי-קיימא, ולהתמודדות עם שינויים דרסטיים או לא מכוונים. עם זאת, פתרונות ברי-קיימא הנלקחים מדאגות לטווח הקצר הם לרוב אבני הדרך התורמות להשגת היעד לטווח הארוך.

על כן, משרד האנרגיה הגדיר ארבעה 'יעדים ראשיים' שישקפו את המטרה האסטרטגית ויעדים סקטוריאליים תומכים בעזרתם ניתן יהיה להשיגה. 'יעד העל' מוגדר כהפחתת פליטות גזי חממה ממגזר האנרגיה בשיעור של 80% ביחס לשנת הייחוס 2015 וזאת עד לשנת 2050.

בחינת השפעת התכנית והעמידה ביעדים נעשית על ידי השוואה בין תרחיש "עסקים כרגיל" לבין תרחיש בו מיושמת התכנית המוצעת. השפעת התכנית מוצגת כאן כטווח בין תרחיש בעל רמת מימוש חלקית של התכנית ובין תרחיש בעל רמת מימוש מלאה של התכנית:

עסקים כרגיל – התרחיש מניח כי הביקוש לאנרגיה ימשיך לגדול שכן הוא מושפע באופן ישיר מקצב גידול האוכלוסייה הגבוה ומרמת חיים הולכת ועולה. מבחינת תמהיל הדלקים לייצור חשמל, נעמוד על 17% ייצור מאנרגיה מתחדשת, 83% ייצור מגז טבעי וללא שימוש בפחם כמו גם 7% התייעלות בחשמל¹¹¹ ביחס לשנת 2015. צפיפות האוכלוסין תלך ותגדל- גורם אשר יקשה על הקצרת שטחים לטובת ייצור האנרגיה כמו גם פיתוח הרשת להולכת חשמל מאיזורי הייצור לאיזורי הביקוש. חשמול סקטור התעשייה והתחבורה יהיה זניח. בתרחיש זה, על מנת לעמוד בביקוש הצפוי של 158 טרה וואט שעה בשנת 2050 (פי 2.6 משנת 2015) יצטרכו לקום עוד תחנות כח גזיות בסדר גודל של MW 10,000 בעוד הקשיים לתכנן ולהקים יחידות אלו הולכים וגוברים.

תרחיש בעל רמת מימוש חלקית - התרחיש מניח השגה חלקית של היעדים ומימוש חלקי של המדיניות התומכת במעבר לאמצעים מקיימים. התרחיש מניח הפסקת שימוש בפחם, 50% ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת ו-50% מגז טבעי. תרחיש זה מניח ירידה משמעותית במחירי האגירה וירידה מתונה במחירי הטכנולוגיות לייצור חשמל סולארי כמו גם התפתחות מתונה של יעילות הפאנלים לייצור חשמל סולארי. בתרחיש זה הונח פיתוח איטי וחלקי של רשת החשמל ומיצוי כמעט מלא של פוטנציאל השטח לייצור חשמל סולארי. מבחינת משקים משלימים- הונחה עמידה חלקית במעבר לרכבים מאופסי פליטות (הפחתה של 65% בפליטות במקום 94%) וחשמול חלקי של סקטור התעשייה (הפחתה של 14% בפליטות גזי החממה במקום 43%).

תרחיש בעל רמת מימוש גבוהה- התרחיש מניח שינוי מהותי במשק החשמל, השגה מלאה של היעדים ומימוש מיטבי של המדיניות התומכת. התרחיש מניח משק חשמל מבוזר וחכם, הפסקת שימוש בפחם, 50-85% ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת והשאר מגז טבעי המבוסס ברובו על אמצעים להפחתת פלטות (תפיסת פחמן או הפקת מימן כחול). תרחיש זה מניח ירידה משמעותית במחירי האגירה ובמחירי הטכנולוגיות לייצור חשמל סולארי כמו גם קפיצת התפתחות ביעילות הפאנלים לייצור חשמל סולארי. בתרחיש זה הונח פיתוח מלא של רשת החשמל ומיצוי מלא של פוטנציאל השטח לייצור חשמל סולארי. מבחינת משקים משלימים- הונחה עמידה מלאה ביעדים- 94% מעבר לרכבים מאופסי פליטות ומיצוי פוטנציאל החשמול של סקטור התעשייה.

בתרחיש זה ניתן להשיג את יעד ההפחתה של 75%-85% בפליטות ממגזר החשמל באמצעות ייצור ממקורות מתחדשים ואגירה, או עם התקנה מופחתת של מקורות מתחדשים (כ-50%) אך עם שימוש באמצעים טכנולוגיים אחרים כדוגמת תפיסת פחמן לצורך הפחתת הפליטות והשגת היעדים. היעדים הסופיים יקבעו בהתאם להתפתחות הטכנולוגיות ולרמות המחיר והזמינות.

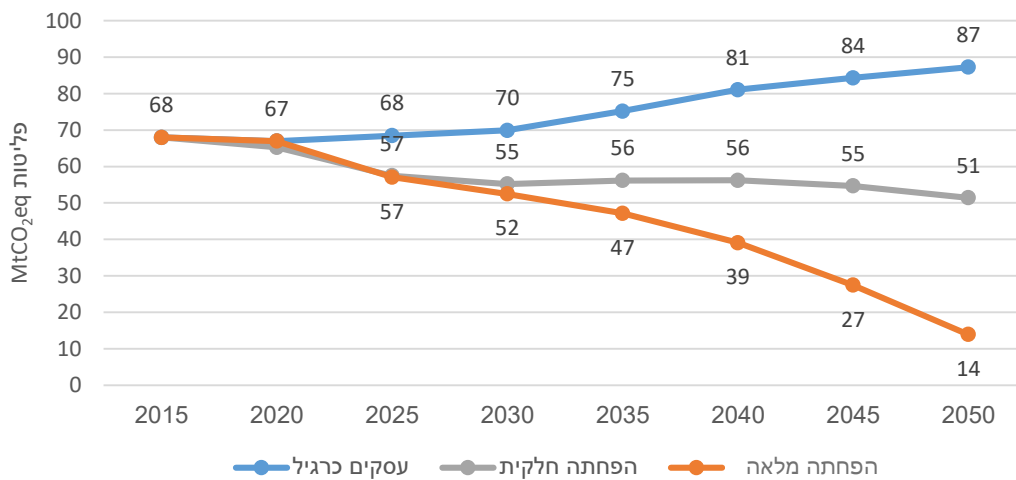
¹¹¹ בשנת 2030. בגלל שאין התייעלות נוספת, וסך הביקוש גדל, אזי חלק ההתייעלות יקטן עד 4.1% בשנת 2050

