# כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת

## מסמך חזון משקי ומפת דרכים לשנים 2020-2030

אוקטובר 2021

משרד האנרגיה
www.energy.gov.il

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים

המשרד להגנת הסביבה

משרד הכלכלה והתעשייה

מינהל התכנון

**הובלה ותכלול התהליך:**

ד"ר גיל פרואקטור, יובל לסטר, שולי נזר, גלית כהן – המשרד להגנת הסביבה

**ליווי מקצועי, מידול ועריכה:**

ד"ר גיל פרואקטור, יובל לסטר, אמיר זלצברג - המשרד להגנת הסביבה

דפנה אבירם-ניצן, ארז סומר – המכון הישראלי לדמוקרטיה

רון קמרה, עומר תמיר, אברי שכטר, סופיה איגדלוב, פאני ג'וברט – חברת אקוטריידרס בע"מ

**צוותים תחומיים – מובילים ומרכזי עבודה:**

<u>תחבורה</u>**:** שי קדם , אבנר ברק, ד"ר עידו קליין – משרד התחבורה, אמיר זלצברג (המשרד להגנ"ס)

<u>ערים ומבנים</u>: שחר סולר, רוני בר – מנהל התכנון, אוריאל בבצ'יק, יאנינה צירינה פלשר – משרד האנרגיה, רן אברהם, אילה גלדמן, פנינה (פרל) קפלן – המשרד להגנת הסביבה

<u>חשמל</u>: שרון חצור, ד"ר חנית בן ארי, ד"ר גדעון פרידמן, אוריאל בבצ'יק, ד"ר שחר דולב – משרד האנרגיה, ד"ר גיל פרואקטור – המשרד להגנת הסביבה

<u>תעשייה</u>: עוז כ"ץ, ד"ר אריק רבקין, ד"ר דוד אסף, ד"ר זאב ברל – משרד הכלכלה, ד"ר גיל פרואקטור – המשרד להגנת הסביבה

<u>פסולת</u>: יובל לסטר, אביטל עשת, ד"ר אוהד קרני, נטע אלול, עודד נצר – המשרד להגנת הסביבה.

<u>השפעות מאקרו-כלכליות</u>: פרופ' נתן זוסמן, יואב גולדשטיין, הילה שואף-קולביץ – המכון הישראל לדמוקרטיה, ד"ר רוסלנה רחל פלטניק – האקדמית עמק יזרעאל ואוניברסיטת חיפה, ד"ר איילת דוידוביץ' – International Institute for Applied Systems Analysis - IIASA, אליאור בלייח, יובל לסטר, אביטל עשת, ד"ר גיל פרואקטור – המשרד להגנת הסביבה

<u>מעבר חברתי צודק</u>: דפנה אבירם-ניצן, הילה שואף-קולביץ, ארז סומר, פרופ' נתן זוסמן – המכון הישראלי לדמוקרטיה.

<u>תמחור פחמן</u>: יובל לסטר, אמיר זלצברג, אביטל עשת – המשרד להגנת הסביבה, רון קמרה וסופיה איגדלוב – חברת אקוטריידרס

**תהליך היוועצות עם הציבור**

רן רייז – חברת תובנות

**ייעוץ:**

ד"ר ניר שרב ושות'

Prof. Volker Krey, Prof. Keywan Riahi, and Dr. Matthew Giddens - IIASA

# תוכן עניינים


תקציר מנהלים 9

הקדמה 9

תהליך רב מגזרי לגיבוש אסטרטגיה משקית 10

חזון ויעדים 10

יעדי הפחתה משקיים 15

מנגנונים ליישום היעדים המשקיים 19

המלצות הצוותים לצעדי פעולה ליישום 21

רקע 24

תהליך לגיבוש חזון ואסטרטגיה לכלכלה דלת פחמן, תחרותית ומשגשגת 31

מבנים וערים 35

הקדמה 35

מגמות בישראל 35

תרחיש עסקים כרגיל 41

מגמות ויעדים בעולם 46

חזון ויעדים לישראל 46

תרחיש הפחתה 49

סיכום 53

המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות 56

תחבורה 63

הקדמה 63

מגמות בתחום התחבורה 64

תרחיש עסקים כרגיל 67

מגמות הפחתה ויעדים בעולם 71

חזון ויעדים לישראל 73

תרחיש ההפחתה 76

סיכום 79

המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות 82

תעשייה 90

הקדמה 90

תרחיש עסקים כרגיל 94

מגמות ויעדים בעולם 97

חזון ויעדים לישראל 100

תרחיש הפחתה 101

סיכום 104

המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות 106

פסולת 113

הקדמה 113

תרחיש עסקים כרגיל 115

מגמות ויעדים בעולם 116

חזון ויעדים לישראל 117

תרחיש הפחתה 118

סיכום 119

המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות 120

מגזר ייצור חשמל 125

תקציר 125
הקדמה 127
מגמות בישראל 128
תרחיש עסקים כרגיל 131
מגמות ויעדים בעולם 133
חזון ויעדים לישראל 137
תרחיש ההפחתה 142
סיכום 145
המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות 146
יעדים והשלכות משקיות של יישום החזון 150
ניתוח השפעת התוכנית על הצמיחה המקרו כלכלית בישראל 156
תמחור פחמן 160
מעבר צודק לכלכלה דלת פחמן 171
סיכום ומסקנות עיקריות 176
נספח א' – המלצות הצוותים לצעדי פעולה ליישום 180
נספח ב' - תיאור מודל 198
נספח ג' – הנחות מודל 222
נספח ד' – תודות מיוחדות 265

## טבלאות


טבלה 1 : יעדים בתחום הערים ומבנים בישראל עבור שנות היעד ..... 11
טבלה 2 : יעדים בתחום התחבורה בישראל עבור שנות היעד ..... 12
טבלה 3 : יעדים בתחום התעשייה בישראל עבור שנות היעד ..... 13
טבלה 4 : יעדים בתחום הפסולת בישראל עבור שנות היעד ..... 13
טבלה 5 : יעדים בתחום האנרגיה בישראל עבור שנות היעד ..... 14
טבלה 6 : שיעור התחלות הבנייה עבור יחידות דיור העומדות בתקן בנייה ירוקה בתרחיש עסקים כרגיל לפי שנה ..... 42
טבלה 7 : שיעור התחלות הבנייה עבור מ״ר במבנים מסחריים-ציבוריים העומדים בתקן בנייה ירוקה בתרחיש עסקים כרגיל לפי שנה ..... 43
טבלה 8 : יעדים ארוכי טווח בתחום בנייה (כמעט) מאופסת אנרגיה בעולם ..... 46
טבלה 9 : יעדי בנייה ירוקה לפי סוג מבנה ..... 47
טבלה 10 : יעדי בנייה מאופסת אנרגיה לפי סוג מבנה ..... 47
טבלה 11 : יעדי התחדשות עירונית לפי אזור ..... 48
טבלה 12 : השוואה בין תוצאות תרחיש עסקים כרגיל לתרחיש הפחתה לפי מדד ..... 55
טבלה 13 : יעדים וטכנולוגיות עיקריות ..... 71
טבלה 14 : סך הנסועה לפי אמצעי תחבורה ב-2050, תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש ההפחתה (מיליארד ק״מ רכב) 79
טבלה 15 : ידעים עבור הפחתת פליטות גז״ח בסקטור התעשייה בעולם ..... 97
טבלה 16 : מדדים עבור התייעלות במשאבים בעולם ..... 99
טבלה 17 : היעדים עבור סקטור התעשייה ..... 100
טבלה 18 : הנחות עבור נתיב הפחתת פליטות בתעשייה ..... 101
טבלה 19 : השוואה בין תוצאות תרחיש עסקים כרגיל לתרחיש הפחתה לפי מדד ..... 105
טבלה 20 : יעדים ופוטנציאל להפחתת פליטות גזי חממה מסקטור הפסולת במדינות נבחרות בעולם ..... 116
טבלה 21 : יעדים בתחום הפסולת בישראל עבור שנת 2050 ..... 117
טבלה 22 : השוואה בין תוצאות תרחיש עסקים כרגיל לתרחיש הפחתה לפי מדד ..... 119
טבלה 23 : מתווה רב-שנתי להעלאת המס לפי החלטת ממשלה 286 (סכום הבלו ומס הקנייה לכל דלק, ₪ / טון) ..... 169


## תרשימים


תרשים 1 : הפחתת פליטות צפויה עד 2030 מעמידה ביעדים לאומיים במדינות נבחרות (היעדים המוצגים בגרף מנורמלים ביחס לשנת 2015 על מנת לייצר בסיס אחיד להשוואה ליעד המוצע בישראל). ..... 10
תרשים 2 : סך פליטות גזי חממה, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה ..... 16
*תרשים 3 : הפחתת פליטות ישירות עד שנת 2030 לפי סקטור, ביחס לשנת 2015* ..... 16
תרשים 4 : הפחתת פליטות ישירות בשנת 2050 לפי סקטור ..... 17
תרשים 5 : סך צריכת האנרגיה הסופית לפי דלק, תרחיש הפחתה ..... 18
תרשים 6 : צריכת גז טבעי מצטברת, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה ..... 19
תרשים 7 : פער בין יעדי הפחתת הפליטות שנקבעו בהסכמי פריז להפחתה הנדרשת לעמידה בעליית טמפ׳ ..... 27
תרשים 8 : הפחתת פליטות צפויה עד 2030 מעמידה ביעדים לאומיים במדינות נבחרות (היעדים המוצגים בגרף מנורמלים ביחס לשנת 2015 על מנת לייצר בסיס אחיד להשוואה ליעד המוצע בישראל). ..... 30
תרשים 9 : פליטות גזי חממה וצריכת חשמל לפי מגזר ..... 31
תרשים 10 : צוותי העבודה המקצועיים ..... 32
תרשים 11 : תחזית גידול ביחידות דיור למגורים לפי שנה (יח״ד) ..... 42
תרשים 12 : תחזית גידול בשטח מסחרי-ציבורי לפי שנה (מ״ר) ..... 43
תרשים 13 : סך צריכת אנרגיה סופית תרחיש עסקים כרגיל (TWh) ..... 44
תרשים 14 : תמהיל האנרגיה בסקטור המבנים בתרחיש עסקים כרגיל ..... 44

תרשים 15 : תחזית פליטות גזי חממה ישירות ועקיפות בתרחיש עסקים כרגיל (מיליון טון פד״ח)..... 45
תרשים 16 : צריכת אנרגיה סופית בתרחיש ההפחתה (TWh) ..... 51
תרשים 17 : התפלגות צריכת הדלקים בסקטור המבנים בתרחיש ההפחתה..... 52
תרשים 18 : תחזית פליטות גזי חממה ישירות ועקיפות בתרחיש הפחתה (מיליון טון פד״ח) ..... 52
תרשים 19 : צריכת אנרגיה סופית בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (TWh) ..... 53
תרשים 20 : הפחתת פליטות לפי סוג דלק : תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (מיליון טון פד״ח) ..... 53
תרשים 21 : פליטות גזי חממה ישירות בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (מיליון טון פד״ח) ..... 54
תרשים 22 : פליטות גזי חממה ישירות ועקיפות בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (מיליון טון פד״ח) ..... 54
תרשים 23 : גודש תנועה במדינות ה-OECD ..... 64
תרשים 24 : נסועה שנתית לפי סוג רכב (תרחיש עסקים כרגיל) ..... 67
תרשים 25 : פילוח הנסועה לפי סוג רכב וסוג הנעה, תרחיש עסקים כרגיל ..... 68
תרשים 26 : צריכת אנרגיה לפי סוג דלק (תרחיש עסקים כרגיל)..... 69
תרשים 27 : פליטות לפי אמצעי התחבורה השונים (תרחיש עסקים כרגיל) ..... 69
תרשים 28 : נסועה שנתית ממוצעת לפי סוג רכב (תרחיש ההפחתה) ..... 76
תרשים 29 : פילוח הנסועה לפי סוג רכב וסוג הנעה, תרחיש ההפחתה ..... 76
תרשים 30 : צריכת אנרגיה לפי סוג דלק (תרחיש הפחתה)..... 77
תרשים 31 : פליטות לפי אמצעי התחבורה השונים (תרחיש הפחתה) ..... 78
תרשים 32 : צריכת אנרגיה לתחבורה, תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש הפחתה..... 79
תרשים 33 : סך פליטות תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש ההפחתה..... 80
תרשים 34 : המחשה של חבילת התשתית ..... 83
תרשים 35 : המחשה של חבילות השירות ואמצעי המדיניות..... 83
תרשים 36 : ערך מוסף בתעשייה (כולל אנרגיה) מתוך סך הערך המוסף, עבור שנת 2016 (אחוזים) ..... 90
תרשים 37 : תוצר מקומי גולמי תעשייתי (מיליון ₪, מחירי 2015, למ״ס)..... 91
תרשים 38 : תמהיל האנרגיה בתעשייה בשנת 2017 ..... 92
תרשים 39 : עצימות האנרגטית בסקטור התעשייה בשנים 2013-2017 (מגוו״ש/מלש״ח) ..... 93
תרשים 40 : התפלגות פליטות גזי חממה בישראל, למ״ס (2015) ..... 93
תרשים 41 : התפלגות פליטות תהליך בתעשייה, למ״ס 2015 ..... 95
תרשים 42 : פליטות גזי החממה בתעשייה בתרחיש עסקים כרגיל, לפי שנה ובחלוקה לסוגי פליטה (מיליון טון פד״ח) 96
תרשים 43 : תמהיל האנרגיה בתעשייה בתרחיש עסקים כרגיל עבור שנת 2030 ו- 2050 ..... 96
תרשים 44 : פליטות גזי חממה בתעשייה בתרחיש ההפחתה, לפי שנה ומקור פליטה (מיליון טון פד״ח).....102
תרשים 45 : התפלגות הפחתת פליטות גזי החממה בשנת 2050 ביחס לשנת 2015 .....102
תרשים 46 : פילוח צריכת הדלקים בתעשייה בתרחיש ההפחתה, 2030 .....103
תרשים 47 : פילוח צריכת הדלקים בתעשייה בתרחיש ההפחתה, 2050 .....103
תרשים 48 : הפחתת פליטות גזי חממה לפי תרחיש ושנה (טון פד״ח) .....104
תרשים 49 : צריכת אנרגיה לפי תרחיש (TWh).....104
תרשים 50 : פליטות גז״ח כתוצאה מהטמנת פסולת (מיליון טון פד״ח) .....115
תרשים 51 : פליטות גזי חממה כתוצאה מהטמנת פסולת בתרחיש הפחתה (מיליון טון פד״ח).....118
תרשים 52 : פליטות גז״ח כתוצאה מהטמנת פסולת בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (מיליון טון פד״ח)
.....119
תרשים 53 : תחזית צריכת חשמל בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה, מודל משרד האנרגיה. .....128
תרשים 54 : תמהיל דלקים לייצור חשמל, 2015 .....129
תרשים 55 : עלות ייצור חשמל סולארי בשילוב אגירה מול מחז״מ ופיקר, משרד האנרגיה .....130
תרשים 56 : פליטות גזי חממה ממשק האנרגיה עד שנת 2050 בתרחיש ״עסקים כרגיל״ ע״פ מודל אנרגיה, משרד האנרגיה, 2020.....131

תרשים 57 :פליטות מייצור חשמל, תרחיש עסקים כרגיל .....131
תרשים 58 : שיעור מתחדשות במדינות נבחרות עד שנת 2050 לפי אומדני בלומברג .....133
תרשים 59 : תחזית ייצור סולארי במדינות נבחרות לשנת 2030. IEA, 2021. .....134
תרשים 60 : הספק אגירה מצטבר עד שנים 2050 לפי מדינות, בלומברג.....135
תרשים 61 : התרחישים השונים לעמידה ביעדי ההפחתה במשק החשמל, מודל משרד האנרגיה. .....142
תרשים 62 : תוצאות הרצת המודל הטכנו –כלכלי לשלושה תרחישים – תרחיש "עסקים כרגיל" ושני תרחישי קיצון, תרחיש "מבוסס אנרגיה מתחדשת" ותרחיש "מבוסס טכנולוגיות חדשות". מודל משרד האנרגיה, 2020. .....143
תרשים 63 : סך הביקוש לחשמל תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש ההפחתה.....145
תרשים 64 : סך פליטות גזי חממה, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה.....150
תרשים 65 : פליטות גזי חממה לפי סקטור, תרחיש עסקים כרגיל .....150
תרשים 66 : פליטות גזי חממה לפי סקטור, תרחיש הפחתה .....151
תרשים 67 : פליטות גזי חממה מצטברות מחיפוש, עיבוד והפקת גז טבעי – תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש ההפחתה .....151
תרשים 68 : סך צריכת האנרגיה הסופית לפי דלק, תרחיש עסקים כרגיל .....152
תרשים 69 : סך צריכת האנרגיה הסופית לפי דלק, תרחיש הפחתה .....152
תרשים 70 : צריכת גז טבעי מצטברת, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה.....153
תרשים 71 : צריכת תזקיקי נפט, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה .....154
תרשים 72 : השוואה של גובה הבלו לעומת גובה העלויות החיצוניות מזיהום אוויר ומגזי חממה לפי דלק (ש"ח לטון) .....161
תרשים 73 : השוואה של סך הכנסות מבלו לעומת העלויות החיצוניות מתחבורה (מיליון ש"ח).....162
תרשים 74 : התפלגות פליטות גזי חממה בישראל לפי מקור פליטה (Gg CO2eq) (דיווח ישראל לאו"ם, נתוני 2017) .166
תרשים 75 : מחזור הכנסות ממיסוי פחמן למשקי בית, לעסקים ולמימון הוצאות ממשלתיות .....168
תרשים 76 : הפחתת פליטות ישירות עד שנת 2030 לפי סקטור, ביחס לשנת 2015.....176
תרשים 77 : הפחתת פליטות ישירות עד שנת 2050 לפי סקטור, ביחס לשנת 2015.....177

# תקציר מנהלים

## הקדמה

בינואר 2020 פרסם הפורום הכלכלי העולמי בדבוס את דו"ח הסיכונים הגלובאליים[1] העדכני אשר קבע כי הסיכונים הנובעים ממשבר אקלים (אירועי מזג אוויר קיצוניים, כישלון הפחתת פליטות גזי חממה והתאמה לשינויי האקלים ע"י ממשלות ועסקים, נזקים סביבתיים מעשי ידי אדם, ואסונות טבע גדולים ומשמעותיים) הם חמשת הסיכונים החמורים ביותר עם רמת הסבירות הגבוהה ביותר לכלכלה הגלובלית. לפי הדו"ח, אל אלו מתווספים סיכונים בריאותיים וחברתיים המושפעים ממשבר האקלים כגון סיכוני למשבר מזון, משבר מים, הגירה, התפשטות מחלות מדבקות ועוד.

דו"ח זה, מתווסף לדו"ח מיוחד של הפאנל הבין-ממשלתי על שינוי אקלים (IPCC) משנת 2018, אשר התריע מפני השלכות מרחיקות לכת על כדור הארץ בכלל ועל החברה האנושית בפרט, במידה ולא תורחב ותועמק הפעילות הגלובאלית להפחתת פליטות גזי חממה.

במסגרת הסכמי פריז, התחייבו מדינות העולם, לרבות ישראל, להגיש לאו"ם עד סוף שנת 2020 תכניות אסטרטגיות למעבר לכלכלה דלת פחמן עד שנת 2050 ולעדכן את רמת שאפתנות היעדים לשנת 2030. כ-120 ארצות ומדינות בעולם החלו תהליך מעבר לכלכלה **מאופסת פליטות גזי חממה** הכולל קביעת יעדים, גיבוש תוכניות אסטרטגיות ועיגונם בחקיקה[2]. ביניהם האיחוד האירופאי ומדינות כגון בריטניה, צרפת, שבדיה, דנמרק, יפן, צ'ילה ועוד.

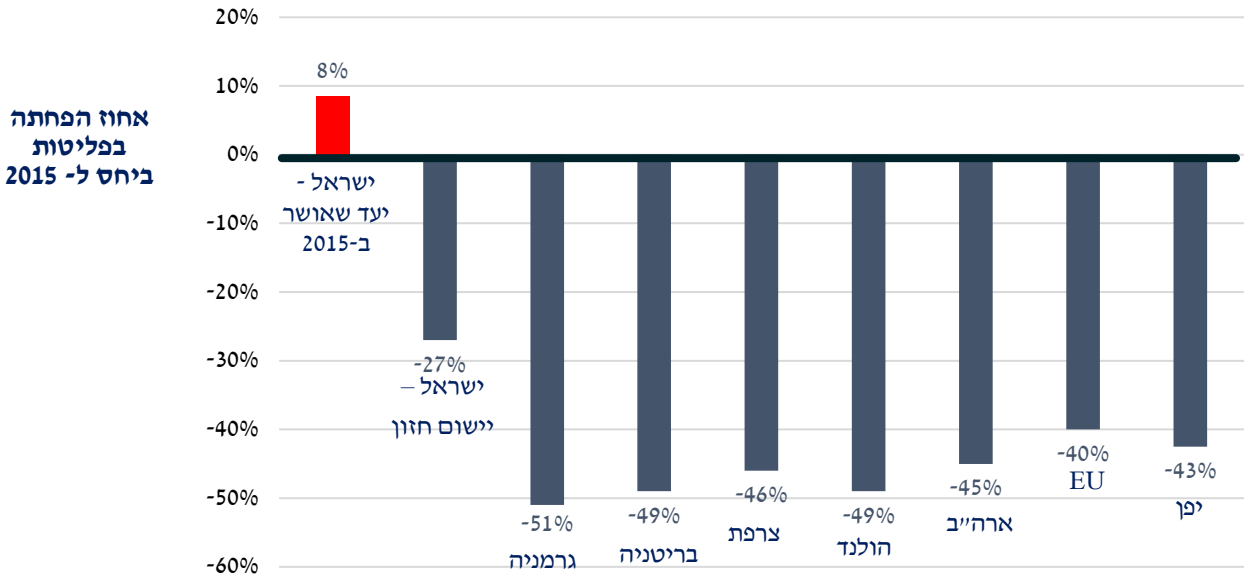
היות שההשלכות ממעבר לכלכלה דלת פחמן ואף מאופסת פליטות נוגעות למגוון משרדים ממשלתיים, רשויות, וארגונים רבים, ומכיוון שמדובר בהשלכות ארוכות טווח הדורשות משאבים רבים, קיימת חשיבות רבה לעיגון היעדים והתכניות בחקיקה. חקיקת אקלים תגביר שיתוף פעולה בין-משרדי ובין מחזיקי עניין, באופן המביא ליישום מדיניות רוחבית אפקטיבית תוך יצירת וודאות למשק ולאזרחים לגבי מחויבות המדינה בדבר עמידה ביעדים אלו.

על כן, נכון לשנת 2019 כ-67% ממדינות ה-OECD גיבשו או השיקו תהליכי ניסוח חוקי אקלים[3], הכוללים יעדי הפחתה מפורשים ולעתים גם יעדים מגזריים, תכנית הסתגלות והיערכות, מנגנונים ומענה מוסדי לנושא האקלים במדינה, תמחור פחמן (כגון מיסוי פחמן או קביעת מנגנון סחר בפליטות) ועוד.

בינואר 2015 הוקמה ועדה בין-משרדית לגיבוש יעדים להפחתת פליטות גזי החממה במדינת ישראל, בראשות מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה ויו"ר המועצה הלאומית לכלכלה, ובהשתתפות כלל משרדי הממשלה הרלוונטיים, לרבות אנרגיה, תחבורה, כלכלה ואוצר, ביחד עם נציגי השלטון המקומי, התעשייה, המסחר, אקדמיה ונציגי איגודים וארגוני חברה אזרחית . על בסיס עבודת הוועדה ושיקולים נוספים החליטה הממשלה בספטמבר 2015 החלטה (מס' 542) שקבעה יעד לאומי להפחתת פליטות גזי חממה[4] לשנת 2030 של **7.7- טון tCO2e לנפש ויעד ביניים לשנת 2025 של 8.8 טון פחמן דו חמצני לנפש**.

המשמעות של יעדים אלו היא מיתון הגידול הצפוי בפליטות ביחס לתרחיש עסקים כרגיל ולא הפחתה בפליטות המוחלטות של ישראל. עמידה ביעדים אלו תביא לגידול של כ-8% בפליטות ביחס לשנת 2015[5]. זאת, לעומת יעדים שנקבעו במדינות אחרות בעולם, אשר יביא להפחתה ממשמעותית מאוד בהשוואה לישראל:

*תרשים 1: הפחתת פליטות צפויה עד 2030 מעמידה ביעדים לאומיים במדינות נבחרות (היעדים המוצגים בגרף מנורמלים ביחס לשנת 2015 על מנת לייצר בסיס אחיד להשוואה ליעד המוצע בישראל).*




מקור: UNFCCC GHG emissions database ; INDCs, UNFCCC 2020, The White House,2021

## תהליך רב מגזרי לגיבוש אסטרטגיה משקית

בסוף 2018 יזם המשרד להגנת הסביבה ביחד עם ארגון ה-OECD והמכון הישראלי לדמוקרטיה תהליך רב מגזרי לגיבוש חזון ואסטרטגיה כלל משקית למעבר לכלכלה דלת פחמן, תחרותית ומשגשגת. במסגרת התהליך הוקמו חמישה צוותי עבודה סקטוריאליים, כמפורט להלן:

א. צוות חשמל בהובלת משרד האנרגיה – בשנת 2015 משק החשמל פלט כ-48% מגזי החממה במשק
ב. צוות תחבורה בהובלת משרד התחבורה – בשנת 2015 סקטור התחבורה פלט כ-22% מגזי החממה במשק
ג. צוות תעשייתי-מסחרי-עסקי בהובלת משרד הכלכלה– בשנת 2015 סקטור התעשייה פלט כ-15% מגזי החממה במשק
ד. צוות פסולת בהובלת המשרד להגנת הסביבה – בשנת 2015 סקטור הפסולט פלט כ-8% מגזי החממה במשק.
ה. צוות ערים ומבנים בהובלת מנהל התכנון – בשנת 2015 צריכת משאבים במבנים הייתה אחראית על כ-60% מסך צריכת החשמל במשק.

בנוסף, הוקמו שני צוותים רוחביים כלל משקיים: צוות מאקרו כלכלי הבוחן את ההשפעות המאקרו כלכליות של האסטרטגיה למעבר לכלכלה דלת פחמן וצוות 'חברתי' הבוחן את ההיבטים החברתיים של האסטרטגיה.

## חזון ויעדים

צוותי העבודה הגדירו את החזון והיעדים הבאים עבור כל תחום (לפירוט מלא של היעדים לכל תחום ניתן לראות את החזון התחומי בכל פרק):

### סקטור ערים ומבנים

הדרך לעתיד דל פחמן בתחום ערים ומבנים עוברת דרך עירוניות טובה ובת קיימה, ושני התחומים שזורים זה בזה באופן אינהרנטי. בשניהם, השאיפה היא לקדם איכות חיים גבוהה בסביבה העירונית, תוך בנייה בציפוף אופטימאלי, שימוש יעיל בקרקע, מתן דגש לנגישות ולא לניידות, יצירת מרחבים ציבוריים איכותיים והעדפת התחדשות עירונית על פני בניית שכונות חדשות בשטחים פתוחים.

לפי חזון זה, הסביבה העירונית תכלול רצף של רחובות, מרחבים ציבוריים ושטחים ירוקים נעימים, מוצללים ופעילים. אלו יעודדו הליכתיות, יפחיתו את הצורך בשימוש בכלי רכב בכלל ובכלי רכב פרטיים בפרט, וייצרו מיקרו-אקלים הממתן תופעות אקלימיות כגון רוחות עזות ואיי חום עירוניים. לצורך כך, הפיתוח העירוני יהיה צפוף וקומפקטי – תנאים הכרחיים להבטחת נגישות גבוהה להזדמנויות ולפרישת תחבורה ציבורית ושימושים מגוונים וכן לייעול השימוש במשאב הקרקע – אולם צפיפות זו לא תבוא על חשבון איכות המרחב הציבורי: מפלס הרחוב יכיל חזיתות פעילות ומרחבים ציבוריים מסוגים ומגדלים שונים, והפיתוח העירוני יתחשב באלמנטים מקומיים, החל ממרקמים לשימור ועד לטבע עירוני. הולך הרגל יקבל יותר מקום במרחב הרחוב, ולאחריו גם אופניים ותחבורה ציבורית. זאת, מתוך ההבנה כי על התחבורה לשרת את האנשים, ולא להיפך. חלק מהרחובות או השכונות יפותחו כשכונות הליכתיות, המבוססות על איגום חניה בשולי השכונה תוך הגבלת תנועה מוטורית בתוכה. אותם מרחבים שיתרוקנו מכלי רכב עוברים וחונים יהפכו למרחבי שהייה ופעילות עבור התושבים.

בעתיד זה, כל המבנים יעמדו בתקני בנייה ירוקה, יאפשרו חיסכון באנרגיה ובמים ויצמצמו את ההוצאות הכרוכות בכך עבור משקי הבית. שיעור גבוה ככל הניתן מהאנרגיה הנצרכת בסביבה הבנויה תיוצר באמצעות אנרגיה מתחדשת שתמוקם על גבי מבנים, תשתיות ושטחים מבונים. כך, המבנים לא יהיו רק זירה של צריכת אנרגיה אלא גם של ייצור, באופן שמבזר את מקורות ייצור האנרגיה ומגדיל את החוסן האנרגטי של העיר ושל המדינה כולה. כחלק מהתאמת הבנייה לסטנדרטים החדשים, מבנים רבים יעברו התחדשות עירונית ויותאמו למאפייני האוכלוסייה, תוך שימוש חוזר במשאבים ובפסולת הבניין שנוצרים בתהליך. מבנים אחרים, שלא יעברו התחדשות, יעברו אף הם שיפוץ ירוק, שיאפשר לצמצם את צריכת האנרגיה שלהם וישפר את הנוחות האקלימית בתוך המבנה

על מנת להשיג את תמונת העתיד הזו ולהביא להפחתת פליטות גזי חממה, גובשו יעדים הן בסקטור המבנים והן בסקטור הערים:

*טבלה 1: יעדים בתחום הערים ומבנים בישראל עבור שנות היעד*

| שם המדד | אופן החישוב | 2030 | 2050 |
|---|---|---|---|
| **בנייה ירוקה**[6] | שיעור התחלות הבנייה העומדות בתקן הישראלי לבנייה ירוקה, לפי סוג המבנה | 100% | 100% |
| **שיפוץ מעטפת מבנים העומד בתקן הישראלי לבנייה ירוקה (בניינים ישנים)** | שיעור יישום תקן בנייה ירוקה במבנים העוברים שיפוץ מעטפת | 75% | 100% |
| **בנייה מאופסת אנרגיה**[7] | שיעור התחלות הבנייה העומדות במפרט משרד האנרגיה לבנייה מאופסת אנרגיה, לפי סוג המבנה | 100% למעט מבני מסחר (50%) | 100% |
| **התחדשות עירונית** | שיעור מצטבר של יח"ד שיבנו כחלק מהתחדשות עירונית מתוך סך יח"ד החדשות | 40% עד שנת 2040 | |
| **צפיפות ומבנה עירוני** | שיעור התוכניות העומדות בהגדרות הצפיפות בטבלה 1 בתמ"א 35 ובהמלצות העבודות הנוספות | - | 100% |
| **שיעור כיסוי צמרות עצים** | שיעור כיסוי צמרות עצים במרחבים הציבוריים הפרושים בעיר | - | לפי מפרט האזורים |

## סקטור התחבורה

תפקידה של מערכת התחבורה לספק את הניידות והנגישות הנדרשות לכל הפעילויות של אזרחי המדינה, ובהתאם יש לה חלק מרכזי בתפקוד התקין של כלכלת ישראל ובאיכות החיים של תושביה. על מערכת התחבורה להיות מצד אחד תדירה, מהירה, ולספק בצורה מיטבית את הנגישות והניידות הנחוצים לאזרח, ומהצד השני להיות מקיימת, יעילה אנרגטית, ודלת זיהום. לשם כך עליה לכלול מעבר להנעה חלופית, בה הרכבים יהיו בעלי רמת פליטת פחמן מאופסת מצינור הפליטה

של הרכב, ובפרט מונעים על ידי חשמל ותחליפי דלקים כגון ביו-דלקים, מימן ודלקים סינטטיים המיוצרים באמצעות חשמל מאנרגיות מתחדשות. בנוסף, על מערכת התחבורה להשתלב עם התכנון העירוני באופן שיאפשר שיפור הקישוריות בין אמצעי תחבורה מקיימים, צמצום בשימוש בכלי רכב בכלל ובכלי רכב פרטיים בפרט, והנגשת אזורים מרוחקים לאוכלוסייה על ידי הפחתת זמן הנסיעה "מדלת-לדלת". צפיפות ומבנה עירוני קומפקטי הם תנאים הכרחיים לפרישה יעילה של תחבורה ציבורית ושימושים מגוונים, בנוסף לתועלת שלהם בייעול השימוש במשאב הקרקע.

המעבר לתחבורה מאוזנת המתבססת על תחבורה מקיימת מהווה מנוף לצמיחה כלכלית של המשק, העלאת הפריון, הפחתת הגודש וחסכון בזמן, צמצום פערים חברתיים על ידי הגברת הנגישות לאוכלוסיות חלשות, הגדלת הפנאי על ידי קיצור זמני נסיעה ועוד.[8] מעבר לכך, התבססות על תחבורה מקיימת תאפשר להפחית את התנועה המוטורית במרכזים העירוניים ולהפוך אותם למרחבים נעימים להליכה, לרכיבה ולשהייה. ערי המטרופולין יהיו ערים דינמיות ומתפתחות המאפשרות איכות חיים אורבנית במרחבים עירוניים פתוחים ומזמינים, המשרתים אנשים ולא אלפי מכוניות בפקק, עם רחובות מרווחים, נעימים ונקיים מזיהום אוויר ורעש.

המדדים והיעדים עבור סקטור התחבורה הם:

*טבלה 2: יעדים בתחום התחבורה בישראל עבור שנות היעד*

| שם המדד | תיאור המדד | יעד 2030 | יעד 2050 |
|---|---|---|---|
| **רכבים מאופסי פליטה** | אחוז רכבים מאופסי פליטה מסך מצבת הרכבים* | 25% ממצבת הרכבים עבור רכבים קלים מתחת ל-3.5 טון ואוטובוסים<br>100% מהאוטובוסים העירוניים החדשים (2026)<br>10% ממצבת הרכבים עבור משאיות כבדות | 100% |
| **יעילות אנרגטית** | צריכת אנרגיה סופית מתחבורה לתושב לשנה (MWh/capita) | 6-7 | 2-3 |
| **נסועה ברכב פרטי** | היקף נסועה מירבי ברכב פרטי | כ-55 מיליארד ק"מ בשנה (כ-15% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל), שהם 5.0 אלף ק"מ לתושב לשנה | כ-70 מיליארד ק"מ בשנה (25% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל), שהם 4.2 אלף ק"מ לתושב לשנה |
| **יעילות הובלת מטענים** | היקף נסועה מירבי למשאיות ורכבים כבדים | כ-9.5 מיליארד ק"מ בשנה (15% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) | כ-11 מיליארד ק"מ בשנה (25% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) |
| **הגדלת שימוש באמצעים מקיימים** | אחוז נסיעות באמצעים מקיימים (תח"צ, אמצעים אישיים ואמצעים לא ממונעים) | 50% | 70% |
| **נגישות** | אחוז האוכלוסייה שיכולה להגיע למרכז המטרופולין הקרוב ב-45 דקות | 60% | 70% |

| רמת מינוע | סך כלי הרכב הפרטיים בישראל, במיליונים | 3.7 מיליון רכבים > | 5.0 מיליון רכבים > |
|---|---|---|---|

* כלי רכב שאינם פולטים גזי חממה וזיהום אוויר במישרין (כגון רכבים המונעים בחשמל, מימן וכו'). עבור משאיות כבדות, היעד מתייחס לרכבים מאופסי פליטה או רכבים העושים שימוש בדלקים המובילים להפחתה של 80% מפליטות גזי החממה לעומת סולר בחישוב לפי מחזור חיי הדלק.

הפחתה זו תושג על ידי יישום אמצעים שונים כגון: שינוי טכנולוגי ומעבר לרכבים מאופסי פליטות, שיפור הנגישות והניידות, צמצום אובדן הזמן בנסיעה באמצעות הפחתת התלות (הן בהחזקה והן בשימוש) ברכבים פרטיים ומשאיות והגברת השימוש באמצעי תחבורה חליפיים. כלל פעולות אלו באות לידי ביטוי באופן משולב בצריכת האנרגיה לנפש לצורכי תחבורה – מדד אשר מגלם גם הפחתה משמעותית בהוצאות המשק כולו ומשקי הבית בפרט על ניידות ותחבורה.

יובהר כי עמידה ביעדי רכבים מאופסי פליטה היא כתלות בזמינותם אצל יצרני הרכב לסוגי הרכב השונים. לישראל מיובאים כלי רכב מאירופה, ארה"ב, המזרח הרחוק ועוד.

## סקטור התעשייה

קידום תעשייה דלת פחמן וזיהום אוויר, תחרותית מול העולם, חדשנית ובעלת פריון גבוה. מטרות אלו יושגו באמצעות מעבר לכלכלה מעגלית אשר תאפשר ייעול מרבי בשימוש במשאבים בכלל ומשאבי אנרגיה בפרט, תוך שימוש באנרגיות מתחדשות ודלקים תחליפיים.

*טבלה 3: יעדים בתחום התעשייה בישראל עבור שנות היעד*

| שם המדד | הגדרה | 2030 | 2050 |
|---|---|---|---|
| **יעילות השימוש במשאבים** | גידול במדד GDP/DMI[9] ביחס לשנת 2020 | 5% | 16% |
| **הפחתת פליטות גזי חממה של התעשייה** | הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015 | 30% | 56% |

## סקטור הפסולת

להפוך את כלכלת מדינת ישראל עד שנת 2050 מכלכלה לינארית שאינה יעילה בצריכת משאבים ומזהמת את המרחב, לכלכלה מעגלית השואפת לאפס פסולות ופליטות לאוויר. להבטיח כי עד לשנת 2030 המשק הישראלי יפעל בהתאם לעקרונות היררכית הטיפול בפסולת, תוך הפחתת הפסולת הנוצרת לנפש, שימוש חוזר, מיחזור והשבה של חומרים ככל הניתן ולפי סדר זה כשההטמנה היא האופציה האחרונה. כלכלה בה ההשפעות של תהליכי הטיפול בפסולות זוכות ל"תג מחיר" מלא – מחיר כלכלי ישיר ומחיר כלכלי-סביבתי עקיף, ולאורך כל שרשרת הערך שלהם. כלכלה בה הפסולת הופכת ממטרד למשאב. זאת על מנת להביא לשיפור באיכות הסביבה להפחתת פליטות גזי החממה, לשיפור באיכות החיים של תושביי מדינת ישראל ולטובת קידום התחרותיות של התעשייה הישראלית, כתעשייה חדשנית ובעלת פיריון משאבים גבוה.

*טבלה 4: יעדים בתחום הפסולת בישראל עבור שנות היעד*

| שם המדד | הגדרה | 2030 | 2050 |
|---|---|---|---|
| **הטמנת פסולת** | אחוז הטמנה מכלל הפסולת העירונית המוצקה | 20% | 0-5% |
| **פליטות גזי חממה ממשק הפסולת** | פליטות גזי חממה ממשק הפסולת (מ' טון $CO_2e$) | 2.9 | 0.5 |
| **הפחתת פליטות גזי חממה ממשק הפסולת** | אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ממשק הפסולת | 47% | 92% |

## סקטור החשמל

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.

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

## יעדים בתחום האנרגיה

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. 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.

לאור האמור, 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 בטבלה הבאה:

*טבלה 5: יעדים בתחום האנרגיה בישראל עבור שנות היעד*

| יעדים ראשיים | מדד | 2018 | יעד 2030 | יעד 2050 |
|---|---|---|---|---|
| הפחתת פליטות גזי חממה במשק האנרגיה | אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015 | 0% | 22% | 80% |
| הפחתת פליטות גזי חממה במגזר החשמל | אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015 | 7.5% | כ- 30% | 85% |
| **אנרגיות מתחדשות** | שיעור אנרגיות מתחדשות מתמהיל הייצור | כ-3% | 30% | 54-86% |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| יעילות באנרגיה | עצימות אנרגיה (מגה-וואט/מלש״ח) | 0.7% | 122 מגה-וואט שעה ל 1 מלש״ח | 122 מגה-וואט שעה ל 1 מלש״ח |
| 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.

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

1. הגדלת אחוז אנרגיית השמש (סולארית) בתמהיל ייצור החשמל
2. תפיסת הפחמן הנפלט מתחנות הכוח 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 (ניתן לראות הרחבה בפרק מגזר החשמל).

## יעדי הפחתה משקיים

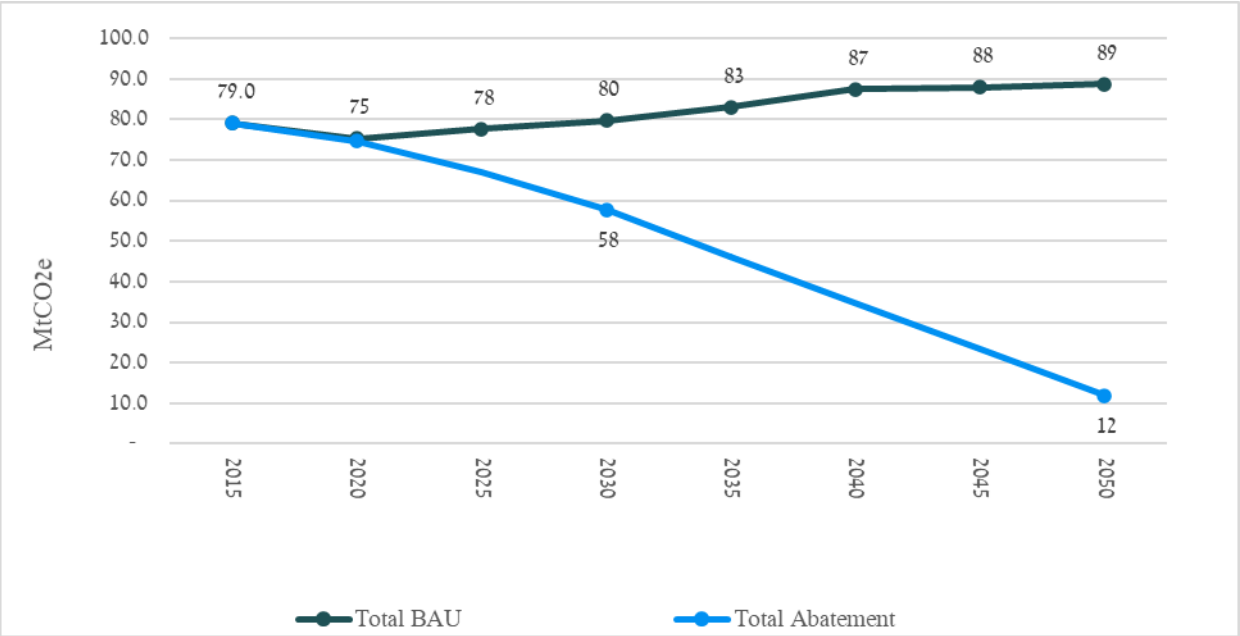
על בסיס העבודה המקצועית שנעשתה בצוותי העבודה השונים, הממשלה אישרה במסגרת החלטת ממשלה מס׳ 171 מיום 25/07/2021 את היעדים הבאים:

1. יעד לאומי להפחתת פליטות גזי חממה ב-27% בשנת 2030 ביחס לרמתן בשנת 2015
2. יעד לאומי להפחתת פליטות גזי חממה ב-85% לכל הפחות בשנת 2050 ביחס לרמתן בשנת 2015

בהתאם ליעדים אלו, סך פליטות גזי החממה במשק צפוי לעמוד על כ-58 טון שווה ערך פד״ח ($MtCO_2e$) בשנת 2030 (כ-5.2 $tCO_2e$ לנפש) ועל כ-12 $MtCO_2e$ בשנת 2050 (כ-0.8 $tCO_2e$ לנפש). זאת, לעומת כ-80 $MtCO_2e$ ב-2030 (7.2 $tCO_2e$ לנפש) וכ-89 $MtCO_2e$ ב-2050 (5.7 $tCO_2e$ לנפש).

יצוין כי מדובר ביעד **שמרני** ביחס ליעדים **לאיפוס** מלא של פליטות בשנת 2050 אשר נקבעו לאחרונה במדינות מפותחות רבות, לרבות כלל מדינות **האיחוד האירופי, בריטניה, יפן, וניו זילנד** (פד״ח בלבד).

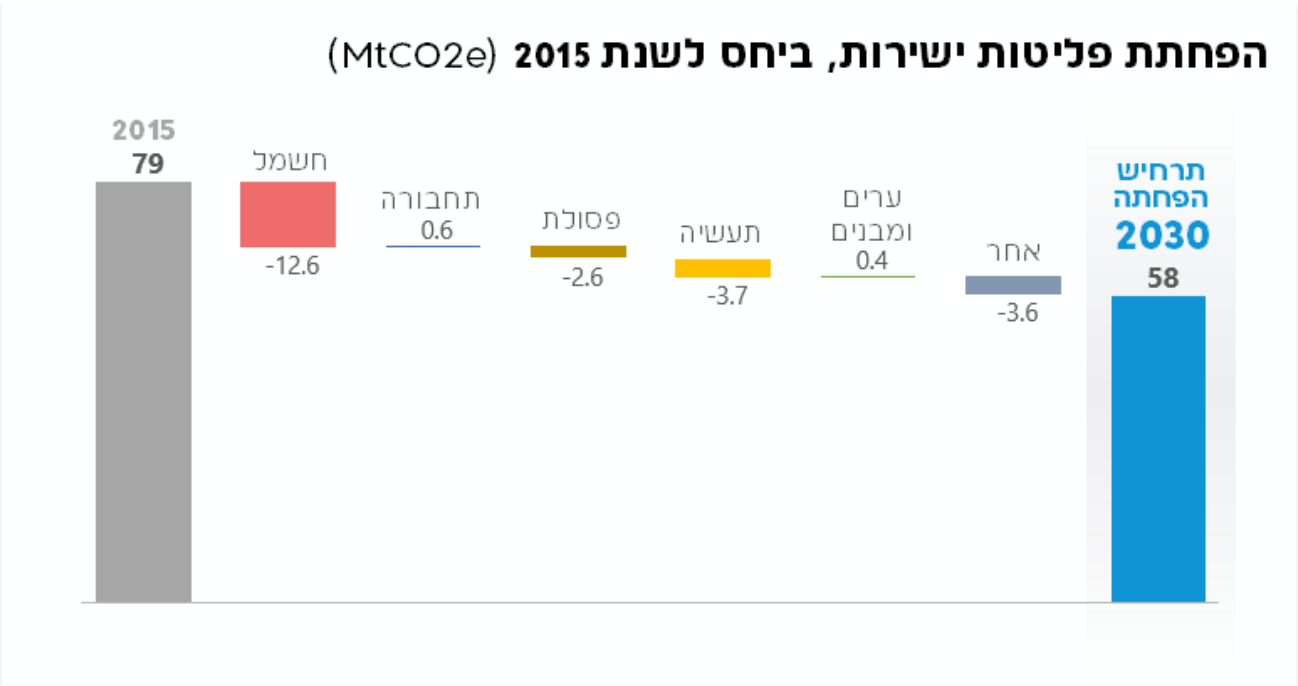
*תרשים 2: סך פליטות גזי חממה, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה*[10]




## מנועי הפחתה עיקריים

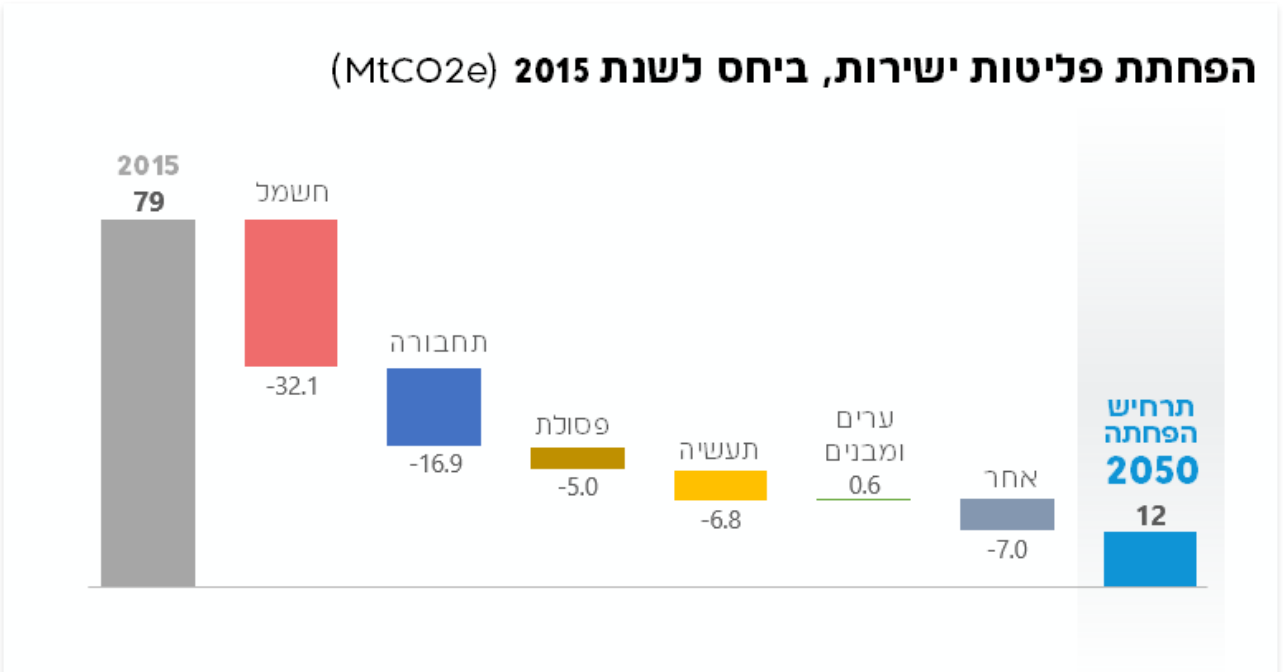
עיקר ההפחתה המושגת בשנת 2030 נובעת ממשק החשמל וזאת כתוצאה ממעבר ליצור חשמל מבוסס על אנרגיות מתחדשות והפסקת השימוש בפחם. הפחתה נוספת תושג מפעולות ההתייעלות המבוצעות במגזרי הצריכה השונים, ובפרט בנייה ירוקה ובנייה מאופסת אנרגיה. מקורות הפחתת הפליטות המשמעותיים הנוספים הינם ענף הפסולת ומגזר התעשייה, כאשר עיקר ההפחתה במגזר זה נובע מהפחתת צריכת גזי קירור כתוצאה מיישום תיקון קיגאלי. יש לציין כי בתרשימים מטה, מוצגת הפחתה ביחס לשנת 2015. עבור חלק מהמגזרים ישנה אומנם הפחתת פליטות ביחס לגידול הצפוי ללא יישום החזון ומפת הדרכים, אך עדיין יש גידול בפליטות ביחס לרמתן בשנת 2015. כמו כן, בחלק מהמקרים מדובר על מקורות פליטה אשר עבורם לא נבחנו אמצעי הפחתה ועל כן גם עבורם אין הפחתה ביחס לשנת 2015.

*תרשים 3: הפחתת פליטות ישירות עד שנת 2030 לפי סקטור, ביחס לשנת 2015*




עיקר ההפחתה המושג בשנת 2050 נובע ממשק החשמל וזאת הן בזכות המעבר למשק חשמל מבוסס ייצור ממקורות אנרגיה מתחדשים והן מפעולות ההתייעלות המבוצעות במגזרי הצריכה השונים, ובפרט בנייה ירוקה ובנייה מאופסת אנרגיה. מקור ההפחתה השני בגודלו הינו מגזר התחבורה, בזכות חשמול מגזר זה כמו גם צמצום הנסועה ברכבים פרטיים ובמשאיות, כאשר גם לענף הפסולת ומגזר התעשייה תרומה משמעותית להשגת הפחתה זו.

*תרשים 4: הפחתת פליטות ישירות בשנת 2050 לפי סקטור*



לצד המשך מעבר מסיבי של משק החשמל לאנרגיות מתחדשות, עמידה ביעדים אלו יחייבו הסטת נסועה לתנועות רכות ותחבורה ציבורית, חשמול רכבים קלים והסבה לאנרגיה חלופית – דוגמת חשמל ומימן – של רכבים כבדים וחלק ממפעלי התעשייה, ומהפכה בתחום הפסולת לכדי הפסקה מוחלטת של הטמנת פסולת מעורבת בכלל ופסולת אורגנית בפרט. נוסף על כך, עמידה ביעד תתאפשר באמצעות הפחתת פליטות במגזרי משק שטרם זכו לטיפול מעמיק בהקשר של גזי חממה (כגון פליטות ממגזר החקלאות, לדוגמה באמצעות מתקני קומפוסט ועיכול אנאירובי של זבל בע״ח ושימוש במעכבי נטריפיקציה, פליטות תהליך בתעשייה ופליטות מצריכת גפ״מ בסקטור הביתי והמסחרי-ציבורי, סגירת בית הזיקוק בחיפה ואיסוף והשמדת מתאן הנפלט ממכוני טיפול בשפכים). בנוסף, ישנן טכנולוגיות הפחתה חדשות שונות אשר צפויות להיות זמינות וכלכליות בעשור הקרוב אשר להן פוטנציאל הפחתה משמעותי נוסף, בפרט לתעשייה, תחבורה וייצור חשמל.

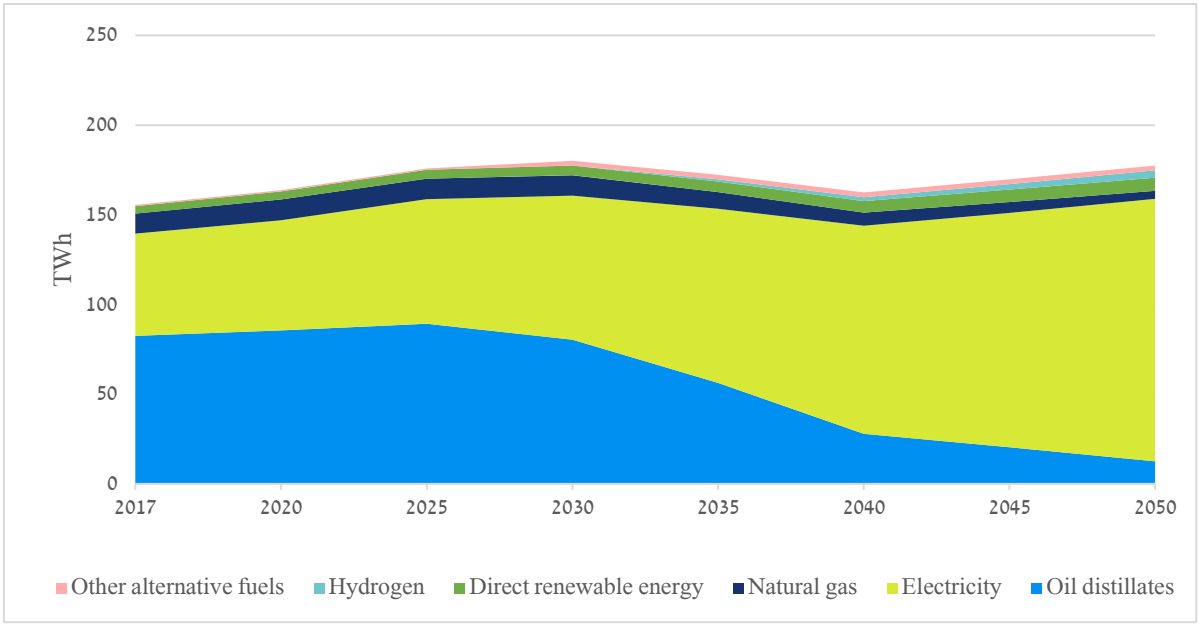
עיקר התרומה לפליטות גזי החממה ממבנים במגזרים המסחרי-ציבורי והביתי נובע מצריכת החשמל שלהם. בהתייחסות לפליטות ישירות ועקיפות[11] התרומה של המגזר המסחרי-ציבורי להפחתת הפליטות ב-2030 היא כ-2 $MtCO_2e$ ושל המגזר הביתי כ- 4 $MtCO_2e$ . התרומה של מגזרים אלו להפחתת הפליטות ב-2050 הינה כ-9 $MtCO_2e$ עבור המגזר המסחרי-ציבורי ושל המגזר הביתי כ-10 $MtCO_2e$ . הפחתה זו נובעת כתוצאה מהגדלת שיעורי הבנייה הירוקה ובנייה מאופסת האנרגיה.

בשנת 2050, פליטות מייצור חשמל, תעשייה ופסולת ימשיכו להוות מקורות הפליטה העיקריים במשק. יחד עם זאת, פליטות מסקטורים אחרים כגון חקלאות, טיפול בשפכים ופליטות מהפקת דלקים, צפויות לגדול ולהוות כ-21% מסך הפליטות.

## צריכת ארגיה סופית לפי סוג

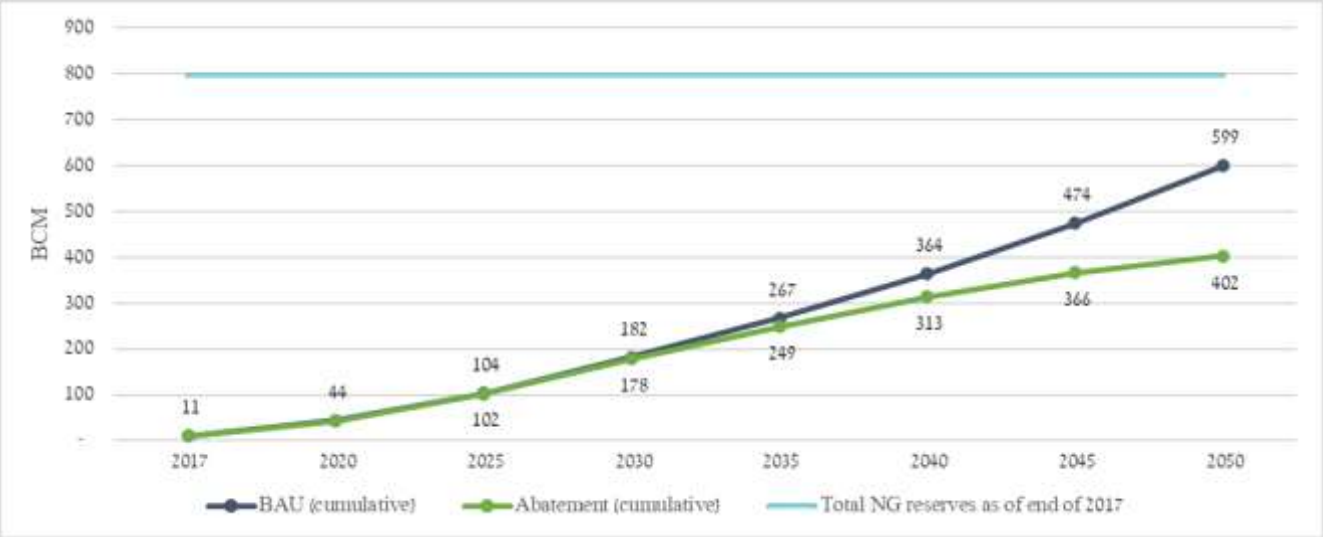
סך צריכת האנרגיה הסופית צפוי לגדול הן בתרחיש עסקים כרגיל והן בתרחיש ההפחתה ביחס ל-2015 - כ-30% בשנת 2030 וכ-58% בשנת 2050 בתרחיש עסקים כרגיל וכ-16% בשנת 2030 וכ-14% בשנת 2050 בתרחיש הפחתה, כאשר בשנת 2050 עיקר הצריכה הסופית צפוי להיות חשמל. ההפחתה המשמעותית ביותר צפויה בצריכה של תזקיקי נפט, אשר כמעט ותיעלם עד שנת 2050.

*תרשים 5: סך צריכת האנרגיה הסופית לפי דלק, תרחיש הפחתה*



סך ייצור החשמל צפוי לגדול מכ-68 TWh בשנת 2017 לכ-94 TWh בשנת 2030 ולכ-179 TWh בשנת 2050 בתרחיש ההפחתה, זאת לעומת כ-86 TWh בשנת 2030 וכ-151 TWh בשנת 2050 בתרחיש עסקים כרגיל.
בהינתן מימוש החזון, ובעיקר בזכות המעבר לאנרגיה מתחדשת במשק החשמל, סך צריכת הגז הטבעי השנתית צפויה לפחות בכ-50% עד שנת 2050 ביחס לשנת 2017 ולעמוד על כ-5.6 BCM בלבד. זאת לעומת גידול מתמד בתרחיש עסקים כרגיל לכ-26.5 BCM בשנת 2050. סך כמות הגז הנדרשת עד שנת 2050 בתרחיש עסקים כרגיל מוערכת בכ-75% מהכמות במאגרי הגז תמר, לוויתן כריש ותנין נכון לסוף שנת 2017 בעוד שהכמות הנדרשת בתרחיש ההפחתה מוערכת בכ-50% מהכמות במאגרים בלבד.

*תרשים 6: צריכת גז טבעי מצטברת, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה*




## מנגנונים ליישום היעדים המשקיים

כחלק מפרויקט "ישראל 2050 : כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת" בוצעה עבודה על ידי המכון הישראלי לדמוקרטיה בשיתוף פעולה עם המשרד להגנת הסביבה אשר בחנה את השפעות התוכנית על הצמיחה הכלכליות בישראל, זאת תוך שימוש במודל שיווי משקל כללי דינאמי MESSAGEix-IL-MACRO שהותאם לישראל. הצוות המקרו-כלכלי בראשות הפרופסור נתן זוסמן מצא כי ניתן עד לשנת 2050 להפחית את פליטות גזי החממה הנובעים משימוש באנרגיה בשיעור של עד כ-90% ביחס לשנת 2005, תוך פגיעה מזערית בתוצר של עד כ- 0.32% בשנת 2050, זאת אף מבלי להתייחס לתועלות עקיפות משמעותיות למשק, כגון צמצום הפגיעה בבריאות הציבור (והעלויות הנובעות מכך) בזכות הפחתת פליטות מזהמי האוויר וצמצום אובדן התוצר הכרוך בגודש תחבורתי.

אחת ההמלצות המרכזיות של הצוות המקרו-כלכלי היא קידום של תמחור פחמן כך שעלויות האנרגיה ישקפו את העלויות החיצוניות מגזי חממה. תמחור פחמן נחשב לכלי הכלכלי היעיל ביותר להפחתת פליטות גזי חממה ונפוץ מאוד בקרב מדינות ה-OECD. בתחום האנרגיה, תמחור פחמן באמצעות הבלו על הדלק צפוי לעודד מעבר לאנרגיות מתחדשות ולהאיץ את המעבר לרכבים מאופסי פליטה. בתחום הפסולת, עבורו נבחן תמחור פחמן במסגרת גיבוש האסטרטגיה של המשרד להגנת הסביבה למשק פסולת בר קיימא בשנת 2030 ומעבר לכלכלה מעגלית ב-2050, נמצא כי גילום מס פחמן במסגרת היטל ההטמנה צפוי לעודד שיטות טיפול מתקדמות בפסולת פריקה ביולוגית במקום הטמנתו – מקור מרכזי לפליטת מתאן, גז חממה רב עוצמה.

בעקבות עבודה מקצועית ומעמיקה שנעשתה על ידי המשרד להגנת הסביבה בשיתוף עם צוות בין-משרדי רחב, הממשלה אישרה מתווה לתמחור פחמן בהחלטה מספר 286 מיום – 01 באוגוסט 2021, והצווים ליישומה נחתמו על ידי שר האוצר ביום ה-13 באוקטובר 2021. על פי ההחלטה, מס פחמן יחול בהדרגה כדי לאפשר היערכות במשק, וייגבה באמצעות מנגנון

הבלו על הדלק ובאמצעות מס הקנייה על דלקים. גובה המס יתבסס על העלות החיצונית של פליטות גזי חממה משריפת דלקים. בהתאם להמלצות, ההחלטה קבעה כי יש לגבש תמחור פחמן גם בסקטור הפסולת.

ההחלטה כוללת מספר מנגנונים להפחתת נטל המס על סקטורים ספציפיים במשק החשופים במיוחד להשפעתו. ביחס לסקטור החשמל, הוחלט כי המס על הגז הטבעי יגלם 30% מגובה העלות החיצונית של פליטות הפחמן כדי להגביל את העלייה בתעריף החשמל ל-5%, וביחס לסקטור התחבורה המס יוצג כרכיב מובחן מתוך הבלו אך לא יתווסף אליו ולכן לא יוביל להתייקרות הדלקים. לטובת צמצום נוסף של הפגיעה במשקי בית ובכושר התחרותיות של התעשייה הישראלית, הוחלט לבחון מנגנונים נוספים לעידוד התייעלות באנרגיה והקלה במעבר לאנרגיה נקייה לשכבות אוכלוסייה חלשות, והוקצה תקציב על סך 350 מיליון ₪ לצורך גיבוש תכנית לאומית רב-שנתית להתייעלות אנרגטית במגזר העסקי, במטרה לאפשר לו להתאים את עצמו לשינויים במשק, לקדם בו חדשנות, לסייע לו במעבר למקורות אנרגיה מופחתי פליטות ובכך למזער את הפגיעה בתחרותיות של התעשייה הישראלית.

ככלל, על אף התועלות הרבות לכל מגזרי המשק בטווח הארוך, יש צורך שהמעבר במשק הישראלי למשק דל פחמן יבוצע תוך איתור ומיפוי האוכלוסיות הפגיעות בטווח הקצר ומתן מענה ראוי כדי שאלו לא "יישארו מאחור" (Leave No One Behind). בהתאם להמלצות צוות המחקר "העין החברתית", יש לפעול ולהפחית את נטל המעבר לכלכלה דלת פחמן עבור אותן אוכלוסיות על ידי סיוע לאוכלוסיות אלו במעבר לצריכה אישית ירוקה יותר של אנרגיה, השקעה ממשלתית בתשתיות תומכות כגון תחבורה מקיימת, ועידוד השקעות מטעם המגזר הפרטי במטרות אלו.

**יש להסדיר את החזון למעבר לכלכלה דלת פחמן בחקיקה**. זאת על מנת להבטיח שיתוף פעולה בין-משרדי ובין מחזיקי עניין המביא ליישום מדיניות רוחבית אפקטיבית ויצירת וודאות ארוכת-טווח למשק ולאזרחים לגבי מחויבות המדינה בדבר עמידה ביעדים אלו.

# המלצות הצוותים לצעדי פעולה ליישום

| סקטור | אמצעי | גורם אחראי |
|---|---|---|
| צעדי מדיניות רוחביים | במסגרת החלטת ממשלה מס׳ 286 מיום 01.08.21 הוחלט על מנגנון לתמחור פליטות גזי חממה אשר יגולם בצו הבלו על הדלק. המנגנון מעלה באופן הדרגתי את סכום הבלו ומס הקנייה על דלקים. תחילת הפעלת מנגנון צפויה ב2023. יש לגבש מנגנונים לעידוד התייעלות באנרגיה והקלה במעבר לאנרגיה נקייה לשכבות החלשות, כמו גם מנגנוני תמיכה למגזר העסקי לקידום חדשנות וסיוע במעבר למקורות אנרגיה מופחתי פליטה באופן שימזער את הפגיעה בתחרותיות התעשייה הישראלית. | משרד האוצר והמשרד להגנת הסביבה |
| | בחינת השפעה של תכניות השקעה ממשלתיות בתשתיות על העמידה ביעדים לשנת 2050 | כלל משרדי הממשלה |
| | הסדרת החזון למעבר לכלכלה דלת פחמן בחקיקת חוק אקלים | המשרד להגנת הסביבה |
| ערים ומבנים | **מעבר לבנייה ירוקה:**<br>• העלאה תקופתית של הרף המחייב בתקנות בנייה ירוקה<br>• קידום שיפוץ מבנים בהתאם לעקרונות בנייה ירוקה לרבות קידום תקן ובחינת עדכון תקנות תכנון ובנייה. | מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה. |
| | **מעבר לבנייה מאופסת אנרגיה** - גיבוש תקנים ותשתית להתעדה, בחינת תקנות מחייבות וכלי מימון. | מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה. |
| | **עידוד התחדשות עירונית** - קידום תכניות מפורטות, תכניות מתאר ומסמכי מדיניות | מנהל התכנון |
| | **צפיפות ומבנה עירוני:**<br>• עדכון ושכלול דרישות המינימום לצפיפות בתמ״א 35<br>• קידום תמ״א 70 להכוונת הפיתוח העירוני במרחב המטרו וקידום עקרונות לתכנון תומך תחבורה ציבורית ותנועה בת קיימה | מנהל התכנון |
| | **הרחבת כיסוי צמרות עצים במרחב הציבורי:**<br>• פיתוח מאגר נתונים ומנגנון ניטור לכיסוי עצים במרחב העירוני<br>• סיוע לרשויות מקומיות בביצוע נטיעות בראייה כלל-עירונית ויישום המדריך הארצי לצל במרחב המבונה | מנהל התכנון |
| תחבורה | **עידוד שימוש ברכבים מאופסי פליטה:**<br>• איסור ייבוא רכבים קלים שאינם מאופסי פליטה החל משנת 2030<br>• מעבר לתחבורה ציבורית מאופסת פליטות בכל צי הרכב העירוני עד 2035<br>• עידוד והאצת ההקמה של רשת עמדות טעינה ברחבי המדינה<br>• עידוד מעבר לרכבים כבדים מאופסי פליטה לרבות תמיכה בפיילוטים לחשמול וגיבוש תקינה ורגולציה לשימוש במימן בתחבורה. | משרד התחבורה, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה, מנהל התכנון |

| | | |
|---|---|---|
| | **הקטנת נסועת רכב פרטי:**<br>• הגדלת ההשקעה בתשתיות תחבורה ציבורית ובפרט במערכות הסעת המונים<br>• הפעלה הדרגתית של מדיניות לניהול הביקוש (דוגמת קביעת מחיר מבוסס שימוש)<br>• קביעת תכנית לאומית לעידוד עבודה ולימודים מהבית/מרחוק | משרד התחבורה, משרד האוצר |
| | **הקטנת רמת המינוע:**<br>• מתן עדיפות לאמצעים מקיימים בניהול והקצאת זכות דרך<br>• גיבוש מדיניות לעידוד ניידות כשירות לעומת בעלות על רכב | משרד התחבורה, מנהל התכנון |
| **תעשייה** | **הפחתת השימוש בדלקים מזהמים:**<br>• גיבוש תכנית להפחתת השימוש בדלקים פוסיליים מזהמים בתעשייה והקצאת תקציב של 60 מלש"ח לטובת תכנית זו לשנים 2021-2025<br>• המשך הפעלת תכנית המענקים והקצאה של 700 מיליון ₪ לשנים 2021-2025<br>• הסרת המגבלה בהיתר פליטה לאוויר על אחוז ה-RDF בתעשיית המלט | משרד הכלכלה, משרד האוצר, משרד האנרגיה, המשרד להגנת הסביבה. |
| | **עידוד המעבר לשימוש במקורות אנרגיה אלטרנטיביים מאופסי פליטה:** גיבוש תכנית אסטרטגית לעידוד המעבר לדלקים אלטרנטיביים לרבות הקמת גוף ייעודי להובלה ויישום, הקצאת תקציבים, בחינת פרויקטי תשתית והשקעה במו"פ. | משרד הכלכלה, משרד האוצר, משרד האנרגיה, המשרד להגנת הסביבה. |
| | **תכנית לאומית ליישום תיקון קיגאלי:**<br>• תיקנון תקנות להגבלת ייבוא, ייצור שיווק ומכירה של מערכות בהתאם ל-GWP של הקרר.<br>• אסדרה חקיקתית למקצוע מתקיני ונותני שירות למערכות מיזוג וקירור ועדכון התקינה הישראלית (ת"י 994 חלק 1)<br>• חיוב גריטה מסודרת של מערכות ישנות לאתרים מורשים ואכיפת החובה לטיפול בגזי קירור באתרים אלו | משרד הכלכלה, משרד האוצר, משרד האנרגיה, המשרד להגנת הסביבה, משרד העבודה והרווחה, מכון התקנים, הממונה על תקינה - משרד הכלכלה |
| | **כלכלה מעגלית והפחתת צריכת משאבים:**<br>• תמיכה בתכנית סימביוזה תעשייתית המאפשרת השבת פסולת של תהליך יצור כחומר גלם<br>• תמיכה במרכז להתייעלות במשאבים המספק ייעוץ, סקרים, עיצוב מעגלי ותוכניות לייעול השימוש בצריכת משאבים וחומרי גלם<br>• הקמת קהילת ידע ופלטפורמה לקידום כלכלה מעגלית בתעשייה<br>• אימוץ תקינה בינלאומית לשימוש בחומרי גלם ממוחזרים במוצרים. | משרד הכלכלה, משרד האוצר, המשרד להגנת הסביבה. |
| | **כללי:**<br>• אימוץ תקן בינלאומי לתשתיות ירוקות דלות פחמן<br>• גיבוש מתווה לחישוב והנגשת מידע על תכולת פחמן של מוצרים ושירותים | משרד הכלכלה, המשרד להגנת הסביבה, מכון התקנים. |
| **פסולת** | **תמריצים כלכליים והפנמת החצנות:**<br>• קביעת היטל הטמנה ובחינת היטל שריפה המשקפים את העלות החיצונית נטו של פליטות גז"ח<br>• קידום שימוש במנגנוני 'מחזר וחסוך' (SAYT) לרבות עריכת פיילוטים ליישום ברשויות מקומיות | המשרד להגנת הסביבה, משרד האוצר |

| | | |
|---|---|---|
| | **טיפול בחומר האורגני**<br>• מיקוד הטיפול בזרמי פסולת התורמים משמעותית לפליטת גזי חממה דוגמת פסולת אורגנית פריקה ביולוגית ופלסטיק<br>• הפסולת האורגנית תופרד במקור ולא תוטמן פסולת אורגנית לא מטופלת<br>• תמיכה בהקמת מתקני עיכול אנאירובי ומתקני מיון מכני ועיכול אנאירובי משולבים (מתקני MBT) | המשרד להגנת הסביבה, משרד האוצר, משרד האנרגיה, רשות החשמל. |
| | **מניעת הטמנה:**<br>• קביעה בחקיקה על איסור הטמנת פסולת לא מטופלת וחומרים מתמחזרים או ניתנים להשבה<br>• עיגון יעדי הפחתת היקף ההטמנה בחקיקה | המשרד להגנת הסביבה |
| | **הפחתת פליטות ממטמנות:**<br>• כל המטמנות יעברו איטום ותפיסה של גזי חממה נפלטים (בהיקף של לפחות 50%) | המשרד להגנת הסביבה |
| **חשמל** | **הפסקת השימוש בפחם עד שנת 2025** | משרד האנרגיה (רשות החשמל), חברת החשמל |
| | **פיתוח רשת החשמל:**<br>• גיבוש תכנית פיתוח מואץ לרשת לרבות תכנית להסרת חסמים וייעול ההליכים התכנוניים.<br>• קידום פתרונות להטמנת קווי מתח עליון והקמת מנהרות תשתית רב מערכתיות. | משרד האנרגיה, חברת החשמל, מינהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה |
| | **אנרגיות מתחדשות במרחב המבונה:**<br>• חיוב התקנת מתקנים פוטו-וולטאים בבניה חדשה<br>• קביעת אופן השימש בקרקע בשטחים דואליים (כבישים ומחלפים, חניונים, מאגרי מים).<br>• גיבוש מדריכים, הכשרות, מאגרי מידע ותמריצי מימון לרשויות מקומיות | משרד האנרגיה, חברת החשמל, מינהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה |
| | **ניהול מערך הייצור:**<br>• קידום והטמעת רשת חכמה<br>• הסדרת השתתפות מערכות אגירה במתן שירותי רשת<br>• הרחבת הסדרי ניהול הביקוש, לרבות ברשת החלוקה תוך אסדרת הפעלתן של חברות האגרגציה | משרד האנרגיה (רשות החשמל) |
| | **אסדרות:**<br>• קיום פתרונות אסדרתיים לטווח ארוך ללא תלות במכסות<br>• בחינת התאמות רגולטוריות באסדרות למתקני ייצור קונבנציונליים על מנת לאפשר התאמה שלהם למשטרי הפעלה שיידרשו. | משרד האנרגיה (רשות החשמל) |

# רקע

## שינויי האקלים כאיום אסטרטגי עולמי

בינואר 2020, פרסם הפורום הכלכלי העולמי בדבוס את דו"ח הסיכונים הגלובאליים[12] העדכני אשר קבע כי הסיכונים הנובעים ממשבר אקלים (אירועי מזג אוויר קיצוניים, כישלון הפחתת פליטות גזי חממה והתאמה לשינויי האקלים ע"י ממשלות ועסקים, נזקים סביבתיים מעשי ידי אדם, ואסונות טבע גדולים ומשמעותיים) הם חמשת הסיכונים החמורים ביותר עם רמת הסבירות הגבוהה ביותר לכלכלה הגלובלית. לפי הדו"ח, אל אלו מתווספים סיכונים בריאותיים וחברתיים המושפעים ממשבר האקלים כגון סיכון למשבר מזון, משבר מים, הגירה, התפשטות מחלות מדבקות ועוד.

דו"ח זה מתווסף לדו"ח מיוחד של הפאנל הבין-ממשלתי על שינוי אקלים (IPCC) משנת 2018 אשר התריע מפני השלכות מרחיקות לכת על כדור הארץ בכלל ועל החברה האנושית בפרט במידה ולא תורחב ותועמק הפעילות הגלובאליות להפחתת פליטות גזי החממה לרבות:

[12] (World Economic Forum, 2020)

לפי מסמך המלצות תוכנית הפעולה הלאומית בדבר היערכות להסתגלות לשינוי אקלים[13] של המשרד להגנת הסביבה משנת 2017, ההשלכות הרלוונטיות ביותר לישראל הינן:

- הפחתה במשקעים ועלייה בדרישה למים, לרבות הצורך בהשבת מים לטבע באופן ייזום בכדי לשקם את המערכות האקולוגיות
- עלייה בדרישה לאנרגיה, במיוחד בעת אירועי מזג אוויר קיצוניים
- גידול בתחלואה ותמותה בעקבות גלי חום, עלייה בהעברת מחלות, ופגיעה מאירועים קיצוניים של מזג אוויר
- פגיעה בתשתיות בעקבות אירועי מזג אוויר קיצוניים (שיטפונות, הצפות, סערות), סיכון לפגיעה בתשתיות חופיות בעקבות עליית מפלס המים, עלייה בסיכון לשריפות יער
- שינויים במגוון הביולוגי (הכחדת מינים מסוימים, שינויים בתפוצת המינים, מינים פולשים)
- האצת הליך המדבור הצפוי לפגוע בגידולים החקלאים
- השפעה של שינוי האקלים על מדינות שכנות עלולה להביא לאי יציבות פוליטית אזורית ועל כן לאיומים אסטרטגיים כגון לחץ הגירה לכוון ישראל (בצד תועלות אפשריות)

[13] (המשרד להגנת הסביבה, 2017)

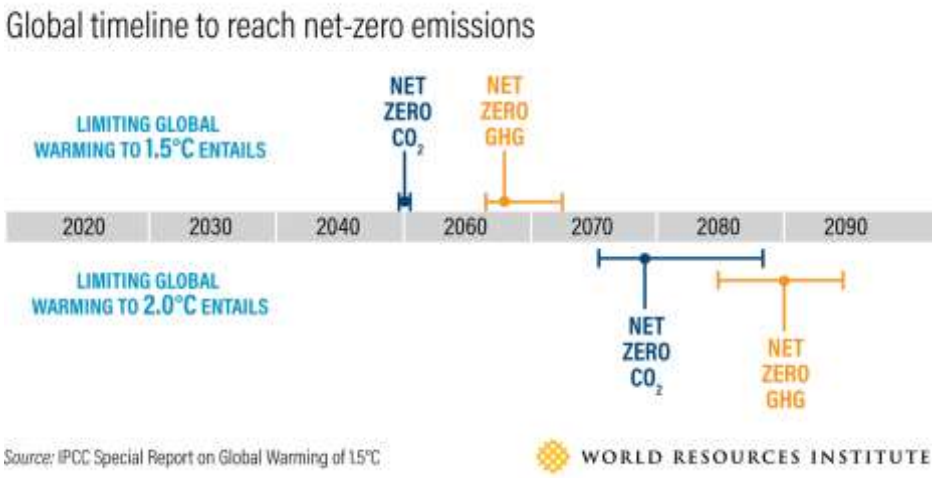
# התמודדות העולם עם איום שינויי האקלים – מעבר לכלכלה מאופסת פליטות

הצטברות הידע המדעי על תופעת שינויי האקלים, לרבות אפיון וכימות הנזקים ההולכים ומתעצמים על הסביבה, כלכלה והחברה האנושית – הביאו את הקהילה העולמית להתגייסות להתמודדות עם המשבר ברמה הגלובלית.

נקודת הציון המרכזית בשיתוף הפעולה העולמי לנוכח המשבר הייתה וועידת האקלים של האו״ם, שנערכה בדצמבר 2015 בפריז. במסגרתה אושר הסכם גלובלי ומחייב למאבק בשינויי אקלים אשר מעגן לראשונה את היעדים להפחתת גזי חממה של כלל המדינות וגם הגדיר מתווה שבמסגרתו כל המדינות נדרשות לגבש חזון ואסטרטגיה למעבר לכלכלה דלה עד מאופסת פליטות עד לשנת 2050. בנוסף, ההסכם מסדיר את תוכנית הפעולה העולמית להתמודדות עם שינויי האקלים ואת החובות המוטלות על המדינות השונות

נכון לפברואר 2020, ההסכם אושרר על ידי 189 מדינות מתוך כל 197 המדינות החברות באמנת האקלים של האו״ם. מדינת ישראל חתמה על ההסכם ב־ 22 באפריל 2016 ואשררה אותו ב־ 14 בנובמבר 2016.

מדו״ח ה-IPCC עולה כי קיימת חשיבות העליונה ליישום המחויבות שהתקבלה בוועידת האקלים בפריז ב-2015 על ידי מדינות העולם, לרבות ישראל, להגיש לאו״ם תכניות אסטרטגיות למעבר לכלכלה דלת פחמן עד שנת 2050 ולהגדיל ולכוון לכלכלה מאופסת פליטות. על פי הדו״ח, בכדי לעמוד ביעדי הגבלת עליית הטמפ׳ שהוסכמו בוועידת פריז, יש לכוון לאפס פליטות פד״ח ב-2050 ואפס פליטות של גז״ח אחרים בין 2060-2070 :

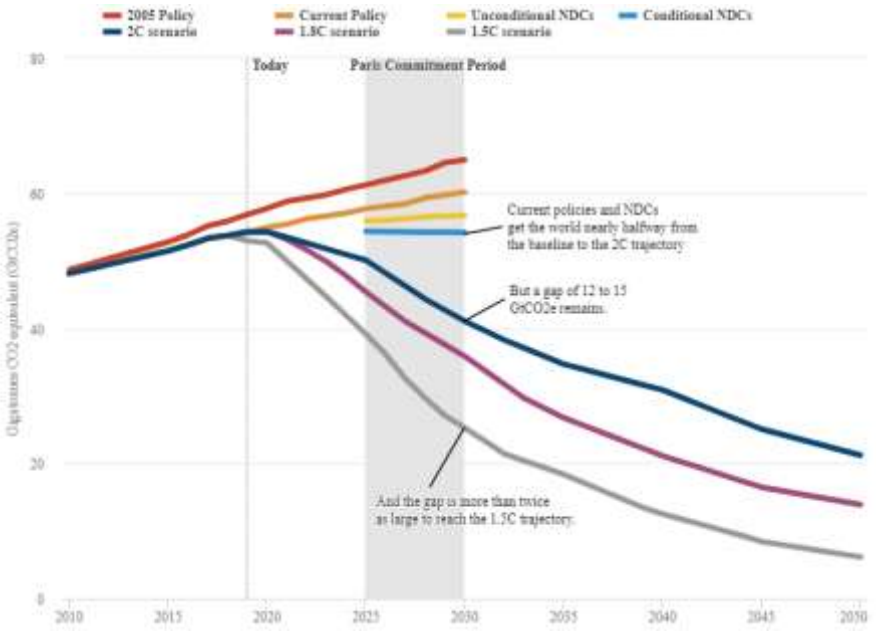



מדינות מפותחות שונות כדוגמת גרמניה, צרפת ובריטניה הכינו והגישו לאו״ם תכניות אסטרטגיות כאלו הכוללות יעדים לאומיים להפחתת 75-95% מפליטות גזי החממה שלהן ביחס לשנת הבסיס (1990). מגמה זו, אשר החלה על ידי מדינות האיחוד האירופי, מתרחבת בשנים האחרונות גם למדינות OECD נוספות כגון מקסיקו ודרום קוריאה, ואף למדינות אחרות כגון הודו ואוקראינה.

אך על פי דו״ח שפורסם בנובמבר האחרון על ידי ה-United Nations Environmental Program (UNEP)[14], הטמעת יעדי ההפחתה אליהן התחייבו המדינות במסגרת הסכמי פריז, תביא לעלייה ממוצעת של 2.9-3.4 מעלות צלזיוס עד 2100. הדו״ח מזהיר כי על המדינות להכפיל פי 3 את מאמצי ההפחתה שלהן בכדי לעמוד ביעד העלייה של 2 מעלות ולהכפיל פי 5 את מאמצי ההפחתה בכדי להגיע ליעד עלייה של 1.5 מעלות.

[14] (UNEP, 2019)

*תרשים 7: פער בין יעדי הפחתת הפליטות שנקבעו בהסכמי פריז להפחתה הנדרשת לעמידה בעליית טמפ'*[15]




מקור: (World Resources Institute, 2019)

מספר רב של מדינות הצהירו כי החלו לפעול להעמקת היעדים שנקבעו במסגרת הסכם פריז, והתחייבו להגיש יעדים מעודכנים ב-2020. בין המדינות: דנמרק, פינלנד, צרפת, גרמניה, איסלנד, הולנד, לוקסמבורג, ספרד, פורטוגל, שבדיה, ובריטניה.

כחלק ממגמה זו, מדינות העולם החלו לפעול למעבר לכלכלה מאופסת פליטות. כ-120 ארצות ומדינות בעולם החלו תהליך מעבר לכלכלה מאופסת פליטות הכולל קביעת יעדים, גיבוש תוכניות אסטרטגיות ועיגונם בחקיקה[16]. בין מדינות אלו:

האיחוד האירופאי פרסם ב-2020 את תוכנית ה-'Green new deal'. התוכנית, שעוגנה לאחרונה בחקיקה, העמיקה את יעדי 2030 ל-55% הפחתה (במקום 40%) ביחס לרמת הפליטות בשנת 1990 והגדירה יעד לאיפוס פליטות גז"ח עד 2050. פליטות שלא יופחתו יקוזזו על ידי ייעור ושימוש בטכנולוגיית לכידה ואחסון של פחמן (CCS).

ביולי 2019, בריטניה התחייבה לעבור לכלכלה מאופסת פליטות גז"ח עד 2050, והייתה למדינה הראשונה מבין המדינות המובילות כלכלית (G7) שהעבירה יעד כזה במסגרת חוק אקלים17. נוסף על כך, בריטניה הגישה בדצמבר 2020 יעד מעודכן ל-2030 – 68% הפחתה ביחס ל-1990 (במקום 53%).

בדצמבר 2019, גרמניה אימצה חוק אקלים חדש המקבע את יעדי הפחתת הפליטות אליהן התחייבה, ומוסיף יעד של מעבר לכלכלה מאופסת פליטות גז"ח עד 2050[18].

בדצמבר 2019, דנמרק אימצה חוק אקלים חדש, המחריף את יעדי הפחתת הפליטות ל-2030 ל-70% הפחתה ביחס לרמת הפליטות ב-1990 (לעומת היעד של 40% הפחתה) ואיפוס פליטות גז"ח ב-2050.

ביולי 2019 התחייבה צרפת לעבור לכלכלה מאופסת פליטות גז"ח עד 2050 והעבירה את היעד גם היא במסגרת חוק אקלים. בדומה להצהרת האיחוד, מצוין כי פליטות שלא יופחתו יקוזזו על ידי ייעור ושימוש ב-CCS.

[15] (Carbon Brief, 2019)
[16] (UNFCCC, 2019)
[17] (UK Department for Business, Energy& Industrial Strategy, 2019)
[18] (Clean Energy Wire, 2019)

ב-2017 שבדיה העבירה את חוק האקלים שלה, בו החמירה את יעדיה שהוצהרו בהסכם פריז, וקבעה כי עד 2045 תהיה מאופסת פליטות גז"ח (במקום 2050). זאת באמצעות הפחתה של לפחות 85% פליטות גז"ח ביחס לשנת 1990, כאשר ה-15% הנותרים יקוזזו על ידי השקעה בפרויקטים במדינות זרות (Offsetting)[19].

באוקטובר 2020, הצהיר ראש ממשלת יפן על יעד מעבר לכלכה מאופסת פליטות גז"ח עד 2050 – לעומת יעד ההפחתה הקודם של 80% הפחתה עד 2050 ביחס לרמת הפליטות ב-2010, ומעבר לכלכלה מאופסת פליטות פד"ח במחצית השנייה של המאה.

בדצמבר 2019, לוקסמבורג העבירה את חוק האקלים החדש, אשר מציב יעד למעבר לכלכלה מאופסת פליטות עד 2050. יתרה מכך, החוק מעגן את ההחלטה להגביר את מידת השאפתנות של יעדי ההפחתה ל-2030 מ-40% ל-55% הפחתה ביחס לרמת הפליטות ב-2005[20].

בוועידת האקלים האחרונה (COP25) צ'ילה הצהירה על כוונתה לחוקק חוק אקלים המעגן יעד למעבר לכלכלה מאופסת פליטות גז"ח עד 2050[21].

בנובמבר 2019, ניו זילנד העבירה את חוק האקלים החדש שלה, אשר מציב יעד למעבר לכלכלה מאופסת פליטות פד"ח עד 2050. היעד מתמקד בפליטות פד"ח ומקל בפליטות גז"ח אחרים (כגון מתאן – גז הנפלט בין היתר מפעילות חקלאית) בכדי לאפשר גמישות לחקלאים האחראיים לעיקר התמ"ג של המדינה.

היות והשלכות המעבר לכלכלה מאופסת פליטות/דלת פחמן נוגעות לתחומים רבים במשק הנמצאים באחריותם של מגוון משרדים ממשלתיים, רשויות, וארגונים רבים. עיגון היעדים במסגרת חוק אקלים, לעומת החלטת ממשלה, משדר וודאות למשק ולאזרחים לגבי מחויבות המדינה בדבר עמידה ביעדים אלו. כמו כן, מעבר זה דורש פעילות ארוכת טווח כמו גם השקעת משאבים רבים.

עיגון משפטי בחקיקה מקל על עיצוב תוכניות לעמידה ביעדים ועל ביסוסן, באמצעות שיפור יכולת יצירת שיתופי הפעולה בין משרדי הממשלה ומחזיקי עניין נוספים. כמו כן, עיגון משפטי מעצים את סמכותו של הגוף העוסק בבניית התוכנית בעבודתו מול הגופים האחרים. בנוסף, חוק אקלים מגדיר את השלכות של אי-עמידה ביעדים שנקבעו ואת הגורמים שיצטרכו לתת על כך את הדין.

מתוך 36 המדינות החברות ב- OECD,לרוב המדינות (19) יש חוק אקלים בתוקף. לפחות 5 מדינות נוספות נמצאות בתהליכי ניסוח חקיקה. החוקים השונים כוללים יעדי הפחתה מפורשים, ולעתים גם יעדים מגזריים, תכנית הסתגלות והיערכות ,מנגנונים ומענה מוסדי לנושא האקלים במדינה, תמחור פחמן (כגון מיסוי פחמן או קביעת מנגנון סחר בפליטות) ועוד. חלק ניכר מהחוקים מכוון לכלכלה דלת פחמן עד לשנת 2050, כשלרוב יעדי הביניים במדינות השונות נעים בין 20-50 אחוזי הפחתה עד 2030 ביחס לתרחיש עסקים כרגיל. לרוב המכריע של המדינות יש תכנית לאומית מאושרת להיערכות לשינויי אקלים.[22]

## יעדי ישראל להפחתת גזי חממה

בינואר 2015 הוקמה ועדה בין-משרדית לגיבוש יעדים להפחתת פליטות גזי החממה במדינת ישראל, בראשות מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה ויו"ר המועצה הלאומית לכלכלה, ובהשתתפות כלל משרדי הממשלה הרלוונטיים, לרבות אנרגיה, תחבורה, כלכלה ואוצר, ביחד עם נציגי השלטון המקומי, התעשייה, המסחר , אקדמיה ונציגי איגודים וארגוני חברה אזרחית . על בסיס עבודת הוועדה ושיקולים נוספים החליטה הממשלה בספטמבר 2015 החלטה (מס' 542) שקבעה

[19] (Swedish Environmental Protection Agency, 2019)
[20] (The Luxembourg Government, 2019)
[21] (Business Green, 2019)
[22] "ח משפט האקלים, אדם טבע ודין, 2019

יעד לאומי להפחתת פליטות גזי חממה[23] לשנת 2030 של **7.7- טון tCO2e לנפש ויעד ביניים לשנת 2025 של 8.8 טון פחמן דו חמצני לנפש**. המשמעות של יעדים אלו היא מיתון הגידול הצפוי בפליטות ביחס לתרחיש עסקים כרגיל ולא הפחתה בפליטות המוחלטות של ישראל

בנוסף, קבעה הממשלה יעדים כמותיים בתחומי האנרגיה והתחבורה, כמפורט להלן:

1. צמצום צריכת החשמל בשיעור של 17% לפחות עד שנת 2030, ביחס לצריכת החשמל הצפויה באותה השנה לפי תרחיש עסקים כרגיל;
2. ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בשיעור של 13% לפחות מסך כל צריכת החשמל בישראל בשנת 2025, ושיעור של 17% לפחות מכל צריכת החשמל בשנת 2030 ; יש לציין כי יעד זה מתווסף להחלטת ממשלה מס׳ 4450 שקבעה כי עד שנת 2020 10% מצריכת החשמל תיוצר באמצעות אנרגיות מתחדשות.
3. צמצום היקף הנסועה הפרטית בשיעור של 20% עד לשנת 2030, וזאת ביחס לנסועה הצפויה באותה השנה לפי תחזית עסקים כרגיל.

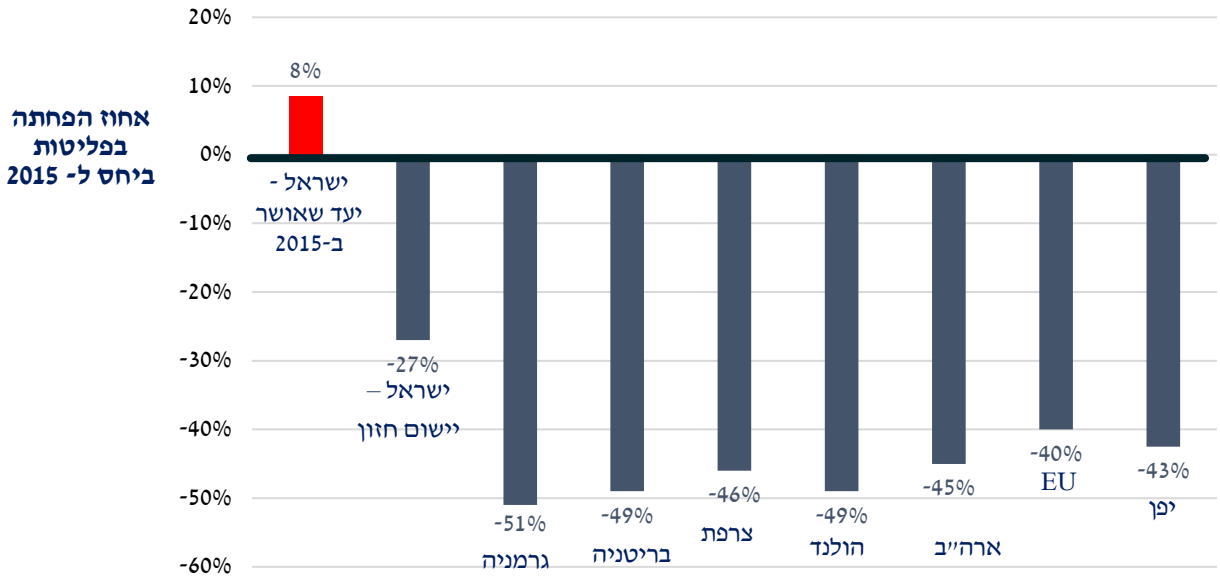
בכדי לעמוד ביעדים אלו קבעה הממשלה באפריל 2016 את החלטה מס׳ 1403, שקובעת תכנית לאומית להפחתת פליטות גזי חממה ולייעול צריכת האנרגיה במשק (להלן: "התוכנית הלאומית")[24]. ובספטמבר 2016 פרסם המשרד להגנת הסביבה תכנית לאומית ליישום הסכמי פריז[25].

התוכנית הלאומית שאישרה הממשלה כוללת אמצעי הפחתה מוגדרים בתחומים מסוימים, ובנוסף קובעת לוחות זמנים לבחינה ולגיבוש אמצעי הפחתה בתחומים אחרים, אשר טרם הושגה הסכמה על אסטרטגית ההפחתה בהם.

עמידה ביעדים אלו תביא לגידול של כ-8% בפליטות ביחס לשנת 2015[26]. זאת, לעומת יעדים שנקבעו במדינות אחרות בעולם, אשר יביא להפחתה ממשמעותית מאוד בהשוואה לישראל:

[23] (משרד ראש הממשלה, 2017)
[24] (משרד ראש הממשלה, 2017)
[25] (המשרד להגנת הסביבה, 2016)
[26] קביעת היעד התייחסה לתחזית הלמ"ס לגידול באוכלוסייה דאז, באופן שיביא לייצוב הפליטות ביחס לרמתן לשנת 2015. מאז, תחזית הלמ"ס התעדכנה ועמידה ביעד הנוכחי להפחתת פליטות גז"ח לנפש, בהינתן האוכלוסייה הצפויה ב-2030 יביא לגידול בפליטות ביחס ל-2015.

*תרשים 8: הפחתת פליטות צפויה עד 2030 מעמידה ביעדים לאומיים במדינות נבחרות (היעדים המוצגים בגרף מנורמלים ביחס לשנת 2015 על מנת לייצר בסיס אחיד להשוואה ליעד המוצע בישראל).*




מקור: UNFCCC GHG emissions database ; INDCs, UNFCCC 2020, The White House,2021

# תהליך לגיבוש חזון ואסטרטגיה לכלכלה דלת פחמן, תחרותית ומשגשגת

על מנת לעמוד במחויבות של ישראל במסגרת הסכמי פריז לגיבוש חזון ואסטרטגיה לכלכלה דלת פחמן ומתוך הבנה והכרה שתהליך זה הינו חיוני להבטחת השגשוג של הכלכלה והחברה שלנו ולנוכח אתגר האקלים והמעבר העולמי לכלכלה דלה עד מאופסת פליטות - יזם המשרד להגנת הסביבה תהליך רב מגזרי שאפתני להתוויית הדרך לכלכלה דלת פחמן ומשגשגת. לצורך כך המשרד להגנת הסביבה חבר למכון הישראלי לדמוקרטיה וארגון ה- OECD ולמשרדי הממשלה: תחבורה, אנרגיה, כלכלה ומנהל התכנון אשר הקימו צוותי עבודה לגיבוש החזון והאסטרטגיה בכל תחום ולמשק כולו.

מטרת האסטרטגיה לייצר תפיסה הוליסטית יעילה ומקיימת לתכנון ושימוש של תשתיות, ערים ומבנים ולייעול השימוש באנרגיה ובמשאבים אחרים תוך מעבר למקורות אנרגיה מאופסי פליטה והפסקת הטמנת פסולת.

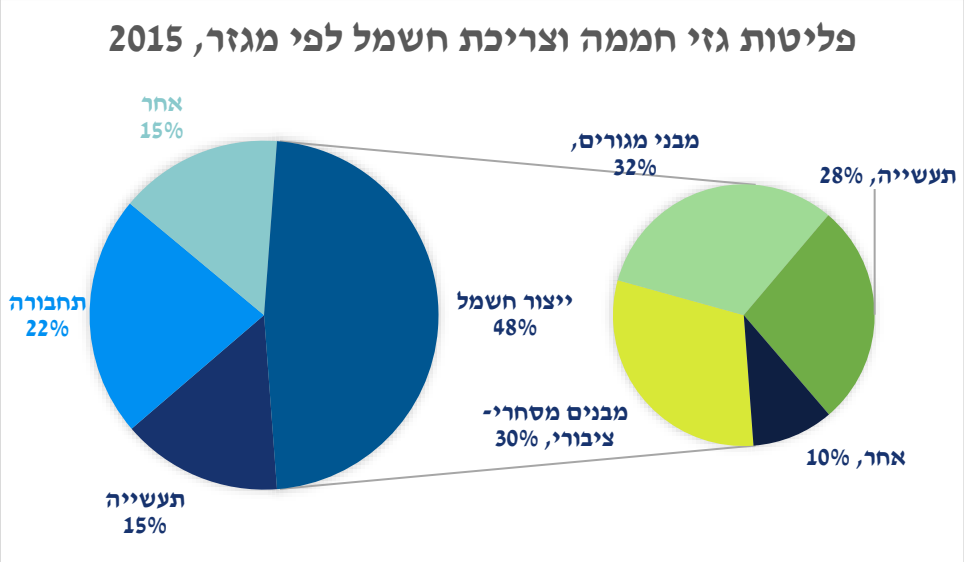
## מקורות פליטת גזי חממה בישראל – תחומים ופעילויות מרכזיות

בשנת 2015, סך פליטות גזי החממה (גז"ח) בישראל נאמדה בכ-80 מיליון טון שווה ערך $CO_2$ ($tCO_2e$), המגלם עליה אבסולוטית של כ-40% ביחס לפליטות גז"ח בשנת 1996, 20% ביחס לפליטות גז"ח בשנת 2000 ועליה של 5% ביחס לפליטות גז"ח בשנת 2010.

הגורם העיקרי לפליטות גזי חממה בישראל הוא שריפת דלקים. פליטות אלו היוו כ-80% מסך הפליטות בשנת 2015. הסקטורים העיקריים התורמים לפליטות אלה הם סקטור החשמל (כ-48% מסך הפליטות), התחבורה (כ-22% מסך הפליטות) ומגזר התעשייה (כ-15%).

מתוך סך צריכת החשמל באותה שנה, 32% נצרך על ידי מבנים במגזר הביתי, 30% נצרך על ידי מבנים במגזר המסחרי-ציבורי ו-28% בתעשייה. כלומר, כ-60% מסך צריכת החשמל מקורה במבנים:

*תרשים 9: פליטות גזי חממה וצריכת חשמל לפי מגזר*

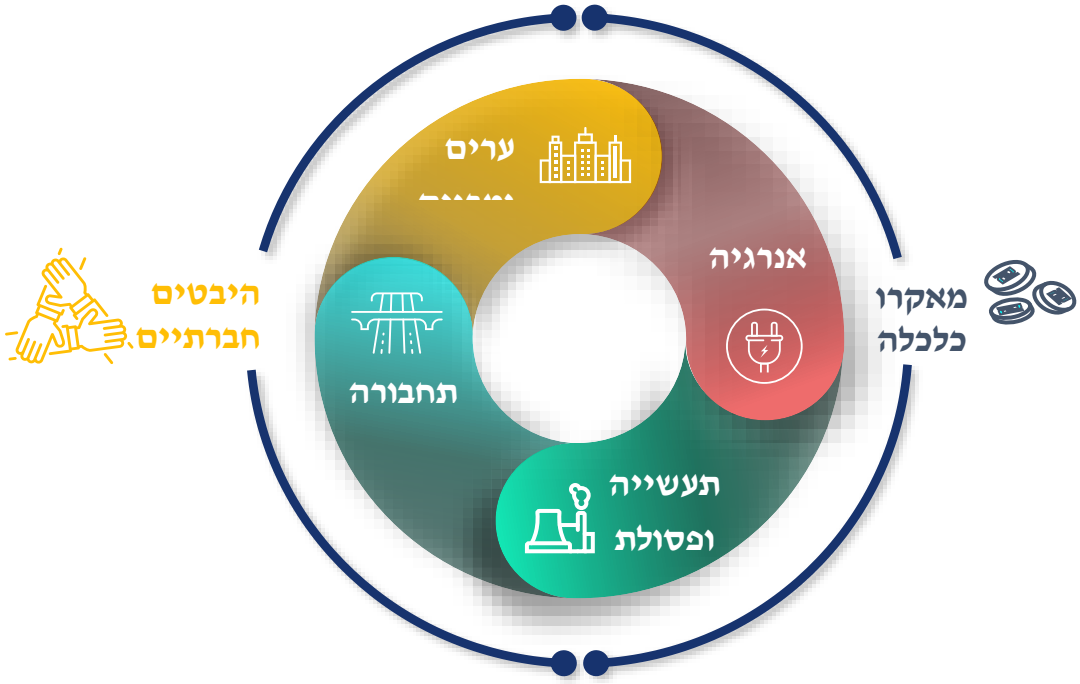



כתוצאה מכך, התהליך בישראל מתמקד בחמישה תחומים מרכזיים: אנרגיה, ערים ומבנים, תחבורה, תעשייה ופסולת.

## תהליך העבודה

עבור כל תחום הוקמו צוותי עבודה מקצועיים הכוללים שותפים מהמשרדים הרלוונטיים, רשויות מקומיות, נציגי ציבור והחברה האזרחית, אקדמיה ועוד. במקביל, הוקמו עוד שני צוותים: צוות מאקרו הבוחן את ההשפעות המאקרו כלכליות של התוכנית וצוות 'עין חברתית' הבוחן את ההיבטים החברתיים של התוכנית.

*תרשים 10: צוותי העבודה המקצועיים*



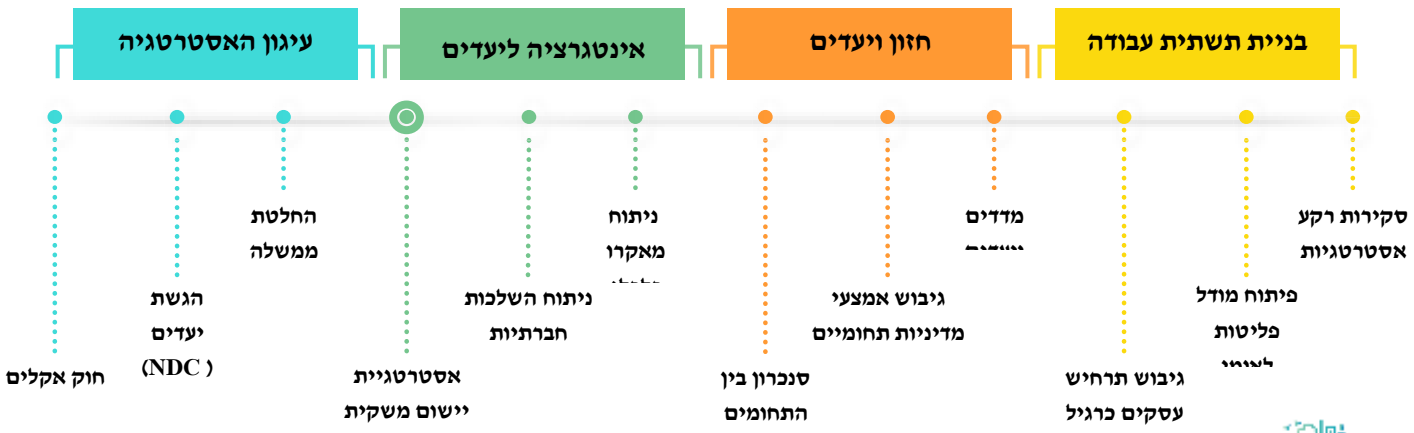

התהליך מחולק למספר שלבים:

I. **בניית תשתית עבודה**: במהלך 2019 התהליך הותנע תוך ביצוע מספר פעולות לגיבוש תשתית העבודה לרבות סקירות רקע אסטרטגיות, פיתוח מודל פליטות לאומי וגיבוש תרחיש עסקים כרגיל עבור כל תחום.

II. **גיבוש החזון**: במחצית הראשונה של 2020 התהליך הושק באופן פורמלי, וביוני הוצגו טיוטות החזון והיעדים בכל אחד מארבעת התחומים: תחבורה, אנרגיה, ערים ומבנים, ותעשייה ופסולת. בדצמבר האחרון הוצגה עבודת צוות מאקרו וצוות העין החברתית.

III. **אינטגרציה ליעדים וגיבוש מפת הדרכים**: במחצית השנייה של 2020 הושלמה האינטגרציה של החזון התחומי לחזון משקי ועל בסיס היעדים הללו גובשה מפת דרכים אופרטיבית ותוכנית יישום חמש שנתית מפורטת. מפת הדרכים מהווה בסיס לעדכון יעדי הפחתת הפליטות ל-2030.

IV. **עיגון האסטרטגיה בחקיקה**: לאחר גיבוש החזון ומפת הדרכים, יושלם הליך חקיקת חוק אקלים, אשר יעגן את החזון והיעדים שגובשו. יעדים אלו יוגשו למזכירות אמנת האקלים של האו"ם.



תהליך לגיבוש חזון ארוך טווח למעבר לכלכלה דלת פחמן ומשגשגת עד 2050, טומן בחובו גם יתרונות רבים עבור המשק הישראלי כגון:

- **חדשנות טכנולוגית וצמיחה כלכלית בענף הקלינטק** – מדינת ישראל מוטת ייצוא, חדשנות וטכנולוגיה. על פי אומדני מכון הייצוא, ההיי-טק מהווה כ-46% מסך הייצוא הישראלי הכולל[27]. עם המעבר העולמי לכלכלה דלת פחמן והאתגרים הצפויים משינוי האקלים, קיימת הזדמנות משמעותית לפיתוח ויישום טכנולוגיות ישראליות ברחבי העולם, כאשר על פי נתוני משרד הסביבה הגרמני מ-2018, שוק הטכנולוגיות הסביבתיות העולמי צפוי לגדול ב-6.9% בכל שנה לכ-6 טריליון יורו כבר ב-2025[28].
- **שגשוג כלכלי** - על ידי הגברת היעילות הכלכלית בניצול משאבי אנרגיה ומחצבים יקרים.
- **הפחתה בזיהום אוויר** – מקורות הפליטה העיקריים של גזי חממה מהווים גם מקורות פליטה משמעותית של מזהמי אוויר, הגורמים על פי ה-OECD למותם של כ־2,365 בני אדם בכל שנה במדינת ישראל[29]. האמצעים להפחתת פליטות גזי חממה יביאו גם להפחתה בתמותה ובתחלואה, כמו גם בעלויות החיצוניות למשק, הנגרמות מחשיפה לזיהום אוויר.
- **ביטחון אנרגטי** - על ידי הפחתת התלות בדלקים מתכלים וביזור ייצור החשמל.
- **צמצום גודש התנועה** – על ידי מעבר מתלות ברכב פרטי לשימוש באמצעי תחבורה חלופיים כגון תחבורה ציבורית, הליכה, רכיבה על אופניים ועוד.
- **תכנון אינטגרטיבי משולב** – גיבוש חזון משקי ארוך טווח, מאפשר תכנון אינטגרטיבי משולב על יד משרדי ממשלה ומוסדות שונים, האחראים לתחומים אשר הממשק בינם הולך וגובר. לדוגמה, תכנון תחום התחבורה, הנמצא זה מכבר בממשק משמעותי עם תכנון ערים, הופך להיות חלק משמעותי גם מתכנון משק האנרגיה עם כניסתם של רכבים חשמליים. בנוסף, משק המים, עם ההישענות על התפלה, הופך לנדבך משמעותי של משק האנרגיה. תכנון אינטגרטיבי משולב יכול לסייע במניעת משברים על ידי הערכות ארוכת טווח לאתגרים הצפויים לישראל כתוצאה משינויי האקלים.

[27] (מכון הייצוא הישראלי, 2018):
[28] (Germany's Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2018)
[29] (OECD, 2018)

# מבנים וערים

# מבנים ועירים

## הקדמה

ערים מהוות מוקדים של פעילות אנושית ויש להן תועלת כלכלית גדולה. הן יוצרות מרחב ליוזמות כלכליות, חיי תרבות, חידושים טכנולוגיים ומחשבתיים, מאפשרות לשמר שטחים פתוחים ומגוון ביולוגי עשיר בשל ריכוז מרבית הפעילות האנושית בשטח מצומצם ומאפשרות חיונית אנושית. למיצוי היתרונות הכלכליים והסביבתיים של העיר, נדרשות ערים צפופות וקומפקטיות.[30] עם זאת, ריכוז הפעילות האנושית במקום אחד משליך גם על ריכוז של צריכה, פליטות, פסולת וכדומה, ובכך מחייב התייחסות ממוקדת לבעיות אלו מחד, אך גם יכול להקל על מלאכת הטיפול בהן מאידך.

שינויי האקלים המתרחשים כעת והצפויים בעתיד משפיעים וימשיכו להשפיע על המיקרו-אקלים הקיים בעיר, ויידרש שינוי תפיסתי מבחינת התאמת הערים והמבנים למצב האקלימי החדש (הצללה, הטמעת שיקולי זרימת אוויר במרחב העירוני, קידום נוחות תרמית בבניינים ובמרחב הציבורי, היערכות להצפות ולעליית מפלס פני הים וכדומה).[31]

סקטור המבנים אחראי ל-28% מפליטות גזי החממה בישראל[32] (הישירות והעקיפות, בעיקר כתוצאה מצריכת חשמל). כמו כן, הארגון המרחבי של העיר, הצפיפות שלה והיכולת של בני אדם וסחורות לנוע בתוכה משפיעים אף הם על פליטות גזי החממה מתחבורה, ייצור אנרגיה ופסולת. זאת, בנוסף לאפשרות לקידום ייצור אנרגיה נקייה במרחב העירוני.

## מגמות בישראל

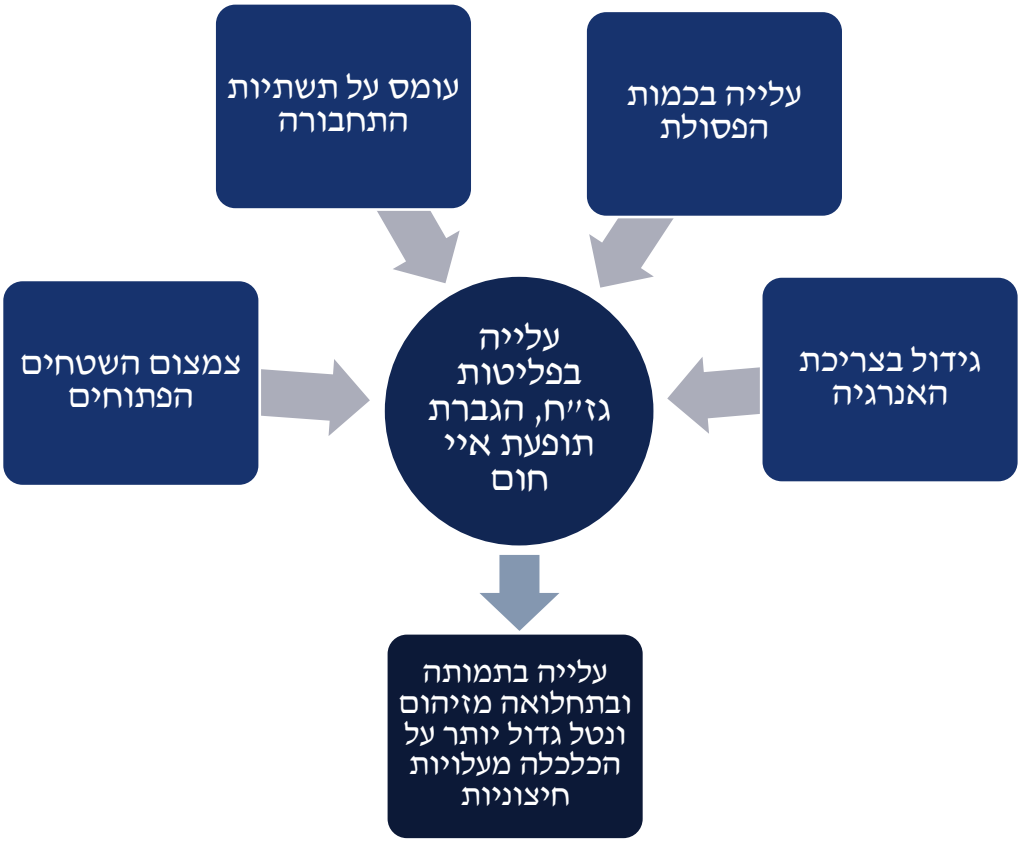
### תחום התכנון העירוני

#### האתגרים

בישראל כ-91% מהאוכלוסייה גרה ביישובים עירוניים.[33] נתון זה, בשילוב קצב הריבוי הטבעי הגבוה יחסית (גידול של 80% בכמות האוכלוסייה בישראל עד שנת 2050 ביחס ל-2017), צפוי להגדיל משמעותית את הביקוש לדיור עירוני. על-פי התוכנית האסטרטגית לדיור,[34] אשר אושרה על-ידי קבינט הדיור הממשלתי בפברואר 2017, על-מנת לספק את הביקוש לדיור יהיה צורך לאפשר בנייה של 1.5 מיליון דירות עד שנת 2040, קרי גידול של כ-60% במלאי הדיור בישראל בתוך כ-25 שנים.[35] על מנת לעמוד ביעד זה, יידרש תכנון של כ-2.6 מיליון יחידות דיור[36]. הפער בין כמות הדירות לבנייה לבין כמות הדירות המתוכננות נובע ממשכם הארוך של הליכי תכנון ומפערים בין התכנון לבין היישום בפועל. מכאן, שהחלטות תכנוניות שיתקבלו ישפיעו על בנייה שתתבצע מעבר לשנת 2050.

בהיעדר תכנון נכון סיפוק הביקוש לדיור בממדים אלו צפוי להיות מלווה במחיר סביבתי וכלכלי כבד:

[30] ד"ר רופא יודן, עירוניות תוססת - תחזית קיימות לישראל 2030, המשרד להגנת הסביבה, 2012.
[31] התכנית הלאומית להסתגלות לשינוי אקלים, המשרד להגנת הסביבה, דצמבר 2017.
[32] כתוצאה ממקורות הפליטה שנאמדו במודל הפליטות של EcoTraders
[33] לוח 2.21, למ"ס. נתוני 2017.
[34] התוכנית האסטרטגית לדיור, עופר רז-דרור ונעם קוסט, מאי 2017, המועצה הלאומית לכלכלה.
[35] http://economy.pmo.gov.il/councilactivity/housing/documents/diurpdf100117.pdf
[36] התוכנית האסטרטגית לדיור, עופר רז-דרור ונעם קוסט, מאי 2017, המועצה הלאומית לכלכלה.




1. **צמצום השטחים הפתוחים:** שטח פתוח מוגדר כשטח יבשה שאינו שטח בנוי ואינו גוף מים (טבעיים או מלאכותיים). העלייה בצפיפות האוכלוסין מביאה לפיתוח עירוני וחקלאי, אשר גורם, בין השאר, לקיטוע ולאבדן של שטחים פתוחים ולחדירה ולהתבססות של מינים פולשים רבים של חי וצומח. נכון לשנת 2017, השטחים הפתוחים היוו 85.6% מהשטח היבשתי של ישראל, אשר מורכבים ברובם משטחים טבעיים או מיוערים (66.9%) והיתר הם שטחי חקלאות (18.7%). כמו כן, רוב השטחים הללו הינם שטחים הנמצאים מדרום לבאר-שבע, ולכן מהווים שטחים מדבריים. ממוצע קצב הגריעה ב-4 השנים האחרונות עומד על 20.8 קמ"ר בשנה[37].[38]

לרצף שטחים פתוחים חשיבות רבה בשמירה על המגוון הביולוגי לאורך זמן. בנוסף, התמרה מכוונת של שטחים טבעיים לייעודים אחרים, כגון חקלאות, משנה את הרכבם ותפקודם של שטחים אלו ובכך פוגעת בתועלת שהמערכות האקולוגיות מביאות לאדם.[39]

2. **עומס על תשתיות התחבורה:** תשתיות התחבורה העירוניות הן מבין הגורמים המשפיעים ביותר על איכות החיים של התושבים. בשנים האחרונות, הממשלה החלה ביישום תכניות שונות לפיתוח ולהרחבת המערכות להסעת המונים במטרופולינים. לפי אומדן שבוצע עבור משרד האוצר, בשנת 2016 השפעות הגודש נאמדו בכ-50-41 מיליארד ₪ (עלויות סביבתיות ועלות תאונות דרכים נאמדות בכ-10 מיליארד ₪ כל אחת).

[37] שינוי שיטת המדידה של קצב הגריעה אינה מאפשרת לבצע השוואה של נתונים לטווח זמן ארוך יותר.
[38] דוח מצב הטבע, המארג, התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע, 2018.
[39] דוח מצב הטבע, המארג 2016.

3. על פי הערכות משרד התחבורה, לכל נוסע ברכב צפויות להתווסף מעל ל-60 דקות נוספות לזמן הנסיעה ביום בכביש וסך אובדן שעות אדם בגודש בדרכים צפוי להגיע ל-850 מיליון שעות בשנה ב-2030. כתוצאה מכך, אומדן ההפסד בתוצר צפוי לגדול לכ-25 מיליארד ₪ לשנה.
4. **עלייה בכמות הפסולת:** מרבית הפסולת כיום הינה פסולת עירונית, כאשר כ-80% ממנה מוטמנת, ו-20% מועברת למחזור[40]. כמות הפסולת צפויה לגדול בכ-80% עד שנת 2050, ביחס לשנת 2017.
5. **הגברת תופעת איי החום**: איי חום הינה תופעה מיקרו-אקלימית, בה המרקם העירוני משפיע על האקלים הפנים עירוני וגורם להבדל ניכר בין אקלים העיר לבין אקלים השטח הפתוח שסביבה. עקירת הצמחייה, יצירת כיסויי אבן ואספלט, צמצום הקרקע החשופה וכדומה גורמים לשינוי תכסית פני השטח בערים. שינויים אלו, בתוספת פליטות גזי החממה, כתוצאה מפעילות אנושית בעיר, גורמים ליצירת תנאי מיקרו-אקלים עצמאיים, השונים מהתנאים בשטחים הפתוחים הסובבים את העיר. התופעה מתבטאת בדרך-כלל בעלייה בטמפרטורות העיר וביצירת אזור חם מעליה. הפרש הטמפרטורות יכול להגיע ל-12 מעלות צלסיוס, ובמקרים קיצוניים אף קרוב ל-20 מעלות.[41]

תופעת איי החום העירוניים מדאיגה ממספר סיבות[42]: ראשית, עלייה בטמפרטורות בתוך העיר מביאה לשימוש נרחב יותר במערכות קירור, ובפרט במזגנים, אשר מגדיל את צריכת החשמל (כ-2% גידול בביקוש לחשמל לכל עליה של 0.6 מעלות צלסיוס) ואת פליטות גזי החממה הישירות כתוצאה מדליפות גזי קירור מהמזגנים. צריכה מוגברת של חשמל גורמת לפליטות רבות יותר של גזי חממה ושל מזהמים אחרים. בנוסף, לעלייה בחום השלכה ישירה על בריאות האדם. מחקרים שנערכו בארה"ב הראו כי חשיפת יתר למזג אוויר חם הביאה ליותר מ-8,000 מקרי מוות מוקדמים במדינה, בפרק זמן של 24 שנים.

כל אלו ממחישים את הצורך להתייחסות ממוקדת לתחום התכנון העירוני והבנייה בערים, בתוך החזון הלאומי להפחתת פליטות גזי חממה. כמו כן, חשוב לציין כי יישום היעדים שיוגדרו עבור שאר התחומים בהם עוסק חזון ישראל 2050, קרי חשמל, תחבורה ותעשייה ופסולת, יתבצע בחלקו הגדול בתחומי השליטה של העיר ויושפע באופן ישיר מתכנון עירוני נכון. בלי תכנון נכון, שלוקח בחשבון את ההיבטים הללו, יהיה קשה לעמוד ביעדים שיוגדרו בכלל, ובאופן המשלב את כלל התחומים בפרט.

## תכנון עירוני

על מנת להתמודד עם סוגיות אלו יש לתת את הדעת על תכנון עירוני נכון. תכנון עירוני הינו תחום רחב הכולל תחתיו נושאים רבים, כאשר העיסוק המרכזי הוא בייעול השימוש בקרקע תוך יצירת מרחבי חיים איכותיים, בעיקר באמצעות ציפוף הבנייה ועירוב שימושי קרקע.

צפיפות האוכלוסייה הממוצעת במדינת ישראל עומדת על 392 נפש לקמ"ר. נתון זה מציב את ישראל כיום במקום ה-33 בעולם בצפיפות אוכלוסייה ובמקום ה-13 מבין המדינות שאינן מוגדרות כערי מדינה. למרות שברמה הארצית הצפיפות של מדינת ישראל נחשבת בין הגבוהות בעולם, ברמה העירונית הצפיפות נמוכה ביחס למקרים אחרים בעולם. כך למשל בתל אביב צפיפות האוכלוסייה עומדת על כ-8,500 נפש לקמ"ר, בירושלים כ-7,500 נפש לקמ"ר ובחיפה 4,400 נפש לקמ"ר, בעוד בערים כדוגמת פריז צפיפות האוכלוסין העירונית היא סביב 20,000 נפש לקמ"ר, זאת על אף שצפיפות האוכלוסין בצרפת ברמה הארצית נמוכה מזו של ישראל. בישראל צפיפות האוכלוסין העירונית הגבוהה ביותר היא לעיתים קרובות ביישובים בעלי אופי חרדי: בני ברק עם צפיפות של כ-54 אלף נפש לקמ"ר, אלעד בצפיפות של כ-37 אלף נפש לקמ"ר ומודיעין עילית עם צפיפות של כ-36 אלף נפש לקמ"ר. צפיפות זו קשורה לצפיפות הדיור ולגודל משקי הבית. ערים צפופות נוספות בישראל הן גבעתיים (18.5 אלף נפש לקמ"ר) ובת ים (16 אלף נפש לקמ"ר).

[40] (OECD, 2017)
[41] EPA: https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-impacts
[42] EPA: https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-impacts

| עירוב שימושי קרקע | צפיפות מגורים |
| --- | --- |
| • הכללת מספר שימושי קרקע באותו מגרש או מרחב כך שנוצר שילוב בין בנייה למגורים, למסחר, מוסדות ציבור, תעסוקה וכדומה. בנייה כזו תתרום לייעול השימוש בקרקע, ליצירת מרחבים עירוניים תוססים, תקטין נסועה ואת השלכותיה השליליות ותעודד כלכלה מקומית. | • בנייה בצפיפות גבוהה תייעל את השימוש בקרקע. כמו כן, ציפוף יגדיל את היקף ואיכות השירותים הניתנים לתושבים, ישפר את תפקוד התחבורה הציבורית ובשילוב עם עירוב שימוש קרקע, יאפשר לתושבים לספק את מרבית צרכיהם היומיומיים במרחק הליכה מביתם. |

בנייה עירונית, המבוססת על עירוב שימושי קרקע והגברת הצפיפות, מאפשרת ליצור "עירוניות דלת זיהום". לבנייה כזו יכולים להיות ביטויים שונים, אחד מהם הינו **בנייה מרקמית**. מושג זה מתאר בנייה למגורים בצפיפות גבוהה, שאינה מושגת על ידי בנייה של רבי קומות אלא על ידי מבנים הניצבים בסמיכות או בצמידות האחד לשני, לעיתים עם "קו בניין אפס" ביחס לרחוב. בנייה כזו יוצרת אינטראקציה חיובית בין המרחב הפתוח לבין המרחב הבנוי. בכך, היא מאפשרת מרחב ציבורי בטוח, מעודדת הליכה ומגדילה את האפשרויות לכלכלה מקומית. בבנייה כזו מתקבל שטח פתוח בגודל דומה לזה שבבנייה לגובה, המקובלת כיום, אך הוא נגיש ונעים יותר ביחס לאלטרנטיבה.[43]

בהקשר זה חשוב לציין את התרחבות מגמת בניית רבי הקומות. לבנייה לגובה חשיבות בציפוף האוכלוסייה ובצמצום השימוש בשטחים פתוחים. עם זאת, רבי קומות דורשים עלויות תחזוקה גבוהות, המגולגלות לדיירים. כתוצאה מכך, נוצר פער בין הצורך בתחזוקת המבנים לבין היכולת הכלכלית והארגונית של הדיירים לעשות זאת. מצב זה מעורר חשש מהידרדרות מבני מגורים בשל חוסר יכולת לתחזקם, אשר תפגע ברמת החיים ובבריאות הדיירים.[44]

אתגר זה דורש התייחסות בשל המגמה ההולכת וגוברת של בנייה לגובה. הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית פרסמה בדצמבר 2017 המלצות לתחזוקת מבנים גבוהים בישראל, בה היא מפרטת צעדים שיכולים לעזור בליבון הפער. עם זאת, כיוון שמדובר בתחום חשוב, יש לתת עליו את הדעת גם בתכנון עירוני עתידי.

לעירוניות דלת זיהום קשר הדוק עם תחום התחבורה. ברט (2010) במחקרו מראה מתאם חזק בין ייעול שימושי הקרקע והגברת הצפיפות לבין הפחתת פליטות גזי החממה בערים (בעיקר אלו המיוחסות לשימוש בתחבורה).[45] כמו כן, מחקר של ה-OECD מראה כי בנייה צפופה יותר מפחיתה פליטות של מזהמים לאוויר מתחבורה (בפרט המזהמים NOx, PM10).[46] מחקרים נוספים מראים כי הכפלה של הצפיפות באזור מסוים מקושרת עם ירידה של 75% באנרגיה הנצרכת עבור תחבורה באותו אזור[47],[48] שכן בנייה צפופה מאפשרת מעבר לשימוש באופניים או בהליכה במקום שימוש בכלי רכב, וכן מאפשרת תכנון תחבורה ציבורית יעילה. בנוסף, תכנון עירוני נכון יצמצם את הקצאות הקרקע לחנייה, במקביל לפיתוח מוכוון הסעות המונים ומתן יתרון בזכויות הדרך לתנועות רכות (הולכי רגל, אופניים וכדומה).

בנוסף, ייעול שימושי קרקע קשור קשר הדוק גם בהתחדשות עירונית, המאפשרת את שיפור יעילות הקרקע הבנויה כבר.

---

[43] שכונה 360, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

[44] תחזוקת מבנים גבוהים בישראל, משרד הבינוי והשיכון, דצמבר 2017.

[45] Bart, L. (2010), Urban Sprawl and Climate Change: a Statistical Exploration of Cause and Effect, with Policy Options for the EU. Volume 27, Issue 2, Pages 283-292.

[46] OECD (2015), Air Pollution and Urban Structure Linkages, No. 96

[47] Mindali, O., A. Raveh and I. Salomon (2004), "Urban density and energy consumption: A new look at old statistics", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*

[48] Newman, P. and J. Kenworthy (1989), "Gasoline consumption and cities: A comparison of U.S. cities with a global survey", *Journal of the American Planning Association*

### התחדשות עירונית

לאור גידול האוכלוסייה במדינת ישראל, עתודות הקרקע המוגבלות והיתרונות הטמונות בפיתוח עירוני, יש צורך בקידום התחדשות עירונית כאלטרנטיבה להקמת שכונות ויישובים חדשים. להתחדשות עירונית תועלות רבות. מהפרספקטיבה של הפחתת פליטות גזי חממה, היא מאפשרת להחליף את מלאי הדיור הקיים למבנים חדשים (או מחודשים) העומדים בתקנים של בנייה ירוקה, לתכנן מחדש את המרקם העירוני באופן שתומך בהליכה, תחבורה ציבורית וייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים, וכן להגן על השטחים הפתוחים, לייעל את השימוש במשאב הקרקע.

בישראל כיום ישנם שני מסלולים עיקריים לביצוע התחדשות עירונית: פינוי בינוי – הריסת המבנה הישן ובניית מבנה חדש במקומו; תמ"א 38 א' – שיפוץ המבנה הקיים והוספת קומות נוספות; תמ"א 38 ב' – הריסת המבנה והקמת מבנה חדש (בצורה שונה מעט מ"פינוי בינוי"). לפי דו"ח ההתחדשות העירונית,[49] בשנת 2017 החלה בנייתן של כ-3,000 יח"ד בתכניות פינוי-בינוי וכ-10,000 יח"ד בתמ"א 38 – סה"כ כ-25% בלבד מסך התחלות הבנייה בשנת 2017.[50] כמו כן, ניתנו כ-10,000 היתרי בנייה נוספים לתכניות פינוי בינוי וכ-45,000 היתרים לתמ"א 38.

בבחינת היעדים לטווח ארוך, התוכנית האסטרטגית לדיור הציבה יעד של 30% התחדשות עירונית עד 2040 (התחדשות עירונית ב-900,000 יח"ד).

## תחום המבנים

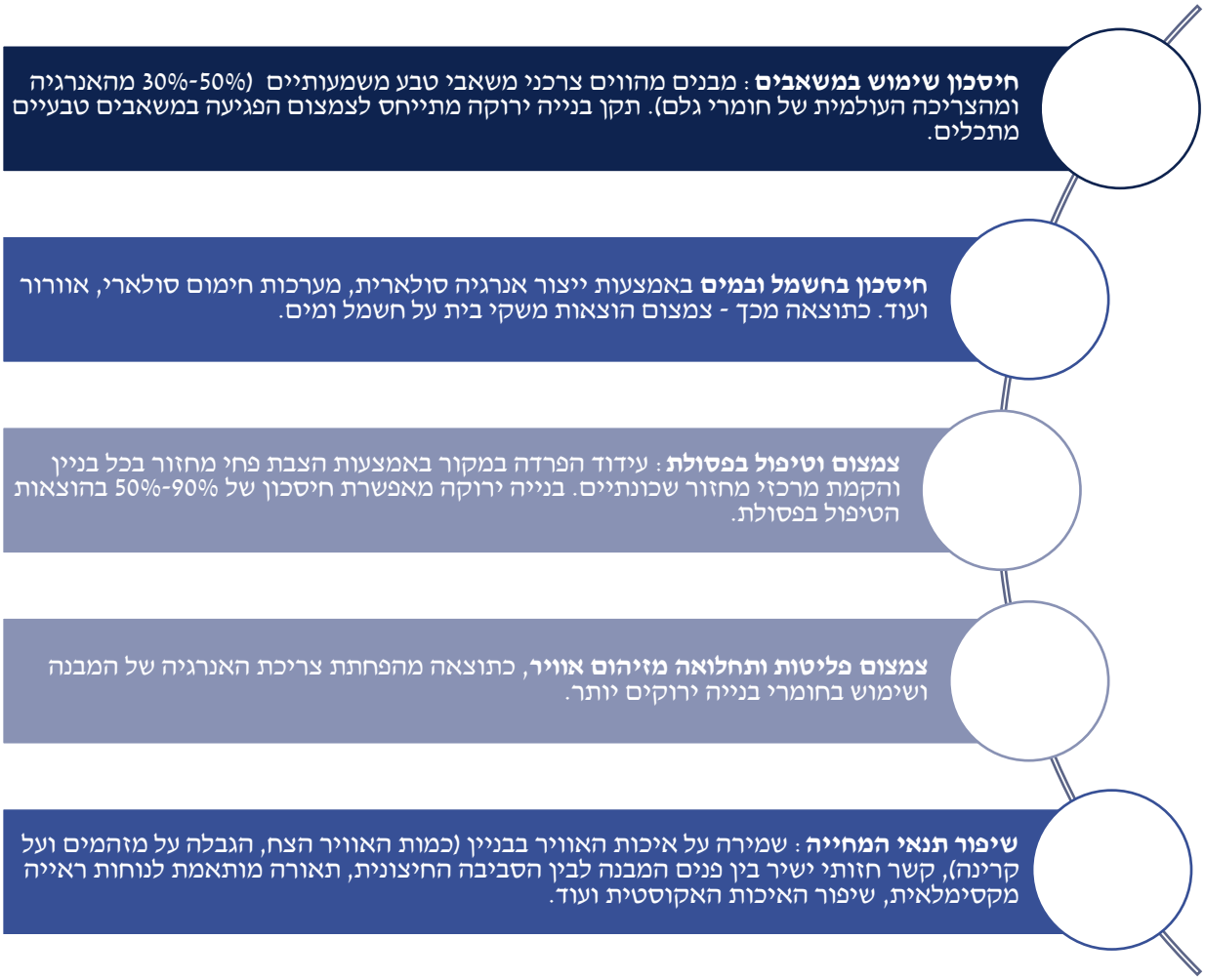
תחום המבנים עוסק בסוגיות ובמגמות הקשורות באופן הבנייה של מבנים, כך שיהיו יעילים אנרגטית ככל הניתן: מבנים ירוקים ומבנים מאופסי אנרגיה.

### בנייה ירוקה

בנייה ירוקה (בנייה בת קיימא) הינה בנייה ידידותית לסביבה ובריאה לדייר ולמשתמש. זוהי בנייה הלוקחת בחשבון את כל מחזור החיים של המבנה – משלב התכנון והבנייה לשלב יציאת המבנה משימוש – הן מבחינת עלויות והן מבחינת השלכות סביבתיות, כגון האנרגיה הדרושה לכל שלב חיים והפסולת הנוצרת בסוף חייו של המבנה.

יתרונות הבנייה הירוקה:[51],[52]

[49] דו"ח התחדשות עירונית לשנת 2017, הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית
[50] לוח י"ד/4 – דירות לפי מאפיינים נבחרים, למ"ס.
[51] בנייה בת-קיימא מדריך טכני, המשרד להגנת הסביבה, 2018
[52] המשרד הכלכלה והתעשייה




בשנת 2005 נכתב בישראל לראשונה תקן לבנייה ירוקה (ת"י 5281), כאשר מאז בוצעו כמה עדכונים ותוספות לגרסתו הראשונה. במסגרת התקן קיימת התייחסות לשלל תחומי השפעה על הסביבה, בין היתר: אנרגיה, מים, שימוש בחומרים, פסולת, בריאות, תחבורה ועוד. כמו כן, בנייה ירוקה שמה דגש על תכנון המבנה ביחס לסביבה בה הוא נמצא, לדוגמה הימנעות משימוש בקרקעות לא מפותחות לצורכי הבנייה, פיתוח ותשתיות; הקמת מבנים בקרבת תחבורה ציבורית או תכנון חיבור תחבורה ציבורית למבנה וכדומה.

אימוץ התקן לבנייה ירוקה עשוי להוביל לחיסכון של כ-20%-30% בצריכת האנרגיה במבנים.[53] בנוסף, התקן עשוי להביא לחיסכון של 30%-50% בצריכת מים, מה שיביא לחיסכון אנרגטי נוסף (כתלות בצריכת המים של המבנה).[54] כתוצאה מכך, בנייה ירוקה מאפשרת הפחתה בפליטות גזי חממה בשיעור של כ-30%.[55] בנוסף, לבנייה ירוקה תועלות בריאותיות ישירות על הנמצאים במבנה באמצעות הבטחת איכות אוויר תוך-מבנית משופרת, כניסת חמצן גבוהה יותר, הגברת אור טבעי, רמות רעש נמוכות יותר, נוחות תרמית, שימוש בחומרים ידידותיים לאדם וכדומה.[56] יתרה מכך, לטכנולוגיות בנייה ירוקות השפעה משמעותית על איכות חיי התושבים במגוון היבטים רחב, בין היתר: תועלות ממעבר לתחבורה חלופית, שיפור הישגי תלמידים במוסדות חינוך, מניעת מחלות והשפעות בריאותיות שליליות ועוד.

[53] בהתאם לסקר שבוצע עבור המשרד להגנת הסביבה. בסקר זה נותחו הפערים בצריכת חשמל בין יח"ד שנבנו בהתאם לתקן בנייה ירוקה ליח"ד סטנדרטיות. הסקר בוצע ב-12 ערים בישראל ונדגמו במסגרתו 111 יח"ד. טרם פורסם.

[54] משרד הכלכלה והתעשייה

[55] http://www.sviva.gov.il/subjectsenv/greenbuilding/benefits/documents/ft2015/gbft02.03.pdf

[56] העיר העובדת, תכנית אסטרטגית לעירוניות בת-קיימה, המשרד להגנת הסביבה, 2015.

שוק הבנייה הירוקה הולך ומתרחב בישראל בשנים האחרונות. נכון לשנת 2018, היו קיימים בישראל כ-500 מבנים רשומים, הכוללים כ-12,500 יח״ד, אשר עומדים בתקן, וכן נמצאים עוד 2,100 מבנים ירוקים בבנייה כאשר 80% מהם מיועדים לבנייה רוויה של מגורים, 15% למשרדים ומסחר ו-5% לחינוך ואחרים.[57] בנוסף אליהם, ישנם עשרות מבנים שנבנו על פי תקנים זרים העוסקים בבניה ירוקה או בניה מקיימת (LEED, BREEAM). חשוב לציין כי ביוני 2013 החליטו ראשי עיריות פורום ה-15 על אימוץ מדורג של התקן הישראלי לבנייה ירוקה בבנייה החדשה בערים, החל משנת 2014.[58]

### מבנים מאופסי אנרגיה

מבנים מאופסי אנרגיה הינם מבנים אשר צריכת האנרגיה השנתית בהם היא אפס (לאחר קיזוז כמות האנרגיה המיוצרת בהם, לדוגמה באמצעות פאנלים סולאריים על גג המבנה), וזאת ללא גריעה מתנאי הנוחות בהם. מבנים מאופסי אנרגיה שמים דגש רק על צריכת האנרגיה של הבניין, בלי התייחסות לגורמים אחרים כגון רעש ופסולת, כפי שעושה בנייה ירוקה.

## תרחיש עסקים כרגיל

מידול פליטות גזי החממה מסקטור מבנים וערים, מתייחס למקורות האנרגיה בלבד, מאחר ומקורות הפליטה האחרים כגון גזי קירור הנצרכים במבנים או פסולת ממבנים ממודלים בנפרד, תחת הסקטורים תעשייה, פסולת ואחר.

תרחיש עסקים כרגיל נבנה בנפרד עבור מבני מגורים ועבור מבנים מסחריים-ציבוריים. התרחיש בנוי לפי הסדר הבא:

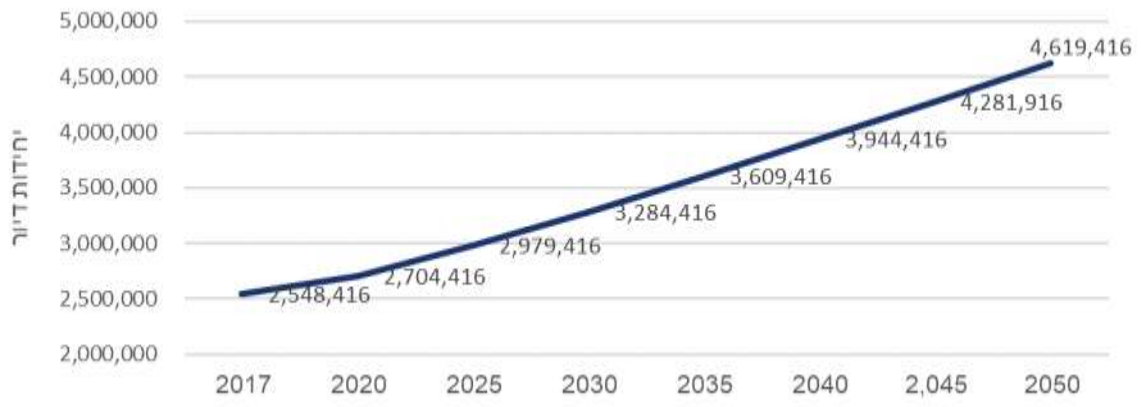
### הנחות עבור מבני מגורים

#### מספר יחידות הדיור

- במסגרת תרחיש עסקים כרגיל, הונחה בנייה של יחידות דיור על-פי התוכנית האסטרטגית לדיור[59] – 1.5 מיליון יחידות דיור עד 2040 בהתפלגות בשנים כפי שמופיעה במודל. הונח כי הגידול עד שנת 2050 ימשיך את אותה מגמה:

[57] המשרד להגנת הסביבה.
[58] http://www.forum15.org.il
[59] https://www.gov.il/he/Departments/policies/2017_dec2457

*תרשים 11: תחזית גידול ביחידות דיור למגורים לפי שנה (יח"ד)*




## התחדשות עירונית

- בתרחיש עסקים כרגיל הונח 17% התחדשות עירונית מתוך סך יחידות הדיור החדשות, אחוז קבוע לאורך השנים (נתוני הרשות הלאומית להתחדשות עירונית, 2017), מה שיביא לכ-300 מיליון יחידות דיור חדשות וכ-100 אלף יחידות דיור מחודשות.[60]

## הנחות לבנייה ירוקה

- בנייה ירוקה רלוונטית רק למבנים בעלי 5 קומות ומעלה.
- כמות יח"ד שנבנו בבנייה ירוקה בשנת 2017 עמדה על 9,456 יח"ד.[61]
- שיעורי הבנייה הירוקה בתרחיש עסקים כרגיל מתבססים על אחוז יחידות הדיור הצפויות להיבנות לפי תקן בנייה ירוקה (כוכב אחד) בתוכניות הבנייה שאושרו בין השנים 2014-2018 [62] עם המשך המגמה לשנים קדימה, כך ששיעור יחידות הדיור בבנייה ירוקה מתייצב על 55% מיחידות הדיור החדשות:

*טבלה 6: שיעור התחלות הבנייה עבור יחידות דיור העומדות בתקן בנייה ירוקה בתרחיש עסקים כרגיל לפי שנה*

| 2050 | 2030 | 2020 | 2017 |
|---|---|---|---|
| 55% | 55% | 25% | **6.9%** |

- שיעור החיסכון באנרגיה כתוצאה מבנייה ירוקה עומד על 20% ביחס ליח"ד שאינה בבנייה ירוקה (המשרד להגנת הסביבה): חשמל ודלקים (למעט גפ"מ לבישול).
- שיעור החיסכון בצריכת מים כתוצאה מבנייה ירוקה עומד על 30% ביחס ליח"ד שאינה בבנייה ירוקה (משרד הכלכלה[63]).

## הנחות לבנייה מאופסת אנרגיה

- כיום כמות הבתים אשר מאופסי אנרגיה היא זניחה, לכן הונח כי אין בנייה מאופסת אנרגיה כיום.
- תרחיש עסקים כרגיל מניח כי מצב זה יישאר.

[60] הונח כי מתוך אחוז ההתחדשות העירונית, 25% הן יחידות מחודשות (יחידות קיימות שעבור חידוש) ו75% הן יחידות חדשות שנבנות (הרשות להתחדשות עירונית)

[61] בהתבסס על נתוני כמויות הבנייה הירוקה עבור שנת 2017, המשרד להגנת הסביבה

[62] נתוני המשרד להגנת הסביבה

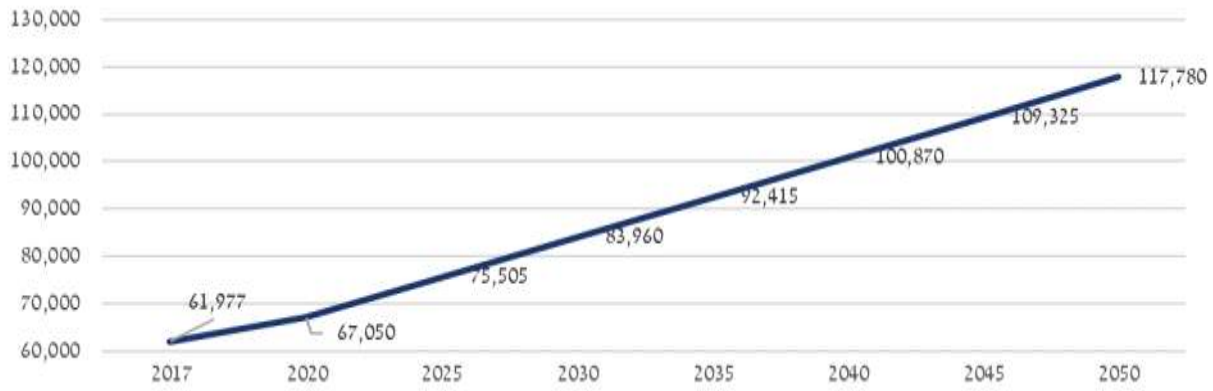
[63] https://www.gov.il/he/Departments/Guides/green_construction

## הנחות עבור מבנים מסחריים וציבוריים

כמות שטח מסחרי-ציבורי:

- השטח המסחרי הציבורי בשנת 2017 הינו 61,977 מיליון מטר רבוע. (מבוסס על הערכת השטח המסחרי-ציבורי הקיים בשנת 2015 עם תוספת חיזוי עבור השנים 2016-2017 בהתבסס על אותן ההנחות)[64].
- הונח כי הגידול בשטח המסחרי-ציבורי הינו קבוע כל שנה ועומד על 1,691 מטר רבוע (בהתבסס על ממוצע הגידול בשטח המסחרי-ציבורי בשנים 2014-2017).[65]
- הונח כי מתוך סך השטח המסחרי-ציבורי, 60% הינו שטח מסחרי, עבור מבנים חדשים וקיימים.[66]

*תרשים 12: תחזית גידול בשטח מסחרי-ציבורי לפי שנה (מ"ר)*




## הנחות לבנייה ירוקה

- יעדי הבנייה הירוקה בתרחיש עסקים כרגיל מתבססים על אחוז המבנים הירוקים בתוכניות הבנייה שאושרו בין השנים 2014-2018 [67] עם המשך המגמה לשנים קדימה, כך ששיעור המבנים בבנייה ירוקים מתייצב על 55% מהמבנים החדשים (כולל מבני חינוך):

*טבלה 7: שיעור התחלות הבנייה עבור מ"ר במבנים מסחריים-ציבוריים העומדים בתקן בנייה ירוקה בתרחיש עסקים כרגיל לפי שנה*

| 2050 | 2030 | 2020 | 2017 |
|---|---|---|---|
| 55% | 55% | 26% | **9%** |

- הונח כי שיעור שיפוצי המבנים שהגיעו לסוף חייהם או שיפוצים מסיבות אחרות יעמוד על 0.
- הונח כי בנייה ירוקה מביאה ל20% התייעלות אנרגטית בהשוואה למבנים רגילים. ההתייעלות האנרגטית מתייחסת לצריכת חשמל ודלקים פוסיליים (למעט גפ"מ לבישול, אשר גדל בשיעור שצוין לעיל).[68]

## הנחות לבנייה מאופסת אנרגיה

- הונח כי כיום אין שטח מסחרי-ציבורי מאופס אנרגיה.
- תרחיש עסקים כרגיל מניח כי מצב זה יישאר.

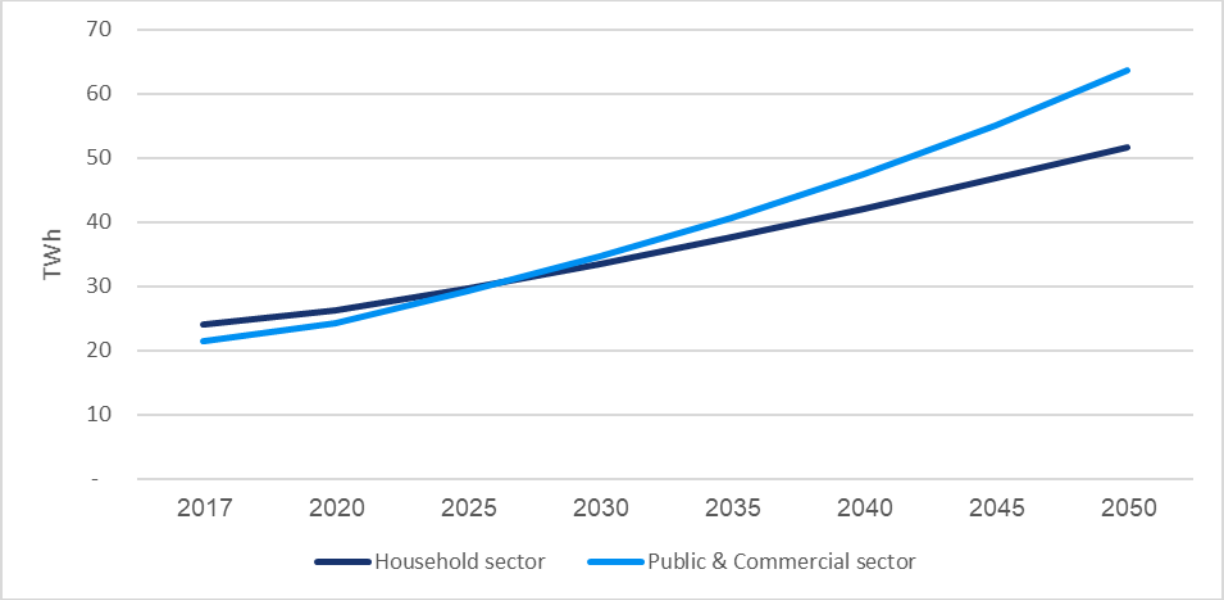
---

[64] יעד הפחתת פליטות גזי חממה, המשרד להגנת הסביבה 2015.
[65] שטח בנייה למגורים לפי ייעוד, למ"ס 2014-2017
[66] שטח בנייה למגורים לפי ייעוד, למ"ס 2014-2017
[67] נתוני המשרד להגנת הסביבה
[68] בהתאם לחישובי המשרד להגנת הסביבה.

## תוצאות תרחיש עסקים כרגיל

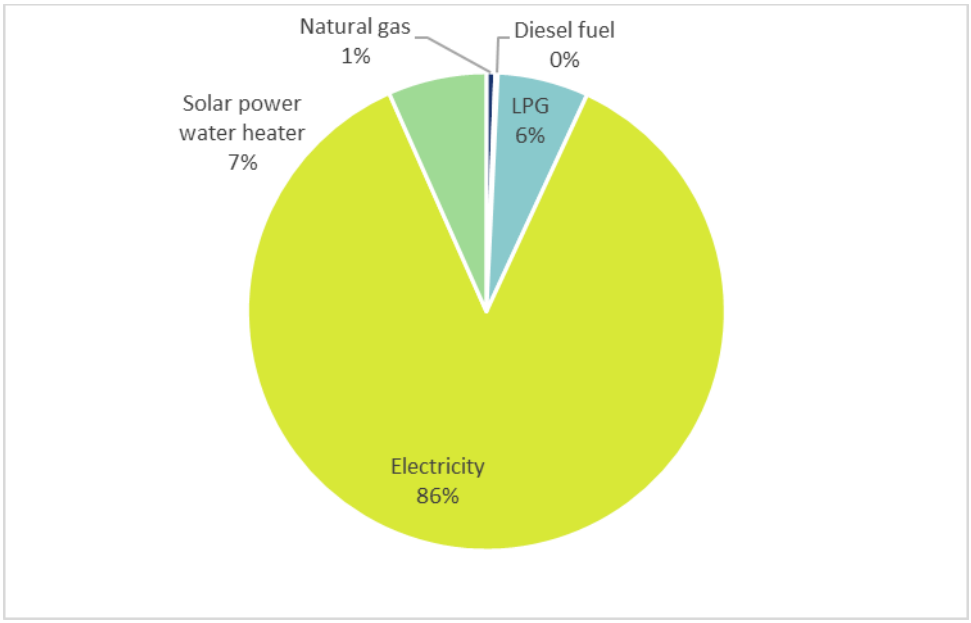
בתרחיש עסקים כרגיל צפוי גידול של 39% עד 2030 וגידול של 114% עד 2050 בצריכת האנרגיה הסופית בסקטור המגורים. כמו כן, צפוי גידול של 61% עד 2030 ו-196% עד 2050 בצריכת האנרגיה הסופית בסקטור המסחרי-ציבורי:

*תרשים 13: סך צריכת אנרגיה סופית תרחיש עסקים כרגיל (TWh)*




תמהיל הדלקים בתרחיש עסקים כרגיל (מגורים ומסחרי-ציבורי) מורכב ברובו מצריכת חשמל (86%), אנרגיה סולארית לחימום מים (7%) והשאר דלקים פוסיליים:

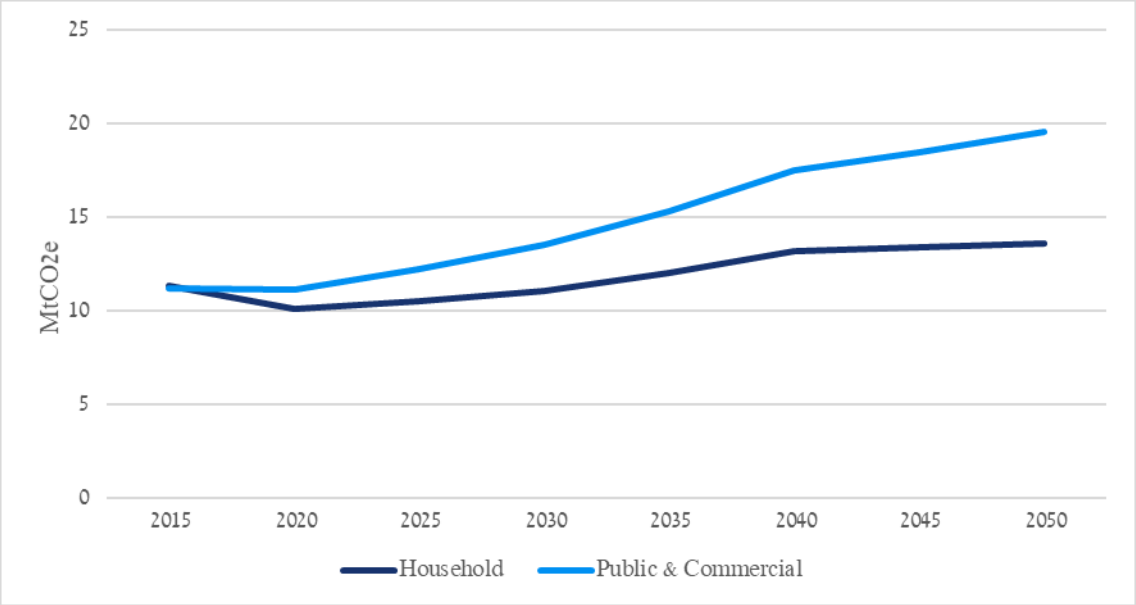
*תרשים 14: תמהיל האנרגיה בסקטור המבנים בתרחיש עסקים כרגיל*




בבחינת העצימות האנרגטית, בסקטור המסחרי-ציבורי צפויה עליה של19% ו-56% בעצימות ב2030 וב-2050 בהתאמה (מגוו"ש למ"ר), בעוד שבסקטור המגורים צפויה עלייה של 8% ו-18% בשנת 2030 ו2050 בהתאמה (מגוו"ש ליח"ד).

תחזית פליטות גזי החממה כתוצאה מפליטות ישירות ועקיפות, קרי בתוספת הפליטות כתוצאה מייצור חשמל עבור סקטור המבנים, מראה גידול של כ-9% בשנת 2030 וגידול של 47% בשנת 2050 בפליטות גזי החממה בכלל סקטור המבנים, ביחס לשנת 2015, כאשר בסקטור המסחרי ציבורי הגידול ניכר יותר. בתרשים 15 ניתן לראות כי יישום יעדי האנרגיה המתחדשת מביא להפחתה בפליטות גזי החממה מייצור חשמל, על אף הגידול בצריכת החשמל (כתוצאה מגידול האוכלוסייה). עם זאת, כיוון שמשנת 2030 שיעור האנרגיות המתחדשות נותר קבוע וצריכת החשמל ממשיכה לעלות – פליטות גזי החממה ממשיכות לגדול.

*תרשים 15: תחזית פליטות גזי חממה ישירות ועקיפות בתרחיש עסקים כרגיל (מיליון טון פד"ח)*



## מגמות ויעדים בעולם

בשנת 2010 פרסם האיחוד האירופאי דירקטיבה המחייבת ביצוע של התייעלות אנרגטית מקיפה במבנים, כך שעד שנת 2021 כלל המבנים החדשים יהיו "כמעט מאופסי אנרגיה" (Buildings Energy-Zero Nearly, nZEB). הדירקטיבה מאפשרת למדינות חופש הגדרה לגבי מהו מבנה "כמעט מאופס אנרגטית" – מה שהביא את המדינות לקבוע הגדרות מקלות יחסית, המתמקדות בעיקר בהתייעלות אנרגטית, משמעותית אומנם, אך ללא התחייבות לאיפוס:

*טבלה 8: יעדים ארוכי טווח בתחום בנייה (כמעט) מאופסת אנרגיה בעולם*

| מדינה | יעד | שנת היעד | מקור |
|---|---|---|---|
| **גרמניה** | 100% מבנים כמעט מאופסי אנרגיה (מכלל המבנים) | 2050 | Climate Action Plan 2050, 2016 |
| **הולנד** | 100% מבנים כמעט מאופסי אנרגיה (מכלל המבנים), 100% מבנים חדשים כמעט מאופסי אנרגיה | 2050<br>2020 | Energy Report: Transition to Sustainable Energy, 2016 |
| **צרפת** | 100% מבנים כמעט מאופסי אנרגיה (מכלל המבנים)<br>ושיפוץ רוב מלאי המבנים, בדגש על מבנים ישנים | 2050 | National Low Carbon Strategy, 2018 |

## חזון ויעדים לישראל

הדרך לעתיד דל פחמן בתחום ערים ומבנים עוברת דרך עירוניות טובה ובת קיימה, ושני התחומים שזורים זה בזה באופן אינהרנטי. בשניהם, השאיפה היא לקדם איכות חיים גבוהה בסביבה העירונית, תוך בנייה בציפוף אופטימאלי, שימוש יעיל בקרקע, מתן דגש לנגישות ולא לניידות, יצירת מרחבים ציבוריים איכותיים והעדפת התחדשות עירונית על פני בניית שכונות חדשות בשטחים פתוחים.

לפי חזון זה, הסביבה העירונית תכלול רצף של רחובות, מרחבים ציבוריים ושטחים ירוקים נעימים, מוצללים ופעילים. אלו יעודדו הליכתיות, יפחיתו את הצורך בשימוש בכלי רכב בכלל ובכלי רכב פרטיים בפרט, וייצרו מיקרו-אקלים הממתן תופעות אקלימיות כגון רוחות ואיי חום עירוניים. לצורך כך, הפיתוח העירוני יהיה צפוף וקומפקטי – תנאים הכרחיים להבטחת נגישות גבוהה להזדמנויות ולפרישת תחבורה ציבורית ושימושים מגוונים וכן לייעול השימוש במשאב הקרקע – אולם צפיפות זו לא תבוא על חשבון איכות המרחב הציבורי: מפלס הרחוב יכיל חזיתות פעילות ומרחבים ציבוריים מסוגים ומגדלים שונים, והפיתוח העירוני יתחשב באלמנטים מקומיים, החל ממרקמים לשימור ועד לטבע עירוני. הולך הרגל יקבל יותר מקום במרחב הרחוב, ולאחריו גם אופניים ותחבורה ציבורית. זאת, מתוך ההבנה כי על התחבורה לשרת את האנשים, ולא להיפך. חלק מהרחובות או השכונות יפותחו כשכונות הליכתיות, המבוססות על איגום חניה בשולי השכונה תוך הגבלת תנועה מוטורית בתוכה. אותם מרחבים שיתרוקנו מכלי רכב עוברים וחונים יהפכו למרחבי שהייה ופעילות עבור התושבים.

בעתיד זה, כל המבנים יעמדו בתקני בנייה ירוקה, יאפשרו חיסכון באנרגיה ובמים ויצמצמו את הוצאות הכרוכות בכך עבור משקי הבית. שיעור גבוה ככל הניתן מהאנרגיה הנצרכת בסביבה הבנויה תיוצר באמצעות אנרגיה מתחדשת שתמוקם על גבי מבנים, תשתיות ושטחים מבונים. כך, המבנים לא יהיו רק זירה של צריכת אנרגיה אלא גם של ייצור, באופן שמבזר את מקורות ייצור האנרגיה ומגדיל את החוסן האנרגטי של העיר ושל המדינה כולה. כחלק מהתאמת הבנייה לסטנדרטים החדשים, מבנים רבים יעברו התחדשות עירונית ויותאמו למאפייני האוכלוסייה, תוך שימוש חוזר

במשאבים ובפסולת הבניין שנוצרים בתהליך. מבנים אחרים, שלא יעברו התחדשות, יעברו אף הם שיפוץ ירוק, שיאפשר לצמצם את צריכת האנרגיה שלהם וישפר את הנוחות האקלימית בתוך המבנה.

על מנת להשיג את תמונת העתיד הזו ולהביא להפחתת פליטות גזי חממה, נקבעו יעדים הן בבחינת המבנים והן בבחינת הערים.

**בסקטור המבנים היעדים המוצעים מתייחסים לשני תחומים מרכזיים:**

**(א) בנייה ירוקה:**

לאור התועלות של הבנייה הירוקה, ולאור השאיפה להרחיב את יישומה גם מעבר לערי פורום ה-15 שאימצו אותו כמחייב, אושרו בשנת 2020 תקנות המחייבות בניית מבנים חדשים בהתאם לתקן בנייה ירוקה (ת"י 5281). תקנות התכנון והבנייה (תכן הבנייה) (בנייה בת-קיימה), התש"ף-2020 ייכנסו לתוקף החל ממארס 2022 ויחולו בהדרגה על סוגי מבנים שונים – מגורים, משרדים, מסחר, מלונות, מבני ציבור ועוד.[69]

במקביל לאישור התקנה, מוצע לקבוע גם יעדים כמותיים לשיעור התחלות הבנייה הבנויות בהתאם לתקן, בחלוקה לייעודי מגורים (שיעור מסך יח"ד), מסחרי וציבורי (שיעור מהשטח הבנוי), וכן לשיפוץ מעטפת מבנים. היעדים והמדדים עבור בנייה ירוקה מוצגים בטבלה 9

*טבלה 9: יעדי בנייה ירוקה לפי סוג מבנה*

| סוג הבנייה | מדד | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| מגורים – בנייה רוויה | שיעור מהתחלות הבנייה (יח"ד) | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| מסחרי | שיעור מהתחלות הבנייה (מ"ר) | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| ציבורי | שיעור מהתחלות הבנייה (מ"ר) | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| שיפוץ מעטפת העומד בתקן בנייה ירוקה (בבניינים ישנים) | מיח"ד, מסחרי וציבורי שעוברים שיפוץ מעטפת | - | 75% | 100% | 100% | 100% |

**בנייה מאופסת אנרגיה:** מבנים מאופסי אנרגיה הינם מבנים שצריכת האנרגיה השנתית שלהם זהה או קרובה ליכולת ייצור האנרגיה שלהם באמצעות אנרגיה מתחדשת. מבחינה טכנולוגית, איפוס אנרגטי מתאפשר בעיקר בצמודי קרקע ובמבנים נמוכים והיעדים בתחום זה נקבעו בהתאם לכך.

ככלל, היעד הממשלתי הוא להגדיל את שיעור המבנים מאופסי האנרגיה בישראל, בהתאם לסיווגיה השונים ולמפרט משרד האנרגיה.[70] היעדים והמדדים המוצעים לתחום זה מפורטים בלוח הבא. נציין, כי מכיוון שתחום הבנייה מאופסת האנרגיה בישראל נמצא בראשיתו, ייתכן שיעדים אלו יעודכנו עם התקדמות העבודה:

*טבלה 10: יעדי בנייה מאופסת אנרגיה לפי סוג מבנה*

| סוג מבנה | מדד | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **בית קרקע פרטי** | מהתחלות הבנייה | - | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **מבנה מגורים בבנייה רוויה 3-5 קומות** | מהתחלות הבנייה | - | 25% | 100% | 100% | 100% |

[69] לתקנה המלאה: https://www.gov.il/he/Departments/DynamicCollectors/gazette-official?skip=0&FolderType=3&BookletNum=8733&BookletYear=88

[70] ההגדרה של מבנים מאופסי אנרגיה ורמת האיפוס הנדרשת בכל סקטור ובכל סוג מבנה יקבעו בהמשך בהתאם למפרט ולשיטות החישוב של משרד האנרגיה והמשרד להגנת הסביבה. כמו כן, המתודולוגיה של האיפוס תעודכן בהמשך העבודה בנושא.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **מבני מסחר** | מהתחלות הבנייה | - | 25% | 50% | 100% | 100% |
| **מבני ציבור** | מהתחלות הבנייה | - | 25% | 100% | 100% | 100% |
| **מבני חינוך** | מהתחלות הבנייה | - | 50% | 100% | 100% | 100% |
| **מבני ממשלה בבעלות מנהל הדיור הממשלתי** | מהתחלות הבנייה | 25% | 100% | 100% | 100% | 100% |

**בסקטור הערים היעדים המוצעים מתייחסים לשלושה תחומים מרכזיים:**

(א) **התחדשות עירונית:** יעדי ההתחדשות העירונית נגזרו מתוך היעדים שנקבעו בהחלטת ממשלה מספר 2457 מיום 02.03.2017, לפיה, כ-30% מכלל עתודת יח"ד לבנייה במדינת ישראל לשנת 2040 תהיינה במתחמים להתחדשות עירונית. החלטת הממשלה מחלקת את היעד לאבני דרך ולמחוזות, כמפורט להלן:

*טבלה 11: יעדי התחדשות עירונית לפי אזור*

| מחוז | התחדשות באחוזים עד 2020 | נדרשת | התחדשות באחוזים עד 2025 | נדרשת | התחדשות באחוזים עד 2030 | נדרשת |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **צפון** | 10 | | 15 | | 20 | |
| **חיפה** | 20 | | 30 | | 40 | |
| **מרכז** | 20 | | 30 | | 40 | |
| **תל אביב** | 40 | | 50 | | 60 | |
| **ירושלים** | 12 | | 20 | | 30 | |
| **דרום** | 8 | | 12 | | 17 | |

(ב) **צפיפות ומבנה עירוני:** היעדים בתחום הצפיפות והמבנה העירוני נשענים על עבודת מינהל התכנון לעדכון הוראות הצפיפות בטבלה 1 בתמ"א 35. בעבודת העדכון, שמתבצעת בימים אלו, תקבע צפיפות גבוהה יותר מזו הנדרשת כיום. במקביל, העבודה משכללת את שיטת המדידה עצמה, כך שזו תתייחס להיבטים נוספים מעבר לצפיפות של יח"ד/דונם נטו אלא גם לצפיפות ברוטו עירונית (נפש/קמ"ר) ולהנחיות נוספות לציפוף נכון. בנוסף, פותחו במינהל התכנון עקרונות יסוד לתכנון מוטה תחבורה ציבורית ותנועה בת קיימא, ובעבודה משותפת עם משרד התחבורה, משרד השיכון ורמ"י נגזרו מתוכן תבחינים להגשת תוכניות למוסדות התכנון.[71]

עבודות אלו ואחרות כוללות יעדים, תבחינים ועקרונות – איכותניים וכמותיים – לגבי המבנה העירוני, רשת הרחובות, תמהיל השימושים ופרישתם במרחב, חתך הרחוב, היחס בין הבינוי לרחוב ועוד. זאת, על מנת להבטיח כי התכנון מקדם איכות חיים עירונית ומרחבים עירוניים פעילים. בין היתר, העבודות מתייחסות להיבטים הבאים:

- קביעת שיעורי צפיפות מינימליים, ברוטו ונטו.
- קביעת שיעור מינימלי של שטח התכנית המוקדש למגורים, כך שיתקבל מרקם עירוני המשכי, פעיל ואיכותי.
- קביעת עקרונות לפרישת הרחובות, לקישוריות לסביבות סמוכות ולצפיפות של המעברים והצמתים.
- קביעת עקרונות לעירוב שימושים ולפרישתם במרחב, לצורך הגברת הנגישות למסחר, תעסוקה ושירותים.
- הקצאת זכות דרך לתנועות רכות (הליכה ואמצעי ניידות אישיים).

[71] תבחינים אלו עוסקים בנושאים כמו רשת הרחובות, ציפוף סביב מערכות הסעת המונים, מרחקים לשימושים ולתחנות תחב"צ ועוד. למסמך התבחינים, ראו: https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/planning_public_transp_sustainable_mov/he/binder_instructions_Transportations_Palns_booklet.10.pdf

- קידום פיתוח אינטנסיבי ומעורב סביב צירים ותחנות של הסעת המונים.
- צמצום חנייה, בעיקר באזורי תחנות הסעת המונים.

**עם עדכון טבלה 1 בתמ"א 35 כלל התכניות יעמדו בדרישותיה, בהתאם לסיווגיה השונים.**

(ג) **כיסוי צמרות עצים במרחב הציבורי:** המרחב הבנוי מייצר מיקרו-אקלים שנבדל מסביבתו הפתוחה, וכתוצאה נוצרים לעיתים הבדלי טמפרטורות משמעותיים בין העיר לבין השטח הפתוח שסביבה - "אי חום עירוני" (ראו פירוט מעלה).

(ד) עם שינויי האקלים, עליית הטמפרטורות והישנותם של גלי חום קיצוניים, מתחדד הצורך למתן את תופעת אי החום העירוני. עצים הם אחד הכלים האפקטיביים לצורך זה: נטיעת עצי צל יכולה להפחית את הטמפרטורה במרחב הרחוב. בנוסף, היא מעודדת הליכה ורכיבה על אופניים וכך יכולה להפחית את השימוש ברכב הפרטי ואת פליטות החום הכרוכות בכך. נוכחות עצים בעיר תורמת גם להיבטים נוספים, כגון:[72]

- **שיפור איכות האוויר:** עצים בעיר עוזרים להפחית את זיהום האוויר בעד 20% על ידי שיקוע של חלקיקים וגזים על שטח הפנים של העץ וקליטה של מזהמים.
- **צמצום הנגר העילי:** עץ בקוטר של 30 ס"מ מצמצם את הנגר העילי ב-40-80 ליטר מים בעת זרימת נגר.
- **יצירת מסדרונות מקומיים של טבע עירוני**
- **שיפור המרחב הציבורי והגברת השימוש בו**[73]
- **העלאת ערך נכסים ועידוד הכלכלה המקומית:** צרכנים מוכנים לשלם 9%-12% יותר באזורי עסקים עם ייעור איכותי; ערכי נכסים גבוהים ב-5%-15%.

לאור זאת, להגדלת כיסוי צמרות העצים במרחב העירוני יש פוטנציאל לחולל שינוי מהותי בכל הקשור להפחתת פליטות גזי החממה ולשיפור איכות החיים של התושבים, במיוחד לאור שינויי האקלים ועליית הטמפרטורה הצפויה. היעד בתחום זה הוא להגדיל את שיעור כיסוי צמרות עצים במרחבים הציבוריים הפרושים בעיר. היעד אינו מתייחס לכמות העצים הכללית בתוך גבול העיר אלא לקיומה של חופת עצים באזורים בהם שוהים אנשים – ברחובות, בכיכרות ובגני המשחקים.

בחלוקה לאזורים אקלימיים היעדים המוצעים הם:

- **אקלים מדברי** – גידול בכיסוי הצמרות עד לרמה שלא תפחת מ-10%.
- **אקלים סמי צחיח** – גידול בכיסוי הצמרות עד לרמה שלא תפחת מ-15%.
- **אקלים ים תיכוני** – גידול בכיסוי הצמרות עד לרמה שלא תפחת מ-25%.
- **אקלים ים תיכוני עם משקעים של מעל 600 מ"מ בשנה** – גידול בכיסוי הצמרות עד לרמה שלא תפחת מ-35%.

## תרחיש הפחתה

[72] התועלות הרבות שבנטיעות עצים מתורגמות גם לתועלת כלכלית. מחקר שנערך בעיר ניו יורק, שבחן את התועלות בקליטת מי נגר עיליים, צמצום זיהום אוויר, חסכון באנרגיה וקיבוע פחמן, מצא כי בממוצע, על כל דולר שמושקע בעץ, העירייה מקבלת $5.60 בחזרה. מקור נתונים – עירית ניו יורק: https://tree-map.nycgovparks.org/tree-map

[73] מעצם כך, מחקרים מצביעים על תועלות עקיפות נוספות כמו שיעורי פשיעה נמוכים יותר בשכונות עם עצים.

תרחיש ההפחתה מתחשב ביעדים שנקבעו עבור מבנים בלבד, זאת אומרת יעדים עבור בנייה ירוקה (כולל שיפוץ מבנים), בנייה מאופסת אנרגיה והתחדשות עירונית. כרגע אין התייחסות ישירה במודל ליעדים עבור תכנון עירוני בשל הקושי לגזור מיעדים אלו השלכות על פליטות גזי החממה. עם זאת, ישנה התייחסות חלקית של תכנון עירוני על תחבורה באמצעי המדיניות שגובשו בתחום התחבורה, כפי שמפורט בפרק התחבורה.

בדומה לתרחיש עסקים כרגיל, תרחיש ההפחתה נבנה בנפרד עבור מבני מגורים ועבור מבנים מסחריים-ציבוריים. התרחיש בנוי לפי הסדר הבא:

## בנייני מגורים

### התחדשות עירונית

- בתרחיש הפחתה אחוזי יחידות הדיור שיבנו בהתחדשות עירונית הונחו לפי יעדי התוכנית האסטרטגית לדיור.[74]

### בנייה ירוקה

- אחוזי החדירה של בנייה מאופסת אנרגיה נקבעו בהתאם ליעדים המוצעים לעיל.
- שיעור החיסכון באנרגיה כתוצאה מבנייה ירוקה עומד על 20% ביחס ליח״ד שאינה בבנייה ירוקה (המשרד להגנת הסביבה): חשמל ודלקים (למעט גפ״מ לבישול).
- שיעור החיסכון בצריכת מים כתוצאה מבנייה ירוקה עומד על 30% ביחס ליח״ד שאינה בבנייה ירוקה (משרד הכלכלה[75]).

## בנייה מאופסת אנרגיה

- אחוזי החדירה של בנייה מאופסת אנרגיה נקבעו בהתאם ליעד.
- הונח כי בנייה מאופסת אנרגיה מביאה ל30% התייעלות אנרגטית בבתים פרטיים ול-25% בדירות: חשמל ודלקים פוסיליים (למעט גפ״מ לבישול).

## שיפוץ מבנים

- הונח כי אורך חיים של מבנים הינו 50 שנה. על מנת להמשיך להשתמש בהם לאחר פרק זמן זה יהיה צורך בשיפוץ מעטפת. מכאן, ש-1/50 מהמבנים במצאי הקיים עוברים שיפוץ בשנה.

[74] https://www.gov.il/he/Departments/policies/2017_dec2457
[75] https://www.gov.il/he/Departments/Guides/green_construction

## צריכת דלקים

- הונח כי בשנת 2050 כלל כירות הבישול יופעלו באמצעות חשמל (במקום גפ״מ).

## מסחרי ציבורי

### בנייה ירוקה

- אחוזי החדירה של בנייה ירוקה נקבעו בהתאם ליעד.
- שיעור החיסכון באנרגיה כתוצאה מבנייה ירוקה עומד על 20% ביחס למ״ר שאינו בבנייה ירוקה (המשרד להגנת הסביבה): חשמל ודלקים.

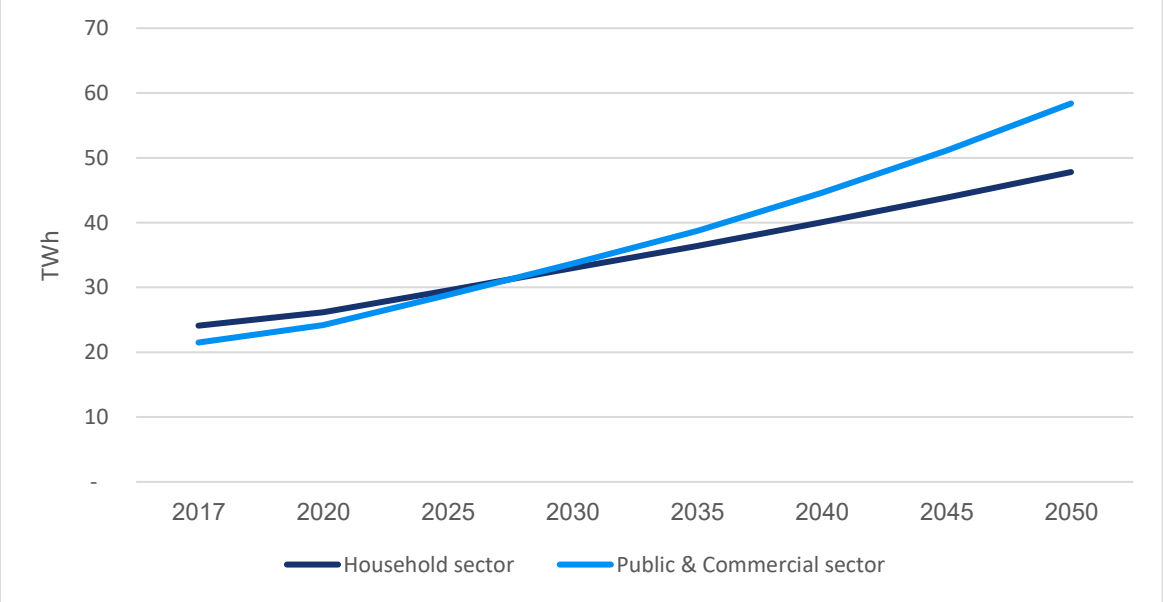
### בנייה מאופס אנרגיה

- אחוזי החדירה של בנייה מאופסת אנרגיה נקבעו בהתאם ליעד.
- הונח כי בנייה מאופסת אנרגיה מביאה ל25% התייעלות אנרגטית בהשוואה למבנים רגילים ההתייעלות האנרגטית מתייחסת לצריכת חשמל ודלקים פוסיליים.[76]

## תוצאות ומסקנות

בתרחיש ההפחתה צפוי גידול של 37% בסקטור המגורים ו57% בסקטור המסחרי ציבורי עד 2030 ו-98% גידול בסקטור המגורים ו172% בסקטור המסחרי ציבורי עד 2050.

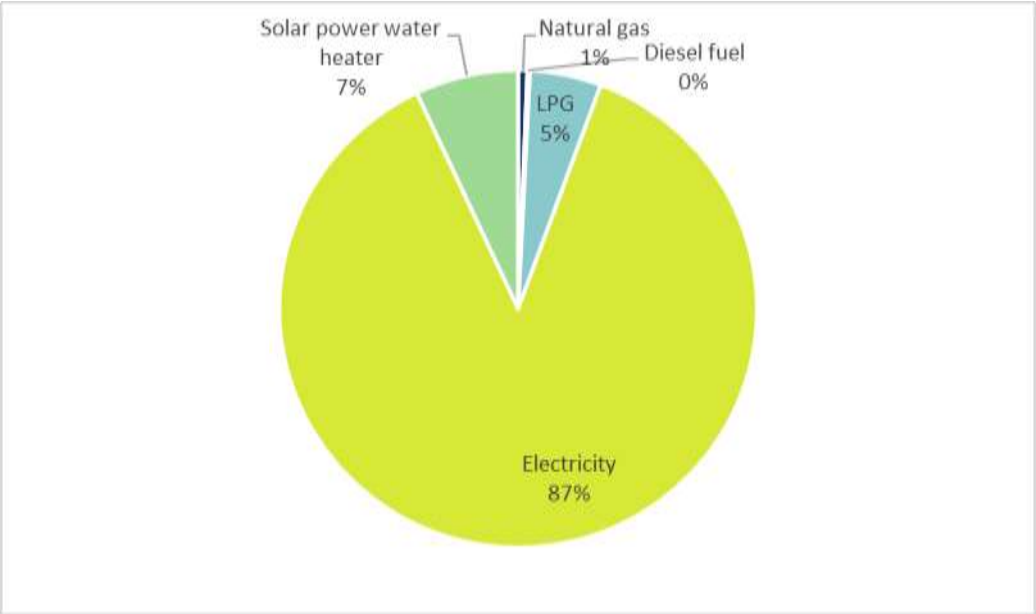
*תרשים 16: צריכת אנרגיה סופית בתרחיש ההפחתה (TWh)*




בדומה לתרחיש עסקים כרגיל, תמהיל האנרגיה בסקטור המבנים מורכב ברובו מצריכת חשמל – 87%, 7% נוספים הם אנרגיה סולארית המשמשת לחימום מים והשאר תזקיקי נפט:

[76] מסמך חישובים עבור בנייה מאופסת אנרגיה (המועצה לבניה ירוקה ומשרד האנרגיה)

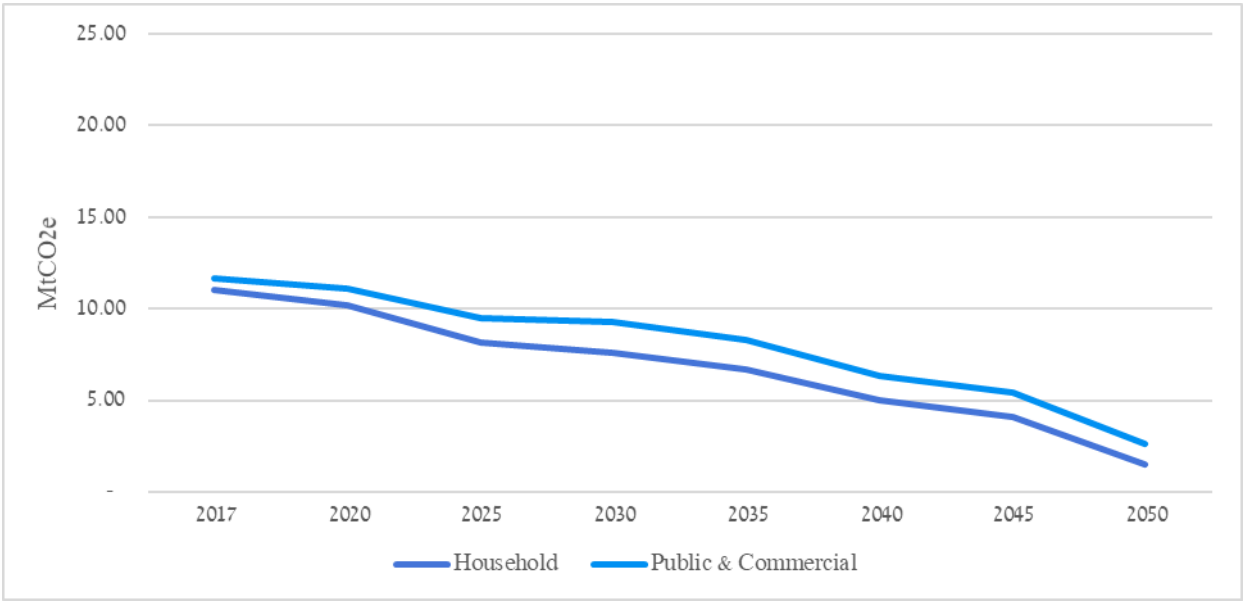
*תרשים 17: התפלגות צריכת הדלקים בסקטור המבנים בתרחיש ההפחתה*




העצימות האנרגטית בתרחיש ההפחתה גדלה ב-6% בסקטור המבנים וב-16% בסקטור המסחרי ציבורי עד שנת 2030 וב-9% בסקטור המבנים וב-43% בסקטור המסחרי ציבורי בשנת 2050.

בבחינת פליטות גזי החממה הישירות והעקיפות (הכוללות פליטות כתוצאה מייצור חשמל), צפויה הפחתה של 25% בפליטות בסקטור המבנים בשנת 2030 והפחתה של 82% בפליטות בסקטור המבנים בשנת 2050, בשיעור דומה בסקטור המגורים ובסקטור המסחרי-ציבורי. הפחתה זו נובעת ברובה מהמעבר לשימוש באנרגיה מתחדשת לייצור חשמל.

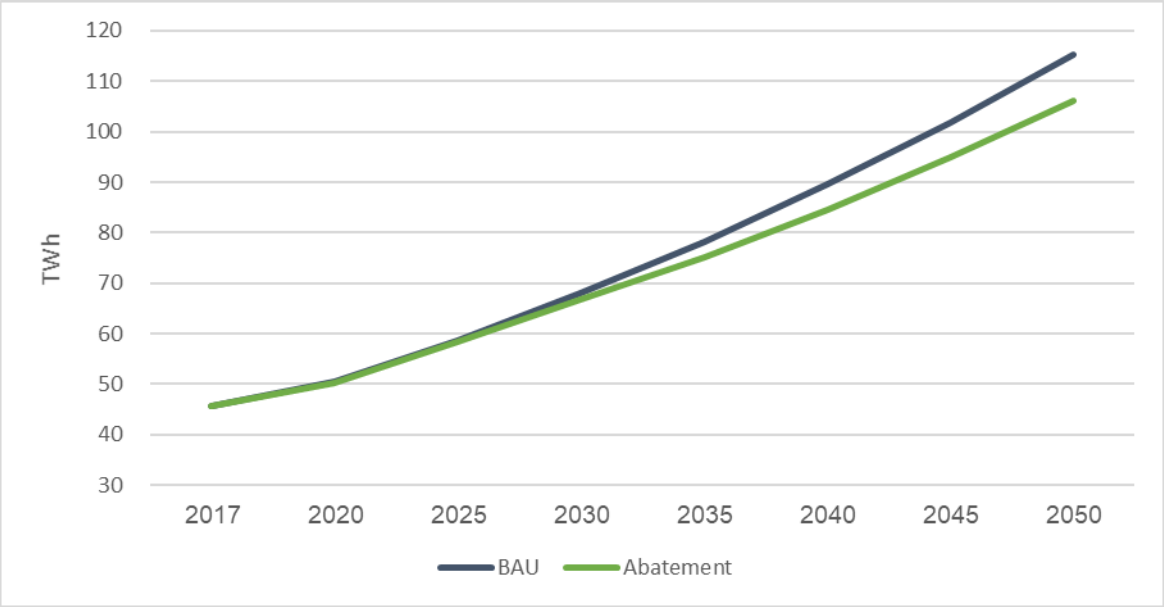
*תרשים 18: תחזית פליטות גזי חממה ישירות ועקיפות בתרחיש הפחתה (מיליון טון פד"ח)*



## סיכום

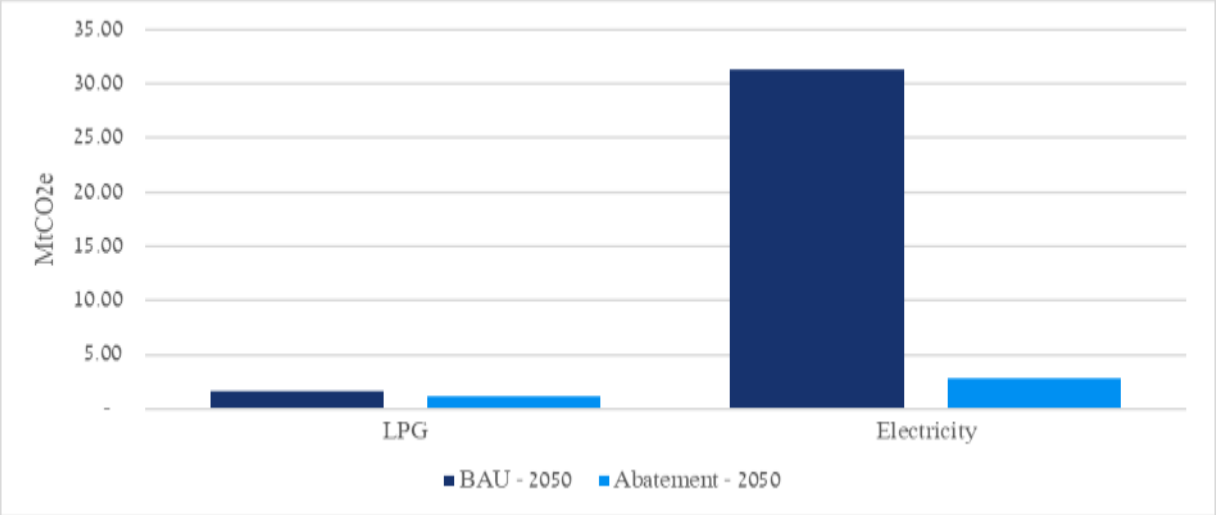
בתרחיש ההפחתה ישנה הפחתה של 2% בצריכת האנרגיה ב-2030 לעומת תרחיש עסקים כרגיל ו-8% ב-2050:

*תרשים 19: צריכת אנרגיה סופית בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (TWh)*



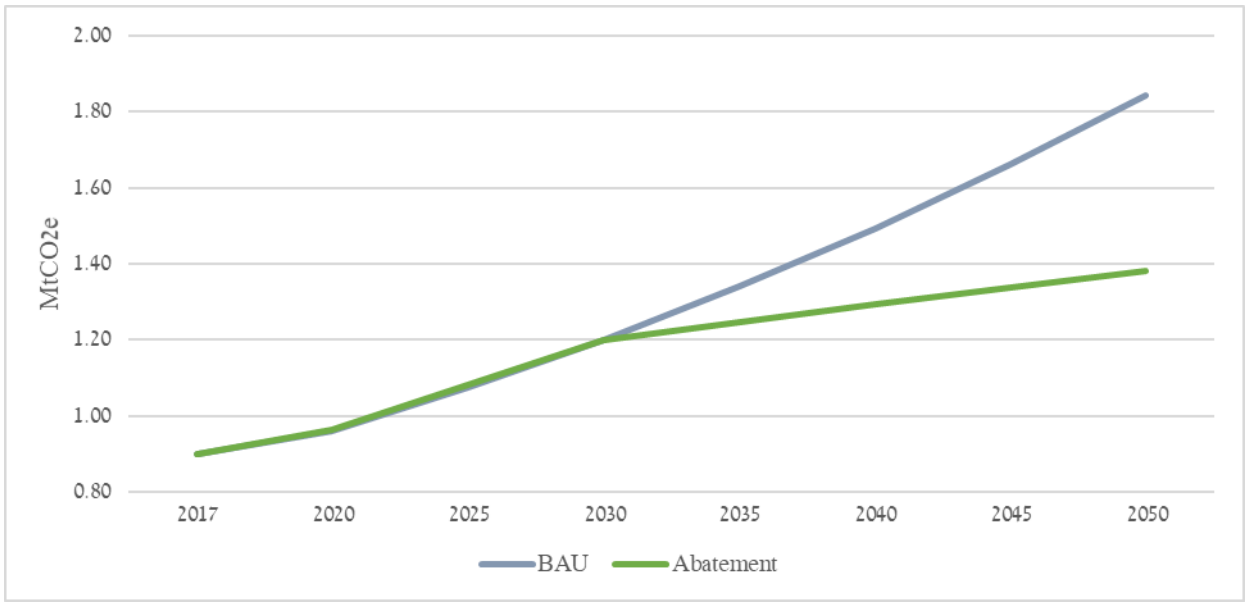

כאשר ניתן לראות כי רוב ההפחתה צפויה כתוצאה מהפחתה בצריכת החשמל בתרחיש ההפחתה:

*תרשים 20: הפחתת פליטות לפי סוג דלק: תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (מיליון טון פד"ח)*



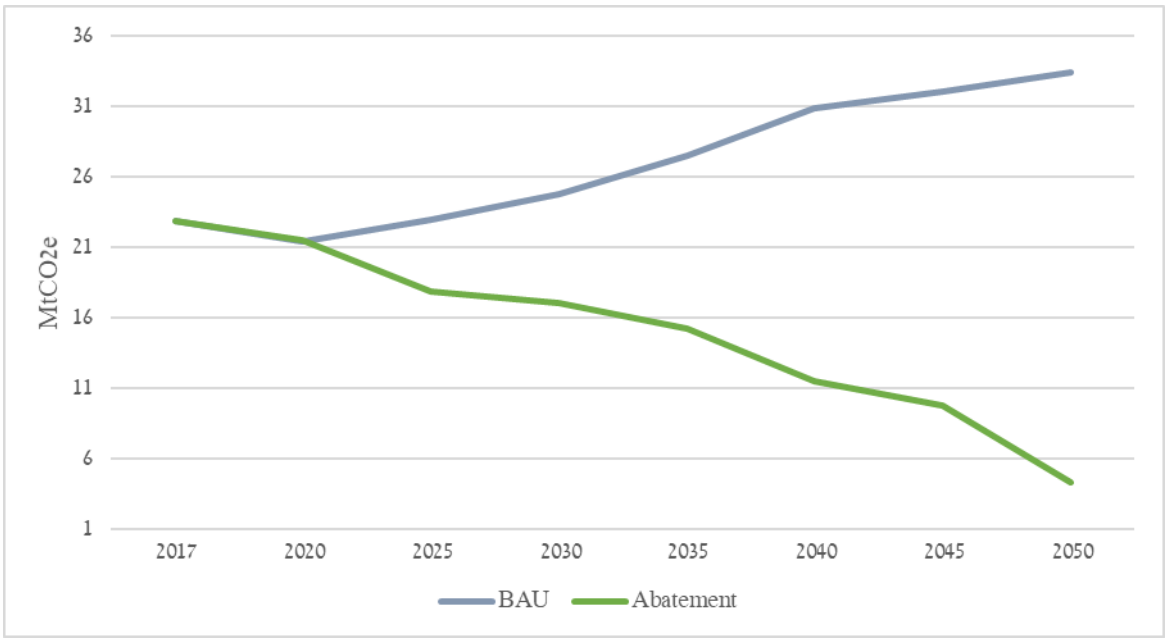

פליטות גזי החממה הישירות (ללא חשמל) בתרחיש ההפחתה זהות לפליטות בתרחיש עסקים כרגיל בשנת 2030 וקטנות ב-25% ב-2050 בהשוואה לתרחיש עסקים כרגיל:

*תרשים 21: פליטות גזי חממה ישירות בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (מיליון טון פד"ח)*




פליטות גזי החממה הישירות והעקיפות (כולל פליטות כתוצאה מייצור חשמל) קטנות ב-31% בשנת 2030 וב88% בשנת 2050 בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה. זאת, הן בזכות הפעולות להתייעלות אנרגטית וייצור החשמל מאנרגיה מתחדשת בערים ומבנים, והן בזכות פעולות ההפחתה במשק החשמל עצמו:

*תרשים 22: פליטות גזי חממה ישירות ועקיפות בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (מיליון טון פד"ח)*



## סיכום המדדים והיעדים

בטבלה מטה, ניתן לראות את הפערים בין תרחיש עסקים כרגיל לבין תרחיש ההפחתה ביחס למדדים שנקבעו עבור סקטור מבנים ועירים:

*טבלה 12: השוואה בין תוצאות תרחיש עסקים כרגיל לתרחיש הפחתה לפי מדד*

| שם המדד | אופן החישוב | תרחיש עסקים כרגיל (2025-2050) | תרחיש ההפחתה (2035-2050) |
|---|---|---|---|
| **בנייה ירוקה**[77] | שיעור התחלות הבנייה הבנויות בהתאם לתקן לבנייה ירוקה | 55% | 100% |
| **בנייה מאופסת אנרגיה**[78] | שיעור התחלות הבנייה העומדות במפרט משרד האנרגיה לבנייה מאופסת אנרגיה | 0% | 100% |
| **התחדשות עירונית** | שיעור יח״ד שיבנו כחלק מהתחדשות עירונית | 21% | 30% |
| **צפיפות ומבנה עירוני** | שיעור התוכניות העומדות בהגדרות הצפיפות בטבלה 1 בתמ״א 35 ובהמלצות העבודות הנוספות | -- | 100% |
| **שיעור כיסוי צמרות עצים** | שיעור כיסוי צמרות עצים במרחבים הציבוריים הפרושים בעיר | -- | לפי מפרט האזורים |

[77] פירוט ליעדים לפי סוגי הבנייה השונים ניתן לראות בפרק החזון.

[78] פירוט ליעדים לפי סוגי הבנייה השונים ניתן לראות בפרק החזון.

## המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות

להלן מובאים אמצעי יישום מוצעים בכל אחד מתחומי התוכנית.

נדגיש כי תוכנית היישום תעודכן אחת לחמש שנים. כמו כן, מוצעים בזאת אמצעי יישום הקשורים לסביבה הבנויה – חלקם באחריות מינהל התכנון וחלקם באחריות משרדי ממשלה אחרים. עבור רובם המוחלט של האמצעים המוצעים במפת דרכים זו נדרש שיתוף פעולה בין משרדי ממשלה, השלטון המקומי, המגזר הפרטי, גופים אזרחיים ועוד, לצורך יישום אפקטיבי.

### היעד: בנייה ירוקה

#### אמצעים מוצעים, בהובלת מינהל התכנון ומשרדים אחרים:

1. **החלת תקן בנייה ירוקה כמחייב:** האמצעי העיקרי להגדלת שיעור הבנייה הירוקה הוא החלת התקן כמחייב על כלל המבנים החדשים בישראל. בשנים האחרונות התקן אומץ כמחייב בערי פורום ה- 15, בעוד בשאר היישובים בארץ הוא נותר וולונטרי בלבד. במהלך 2020 אישרה המועצה הארצית תקנה המחייבת בניית מבנים חדשים בהתאם לתקן בנייה ירוקה (ת"י 5281). היא תיכנס לתוקף החל ממרץ 2022 ותחול על כלל המבנים לפי האמור בהוראות התקן: ביניים רבי-קומות למגורים, משרדים ומסחר מעל 5000 מ"ר, מלונאות, גני ילדים וכו'. בשלב זה, התקנות דורשות כי המבנים השונים יעמדו ברף של כוכב אחד לפחות.[79] בהמשך, נדרש עדכון התקן מדי כמה שנים, בהתאם לצורך, כדי לוודא שהוא מחייב את האמצעים העדכניים ביותר, וכן העלאת הדירוג הנדרש בתקנות. כחלק משינוי הדרישות, נדרשים פתרונות תקציביים למימון הבנייה הירוקה במבני ציבור ברשויות מקומיות ובמקומות אחרים בהם צפויים כשלי שוק.

2. **שיפוץ ירוק של מבנים קיימים:** תקנות התכנון והבנייה חלות על בנייה חדשה אולם נדרשים מנגנונים לעידוד שיפוץ ירוק של המלאי הקיים. אמנם, חלקו יעבור התחדשות עירונית ובמקרים אלו יידרש לעמוד בתקנות העדכניות, אולם מבנים אחרים צפויים להישאר על כנם ולכן נדרשים עבורם אמצעים פרטניים. לפיכך מוצע לקדם פעולות כגון:
   - **הקמת צוות בין-משרדי** לבחינת תמריצים וכלים נוספים לעידוד שיפוץ מבנים, בראשות המשרד להגנת הסביבה או משרד השיכון, ובשיתוף משרד האנרגיה, מינהל התכנון, השלטון המקומי ושחקנים רלוונטיים אחרים.
   - **הערכת מספר המבנים** הדורשים שיפוץ בכל שנה.
   - **קידום תקן** לשיפוץ מבנים בהתאם לעקרונות בנייה ירוקה או בהתאם למפרטי איפוס אנרגיה – באחריות המשרד להגנת הסביבה ומשרד האנרגיה.
   - **בחינת עדכון תקנות התכנון והבנייה** לעניין שיפוץ מבנים הטעונים קבלת היתר בנייה – באחריות מינהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה ומשרד האנרגיה.
   - **בחינת עדכון תקנות דירוג אנרגטי ותקנות מכר דירות** לעניין שיפוץ מבנים ומכירת מבנים קיימים – באחריות משרד השיכון ומשרד האנרגיה.

3. **תקנות לתשתית לטעינת כל רכב חשמליים, לרבות תחבורה ציבורית:** הנושא מפורט בפרקים של צוות האנרגיה וצוות התחבורה, שפועלים במקביל לצוות "ערים ומבנים" במסגרת פרויקט "ישראל 2050". נציין כי בימים אלו נבחנת האפשרות לתיקון תקנות להחלת חובה להקמת תשתית חשמל במבנים חדשים לחיבור עמדות טעינה

[79] למעט מבני חינוך שנדרשים לעמוד בניקוד של 40 נקודות

עתידיות, בהתבסס על ממצאי עבודת משרד הבינוי והשיכון בנושא.[80] בין היתר מתקיימות היוועצויות עם מהנדסי רשויות, נציגי קבלנים ועוד.

## היעד: בנייה מאופסת אנרגיה

### אמצעים מוצעים, בהובלת מינהל התכנון ומשרדים אחרים:

תחום הבנייה מאופסת האנרגיה נמצא בראשיתו בישראל והמודעות לנושא נמוכה. לפיכך יש לקדם כמה צעדים במקביל על מנת לעמוד ביעדים:

**(א) הגדרות ותקנים:** יצירת מסמך הגדרות ברור להגדרת מבנה מאופס אנרגיה לצד בחינת אפשרות להגדיר גם כתקן (בין אם תקן חדש או כחלק מהתקן לדירוג אנרגטי).

**(ב) תשתית להתעדה:** גיבוש מנגנון תיווי, הקמת גוף לצורך הענקת תו "מבנה מאופס אנרגיה", עיצוב תווית והקמת מאגר מבנים מאופסי אנרגיה.

**(ג) הכשרה:** הקמת מערכי הכשרות עבור בעלי מקצוע ועבור רשויות מקומיות ומשרדי ממשלה, ימי עיון וכנסים מקצועיים, הטמעת התחום בתוכניות אקדמיות – באחריות משרד האנרגיה.

**(ד) מודעות:** הקמת אתר, קמפיין פרסומי, קיום תחרויות ועוד, תוך הדגשת התועלות הכלכליות והסביבתיות – באחריות משרד האנרגיה.