להלן מוצג הלוח המסכם של העמידה ביעדים בתרחיש הנמוך ובתרחיש הגבוה ביחס לתרחיש הבסיס של עסקים כרגיל, כפי המתואר בפרק התרחישים. היעדים לשנים 2030 ו-2050 נבחרו על בסיס התרחיש הגבוה וזאת מתוך מטרה להביא להפחתה מרבית של פליטות גזי חממה במשק האנרגיה הישראלי לאור הצורך בשמירה על אמינות האספקה, מחירים ברי השגה, המאפיינים הייחודיים של ישראל וקצב התקדמות הטכנולוגיות.

לוח 8: עמידה ביעדי התוכנית בתרחיש הנמוך ובתרחיש הגבוה

יעד	מדד	2030			2050		
		עסקים כרגיל	תרחיש נמוך	תרחיש גבוה	עסקים כרגיל	תרחיש נמוך	תרחיש גבוה
הפחתת פליטות גזי חממה במשק האנרגיה	אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015	(עלייה של 4%)	20%	כ-30%	- (עלייה של 35%)	הפחתה 25%	הפחתה 80%
הפחתת פליטות גזי חממה במגזר החשמל	אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015	9%	37%	42%	עלייה של 21%	32%	81%
יעילות באנרגיה	אחוז שיפור שנתי בעצימות אנרגיה (טרה-וואט/מלש"ח)	-	1%	1.3%	-	1%	1.3%
שימוש בפחם	אחוז פחם בתמהיל ייצור החשמל	19%	0%	0%	0%	0%	0%
תחבורה מאופסת פליטות	אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015	תוספת 33%	תוספת 6%	9% הפחתה	תוספת 76%	13%	94%
חשמול המגזר הביתי והתעשייתי	אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015	תוספת 7.5%	תוספת 5.4%	4.2% הפחתה	תוספת 14%	14%	43%

הפחתת פליטות במגזר האנרגיה



תרשים 40: תחזית הפחתת פליטות במגזר האנרגיה בתרחיש "עסקים כרגיל", תרחיש יישום נמוך (בפחתה חלקית) ותרחיש יישום גבוה (הפחתה), מודל האנרגיה, משרד האנרגיה.

בגרף 40 ניתן לראות את הירידה המשמעותית בפליטות בין שנת 2020 ל-2025 בתרחישי ההפחתה עקב הפסקת השימוש בפחם. בתרחיש עסקים כרגיל, סך פליטות גזי החממה ממגזר האנרגיה צפויות לגדול בכ- 35% לעומת שנת הייחוס 2015 ולעמוד על 83.5 MtCO_{2e} בשנה. לעומת זאת, בתרחיש הנמוך, סך פליטות גזי החממה ממגזר האנרגיה צפויות להצטמצם בכ-25% לעומת שנת הייחוס 2015 ולעמוד על 46.5 MtCO_{2e} בשנה, ובתרחיש הגבוה, סך פליטות גזי החממה ממגזר האנרגיה צפויות להצטמצם ב-80% לעומת שנת הייחוס 2015 ולעמוד על 12.3 MtCO_{2e} בשנה.

כפי שנכתב בהרחבה בעבודה זו, האחריות הבסיסית של משרד האנרגיה היא לדאוג לאמינות ורציפות אספקת האנרגיה במחירים ברי השגה ולבצע זו לאור משבר האקלים, המביא בפני עצמו לאתגרים משמעותיים למשק האנרגיה ומאפייניה הייחודיים של ישראל. יישום מלא של התכנית יביא לעמידה ביעדים, בעוד יישום חלקי, כפי שמוגדר בתרחיש הנמוך, לא יאפשר את הפחתת הפליטות הרצויה במשק האנרגיה. עמידה מלאה ביעדי התכנית מלווה באתגרים רבים ותלויה באופן ישיר ביכולות שונות וביניהן:

1. השלמת המהלך להפסקת השימוש בפחם בסקטור ייצור החשמל;
2. השלמת המהלך לחיבור התעשייה לרשת הגז הטבעי חלף דלקים מזהמים היום;
3. השקעות לפיתוח מואץ של רשת החשמל והתאמתה לקליטת אנרגיה מתחדשת בכמות גבוהה כמו גם חשמול בתחבורה ובתעשייה;
4. הטמעת מתקני אגירת חשמל בהספק הנדרש;
5. מיצוי פוטנציאל הקרקע להקמת מתקני ייצור סולאריים ובפרט בשימוש כפול;
6. ניהול חכם של מערך ייצור החשמל וניהול ביקושים;

7. השקעות בהתייעלות באנרגיה;
8. השקעות במו"פ של טכנולוגיות להתייעלות באנרגיה, אגירה, אנרגיה מתחדשת וטכנולוגיות להפחתת פליטות (תפיסת פחמן, מימן וכדומה);
9. יכולת לשיתופי פעולה בין בעלי העניין הרלוונטיים;
10. קישוריות – יכולת לחיבור רשת החשמל למדינות שכנות;
11. עמידה ביעדי הפחתת פליטות במשקים משלימים (תחבורה, תעשייה ומבנים);

מימוש יעדי משק האנרגיה לשנת 2050 עתיד להפחית באופן חסר תקדים את פליטות המזהמים שלנזקיהן השלכות בריאותיות וסביבתיות קשות על תושבי ישראל, ולאפשר למדינת ישראל לעמוד בהתחייבויותיה הבינלאומיות בהקשר זה. היעדים כוללים את הפחתת השימוש במוצרי דלק מזהמים ובפרט הפסקת השימוש בפחם והפסקת רובו המכריע של השימוש בתזקיני נפט והעלאת חלקן של האנרגיות המתחדשות בתמהיל האנרגיה תוך שמירה על אמינות ורציפות אספקת האנרגיה. התכנית מהווה צעד משמעותי לקראת הפחתת התלות של מדינת ישראל בפחם ובתזקיני נפט וצפויה להוביל לשינויים רחבים במשק האנרגיה הישראלי. זאת, לצד שמירה על אמינות וזמינות אספקת האנרגיה בשגרה ובחירום. בנוסף, תלווה מדיניות הפחתת השימוש במוצרי דלק מזהמים, בצעדים נוספים להשגת יעדי התייעלות באנרגיה.

האתגר העיקרי בתכנון ארוך טווח הינו הסתמכות על משתנים שלמעשה אינם ידועים היום אך בעלי השפעה משמעותית לטווח הארוך (game changers). לדוגמא, המניע המרכזי למדיניות ההשקעה באנרגיות מתחדשות הוא הרצון לצמצם את פליטות גזי החממה והזיהום המקומי והגלובלי. ההוצאה הגבוהה על אנרגיות מתחדשות, ביחס למקורות דלק פוסיליים, מקוזזת עם תועלת חזויה הנובעת מהפנמת העלויות החיצוניות של ייצור האנרגיה. במידה וטכנולוגיות לצמצום זיהום יתפתחו ויגדילו את יעילותן, הן עשויות להיות תחליף להשקעה במתקני ייצור סולאריים ומתקני אגירה ומתקני ייצור גמישים נלווים, מאידך קפיצות דרך טכנולוגיות באמצעי הייצור הסולאריים ובאגירה יוכלו להביא להשגה מהירה יותר של היעדים ובעלויות מופחתות. דוגמא נוספת הינה חיבור חשמלי בין ישראל למדינות אחרות – כיום, לישראל אין כל חיבור חשמלי למדינה אחרת. במדינות רבות במערב, החיבור הבין-מדיני מאפשר מרווח ביטחון במקרים של קשיי ייצור. ייבוא החשמל הוא שימושי במיוחד לישראל עקב פרופיל הייצור הסולארי ומגבלותיו שצוינו בעבודה זו. במידה ובטווח הרחוק יהיה חיבור שכזה, הרי שהוא עשוי לאפשר את הגדלת חלקה של אנרגיית ה-PV בתמהיל הדלקים הישראלי כמו גם יאפשר רכישת חשמל נקי ממדינות שכנות בעת מחסור.

לכן, כאשר מתכננים לטווח ארוך בסביבה משתנה (קפיצות טכנולוגיות, ירידות/תנודתיות מחירים ועוד) קבענו את המטרה (הפחתת פליטות מקסימלית במשק האנרגיה), וסימנו מספר אפשרויות להשגת היעד, במטרה לעדכן את מפת הדרכים ואבני הדרך בהתאם להתפתחויות העולמיות והטכנולוגיות. כך, בכל עת ההחלטה הטובה ביותר לטווח הקצר והבינוני (עד 10 שנים קדימה) מיושמת, ונוכל להימנע מקבלת החלטות ארוכות טווח מבוססות על מידע חסר שעלולות לקבע את משק האנרגיה הישראלי במסלול שאינו המיטבי.

יעדי הפחתת הפלטות אותם קובע משרד האנרגיה לשנת 2050 במסגרת עבודה זו, יובילו להפחתה דרמטית בפלטות הפד"ח בישראל, יהיו בשורה אחת עם היעדים אותם קובעות מדינות רבות בעולם וזאת חרף מגמת הגידול הטבעי בישראל, אשר חורגת מהמקובל במדינות ה-OECD. העמידה ביעדים אלו תלויה ראשית בהשגת יעדי הביניים לשנת 2030 אשר נקבעו זה מכבר על ידי המשרד. יעדים אלו לשנת 2030 הינם יעדים פרטניים אשר התכנון למימושם נמצאות בחלקן בביצוע ובחלקן ממתונות עדיין לאימוץ ממשלתי.

בבואנו לקבוע יעדים לשנת 2050 עלינו להבטיח עמידה על עקרונות הרציפות התפקודית, כדאיות כלכלית משקית וראייה סביבתית כוללת. כפי שעולה מעבודה זו אנו סבורים כי אכן ניתן יהיה לעמוד על עקרונות אלו תוך הפחתה של כ- 80% בפלטות הפד"ח במשק האנרגיה. עם זאת, בנקודת הזמן בה אנו נמצאים לא ניתן לקבוע באופן חד משמעי את החלופות העדיפות להשגת היעד מנקודת ראות כלכלית, שכן טווח התכנון הינו ארוך מידי ומשק האנרגיה מתאפיין בתנודתיות חזקה בכל האמור לפיתוחן של טכנולוגיות והשתנותם של מחירים. ייתרה מכך, בהינתן המידע הקיים היום ספק רב אם ניתן לבסס את השגת היעד על שימוש באנרגיית שמש בלבד וזאת לאור המשמעות הנדרשת בעיקר בהיבטי קרקע ורשת, משמעות בעלת השלכות סביבתיות ותכנוניות מורכבות ביותר. לפיכך, לצד הגדלה משמעותית ויציבה של היקף השימוש באנרגיית שמש ובטכנולוגיית אגירה, עלינו לפתח כמה אופני פעולה שיאפשרו בעתיד התמקדות בחלופה המיטבית. בין אופני פעולה אלו ציינו בעבודה זו את פיתוחן של טכנולוגיות תפיסת פחמן, הפקת מימן, ייצור אנרגיה מתחדשת בהתבסס על מקורות נוספים שזמינותם כיום מוגבלת, כמו גם חיבוריות לרשתות חשמל אזוריות.

צעדי המדיניות המפורטים להלן, הינם האמצעים בהם על המדינה לנקוט על מנת לאפשר זאת.



צעדי מדיניות

צעדי מדיניות

על מנת להשיג את היעדים השאפתניים המוצגים בנייר מדיניות זה, דרושים צעדי מדיניות המיועדים להתאמת התשתית הפיזית והרגולטורית - בעיקר צעדים שראוי לעגן באמצעות הצבת יעד כמותי בטווח הקצר-בינוני (עשר שנים) על מנת שלא לקבע מסלולים שאינם מיטביים לזמן הארוך.