**(ה) תקנות מחייבות:** בחינת אפשרות לתיקנון תקנות והוראות המחייבות עמידה בהגדרות או בתקן הנ"ל במסגרת חוק התכנון והבנייה, מכרזים ממשלתיים ועוד. לצורך כך מותנע בימים אלו תהליך RIA בשיתוף משרד האנרגיה, המשרד להגנת הסביבה ומינהל התכנון, לבחינת חלופות, המשמעות הרגולטורית שלהן והעלות-תועלת של מהלך כזה. בהתאם לתוצאות בדיקת ה-RIA יוחלט על המשך העבודה.

**(ו) כלי מימון והלוואות:** הקמת צוות שיגבש אסטרטגיות וכלים לתמיכה לטובת קידום התייעלות באנרגיה, הקמת PV ואגירת אנרגיה במבנים קיימים ובבנייה חדשה.

**(ז) חדשנות:** תקצוב מחקרים וחממות למציאת פתרונות טכנולוגים – באחריות משרד האנרגיה.

[80] ראו: בחינה טכנו-כלכלית – תשתיות לטעינת רכבים חשמליים בבנייני מגורים, https://www.gov.il/he/departments/publications/reports/tashtiyot_rechev_chashmali

**מבט ממדינות OECD: אמצעי מדיניות משלימים לקידום תחום הבנייה הירוקה**

במקביל לתקנות המחייבות בנייה ירוקה ומקדמות את הנושא מצד ההיצע, קיימים במדינות OECD צעדי מדיניות לקידום הנושא מצד הביקוש. מטרתם לעודד ביקוש למבנים ירוקים או יעילים אנרגטית בקרב רוכשי ובעלי הדירות. שני אמצעים לדוגמה הם:

- **מיסוי צריכת אנרגיה:** מס דיפרנציאלי התלוי בכמות צריכת האנרגיה ליח"ד. המס קובע סף צריכת אנרגיה מינימאלי ומקסימאלי, כאשר צריכה מתחת לסף המינימאלי מקנה הנחה במס וצריכה מעל הסף המקסימאלי מביאה לתוספת מס. נמצא בשימוש בכמה מחוזות בבריטניה.
- **משכנתה ירוקה:** מתן ריביות נמוכות יותר ותנאים משופרים עבור משכנתאות למבנים שעומדים בתקן בנייה ירוקה.

## היעד: התחדשות עירונית

### צעדים בהובלת מינהל התכנון:

**(א) מדריך התחדשות עירונית:** בפברואר 2019 פירסם מינהל התכנון מדריך לבחינה ולקידום תוכניות להתחדשות עירונית.[81] המדריך מתייחס לשלושה היבטים מהותיים לתוכניות התחדשות (היבט תכנוני, היבט חברתי והיבט כלכלי) ולארבעה שלבי תכנון: החלטה מקדמית עקרונית, מיפוי וניתוח מצב קיים, בחינת חלופות והכנת התוכנית. בהיבט התכנוני, המדריך מדגיש את הצורך לשלב בין הבינוי החדש לבין המרקם הקיים וכן ליצור מרחב ציבורי איכותי, רציף והמשכי. בהיבט החברתי, מודגש הצורך לקדם את התוכניות תוך שיתוף הציבור ובליווי יועץ חברתי, כאשר היקף התהליך ואופיו ייקבעו בהתאם למאפייני המקום. בהיבט הכלכלי, מודגש כי לצד השימוש בתקן 21 ככלי מרכזי בבחינת כדאיות הפרויקט, יש לבחון את נפחי הבנייה המוצעים אל מול נתוני המקום הספציפי ואפשרויות התכנון בו.

**(ב) קידום תוכניות מפורטות ומסמכי מדיניות להתחדשות עירונית:** בספטמבר 2019 יצא מינהל התכנון בקול קורא לרשויות מקומיות וללשכות התכנון המחוזיות להגשת מתחמי מגורים, מסחר, תעסוקה ותעשייה המתאימים להתחדשות עירונית. הקול הקורא אפשר להגיש הצעות בשני מסלולים: מסלול סטטוטורי (תוכניות מפורטות) ומסלול שאינו סטטוטורי (תוכניות אב, תוכניות אסטרטגיות ומסמכי מדיניות). כמענה לקול הקורא, הוגשו כמאה הצעות מכ- 70 רשויות מכל רחבי הארץ, ומתוכן נבחרו מתחמים, בהתבסס על קריטריונים איכותניים כמו פוטנציאל השפעה על העיר.

**(ג) תיקון חקיקה כחלופה לתמ"א 38:** בהמשך להחלטת המועצה הארצית לתכנון ולבנייה מנובמבר 2019, לפיה תמ"א 38 תסתיים באוקטובר 2022, מקודם תיקון חקיקה שייתן מענה חלופי לצורך לחיזוק מבנים.

**(ד) כלי לניתוח ותיעדוף מתחמי התחדשות עירונית:** בימים אלו מפותח כלי עזר לקבלת החלטות בקידום התחדשות עירונית בראייה כלל-עירונית ובהתחשב בפרמטרים כגון גיל המבנים, מיקום בעיר, ערכי קרקע, סיכון סייסמי ועוד.

**(ה) מתווה לשיתוף ציבור בתוכניות התחדשות**

### צעדים בהובלת הרשות להתחדשות עירונית:

**(א) קידום תכניות מתאריות להתחדשות עירונית:** נכון לתחילת 2021, מקודמות ברשות להתחדשות עירונית 36 תוכניות, שבהן כ- 300 אלף יח"ד חדשות. התוכניות נחלקות לתוכניות מתאר ולתוכניות מדיניות והן מיועדות ליצירת תשתית

[81] למדריך, ראו: https://www.gov.il/BlobFolder/policy/urban_renewal_g/he/urban_renewal.pdf

תכנון סטטוטורי ואסטרטגי לרשות המקומית, ולקידום מהיר של פרויקטים עתידיים להתחדשות עירונית בתחומה. זאת מתוך הסתכלות כוללת על צורכי השכונה בהיבטים של שטחים ציבוריים, תחבורה, שטחים פתוחים, חברה ותושבים, מוסדות ציבור ועוד. את התוכניות מקדמת הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית בשיתוף פעולה הדוק עם הרשויות המקומיות, כדי להגיע לתוצר המתאים לצורכי העיר והשכונה.

**(ב) תקצוב פעילות במתחמים במסלול רשויות מקומיות:** נכון לתחילת 2021, מקודמים כ-65 מתחמים ובהם כ-62,000 יח"ד חדשות. במתחמים אלה מקודמות תוכניות מפורטות להתחדשות עירונית על ידי הרשות המקומית או על ידי הרשות הממשלתית, לצד פעילות חברתית הכוללת שיתוף ציבור וארגון בעלי הדירות לקראת הפרויקט ולבחירת יזם.

**(ג) פריפריה:** הרשות מתקצבת תכנון מפורט בערים הממוקמות בפריפריה (קריית שמונה, כרמיאל, טבריה ועוד), בדגש על אזורים בעלי סיכון סיסמי גבוה. זאת מתוך ראייה ארוכת טווח וכדי להניע תהליכי התחדשות אף באזורים שאין בהם, נכון להיום, כדאיות כלכלית.

**(ד) מגזר ערבי:** הרשות להתחדשות עירונית מקדמת פיילוט לתכנון התחדשות עירונית בגרעיני היישוב הוותיק בחמישה יישובים: סח'נין, טייבה, ערה-ערערה, ג'סר א זרקא וכפר קאסם. מטרת הפיילוט היא לבחון מהם צעדי המדיניות הייחודים שנדרשים כדי לקדם יוזמות של התחדשות עירונית ביישובים אלה, מהם הכלים התכנוניים ומהם המנגנונים הכלכליים שעשויים להפוך את התכנון לישים.

**(ה) התחדשות עירונית לאורך צירי מתע"ן:** הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית החלה בקידומם של ארבעה מסמכי מדיניות תכנון ותכנית מפורטת אחת, הקובעים עקרונות לציפוף והתחדשות עירונית לאורך צירי מתע"ן ברחבי הארץ.

**(ו) הפעלת מנהלות עירוניות להתחדשות עירונית:** הרשות מפעילה 24 מינהלות ברשויות המקומיות ברחבי הארץ. המינהלות הן יחידות עירוניות הפועלות כזרוע ביצוע של הרשויות המקומיות לקידום תהליכי ההתחדשות העירונית בתחומן, ותפקידן לתכלל את הפרויקטים בעיר וכן לשמש מוקד מידע לתושבים, ליזמים, לבעלי מקצוע ולגורמים נוספים ברשות המקומית.

**(ז)** הרשות להתחדשות עירונית מקדמת **אמצעי מדיניות משלימים** שמטרתם לשפר, לייעל ולטייב את תהליכי ההתחדשות העירונית. אמצעים אלו כוללים הסכמי מדף, מדריכים לתושבים, הנחיות, פעילות להסרת חסמים, לרבות עדכוני חקיקה וכדומה.

### שימוש בפסולת בניין שנוצרת בתהליכי התחדשות

ברמת החזון, מדיניות להפחתת פליטות צריכה להתייחס לכלל מחזור החיים של הבניין, החל משלב ייצור חומרי הבנייה והקמת הבניין וכלה בסוף חייו של המבנה והשימוש שייעשה בפסולת הבניין. לצד התועלות של התחדשות עירונית, הריסת המבנים מייצרת כמויות גדולות של פסולת בניין.

לצד התועלות של התחדשות עירונית, הריסת המבנים מייצרת כמויות גדולות של פסולת בניין.
הריסת מבנה קיים מייצרת כטון וחצי פסולת על כל מטר רבוע בנוי (כך, שהריסת בניין ממוצע בן ארבע קומות, של כ-1,000 מ"ר, תתקבל פסולת בניין במשקל כ-1,500 טונות). מנגד, המשך הפיתוח של מדינת ישראל מצריך חומרי גלם רבים לבניית תשתיות ומבנים.[82]

**לאור זאת, נושא עקרוני שמזוהה במפת דרכים זו הוא עידוד השימוש בפסולת בניין שנוצרת בתהליכי התחדשות עירונית.** נושא זה נמצא בראשיתו. כשלב ראשון מקודם מיפוי של המאגר הבנוי של מבנים ותשתיות, כולל צפי סוף חיים, סוג וכמות החומרים – בהובלת משרד השיכון, המשרד להגנת הסביבה והרשות להתחדשות עירונית. עבודה המשך עשויה לכלול קביעת יעדים ברורים, הסדרת התחום, הקמת מנגנון ותשתיות לקליטת הפסולת והשקעה במו"פ.

## היעד: צפיפות ומבנה עירוני

### אמצעים מוצעים, בהובלת מינהל התכנון ומשרדים אחרים:

**(א) עדכון ושכלול דרישות המינימום לצפיפות:** כיום מקודמת במינהל התכנון עבודה לעדכון טבלה 1 בתמ"א 35. עבודה זו כוללת עדכון של מבנה הטבלה, הוספת נתון של צפיפות ברוטו (ולא רק צפיפות נטו) וכן הוספת נתון של תכסית

[82] משרד השיכון מקדם עבודה לבחינת כמויות פסולת הבנייה כתוצאה משיטות בנייה מתועשות. תוצריה יתפרסמו בהמשך.

מרחבית כדי להבטיח שצפיפות הברוטו הגבוהה מתפרשת באופן מיטבי על השטח ולא מרוכזת במבנים בדידים שאין ביניהם רצף עירוני. יש להדגיש, כי טבלה 1 בתמ"א 35 מתייחסת לצפיפות דיור בלבד ולא לצפיפות של שימושים אחרים, וכי השאיפה לייעול השימוש במשאב הקרקע צריכה לבוא לידי ביטוי בתכנון גם של שימושים אחרים. ייתכן שבעתיד ניתן לשקול שימוש במדדים נוספים לייעודים משולבים שכוללים גם מוסדות ציבור, מסחר ותעסוקה.

(ב) **קידום המטרו ותמ"א 70:** פרויקט המטרו הינו פרויקט התשתית הגדול ביותר שמתוכנן במדינת ישראל. לצורך כך, הוקם בשנת 2019 אגף ייעודי במינהל התכנון שתפקידו לקדם את התוכניות למערכת המטרו וכן את המדיניות ביחס לפיתוח הנלווה למערכת זו. התוכניות כוללות שלושה קווי מטרו באורך כולל של 140 ק"מ וכ- 105 תחנות, שצפויות לשרת כ- 2 מיליון נוסעים ביום כאלטרנטיבה לשימוש ברכב פרטי.

למערכת המטרו פוטנציאל אדיר לפיתוח מקיים של הסביבה הבנויה. התחנות לאורך קווי המערכת יכולות להפוך למוקדים של פעילות עירונית ושל בנייה צפויה ואינטנסיבית, מוטת הליכה ותחב"צ, תוך הגברת הצפיפות ושיפור הנגישות לשירותים עירוניים. הפיתוח האינטנסיבי לאורך המטרו לא רק מקטין את נסועת הרכב הפרטי אלא גם את צריכת הקרקע הנלווית אליה (מקומות חניה, צמצום נתיבים). מתוך הבנה זו, ולאור הצורך ביצירת מרחב עירוני הממנף את יתרונות המטרו, מקודמת במינהל התכנון תמ"א 70 – תכנית מתאר ארצית למרחב מערכת המטרו במטרופולין תל אביב, שתייצר את התשתית התכנונית לפיתוח המרחב האורבני סביב מערכת המטרו בראיה ארוכת טווח.

(ג) **תכנון תומך תנועה בת-קיימה ותחבורה ציבורית:** הטמעת העקרונות והתבחינים לתכנון תומך תחבורה ציבורית ותנועה בת קיימה, שפותחו על ידי מינהל התכנון בשיתוף משרד התחבורה, משרד השיכון ורמ"י, והוזכרו לעיל.

(ד) **קידום שכונות הליכתיות / ללא רכב:** בעולם הולכים וצוברים תאוצה מודלים של שכונות הליכתיות, המבוססות על איגום חניה בשולי השכונה תוך הגבלת התנועה המוטורית בתוכה. נדרשת עבודת ניתוח והתאמה של הרעיון להקשר הישראלי. בתכנון ובתפעול שכונות כאלו ניתן להיעזר במודלים חדשים של תנועה ותחבורה, כגון MAAS (Mobility as a Service), במסגרתם, יעמדו לרשות התושבים כלי רכב שיתופיים או שירותי הסעות בהזמנה.

(ה) **עירוניות טקטית:** ביצוע פעולות מהירות במרחב העירוני, לצורך שיפור המרחב הציבורי. עירוניות טקטית מבוצעת לרוב באמצעים זולים ופשוטים, כמו סימון בצבע, יצירת הפרדה באמצעות קונוסי תנועה או אדניות ושימוש בריהוט רחוב פשוט. כל אלו יכולים לשמש לסימון שבילי אופניים חדשים, סגירת רחובות, הרחבת מדרכות ויצירת אזורי ישיבה או שווקים מקומיים. למרות היותן של פעולות אלו "טקטיות", קרי זריזות ואף זמניות, מומלץ כי הם יהיו מעוגנות באסטרטגיה רחבה יותר של הרשות המקומית לגבי פיתוח המרחב העירוני ושיפור המרחב הציבורי.

(ו) **מדיניות חניה:** עדכון וגיבוש מדיניות חניה בראייה עתידית.

## היעד: כיסוי הצללת עצים במרחב העירוני

### אמצעים מוצעים, בהובלת משרדים שונים:

(א) **מיפוי מצב קיים של שיעור כיסוי עצים במרחבים עירוניים:** כיום, חסרים בערים רבות נתונים מעודכנים לגבי פרישת העצים ולגבי כיסוי ההצללה שהם מעניקים.[83] בעת הכנת הדו"ח, הוצעו כמה כיווני פעולה אפשריים לפיתוח מאגר נתונים ומנגנון ניטור, ובהם:

- הקמת פלטפורמה למיפוי המצב הקיים, בהתאם לקריטריונים אחודים בכל הארץ.
- יצירת מדדים כמותניים מהימנים למדידת כיסוי צמרות עצים.
- הקמת מערכות חכמות לניהול היער העירוני בזמן אמת (כולל כריתות, נטיעות ועוד).

מיפוי זה נדרש על מנת לקדם מדיניות נטיעות בראייה כלל-עירונית, על מנת לנטר את השינוי (לטובה או לרעה) בכיסוי העצים במרחב הציבורי ועל מנת לשמר ככל הניתן עצים קיימים.

(ב) **מדריך ארצי לצל ארצי במרחב הבנוי:** בנובמבר 2020 התפרסם מדריך ארצי לצל במרחב הבנוי, שתכליתו הטמעת שיקולי שימור ונטיעת עצים בכל רמות התכנון וגיבוש אמות מידה ליצירת צל עצים רציף ואיכותי במרחב הבנוי.

---

[83] ד"ר אור אלכסנדרוביץ', אדר' נוף שחר צור, אדר' יונתן לבנדיגר וד"ר יואב לרמן הכינו עבור עיריית תל אביב מפות צל, תוך התייחסות לצל מבנים ולצל עצים. התוצר הוא מיפוי רמות ההצללה בכל רחובות העיר, והצלבתן עם פוטנציאל השימוש של כל הרחובות. ההצלבה בין מקדם ההצללה לבין פוטנציאל השימוש מאפשרת לייצר מדיניות ולתעדף נטיעות (למשל, באזורים עם מקדם צל נמוך אך פוטנציאל שימוש גבוה). לדו"ח המלא, ראו: https://d4a66e06-0f86-47bb-a427-b133dc5221e5.filesusr.com/ugd/56214b_c7798ad8235c44f69a6f83f0de241586.pdf

המדריך נכתב על ידי מינהל התכנון ואגף יעד ואילנות במשרד החקלאות ופיתוח הכפר. הוא מיועד לכל העוסקים בעיצוב המרחב הציבורי במרחב הבנוי – מתכננים במוסדות התכנון, אנשי ביצוע, מנהלי אגפי סביבה וגינון, מהנדסים, אדריכלים, אדריכלי נוף ועוד.[84]

(ג) **סיוע לרשויות מקומיות בביצוע נטיעות בראייה כלל-עירונית:** על מנת ליישם את היעדים שנקבעו בתוכנית זו, ועל מנת להגדיל את כיסוי הצללת העצים ברחובות ובמרחבים הציבוריים, נדרש סיוע מקצועי ותקציבי לרשויות מקומיות. הסיוע נדרש למיפוי המצב הקיים, להכנת מדיניות נטיעות בראייה כלל-עירונית, לביצוע נטיעות בפועל וכן לתחזוקה בשנים הראשונות – פעולות שדורשות כוח אדם, ידע מקצועי והוצאות משמעותיות שלא זמינים לחלק גדול מהרשויות המקומיות.

(ד) **התייחסות לעצים כתשתית עירונית הכרחית לכל דבר תוך תיאום עם גופי התשתית האחרים.**

## תעדוף האמצעים ליישום בעשור הקרוב

האמצעים הבאים הם מהותיים ליישום בעשור הקרוב על מנת לעמוד ביעדים:

- הקמת מערכות הסעת המונים, בדגש על קידום פרויקט המטרו במטרופולין תל אביב, וכן תמ״א 70 להכוונת הפיתוח העירוני במרחב המטרו.
- התחדשות עירונית והגדלת הצפיפות במרחבים העירוניים, תוך הקפדה על איכות המרחב העירוני.
- המשך קידום תחום הבנייה הירוקה תוך העלאת הרף הקבוע בתקנות לצד קידום תחום הבנייה המאופסת אנרגיה בישראל; בתוך כך, הכוונת ייצור האנרגיה ממקורות מתחדשים לאזורים מבונים ומופרים, לרבות על גבי מבנים, תשתיות, חניונים ועוד.
- הגדלת כיסוי העצים במרחבים העירוניים, הקיימים והמתוכננים.

84 למדריך המלא, ראו: https://www.gov.il/he/Departments/General/national_guide_shading_trees

# תחבורה

# תחבורה

## הקדמה

סקטור התחבורה הוא הסקטור השני בתרומתו לפליטות גזי חממה במשק הישראלי, המהווה כ-20% מסך הפליטות. תחבורה מהווה המקור העיקרי לזיהום האוויר במרכזי הערים ובריכוזי האוכלוסין, כאשר עיקר החריגות מתקני איכות האוויר בערים הגדולות נובעות מפעילות תחבורתית[85]. זיהום זה, הנפלט בגובה נמוך ובקרבת האוכלוסייה, מסוכן במיוחד לבריאות הציבור. מתוך כ-2,365 ממקרי התמותה המוקדמת בישראל בכל שנה הנגרמים כתוצאה מחשיפה לזיהום אוויר, לפי ההערכות כמחצית נגרמים בשל חשיפה לזיהום אוויר מכלי רכב[86].

מערכת התחבורה חיונית לצורך אספקת ניידות ונגישות ותמיכה בפיתוח החברה והכלכלה במדינה. פיתוח מערכת תחבורתית מקיימת ויעילה היא הכרחית במדינת ישראל, הדלה במשאבי קרקע ובעלת קצב גידול אוכלוסייה הגבוה בעולם המפותח. למרות זאת, בעשורים האחרונים מערכת התחבורה התבססה יותר ויותר על רכב פרטי. יתרה מכך, מגמות פיתוח בשימושי הקרקע במדינה הרחיבו את הפירבור באופן שהגדיל עוד יותר את התלות ברכב הפרטי. בשנת 2017 חל גידול של 4% במספר כלי הרכב בכבישים וגידול של כ- 2% בנסועה[87], מאידך השימוש בתחבורה הציבורית במטרופולין ת"א ירד לשפל של כל הזמנים - כ- 12% מסך הנסיעות המוטוריות[88], לעומת כ- 30-40% במטרופולינים המפותחים באירופה. לרכב הפרטי יתרונות רבים כגון נוחות, זמינות, פרטיות ואמינות. הוא יכול לשמש את הנוסע בכל זמן ולכל מקום ובמחיר סביר למשתמש. למרות זאת, לתחבורה המבוססת ברובה המוחלט על רכב פרטי חסרונות קשים. שימוש גבוה ברכב פרטי מגדיל את הגודש ואת העלויות החיצוניות של התחבורה למשק, בהן זיהום אויר, פגיעה בסביבה ותאונות דרכים.

ההשפעות השליליות העיקריות של מערכת תחבורה המבוססת בעיקר על רכב פרטי הן:

- **עלייה בגודש** – מערכת התחבורה בישראל, ובעיקר באזורים המטרופולינים, נמצאת ברמת גודש גבוהה. הגודש מגביר את אי היעילות, את צריכת האנרגיה ומבזבז זמן יקר לתושבים. הגודש פוגע בניידות ומשפיע על הפריון ועל החלטות המיקום של משקי בית ועסקים.
- **איכות הסביבה** – שימוש גבוה ברכב פרטי מגדיל את פליטות גזי החממה, פוגע באיכות האוויר ומייצר מפגעי רעש במיוחד לאוכלוסייה המתגוררת באזורים העירוניים ובסמוך לעורקים הראשיים. שימוש מוגבר ברכב פרטי גורם גם לזיהום קרקעות ומי תהום ולזיהום ים כתוצאה מדליפת דלקים ושמנים המשמשים לתחבורה ומתשטיפי כבישים. ריבוי כלי הרכב מגביר את נפחי הפסולת המגיעים להטמנה ולמטרדי פסולת רכב בשטחים הפתוחים. בנוסף, ריבוי הכבישים גורע שטחים פתוחים וקוטע בתי גידול.
- **תאונות דרכים** – גורמות לא רק לנזקי גוף ואף הרוגים אלא גם לנזקי רכוש, עלויות טיפול רפואי וצוותי חירום, וירידה בפריון עבודה. על פי אומדן שערך משרד האוצר בשנת 2012, העלויות החיצוניות של תאונות הדרכים עומדות על כ-0.67% מהתוצר המקומי. מאומדן עדכני לשנת 2016, עלות תאונות דרכים נאמדת בכ-10 מיליארד ₪ לשנה.
- **צריכת אנרגיה** – היעילות האנרגטית של מערכת תחבורה המבוססת בעיקר על רכב פרטי נמוכה משמעותית ממערכת מאוזנת ומקיימת המתבססת על תחבורה ציבורית ותחבורה לא ממונעת. השימוש היום-יומי בכלי רכב פרטיים יוצר ביקוש רב לדלקים ומחייב את משקי הבית בהוצאות גבוהות הכרוכות בכך.
- **עלויות תשתיות כבישים** –שימוש בכלי רכב פרטיים והגידול בגודש מתבטא בבנייה ותחזוקת תשתיות כבישים נרחבות יותר והגדלה של צריכת הקרקע.

[85] התכנית הלאומית להפחתת זיהום אוויר, 2018
[86] (OECD, 2018)
[87] למ"ס, 2018
[88] סקר הרגלי נסיעה מטרופולין ת"א, 2017

- **מקומות חנייה ומשאבי קרקע** – מערכת המבוססת בעיקר על רכבים פרטיים יוצרת צורך גדל ומתמיד בהקמה של מקומות חניה באזורי מגורים, באזורי תעסוקה, במרכזי הערים, במרכזי קניות ואף בתחנות רכבת ומרכזי תחבורה. כלי רכב פרטיים צורכים משאבי קרקע רבים הנמצאים במחסור. הצורך בחניה צמודה אף מייקר את מחירי הבנייה והנדל"ן.

מעבר לתחבורה מאוזנת המתבססת יותר על תחבורה מקיימת מהווה מנוף לצמיחה כלכלית וחברתית של המשק, העלאת הפריון, הפחתת הגודש וחסכון בזמן, צמצום פערים חברתיים על ידי הגברת הנגישות לאוכלוסיות חלשות, הגדלת הפנאי על ידי קיצור זמני נסיעה ועוד[89]. בכדי להגיע ליעדים של תחבורה מאופסת פליטות נדרש להתבסס על תחבורה מקיימת, יעילה, אמינה, מהירה ותדירה.

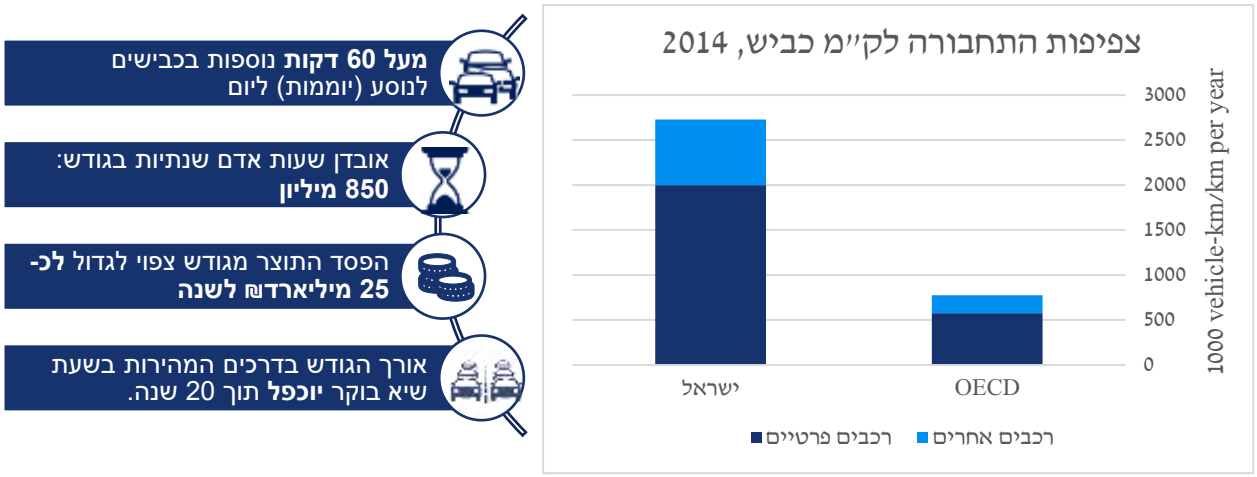
## מגמות בתחום התחבורה

כפי שהוצג בפרק ערים ומבנים, קצב גידול האוכלוסייה בישראל הינו הגבוה ביותר מתוך מדינות ה-OECD, כאשר ישראל הינה המדינה השנייה הצפופה ביותר בקרב מדינות אלו.

בשנים האחרונות קצב הגידול במספר הרכבים במשק היה גבוה משמעותית מקצב הגידול באוכלוסייה. כך למשל, בין השנים 2013-2016 גדל מספר כלי הרכב הפרטיים בישראל בכ-17% (בעוד שהגידול באוכלוסייה באותן שנים, היה רק כ-6%)[90]. מגמה זו נובעת משיפור ברמת החיים ומהתבססות גוברת על רכב פרטי כאמצעי ניידות מרכזי, כמו גם כתוצאה מכך שנטל המס הריאלי על רכישה והשימוש ברכב פרטי פחת ב-15 שנים האחרונות[91].

קצב ההשקעה בתשתיות אינו עומד בקצב הגידול בשימוש ברכבים פרטיים. לשם המחשה, בין השנים 2013-2016 – בהן מספר כלי הרכב הפרטיים בישראל גדל בכ-17%, שטח הכבישים הורחב בכ-5% בלבד[92]. מדד צפיפות הנסועה לקילומטר כביש (גודש התנועה) בישראל גבוה פי 3.5 מהממוצע ב-OECD[93]. על פי הערכות משרד התחבורה מ-2012, הגודש צפוי להחמיר משמעותית עד 2030[94]:

*תרשים 23: גודש תנועה במדינות ה-OECD*




לפי אומדן שבוצע עבור משרד האוצר, בשנת 2018 השפעות הגודש נאמדו בכ-20-25 מיליארד ₪.

[89] (בנק ישראל, 2018)
[90] (מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2018)
[91] (ד"ר יואב פרידמן, 2019)
[92] (מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2018)
[93] (OECD, 2018)
[94] (משרד התחבורה, 2012)

## תחבורה ציבורית

ב-2012 משרדי התחבורה והאוצר זיהו כי ההשקעה השנתית הכוללת בתשתית התחבורה הציבורית במטרופולינים בישראל נמוכה משמעותית פי 7 (!) מההשקעה הממוצעת במטרופולינים מפותחים כגון מדריד, ברלין, ליון, סטוקהולם, אמסטרדם, פריז ולונדון.

בהתאם לכך, בשנת 2012 משרדים אלו גיבשו ופרסמו את התוכנית האסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית בישראל. התוכנית כללה השקעה של כ-250 מיליארד ₪ במשך 25 שנה לצמצום הפער המצטבר שנוצר בהשקעה בתחבורה הציבורית. הדגש העיקרי בתוכנית הוא הרחבת התחבורה הציבורית במטרופולינים, באמצעות הקמת מערכות תחבורה עתירות נוסעים (מתע"ן) עם קווים המשתמשים בתשתית מופרדת לחלוטין מהתחבורה הפרטית, שיספקו שירות מהיר יותר על פני שטח נרחב יותר. התכנית הציבה יעדים אסטרטגיים רבים, כמו: 100 ק"מ רכב תח"צ לתושב לשנה בממוצע, 25 קמ"ש כמהירות הממוצעת של שירות התח"צ, 250 כמספר העליות הממוצע לתח"צ לתושב בשנה, 40% נסיעות בתח"צ, השקעה תשתיתית של 50,000 ₪ לתושב בשנה בתח"צ, ו-150 מטרים אורך תשתית בלעדית תח"צ ל-100 תושבים.

התוכנית שימשה כבסיס להחלטות ממשלה לקידום תכניות פיתוח רב שנתיות ולתוכניות אסטרטגיות לכלל המטרופולינים ולרכבת ישראל. בשנת 2015 קבעה הממשלה יעד להפחתת הנסועה הפרטית בשנת 2030 ב-20% (ביחס לגידול הצפוי). יעד זה עוגן בהסכם פריז והמדינה נדרשת לעמוד בו בכדי להגיע ליעדים אליהם התחייבה באופן בינלאומי.

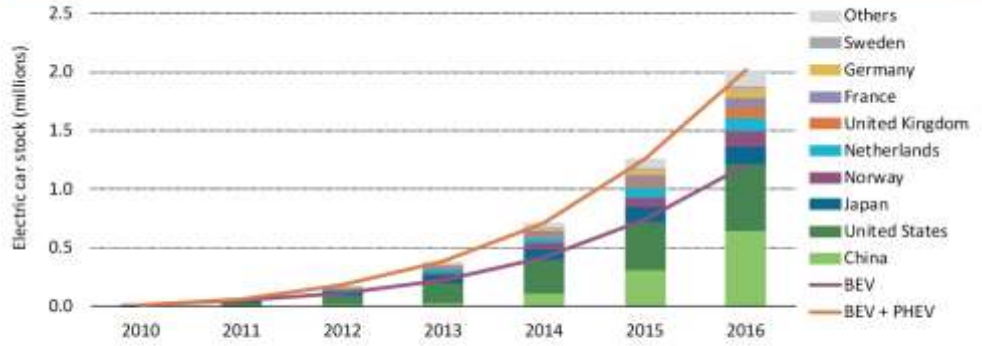
למרות תכנית זו, על פי מרכז המחקר של הכנסת, ההשקעה בפועל בשנים האחרונות עומדת על רק כמחצית מהסכום שהוגדר בתכנית[95].

## מעבר לרכבים מאופסי פליטה

עם הגידול בנסועה, צפוי גם גידול בצריכת האנרגיה הסופית בסקטור התחבורה. המדינה מפעילה מיסוי דיפרנציאלי לרכישת רכבים פרטיים על פי רמות זיהום (מיסוי ירוק) אשר, בנוסף להפחתת הזיהום, מקדם שימוש ברכבים יעילים יותר אנרגטית, הצורכים אנרגיה נקייה. עם זאת, כיום, הרוב המכריע של הרכבים עדיין מונעים בדלקים פוסיליים (בנזין וסולר). על אף היותה מדינה קטנה וצפופה – מאפיינים המקלים על יישום התשתיות הנדרשות לתחבורה חשמלית – שיעור החדירה של רכבים חשמליים בישראל כיום אפסי. זאת לעומת נורבגיה, לדוגמה, שבה רכבים אלו מהווים כ-40% מהרכבים החדשים ב-2017, וכ-6.4% מסך הרכבים במדינה[96].

בשנים האחרונות חל גידול מהיר בחדירת רכבים חשמליים בעולם – בעיקר במדינות המפותחות ובסין:

**Figure 1 • Evolution of the global electric car stock, 2010-16**



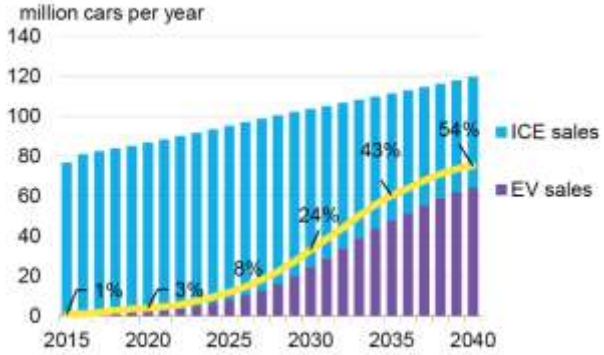

Notes: The electric car stock shown here is primarily estimated on the basis of cumulative sales since 2005. When available, stock numbers from official national statistics have been used, provided good consistency with sales evolutions.

Sources: IEA analysis based on EVI country submissions, complemented by EAFO (2017a), IHS Polk (2016), MarkLines (2017), ACEA (2017a, 2017b) and EEA (2017).

על פי תחזית בלומברג למלאי הרכבים החשמליים בעולם, בשנת 2040 54% מהרכבים הקלים הנמכרים יהיו חשמליים, ומלאי הרכבים החשמליים יעמוד על 33% מסך הרכבים הקלים.

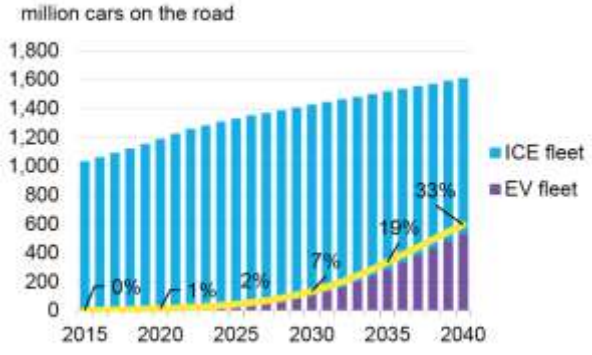
[95] (מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2018)
[96] (משרד האנרגיה, 2018)

**Figure 1: Annual global light duty vehicle sales**




*Source: Bloomberg New Energy Finance*

**Figure 2: Global light duty vehicle fleet**




*Source: Bloomberg New Energy Finance*

# תרחיש עסקים כרגיל

## תיאור התרחיש

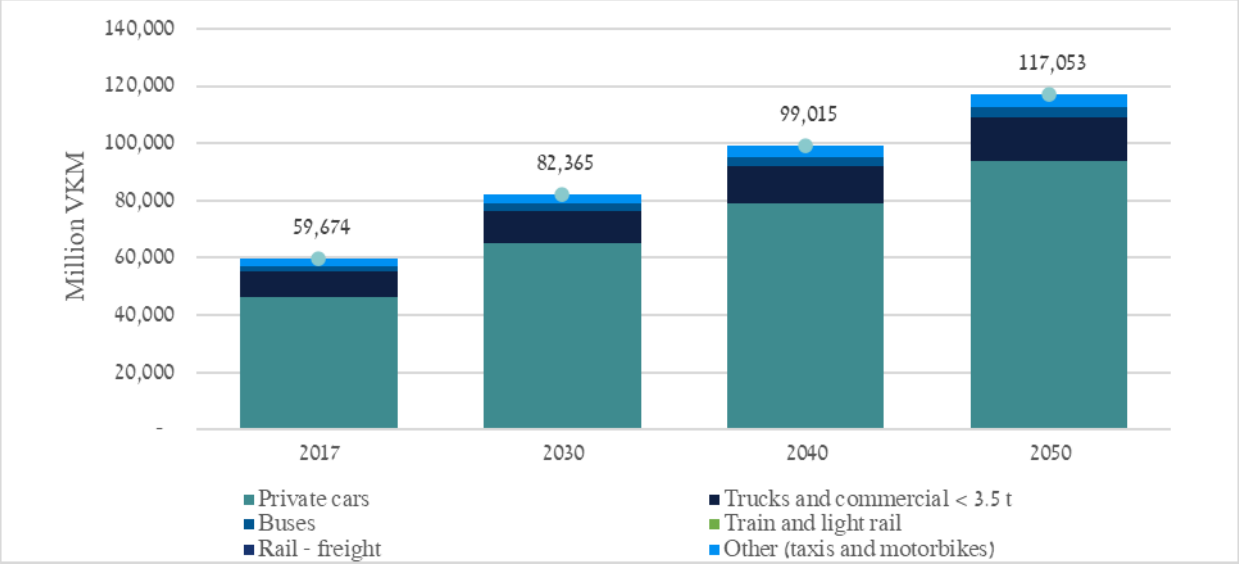
תרחיש עסקים כרגיל משקף את המגמות הקיימות בתחום התחבורה שתוארו לעיל, ובפרט גידול נסועת כלי רכב פרטיים ופיתוח איטי של מערכות התחבורה הציבורית – בקצב דומה ל-20 השנים האחרונות, ללא הטמעה מלאה של התכנית האסטרטגית לפיתוח תחבורה ציבורית. תוך שרשת הדרכים ממשיכה להתפתח באופן דומה להתפתחותה עד כה. בתרחיש זה לא מוטמעים אמצעים לניהול ביקושים ולא מוקמת רכבת מטרו בגוש דן.

בבסיס התחזיות בדבר פליטות גזי חממה מסקטור התחבורה עומדת תחזית הנסועה של כל אמצעי התחבורה עד לשנת 2050. צריכת האנרגיה מכל אמצעי תחבורה חושבה על בסיס נתוני יעילות האנרגיה לכל סוג רכב ודלק (צריכה לק"מ נסועה). לאחר מכן, נעשה שימוש במקדמי הפליטה של כל סוג דלק בכדי לחשב את הפליטות עצמן.

## נסועת תחבורה יבשתית

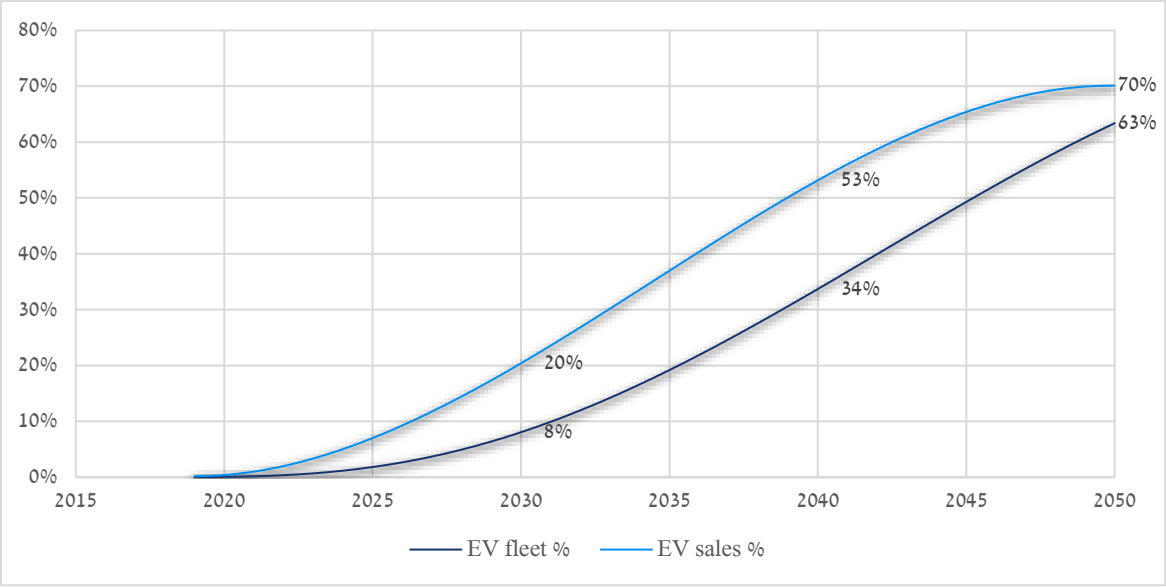
סך הנסועה השנתית הממוצעת לפי סוג הנעה עבור נסועה יבשתית התקבל באמצעות מידול תחבורתי שבוצע על ידי ניר שרב ושות'. המידול התחבורתי מספק כקלט למודל ישראל 2050 את מאפייני הנסועה.

*תרשים 24: נסועה שנתית לפי סוג רכב (תרחיש עסקים כרגיל)*



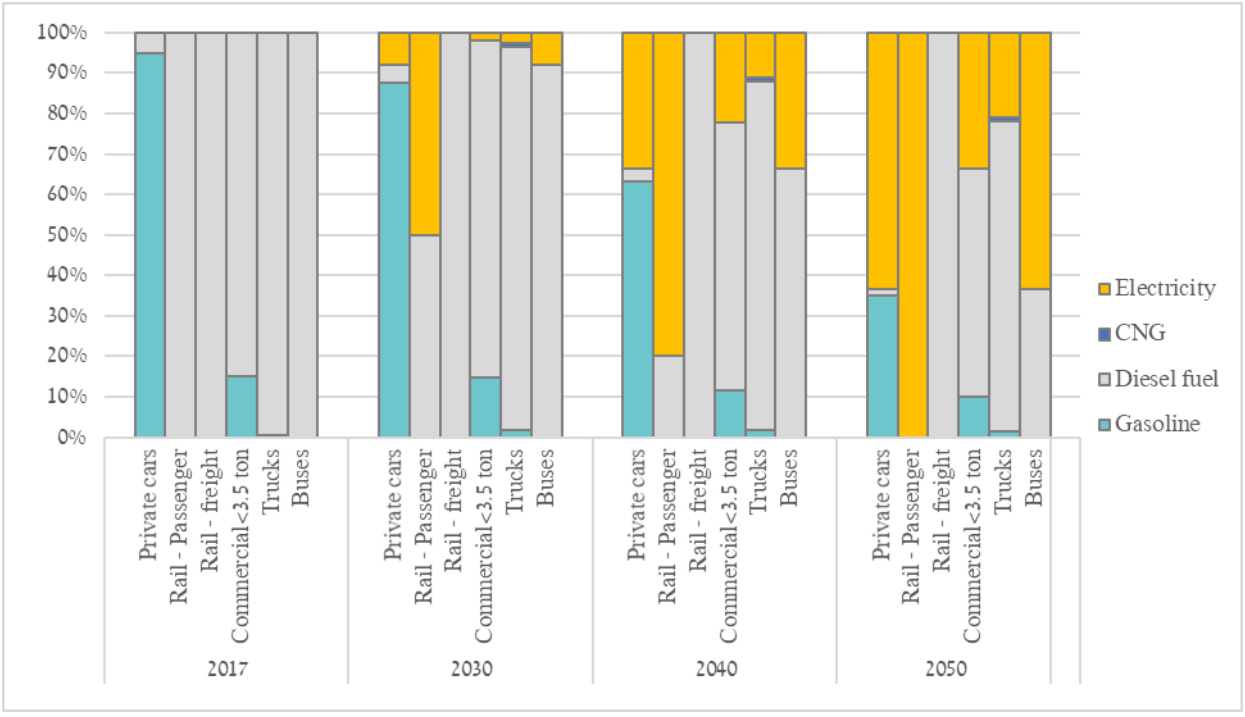

## חשמול התחבורה

פילוח הנסועה לפי סוג הנעה נחזה קדימה על בסיס התחזיות השונות הקיימות וההתפתחויות בתחום הרכב החשמלי בשנים האחרונות (כפי שהוצג בפרק מגמות קיימות). ניתן לראות בתרשים מטה כי עד 2050 כ-63% מסך צי הרכב הקל צפוי להיות מבוסס רכבים חשמליים, ללא מדיניות ייעודית של הממשלה (פילוח מלא ניתן לראות בנספח המידול).




על בסיס תחזית חדירת הרכבים החשמליים, גובשו הנחות לפילוח הנסועה לפי סוג רכב וסוג ההנעה.

*תרשים 25: פילוח הנסועה לפי סוג רכב וסוג הנעה, תרחיש עסקים כרגיל*




## תעופה וספנות

פליטות מתעופה וספנות בינלאומית אינן משויכות באופן ישיר למדינות, ואינן מנוהלות במסגרת הסכם פריז. אלא, פליטות אלו מנוהלות במסגרת משטרים בינלאומיים מקבילים הנקבעים על ידי הארגון הבינלאומי לתעופה אזרחית (ICAO) ואגרון הימאות הבינלאומי (IMO). על כן, פליטות אלו אינן כלולות בתחזיות או בחזון הנקבע למדינת ישראל. לעומת זאת, תעופה פנים ארצית כן נלקחה בחשבון בגיבוש תחזית הפליטות מתחום התחבורה.

צריכת הדלק לתעופה ארצית עבור שנת 2017 התקבלה מהלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. על בסיס נתוני צריכות עבר של דלק לתעופה ארצית (2013-2017) חושב ממוצע גידול שנתי של כ- 6.6% בשנה. הונח כי צריכת הדלק לתעופה אזרחית תגדל עד 2050 לפי ממוצע גידול שנתי זה.

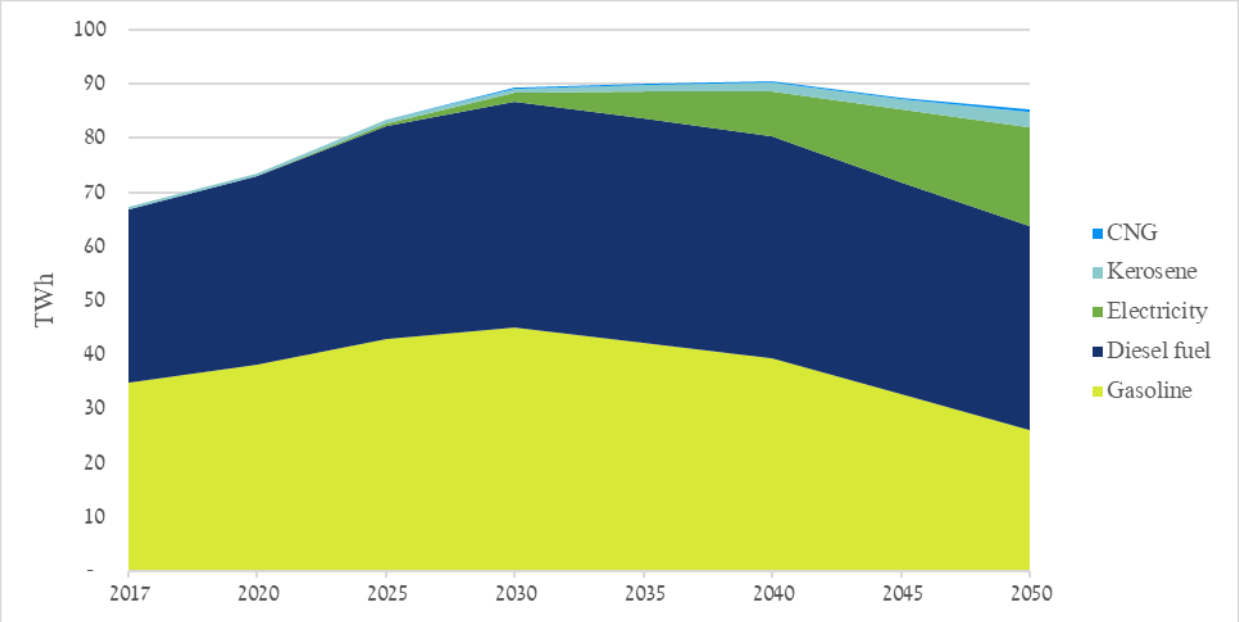
## תוצאות ומסקנות

המשך המגמות הנוכחיות יביא להמשך הגידול ברמת המינוע בעשורים הקרובים, מכ-3 מיליון רכבים פרטיים ב-2017 לכ-6.8 מיליון רכבים ב-2050. בהתאם לכך, המשך המגמה הנוכחית יגרום לסך הנסועה לגדול פי 2, לכ-117 מיליארד ק״מ רכב, עד לשנת 2050, כאשר אמצעי התחבורה העיקרי ממשיך להיות הרכב הפרטי.

כתוצאה מהגידול הצפוי בנסועה, צריכת אנרגיה סופית מתחבורה צפויה לעלות מכ-67 TWh בשנת 2017 לכ-89 TWh בשנת 2030, כאשר לאחר תקופת התייצבות צריכת האנרגיה יורדת בהדרגה ל- 85 TWh ב-2050 וזאת בזכות היעילות האנרגטית הגבוהה של רכבים חשמליים.

העלייה בצריכת האנרגיה מתאפיינת בעליה גדולה במיוחד בצריכת הרכבות (נוסעים ומשא), וצי הרכב הכבד (משאיות, אוטובוסים). בתרחיש עסקים כרגיל, כתוצאה מהחשמול החלקי במגזר התחבורה, צריכת האנרגיה המבוססת נפט צפויה לעמוד על כ-98% מסך הצריכה הסופית לתחבורה בשנת 2030 וכ-77% ב-2050.

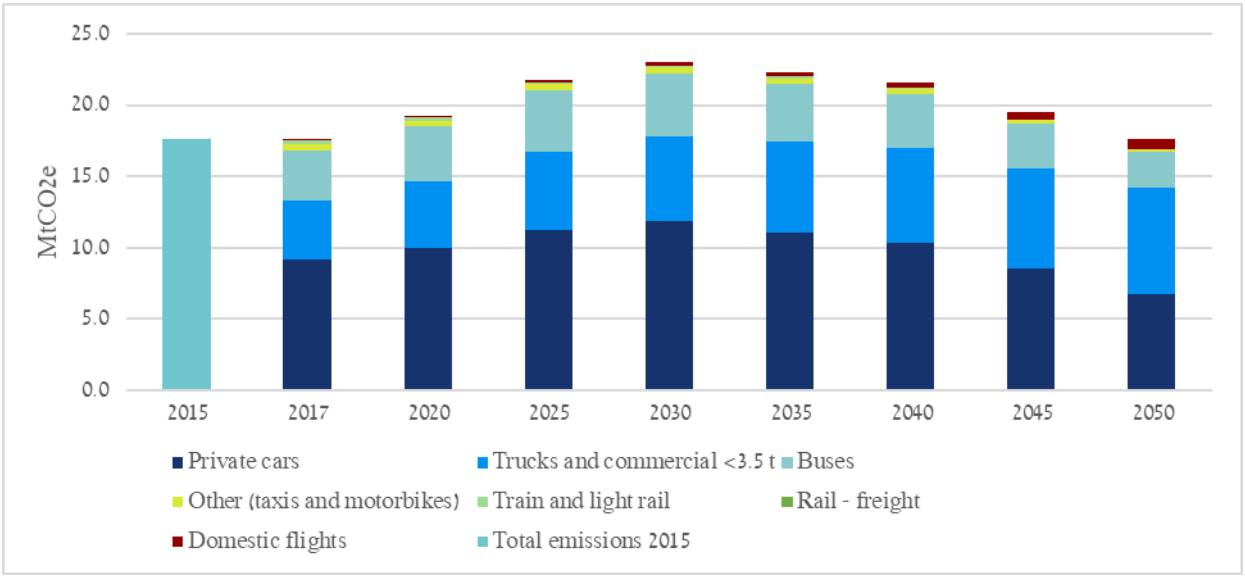
*תרשים 26: צריכת אנרגיה לפי סוג דלק (תרחיש עסקים כרגיל)*




סך צריכת האנרגיה לתושב לשנה צפוי לרדת בתרחיש עסקים כרגיל מ-7.72 MWh לתושב ב-2017, לכ-8.03 MWh לתושב ב-2030 , ולכ-5.44 MWh לתושב ב-2050.

סך פליטות גזי החממה ממגזר התחבורה צפוי להמשיך לעלות עד 2030, כתוצאה מהגידול הצפוי בנסועה. לאחר מכן צפויה ירידה בפליטות עקב החדירה של רכבים חשמליים, ורמת הפליטות ב-2050 צפויה להיות דומה לפליטות 2015 (כ-17.7 MtCO2e ב-2050 לעומת כ-17.6 MtCO2e בשנת 2015).

*תרשים 27: פליטות לפי אמצעי התחבורה השונים (תרחיש עסקים כרגיל)*


25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
MtCO2e
2015
2017
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
Private cars
Trucks and commercial <3.5 t
Buses
Other (taxis and motorbikes)
Train and light rail
Rail - freight
Domestic flights
Total emissions 2015

## מגמות הפחתה ויעדים בעולם

מדינות רבות בעולם המפותח מתכננות ופועלות לפיתוח מערכות תחבורה מאוזנות המבוססות על אמצעים מקיימים. מדינות וערים רבות קבעו תכניות שאפתניות למעבר לכלכלה דלת פליטות ומשגשגת והפחתת התלות ברכב הפרט, תוך קביעת יעדים להפחתת הנסועה והפחתה של הפליטות הישירות של סקטור התחבורה. תכניות אלו מתמקדות בנושאים הבאים:

I. **מעבר להנעה חלופית: מעבר לרכבים מאופסי פחמן** - לצורך צמצום זיהום האוויר ופליטות גזי החממה מתחבורה, מדינות רבות משקיעות מאמצים בעידוד מעבר לרכבים המונעים בתחליפי דלקים דלי פחמן. רכבים אלה, הינם רכבים בעלי רמת פליטה דלה עד מאופסת מהאגזוז ("Ultra-low-emission vehicles"), ובפרט רכבים המונעים בחשמל ובתחליפי דלקים כגון ביו-דלקים, מימן, ודלקים סינטטיים המיוצרים באמצעות חשמל מאנרגיות מתחדשות (power-to-liquid/gas).

*טבלה 13: יעדים וטכנולוגיות עיקריות*

| מדינה | יעד | טכנולוגיות עיקריות |
|---|---|---|
| **גרמניה** | **100% רכבים מאופסי פחמן** – רכבים חדשים מאופסי פחמן עד 2030 כלל הרכבים עד 2050[97] | • רכבים חשמליים (לרבות אוטונומיים)<br>• טכנולוגיות אשר טרם זמינות מסחרית כגון power-to-liquid - דלקים סינטטיים אשר מבוססים חשמל מאנרגיות מתחדשות. |
| **הולנד** | **100% רכבים מאופסי פחמן** – רכבים חדשים מאופסי פחמן עד 2030 כלל הרכבים עד 2050[98] | • רכבים חשמליים (לרבות אוטונומיים)<br>• רכבים מבוססי תאי דלק ומימן |
| **בריטניה** | **100% רכבים מאופסי פחמן** – רכבים חדשים מאופסי פחמן עד 2030 כלל הרכבים עד 2050[99] | • רכבים חשמליים (לרבות אוטונומיים)<br>• רכבים מבוססי תאי דלק ומימן<br>• רכבים מבוססי ביו-דלקים |
| **צרפת** | **100% רכבים מאופסי פחמן** – רכבים חדשים מאופסי פחמן עד 2040[100] | • רכבים חשמליים (לרבות אוטונומיים)<br>• רכבים מבוססי תאי דלק ומימן |

II. **תכניות אסטרטגיות ארוכות טווח** - אחד האמצעים בו מתמקדות תוכניות ארוכות הטווח של מדינות מפותחות בעולם, כמו גם התכנון התחבורתי האסטרטגי של המדינות, הוא הגדלת שיעור הנסועה באמצעים מקיימים במקום ברכבים פרטיים וייעול השימוש בתשתיות. המרכיבים העיקריים והמגמות בשנים האחרונות כוללים:

1. פיתוח נגישות וניידות במקום התבוננות צרה רק על פיתוח התשתית. הולנד אף קבעה יעד לצמצם את זמן הנסיעה מדלת דלת ברחבי המדינה לפחות משעה עד 2040.
2. השקעה באמצעי מדיניות כגון ריסון השימוש ברכב פרטי באמצעות מגוון פתרונות כגון מדיניות חניה, סגירת מרכזי ערים לכניסת רכבים פרטיים או לכניסת רכבים שאינם מאופסי פליטות, צמצום מספר הנתיבים בכבישים והקצאת זכויות הדרך לטובת אמצעים מקיימים.

[97] (Road Traffic, 2018)
[98] (The Netherlands Ministry of Economic Affairs and Climate Policy, 2019)
[99] (Government of the United Kingdom, 2020)
[100] (France Stratégie, 2018)

3. השקעה בתשתיות לתחבורה מקיימת: תחבורה ציבורית, מסלולי אופניים ויצירת הליכתיות במרחב העירוני.
4. הגברת ההשקעה והשימוש ברכבות מהירות בין הערים הגדולות כגון בסין, איטליה, בריטניה וצרפת.
5. הגברת השילוביות בין אמצעי תחבורה שונים, גורם המשפיע על דפוסי הנסועה ומהווה אחד האמצעים החשובים להגדלת השימוש בתחבורה ציבורית ואמצעים מקיימים.

III. **תכניות עירוניות ליידות מקיימת (SUMP[101])** – ערים רבות באירופה (ובשנים האחרונות גם בצפון אמריקה ואוסטרליה) מפתחות תוכניות ליידות מקיימת שעיקרן תכנון מרחב אורבני המעודד שימוש בתחבורה הציבורית, הליכה ונסיעה באופניים, תוך כדי ריסון שימוש ברכב הפרטי ושיפור השירות של התחבורה הציבורית.

IV. בין התכניות הבולטות בשנים האחרונות ניתן לציין את התכניות להפחתת הזיהום הבאות:

**מדריד (2017):**

- סגירה של אזורים במרכז העיר לרכב
- שיפור הליכתיות והקמה של תשתית אופניים
- הגבלות מהירות לרכב פרטי
- מעבר לרכבים לא מזהמים בשרות מוניות ותחבורה ציבורית
- קידום תחבורה חשמלית ושינוע מטענים יעיל יותר

**ברצלונה (2013-2017):**

- תכנית לסגירת רחובות לרכב פרטי (SuperBlocks)
- מרחב עירוני קומפקטי המקיים עירוב שימושים
- יצירת העדפה להליכה ואופניים

**פריז (2001-2020):**

- תכנית לניידות מקיימת שיעדיה הפחתת נסועת רכב פרטי ב-40%
- שיפור היצע התחבורה הציבורית ב-30%
- הפחתת זיהום $CO_2$ מתחבורה ב-60%
- יעד של 100% עמידה בתקן איכות האוויר של $NO_2$.
- הפחתת פליטות במרחב העירוני (קילומטר אחרון), בין היתר על ידי השימוש באמצעי תחבורה מאופסי פחמן בלבד.

V. **ייעול הובלת מטענים** - במסגרת תכניות ארוכות הטווח לכלכלת דלת זיהום (כמו גם תכניות פיתוח אסטרטגיות לתחבורה), גרמניה, בריטניה והולנד שמות דגש על מספר רכיבים עיקריים בהם העברת הובלת מטענים ממשאיות לרכבות משא, חשמול כלל רכבות המשא וייעול הפצת מטענים לעסקים ומשקי בית.

VI. **שינויים טכנולוגיים והרגלי חיים** – מספר מדינות וערים החלו לבחון כיצד להיערך לשינויים טכנולוגיים שעשויים להשפיע על מערכת התחבורה והרגלי הנסיעה באופן מהותי. לדוגמא, אונטריו בקנדה וניו זילנד ערכו תכניות להערכת היקף החדירה של רכבים אוטונומיים, לונדון וניו יורק ערכו תחזית ותרחישים לשימוש ברכבים אוטונומיים ושיתופיים. בנוסף יש לציין תכניות ומגמות להגדלת היקף העבודה מרחוק (Telecommute), שיתוף נסיעות, אוטובוסים זעירים אוטונומיים וכו'.

## חזון ויעדים לישראל

תפקידה של מערכת התחבורה לספק את הניידות והנגישות הנדרשות לכל הפעילויות של אזרחי המדינה, ובהתאם יש לה חלק מרכזי בתפקוד התקין של כלכלת ישראל ובאיכות החיים של תושביה. על מערכת התחבורה להיות מצד אחד תדירה, מהירה, ולספק בצורה מיטבית את הנגישות והניידות הנחוצים לאזרח, ומהצד השני להיות מקיימת, יעילה אנרגטית, ודלת זיהום. לשם כך עליה לכלול מעבר להנעה חלופית, בה הרכבים יהיו בעלי רמת פליטת פחמן מאופסת מצינור הפליטה של הרכב, ובפרט מונעים על ידי חשמל ותחליפי דלקים כגון ביו-דלקים, מימן ודלקים סינטטיים המיוצרים באמצעות חשמל מאנרגיות מתחדשות. בנוסף, על מערכת התחבורה להשתלב עם התכנון העירוני באופן שיאפשר שיפור הקישוריות בין אמצעי תחבורה מקיימים, צמצום בשימוש בכלי רכב בכלל ובכלי רכב פרטיים בפרט, והנגשת אזורים מרוחקים לאוכלוסייה על ידי הפחתת זמן הנסיעה "מדלת-לדלת". צפיפות ומבנה עירוני קומפקטי הם תנאים הכרחיים לפרישה יעילה של תחבורה ציבורית ושימושים מגוונים, בנוסף לתועלת שלהם בייעול השימוש במשאב הקרקע.

המעבר לתחבורה מאוזנת המתבססת על תחבורה מקיימת מהווה מנוף לצמיחה כלכלית של המשק, העלאת הפריון, הפחתת הגודש וחסכון בזמן, צמצום פערים חברתיים על ידי הגברת הנגישות לאוכלוסיות חלשות, הגדלת הפנאי על ידי קיצור זמני נסיעה ועוד.[102] מעבר לכך, התבססות על תחבורה מקיימת תאפשר להפחית את התנועה המוטורית במרכזים העירוניים ולהפוך אותם למרחבים נעימים להליכה, לרכיבה ולשהייה. ערי המטרופולין יהיו ערים דינמיות ומתפתחות המאפשרות איכות חיים אורבנית במרחבים עירוניים פתוחים ומזמינים, המשרתים אנשים ולא אלפי מכוניות בפקק, עם רחובות מרווחים, נעימים ונקיים מזיהום אוויר ורעש.

### מדדים ויעדים

המדדים והיעדים עבור סקטור התחבורה הם:

| שם המדד | אופן החישוב | יעד 2030 | יעד 2050 |
|---|---|---|---|
| **רכבים מאופסי פליטה** | אחוז רכבים מאופסי פליטה מסך מצבת הרכבים* | 25% ממצבת הרכבים עבור רכבים קלים מתחת ל-3.5 טון ואוטובוסים | 100% |
| | | 100% מהאוטובוסים העירוניים החדשים (2026) | |
| | | 10% ממצבת הרכבים עבור משאיות כבדות | |
| **יעילות אנרגטית** | צריכת אנרגיה סופית מתחבורה לתושב לשנה (MWh/capita) | 6-7 | 2-3 |
| **הקטנת נסועה ברכב פרטי** | היקף נסועה מירבי ברכב פרטי | כ-55 מיליארד ק"מ (כ-15% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) | כ-70 מיליארד ק"מ (25% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) |
| **יעילות הובלת מטענים** | היקף נסועה מירבי למשאיות ורכבים כבדים | כ-9.5 מיליארד ק"מ (15% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) | כ-11 מיליארד ק"מ (25% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) |
| **הגדלת שימוש באמצעים מקיימים** | אחוז נסיעות באמצעים מקיימים (תח"צ, אמצעים אישיים ואמצעים לא ממונעים) | 50% | 70% |

[102] בנק ישראל, 2018

| | | | |
|---|---|---|---|
| **נגישות גבוהה** | אחוז האוכלוסייה שיכולה להגיע למרכז המטרופולין הקרוב ב-45 דקות | 60% | 70% |
| **הקטנה רמת המינוע** | סך כלי הרכב הפרטיים בישראל, במיליונים | 3.7 מיליון רכבים > | 5.0 מיליון רכבים > |

* כלי רכב שאינם פולטים גזי חממה וזיהום אוויר במישרין (כגון רכבים המונעים בחשמל, מימן וכו'). עבור משאיות כבדות, היעד מתייחס לרכבים מאופסי פליטה או רכבים העושים שימוש בדלקים המובילים להפחתה של 80% מפליטות גזי החממה לעומת סולר בחישוב לפי מחזור חיי הדלק.

** כ-70 מיליארד ק"מ בשנת 2050 במקום כ-94 מיליארד ק"מ
*** כ-11 מיליארד ק"מ בשנת 2050 במקום כ-15 מיליארד ק"מ

יעדים אלו נבחרו מכיוון שהם משקפים את המטרות האסטרטגיות של התכנית, ובראש ובראשונה הפחתת פליטות גזי חממה ומזהמי אוויר. הפחתה זו תושג על ידי יישום מקביל של אמצעים שונים, ביניהם השקעות בתשתית תחבורה ציבורית מתקדמת ובאמצעי נסיעה מקיימים, מעבר לרכבים מאופסי פליטות, שיפור הנגישות והניידות, הפחתת התלות ברכבים פרטיים וייעול שינוע סחורות ומטענים. פעולות אלו באות לידי ביטוי, בין השאר, בצריכת האנרגיה לנפש לצורכי תחבורה – מדד אשר מגלם גם הפחתה משמעותית בהוצאות המשק כולו ומשקי הבית בפרט על ניידות ותחבורה.

היעדים בתחום התחבורה נקבעו בהשוואה לתוכניות אסטרטגיות לתחבורה בערים ומדינות בעולם המפותח. התכנית קבעה מספר מצומצם של יעדים המשלימים זה את זה כך שעמידה משולבת בכלל היעדים תבטיח עמידה בחזון התחבורתי של התכנית ומעבר לכלכלה דלת פליטות ומשגשגת. בנוסף, יעדים אלו נבחרו מכיוון שהם ניתנים לכימות ואמידה, ובכך מאפשרים תכנון, בקרה והערכה לאורך שלבי התוכנית.

המדד הראשון מתייחס לאחוז הצי המורכב **מרכבים מאופסי פליטה** והינו יעד אחד במעבר לכלכלה דלת זיהום ומשגשגת. שינוי צי הרכב לטכנולוגיה שאינה פולטת גזי חממה ואינה מזהמת את האוויר במרחב העירוני תורם לעמידה ביעדי הפחתת הזיהום. היעד מבוסס על תחזית Bloomberg לחדירת רכבים חשמליים בעולם עד לשנת 2050. יישום התחזית לישראל נערך על הטווח הממוצע בתחזית בלומברג, הנמוך מהטווח האירופאי. תחזית זו שמרנית ומתאימה יותר לישראל, אך עדיין שאפתנית לאור היקף נמוך מאוד של מכירת רכב חשמלי בישראל בשנתיים האחרונות.

בתחזית בלומברג מכירות רכב חשמלי לשנת 2030 נאמדות בכ-24% מכלל המכירות וצי הרכב החשמלי נאמד בכ-7% ממצבת הרכב, ואילו ב-2040 מכירות רכב חשמלי נאמדות בכ-54% וצי הרכב החשמלי נאמד בכ-33%. בתחזיות שנערכו לישראל ע"י חברת BDO עד לשנת 2035, תחזית המכירות לשנת 2030 הינה בטווח 32%-85% ואחוז מצבת הרכב החשמלי בטווח של 12%-35%. לסיכום, היעד לתכנית לשנת 2050 נקבע כיעד מדיניות של אפס רכבים מזהמים בטווח הארוך. היעד לשנת הביניים 2030 נקבע כדי לכוון את צעדי המדיניות להאצה בטווח הקרוב.

היעד של שימוש ברכבים לא מזהמים אינו מספיק. בהתאם לתוכניות אסטרטגיות בעולם המפותח, נדרש להשלימו עם יעדים נוספים שמטרתם הפחתת השימוש ברכב והגדלת השימוש באמצעים מקיימים. שימוש באמצעים מקיימים, קרי הליכה, רכיבה ותחבורה ציבורית משפר את קיבולת וניצול השטח של מערכת התחבורה ומקטין את העלויות החיצוניות והגודש באזורים העירוניים. ערים רבות בעולם המפותח מציבות כיעד אסטרטגי מרכזי את אחוז הנסיעות באמצעים מקיימים. לדוגמה, קופנהגן קבעה יעד של 70% תנועה מקיימת, מדריד 75% ואילו לונדון וסן פרנסיסקו קבעו יעד של 80%. בישראל האחוז הממוצע של שימוש בתנועה מקיימת הוא נמוך מ- 40% כאשר מרבית הנסיעות נעשות ברכב פרטי. היעד נקבע לכל ישוב באמצעות מודל המביא בחשבון את היעדים בערים בעולם, גודל הישוב ומאפייניו, מאפייני התושבים והנסיעות בישוב ופוטנציאל שימוש בהליכה, רכיבה ותחבורה ציבורית, כאשר מסופקים תשתית ושירות בהתאם לסטנדרט מקובל בעולם המפותח. היעד הממוצע לכלל הישובים נקבע על כ- 70% תנועה מקיימת בטווח הארוך, הגוזר ירידה לשימוש של עד 30% ברכב פרטי.

לצד הגידול בשימוש באמצעים מקיימים, ערים שישמו אסטרטגיה לפיתוח והתבססות על תנועה מקיימת חוות הפחתה משמעותית בנסועה של רכבים פרטיים. בישראל קצב גידול נסועת רכב פרטי הינו גבוה במיוחד, לצד קצב גידול גבוה באוכלוסייה וברמת המינוע. התכנית קובעת יעד נוסף של הפחתת נסועת רכב פרטי ומעבר להתבססות על תחבורה ציבורית כאמצעי מרכזי לתנועות המטרופוליניות ולתנועות הבינעירוניות. מעל 90% מהאוכלוסייה בישראל גרה בישובים עירוניים וכ-80% גרים באזורים המטרופולינים. השינוי המהותי לניידות מבוססת תחבורה ציבורית המשולבת עם הליכה

ואופניים בתנועות עירוניות קצרות יותר, מתבטא ביעד של **הפחתת נסועת רכב פרטי**. היעד לטווח הארוך הוא הפחתה של 25% נסועה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל. עמידה ביעד זה תבטיח שלצד מעבר לשימוש באמצעים מקיימים, תופעל גם מדיניות לריסון השימוש ברכב פרטי. היעד להפחתת נסועת רכב פרטי מוצג בשלושה מדדים: הראשון הוא אחוז ההפחתה, המגלם את השינוי לעומת תרחיש עסקים כרגיל. השני מציג את יעד הנסועה בערכים מוחלטים לצורך קלות המעקב אחר השינוי במהלך השנים. השלישי מציג את היעד במונחים של נסועה לתושב, המנרמל את היעד לק"מ ממוצע לתושב ומטרתו להבין את השינוי לאור הגדול באוכלוסייה.

היעד המשלים את הקטנת הנסועה הינו הקטנת כמות הרכבים הפרטיים. אומנם מרבית הזיהום הוא תוצאה של הנסועה והשימוש ברכב, אך רמת מינוע גבוהה מזהמת כשלעצמה ופוגעת ביעילות מערכת התחבורה. בישראל כיום כ-3 מיליון רכבים פרטיים. בתרחיש עסקים כרגיל מספר הרכבים הפרטיים במדינה צפוי להיות יותר מכפול - גבוה מ-7 מיליון. המשך המגמה הנוכחית של גידול במספר כלי הרכב הפרטיים בישראל תביא להסבה של שטחים פתוחים רבים למקומות חנייה. כל רכב פרטי נוסף במדינה צורך שטח חנייה במגורים בעבודה וביעדים נוספים, הקמה של חניונים יקרים ובסופו של דבר יצירה של מרחבי חנייה גדולים המהווים חסמים לתנועה עירונית, הליכה ופיתוח שימושי קרקע אינטנסיביים יותר. בנוסף בעלות על רכב פרטי בדרך כלל מנבאת בהסתברות גבוהה את הנסיעה ברכב לאור העלות הראשונית הגבוהה. לכן, מדיניות תחבורתית שתעודד ותאפשר ויתור על בעלות על רכב (גם רכב שני או שלישי למשק בית) היא חשובה ומהווה חלק מיעדי התכנית.

**מדד הנגישות** הינו מדד מרכזי וחשוב, ונועד להבטיח שהמעבר לשימוש באמצעים מקיימים והפחתת נסועת הרכב הפרטי יתבטאו גם בהגדלת הנגישות. מטרת מערכת התחבורה היא לספק נגישות וניידות, באזורים המטרופולינים, העירוניים והפריפריאליים במדינה. שיפור הנגישות יבטיח איכות חיים ושוויוניות בנגישות לתעסוקה, חינוך, טיפול רפואי וכו'. ישראל היא עירונית ברובה (כ-90% מהאוכלוסייה מתגוררת בישובים עירוניים), והפוטנציאל לספק שירותי תחבורה מקיימים גבוה, ומהווה חלק משמעותי מהחזון המשותף לחלק הולך וגדל של העולם של ערים יעילות, ירוקות, צפופות ועם עירוב שימושים, הפועלות היטב סביב צרכי האדם והסביבה.

תנועת מטענים היא הכרחית לקיום הכלכלה והחברה. התכנית רוצה להבטיח יעילות כלכלית ושגשוג ומכוונת לשיפור וייעול של מערך הובלת המטענים וחלוקת הסחורות. הפחתת חלוקה במשאיות כבדות במרכזי הערים, מעבר לרכבים חשמליים או מאופסי פליטה ושינוע במרחקים ארוכים ברכבת הם חלק מצעדי המדיניות שנועדו להבטיח הפחתה של כ-25% בנסועת משאיות כבדות לעומת תרחיש עסקים כרגיל.

לבסוף, יעד של **יעילות אנרגטית**, הנמדדת כצריכת אנרגיה לתחבורה לתושב לשנה, הוא מדד מקובל ליעילות הכוללת של מערכת התחבורה. המדד מוסיף פן השוואתי נוסף בין מערכת התחבורה בערים בישראל לבין ערים אחרות בעולם. המדד נמוך יותר ככל שיותר נסיעות נעשות באמצעים מקיימים, שהעיר קומפקטית יותר ומרחקי הנסיעה בה קצרים ומאפשרים גם הליכה ורכיבה, ככל שהנסיעות ברכב פרטי ומשא נעשות ברכבים ללא פליטות וככל שנעשה יותר שימוש בשיתוף נסיעות.

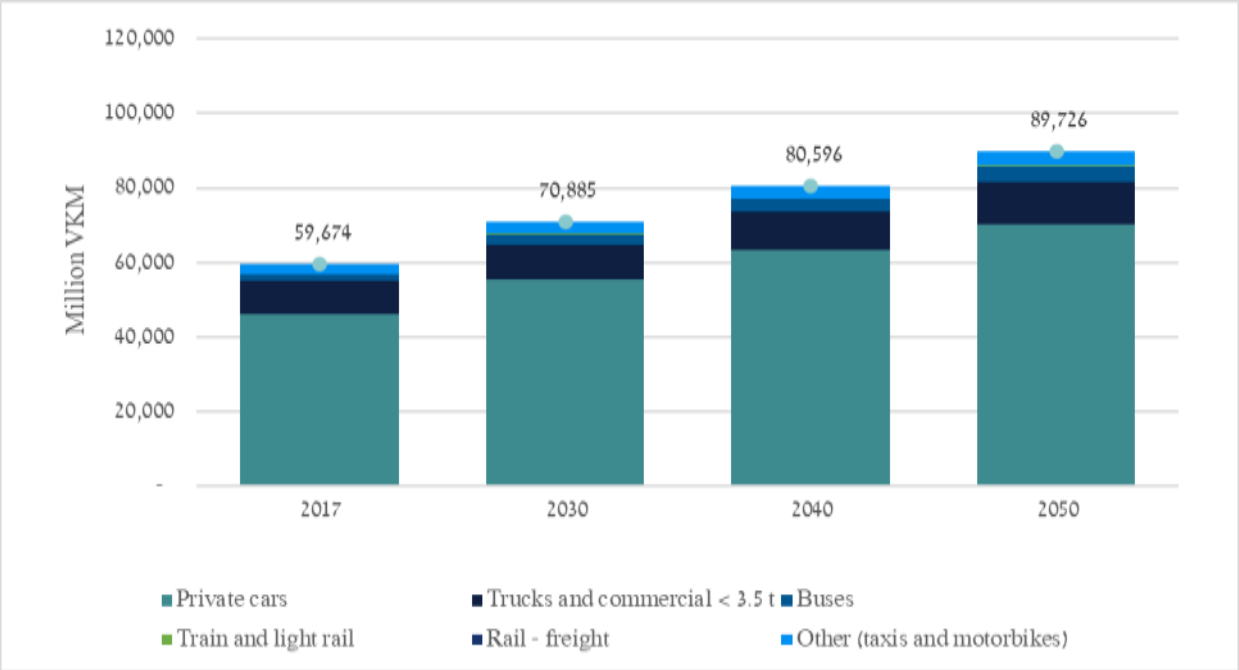
יובהר כי עמידה ביעדי רכבים מאופסי פליטה היא כתלות בזמינותם אצל יצרני הרכב לסוגי הרכב השונים. לישראל מיובאים כלי רכב מאירופה, ארה"ב, המזרח הרחוק ומדינות נוספות. במסמך זה לא מובאים יעדים להפחתת פליטות מכלי שיט ומכלי טייס מכיוון שהפליטות מתנועה בינ"ל מוסדרות באמנות בינ"ל ובאחריות ארגונים כגון ה-ICAO ו-IMO, והתרומה מתנועה מקומית לפליטות גזי חממה היא זניחה.

# תרחיש ההפחתה

## הנחות מרכזיות עבור חישוב התפלגות צריכת האנרגיה בתחבורה

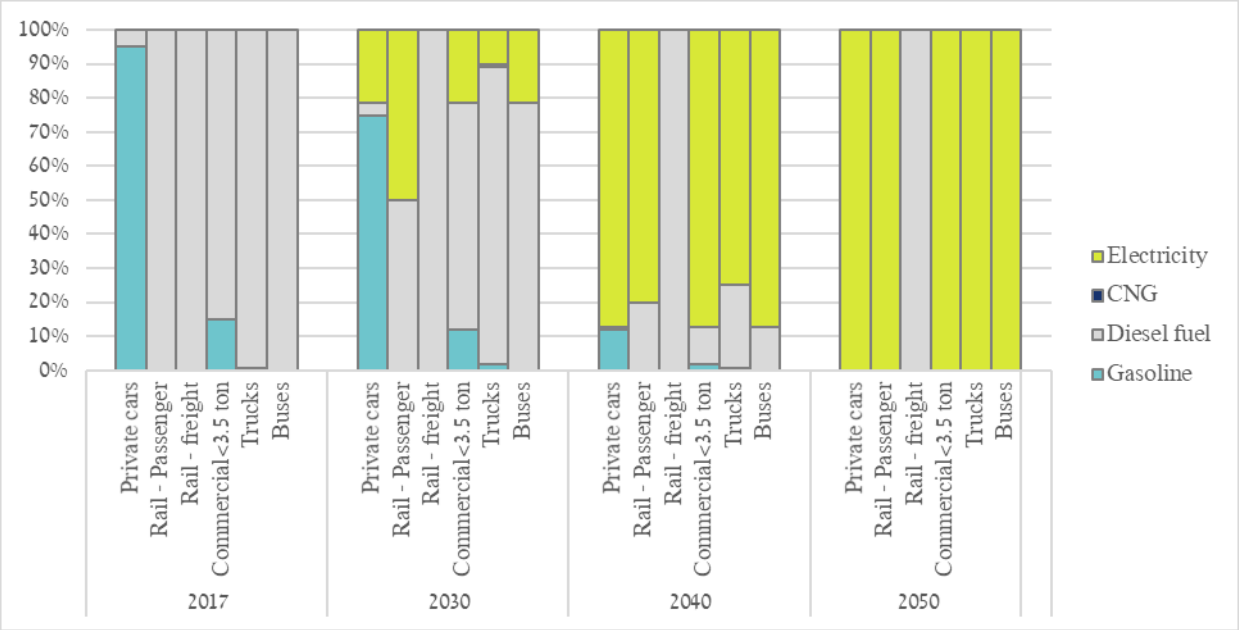
**הפחתת נסועה** – יישום היעדים להפחתת הנסועה שנקבעו, יביא לסך נסועה של כ-90 מיליארד ק"מ רכב ב-2050, זאת לעומת כ-117 מיליארדר ק"מ רכב בתרחיש עסקים כרגיל.

*תרשים 28: נסועה שנתית ממוצעת לפי סוג רכב (תרחיש ההפחתה)*




**מעבר לתחבורה מאופסת פליטות** – בהתאם ליעדים שנקבעו, גובשו בצוות העבודה הנחות אודות פילוח הרכבים לפי סוג ההנעה. ניתן לראות כי מדובר על שיעורי חדירה גבוהים יותר כבר משנת 2030. עקב חוסר הוודאות אודות רכבות משא, הוחלט לצורך השמרנות כי במסגרת תרחיש ההפחתה רכבות משא ימשיכו לפעול על סולר. על בסיס הנסועה הצפויה, וההנחות הבאות ניתן לחשב את סך הנסועה לפי סוג ההנעה.

*תרשים 29: פילוח הנסועה לפי סוג רכב וסוג הנעה, תרחיש ההפחתה*




**יעילות דלקים** – הונח כי יעילות הדלקים לכל סוג הנעה בתרחיש ההפחתה תישאר ללא שינוי לעומת תרחיש עסקים כרגיל (ראה נספח מידול).

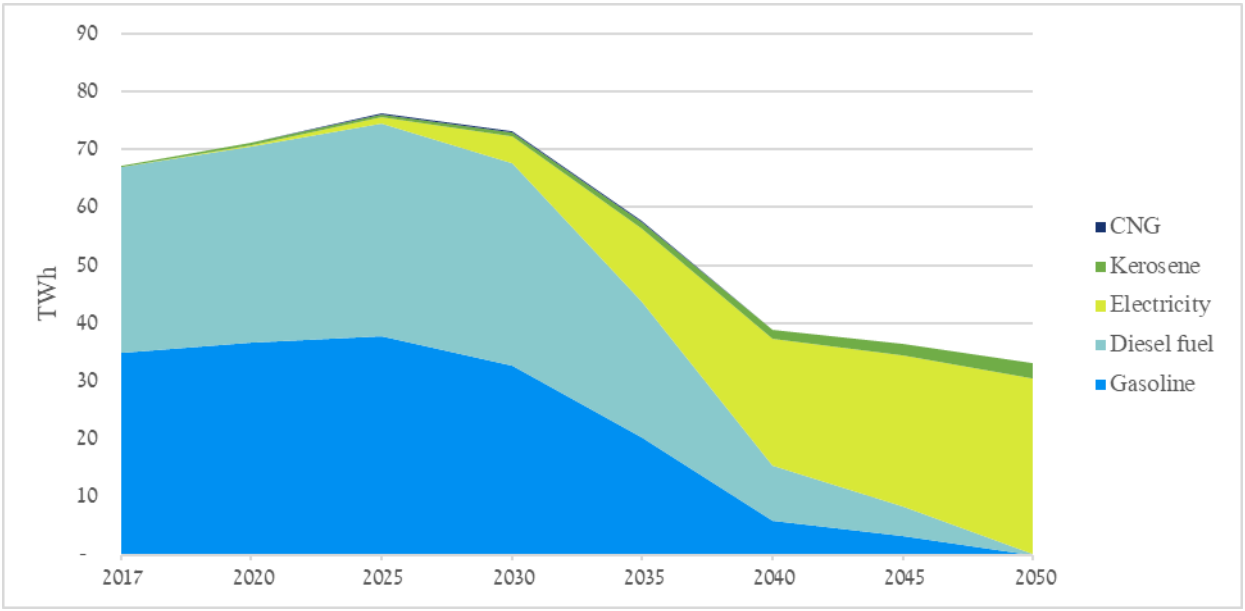
## תוצאות ומסקנות

בתרחיש ההפחתה, סך הנסועה צפוי לגדול לכ-71 מיליארד ק״מ רכב עד שנת 2030, ובכפי 1.7 לכ-90 מיליארד ק״מ רכב עד לשנת 2050, ביחס לשנת 2015. אמצעי התחבורה העיקרי ממשיך להיות הרכב הפרטי. גידול זה משקף חיסכון של כ-11 מיליארד ק״מ ב-2030 וכ-27 מיליארד ק״מ רכב ב-2050, ביחס לתרחיש עסקים כרגיל.

בניגוד לתרחיש עסקים כרגיל, על אף הגידול הצפוי בנסועה, צריכת האנרגיה הסופית לתחבורה צפויה לגדול מכ-67 TWh בשנת 2017 לכ-73 TWh ב-2030 ולרדת לכ-33 TWh ב-2050. צריכת האנרגיה הסופית מתחבורה לתושב לשנה צפויה לרדת בתרחיש ההפחתה מ-7.72 MWh לתושב ב-2017, לכ-6.75 MWh לתושב ב-2030 ולכ-2.12 MWh לתושב ב-2050.

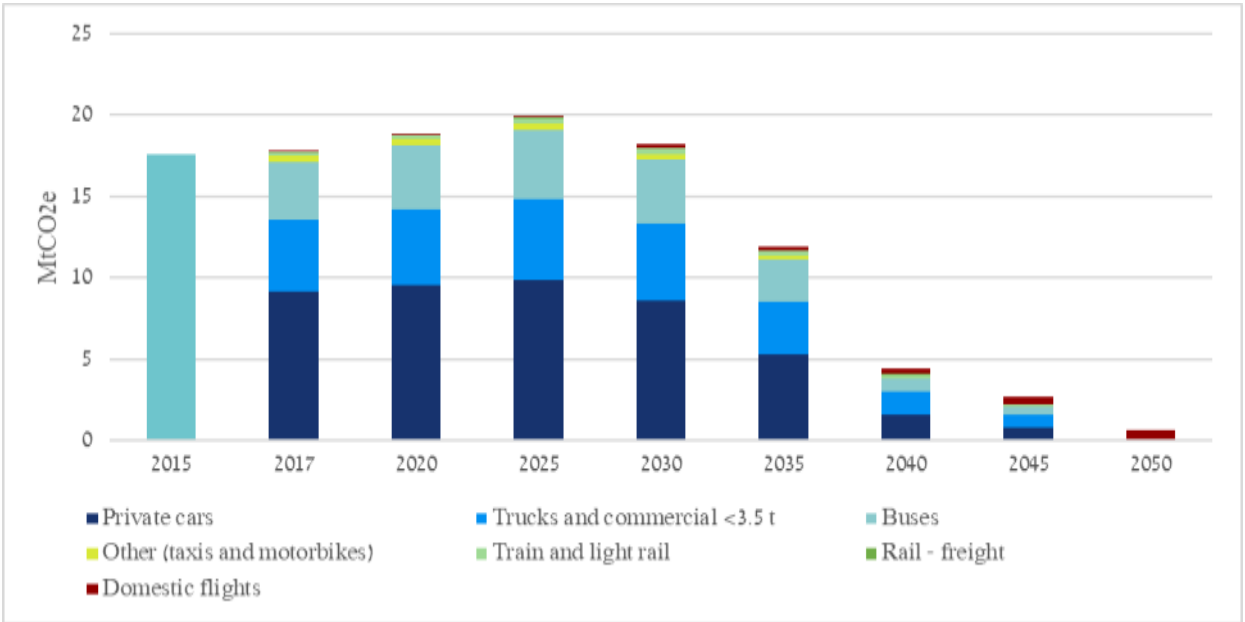
הירידה בצריכת האנרגיה בתרחיש זה נובעת כתוצאה ממעבר לתחבורה מאופסת פליטה הצורכת פחות אנרגיה לק״מ, כמו גם מהסטת הנוסעים והתובלה מרכבים פרטיים, משאיות ורכבים מסחריים לתחבורה ציבורית ורכבות משא.

*תרשים 30: צריכת אנרגיה לפי סוג דלק (תרחיש הפחתה)*




כתוצאה ממעבר לתחבורה מאופסת פליטות בכמעט כלל אמצעי התחבורה (למעט רכבות משא ותעופה ארצית), סך פליטות גזי החממה ממגזר התחבורה צפוי לפחות לשיעור מזערי מסך הפליטות, מכ-17.6 MtCO2e בשנת 2015 לכ-0.7 $MtCO_2e$ בשנת 2050, הפחתה של כ-94%. הפליטות שנותרו מקורן בתעופה פנים ארצית ורכבות משא.

*תרשים 31: פליטות לפי אמצעי התחבורה השונים (תרחיש הפחתה)*



## סיכום

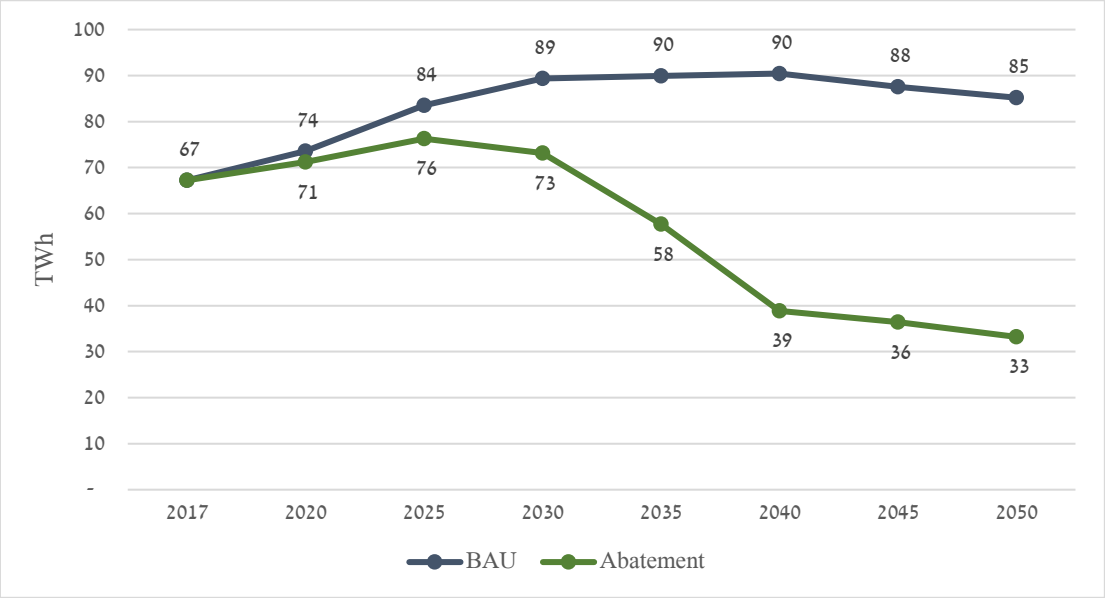
סך הנסועה צפויה לעלות ביחס להיום הן בתרחיש עסקים כרגיל והן בתרחיש ההפחתה, אך בתרחיש ההפחתה הגידול בנסועה מתון יותר. רכבים פרטיים ימשיכו להוות אמצעי התחבורה המרכזי ב-2050 גם בתרחיש ההפחתה.

*טבלה 14: סך הנסועה לפי אמצעי תחבורה ב-2050, תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש ההפחתה (מיליארד ק"מ רכב)*

| | 2030 | | 2050 | |
|---|---|---|---|---|
| **אמצעי תחבורה** | סך הנסועה בתרחיש עסקים כרגיל | סך הנסועה בתרחיש ההפחתה | סך הנסועה בתרחיש עסקים כרגיל | סך הנסועה בתרחיש ההפחתה |
| **רכבים פרטיים** | 65.24 | 55.45 | 93.62 | 70.21 |
| **רכבים מסחריים <3.5 טון** | 5.25 | 4.46 | 5.25 | 3.94 |
| **משאיות** | 5.88 | 5.00 | 9.99 | 7.50 |
| **אוטובוסים** | 2.56 | 2.70 | 3.72 | 4.09 |
| **רכבות נוסעים ורכבת קלה** | 0.02 | 0.07 | 0.05 | 0.15 |
| **רכבות משא** | 0.003 | 0.009 | 0.005 | 0.029 |
| **אופנועים** | 1.27 | 1.06 | 1.81 | 1.22 |
| **מוניות** | 2.14 | 2.14 | 2.60 | 2.60 |
| **סה"כ** | **82.36** | **70.89** | **117.05** | **89.73** |

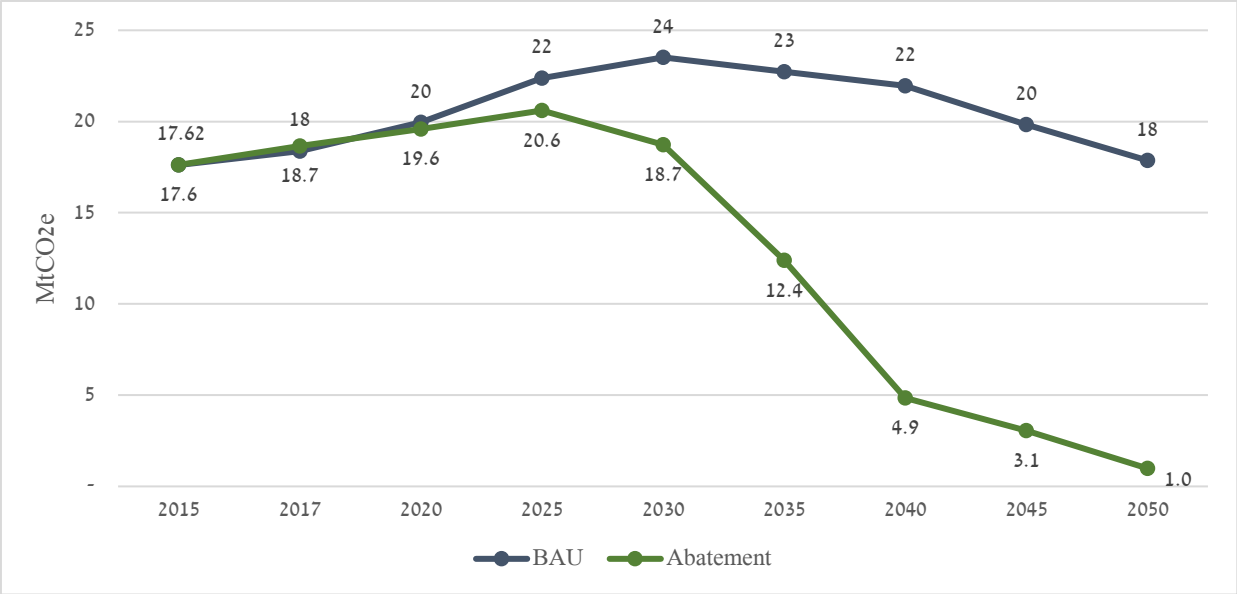
על אף הגידול בנסועה, המעבר להנעה חשמלית יעילה יותר ממתנת את הגידול בצריכת האנרגיה הסופית לתחבורה בשני התרחישים, כאשר בתרחיש ההפחתה צריכת האנרגיה צפויה לרדת משמעותית ביחס לרמתה כיום.

*תרשים 32: צריכת אנרגיה לתחבורה, תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש הפחתה*




המעבר לתחבורה מאופסת פליטות ממתנת גם את גידול הפליטות בתרחיש עסקים כרגיל, ומפחיתה אותן כמעט כליל בתרחיש ההפחתה:

*תרשים 33: סך פליטות תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש ההפחתה*




בטבלה מטה, ניתן לראות את הפערים בין תרחיש עסקים כרגיל לתרחיש ההפחתה ביחס למדדים שנקבעו עבור סקטור התחבורה:

| שם המדד | אופן החישוב | תרחיש עסקים כרגיל 2030 | תרחיש ההפחתה 2030 | תרחיש עסקים כרגיל 2050 | תרחיש ההפחתה 2050 |
|---|---|---|---|---|---|
| **רכבים מאופסי פליטה** | אחוז רכבים מאופסי פליטה מסך מצבת הרכבים* | 8% עבור רכבים קלים מתחת ל-3.5 טון ואוטובוסים | 25% עבור רכבים קלים מתחת ל-3.5 טון ואוטובוסים[103] | 63% | 100% |
| | | 3% עבור משאיות כבדות | 10% עבור משאיות כבדות | | |
| **יעילות אנרגטית** | צריכת אנרגיה סופית מתחבורה לתושב לשנה (MWh/capita) | 8.03 | 6.57 | 5.44 | 2.12 |
| **נסועה ברכב פרטי** | היקף נסועה מירבי ברכב פרטי | כ-65 מיליארד ק"מ | כ-55 מיליארד ק"מ (כ-15% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) | כ-95 מיליארד ק"מ | כ-70 מיליארד ק"מ (25% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) |
| **יעילות הובלת מטענים** | היקף נסועה מירבי למשאיות ורכבים כבדים | כ-11 מיליארד ק"מ | כ-9.5 מיליארד ק"מ (15% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) | כ-15 מיליארד ק"מ | כ-11 מיליארד ק"מ (25% הפחתה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל) |

[103] יעד זה משקף איסור ייבוא רכבים קלים שאינם מאופסי פליטה החל משנת 2030

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **הגדלת שימוש באמצעים מקיימים** | אחוז נסיעות באמצעים מקיימים (תח"צ, אמצעים אישיים ואמצעים לא ממונעים) | 42% | 50% | 43% | 70% |
| **נגישות גבוהה** | אחוז האוכלוסייה שיכולה להגיע למרכז המטרופולין הקרוב ב- 45 דקות | 48% | 60% | 48% | 70% |
| **הקטנת רמת המינוע** | סך כלי הרכב הפרטיים בישראל, במיליונים | 4.3 | 3.7 מיליון רכבים > | 6.8 | 5.0 מיליון רכבים > |

## המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות

בליבת התכנית התחבורתית חזון של ניידות המבוססת על תנועה מקיימת, קרי תחבורה ציבורית, הליכה ורכיבה. בכדי לקדם את מערכת התחבורה כדי שתעמוד ביעדים האסטרטגים, התכנית מתבססת על השקעה בתשתית, קידום שירות תחבורה איכותי לאזרח וחבילת אמצעי מדיניות התומכת ומעודדת את אמצעי הנסיעה המקיימים. מרכיביה המרכזיים של התכנית התחבורתית הינם:

- **העדפה לאומית לתחבורה הציבורית** – קידום מעמד התחבורה הציבורית למעמד של עדיפות לאומית, כפתרון לתחבורה בת קיימא בישראל וכמרכיב אסטרטגי בפיתוח החברתי והצמיחה הכלכלית בישראל.
- **תכניות אסטרטגיות לפיתוח התחבורה הציבורית** – תכנון ופיתוח הרשת בכפוף לתכניות האסטרטגיות לפיתוח התחבורה הציבורית לטווח של 20 שנה בצורה הוליסטית, ברשת משולבת ואינטגרטיבית תוך הקצאה מיטבית של תשתית התחבורה, ומדיניות תחבורתית משלימה לריסון רכב הפרטי ועידוד התחבורה הציבורית.
- **ניהול והסדרה של הביקוש** - תכנון ויישום אמצעי מדיניות דוגמת תמריצים כלכליים חיוביים ושליליים לשימוש ברכב פרטי, תמחור חניה ועידוד נסיעות משותפות, וזאת בכדי לרסן את השימוש ברכב הפרטי, בעיקר בערים ובפרוזדורים הבינעירוניים העיקריים תוך עידוד השימוש בתחבורה הציבורית ובאמצעים לא מוטוריים והפחתה של תנועת משאיות גדולות במרכזי הערים.
- **קידום תחבורה בת קיימא** - פיתוח, קידום ועידוד השימוש באמצעים לניידות בת קיימא בדגש על מרחב עירוני נעים להליכה והפחתת הקונפליקט עם משתמשי דרך אחרים, וכן רציפות וכיסוי גבוהים של שבילי אופניים ושילובם עם מערכת התחבורה הציבורית.
- **קידום טכנולוגי** – הטמעה של פיתוחים טכנולוגיים קיימים ועתידיים בתחום ההסעה, ומערכות טכנולוגיות בתחום התחבורה הציבורית וניהול הביקוש. יש לעודד שילוב של פיתוחים חדשניים כגון אוטובוסים חשמליים, שירותי תחבורה שיתופיים וגם אישיים, מערכות לשילוב נסיעות, טכנולוגיות לשיפור המידע האינטגרציה ורמת השרות, מערכות הסעה אוטומטיות וכדומה.
- **הפחתת הצורך בניידות** - קידום תכנון משולב של תחבורה ושימושי קרקע בדגש על ציפוף, המעודדים שימוש בתחבורה ציבורית ואמצעים לא מוטוריים, והרחבה של שינויים בהרגלי החיים המעודדים הפחתה של נסיעות: עבודה מהבית, שעות עבודה ולימודים גמישות וכו'.

התכנית לשנת 2050 כוללת שלושה תחומים:

**חבילת התשתית** – כוללת את התכנית האסטרטגית לרכבת ישראל, המחברת את ארבעת המטרופולינים המרכזיים בישראל ברכבת מהירה שתבטיח רמת שירות גבוהה ותשרת מעל 50% מהנוסעים בפרוזדורי הביקוש המרכזיים ואת קווי השירות הפרברי ברמת שירות, תדירות וקיבולת גבוהים; את התכניות האסטרטגיות לרשתות מתע"ן במטרופולינים, הכוללות מערכת מטרו, רכבות קלות ותאו"ם (BRT) היוצרות רשת תחבורה היררכית ומשולבת; את התכנית האסטרטגית לרשת הדרכים לפי מתווה מינימלי השם דגש על היררכית הרשת ופיתוח מתון לצד שימוש מיטבי באמצעי ניהול ביקוש וניהול תנועה; וכן תשתית לתנועה עירונית מקיימת הכוללת תכנון מוטה להולכי הרגל ורשת רכיבה רציפה ואיכותית בכל הערים מעל 10 אלפים תושבים ברשת העירונית העורקית.