משק החשמל:

8. פיתוח מואץ של רשת החשמל - פיתוח רשת החשמל מהווה תנאי הכרחי ליישום היעדים. על כן,

נדרש לגבש בהקדם תכניות פיתוח למערכת המסירה ולרשת החלוקה שתיתן מענה לקליטת ההספק הנדרש. יש לפתח את רשת ההולכה כך שתאפשר ייצור חשמל סולארי מסיבי בפריפריה ובעיקר בדרום הארץ, ואת רשת החלוקה והאספקה כך שתוכל לנהל ביציבות ייצור כמויות גדולות של חשמל סולארי על גגות הבתים. בנוסף, היות וקיימים חסמים משמעותיים לפיתוח הרשת, נדרש לקדם בהקדם תכנית להסרת חסמים, להאצת פריסת הרשת ולייעול ההליכים התכנוניים למתקני רשת.

9. הטמנת קווי מתח עליון - הטמנת קווי מתח עליון מסירה את המופע העילי והפגיעה הנופית, מונעת פגיעה בבעלי כנף, מצמצמת את פוטנציאל הפגיעה בעקבות הקצנת תופעות מזג אוויר ופגיעות אדם ומצמצמת תפיסת שטחים. לאור הצפיפות ההולכת וגדלה והצורך בהקמת קווי מתח עליון נוספים, לא מן הנמנע שיידרש שילוב מוגבר של קווים מוטמנים באזורים בנויים וגם בשטחים פתוחים.

10. הולכה בזרם ישר (DC) - בעקבות ההתפתחויות בתחום ממירי המתח, התפתח בשנים האחרונות גם תחום ההולכה בזרם ישר. לזרם ישר מספר יתרונות, ובפרט בקווי מתח מוטמנים. אובדן האנרגיה בהולכה בזרם ישר הינו נמוך מאד והעלויות נמוכות יחסית, וזאת ביחס לאובדן הגבוה בקווי הולכה מוטמנים בזרם חילופין (AC) ועלויות גבוהות פי 5-7 ביחס לקווי מתח עיליים. בנוסף, פליטת הקרינה מקווי זרם ישר נמוכה ומרחקי הביטחון הנדרשים הינם נמוכים משמעותית. משמעות הדבר היא כי ניתן להטמין קווי DC לצד תשתיות קיימות כגון כבישים או קווי מתח עיליים, ובכך לפשט ולזרז את הליכי התכנון וההפקעה המורכבים הנדרשים לצורך הקמת קווי מתח עיליים. אולם, קווי DC מסוגלים להוליך אנרגיה רק מנקודה ונקודה, ובשני קצות הקו יש להקים תחנות המרה גדולות ויקרות. היות וכך, יש לבחון כבלי הולכה בזרם ישר כפתרון לצורך הולכת הספקים גבוהים מאד של אנרגיה מאתרי הייצור הסולארי בפריפריה ישירות לרשת החשמל במרכז הארץ באזורי הצריכה, אך כבלים אלו לא יוכלו להחליף את רשת ההולכה הקיימת על כל מורכבותה.

11. מנהרות תשתית רב מערכתיות - מנהרת תשתיות היא ללא ספק הדרך הטובה ביותר תכנונית וסביבתית להעברת תשתיות "בכפיפה אחת" באזורים בנויים צפופים. על מנת לקדם מנהרות תשתית יש לקדם הקמת גורם מקצועי מתכלל שירכז בידיו את הסמכויות לקידום, ניהול, תפעול וטיפול במנהרות תשתית כמו גם לייצר מנגנונים כלכליים להסדרת מקורות המימון והתפעול של הקמת המנהרה. בנוסף, יש צורך להטמיע הגדרות וכללים לאיתור מנהרות תשתית רב מערכתיות המתייחסים להיבטי כלכלה, יעילות תפקודית, סביבה ותכנון בהליכי קידום תכניות למנהרות.

12. תכנון אנרגיה נקייה בשטחים המבונים – יש להטמיע הנחיות בתהליך התכנון הכוללות בחינה של הבינוי בהתייחס לאפשרות למצותו לייצור להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים לצורך ייעול ניצול הקרקע בתוכנית. לרבות, אך לא רק: הנחיות למקסום פוטנציאל ייצור אנרגיה בשטחים מבונים קיימים ובתוכניות חדשות; שמירת שטחים למערכות חשמל וחדרי ההשנאה הנדרשים לקליטת חשמל ממקורות ייצור מרובים ומבוזרים; תכנון ושמירת אתרים להטענת רכבים חשמליים בשטחים הפרטיים והציבוריים; קביעת הנחיות ברורות ופשוטות להתקנת מערכות ייצור אנרגיה נקייה המיועדות לרשות המקומית ולאזרח, כמו גם הנחיות ומנגנוני גמישות שיאפשרו שילוב ועדכון חידושים טכנולוגיים בהתאם להתפתחויות ולצרכים המשתנים; ניצול והפקת חשמל נקי ביעילות ובטכנולוגיה המיטבית במירב השטח המבונה על כל שימושיו (למשל בכבישים). גופים מקצועיים תכנוניים מנהלים ומתכללים יסייעו לקדם וללוות את הליך הפקת החשמל ממקורות מתחדשים בשטחים מבונים, במסגרת זאת יש לכלול: א) מדריך להליכי הקמת אנרגיה מתחדשת בשטחים מבונים. ב) הכשרת אנשי מקצוע לליווי ההליך וסיוע בהסרת חסמים. ג) מעקב אחר פוטנציאל הייצור החזוי מהשטח המבונה אל מול המימוש בפועל וניתוח החסמים והפערים. ד) הסקת מסקנות והמלצות להמשך מיצוי הפוטנציאל. ה) קידום הסרת החסמים ויצירת מנגנוני עידוד על בסיס הלמידה והניסיון. ו) הנגשת המידע ופרסומו לציבור בעזרת מאגרי מידע ונתונים מקוונים
15. **ביזור מערכת האנרגיה בישראל** - הקמת אמצעי ייצור ואגירה מקומיים בסמיכות למוקדי הביקוש כמו גם יצירת מערכות כלכליות שיביאו למקסום פוטנציאל זה, תחסוך משאבי קרקע של הולכת רשת למרחקים, הגדלת הניצולת של ייצור החשמל המקומי והפחתת אובדן, כל זאת תוך הגדלת אמינות אספקה ושירות ליישובים מרוחקים ו/או מבודדים. קידום והטמעת רשת חכמה לניהול מערכות החשמל כחלק מתוכניות פיתוח הרשת – קביעת ל"ז להטמעה ואימוץ רשת חכמה לניהול מערכת החשמל לפי שלבים ואבני דרך. שינוי תפיסת הרשת על ידי הרגולטור וקידום אמצעים חוקיים ורגולטורים שיאפשרו הקמת מערות כאמור ושילובן לתוך משק החשמל הישראלי.
13. אגירת חשמל – בחינת אופן ההטמעה של מתקני אגירה באופן מיטבי בהתאם להתפתחות הטכנולוגית, מחירי האגירה וצרכי המשק. עוד מוצע לבחון את התועלות משילוב טכנולוגיות אחרות ובפרט אנרגיית רוח. יש לקדם מגוון מערכות אגירה - מגוון טכנולוגיות אגירה מתפתחות במקביל ויש להניח שיהיו פתרונות מגוונים לאגירת אנרגיה ברמה ארצית ומקומית. יש לשמור על אפשרות הקמה והטמעת הטכנולוגיות בעתיד לרבות שיחלופן ככל שיתקדמו ופיזור גיאוגרפי של מתקני האגירה בהתאם למיקום אופטימלי ויעיל שמוצע להקים אותה. מתקני אגירת אנרגיה בליווי מערכות קצה חכמות, יכולות לתת מענה לגיבוי ולניהול יעיל יותר של הרשת כך שניתן יהיה לנתב ולתעל את האנרגיה לצרכנים לפי הביקוש.
14. קרקע - לאור מגבלת הקרקע, נדרש להגדיל ולמצות את פוטנציאל השטח על ידי צעדי מדיניות כגון הקצאת קרקעות מדינה במכרזים לצורך תכנון, הטמעה של מתקנים פוטו-וולטאים כשימוש נלווה בתכניות, יצירת וודאות ליזמים בנוגע לתנאים לשימוש בקרקע, חיוב התקנת מתקנים פוטו-וולטאים

בבניה חדשה ומיצוי פוטנציאל השטחים הדואליים (כבישים ומחלפים, חניונים, מאגרי מים וייעודים נוספים).

15. אסדרות - יש לוודא קיומם של פתרונות אסדרתיים לטווח ארוך על מנת ליצור אופק לתעשייה הסולארית. בכלל זה, יש להמשיך ולקיים באופן סדיר הליכים תחרותיים ובנוסף לתת מענה רציף בדמות אסדרות בסיסיות. האסדרות ייקבעו ללא תלות במכסה, או באמצעות אפשרות להשתלב במסחר הסיטונאי הכללי בשוק החשמל. בנוסף, יש לבחון אילו התאמות נדרשות באסדרות הרלוונטיות של מתקני ייצור קונבנציונליים, על מנת לאפשר התאמה שלהם למשטרי הפעלה שיידרשו.

16. ניהול מערך הייצור - לשם התמודדות עם האתגרים בניהול מערך הייצור, יש צורך להטמיע ולהפעיל מגוון כלים אשר יסייעו בהיערכות מערך הייצור ובהם הוספת אגירה בהיקפים משמעותיים, הוספת גמישות למערך הייצור באמצעות שינוי התמהיל הקונבנציונלי, שינוי משטר ההפעלה של היחידות הקונבנציונליות הקיימות במערכת, ניהול ביקושים, ואף קיטום של הייצור הסולארי בשעות שיא הייצור. הטמעה והפעלה של כלים כאמור, בהיקפים גדולים, עשויה להיות מורכבת ולדרוש שינויים הנדסיים ורגולטוריים שתהיה להם השפעה נרחבת על מערך הייצור ועל אופן ניהול הייצור והביקוש.

17. ניהול ביקושים – כלי ראשון במעלה להגדלת הגמישות ברשת הינו ניהול הביקוש. עם העלייה בחזירת האנרגיה הסולארית לרשת יש להכניס את ניהול הביקושים כחלק אינטגרלי מניהול המערכת, גם ברמת רשת החלוקה. יש להרחיב את הסדרי ניהול הביקוש, לאסדר את הפעלת חברות האגרגציה, חברות המאגדות ומנהלות צרכנים רבים לכדי "תחנות כוח וירטואליות" המסוגלות להגיב לדרישות מנהל המערכת ולתרום ליציבות הרשת.

18. שיתוף פעולה רב מגזרי - מעבר לכך, על אף צעדים רבים שכבר קודמו והמאמצים הרבים שהושקעו מצד משרדי הממשלה ושחקנים נוספים בשילוב אנרגיות מתחדשות, קיימים עדיין מגוון חסמים ואתגרים. הגדלת היעדר תחייב מאמץ ושיתוף פעולה חוצה מערכות לטובת מגוון צעדים של ייעול הליכים, צמצום חסמים ויצירת תמריצים.

19. תמריצי מימון - הקמת קרן הלוואות בערבות המדינה לרשויות לטובת הקמת PV ואגירת אנרגיה. במטרה להגדיל את היקף הייצור החשמל ממקור סולארי על גבי מבנים ציבוריים, לפתור את חסמי המימון ולייצר תמריץ לרשויות המקומיות, בינואר 2020 הושקה קרן הלוואות להאצת הטמעת אנרגיות מתחדשות ברשויות המקומיות בישראל. הקרן תספק הלוואות בהיקף של כ-500 מיליון ש"ח. לאור הצלחת הקרן והביקוש הגבוה מצד הרשויות המקומיות, נכון יהיה להקצות משאבים נוספים בהיקף של 500 מלש"ח למימון ותמיכה בהתקנת מערכות נוספות לייצור חשמל מקומי ובפרט באמצעות מנגנוני סיוע לרשויות המקומיות.