**חבילת השירות** – כוללת את שיפור ותגבור שירותי התחבורה הציבורית **ושרותי תחבורה כשירות (Mobility As A Service)** במטרה לספק שירות נחוץ ואיכותי לאזרח ממקום של כבוד ורצון לספק חוויית משתמש נעימה ומתקדמת. בפרט, חבילת השירות כוללת תוספת שירות לאוטובוסים במטרופולינים ובפריפריה, אמצעים חשמליים, קידום טכנולוגיות שיאפשרו תחבורה ציבורית, שיתופית וגם אישית גמישה שתשתלב עם תשתית התחבורה הציבורית, יישום פתרונות טכנולוגיים להנגשת מידע ותכנון הנסיעה בצורה קלה ונוחה, תכנון הנסיעה כך שתאפשר מעברים פשוטים ומהירים, הגברת התחרות, מדיניות תעריפים שקופה ופשוטה ועוד.

**חבילת אמצעי המדיניות -** בעוד חבילת התשתית והשירות מתמקדות בעיקר בצד ההיצע, צעדי המדיניות מתרכזים בעיקר בצד הביקוש, מתוך הבנה ששילוב זה נחוץ לעידוד משמעותי של תנועה מקיימת וכלכלה דלת זיהום.

שכבות התכנית

- דמוגרפיה
- **תשתית**
  - רכבת כבדה
  - מטרו, רק"ל ו-תאו"מ
  - תשתית דרכים
- שירות
- ניהול תנועה וביקוש

רכבת ישראל
**תכנית אסטרטגית**

מתע"ן מטרופוליני
**תכניות אסטרטגיות**

רשת הדרכים
**תכנית אסטרטגית**

*תרשים 34: המחשה של חבילת התשתית*

שכבות התכנית

- דמוגרפיה
- תשתית
- **שרות**
- **ניהול תנועה וביקוש**

HOV

שירות וממשקים

אזורי ניהול תנועה וביקוש

*תרשים 35: המחשה של חבילות השירות ואמצעי המדיניות*

## חבילת התשתית

את חבילת התשתית ניתן לחלק לפי השירות שכל תשתית נועדה לה: שירות ארצי, מטרופוליני, פריפריאלי ועירוני, כאשר המערכת התחבורתית יוצרת מבנה היררכי משולב.

המרכיבים העיקריים בחבילת התשתית הינם:

- רשת רכבת ארצית לתנועת נוסעים ותנועת מטענים ארוכה
- רשת רכבות פרבריות ורשתות מתע"ן במטרופולינים
- נתיבי העדפה לתחבורה ציבורית בערים
- רשת רכיבה רציפה ברחובות הראשיים בכל הערים מעל עשרת אלפים תושבים בכיסוי של כ 20-35 מסך אורך הרחובות בערים
- הקצאה של כ-40% מזכות הדרך העירונית לתנועות רכות, קרי הליכה ורכיבה
- תשתית טעינה לרכב חשמלי בפריסה ארצית (באחריות משרד האנרגיה)
- תשתית תחנות מימן לתדלוק הרכב החשמלי – הדלק העתידי.

**ברמה הארצית,** התכנית האסטרטגית לרכבת ישראל מיועדת להגדיל פי חמישה את כמות הנוסעים ברכבת באמצעות יצירה של רשת רכבות היררכית יעילה ומשולבת. רשת קווי הנוסעים כוללת קווים בינעירוניים מהירים ותדירים בין ארבעת המטרופולינים ורשתות מטרופוליניות ואזוריות המעניקות כיסוי רחב בשרות הפרברי. רשת הנוסעים מופרדת מרשת המטענים ומספקת רמת שרות גבוהה לנוסעים בפרוזדורים העיקריים במדינה תוך שילוב עם מערכות המתע"ן במטרופולינים. הרכבת צפויה לשרת מעל 50% מהנוסעים בפרוזדורי הביקוש המרכזיים במדינה. רשת הדרכים מפותחת על פי תפיסת התכנית האסטרטגית לדרכים, השמה דגש על פיתוח מתון של רשת הדרכים תוך שילוב מיטבי של אמצעים לניהול הביקוש והתנועה. בתכנית האסטרטגית, עיקר התנועה בין ארבעת המטרופולינים נעשית באמצעות תחבורה ציבורית.

**ברמה המטרופולינית,** לפי התכניות האסטרטגיות לרשתות מתע"ן במטרופולינים הרשת המטרופולינית מורכבת ממערכות עתירות נוסעים וממערכות אוטובוסים משלימות המשולבות לרשת אינטגרטיבית אחת, בשרות המטרופוליני והעירוני. הרשת המטרופולינית תהיה מורכבת ממגוון טכנולוגיות הסעה, ברשת קוים היררכית. המערכת תספק רמת שרות גבוהה לנוסע מתוך תפיסה של שרות תחבורה ציבורית המספק שרות מ"דלת לדלת" שהינו אטרקטיבי ובר תחרות לרכב הפרטי במונחים של זמן הנסיעה, זמינות, נוחות ומחיר. התכנית האסטרטגית במטרופולין תל אביב כוללת שלושה קווי מטרו, שלושה קווי רכבת קלה וכן קווי תאו"ם (BRT). בירושלים, התכנית כוללת 10 קווי רכבת קלה ושלושה קווי BRT ונבחנים קווי מתע"ן נוספים. בחיפה, התכנית כוללת הרחבה של מערכת המטרונית, 2-3 קווים ותוספת מסילות ושינויים בקוויי רכבת ישראל. כמו כן ליד מרכזי תחבורה ותחנות של מתע"ן ורכבת בטבעות החיצוניות של המטרופולינים והערים שמחוצה להן, יוקמו מגרשי "חנה וסע" שיעודדו את הנוסעים בעלי הרכב הפרטי להחנות שם ולנסוע בתחבורה הציבורית. במקביל יוקמו חניונים לצרכי שיתוף נסיעות.

**ברמה הפריפריאלית**, התכנית האסטרטגית לפיתוח התחבורה הציבורית מדגישה כי תחבורה ציבורית מפותחת תאפשר ניידות לכל פלחי האוכלוסייה, תחבר את הערים בפריפריה למרכזי המטרופולינים ותהווה מענה הולם לבעיות הנגישות, הגודש זיהום האוויר והבטיחות. ההשקעה ברשת התחבורה בפריפריה תוביל לשיפור של רמת הניידות ואיכות החיים באזורים אלו. היצע שירותי תחבורה יכלול מגוון שירותים: קווים בעלי תדירות קבועה שיבטיחו ניידות לכל קבוצות האוכלוסייה, בתוספת שירותים דינמיים חדשניים מבוססי ביקוש.

**ברמה העירונית,** מעבר לרשתות המתע"ן תינתן העדפה לתנועה של תנועה מקיימת בערים. התחבורה הציבורית תתבסס בעתיד על צי רכב חשמלי שיסע בצירי העדפה. כיום מתוכננים בגוש דן כ- 160 ק"מ של צירי העדפה ברמה העירונית במסגרת פרויקט מהיר לעיר ועוד כ- 100 ק"מ בדרכים בינעירוניות. המטרה העיקרית של הפרויקט הינה שיפור רמת השירות של התחבורה הציבורית במטרופולין באמצעות רשת צירי העדפה רציפה ויעילה שתגדיל את מהירות, תדירות

ואמינות הנסיעה. בנוסף, חבילת התשתית כוללת **תשתית לתנועה עירונית מקיימת** הכוללת **תכנון מוטה להולכי הרגל ורשת רכיבה רציפה ואיכותית** בכל הערים מעל 10 אלפים תושבים ברשת העירונית העורקית, המכסה כ 20-35% מרחובות העיר, וכן הקצאה של כ-40% מזכות הדרך לתנועות רכות. חבילת התשתית תכלול פריסת תשתית טעינה לרכבים חשמליים.

## חבילת השירות

**מרכזי תחבורה ויצירת נקודות מפגש** – הגברת השילוביות ויצירה של נקודות מפגש בין מערכות תחבורה ובין נוסעים לתיאום קל ויעיל של נסיעות משותפות, שילוב של תחבורה ציבורית ואמצעים אחרים ויצירה של פלטפורמות טכנולוגיות לעידוד ויצירת מפגש ולעידוד שיתוף נסיעות ושילוב נסיעות ושילוב מרכזים מסחריים בנקודות מפגש אלו, על-מנת שיהוו one stop shop למשתמש הדרך ויוסיפו יתרונות להגעתו לשם.

**הגברת שרות בתחבורה הציבורית באוטובוסים במטרופולינים ובפריפריה** – תוספת שירות בהיקף של כ-40%-50% לעומת השרות הקיים. תוספת השרות תכלול גם נסיעות לנתב"ג ממרכזים עירוניים. בנוסף, השקעה בתחבורה הציבורית בפריפריה במטרה להתגבר על הנתק הקיים בין הישובים המבודדים בפריפריה וערי הפריפריה המרכזיות ומהם לרשת הארצית ולמרכזים המטרופולינים. ההשקעה בתחבורה בפריפריה צריכה להוביל להגדלת הביקושים ולשפר את רמת הניידות ואיכות החיים באזורים אלו. היצע השרות יכלול קווים בעלי תדירות קבועה שיבטיחו ניידות לכל קבוצות האוכלוסייה, בתוספת שירותים דינמיים חדשניים מבוססי ביקוש.

**ניידות כשירות** – עידוד מגוון שירותי תחבורה, ציבוריים, שיתופיים ואישיים, בדגש על ניידות כשירות, לעומת ניידות כקניין פרטי. ככל שיהיו יותר שירותי תחבורה באיכות גבוהה כך יוכלו הנוסעים לוותר על רכישת רכב פרטי, אך לשמור על הניידות, הנגישות, הגמישות והזמינות המאפיינות את הרכב הפרטי. היכולת לוותר על בעלות על רכב מעודדת שימוש באמצעים מקיימים.

**טכנולוגיה** – עידוד טכנולוגיות חדשות וקידום של טכנולוגיות שיתמכו בתחבורה ציבורית, שיתופית וגם אישית גמישה כאמצעי נסיעה לנסיעות קצרות, אמצעי משלים לרשת המתע"ן, ומפלס שירות נוסף הן באזורים המאופיינים בביקוש גבוה, אך בפרט באזורים בעלי ביקוש נמוך שבהם חשוב לתמרץ שירות תחבורה במקום בעלות על רכב בנוסף, התבססות על מגוון אמצעים טכנולוגיים להעלאת רמת השרות בתחבורה הציבורית ובשרותי התחבורה כגון, שיפור מתמיד במידע בזמן אמת, אפליקציות ייעודיות שיאספו את כל המידע הרלוונטי לתכנון מהיר, נוח ופשוט של הנסיעה, אמינות כולל בקרת פערים ושיפור תדמית של מערכת התחבורה הכוללת: רשת הדרכים, התחבורה הציבורית ושרותי התחבורה.

## חבילת המדיניות

התכנית כוללת חבילה משולבת של אמצעי מדיניות שיעדם להשלים את ההשקעות בתשתית והיצע השירות באמצעים של ניהול הביקוש. להלן יפורטו חבילות המדיניות לצורך עמידה ביעדי התכנית:

### היעד: עידוד שימוש ברכבים מאופסי פליטה

1. **חשמול התחבורה הציבורית** – במטרה להגיע לתחבורה ציבורית מאופסת פליטות בכל צי הרכב העירוני עד לשנת 2035 מוצעת תכנית בת שלושה שלבים – בשלב ראשון תכנית האצה מיידית לפיה לפחות 60% מהרכש הענפי של אוטובוסים עירוניים יהיה חשמלי וזאת בטווח הזמן של 2020-2025. בשלב השני החל משנת 2025 כל אוטובוס עירוני שיירכש יהיה חשמלי, ובשלב השלישי תתבצע יציאה הדרגתית של אוטובוסים מונעי דיזל עד להחלפת כלל הצי בשנת 2035. תכנית זו תבוצע במקביל להערכות תשתיות טעינה בכלל מתקני התחבורה הרלבנטיים כגון חניוני לילה ומסופי קצה. הפעלת האוטובוסים החשמליים תעשה באופן שאינו פוגע ברמת השירות מבחינת פריסת הקווים ותדירותם, וזאת בהתאם לקביעת מנהל הרשות הארצית לתחבורה ציבורית.

   כמו כן יש ליישם תוכנית חישמול מלאה לכל רכבות הנוסעים בישראל.
2. **איסור ייבוא רכבים קלים שאינם מאופסי פליטה** –בכדי לעמוד ביעד של 100% צי רכב קל מאופס פליטה, נדרש לקבוע החל משנת 2030 שכל של רכב קל (עד 3.5 טון) הנרשם בישראל יהיה רכב מאופס פליטות. זאת בכפוף לבחינת

ישימות וזמינות דגמי רכב מול יצרני רכב ושווקים שונים בעולם. לחליפין, ניתן לקבוע צעד קיצוני פחות שמגדיר החל משנת 2030 לכל יצרן רכב עמידה במכירה של אחוז הולך וגדל של רכבים מאופסי פליטה. כמו כן, איסור זה יוחל גם על כלים דו-גלגליים.

3. **איסור שימוש ברכבים קלים שאינם מאופסי פליטה** - בכדי לעמוד בייעד של 0% שימוש ברכבים מאופסי פליטה בשנת 2050, יש לאסור על השימוש ברכב שאינו מאופס פליטה עד שנת היעד עם מדיניות מקדימה הדרגתית.
4. **קביעת תקני פליטה לרכבים מיובאים** – עד כניסת תקנות היבוא לרכבים שאינם מאופסי פליטות, יש להחיל במקביל תקן לרמת פליטות גזי חממה ממוצעת ליבואני רכב בדומה למקובל בארה״ב ובאירופה.
5. **פריסת רשת עמדות טעינה ברחבי המדינה** (באחריות משרד האנרגיה) – יש לפעול לעידוד והאצת ההקמה של תשתית בפריסה רחבה הכוללת עמדות טעינה לרכבים חשמליים שיהיו זמינות למשתמשים השונים ויבטיחו אספקת חשמל רציפה בנסיעות ארוכות.
6. **התאמת רשת החשמל** – יש לפעול להגדלת והתאמת היכולת בכל מקטע רשת החשמל לאבטחת אספקת חשמל רציפה בנסיעות, כמו גם לצורך מענה לגידול הצפוי בצריכת החשמל כתוצאה ממעבר לרכבים חשמליים.
7. **תמיכה בפיילוטים לחשמול ציי רכב כבד** – יש לפעול לעידוד פיילוטים להחלפת משאיות חשמליות בקרב ציי הרכב הכבד.
8. **תמחור דלקים בהתאם לתכולת הפחמן** –על שיעור המס לכל סוג דלק לשקף את העלות החיצונית של פליטות הפחמן הנגרמות משריפתו במטרה לתמרץ שימוש בדלקים מופחתי זיהום.
9. **תידלוק רכב במימן** – יש לפעול להכנת תקינה ורגולציה לשימוש במימן לתחבורה, ולפעול לעידוד פיילוטים להחלפת צי רכב לרכבים מונעי מימן.

## היעד: יעילות אנרגטית

1. **תמריץ שלילי לרכישת רכבים** – יש לשמר את המדיניות המעודדת רכישה של רכבים היברידיים נטענים (פלאג-אין) או חשמליים לאור הביצועים הסביבתיים העדיפים שלהם. בנוסף, הסוללות של רכבים אלו יכולים להוות מקור זול לגמישות ושיפור האינטגרציה של אנרגיות מתחדשות ויעילות מערכת אספקת החשמל. יש לתכנן מדיניות תומכת ברכבים אלו באופן אשר מביאה להחלפת צי הרכב הקיים ומניעת הגדלתו, לדוגמה ע״י תמריץ שלילי מקביל, כגון אגרה או מס רכישה, עבור רכבים עם מנועי בעירה פנימית.
2. **תמחור דרך** – תמחור דרך לפי רכב תפחית את הנסועה ברכב הפרטי ותעודד נסיעה באמצעים מקיימים, נסיעות בתחבורה הציבורית ונסיעות משותפות (לאחר שיוקמו מתע״נים שיאפשרו שירות נאות ואלטרנטיבה אמיתית לרכב הפרטי).
3. **מתן עדיפות לאמצעים מקיימים בניהול והקצאת זכות דרך** – מתן העדפה בהקצאת זכות דרך להליכה ורכיבה ואמצעים לא ממונעים להפצת סחורות, כאמור בפרק התשתית.
4. **ריסון התנועה המוטורית** - ריסון התנועה המוטורית במרכזי ערים על ידי שימוש בכלים שונים כגון סגירת רחובות לתנועה, האטה (במגוון אמצעים לרבות פסי האטה, הצרת נתיבים, הפחתת נתיבים, שינוי מרקם, הגבהת צמתים ועוד), יצירת תשתית לעידוד רכיבת אופניים ותכנון מרחבי הליכה וניידות מבוססת הליכה.
5. **תכנון עירוני מוטה תחבורה (Transport Oriented Development)** - צפיפות ומבנה עירוני קומפקטי הם תנאים הכרחיים לפרישה יעילה של תחבורה ציבורית ושימושים מגוונים, בנוסף לתועלת שלהם בייעול השימוש במשאב הקרקע. תכנון עירוני המושתת על ציפוף, רשת רחובות ועירוב שימושי קרקע מביא ליצירת מרחבים עירוניים תוססים אשר יאפשרו מתן פתרונות תחבורתיים מקיימים תוך יצירת גישה נוחה ונעימה למספר רב של צרכים במרחקים קצרים וכך יתמוך ביעילות אנרגטית.
6. **עידוד עבודה, לימודים וקניות מרחוק** – קביעת תכנית לאומית לעידוד עבודה ולימודים מהבית/מרחוק הכוללת עידוד הקמת חללי עבודה משותפים בשכונות המגורים, שינוי הסכמי עבודה, מתווה לימודים חלקיים מהבית ועוד. עבודה, לימודים וקניות מרחוק בהיקף מסוים יכולים להיות לסייע להפחתת עלויות חיצוניות מתחבורה וליעילות של סקטור התחבורה .

### היעד: הקטנת נסועת רכב פרטי

1. **הגדלת ההשקעה בתשתיות תחבורה ציבורית ובפרט במערכות הסעת המונים** – השקעה בתשתית ושירות תחבורה ציבורית איכותית ואמצעים משלימים המספקים שירות מהיר, ותדיר וקיבולת גבוהה, ברשת הוליסטית והיררכית הנותנת פתרון מלא ואיכותי מ״דלת לדלת״.
2. **שיפור איכות השירות במערך התחבורה הציבורית הקיים** – כאמור בפרק השירות ובפרט, הגברת היצע השירות, התדירות והנוחיות, שיפור איכות ואופן המידע המועבר לנוסעים, והגברת השילוביות והקישוריות בין אמצעי תחבורה שונים בדגש על הקילומטר האחרון.
3. **שיפור ועידוד הליכה ורכיבה בעיר וריסון התנועה המוטורית** כאמור לעיל
4. **מדיניות חנייה** – חבילת מדיניות מותאמת לניהול חנייה נחוצה בכדי לנהל את משאבי המרחב העירוני והתנועה בו. עיקרי המדיניות יכולים לכלול כלים כגון תמחור חניה לפי אזורים וזמנים, צמצום תקני חניה והיקפי חניה ברחובות העורקיים, ביטול הזכאות לתווי חנייה הניתנים למשק בית בחינם והפחתת חניה לטובת תנועת הולכי רגל ואופניים. חבילת מדיניות החניה תעשה בתיאום עם הרשויות המקומיות ומדיניות כוללת ברמה העירונית, מטרופולינית וארצית.
5. **ניהול הביקוש לנסיעות**– הפעלה הדרגתית של מדיניות לניהול הביקוש דוגמת קביעת מחיר מבוסס שימוש לפי אזור, זמן הנסיעה, סוג הרכב ומספר הנוסעים. הגדרת האזור על פי מתווה התכנית האסטרטגית (תרשים 35)
6. **עידוד עבודה, לימודים וקניות מרחוק** כאמור לעיל
7. **הפחתת השימוש ברכב פרטי במגזר הציבורי והפרטי** - ביטול הטבות קיימות המעודדות שימוש ברכב פרטי הן במגזר הציבורי והן במגזר הפרטי, ולייצר במקומן הטבות המעודדות צמצום השימוש ברכב פרטי. חבילה זו מחייבת שינויים בהסכמי עבודה כדי לקבוע מנגנון שכר או החזר הוצאות ללא תלות בבעלות רכב ; ויתור על מנוי חניה כנגד מתן פיצוי כספי כמרכיב שכר ; עידוד נסיעה שיתופית.
8. **גילום מס על הטבת חנייה** - הגדרת הטבת חנייה הניתנת על ידי המעסיק כהטבה חייבת במס. במקביל לאפשר פדיון חנייה לטובת הגעה לעבודה באמצעים מקיימים.

### היעד: יעילות הובלת מטענים

1. **כניסה וחלוקה של סחורה ושירותים באמצעות כלי תחבורה קטנים וחשמליים** – בכדי לייעל את הובלת המטענים ולהביא לחיסכון אנרגטי והפחתת הפליטות במרכזי הערים יש לעודד חלוקת סחורות באמצעות כלי תחבורה קטנים חשמליים במקום משאיות דיזל גדולות. מדיניות זו מחייבת הגדרה של אזורים אסורים ואזורים ממותני תנועה, הקמה של מרכזי לוגיסטיקה וניהול של מערך הפצה עירוני. בנוסף, עידוד התקנת מערכות טכנולוגיות וניהול תנועת משאיות תאפשר איתור של נסיעות ריקות שניתן לצמצם, גיבוש מדיניות תמחור דיפרנציאלית שתעודד הובלת מטענים בשעות השפל וכו׳ תוך התחשבות בעבודת המפעלים השונים בתעשייה גם בשעות הלילה.
2. **איסור כניסת משאיות למרכזי הערים** – קביעת שנת יעד בצורה מדורגת (2035) לאיסור כניסת משאיות גדולות מונעות בדיזל למרכזי ערים ואזורים ממותני תנועה אלא למטרות עבודה כגון : בנייה וכדומה.
3. **הובלת מטענים ברכבת** – הובלה של מטענים בתנועות ארוכות (מעל 100 ק״מ) מדרום הארץ למרכז ובין מרכז לנמלים באמצעות הקמה השדרה המזרחית ומרכזי הפצה לאורכה. בשל מאפייני תנועת המטענים בישראל, הפחתת הנסועה בגין הובלת מטענים ברכבת צפוי להיות בהיקף נמוך מ 10%.

### היעד: הגדלת השימוש באמצעים מקיימים

1. **תשתית תחבורה ציבורית** כאמור בפרק התשתיות
2. **שיפור ועידוד הליכה ורכיבה בעיר** – כאמור לעיל
3. **ריסון התנועה המוטורית** – כאמור לעיל
4. **תכנון עירוני מוטה תחבורה (Transport Oriented Development)** – כאמור לעיל
5. **הגברת הנגישות לתחבורה ציבורית ושרותי תחבורה מתקדמים** – הגברת הנגישות לתחבורה הציבורית ושרותי תחבורה מתקדמים לקבוצות אוכלוסייה ולאזורים מעוטי שירות. כאמור בפרק השירות, התכנית כוללת הגדלה של

השירות לפריפריה, לישובים ערביים וישובים אחרים בעלי רמת נגישות נמוכה ואבטחת רמת שירות מינימלית על פי הנחיות תכנון תחבורה ציבורית. יצירת חלופות נסיעה נוספות בכדי לאפשר מרחב בחירה, ניידות וצמצום פערים חברתיים.

6. **חיזוק אחריות ותקציבי הרשויות המקומיות על קידום תחבורה מקיימת בשטחן** – הקצאת תקציבים במתווה המוצע על פי התכנית האסטרטגית לתנועה מקיימת במרחב העירוני בהיקף של כ 20 מיליארד ש"ח על פני 20 שנה לצורך הקמה של תשתיות רכיבה, שיפור איכות ההליכה ורכיבה וקידום תכניות מעטפת כוללות לתנועה מקיימת.

### היעד: הגדלת הנגישות

1. **תכנון עירוני מוטה תחבורה (Transport Oriented Development) ועירוב שימושים** – כאמור לעיל, הגדלת הנגישות מתחילה ראשית כל בפריסה עירונית משולבת של מגורים, תעסוקה, שירותים, מרכזי תחבורה, רחובות מסחריים וכו' במרחב העירוני בצפיפות וקרבה מספקים, כך שחלק נכבד מהתנועה יכולה להיעשות בהליכה, רכיבה ובתחבורה ציבורית מקומית.
2. **תשתית תחבורה ציבורית ותשתית רכיבה** כאמור בפרק התשתית תגדיל את הנגישות לכלל האוכלוסייה ברמת שירות טובה, והגעה לעבודה, לימודים, קניות וכו' באיכות ובזמני נסיעה קצרים.
3. **ניהול הביקוש** - ניהול הביקוש כאמור לעיל מעודד שימוש באמצעים אחרים ומשפר את תפקוד רשת התחבורה כולה, אשר תורם לשיפור הנגישות לנוסעים ברכב ובתחבורה הציבורית בכביש.

### היעד: הקטנת רמת המינוע

1. **הקטנת התלות ברכב פרטי – בהתאם למרכיבי חבילת התשתית,** פיתוח של תחבורה ציבורית איכותית המספקת פתרון איכותי ושילובה עם מגוון אמצעי תחבורה כשירות, בשירות שיתופי ואישי יפחיתו את התלות ברכב הפרטי ויכולים לאפשר ויתור על בעלות על רכב פרטי והפחתה של רמת המינוע.
2. **תמריץ שלילי להחזקת רכב** – שמירה על מדיניות מיסוי גבוהה על רכישת והחזקת רכב.
3. **עידוד ניידות כשירות לעומת בעלות על רכב** – הוויתור על בעלות על רכב פרטי הינו חיוני להפחתת הנסועה ברכב פרטי והסתמכות על אמצעים מקיימים. מכאן שיש לעודד ניידות שאינה מסופקת על ידי בעלות על רכב פרטי , אלא עי ידי שירות גמיש ואיכותי, החל מתחבורה ציבורית, תחבורה שיתופית ברמת שירות גבוהה דוגמת bubble ותחבורה אישית כגון קורקינטים ורכבים שיתופיים לנסיעה פרטית. ניתן לעודד ניידות כשירות באמצעות מתן עדיפות כגון נת"צים, חניה שמורה לשירותים שיתופיים, מדיניות המעודדת שימוש בכלים זעירים ועוד.
4. **הסעות לעבודה** - הפתרון מחייב כמות משתתפים גדולה יחסית וכן מסגרות עבודה בשעות קבועות ויכול להתאים לסקטורים מסוימים. היתרון הגדול למשק ולעובד הוא הפחתת הצורך ברכב שני במשק בית, ובהפחתה של נסיעות יוממות, המכבידות על מערכת התחבורה. בעבר היה זה פתרון עבור חברות רבות, אולם תהליכים של הגמשת שעות העבודה, אספקת רכב חברה ומגמות אחרות הפחיתו את האפקט והיכולת לחבילה זו להוות פתרון בעל אפקט רחב.
5. **ביטול תמריץ למתן רכב ממקום העבודה ותמריץ להפחתת שימוש ברכב** - רכב ממקום עבודה ("רכב ליסינג") הינו תופעה שכיחה בישראל. בחלק גדול מהמגזר העסקי, ההסדר בין העובד למעסיק או לחברת הליסינג כולל על פי רוב היקף נסיעות לא מוגבל בתמורה לסכום חודשי קבוע. מצב זה מייצר עלות שולית אפסית למשתמש. עיקרי התכנית הינה יצירה של מצב מיסויי שאינו מעודד מתן ושימוש ברכב צמוד מטעם מקום העבודה, ומאידך, תמריצים להפחתת השימוש ברכב.
6. **מדיניות חנייה** – כאמור לעיל, בדגש על מדיניות מגבילה לחנייה במרכזי הערים הן למבקרים והן לתושבים.

# תעשייה

# תעשייה

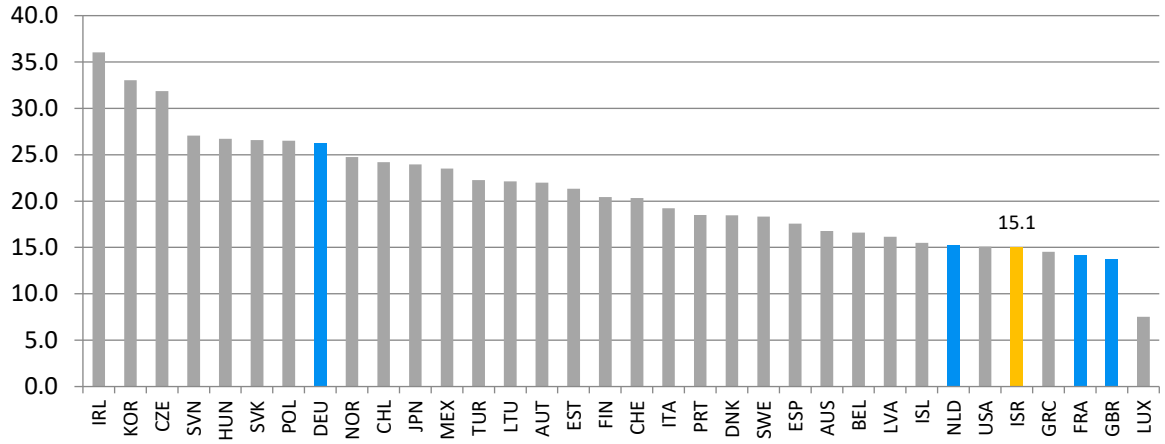
## הקדמה

פליטות התעשייה היוו 15% מפליטות גזי החממה בישראל בשנת 2015, כאשר סקטור התעשייה הינו הסקטור השלישי בגודלו בפליטות גזי חממה, אחרי סקטור ייצור החשמל וסקטור התחבורה.[104]

בבחינת המדדים הכלכליים, נכון לשנת 2015, בתעשייה[105] היו 367 אלף משרות, אשר היוו כ-14% מהמשרות במשק. כמו כן, הערך המוסף[106] של התעשייה היווה 23% מסך הערך המוסף המשקי.[107]

בתרשים 36 ניתן לראות כי בהשוואת היחס בין הערך המוסף בתעשייה לערך המוסף במשק, ישראל נמצאת במקום נמוך יחסית. עם זאת, נראה כי מדינות מפותחות נוספות, כגון גרמניה ובריטניה, נמצאות במקום דומה לזה של ישראל:

*תרשים 36: ערך מוסף בתעשייה (כולל אנרגיה) מתוך סך הערך המוסף, עבור שנת 2016 (אחוזים)*[108]

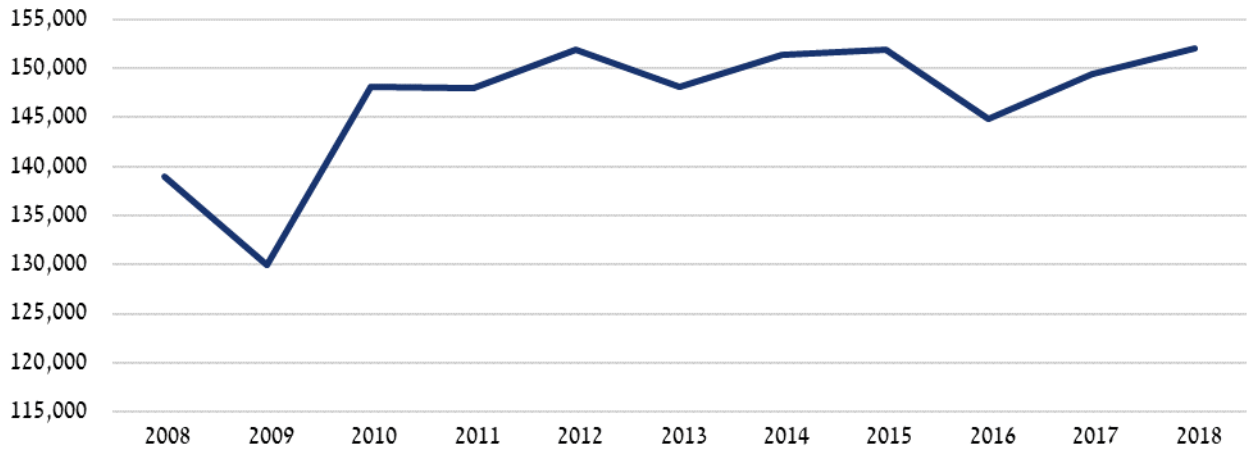



## מגמות כלכליות בתעשייה

קצב הצמיחה הממוצע של תוצר התעשייה הינו 0.9% ב-10 השנים האחרונות (2008-2018)[109].

[104] https://unfccc.int/documents/183562
[105] תעשייה וכרייה וחציבה, סיווגים B-C
[106] מדד הערך המוסף מייצג את הרווח לפני הריבית, המיסים, הפחת והפחתות בתוספת עלות השכר הכוללת.
[107] לוח 4: משרות, תפוקה, ערך מוסף גולמי ותמרוה למשרות, לפי ענך כלכלי (סיווג 2011), מגזר ותת מגזר, למ"ס 2015
[108] OECD National Accounts Statistics: National Accounts at a Glance, 2016
[109] לוח 15.1: תוצר מקומי גולמי של המגזר העסקי, לפי ענף כלכלי, למ"ס 2019

*תרשים 37: תוצר מקומי גולמי תעשייתי (מיליון ₪, מחירי 2015, למ"ס)*




לצמיחה התעשייתי השפעה ישירה על מדד **הפריון לשעת עבודה**, המהווה מדד להערכת מצבה של התעשייה ביחס לשנים קודמות וביחס לעולם. מדד זה מחושב באמצעות חלוקה של הערך המוסף בחלוקה במספר המשרות או בשעות העבודה ומשמש כמדד לפריון בתעשייה. על פי מחקר שנערך על ידי מכון טאוב בשנת 2015, אשר בחן את יחס הפריון לשעת עבודה בין ישראל לבין ממוצע מדינות ה-OECD12[110], לפי ענף כלכלי, נמצא כי הפריון בישראל נמוך[111] מממוצע ה-OECD12 בכמעט כל ענפי הכלכלה, לרבות ענפי תעשייה.

על-מנת להתמודד עם הגידול הנמוך בפריון העבודה בתעשיות המסורתיות בישראל ביחס למדינות ה-OECD, בינואר 2017 פורסמה החלטת ממשלה "פיתוח כלכלי של מחוז הצפון וצעדים משלימים לעיר חיפה"[112], אשר, בין היתר, הטילה על מנכ"ל משרד הכלכלה והעבודה להקים צוות שמטרתו סיוע בקידום תעשייה תחרותית ומתקדמת, באמצעות הטמעה של ייצור מתקדם בתעשייה בישראל, בדגש על מחוז הצפון. לצורך כך, הוקצה תקציב של 20 מיליון ₪ בשנים 2017-2018. בעקבות החלטת הממשלה יצאה הוראות מנכ"ל ל"תכנית להעלאת הפריון בתעשייה"[113], אשר פורטת את תכנית המענקים לסיוע בשיפור רמת הפריון במפעלים.

## השקעה בטכנולוגיה סביבתית

בסקר הוצאות לשמירה על הסביבה בענפי התעשייה והחשמל שעורכת הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, נמדדת, בין השאר, השקעה בטכנולוגיה. הסקר מחלק את הטכנולוגיות לשתיים:

- "טכנולוגיות קצה": טכנולוגיות המכוונות לטיפול בזיהום לאחר שנוצר. מטרתן לקלוט מזהמים שנוצרו בתהליך הייתור, לטפל בהם או לסלקם. המטר המרכזית של השימוש בטכנולוגיות אלו היא שמירה על הסביבה.
- "טכנולוגיות נקיות": שיטות, טכנולוגיות, ציוד ותהליכים שמטרתם למנוע או להפחית במקור את כמות הזיהום הנוצרת. רוב הטכנולוגיות הנקיות הם, בדרך כלל, חלק מתהליך הייצור. קטגוריה זו כוללת מגוון רחב של צעדי פעולה, כגון: שיפור ציוד ישן, עיצוב מחדש של מוצר, שימוש מופחת בחומרי גלם (במטרה להפחית פליטות), מחזור ושימוש חוזר, חיסכון באנרגיה ועוד.

על-פי תוצאות הסקר, נכון לשנת 2014, השקעות עבור פעולות של פתרון קצה היוו כ-87% מסך ההשקעות הסביבתיות, כאשר 13% בלבד הושקעו בפעולות של טכנולוגיה נקייה (הפחתה במקור)[114].

---

[110] 12 מדינות ה-OECD עבורן נמצאו נתונים עקביים ומהימנים לאורך שנות המחקר: אוסטריה, דנמרק, הולנד, הונגריה, יוון, נורבגיה, סלובקיה, ספרד, קנדה, פינלנד, צ'כיה ושוודיה (הערת מחברי המאמר).

[111] קרי, היחס בין הפריון הישראלי לבין הפריון הממוצע במדינות ה- OECD קטן מ-1.

[112] פיתוח כלכלי של מחוז הצפון וצעדים משלימים לעיר חיפה, החלטת ממשלה מס 2262

[113] הוראת מנכ"ל 4.44, משרד הכלכלה והתעשייה.

[114] ממצאים מתוך סקר הוצאות לשמירה על הסביבה בענפי התעשייה והחשמל, 2014

## תחרותיות התעשייה

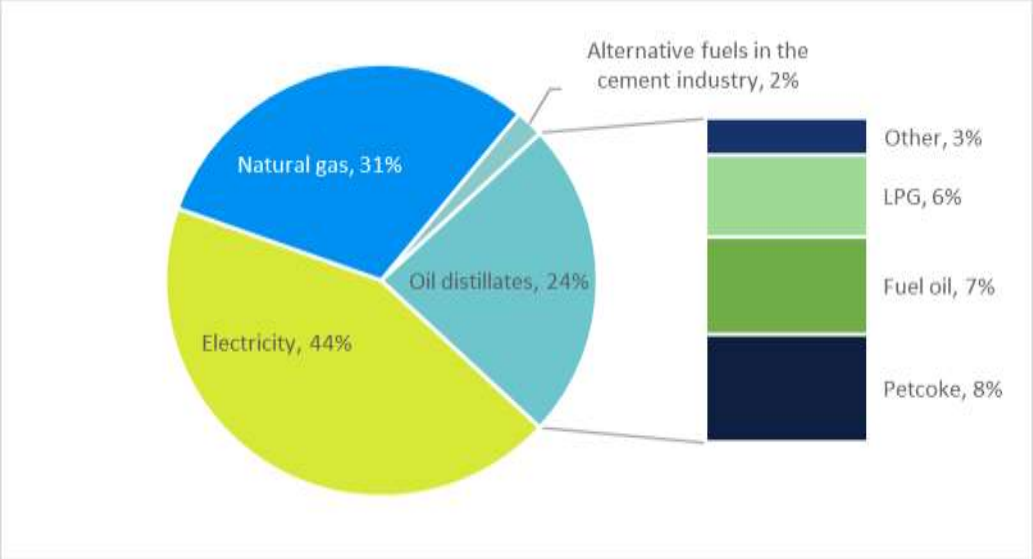
וועדת "נטו-תעשייה", שהוקמה על ידי משרד האוצר בשיתוף עם משרד הכלכלה והתעשייה ופרסמה המלצותיה ב-2018, מיקדה את האתגר לשמירת תחרותיות התעשייה ב-3 נושאים עיקריים [116,115]:

- הסרת חסמים רגולטוריים: לפי מדדים שונים, הרגולציה הישראלית הינה מהמכבידות ביותר בהשוואה בינלאומית. הוועדה עסקה בהשפעת העלויות העודפות של הרגולציה על כושר התחרות ורמת הפריון של התעשייה, בין היתר בשל הצורך בהקצאת משאבים רבים שבאים על חשבון השקעה בפעילות החברה.
- צורך בייצור מתקדם יותר, מו"פ וחדשנות טכנולוגית: הוועדה עסקה בחשיבות המחקר והפיתוח ליצירת יתרון תחרותי על פני מדינות בהם הייצור זול, וכן בהטמעת טכנולוגיות ייצור מתקדם, שיאפשרו להקטין את פערי עלויות הייצור. לצורך כך הוועדה המליצה, בין היתר, להרחיב את מסלולי הסיוע ברשות לחדשנות ליצירת מחקר ופיתוח בתעשייה היצרנית, קיום מסלולי סיוע לביצוע השקעות הוניות בתעשייה המסורתית הלא-מייצאת לשם הגדלת פריון העבודה ועוד.
- מחסור בכוח אדם מיומן: הוועדה דנה בפתרון מקיף, כמו שיפור רמת המקצועיות במכללות הטכנולוגיות, תוך התייחסות לפתרונות קצרי טווח, כגון הרחבת ההכשרות המקצועיות.

## צריכת האנרגיה בסקטור התעשייה

תמהיל האנרגיה בשנת 2017 חושב על בסיס נתונים והנחות שהתקבלו מהגופים האמונים על נתונים אלו: למ"ס, מנהל הדלק והגז, רשות החשמל והתעשייה עצמה:

*תרשים 38: תמהיל האנרגיה בתעשייה בשנת 2017*

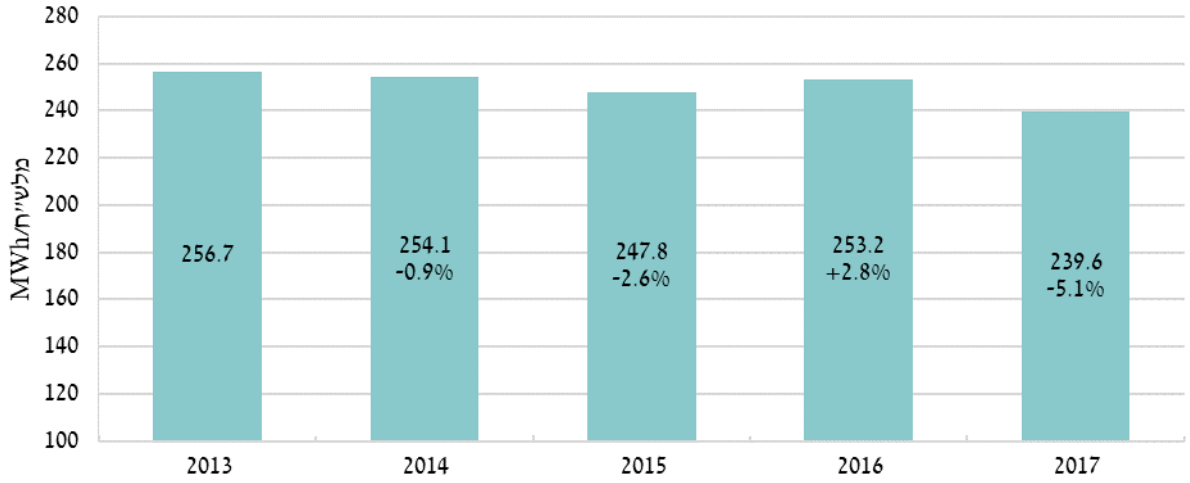



מנתוני צריכת האנרגיה (מאזן אנרגיה, למ"ס) והתמ"ג התעשייתי (תרשים 39 ) חושבה העצימות האנרגטית. ניתן לראות שבבחינת המגמות בשנים האחרונות (2013-2017) העצימות בתעשייה נמצאת במגמת ירידה, כאשר בין השנים 2013-2017 חושבה סך ירידה של 6.6% בעצימות האנרגטית:

[115] תכנית נטו תעשייה

[116] הודעה לעיתונות: תכנית "נטו תעשייה" יוצאת לדרך, משרד האוצר.

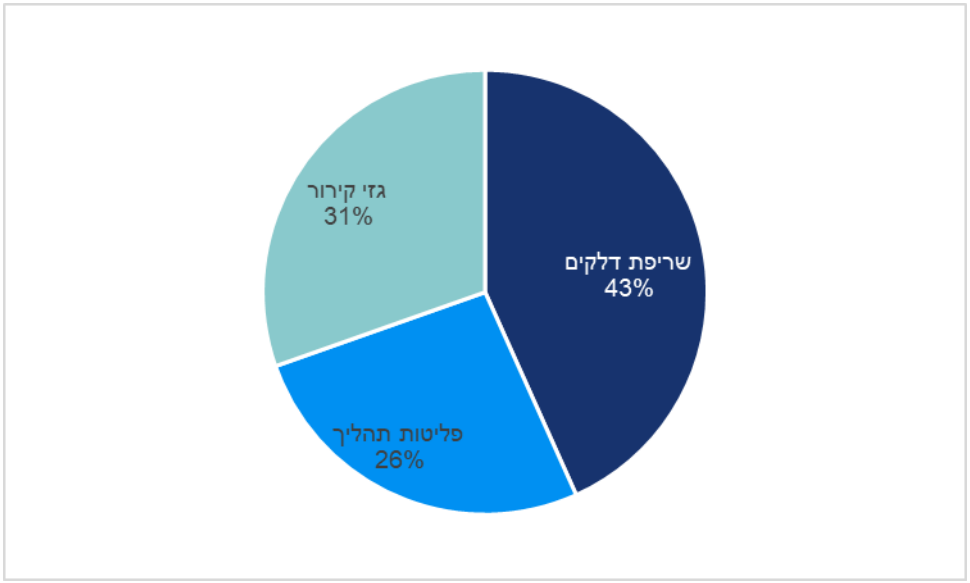
*תרשים 39: עצימות האנרגטית בסקטור התעשייה בשנים 2013-2017 (מגוו"ש/מלש"ח)*




## פליטות גזי החממה בסקטור התעשייה

הפליטות בסקטור התעשייה מתחלקות ל-3 קטגוריות מרכזיות: פליטות מצריכת דלקים, פליטות תהליך ופליטות כתוצאה משימוש בגזים תעשייתיים (גזי קירור), כאשר פליטות משריפת דלקים מהוות את החלק הגדול ביותר של הפליטות – 42%:

*תרשים 40: התפלגות פליטות גזי חממה בישראל, למ"ס (2015)*



# תרחיש עסקים כרגיל

## הנחות עבור צריכת דלקים ואנרגיה

- הונח גידול של 1% בתמ"ג התעשייתי (בהתאם לגידול בתמ"ג התעשייתי של 0.9% בשנה בין השנים 2008-2018, נתוני למ"ס).
- הונח קיטון בעצימות צריכת האנרגיה ליחידת תמ"ג תעשייתי של 1% בשנה, לעומת שינוי בעצימות האנרגטית בישראל של כ- 1.5% ב-5 שנים האחרונות (מאזן אנרגיה ולוח 15.1 – תוצר תעשייתי, למ"ס). הנחה זו שמרנית ביחס להתייעלות שהושגה בשנים האחרונות, ונתמכת על-ידי סקירת ההנחות לשיפור החזוי בעצימות האנרגיה בתעשייה בארצות הברית[117] (EIA) (0.9% קיטון) ובאיחוד האירופי[118] (1.5% קיטון).
- הונחה מגמה של המשך מעבר לשימוש בגז טבעי בתעשייה, ובפרט יישום של החלטת ממשלה 3080 הקובעת אילו מפעלים, העובדים כיום על מזוט, יוסבו לגז טבעי.

תרחיש עסקים כרגיל נבנה על בסיס שלבים אלו:

## הנחות עבור פליטות תהליך

פליטות התהליך בתעשייה מורכבות בעיקרן מ-2 גורמים מרכזיים[119]:

- **ייצור מלט:** תהליך ייצור הקלינקר הינו התהליך האחראי לפליטות התהליך בתעשיית המלט. על-מנת להפחית פליטות אלו נהוג לעשות שימוש בתחליפי קלינקר, אשר מאפשרים לייצר פחות קלינקר ולהפחית פליטות. תחליפי הקלינקר הנפוצים ביותר הינם: אפר פחם – תוצר לוואי של תהליך שריפת פחם; סיגים – תוצר לוואי של תעשיית הפלדה. כיום, ישנו שימוש בשני תחליפים אלו, בדגש על אפר פחם, כאשר שימוש זה תלוי בכמות הפחם הנשרף להפקת חשמל ובייבוא של תחליפי קלינקר אלו מחו"ל. בשני המקרים ההיצע הולך וקטן בשל הפחתת השימוש בפחם בעולם. כיוון שתרחיש עסקים כרגיל מניח הפסקת שימוש בפחם, כמות אפר הפחם הזמינה לתעשיית המלט הולכת וקטנה עם סגירת תחנות הכוח הפחמיות. בנוסף, מונח כי הביקוש הנוסף למלט יסופק על-ידי יבוא, בשל הגעה לגבול הייצור של התעשייה המקומית. לכן, הונח כי לא תהיה עלייה בייצור המלט.
- **ייצור חומצה חנקתית:** חמצן דו-חנקני נפלט בישראל כתוצאה מתהליכי ייצור של חומצה חנקתית, המשמש בעיקר את תעשיית הדשנים. הפחתת פליטות אלו מושגת באמצעות שימוש בקטליזטור ייעודי - אמצעי שזמינותו גבוהה ועלותו הכלכלית נמוכה, כאשר היתר הפליטה של המפעל מחייב שימוש בו (מהווה BAT – Best Available Technique). תרחיש עסקים כרגיל מניח כי פליטות אלו יישארו זהות לפליטות החזויות לשנת 2020 על-ידי המשרד להגנת הסביבה, מה שמביא ל-87% הפחתה ביחס לשנת 2015.

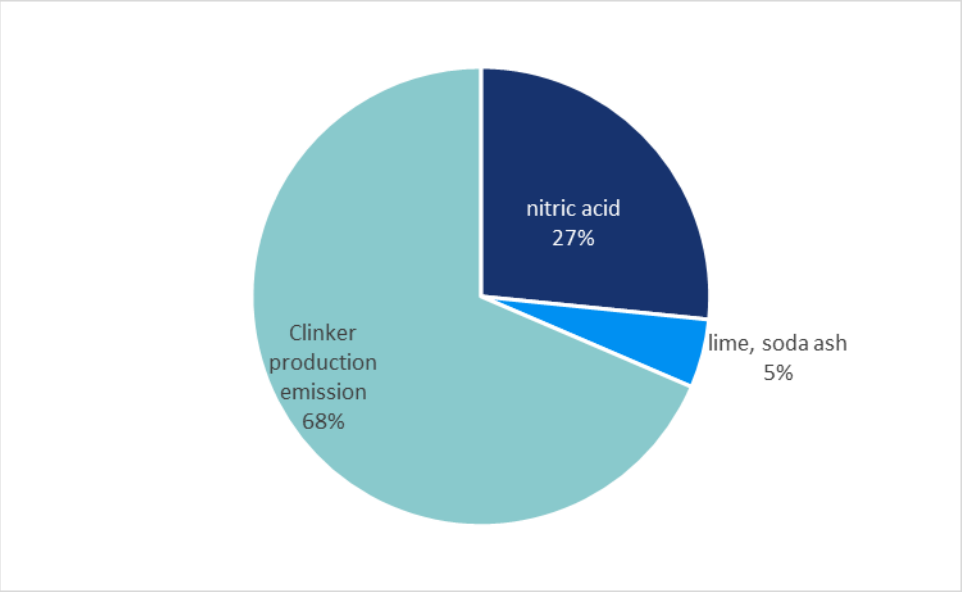
---

[117] Annual Energy Outlook 2019, EIA

[118] EU Reference Scenario 2016, European Commission

[119] למ"ס, 2015. יצוין כי תרחיש זה, וכן תרחישי ההפחתה, מתייחסים למקורות הפליטה הקיימים במדינת ישראל ואשר כבר אופיינו על-ידי הלמ"ס, ועל כן אינם כוללים הקמה של מפעלים חדשים כגון מפעל אמוניה או מפעל אלומיניום.

*תרשים 41: התפלגות פליטות תהליך בתעשייה, למ"ס 2015*




## הנחות עבור פליטות מגזי קירור

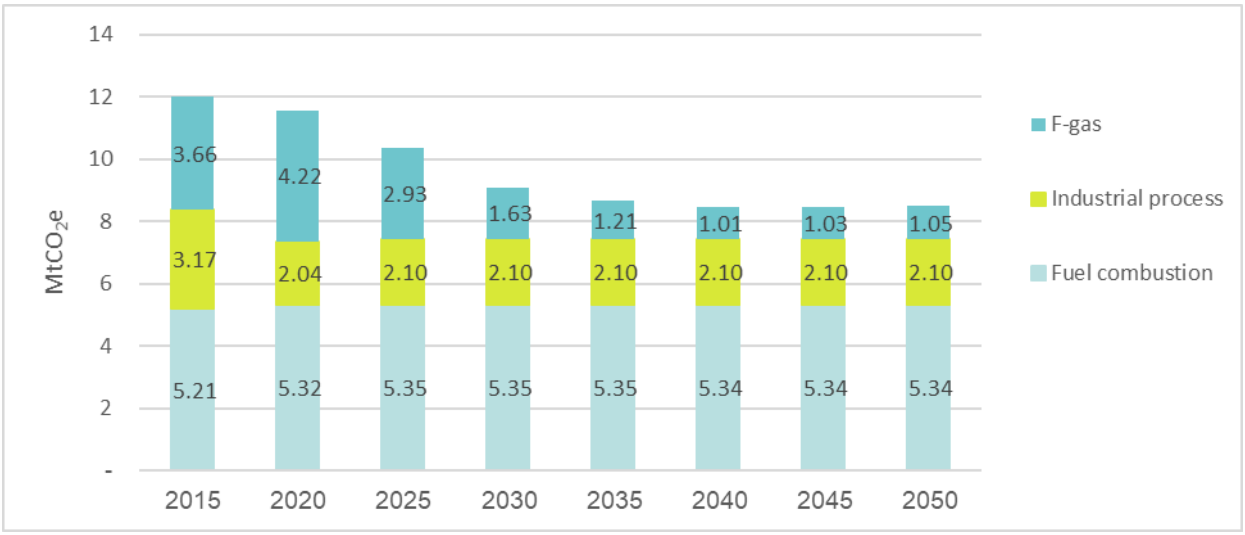
פליטות גזי חממה הנובעות כתוצאה מצריכה של גזים מסוג HFCs, PFCs ו-SF6, גזים בעלי פוטנציאל התחממות גלובלי גבוה הנמצאים בעיקר במערכות מיזוג וקירור הן במגזרים מסחריים, משקי בית, רכבים וכדומה. הפליטות מתרחשות או בתהליך ההתקנה של המערכת עצמה, או בדליפה או פליטה לא ממוקדת במשך פעילות המערכת או בפליטות של חומר הקירור בתהליך ההשלכה והגריטה של המערכת בתום חייה. היות ומדובר בגזים המיוצרים על ידי התעשייה ואשר משמשים למוצרים המיוצרים על ידי התעשייה, פליטות אלו משויכת לתעשייה גם אם אינם נצרכים בה.

באוקטובר 2016 אומץ תיקון לפרוטוקול מונטריאול בדבר חומרים המדללים את שכבת האוזון, אשר מחייב את מדינות העולם, לרבות ישראל, להפחית בהדרגה את הצריכה של גזי קירור מסוג HFCs, המהווים גזי חממה רבי עוצמה – "תיקון קיגאלי". היות וישראל חתומה על התיקון, בתרחיש עסקים כרגיל הונח יישום של תיקון קיגאלי, השווה ערך להפחתה של 71% בפליטות כתוצאה משימוש בגזי קירור בשנת 2050 לעומת הפליטות מגזי הקירור בשנת 2015.

## תוצאות תרחיש עסקים כרגיל

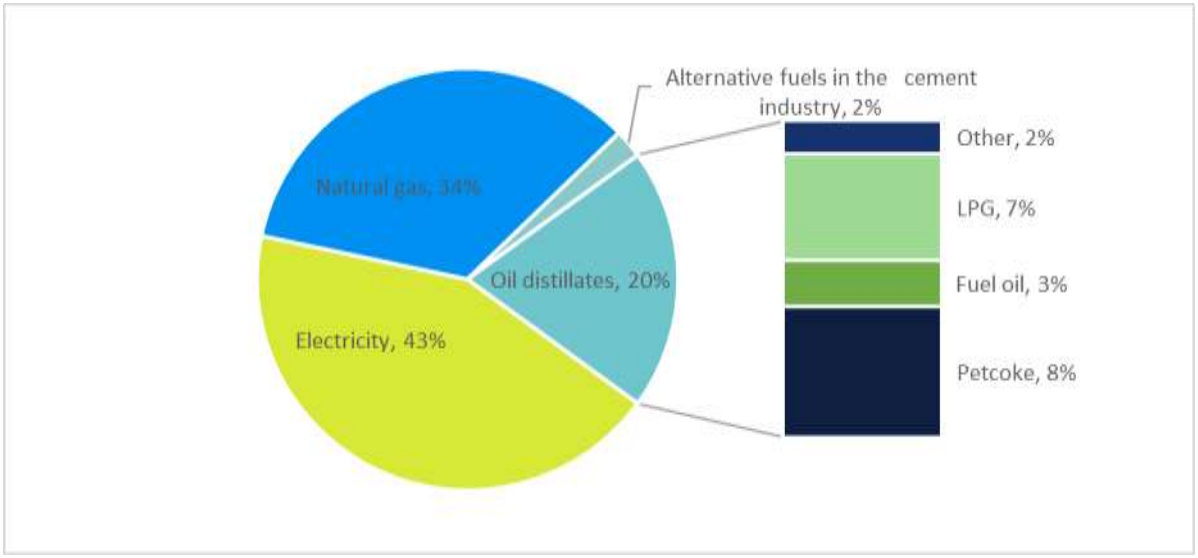
בתרחיש עסקים כרגיל צפויה הפחתה של 25% ב-2030 ושל 29% ב-2050 בפליטות גזי החממה בתעשייה ביחס ל-2015, בעיקר בזכות יישום תיקון קיגאלי המפחית שימוש בגזי קירור.

*תרשים 42: פליטות גזי החממה בתעשייה בתרחיש עסקים כרגיל, לפי שנה ובחלוקה לסוגי פליטה (מיליון טון פד"ח)*




תמהיל האנרגיה בתרחיש עסקים כרגיל משקף מגמה של מעבר משימוש בתזקיק נפט לגז טבעי. כמו כן, שילוב ההנחות שהוצגו לעיל לגבי התמ"ג התעשייתי והעצימות האנרגטית מביאים לכך שצריכת האנרגיה בשנת 2050 בתרחיש עסקים כרגיל כמעט זהה לצריכת האנרגיה בשנת 2017 ולכן גם לשנת 2030.

*תרשים 43: תמהיל האנרגיה בתעשייה בתרחיש עסקים כרגיל עבור שנת 2030 ו- 2050*



# מגמות ויעדים בעולם

## הפחתת פליטות גזי חממה בתעשייה

מסקירת החזונות ארוכי הטווח של מדינות שונות, עלה כי המדינות קובעות יעדים להפחתת פליטות גזי חממה בסקטור התעשייה אך הן אינן קובעות יעדים עבור טכנולוגיות ספציפיות שיש ליישם לצורך עמידה ביעדים אלו. אומנם, ישנן מפות דרכים ותרחישים שונים המוצגים בדוחות שונים (האיחוד האירופי, בריטניה וכדומה), אך לא נמצאו יעדים לצעדים ספציפיים או לתמהיל אנרגיה מסוים.

*טבלה 15: יעדים עבור הפחתת פליטות גז"ח בסקטור התעשייה בעולם*[120]

| מדינה | יעד | שנת היעד | מקור |
|---|---|---|---|
| **צרפת** | הפחתת פליטות גזי החממה בתעשייה ב-81% | 2050 (ביחס ל-2015) | National Low Carbon Strategy, 2018 |
| **גרמניה** | הפחתת גזי החממה בסקטור התעשייה ב49%-51% | 2030 (ביחס ל-1990) | Climate Action Plan 2050, 2016 |

בנוסף, חשוב לציין כי ישנן מדינות רבות שקבעו יעדים לכלכלה מאופסת פליטות בשנת 2050, בהן: האיחוד האירופי, דנמרק, בריטניה, שבדיה, לוקסמבורג, גרמניה וצ'ילה (ראו פרק "רקע"). בפועל, יעדים אלו מאפשרים למדינה לקזז את הפליטות בשטחה (לדוגמא באמצעות מנגנונים בינלאומיים לסחר בפליטות המאפשרים "לרכוש" הפחתתה פליטות ממדינה אחרת). לדוגמא, כחלק מהיעד לכלכלה מאופסת פליטות, שבדיה התחייבה ל85% הפחתת פליטות בפועל, כאשר 15% הנותרים יושלמו באמצעות מנגנוני סחר בפליטות[121]. לכן, על אף כי אין מדובר בהפחתת פליטות מלאה מכלל הסקטורים, בהם תעשייה, מדובר ביעד שאפתני המחייב גם הפחתה מאוד משמעותית בפליטות התעשייה.

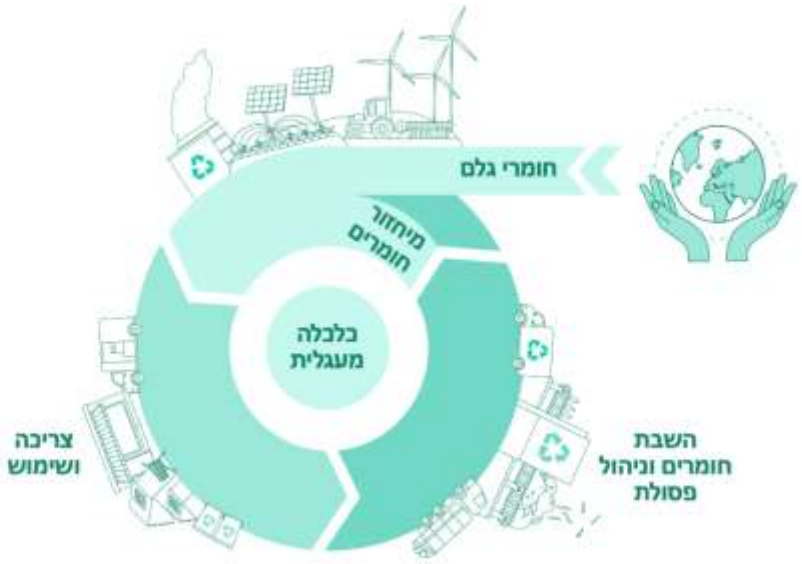
## כלכלה מעגלית

מדד נוסף עליו שמות מדינות שונות דגש בחזון שלהן הוא מעבר לכלכלה מעגלית יותר - גישה העוסקת בהתייעלות במשאבים מחד ובצמצום פסולת מאידך, בראייה כלל משקית (ולאו דווקא ממוקדת תעשייה בלבד), כמוצג בתרשים מטה[122]:

[120] כלל מדינות האיחוד האירופי, לרבות גרמניה, הגישו בדצמבר 2020 יעדים משקיים מעודכנים המגבירים את רמת השאפתנות של המדינות ביחס להפחתת פליטות גזי חממה עד שנת 2030 (55% הפחתה ביחס ל1990). על כן, יתכן והמדינות יעדכנו בקרוב גם את היעדים הסקטוריאליים.

[121] http://www.swedishepa.se/Environmental-objectives-and-cooperation/Swedish-environmental-work/Work-areas/Climate/Climate-Act-and-Climate-policy-framework-/

[122] מתוך אסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא 2021-2030 ומעבר לכלכלה מעגלית בשנת 2050, המשרד להגנת הסביבה, 2020




בצד ההתייעלות בשימוש במשאבים, המטרה היא לנסות לצמצם ככל הניתן את הכניסות למערכת הייצור, זאת אומרת את השימוש בחומרי גלם ראשוניים. חומרי הגלם שבכל זאת ייכנסו למערכת יהיו מתכלים או ממוחזרים, או, לחילופין, חומרים עמידים ככל הניתן, אשר יצאו משימוש לאחר זמן רב. בהמשך לכך, כלכלה מעגלית עוסקת גם בשינוי דפוסי הצריכה באמצעות מעבר מכלכלת מוצרים לכלכלת שירותים, עיצוב אקולוגי של מוצרים המאפשר שימוש חוזר בהם, מחזור ללא הפחתה או בהפחתה מינימאלית של איכות החומר וכדומה. זאת, בין היתר משום שכרייה ועיבוד דורשים אנרגיה אשר ייצורה פולט גזי חממה, וכן גורמות להרס שטחים טבעיים אשר סופחים גזי חממה.

לפי דו"ח שהוכן על ידי ה-United Nations Environment Programme וה-International Resource Panel ב-2019[123], כרייה ועיבוד של משאבים (דוגמת משאבי אנרגיה, מתכות, ומינרלים) תורמים לכ-50% מפליטות גזי החממה בעולם. בנוסף, נמצא כי באמצעות מדיניות התייעלות בצריכת משאבים, צריכה וייצור ברי קיימא, עד 2060 ניתן להפחית את פליטות גזי החממה ממקורות אלו ב-90% לעומת תחזיות "עסקים כרגיל". על כן, למעבר לכלכלה מעבלית בכלל ובתעשיית הייצור בפרט ממשק משמעותי עם מעבר למשק דל פחמן – גם אם חלק מהפחתה המושגת תושג מחוץ לגבולות המדינה.

ישנם מדדים שונים למדידת התייעלות במשאבים ומעגליות של כלכלה. יש לציין כי מדדים אלו מתייחסים למדידה של שימוש במשאבים בכלל המשק, ולא באופן ממוקד תעשייה. עם זאת, לתעשייה ולאופן בו היא בוחרת לייצר את המוצרים שלה השפעה ישירה על מדד זה. כמו כן, לרוב, מדדים אלו מנורמלים ביחס לתמ"ג, לצורך ביצוע השוואה בינלאומית והשוואה בין שנים.

- מדד ה-Domestic Material Input – **DMI**, אשר משקלל את משקל חומרי הגלם הנכרים במדינה בתוספת משקל החומרים או המוצרים המיובאים. המדד מבוסס על 4 זרמים מרכזיים: דלקים, ביומסה, מינרלים ומתכות.
- מדד נוסף, הנגזר מה-DMI, הוא ה-Domestic Material Consumption – **DMC**, אשר מחסיר מה-DMI את הייצוא, על-מנת להתייחס לצריכה בתוך המדינה בלבד.

מדדים אלו משמשים את גרמניה, בריטניה והולנד למדידת ההתקדמות בהתייעלות במשאבים:

[123] (UNEP, 2019)

*טבלה 16: מדדים עבור התייעלות במשאבים בעולם*

| מדינה | יעד | שנת היעד | מקור |
|---|---|---|---|
| **גרמניה** | הכפלת המדד GDP/DMI ביחס לשנת 1994 | 2020 | German Resource Efficiency Programme II, 2016 |
| **בריטניה** | הפחתת חומרי הגלם הנכנסים למערכת ב-30 מיליון טון. | 2020 | WRAP |
| **הולנד** | 100% כלכלה מעגלית | 2050 | Integrated National Energy and Climate Plan, 2019 |
| **הולנד** | 50% הפחתה בשימוש בחומרי גלם ראשוניים (לא מצוינת שנת ייחוס) | 2030 | |

## חדשנות בתעשייה

בתכנון ארוך טווח לא ניתן שלא להתייחס לחדשנות טכנולוגית, בייחוד בסקטור התעשייה. התעשייה תאלץ להתאים את עצמה לשיטות ייצור מתקדמות, יעילות וירוקות יותר, וכן להתאים את המערכות לחומרי גלם שונים, המותאמים לסביבת הייצור החדשה.

בהמשך לכך קיימת מגמה בתעשיות בעולם ובישראל לאימוץ התפיסה הארגונית "תעשיה 4.0" (Industry 4.0). תפיסה זו נוגעת לניהול מפעלים ותהליכים תעשייתיים באופן חכם ומודרני. היא עוסקת ביכולות התקשורת והממשקים של רכיבים המיוצרים בתעשייה: חיבור ושימוש באינטרנט ובשרתי ענן של האובייקטים המיוצרים, הטמעת רכיבים חכמים במוצרים פשוטים יחסית כדי להגיע להבנה גדולה יותר של פעולת המשתמשים, שליטה מרחוק באמצעות טלפונים חכמים וכדומה. תפיסה זו דורשת מכל רכיבי המפעל טכנולוגיה מתקדמת, אשר תשפיע, בסופו של דבר, על לקוחות הקצה: המפעל יוכל להתאים את עצמו לדרישותיהם במהירות, יוכל לאפיין במדויק פריטי ייצור ולשנותם תוך כדי עבודה ובאופן כללי – יקצר את תהליכי העבודה. כדי לפקח על הייצור, המפעל החכם יימדד בכל רגע נתון במדדי איכות שונים. שיטת עבודה זו, ושימוש במדדים הנ"ל, יוכלו להועיל גם בהתייעלות הסביבתית והאנרגטית של המפעל ובאופן כללי – יהיו בעלי השפעה על צריכת חומרי הגלם של המפעל ועל כמות הפסולת המיוצרת.[124,125]

"תעשיה 4.0" החלה את דרכה כיוזמה של ממשלת גרמניה. כמו כן, ניתן לראות כי בתעשיות שונות ישנה תזוזה לאימוץ תפיסת זו, בין השאר גם בישראל. נכון להיום, מדובר ביוזמות של השוק הפרטי, ללא התערבות ממשלתית.

[124] תעשייה 4.0 – אתר הבית

[125] http://www.itnews.co.il/gen/?p=1588

## חזון ויעדים לישראל

קידום תעשייה דלת פחמן וזיהום אוויר, תחרותית מול העולם, חדשנית ובעלת פריון גבוה. מטרות אלו יושגו באמצעות מעבר לכלכלה מעגלית אשר תאפשר ייעול מרבי בשימוש במשאבים בכלל ומשאבי אנרגיה בפרט, תוך שימוש באנרגיות מתחדשות ודלקים תחליפיים.

*טבלה 17: היעדים עבור סקטור התעשייה*

| שם המדד | הגדרה | 2030 | 2050 |
|---|---|---|---|
| **יעילות השימוש במשאבים** | גידול במדד GDP/DMI[126] ביחס לשנת 2020 | 5% | 16% |
| **הפחתת פליטות גזי חממה של התעשייה** | הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015 | 30% | 56% |

[126] מדד המחושב באמצעות סכימה של משקל חומרי הגלם הנכרים במדינה ומשקל החומרים המיובאים אליה (לא חומרי גלם בלבד) בתחומים הבאים: ביומסה, אנרגיה (דלקים), מינרלים ומתכות.

## תרחיש הפחתה

לצורך גיבוש תרחיש ההפחתה בוצע ניתוח לחישוב הפחתת פליטות גזי החממה שניתן להשיג בסקטור התעשייה באמצעות שימוש בטכנולוגיות הפחתה ספציפיות.

### מתודולוגית עבודה

### הנחות עבור שימוש בדלקים בתרחיש הפחתת הפליטות בתעשייה

*טבלה 18: הנחות עבור נתיב הפחתת פליטות בתעשייה*

| טכנולוגיית הפחתת פליטות | תיאור הטכנולוגיה | חדירה מומלצת בישראל | אופן חישוב |
|---|---|---|---|
| **התייעלות אנרגטית** | יישום טכנולוגיות המביאות להתייעלות אנרגטית בתעשייה. | 20% התייעלות ביחס לצריכת האנרגיה בשנת 2017 | בהתאם לתרחישים של ה-IEA והאיחוד האירופי |
| **חישמול** | הסבה לאנרגיה חשמלית. לדוגמה משאבות חום, גופי חימום חשמליים, מחוללי קיטור ומחממי זורמים חשמליים. | גידול של 20% בשיעור החשמל מתוך תמהיל האנרגיה, ביחס לשנת 2017 | בהתאם לתרחישים של ה-IEA |
| **מימן ירוק** | המימן הינו דלק דל פחמן שיכול להוות תחליף לדלקים פוסיליים, בייחוד בתהליכים הדורשים חום גבוה שקשה להשיג באמצעות חישמול. מימן אינו פולט גזי חממה בתהליך שריפתו, ובמידה ומיוצר באמצעות אלקטרוליזה על בסיס חשמל שמיוצר באנרגיה מתחדשת, מהווה מקור אנרגיה נטול פחמן לכל אורך מחזור חייו. | 15% מתמהיל האנרגיה הסופית לתעשייה, המופק באמצעות אלקטרוליזה שמקורה באנרגיה מתחדשת | בהתאם לתרחיש ההפחתה ממוקד המימן של האיחוד האירופי |
| **שימוש ב-RDF בתעשיית המלט** | RDF מיוצר מפסולת מעורבת ויכול לשמש כמקור אנרגיה חלופי | 80-85% | הוגדר כפוטנציאל על-ידי התעשייה |

### הנחות עבור פליטות תהליך

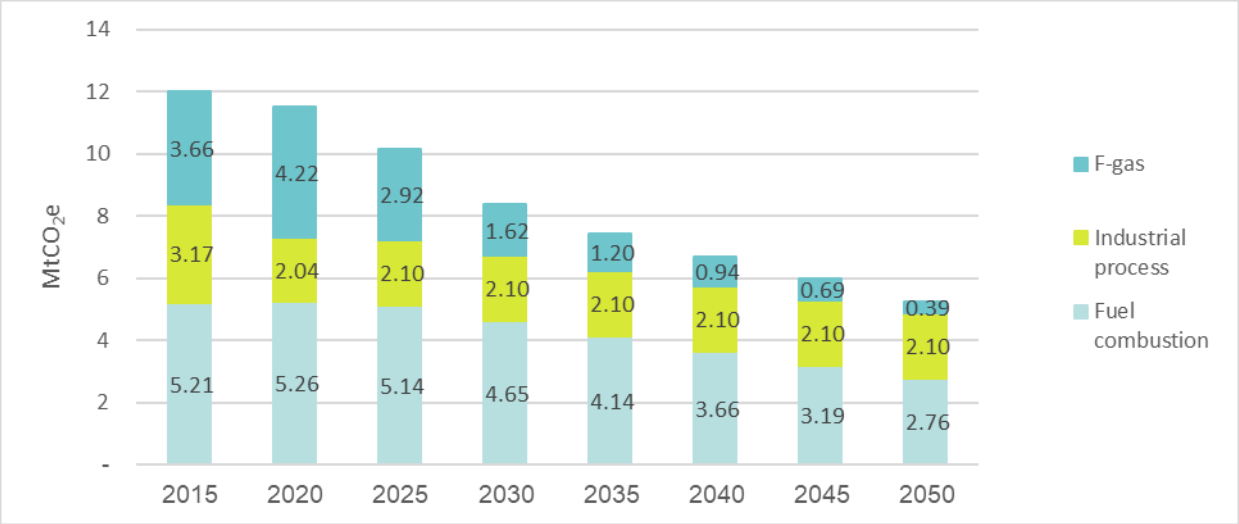
- ייצור מלט: כיוון שפליטות התהליך בתעשיית המלט תלויות בכמות תחליפי הקלינקר הזמינה, לסגירת התחנות הפחמיות בתרחיש ההפחתה השפעה על היצע אפר הפחם עבור תעשיית המלט. לכן, בתרחיש ההפחתה הונח כי אחוז הקלינקר במלט יגדל עקב מחסור באפר פחם כתוצאה מסגירת התחנות הפחמיות, ויתייצב על שיעור של 84% קלינקר מתוך הרכב המלט משנת 2025 והלאה. זאת, באופן זהה לתרחיש עסקים כרגיל.
- ייצור חומצה חנקתית: הונחו פליטות הזהות לאלו שבתרחיש עסקים כרגיל.

### הנחות עבור גזי קירור

הונח כי פליטות גזי החממה מהשימוש בגזי הקירור מסוג HFC יפחתו ב-100% ביחס לשנת 2015.

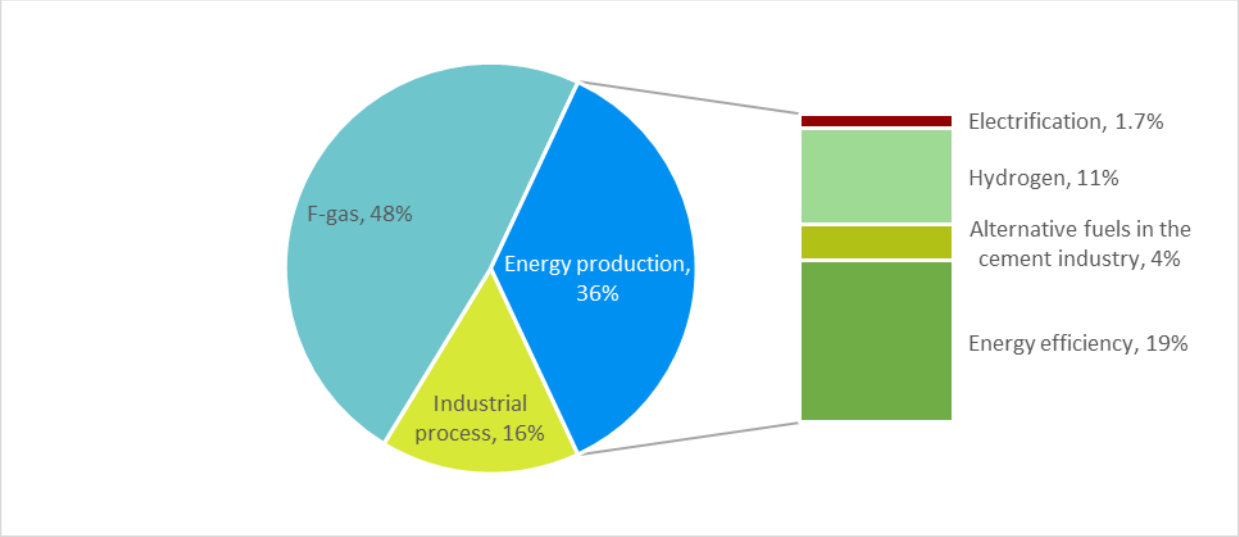
## תוצאות ומסקנות עבור תרחיש ההפחתה

*תרשים 44: פליטות גזי חממה בתעשייה בתרחיש ההפחתה, לפי שנה ומקור פליטה (מיליון טון פד"ח)*




חלק משמעותי מהפחתת הפליטות מושג באמצעות יישום תיקון קיגאלי, 48% מההפחתה. שאר ההפחתה מתחלקת בין הפחתה משריפה דלקים (36%) לבין הפחתת פליטות תהליך (16%):

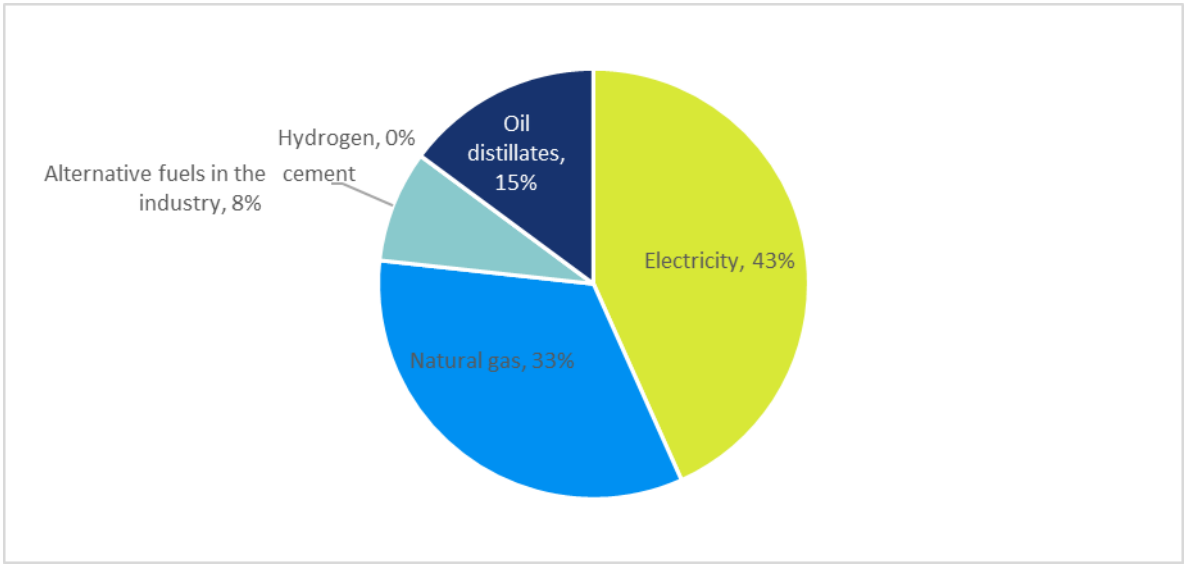
*תרשים 45: התפלגות הפחתת פליטות גזי החממה בשנת 2050 ביחס לשנת 2015*



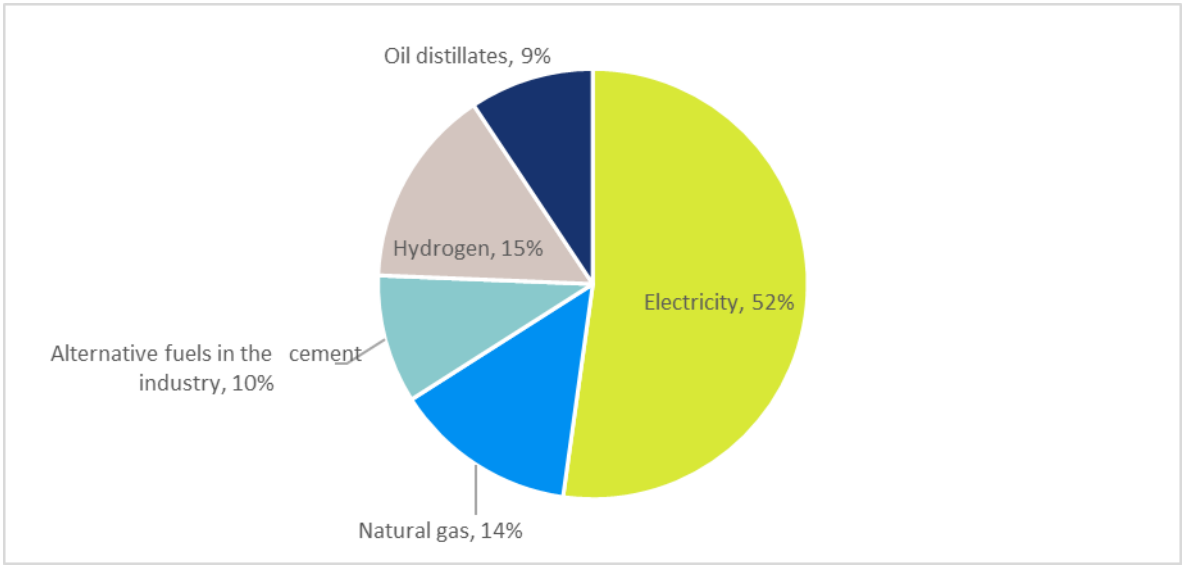

### פילוח צריכת הדלקים בתעשייה בתרחיש ההפחתה

לפי תרחיש ההפחתה צריכת החשמל, המימן והדלקים האלטרנטיביים בתעשיית המלט תהווה 52% ו77% (ב-2030 ו-2050 בהתאמה) מתמהיל האנרגיה בתעשייה, בעוד שתזקיקי הנפט יהוו 15% ו-9% ב2030 וב-2050 בהתאמה. תוצאה זו עומדת בקנה אחד עם תרחישי ההפחתה של ה-IEA, בהם תזקיקי הנפט מהווים 8% מתמהיל האנרגיה של התעשייה במדינות ה-OECD בשנת 2050 (להוציא שימוש בפחם, אשר זניח בתעשייה בישראל).

תרשים 46: פילוח צריכת הדלקים בתעשייה בתרחיש ההפחתה, 2030



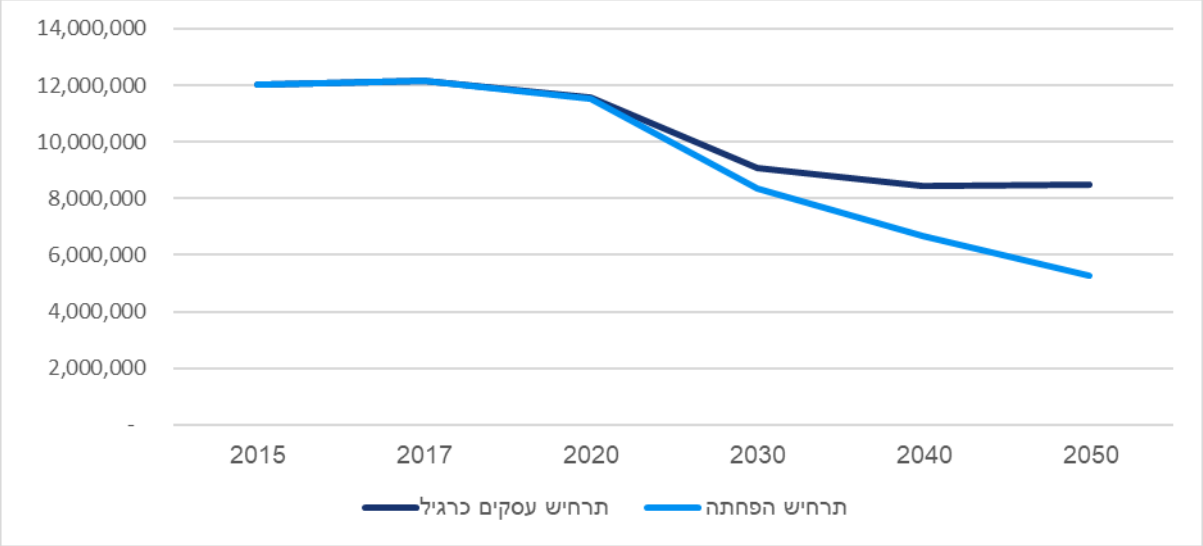

תרשים 47: פילוח צריכת הדלקים בתעשייה בתרחיש ההפחתה, 2050



## סיכום

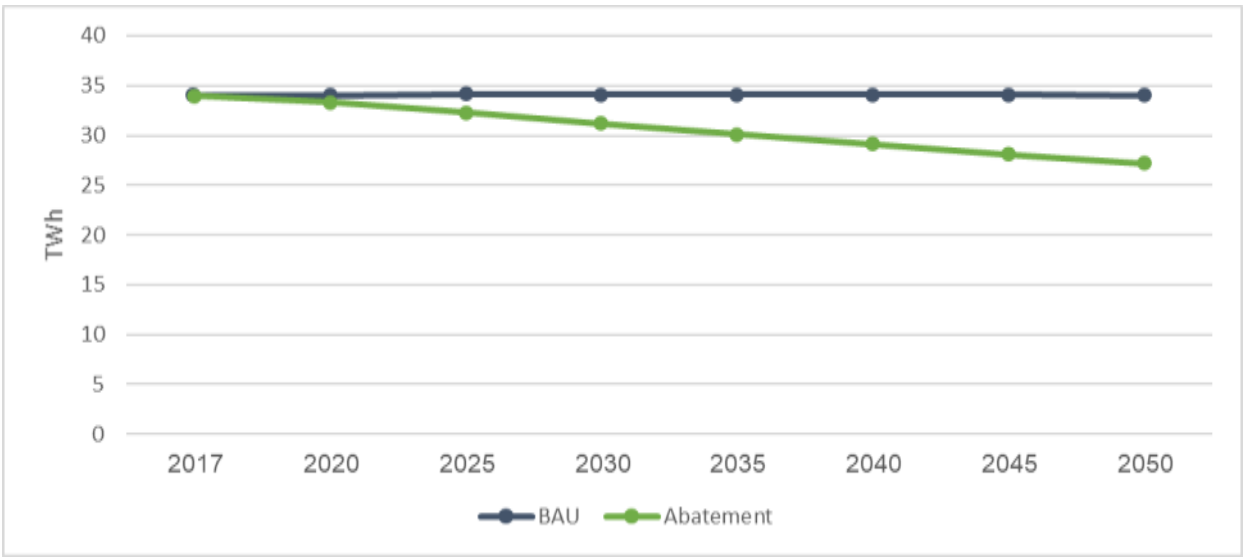
תרחיש ההפחתה בתעשייה מביא ל8% ול-38% הפחתת פליטות ב2030 וב-2050 (בהתאמה) ביחס לתרחיש עסקים כרגיל ול-30% ו-56% הפחתה ב2030 ו-2050 (בהתאמה) ביחס לשנת 2015.

*תרשים 48: הפחתת פליטות גזי חממה לפי תרחיש ושנה (טון פד"ח)*




כמו כן, צריכת האנרגיה בתרחיש עסקים כרגיל נשארת כמעט זהה לשנת 2015. בתרחיש ההפחתה צריכת האנרגיה קטנה ב-9% וב-20% ב2030 וב-2050 (בהתאמה) ביחס לתרחיש עסקים כרגיל ולשנת 2015:

*תרשים 49: צריכת אנרגיה לפי תרחיש (TWh)*




בטבלה מטה, ניתן לראות את הפערים בין תרחיש עסקים כרגיל לבין תרחיש ההפחתה ביחס למדדים שנקבעו עבור סקטור התעשייה:

*טבלה 19: השוואה בין תוצאות תרחיש עסקים כרגיל לתרחיש הפחתה לפי מדד*

| שם המדד | אופן החישוב | תרחיש עסקים כרגיל | | תרחיש ההפחתה | |
|---|---|---|---|---|---|
| **שנה** | | 2030 | 2050 | 2030 | 2050 |
| **יעילות השימוש במשאבים** | גידול במדד GDP/DMI[127] בשנת היעד, ביחס לשנת 2020 | --- | --- | 5% | 16% |
| **הפחתת פליטות גזי חממה של התעשייה** | הפחתת פליטות גזי חממה בשנת היעד ביחס לשנת 2015 | 25% | 29% | 30% | 56% |

[127] מדד המחושב באמצעות סכימה של משקל חומרי הגלם הנכרים במדינה ומשקל החומרים המיובאים אליה (לא חומרי גלם בלבד) בתחומים הבאים: ביומסה, אנרגיה (דלקים), מינרלים ומתכות.

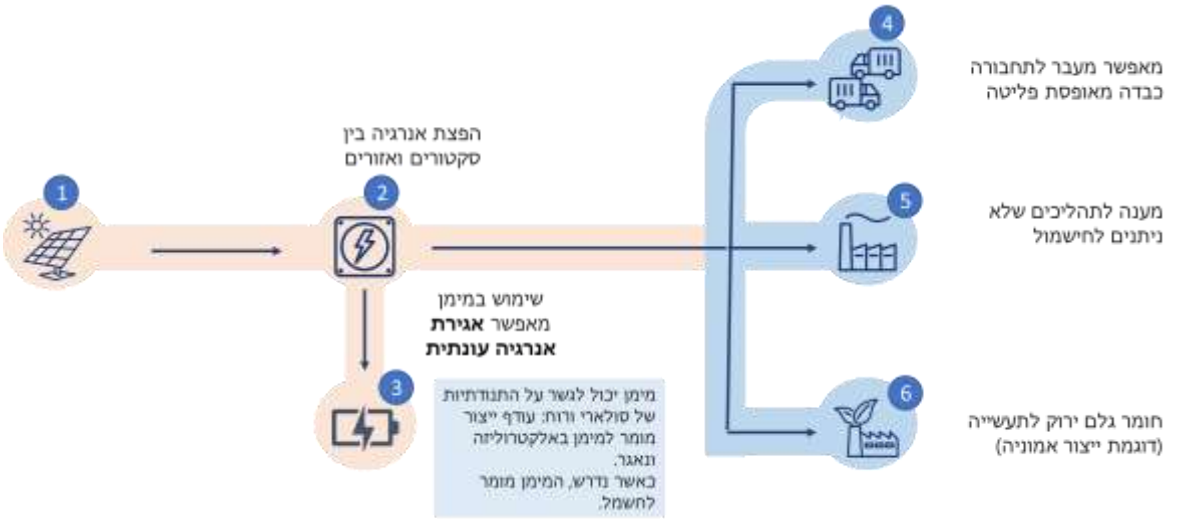
## המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות

תכנית היישום לתעשייה מתבססת על הפחתת השימוש בדלקים מזהמים בטווח הקצר, מעבר לדלקים מאופסי פליטה בטווח הארוך, אמצעים ליישום תיקון קיגאלי להפחתת פליטות מצריכת גזי קירור, ואמצעים ליישום כלכלה מעגלית. התכנית מורכבת מארבע חבילות מרכזיות:

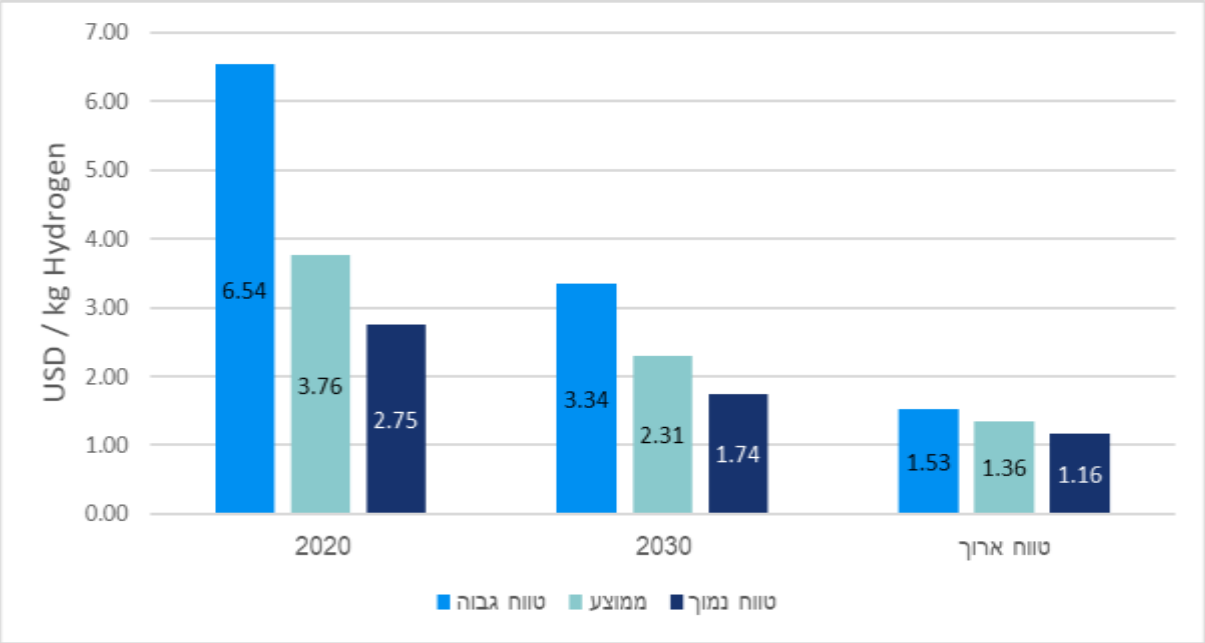
- **חבילה 1: הפחתת השימוש בדלקים מזהמים** - כיום קיימות חלופות טכנולוגיות לכלל מערכות האנרגיה העיקריות בתעשייה, שאינן מבוססות דלקים מאובנים בכלל ותזקיקי נפט בפרט. מפת הדרכים תתמקד בעשור הקרוב בהפסקת השימוש במזוט ופטקוק, תזקיקי הנפט בעלי ההשפעות הסיבתיות והבריאותיות המשמעותיות ביותר, וזאת בדגש על אפיקים שאינם מבוססי דלקים מאובנים:
  - **פתרונות חישמול** דוגמת משאבות חום, מחממי זורמים חשמליים ומחוללי קיטור
  - **שימוש בביומסה ודלק שמקורו פסולת (RDF)**
  - **מערכות תרמו-סולאריות** תעשייתיות לייצור קיטור / חימום שמן תרמי
  - **התייעלות באנרגיה:** יישום טכנולוגיות ושיטות המצמצמות את העצימות האנרגטית של מערכי הייצור, כגון ניצול חום שיורי של תנורים ומתיכים.
- **חבילה 2: מעבר לדלקים מאופסי פליטה** – יש לפעול לקידום ופיתוח מעבר ארוך-טווח לדלקים מאופסי פליטה (בייחוד מימן ואנרגיה מתחדשת ישירה, כמו גם חלופות לשימוש בנפטא כחומר גלם).

במסגרת מאמצים אלו יושם דגש מיוחד על מימן ירוק (מימן המופק מאנרגיה מתחדשת באמצעות אלקטרוליזה). מימן הוא דלק שאינו פולט גזי חממה בתהליך שריפתו ואשר יכול להוות תחליף לדלקים פוסיליים בתהליכים הדורשים חום גבוה – האתגר המשמעותי ביותר בדה-קרבוניזציה של סקטור התעשייה בטווח הארוך. מעבר לכך, מימן מספק פתרון לשני אתגרים משמעותיים נוספים למעבר למשק דל פחמן – דלק עבור תחבורה כבדה, ומקור לאגירה ארוכת-טווח של חשמל הנדרש לשם מעבר ל-100% אנרגיה מתחדשת.

*איור 1: יתרונות לשימוש במימן*




בעוד שכיום עלות ייצור אנרגיה תרמית באמצעות מימן ירוק לתעשייה גבוה משמעותית מהשימוש בדלקים מאובנים קונבנציונאליים, מימן עשוי להיות תחרותי כמקור לייצור אנרגיה תרמית לתעשייה כבר בטווח הבינוני (ב-2030), ביחס לתזקיקי נפט. זאת כתוצאה מירידת המחירים הצפויה כתוצאה מהוזלה של מתקני אלקטרוליזה ושיפור הנצילות האנרגטית של התהליך לצד ירידה במחירי אנרגיה מתחדשת בכלל ו-PV בפרט. עלות המימן צפויה לרדת בממוצע בכ-40% בעשור הקרוב, ובכ-65% בטווח הארוך – לעומת מחירו כיום.




במדינות רבות בעולם - וביניהן הולנד, גרמניה, ואוסטרליה – הושקו לאחרונה תוכניות אסטרטגיות לקידום משק המימן הכוללות השקעות תקציביות משמעותיות. נוסף על כך, באיחוד האירופי הוקם גוף ייעודי - European Clean Hydrogen Alliance - אשר מטרתו לקדם השקעות של 300-450 מיליארד אירו במימן עד שנת 2030. זאת לצד השקת אסטרטגיית 40+40 GW alliance של התעשייה האירופית המציבה יעד להקמת 40 גו"ט אלקטרוליזה בתחומי האיחוד + 40 גו"ט אלקטרוליזה במדינות שכנות לשם אספקת מימן ירוק למדינות שכנות.[129]

- **חבילה 3: אמצעים להפחתת השימוש בגזי HFC בהתאם לתיקון קיגאלי לפרוטוקול מונטריאול** – ב-1987 חתמו 46 מדינות על פרוטוקול מונטריאול בנוגע לחומרים הפוגעים בשכבת האוזון. ישראל אשררה את הפרוטוקול בשנת 1992. המטרה של הפרוטוקול הייתה להפסיק בהדרגה את הייצור והצריכה של החומרים הכימיים העיקריים – ובעיקר גזי קירור - שגורמים להרס של שכבת האוזון המגנה על כדור הארץ בין היתר מפני קרינה אולטרה-סגולה שגורמת לסרטן העור בקרב בני אדם ובעלי חיים נוספים. אולם, צמצום השימוש בגזי קירור המדללים את שכבת האוזון הביא לצמיחה משמעותית בצריכת התחליף הזמין ביותר - גזי קירור מסוג HFC המהווים גזי חממה רבי עוצמה - אשר כיום נכללים במערכות קירור ומיזוג אוויר ומשמשים בכל ענפי המשק. על כן, לפרוטוקול מונטריאול נוספו תיקונים (Amendments) כאשר האחרון מבניהם נחתם ב-2016 בקיגאלי בירת רואנדה ומחייב את כלל המדינות החתומות להפחית בהדרגה את הייצור והשימוש בגזי ה-HFCs. בשנת 2016, ישראל חתמה על תיקון קיגאלי ובנובמבר 2020 הועבר תקנון תקנות חומרים מסוכנים, המאפשר יישום של תיקון קיגאלי והגבלת ייבוא גזי ה-HFCs. בעקבות כך יישמו החל מ-1.7.2022 מכסות על ייבוא גזים מסוג HFCs לישראל. חבילת אמצעים זו נועדה לסייע למשק במתן פתרונות לאתגרים שיכולים להיווצר נוכח צמצום הייבוא של גזי קירור.

[128] עלויות שריפת מימן ירוק בשנת 2030 ובטווח הרחוק חושבו על פי המתודה שהוצגה לעיל בניתוח הכלכלי של טכנולוגיות המימן, ועל פי תחזית מחירים שמקורה ב- ICCT, 2020 וב- IRENA, 2020, וכן עפ"י נצילות ואורך חיים שמקורם בדו"ח "The future of Hydrogen", IEA, 2019.

[129] https://www.hydrogen4climateaction.eu/2x40gw-initiative

- **חבילה 4: אמצעים לעידוד התעשייה למעבר לכלכלה מעגלית** - האופן שבו מוצרים מיוצרים ונצרכים אחראי על 45% מפליטות גזי החממה בעולם בעוד ייצור החשמל אחראי על 55% הנותרים. עבודה אשר פורסמה ב2019 ע"י קרן אלן מקארתור הראתה כי בכדי לצמצם בצורה מאסיבית את פליטות גזי החממה, אין זה מספיק לצמצם את הפליטות משריפת הדלקים אלא יש ליישם כלכלה מעגלית שמביאה להתייעלות במשאבים130. בשל כך, בנוסף ליעדי הפחתת הפליטות, גובש יעד נוסף ליעילות השימוש במשאבים, תוך התייחסות למדד ה-GDP/DMI131. היעד נקבע לגידול במדד זה של 5% עד 2030 ו-16% עד שנת 2050, ביחס לשנת 2020. חבילת אמצעים זו נועדה לסייע למשק לעבור למודל של כלכלה מעגלית ולהביא להתייעלות במשאבים.

## היעד: הפחתת פליטות גזי חממה ב-56% עד 2050 (ביחס לשנת 2015)

### חבילה 1: הפחתת שימוש בדלקים מזהמים

1. **תכנית תמיכה להפחתת שימוש בדלקים פוסיליים מזהמים בתעשייה** – גיבוש תכנית התמיכה להפחתת השימוש בדלקים תאפשר תמהיל מקורות אנרגיה שונים, יחד עם פתרונות נקיים יותר כגון חשמול, אנרגיות מתחדשות, התייעלות אנרגטית וכיוצ"ב.

2. **מענקי תמיכה להתייעלות אנרגטית והפחתת פליטות גזי חממה בתעשייה** המשך הפעלת תכנית המענקים להתייעלות באנרגיה והפחתת פליטות גזי חממה המשותפת למשרד הכלכלה, משרד האנרגיה, המשרד להגנת הסביבה ומשרד האוצר. התכנית נועדה לתמוך בפרויקטים המציעים החלפת טכנולוגיות ישנות ולא יעילות אנרגטית במערכות חדשות וחסכוניות, כגון מערכות תאורת פנים וחוץ, התקנת מערכות בקרה וניטור מתקדמות, מערכות קירור מבנים, משאבות חום, מערכות אוויר דחוס ועוד.