התייעלות באנרגיה:

20. יש לבצע עדכון תקנות מקורות אנרגיה (בתחום מיזוג האוויר, מכשירי חשמל ביתיים ועוד) ועדכון המפרט של סקר אנרגיה המחויב לפי חוק באופן שוטף ועל פי ההתקדמות הטכנולוגית. בנוסף לכל אלו, תחויב הטמעה של ת"י ISO 50001 למערכות ניהול אנרגיה בקרב גופים המחויבים בהיתר פליטה ותצא לפועל רפורמה ביבוא מוצרי חשמל.
21. תמריצים, מענקים והלוואות - לצורך עמידה ביעדים שפורטו לעיל, יש צורך בתקציב חמש שנתי בסך כמיליארד ש"ח (עבור השנים 2021-2025), להרחבת התמיכה בפרויקטים להתייעלות באנרגיה והפחתת פליטות גזי חממה.
22. חיוב מבני ממשלה ויחידות סמך ביעדי אנרגיה מתחדשת ויעילות באנרגיה- קידום החלטת ממשלה במשרדי ממשלה ויחידות סמך שתכלול שני רכיבים עיקריים שייושמו במשרדי הממשלה ויחידות הסמך: התקנת מערכות לייצור אנרגיה סולארית על גבי גגות מבני המשרדים והתייעלות בצריכת האנרגיה.
23. חינוך, הכשרה והסברה- על מנת להגביר מודעות ולשנות את הרגלי הצריכה בתחום האנרגיה יש צורך להרחיב את היקף פעילות החינוך, ההכשרה וההסברה. על מנת לממש את הפעילות הדרושה יש צורך בתקציב של 40 מל"ח למשך 5 השנים הבאות.
24. חשמול המגזר הביתי- בחינת תיקון תקנות התכנון והבנייה כך שתבוטל החובה לפרישת תשתית גפ"מ בבנייה חדשה למגורים.
25. בנייה מאופסת אנרגיה – חיוב תקן בנייה בת-קיימא (בנייה ירוקה) במסגרת בקשות להיתרי בנייה למבנים חדשים הנבנים במשק.
26. פתיחת מגזר אספקת החשמל לתחרות צפויה ליצור מערך תמריצים תעריפיים מקומיים לניהול ביקושים והתייעלות. מספקים מקומיים יוכלו אף לתמוך בהתקנת אמצעי התייעלות בקרב הצרכנים – בגלל שחיסכון באנרגיה עולה פחות מייצור אותה כמות אנרגיה, הרי שיש כדאיות לספקים לשלם לצרכנים ליישם צעדי התייעלות מאשר לרכוש חשמל. עם פתיחת השוק לספקים פרטיים ניתן יהיה גם לחייב אותם ביישום צעדי התייעלות באחוז מסוים מסך הביקוש שהם מנהלים, מודל הנקרא (EEPS) Energy Efficiency Portfolio Standard

תחבורה מאופסת ודלת פליטות:

27. הערכות תשתיות – לאור הצפי לחדירה של מאות אלפים ואף מיליוני רכבים חשמליים, יש לוודא כי מערכת החשמל ערוכה לספק את החשמל הנוסף שיידרש למשק, בייחוד בשעות העומס. יש להכין בתוך שנתיים תכנית להתאמת הרשת ופיתוחה לקליטת עמדות לטעינת כלי תחבורה חשמליים (רכבים, אוטובוסים, ודו-גלגליים) במרחב הציבורי והפרטי. יש לקדם טעינה מנוהלת ("טעינה חכמה") לשם הסטת הטעינה לשעות השפל, על מנת שהשפעת הרכב החשמלי על שיא ביקוש החשמל תהיה מצומצמת ככל הניתן. התכנית תתייחס בין היתר לאפשרות להזין את רשת החשמל באמצעות הרכבים החשמליים (זרימה דו כיוונית V2G).

28. הטבת מס רכישה ומכס – בשנת 2019 האריכה הממשלה את הטבת המיסוי על רכבים חשמליים מלאים עד לשנת 2024. עד שנת 2022 המיסוי על רכב חשמלי יעמוד על 10% ולאחר מכן יעלה בהדרגה עד ל-35% בשנת 2024. התחזית מראה כי עלות רכב חשמלי תהיה גבוהה מעלות רכב קונבנציונלי עד שנת 2026, ולכן יש לבחון בשנת 2022 את הארכת הטבת המיסוי, ככל והפער בין הרכבים לא הצטמצם באופן מלא לאחר הטבת המס. בנוסף, יש לבטל את המכס בסך 7% לרכבים חשמליים המיובאים מסין או הכוללים חלקים מסין (למשל סוללות) עד שנת 2026 לפחות.
29. יעד מכירות – יש לאמץ יעדים של מדינות מובילות בעולם ולקבוע יעד של 100% מכירות רכבי אפס פליטות פרטיים (Zero Emission Vehicles) בשנת 2030.
30. פריסת רשת עמדות טעינה – עד שנת 2030 תידרשנה בישראל כ-60 אלף נקודות טעינה איטיות ציבוריות וכ-1,000 נקודות טעינה מהירות בעלות של 1 מיליארד ש"ח. עד כמה השקיעה הממשלה כ-30 מל"ש בהקמה של 2,500 נקודות טעינה (איטיות ומהירות). נקודות אלו יספקו מענה מלא לרכבים שיעלו על הכביש ב-2-3 השנים הקרובות. לאחר מכן יש לבחון תמיכה נוספת בהקמת עמדות טעינה, כתלות בהתפתחות שוק הרכב החשמלי בישראל.
31. תשתיות טעינה בבניה חדשה – יש לפעול בתוך שנה לתיקון תקנות התכנון והבנייה ולהחלת חובה להקמת תשתית חשמל מקדמית בבנייני מגורים חדשים לחיבור עמדות טעינה עתידיות, בהתבסס על ממצאי עבודת משרד הבינוי והשיכון. יש לפעול לניסוח והחלת הנחיות דומות במבני צבור, מסחר, ותעסוקה.
32. הקמת עמדות טעינה בבתים משותפים – יש לפעול בתוך שנה לתיקון חוק המקרקעין על מנת לאפשר הקמת עמדת טעינה בחניונים פרטיים במבני מגורים משותפים ללא הצורך בהסכמת כלל דיירי בבניין.
33. כלי רכב ממשלתיים – יש לקבוע מעבר הדרגתי של רכבי ממשלה להנעות חלופיות כך שהחל משנת 2025, ירכשו או יוחכרו ע"י הממשלה רכבים חשמליים בלבד. יש לקבוע יעדי בנייה בתוך שנה, ולהחיל הנחיה דומה על חברות ממשלתיות.
34. הפחתת פליטות פד"ח בכלי רכב חדשים – יש לפעול לאימוץ הסטנדרטי האירופאי להפחתת פליטות פד"ח ברכבים חדשים בתוך שנתיים.
35. שווי שימוש ואגרת רישוי – יש לפעול להארכת הטבת שווי שימוש לרכבים חשמליים עד שנת 2026 וכן להעניק הנחה באגרת הרישוי עבור רכב חשמלי בסך של 50% לפחות ביחס לרכב בעירה פנימית.
36. מוניות חשמליות – יש לפעול בתוך שנה ליישום החלטת ממשלה מספר 529 מיום 6.9.2015 בדבר הקניית זכות ציבורית באגרה מופחתת למוניות המונעות בהנעה חשמלית (יש להקנות זכות זו לכלל ציבור נהגי המוניות בישראל).
37. חניה מועדפת לכלי רכב חשמליים – יש לקבוע בתוך שנה על מנגנון להקצאת חניות ייעודיות ומוזלות לכלי רכב חשמליים בחניוני תחנות רכבת ובחניונים של פרויקטים תחבורתיים לאומיים המתכוננים כיום ובעתיד.

38. איסור כניסת רכבים למרכזי ערים – יש לפעול בתוך שנתיים, בשיתוף הרשויות המקומיות, להכנת תכנית לקביעת יעדים לאיסור כניסת רכבים מונעי סולר למרכזי הערים או לאזורים מתוחמים החל משנת יעד.
39. הסברה – יש לצאת בפרסום לפי סקטורים, וציבור המשתמשים, ולמקד את הציבור ביתרונות התחבורה החשמלית בתוך שנה. הפרסום יכלול ימי עיון וסדנאות, בשיתוף הסקטור הפרטי והרשויות המקומיות, בהם הציבור יוכל להתנסות ולהכיר מקרוב רכבים חשמליים.
40. רכבי מימן – יש לפעול בתוך שלוש שנים לאימוץ תקינה בינלאומית והכנת תשתית רגולטורית שתאפשר שימוש ברכבי מימן בישראל, ככל ותהיה פריצת דרך בטכנולוגיה זו בשנים הבאות. עד פריצת הדרך, יש לפעול לביצוע הדגמות לשימוש ברכבי מימן באמצעות תקציבי מחקר ופיתוח במשרד האנרגיה.
41. דו-גלגליים חשמליים – דו-גלגליים פועלים בחלק גדול מהזמן במרחב העירוני ועל כן הנזקים שהם מסבים לסביבה, הן מבחינת זיהום האוויר והן מבחינת הרעש הנם משמעותיים ביותר. יש לפעול להכנת תכנית להאצת המעבר לדו-גלגליים חשמליים בתוך שנה.
42. מערך תמריצים ברור – מערך התמריצים הנדרש לעמוד בפני בעלי העניין השונים במשק צריך להיות מקיף וכוללני. מערך התמריצים צריך לכוון את כל שרשרת האספקה של ציי הרכב לחלופות דלות פחמן. התמריצים צריכים להתייחס לכל בעלי העניין (ציי רכב, יבואני רכב כבד, ספקי תשתית תדלוק, ספקי דלק/חברות דלק וכיוצ"ב) ולטווח ארוך המייצר וודאות רגולטורית.
43. רגולציה בינלאומית מחייבת – הפחתת פליטות בתחום התעופה אינה יכולה להתבצע מיוזמה מקומית וחייבת להיות משולבת עם רגולציה גלובלית. כמו לדוגמה, חובה לשילוב של דלקים מתחדשים בתחבורה אווירית, הטלת מיסוי על דס"ל בטיסות בינלאומיות וכיוצ"ב.
44. העברת מערך האוטובוסים העירוניים לחשמל – העברת מערך האוטובוסים העירוניים לחשמל, כך שהחל משנת 2026 לא יכנסו אוטובוסים חדשים מונעי סולר לשירות. ההעברה תבצע דרך שילוב חובה במכרזי הפעלת אשכולות תחבורה ציבורית. בנוסף, עשויה להינתן תמיכה להעברת יתרת ציי התחבורה הציבורית לגז טבעי.
45. תמיכה בהקמת תשתית תדלוק גט"ד בתחנות ציבוריות – מתן מענקים פיננסיים.
46. העברת משק הפסולת להנעה חלופית – מתן תמריצים להקמת תחנות תדלוק, הסבת ציי משאיות, מתן תמריצים רגולטוריים וכיוצ"ב.
47. פיילוט ותקינה של תחנת תדלוק במימן והסדרה של גט"ן – מימון פרויקט חלוץ של תקינה לתחנת מימן ושל שימוש בגט"ן במשאיות כבדות/כבדות מאד.
48. קידום רגולציית על סקטור המשאיות הקלות – כפי שמקובל באיחוד האירופי וכפי שמוצע גם לגבי מכניות פרטיות, יש לבחון הטלת חובה על יבואנים לעמוד ביעדי פליטות ממוצעות או חיוב שילוב הנעה חלופית במסגרת מצאי המשאיות אותן הם מייבאים לארץ.
49. קידום רגולציה המחייבת חברות דלק לשלב דלקים מתחדשים/ירוקים ממקור מקומי – רגולציה זו, בשונה מ"חובת המהילה" הקיימת במדינות אירופה לשילוב בודלקים, שאינה רלוונטית לישראל

בה אין ייצור בידלקים מדור ראשון, עשויה להוביל לחובה הדרגתית ומידתית לשילוב דלקים מתחדשים ונקיים במסגרת סה"כ הדלקים הנמכרים על ידי חברות הדלק/בתי הזיקוק וכו'.