3. **בחינת תמיכה בשימוש בRDF כתחליף לפטקוק בתעשייה, בכפוף לבחינת ההשפעות על זיהום אוויר, לרבות:**
   - **התאמות רגולטוריות שיאפשרו את העלאת אחוז הRDF בתהליך ל85%**
   - **תמיכה בהקמת מתקני ייצור RDF**
   - **העלאת היטל ההטמנה (כתמריץ לניצול פסולת כRDF)**

4. **תיקון חוק אוויר נקי להחלת חובת הגשת תכנית הפחתת פליטות גזי חממה** –תיקון זה יטמיע דרישה ממקור טעון היתר פליטה לאוויר להגיש במעמד עדכון ההיתר תכנית הפחתת פליטות גזי חממה שבע-שנתית לאישור הממונה על היתרי הפליטה ויגדיר את הסנקציות במקרה והתכנית אינה מיושמת כמוסכם.

### חבילה 2: עידוד המעבר לשימוש בדלקים אלטרנטיביים (כגון מימן, אנרגיה מתחדשת ישירה ועוד)

1. **תכנית אסטרטגית לעידוד מעבר התעשייה לדלקים אלטרנטיביים -** הקמת צוות אשר יגבש ויגיש לממשלה תכנית אסטרטגית לעידוד מעבר התעשייה לדלקים אלטרנטיביים, תוך בחינה בין היתר של הנושאים הבאים:
   - **הקמה של גוף האמון על הטווית מדיניות ארוכת טווח לשימוש בדלקים אלטרנטיביים** וחלוקת סובסידיות ותקציבים לשם כך, תוך שיתוף פעולה הדוק עם התעשייה.
   - **הקצאת תקציבים לתמרוץ המעבר למימן בתחומים הבאים:**
     - אנרגיה מתחדשת שתשמש לייצור מימן
     - טכנולוגיות אלקטרוליזה לייצור מימן

---

[130] Ellen MacArthur Foundation, Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change (2019) www.ellenmacarthurfoundation.org/publications - https://emf.thirdlight.com/link/2j2gtyion7ia-n3q5ey/@/preview/1?o

[131] מדד המחושב באמצעות סכימה של משקל חומרי הגלם הנכרים במדינה ומשקל החומרים המיובאים אליה (לא חומרי גלם בלבד) בתחומים הבאים: ביומסה, אנרגיה (דלקים), מינרלים ומתכות.

- תובלה, חלוקה, אגירה ואחסון של מימן
- תמיכה בהתאמה של המערכות במפעלים לשימוש במימן
- תמיכה במחיר המימן / דלק אלטרנטיבי

- **בחינת חלופות לשימוש בנפטא כחומר גלם בתעשייה, בדגש על תעשיית הפלסטיק.**

- **בחינת שינוע מימן בצנרת הגז -** אחת הדרכים לאספקת מימן לצרכנים גדולים היא באמצעות צנרת הגז הקיימת, הן בשילוב חלקי עם גז והן באופן מלא. ככל ששיעור המימן גבוה יותר, כך נדרשת התאמה משמעותית יותר של הן של הצנרת והן של צרכני הקצה וזאת בכדי להתמודד עם האתגרים התפעוליים והבטיחותיים של מימן.

כיום בעולם ניתן להגיע לעד כ-10% מימן מנפח הגז בצנרת ללא התאמות מיוחדות של מכשור[132]. כמו כן, קיימים פיילוטים ברחבי העולם המאפשרים שימוש ב20% מימן מנפח הגז בצנרת.[133] וזאת לצד תכניות באירופה להסבה מלאה של צנרת גז ל-100% מימן.

הצוות יבחן את האפשרות להזרים מימן כחלק מאספקת הגז בשיעורים נפחיים נמוכים, כמו גם את ההתאמות שיידרשו להזרמת מימן בשיעורים גבוהים יותר (לכדי 100% בטווח הארוך).

- **תמיכה בפיילוטים למעבר לדלקים אלטרנטיביים** –זיהוי וקידום פיילוטים למעבר לדלקים אלטרנטיביים בתעשיות ספציפיות, כגון התעשייה הכימית, ייצור חלקים לענף התעופה, וייצור מתכות.

- **תמיכה בפיילוטים לשימוש במימן ירוק כחומר גלם** – זיהוי וקידום פיילוטים לשימוש במימן ירוק, המיוצר מאנרגיה מתחדשת, כחומר גלם בתעשייה, לרבות לייצור אמוניה והתעשייה הפטרו-כימית.

- **תמרוץ הביקוש לדלקים אלטרנטיביים:**
  - פיתוח תקן למוצרים דלי פחמן, שנועד לקדם שימוש בדלקים אלטרנטיביים, בהתבסס על פליטות מכלל מחזור החיים (LCA)
  - סימון מוצרים שיוצרו בתהליך דל פחמן
- **השקעה במחקר ופיתוח** –קידום מחקר בנושאים כגון:
  - אלקטרוליזות ואמצעי ייצור אחרים אשר מסוגלים לספק מימן בקנה מידה גדול
  - שימוש ברשת הגז הטבעי הקיימת להולכת מימן
  - השפעות המעבר לדלקים אלטרנטיביים על פליטות גז"ח וזיהום אוויר, שוק העבודה, השפעות חברתיות וכו'.

## חבילה 3: תכנית לאומית ליישום תיקון קיגאלי

**תקנות ורגולציה**

1. **תיקנון תקנות חדשות להגבלת ייבוא, ייצור שיווק ומכירה של מערכות בהתאם ל-GWP של הקרר** –מגבלות ייבוא על ציוד ומערכות מהווה אמצעי משמעותי במעבר לגזי קירור מופחתי פליטות גזי חממה בהתאם לתיקון קיגאלי. תקנות אלו בראש ובראשונה ימנעו חדירה לישראל של ציוד שאינו יכול להימכר בשאר העולם בשל המגבלות הקיימות במדינות אחרות (dumping). כמו כן, תקנות אלו יסייעו לצרכנים בכך שימנעו רכישה של ציוד זול שלא ניתן יהיה לתת לו שירות ראוי כתוצאה מהפסקת השימוש בקרר הרלוונטי.

[132] מידת החדירה של המימן תלויה בציוד בעל הסיכון הגבוה ביותר להיפגע מתוך הציוד הדרוש להעברת מימן בצנרת.
[133] https://hydeploy.co.uk/

2. **תיקון תקנות מקורות אנרגיה לחיוב איתור וטיפול בדליפות גזי קירור עבור מערכות גדולות** –תקנות אלו יגדירו חובה לביצוע בדיקות תקופתיות לדליפות ויסדירו את חובות הדיווח והטיפול בדליפות בעת הגילוי. בדיקות אלו יסייעו למניעת דליפות גזי הקירור מהמערכות והפחתת הצורך בייבוא גז לצורך מילוי חוזר.
3. **אכיפת החובה לטיפול בגזי קירור באתרי גריטה מורשים והקמת מערכת דיווח מחייבת** - כיום פועלים שישה אתרי גריטה מורשים לגריטת מכשירים ומכונות המכילים מעגל סגור של גזי קירור (דוגמת מקררים וצ׳ילרים). אתרים אלו מחויבים במסגרת רישיון העסק לתנאים הבאים:
   - נקיטת כל האמצעים למניעת פליטת גז הקירור לאוויר החופשי
   - החזקת והפעלת ציוד השבה ומחזור של גז קירור
   - הפניית גז הקירור שנאסף לשימוש חוזר, מחזור או לאתר פסולת רעילה לצורך השמדה.

   על אף האמור לעיל, מרבית אתרי הגריטה אינם מבצעים בפועל מחזור של גזי הקירור ולמרביתם אין כלל את היכולת לעשות כן באתר. אכיפת תנאי רישיון העסק צפויה לסייע לשוק בצמצום הפער בין הביקוש הטבעי לבין הייבוא המותר וזאת באמצעות השבת גז ממערכות ישנות למשק.
4. **חיוב גריטה מסודרת של המערכות הישנות למגרשים המורשים לעסוק במחזור ו/או השמדה של הגז הקיים במערכות** – גריטה מסודרת תבטיח איסוף גבוה יותר של הגז הקיים במערכות בסוף חייהן ויאפשר טיפול יעיל בגז ומניעת שחרורו לאוויר. הגדלת שיעורי המחזור כפי שצוין לעיל תצמצם את הפער בין הביקוש הטבעי לבין הייבוא המותר.
5. **חקיקת חוק המסדיר את מקצוע מתקיני ונותני שירות למערכות מיזוג וקירור ועדכון התקינה הישראלית באופן המותיר ייבוא של מערכות הפועלות על גזים דליקים** כיום, במסגרת ת״י 994 חלק 1 ״מזגני אויר: דרישות בטיחות ודרישות פעולה״, נאסר הייבוא של מערכות מיזוג וקירור המכילות גזי קירור דליקים – מערכות המהוות התחליף הנפוץ ביותר בעולם למערכות מיזוג ביתיים ומסחריים קטנים הפועלים על גזי HFC. זאת, משום שבישראל המתקינים ונותני השירות של מערכות אלו אינם עוברים הכשרה והסמכה מתאימה לעבודה עם גזים דליקים ואינם מחזיקים רישיון אשר מעיד על כך. בכדי לתת מענה לצורך זה, בנובמבר 2019 פורסם תזכיר חוק אסדרת העיסוק במקצועות קירור ומיזוג להערות הציבור, אך לא התקדם לכנסת. אישור החוק יאפשר את כניסתו לתוקף של תיקון התקן הישראלי, באופן המאפשר שימוש בגזים אלו.

**תמריצים ומענקים**

6. **שילוב הנחיות בדבר הגבלת GWP מקסימלי של גזי קירור בתכניות מענקים וערבויות ממשלה קיימות** – הנחיות המגבילות את ה-GWP המקסימלי של קררים בציוד הזוכה לתמיכה ממשלתית שולבו זה מכבר בתכנית מענקים משותפת לפרויקטים להתייעלות אנרגטית והפחתת פליטות גזי חממה של המשרד להגנת הסביבה, משרד הכלכלה, משרד האנרגיה, ומשרד האוצר. זאת, בכדי להבטיח שהמדינה אינה תומכת בפרויקט אשר מצמצם צריכת אנרגיה מחד אך סותר את מחויבות המדינה להפחתת השימוש בגזי קירור מסוג HFCs מאידך. יש לשלב הנחיות דומות ביתר תכניות המדינה המציעות מענקים או ערבויות מדינה לפרויקטים של התייעלות אנרגטית במערכות מיזוג ו/ או קירור, ובפרט מסלולי מענקים של משרד האנרגיה במסגרת התכנית הלאומית להתייעלות באנרגיה וקרן ההלוואות לפרויקטי התייעלות אנרגטית. יש לבצע עדכון תקופתי של מגבלות אלו בכלל התכניות וזאת בהתאם לחלופות הזמינות מסחרית במשק, ולמדרגת ההפחתה המתאימה.
7. **תקנון תקנות חובת המכרזים באופן הקובע הגבלות בהנחיות הרכש הממשלתי על מערכות מיזוג וקירור אופייניות לפי GWP מקסימלי** – זאת תוך התייחסות למערכות המיזוג והקירור האופייניות למשרדים הממשלתיים ויחידות הסמך, לרבות צ׳ילרים למיזוג אוויר ומזגנים מפוצלים, ומקררים ביתיים אשר משמשים משרדים גם כן, ובמטרה לקדם הטמעה מוקדמת של חלופות המיטביות הזמינות לשוק. מגבלות אלו יעודכנו מעת לעת בהתאם להתפתחויות בחלופות הזמינות.
8. **עידוד וסיוע להקמת מתקן לטיפול בגזים הממוחזרים** – בכדי למנוע מצב של מחסור בגז יש לפעול לעידוד הקמת מתקני טיפול בגזים לצורך מחזור והשבה. מתקנים אלו יאפשרו השבה של גז ממערכות שהוצאו משימוש חזרה אל השוק ויתנו מענה לביקוש בשוק לגזים אלו.
9. **בחינת הצורך בתכנית מענקים ממשלתית ייעודית** בדגש על:

- הגברת קצב התחלופה מהמערכות הקיימות לחלופות הזמינות
- התמקדות במערכות קירור ומיזוג אוויר תעשייתיות ומסחריות תוך התייחסות למגזרים חשופים במיוחד.
- קידום דרישה לגריטה מסודרת של המערכות הישנות למגרשים המורשים לעסוק במחזור ו/או השמדה של הגז הקיים במערכות וזאת כתנאי למתן המענק.

הבחינה תיעשה על ידי צוות בין-משרדי של המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה, משרד הכלכלה ומשרד האוצר.

**אמצעים נוספים**

10. **העלאת המודעות הציבורית – יש לפעול להעלאת מודעות ציבורית תוך התמקדות בשלושה כיוונים עיקריים:**

- חובת תיווי למערכות וציוד המכילים גזי קירור תוך הצגת סוג וכמות הגז באופן שיגביר את מודעות הציבור בדבר הוצאת הגזים משימוש בעת רכישת הציוד. חובת התיווי תיכלל בתקנות החדשות אשר יגבילו את הציוד והמערכות המיובאים לפי GWP מקסימלי.
- סדנאות עבור הסקטור המסחרי והתעשייתי לרבות ימי עיון בהתאחדות התעשיינים ופרסומים בדבר המשמעויות ארוכות הטווח של תיקון קיגאלי והחלופות הזמינות.
- קמפיין הסברתי לסקטור הביתי אודות סיכוני הבטיחות בגזים החדשים וחובת ההסמכה והרישוי למתקינים.

## היעד: גידול של 16% במדד GDP/DMI בשנת 2050 (ביחס לשנת 2020)

### חבילה 1: עידוד התעשייה למעבר לכלכלה מעגלית

1. **סימביוזה תעשייתית -** תמיכה בהשקעות להמשך הפעלת הפרויקט לסימביוזה תעשייתית שמחבר בין ארגונים כך שפסולת של ארגון אחד הופכת לחומר גלם של ארגון אחר.
2. **המרכז להתייעלות במשאבים -** המשך הפעלת המרכז להתייעלות במשאבים המספק ייעוץ מסובסד לתעשייה שרוצה ליישם כלכלה מעגלית ולחסוך במשאבים ומשמש כמרכז ידע בנושאים אלו.
3. **תמיכה בפרויקטי מו"פ של כלכלה מעגלית -** הקמת מסלול תמיכה ייעודי בפרויקטים של כלכלה מעגלית במסגרת זירת ייצור מתקדם ברשות החדשנות (במסגרת מסלול מופ"ת).
4. **תמיכה בעיצוב מעגלי** - קידום תמיכה בעיצוב מעגלי.
5. **תמיכה במפעלי מחזור – תכנית תכנון מעגלי** - תמיכה במימון השקעות עבור מפעל מיחזור ומפעלי תעשייה המעוניינים לשתף פעולה להטמעת חומרים ממוחזרים בתהליכי הייצור של המפעל התעשייתי.
6. **תמיכה במפעלי מחזור - הרחבה/שדרוג מפעלי מחזור** - תמיכה במימון השקעות עבור מפעלי מיחזור המעוניינים להגדיל את הפעילות הייצרנית, לשדרג את מוצרי המחזור, להקים קווי מיחזור חדשים, והקמת מפעלי מיחזור חדשים.
7. **תקינה עבור מוצרים** - אימוץ תקינה המאפשרת שימוש בחומרי גלם ממוחזרים במוצרים. התקנים הרלוונטיים יעודכנו תחילה בתחום הבניה והפלסטיק.
8. **מחזור פסולת בניין במחצבות** - הסרת החסמים שאינם מאפשרים מיחזור פסולת בניין במחצבות ובכך לשפר משמעותית איכות והכמות של ההיצע והביקוש לחומרי גלם ממוחזרים בתחום הבניה.

# פסולת

# פסולת[134]

## הקדמה

להטמנת פסולת השלכות סביבתיות שליליות רבות. נזקי ההטמנה נמשכים לעיתים מאות שנים לעתיד, והם כוללים פליטת גזי חממה ומזהמי אוויר מקומיים, זיהום קרקע ומים עקב חדירה וחלחול של תשטיפים בעלי תכולה גבוהה של תרכובות אורגניות וא-אורגניות (כולל מתכות כבדות), תפיסת שטחים פתוחים ופגיעה בהם, מפגעי נוף ועוד. בהקשר של שינוי אקלים, יצוין כי בשנת 2017 הטמנת פסולת הייתה אחראית לכ-7.3% מפליטות גזי החממה[135], כאשר עיקר פליטות גזי החממה נובעות ממתאן הנפלט ממטמנות מפסולת פריקה ביולוגית.

## מגמות בישראל

משק הפסולת בישראל אינו משק בר-קיימא. **במדינת ישראל כ-80% מהפסולת מוטמנת, נתון שלא השתנה באופן משמעותי לפחות ב-20 השנים האחרונות.** זאת בזמן שמספר מדינות באיחוד האירופי הפחיתו באופן משמעותי את אחוזי ההטמנה בתקופה של עשור.

בניגוד למגמות הנצפות במדינות האיחוד האירופי – גידול משמעותי באחוזי המחזור (בממוצע 46% נכון לשנת 2017 לעומת 14% בישראל)[136], בישראל אחוזי המחזור נמוכים לעומת מדינות ה-OECD. נוסף לכך, כמות הפסולת לנפש בישראל גדלה בעשור האחרון בשיעור שנתי ממוצע של 2.6% (לעומת מגמת הפחתה שנתית בשיעור 1.4% בפסולת לנפש באירופה) ויחד עם גידול האוכלוסייה הגבוה יחסית ממילא, כמות הפסולת הכוללת גדלה בהיקפים משמעותיים.

אסטרטגיה זו מנסה לבנות על המידע והתובנות מתהליכים אסטרטגיים אלו, כמו גם להציב במרכז את תפיסת הכלכלה המעגלית בראייה ארוכת טווח וכוללת. זאת כדי להפחית עד כמה שניתן את הפסולת וההשפעות הסביבתיות השליליות הנלוות לה ולהביא למקסימום את השימוש היעיל במשאבי טבע.

בינואר 2021, פרסם המשרד את האסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא 2021-2030 ומעבר לכלכלה מעגלית בשנת 2050 (להלן "אסטרטגיית המעבר לכלכלה מעגלית"). אסטרטגיה זו מציבה במרכז את תפיסת הכלכלה המעגלית בראייה ארוכת טווח וכוללת. זאת, כדי להפחית עד כמה שניתן את הפסולת וההשפעות הסביבתיות השליליות הנלוות לה ולהביא למקסימום את השימוש היעיל במשאבי טבע. אסטרטגיית המעבר לכלכלה מעגלית משלימה כמה תהליכים אסטרטגיים נוספים שהובלו על ידי המשרד להגנת הסביבה בשנים האחרונות ומסונכרנת עימם. בראשם התוכנית האסטרטגית לצמיחה ירוקה (2011–2012)[137] והתוכנית האסטרטגית למעבר לכלכלה דלת פחמן 2050[138]. בהתאם לכך אסטרטגיה זו מדגישה גם היא את הצורך ביצירת כלכלה משגשגת ובת-קיימא.[139]

## היררכיית הטיפול בפסולת ושינוי אקלים

ריכוז גזי חממה באטמוספרה מחולל שינויים באקלים כדור הארץ. המקור העיקרי לפליטות גזי חממה הוא שריפת דלקים פוסיליים בסקטורים שונים במשק ובכללם משק הפסולת. על פי הפאנל הבין-ממשלתי לשינוי האקלים

---

[134] פרק זה מבוסס על "התכנית האסטרטגית למשק פסולת בר קיימא 2021-2030 ומעבר לכלכלה מעגלית ב-2050" של המשרד להגנת הסביבה.

[135] מצאי פליטות גזי חממה (2017), הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

[136] Record recycling rates and use of recycled materials in the EU, Eurostat, 4 March 2019.

[137] התכנית הלאומית לצמיחה ירוקה: מחברים בין כלכלה לסביבה, המשרד להגנת הסביבה ומשרד הכלכלה, 2012.

[138] www.gov.il/he/departments/topics/israel-2050

[139] מחקר מהעת האחרונה שנעשה באיחוד האירופי מצא כי הטמעת עקרונות הכלכלה המעגלית בכלכלה האירופאית יכולה להוביל לגידול של 0.5% בתמ"ג עד לשנת 2030 כמו גם לתוספת של כ-700,000 משרות חדשות:
Cambridge Econometrics, Trinomics, and ICF (2018), Impacts of circular economy policies on the labour market.

(IPCC),140 ללא צעדים משמעותיים להפחתת פליטות גזי חממה הטמפרטורה בעולם צפויה לעלות באופן ניכר עד סוף המאה ולהאיץ תהליכים בעלי השפעה אקוטית על מערכות אקולוגיות, על בריאות האדם ועל החברה.

גם בהעדר אפשרות לתמחור נזקי ההשפעות החיצוניות על כלל רכיבי הסביבה, ניתן ללמוד על ההצדקה הסביבתית-כלכלית של מדרג הטיפולים בהיררכיית הפסולת דרך הפריזמה של שינוי אקלים. תמחור העלות החיצונית של פליטות גזי חממה הוא תחום מפותח מחקרית בעולם, וזה כמה שנים שהמשרד להגנת הסביבה מפרסם את הערך הכספי של נזקי פליטות גזי חממה. במובן זה, ניתן לראות בפליטות גזי חממה משתנה מייצג (פרוקסי) של חומרת ההשפעה הסביבתית המיוחסת לטיפולים שונים בפסולת.

במסגרת גיבוש אסטרטגיית המעבר לכלכלה מעגלית, בוצעה הערכה כלכלית של הנזק הסביבתי הכרוך בטיפולים שונים בפסולת, תוך התמקדות בנזקי פליטות מזהמי אוויר וגזי חממה. מהניתוח עולה כי העלות החיצונית של פליטת גזי חממה לטון פסולת בטיפול מסוים עומדת ביחס הפוך לדירוג הטיפול בהיררכיית הפסולת. במילים אחרות: ככל שהטיפול מדורג נמוך יותר בהיררכיית הפסולת, עלות הנזק שלו לטון פסולת מטופלת גבוהה יותר במונחי פליטת גזי חממה.

### כמות פליטת גזי חממה כתמונת ראי של היררכיית הפסולת (שקל/טון)[141]

העלות החיצונית של פליטת גזי חממה לטון פסולת מטופלת חושבה באופן פרטני עבור כל סוג הטיפול. בטבלה הבאה מוצגות העלויות החיצוניות (נטו)142 של פליטות גזי חממה עבור טיפולים שונים בפסולת. להרחבה ניתן לקרוא במסמך אסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא 2021–2030 של המשרד להגנת הסביבה.

### עלות חיצונית (נטו) של פליטת גזי חממה, לטון פסולת מטופלת, 2019

| סוג הטיפול | עלות חיצונית גזי חממה – שקל/טון | תועלת חיצונית גזי חממה – שקל/טון | עלות חיצונית גזי חממה נטו (עלות בניכוי תועלת) – שקל/טון |
|---|---|---|---|
| הטמנה | 173 | - | 173 |
| מתקן תרמי - incineration | 74 | 46 | 28 |
| קומפוסט פתוח ומכוסה | 38 | - | 38 |
| קומפוסט סגור | 29 | - | 29 |

[140] IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C

[141] העלויות החיצוניות בטבלה זו נכונות לשנת 2019 ומשקפות את העלות החיצונית בניכוי תועלת חיצונית.

[142] העלויות החיצוניות משקפות פליטות ישירות מתהליכי הטיפול השונים. אשר לתועלת החיצונית – בשני מקרים שבהם קיים גם ייצור חשמל בתהליך (טיפול במתקן תרמי ועיכול אנאירובי) קיימת גם תועלת חיצונית, שנובעת מחיסכון של ייצור חשמל בתחנות כוח קונבנציונליות. בשני מקרים אלו, העלות החיצונית תוצג לפני (ברוטו) ואחרי (נטו) קיזוז ההשפעה של התועלת החיצונית.

| | | | |
|---|---|---|---|
| עיכול אנאירובי | 3 | 14 | -11 |

# תרחיש עסקים כרגיל

## שיטת מידול

פליטות המתאן מהצטברות מכל שנה מפסולת במטמנה חושבו לפי המודל של הIPCC לפליטות מתאן מפסולת. מודל זה לוקח כקלט את כמות והתפלגות הפסולת המוטמנת ונותן כפלט את פליטות המתאן מהפסולת שהוטמנה בשנה העקבית לשנת ההטמנה, בתוספת פליטות המתאן מפסולת שהוטמנה בשנים קודמות.

הפליטות חושבו הן לתרחיש עסקים כרגיל והן לתרחיש ההפחתה בהתאם לאסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא 2021- 2030 ומעבר לכלכלה מעגלית בשנת 2050 של המשרד להגנת הסביבה. פליטות מהטמנה היסטורית מבוססות על המערך הלאומי למעקב ובקרה אחר פליטות גזי חממה (MRV). הונח כי פליטות אלו קטנות ב6% בכל שנה (עיבוד נתוני למ"ס למערך ה-MRV[143]).

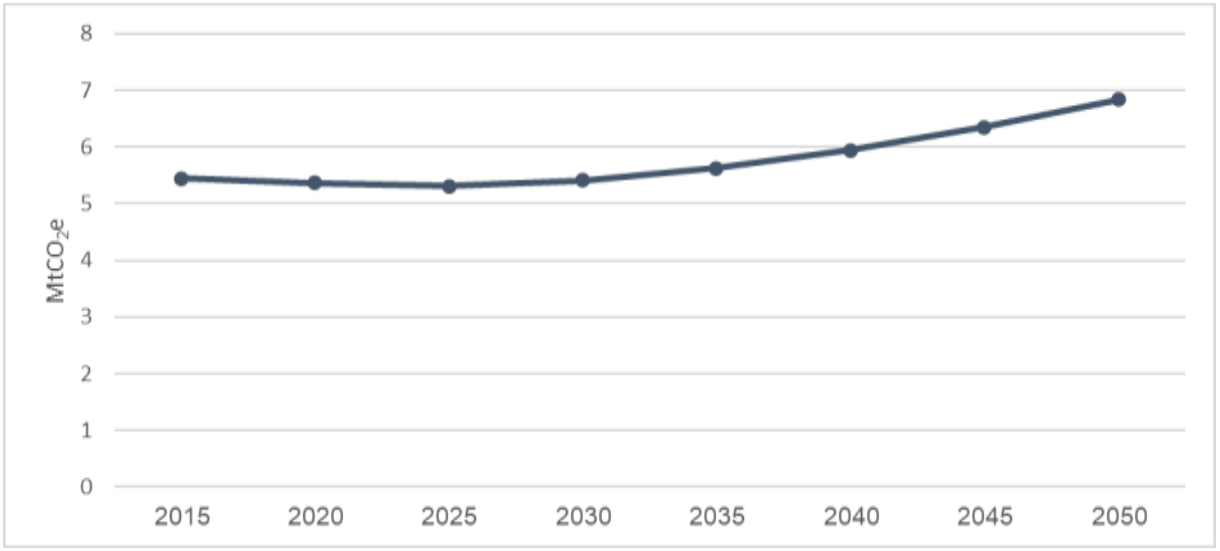
## הנחות מרכזיות

- בתרחיש זה הונח המשך המגמות הקיימות בדבר הטיפול בפסולת עירונית מעורבת, ללא יישום האסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא של המשרד להגנת הסביבה, ובפרט המשך הטמנה של הרוב המכריע של הפסולת במדינת ישראל.
- הונח כי 5% מסך המתאן הנפלט בשנה נאסף ומועבר לייצור ביו-גז (עיבוד נתונים של אגף פסולת, המשרד להגנת הסביבה).

## תוצאות ומסקנות

פליטות גזי החממה כתוצאה מהטמנת פסולת צפויות להישאר כמעט זהות לשנת 2017 בתרחיש עסקים כרגיל בשנת 2030 וצפויות לגדול ב-26% בשנת 2050 ביחס לשנת 2017 :

*תרשים 50: פליטות גז"ח כתוצאה מהטמנת פסולת (מיליון טון פד"ח)*




[143] ניתן לקרוא בהרחבה בנספח ב' - תיאור מודל.

## מגמות ויעדים בעולם

מספר מדינות הציבו לעצמן יעדים סקטוריאליים להפחתת פליטות גזי חממה עבור סקטור הפסולת. בנוסף, מספר מדינות נוספות הציגו באסטרטגיית ארוכת הטווח למעבר לכלכלה דלת פחמן שלהן את פוטנציאל ההפחתה מסקטור הפסולת. ניתן לראות בטבלה מטה פירוט של מספר מדינות נבחרות:

*טבלה 20: יעדים ופוטנציאל להפחתת פליטות גזי חממה מסקטור הפסולת במדינות נבחרות בעולם* [144]

| מדינה | יעד | שנת היעד | מקור |
|---|---|---|---|
| **צרפת** | יעד ל- 66% הפחתה פליטות גז"ח מסקטור הפסולת ביחס ל-2015 | 2050 | National Low Carbon Strategy, 2018 |
| **גרמניה** | יעד לכ-87% הפחתה מסקטור הפסולת והשפכים, ביחס לשנת 1990. | 2030 | Climate Action Plan 2050, 2016 |
| **דנמרק** | יעד למשק פסולת מאופס פליטות גזי חממה (carbon-neutral waste sector) | 2030 | Denmark's Mid-century, Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy, 2020 |
| **שבדיה** | פוטנציאל הפחתה של 81% ביחס לשנת 1990 | 2030 | Sweden's long-term strategy for reducing greenhouse gas emissions,2020 |
| | פוטנציאל הפחתה של 87% ביחס לשנת 1990 | 2050 | |
| **פורטוגל** | פוטנציאל הפחתה של 57-58% ביחס לשנת 2005 | 2030 | Roadmap for carbon neutrality 2050 (RNC2050),2020 |
| | פוטנציאל הפחתה של 77-80% ביחס לשנת 2005 | 2050 | |
| **לטביה** | פוטנציאל הפחתה של 66% ביחס ל-1990 | 2050 | Strategy of Latvia for the Achievement of Climate Neutrality by 2050, 2019 |
| **בלגיה** | פוטנציאל הפחתה של 95-98% ביחס לשנת 2005 | 2050 | Belgium's long-term strategy, 2019 |
| **פינלנד** | פוטנציאל הפחתה של כ-79% ביחס ל-2015 | 2050 | Finland's long-term low greenhouse gas emission development strategy, 2020 |

[144] פסולת מוגדרת כחומר שנותר לאחר המחזור. במרבית המקרים, הפסולת המשמשת להשבת אנרגיה באמצעות שריפה עודנה נחשבת כפסולת. עם זאת, אין זו קביעה חד משמעית וישנן מדינות המייחסות לפסולת רק את החומר שהוטמן או נשרף שלא לצורך השבת אנרגיה (https://ec.europa.eu/environment/waste/waste-to-energy.pdf)

## חזון ויעדים לישראל

להפוך את כלכלת מדינת ישראל עד שנת 2050 מכלכלה לינארית שאינה יעילה בצריכת משאבים ומזהמת את המרחב, לכלכלה מעגלית השואפת לאפס פסולות ופליטות לאוויר. להבטיח כי עד לשנת 2030 המשק הישראלי יפעל בהתאם לעקרונות היררכית הטיפול בפסולת, תוך הפחתת הפסולת הנוצרת לנפש, שימוש חוזר, מיחזור והשבה של חומרים ככל הניתן ולפי סדר זה כשההטמנה היא האופציה האחרונה. כלכלה בה ההשפעות של תהליכי הטיפול בפסולות זוכות ל"תג מחיר" מלא – מחיר כלכלי ישיר ומחיר כלכלי-סביבתי עקיף, ולאורך כל שרשרת הערך שלהם. כלכלה בה הפסולת הופכת ממטרד למשאב. זאת על מנת להביא לשיפור באיכות הסביבה להפחתת פליטות גזי החממה, לשיפור באיכות החיים של תושביי מדינת ישראל ולטובת קידום התחרותיות של התעשייה הישראלית, כתעשייה חדשנית ובעלת פריון משאבים גבוה.

### רקע לקביעת היעדים

מדיניות פסולת בת קיימא מהווה נדבך מרכזי בהפחתת פליטות גזי חממה, והיא עולה קנה אחד עם האסטרטגיה הלאומית למעבר לכלכלה דלה בפחמן, אותה מוביל המשרד להגנת הסביבה. יישום אסטרטגיית המעבר לכלכלה מעגלית אותה המשרד מקדם בימים אלו נועדה להביא לכך שעד לשנת 2030 צפויה הפחתה של כ-47% בפליטות המתאן ביחס לשנת 2015 בסקטור הפסולת והפחתה של כ-92% עד לשנת 2050.

עיקר פליטות גזי החממה נובעות היום ממתאן הנפלט ממטמנות מפסולת פריקה ביולוגית. אולם מלבד צמצום פליטות ישירות אלו, מדיניות פסולת המבוססת על עקרונות הכלכלה המעגלית תשפיע גם על הפחתת פליטות הנלוות לייצור של מוצרים ושירותים עקב התייעלות במשאבים ומניעת היווצרות פסולת במקור. למשל, מניעת בזבוז מזון יכולה לחסוך פליטות גזי חממה הנלוות לגידול חקלאי, עיבוד תעשייתי, הפצה וצריכה של מזון, כולל השלכתו. מדו"ח שפורסם על ידי המשרד להגנת הסביבה, עמותת לקט ישראל ו-BDO, עולה כי העלות החיצונית של פליטת גזי חממה לאורך שרשרת אובדן המזון מוערכת בכ-700 מיליון שקלים (לשנת 2019)[145]. שימוש חוזר ומיחזור מצמצמים את פליטות גזי החממה והשפעות סביבתיות שליליות נוספות הנלוות לתהליכי הכרייה של חומרי גלם והשלכתם בסוף חייהם. ניתן גם לעשות שימוש בפסולת פריקה ביולוגית לצורך ייצור אנרגיה מתחדשת באמצעות תהליכי עיכול אנאירובי ובכך להפחית מעט את הביקוש לאנרגיה ממקורות פוסיליים מתכלים.

בעוד שישנם שיקולים רבים שיש לבחון בבואנו להבין את ההשפעה של מדיניות פסולת כזו או אחרת דוגמת זיהום קרקע, מים ופליטות מזהמי אוויר, במקרים רבים פליטות גזי חממה הן משתנה מייצג (פרוקסי) טוב להשפעות הסביבתיות של זרם הפסולת המדובר ובאופן כללי ככל שהפסולת מטופלת גבוה יותר בהיררכיית הפסולת כך תקטן טביעת הרגל הפחמנית שלה. מכאן ההלימה בין הצורך של הכלכלה הישראלית לעבור למשק דל בפליטות פחמן לבין הצורך לעבור לכלכלה מעגלית.

### יעדים בתחום הפסולת

היעדים והמדדים עבור סקטור הפסולת הם מוצגים בטבלה הבאה:

*טבלה 21: יעדים בתחום הפסולת בישראל עבור שנת 2050*

| שם המדד | הגדרה | יעד 2030 | יעד 2050 |
|---|---|---|---|
| **הטמנת פסולת** | אחוז הטמנה מכלל הפסולת העירונית המוצקה | 20% | 0-5% |
| **פליטות גזי חממה ממשק הפסולת** | פליטות גזי חממה ממשק הפסולת (מ' טון $CO_2e$) | 2.9 | 0.5 |
| **הפחתת פליטות גזי חממה** | אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ממשק הפסולת | 47% | 92% |

[145] הדו"ח הלאומי לאובדן מזון ולהצלת מזון לשנת 2019

# תרחיש הפחתה

תרחיש ההפחתה מתבסס על אסטרטגיית המעבר לכלכלה מעגלית.

## הנחות מרכזיות

- אחוז הפסולת העירונית המעורבת המוטמנת יעמוד על 20% בלבד בשנת 2030 ויפחת ל-0% עד שנת 2050.
- אחוז הפסולת העירונית המעורבת תושב לצורך יצירת אנרגיה תעמוד על כ-25% בשנת 2030.
- כל המטמנות הפעילות יעברו איטום ותפיסה של גזי חממה נפלטים ובכך גם כן תפחת דרמטית פליטת גזי החממה ממטמנות קיימות (בהיקף של לפחות 50% במטמנות פעילות). היות וההטמנה של פסולת עירונית מעורבת תופסק כליל עד 2050, עד שנה זו המטמנות הקיימות יסגרו וישוקמו כך שאחוז איסוף המתאן יעמוד על לכל הפחות 90% בשנת 2050.

## קווים מנחים לתרחיש

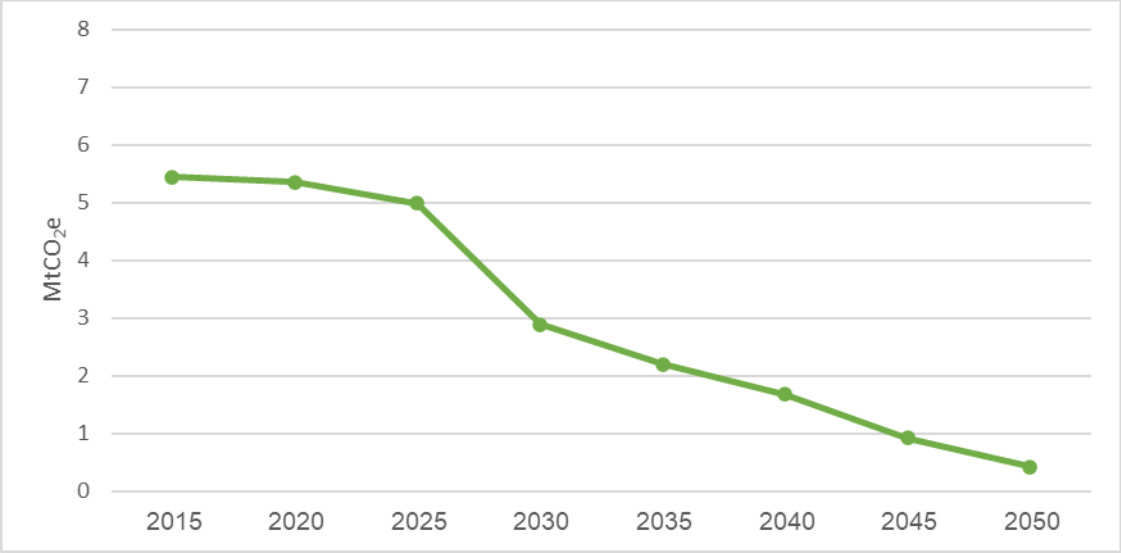
הטיפול יתמקד בזרמי פסולת התורמים משמעותית לפליטת גזי חממה ובפרט פסולת אורגנית פריקה ביולוגית.

- עד שנת 2030, תיפסק הטמנה של פסולת אורגנית לא מטופלת (0 הטמנה של פסולת אורגנית).
- עד שנת 2030 תיפסק הטמנה של נייר וקרטון. כלל הנייר והקרטון ימוחזרו, ושאריות המיון יועברו למתקני השבה.

## תוצאות ומסקנות

בתרחיש ההפחתה פליטות גזי החממה כתוצאה מהטמנת פסולת צפויות לקטון ב-47% לרמה של 2.89 מיליון טון שווה ערך פחמן דו חמצני ב-2030, וב-92% עד ל-0.42 מיליון טון שווה ערך פחמן דו חמצני, ב-2050 , ביחס לשנת 2015 :

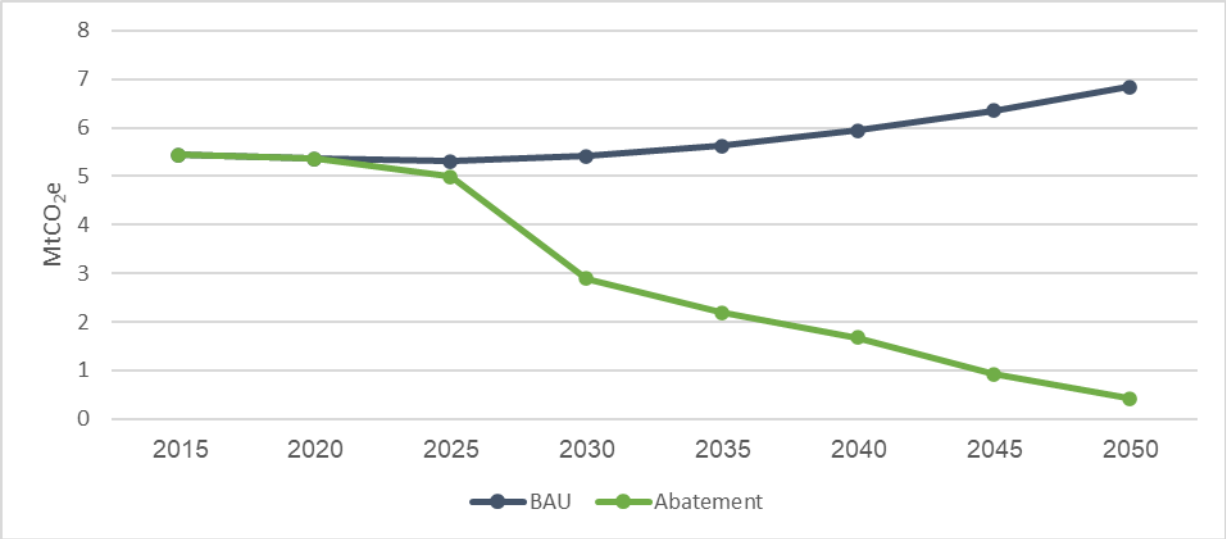
*תרשים 51: פליטות גזי חממה כתוצאה מהטמנת פסולת בתרחיש הפחתה (מיליון טון פד"ח)*



## סיכום

תרחיש ההפחתה בענף הפסולת תואם את המלצות הדירקטיבה האירופאית לטיפול בפסולת. עמידה ביעדים תביא להפחתת פליטות גזי חממה מהטמנת פסולת של 47% ב-2030 ושל 92% ב-2050, ביחס לתרחיש עסקים כרגיל:

*תרשים 52: פליטות גז"ח כתוצאה מהטמנת פסולת בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש הפחתה (מיליון טון פד"ח)*




כמו כן, הפסקת ההטמנה תביא לחיסכון בשימוש בשטחים פתוחים ולהפחתת זיהום המים והקרקע כתוצאה מהטמנה של פסולת, השפעות סביבתיות שאינן נבחנות תחת מודל זה.

### סיכום המדדים והיעדים

בטבלה מטה, ניתן לראות את הפערים בין תרחיש עסקים כרגיל לבין תרחיש ההפחתה ביחס למדדים שנקבעו עבור סקטור הפסולת:

*טבלה 22: השוואה בין תוצאות תרחיש עסקים כרגיל לתרחיש הפחתה לפי מדד*

| שם המדד | אופן החישוב | תרחיש עסקים כרגיל 2030 | תרחיש עסקים כרגיל 2050 | תרחיש ההפחתה 2030 | תרחיש ההפחתה 2050 |
|---|---|---|---|---|---|
| **הטמנת פסולת** | אחוז פסולת עירונית מעורבת מוטמנת | 78% | | 28% | 6% |
| **פליטות גזי חממה ממשק הפסולת** | מיליון טון גז"ח | 5.41 | 6.84 | 2.89 | 0.42 |
| **הפחתת פליטות גזי חממה** | שיעור הפחתת פליטות ביחס ל-2015 | 1% | -26% (גידול בפליטה) | 47% | 92% |
| **מחזור פסולת בניין** | אחוז פסולת בניין ממוחזרת | --- | | -- | 100% |

## המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות

פרק זה מתבסס על האסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא ומעבר לכלכלה מעגלית של המשרד להגנת הסביבה. במסגרת התוכנית האסטרטגית למעבר לכלכלה דלת פחמן 2050 יש לקדם מספר כיווני פעולה אסטרטגיים תוך מיקוד ב:

1. טיפול בזרמי פסולת התורמים משמעותית לפליטת גזי חממה דוגמת פסולת אורגנית פריקה ביולוגית ופלסטיק.
2. הפסולת האורגנית, נייר וקרטון יופרדו במקור ולא תוטמן פסולת אורגנית ופסולת נייר וקרטון לא מטופלות.
3. הטיפול בפסולת האורגנית ייעשה בעיקרו במתקני עיכול אנ-אירוביים ובכך המתאן הנפלט מהפסולת האורגנית ומהווה את המקור העיקרי פליטת גזי החממה מסקטור זה, ייתפס וישמש כמקור לייצור אנרגיה מתחדשת.
4. כל המטמנות יעברו איטום ותפיסה של גזי חממה נפלטים ובכך גם כן תפחת דרמטית (בהיקף שלפחות 50%) פליטת גזי החממה ממטמנות קיימות.

### תמריצים כלכליים והפנמת החצנות

יש לפעול להחלת האחריות והעלות לטיפול בפסולת על יצרני הפסולת לטובת שמירה על צדק סביבתי וחלוקתי. זאת על ידי קביעת הגדרות ברורות בחקיקה לאחריות לטיפול ולמימון הטיפול בפסולת על יצרני הפסולות. בין השאר באמצעות קביעת הסדרי "אחריות יצרן מורחבת" מתקדמים ורחבים; יצירת משק פסולת סגור אשר מופרד חשבונאית ותקציבית מהכנסות והוצאות אחרות; אימוץ מנגנוני 'מחזר וחסוך' (Save as You Throw), המעבירים את העלות של הטיפול בפסולת ליצרן הפסולת ויוצרים תמריץ כלכלי להפחתת הפסולת ולהפרדתה במקור וכן הפנמה מלאה של העלויות החיצוניות הסביבתיות ובראשן אלו של פליטת גזי חממה, באמצעות היטלים סביבתיים על שריפת פסולת והטמנתה.

כיווני הפעולה העיקריים שיש לקדם בתחום התמריצים והפנמת ההחצנות הם:

1. **היטל הטמנה** –מוטל עבור הטמנת הפסולת ולרוב מחושב על בסיס משקל הפסולת המוטמנת. יצוין, כי היטל הטמנה אינו תמריץ ישיר לתושבים להפחתת פסולת, מאחר שהוא לא מבוסס על כמות הפסולת שנוצרת על ידי משק בית (בניגוד ל-SAYT). נוסף על היטל ההטמנה, נגבים דמי טיפול (gate fee) על ידי מפעילי המטמנות עבור מתן השירות ותפעול האתרים. בישראל, כספי ההיטל מועברים לחשבון נפרד ב"קרן לשמירת הניקיון", והם אמורים להיות מוקצים לפיתוח אמצעים ומתקנים חלופיים להטמנה ולעידוד השימוש בהם. גובה היטל ההטמנה נועד לייקר את עלות שיטה זו ולהסיט את השוק לטיפולים המדורגים גבוה יותר מהטמנה בהיררכיית הפסולת אשר הופכים לכדאיים יותר כלכלית ככל שההטמנה מתייקרת. מדיניות תמחור זו מכירה בערך הרעיוני של עדיפות טיפולי מחזור על פני הטמנה מבלי להזדקק לתמחור מדויק ושלם של העלויות החיצוניות הכרוכות בהטמנה.[146] יש לקבוע היטל הטמנה אשר יבטיח תמריץ כלכלי לטיפול בפסולת באמצעים עדיפים במעלה היררכיית הפסולת. לכל הפחות היטל זה צריך לשקף את העלות החיצונית נטו של פליטות גזי החממה בהתאם למדיניות המשרד לקביעת מס פחמן.
2. **היטל שריפה** - מטרת היטל השריפה היא צמצום כמות הפסולת המועברת לשריפה במתקנים תרמיים, לטובת טיפולים אשר עדיפים על שריפה בהתאם להיררכיית הפסולת. אינדיקציה למגמה כזו אכן עולה מהסקירה האירופית, אשר מצביעה על קשר בין היטל שריפה גבוה ואחוזים גבוהים של מחזור וקומפוסטציה בהלימה עם מדיניות המשרד להגנת הסביבה. יש מקום לבחון לתמחר את העלות נטו של פליטות גזי החממה ממתקני שריפת הפסולת בסכום של 28 שקלים לטון פסולת המועברת לטיפול במתקן[147]. סכום זה יתווסף לדמי הטיפול (gate fee) והוא משקף את העלות החיצונית (נטו) של נזקי פליטות גזי חממה לטון פסולת המועברת למתקן תרמי.

---

[146] European Commission, DG Environment (2012), *Use of Economic Instruments and Waste Management Performances- Final Report. Bio Intelligence Service: Paris*.

[147] החישוב נכון לשנת 2019. להרחבה ראו במסמך האסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא 2021-2030

## טיפול בחומר האורגני

אחד מזרמי הפסולת המרכזיים שבו ניתן לטפל ולמנוע הטמנה באופן כמעט מלא, תוך הפקת דשן וביוגז, הוא החומר האורגני הרקבובי. זרם זה הוא יותר משליש מסך כמות הפסולת העירונית הנוצרת בישראל והוא הרכיב המשמעותי ביותר בפסולת העירונית. לכן ללא טיפול נאות בו לא ניתן יהיה להשיג את יעדי המחזור או ההטמנה הרצויים. כדי לאפשר שימוש בפסולת אורגנית כחומר גלם לייצור דשן איכותי המטייב אדמה יש לאסוף אותה בנפרד במקור תוך שמירה על רמות זיהום נמוכות. זאת כדי למנוע זיהום של הזרם האורגני אשר ימנע את אפשרות השימוש בו כמקור לדשן לחקלאות. ניתן להגדיל את רמת הניקיון של פסולת אורגנית שלא הופרדה במקור על ידי מיון מכני בקצה, אולם כדי להגיע לרמות ניקיון סבירות נדרש לאבד חומר אורגני רב בתהליך המיון. לכן מיון מכני בקצה אינו חלופה יעילה וסביבתית להפרדה במקור. בהתאם לכך מחקרים מראים כי הפרדה במקור היא כלכלית יותר מהפרדה בקצה. עיכול אנאירובי של פסולת אורגנית מספק פתרון לזרם פסולת זה, ובד בבד הוא מקור הן להפחתת פליטות גזי חממה והן ליצירת מקור לאנרגיה מתחדשת. במדינות האיחוד האירופי נעשה שימוש נרחב בפתרון זה, שנחשב לחלק מרכזי בשרשרת הטיפול בפסולת אורגנית. תהליך העיכול האנאירובי מאפשר לצמצם את מרבית משקל הפסולת האורגנית וללכוד את פליטות המתאן ממנה לצורך שימוש כגז טבעי ממקור מתחדש. כחלק ממפת הדרכים, יפעל המשרד להגנת הסביבה **לקדם הקמת תשתית עיכול אנאירובי כרכיב מרכזי בטיפול בפסולת האורגנית**, תוך הסרת חסמים ומתן התמריצים הכלכליים לקידום מקיף של פתרון זה.

כיווני הפעולה העיקריים לטיפול בפסולת האורגנית:

1. **הפרדה במקור של הזרם האורגני** – כדי לאפשר מיצוי של פוטנציאל המחזור בישראל יש לקדם הפרדה במקור של חומרים מתמחזרים ובראש ובראשונה של הפסולת האורגנית ('הזרם הרטוב'). יש להטמיע בהדרגה חובת הפרדה במקור של הפסולת אורגנית, תוך קביעת איסור שימוש בחקלאות של פסולת אורגנית שלא הופרדה במקור. זאת, משום הקושי האינהרנטי להמיר פסולת אורגנית לא מופרדת במקור לקומפוסט איכותי העומד בסטנדרטים סביבתיים ובריאותיים נדרשים. בהתאם לכך, פסולת אורגנית שלא הופרדה במקור לא תיחשב כבת מְחָזוּר. כדי לקדם את המחזור של הפסולת האורגנית והפחתת ההשפעות הסביבתיות שלה, יש להקים תשתית איסוף נפרד שלה ומתקני עיכול אנאירובי וקומפוסטציה בהיקף מתאים לקליטה שלה. בישראל חסרות הגדרות מחזור לזרמים שונים ויש לקדם הגדרות כאלו בחקיקת המסגרת.

   נוסף לכך, יש לקדם מחזור של זרמי חומרים, כגון פלסטיק, מתכת, נייר, זכוכית ופסולת אלקטרונית, באמצעות איסוף נפרד שלהם. זאת על בסיס סכמות איסוף המותאמות לצרכים של הרשויות המקומיות, כולל אפשרות להרחבת השימוש במערך איסוף פסולת האריזות (הפח הכתום) לאיסוף כולל של פלסטיק, מתכת ונייר; הרחבת תשתית נקודות איסוף שכונתיות ועוד.
2. **מניעת הטמנה** - יש להגדיר בחקיקה את היעדים הרצויים להפחתה בהיקף ההטמנה הכולל ואת היקף ההטמנה של חומרים ספציפיים כדוגמת החומר האורגני ולעגן את האחריות לעמידה ביעדים אלו. יש לקבוע בחקיקה איסור על הטמנת פסולת לא מטופלת ואיסור על הטמנת חומרים מתמחזרים או ניתנים להשבה. יש לאתר נפחי הטמנה לתקופת הביניים, בעדיפות לפתיחה והרחבת תאים באתרים קיימים ותוך הימנעות מפתיחת אתרי הטמנה חדשים. גבייה של בטוחות לשיקום מטמנות באמצעות רמ"י או מכוח חקיקת המסגרת לפסולת
3. **קביעת סטנדרט לקומפוסט** – קביעה בחקיקה סטנדרט לקומפוסט שמקורו בפסולת אורגנית בהתאם להוראות הרגולציה האירופית.
4. **תמיכה במתקני MBT/מתקני עיכול אנאירובי** – הטיפול בפסולת האורגנית ייעשה בעיקרו במתקני עיכול אנאירוביים. יש לפעול לעידוד הקמתם של מתקני עיכול אנאירובי ומתקני מיון מכני ועיכול אנאירובי משולבים (מתקני MBT) לצורך מתן פתרונות קצה מיטביים לפסולת האורגנית. תמיכה זו יכולה להתבצע באמצעות מענקים, מימון בתנאים מועדפים, תעריפי ייצור חשמל מועדפים, הסרת חסמים תכנוניים ועוד.

## הפחתת פליטות ממטמנות

1. **איטום ותפיסה של גזי חממה -** כל המטמנות יעברו איטום ותפיסה של גזי חממה נפלטים ובכך אף תפחת דרמטית (בהיקף של לפחות 50%) פליטת גזי החממה ממטמנות קיימות.

## כלי מדיניות נוספים להפחתת פסולת במקור, קידום המחזור וצמצום ההשבה וההטמנה

אמצעים אלו גובשו במסגרת אסטרטגית המשרד להגנת הסביבה למשק פסולת בר קיימא, ונועדו להסדיר באופן כללי את משק הפסולת. הם אינם מתמקדים באופן ישיר ובלעדי בזרמים העיקריים המשפיעים על פליטות גזי החממה (פסולת פריקה ביולוגית ופליטות ממטמנות), אך הם משפיעים באופן עקיף על פליטות גזי החממה. זאת משום שחלקם הם אמצעים רוחביים שמטרתם לטפל בכלל רכיבי הפסולת העירונית (כולל רכיבים פריקים ביולוגית), דוגמת אמצעים חקיקתיים ואמצעים להפחתת הפסולת במקורר, וחלקם נועדו לקדם כלכלה מעגלית ומחזור ובכך ולהפחית צריכה של משאבים מתכלים אחרים שהייצור והכרייה שלהם מביאים לפליטות גזי חממה, כפי שהוסבר בפרק תעשייה.

1. **חוק מסגרת לפסולת** – חקיקת חוק מסגרת למשק הפסולת אשר יקבע את העקרונות, ההגדרות, היעדים, האחריות והסמכות של כל הגורמים המעורבים בשרשרת הטיפול בפסולת ויצירת מערך רישוי ורישום עוסקים בפסולת. חוק המסגרת צריך להיות מושתת על עקרונות הדירקטיבות האירופיות, בפרט על בסיס עקרונות היררכיית הפסולת ו'המזהם משלם'. זאת תוך התאמת מנגנונים ייעודיים לישראל, ברמה המוסדית וברמה המקצועית. עד אישור חוק המסגרת ותקנותיו, מומלץ לקדם אלמנטים מתוכו במסגרת חקיקת משנה ובסמכויות הקיימות, בפרט בכל מה שנוגע לסטנדרטים לטיפול בפסולת והטמנתה.
2. **קידום תעשיית המחזור**– יעשה על בסיס העקרונות הבאים:
   a. קביעת יעדי מחזור לזרמים השונים בהתבסס על הדירקטיבות האירופאיות והרחבת חוקי אחריות יצרן;
   b. קביעת חובת הפרדה במקור של זרמים מרכזיים, בהלימה להנחיות האיחוד האירופי;
   c. שיפור תשתית ההפרדה של הפסולת ברשויות המקומיות והקמת תשתית מתקני מיון בפריסה ארצית. יש לאפשר שימוש בפח הכתום לצורך איסוף פסולת יבשה שאינה אריזות.
   d. מתן תמיכות לפיתוח תעשיית המחזור, כולל תמיכה בהשקעות הון להקמה, הרחבה ופיתוח מפעלי מחזור ותמיכה במו"פ יישומי.
3. **תכנון פיזי** – כדי לתמוך במימוש סדר העדיפות של היררכיית הפסולת, תוך צמצום השפעות סביבתיות מזיקות של שינוע, טיפול והטמנת פסולת, יש לדבוק בכמה עקרונות תכנון:
   e. הטיפול בפסולת יתבצע, ככל הניתן, בסמיכות למקום היווצרותה. לכן מתקני הטיפול והמחזור בפסולת יהיו בפריסה ארצית רחבה.
   f. הקמתם של מתקני טיפול בפסולת לסוגיהם תיעשה תוך שימת לב קפדנית בנוגע להשפעות הסביבתיות שלהם ותוך הפעלת רגולציה קפדנית למניעת מפגעים.
   g. צמצום אתרי ההטמנה למינימום נדרש - לא יוקמו אתרי הטמנה חדשים לפסולת מעורבת, אלא יורחבו הקיימים. ככל שלא ניתן יהיה להרחיב את נפחי ההטמנה באתרים הקיימים, יאותרו אתרים מופרים ובעלי רגישות סביבתית והידרולוגית נמוכה.
   h. הרחבת המגבלות הסטטוטוריות על סוגי הפסולות המוטמנת כדי להביא לצמצום ההטמנה.
   i. טיפול ושיקום באתרי פסולת ומטמנות שנסגרו.
4. **השבה לאנרגיה** - יש לקדם הקמת תשתית להשבת אנרגיה מפסולת שאריתית בלבד, שחולצו ממנה כל החומרים המתמחזרים, על בסיס הטכניקה המיטבית הזמינה ותוך קביעת היטל שריפה.
5. **חוקי אחריות יצרן**– יש לערוך הרמוניזציה ולהשלים פערים בחקיקת אחריות יצרן לעומת החקיקה האירופאית, בפרט בכל הנוגע ליעדי איסוף ומחזור ומנגנוני היישום. כולל תיקונים בחוקים הקיימים וקידום חקיקת אחריות יצרן חדשה לזרמי פסולת נוספים (רכבים, טקסטיל, תרופות ועוד). מומלץ לקבוע חקיקה המגבילה את השימוש במוצרי פלסטיק חד-פעמיים, בדומה לדירקטיבה האירופית בנושא.
6. **מנגנון מחזר וחסוך -** מנגנוני 'מחזר וחסוך' (Pay as You Throw, Save as You Throw או Unit Pricing System) הם מכשירים כלכליים לניהול מערכים מוניציפליים של הפרדה ואיסוף פסולת המייצרים תמריץ כלכלי להפנמת

החצנות סביבתיות. זאת על ידי חיוב יצרני פסולת ומשקי הבית בהתאם לכמות הפסולת המעורבת, ולעיתים גם הפסולת האורגנית, שהם משליכים. משק בית המשליך כמות גדולה של פסולת בלתי מופרדת ישלם אגרת טיפול בפסולת גבוהה יותר. זאת בניגוד למצב בישראל שבו התושב אינו מודע לעלויות אלו והן מגולמות בעקיפין כחלק מתשלומי הארנונה. יש לקדם שימוש במנגנוני 'מחזר וחסוך' (SAYT). יש לערוך פיילוטים ליישום מנגנוני 'מחזר וחסוך' בכמה רשויות מקומיות.

7. **מיסוי פלסטיק חד-פעמי -** מוצע לבחון, מתווה להטלת מס לפי משקל על כלי פלסטיק חד-פעמיים. מומלץ כמובן ללוות את המהלך בהסברה וחינוך.
8. **מניעת בזבוז ואובדן מזון** - לצורך צמצום אובדן ובזבוז מזון יש לפעול בו זמנית למניעה של בזבוז מזון לאורך כל שרשרת אספקת המזון (חקלאים, יצרנים, קמעונאים וצרכנים) ולהצלת מזון על ידי העברתו לנזקקים.
9. **הנעת שינוי התנהגות** - כדי להביא לשינוי דפוסי צריכה והפרדה במקור של פסולת יש לנקוט פעולות משולבות בעזרת כלים מעולם החינוך, ההסברה והכלכלה ההתנהגותית. להלן מספר כיווני פעולה:
   a. חינוך לקיימות הוא תשתית חיונית למשק הפסולת ויש לתעדף ולתקצב אותו בהתאם מתוך תפיסה של חשיבותו האסטרטגית וארוכת הטווח. בפרט יש לפעול לשלב עוד תכנים סביבתיים ותוכניות לימוד סביבתיות בשיתוף עם המזכירות הפדגוגית במשרד החינוך.
   b. יש להרחיב את חובות ההסברה בחוקי אחריות יצרן בדומה למגמה באיחוד האירופי. לרבות הסברה בנוגע לחלופות של מוצרים אלו, הנזק הסביבתי שהם גורמים, תיווי סביבתי למוצרים ועוד. כמו כן מומלץ לעדכן את ההנחיות למניעת התיירקקות (greenwashing) ולאוכפן יחד עם הרשות להגנת הצרכן.
   c. מומלץ להקים צוות פעולה להטמעת כלי כלכלה התנהגותית במדיניות משק הפסולת. זאת בהתבסס על ניסויים מבוקרים בהתערבויות מדיניות שונות.
   d. חשוב להבטיח שקיפות של ניהול משק הפסולת כדי לבסס את אמון הציבור במאמצי הממשלה והשלטון המקומי.
10. **רישוי, פיקוח ואכיפה -** יש לקבוע בחקיקה ולהקים מערך רישוי ורישום של עוסקים בפסולת, במסגרת חוק המסגרת לפסולת. זאת נוסף על עדכון תנאי רישוי עסקים למתקני טיפול בפסולת ומטמנות ולהסדרת חובות הדיווח שלהם. יש להרחיב את כלי האכיפה של המשרד במסגרת חקיקת הפסולת ותקנות רישוי עסקים. כמו כן, נדרש לסגור את פערי כוח האדם לפיקוח על משק הפסולת במחוזות המשרד להגנת הסביבה, במשטרה הירוקה וביחידות הסביבתיות בשלטון המקומי.

יש לשתף מידע וידע על משק הפסולת עם הציבור ובעלי העניין, כולל מידע על ייצור פסולות וטיפול בהן, מרשם עוסקים מורשים בפסולות, נתוני ציות ועוד.

11. **רכש ירוק** - יש להטמיע קריטריונים המפחיתים פסולת ברכש הציבורי; מחייבים שימוש בחומר ממוחזר, כולל במרכזי בנייה ותשתיות ומעבר לרכש שירותים במקום מוצרים. יש לקבוע איסור לרכש כלים חד-פעמיים. יש לקדם רכש המבוסס על עקרונות הכלכלה המעגלית. מתן עדיפות לספקים אשר מציעים מודל עסקי, מוצר או שירות, המאפשרים בתום השימוש שימוש חוזר או מחזור של המוצר כחומר גלם לשימושים נוספים.

# ייצור חשמל

# מגזר ייצור חשמל

## תקציר

התקציר שלפנינו מציג עיקרי התוכנית ליעדי משק אנרגיה דל פחמן לשנת 2050. במסגרת התוכנית נבחנו היעדים במודל טכנו כלכלי תוך התחשבות במאפיינים הייחודיים של המשק הישראלי וכן בכפוף למגמות העולמיות. על בסיס המודל שהורץ אומצו בהחלטת ממשלה 171 מיום 25.07.2021 יעדי משק האנרגיה: הפחתה של כ- 30% מסך פליטות גז החממה בשנת 2030 בהשוואה לשנת הבסיס וכן הפחתה של 85% בגזי החממה לשנת 2050 במגזר החשמל, כמו כן אומץ יעד של שיפור שנתי בעצימות האנרגיה של 1.3% בשנת 2030. החלטה זאת מצטרפת להחלטה קודמת של משרד האנרגיה להפחתת השימוש בפחם עד כדי הפסקת השימוש[148] בפחם בשנת 2025 וכן העלאת שיעור הייצור באנרגיות מתחדשות ל30% בשנת 2030.

בחינת היעדים במשק הישראלי כאמור, התבצעה לאור מאפיינה הייחודיים של ישראל כאי אנרגטי וכמדינה צומחת שצפיפות האוכלוסייה בה היא מהגבוהות בעולם, עם קצב גידול בביקוש לחשמל של כ-2.8% בשנה. מאפיינים נוספים של ישראל שנלקחו בחשבון בעת בניית התוכנית: מאגרי הגז הטבעי הגדולים במים הכלכליים של המדינה, כמות גדולה מאוד של שמש במהלך מרבית השנה, מחסור בשטחים למערכות הסולאריות, מיעוט של מקורות אנרגיה מתחדשים נוספים (כגון רוח או הידרו אלקטריים) והעובדה שישראל נחשבת למובילה בעולם בתחומי הטכנולוגיה והחדשנות.

התוכנית נשענת כמובן, גם על המגמות העולמיות בתחומים השונים והיעדים המקובלים בעולם וזאת תוך שמירה על הגמישות הנדרשת על רקע השינויים התכופים הצפויים להתרחש בשנים הקרובות במשק האנרגיה. מגמות אלו כוללות למשל את המעבר המאסיבי לשימוש באנרגיות מתחדשות לייצור חשמל, פריצות דרך טכנולוגיות שונות, למשל בשימוש במימן, אגירה, שימוש ברשתות דיגיטליות וחכמות וכן מאפייניו של הגז הטבעי כדלק מעבר.

עוד קובעת התוכנית מספר צעדי מדיניות משמעותיים אשר נדרשים ליצירת התשתית לעמידה ביעדים השאפתניים. בין היתר ניתן למנות את הצורך במעבר המשק לאנרגיות מתחדשות- בעיקרן שמש, ואתו הצורך באגירה מאסיבית, השקעה ובחינה של טכנולוגיות חדשניות, בין היתר מימן ותפיסת פחמן, צעדים משמעותיים לפיתוח רשת החשמל, תכנון תשתיות מקיים ומתוך כך הטמנת קווי מתח במקום קווים עיליים, ביזור רשת החשמל, קירוב הייצור לצריכה, חשמול המגזר הביתי תוך החלפת השימוש בגז בישול בשימוש בחשמל, מעבר לרכב חשמלי ואיסור על ייבוא כלי רכב בעלי מנוע בעירה פנימית, וכן התאמת מערכת הגז הטבעי להובלת מימן ומיצוי יכולת ייצוא הגז הטבעי בתקופת המעבר.

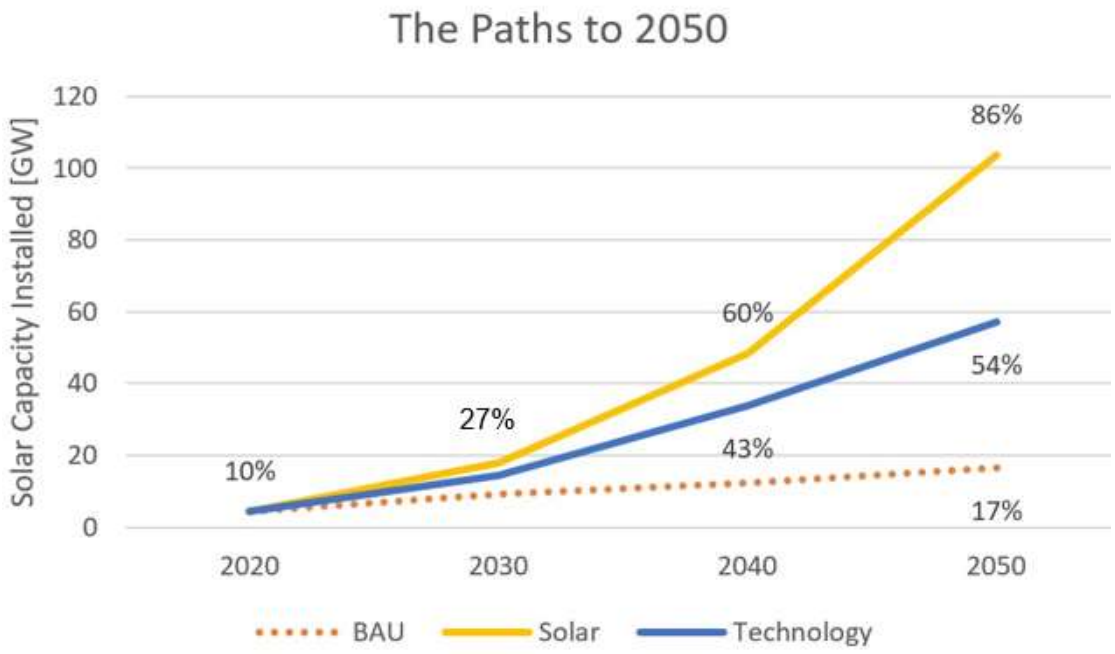
לצורך בחינת היעדים והמשמעויות ליישומם פיתח המשרד כאמור מודל טכנו-כלכלי שעתי. המודל מבצע סימולציה של תפעול רכיבי הייצור השונים במשק מול עקומת הביקוש לחשמל הצפויה בעתיד, ומבצע בחינה של העלויות המשקיות השנתיות למגזר החשמל בהתאם למחירים הצפויים לרכיבים השונים בעתיד. מהמודל עולה כי ניתן לעמוד ביעד השאפתני להפחתה של 80% בפליטות גזי החממה במשק עד שנת 2050 על אף מאפייניו הייחודים של המשק הישראלי, וזאת תוך התבססות על אחוזי מתחדשות גבוהים.

המודל בחן כ-2000 תרחישים אפשריים להשגת היעדים, והוכיח כי ברמה הטכנית ניתן להגיע להפחתה משמעותית של כ-81% מפליטות גזי החממה בסקטור החשמל (ביחס לשנת 2015) וכן כ-80% מסך הפליטות בכלל משק האנרגיה, בהתבסס על יעדי המשקים המשלימים, בעיקר תחבורה. אחוזי ההפחתה מתקבלים מהרצות שני תרחישים עיקריים:

- תרחיש "מבוסס אנרגיה מתחדשת" (Solar) המניח הפחתה של פליטות גזי החממה באמצעות שימוש באחוזים גבוהים מאד של אנרגית שמש– בין 80-90%, והשאר בגז טבעי.

[148] התחנות יוסבו להפעלה דואלית של פחם וגז ויוכלו לפעול בשעת הצורך, בעת מלחמה למשל, בפחם.

- תרחיש "מבוסס טכנולוגיות חדשות" (Technology) המניח הפחתה של פליטות גזי החממה באמצעות כ-54% אנרגיה מתחדשת בתמהיל האנרגיה, כאשר שאר ייצור החשמל יהיה באמצעות גז טבעי משולב עם תפיסת פחמן, הפקת מימן כחול או טכנולוגיות אחרות להפחתת פליטות.




על פי ניתוח המודל, על מנת לאפשר אחוז גבוה (54-86%) של אנרגית שמש בתמהיל ייצור החשמל העתידי, יהיה צורך בכ-500-900 אלף דונם ייצור סולארי בשנת 2050 - שטח נדרש זה שווה לכעשר פעמים שטחה של תל אביב. השטח הנדרש יכול להיות מסופק ע"י שימוש כפול בקרקע, לדוגמא שטח מבונה (גגות, חניונים, מאגרים, חזיתות ועוד), שטח אגרוולטאי וכן ע"י שטח קרקעי פתוחים, דבר אשר מצוי בקונפליקט עם השמירה הנדרשת על המאזן האקולוגי ועל היבטים סביבתיים נוספים.

עוד עולה מהמודל כי על מנת לאפשר את שילוב האנרגיה הסולארית בתמהיל ייצור החשמל יש צורך ביכולת אגירה בטווח 34-57 GW עד לשנת 2050. לצורך עמידה ביעד של 30% אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל בשנת 2030 נזדקק ליכולת אגירה בכמות של 3.5 GW. נכון להיום יכולת האגירה עומדת על 0.3 GW בלבד (באגירה שאובה). מדובר בכמות אגירה גבוהה מאוד בקנה המידה הנוכחי, אך נראה כי יכולת הייצור העולמית תגדל במהירות בשנים הקרובות והמחירים ירדו, כך שאלו כמויות שניתן יהיה להקים בתוך שלושה עשורים.

בכל הקשור לרשת, על פי המודל, על מנת לאפשר אחוז גבוה (54-86%) של אנרגית שמש בתמהיל ייצור החשמל יהיה צורך ביכולת הולכת חשמל של מעל 30 GW מהפריפריה למרכזי הצריכה בכדי לתת מענה להתפתחויות הביקוש הצפויות עד לשנת 2050. לצורך עמידה ביעד של 30% אנרגיה מתחדשת בתמהיל ייצור החשמל בשנת 2030, נזדקק ליכולת הולכה נוספת בסך 11.6 GW, כאשר נכון להיום היכולת עומדת על 3-4 GW בלבד. זהו אתגר עצום, שכן התוואי הקרקעי להולכה איננו זמין. ככל הנראה יהיה צורך להטמין רבים מקווי ההולכה ולהשתמש בטכנולוגיות חדשניות.

עוד נציין כי כפי שפורט, וכפי שנבחן במודל, עמידה ביעדי משק האנרגיה תלויה בעמידה ביעדי משק התחבורה, התעשייה וכן ביעדים בסקטור המבנים. יעד העל להפחתה במשק האנרגיה מורכב למעשה, מיעדי הפחתת פליטות במעבר לתחבורה חשמלית, לחשמול התעשייה וכן מהפחתת פליטות בסקטור המבנים. מתוך כך, שיתוף הפעולה והעמידה של כל המגזרים הרלוונטיים ביעדים צפויים להשפיע על העמידה של משק האנרגיה כולו ביעדיו.

בנוסף אופציית רכישת החשמל לא נבחנה באופן נרחב במודל אולם ניתן לומר כי חיבור רשת החשמל בישראל לרשתות אחרות וייצור אנרגיה מתחדשות במדינות השכנות ורכישתו בישראל עשויים לתרום משמעותית להשגת יעד הפחתת

הפליטות ובעיקר לחסוך בשטח בייצור אנרגיה סולארית בישראל או לצמצם את הצורך בגיבוי יקר. בעניין זה נציין כי מתוך ראייה צופה פני עתיד, נכון להיום בוחן משרד האנרגיה חיבור רשת החשמל בישראל לרשת האירופאית דרך קפריסין ויוון וכן יוזמות לייצור אנרגיה מתחדשת במדינות השכנות לנו.

מתוך ניתוח תוצאות המודל וכן מניתוח המגמות והמשק הישראלי ניתן להגדיר את אבני הדרך הבאות לעמידה ביעדים. את חלקן ניתן לקבוע היום ואת חלקן יש לקבוע בהמשך בין השאר עם הבשלת הטכנולוגיות:

| תנאי הכרחי | אבן דרך 2020 | אבן דרך 2030 | אבן דרך 2050 |
|---|---|---|---|
| שטח להקמת מערכות אנרגיה מתחדשת | | כ-160 אלף דונם | 500-900 אלף דונם (תלוי בכמות האנרגיה הסולארית) |
| אגירה | 0.3 GW | 3.5 GW | 34-57 GW (תלוי בכמות האנרגיה הסולארית) |
| הטמעת טכנולוגיות להפחתת פליטות- CCS, גרעין, מימן, טכנו' עתידיות | יעודכן בהמשך בהתאם להתפתחויות הטכנולוגיות | | |
| פיתוח הרשת – יכולת הולכת אנרגיה מתחדשת | 3-4 GW | 11.6 GW | מעל 30 GW (תלוי בכמות האנרגיה הסולארית) |
| 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 | הוחל תהליך להקמת כבל תת-ימי בן 1-2GW לאירופה | | |

לסיכום נציין כי על תוכנית אסטרטגית כפי שמוצגת כאן עומדת החובה להיבחן לכל הפחות אחת לחמש שנים וזאת בכפוף לשינויים הדחופים במשק האנרגיה בישראל ובעולם.

## הקדמה

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- תעשיה, 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 לגידול בפליטות הנוצרות בתהליך הייצור שלה.

ע"פ נתוני הלמ"ס[149] 49% מסך פליטות גזי החממה בישראל מקורם ממגזר החשמל. אם כך, ברור שהפחתה משמעותית של הפליטות עוברת בראש ובראשונה בסקטור האנרגיה.

לאור משבר האקלים, התקדמות טכנולוגית והשינויים העולמיים באופיים של משקי אנרגיה, עולה הצורך לגבש, כבר היום, מדיניות ארוכת טווח אשר תכין את התשתית כבר היום ותוביל את משק האנרגיה הישראלי להתמודדות עם השינויים הצפויים תוך מתן מענה לצורך להפחית את פליטות גזי החממה הנובעים מסקטור מרכזי זה. מגמות גלובליות

[149] למ"ס, שנתון סטטיסטי 2020, לוח 22.7

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 מתן ביטוי 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 שטחים פתוחים באזור המרכז, בעתודות גז טבעי גדולות, בפוטנציאל ייצור חשמל גבוה מאנרגיית השמש לעומת אפשרויות מוגבלות לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים אחרים.

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.

## מגמות בישראל

מאפיינים ומגמות צפויות בהתפתחות משק החשמל הישראלי בשנים הבאות:

א. גידול משמעותי בצריכת החשמל כתוצאה מגידול מהיר באוכלוסייה בשילוב עם עלייה ברמת החיים, כמו גם חשמול חלקי של התחבורה, התעשייה והמגזר הביתי.

ב. מדיניות לשינוי תמהיל הדלקים, על ידי מעבר מפחם ודלקים מבוססי נפט לגז טבעי ואנרגיות מתחדשות.

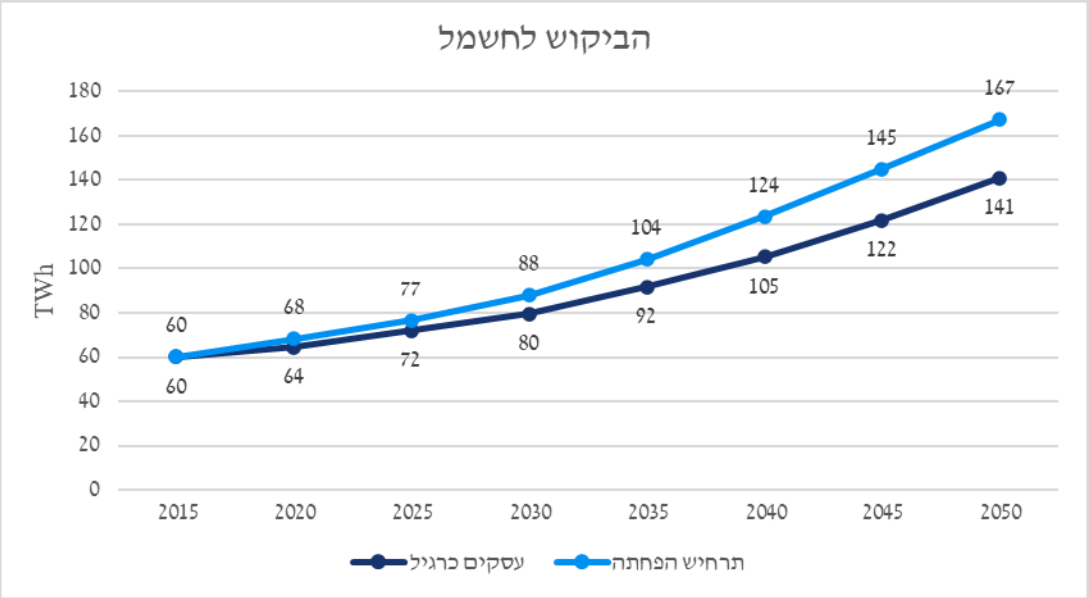
ג. ירידה במחירי אנרגיה מתחדשת, המתחרים כבר כיום בעלויות ההפעלה של תחנות כוח בגז טבעי קיימות.

### צריכת החשמל

***השילוב של הגידול המהיר באוכלוסייה עם העלייה ברמת החיים שחלה בעשורים האחרונים מביא לגידול משמעותי בצריכת החשמל. על פי נתוני הלמ"ס, צריכת החשמל עמדה על כ-60 TWh ב-2015[150]. מימוש החזון התחומי במגזרי המשק, יביא לגידול בצריכת החשמל לכ-80 TWh ב-2030, בתרחיש עסקים כרגיל וכ-88 TWh בתרחיש ההפחתה, ולכ-141 TWh ב-2050 בתרחיש עסקים כרגיל, לעומת 167 TWh בתרחיש ההפחתה.***

העובדה כי צריכת החשמל בתרחיש ההפחתה גבוהה מצריכת החשמל בתרחיש עסקים כרגיל נובעת מכך שהגידול בצריכה עקב חשמול התחבורה והתעשייה עולה על צמצום צריכת החשמל המושג באמצעות פעולות להתייעלות באנרגיה.

*תרשים 53: תחזית צריכת חשמל בתרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה, מודל משרד האנרגיה.*



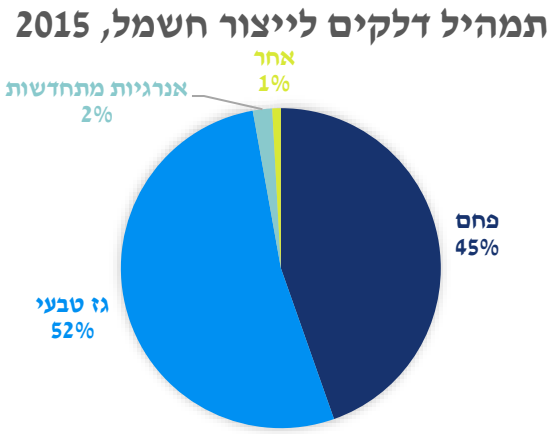

[150] (למ"ס, 2017)

ניתן לראות בתרשים 53 כי הביקוש לחשמל בתרחיש ההפחתה גבוה בכ-26 TWh מתרחיש "עסקים כרגיל" בשנת 2050. פער זה נובע מתוספת ביקוש לחשמל הצפויה עקב חשמול התחבורה, התעשייה והמגזר הביתי. כלומר, המעבר של מגזרי התחבורה, התעשייה ומשקי הבית משימוש בדלקים פוסיליים בעלי ניצולת אנרגיה נמוכה לשימוש בחשמל מעלה את יעילות האנרגיה ומפחית פליטות גזי חממה אך במקביל מעלה את הביקוש הכולל לחשמל.

## שינוי תמהיל הדלקים

משרד האנרגיה פועל לצמצום ההשפעות הסביבתיות של ייצור החשמל על ידי שינוי תמהיל הדלקים, כאשר נכון לשנת 2015 כ-98% מייצור החשמל התבסס על דלקים פוסיליים, מתוך כך כ-52% על גז טבעי.

*תרשים 54: תמהיל דלקים לייצור חשמל, 2015*




*מקור*: (רשות החשמל, 2019)

השנים האחרונות מתאפיינות בשתי מגמות משמעותיות בנוגע לתמהיל זה:

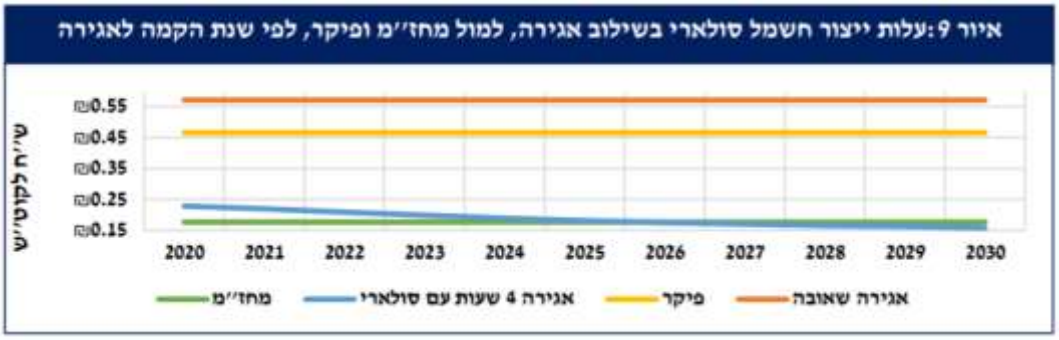
1. **הגברת הייצור בגז על חשבון דלקים מאובנים אחרים בכלל ופחם בפרט - עד לכדי הפסקה מוחלטת** – בשני העשורים האחרונים התווספו למערך הייצור הקונבנציונלי בישראל כמעט רק יחידות ייצור אשר מוסקות בגז, רובן המכריע יחידות במחזור משולב. ממערכת שבה לא היה כל שימוש בגז כמקור אנרגיה לייצור חשמל, הפכה מערכת החשמל בישראל לאחת ממערכות החשמל שהישענותן על גז מאסיבית ביותר. ניתן להצביע על כמה גורמים שפעלו להאצת תהליך זה:
   - מציאת גז במאגרים בהיקף משמעותי מול חופי ישראל.
   - השתלבותם המואצת של יצרני חשמל פרטיים במערכת החשמל בישראל.
   - התנגדות ציבורית להקמת תחנות פחמיות חדשות בארץ והנטייה הכללית בעולם המערבי להקטין את השימוש בפחם במקביל להגדלת ייצור חשמל ממקורות מתחדשים.

   כתוצאה משינוי זה הולך ויורד משקלן היחסי של יחידות מוסקות בפחם במערכת הייצור, וזאת על רקע שורה של החלטות שהתקבלו בשנים האחרונות אשר מטרתן צמצום ואף הפסקת ייצור החשמל בפחם. תחילה, בשנת 2015 קבע שר האנרגיה מדיניות העמסה המעדיפה ייצור בגז על פני ייצור בפחם, תוך הפעלת היחידות הפחמיות בעומס המזערי המאפשר גמישות ואמינות אספקה למשק. ב-2018, במסגרת החלטת ממשלה מס' 4080, הוחלט כי תחנת הכוח בפחם אורות רבין 1-4 (4x360 מגוואט) תושבת באמצע 2022 ובמקומה תוקמנה שתי יחידות גדולות במחזור משולב (2x650 מגוואט), אשר תופעלנה בגז.

   עפ"י הוראת שר האנרגיה, בהתאם ליעדי משרד האנרגיה, יש להפסיק את השימוש בפחם באופן מוחלט כבר במהלך העשור הנוכחי. בעניין זה קיימת תוכנית להסבת התחנות הפחמיות הגדולות של חברת החשמל להפעלה בגז עד שנת 2026.

2. **הגברת השימוש באנרגיה מתחדשת** –במסגרת החלטת ממשלה מס׳ 542 בעניין הפחתת פליטות גזי חממה וייעול צריכת האנרגיה במשק מספטמבר 2015, נקבעו יעדי ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בשיעור של 13% מסך צריכת החשמל בשנת 2025 ו-17% בשנת 2030.
3. יעדים אלו עודכנו באוקטובר 2020 במסגרת החלטת ממשלה מס׳ 465 בה נקבע כי חלקן של אנרגיות מתחדשות בייצור החשמל בישראל יגיע ל-20% עד שנת 2025 ול-30% בשנת 2030.
4. החלטות אלו התקבלו על רקע ירידה משמעותית ומתמשכת במחירי ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות. משרד האנרגיה מצא כי עלות ייצור החשמל הסולארי, בשילוב עם אגירה, צפויה להיות זולה יותר מעלות ייצור החשמל במחז״מ כבר בעשור הקרוב. מאז, במסגרת הליך תחרותי למתקן סולארי בשילוב עם יכולת אגירה של 4 שעות נקבע מחיר של 17.45 אג׳ לקוט״ש בלבד.

*תרשים 55: עלות ייצור חשמל סולארי בשילוב אגירה מול מחז"מ ופיקר, משרד האנרגיה*

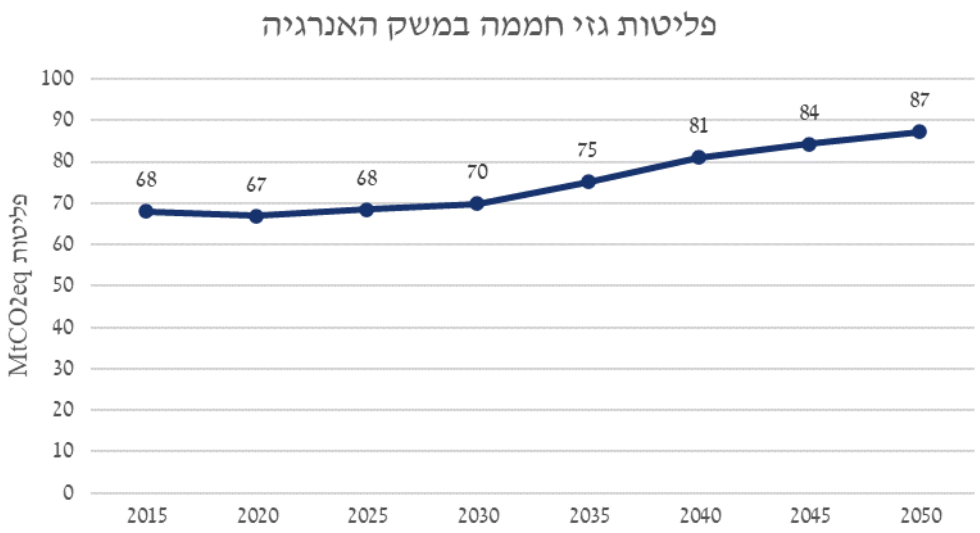



*מקור* : (משרד האנרגיה, 2020)

## תרחיש עסקים כרגיל

ללא הצעדים המרכזיים אותם מתכנן משרד האנרגיה להוציא לפועל נראה כי בתרחיש "עסקים כרגיל" (המשך שימוש בפחם, 17% התייעלות באנרגיה עד לשנת 2030 ו17% 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 56: פליטות גזי חממה ממשק האנרגיה עד שנת 2050 בתרחיש "עסקים כרגיל" ע"פ מודל אנרגיה, משרד האנרגיה, 2020.*

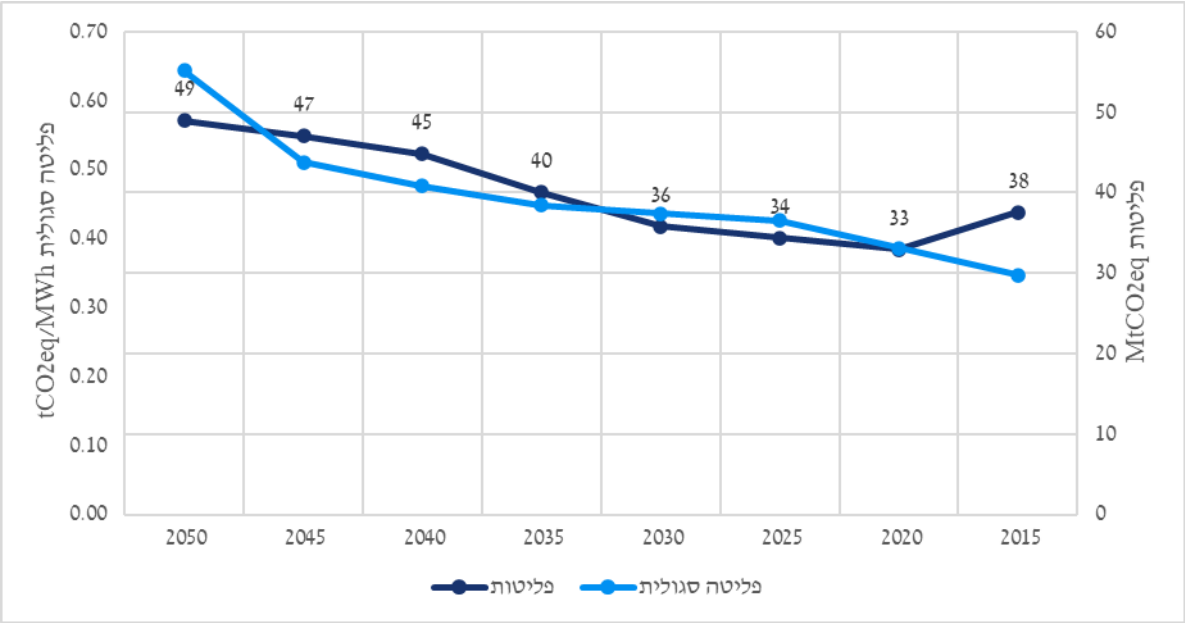



### תוצאות ומסקנות

סך ייצור החשמל צפוי לגדול מכ-65 TWh ב-2015 לכ-94 TWh ב-2030 ולכ-179 TWh ב-2050. מתוך כך, כ-73 TWh בשנת 2030 וכ-133 TWh בשנת 2050 ייוצרו בגז טבעי, והיתרה באמצעות פחם (בשנת 2030) ואנרגיות מתחדשות.

הפחתת ייצור החשמל מפחם והגברת שיעור הייצור באנרגיה מתחדשת צפויות להפחית את פליטות גזי החממה מסקטור החשמל מכ-38 מיליון טון שווה ערך פד"ח ב-2015 לכ-36 מיליון טון שווה ערך פד"ח ב-2030. אך למרות הפסקת השימוש בפחם עד לשנת 2050, עם המשך הגידול בצריכת החשמל, הפליטות צפויות לגדול לכ-49 מיליון טון שווה ערך פד"ח ב-2050 - הפחתה של כ-5% בשנת 2030 וגידול של כ-29% בשנת 2050, ביחס לשנת 2015. לעומת זאת, עצימות הפליטות תרד מכ-0.64 טון שווה ערך פד"ח למגה-וואט שעה מיוצר בשנת 2015, לכ-0.45 ב-2030 וכ-0.35 ב-2050, ירידה של כ-45% ביחס לשנת 2017.

*תרשים 57:פליטות מייצור חשמל, תרחיש עסקים כרגיל*


0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
tCO2eq/MWh פליטה סגולית
60
50
40
30
20
10
0
MtCO2eq פליטות
49
47
45
40
36
34
33
38
2050
2045
2040
2035
2030
2025
2020
2015
פליטות
פליטה סגולית

## מגמות ויעדים בעולם

סוכנות האנרגיה הבינלאומית (IEA) פרסמה בדו"ח השנתי[151] (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. בנוסף, בדו"ח מיוחד לקראת וועידת האקלים COP26 פרסם ה IEA מפת דרכים להגעה לאיפוס פחמני במשק האנרגיה העולמי ללא אמצעים לקיזוז פליטות גזי החממה ממקורות מחוץ למשקי האנרגיה [152](2021). המסמך מתייחס גם לאמצעים המוגדרים "key uncertainties" כמו ביו-אנרגיה, תפיסת פחמן ושינוי התנהגותי. נמצא כי תחזית הביקוש העולמי לאנרגיה קטן ב 8% מהיום אך משרת כלכלה גדולה פי 2. המסמך מציין כי איפוס פליטות עד שנת 2050 תלוי בעידוד חסר תקדים לפיתוח טכנולוגיות "נקיות" עד שנת וכי עד 2030 יש להתמקד ולהמשיך לעודד ולהשקיע בטכנולוגיות קיימות ומוכרות היום, בעוד שמ 2030 ועד 2050 נסתמך על טכנולוגיות שאינן קיימות היום. המסמך מתמקד ב 3 טכנולוגיות להפחתת פליטות (סוללות מתקדמות, אלקטרודות מימן ולכידת אוויר ואחסון ישיר) כטכנולוגיות המבטיחות ביותר אך פורס תחומים קריטיים בהם צריך להשקיע ולהתמקד : חשמול, ביו-אנרגיה ולכידת פחמן, ניצול ואכסון.

הדוח עוד מציין כי חלק עיקרי להשגת היעדים הינו התייעלות באנרגיה וכתוצאה מכך, קצב השיפור בעצימות האנרגיה השנתי יצטרך לעלות לממוצע של 4% עד 2030 - בערך פי שלושה מהשיעור הממוצע שהושג במהלך שני העשורים האחרונים.

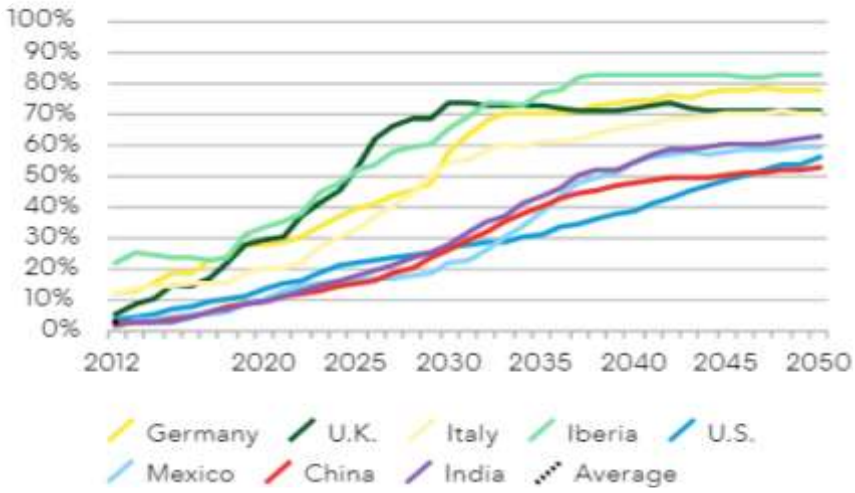
עוד, בתרחיש האיפוס הפחמני ישנן הנחות להוזלת טכנולוגיות לייצור אנרגיה מתחדשת כאשר המיקוד בחשמול. בשנת 2050 2/3 מאספקת האנרגיה מקורה מאנרגיית שמש, רוח, ביו-אנרגיה ואנרגיה גאותרמית והידרו. השמש הינה המקור הגדול ביותר ומהווה 1/5 מאספקת האנרגיה, ההספק הסולארי יגדל פי 20 והספק הרוח פי 11 מהיום. אספקת האנרגיה הפוסילית יורדת מכ 4/5 היום למעט יותר מ1/5 בשנת 2050. הסתמכות על אנרגיה מתחדשת דורשת חשיבה מחדש על בטחון אנרגיה. נקודות תורפה כוללות גיוון מקורות אנרגיה ואיומי סייבר. עם זאת האיומים הישנים לא נעלמים ועל כן יש לפתח סט מדדים מתאים.

על מנת לצמצם את היקף פליטות גזי החממה ומזהמים אחרים, מדינות רבות החלו בכתיבת תכניות וקביעת יעדים ארוכי טווח למעבר למשק דל או מאופס פחמן. 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 58 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 ושמש יותר ממשלש את עצמו במרבית המדינות בין השנים 2020 ו-2050 ומגיע עד לכ-80% במספר מדינות.

*תרשים 58: שיעור מתחדשות במדינות נבחרות עד שנת 2050 לפי אומדני בלומברג*

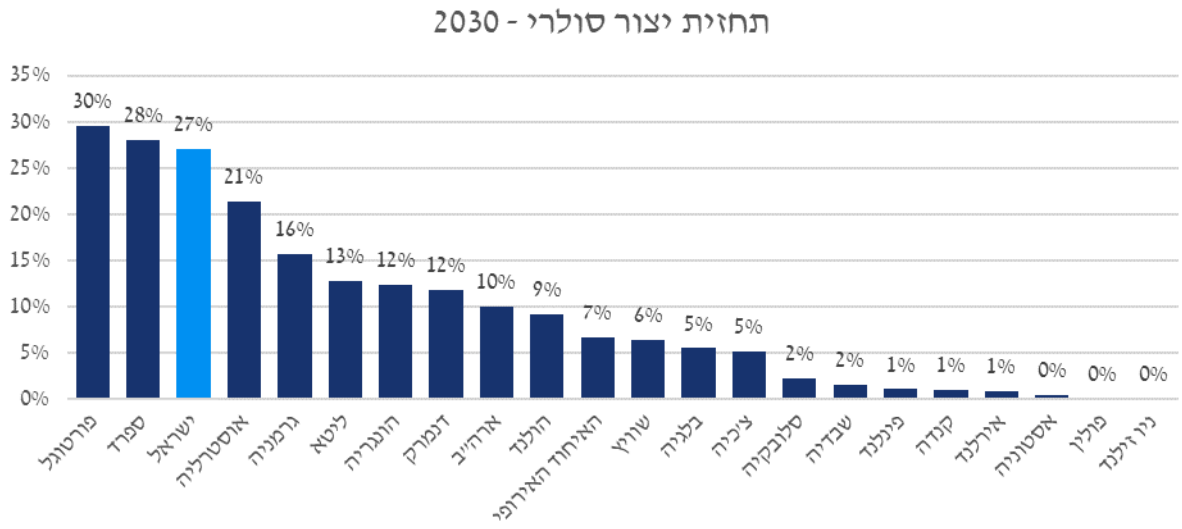
[151] https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019#

[152] https://iea.blob.core.windows.net/assets/beceb956-0dcf-4d73-89fe-1310e3046d68/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf




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 (סירוגי) ועל כן מעלה אתגרים רבים בהסתמכות עליו באופן בלעדי ועל כן משמש כחלק מתמהיל האנרגיות המתחדשות בכל מדינה. תרשים 59 מציג את תחזית הייצור הסולארי במדינות נבחרות לשנים 2030.

*תרשים 59: תחזית ייצור סולארי במדינות נבחרות לשנת 2030. IEA, 2021*[153].



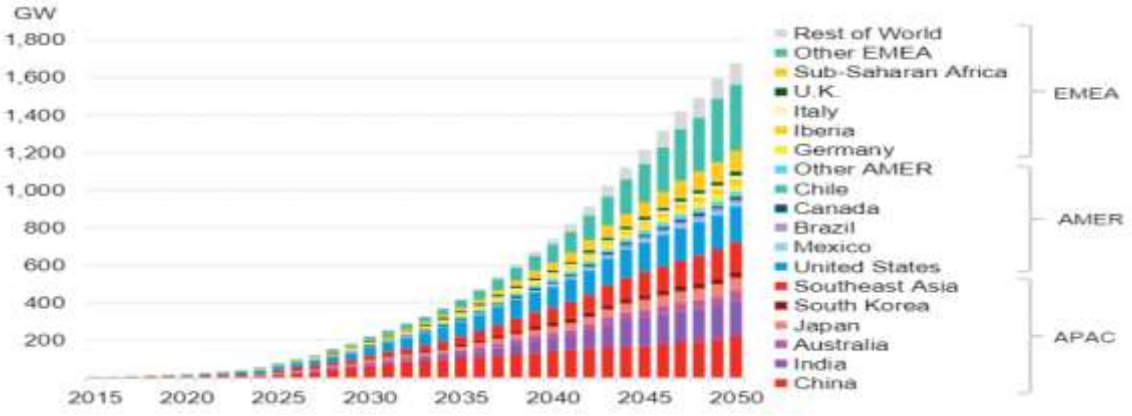

* יש לשים לב כי ממוצע שעות השמש בישראל כמעט כפול מממוצע שעות השמש במדינות הOECD

בבחינת הנתונים הנ"ל, ניתן ללמוד כי תחזית ייצור החשמל ממקור סולארי בכל המדינות הנבחנות 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, אחוז האנרגיה הסולארית מתמהיל האנרגיה המתחדשת הינו נמוך. בארה"ב למשל, אחוז האנרגיה המתחדשת החזוי לשנת 2050 עומד על כ 55% מתוכם רק 17% 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.