סקטור התעשייה

50. מימוש החזון יחייב ביצוע השקעות ברשת החלוקה בהיקף של כ-900 מיליון ₪. לפני מתן המענקים, ייבחנו המקטעים והצריכות הפוטנציאליות על רקע הצעדים הנעשים לקידום הרשת.
51. הקמת בסיס נתונים של צריכת אנרגיה בתעשייה שיאפשר לנתח את פוטנציאל הצריכה בהתאם למאפייני צריכת האנרגיה, מיקום גיאוגרפי ומאפייני הצרכן ופעילותו.
52. יש לבצע עבודה כלכלית המנתחת את ההשפעה של שינויים במחירי הדלקים ביחס למחיר הגז טבעי על כדאיות ההסבה לגז טבעי.
53. יש לבחון בכל תקופת זמן, חסמים רגולטורים של צרכנים להסבות לגז טבעי, ולהציע צעדים לטיפול בהם.

סקטור הגז הטבעי

54. בחינת מדיניות הייצוא - כבכל פרויקט, האפשרות להקדים את התקבולים מפרויקט מגדילה את כדאיותו. ככל שבעלי החזקות יפיקו את הגז הטבעי מוקדם יותר, כך תגדל כדאיותו של הפרויקט, ובמשק מוגבל ביקוש כמו המשק המקומי, יצוא הוא הנתיב המרכזי המאפשר הקדמת ההכנסות מהפרויקט, ומשכך מוצע להרחיב את אפשרויות הייצוא.
55. עידוד המשך פיתוח והפקה - בשל תרומתו של הגז הטבעי למשק הישראלי מבחינה כלכלית, סביבתית ואסטרטגית, ישנה חשיבות להמשיך ולעודד חיפוש והפקה של גז טבעי בטווח הקרוב, ולקדם מיצוי חכם ואופטימלי של עתודות האנרגיה הקיימות בישראל.
56. מדיניות בנושא לכידת ואגירת פחמן: ללכידת ואגירת פחמן תפקיד משמעותי ביותר בהפחתת הפליטות בארץ ובעולם. פרויקטים עתידיים והמשך השימוש בגז לצרכים מקומיים ייתכן ויותנו בפרויקטים של אגירת פחמן. לצורך כך יש להסדיר את הנושא מבחינה רגולטורית ולבצע: סקירה עולמית כלכלית, הנדסית ורגולטורית בנושא אגירת פחמן ושימוש בפחמן בתעשייה (CCS ו-CCU).
57. החלפת גז טבעי במימן/ביוגז - האירופאים מתירים להחדיר לרשת הגז הטבעי מימן בשיעור של עד 20% מהכמות ברשת הגז הטבעי – מבלי שהדבר ישפיע על בטיחות הרשת ועל צורת השימוש¹¹². מכיוון שרשתות ההולכה והחלוקה בישראל נבנים בסטנדרטים מחמירים מאוד, מבחינת הבטיחות ככל הנראה הרשת בישראל יכולה לעמוד בשיעור זה¹¹³. על כן מומלץ בשנים הקרובות לצאת לפיילוט שיבחן שילוב מימן ברשת ולהרחיבו בשלב מאוחר יותר בהתאם לממצאים.

¹¹² <https://hydeploy.co.uk/faqs/hydrogen-level-set-maximum-20/>

¹¹³ בהתבסס על שיחה עם מהנדסי נגב גז

58. חיבור רשת החשמל הישראלית לרשתות שכנות- לאחרונה, עקב חתימת הסכמי נורמליזציה עם איחוד האמירויות הערביות ובחריין, יש לבחון חיבור הרשת הישראלית למדינות השכנות לרבות לאירופה ולמזרח התיכון. החיבור של מדינת ישראל למערכת כזו יספק בטחון אנרגיה במקרי חירום ומהצד השני יאפשר גם לישראל למכור את העודפים שיווצרו מהגדלת המתחדשות וכן לקנות חשמל נקי משכנותיה וכך לייצר מערכת יציבה ויעילה יותר. לאחרונה מקודם חיבור כבל תת ימי לקפריסין ואל יבשת אירופה. קידום הכבל מתוכנן לחבר בין ישראל, קפריסין, כרתים וחצי האי היווני וכך בעצם לחבר את רשת החשמל הישראלית אל הרשת החשמל האירופאית.

59. תחזיות ומדיניות גז טבעי ודלקים - יש לבצע עבודה מעמיקה לבחינת הצרכים של המשק בתקופת הביניים למעבר למשק אנרגיה מאופס פליטות והדרכים להשגתם. העבודה תכלול, בין השאר, תחזית ישראלית לשימוש בדלקים נוזליים בהתאם למדיניות המעבר לתחבורה נקייה.

מחקר ופיתוח

60. יש להקצות תקציב ייעודי למשרד האנרגיה, למשך עשור, לצרכי השקעות במחקר ופיתוח בתחום האנרגיה הנקייה ובפרט תחבורה נקייה ותפיסת פחמן. התקציב יאפשר לממן חוקרים באקדמיה, חברות ומיזמים פורצי דרך בתחום האנרגיה הנקייה, ויתרום למיצובה של ישראל כאומת סטארט-אפ גם בתחומי האנרגיה.

61. יש לאפשר למשרד בשיתוף משרד הכלכלה לסייע בהקמת תעשייה מתקדמת בתחומי האנרגיה (לדוגמא מפעלי לייצור סוללות, מפעל לייצור אמצעי אגירת חום, מפעל לייצור פאנלים סולאריים מתקדמים), על ידי הקצאת תקציב ייעודי לתחום זה במשרד הכלכלה, ושיתוף משרד האנרגיה בתהליכי קבלת ההחלטות. יש לייצר מסלול מואץ לאישורים בתחום זה.

62. יש להקים מכונים לאומיים לאנרגיה בתחום אגירת האנרגיה, מימן, רשת החשמל ואנרגיית השמש.

63. יש לעבות את הפעילות המחקרית של המכונים (המכון הגיאולוגי וחקר ימים ואגמים לישראל) וביצוע מחקרים בינתחומיים בשת"פ עם חוקרים מדיספלינות נוספות (הנדסה, כלכלה).

64. קולות קוראים: המשרד תומך במו"פ דרך קולות קוראים הפתוחים לאקדמיה ולתעשייה. ניתן להרחיב את היקפי המימון ולהיכנס לתחומים חדשים רלוונטיים.