[153] Projections: energy policies of IEA countries http://data.iea.org/payment/products/114-projections-energy-policies-of-iea-countries.aspx

האפשרות לשלב רוח ושמש בהיקפים משמעותיים מוגבלת נוכח אופי יצור החשמל המתחדש, המשתנה כתלות במזג האוויר ושעות היום, ומצריכה הערכות מיוחדת. 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'יגה-וואט לשנת 2017, בשני העשורים הקרובים משקלה צפוי לרדת, ואגירה באמצעים אחרים, מודולריים, כמו סוללות, תלך ותגדל. תרשים 60 שלהלן מציג תחזית של בלומברג להספק המצטבר של מתקני אגירה במשק החשמל, ללא אגירה שאובה, עד שנת 2050, לפי מדינות העולם. מהתרשים נראה כי בעוד שכיום היקף האגירה הוא כמעט אפסי (ללא אגירה שאובה), עד שנת 2050 ההספק המצטבר יגיע לכ-1,700 ג'יגה-וואט, כאשר ארה"ב ומדינות אסיה, בראשם סין, יובילו את המגמה.

*תרשים 60: הספק אגירה מצטבר עד שנים 2050 לפי מדינות, 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 לווסת את צריכת החשמל ולאזן בין ההיצע לביקוש. ניהול ביקושים (DR) נמצא בשימוש בעולם כבר למעלה מעשור, ובשנים האחרונות נראה כי השימוש בו הולך וגובר.

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.

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. שינוי זה טומן בחובו התאמות רבות שנדרש לעשות הן ברשת החלוקה והן ברשת ההולכה, לשם קליטה מיטבית וניהול של אנרגיה מתחדשת. סוכנות הידיעות בלומברג חוזה כי עד שנת 2050 ההשקעה ברשת החלוקה תגדל באופן משמעותי ביחס לרשת ההולכה, וזאת כאמור לצורך שילוב הולך ועולה של אנרגיות מתחדשות.

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 אזורים מתאימים לכליאת הפד"ח, לא יתאפשר יישום של טכנולוגיות תפיסת ואחסון פחמן בישראל.

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-400GW 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. בכל הקשור למשק האנרגיה ישראלי, 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 דולאיים נפוצים על גגות בתים כמובן 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.

# חזון ויעדים לישראל

## חזון

**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.**

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

## יעדים בתחום האנרגיה

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. 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.

לאור האמור, 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*

| יעדים ראשיים | מדד | 2018 | יעד 2030 | יעד 2050 |
|---|---|---|---|---|
| הפחתת פליטות גזי חממה במשק האנרגיה | אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015 | 0% | 22% | **80%** |
| הפחתת פליטות גזי חממה במגזר החשמל | אחוז הפחתת פליטות גזי חממה ביחס לשנת 2015 | 7.5% | כ- 30% | **85%** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **אנרגיות מתחדשות** | שיעור אנרגיות מתחדשות מתמהיל הייצור | כ-3% | 30% | 54-86% |
| יעילות באנרגיה | עצימות אנרגיה (מגה-וואט/מלש״ח) | 0.7% | 122 מגה-וואט שעה ל 1 מלש״ח | **122 מגה-וואט שעה ל 1 מלש״ח** |
| 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.

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

7. הגדלת אחוז אנרגיית השמש (סולארית) בתמהיל ייצור החשמל
8. תפיסת הפחמן הנפלט מתחנות הכח ושימוש חוזר או הטמנתו
9. חיבור רשת החשמל למדינות שכנות או לאירופה
10. בחינת השימוש באנרגיה גרעינית
11. שימוש במימן כחול המופק מגז טבעי
12. 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 תכנוניים, 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 גיאו-תרמיקה 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 משמעויות 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, שתתקבל 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 תכנית 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** | | כ-160 אלף דונם | 500-900 אלף דונם |
| **אגירה** | 0.3 GW | 3.5 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 | 11.6 GW | מעל 30 GW |
| **פיתוח הרשת – הערכה להשקעה ברשת החלוקה** | יעודכן בהמשך | | |
| **עמידה ביעדים של משקים משלימים – תחבורה ותעשייה** | לפי צוותי תחבורה ותעשייה (להוסיף את מספרי העמודים לפי הדוח המלא) | | |
| **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 כאשר המגמה הברורה ביותר היא הסתמכות הולכת וגדלה על טכנולוגיות בתחום האנרגיה מתחדשת, ובעיקר אלו המנצלות את אנרגית הרוח והשמש. הסבר לכך מצוי במגמות

העולמיות להתמודדות עם משבר האקלים ובירידה המתמשכת במחירי האנרגיות המתחדשות - 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 שננקטו 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.

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. 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. בעולם פועלים נכון ל-2020, 26 מפעלים בקנה מידה גדול , ועוד כ3 מפעלים בהקמה, כ-13 מפעלים בשלבי פיתוח מתקדם וכ-21 בשלבי פיתוח ראשוניים. המפעלים הפועלים היום בעלי קיבולת תפיסה של 40 $MtCO_2$ 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 ובכוונת המשרד להעמיק בחינה זו. ללא קפיצה טכנולוגית שתאפשר יישום בקנה מידה נרחב ואיתור אזורים מתאימים לכליאת הפד"ח, לא יתאפשר יישום של טכנולוגיות תפיסת ואחסון פחמן בישראל.

## אנרגיה גרעינית

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-400GW 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 ישראלי, יש לבחון את היתרונות והחסרונות של הטכנולוגיה כמו גם את מידת הישימות של הטמעתה במשק הישראלי.

## 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.

# תרחיש ההפחתה

## הפחתת פליטות גזי חממה

כתוצאה משילוב מוגבר של אנרגיות מתחדשות בתמהיל ייצור החשמל, סך הפליטות מסקטור החשמל צפויות לרדת בתרחיש ההפחתה בכ-30% עד שנת 2030 ובכ-81% עד שנת 2050 - ביחס לשנת 2015. ירידה גדולה צפויה לקרות בין 2025-2030 עם הפסקת השימוש בפחם והגדלת שיעור האנרגיות המתחדשות.

תרחיש ההפחתה מניח עמידה ביעדי משרד האנרגיה –קרי ייצור החשמל באמצעות פחם יופסק לחלוטין עד שנת 2030, עמידה ביעד של 30% אנרגיות מתחדשות בתמהיל הייצור בשנת 2030 – אשר מביא להפחתה של כ-30% בסך הפליטות ביחס לשנת 2015 – ועמידה ביעד להפחית ב- 85% את פליטות גזי החממה מסקטור החשמל בשנת 2050 ביחס לשנת 2015.

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.

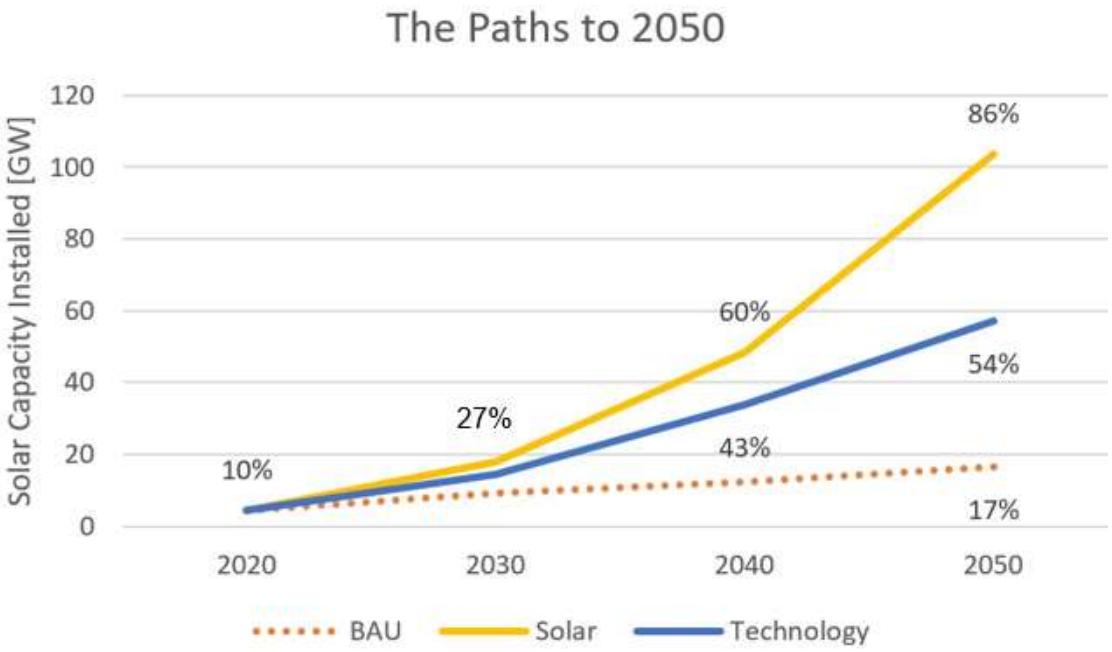
בבחינת יעדי ההפחתה של המגזרים העיקריים במשק האנרגיה, הכוללים את מגזרי החשמל, התחבורה והתעשייה, נמצא כי מגזר התעשייה יתקשה להשיג הפחתה משמעותית בפליטות, ולכן מגזר החשמל יידרש להפחתה משמעותית יותר בכדי לפצות על הקושי במגזר התעשייה. בכדי להשיג הפחתה של 80% בסך פליטות גזי החממה ממגזר האנרגיה יהיה צורך להשיג 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.

נבחנו שלושה תרחישים מרכזיים; 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 80% פליטות גזי החממה ביחס לשנת 2015 באמצעות שימוש באחוזים גבוהים מאד של אנרגיה סולארית – עד 90% בשנת 2050 והשאר בגז טבעי.
- תרחיש "מבוסס טכנולוגיות חדשות" (Technology) המניח הפחתה של 80% פליטות גזי החממה ביחס לשנת 2015 באמצעות 54% אנרגיה מתחדשת בתמהיל האנרגיה, 34% גז טבעי משולב עם תפיסת פחמן/ טכנולוגיות אחרות ו12% גז טבעי.

להלן תרשים המבטא את התרחישים השונים לעמידה ביעדי ההפחתה במשק החשמל:

*תרשים 61: התרחישים השונים לעמידה ביעדי ההפחתה במשק החשמל, מודל משרד האנרגיה.*

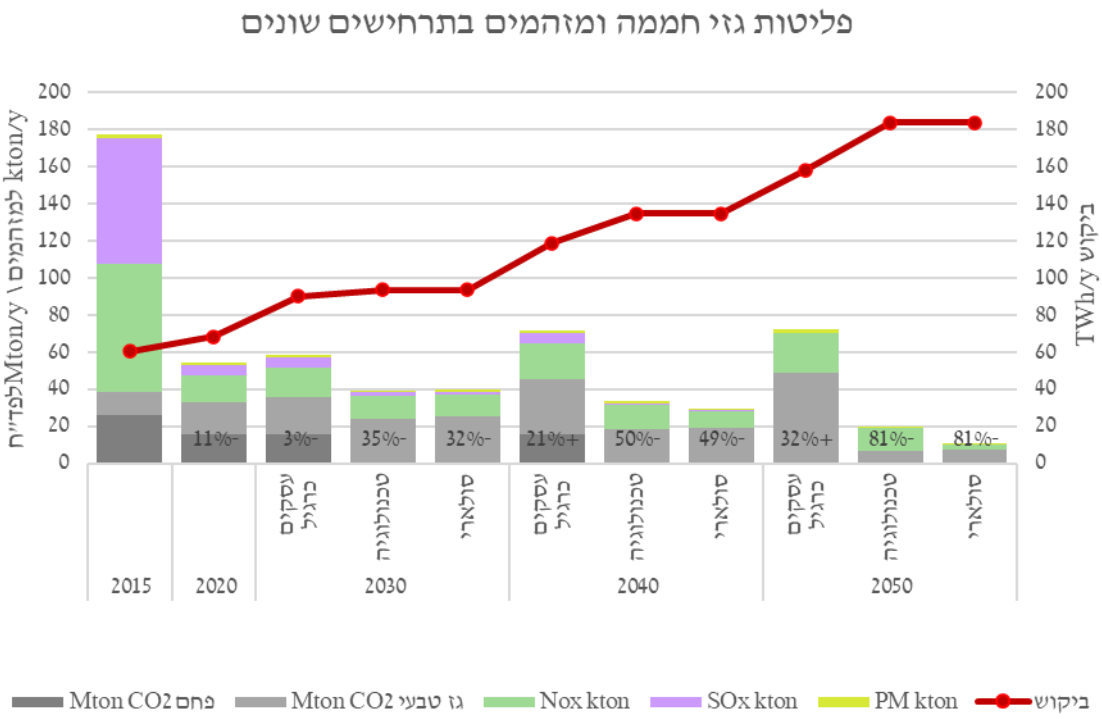



המודל מאפשר בחינה של אופני הפיתוח הללו, תוך הערכת ההשלכות של כל תרחיש ומציאת התמהיל האופטימלי (בבחינת העלות המשקית/ הפחתת פליטות גזי חממה) בתרחישים השונים.

ניתן לראות בתרשים 62 , 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 בביקוש לחשמל גבוה יותר בתרחישי ההפחתה לעומת תרחיש "עסקים כרגיל" (עקב חשמול התחבורה והתעשייה), בשני התרחישים פליטות גזי החממה יופחתו לכ-7.0 $MtCO_2$ לעומת תרחיש עסקים כרגיל, בו פליטות גזי החממה יגדלו ל- 49 $MtCO_2$ . מבחינת מזהמים נוספים, ניתן לראות כי בתרחיש "עסקים כרגיל" החומר החלקיקי (PM) יופחת ב-8% עד לשנת 2050 (2.13 לעומת 2.30 kton), בתרחיש הסולארי יקטנו ב-87% מהערכים בשנת 2015 (ל- 0.30 kton). בבחינת מזהמי תחמוצות החנקן ($NO_X$) רואים כי בתרחיש "עסקים כרגיל" רמת תחמוצת החנקן יורדת ב-69% (21.34 לעומת 69.1 בשנת 2050 לעומת שנת 2015 בהתאמה), בתרחיש הטכנולוגי יורדת ב-83% (ל-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.

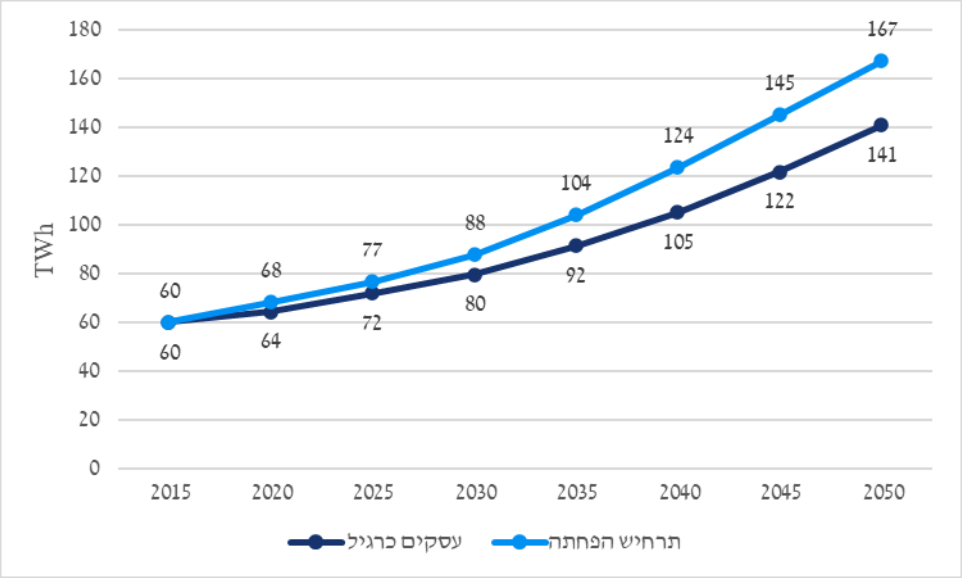
*תרשים 62: תוצאות הרצת המודל הטכנו –כלכלי לשלושה תרחישים – תרחיש "עסקים כרגיל" ושני תרחישי קיצון, תרחיש "מבוסס אנרגיה מתחדשת" ותרחיש "מבוסס טכנולוגיות חדשות". מודל משרד האנרגיה, 2020.*


פליטות גזי חממה ומזהמים בתרחישים שונים
לפי Mton/y \ למזהמים kton/y
ביקוש TWh/y
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
11%-
3%-
35%-
32%-
21%+
50%-
49%-
32%+
81%-
81%-
עפקים כיגל
טכנולוגיה
סולארי
2015
2020
2030
2040
2050
Mton CO2 פחם
Mton CO2 גז טבעי
Nox kton
SOx kton
PM kton
ביקוש

## סיכום

סך הביקוש לחשמל צפוי לגדול בתרחיש ההפחתה מכ-60 TWh בשנת 2015 לכ-88 TWh בשנת 2030 ולכ-167 TWh בשנת 2050, זאת לעומת כ-141 TWh בתרחיש עסקים כרגיל.

*תרשים 63: סך הביקוש לחשמל תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש ההפחתה*




ניתן לראות כי בתרחיש ההפחתה, במגזר החשמל מושגת ירידה בפליטות של כ-32% ב-2030 וכ-81% ב-2050 ביחס ל-2015. מדובר בהפחתה של כ-29% בשנת 2030 וכ-85% ביחס לרמת הפליטות בתרחיש עסקים כרגיל בשנת 2050.

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 עתידיות, דוגמת אנרגיות שמקורן בים.
3. פיתוח רשת החשמל, תכנון תשתיות מקיים ומתוך כך הטמנת קווי מתח במקום קווים עיליים, ביזור רשת החשמל, קירוב הייצור לצריכה.
4. טרנספורמציית אנרגיה של מבני מגורים לרבות חשמול המגזר הביתי, תוך החלפת השימוש בגז הבישול בשימוש בחשמל.
5. מעבר לרכב חשמלי, תוך הפסקת השימוש במנועי בעירה המבוססים סולר ובנזין.

## המלצות צוות העבודה לאמצעי מדיניות

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:

### היעד: 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 אספקת הגז למשק, אינה מספקת, או כתוצאה מתקלה או תחזוקה במאגרי הגז. שיעור ייצור החשמל באמצעות פחם הופחת בשנים האחרונות באופן משמעותי מהיקף של מעל ל-60% מהייצור המשקי בשנת 2012 לכ-30% בשנת 2019. 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 - כבכל 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 ביולוגים. מכיוון שרשתות ההולכה והחלוקה בישראל נבנות בסטנדרטים מחמירים מאוד, מידת התאמתם לשימוש זה גבוהה ויש צורך לאמץ את הרגולציה האירופאית בהקשר זה.

### היעד: 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 משמעותית 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 חיצוניים, 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 הזרם, 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.
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 שימושי הקרקע בשטחים המבונים בהתייחס לאפשרות למצותם 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 לו"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** –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.

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 ולקשם פיילוטים בתחום.
10. **אסדרות** - יש לוודא קיומם של פתרונות אסדרתיים לטווח ארוך על מנת ליצור אופק לתעשייה הסולארית והאגירה. 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 בממסחר 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 בחדירת 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.
13. **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 היעד תחייב מאמץ ושיתוף פעולה חוצה 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 ₪. 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.

# תוצאות ברמה הלאומית

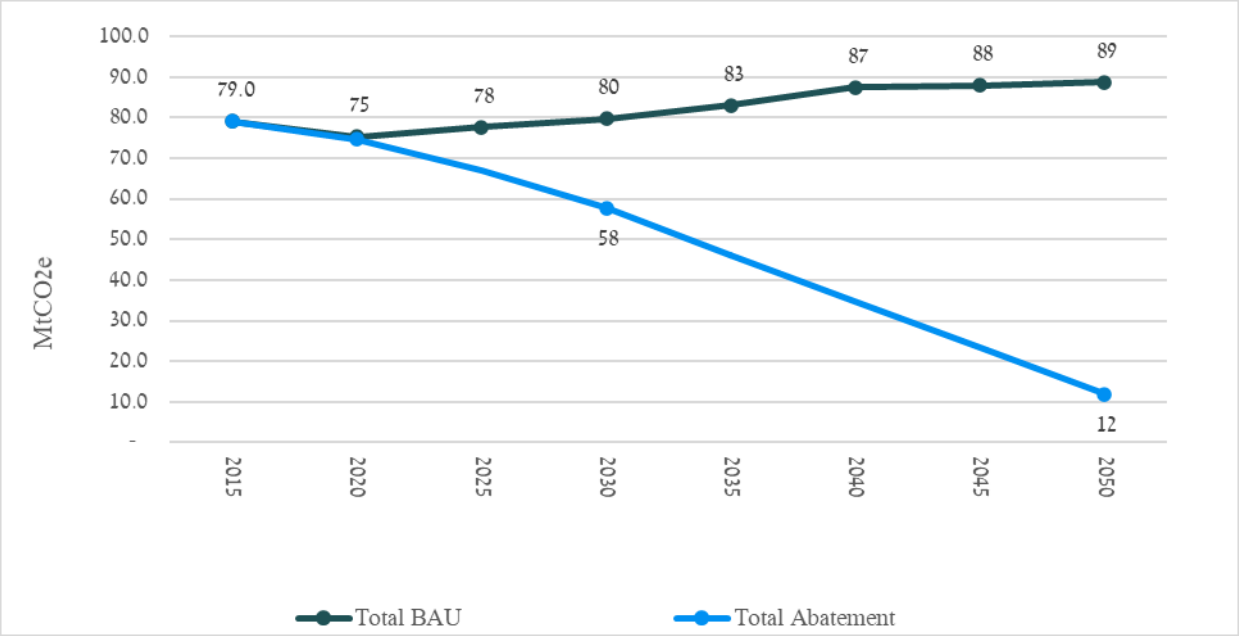
# יעדים והשלכות משקיות של יישום החזון

על בסיס העבודה המקצועית שנעשתה בצוותי העבודה השונים, הממשלה אישרה במסגרת החלטת ממשלה מס' 171 מיום 25/07/2021 את היעדים הבאים:

1. יעד לאומי להפחתת פליטות גזי חממה ב-27% בשנת 2030 ביחס לרמתן בשנת 2015
2. יעד לאומי להפחתת פליטות גזי חממה ב-85% לכל הפחות בשנת 2050 ביחס לרמתן בשנת 2015

בהתאם ליעדים אלו, סך פליטות גזי החממה במשק צפוי לעמוד על כ-58 טון שווה ערך פד"ח ($MtCO_2e$) בשנת 2030 (כ-5.2 $tCO_2e$ לנפש) ועל כ-12 $MtCO_2e$ בשנת 2050 (כ-0.8 $tCO_2e$ לנפש). זאת, לעומת כ-80 $MtCO_2e$ ב-2030 (7.2 $tCO_2e$ לנפש) וכ-89 $MtCO_2e$ ב-2050 (5.7 $tCO_2e$ לנפש):

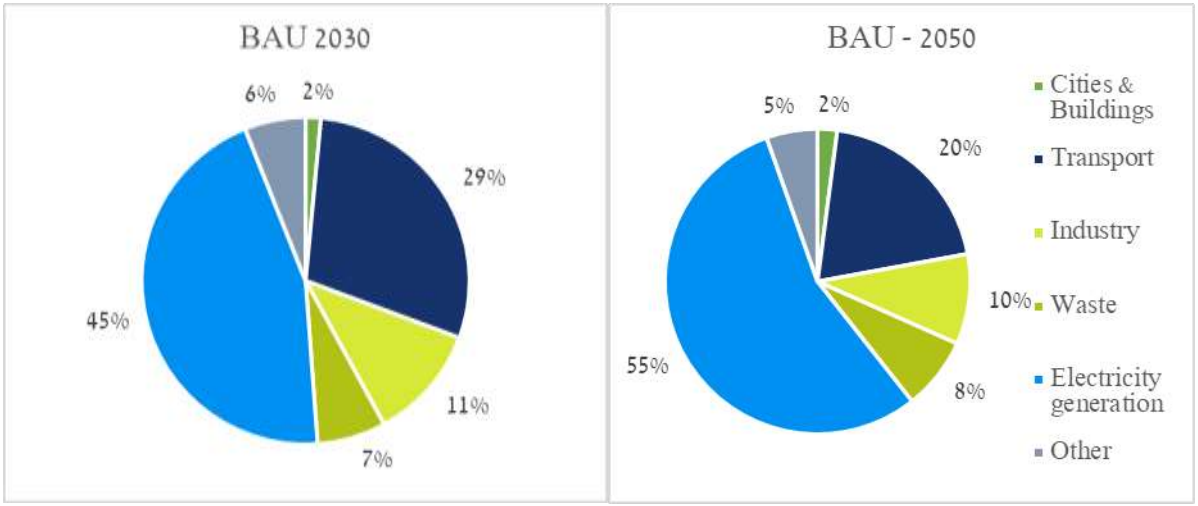
*תרשים 64: סך פליטות גזי חממה, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה*[154]




## פליטות גזי חממה לפי סקטור

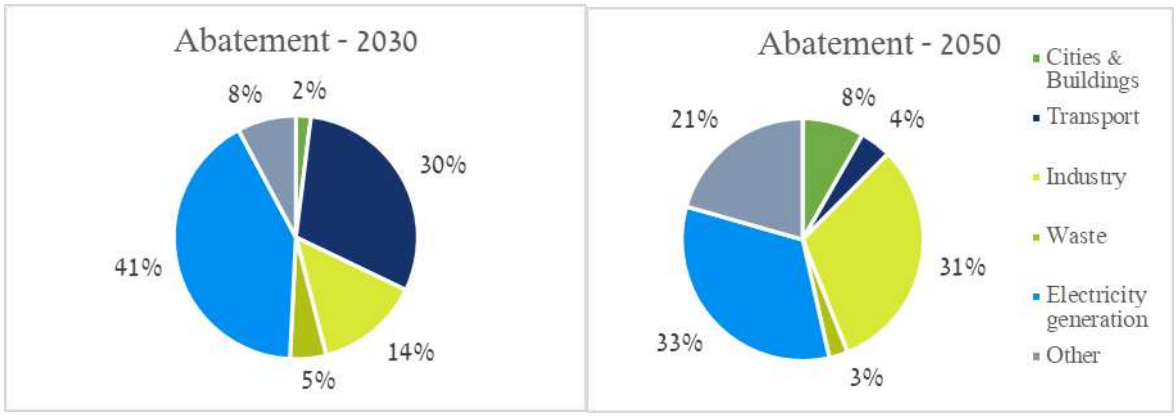
בתרחיש עסקים כרגיל, משק החשמל ממשיך להיות המקור הדומיננטי לפליטות גזי חממה במשק, ותרומתו היחסית לפליטות אף גדלה לאור הגידול הטבעי במגזרי המשק הצורכים חשמל כיום לצד חשמול חלקי של התחבורה. תרומתו היחסית של סקטור התחבורה לפליטות קטן בהתאמה, בהתייחס לפליטות הישירות.

*תרשים 65: פליטות גזי חממה לפי סקטור, תרחיש עסקים כרגיל*




לעומת זאת, בתרחיש ההפחתה תרומתו היחסי של משק החשמל הולך וקטן בזכות השינויים המעבר המשמעותי לייצור חשמל באמצעות אנרגיה מתחדשת. חשיבותן היחסית של פליטות שאינן משריפת דלקים תלך ותתעצם עם יישום החזון, כאשר פליטות כגון ממגזר החקלאות ומטיפול בשפכים צפויות להוות כ-21% מסך הפליטות ב-2050 בתרחיש ההפחתה.

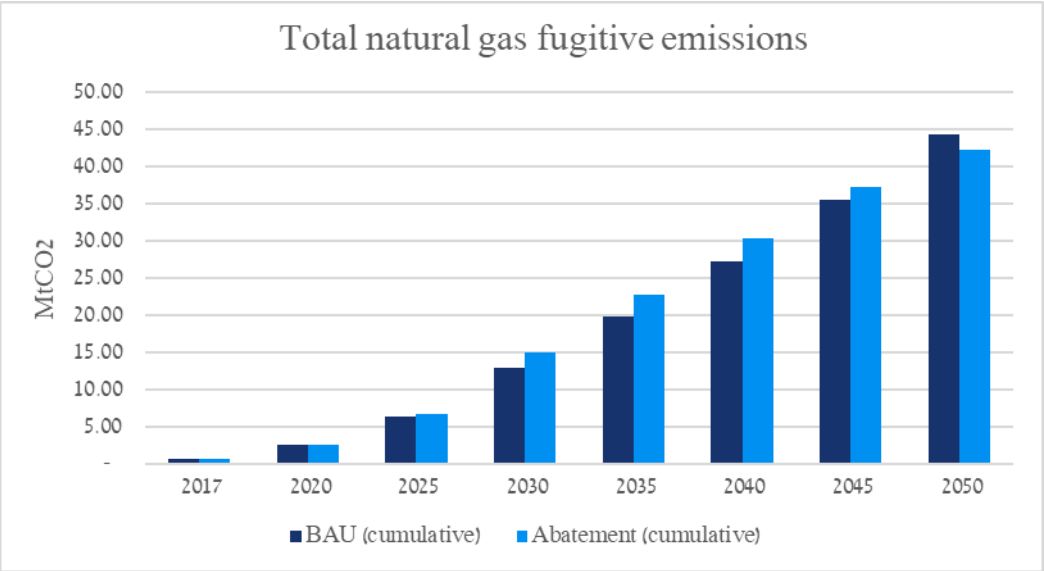
*תרשים 66: פליטות גזי חממה לפי סקטור, תרחיש הפחתה*




עיקר התרומה לפליטות גזי החממה של המגזר המסחרי-ציבורי והביתי היא כתוצאה מצריכת החשמל במבנים. על כן, בהינתן צריכת הפליטות הישירות והעקיפות של מגזרים אלו, סך הפליטות במגזרים אלו עומד על כ-29% בשנת 2030 ועל כ-35% בשנת 2050 מסך הפליטות בתרחיש ההפחתה, זאת לעומת כ-31% בשנת 2030 וכ-37% בשנת 2050 בתרחיש עסקים כרגיל. הפחתה זו נובעת מהגדלת שיעורי הבנייה הירוקה ומאופסת אנרגיה.

יש לציין כי תחזיות הפליטות המשמשות לקביעת היעדים הלאומיים אינן כוללת פליטות מהפקה, עיבוד, אחסון, הולכה וחלוקה של גז טבעי, זאת מאחר ובשלב זה מקור זה אינו כלול במצאי הפליטות הלאומי הרשמי של המדינה המוגש מדי שנה למזכירות האקלים של האו״ם על ידי הלמ״ס וטרם אופיין בצורה מוסדרת עבור המשק הישראלי. על כן – אין זה ראוי לקבוע יעדים בהתחשב בפליטות אלו. יחד עם זאת, מדובר במקור פליטה בעל פוטנציאל השפעה מאוד משמעותי. בחישוב המתבסס על ברירת המחדל של ה-IPCC – הפליטות ממקור זה צפויות להגיע במצטבר לכדי כ-40-45 $MtCO_2e$ עד שנת 2050 – כתלות בתרחיש (קרי, כתלות בשיעור האנרגיות המתחדשות) ובהנחת הפקה מלאה של כלל המאגרים הקיימים (לוויתן, תמר, כריש-תנין). על כן, מומלץ לאפיין בהקדם את פליטות אלו ולכלול אותן בכל החלטה המשפיעה על היקף הפקת הגז הטבעי וצריכת הגז הטבעי במשק.

*תרשים 67: פליטות גזי חממה מצטברות מחיפוש, עיבוד והפקת גז טבעי – תרחיש עסקים כרגיל מול תרחיש ההפחתה*

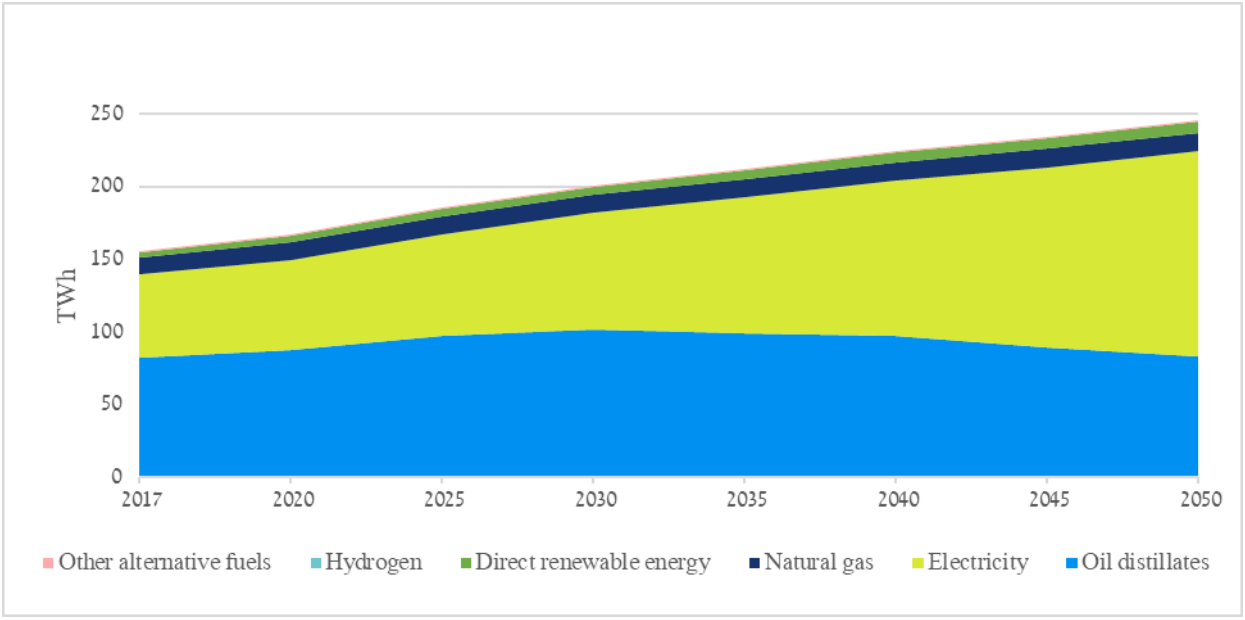



*התבצע שימוש במקדם GWP של מתאן השווה ערך ל-21.

## צריכת אנרגיה סופית

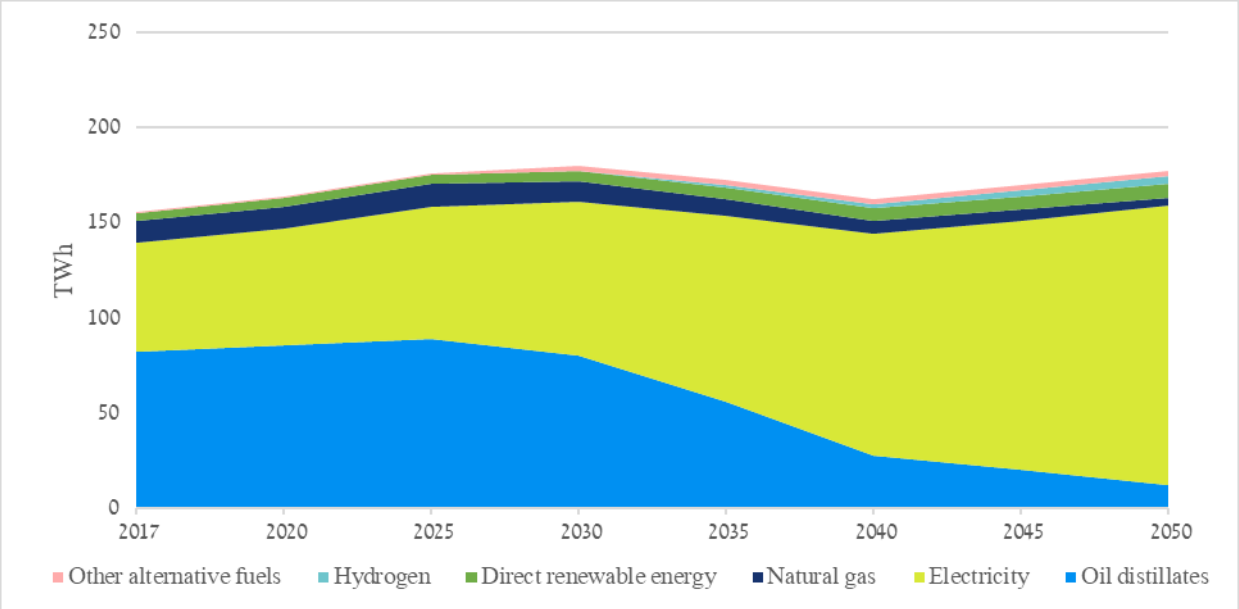
סך צריכת האנרגיה הסופית במשק צפויה לגדול בתרחיש עסקים כרגיל בכ-30% עד שנת 2030 ובכ-58% עד שנת 2050 ביחס ל-2015. בתרשים מטה ניתן לראות כי עיקר הגידול הצפוי נובע בעיקר מגידול בצריכת החשמל, כתוצאה בעיקר מחשמול חלקי של התחבורה.

*תרשים 68: סך צריכת האנרגיה הסופית לפי דלק, תרחיש עסקים כרגיל*




לעומת זאת, בתרחיש ההפחתה, סך צריכת האנרגיה הסופית צפויה לגדול אך באופן מתון יותר של כ-16% עד שנת 2030 ובכ-14% עד שנת 2050, ביחס לשנת 2015. זאת, לאור הפעולות המבוצעות להתייעלות אנרגטית במבנים ותעשייה, כמו גם המעבר לצמצום היקף הנסועה של רכבים קלים וכבדים והחלפתם ברכבים חשמליים היעילים אנרגטית ביחס לרכבי מנוע בערה פנימית. עיקר הצריכה הסופית צפויה להיות חשמל לצד כמויות קטנות של דלקים אלטרנטיביים ואנרגיה מתחדשת ישירה, גז טבעי ותזקיקי נפט, וזאת בזכות בעיקר חשמול מלא של ענף התחבורה.

*תרשים 69: סך צריכת האנרגיה הסופית לפי דלק, תרחיש הפחתה*




## מגמות בצריכת אנרגיה ודלקים

### מגמות בצריכת החשמל

בתרחיש עסקים כרגיל, צריכת החשמל צפויה להיות 80 TWh ו-141 TWh בשנת 2030 ו-2050 בהתאמה - כתוצאה מגידול בצריכה של כל המגזרים. לעומת זאת, בתרחיש ההפחתה, צריכת החשמל צפויה להיות 88 TWh ו-167 TWh בשנת 2030 ו-2050 בהתאמה - גידול שנתי ממוצע של כ-3%, הנובע מגידול בצריכה של כל המגזרים.

### מגמות בצריכת אנרגיות מתחדשות

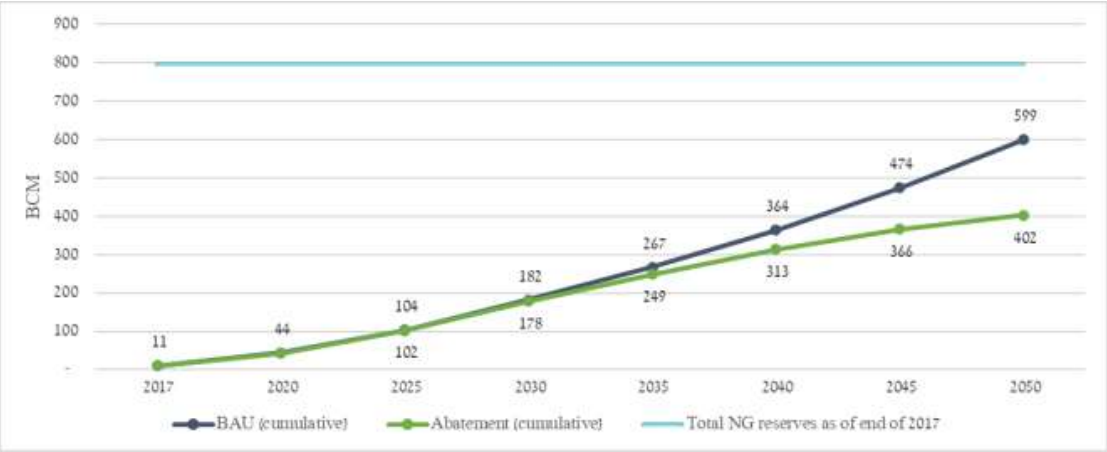
סך השימוש באנרגיות מתחדשות במשק החשמל בתרחיש עסקים כרגיל נאמד בכ-14.5 TWh וכ26 TWh בשנת 2030 ו-2050 בהתאמה. לעומת זאת, בתרחיש ההפחתה, סך השימוש באנרגיות מתחדשות נאמד בכ-28 TWh ובכ-154 TWh ב-2030 ו-2050 בהתאמה..

### מגמות בצריכת גז טבעי

סך צריכת הגז הטבעי השנתית צפויה לגדול בתרחיש עסקים כרגיל, מכ-11 BCM ב-2017 לכ-15.9 BCM ב-2030 ולכ-26.5 BCM בשנת 2050, בעיקר אודות הגידול בשימוש בגז הטבעי לייצור חשמל עקב הגידול בצריכת החשמל והמשך המדיניות לצמצום השימוש בפחם. לעומת זאת, בתרחיש ההפחתה, צריכת הגז הטבעי צפויה לעמוד על כ-15.4 BCM בשנת 2030 וכ-5.6 BCM בשנת 2050 - הפחתה של כ-80% מצריכת הגז הטבעי בשנת 2017, וזאת כתוצאה משימוש משמעותי באנרגיות מתחדשות בתמהיל הדלקים לייצור חשמל, לצד פעולות התייעלות אנרגטית וחשמול בתעשייה.

סך כמות הגז הנדרשת עד שנת 2050 בתרחיש עסקים כרגיל מוערכת בכ-75% מהכמות במאגרי הגז תמר, לוויתן כריש ותנין נכון לסוף שנת 2017 בעוד שהכמות הנדרשת בתרחיש ההפחתה מוערכת בכ-50% מהכמות במאגרים בלבד.

*תרשים 70: צריכת גז טבעי מצטברת, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה*

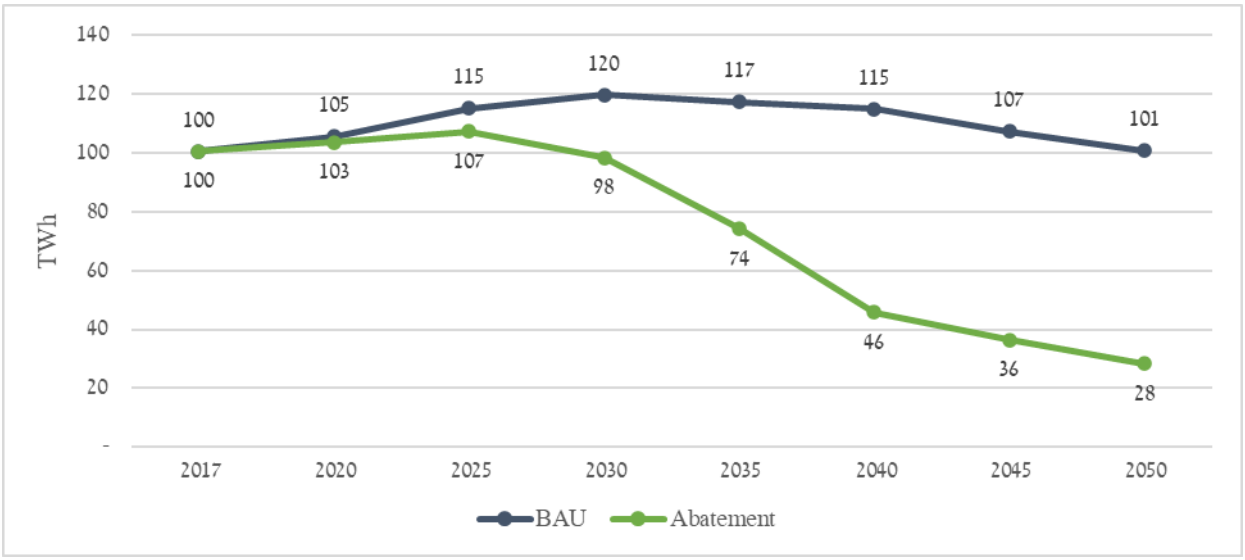



## מגמות בצריכת תזקיקי נפט

בתרחיש עסקים כרגיל, סך צריכת תזקיקי הנפט (לשימושי אנרגיה וכחומרי זינה) גדל בכ-19% עד שנת 2030 ביחס לשנת 2017, ואז פוחת עם החדירה של הרכב החשמלי להיקף צריכה דומה להיקף הצריכה בשנת 2017. לעומת זאת, בתרחיש ההפחתה, חלה ירידה של כ-2% עד שנת 2030 ושל כ-72% עד שנת 2050, ביחס לשנת 2017.

יש לציין כי בתרחיש ההפחתה, בשנת 2050 כ-52% מתזקיקי הנפט משמשים כחומרי זינה לתעשייה הפטרו-כימית, וסך צריכת הנפט הישראלי עומדת על כ-9% בלבד מהיקף הפקת תזקיקי הנפט בשני בתי הזיקוק בשנת 2017 (כ-156 MWh).

*תרשים 71: צריכת תזקיקי נפט, תרחיש עסקים כרגיל לעומת תרחיש ההפחתה*



# השפעות מאקרו כלכליות ותמחור פחמן

# ניתוח השפעת התוכנית על הצמיחה המקרו כלכלית בישראל

ההתחממות הגלובאלית ומזהמי האוויר המקומיים הם השפעות חיצוניות של פעילות כלכלית, כלומר, נזקים שאינם נלקחים בחשבון על ידי השחקנים הכלכליים ועל כן אין להם מחיר שוק. הנזק הכרוך בהשפעות חיצוניות אלו אינו מגולם באופן מלא במדד המקובל למדידת פעילות כלכלית במשק - התוצר. על פי הערכות עדכניות, **ללא התערבות בינלאומית להפחתת פליטות, נזקי האקלים יגיעו עד לפגיעה בסדר גודל של מעל 7% מן התוצר העולמי ב-2100** (Khan 2019).

מאידך, לטיפול בהשפעות החיצוניות ישנה עלות העשויה להפחית את התוצר הנמדד בהווה, אך גם עשויה לייצר גידול בתוצר בעתיד. על פי הערכות שפורסמו ע"י הנציבות האירופאית, **העלות הגלובאלית נטו של הפחתת פליטות נעה בין ירידה קלה של 1.3%- בתמ"ג העולמי ב-2050, לבין עליה קלה של 2.19%+ בתמ"ג העולמי ב-2050**, כל זאת ביחס ל-תמ"ג 2050 בתרחיש עסקים כרגיל (European Commission 2018). הערכה נוספת של העלות הגלובלית של הפחתת פליטות פורסמה על ידי ה-OECD, אשר בחר להתמקד בשילוב בין צעדי מדיניות לקידום צמיחה כלכלית עם צעדים לקידום יעדי הפחתת פליטות. תוצאות תחשיבי ה-OECD מראות כי מהלך זה יוכל להביא לגידול ממוצע בתמ"ג מדינות ה-G20 של 2.8% עד ל-2050 (OECD 2018).

ההשפעה היחסית מצומצמת של מהלך הפחתת הפליטות על צפי מגמות הצמיחה העולמיות, לצד השפעה חיובית ע"פ חלק מן ההערכות, משקפת את **היחלשות יחסי התלות בין צריכת אנרגיה לתוצר (decoupling), בפרט בכלכלות מפותחות מבוססות שירותים ומחקר ופיתוח**.

עבודה זו פורסמה כמסמך נפרד על ידי המכון הישראלי לדמוקרטי בשיתוף פעולה עם המשרד להגנת הסביבה, כחלק מפרויקט "ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת" - תקציר העבודה ומסקנותיה מובא בדו"ח זה. **במסגרת עבודה זו הוערכו את ההשלכות המקרו-כלכליות של התכנית להפחתת פליטות מזהמות בישראל, תוך בחינת שילובן עם תכניות כלכליות אחרות של הממשלה, על מנת לאפשר תיעדוף מושכל של התכניות בהינתן האילוצים התקציביים. כמו כן, השתמשנו במודל לניתוח אינטגרטיבי דינאמי על מנת לכמת במונחי תוצר את העלות הישירה של אימוץ התכניות להפחתת הפליטות המזהמות בישראל.**

### 1) <u>ניתוח איכותני של המקרה הישראלי</u>

**היעד ארוך הטווח הכלכלי המרכזי בישראל הוא סגירת הפער ברמת החיים בין ישראל למדינות OECD העשירות יותר.** ישראל שונה ממרבית המדינות העשירות בכך שקצב הגידול הדמוגרפי המהיר בה מחייב בהתאמה השקעות מהירות בתשתיות חינוך, תחבורה, דיור ובריאות, זאת רק על מנת לשמור על קצב הצמיחה הנוכחי. מסקנת הניתוח בעבודה זו היא שאימוץ טכנולוגיה המבוססת על אנרגיה מתחדשת ויעילה אנרגטית אינו סותר יעדים ארוכי טווח מסוג זה, אלא משלים אותם. המשק הישראלי נמצא בעיצומו של תהליך הקטנת העצימות של אנרגיה בתוצר, **לכן אימוץ תכניות להתייעלות אנרגטית אינו פועל בניגוד למגמה הקיימת, אלא מחזק אותה**. כך למשל, הגידול הצפוי בביקוש לדיור (כמעט הכפלה של מספר יחידות הדיור), מאפשר אימוץ סטנדרטים "ירוקים" מבלי הצורך להשית עול מיידי על בעלי נכסים קיימים.

**עיקר צריכת האנרגיה, ובפרט אנרגיה מזהמת, בישראל מגיע ממגזר התחבורה ולאחריו מגזר התעשייה.** למעשה, להתייעלות וחישמול התחבורה (תוך שימוש באנרגיות מתחדשות לשם אספקת אנרגיה לתחבורה) יהיו

לבדם השפעה דומיננטית על הפחתת פליטות. מצב החירום בתחום התחבורה בישראל מספק הזדמנות להשיג שלושה יעדים בו זמנית: הקטנת גודש, העלאת פריון העבודה במשק (תוך צמצום פערים בין מרכז לפריפריה), והפחתת פליטות. מכיוון שמדובר בחישמול חדש של מגזר גדול, זו אפשרות טבעית להגדלת חלקן של אנרגיות מתחדשות מכלל צריכת האנרגיה בישראל, מבלי לדחוק, בשלב ראשוני, יצרנים קיימים בתעשייה המשתמשים באנרגיה מזהמת.

**לממשלות ישראל בשנים האחרונות מספר יעדים כלכליים נוספים:**

- **הפחתת יוקר המחיה -** יעד מרכזי של ממשלות ישראל מאז המחאה החברתית הוא הפחתת יוקר המחיה. בהקשר זה יש לציין כי מרבית הצעדים הנחוצים לקידום התכנית להפחתת פליטות ומעבר לאנרגיות מתחדשות, בפרט מיסי פחמן, כרוכים בהעלאת יוקר המחיה בטווח הקצר. עם זאת, ניתן לקזז את מרבית ההשפעה של מהלך להפחתת פליטות על יוקר המחיה על ידי שינוי תמהיל המיסים הרגרסיביים העקיפים, בפרט על ידי הפחתת מע"מ כללית וכן מס הבלו, תוך השלמת ההכנסה לתקציב ממס ירוק.
- **הגברת התחרות -** לאימוץ יעדי הפחתת פליטות לטווח ארוך לא צפויה להיות השפעה שלילית על מידת התחרות במשק. התכניות למעבר לייצור חשמל מאנרגיה סולרית, אשר יתבצע על ידי משקי הבית, עשויות אף להגביר את התחרות והיעילות במגזר האנרגיה. התכניות להגדלת תהליכי אגלומרציה עירונית על חשבון הפרברים צפויות גם הן ליעל את השווקים, על ידי הורדת הוצאות עסקה הקשורות בצריכת מוצרים ועל ידי יצירת שווקים 'עמוקים' יותר ומרובי מוכרים וקונים.
- **הקטנת הגודש והצפיפות בכבישים -** יש הלימה גבוהה מאד בין הפתרונות המוצעים לבעיית הגודש בכבישים לבין הפחתת השימוש באנרגיות מזהמות בתחבורה. בכלל זאת: עידוד תחבורה ציבורית חשמלית, עידוד שיתוף נסועה, שימוש בכלי תחבורה דו-גלגליים והליכה ברגל.
- **דיור בר השגה -** ההשפעה הישירה של מיסי פחמן היא ייקור מחיר הדירות בטווח הקצר.[155] עם זאת, עלות אחזקת דירה אמורה לרדת, וזרם החיסכון מאחזקת דירה זולה יותר יפצה על העלייה במחיר הדירה, בפרט בסביבת ריביות נמוכה. ראוי לציין כי חלק מהמהלך הנוכחי של הוזלת מחירי הדיור היא גידול בבניה בפריפריה, שם עלות הקרקע זולה. מהלך זה עומד בסתירה ליעדי תכנית הפחתת השימוש באנרגיה ופליטות מכיוון שהוא מגדיל את הנסועה, בפרט ברכבים פרטיים.

**המצב המקרו כלכלי המחזורי בישראל הינו שפיר ותומך בביצוע המהלכים המוצעים** ע"י משרדי הממשלה השונים לצורך הפחתת פליטות. בפרט, המשק הישראלי נמצא בתעסוקה מלאה. עיקר המועסקים נמצאים במגזר השירותים, שבו ישנה תחלופה גבוהה בין מקורות אנרגיה מזהמים ונקיים. **ככל שישנם ענפים עתירי אנרגיה מזהמת, כמו בתי הזיקוק, הרי שהאבטלה החיכוכית שעשויה להיווצר בגלל שינוי תמהיל האנרגיה במשק הינה קטנה, ועדיף לבצע מהלכים אלו כאשר מצבו המחזורי של המשק טוב והוא נמצא בתעסוקה מלאה.**

אחת המגבלות לאימוץ שאפתני של התכניות המשרדיות להפחתת פליטות בטווחי הזמן הקרובים הוא הגירעון החריג (המבני) בתקציב. הצורך לצמצם את הגירעון קושר את ידי הממשלה בבואה לאמץ פרויקטים תחבורתיים ותכנוניים בכלל, וכיוצא מכך גם כאלו התורמים להפחתת פליטות. **מודלים של שיווי משקל כללי דינאמי, כגון זה שהשתמשנו בו במסמך זה, מסיקים שהמעבר למיסוי פחמן על חשבון הבלו ומיסים אחרים על דלקים, משיג הן את המטרות הפיסקאליות של גביית מיסים והן את המטרה של הקטנת השימוש באנרגיה מזהמת.** אותם מודלים מראים, לעומת זאת, כי התועלת שבסבסוד חשמל ממקורות מתחדשים אינה

[155] במחקרים קודמים נמצא כי בנייה לפי סטנדרט ירוק מייקרת את העלות באחוזים בודדים אם בכלל, אך התועלת הן למשתמש והן למשק כולו היא גדולה בהרבה (פלטניק 2018 ; Gabay 2014).

גדולה (בהינתן המיסוי על פחמן). גם **הספרות התיאורטית שמה את הדגש על סבסוד מו"פ והון ולא על סבסוד של ייצור אנרגיה נקיה באופן ישיר.**

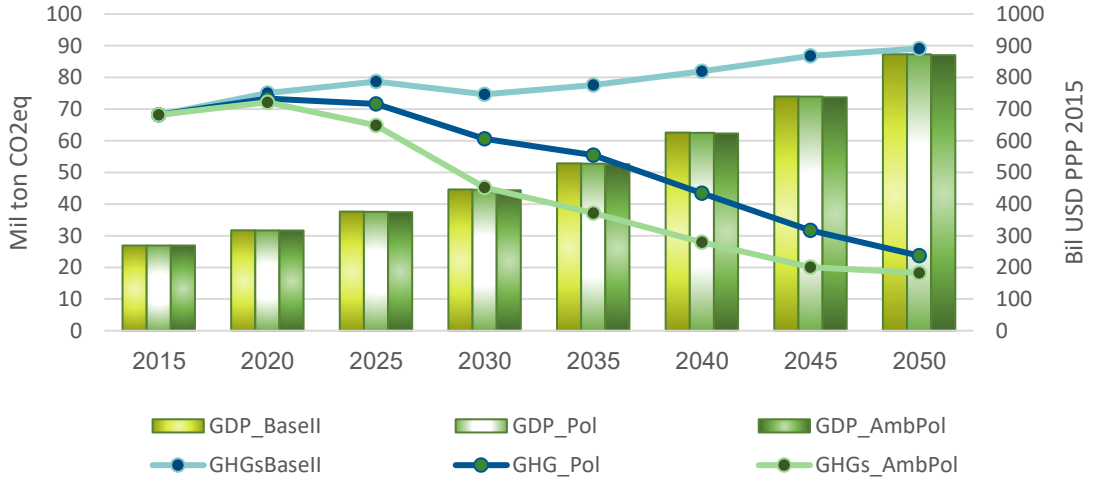
**2) <u>מודל כמותי לבחינת העלות הישירה של תכנית ישראלית להפחתת פליטות</u>**

**בנוסף לניתוח המקרו-כלכלי האיכותני לעיל, ערכנו סימולציה של אימוץ יעדי הפחתת פליטות גזי פחמן הנובעות מייצור וצריכת אנרגיה, והשפעתו על צמיחה כלכלית בעזרת מודל שיווי משקל כללי דינאמי MESSAGEix-IL-MACRO.**

מודלים של משק האנרגיה בשיטת 'bottom-up' כוללים תיאורים נרחבים של אספקטים טכנולוגיים במערכות אנרגיה, ובכלל זאת שיפורים עתידיים צפויים בטכנולוגיות אלו. במודלים אלו הפתרון כולל שיווי משקל חלקי שבו הביקוש לאנרגיה מקבל מענה, תוך שמירה על עלויות מינימליות של ייצור ואספקה. לעומת זאת, מודלים של Computable general equilibrium (CGE) בשיטת 'top-down', מתארים את הכלכלה בכללותה, ושמים דגש על האפשרות לתחלופה בין גורמי ייצור לצורך מקסום של רווחי פירמות. בעבודה זו נעשה שימוש במודל המחבר בין שתי הגישות: MESSAGEix-IL-MACRO. זוהי גירסה מותאמת לישראל של מודל שפותח במרכז המחקר IIASA, הקושר בין המודל המקרו כלכלי לבין מודל מגזר האנרגיה, על מנת לשקלל את ההשפעות החוזרות מצד הביקוש לאנרגיה על התוצר.

בשלב ראשון, מודל האנרגיה הגלובאלי MESSAGEix-GLOBIOM הותאם לאמות המידה של המשק הישראלי: משק פתוח קטן, המייבא פחם ונפט גולמי ומעובד, ומייצא גז טבעי ומוצרי נפט. בשלב שני, הפרמטרים העיקריים המאפיינים את משק האנרגיה הישראלי הוטמעו ב-MESSAGEix_IL, תוך שיתוף פעולה עם משרד האנרגיה. בשלב שלישי, מיפינו את התפתחותו הצפויה של סקטור האנרגיה בישראל עד שנת 2050, על בסיס הערכות ויעדים שהציבו משרדי הממשלה השונים בתחום הפחתת הפליטות.

תוצאות הרצת מודל MESSAGEix-IL-MACRO נבחנו עבור שישה תרחישים: שני תרחישי עסקים כרגיל שימשו נקודת מוצא לשני תרחישי מדיניות: תרחיש מתון ותרחיש שאפתני. **תוצאות תרחישי המדיניות מלמדות שבהינתן יעדי המשרדים המתונים והשאפתניים ניתן עד לשנת 2050 להפחית את פליטות גזי החממה הנובעים משימוש באנרגיה בכ-60% עד כ-90% ביחס לשנת הבסיס 2005[156] בהתאמה, תוך פגיעה מזערית בתוצר של בין 0.32% ל-0.02%.**




*GDP ופליטות GHG בתרחיש "עסקים כרגיל וו", בתרחיש "מדיניות מתון Pol" ותרחיש "מדיניות שאפתני AmbPol"*

[156] שנת בסיס 2005 נבחרה ע"י ישראל ליעד הפחתת פליטות גזי חממה בהסכם פריז 2015.

חשוב לציין שהניתוח שנעשה במסגרת עבודה זו אינו כולל פליטות של גזי חממה שאינן נובעות מייצור ושימוש באנרגיה, כגון פליטות מחקלאות ופסולת (15% מסך הפליטות). כמו כן הסימולציה אינה לוקחת בחשבון את התועלות הבריאותיות למשק הנובעות מהפחתת פליטות מזהמים מקומיים (הנמצאות בקורלציה גבוהה עם פליטות גזי פחמן), ואת התועלות הכלכליות והחברתיות במרבית תחומי החיים מהפחתת פליטות פחמן ומזעור נזקי אקלים (כאשר אלו האחרונות תלויות במהלך בינלאומי להפחתת פליטות, ולא בפעולה ישירה של ישראל). מעבר לכך, המודל אינו משקלל את התוספת לצמיחה הצפויה לנבוע מהמהלכים המוצעים של משרד התחבורה ומנהל התכנון, ואת השפעת השינוי המבני בענפי הכלכלה על הרכב התעסוקה.

אם כן, **אפשר לסכם כי המהלכים להפחתת פליטות ומעבר לאנרגיה ירוקה, בשילוב עם תכניות בתחום התחבורה והתכנון, יתרמו להאצת צמיחת המשק הישראלי מעבר לקצב הצמיחה העולה מהתחזית ארוכת הטווח של בנק ישראל.**

**תמריץ עיקרי להתייעלות באנרגיה והמעבר לאנרגיה מתחדשת הוא מחיר האנרגיה המזהמת. הצעד המומלץ בתחום זה הוא אימוץ מס פחמן אשר מצמצם את הצורך ברגולציה. מומלץ לשלבו עם סובסידיות למעבר להון שאינו מזהם, על מנת לצמצם את הפגיעה בבעלי הון מזהם קיים.**

# תמחור פחמן[157]

## מבוא

באוגוסט 2021, פרסם המשרד להגנת הסביבה מסמך מדיניות לקידום תמחור פחמן בישראל, אותו גיבש במהלך השנתיים האחרונות בשיתוף צוות בין משרדי רחב[158]. על בסיס העבודה המקצועית המפורטת במסמך, הממשלה אישרה מתווה לתמחור פחמן בהחלטה מספר 286 מיום – 01 אוגוסט 2021[159], והצווים ליישומה נחתמו על ידי שר האוצר ביום ה -13 באוקטובר 2021.

מטרת מנגנון התמחור היא להביא להפנמת העלויות הסביבתיות של פליטת פחמן לאוויר כתוצאה משריפת דלקים. בכלל זה, המתווה שאושר קובע כי המס יוחל דרך הבלו על הדלקים ודרך מס הקנייה על הדלקים, וכולל גם גיבוש מנגנון לתמחור פחמן על טיפול בפסולת בהטמנה או בשריפה, זאת באמצעות עדכון היטל ההטמנה הקיים וקביעת היטל חדש על שריפת פסולת, כך שישקפו את עלות פליטות הפחמן בתהליך (כפי שמתואר בפרק הפסולת). תמחור הפחמן נועד לפתור כשל שוק משמעותי, הנוצר כאשר הגורם המזהם אינו נושא בעלות הנזק שיצר. מהניסיון שנצבר בעולם, וכפי שמדווחים גופים בינלאומיים שונים, בהם קרן המטבע העולמית (IMF), הבנק העולמי, ה-OECD והאיחוד האירופי, תמחור פחמן נמצא ככלי היעיל ביותר להפחתת פליטות גזי חממה.

תמחור פחמן הוא כלי נפוץ בעולם ובפרט במדינות ה-OECD. מתוך 185 המדינות החתומות על הסכם פריז, 96 מדינות (עלייה של 8 מדינות ביחס לשנה שעברה), אשר מייצגות 55% מפליטות גזי החממה העולמיות, מיישמות תמחור פחמן או מתכננות ליישמו בעתיד כאמצעי לעמידה ביעדי הפליטות שלהן[160]. כך, תמחור הפחמן הקיים כיום מכסה 25%-30% מסך פליטות גזי החממה. למעשה, **בכלל מדינות ה-OECD למעט טורקיה וישראל, מופעל זה מכבר מנגנון של תמחור פחמן** (מיסוי פחמן, סחר בפליטות או שילוב של שניהם)[161]. ב- 18 מתוך 36 המדינות החברות בארגון (47%) מנגנון התמחור בא לידי ביטוי כמס על פליטת פחמן[162] [163] [164]. הניסיון בעולם מלמד כי קביעת יעדים אינה מבטיחה עמידה בהם, ובמדינות שונות ישנם פערים ניכרים בין היעד להפחתת פליטות גזי חממה לבין פליטות גזי החממה (להלן גז"ח) בפועל. לכן, ישנה חשיבות מכרעת לאמצעים הננקטים לצורך העמידה ביעדים. **בקרב המומחים העוסקים בנושא, קיים קונצנזוס לפיו תמחור הפחמן הוא הפעולה היעילה והאפקטיבית ביותר לעידוד הפחתת פליטות גזי חממה בחלקים נרחבים מהמשק וליצירת וודאות בשווקים.** כמו כן, על פי ניתוחים כלכליים של ארגונים בינלאומיים מובילים כגון ה-OECD, קרן המטבע העולמית, הבנק העולמי והנציבות האירופית, תמחור פחמן מאפשר השגה של יעדי הפחתת פליטות מבלי שתיווצר חריגה משמעותית מיעדי הגידול בתמ"ג. כמו כן, כפי שמציגות התוצאות בפרק "ניתוח השפעת התוכנית על הצמיחה המקרו כלכלית בישראל", ניתוח שנעשה עבור ישראל אשר בחן את ההשפעה הפוטנציאלית של השתת מס פחמן במשק הישראלי הראה שהדבר תקף גם במקרה זה. [165]

---

[157] פרק זה מבוסס על נייר מדיניות "תמחור פחמן בישראל- דוח שלב א'" אשר פורסם על ידי המשרד להגנת הסביבה להערות הציבור ביולי 2020 .

[158] תמחור פחמן בישראל

[159] תמחור פליטות גזי חממה: החלטת ממשלה מס' 286 מיום 01.08.2021

[160] Ramstein, C., Dominioni, G., Ettehad, S., Lam, L., Quant, M., Zhang, J., & Merusi, C. (2019). State and Trends of Carbon Pricing 2019

[161] בקנדה ובארה"ב לא קיים מנגנון תמחור פחמן ברמה הפדראלית, אם כי ישנו כזה בחלק מהמדינות/מחוזות

[162] OECD, Effective Carbon Rates 2018: Pricing Carbon Emissions Through Taxes and Emissions Trading

[163] OECD, (2019). Taxing Energy Use

[164] Ramstein, C., Dominioni, G., Ettehad, S., Lam, L., Quant, M., Zhang, J., & Merusi, C. (2019). State and Trends of Carbon Pricing 2019

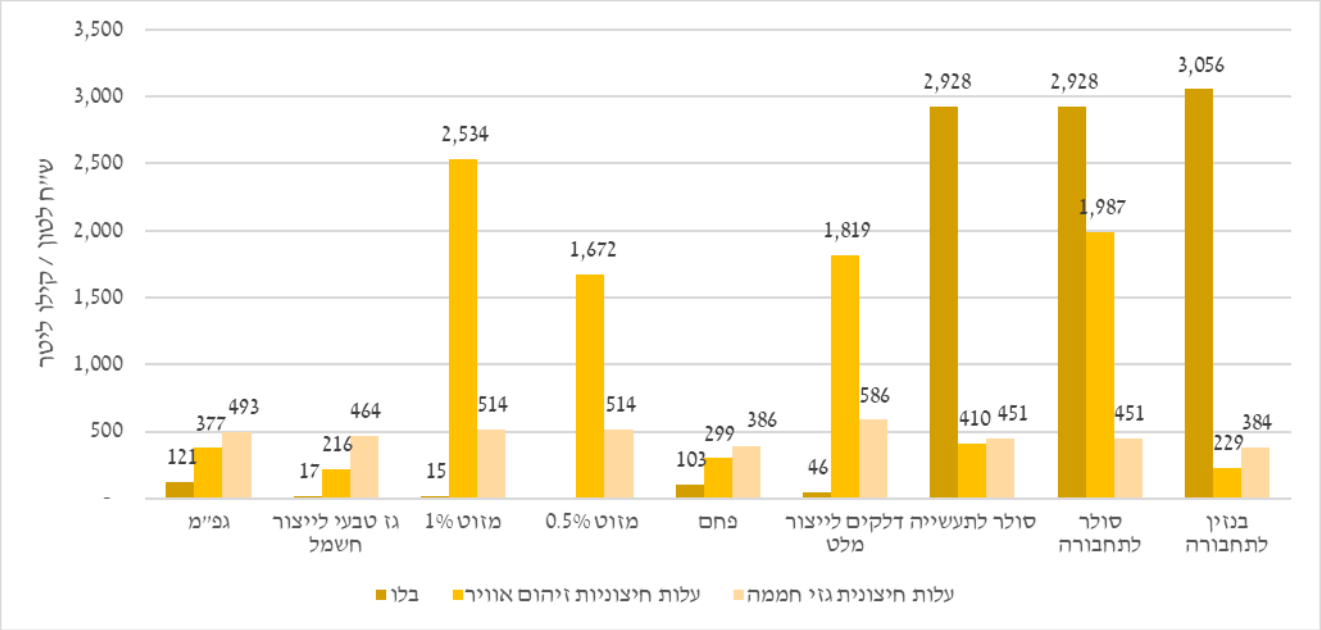
[165] זוסמן, נ ואחרים. (2020) ניתוח השפעת התוכנית על הצמיחה המקרו כלכלית בישראל. ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת.

## למה לתמחר פחמן בישראל?

### הבלו המוטל על דלקים לייצור חשמל ועל דלקים לתעשייה אינו משקף את מלוא העלויות החיצוניות מזיהום אוויר וגז"ח

בלו הוא מס עקיף אשר מוטל על רכישת מוצרים שונים מייצור מקומי, בפרט על דלקים. שיעור הבלו על מוצרי הדלק השונים נקבע על-ידי אגף המכס והמע"מ במשרד האוצר. בחינה של גובה הבלו לעומת גובה העלויות החיצוניות, הן עבור מזהמי אוויר והן עבור גזי חממה[166], מעלה כי בדלקים המשמשים את משק החשמל והתעשייה הבלו נמוך במאות אחוזים מהעלות החיצונית של גזי חממה ומזהמי אוויר ומכאן כשל השוק הנזכר לעיל:

*תרשים 72: השוואה של גובה הבלו לעומת גובה העלויות החיצוניות מזיהום אוויר ומגזי חממה לפי דלק (ש"ח לטון)* [167]

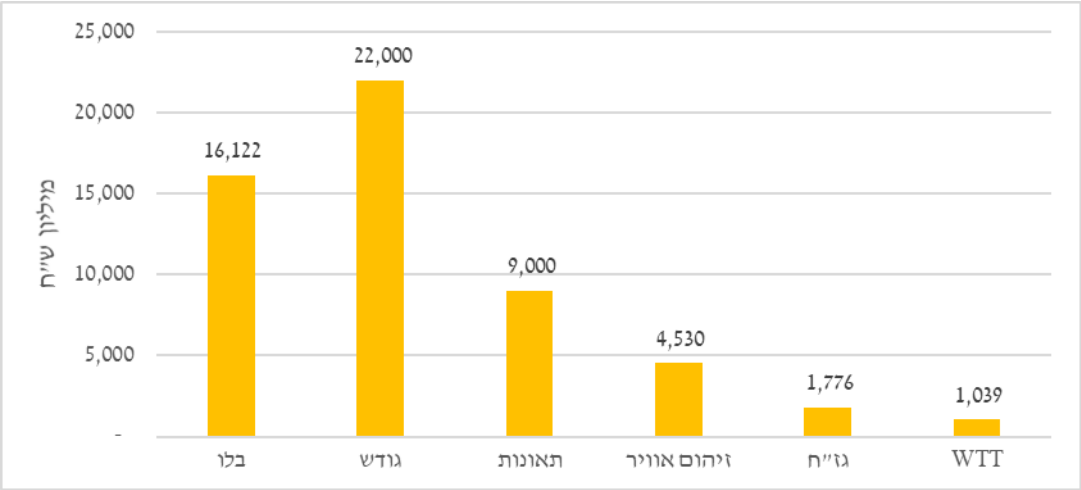



### הבלו המוטל על דלקים לתחבורה גם אינו מפנים את מלא העלויות החיצוניות הסביבתיות

בדלקים המשמשים לתחבורה, ישנן עלויות חיצוניות נוספות על מזהמי אוויר וגזי חממה ובעיקר: העלויות החיצוניות של הגודש בכבישים והעלויות החיצוניות הנלוות לתאונות דרכים. בחינה של הבלו אל מול סך העלויות החיצוניות מעלה כי הבלו רחוק מלכסות את מלוא גובה העלות החיצונית משימוש בדלקים בתחבורה, כאשר עלות הגודש לבדה גבוהה מהבלו הקיים ואף עולה עליו. כמו כן, חשוב לציין כי ביחס לסולר, הבלו המוצג מהווה הערכת יתר, שכן בפועל ישנו מנגנון מיסוי אפקטיבי המקנה הישבון (החזר מס על תשלום בלו על צריכת סולר עבור צרכנים המוגדרים בצו הבלו על דלק (2005)). בנוסף, הנתונים המוצגים אינם כוללים את כלל העלויות החיצוניות מתחבורה, כגון רעש ופליטות המזהמים מהבאר אל מיכל הדלק (פליטות אלו כוללות פליטות מהפקת נפט, זיקוק והובלה לתחנות הדלק) [168].

[166] בקר,נ., גרוסמן, מ., ברק, י., וחרובי, נ. (2020) הספר הירוק – הערכה ומדידה של עלויות סביבתיות. המשרד להגנת הסביבה.
[167] נתוני בלו עבור ינואר 2021, רשות המיסים
[168] בימים אלו מבוצעת עבודה של המשרד להגנת הסביבה לחישוב עלויות חיצוניות כתוצאה רעש מתחבורה כבישית.

*תרשים 73: השוואה של סך הכנסות מבלו לעומת העלויות החיצוניות מתחבורה (מיליון ש"ח)* [169]




**תמחור הפחמן יכול להוות גורם משמעותי לצמצום הפער בין העלות החיצונית של השימוש בדלק על כלל מרכיביה, בהן עלויות הנובעות מגודש ומתאונות דרכים, לבין העלות שהמזהם (צרכן הדלק במקרה הזה) משלם בפועל.** יש לציין שמבין כלל ההשפעות החיצוניות, מס הבלו יכול להפנים בצורה הטובה ביותר את פליטות גזי החממה, זאת בשל הקשר הישיר והמתאם המלא בין צריכת הדלק לפליטות הגז"ח. לא קיים מתאם ברמה דומה בין צריכת הדלק לבין הגודש, התאונות וזיהום האוויר מכיוון שהם תלויים במאפייני הרכב ובמאפייני הנסיעה.

## היטל ההטמנה אינו מפנים את מלוא העלות החיצונית של פליטת גזי חממה מהטמנת פסולת

הטמנה של פסולת כרוכה במכלול של השפעות סביבתיות שליליות ובהן פליטת גזי חממה, פליטת מזהמי אוויר מקומיים, חדירת תשטיפים בעלי תכולה גבוהה של תרכובות אורגניות וא-אורגניות (כולל מתכות כבדות) לקרקע ולמקורות מים, פגיעה בשטחים פתוחים ועוד. על כן, הטמנה היא השיטה הנחותה ביותר לטיפול בפסולת ומצויה בתחתית "היררכיית הטיפול בפסולת" (מדרג עדיפות שיטות הטיפול בפסולת), ביחס לשיטות אחרות כגון מיחזור והשבת אנרגיה.[170]

מיסוי ההטמנה על בסיס משקל הפסולת הוא כלי כלכלי יעיל שבאמצעותו ניתן להסיט את השוק לטיפולים אחרים במעלה היררכיית הטיפול בפסולת. על פי מחקר של הנציבות האירופית,[171] קיים מתאם חיובי בין עלות ההטמנה לבין שיעור הפסולת המועברת לטיפולים עדיפים על הטמנה.

היטל הטמנה אמור לשקף את העלויות החיצוניות המושתות על המשק כתוצאה מנזקי ההטמנה. ההיטל על הטמנת פסולת עירונית מעורבת עומד כיום על 109 שקלים לטון.[172] אולם, תעריף זה אינו משקף את מלוא העלות החיצונית של ההטמנה. על פי ניתוח כלכלי של המשרד להגנת הסביבה, העלות החיצונית של הטמנת טון פסולת מעורבת נאמדת ב-174 שקלים לטון נכון לשנת 2019.[173] עלות חיצונית זו משקפת בעיקר פליטה של גז החממה מתאן ($CH_4$) – 173 שקלים לטון

---

[169] הכנסות המדינה ממיסוי בלו חושבו על בסיס מקדמי צריכת דלק המופיעים במחשבון פליטות לאוויר מתחבורה כבישית, המשרד להגנת הסביבה ועל בסיס שיעורי הבלו נכון לספטמבר 2019; העלות השנתית של הגודש מבוססת על טרכטנברג מנואל, הדר זר אביב. "להתיר את הפקק הגורדי 2.0: מחירי דרך ותחבורה שיתופית כמענה לגודש". מוסד שמואל נאמן 2020, מחקר אשר מעריך את עלות הגודש כ-2% מהתוצר במשק, בהתאם להנחה בעבודה זו: משרד האוצר ומשרד התחבורה, התשתיות הלאומיות והבטיחות בדרכים (2012) "פיתוח התחבורה הציבורית בישראל – תכנית אסטרטגית", בשיתוף תחבורה היום ומחר. העלות השנתית של תאונות דרכים מבוססת על אומדן נוהל פר"ת (עדכון לשנת 2015).

[170] להרחבה: אסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא 2021-2030, המשרד להגנת הסביבה.

[171] Use of Economic Instruments and Waste Management Performances – Final Report (2012).

[172] התעריף העדכני נכון לינואר 2021, אתר המשרד להגנת הסביבה.

[173] ראו פירוט בפרק 7 בנושא כלכלת פסולת, באסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא 2021-2030, המשרד להגנת הסביבה. יצויין, כי תמחור העלויות החיצוניות של הטמנת פסולת בעבודה זו מתייחס לפליטות לאוויר בלבד, כלומר הוא משקף הערכת חסר מסויימת. היקף ועומק המחקר הכלכלי-סביבתי אינו אחיד בנוגע למכלול רכיבי הסביבה; בעוד שתמחור של נזקי פליטת גזי חממה ומזהמי אוויר הוא תחום עשיר במחקר, קיימים פערי ידע משמעותיים לגבי הנזק הכלכלי של השפעות סביבתיות נוספות הכרוכות בהטמנה, כדוגמת זיהום מקורות מים, זיהום קרקע, מפגעי ריח, פגיעה נופית ופגיעה במגוון ביולוגי.

פסולת מוטמנת. מכאן, כי קיים פער בסך 64 שקלים (לכל הפחות) לטון פסולת מוטמנת, בין גובה היטל ההטמנה והעלות החיצונית של פליטת המתאן.[174]

כמו כן, בהלימה עם מדיניות המשרד להגנת הסביבה המתפתחת בימים אלו במסגרת האסטרטגיה הלאומית למעבר לכלכלה משגשגת ודלת פחמן, מומלץ לבחון את תמחור העלות נטו של פליטות גזי החממה ממתקני שריפת הפסולת בסכום של 28 שקלים לטון פסולת המועברת לטיפול במתקן.[175] סכום זה יתווסף לדמי הטיפול (gate fee) והוא משקף את העלות החיצונית (נטו) של נזקי פליטות גזי חממה לטון פסולת המועברת למתקן תרמי. מטרת היטל השריפה היא צמצום כמות הפסולת המועברת לשריפה במתקנים תרמיים, לטובת טיפולים אשר עדיפים על שריפה בהתאם להיררכיית הפסולת.

להרחבה על העלויות החיצוניות משיטות הטיפול השונות בפסולת ראו פרק פסולת.

## ארגוניים בינלאומיים שונים ממליצים על שימוש במס פחמן כמנגנון מיסוי אפקטיבי

- קרן המטבע העולמית (International Monetary Fund - IMF) קבעה כי מיסוי פחמן הוא הכלי האפקטיבי ביותר להפחתת פליטות גזי חממה ולעמידה ביעד הגבלת ההתחממות הגלובלית (היעדים שסוכם עליהם כחלק מהסכמי פריז ושהומלצו על-ידי ארגון ה-IPCC). על פי ה-IMF יש להטיל מס פחמן אשר יעלה בהדרגה ויגיע ל-75 דולר לטון בשנת 2030. מס זה יביא להתייקרות של מחירי חשמל ודלקים ויעודד השקעות בטכנולוגיות להפחתת פליטות ולייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים.[176]
- גם ארגון ה-OECD ממליץ למדינות על הטלת מס פחמן. על פי המלצת הארגון, על מנת לעמוד בהסכמי פריז, מס הפחמן צריך לעמוד על 40-80 יורו לטון פחמן עד שנת 2020 ו-50-100 יורו לטון פחמן עד 2030[177]. כמו כן, מזה מספר שנים ארגון ה- OECD ממליץ באופן פרטני לישראל לשקול הטלה של מס פחמן על כלל הדלקים במשק[178].

## גובה העלות החיצונית של פליטת פחמן בישראל

כיוון שבכל מדינה המס מוטל על סקטורים שונים ואופן הגבייה מוגדר בצורה שונה, ישנו קושי להשוות את ערכי המס בין מדינות שונות. בנוסף, רוב מנגנוני התמחור מתעדכנים מדי שנה, בהתאם לשינויים במדד המחירים לצרכן. כמו כן, רוב המדינות מגדירות את גובה המס באופן הדרגתי כך שישנה עלייה לאורך השנים בגובה המס, על מנת לעמוד ביעדי האקלים. לדוגמה, בשנת 2021, מחיר טון פחמן במנגנון הסחר בפליטות (פירוט בהמשך) עמד על כ-50 דולר לטון.[179] לעומת זאת, מס הפחמן בגרמניה יעמוד ב-2021 על 25 יורו לטון ועתיד לעלות בהדרגה ל-55 יורו לטון כבר בשנת 2025[180] [181].

המשרד להגנת הסביבה אימץ את ההמלצה של ה-EPA (Environmental Protection Agency), סוכנות הסביבה האמריקאית, לגובה העלות החיצונית של פחמן. המלצה זו נבחרה כיוון שהיא מבוססת על גישת עלות הנזק, הנותנת ערך שמרני יותר ביחס לגישת עלות המניעה. המלצה זו של ה-EPA מבוססת על שלושה מודלים שבחנו את השפעות פליטות הפחמן לאטמוספירה ואת הנזק הסביבתי הנגרם כתוצאה מכך. המודלים אמדו את הנזקים לאחר הפליטה, ועד שנת 2300 כאשר העלות המתקבלת מהוונת לשנת הפליטה.[182]

לפי גישה זו, העלות עבור שנת 2021 עומדת על 167 שקל לטון פחמן. ערך זה צפוי לעלות לאורך השנים לפי שיעורי גידול שנקבעו מראש.

---

[174] סביר להניח שהפער גדול מ-64 שקלים לטון פסולת מוטמנת, מאחר שהעלות החיצונית שחושבה לטון פסולת מוטמנת משקפת רק את הנזקים הניתנים כיום לכימות בהתאם למחקר הכלכלי-סביבתי. ראו הערה קודמת.

[175] במחירי 2019. ראו חישוב עלות חיצונית נטו לטון פסולת מטופלת במתקן תרמי בסעיפים הקודמים.

[176] Fiscal Monitor: How to Mitigate Climate Change, IMF, 2019.

[177] Carbon Pricing Design: Effectiveness, efficiency and feasibility, OECD, 2019

[178] OECD. (2018). Israel Economic Survey.

[179] EMBER

[180] Updated illustartion based on Edenhofer et al. (2019a)

[181] Edenhofer, O., Flachsland, C., Kalkuhl, M., Knopf, B., Pahle, M. (2019). Options for a Carbon Pricing Reform.

[182] EPA FACT SHEET: SOCIAL COST OF CARBON (December 2016).

## מנגנוני תמחור פחמן בעולם

ישנם 2 סוגים מרכזיים של מנגנוני תמחור פחמן בעולם: מס פחמן ומערכת סחר בפליטות (ETS).

### מס פחמן

מס הפחמן הוא מס אותו מטילה הממשלה, אשר קובעת מחיר לפליטות פחמן דו חמצני במטרה לגרום לעלייה במחירי תשומות ומוצרים עתירי פחמן. ככל שהמס גבוה יותר כך הוא מהווה תמריץ משמעותי יותר להפחתת פליטות. מס הפחמן יכול להיות מוטל על כלל הסקטורים – עתירי אנרגיה ולא עתירי אנרגיה – ויכול לחול על כלל גזי החממה ולא רק פחמן דו-חמצני.[183]

## מס הפחמן מוטל לרוב על שימוש בדלקים

בעולם, מס הפחמן שהוטל תחילה רק על השימוש בדלקים בתעשייה ולייצור חשמל הורחב בשנים האחרונות במספר מדינות לסקטורים נוספים כמו משקי בית (חימום וקירור) ותחבורה, לדוגמא בנורבגיה ובגרמניה. כיום, קיימת מגמה במספר רב של מדינות להרחיב את המס לכלל הסקטורים במשק, בהם פסולת וחקלאות, על מנת לוודא כי כלל פליטות גזי החממה ממוסות להשגת יעילות כלכלית וודאות משקית.[184]

ככלל, מס פחמן יעיל יותר ככל שהוא מכסה נתח גדול יותר של פליטות גזי חממה במשק. פליטות גז"ח שאינן מכוסות יכולות להביא לפגיעה באפקטיביות המס בשתי דרכים מרכזיות: ראשית, ברגע שהפליטה אינה מכוסה אין כל תמריץ להפחית אותה, ומכאן שיהיו אמצעים להפחתת פליטות שאינם נמצאים בשימוש. שנית, מצב זה יוצר תמריץ להעביר פליטות ממוצר ממוסה למוצר תחליפי שאינו ממוסה. כך למשל, החלת מס פחמן על פליטות $CO_2$ משריפת פסולת כמקור דלק, אך לא על פליטות אתר להטמנת פסולת, יכול ליצור עיוות כלכלי אשר מעודד הטמנת פסולת על פני שריפתה להשבת אנרגיה.[185]

## באיזה אופן המס מוטל וכיצד הוא נגבה?

מס פחמן יכול להיות מוטל על דלק בשני אופנים:

- מס ישיר על הדלק: גובה המס לכל סוג דלק נקבע על פי תכולת הפחמן בדלק, ונגבה ביחידות של שקל לטון דלק.
- מס על פליטה: המס מחושב לפי מדידה של כמות הפחמן הנפלטת מארובה או צינור פליטה אחר.

בעולם, נהוג למסות דלקים לפי תכולת הפחמן בדלק, כאשר את המס ניתן לגבות בשלב הייבוא של הדלק או בשלב הקנייה שלו. לדוגמא, מיסוי הפחמן בארה"ב, אירלנד, אנגליה, דנמרק, יפן, מקסיקו, נורבגיה, פינלנד, שבדיה ושוויץ ומדינות נוספות מוחל באופן זה[186].

מיסוי ישיר על דלק כרוך בעלויות אדמיניסטרטיביות נמוכות יותר ביחס למיסוי המחושב על סמך מדידת כמות הפליטה, שכן הוא קל ונוח יותר לגבייה. העובדה שכמות הפחמן הנפלטת כתוצאה משריפת דלקים תלויה כמעט תמיד בתכולת הפחמן בדלק בלבד מאפשרת לבצע חישוב פשוט ללא צורך באמידה. יתרה מכך, מיסוי לפי כמות הפחמן שנפלטה בפועל מהארובה מצריך עלויות גבוהות עבור כוח אדם או מנגנונים אלקטרוניים מתקדמים שיבצעו את המדידה (טכנולוגיה שעודנה בפיתוח). בהמשך לכך, מיסוי על בסיס פליטה יחייב אימות מורכב של דיווחי הפליטות, על מנת שניתן יהיה לעגן דיווחים אלו במערכת המיסוי. לבסוף, מנגנון מיסוי הדלק יכול להתווסף על מנגנון הבלו הקיים ממילא ולחסוך בעלויות הקמה ותפעול של מערכת מיסוי חדשה.

מיסוי המוטל על פליטות מסקטורים שאינם עתירי אנרגיה, קרי על פליטות שאינן נובעות משריפת דלקים, גם הוא כלי נפוץ בעולם. מיסוי זה מיושם בעיקר באמצעות היטל הטמנה והיטל שריפה של פסולת. היטלים אלו נהוגים במדינות רבות החברות באיחוד האירופי, בהן אוסטריה, בריטניה, דנמרק, צרפת ועוד[187].

---

[183] Carbon Pricing Design: Effectiveness, efficiency and feasibility, OECD, 2019

[184] State and Trends of Carbon Pricing, World Bank, 2020

[185] Carbon Pricing Design: Effectiveness, efficiency and feasibility, OECD, 2019

[186] המשרד להגנת הסביבה, (2015), בחינת הפוטנציאל להפחתת פליטות גזי חממה והמלצה ליעד לאומי לישראל

[187] EEA Briefing – Municipal Waste Management Across European Countries, Eurostat, 2016.

## מערכת סחר בפליטות (ETS)

מערכת סחר בפליטות (*Emissions Trading* System - ETS) היא מערכת מסחר שמטרתה להביא להקצאה יעילה של הפחתת פליטות, כלומר לנתב את מאמצי ההפחתה לגורמים שיכולים להפחית פליטות בעלויות הנמוכות ביותר[188]. המשמעות היא שמפעל שמתקשה להפחית בפליטות שלו יוכל לקנות מכסת פליטה (בהתאם להקצבות שנקבעו מראש) ממפעלים שיש ביכולתם להפחית פליטות.

במערכת סחר בפליטות כמות ההיתרים מוגדרת מראש והמחיר של כל היתר נקבע בשוק (זאת, בניגוד למנגנון מס פחמן, בו המחיר נקבע מראש והכמות נקבעת על ידי השחקנים בשוק). כאשר הביקוש להיתרים גדל, המחיר שלהם עולה בהתאם והיצע הפליטות נותר קבוע. המסחר בפליטות מדמה מסחר בבורסה - עלות הסחר בפליטות משתנה באופן יומיומי בהתאם לביקוש. את הכמות הראשונית של ההיתרים ניתן לחלק בחינם לחברות או למכור אותם במכרז. לצד זאת, בשנים האחרונות מזוהה מגמה של קביעת "מחיר רצפה", שתפקידה להבטיח שמחירי הסחר יהיו גבוהים מספיק ופחות תנודתיים, ויובילו להפחתת פליטות. יש לציין כי קביעת "מחיר רצפה" מהווה בפועל יישום של מס פחמן, כאשר התעריף שלו יכול רק לעלות מעבר למחיר הרצפה בהתאם לתנאי השוק והסחר. מדינות רבות מחילות כיום את מחירי הרצפה, ובהן: דנמרק, פינלנד, אירלנד, איטליה, פורטוגל, שבדיה, בריטניה, קליפורניה וקנדה (קוויבק), כאשר בקרוב צפויות להצטרף גם הולנד, צרפת וסינגפור[189].

### בבחינת המקרה הישראלי, למס פחמן מספר יתרונות ברורים בהשוואה למערכת סחר בפליטות

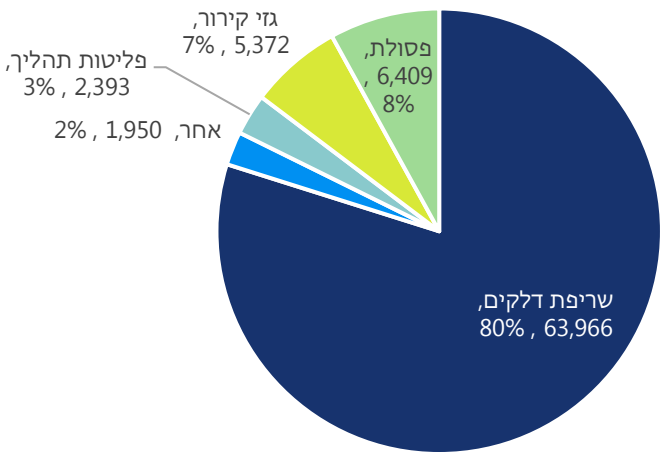
- את מס הפחמן **ניתן להחיל על בסיס מס רחב שישקף שיעור ניכר מפליטות גזי החממה**, שכן הוא מוטל על היבואנים או הספקים של הדלק כמו גם על מקורות פליטה אחרים, כגון פסולת. לעומת זאת, מערכת הסחר בפליטות היא מערכת מורכבת בה משתתפים בעיקר חברות ומפעלים גדולים בעלי היקף פליטה שנתית משמעותי, בהתאם למכסה מסוימת, ומכאן שהוא מוחל על פלח ספציפי ומכסה שיעור קטן יותר של פליטות גזי החממה. הרחבה של כיסוי מערכת הסחר בפליטות אפשרית אך מורכבת יותר פרוצדוראלית וקשורה בתיאומים עם מספר רב של גורמים הקשורים בה.
- **וודאות לגבי מחיר הפחמן**: מחיר ידוע מראש של הפליטות מבטיח ודאות לתעשייה ולצרכנים הפרטיים וכך יכול לעודד מהלכים להפחתת פליטות והשקעה בפרויקטים להפחתה, בידיעה שעלות פעולות אלו נמוכה מהעלות שתידרש מהם לשלם אילולא יפחיתו בפליטות. במנגנון של מיסוי פחמן מחיר הפחמן נקבע מראש על ידי הממשלה. לעומת זאת במנגנון של סחר, מכסת כמות הפליטה היא זו שנקבעת מראש והמחיר נתון לשינויים בהתאם לתנודות הביקוש והיצע של היתרי הפליטה. על כן, מחיר הפחמן במסגרת מיסוי פחמן נתון לשינויים הרבה פחות תכופים מאשר מחיר הפחמן שנקבע במערכת הסחר[190].
- **פשטות הגבייה**[191]: מיסוי הפחמן יכול להתבצע במסגרת מנגנוני גבייה קיימים. לדוגמה, בישראל רשות המיסים כבר מטילה בלו על הדלקים, וניתן בקלות לגבות את מחיר הפחמן האמיתי על ידי העלאת הבלו. גם בתחום הפסולת, ניתן לגבות את מחיר הפחמן באמצעות היטל הטמנה הקיים. לעומת זאת, מערכת הסחר מורכבת יותר וכרוכה בעלויות אדמיניסטרטיביות גבוהות ובעלויות ניטור ובקרה משמעותיות.

### תמחור פחמן יכול להביא לכיסוי של 90% מפליטות גזי החממה

בישראל, מרבית פליטות גזי החממה מקורן בשריפת דלקים:

[188] OECD (2011), "Interactions Between Emission Trading Systems and Other Overlapping Policy Instruments"
[189] https://www.montelnews.com/en/story/9-eu-states-urge-co2-price-floor-to-meet-climate-goals/962545
[190] OECD. (2019). Carbon Pricing Design: Effectiveness, efficiency and feasibility
[191] Kennedy, K., Obeiter, M., & Kaufman, N. (2015). Putting a price on carbon: A handbook for US policymakers. World Resources Institute Working Paper.

*תרשים 74: התפלגות פליטות גזי חממה בישראל לפי מקור פליטה (Gg CO2eq) (דיווח ישראל לאו"ם, נתוני 2017)*




תמחור הפחמן, באמצעות הטלת מס פחמן על דלקים, יכסה כ-80% מפליטות גזי החממה במדינה, כאשר במקביל ננקטים אמצעים להפחתת פליטות אלו, למשל ע"י מעבר לאנרגיה מתחדשת.

כפי שמוזכר לעיל, במקביל לתמחור פחמן על שריפת דלקים, המשרד להגנת הסביבה מקדם אסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא[192] במסגרתה מומלץ להעלות את גובה היטל ההטמנה כך שישקף את העלות החיצוניות מפליטות גזי החממה מפסולת, וכן לשקול קביעת היטל שריפה שישקף את העלויות החיצוניות מהשבת אנרגיה מפסולת. יישום המלצות התכנית יביא לכיסוי 8% נוספים מסך פליטות גזי החממה, שמקורן בהטמנת פסולת.

נוסף על אלו, יישום תיקון קיגאלי לפרוטוקול מונטריאול מהווה מנגנון נוסף להפחתת פליטות גזי חממה ממקורות שאינם אנרגיה. גזים מופלרים ("גזי קירור") מהווים כ-7% מפליטות גזי החממה בישראל. באוקטובר 2016 אומץ תיקון לפרוטוקול מונטריאול בדבר חומרים המדללים את שכבת האוזון, אשר מחייב את מדינות העולם, לרבות ישראל, להפחית בהדרגה את הצריכה של גזי קירור מסוג HFCs, המהווים גזי חממה רבי עוצמה – "תיקון קיגאלי". כך, בהינתן יישום של תמחור פחמן בסקטור האנרגיה, תמחור פליטות גז"ח מסקטור הפסולת ויישום תיקון קיגאלי (כולל מיסוי גזי הקירור שיישארו לאחר היישום), ניתן להגיע לכיסוי של כ-95% מפליטות גזי החממה בישראל.

## מס פחמן אינו פוגע בצמיחה כלכלית[193]

כפי שהוצג בפרק "ניתוח השפעת התוכנית על הצמיחה המקרו כלכלית בישראל" , **יישום מנגנון לתמחור פחמן כמעט ואינו פוגע בתוצר ואף שומר על יעדי הצמיחה, תוך תמרוץ משמעותי של המעבר לאנרגיה מתחדשת**. ממחקר מאקרו כלכלי המתבסס על מודל MESSAGEix_IL-MACRO המוצג בפרק, עולה כי המס לבדו צפוי להביא להפחתה משמעותי בפליטות גזי החממה במשק (67% ביחס ל-2015). הפחתה זו אף גדלה בתרחיש בו המס מלווה בצעדי מדיניות נוספים כגון יעדי אנרגיה מתחדשת של 85% ושינוי בתמהיל הדלקים בענף התחבורה בדרך לחשמול מלא (73% ביחס ל-2015), זאת לעומת עלייה של 35% בפליטות ביחס ל-2015 בתרחיש "עסקים כרגיל".

תוצאות עבודה זו עולות בקנה אחד עם עבודות דומות רבות שנעשו בקרב מדינות ה-OECD. כמו כן, מבחינת הכלכלה הפוליטית, החלפת מיסים על דלקים במיסוי פחמן תהווה איתות למחויבות הממשלה להפחתת פליטות גז"ח, ותשדר מסר של רפורמה חיובית במיסוי לעומת המסר השלילי של העלאת נטל המס באופן כללי.

[192] להרחבה: אסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא 2021-2030, המשרד להגנת הסביבה.
[193] זוסמן, נ ואחרים. (2019) ניתוח השפעת התוכנית על הצמיחה המקרו כלכלית בישראל. ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת.

בנוסף, על בסיס תוצאות צריכת הדלקים שהתקבלו ממודל MESSAGE, בוצע חישוב לחיסכון בעלות החיצונית מפליטות מזהמים לאוויר בזכות הטלת מס פחמן. מהחישוב עולה כי מס הפחמן לבדו צפוי להפחית את העלויות החיצוניות כתוצאה מזיהום אוויר בשנת 2030 בכ-40% ובשנת 2050 בכ-50% ביחס ל-2015. לעומת זאת, בתרחיש "עסקים כרגיל", העלות החיצונית תגדל משמעותית ותגיע לכ- 190% גידול בשנת 2050 ביחס לשנת 2015. כמו כן, בהשוואה בין תרחיש המס לתרחיש עסקים כרגיל בשנת 2050, צפויה הפחתה של 82% בעלות החיצונית של זיהום אוויר. כלומר, ההערכה היא כי מס פחמן בישראל יוביל לחיסכון של כ-20 מיליארד ₪ למשק בזכות צמצום זיהום האוויר בשנת 2050 ביחס לתרחיש עסקים כרגיל.

### ההשפעות של תמחור פחמן על מגזרים ספציפיים במשק

למרות היעדר הפגיעה בצמיחה הכלכלית בטווח הבינוני-ארוך, למס פחמן עלולות להיות השפעות משמעותיות על סקטורים ספציפיים, השפעות עליהן יש לתת את הדעת בקביעת המנגנון בכלל ובפרט מנגנון השימוש בתקבולי המס.

## ההשפעות החלוקתיות של תמחור פחמן על משקי בית בישראל

המכון הישראלי למדיניות ציבורית (IPPI) בסיוע של צוות חוקרים מטעם Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC), ערך מחקר אשר בחן את ההשפעה של מס פחמן בגובה 140 ₪ לטון פליטת פחמן על משקי בית בישראל[194]. על פי המחקר, הטלת מס פחמן מביאה לפגיעה בשוויון בשל צריכת החשמל הגבוהה בקרב משקי בית בעשירונים נמוכים. יחד עם זאת, אם המס יוטל גם על דלקים בתחבורה, בסקטור זה השפעת מס הפחמן היא פרוגרסיבית מכיוון ששיעור ההוצאה על תחבורה פרטית לרוב עולה עם ההכנסה. זאת, למעט מקרים בהם משקי בית מעשירונים נמוכים מתגוררים באזורים מרוחקים בהם יש נגישות תחבורה מוגבלת. משקי בית אלו הם המועדים לפגיעה המשמעותית ביותר כתוצאה ממס פחמן. כמו כן, המס אינו צפוי לגרום לתמריץ שלילי להמשך שימוש ברכב מונע בנזין על פני רכב חשמלי, שכן גם לאחר הטלת המס עלות החזקת הרכב החשמלי צפויה להיות נמוכה ביחס לרכב בנזין.

לכן, מסקנת המחקר היא כי בעת קביעת מדיניות תמחור הפחמן יש לתת את הדעת למיתון הפגיעה במשקי בית מעשירונים נמוכים, בפרט כתוצאה מעליית מחירי החשמל. כמו כן, יש לתת מענה למשקי בית מוחלשים המתגוררים באזורים כפריים מרוחקים, לדוגמה באמצעות שיפור התחבורה הציבורית.

## השפעת תמחור פחמן על תחרותיות התעשייה בישראל

בספרות ובמסמכים מדיניים ומשפטיים, נהוג לבחון את מידת החשיפה של תעשיות עתירות אנרגיה לסחר בינלאומי. הסיבה לכך היא כי עתירות אנרגיה גבוהה כרוכה לרוב בחשיפה גבוהה יותר לתמחור הפחמן, ובמקרים של חשיפה גבוהה לסחר בינלאומי השוני ברגולציה בין מדינות שונות יכול לפגוע בתחרויות של אותה תעשייה במדינה בה ישנה רגולציה מחמירה על פליטות פחמן. בישראל, מרבית התעשיה אינה עתירת אנרגיה, ולכן הפגיעה בתחרותיות התעשייה אינה צפויה להיות משמעותית. בחינה של הענפים שהתחרותיות בהם יכולה להיפגע ממס פחמן מראה כי ישנם 4 ענפים כאלו בלבד– ייצור מוצרי נפט, כימיקלים ומוצריהם, ייצור תרופות, ייצור מוצרי גומי ופלסטיק וייצור טקסטיל ומוצרי הלבשה. ענפים אלה מהווים כ-33% מהפדיון התעשייתי, ויש לקחת אותם בחשבון בעת קביעת מתווה המיסוי.

כמו כן, היות שבאיחוד האירופי מקודם מס מותאם גבול[195] אשר ייגבה ממוצרים המיוצרים במדינות בהן אין תמחור פחמן, תעשיות עתירות אנרגיה בישראל המייצאות לאירופה יאלצו לשלם מס פחמן בכל מקרה – בין אם יוטל בישראל ובין אם לאו, מה שמפחית את הפגיעה הפוטנציאלית בתחרותיות בקרב התעשיות הישראליות שהסחר הבינלאומי שלהן מתקיים מול אירופה. מס הגבולות האירופאי מעלה אף יותר את הכדאיות להחלת מס פחמן בישראל, שכן ללא מס פחמן ישראלי, מס זה יחול בכל מקרה על סחורות ישראליות המיוצאות לאירופה , אלא שתקבוליו לא יגיעו לקופת המדינה. מיסים מותאמי גבול מסתמנים כמגמה עולמית, ונבחנת האפשרות לאימוצם גם בארה"ב ובמדינות נוספות.

---

[194] Steckel, Jan, and Leonard Missbach (2020). Leaving No One Behind - Carbon Pricing in Israel: Distributional Consequences across Households.

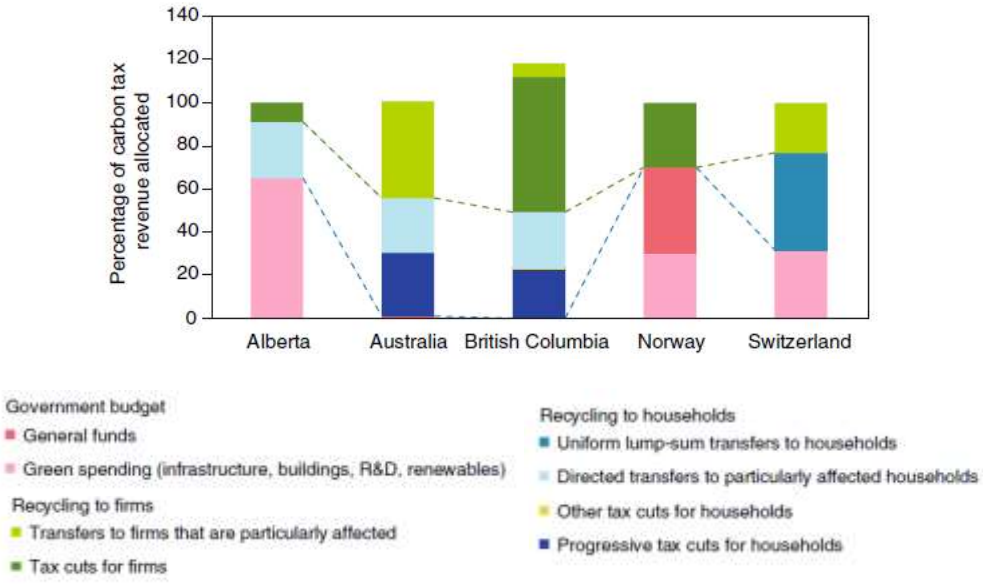
[195] מיסוי מותאם גבול (border adjustment tax) הוא אמצעי שנועד להגן על תחרותיות התעשיות עתירות האנרגיה במדינה בה מוחל תמחור פחמן, ולמנוע מתעשיות אלו לעבור למדינות בהן אין תמחור (תופעה המכונה "זליגת פחמן - carbon leakage"), על ידי החלת המיסוי על הפליטות ה"גלומות" במוצרים מיובאים.

יתר על כן, עמידה ביעד הפחתת הפליטות שנקבע עבור התעשייה במסגרת התהליך "ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת" מביאה להפחתה משמעותית בנטל המס ובשיעורו מההוצאה על אנרגיה בתעשייה כבר בעשור הקרוב, ולצמצום נוסף בפגיעה האפשרית בתעשייה.

## מה עושים עם תקבולי תמחור הפחמן?

על מנת להתמודד עם להתמודד עם השלכות האפשריות של תמחור פחמן במגזר משק ספציפיים בטווח הקצר והבינוני, מדינות רבות מייעדות את הכנסות המס לתוכניות או פרויקטים שמטרתם לצמצם את הפגיעה בגורמים הנמצאים בסיכון. השימוש בפדיון המס למטרה זאת מכונה לרוב "מחזור הכנסות". פעולות מקובלות של מחזור הכנסות הן הפחתת מיסים עקיפים כמהלך נלווה להטלת מס הפחמן על מנת להקל על הנטל על משקי הבית, הפחתת מיסים על המגזר העסקי כדי לצמצם פגיעה בכושר התחרות של חברות, העברת מענקים לכלל משקי הבית או למשקי בית נבחרים הנפגעים יותר מהמהלך. כמו כן, אפיק חשוב נוסף לסיוע לצמצום פגיעה באוכלוסיות מוחלשות, הוא השקעה ציבורית ופרטית בסקטורים ובאזורים שצפויים להיפגע ממיסוי הפחמן, וסיוע כבר בתחילת התהליך במעבר הדרגתי שלהם לתחומי ייצור ותעסוקה ירוקים.

*תרשים 75: מחזור הכנסות ממיסוי פחמן למשקי בית, לעסקים ולמימון הוצאות ממשלתיות*[196]




## מתווה תמחור הפחמן שאושר על ידי הממשלה

בעקבות העבודה המקצועית שתוארה לעיל, אושרה החלת מס פחמן בישראל בהחלטה מספר 286 של הממשלה מיום 01 באוגוסט 2021. על פי ההחלטה, מס הפחמן יחול בהדרגה כדי לאפשר היערכות במשק, וייגבה באמצעות מנגנון הבלו על הדלק הקיים היום, ובאמצעות מס הקנייה על דלקים. גובה המס מתבסס על העלות החיצונית של פליטות גזי חממה משריפת דלקים. ביחס למזוט בפרט, התמחור כולל גם עלויות חיצוניות כתוצאה מפליטות של תחמוצות גופרית ($SO_x$). בהמשך להחלטה זו, שר האוצר חתם זה מכבר על תיקון לצו הבלו על הדלק (הטלת בלו), התשס"ד-2004 ועל תיקון לצו תעריף המכס והפטורים ומס קנייה על טובין, התשע"ז-2017, ביום ה-13 באוקטובר 2021.

[196] *Knopf 2020*

כאמור, למרות ההערכה שלא צפויה פגיעה בצמיחה הכלכלית בטווח הבינוני-ארוך בעקבות הטלת המס, מוסכם כי עשויות להיות למס השפעות משמעותיות על סקטורים ספציפיים, אשר יש לתת עליהן את הדעת בקביעת המס. לפיכך, נקבעו מספר מנגנונים להפחתת הנטל של המס על משקי בית משכבות האוכלוסייה החלשות, ועל ענפי תעשייה החשופים לפגיעה בתחרותיות. כך, הוחלט כי המס על הגז הטבעי יגלם את גובה עלות הפחמן כפי שזה נקבע באופן חלקי בלבד (30% מהעלות החיצונית), זאת על מנת להגביל את העלייה בתעריף החשמל ל-5%. כמו כן, מאחר שמסי הבלו בסקטור התחבורה בישראל גבוהים ביחס מקובל בעולם, מס הפחמן יוצג כרכיב מובחן מתוך מס הבלו אבל לא יתווסף למס הבלו ולכן לא יוביל להתייקרות הדלקים.

*טבלה 23: מתווה רב-שנתי להעלאת המס לפי החלטת ממשלה 286 (סכום הבלו ומס הקנייה לכל דלק, ₪ / טון)*

| | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 ואילך |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **פחם** | 131 ₪ | 167 ₪ | 214 ₪ | 274 ₪ | 353 ₪ | 456 ₪ |
| **גז טבעי** | 29 ₪ | 45 ₪ | 65 ₪ | 91 ₪ | 126 ₪ | 170 ₪ |
| **מזוט 0.5%** | 79 ₪ | 163 ₪ | 271 ₪ | 412 ₪ | 595 ₪ | 833 ₪ |
| **מזוט 1%** | 867 ₪ | 951 ₪ | 1,059 ₪ | 1,200 ₪ | 1,383 ₪ | 1,621 ₪ |
| **גז פחמימני מעובה** | 158 ₪ | 205 ₪ | 266 ₪ | 345 ₪ | 448 ₪ | 582 ₪ |
| **פטקוק** | 92 ₪ | 151 ₪ | 227 ₪ | 327 ₪ | 457 ₪ | 625 ₪ |

יתר על כן, נקבע כי יוטל על צוות בין-משרדי בראשות אגף התקציבים במשרד האוצר ומשרד האנרגיה ובהשתתפות המשרד להגנת הסביבה, הכלכלנית הראשית במשרד האוצר ומשרד העבודה, הרווחה והשירותים החברתיים ובהתייעצות עם בנק ישראל והמוסד לביטוח לאומי, להמליץ בתוך 6 חודשים על מנגנונים לעידוד התייעלות באנרגיה והקלה במעבר לאנרגיה נקייה לשכבות אוכלוסייה חלשות החשופות במיוחד להשפעת המס. מטרת מנגנונים אלה היא לתרום לצמצום הפגיעה באוכלוסייה זו, זאת מבלי לפגוע בתמריצים להפחתת פליטות אשר בבסיס המס. מהלך זה יתוקצב מתקציב משרד האנרגיה.

על מנת לאפשר למגזר העסקי להתאים את עצמו לשינויים במשק, לקדם בו חדשנות והתייעלות באנרגיה, לסייע לו במעבר למקורות אנרגיה מופחתי פליטות, ובכך למזער את הפגיעה האפשרית בתחרותיות התעשייה הישראלית, הוקצה תקציב על סך 350 מיליון ₪ כדי להביא אל הממשלה תכנית לאומית רב-שנתית להתייעלות אנרגטית למגזר העסקי תוך 60 יום.

עוד נקבע במסגרת ההחלטה, כי השרה להגנת הסביבה, בהתייעצות עם שר האוצר, תקבע מנגנון שיגלם את עלות הפחמן על הטמנה ושריפה של פסולת מעורבת, זאת בתוך 12 חודשים.

# מעבר צודק לכלכלה דלת פחמן

# מעבר צודק לכלכלה דלת פחמן[197]

ישנה הסכמה גורפת בקרב המוסדות הבינלאומיים המובילים, בהם האו"ם, ה-OECD, האיחוד האירופי, הבנק העולמי וקרן המטבע העולמית, כי **מרבית הצעדים שננקטים ומתוכננים במסגרת תהליך המעבר לכלכלה דלת פחמן, מקדמים גם צמיחה כלכלית מכלילה בטווח הבינוני והארוך**.

נציגי מוסדות אלו גורסים כי תכנית השקעות ירוקה (בדגש על השקעה בתשתיות תחבורה ציבורית ואנרגיה מתחדשת/נקיה, פיתוח ירוק של המרחב העירוני, מעבר לתקני בניה ירוקה וחסכונית באנרגיה, מעבר לייצור יעיל אנרגטית, תמיכה ביזמות וחדשנות לפיתוח פתרונות אגירה ופיתוח סקטורים חדשים ו"ירוקים") מתיישבת היטב עם בניית אסטרטגיה לחילוץ הכלכלה מהמשבר וליצירת מקומות עבודה, זאת בנוסף לתועלות הסביבתיות שהיא טומנת בחובה. התפיסה היא כי צעדים אלו צפויים להוביל להתאוששות כלכלית, לשפר את כושר התחרות המשקי, להעלות את הביקוש לתעסוקה איכותית (ברמת שכר גבוה), להגדיל את הנגישות של אוכלוסיות מגוונות למרכזי תעסוקה, להיטיב עם עסקים מקומיים, לייעל את צריכת החשמל של משקי בית ועסקים, וכך לשפר את איכות חייה ורווחתה הכלכלית של האוכלוסייה בכללותה.

לצד ההכרה בהגיון הכלכלי שבתהליכי מדיניות להפחתת פליטות ובפוטנציאל לצמיחה שהם מביאים עימם למשק בטווח הבינוני והארוך, החלו מוסדות בינלאומיים גם להתריע על **הסיכון הגובר בטווח הקצר לאפיקי תעסוקה בסקטורים מסוימים של התעשייה ולאזורים התלויים בהם לפרנסת תושביהם** אזורים וסקטורים אלו יאלצו להתאים את עצמם לסטנדרטים העולמיים החדשים, או לעמוד בסכנת אובדן מטה לחמם של תושבי האזור.

מלבד הסיכון לאוכלוסיות מסוימות בשוק העבודה ישנו גם **הצפי כי המעבר לכלכלה דלת פחמן יוביל בטווח הקצר לעליית מחירי האנרגיה ,** בשל חלק מהמיסוי והרגולציות שממשלות אימצו, או שהינן צפויות לאמץ. **ייקור מחירי האנרגיה הנובעת מדלקים מזהמים צפוי לפגוע באופן יחסי יותר במשקי בית מהפריפריה ו/או ממעמד סוציו-אקונומי נמוך.** כך למשל, מס על צריכת חשמל הנובע ממקורות אנרגיה מזהמת עלול לפגוע באופן בלתי פרופורציונלי במשקי בית עניים, אשר משקל הוצאות החשמל בסל הצריכה הכולל שלהם הינו גבוה יחסית. בדומה, מיסוי גבוה על דלקים או רכבים מזהמים יפגע במשקי בית המתגוררים בפריפריה (בעיקר הכפרית), הנדרשים להתנייד ברכב פרטי בנסועה גבוהה לצרכי תעסוקה, מסחר ושירותים בסיסיים.,

לבסוף ישנו החשש ל**חלוקה לא שוויונית ורגרסיבית של חלק מהתועלות המיידיות וארוכות הטווח שנובעות ממעבר לכלכלה דלת פחמן**. כגון חיסכון בהוצאות האנרגיה ושיפור איכות החיים והבריאות של הפרטים. ללא התערבות של המדינה גובר הסיכוי שהתועלות שנובעות מהמעבר למשק דל פחמן יהיו בעיקר נחלת חלקם של העשירונים הגבוהים, שכן יש חשש שרק או בעיקר הם יוכלו לממן את ההשקעה הראשונית הנדרשת ממשקי הבית לביצוע המעבר לבניה בסטנדרט ירוק, לרכבים ירוקים או להתקנת פאנלים סולריים על גג הבית, וכן לבחור באזורי מגורים "ירוקים" יותר, שייהנו מאוויר נקי ומסביבה עירונית מקדמת בריאות. כלל הבחירות הללו, מצמצמות חשיפה לזיהום אוויר ולסכנות בריאותיות הנובעות ממנו, כגון מחלות ריאה ולב. חלק מאפשרויות אלו אף יובילו לחסכון פרמננטי, ארוך טווח ומשמעותי בהוצאות משקי בית על חשמל ודלק.

חשוב לציין, מנגד, כי הנזקים של זיהום אוויר והתחממות גלובלית עשויים להשפיע ביתר שאת על משקי בית ממעמד סוציו-אקונומי נמוך, אם בשל תנאי דיור ירודים, קירבה גדולה יותר למקורות של זיהום אוויר, כגון אזורי תעשיה או כבישים סואנים, ושיעור גדול יותר של מועסקים באוויר הפתוח, אשר תעסוקתם ותנאי עבודתם יושפעו משינויי אקלים והתחממות גלובלית. על כן, הם ייהנו יותר מהטיפול בהשפעות החיצוניות של זיהום האוויר על ההתחממות הגלובאלית.

**על כן התפיסה הרווחת כיום היא כי המעבר למשק דל פחמן מחייב מתן מענה לאוכלוסיות החלשות, כדי שאלו לא "יישארו מאחור" (Leave No One Behind).**

[197] פרק זה מבוסס על עבודת המכון הישראלי לדמוקרטיה 'מעבר צודק לכלכלה דלת פחמן', 2021

**עבודה זו פורסמה כמסמך נפרד על ידי המכון הישראלי לדמוקרטיה בשיתוף פעולה עם המשרד להגנת הסביבה, כחלק מפרויקט "ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת", ותקציר העבודה ומסקנותיה מובא דו"ח זה.**

בחלקו הראשון של המסמך זוהו **צעדי מדיניות שונים הנהוגים כיום בעולם** או אשר מפורטים בספרות **שמטרתם צמצום הפגיעה באוכלוסיות חלשות במהלך מעבר למשק דל פחמן**, ואף הכלה של אוכלוסיות אלו בתועלות הרבות שנובעות מן המהלך. בחלקו השני הוצג **ניתוח של השפעת אלמנטים מן המהלך המתוכנן על משקי בית והציבור בישראל** באמצעות מחקר שערך מכון IPPI בנושא, ובאמצעות שלושה סקרי דעת קהל שערך המכון הישראלי לדמוקרטיה. כמו כן הוצג **סיכום של התובנות שעלו מתהליך שיתוף הציבור והחברה האזרחית**. להלן המלצותינו לצעדי מדיניות בהתבסס על הניסיון העולמי, הסקרים ותהליכי שיתוף הציבור שערכנו, אשר יסייעו בהבטחת "מעבר צודק" של ההחברה הישראלית למשק דל פחמן.

**<u>המלצות לפעולה:</u>**

1) **<u>איתור ומיפוי אוכלוסיות פגיעות</u>**

1.1) **<u>טיוב זיהוי האוכלוסיות בישראל הסובלות מעוני אנרגטי</u> -** על פי הגדרת סל צריכת אנרגיה בסיסי מותאם לקונטקסט הישראלי. סל זה צריך לכלול מוצרי צריכה כגון פתרונות תחבורה מספקים לצורך גישה לתעסוקה, שירותים ומסחר, ואנרגיה מספקת להפעלת מכשור ביתי בסיסי, חימום/קירור מרחב המגורים בהתאם לנסיבות האקלים, חימום מים ובישול. את מלאכת הגדרת סל צריכת האנרגיה ומיפוי העניים אנרגטית אנו ממליצים לתת בידי המוסד לביטוח לאומי או הלמ"ס, שכן יהיה זה המשך עבודתם בנושא סל צריכה בסיסי של משק הבית הישראלי

1.2) **<u>מיפוי של פוטנציאל הפגיעה בתעסוקה</u>** – משימה זו מתאימה למשרד הכלכלה ולרשות התעסוקה. מומלץ לאתר נפגעים פוטנציאליים מצעדים מתוכננים כחלק אינטגרלי בתהליך התכנון האסטרטגי של מהלך הפחתת פליטות.

2) **<u>הפחתת נטל המעבר לכלכלה דלת פחמן בעבור האוכלוסיות שאותרו כפגיעות והכללתן בתועלות הכלכליות מהמעבר</u>**

בהתאם לעולה מסקרי דעת הקהל ותהליכי שיתוף הציבור והחברה האזרחית, אנו ממליצים לפעול למען הפחתת נטל המעבר על אוכלוסיות פגיעות והכללתן בתועלותיו על ידי סיוע לאוכלוסיות אלו במעבר לצריכה אישית ירוקה יותר של אנרגיה, השקעה ממשלתית בתשתיות תומכות, ועידוד השקעות מטעם המגזר הפרטי במטרות אלו. כל זאת באמצעות סל צעדי מדיניות כדלקמן:

2.1) **<u>ייעול צריכת אנרגיה ביתית:</u>**

בשל האקלים החם בישראל, מוצע לבחון שימת דגש על צריכת אנרגיה ביתית לקירור יעיל של חלל המגורים באזורים חמים במיוחד, או על חימום חלל המגורים באזורים הקרים (צפון). מומלץ על הפעולות הבאות:

- **סבסוד או מימון משולב של בידוד מבני מגורים** בעבור אוכלוסיות נבחרות, כגון בידוד קירות, חלונות וגגות ישנים (דוגמת בריטניה), כולל סיוע לוגיסטי בביצוע השדרוג.
- **הפחתת מיסוי ומכס על מזגנים ואמצעי חימום בדירוג אנרגטי גבוה**.
- **תמרוץ יזמים לפרויקטים של התחדשות עירונית לשדרוג מבנים לתקן ירוק** (בדומה לתמ"א 38)- נמצאה תמיכה רחבה לכלי זה בסקרי דעת הקהל כמניע לשדרוג המגורים לתקן ירוק. מומלץ ליישם עם מיקוד במבנים הממוקמים בריכוזי אוכלוסיות מאשכול סוציו-אקונומי נמוך, ובפרט באזורים גאוגרפיים בהם אקלים חם או קר במיוחד, כגון מחוזות צפון ודרום.

2.2) **<u>ייעול בצריכת אנרגיה לתחבורה:</u>**

- **השקעה ממשלתית בתשתיות תחבורה ציבורית לפריפריה הכפרית.** בהתאם לממצאים של מחקר מכון IPPI ולממצאי סקרי דעת הקהל נדרש דגש על תשתיות תחבורה ציבורית של יישובים ערביים, אשר אותרו כאוכלוסיות פגיעות במיוחד להתייקרות דלק. כמו כן עולה כי שיפור תדירות ונגישות התחבורה הציבורית יוביל שיעור גדול מן הציבור להפחתת שימוש ברכב הפרטי.

- **שיפור תשתיות תקשורת, כגון הנחת סיבים אופטיים לאינטרנט מהיר לפריפריה הכפרית**. יכולה לסייע לאמץ עבודה מרחוק (גם אם רק בחלק משבוע העבודה).

- **סבסוד שדרוג של רכבים ישנים, מזהמים וזוללי דלק, לרכבים חדשים יותר (יד שניה), חסכוניים בדלק ומזהמים פחות, באמצעות מענקי גריטה דיפרנציאליים.** שדרוג זה של צי הרכב הישראלי, עם דגש על הפריפריה ועל משקי בית בעלי הכנסות נמוכות, ניתן להשיג באמצעות מענקי גריטה דיפרנציאליים למסירת רכבים ישנים ומזהמים במיוחד לגריטה. הזכאות למענק וגובהו צריכה לתעדף משקי בית לפי הכנסתם, ולפי מרחקם ממקום העבודה (דוגמת צרפת). כך יינתן מענה לתושבי הפריפריה הכפרית הנדרשים לסיוע כלכלי.

- **הטבות באגרות רכב שנתיות ובמיסי רכישה לרכבים חסכוניים בדלק (ומזהמים פחות) -** באופן דיפרנציאלי פוחת בהתאם לעלות הרכב.

2.3) **<u>ביזור ייצור החשמל למשקי בית וליצרנים קטנים ובינוניים:</u>**

- **שידרוג והרחבת מערכת ההולכה לאזורים מרוחקים בפריפריה** דבר אשר יאפשר ייצור לצרכי הפצה של משקי בית ויצרנים קטנים וייצר אפיק הכנסה נוסף לאלו.

- **סיוע במימון התקנת פאנלים סולאריים על גגות משקי בית שאותרו כפגיעים**. יאפשר ייצור לצריכה עצמית, אשר יוזיל משמעותית את הוצאות משקי הבית על אנרגיה.

2.4) **<u>הרחבת תמריצים לניתוב השקעות פרטיות לסקטורים ירוקים ולאזורים פגיעים:</u>**

- **הרחבת מענקים למו"פ ירוק -** הזדמנות למינוף צמיחה.

- **מענקים מפעליים או החזרי מס כנגד התייעלות אנרגטית -** לריכוך המעבר למשק דל פחמן והגנה על תעסוקה.

- **תמריצים להפניית השקעות לאזורים פגיעים,** שזוהו בשלב איתור ומיפוי אוכלוסיות פגיעות.

2.5) **<u>סיוע במימון תוכניות להכשרה והסבה מקצועית</u> -** סיוע במימון, עידוד ותמרוץ תוכניות ייעודיות לעובדים בענפים/אזורים פגיעים, שעלולים לאבד את מקום עבודתם. בנוסף, יש לעודד ולתמרץ **הכשרות לתחומי האנרגיה המתחדשת, המחזור והכלכלה המעגלית וכן מתן הכשרות ללימוד שיטות יצור חדשות וירוקות ורכישת מיומנויות טכנולוגיות בסיסיות לצורך עבודה ומתן שירותים מרחוק.**

3) **<u>חינוך, הסברה ושיתוף ציבור</u>**

3.1) **<u>הסברה</u> -** הסקרים שערכנו מראים כי רוב הציבור מוטרד ממשבר האקלים וסבור כי ממשלת ישראל צריכה להיערך לקראתו. עם זאת, עדיין ישנו צורך בהרחבת ההסברה **בנושא המחיר הסביבתי והחברתי של העדר פעולה, והדרכים להימנע ממחיר זה**, בפרט בקבוצות אוכלוסייה בהן מודעות זו נמצאה נמוכה יותר (חרדים, צעירים, בעלי הכנסה והשכלה נמוכה). הסקרים גם מעידים כי נדרשת הסברה רחבה על **התועלות האישיות הנובעות ממעבר לצריכת אנרגיה ירוקה, כגון התועלות מהתקנת פאנלים סולאריים, שדרוג הבית לתקן ירוק, או מעבר לרכב ירוק, פעולות אשר אחוזים יחידים מן הציבור נקטו בהן עד כה ע"פ הסקרים.** לבסוף, נמצא כי ישנו צורך גם ב**הסברה מעשית על הצעדים הלוגיסטיים הנדרשים לצורך התייעלות אנרגטית בקרב משקי בית**. הסברה מסוג זה דורגה על ידי הציבור כאמצעי אפקטיבי לתמרוץ משקי בית לביצוע צעדים אלו.

3.2) **<u>שיתוף ורתימת הציבור הישראלי</u>** - בתקופה הבלתי יציבה שאנו נמצאים בה, על רקע גל מחאות ציבוריות, חשוב לפתח פלטפורמות לשיתוף הציבור הישראלי לאורך התהליך. שיתוף ציבור יעיל יוכל לספק אינפורמציה ושקיפות מחד, **ולהנגיש למקבלי ההחלטות את עמדותיהן וצרכיהן של האוכלוסיות המושפעות מן המהלכים** מאידך כבר בשלב גיבוש כלי המדיניות.

3.3) **<u>בחינת שימוש בעקרונות כלכלה התנהגותית</u> -** מומלץ לבחון שימוש בכלי כלכלה התנהגותית לרתימת הציבור לפעולה. לשם כך מומלץ תחילה לזהות את ההקשרים בהם יש פער גדול בין הרצוי למצוי ביחס למעבר לכלכלה דלת פחמן בשל חסם התנהגותי של הציבור הרחב, לזהות מהם אותם חסמים התנהגותיים האחראים לפערים, ולבחון את הכלים ההתנהגותיים המתאימים להתמודדות עימם. בחינה זו של אפקטיביות הכלים ההתנהגותיים הרלוונטיים יכולה להיעשות באופן אמפירי על ידי סקרים, ניסויי מעבדה, וניסויי שטח בשיתוף רשויות מקומיות למשל.

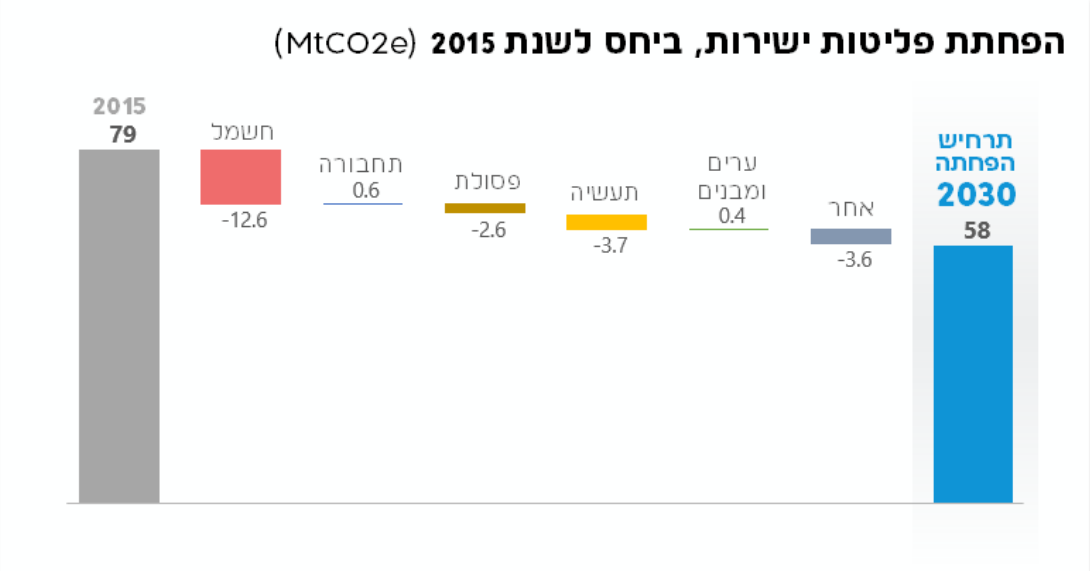
3.4) **<u>חינוך הדור הצעיר</u> -** מתהליכי שיתוף הציבור שביצענו במסגרת הפרוייקט עולה כי החינוך להכרות עם סכנות משבר האקלים ועם הדרכים למנוע אותו לוקה בחסר. התייחסויות רבות מן הציבור ומהחברה האזרחית שפכו אור על חסר זה. על כן קיים צורך בהטמעת תכנים רלוונטים במערכת החינוך על מנת להכין ולהעשיר את הדור הצעיר. עם זאת, כלי זה רלוונטי רק עבור הדור הבא, ועל כן לא נותן מענה לצורך הדחוף בשיתוף פעולה של הציבור. מסיבה זו הוא בדחיפות נמוכה יותר מהסברה ציבורית רחבה לכלל הגילאים.

# מסקנות

# סיכום ומסקנות עיקריות

- בסוף 2018 יזם המשרד להגנת הסביבה ביחד עם ארגון ה-OECD והמכון הישראלי לדמוקרטיה תהליך רב מגזרי לגיבוש חזון ואסטרטגיה כלל משקית למעבר לכלכלה דלת פחמן, תחרותית ומשגשגת. במסגרת התהליך הוקמו חמישה צוותי עבודה סקטוריאליים – חשמל, תחבורה, תעשייה, פסולת, וערים ומבנים. בנוסף, הוקמו שני צוותים רוחביים כלל משקיים: צוות מאקרו כלכלה וצוות 'עין חברתית'. התהליך כלל בניית תשתית עבודה, גיבוש חזון ויעדים לכל אחד מהתחומים, אינטגרציה לחזון משקי וגיבוש מפת דרכים ותוכנית יישום, ועיגון היעדים בהחלטת ממשלה.
- על בסיס עבודת צוותי העבודה, הממשלה אישרה תחת החלטת ממשלה מס' 171 את היעדים הבאים:
  1. יעד לאומי להפחתת פליטות גזי חממה ב-27% בשנת 2030 ביחס לרמתן בשנת 2015, כך שכמות הפליטות השנתית תעמוד על כ-58 מיליון טון.
  2. יעד לאומי להפחתת פליטות גזי חממה ב-85% לכל הפחות בשנת 2050 ביחס לרמתן בשנת 2015, כך שכמות הפליטות השנתית תעמוד על 12 מיליון טון.
- מדובר ביעד **שמרני** ביחס ליעדים **לאיפוס** מלא של פליטות אשר נקבעו לאחרונה במדינות מפותחות רבות, לרבות כלל מדינות **האיחוד האירופי, בריטניה, יפן, וניו זילנד** (פד"ח בלבד).
- עיקר ההפחתה המושגת בשנת 2030 נובעת ממשק החשמל כתוצאה מהפסקת השימוש בפחם לייצור חשמל, הגברת הייצור באנרגיה מתחדשת לכדי 30% מתמהיל הייצור כבר בשנת 2030, בנייה ירוקה ובנייה מאופסת אנרגיה, הפחתת פליטות מהתעשייה בדגש על הפחתת צריכת גזי קירור כתוצאה מיישום תיקון קיגאלי לפרוטוקול מונטריאול, והפחתת פליטות המתאן מענף הפסולת, בעיקר באמצעות הגברת איסופו והשמדתו באתרי סילוק פסולת פעילים.

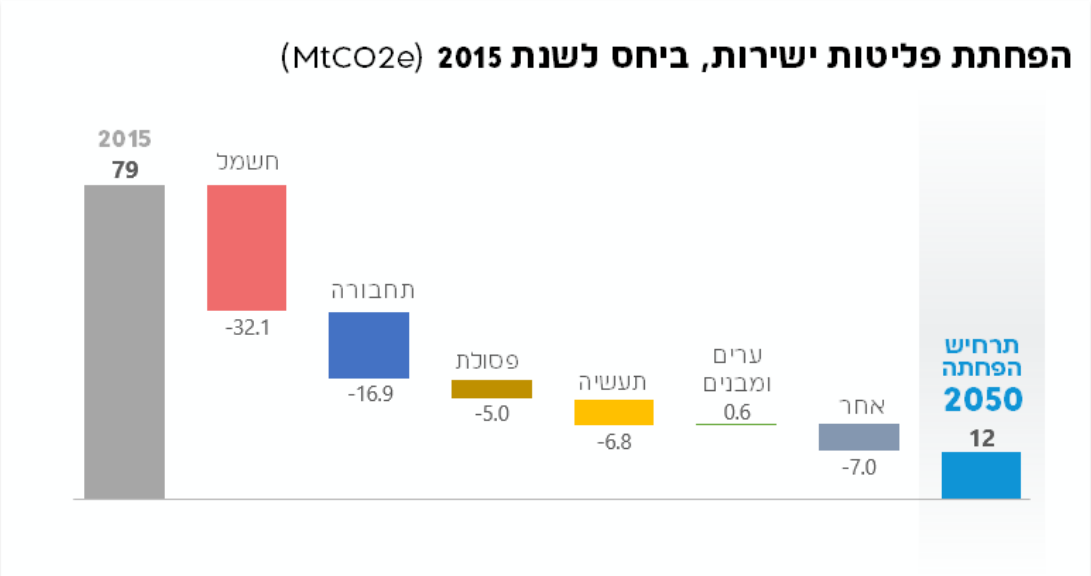
*תרשים 76: הפחתת פליטות ישירות עד שנת 2030 לפי סקטור, ביחס לשנת 2015*




- עיקר ההפחתה המושג בשנת 2050 נובע ממשק החשמל וזאת הן בזכות המעבר למשק חשמל מבוסס ייצור ממקורות אנרגיה מתחדשים והן מפעולות ההתייעלות המבוצעות במגזרי הצריכה השונים, ובפרט בנייה ירוקה ובנייה מאופסת

אנרגיה. מקור ההפחתה השני בגודלו הינו מגזר התחבורה, בזכות חשמול מגזר זה כמו גם צמצום הנסועה ברכבים פרטיים ובמשאיות, כאשר גם לענף הפסולת ומגזר התעשייה תרומה משמעותית להשגת הפחתה זו.

*תרשים 77: הפחתת פליטות ישירות עד שנת 2050 לפי סקטור, ביחס לשנת 2015*




- נוסף על כך, עמידה ביעדים תתאפשר באמצעות הפחתת פליטות במגזרי משק שטרם זכו לטיפול מעמיק בהקשר של גזי חממה (כגון פליטות ממגזר החקלאות, לדוגמה באמצעות מתקני קומפוסט ועיכול אנאירובי של זבל בע"ח ושימוש במעכבי נטריפיקציה, פליטות תהליך בתעשייה ופליטות מצריכת גפ"מ בסקטור הביתי והמסחרי-ציבורי, סגירת בתי הזיקוק בחיפה ואיסוף והשמדת מתאן הנפלט ממכוני טיפול בשפכים). בנוסף, ישנן טכנולוגיות הפחתה חדשות שונות אשר צפויות להיות זמינות וכלכליות בעשור הקרוב אשר להן פוטנציאל הפחתה משמעותי נוסף, בפרט בסקטורים תעשייה, תחבורה וחשמל.
- כחלק מפרויקט "ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת" בוצעה עבודה על ידי המכון הישראלי לדמוקרטיה בשיתוף פעולה עם המשרד להגנת הסביבה אשר בחנה את השפעות התוכנית על הצמיחה הכלכליות בישראל, וזאת תוך שימוש במודל שיווי משקל כללי דינאמי MESSAGEix-IL-MACRO שהותאם לישראל. הצוות המקר-כלכלי בראשות הפרופסור נתן זוסמן מצא כי ניתן עד לשנת 2050 להפחית את פליטות גזי החממה הנובעים משימוש באנרגיה בשיעור של עד כ-90% ביחס לשנת 2005, תוך פגיעה מזערית בתוצר של עד כ- 0.32% בשנת 2050. זאת מבלי להתייחס לתועלות עקיפות משמעותיות למשק, כגון צמצום הפגיעה בבריאות הציבור (והעלויות הנובעות מכך) בזכות הפחתת פליטות מזהמי האוויר וצמצום אובדן התוצר הכרוך בגודש תחבורתי.
- אחת ההמלצות המרכזיות של הצוות המקרו-כלכלי היא קידום של תמחור פחמן כך שעלויות האנרגיה ישקפו את העלויות החיצוניות מגזי חממה. בעקבות העבודה המקצועית שנעשתה על ידי המשרד להגנת הסביבה בשיתוף עם צוות בין-משרדי רחב, הממשלה אישרה מתווה לתמחור פחמן. המתווה שאושר קובע כי מס פחמן המתבסס על גובה העלות החיצונית של פליטות גזי חממה משריפת דלקים יוחל בהדרגה דרך הבלו על הדרך ודרך מס הקנייה על הדלקים, וכי יגובש בנוסף מנגנון לתמחור פחמן על פליטות בסקטור הפסולת, בשל טיפול בהטמנה ובשריפה. המתווה כולל מנגנונים להפחתת נטל המס על סקטורים ספציפיים במשק החשופים במיוחד להשפעתו. ביחס לסקטור החשמל, הוחלט כי המס על הגז הטבעי יגלם 30% מגובה העלות החיצונית של פליטות הפחמן כדי להגביל את העלייה

בתעריף החשמל ל-5%, וביחס לסקטור התחבורה הוחלט כי המס יוצג כרכיב מובחן מתוך הבלו אך לא יתווסף אליו ולכן לא יוביל להתייקרות הדלקים. לטובת צמצום נוסף של הפגיעה במשקי בית ובכושר התחרותיות של התעשייה הישראלית, הוחלט לבחון מנגנונים נוספים לעידוד התייעלות באנרגיה והקלה במעבר לאנרגיה נקייה לשכבות אוכלוסייה חלשות, והוקצה תקציב על סך 350 מיליון ₪ לצורך גיבוש תכנית לאומית רב-שנתית להתייעלות אנרגטית במגזר העסקי, במטרה לאפשר לו להתאים את עצמו לשינויים במשק, לקדם בו חדשנות, לסייע לו במעבר למקורות אנרגיה מופחתי פליטות ובכך למזער את הפגיעה בתחרותיות של התעשייה הישראלית.

- **מומלץ להסדיר את החזון למעבר לכלכלה דלת פחמן בחקיקה**. זאת על מנת להבטיח שיתוף פעולה בין-משרדי ובין מחזיקי עניין המביא ליישום מדיניות רוחבית אפקטיבית ויצירת וודאות ארוכת-טווח למשק ולאזרחים לגבי מחויבות המדינה בדבר עמידה ביעדים אלו.

# נספחים

# נספח א' – המלצות הצוותים לצעדי פעולה ליישום

במסגרת קביעת המדדים היעדים, הסקטוריאליים והמשקיים, נקבעה מפת דרכים הכוללת אמצעי מדיניות להשגת היעדים בטווח הקצר-בינוני, עד 2030.

## סקטור ערים ומבנים

| מטרה | אמצעי | גורם אחראי |
|---|---|---|
| **מעבר לבנייה ירוקה בבנייה חדשה** | **החלת תקן בנייה ירוקה כמחייב:** במרץ 2022 תיכנס לתוקף תקנה המחייבת בניית מבנים חדשים בהתאם לתקן בנייה ירוקה (ת"י 5281) וזאת תוך עמידה ברף של כוכב אחד לפחות. יש לפעול לעדכון התקן מדי כמה שנים, בהתאם לצורך, כדי לוודא שהוא מחייב את האמצעים העדכניים ביותר, וכן העלאת הדירוג הנדרש בתקנות. כחלק משינוי הדרישות, נדרשים פתרונות תקציביים למימון הבנייה הירוקה במבני ציבור ברשויות מקומיות ובמקומות אחרים בהם צפויים כשלי שוק. | מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה |
| **שיפוץ ירוק של מבנים קיימים** | **שיפוץ ירוק של מבנים קיימים: הקמת צוות בין-משרדי** לבחינת תמריצים וכלים נוספים לעידוד שיפוץ מבנים. | מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה, משרד השיכון |
| | **קידום תקן** לשיפוץ מבנים בהתאם לעקרונות בנייה ירוקה או בהתאם למפרטי איפוס אנרגיה. | משרד האנרגיה, המשרד להגנת הסביבה |
| | **בחינת עדכון תקנות התכנון והבנייה** לעניין שיפוץ מבנים הטעונים קבלת היתר בנייה. | מינהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה |
| | **בחינת עדכון תקנות דירוג אנרגטי ותקנות מכר דירות** לעניין שיפוץ מבנים ומכירת מבנים קיימים. | משרד השיכון, משרד האנרגיה |
| **מעבר לתחבורה מאופסת פליטות** | **תקנות לתשתית לטעינת כל רכב חשמליים, לרבות תחבורה ציבורית:** קידום תקנות להקמת תשתית טעינה לרכבים חשמליים, לרבות תחבורה ציבורית. כמו כן, יש להשלים את הבחינה לתקנון תקנות להחלת חובה להקמת תשתית חשמל במבנים חדשים לחיבור עמדות טעינה עתידיות. | מנהל התכנון, משרד האנרגיה, משרד התחבורה, המשרד להגנת הסביבה. |
| **מעבר לבנייה מאופסת אנרגיה** | **הגדרות ותקנים:** יצירת מסמך הגדרות ברור להגדרת מבנה מאופס אנרגיה לצד בחינת אפשרות להגדיר גם כתקן (בין אם תקן חדש או כחלק מהתקן לדירוג אנרגטי). | מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה |
| | **תשתית להתעדה** : גיבוש מנגנון תיווי, הקמת גוף לצורך הענקת תו "מבנה מאופס אנרגיה", עיצוב תווית והקמת מאגר מבנים מאופסי אנרגיה. | מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה |

| | | |
|---|---|---|
| | **הכשרה:** הקמת מערכי הכשרות עבור בעלי מקצוע ועבור רשויות מקומיות ומשרדי ממשלה, ימי עיון וכנסים מקצועיים, הטמעת התחום בתוכניות אקדמיות. | משרד האנרגיה |
| | **מודעות:** הקמת אתר, קמפיין פרסומי, קיום תחרויות ועוד, תוך הדגשת התועלות הכלכליות והסביבתיות | משרד האנרגיה |
| | **תקנות מחייבות:** בחינת אפשרות לתקנון תקנות והוראות המחייבות עמידה בהגדרות או בתקן הנ"ל במסגרת חוק התכנון והבנייה, מכרזים ממשלתיים ועוד. | מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה |
| | **כלי מימון והלוואות:** הקמת צוות שיגבש אסטרטגיות וכלים לתמיכה לטובת קידום התייעלות באנרגיה, הקמת PV ואגירת אנרגיה במבנים קיימים ובבנייה חדשה. | משרד האוצר, מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה |
| | **חדשנות:** תקצוב מחקרים וחממות למציאת פתרונות טכנולוגים – באחריות משרד האנרגיה. | |
| **עידוד התחדשות עירונית** | **מדריך התחדשות עירונית:** יישום המדריך של מנהל התכנון לבחינה ולקידום תוכניות להתחדשות עירונית.[198] תוך התייחסות לשלושה היבטים מהותיים (היבט תכנוני, היבט חברתי והיבט כלכלי) ולארבעה שלבי תכנון: החלטה מקדמית עקרונית, מיפוי וניתוח מצב קיים, בחינת חלופות והכנת התוכנית. | מינהל התכנון |
| | **קידום תוכניות מפורטות ומסמכי מדיניות להתחדשות עירונית:** יישום הקול קורא לרשויות מקומיות וללשכות התכנון המחוזיות להגשת מתחמי מגורים, מסחר, תעסוקה ותעשייה המתאימים להתחדשות עירונית. | מינהל התכנון |
| | **תיקון חקיקה כחלופה לתמ"א 38:** בהמשך להחלטת המועצה הארצית לתכנון ולבנייה מנובמבר 2019, לפיה תמ"א 38 תסתיים באוקטובר 2022, מקודם תיקון חקיקה שייתן מענה חלופי לצורך לחיזוק מבנים. | מינהל התכנון |
| | **כלי לניתוח ותיעדוף מתחמי התחדשות עירונית:** בימים אלו מפותח כלי עזר לקבלת החלטות בקידום התחדשות עירונית בראייה כלל-עירונית ובהתחשב בפרמטרים כגון גיל המבנים, מיקום בעיר, ערכי קרקע, סיכון סייסמי ועוד. | מינהל התכנון |
| | **מתווה לשיתוף ציבור בתוכניות התחדשות** | מינהל התכנון |
| | **קידום תכניות מתאריות להתחדשות עירונית:** התוכניות נחלקות לתוכניות מתאר ולתוכניות מדיניות והן מיועדות ליצירת תשתית תכנון סטטוטורי ואסטרטגי לרשות המקומית, ולקידום מהיר של פרויקטים עתידיים להתחדשות עירונית בתחומה. | הרשות להתחדשות עירונית, מינהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה |
| | **תקצוב פעילות במתחמים במסלול רשויות מקומיות:** קידום תוכניות מפורטות להתחדשות עירונית במתחמים על ידי הרשות המקומית או על | הרשות להתחדשות עירונית, מינהל התכנון |

[198] למדריך, ראו: https://www.gov.il/BlobFolder/policy/urban_renewal_g/he/urban_renewal.pdf

| | | |
|---|---|---|
| | ידי הרשות הממשלתית, לצד פעילות חברתית הכוללת שיתוף ציבור וארגון בעלי הדירות לקראת הפרויקט ולבחירת יזם. | |
| | **פריפריה:** הרשות מתקצבת תכנון מפורט בערים הממוקמות בפריפריה (קריית שמונה, כרמיאל, טבריה ועוד), בדגש על אזורים בעלי סיכון סיסמי גבוה. | הרשות להתחדשות עירונית, מינהל התכנון |
| | **מגזר ערבי:** קידום פיילוט לתכנון התחדשות עירונית בגרעיני היישוב הוותיק בחמישה יישובים: סח'נין, טייבה, ערה-ערערה, ג'סר א זרקא וכפר קאסם. מטרת הפיילוט היא לבחון מהם צעדי המדיניות הייחודים שנדרשים כדי לקדם יוזמות של התחדשות עירונית ביישובים אלה. | הרשות להתחדשות עירונית, מינהל התכנון |
| | **התחדשות עירונית לאורך צירי מתע"ן:** קידום ארבעה מסמכי מדיניות תכנון ותכנית מפורטת אחת, הקובעים עקרונות לציפוף והתחדשות עירונית לאורך צירי מתע"ן ברחבי הארץ. | הרשות להתחדשות עירונית, מינהל התכנון |
| | **הפעלת מנהלות עירוניות להתחדשות עירונית:** המינהלות הן יחידות עירוניות הפועלות כזרוע ביצוע של הרשויות המקומיות לקידום תהליכי ההתחדשות העירונית בתחומן. | הרשות להתחדשות עירונית, מינהל התכנון |
| | **קידום אמצעי מדיניות משלימים** שמטרתם לשפר, לייעל ולטייב את תהליכי ההתחדשות העירונית, לרבות הסכמי מדף, מדריכים לתושבים, הנחיות, פעילות להסרת חסמים, עדכוני חקיקה וכדומה. | הרשות להתחדשות עירונית, מינהל התכנון |
| | **שימוש בפסולת בניין שנוצרת בתהליכי התחדשות עירונית**: כשלב ראשון מקודם מיפוי של המאגר הבנוי של מבנים ותשתיות, כולל צפי סוף חיים, סוג וכמות החומרים. עבודת המשך עשויה לכלול קביעת יעדים ברורים, הסדרת התחום, הקמת מנגנון ותשתיות לקליטת הפסולת והשקעה במו"פ. | מינהל התכנון, משרד השיכון, המשרד להגנת הסביבה, הרשות להתחדשות עירונית. |
| **צפיפות ומבנה עירוני** | **עדכון ושכלול דרישות המינימום לצפיפות:** עדכון טבלה 1 בתמ"א 35 בדבר צפיפות הדיור תוך הוספת נתון של צפיפות ברוטו (ולא רק צפיפות נטו) וכן נתון של תכסית מרחבית כדי להבטיח שצפיפות הברוטו הגבוהה מתפרשת באופן מיטבי על השטח ולא מרוכזת במבנים בדידים שאין ביניהם רצף עירוני. | מינהל התכנון |
| | **קידום המטרו ותמ"א 70:** קידום תמ"א 70 – תכנית מתאר ארצית למרחב מערכת המטרו במטרופולין תל אביב, שתייצר את התשתית התכנונית לפיתוח המרחב האורבני סביב מערכת המטרו בראיה ארוכת טווח מוטת הליכה ותחב"צ, תוך הגברת הצפיפות ושיפור הנגישות לשירותים עירוניים. | משרד התחבורה, מינהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה. |
| | **תכנון תומך תנועה בת-קיימה ותחבורה ציבורית:** הטמעת העקרונות והתבחינים לתכנון תומך תחבורה ציבורית ותנועה בת קיימה. | משרד התחבורה, מינהל התכנון, משרד השיכון ורמ"י |
| | **קידום שכונות הליכתיות / ללא רכב:** ביצוע עבודת ניתוח והתאמה של רעיון השכונות ההליכתיות, המבוססות על איגום חניה בשולי השכונה תוך הגבלת התנועה המוטורית בתוכה, להקשר הישראלי. | משרד התחבורה, מינהל התכנון |
| | **עירוניות טקטית:** יש לעגן באסטרטגיה רחבה יותר של הרשות המקומית לגבי פיתוח המרחב העירוני ושיפור המרחב הציבורי פעולות מהירות לצורך | משרד התחבורה, מינהל התכנון |

| | | |
|---|---|---|
| | שיפור המרחב העירוני. פעולות אלו מתמקדות באמצעים זולים ופשוטים כגון סימון בצבע, יצירת הפרדה באמצעות קונוסי תנועה וכדומה. | |
| **הרחבת כיסוי צמרות עצים במרחב הציבורי** | **מיפוי מצב קיים של שיעור כיסוי עצים במרחבים עירוניים:** מוצע לבחון כמה כיווני פעולה אפשריים לפיתוח מאגר נתונים ומנגנון ניטור, ובהם:<br>a. הקמת פלטפורמה למיפוי המצב הקיים, בהתאם לקריטריונים אחודים בכל הארץ.<br>b. יצירת מדדים כמותניים מהימנים למדידת כיסוי צמרות עצים.<br>c. הקמת מערכות חכמות לניהול היער העירוני בזמן אמת (כולל כריתות, נטיעות ועוד).<br>מיפוי זה נדרש על מנת לקדם מדיניות נטיעות בראייה כלל-עירונית, על מנת לנטר את השינוי (לטובה או לרעה) בכיסוי העצים במרחב הציבורי ועל מנת לשמר ככל הניתן עצים קיימים. | מינהל התכנון, |
| | **מדריך ארצי לצל ארצי במרחב הבנוי:** יישום המדריך ארצי לצל במרחב הבנוי, שתכליתו הטמעת שיקולי שימור ונטיעת עצים בכל רמות התכנון וגיבוש אמות מידה ליצירת צל עצים רציף ואיכותי במרחב הבנוי.[199] | |
| | **סיוע לרשויות מקומיות בביצוע נטיעות בראייה כלל-עירונית:** יש לקדם סיוע מקצועי ותקציבי לרשויות מקומיות לצורך למיפוי המצב הקיים, להכנת מדיניות נטיעות בראייה כלל-עירונית, לביצוע נטיעות בפועל וכן לתחזוקה בשנים הראשונות. | מינהל התכנון, משרד האוצר |
| | **התייחסות לעצים כתשתית עירונית הכרחית לכל דבר תוך תיאום עם גופי התשתית האחרים.** | מינהל התכנון |

## סקטור תחבורה

בליבת התכנית התחבורתית חזון של ניידות המבוססת על תנועה מקיימת, קרי תחבורה ציבורית, הליכה ורכיבה. בכדי לקדם את מערכת התחבורה כדי שתעמוד ביעדים האסטרטגים, התכנית מתבססת על השקעה בתשתית, קידום שירות תחבורה איכותי לאזרח וחבילת אמצעי מדיניות התומכת ומעודדת את אמצעי הנסיעה המקיימים. מרכיביה המרכזיים של התכנית התחבורתית הינם:

- **העדפה לאומית לתחבורה הציבורית**
- **תכניות אסטרטגיות לפיתוח התחבורה הציבורית**
- **ניהול והסדרה של הביקוש**
- **קידום תחבורה בת קיימא**
- **קידום טכנולוגי**
- **הפחתת הצורך בניידות**

| מטרה | אמצעי | גורם אחראי |
|---|---|---|
| **עידוד שימוש ברכבים מאופסי פליטה** | **חשמול התחבורה הציבורית** – במטרה להגיע לתחבורה ציבורית מאופסת פליטות בכל צי הרכב העירוני עד לשנת 2035 מוצעת תכנית בת שלושה שלבים: | משרד התחבורה |

[199] למדריך המלא, ראו: https://www.gov.il/he/Departments/General/national_guide_shading_trees

| | | |
|---|---|---|
| | 1. תכנית האצה מיידית - לפחות 60% מהרכש הענפי של אוטובוסים עירוניים יהיה חשמלי בין השנים 2020-2025.<br>2. החל משנת 2025 כל אוטובוס עירוני שיירכש יהיה חשמלי<br>3. יציאה הדרגתית של אוטובוסים מונעי דיזל עד להחלפת כלל הצי בשנת 2035.<br>תכנית זו תבוצע במקביל להערכות תשתיות טעינה בכלל מתקני התחבורה הרלבנטיים כגון חניוני לילה ומסופי קצה. הפעלת האוטובוסים החשמליים תעשה באופן שאינו פוגע ברמת השירות מבחינת פריסת הקווים ותדירותם, וזאת בהתאם לקביעת מנהל הרשות הארצית לתחבורה ציבורית.<br><br>כמו כן יש ליישם תוכנית חישמול מלאה לכל רכבות הנוסעים בישראל. | |
| | **איסור ייבוא רכבים קלים שאינם מאופסי פליטה-** החל משנת 2030 כל רכב קל (עד 3.5 טון) הנרשם בישראל יהיה רכב מאופס פליטות[200]. | משרד התחבורה |
| | **איסור שימוש ברכבים קלים שאינם מאופסי פליטה** עד שנת היעד עם מדיניות מקדימה הדרגתית. | משרד התחבורה |
| | **קביעת תקני פליטה לרכבים מיובאים** - עד כניסת תקנות היבוא לרכבים שאינם מאופסי פליטות, יש להחיל במקביל תקן לרמת פליטות גזי חממה ממוצעת ליבואני רכב בדומה למקובל בארה"ב ובאירופה. | המשרד להגנת הסביבה ומשרד התחבורה |
| | **פריסת רשת עמדות טעינה ברחבי המדינה** - עידוד והאצת ההקמה של תשתית בפריסה רחבה הכוללת עמדות טעינה לרכבים חשמליים שיהיו זמינות למשתמשים השונים ויבטיחו אספקת חשמל רציפה בנסיעות ארוכות. | משרד האנרגיה |
| | **התאמת רשת החשמל -** יש לפעול להגדלת והתאמת היכולת בכל מקטע רשת החשמל לאבטחת אספקת חשמל רציפה בנסיעות, כמו גם לצורך מענה לגידול הצפוי בצריכת החשמל כתוצאה ממעבר לרכבים חשמליים. | משרד האנרגיה |
| | **תמיכה בפיילוטים לחשמול ציי רכב כבד -** עידוד פיילוטים להחלפת משאיות למשאיות חשמליות בקרב ציי הרכב הכבד. | משרד האנרגיה, משרד התחבורה, משרד האוצר |
| | **תמחור דלקים בהתאם לתכולת הפחמן -** על שיעור המס לכל סוג דלק לשקף את העלות החיצונית של פליטות הפחמן הנגרמות משריפתו במטרה לתמרץ שימוש בדלקים מופחתי זיהום. | המשרד להגנת הסביבה, משרד התחבורה, משרד האוצר, משרד האנרגיה |
| | **תידלוק רכב במימן** – יש לפעול להכנת תקינה ורגולציה לשימוש במימן לתחבורה, ולפעול לעידוד פיילוטים להחלפת צי רכב לרכבים מונעי מימן. | המשרד להגנת הסביבה, משרד התחבורה, משרד האוצר, משרד האנרגיה |
| **יעילות אנרגטית** | **תמריץ שלילי לרכישת רכבים -** גיבוש מדיניות תומכת ברכבים חשמליים באופן אשר מביא להחלפת צי הרכב הקיים ומניעת הגדלתו, לדוגמה ע"י תמריץ שלילי מקביל, כגון אגרה או מס רכישה, עבור רכבים עם מנועי בעירה פנימית. | המשרד להגנת הסביבה, משרד התחבורה, משרד האוצר, משרד האנרגיה |
| | **תמחור דרך -** גיבוש מנגנון ליישום תמחור דרך אשר יפחית את הנסועה ברכב הפרטי ויעודד נסיעה באמצעים מקיימים, נסיעות בתחבורה | המשרד להגנת הסביבה, משרד התחבורה, משרד האוצר, משרד האנרגיה |

[200] זאת בכפוף לבחינת ישימות וזמינות דגמי רכב מול יצרני רכב ושווקים שונים בעולם.

| | | |
|---|---|---|
| | הציבורית ונסיעות משותפות (לאחר שיוקמו מתע״נים שיאפשרו שירות נאות ואלטרנטיבה אמיתית לרכב הפרטי). | |
| | **מתן עדיפות לאמצעים מקיימים בניהול והקצאת זכות דרך** – יישום העדפה בהקצאת זכות דרך להליכה ורכיבה ואמצעים לא ממונעים להפצת סחורות בהליכי התכנון | משרד התחבורה, מנהל התכנון |
| | **ריסון התנועה המוטורית** במרכזי ערים על ידי שימוש בכלים שונים כגון סגירת רחובות לתנועה, האטה (במגוון אמצעים לרבות פסי האטה, הצרת נתיבים, הפחתת נתיבים, שינוי מרקם, הגבהת צמתים ועוד), יצירת תשתית לעידוד רכיבת אופניים ותכנון מרחבי הליכה וניידות מבוססת הליכה. | משרד התחבורה, מנהל התכנון, רשויות מקומיות; |
| | **יישום עקרונות תכנון עירוני מוטה תחבורה (Transport Oriented Development)** - יש לפעול ליישום עקרונות תכנון עירוני המושתת על ציפוף, רשת רחובות ועירוב שימושי קרקע המביא ליצירת מרחבים עירוניים תוססים אשר יאפשרו מתן פתרונות תחבורתיים מקיימים תוך יצירת גישה נוחה ונעימה למספר רב של צרכים במרחקים קצרים וכך יתמוך ביעילות אנרגטית. | משרד התחבורה, מנהל התכנון, רשויות מקומיות; |
| | **קביעת תכנית לאומית לעידוד עבודה ולימודים מהבית/מרחוק** הכוללת עידוד הקמת חללי עבודה משותפים בשכונות המגורים, שינוי הסכמי עבודה, מתווה לימודים חלקיים מהבית ועוד. | המשרד להגנת הסביבה, משרד התחבורה, משרד האוצר, משרד האנרגיה |
| **הקטנת נסועת רכב פרטי** | **הגדלת ההשקעה בתשתיות תחבורה ציבורית ובפרט במערכות הסעת המונים** – השקעה בתשתית ושירות תחבורה ציבורית איכותית ואמצעים משלימים המספקים שירות מהיר, ותדיר וקיבולת גבוהה, ברשת הוליסטית והיררכית הנותנת פתרון מלא ואיכותי מ״דלת לדלת״. | משרד התחבורה, משרד האוצר |
| | **שיפור איכות השירות במערך התחבורה הציבורית הקיים** ובפרט, הגברת היצע השירות, התדירות והנוחיות, שיפור איכות ואופן המידע המועבר לנוסעים, והגברת השילוביות והקישוריות בין אמצעי תחבורה שונים בדגש על הקילומטר האחרון. | משרד התחבורה |
| | **גיבוש מדיניות חנייה** – גיבוש חבילת מדיניות מותאמת לניהול חנייה נחוצה בכדי לנהל את משאבי המרחב העירוני והתנועה בו. עיקרי המדיניות יכולים לכלול כלים כגון תמחור חניה לפי אזורים וזמנים, צמצום תקני חניה והיקפי חניה ברחובות העורקיים, ביטול הזכאות לתווי חנייה הניתנים למשק בית בחינם והפחתת חניה לטובת תנועת הולכי רגל ואופניים. | משרד התחבורה, רשויות מקומיות |
| | **ניהול הביקוש לנסיעות**– הפעלה הדרגתית של מדיניות לניהול הביקוש דוגמת קביעת מחיר מבוסס שימוש לפי אזור, זמן הנסיעה, סוג הרכב ומספר הנוסעים. הגדרת האזור על פי מתווה התכנית האסטרטגית. | משרד התחבורה, משרד האוצר |
| | **הפחתת השימוש ברכב פרטי במגזר הציבורי והפרטי** - ביטול הטבות קיימות המעודדות שימוש ברכב פרטי הן במגזר הציבורי והן במגזר הפרטי, ולייצר במקומן הטבות המעודדות צמצום השימוש ברכב פרטי. חבילה זו מחייבת שינויים בהסכמי עבודה כדי לקבוע מנגנון שכר או החזר הוצאות ללא תלות בבעלות רכב ; ויתור על מנוי חניה כנגד מתן פיצוי כספי כמרכיב שכר ; עידוד נסיעה שיתופית. | משרד התחבורה, משרד האוצר |

| | | |
|---|---|---|
| | **גילום מס על הטבת חנייה** - הגדרת הטבת חנייה הניתנת על ידי המעסיק כהטבה חייבת במס. במקביל יש לאפשר פדיון חנייה לטובת הגעה לעבודה באמצעים מקיימים. | משרד התחבורה, משרד האוצר, רשויות מקומיות |
| **הקטנת רמת המינוע** | **הקטנת התלות ברכב פרטי -** פיתוח של תחבורה ציבורית איכותית המספקת פתרון איכותי ושילובה עם מגוון אמצעי תחבורה כשירות, בשירות שיתופי ואישי יפחיתו את התלות ברכב הפרטי ויכולים לאפשר ויתור על בעלות על רכב פרטי והפחתה של רמת המינוע. | משרד התחבורה |
| | **תמריץ שלילי להחזקת רכב** – שמירה על מדיניות מיסוי גבוהה על רכישת והחזקת רכב. | משרד התחבורה, משרד האוצר |
| | **גיבוש מדיניות לעידוד ניידות כשירות לעומת בעלות על רכב** – עידוד ניידות שאינה מסופקת על ידי בעלות על רכב פרטי , אלא על ידי שירות גמיש ואיכותי, החל מתחבורה ציבורית, תחבורה שיתופית ברמת שירות גבוהה דוגמת bubble ותחבורה אישית כגון קורקינטים ורכבים שיתופיים לנסיעה פרטית. ניתן לעודד ניידות כשירות באמצעות מתן עדיפות כגון נת״צים, חניה שמורה לשירותים שיתופיים, מדיניות המעודדת שימוש בכלים זעירים ועוד. | משרד התחבורה |
| | **עידוד הסעות לעבודה** - הפתרון מחייב כמות משתתפים גדולה יחסית וכן מסגרות עבודה בשעות קבועות ויכול להתאים לסקטורים מסוימים. היתרון הגדול למשק ולעובד הוא הפחתת הצורך ברכב שני במשק בית, ובהפחתה של נסיעות יוממות, המכבידות על מערכת התחבורה | משרד התחבורה, משרד האוצר? |
| | **ביטול תמריץ למתן רכב ממקום העבודה וגיבוש תמריץ להפחתת שימוש ברכב** - יצירה של מצב מיסויי שאינו מעודד מתן ושימוש ברכב צמוד מטעם מקום העבודה, ומאידך, תמריצים להפחתת השימוש ברכב. | משרד התחבורה, משרד האוצר |

## סקטור תעשייה

תכנית היישום לתעשייה מתבססת על הפחתת השימוש בדלקים מזהמים בטווח הקצר, מעבר לדלקים מאופסי פליטה בטווח הארוך, אמצעים ליישום תיקון קיגאלי להפחתת פליטות מצריכת גזי קירור, ואמצעים ליישום כלכלה מעגלית. התכנית מורכבת משלוש חבילות מרכזיות:

- **חבילה 1: הפחתת השימוש בדלקים מזהמים** תוך התמקדות בעשור הקרוב בהפסקת השימוש במזוט ופטקוק, תזקיקי הנפט בעלי ההשפעות הסביבתית והבריאותיות המשמעותיות ביותר, וקידום התייעלות אנרגטית והסבה למקורות אנרגיה שאינם מבוססי דלקים מאובנים דוגמת חישמול, RDF, ואנרגיה מתחדשת ישירה.
- **חבילה 2: מעבר לדלקים מאופסי פליטה** בדגש על אסטרטגיה ארוכת-טווח לדלקים מאופסי פליטה (בייחוד מימן ירוק ואנרגיה מתחדשת ישירה).
- **חבילה 3: אמצעים להפחתת השימוש בגזי HFC בהתאם לתיקון קיגאלי לפרוטוקול מונטריאול** תוך סיוע למשק במתן פתרונות לאתגרים שיכולים להיווצר נוכח צמצום הייבוא והצריכה של גזי הקירור המפוקחים במסגרת האמנה.

| מטרה | אמצעי | גורם אחראי |
|---|---|---|
| הפחתת השימוש בדלקים מזהמים | גיבוש תכנית תמיכה להפחתת השימוש בדלקים פוסיליים מזהמים בתעשייה ולמעבר למקורות אנרגיה נקיים ויעילים יותר אנרגטית והקצאת תקציב של 60 מלש"ח לטובת תכנית זו לשנים 2021 עד 2025 | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |
| | המשך הפעלת תכנית המענקים לתמיכה להתייעלות באנרגיה והפחתת פליטות גזי חממה. למנגנון זה יוקצו 700 מיליון ₪ לשנים 2021-2025 עבור פרויקטים במגזר התעשייתי והמסחרי-ציבורי. | משותף למשרד הכלכלה, משרד האנרגיה והמשרד להגנת הסביבה |
| | הסרת המגבלה בהיתר הפליטה לאוויר על אחוז ה-RDF המשמש כתחליף לפטקוק בתעשיית המלט | המשרד להגנת הסביבה |
| עידוד המעבר לשימוש במקורות אנרגיה אלטרנטיביים מאופסי פליטה (כגון מימן, אנרגיה מתחדשת ישירה ועוד) | גיבוש תכנית אסטרטגית לעידוד המעבר לדלקים אלטרנטיביים בתעשייה, תוך התייחסות בין היתר להקמת גוף ייעודי להובלת ויישום התכנית, הקצאת תקציבים, בחינת פרויקטי תשתית נדרשים לרבות ברמה הלאומית, תמיכה בפיילוטים והשקעה במו"פ. | בין משרדי |
| תכנית לאומית ליישום תיקון קיגאלי | תיקנון תקנות חדשות להגבלת ייבוא, ייצור שיווק ומכירה של מערכות בהתאם למקדם ההתחממות הגלובלית (GWP) של הקרר | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |
| | עדכון ת"י 994 חלק 1- מזגני אוויר: דרישות בטיחות ודרישות פעולה (ספטמבר 2013), ואימוץ הגרסה המעודכנת של התקן הבינלאומי להתרת הייבוא למערכות הפועלות על גזים דליקים. | מכון התקנים, הממונה על תקינה - משרד הכלכלה |
| | תיקון תקנות מקורות אנרגיה לחיוב איתור וטיפול בדליפות גזי קירור עבור מערכות גדולות | משרד האנרגיה |

| | | |
|---|---|---|
| | אכיפת החובה לטיפול בגזי קירור באתרי גריטה מורשים והקמת מערכת דיווח מחייבת | המשרד להגנת הסביבה |
| | חיוב גריטה מסודרת של המערכות הישנות למגרשים המורשים לעסוק במחזור ו/או השמדה של הגז הקיים במערכות | משרד האנרגיה |
| | חקיקת חוק המסדיר את מקצוע מתקיני ונותני שירות למערכות מיזוג וקירור ועדכון התקינה הישראלית באופן המותיר ייבוא של מערכות הפועלות על גזים דליקים | משרד העבודה והרווחה |
| | שילוב הנחיות בדבר הגבלת GWP מקסימלי של גזי קירור בתכניות מענקים וערבויות ממשלה קיימות | משרד האנרגיה, משרד הכלכלה, המשרד להגנת הסביבה, משרד האוצר |
| | תקנון תקנות חובת המכרזים באופן הקובע הגבלות בהנחיות הרכש הממשלתי על מערכות מיזוג וקירור אופייניות לפי GWP מקסימלי | מנהל הרכש הממשלתי |
| | עידוד וסיוע להקמת מתקן לטיפול בגזים הממוחזרים | המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה, משרד הכלכלה |
| | העלאת המודעות הציבורית באמצעות א) תיווי למערכות וציוד המכילים גזי קירור ב) סדנאות עבור הסקטור המסחרי והתעשייתי ו-ג) קמפיין פרסומי לסקטור הביתי אודות חובת ההסמכה והרישוי למתקינים. | המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה, משרד הכלכלה, משרד העבודה והרווחה |
| עידוד התעשייה למעבר לכלכלה מעגלית | **סימביוזה תעשייתית** - המשך הפעלת הפרוייקט לסימביוזה תעשייתית שמחבר בין ארגונים כך שפסולת של ארגון אחד הופכת לחומר גלם של ארגון אחר. | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |
| | **המרכז להתייעלות במשאבים** - המשך הפעלת המרכז להתייעלות במשאבים המספק ייעוץ מסובסד לתעשייה שרוצה ליישם כלכלה מעגלית ולחסוך במשאבים ומשמש כמרכז ידע בנושאים אלו. | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |
| | **קהילת חדשנות לכלכלה מעגלית** - הקמת קהילה לקידום כלכלה מעגלית שתעסוק בשיווק, יצירת ידע רלוונטי וניהול פלטפורמות לקידום כלכלה מעגלית. | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |
| | **תמיכה בפרוייקטי מו"פ של כלכלה מעגלית** - הקמת מסלול תמיכה ייעודי בפרוייקטים של כלכלה מעגלית תחת זירת ייצור מתקדם ברשות החדשנות (במסגרת מסלול מופ"ת). | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה ורשות החדשנות |
| | **תמיכה בעיצוב מעגלי** - קידום תמיכה בעיצוב מעגלי | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |
| | **תמיכה במפעלי מחזור – תכנית תכנון מעגלי** - תמיכה במימון השקעות עבור מפעל מיחזור ומפעלי תעשייה המעוניינים לשתף פעולה להטמעת חומרים ממוחזרים בתהליכי הייצור של המפעל התעשייתי. | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |

| | | |
|---|---|---|
| | **תמיכה במפעלי מחזור - הרחבה/שדרוג מפעלי מחזור -** תמיכה במימון השקעות עבור מפעלי מיחזור המעוניינים להגדיל את הפעילות הייצרנית, לשדרג את מוצרי המחזור, להקים קווי מיחזור חדשים, והקמת מפעלי מיחזור חדשים. נדרשים 100 מלש"ח לשנה. | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |
| | **תמיכה בchemical leasing -** הקמת צוות בינמשרדי לקידום פיילוטים של חכירת כימיקלים בשילוב עם התעשיה לצורך בחינת חסמים רגולטוריים ומימוניים ליישום החכירה. | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |
| | **תקינה עבור מוצרים -** אימוץ תקינה המאפשרת שימוש בחומרי גלם ממוחזרים במוצרים. התקנים הרלוונטיים יעודכנו בשנים 2022-2027 תחילה בתחום הבניה והפלסטיק. | משרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה |
| | **תקן תשתיות ירוקות -** אימוץ תקן בינלאומי לתשתיות ירוקות בדומה לתקן בניה ירוקה אך עבור פרוייקטי תשתית. | משרד הכלכלה, משרד הבינוי והשיכון והמשרד להגנת הסביבה |
| | **מחזור פסולת בניין במחצבות -** הסרת החסמים שאינם מאפשרים מיחזור פסולת בניין במחצבות ובכך לשפר משמעותית איכות והכמות של ההיצע והביקוש לחומרי גלם ממוחזרים בתחום הבניה | משרד הכלכלה, המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה, רשות מקרקעי ישראל. |

## סקטור פסולת

המשרד להגנת הסביבה פרסם בינואר 2021 את האסטרטגיה למשק פסולת בר קיימא 2021-2030 ומעבר לכלכלה מעגלית בשנת 2050, פרק זה נכתב על בסיס אסטרטגיה זו. האסטרטגיה שפורסמה היא אסטרטגיה מקיפה לטיפול בכלל רכיבי הפסולת העירונית המעורבת. במסגרת התוכנית האסטרטגית למעבר לכלכלה דלת פחמן 2050 יש לקדם את כיווני הפעולה האסטרטגיים הבאים תוך מיקוד ב:

1. טיפול בזרמי פסולת התורמים משמעותית לפליטת גזי חממה דוגמת פסולת אורגנית פריקה ביולוגית ופלסטיק.
2. הפסולת האורגנית, נייר וקרטון יופרדו במקור ולא תוטמן פסולת אורגנית ופסולת נייר וקרטון לא מטופלות.
3. הטיפול בפסולת האורגנית ייעשה בעיקרו במתקני עיכול אנ-אירוביים ובכך המתאן הנפלט מהפסולת האורגנית ומהווה את המקור העיקרי פליטת גזי החממה מסקטור זה, ייתפס וישמש כמקור לייצור אנרגיה מתחדשת.
4. כל המטמנות יעברו איטום ותפיסה של גזי חממה נפלטים ובכך גם כן תפחת דרמטית (בהיקף שלפחות 50%) פליטת גזי החממה ממטמנות קיימות.

| מטרה | אמצעי | גורם אחראי |
|---|---|---|
| תמריצים כלכליים והפנמת החצנות | לבחון ולגבש דרך להפנמת העלויות הסביבתיות של פליטת פחמן כתוצאה משריפת פסולת ומהטמנת פסולת עירונית מוצקה | המשרד להגנת הסביבה ומשרד האוצר |

| | | |
|---|---|---|
| | **חוקי אחריות יצרן**– יש לערוך הרמוניזציה ולהשלים פערים בחקיקת אחריות יצרן לעומת החקיקה האירופאית, בפרט בכל הנוגע ליעדי איסוף ומחזור ומנגנוני היישום. כולל תיקונים בחוקים הקיימים וקידום חקיקת אחריות יצרן חדשה לזרמי פסולת נוספים (רכבים, טקסטיל, תרופות ועוד). | המשרד להגנת הסביבה |
| | **מנגנון מחזר וחסוך -** יש לקדם שימוש במנגנוני 'מחזר וחסוך' (Save As You Throw), לרבות עריכת פיילוטים ליישום מנגנוני 'מחזר וחסוך' בכמה רשויות מקומיות. | המשרד להגנת הסביבה |
| | **מיסוי פלסטיק חד-פעמי -** מוצע לבחון מתווה להטלת מס לפי משקל על כלי פלסטיק חד-פעמיים. מומלץ ללוות את המהלך בהסברה וחינוך. | המשרד להגנת הסביבה ומשרד האוצר |
| הפרדה במקור של הזרם האורגני | **הפרדה במקור של הזרם האורגני -** יש לקדם הפרדה במקור של חומרים מתמחזרים ובראש ובראשונה של הפסולת האורגנית ('הזרם הרטוב'). זאת על ידי הטמעה בהדרגה **חובת הפרדה במקור** של הפסולת אורגנית, תוך קביעת איסור שימוש בחקלאות של פסולת אורגנית שלא הופרדה במקור. | המשרד להגנת הסביבה |
| | יש להקים תשתית איסוף נפרד של פסולת אורגנית **וזאת** על בסיס סכמות איסוף המותאמות לצרכים של הרשויות המקומיות, כולל אפשרות להרחבת השימוש במערך איסוף פסולת האריזות (הפח הכתום) לאיסוף כולל של פלסטיק, מתכת ונייר; הרחבת תשתית נקודות איסוף שכונתיות ועוד. | המשרד להגנת הסביבה |
| טיפול בחומר האורגני ומניעת הטמנה | **מניעת הטמנה -** יש להגדיר בחקיקה את היעדים הרצויים להפחתה בהיקף ההטמנה הכולל ואת היקף ההטמנה של חומרים ספציפיים כדוגמת החומר האורגני ולעגן את האחריות לעמידה ביעדים אלו. | המשרד להגנת הסביבה |
| | יש לקבוע בחקיקה איסור על הטמנת פסולת לא מטופלת ואיסור על הטמנת חומרים מתמחזרים או ניתנים להשבה. | המשרד להגנת הסביבה |
| | יש לאתר נפחי הטמנה לתקופת הביניים, בעדיפות לפתיחה והרחבת תאים באתרים קיימים ותוך הימנעות מפתיחת אתרי הטמנה חדשים. | המשרד להגנת הסביבה |
| | יצירת מנגנון בטוחות לשיקום מטמנות. | המשרד להגנת הסביבה, רמ"י |
| | **קביעת סטנדרט לקומפוסט** – קביעה בחקיקה סטנדרט לקומפוסט שמקורו בפסולת אורגנית בהתאם להוראות הרגולציה האירופית. | המשרד להגנת הסביבה |

| | | |
|---|---|---|
| | **תמיכה במתקני MBT/מתקני עיכול אנאירובי** –יש לפעול לעידוד הקמתם של מתקני עיכול אנאירובי ומתקני מיון מכני ועיכול אנאירובי משולבים (מתקני MBT) לצורך מתן פתרונות קצה מיטביים לפסולת האורגנית. תמיכה זו יכולה להתבצע באמצעות מענקים, מימון בתנאים מועדפים, תעריפי ייצור חשמל מועדפים, הסרת חסמים תכנוניים ועוד. | המשרד להגנת הסביבה, משרד האוצר, משרד האנרגיה, רשות החשמל. |
| הפחתת פליטות ממטמנות | **איטום ותפיסה של גזי חממה -** כל המטמנות יעברו איטום ותפיסה של גזי חממה נפלטים ובכך אף תפחת דרמטית (בהיקף של לפחות 50%) פליטת גזי החממה ממטמנות קיימות. | המשרד להגנת הסביבה |
| כלי מדיניות נוספים להפחתת פסולת במקור, קידום מחזור וצמצום ההשבה וההטמנה | **חוק מסגרת לפסולת** – חקיקת חוק מסגרת למשק הפסולת אשר יקבע את העקרונות, ההגדרות, היעדים, האחריות והסמכות של כל הגורמים המעורבים בשרשרת הטיפול בפסולת ויצירת מערך רישוי ורישום עוסקים בפסולת. עד אישור חוק המסגרת ותקנותיו, מומלץ לקדם אלמנטים מתוכו במסגרת חקיקת משנה ובסמכויות הקיימות, בפרט בכל מה שנוגע לסטנדרטים לטיפול בפסולת והטמנתה. | המשרד להגנת הסביבה |
| | **קידום תעשיית המחזור**– יעשה על בסיס העקרונות הבאים:<br>1. קביעת יעדי מחזור לזרמים השונים (פלסטיק, מתכת, נייר, זכוכית ופסולת אלקטרונית)<br>2. מתן תמיכות לפיתוח תעשיית המחזור, כולל תמיכה בהשקעות הון להקמה, הרחבה ופיתוח מפעלי מחזור ותמיכה במו"פ יישומי. | המשרד להגנת הסביבה, משרד האוצר |
| | **תכנון פיזי**<br>1. הטיפול בפסולת יתבצע, ככל הניתן, בסמיכות למקום היווצרותה. לכן מתקני הטיפול והמחזור בפסולת יהיו בפריסה ארצית רחבה.<br>2. הקמתם של מתקני טיפול בפסולת לסוגיהם תיעשה תוך שימת לב קפדנית בנוגע להשפעות הסביבתיות שלהם ותוך הפעלת רגולציה קפדנית למניעת מפגעים.<br>3. צמצום אתרי ההטמנה למינימום נדרש - לא יוקמו אתרי הטמנה חדשים לפסולת מעורבת, אלא יורחבו הקיימים. ככל שלא ניתן יהיה להרחיב את נפחי ההטמנה באתרים הקיימים, יאותרו אתרים מופרים ובעלי רגישות סביבתית והידרולוגית נמוכה.<br>4. הרחבת המגבלות הסטטוטוריות על סוגי הפסולות המוטמנת כדי להביא לצמצום ההטמנה.<br>5. טיפול ושיקום באתרי פסולת ומטמנות שנסגרו. | המשרד להגנת הסביבה, מנהל התכנון |

| | | |
|---|---|---|
| | **השבה לאנרגיה** - יש לקדם הקמת תשתית להשבת אנרגיה מפסולת שאריתית בלבד, שחולצו ממנה כל החומרים המתמחזרים, על בסיס הטכניקה המיטבית הזמינה ותוך קביעת היטל שריפה. | המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה (רשות החשמל) |
| | **מניעת בזבוז ואובדן מזון** - יש לפעול בו זמנית למניעה של בזבוז מזון לאורך כל שרשרת אספקת המזון (חקלאים, יצרנים, קמעונאים וצרכנים) ולהצלת מזון על ידי העברתו לנזקקים. | המשרד להגנת הסביבה, משרד החקלאות |
| | **הנעת שינוי התנהגות** - כדי להביא לשינוי דפוסי צריכה והפרדה במקור של פסולת יש לנקוט פעולות משולבות בעזרת כלים מעולם החינוך, ההסברה והכלכלה ההתנהגותית. להלן מספר כיווני פעולה:<br>1. יש לפעול לשלב עוד תכנים סביבתיים ותוכניות לימוד סביבתיות.<br>2. יש להרחיב את חובות ההסברה בחוקי אחריות יצרן. לרבות הסברה בנוגע לחלופות של מוצרים אלו, הנזק הסביבתי שהם גורמים, תיווי סביבתי למוצרים ועוד.<br>3. כמו כן מומלץ לעדכן את ההנחיות למניעת התיירקקות (greenwashing)<br>4. מומלץ להקים צוות פעולה להטמעת כלי כלכלה התנהגותית במדיניות משק הפסולת.<br>5. חשוב להבטיח שקיפות של ניהול משק הפסולת כדי לבסס את אמון הציבור במאמצי הממשלה והשלטון המקומי. | המשרד להגנת הסביבה, משרד החינוך, הרשות להגנת הצרכן. |
| | **רישוי, פיקוח ואכיפה** - יש לקבוע בחקיקה ולהקים מערך רישוי ורישום של עוסקים בפסולת, במסגרת חוק המסגרת לפסולת. זאת נוסף על עדכון תנאי רישוי עסקים למתקני טיפול בפסולת ומטמנות ולהסדרת חובות הדיווח שלהם. יש להרחיב את כלי האכיפה של המשרד במסגרת חקיקת הפסולת ותקנות רישוי עסקים. כמו כן, נדרש לסגור את פערי כוח האדם לפיקוח על משק הפסולת. | המשרד להגנת הסביבה, המשטרה הירוקה, שלטון מקומי. |
| | **רכש ירוק** –<br>1. יש להטמיע קריטריונים המפחיתים פסולת ברכש הציבורי ומחייבים שימוש בחומר ממוחזר, כולל במרכזי בנייה ותשתיות ומעבר לרכש שירותים במקום מוצרים.<br>2. יש לקבוע איסור לרכש כלים חד-פעמיים.<br>3. יש לקדם רכש המבוסס על עקרונות הכלכלה המעגלית.<br>4. מתן עדיפות לספקים אשר מציעים מודל עסקי, מוצר או שירות, המאפשרים בתום השימוש שימוש חוזר או מחזור של המוצר כחומר גלם לשימושים נוספים. | המשרד להגנת הסביבה, מינהל הרכש הממשלתי |

## סקטור ייצור החשמל

| מטרה | אמצעי | גורם אחראי |
|---|---|---|
| **הפחתת פליטות בסקטור ייצור החשמל** | **פיתוח מואץ של רשת החשמל** –<br>1. גיבוש תכניות פיתוח למערכת המסירה ולרשת החלוקה שתיתן מענה לקליטת ההספק הנדרש.<br>2. פיתוח 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.<br>3. קידום תכנית להסרת חסמים, להאצת פריסת הרשת ולייעול ההליכים התכנוניים למתקני רשת | רשות החשמל |
| | **הטמנת קווי מתח עליון** – יש לקדם שילוב מוגבר של קווי מתח עליון מוטמנים באזורים בנויים ובשטחים פתוחים באופן המסיר את המופע העילי והפגיעה הנופית, מונע פגיעה בבעלי כנף, מפחית את פוטנציאל הפגיעה בעקבות הקצנת תופעות מזג אוויר ופגיעות אדם ומצמצם את תפיסת השטחים. | משרד האנרגיה, חברת החשמל, מינהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה |
| | **הולכה בזרם ישר (DC)** - 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. | משרד האנרגיה, חברת החשמל, מינהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה |
| | **מנהרות תשתית רב מערכתיות** - 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. | משרד האנרגיה, חברת החשמל, מינהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה |
| | **תכנון אנרגיה נקייה בשטחים המבונים** – יש להטמיע הנחיות בתהליך התכנון הכוללות בחינה של שימושי הקרקע בשטחים המבונים בהתייחס לאפשרות למצותם לייצור להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים לצורך ייעול ניצול הקרקע בתוכנית. | משרד האנרגיה, המשרד להגנת הסביבה, מנהל התכנון, משרד התחבורה. |
| | **ניהול ותכלול הליך הפקת החשמל ממקורות מתחדשים בשטחים מבונים,** לרבות: 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 | משרד האנרגיה, המשרד להגנת הסביבה, חברת החשמל, מנהל התכנון |

| | | |
|---|---|---|
| | 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. | |
| | **ביזור מערכת האנרגיה בישראל** - הקמת אמצעי ייצור ואגירה מקומיים בסמיכות למוקדי הביקוש כמו גם יצירת מערכות כלכליות שיביאו למקסום פוטנציאל זה. | משרד האנרגיה (רשות החשמל) |
| | **קידום והטמעת רשת חכמה** לניהול מערכות החשמל כחלק מתוכניות פיתוח הרשת– לרבות קביעת לו"ז להטמעה ואימוץ רשת חכמה לניהול מערכת החשמל לפי שלבים ואבני דרך. יש לפעול לשינוי תפיסת הרשת על ידי הרגולטור וקידום אמצעים חוקיים ורגולטורים שיאפשרו הקמת מערכות כאמור ושילובן לתוך משק החשמל הישראלי. | משרד האנרגיה (רשות החשמל) |
| | **בחינת אופן ההטמעה של מתקני אגירה בצמוד למתקני ייצור סולאריים** וכן כיחידות עצמאיות, באופן מיטבי בהתאם להתפתחות הטכנולוגית, מחירי האגירה וצרכי המשק. | משרד האנרגיה (רשות החשמל) |
| | **הסדרת השתתפות מערכות האגירה במתן שירותי רשת** כגון ייצוב התדר והמתח. | משרד האנרגיה (רשות החשמל) |
| | **קרקע** - נדרש להגדיל ולמצות את פוטנציאל השטח על ידי זיהוי האזורים בהם מומלץ וניתן לקדם ייצור סולרי במתקנים קרקעיים גם ברמת המחוזות. 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). | משרד האנרגיה – רשות החשמל, מנהל התכנון, המשרד להגנת הסביבה |
| | **אגרו וולטאי** – המשך השקעה בטכנולוגיית אגרו-וולטאי לרבות קידום פיילוטים בתחום, תוך מיצובה של ישראל כמדינת חזית בתחום ופיתוחו כענף ייצוא ומנוע צמיחה למשק. | משרד האנרגיה, משרד להגנת הסביבה, משרד החקלאות. |
| | **פתרונות אסדרתיים לטווח ארוך** - יש להמשיך ולקיים באופן סדיר הליכים תחרותיים ובנוסף לתת מענה רציף בדמות אסדרות בסיסיות היוצרות אופק לתעשייה. האסדרות ייקבעו ללא תלות במכסה, או באמצעות אפשרות להשתלב במסחר הסיטונאי הכללי בשוק החשמל. | רשות החשמל |
| | **בחינת התאמות רגולטוריות** - יש לבחון אילו התאמות נדרשות באסדרות הרלוונטיות של מתקני ייצור קונבנציונליים, על מנת לאפשר התאמה שלהם למשטרי הפעלה שיידרשו. | רשות החשמל |
| | **ניהול מערך הייצור** - הטמעת מגוון כלים לסיוע בהיערכות מערך הייצור ובהם הוספת אגירה בהיקפים משמעותיים, | משרד האנרגיה (רשות החשמל) |

| | | |
|---|---|---|
| | הוספת גמישות למערך הייצור באמצעות שינוי התמהיל הקונבנציונלי, שינוי משטר ההפעלה של היחידות הקונבנציונליות הקיימות במערכת, ואף קיטום של הייצור הסולארי בשעות שיא הייצור.. | |
| | **ניהול ביקושים** - יש להרחיב את הסדרי ניהול הביקוש, לרבות ברשת החלוקה תוך אסדרת הפעלתן של חברות האגרגציה, חברות המאגדות ומנהלות צרכנים רבים לכדי "תחנות כוח וירטואליות" המסוגלות להגיב לדרישות מנהל המערכת ולתרום ליציבות הרשת. | משרד האנרגיה (רשות החשמל) |
| | **שיתוף פעולה רב מגזרי-** הגדלת היעד תחייב מאמץ ושיתוף פעולה חוצה מערכות לטובת מגוון צעדים של ייעול הליכים, צמצום חסמים ויצירת תמריצים. | משרד האנרגיה, המשרד להגנת הסביבה, מנהל התכנון, משרד התחבורה. |
| | **תמריצי מימון** - יש להקצות משאבים נוספים בהיקף של 500 מלש"ח לקרן הלוואות בערבות המדינה לרשויות לטובת הקמת PV ואגירת אנרגיה. | משרד האנרגיה, משרד האוצר, המשרד להגנת הסביבה, משרד הכלכלה. |

## צעדי מדיניות רוחביים

על-מנת לעמוד ביעד הפחתת הפליטות המשקי, מפת הדרכים כוללת אמצעי מדיניות נוספים, כלל משקיים.

| מטרה | אמצעי | גורם אחראי |
|---|---|---|
| עמידה ביעד להפחתת פליטות גזי חממה משקיות | במסגרת החלטת ממשלה מס' 286 מיום 01.08.21 הוחלט על מנגנון לתמחור פליטות גזי חממה אשר יגולם בצו הבלו על הדלק. המנגנון מעלה באופן הדרגתי את סכום הבלו ומס הקנייה על דלקים. תחילת הפעלת מנגנון צפוייה ב2023. יש לגבש מנגנונים לעידוד התייעלות באנרגיה והקלה במעבר לאנרגיה נקייה לשכבות החלשות, כמו גם מנגנוני תמיכה למגזר העסקי לקידום חדשנות וסיוע במעבר למקורות אנרגיה מופחתי פליטה ובכך למזער את הפגיעה בתחרותיות התעשייה הישראלית. | משרד האוצר והמשרד להגנת הסביבה |
| | להטיל על משרדי הממשלה לבצע בחינה מקדמית של ההשפעה הפוטנציאלית של תכניות ממשלתיות להשקעה בתשתיות על התקדמות הממשלה לקראת עמידה ביעד הלאומי להפחתת פליטות גזי החממה בשנת 2050. | כלל משרדי הממשלה |

## המלצות למעבר צודק לכלכלה דלת פחמן

ישנה הסכמה גורפת בקרב המוסדות הבינלאומיים המובילים, בהם האו"ם, ה-OECD, האיחוד האירופי, הבנק העולמי וקרן המטבע העולמית, כי מרבית הצעדים שננקטים ומתוכננים במסגרת תהליך המעבר לכלכלה דלת פחמן, מקדמים גם צמיחה כלכלית מכלילה בטווח הבינוני והארוך.

לצד ההכרה בהגיון הכלכלי שבתהליכי מדיניות להפחתת פליטות ובפוטנציאל לצמיחה שהם מביאים עימם למשק בטווח הבינוני והארוך, החלו מוסדות בינלאומיים גם להתריע על הסיכון הגובר בטווח הקצר לאפיקי תעסוקה בסקטורים מסוימים של התעשייה ולאזורים התלויים בהם לפרנסת תושביהם, על הצפי כי המעבר לכלכלה דלת פחמן יוביל בטווח הקצר לעליית מחירי האנרגיה אשר תשפיע יותר על השכבות החלשות, ועל החשש לחלוקה לא שוויונית ורגרסיבית של חלק מהתועלות המיידיות וארוכות הטווח שנובעות ממעבר לכלכלה דלת פחמן. על כן התפיסה הרווחת כיום היא כי

המעבר למשק דל פחמן מחייב מתן מענה לאוכלוסיות החלשות, כדי שאלו לא "יישארו מאחור" (Leave No One Behind).

להלן המלצות צוות העין החברתית למעבר צודק לכלכלה דלת פחמן:

| מטרה | אמצעי |
|---|---|
| איתור ומיפוי אוכלוסיות פגיעות | טיוב זיהוי האוכלוסיות בישראל הסובלות מעוני אנרגטי - על פי הגדרת סל צריכת אנרגיה בסיסי מותאם לקונטקסט הישראלי. |
| | מיפוי של פוטנציאל הפגיעה בתעסוקה – בצמוד ליציאה עם צעדים רגולטורים מתוכננים. |
| הפחתת נטל המעבר לכלכלה דלת פחמן בעבור האוכלוסיות שאותרו כפגיעות והכללתן בתועלות הכלכליות מהמעבר | **<u>ייעול צריכת אנרגיה ביתית:</u>**<br>1. סבסוד או מימון משולב של בידוד מבני מגורים בעבור אוכלוסיות נבחרות, כולל סיוע לוגיסטי בביצוע השדרוג.<br>2. הפחתת מיסוי ומכס על ממערכות אקלום בדירוג אנרגטי גבוה.<br>3. תמרוץ יזמים לפרויקטים של התחדשות עירונית לשדרוג מבנים לתקן ירוק תוך התמקדות באוכלוסיות מאשכול סוציו-אקונומי נמוך, ובפרט באזורים בהם האקלים חם או קר במיוחד. |
| | **ייעול בצריכת אנרגיה לתחבורה:**<br>1. **השקעה ממשלתית בתשתיות תחבורה ציבורית לפריפריה הכפרית**, אוכלוסייה הפגיעה במיוחד להתייקרות דלק כתוצאה מתמחור פחמן.<br>2. **שיפור תשתיות תקשורת, כגון הנחת סיבים אופטיים לאינטרנט מהיר לפריפריה הכפרית** ובכך לסייע לאמץ עבודה מרחוק..<br>3. **סבסוד שדרוג של רכבים ישנים, מזהמים וזוללי דלק, לרכבים חדשים יותר (יד שניה), חסכוניים בדלק ומזהמים פחות, באמצעות מענקי גריטה דיפרנציאליים.** |
| | **ביזור ייצור החשמל למשקי בית וליצרנים קטנים ובינוניים:**<br>1. **שידרוג והרחבת מערכת ההולכה לאזורים מרוחקים בפריפריה** דבר אשר יאפשר ייצור לצרכי הפצה של משקי בית ויצרנים קטנים וייצר אפיק הכנסה נוסף לאלו.<br>2. **סיוע במימון התקנת פאנלים סולאריים על גגות משקי בית שאותרו כפגיעים.** יאפשר ייצור לצריכה עצמית, אשר יוזיל משמעותית את הוצאות משקי הבית על אנרגיה. |
| | **הרחבת תמריצים לניתוב השקעות פרטיות לסקטורים ירוקים ולאזורים פגיעים:**<br>1. הרחבת מענקים למו"פ ירוק - הזדמנות למינוף צמיחה.<br>2. מענקים מפעליים או החזרי מס כנגד התייעלות אנרגטית - לריכוך המעבר למשק דל פחמן והגנה על תעסוקה.<br>3. תמריצים להפניית השקעות לאזורים פגיעים, שזוהו בשלב איתור ומיפוי אוכלוסיות פגיעות. |
| | **סיוע במימון תוכניות להכשרה והסבה מקצועית** לעובדים בענפים/אזורים פגיעים שעלולים לאבד את מקום עבודתם, דוגמת הכשרות לתחומי האנרגיה המתחדשת, המחזור והכלכלה המעגלית, ושיטות יצור חדשות וירוקות. |
| **<u>חינוך, הסברה ושיתוף ציבור</u>** | **הסברה -** ישנו צורך בהרחבת ההסברה בנושא המחיר הסביבתי והחברתי של העדר פעולה, והדרכים להימנע ממחיר זה, התועלות הנובעות ממבער לצריכת אנרגיה ירוקה, מעבר לרכב ירוק, והסברה מעשית על צעדים לוגיסטיים נדרשים לצורך התייעלות אנרגטית. יש למקד את ההסברה בפרט בקבוצות אוכלוסייה בהן מודעות זו נמצאה נמוכה יותר (חרדים, צעירים, בעלי הכנסה והשכלה נמוכה). |

| | |
|---|---|
| | |
| | **שיתוף ורתימת הציבור הישראלי -** יש לפתח פלטפורמות לשיתוף הציבור הישראלי לאורך התהליך. שיתוף ציבור יעיל יוכל לספק אינפורמציה ושקיפות מחד, ולהנגיש למקבלי ההחלטות את עמדותיהן וצרכיהן של האוכלוסיות המושפעות מן המהלכים מאידך כבר בשלב גיבוש כלי המדיניות. |
| | **בחינת שימוש בעקרונות כלכלה התנהגותית -** מומלץ לבחון שימוש בכלי כלכלה התנהגותית לרתימת הציבור לפעולה ושינויי התנהגות הנמצאים בהלימה עם מעבר לכלכלה דלת פחמן. |
| | **חינוך הדור הצעיר -** הטמעת תכנים רלוונטיים במערכת החינוך על מנת להכין ולהעשיר את הדור הצעיר. |

# נספח ב' - תיאור מודל

The Israel 2050 model is an Excel-based model developed by the Ministry of Environmental Protection which aims to generate forecasts from 2020 to 2050, for main indicators decided and defined through a collaborative effort within the stakeholder working groups.

The model is detailed for three core sectors: Buildings & Cities, Transportation, and Industry & Waste). Presently, additional sectors of the economy – agriculture, water sector, Palestinian Authority electricity consumption, natural gas production – are only addressed to the extent needed to complete the national energy consumption and GHG forecast.

The present model uses inputs and outputs of two additional models:

- Transportation model, developed by Dr. Nir Sharav et al, provides the Israel 2050 model with inputs related to the kilometers traveled in various scenarios. Based on this information, the Israel 2050 model generates energy consumption and environmental outputs for the transport sector.
- The IPCC first order decay waste model, in order to calculate greenhouse gas emissions from solid waste disposal.

The electricity sector was modeled by the Ministry of Energy and its results were incorporated into the Israel 2050 model.

## General - Economy-wide indicators

Principle indicators applying to the whole economy are the following.

| Indicator | Description | Relevant sectors |
|---|---|---|
| **GHG emissions** | Emissions by sector and for the economy as a whole ($TCO_2e$) | Buildings and Cities<br>Industry and Waste<br>Transport<br>Electricity |
| **Energy intensity** | Final energy consumption per GDP unit (MWh/GDP) | Buildings and Cities<br>Industry and Waste<br>Electricity |
| **Renewable Energy** | Renewable energy share in final energy consumption (%) | Buildings and Cities<br>Electricity |

## Buildings & Cities

a) Key outputs:

1. Total green buildings ($m^2$)
2. Total energy-neutral buildings ($m^2$)
3. Total final energy consumption (MWh), and final energy intensity (MWh / TOE / housing unit)
4. Total energy production within urban areas (MWh)
5. Impact on land use

b) Mitigation actions

The main mitigation measures integrated in the model are related to:

- Energy-efficiency:
  - Mandatory adoption of the Israeli Green-building Standard in new or renovated buildings.
  - Adoption of zero-energy building principles.
- Energy consumption
  - Phasing out the use of petroleum-based fuels (including replacement of gas stoves in the residential sector)
- Energy production:
  - Energy production within the city
- Land use:
  - Urban renewal

c) Modelling approach

The Buildings and Cities sector is modelled through two sub-sectors: (i) the Household sector and (ii) the Commercial and Public sector.

Details on the modelling approach and key inputs are presented in the following table for the two sub-sectors.

| STEP | MODELLING APPROACH | KEY INPUTS<br>*Key inputs marked in red are key parameters allowing targets definition and mitigation measures modelling.* |
|---|---|---|
| HOUSEHOLD SECTOR – **BASELINE AND ABATEMENT SCENARIO MODEL** | | |
| **Step 1.** | **Projected Total Final Energy Consumption (all energy types)** | |

| | | |
|---|---|---|
| | Energy consumption is calculated using a driver-led approach using:<br><br>i) the projected **number of housing units as a key driver**, differentiating the housing units by buildings types (see steps 1.a. and 1.b.)<br>ii) and the current final **energy consumption intensity (accounting for all energy sources) and projected intensity growth rate** (differentiating by type of building – green / energy-neutral / regular and type of housing unit – house / apartment) (see step 1.c.) | |
| 1.a. | <u>Forecast of housing units, differentiating the housing units by</u>:<br><br>i) New buildings *(input data)*<br>ii) Renovated housing units in urban renewal, calculated using:<br>a. The total of new housing units in urban renewal, which is calculated as the percentage of new housing units that are built in existing urban area (input data)<br>b. The urban renewal factor $F_{UR}$ – i.e. for X new housing units in urban renewal, there are $F_{UR}$*X renovated housing units.<br>iii) End-of-Life retrofit (EoL), outside urban renewal, calculated using:<br>a. The average lifetime of a building – at which point the buildings need significant end-of life retrofit<br>b. Percentage of housing units that effectively undergo an end-of-life retrofit when needed (excluding those that undergo urban renewal)<br>iv) Existing stock buildings that are not renovated under urban renewal, or under end-of-life retrofit, using:<br>a. Existing buildings *(input data)*<br>b. Renovated housing units under urban renewal<br>c. End-of-life retrofit housing units<br><br>For each type of buildings, the total number of housing units is specified according to the following categories: Private house (one or two dwellings in one building) or apartments building (in buildings with more than two dwellings). | *i.* Total of existing housing units for the latest available year, *specifying private house / apartment in buildings with less than 5 storeys / apartment in buildings with 5 or more storeys*<br>*ii.* Forecast of housing units in new buildings per year, *specifying private house / apartment in buildings < 5 / apartment in buildings ≥ 5*<br>iii. Annual percentage of urban renewal - i.e. new housing units that are built in existing urban area, *specifying apartment in buildings < 5 / apartment in buildings ≥ 5*<br>iv. Urban renewal factor<br>v. Average lifetime of a building<br>vi. Percentage of housing units that effectively undergo an end-of-life retrofit when needed |

| | | |
|---|---|---|
| 1.b. | <u>Forecast of **MAXIMUM** housing units that meet Green Buildings (GB) and Energy-Neutral (EN) building criteria</u><br><br>Based on assumptions of the uptake of Green buildings and Energy-Neutral buildings, the forecast of MAXIMUM housing units meeting (i) the Green Building standard, and (ii) Energy-Neutral buildings requirements, is generated differentiating housing units:<br><br>*a)* in existing buildings *(input data)*<br>b) in new buildings, including urban renewal<br>c) in EoL retrofitted buildings<br>in other retrofit buildings, calculated as the uptake of GB / EN **in the 2017 existing stock** that remains after the different retrofits.<br><br>For each type of buildings (GB/EN), the type of housing units that are impacted (private house / apartment in buildings < 5 / apartment in buildings ≥ 5)) is specified. | vii. Number of housing units in GB for the latest available year<br>viii. Uptake of GB housing units in:<br>1. new buildings (including urban renewal) (Yearly %),<br>2. EoL retrofit buildings (Yearly %)<br>3. other retrofit buildings (% of the stock)<br>*specifying private house / apartment in buildings < 5 / apartment in buildings ≥ 5*<br><br>ix. Uptake of EN housing units in:<br>1. new buildings (including urban renewal) (Yearly %),<br>2. EoL retrofit buildings (Yearly %)<br>3. other retrofit buildings (% of the stock)<br>*specifying private house / apartment in buildings < 5 / apartment in buildings ≥ 5* |
| 1.c. | <u>Final buildings stock composition</u><br><br>The model allows for the same housing unit to be subject to both standards (GB and EN)<br><br>If this is the case, and for the purposes of the energy model, the characteristics of the Energy-Neutral building are applied, as this is the stricter regulation in terms of energy consumption.<br><br>The final stock composition is determined using outputs of steps 1.a and 1.b, assuring that for each different stream (New buildings / EoL retrofit / Other retrofit, and distinguishing private house / apartment in buildings < 5 / apartment in buildings ≥ 5):<br><br>i) If the actual number of housing units in the specific stream is higher than the sum of housing units in GB and EN, then the number of housing units meeting the GB standard is equal to the result of step 1.b (maximum of housing units meeting GB). | *i.* Average area for one housing unit ($m^2$), *specifying private house / apartment buildings* |

| | | |
|---|---|---|
| | ii) If not, then the number of GB is equal to the difference of the actual number of housing units minus the maximum number of housing units meeting the EN (result step 1.b):<br>iii) The number of EN buildings is equal to the maximum number of housing units meeting EN (result step 1.b).<br><br>Then the number of housing units is converted to square meters:<br><br>→ **Key output 1: Total area of green buildings ($m^2$) in the household sector**<br><br>→ **Key output 2: Total area of zero-energy buildings ($m^2$) in the household sector** | |
| 1.d. | Calculation of energy consumption intensity.<br><br>**Energy consumption intensities are estimated differentiating by regulatory standard and unit type: i) regular / GB / EN; ii) houses / apartments; iii) existing / new buildings.**<br><br>**i)** Energy consumption intensity in **existing** regular houses, regular apartment (MWh / housing unit), calculated based on: the total energy consumption and building stock composition of the first year of the modelled period (2017) and the annual growth rate in intensity of total final energy consumption.<br>ii) Energy consumption intensity in green and energy neutral buildings is calculated based on the amount (%) of energy savings relative to the energy consumption intensity in regular buildings.<br>**iii)** Energy consumption intensity in new buildings is calculated based on the energy intensity of existing buildings and the difference in consumption between existing and new buildings | i. Total Energy consumption for the latest available year, excluding LPG for cooking (ton, converted to MWh)<br>ii. Number of h.u. in regular buildings<br>iii. Number of h.u. in GB<br>iv. Yearly energy savings between a house and an apartment (%)<br>v. Annual growth rate in intensity of total final energy consumption (%)<br>vi. Yearly energy and water savings / housing unit in Green Buildings relative to regular buildings<br>vii. Yearly energy savings s / housing unit in Energy -Neutral buildings relative to regular units<br>viii. Yearly energy consumption / housing unit in new buildings relative to existing units |
| 1.e. | Total energy consumption (MWh)<br><br>The total energy consumption of all fuels except fuel for cooking is modelled using outputs of step 1.c (final | |

| | | |
|---|---|---|
| | buildings stock composition) and 1.d. (forecast of final energy intensity by housing unit stream). | |
| 1.f | <u>Energy savings from GB / EN uptake relative to the total energy consumption:</u><br><br>i) **BAU**: Energy savings from GB / EN uptake refer to the savings achieved relative to zero uptake of GB / EN, using the difference in energy intensities in regular Vs GB/EN buildings (1.c) and the final stock building composition (1.d)<br>ii) **Abatement <u>scenario</u>**: Energy savings refer to the savings achieved from the additional GB / EN uptake relative to the BAU. | |
| **Step 2.** | **<u>Projected Final Energy Consumption Breakdown by fuel type</u>**, including: Natural gas, LPG, diesel fuel, renewables (solar water heaters) and electricity.<br><br>Differentiating general fuels and cooking fuel. | |
| **2.a** | **<u>General fuels consumption:</u>**<br><br><u>1) Final energy consumption BEFORE displacement:</u><br><br>- For Natural gas, LPG and diesel fuel, three options can be used to determine the fuel consumption:<br>○ Fixed consumption method: this option allows the modeller to input the consumption (MWH). It is assumed this consumption remains constant.<br>○ Yearly change rate method: Base year consumption is increased by the total annual growth rate inputted by the modeller<br>○ Key driver method: The consumption is modelled using the driver-led approach, and the value of the intensity annual growth rate is assumed<br><br>- Solar water heating is calculated via the percentage of housing units using a solar heating system, differentiating between new apartments and existing housing units.<br><br><u>2) Fuel mix AFTER displacement:</u><br><br>- The model then reduces this fuel consumption in two stages: first, automatically taking into | i. Depending on the method chosen to determine the fuel consumption for NG, LPG, diesel fuel, value of: fixed consumption value, total annual growth rate, intensity annual growth rate.<br>ii. Percentage of existing housing units using solar water heating<br>iii. Annual percentage of new housing units using solar water heating<br>iv. Energy savings by solar water heater (MWh / housing unit)<br>v. Additional annual percentage of fuels that are displaced (fuel oil, diesel, LPG) |

| | | |
|---|---|---|
| | account the relative energy savings due to GB and EN implementation (result from step 1.f.); and second, applying an additional fossil fuel displacement determined top-down by the modeller<br>- The remaining final energy consumption is assumed to be electricity. | |
| 2.b. | <u>Energy consumption for cooking</u><br>i) Estimation of the cooking energy consumption (LPG), with:<br>a. a driver-led approach using the current cooking intensity per housing unit and the number of housing units as the key driver.<br>b. Replacement of gas stove with electric induction stoves (input by the modeller)<br>ii) Electricity consumption is determined based on gas and induction stoves efficiencies. | i. Replacement rate of gas stoves (%)<br>ii. Gas and induction stoves efficiencies |
| 2.c. | <u>Fuel mix summary</u><br><u>Using outputs of steps 2.a and 2.b,</u> modelling of:<br>→ **Key output 3: Total final energy consumption (MWh), and final energy intensity (MWh or TOE per housing unit and per $m^2$) for the household sector** | |
| **Step 3.** | **<u>Electricity generation – "City as an energy producer"</u>**<br>Modelling of the electricity production by Energy-Neutral buildings: the electricity generation is assumed to be equal to the total energy consumption (output of step 2.c.).<br>Which allows us to model:<br>→ **Key output 4: Energy production within urban areas (MWh) from the household sector** | |
| COMMERCIAL AND PUBLIC SECTOR | | |

| | | |
|---|---|---|
| | The modelling approach of the commercial and public sector is similar to the approach for the household sector, taking into account the main following changes:<br><br>i) Housing unit will be replaced directly by the commercial & public area ($m^2$);<br>ii) The differentiation Existing / New / EoL retrofit / Other retrofit is still relevant; however, the urban renewal is no longer applicable, nor is the specification of the buildings according to their numbers of floors. Buildings are instead differentiated by the use of the space: commercial / public (instead of private / building apartment in the household sector);<br>iii) Solar water heating and fuel for cooking will not be accounted as a fuel type for the energy consumption, as it is mainly used for housing buildings; There is no difference in energy consumption intensity between existing and new buildings in the Commercial & Public sector.<br>iv) Data values and assumptions are specific to the commercial & public sector. | *i.* Total of existing commercial & public area for the latest available year ($m^2$)<br>*ii. Share of commercial / public*<br>*iii.* Forecast of commercial & public area in new buildings per year<br>iv. Uptake of Green Building commercial & public area in new buildings, EoL retrofit and other retrofit<br>v. Uptake of Energy-Neutral commercial & public area in new buildings , EoL retrofit and other retrofit<br>*vi.* Total Energy consumption for the latest available year (ton, converted to MWh)<br>vii. Energy consumption intensity in regular buildings (MWh / $m^2$)<br>viii. Annual growth rate in intensity of total final energy consumption (%)<br>ix. Yearly electricity savings and water savings / $m^2$ in Green buildings and in Neutral-Energy buildings<br>x. Depending on the method chosen to determine the fuel consumption for NG, LPG, diesel fuel, value of: fixed consumption value, total annual growth rate, intensity annual growth rate.<br>xi. Average available (i) rooftop area and (ii) available side area ($m^2$ / commercial & public $m^2$ used) |
| RESULTS OF CITIES & BUILDINGS | | |
| | Key outputs for the Cities & Buildings sector are aggregated from the Household and the Commercial & Public sub-sectors in order to have the total. | |

## Industry & waste

Industry & Waste is modelled through two sub-sectors: (i) the Industry sector and (ii) the Waste sector.

d) Key outputs:

| INDUSTRY SECTOR | WASTE SECTOR |
|---|---|
| 1. Industry sector final energy consumption (MWh)<br>2. Final energy intensity - Final energy consumption per industrial GDP unit (TOE/GDP industry) modelled as a mitigation measure<br>3. Domestic material productivity (GDP/DMI)* | 1. Share of municipal waste that is landfilled (%)<br>2. Total of recycled waste (ton)<br>3. Total of incinerated waste (ton)<br>4. Total of landfilled waste (ton) |

*Modelling approach to be determined at a later date

e) Mitigation actions

The main mitigation measures integrated in the model are related to:

| INDUSTRY SECTOR | WASTE SECTOR |
|---|---|
| ○ Promotion of energy efficiency: reducing the energy intensity<br>○ Increasing the share of renewable energy in the industry sector:<br>• Increase of alternative fuel use in the fuel mix of the cement industry (via RDF)<br>• Power-to-gas (Hydrogen)<br>○ Electrification<br>○ Phasing out petroleum-based fuels<br>○ Decrease of the cement clinker content<br>○ Reduction of emissions in nitric acid processes<br>○ Reduction in HFC consumption (beyond Kigali) (see the "Non-Energy GHG" section for the impact of this measure) | ○ Increasing the share of mixed waste that is recycled<br>○ Increasing the share of mixed waste that is incinerated<br>○ Decreasing the share of mixed waste that is landfilled, especially:<br>• Decreasing the share of organic material that is landfilled<br>• Decreasing the share of paper and cardboard that is landfilled<br>○ Increasing the percentage of methane collection in landfills |

f) Modelling approach

Details on the modelling approach and key inputs are presented in the following table for the industry sector and the waste sector.

| STEP | MODELLING APPROACH | KEY INPUTS<br>*Key inputs marked in red are key parameters allowing targets definition and mitigation measures modelling.* |
|---|---|---|
| INDUSTRY SECTOR – **BASELINE AND ABATEMENT SCENARIO MODEL** | | |
| | In the Industry sector, differentiation between general fuels consumed by all industries, and specific fuels consumed by specific industries is needed. | |
| **Step 1.** | **<u>Projected Final Energy consumption of general fuels consumed by all industries</u>**<br>The energy consumption of general fuels consumed by all industries – i.e. electricity, natural gas, LPG, fuel oil, diesel fuel, and naphtha – is modelled in a similar way as for the Cities & Buildings sector, using a driver-led approach:<br>- but using this time the industrial GDP as a key driver,<br>- and the current final **energy consumption intensity (accounting for all general fuel sources) and projected intensity growth rate.** | ▪ Forecast of the industrial GDP (mILS)<br>▪ Energy consumption in the industrial sector of general fuels - electricity, natural gas, LPG, fuel oil, diesel fuel, and naphtha - for the latest available year (ton, converted to MWh)<br>▪ Annual growth rate in intensity of total final energy consumption (%) |
| **Step 2.** | **<u>Projected final consumption of specific fuels consumed by specific industries</u>**<br>Each fuel is modelled in a similar approach: | |
| 2.a. | <u>Energy consumption forecast for the cement industry (petcoke + alternative fuel)</u><br>Energy consumption for the cement industry is calculated using a driver-led approach using:<br>- the projected clinker production **as a key driver***<br>- and the current **cement energy intensity** (MWH/ton clinker) **and projected cement energy intensity growth rate.** | ▪ Clinker production for the latest available year (ton)<br>▪ Cement clinker content (%) and forecast<br>▪ Annual growth rate in final cement energy intensity (%)<br>▪ Cement production forecast (ton) |

| | | |
|---|---|---|
| | *The clinker production forecast is it-self modelled using the clinker content of cement (modeller input) and the cement production forecast. | |
| 2.b. | <u>Consumption forecast for fuels used in petrochemistry industry (gas + propylene + naphtha)</u><br><br>Fuel consumption in the petrochemistry industry is calculated using the yearly change rate method, using the current energy consumption of petrochemistry fuels and the annual growth rate. | ▪ Energy consumption of petrochemistry fuels for the latest available year (MWh)<br>▪ Annual growth rate in petrochemistry fuel intensity (%) |
| 2.c. | <u>Forecast for refineries self-consumption (fuel oil and natural gas)</u><br><br>Energy consumption for fuels refineries self-consumption is calculated using the current energy consumption of fuel oil and of natural gas self-consumption and the total remaining refinery capacity (% of current).<br><br>The remaining refinery capacity is based on the closure date of the different refineries (input by the modeler).<br><br>Self-consumption of natural gas feedstock in refineries is calculated using the same method. | ▪ Refineries energy self-consumption for the latest available year (fuel oil and natural gas) (MWh)<br>▪ Refineries feedstock self-consumption for the latest available year (natural gas) (MWh)<br>▪ Closure date of refineries (year) and percentage of total capacity associated with each refinery. |
| **Step 3.** | Aggregating outputs of step 1. (energy consumption of general fuels consumed by all industries), and steps 2.a, b, and c (energy consumption of specific fuels consumed by specific industries), modelling of:<br><br>**→ Key output 1: Industry sector final energy consumption (MWh)**<br><br>And then, using the forecast of the industrial GDP, modelling of:<br><br>**→ Key output 2: Final energy intensity - Final energy consumption per industrial GDP unit (TOE/GDP industry).** | ▪ Industrial GDP forecast |
| **Step 4.** | **<u>Projected Final Consumption Breakdown by Fuel Type</u>.** | |

| | | |
|---|---|---|
| 4.a. | For general fuels consumed by all industries:<br><br>**BAU scenario:**<br><br>○ For electricity, fuel oil, diesel fuel, naphtha, and kerosene three options can be used to determine the fuel consumption: i) Fixed consumption, ii) Yearly change rate, or iii) Key driver method. (see Cities & Buildings Step 2. for more details on the methods)<br>○ The remaining final energy consumption is assumed to be natural gas and LPG. To determine the quantity of each, the current split of LPG and natural gas in industry is used.<br><br>**Abatement scenario:**<br><br>Oil distillates BEFORE displacement:<br><br>○ For fuel oil, diesel fuel, naphtha and kerosene three options can be used to determine the fuel consumption: i) Fixed consumption, ii) Yearly change rate, or iii) Key driver method. (see Cities & Buildings Step 2. for more details on the methods)<br>○ For LPG, its consumption in the abatement scenario before oil distillates displacement is considered equal to the LPG consumption in the BAU scenario.<br><br>Oil distillates AFTER displacement:<br><br>○ Oil distillates can be further reduced based on a displacement rate inputted by the modeller<br><br>Other fuels and energy types:<br><br>○ Electricity and hydrogen consumption are modelled using the electrification rate and the uptake of hydrogen, respectively, as share of total industrial energy consumption (general fuels and fuels for the cement industry).<br>○ The remaining final energy consumption is assumed to be natural gas. | ▪ Depending on the method chosen to determine the fuel consumption for electricity, fuel oil, diesel fuel and naphtha, value of: fixed consumption value, total annual growth rate, intensity annual growth rate.<br><br>▪ Natural gas and LPG fuel split for the latest available year (%)<br><br>For the abatement scenario:<br><br>▪ Annual percentage of oil distillates that are displaced (fuel oil, diesel, naphtha, kerosene, LPG)<br>▪ Electrification rate (%)<br>▪ Hydrogen uptake (%) |
| 4.b. | For specific fuels consumed by specific industries:<br><br>○ For cement industry fuels, the respective quantities of petcoke and alternative fuel (RDF) are determined using the uptake of alternative fuels in the fuel mix of the cement industry. The remaining final energy consumption is petcoke.<br>○ For petrochemistry industry fuels, the respective quantities of gas, propylene and naphtha, are determined applying the current split of these three fuels to the output of step 2.b.<br>○ For fuel oil and natural gas refineries self-consumption, the values are directly the outputs of steps 2.c. | ▪ Uptake of alternative fuels in the fuel mix of the cement industry (% of mass, converted to % of energy using the net calorific value of RDF and petcoke)<br><br>▪ Petrochemicals industries fuel split |

| | | |
|---|---|---|
| WASTE SECTOR – **BASELINE AND ABATEMENT SCENARIO MODEL** | | |
| **Step 1.** | **Municipal mixed waste** | |
| 1.a | Projected total waste generation and breakdown per type of waste<br><br>The total amount of waste generated is modelled using the population forecast, the annual municipal waste generated per capita, and the annual increase rate of waste production.<br><br>Then, breakdown per type of waste – organic material, yard waste and wood, paper and cardboard, textile, nappies, plastics, metals, other + glass – using the current waste composition survey data. | ▪ Waste per capita (ton)<br>▪ Population forecast (capita)<br>▪ Annual increase rate of waste production per capita (%)<br>▪ Waste Composition (Mass Percentage) |
| 1.b. | Projected total of recycled waste<br><br>The amount of recycled waste is calculated using the current percentage of recycling (for BAU) or the projections of recycling rate (for abatement scenario)*****.<br><br>*******In the abatement scenario, the input data would be the percentage waste recycled per the year.* | ▪ Percentage of recycling for the latest available year<br>▪ Recycling rate (targets)***** |
| 1.c. | Projected total of incinerated waste<br><br>The amount of incinerated waste is the higher of a) the uptake of incineration on the total waste* and b) the amount of alternative fuel used in the cement production (see industry sector).<br><br>It is then differentiated between:<br><br>- the industrial alternative fuel in cement production<br>- the additional waste that is needed to be incinerated apart from cement-industry RDF | ▪ Percentage of incineration for the latest available year<br>▪ Amount of industry alternative fuel in cement production (RDF) (tons)<br>▪ Incineration rate (targets) |

| | | |
|---|---|---|
| | **In the BAU, the incineration uptake is calculated based on the amount of industry alternative fuel in cement production (RDF) and the total waste generated.*<br><br>*It is calculated in the same manner in the abatement scenario for the years previous to the increase of the incineration uptake (inputted by the modeller)* | |
| 1.d. | <u>Projected total of landfill waste</u><br><br>The breakdown by type of waste is modelled as follows:<br><br>BAU scenario:<br><br>Using outputs of 1.a (total waste generated), 1.b (recycled waste), 1.c (incinerated waste), the total remaining waste is calculated and assumed to be landfilled.<br><br>The composition of landfilled waste is then assumed to be similar to the original waste<br><br>ABATEMENT scenario:<br><br>○ For organic material, yard waste and wood, and paper and cardboard waste: quantities are based on the quantity of each waste category generated determined in step 1.a, and the organic material and paper and cardboard landfilling rates (modeller input).<br>○ For the other waste categories: quantities are based on the quantity of each waste category determined in step 1.a, and the total non-organic / non paper and cardboard recycling rate.<br>The non-organic / non paper and cardboard recycling rate is itself calculated based on:<br>• The total quantity of non-organic / non paper and cardboard that is landfilled, using the outputs of the previous step regarding organic and paper waste quantities, the total landfilling rate and the total waste generated<br>• The total quantity of non-organic / non paper and cardboard that were originally generated. | ▪ Total landfilling rate (%)<br>▪ Organic material landfilling rate (%)<br>▪ Paper and cardboard landfilling rate (%) |

| | | |
|---|---|---|
| | Then, for both scenarios, calculation of:<br><br>→ **Key output 1: Share of municipal waste that is landfilled** | |
| 1.e. | <u>Methane emissions from landfill</u><br><br>The total methane emissions from landfilling is modelled using the IPCC FOD model for landfills taking into account:<br><br>+ **New landfill waste**: The amount and composition of the new landfill waste (output of step 1.d.) is input in the IPCC first order decay waste model, which generates, as an output, the annual quantity of methane emitted by the new waste (in Gg methane), then converted in $tCO_2eq$.<br>+ **Existing landfill waste**: methane emissions are modelled using the current methane emissions from existing waste and the annual methane emission reduction rate.<br>– **Collected methane:** calculated applying the percentage of collected methane on the total of methane emissions (i.e. emissions from new landfill waste and existing) | ▪ Methane emissions from new waste (Gg Methane)<br>▪ Methane emissions from existing waste for the latest available year ($tCO_2eq$)<br>▪ Annual methane emission reduction rate (%)<br>▪ Percentage of collected methane |

## Transport

a) Key outputs:

1. Total final energy consumption in the transport sector per capita

b) Mitigation actions

The main mitigation measures integrated in the model are:

- Behavioral/infrastructure measures to reduce the use of private cars (modal shift driven by improved public transport infrastructure) as well as trucks
- Uptake of alternatively fueled vehicles (electrification, hydrogen and CNG)

c) Modelling approach

The transport model includes land-based transport and domestic aviation. International aviation and marine bunkers are not included.

Details on the modelling approach and key inputs are presented in the following table.

Most of the key inputs data, such as information related to the kilometers traveled, are outputs of the Transportation model, developed and managed by Nir Sharav et al.

| STEP | MODELLING APPROACH | KEY INPUTS<br>*Key inputs marked in red are key parameters allowing targets definition and mitigation measures modelling.* |
|---|---|---|
| TRANSPORT SECTOR – **BASELINE AND ABATEMENT SCENARIO MODEL** | | |
| **Step 1.** | **LAND TRANSPORT. Energy consumption by transport mode and technology** | |
| 1.a | Projected VKM per transport mode and technology<br><br>The projected VKM (vehicle kilometer) per transport mode (private cars, trucks, taxis, etc.) and technology (gasoline, electric…) is modelled using the following input data:<br><br>- the forecast of the VKM by transport mode<br>- the fuel split for each transport mode (taking into account the following fuels: gasoline, diesel fuel, electricity, CNG) | ▪ Forecast of VKM by transport mode - Private cars, Commercial<3.5 ton, Trucks, Taxi, Bus lines, Bus tour, Motorbike, Rail, Mass Transit, Rail – freight<br>▪ Fuel split for each transport mode |

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 1.b. | <u>Projected fuel efficiency by transport mode and technology</u><br><br>Projected fuel efficiency is calculated using the current fuel efficiency of the different transport mode and technology (input data) and the fuel efficiency growth rate, by transport mode and technology type.<br><br>All efficiencies are converted to km / MWh. | ▪ Fuel efficiency for each transport mode and technology (km/liter or km/MWh)<br><br>▪ Fuel efficiency growth rate, by transport mode and technology (%) |
| 1.c. | Final energy consumption by transport mode and technology<br><br>Using the outputs of Step 1.a and 1.b, modelling of the final energy consumption by transport mode and technology. | |
| **Step 2.** | **<u>AIR TRANSPORT. Forecast of kerosene consumption</u>**<br><br>Modelling of domestic flights kerosene consumption using the current energy consumption of kerosene in domestic flights and the annual growth rate. | ▪ Energy consumption of kerosene for domestic flights for the latest available year (in ton, converted in MWh)<br><br>▪ Annual change rate of kerosene consumption (%) |
| **Step 3.** | Aggregating the outputs of step 1.c (land transport energy consumption), step 2 (domestic air transport energy consumption), and the forecast of the population modelling of:<br><br>→ **Key output 1: Total final energy consumption per capita** | ▪ Population forecast (capita) |

## Other sectors

| STEP | MODELLING APPROACH | KEY INPUTS<br>*Key inputs marked in red are key parameters allowing targets definition and mitigation measures modelling.* |
|---|---|---|
| OTHER ENERGY CONSUMING SECTORS – **BASELINE AND ABATEMENT SCENARIO MODEL** | | |
| **Step 1.** | **<u>Electricity consumption: Water, Palestinian Authority, Agriculture and Hydrogen Production</u>** | |
| 1.a | <u>Water sector</u><br><br>Electricity consumption from the water sector is the sum of the:<br><br>○ Electricity consumption of sea water desalination production, which is modelled using:<br>– the sea water desalination production forecast minus the water savings* due to the implementation of the Green Building standard in the Cities & Buildings sector<br>– and the current sea water desalination intensity and its annual change rate.<br>○ The electricity consumption of other water production (including desalination of brackish water, freshwater and other water production), based on:<br>– their energy intensity,<br>– and other water production intensity annual change rate.<br><br>**Water savings from GB implementation is modelled based on the share of GB (output from Cities & Buildings sector), the water savings in GB relative to regular buildings and the water consumption of the total of housing units.* | ▪ Water desalination and other water production for the latest available year (2017) and forecast ($m^3$)<br>▪ Amount of water savings due to GB ($m^3$)<br>▪ Sea water desalination intensity<br>▪ Sea water desalination intensity annual change rate<br>▪ Other water production intensity<br>▪ Other water production intensity annual change rate |
| 1.b. | <u>Palestinian Authority</u><br><br>The electricity consumption by the Palestinian Authority is modelled using a key-driver approach, using the population forecast as the key-driver and the energy intensity forecast. | ▪ Palestinian population growth rate<br>▪ Palestinian population for 2017<br>▪ Energy consumption intensity (MWh / capita) |

| | | |
|---|---|---|
| | | ▪ Energy consumption intensity yearly change rate |
| 1.c. | Agriculture sector<br>The electricity consumption by the agriculture sector is modelled using the yearly change rate method: the base year consumption is increased by the annual growth rate. | ▪ Annual change rate<br>▪ Agriculture sector electricity consumption for 2017 |
| 1.d. | Additional electricity consumption - Hydrogen production<br>The net electricity consumption required to produce hydrogen is modelled based on:<br>- Total hydrogen consumption (sum of the hydrogen consumption in transport and industry sectors)<br>- Losses that occur when producing hydrogen | ▪ Hydrogen consumption (MWh)<br>▪ Losses to produce hydrogen (%) |
| 1.e. | Electricity consumption summary<br>Using the outputs of steps 1.a to 1.c. the total electricity consumption from other sectors is calculated. | |
| **Step 2.** | **Other fuels** | |
| 2.a. to 2.d. | The energy consumptions of kerosene, fuel oil, LPG and diesel are modelled using the yearly change rate method. | ▪ Kerosene, fuel oil, LPG and kerosene consumption for the latest available year (MWh)<br>▪ Annual change rate in kerosene, fuel oil, LPG and kerosene consumption (%) |

## Fuel consumption summary

The energy summary aggregates and presents the different sectors energy outputs in the following tables (for BAU and Abatement scenario as well):

1. Final energy consumption by fuel type; Subtotals of “Oil distillates in the final energy consumption” and of “Renewables and alternative fuels” are indicated
2. Energy transformation
3. Non-energy purposes – fuel consumption
4. Exports
5. Final Energy consumption by sector:
   5.a. Summary – Final energy consumption by sector
   5.b. Electricity consumption by sector
   5.c. Natural gas consumption by sector (in BCM)
   5.d. Manufacturing Industries Fuel mix (Energy and Non-Energy Purposes)
   5.e. Energy Industries Fuel mix - Not including Power Sector
   5.f. Transportation fuel mix
   5.g. Residential fuel mix
   5.h. Commercial fuel mix

# FUEL EXTRACTION AND PROCESSES

| STEP | MODELLING APPROACH | KEY INPUTS<br>*Key inputs marked in red are key parameters allowing targets definition and mitigation measures modelling.* |
|---|---|---|
| FUEL EXTRACTION AND PROCESSES – **BASELINE AND ABATEMENT SCENARIO MODEL** | | |
| **1.** | **<u>Forecast of natural gas exports, imports and production</u>**<br>○ Natural gas annual exports are calculated using the total natural gas reserve minus the total consumption during the entire modelling period (sum of the outputs of the different sectors) divided by the number of exporting years; and taking into account that the exports are equal to zero in case there is not enough reserve for the consumption.<br>○ Annual natural gas import is modelled based on the additional natural gas needed should consumption exceed domestic reserves. Imports begin in the year in which the reserves are exhausted.<br>○ Total natural gas production is modelled as the sum of the consumption and exports, minus the imports. | ▪ Total NG reserves as of end of 2017 (BCM)<br>▪ Export beginning year<br>▪ Export end date |
| **2.** | **<u>Fugitive emissions projections from gas production and gas use</u>**<br>Fugitive emissions from gas production and gas use are calculated using:<br>○ respectively the outputs of step 1 (natural gas production) and the total natural gas consumption (sum of the outputs of the different sectors),<br>○ and the appropriate emission factors for $CH_4$, $CO_2$ and $N_20$. | ▪ Gas production emission factor (tEmissions/million $m^3$ NG)<br>▪ Gas storage, transmission and distribution emission factor (tEmissions/million $m^3$ NG) |
| **3.** | **<u>Emissions from fuel processes</u>**<br>Using the outputs of step 2.c of the Industry sector (energy fuel self-consumption forecast for refineries (fuel oil and natural gas)) and the appropriate emission factors. | ▪ Fuel oil and natural gas emission factors |

| | | |
|---|---|---|
| **4.** | **<u>Total emissions from fuel extraction and processes</u>**<br><br>Using outputs of step 1. and 2. | |

## Non-energy GHG emissions

| STEP | MODELLING APPROACH | KEY INPUTS<br><br>*Key inputs marked in red are key parameters allowing targets definition and mitigation measures modelling.* |
|---|---|---|
| NON-ENERGY GHG EMISSIONS – **BASELINE AND ABATEMENT SCENARIO MODEL** | | |
| **1.** | **<u>Agriculture non-energy emissions</u>**<br><br>The agriculture emissions are modelled using the yearly change rate method.<br><br>Share of $CO_2$ and $CH_4$ in agriculture emissions are indicated to differentiate the emissions by GHG. | ▪ Agriculture emissions in last reported year ($tCO_2e$)<br>▪ Annual change rate (%)<br>▪ Share of $CO_2$ in agriculture emissions (%)<br>▪ Share of $CH_4$ in agriculture emissions (%) |
| **2.** | **<u>Wastewater treatment emissions</u>**<br><br>○ Wastewater treatment emissions BEFORE methane collection are modelled separately according to the emission source: household sector or industry sector; but both are using a key-driver approach:<br>• Household emissions are modelled using the population forecast as the key-driver and the calculated emission intensity for the last reported year.<br>• Industrial emissions are modelled using the industrial GDP forecast as the key-driver and the calculated emission intensity for the last reported year<br><br>○ Collected methane is calculated using the percentage of collected methane inputted by the | ▪ Percentage of collected methane (%)<br>▪ Breakdown of emissions (household / industry) (%)<br>▪ Wastewater treatment emissions in last reported year ($tCO_2e$)<br>▪ Share of $CH_4$ in wastewater treatment emissions (%)<br>▪ Share of $N_2O$ in wastewater treatment emissions (%) |

| | | |
|---|---|---|
| | modeler and the share of $CH_4$ in wastewater treatment emissions.<br><br>○ Total wastewater treatment emissions are then deducted, differentiating $CH_4$ and $N_2O$ emissions. | |
| **3.** | **<u>Industrial process emissions</u>** | |
| 3.a. | <u>Process emissions from lime and soda ash</u><br><br>The process emissions from lime and soda ash are modelled using the yearly change rate method. | ▪ Lime and soda ash process emissions in last reported year ($tCO_2e$)<br>▪ Annual change rate (%) |
| 3.b. | <u>Process emissions from Clinker production</u><br><br>The process emissions from clinker production is modelled using the key-driver approach, with the clinker production forecast as the key driver. See Step 2.a of the industry sector above. | ▪ Clinker production emission factor (tCO2e/Ton Clinker) |
| 3.c. | <u>Process emissions from nitric acid</u><br><br>The process emissions from nitric acid process are modelled using the yearly change rate method, minus the emissions reduction target inputted by the modeller. | ▪ Emissions in last reported year $tCO_2e$<br>▪ Emissions reduction relative to 2015 data |
| **4.** | **<u>F-gas</u>**<br><br>F-gas emissions are the sum of:<br><br>○ Expected emissions from HFC, calculated based on the expected HFCs imports (Kigali Amendment to the Montreal Protocol) and the rate of emissions to HFC imports.<br>Emissions from HFC in the abatement scenario are modelled including the additional reduction target in HFC consumption inputted by the modeller.<br>○ Other F-gas consumption: SF6, PFCs, gas from inhalers and medical spray and gas from car shredding are modelled via a key-driver approach, using respectively the industrial output, population forecast and total VKM as the key-driver, along with their respective emissions intensity. | ▪ Reduction in HFC consumption (Beyond Kigali) (%)<br>▪ Expected HFCs imports (tCO2e)<br>▪ Rate of emissions to HFC imports (tCO2e emission / tCO2e Import)<br>▪ SF6 emissions intensity (tCO2e / GDP industry)<br>▪ PFCs emissions intensity (tCO2e / GDP industry)<br>▪ Inhalers and medical sprays emissions intensity (tCO2e / capita)<br>▪ Car scrapping emissions intensity (tCO2e / total vkm) |

| | | |
|---|---|---|
| | | ▪ Population forecast<br>▪ Total VKM forecast<br>▪ Industrial GDP forecast |
| **5.** | **<u>LULUCF</u>**<br>LUUCF emissions are modelled using the yearly change rate method. | ▪ LUUCF emissions in last reported year ($tCO_2e$)<br>▪ Annual change rate (%) |

## GHG emissions summary

The GHG emissions summary sheet calculates and presents the GHG emissions (differentiating the different GHG: $CO_2$, $CH_4$, $N_20$, HFCs and other F-gas) due to the sectorial energy and non-energy uses, using the outputs of the different sectors and the appropriate emission factors. Results are presented according to:

- Scope 1 emissions - By sector

> Household sector by fuel type

> Public and Commercial sector by fuel type

> Industrial sector, differentiating energy and non-energy emissions, by fuel type

> Transport sector by fuel type

> Other sector by fuel type

> Electricity generation sector by fuel type

> Non-energy emissions (waste, agriculture, wastewater treatment, industrial process, f-gas emissions, fuels processes (not including natural gas fugitive emissions, LULUCF)

> Scope 1 Sectorial emissions breakdown - energy

> Scope 1 Sectorial emissions breakdown - energy and non-energy

- Scope 1 emissions (energy and non-energy) (not including NG fugitive emissions) - By gas ($CO_2$, $CH_4$, $N_20$, HFCs, Other F-gas)
- Scope 2 emissions - By sector
- Scope 1 and 2 emissions - By sector
- Natural gas fugitive emissions

Overall emissions, including natural gas fugitive emissions

# נספח ג' – הנחות מודל

## ABBREVIATIONS

| | |
|---|---|
| EN | Energy-Neutral |
| EoL | End-of-Life |
| GB | Green Buildings |
| h.u. | Housing unit |
| NG | Natural Gas |

## GENERAL PARAMETERS.

Key parameters that are **identical** in the baseline and the abatement scenarios:

| Key inputs | Data value<br>Baseline and Abatement scenarios | Source |
|---|---|---|
| Population | 8,709,192 | CBS (2017) |
| GDP (m ILS (2015)) | 1,124,589 | CBS (2017) |
| Industrial GDP (m ILS (2015)) | 155,447 | CBS 15.1 (2017), category: manufacturing, mining and quarrying |
| Inflation target | 2% | Bank of Israel |
| Real GDP growth rate | • 2017-19 = 2.9%<br>• 2020 - 24: 2.8%<br>• 2025 - 29: 2.6%<br>• 2030 - 34: 2.5%<br>• 2035 - 39: 2.4%<br>• 2040 - 44: 2.3%<br>• 2045 -50 = 2.2% | Bank of Israel |

| | | |
|---|---|---|
| Average annual real industrial GDP growth rate | 1.00% | Conservative assumption. Average annual growth rate, CBS 15.1 (2008-2017), category: manufacturing, mining and quarrying – 0.8% per year |
| Population forecast | • 2020 = 9,297,837<br>• 2030 = 11,131,054<br>• 2040 = 13,223,115<br>• 2050 = 15,673,496 | CBS, medium variant (2018) |

## Energy related Parameters

### Conversion units

| | | |
|---|---|---|
| Conversion from tonne NG to MMBTU (MMBTU/tonne) | 52.4 | Economic study – Orot Rabin |
| Coal calorific value (tonne/MWh) | 0.144 | NCV values - According to IEC |
| NG calorific value (tonne/MWh) | 0.073 | NCV values - According to IEC |
| LPG calorific value (tonne/MWh) | 0.078 | DUKS 2019 (45.944 GJ/t) |
| Diesel fuel calorific value (tonne/MWh) | 0.085 | DUKS 2019 (42.569 GJ/t) |
| Naphtha calorific value (tonne/MWh) | 0.079 | DUKS 2019 (45.447 GJ/t) |
| Petcoke calorific value (tonne/MWh) | 0.106 | DUKS 2019 (33.972 GJ/t) |
| Kerosene calorific value (tonne/MWh) | 0.076 | DECC |
| Fuel oil calorific value (tonne/MWh) | 0.088 | DUKS 2019 (40.752 GJ/t) |
| Gasoline calorific value (tonne/MWh) | 0.085 | DUKS 2019 (42.569 GJ/t) |
| RDF calorific value (t/MWh) | 0.214961135 | Calorific value 16,7472 GJ/t of waste |
| Municipal waste calorific value | 0.208 | *Energy recovery for residual waste. A carbon-based modelling approach*, DEFRA, UK (2014) |

### Density factors

| | | |
|---|---|---|
| NG (BCM/Million tonne) | 0.682 | *Assessment of Greenhouse Gas Emission Reduction Potential and Recommended National Target for Israel* (2015) |

| | | |
|---|---|---|
| NG (liters/tonne) | 1,466,275.66 | |
| CNG (kg / $m^3$) | 180.00 | https://www.unitrove.com/engineering/gas-technology/compressed-natural-gas |
| CNG (liters / tonne) | 5,556 | |
| Gasoline (liters/tonne) | 1,368 | Assessment of Greenhouse Gas Emission Reduction Potential and Recommended National Target for Israel |
| Diesel fuel (kg/liter) | 0.82 | |
| LPG (liters/tonne) | 1,957 | |

**Emission factors – $CO_2$ ($tCO_2e$/Ton)**

| | | |
|---|---|---|
| Coal | 2.310 | CBS |
| Natural gas | 2.780 | |
| LPG | 2.954 | |
| Fuel oil (economy consumption) | 3.078 | |
| Diesel fuel | 3.177 | |
| Naphtha | 0.654 | |
| Petcoke | 3.511 | |
| Kerosene (economy consumption) | 3.184 | |
| Fuel oil (refineries self-consumption) | 3.181 | |
| Natural gas (refineries feedstock self-consumption) | 0.000 | |
| Gas (Petrochemicals industries) | 0.591 | |
| Propylene (Petrochemicals industries) | 0.591 | |
| Naphtha (Petrochemicals industries) | 0.654 | |
| Gasoline for transport | 3.074 | |
| RDF | 0.884 | Calculated based on IPCC guidelines, composition of RDF |
| Waste Incineration (Manufacturing and Energy Industries) | 0.529 | Calculated based on IPCC guidelines, composition of incinerated waste |

**Emission factors – $CH_4$ (kg CH4 / 1000 ton fuel)**

| Fuel | Agriculture | Household and commercial | Bunker fuel (boats) | Transportation (vehicles) | Aviation | Industry | Energy - Electricity and fuel refining |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Other Bituminous Coal | | | | | | | 25.03 |
| Gas/Diesel Oil | 433.30 | 433.30 | 216.65 | 216.65 | | 86.66 | 129.99 |
| Residual Fuel Oil | 401.90 | | 200.95 | | | 80.38 | 120.57 |
| Natural gas | | 248.60 | | | | 248.60 | 49.72 |
| Oil Shale | | | | | | | 11.91 |
| Other Kerosene | 447.50 | 447.50 | 223.75 | | | 89.50 | 134.25 |
| LPG | 473.10 | 473.10 | 236.55 | | | 94.62 | 141.93 |
| Naphtha | | | | | | 90.02 | 135.03 |
| Jet Kerosene | | | | | 22.30 | | |
| Petroleum Coke | | | | | | 70.34 | |
| Gasoline | | | | 896.00 | | | |
| Gas and Propylene | | | | | | 18.92 | |

| | |
|---|---|
| GWP - CH4 | 21 |

**Emission factors – $N_2O$ (kg $N_2O$ / 1000 ton fuel)**

| Fuel | Agriculture | Household and commercial | Bunker fuel (boats) | Transportation (vehicles) | Aviation | Industry | Energy - Electricity and fuel refining |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Other Bituminous Coal | | | | | | | 35.04 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gas/Diesel Oil | 26.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 | | 26.00 | 26.00 |
| Residual Fuel Oil | 24.11 | | 24.11 | | | 24.11 | 24.11 |
| Natural gas | | 4.97 | | | | 4.97 | 4.97 |
| Oil Shale | | | | | | | 2.38 |
| Other Kerosene | 26.85 | 26.85 | 26.85 | | | 26.85 | 26.85 |
| LPG | 28.39 | 28.39 | 28.39 | | | 28.39 | 28.39 |
| Naphtha | | | | | | 27.01 | 27.01 |
| Jet Kerosene | | | | | 26.75 | | |
| Petroleum Coke | | | | | | 21.10 | |
| Gasoline | | | | 26.88 | | | |
| Gas and Propylene | | | | | | 5.68 | |

| | |
|---|---|
| GWP - N2O | 310 |

## Final energy consumption - 2017

| | | 2017 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SOURCE | Fuel (Physical units) | Industry | Public & Commercial | Household | Transport | Other | Total |
| Electricity Authority | **Electricity (MWh)** | - | - | - | - | - | **62,676,142** |
| CBS 2017 | **Natural gas (000 ton)** | - | - | - | - | - | **952** |
| CBS 2017 | **LPG (000 ton)** | 159.3 | 116.4 | 118.1 | 25.1 | 28.7 | **447.692** |
| CBS 2017 | **Fuel oil (economy consumption) (000 ton)** | 216.5 | - | - | - | 17.86 | **234.3** |
| CBS 2017 | **Diesel fuel (000 ton)** | 49.6 | 15.8 | 1.2 | | 6.3 | **72.8** |
| Fuel and LPG Department, Ministry of Energy | **Naphtha (000 ton)** | 0.881 | - | - | - | - | **-** |
| CBS 2017 | **Renewable energy - Solar thermal (GWh)** | - | - | 4,194 | - | - | **-** |
| MRV | **Petcoke (000 ton)** | 284 | - | - | - | - | **-** |
| Calculated based on the uptake of alternative fuel in the cement industry (35/65 = 54% of the petcoke amount) | **Alternative fuel in cement production** | 152.9 | - | - | - | - | **-** |
| CBS 2017 | **Kerosene (economy consumption) (000 ton)** | 24.6 | - | - | - | 252.47 | **277.0** |
| Fuel and LPG Department, Ministry of Energy | **Fuel oil (refineries self-consumption) (000 ton)** | 287.6 | - | - | - | - | **-** |
| Fuel and LPG Department, Ministry of Energy | **Gas (Petrochemicals industries) (000 ton)** | 154.0 | - | - | - | - | **-** |
| Fuel and LPG Department, Ministry of Energy | **Propylene (Petrochemicals industries) (000 ton)** | 172.4 | - | - | - | - | **-** |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CBS 2017 | **Naphtha (Petrochemicals industries) (000 ton)** | 839.5 | - | - | - | - | - |
| CBS 2017 | **Kerosene (national aviation) (000 ton)** | - | - | - | 26.1 | - | - |
| CBS 2017 | **Gasoline for transport (000 ton)** | - | - | - | 3000.9 | - | - |
| CBS 2017 | **Diesel fuel for transport (000 ton)** | - | - | - | 2619.8 | - | - |
| CBS 2017 | **Natural gas - refineries feedstock self-consumption (000 ton)** | 142.4 | | | | | |
| CBS 2017; PRTR | **Natural gas - refineries energy self-consumption (TOE)** | 327,484-169,064 = 158,420 | - | - | - | - | - |

**Breakdown applied to the final energy data presented in the previous table:**

| Fuel | Industry (%) | Commercial/public (%) | Households (%) | Transport (%) | Other (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Electricity | 24% | 30% | 29% | - | 17% |
| Natural gas | 93.5% | 6.5% | - | - | - |
| Remaining fuel oil | - | - | - | - | - |
| Remaining diesel fuel | - | 21.71% | - | - | 9% |

## BUILDINGS & CITIES.

Key parameters that are **identical** in the baseline and the abatement scenarios:

| Step | Subject | Key inputs | Baseline and Abatement | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Data value | Source | Assumptions / Comments |
| Household sector | | | | | |
| 1.a | Forecast of housing units (h.u.) | ▪ Total of existing h.u. for the latest available year | • 2016 housing stock: 2,500,000<br>+ Actual h.u. constructed in 2017 48,416 h.u. | • Strategic Housing National Plan, https://www.gov.il/he/Departments/policies/2017_dec2457<br>+ CBS, Table 2.- Dwellings, by stage of construction and characteristics of building, construction completed in 2017 | • Based on the number of new housing units built by 2050 = 1,500,000; which represents, compared to the 2016 housing stock, an increase of 60%.<br>• The 48,416 housing units are new additional h.u. in 2017 (excluding renovated h.u. (Ran Avraham, Ministry of Environmental Protection) |
| | | *Share of private house / apartment in buildings with less than 5 storeys / apartment in buildings with 5 or more storeys* | • Share of h.u. in buildings ≥ 5 storeys = 44%<br>• Share of private house in building < 5 storeys = 75% | • Share of hu in buildings ≥ 5: Number of constructed h.u. in buildings ≥ 5 storeys, years 1995 – 2016 (CBS, Number of apartments according to the number of storeys in the building)<br>• Share of private house: Calculated based on:<br>→ Number of "1 or 2 dwellings in one building" for the 2011 - 2016 period (CBS, "Dwellings, by stage of construction and characteristics of building")<br>→ Divided by the number of constructed h.u. in buildings < 5 storeys, years 2011 - 2016 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ▪ Forecast of h.u. in new buildings per year, | • 2018 - 2020 = 52 000<br>• 2021 - 2025 = 55 000<br>• 2026 - 2030 = 61 000<br>• 2031 - 2035 = 65 000<br>• 2036 - 2040 = 67 000<br>• 2041 - 2050 = 67 500 | • Strategic Housing National Plan, https://www.gov.il/he/Departments/policies/2017_dec2457 | Assume that for 2041 - 2050: 67,500 of new housing units (calculated using the slope function) |
| | | *Share of private house / apartment in buildings with less than 5 storeys / apartment in buildings with 5 or more storeys* | • Share of h.u. in new buildings ≥ 5 storeys = 80%<br>• Share of new private house = 10%<br>• Share of h.u. in new buildings < 5 storeys = 10% | Internal assumption agreed with Ministry of Environmental Protection, based on trend of higher buildings. | |
| | | *Share of private house / apartment buildings in urban renewal* | • Share of h.u. in buildings ≥ 5 storeys = 89%<br>• Share of h.u. in new buildings < 5 storeys = 11% | Taking into account that urban renewal apply only to apartment buildings (and not private house): calculation of the share of h.u. in buildings ≥ 5 using the share of apartments in new buildings ≥ 5 and the share of apartments in new buildings. | |
| | | ▪ Urban renewal factor, $F_{UR}$, i.e. for X new h.u. in urban renewal, there are $F_{UR}$*X renovated h.u. | 25% | Urban Renewal Government Authority, for TAMA ב | Calculated as the weighted average of the urban renewal factor for "Pinui Binui" + TAMA ב (75% new / 25 % renovated) - and the urban renewal factor for TAMA א - (new 40% / 60% renovated). Assumption that everything is with Tama ב because no data on how many TAMA א. |
| | | ▪ Average lifetime of a building | 50 years | Agreed with Buildings & Cities working group | Need significant end-of life retrofit (additional to urban renewal) |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | • Percentage of h.u. that effectively undergo an end-of-life (EoL) retrofit when needed | 26.1 % | Assumption:<br>Only the high socio-economic levels will effectively do the EoL retrofit:<br>» Levels 9-10: will do the EoL retrofit<br>» Levels 6-8: will probably do it (60% will do it)<br>» Levels 1-5: won't do it<br>Reference: CBS, Table 2.- Local councils and municipalities, by socio-economic index, ranking and cluster membership. | Buildings that are too old and need to be demolished or retrofitted are not taken into account in the addition, by 2050, of 1.5 million new housing units. |
| 1.b | Forecast of MAXIMUM h.u. that meet GB and EN building criteria | ▪ Number of h.u. in GB for the latest available year | • GB in existing h.u.= 6779<br>• GB in new h.u. = 2677 | Based on the inventory of Green Buildings:<br>• buildings from 2011 till 2016<br>• and buildings in 2017 | GB apply only to apartment building ≥ 5 storeys. There are no EN buildings in 2017. |
| 1.c | Final buildings stock composition (area share) | ▪ Average area for one housing unit ($m^2$), *specifying private house / apartment buildings* | • Private house = 201 $m^2$<br>• Private apartment = 116 $m^2$ | Based on built land data in the Energy Neutral Buildings Excels (Ministry of Energy & ILGBC,2019):<br>• Data for private house: (Excel *190414_NZE_House_DA* )<br>• Apt building: data for 1 residential building of 4 floors, 9 apartments with a built area of 1050 $m^2$ (Excel *190414_NZE_Residential 4 floors_DA*) | Gross area |
| 1.d | Calculation of energy consumption intensity | ▪ Total energy consumption for the latest available year (ton, converted to MWh) | Electricity = 18,387,310<br>Natural gas = -<br>LPG = 1,507,376<br>Diesel fuel = 13,809<br>Solar power heating = 4,193,634 | Electricity: Electric Authority<br>Others: CBS, Energy Balance 2017 (published on 04/2019) | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | • Share of LPG for cooking | 65% | Energy Balance 2016, according to the Ministry of Energy estimates | |
| | | ▪ Amount of electricity difference in an apartment relative to the electricity consumption in a house (i.e. an apartment consumes 50% less than a house) | 50% | Assumption agreed with Ministry of Environmental Protection and Ministry of Energy | |
| | | ▪ Annual growth rate in intensity (MWh / housing unit) of total final energy consumption (%) | 0.48% | Historical analysis on electricity assumptions using the electricity consumption (MRV) and number of households (CBS) as a proxy for the number of h.u. | As electricity constitutes 80% of the final energy consumption intensity; we assume that the energy intensity growth is similar to the electricity intensity growth. |
| | | ▪ Yearly energy savings and water savings / housing unit in GB relative to a regular building | • Electricity = 20%<br>• Water = 30% | Electricity: National Energy Efficiency Plan, 2020Water: Ministry of Economy and Industry https://www.gov.il/he/Departments/Guides/green_construction | Internal assumption: the total energy savings (less cooking energy) in GB is equal to its electricity savings |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ▪ Yearly electricity savings and water savings / housing unit in EN buildings relative to a regular building | • Private house, Electricity = 25%<br>• Apt building, Electricity = 25%<br>• Water = 0% | National Energy Efficiency Plan, 2020 | • Internal assumption: the total energy savings (less cooking energy) in EN is equal to its electricity savings<br>• We assume that the water saving is 0 as the EN standard doesn't mention water consumption. |
| 2.a | General fuel consumption | ▪ Percentage of existing h.u. using solar water heating | 85% | Selected Data from the 2014 Social Survey about Using and Saving Energy, CBS, published November 2015, *more information here*. | |
| | | ▪ Annual percentage of new h.u. using solar water heating | 91% | Calculated based on the new regulation stipulating that the top 10 floors must have a solar water heater, and CBS data (number of apartments according to the number of storeys in the building) for the years 2016, 2017 and 2018. (For building above 21 floors, the representative building is considered to be with 24 floors) | In the baseline scenario, we take into account the new regulation even though it will be implemented approx. in 2021. |
| | | ▪ Energy consumption per solar water heater (MWh / housing unit) | 1.93 MWh / year | Calculation using:<br>• CBS Energy balance 2016: Solar thermal consumption in the household sector<br>• Percentage of solar water heater in existing and in new buildings (CBS data)<br>• Number of h.u. | |
| | | • Additional annual percentage of fuels that are displaced (fuel oil, diesel, LPG) | 0% | No Target in place for now | |
| 2.b | Energy consumption for cooking | • Gas and induction stoves efficiencies | • Gas stove efficiency: 50% | https://inductionguide.com/how-energy-efficient-is-induction-cooking/ | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | • Induction stove efficiency: 85% | | |
| **Additional key assumptions**:<br>1) Regarding projected final fuels consumption: We assume that for the whole period:<br>- there is no consumption of natural gas.<br>- The LPG consumption intensity has an annual growth rate of 0% (LPG consumption grows with the number of households).<br>- **Before displacement**, diesel fuel has a fixed consumption of 13,809 MWh, which corresponds to the 2017 residential consumption. | | | | | |
| Commercial and public sector | | | | | |
| 1.a | Forecast of public and commercial area | ▪ Total of existing commercial & public area for the latest available year (2017) (000 $m^2$) | 61,977 | *Assessment of Greenhouse Gas Emission Reduction Potential and Recommended National Target for Israel* (2015) | |
| | | ▪ Forecast of commercial & public area in new buildings per year (000 $m^2$) | Annual average absolute floor space increase = 1,691 | Average of 2014-2017, Table N/1. – Construction area, by purpose and construction stage, CBS.<br>Taking into account the following categories: Education, Health and Other Public buildings + Commercial, Offices, Hotels | |
| | | ▪ Share of commercial / Public buildings | • 60% is commercial<br>• 40% is public | Average of 2014-2017, Table N/1. – Construction area, by purpose and construction stage, CBS. | We assume that the share is the same in existing and new buildings |
| | | ▪ Average lifetime of a building | 50 years | Internal assumption | |
| | | • Percentage of square meters that effectively undergo an EoL retrofit when needed | 40% | Internal assumption | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.d | Energy consumption intensity | ▪ Total Energy consumption for the latest available year (ton, converted to MWh) | Electricity = 19,101,403<br>Natural gas = 723,175<br>LPG = 1,485,515<br>Diesel fuel = 186,947 | Electricity: Electric Authority<br>Other fuels: CBS, Energy Balance 2017 (published on 04/2019) | |
| | | ▪ Annual growth rate in intensity of total final energy consumption (%) | 1.5% | | Calibration of the intensity growth rate according to:<br>• Calculation of the annual growth rate of electricity consumption in the commercial & public sector 2001 - 2017 (CBS Data) (equal to 3.5%)<br>• Assumption that, with a zero GB uptake for the whole "2017 – 2050" period, the future annual final energy consumption growth rate is equal to the historical electricity growth rate. |
| | | ▪ Yearly electricity savings and water savings / $m^2$ in GB | Electricity = 20%<br>Water = 0 | National Energy Efficiency Plan, 2020 | We assume that water savings are equal to 0 as there is no relevant data. |
| | | ▪ Yearly electricity savings and water savings / $m^2$ in EN buildings | Electricity = 25%<br>Water = 0% | National Energy Efficiency Plan, 2020 | We assume that water savings are equal to 0 as the energy neutral standard doesn't mention water consumption. |
| 2.a | General fuel consumption | • Additional annual percentage of fuels that are displaced (fuel oil, diesel, LPG) | 0% | No Target in place for now | |

**Additional key assumptions**:
1) Regarding projected final fuels consumption:
We assume that for the whole period and **before displacement**:
- Natural gas has and diesel fuel have a fixed consumption of 723,275 MWh and 186,947 MWh respectively, which corresponds to the commercial and public sector 2017 consumptions.
- the LPG consumption intensity has an annual growth rate of 1.5%, which corresponds to the annual growth rate in intensity of total energy consumption.

Key parameters that are **different** in the baseline and the abatement scenarios:

| Key inputs | Baseline | | | Abatement scenario | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Data value | Source | Assumptions / Comments | Data value | Source | Assumptions / Comments |
| Household | | | | | | |
| ▪ Annual percentage of urban renewal - i.e. new h.u. that are built in existing urban area | • 2017 - 2020 = 16.6%<br>• 2021 - 2025= linear growth<br>• 2025 - 2050 = 21% | • 2017 - 2020: Urban Renewal Report 2017, Urban Renewal Government Authority:<br>3000 h.u. in Pinui Binui + 10 000 h.u. in Tama 38 (total h.u. in urban renewal (new + renovated), representing 25% of the new built h.u.; which represents 16.6% of the new h.u. (excluding the renovated h.u. and using the urban renewal factor of Pinui Binui and Tama38).<br>• In the approved planned building, percentage of 21%. But taking into account that there is a time gap between the approved and the implemented plans (Planning administration) | | • 2017 = 16.6%<br>• 2020 = 20%<br>• 2025 = 25%<br>• 2030 - 2050 = 35% | https://www.gov.il/he/Departments/policies/2017_dec2458 | • Assumption that for 2040 - 2050, same as for 2030, i.e. 35%<br>• Linear increase between target years |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ▪ Uptake of GB h.u. in new construction (including urban renewal) (**Yearly %)** | • 2017: 6.9 % (= share of GB in new buildings ≥ 5 storeys for the latest year)<br>• 2025 - 2050 = 54.7% | • 2017: Based on the inventory of GB, buildings in 2017, and the number of new h.u. built in 2017.<br>• 2025: 35% of the all new **planned** buildings will be GB; which constitute 54.7% of h.u. in buildings ≥ 5 storeys (GB inventory, Planning Administration, Cities and Buildings team ) | • GB apply only in h.u. in buildings ≥ 5 storeys<br>• Linear increase for the period 2017 - 2025<br>• Constant after 2025; 2025 was taken arbitrarily (we don't know exactly when planned buildings will actually be constructed) | • 2017: 6.9 % (for h.u. in buildings ≥ 5) (same value as for the BAU)<br>• 2025 = 75%<br>• 2030 - 2050 = 100% | • Israel 2050 - A Thriving Economy in a Sustainable Environment. Measures, Goals and Vision by sectors, Eli Horowitz Conference (2019) | • Green Building apply in housing units in all buildings with 2 or more floors (i.e. all buildings except private houses)<br>• Targets on the **beginning of construction of** housing units, taking into account a time gap of 3 years between the beginning and the end of construction<br>• Linear increase between the targets |
| ▪ Uptake of GB h.u. in EoL retrofit **(Yearly %)** | 0% | • 2017: Based on the inventory of GB, buildings in 2017. | Applied only in h.u. in apartment buildings with more than 5 storeys | • 2017 - 2025 = 0%<br>• 2030 = 75%<br>• 2035 - 2050 = 100% | • Israel 2050 - A Thriving Economy in a Sustainable Environment. Measures, Goals and Vision by sectors, Eli Horowitz Conference (2019) | • Green Building apply in housing units in all buildings with 2 or more storeys<br>• Linear increase between the targets |
| ▪ Uptake of GB h.u in other retrofit **(% of existing stock)** | 0% | • 2017: Based on the inventory of GB | | 0% | No targets | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ▪ Uptake of EN h.u in new construction **(Yearly %)** | 0% | | • In BAU, we assume there is no EN buildings. | <u>Private house</u>:<br>• 2017 - 2024 = 0%<br>• 2025 - 2030 = 100%<br><u>Apartment in buildings < 5</u>:<br>• 2017- 2024 = 0%<br>• 2025 = 25%<br>• 2030 - 2050 = 100%<br><u>H.u. in buildings ≥ 5 floors</u>:<br>• 2017- 2024 = 0%<br>• 2025 = 2%<br>• 2030 - 2050 = 8% | • Israel 2050 - A Thriving Economy in a Sustainable Environment. Measures, Goals and Vision by sectors, Eli Horowitz Conference (2019) | • EN standard apply only to private house<br>• Targets on the **beginning of construction of** housing units, taking into account a time gap of 1 year between the beginning and the end of construction for houses and of 3 years for apartments.<br>• Linear increase between the targets<br>• For h.u. in buildings ≥ 5 floors (Since the target apply to buildings with 3 to 5 floors): based on the share of h.u. in buildings = 5 floors within buildings ≥ 5 floors (=8% ; Number of apartments according to the number of storeys in the building, CBS),) and the target for buildings <5 |
| ▪ Uptake of EN h.u in EoL retrofit **(Yearly %)** | 0% | | • In BAU, we assume there is no EN buildings. | 0% | No targets | |
| ▪ Uptake of EN h.u units in other retrofit **(% of existing stock)** | 0% | | • In BAU, we assume there is no EN buildings. | 0% | No targets | |
| • Replacement rate of gas stoves (%) | 0% | | | • 2017- 2034 = 0%<br>• 2035 = 25% | | 2050 – target; other years – gradual uptake assumption |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | • 2040 = 50%<br>• 2045 = 75%<br>• 2050 = 100% | | |
| Public & Commercial | | | | | | |
| ▪ Uptake of GB commercial area in new buildings (Yearly %) | • 2017 = 6.5%<br>• 2025 - 2050 = 55.4% | • 2017: Based on the inventory of Green Building and the built area in commercial and in public sector for the year 2017 (CBS), → Commercial categories: Offices<br>• 2025 and after: 71% of the new commercial and public space, outside education, is GB; which constitute 55.4% of all the commercial and public space, including education (Approved Planned GB in 2014-2018, according to data received from the Ministry of Environmental Protection) | • Linear increase for the period 2017 - 2025<br>• Constant after 2025 | • 2017 = 6.5%<br>• 2025 = 75%<br>• 2030 - 2050 = 100% | • Israel 2050 - A Thriving Economy in a Sustainable Environment. Measures, Goals and Vision by sectors, Eli Horowitz Conference (2019) | • Targets on the planned buildings, take into account time gap of 3 years between the planning and construction<br>• Linear increase between the targets |
| ▪ Uptake of GB public area in new buildings (Yearly %) | • 2017 = 9%<br>• 2025 - 2050 = 55.4% | • 2017: Based on the inventory of Green Building and the built area in commercial and in public sector for the year 2017 (CBS) → Public categories: health, health institutions, education, public gatherings.<br>• 2025 - 2050, same as for commercial buildings (Approved Planned GB in 2014-2018, according to data received from | • Linear increase for the period 2017 - 2025<br>• Constant after 2026 | • 2017 - 2019= 9%<br>• 2025 = 50%<br>• 2030 - 2050 = 100% | • Israel 2050 - A Thriving Economy in a Sustainable Environment. Measures, Goals and Vision by sectors, Eli Horowitz Conference (2019) | • Targets on the planned buildings, taking into account time gap of 3 years between the planning and construction<br>• Linear increase between the targets |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | the Ministry of Environmental Protection) | | | | |
| ▪ Uptake of GB Public & commercial area in EoL retrofit (Yearly %) | 0% | No data | | • 2017 = 0%<br>• 2030 = 75%<br>• 2035 = 100% | • Israel 2050 - A Thriving Economy in a Sustainable Environment. Measures, Goals and Vision by sectors, Eli Horowitz Conference (2019) | • Linear increase between the targets |
| ▪ Uptake of GB Public & commercial area in other retrofit (% of existing stock) | 0% | No data | | 0% | No targets | |
| ▪ Uptake of EN in new commercial area (Yearly %) | 0% | | • In BAU, we assume EN buildings are negligible. | • 2017 = 0%<br>• 2025 = 25%<br>• 2030 = 50%<br>• 2035 - 2050 = 100% | • Israel 2050 - A Thriving Economy in a Sustainable Environment. Measures, Goals and Vision by sectors, Eli Horowitz Conference (2019) | • Linear increase between the targets |
| ▪ Uptake of EN in new public area (Yearly %) | 0% | | • In BAU, we assume EN buildings are negligible. | • 2017 = 0%<br>• 2025 = 39%<br>• 2030 - 2050 = 100% | • Israel 2050 - A Thriving Economy in a Sustainable Environment. Measures, Goals and Vision by sectors, Eli Horowitz Conference (2019) | • The present targets include the specific target for education, based on the share of education in the public area.<br>• Linear increase between the targets |
| ▪ Uptake of EN Public & commercial area in EoL retrofit (Yearly %) | 0% | | • In BAU, we assume EN buildings are negligible | 0% | No targets | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ▪ Uptake of EN Public & commercial area in other retrofit (% of existing stock) | 0% | | • In BAU, we assume EN buildings are negligible | 0% | No targets | |

## INDUSTRY

Key parameters that are identical in the baseline and the abatement scenarios:

| Step | Subject | Key inputs | Baseline | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Data value | Source | Assumptions / Comments |
| Industry sector | | | | | |
| 2.a. | Energy consumption forecast for cement industry | ▪ Clinker production for the latest available year (ton) | • 2017 = 3,489,587 | MRV | |
| | | ▪ Annual growth rate in cement energy intensity (%) | 0% | Internal assumption | |
| | | ▪ Cement clinker content | • 2017 - 2020 = 81%<br>• 2025 - 2050 = 84% | | • Because of the closing of coal power plants, reduced access to coal ash as a clinker substitute means that there is no possibility to have a smaller clinker content<br>• The consumption goes up to 84% in 2025 because of the closing of all coal power plants |
| 2.b. | Consumption forecast for fuels used in petrochemistry industry (gas + propylene + naphtha) | ▪ Energy consumption of petrochemistry fuels for the latest available year (MWh) | See general parameters | | |
| | | ▪ Annual growth rate in petrochemistry fuel intensity (MWH/MWh Oil distillates) | 0% | Internal assumption | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.c. | Energy consumption forecast for fuel oil refineries self-consumption | ▪ Energy consumption of Fuel oil and natural gas for refineries self-consumption for the latest available year | See general parameters | | |
| | | ▪ Refineries capacity (10^6 tons / year) | Haifa refinery: 9.8<br>Ashdod refinery: 5.2 | Fuel Sector Policy Mapping Report, 2015 | |
| 4.a. | Projected Final Consumption Breakdown<br>- General fuels consumed by all industries | Fixed fuel oil consumption for specific factories, of specific industries (ton) | by the end of 2017: 0<br>by the end of 2018: 39,146<br>by the end of 2019: 41,869<br>by the end of 2020: 41,807<br>by the end of 2021: 4,900 | Government Decision 3080 Report Updated 01.19 | |
| | | Natural gas and LPG fuel split | • NG = 84%<br>• LPG = 16% | CBS, Energy Balance 2017 (published 04/2019) | |
| 4.b. | Projected Consumption Breakdown<br>Specific fuels consumed by specific industries | ▪ Petrochemicals industries fuel split | • Gas = 13%<br>• Propylene = 15%<br>• Naphtha = 72% | Calculated from: Fuel and LPG Department, Ministry of Energy, 2017 data | |

**Additional key assumptions**:

For the BAU:

1) Regarding projected final fuels consumption, we assume that for the whole period:
- Fuel oil consumption is linked to the Government decision no. 3080.
- Diesel fuel has an intensity annual growth rate of -1% (linked to the intensity of total industry energy consumption)
- Naphtha has a fixed consumption of 11,117 MWh, which corresponds to the 2017 industry consumption.

2) The remaining final energy consumption is assumed to be natural gas and LPG. To determine the quantity of each, the current split of LPG and natural gas is used for the whole period.

3) For petrochemistry industry fuels, the respective quantities of gas, propylene and naphtha, are determined applying the current split of these three fuels is used for the whole period.

For the abatement scenario:

1) Oil distillates consumption BEFORE displacement is assumed to follow the same assumptions mentioned in the first note above. Additionally, LPG consumption is equal to LPG consumption in the BAU.
2) Displacement of oil distillates is inputted by the modeler (see table below for the values)
3) Electricity and hydrogen are modelled separately using an electrification rate and an uptake of hydrogen (inputted by the modeller).
4) The remaining final energy consumption is assumed to be natural gas
3) For petrochemistry industry fuels, the respective quantities of gas, propylene and naphtha, are determined applying the current split of these three fuels is used for the whole period.

Key parameters that are **different** in the baseline and the abatement scenarios:

| Step | Subject | Key inputs | Baseline | | | Abatement scenario | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Data value | Source | Assumptions / Comments | Data value | Source | Assumptions / Comments |
| 1 | Projected Final Energy consumption of general fuels consumed by all industries | ▪ Annual growth rate in intensity of total final energy consumption (%) | -1.00% | Based on an analysis of the CBS energy balance and CBS data on industrial GDP for the period of 2013-17, during which an intensity improvement of 1.5% annually was found. | • We took a conservative approach and chose a decrease of 1%.<br>• We then inputted this value in the model and calculated the growth in the annual industrial final energy consumption (result: -0.01%), in order to check and compare it to the industrial final energy consumption growth of:<br>- The world: 0.87%<br>- OECD countries: -0.28%<br>- EU: -0.88%<br>- USA: 0.06%<br>- non-OECD countries: 1.20% | -1.765% | | • Manual calibration with the improvement factor (total energy consumption reduction in 2050 between BAU and 2017 data) of 20%. |
| 2.c | | Refineries closure date | Haifa and Ashdod refineries: no closure | | | Haifa refinery: 2040 | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Ashdod refinery: no closure | | |
| 4.a | Projected Final Energy Consumption Breakdown | Annual percentage of oil distillates that are displaced (fuel oil, diesel, naphtha, kerosene, LPG) | NA | NA | | • 2017-2025 = 0%<br>• 2030 = 10%<br>• 2035 = 20%<br>• 2040 = 30%<br>• 2045 = 50%<br>• 2050 = 60% | | |
| | | Electrification rate (%) | NA | NA | | • 2017 - 2030 ≈42.7%<br>• 2050 = 52.2 % | •2017 – 2030: equal to BAU<br>• 2050: calculated | • 2050: calculated based on an increase of 20% of the 2017 electrification rate<br>• Linear increase between targets |
| | | Hydrogen uptake (%) | 0% | | | • 2050 = 15% | Internal assumption | |
| 4.b | Projected Final Energy Consumption Breakdown | ▪ Uptake of alternative fuels in the fuel mix of the cement industry (% of mass) | • 2017 = 20.1%<br>• 2020 - 2050 = 35% | • 2017: calculated from CBS, Energy Balance 2017 (published 04/2019)<br>• 2020 - 2050: cement industry | • Linear increase between targets | • 2017 = 20.1%<br>• 2020 = 35%<br>• 2030 -2050 = 85% | • 2050: Potential from the cement industry | • Linear increase between targets |

## WASTE

Key parameters that are **identical** in the baseline and the abatement scenarios:

| Step | Subject | Key inputs | Baseline | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Data value | Source | Assumptions / Comments |
| Waste | | | | | |
| 1.a | Projected total waste generation and breakdown per type of waste | ▪ Waste per capita (ton) | 1.7-1.8 Kg / capita / day | CBS, Ministry of Environmental Protection | |
| | | ▪ Population forecast (capita) | | See general parameters | |
| | | ▪ Annual increase rate of waste production per capita (%) | 0-1% | Ministry of Environmental Protection | |
| | | ▪ Historic Waste Composition (Mass Percentage) | Organic material 34%<br>Yard waste and wood 2%<br>Paper and cardboard 24%<br>Textile 4%<br>Nappies 6%<br>Plastics 18%<br>Metals 3%<br>Other + glass 9% | MRV, 2017 | |
| 1.e. | Methane emissions from landfill | ▪ Methane emissions from existing waste for the latest available year ($tCO_2e$) | For 2017: 5,510,171 $tCO_2e$ | MRV, 2017 | |
| | | ▪ Annual methane emission reduction rate for previously landfilled waste (%) | 6% | MRV, 2017 | |
| | | • Percentage of collected methane | 5% | MRV, 2018 | |

Key parameters that are **different** in the baseline and the abatement scenarios:

| Step | Subject | Key inputs | Baseline | | | Abatement scenario | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Data value | Source | Assumptions / Comments | Data value | Source | Assumptions / Comments |
| Waste | | | | | | | | |
| 1.c. | Projected total of energy recovery waste | ▪ energy recovery rate | 2017 = 2.7% - 2050 = 1.6% | Calculated according to the RDF quantities available (output of the industry sector, step 4.b) | | • 2017 = 2.7%<br>• 2030 = 25% | Ministry of Environmental Protection | • 2007: calculated according to the RDF quantities available (output of the industry sector, step 4.b)<br>• Peak of energy recovery in 2030, at 25%; then decrease<br>• 2031 – 2050: calculated |
| | | Industry alternative fuel in cement production (RDF) | | Output of the industry sector, step 4.b) | | | Output of the industry sector, step 4.b) | |
| 1.e. | Methane emissions from landfill | ▪ Methane emissions from new waste (Gg Methane) | Outputs from IPCC first order decay model | IPCC FOD model, tab Results, column O | | Outputs from IPCC first order decay model | IPCC FOD model, tab Results, column O | |
| | | Total landfilling rate (%) | 80% | CBS, 2017. Solid waste (1) collected and sent for recycling in local authorities, by district and sub-district | | 2017-2023= 80%<br>2030 = 20%<br>2050= 0% | Ministry of Environmental Protection | Linear increase between targets |
| | | Organic Material Landfilling Rate (%) | N/A | | | 2017-2023= 80%<br>2030 = 0%<br>2050= 0% | Ministry of Environmental Protection | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Paper and Cardboard Landfilling Rate (%) | N/A | | | 2017-2023= 80%<br>2030 = 0%<br>2050= 0% | Ministry of Environmental Protection | Linear increase between targets |
| | | Percentage of collected methane (%) | 5% | MRV, 2017 | | 2017 – 2020=5%<br>2025 = 10%<br>2050 = 74.4% | CBS GHG inventory, 2018<br>Yoav Yinon | • Calculated based on emissions in old landfills (pre 2004), and methane collection rate in new landfills (assume 50% collection in active landfills, 90% in closed landfills)<br>• Additional assumptions: relevant to methane from waste landfilled from 2005 onwards, landfills close gradually from 2040-50 |

## TRANSPORT

Key parameters that are **identical** in the baseline and the abatement scenarios:

| Step | Subject | Key inputs | Baseline | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Data value | Source | Assumptions / Comments |
| Transport | | | | | |
| 1.b. | Projected fuel efficiency by transport mode and technology | ▪ Fuel efficiency improvement rate, by transport mode and technology (%) | 0 % for all. | Assumption | |
| | | ▪ Fuel efficiency for each transport mode and technology for the latest available year (km/liter or km/MWh) | See transport tables below. | • Fuel efficiency 2014, Assessment of Greenhouse Gas Emission Reduction Potential and Recommended National Target for Israel, calibrated to reflect actual fuel consumption data<br>• Private cars electricity: data processing of Fueleconomy.gov electric trucks: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261918318361<br>• CNG: Based on 7.1 MPGCE and 125,000 BTU per GCE of CNG class 4/5 https://ww2.energy.ca.gov/2018publications/CEC-200-2018-005/CEC-200-2018-005.pdf<br>• Hydrogen: average of different models for private vehicles (https://h2.live/en/fahren )<br>For bus: average of different prototypes (https://www.ballard.com/docs/default-source/web-pdf's/foshan-bus-case-study.pdf?sfvrsn=d03dc380_4 ; https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72208.pdf ) | • Hydrogen, commercial < 3.5t: estimated as the middle between private cars and trucks |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | AIR TRANSPORT. Forecast of kerosene consumption | ▪ Energy consumption of kerosene for domestic flights for the latest available year (in ton, converted in MWh) | 344,293 MWh | CBS, Energy Balance 2017 (published 04/2019) | |
| | | ▪ Annual change rate of kerosene consumption (%) | 6.6% | Historical analysis based on Fuel Authority fuel demand data for 2001-2017 period | |

Key parameters that are **different** in the baseline and the abatement scenarios:

| Step | Subject | Key inputs | Baseline | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Data value | Source | Assumptions / Comments |
| 1.a. | Projected VKM per transport mode and technology | ▪ Fuel split by transport mode | See transport tables below. | BAU: Working group assumptions | Abatement: 100% electrification, except for rail-freight |
| | | • Forecast of VKM by transport mode - Private cars, Commercial<3.5 ton, Trucks, Taxi, Bus lines, Bus tour, Motorbike, Rail, Mass Transit, Rail – freight | See transport tables below. | BAU: Transport model BAU<br><br>Abatement: Internal calculation based on required modal shift, load factors | Abatement scenario: assumption on VKM reduction relative to BAU:<br>• Private vehicles and trucks: 2030 = 15%, 2040 = 20%, 2050=25%<br>• Shift to public transport: Bus lines = 55% rail = 40% mass transit = 5%<br>• Considering the following load factors: Private vehicles = 1.20 passengers Bus = 27.70 passengers Rail = 450 passengers Mass transit = 250 passengers Trucks = 7.40 tonnes Rail-freight = 649.70 tonnes |

## Transport tables:

**1) Fuel efficiency for each transport mode and technology for the latest available year:**

| Parameter | Units | 2017 |
|---|---|---|
| **Private cars** - Gasoline | KM/liter | 11.38 |
| Private cars - Diesel fuel | KM/liter | 16.47 |
| Private cars - Electricity | KM/MWh | 5,500 |
| **Train**- Diesel fuel | KM/liter | 0.16 |
| Train - Electricity | KM/MWh | 40 |
| Light train- Electricity | KM/MWh | 100 |
| **Rail - Freight** - Diesel fuel | KM/liter | 4.38 |
| Rail - Freight - Electricity | KM/MWh | 40 |
| **Commercial<3.5 ton** - Gasoline | KM/liter | 6.40 |
| Commercial<3.5 ton - Diesel fuel | KM/liter | 8.97 |
| Commercial<3.5 ton - CNG | MMBTU/KM | 0.01 |
| Commercial<3.5 ton - Electricity | KM/MWh | 3,318 |
| Commercial<3.5 ton - Hydrogen | KM/MWh | 2,026 |
| **Trucks** - Gasoline fuel | KM/liter | 6.42 |
| Trucks - Diesel fuel | KM/liter | 3.12 |
| Trucks - CNG | MMBTU/KM | 0.01 |
| Trucks - Electricity | KM/MWh | 1,136 |
| Trucks - Hydrogen | KM/MWh | 425 |
| **Taxi** - Gasoline | KM/liter | 11.38 |
| Taxi - Diesel fuel | KM/liter | 16.47 |
| Taxi - Electricity | KM/MWh | 5,500 |
| **Bus lines** - Diesel fuel | KM/liter | 1.42 |
| Bus lines - CNG | KM/liter | 0.33 |
| Bus lines - Electricity | KM/MWh | 655 |
| Bus lines - Hydrogen | KM/MWh | 284.13 |
| **Bus** tour- Diesel fuel | KM/liter | 1.42 |
| Bus tour - CNG | KM/liter | 0.33 |
| Bus tour - Electricity | KM/MWh | 654.76 |
| Bus tour - Hydrogen | KM/MWh | 284.13 |
| **Motorbike** - Gasoline | KM/liter | 20.38 |
| Motobike - Electricity | KM/MWh | 6,340.00 |

**2) Fuel split by transport mode**

* Uptake projections were generated by the Transport model realized by Nir Sharav &partners.

→ **BAU**

| Fuel split by transport mode | Units | 2017 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Private cars** - Gasoline | % | 95% | 95% | 94% | 88% | 74% | 63% | 48% | 35% |
| Private cars - Diesel fuel | % | 5% | 5% | 5% | 4% | 4% | 3% | 2% | 2% |
| Private cars - Electricity | % | 0% | 0% | 2% | 8% | 22% | 34% | 50% | 63% |
| **Train**- Diesel fuel | % | 100% | 80% | 61% | 50% | 33% | 20% | 10% | 0% |
| Train - Electricity | % | 0% | 20% | 39% | 50% | 67% | 80% | 90% | 100% |
| Light train- Electricity | % | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **Rail - Freight** - Diesel fuel | % | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Rail - Freight - Electricity | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Commercial<3.5 ton** - Gasoline | % | 15% | 15% | 15% | 15% | 14% | 12% | 10% | 10% |
| Commercial<3.5 ton - Diesel fuel | % | 85% | 85% | 85% | 83% | 78% | 66% | 56% | 56% |
| Commercial<3.5 ton - CNG | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Commercial<3.5 ton - Electricity | % | 0% | 0% | 0% | 2% | 8% | 22% | 34% | 34% |
| Commercial<3.5 ton - Hydrogen | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Trucks** - Gasoline fuel | % | 1% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% |
| Trucks - Diesel fuel | % | 99% | 96% | 95% | 94% | 90% | 86% | 81% | 77% |
| Trucks - CNG | % | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Trucks - Electricity | % | 0% | 1% | 2% | 3% | 7% | 11% | 17% | 21% |
| Trucks - Hydrogen | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Taxi** - Gasoline | % | 2% | 1% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Taxi - Diesel fuel | % | 98% | 99% | 97% | 92% | 78% | 66% | 50% | 37% |
| Taxi - Electricity | % | 0% | 0% | 2% | 8% | 22% | 34% | 50% | 63% |
| **Bus lines** - Diesel fuel | % | 100% | 100% | 98% | 92% | 78% | 66% | 50% | 37% |
| Bus lines - CNG | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Bus lines - Electricity | % | 0% | 0% | 2% | 8% | 22% | 34% | 50% | 63% |
| Bus lines - Hydrogen | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Bus** tour- Diesel fuel | % | 100% | 100% | 98% | 92% | 78% | 66% | 50% | 37% |
| Bus tour - CNG | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Bus tour - Electricity | % | 0% | 0% | 2% | 8% | 22% | 34% | 50% | 63% |
| Bus tour - Hydrogen | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Motorbike** - Gasoline | % | 100% | 100% | 98% | 92% | 78% | 66% | 50% | 37% |
| Motobike - Electricity | % | 0% | 0% | 2% | 8% | 22% | 34% | 50% | 63% |

→ **Abatement:**

| Fuel split by transport mode | Units | 2017 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Private cars** - Gasoline | % | 95% | 95% | 92% | 75% | 43% | 12% | 6% | 0% |
| Private cars - Diesel fuel | % | 5% | 5% | 5% | 4% | 2% | 1% | 0% | 0% |
| Private cars - Electricity | % | 0% | 0% | 4% | 21% | 54% | 87% | 94% | 100% |
| **Train**- Diesel fuel | % | 100% | 77% | 59% | 50% | 33% | 20% | 9% | 0% |
| Train - Electricity | % | 0% | 23% | 41% | 50% | 67% | 80% | 91% | 100% |
| Light train- Electricity | % | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| **Rail - Freight** - Diesel fuel | % | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Rail - Freight - Electricity | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Commercial<3.5 ton** - Gasoline | % | 15% | 15% | 14% | 12% | 7% | 2% | 1% | 0% |
| Commercial<3.5 ton - Diesel fuel | % | 85% | 85% | 82% | 67% | 39% | 11% | 5% | 0% |
| Commercial<3.5 ton - CNG | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Commercial<3.5 ton - Electricity | % | 0% | 0% | 4% | 21% | 54% | 87% | 94% | 100% |
| Commercial<3.5 ton - Hydrogen | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Trucks** - Gasoline fuel | % | 1% | 2% | 2% | 2% | 1% | 1% | 0% | 0% |
| Trucks - Diesel fuel | % | 99% | 96% | 95% | 87% | 55% | 25% | 12% | 0% |
| Trucks - CNG | % | 0% | 1% | 1% | 1% | 1% | 0% | 0% | 0% |
| Trucks - Electricity | % | 0% | 1% | 2% | 10% | 43% | 75% | 88% | 100% |
| Trucks - Hydrogen | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Taxi** - Gasoline | % | 2% | 1% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Taxi - Diesel fuel | % | 98% | 99% | 96% | 79% | 46% | 13% | 6% | 0% |
| Taxi - Electricity | % | 0% | 0% | 4% | 21% | 54% | 87% | 94% | 100% |
| **Bus lines** - Diesel fuel | % | 100% | 100% | 96% | 79% | 46% | 13% | 6% | 0% |
| Bus lines - CNG | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Bus lines - Electricity | % | 0% | 0% | 4% | 21% | 54% | 87% | 94% | 100% |
| Bus lines - Hydrogen | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Bus** tour- Diesel fuel | % | 100% | 100% | 96% | 79% | 46% | 13% | 6% | 0% |
| Bus tour - CNG | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Bus tour - Electricity | % | 0% | 0% | 4% | 21% | 54% | 87% | 94% | 100% |
| Bus tour - Hydrogen | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| **Motorbike** - Gasoline | % | 100% | 100% | 96% | 79% | 46% | 13% | 6% | 0% |
| Motobike - Electricity | % | 0% | 0% | 4% | 21% | 54% | 87% | 94% | 100% |

### 3) Forecast of VKM by transport mode

→ **BAU**:

| Parameter | Unit | 2017 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Private cars | VKM | 46,337,171,643 | 50,652,182,908 | 57,843,868,349 | 65,237,189,146 | 72,166,868,965 | 79,096,548,784 | 86,358,104,826 | 93,619,660,868 |
| Commercial<3.5 ton | VKM | 5,251,109,003 | 5,250,697,650 | 5,250,012,061 | 5,249,402,649 | 5,248,746,547 | 5,248,090,446 | 5,248,090,446 | 5,248,090,446 |
| Trucks | VKM | 3,465,408,108 | 4,124,732,400 | 5,223,606,220 | 5,876,532,966 | 6,770,173,933 | 7,663,814,900 | 8,829,246,797 | 9,994,678,694 |
| Taxi | VKM | 1,735,475,642 | 1,850,134,352 | 2,041,232,202 | 2,139,481,088 | 2,249,715,956 | 2,359,950,825 | 2,481,545,201 | 2,603,139,577 |
| Bus lines | VKM | 734,717,990 | 685,504,205 | 603,481,229 | 650,120,675 | 702,306,129 | 754,491,584 | 815,054,935 | 875,618,286 |
| Bus tour | VKM | 1,174,571,584 | 1,389,853,115 | 1,748,655,666 | 1,914,181,036 | 2,123,778,519 | 2,333,376,002 | 2,588,874,164 | 2,844,372,326 |
| Motobike | VKM | 955,671,940 | 1,036,060,824 | 1,170,042,297 | 1,270,253,754 | 1,393,997,292 | 1,517,740,830 | 1,665,593,666 | 1,813,446,502 |
| Rail | VKM | 16,128,727 | 16,368,885 | 16,769,149 | 19,399,951 | 22,682,223 | 25,964,495 | 30,357,419 | 34,750,344 |
| Mass Transit | VKM | 1,500,000 | 2,408,763 | 3,923,367 | 5,231,156 | 7,846,734 | 10,462,312 | 12,232,427 | 14,002,542 |
| Rail - freight | VKM | 2,030,000 | 2,258,325 | 2,638,866 | 3,052,861 | 3,569,373 | 4,085,886 | 4,777,175 | 5,468,465 |
| **Total** | **VKM** | **59,673,784,637** | **65,010,201,426** | **73,904,229,407** | **82,364,845,282** | **90,689,685,673** | **99,014,526,063** | **108,033,877,056** | **117,053,228,050** |

→ **Abatement:**

| Parameter | Unit | 2017 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Private cars | VKM | 46,337,171,643 | 48,440,503,750 | 51,946,057,262 | 55,451,610,775 | 59,364,424,901 | 63,277,239,027 | 66,745,992,339 | 70,214,745,651 |
| Commercial<3.5 ton | VKM | 5,251,109,003 | 5,069,005,138 | 4,765,498,695 | 4,461,992,252 | 4,330,232,304 | 4,198,472,357 | 4,067,270,096 | 3,936,067,834 |
| Trucks | VKM | 3,465,408,108 | 3,818,403,088 | 4,406,728,054 | 4,995,053,021 | 5,563,052,471 | 6,131,051,920 | 6,813,530,470 | 7,496,009,020 |
| Taxi | VKM | 1,735,475,642 | 1,828,707,668 | 1,984,094,378 | 2,139,481,088 | 2,249,715,956 | 2,359,950,825 | 2,481,545,201 | 2,603,139,577 |
| Bus lines | VKM | 734,717,990 | 775,536,377 | 781,549,079 | 787,561,781 | 917,873,921 | 1,048,186,061 | 1,144,416,073 | 1,240,646,085 |
| Bus tour | VKM | 1,174,571,584 | 1,345,250,688 | 1,629,715,862 | 1,914,181,036 | 2,123,778,519 | 2,333,376,002 | 2,588,874,164 | 2,844,372,326 |
| Motobike | VKM | 955,671,940 | 1,028,267,743 | 1,044,787,469 | 1,061,307,196 | 1,089,799,054 | 1,118,290,912 | 1,167,571,296 | 1,216,851,680 |
| Rail | VKM | 16,128,727 | 19,292,383 | 32,731,191 | 46,170,000 | 58,282,500 | 70,395,000 | 82,499,997 | 94,604,994 |
| Mass Transit | VKM | 1,500,000 | 2,361,036 | 10,642,734 | 18,924,431 | 28,386,647 | 37,848,863 | 44,357,285 | 50,865,707 |
| Rail - freight | VKM | 2,030,000 | 4,711,609 | 6,773,305 | 8,835,000 | 15,105,000 | 21,375,000 | 25,050,606 | 28,726,213 |
| **Total** | **VKM** | **59,673,784,637** | **62,332,039,480** | **66,608,578,030** | **70,885,116,580** | **75,740,651,273** | **80,596,185,967** | **85,161,107,527** | **89,726,029,087** |

## OTHER SECTORS

Key parameters that are **identical** in the baseline and the abatement scenarios:

| Step | Key inputs | Baseline | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Data value | Source | Assumptions / Comments |
| Other sectors | | | | |
| Step 1. | Electricity consumption | | | |
| 1.a. | Water sector electricity consumption | | | |
| | Seawater desalination initial forecast | • 2017 = 586,000,000<br>• 2025 = 800,000,000<br>• 2030 = 940,000,000<br>• 2040 = 1,290,000,000<br>• 2050 = 1,690,000,000 | Water Authority | The seawater desalination forecast is impacted by the water savings in GB (see key parameters below) |
| | Water consumption ($m^3$ / household / year) | 122 | MRV | |
| | Brackish water desalination | • 2017 =67,000,000<br>• 2025 = 80,000,000<br>• 2030 =80,000,000<br>• 2040 = 80,000,000<br>• 2050 = 80,000,000 | Water authority | |
| | Freshwater | • 2017 = 880,000,000<br>• 2025 = 1,030,000,000<br>• 2030 =1,050,000,000<br>• 2040 = 1,010,000,000<br>• 2050 = 910,000,000 | | |
| | Other water production | • 2017 = 842,000,000<br>• 2025 = 890,000,000<br>• 2030 = 920,000,000<br>• 2040 = 1,050,000,000<br>• 2050 = 1,230,000,000 | | |
| | Intensity - Seawater desalination (MWh / $m^3$) | 0.0034 | Ministry of Energy | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Intensity - Other water production | 0.00045 | Calculated based on 2017 water production energy consumption, using the seawater desalination intensity and the forecast of brackish water desalination, freshwater and other water production. | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1.b | Palestinian authority | | | |
| | Palestinian population growth rate | 2.8% | Growth rate 2016 Palestinian CBS | |
| | Palestinian population 2017 | 4,733,357.00 | Palestinian CBS | |
| | Energy consumption intensity yearly change rate | 0% | | |
| | Palestinian authority consumption | 0% | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1.c | Agriculture | | | |
| | Agriculture consumption annual change rate | 0.7% | Electricity Authority | Based on the average of the annual change rate of the last 10 years |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1.d. | Additional electricity generation - Hydrogen production | | | |
| | Hydrogen consumption (MWh) | Outputs from industry and transport sectors | | |
| | Losses to produce hydrogen (%) | 30.0% | | |

Step 2. Other fuels

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2.a | ▪ Energy consumption of kerosene in the economy for the latest available year (MWh) | See general parameters | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ▪ Annual change rate in kerosene (%) | -3.06% | Historical analysis based on Fuel and LPG Department, Ministry of Energy data, period 2001 – 2017 | |
| 2.b | • Annual change rate in fuel oil consumption | 0% | | |
| | • Energy consumption forecast for fuel oil consumption of other sectors | See general parameters | | |
| 2.c | • Annual change rate in LPG | 0% | | |
| | • Energy consumption forecast for LPG of other sectors | See general parameters | | |
| 2.d | • Annual change rate in diesel | 0% | | |
| | • Energy consumption forecast for diesel of other sectors | See general parameters | | |

## FUEL EXTRACTION AND PROCESSES

Key parameters that are **identical** in the baseline and the abatement scenarios:

| Key inputs | Data value<br>Baseline | Source | Assumptions / Comments |
|---|---|---|---|
| Fuels extraction processes | | | |
| Gas production emission factor (t emissions / million $m^3$ NG) | • $CO_2$ = 3.28<br>• $CH_4$ = 2.10<br>• $N_2O$ = 5.40E-05 | IPCC,table 4.2.4 tier 1 emission factors for fugitive emissions (including venting and flaring) from oil and gas operations in developed countries (p 48) https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_4_Ch4_Fugitive_Emissions.pdf | Taking into account: gas production fugitive and flaring, gas processing fugitives + flaring + venting |
| Gas storage, transmission and distribution emission factor (t emissions / million $m^3$ NG) | • CO2 = 5.51E-02<br>• $CH_4$ = 1.58<br>• $N_2O$ = - | | Taking into account: transmission fugitives + venting, storage, distribution |
| Natural Gas Exports (thousand metric tons) | 2017 = -51.8 | CBS, Energy Balance 2017 (published 04/2019) | |
| Natural Gas Imports (thousand metric tons) | 2017 = 369 | CBS, Energy Balance 2017 (published 04/2019) | |
| Total NG reserves as of end of 2017 (BCM) | 797 | Adiri Commission, Ministry of Energy<br>Conclusions of the professional team for periodic review of the recommendations of the Government's policy on the natural gas economy in Israel adopted by the Government's Resolution 442 of June 23, 2013 | |
| Export beginning date | 2025 | Ministry of Environmental Protection | |

## NON-ENERGY GHG EMISSIONS

Key parameters that are **identical** in the baseline and the abatement scenarios:

| Step | Subject | Key inputs | Data value | Source | Assumptions / Comments |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Baseline | | |
| Non-energy GHG emission | | | | | |
| 1 | Agriculture non-energy emissions | Annual growth rate (%) | 0.0% | Long-term agriculture emissions annual growth rate, GHG inventory CBS - 2018 | |
| | | CH4 emissions (Gg CH4) | 39 | 2017, CBS GHG inventory | |
| | | N2O emissions (Gg N2O) | 4.24 | 2017, CBS GHG inventory | |
| | | Emissions in last reported year ($tCO_2e$) | 2,142,695 | 2017, CBS GHG inventory | |
| 2 | Wastewater treatment emissions | Emissions in last reported year ($tCO_2e$) | 724,409 | 2017, CBS GHG inventory | |
| | | CH4 emissions (Gg CH4) | 39 | 2017, CBS GHG inventory | |
| | | N2O emissions (Gg N2O) | 4.24 | 2017, CBS GHG inventory | |
| | | Breakdown of emissions | Industrial 60%, Residential 40% | MRV | |
| 3. | Process emissions from lime, soda ash and nitric acid | Annual growth rate (%) | 0.00% | MRV | |
| | | Emissions in last reported year $tCO_2e$ | 143,324 | 2017, CBS GHG inventory | |
| | Process emissions from Clinker production | Clinker production emission factor ($tCO_2e$/Ton Clinker) | 0.51 | MRV | |
| | Process emissions from nitric acid | Emissions in last reported year $tCO_2e$ | 785,805 | 2015, CBS | |
| | | Reduction relative to 2015 data | 87% | Calculated from Ministry of Environmental Protection data | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4. | F-gas | Expected HFCs consumption ($tCO_2e$) | • 2019-2024: 5,884,000<br>• 2025 - 2028: 3,923,000<br>• 2029 - 2033 : 1,931,000<br>• 2034 - 2038: 1,308,000<br>• 2039 - 2050: 981,000 | Kigali amendment, as per MRV | Kigali Amendment implementation assumed to be BAU |
| | | Rate of emissions to HFC imports ($tCO_2e$ emission / $tCO_2e$ Import) | • 2019: 52%<br>• 2020 - 2050: 67% | MRV assumptions, as per CBS, GHG Inventory | |
| | | SF6 emissions intensity ($tCO_2e$ / GDP industry) | 0.616 | MRV (Calculated based on CBS data) | |
| | | PFCs emissions intensity (tCO2e / GDP industry) | 0.829 | | |
| | | Inhalers and medical sprays emissions intensity ($tCO_2e$ / capita) | 0.003 | | |
| | | Car scrapping emissions intensity (tCO2e / total vkm) | 0.00000034 | | |
| | | Population forecast | See general parameters | | |
| | | Total VKM | Output of transport sector | Output different for BAU and Abatement | |
| | | Industrial output | See general parameters | | |
| 5. | LULUCF | Annual growth rate (%) | 0.00% | | |
| | | Emissions in last reported year ($tCO_2e$) | -192,249 | 2017, CBS GHG inventory | |

Key parameters that are **different** in the baseline and the abatement scenarios:

| | Subject | Key inputs | Baseline | | | Abatement scenario | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Data value | Source | Assumptions / Comments | Data value | Source | Assumptions / Comments |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. | Wastewater treatment | Collected methane | • 2017 -2050 = 0% | | | 2020 = 0%<br>2025 = 5%<br>2030 = 10%<br>2035 = 20%<br>2040 = 30%<br>2045 = 40%<br>2050 = 50% | | |
| 4. | F-gas | Reduction in HFC consumption (Beyond Kigali) | N/A | | | 2040 = 10%<br>2045 = 50%<br>2050 = 100% | | |

# נספח ד' – תודות מיוחדות

פרופ' נתן זוסמן

ד"ר רוסלנה פלטניק

ד"ר איילת דוידוביץ

תובנות

מרכז השל לקיימות

סטודיו דגה

אגף תקציבים

בנק ישראל

החשב הכללי

המועצה הלאומית לכלכלה

המועצה להשכלה גבוהה

המשרד לשיוויון חברתי

הרשות להתחדשות עירונית

חברת החשמל

הלשכה המרכית לסטטיסטיקה

מכון התקנים

ממ"מ - הכנסת

מנהלת תחליפי נפט

מרכז המועצות האזוריות

מרכז השלטון המקומי

משרד האוצר

משרד הבינוי והשיכון

משרד הבריאות

משרד החינוך

משרד החקלאות

משרד העבודה, הרווחה והשירותים החברתיים

משרד הפנים

משרד ראש הממשלה

נציבות שוויון זכויות לאנשים עם מוגבלות במשרד המשפטים

נתיבי איילון

נתיבי הגז הטבעי לישראל בע"מ

נתיבי ישראל

עיריית אילת

עיריית אשדוד

עיריית חולון

עיריית כפר סבא

עיריית לוד

עיריית נתניה

עיריית רמת גן

עיריית תל אביב יפו

פורום ה-15

צה"ל

רשות הגז הטבעי

רשות החדשנות

רשות החשמל

רשות המיסים

רשות מקרקעי ישראל

שיכון ובינוי

תאגיד המחזור תמיר

Climate Science

EDF ישראל

Enlight

ICL Group

LMME

אגודת האדריכלים

איגוד המהנדסים לבניה ולתשתיות

איגוד המתכננים

איגוד חברות אנרגיה ירוקה לישראל

איגוד חברות הנפט והגז

איגוד לשכות המסחר

אינטל ישראל

איקאה

ניר שרב

מכללת תל חי אלמנט הנדסת סביבה

אפלייד מטיריאלס

אקולו-גיס סוכנות לייעוץ אקולוגי

בני וצביקה בע"מ

ברנמילר אנרג'י

גולדפרב זליגמן ושות'

גלפר תעשיות והפצה 1972 בע"מ

דלתא גליל תעשיות בע"מ

ההסתדרות החדשה

החברה המרכזית לייצור משקאות קלים בע"מ

הרצוג, פוקס, נאמן ושות'

התאחדות התעשיינים

התעשייה האוירית לישראל בע"מ

חיפה כימיקלים בע"מ

טביב

טמבור

טמפו

טרילידור

יונילוור

כימיכלים לישראל

כרמל אולפינים בע"מ

כתר פלסטיק

לשכת המסחר

מעבדה לעירוניות פורטור

מרכז הפלסטיקה והגומי בישראל

נובל אנרג'י

נטפים בע"מ

נספרסו ישראל בע"מ

נשר

סדרת לקייה

סודה סטרים אינטרנשיונל בע"מ

סומך חייקין KPMG

סטודיו צורא - נוף. אדריכלות. עירוניות

סינגולריטי

פוליכד מוצרי פלסטיק שפיים

פורום אנרגיות מתחדשות

פורום הגז הטבעי לתחבורה

פורום יצרני החשמל הפרטיים

צים שירותי ספנות משולבים בע"מ

קבוצת בז"ן

קפיטל נייצ'ר

רדימיקס

רפא - תעשיית תרופות

שופרסל

שוקן אדריכלים

שטראוס

תנובה

תע"ש

תרמוקיר

INSS

אוניברסיטת בן גוריון בנגב

אוניברסיטת תל אביב

האוניברסיטה העברית

האוניברסיטה הפתוחה

המכון החרדי למחקרי מדיניות

המכון הישראלי לאנרגיה סביבה

המכון הישראלי לחדשנות

המכללה למנהל

המרכז הבינתחומי הרצליה

הקרייה האקדמית אונו

מוסד שמואל נאמן בטכניון

מכון אאורה למשפט,יזמות חברתית והתחדשות עירונית

מכון אפקה

מכון הערבה

מכללת עמק יזרעאל

15 דקות

kayama - cradle to cradle

Future Mobility Israel

Greenpeace

SID - המרכז לבניה מתקדמת וירוקה

אג'יק - מכון הנגב

אגודת הגליל

אדם טבע ודין

אדמה

אזרחים למען הסביבה

אילת אילות

אלפנאר - לקידום תעסוקת ערבים בישראל

אנשי הים התיכון

אקואושן

אקופיס מזה"ת

ארגון שומרי הבית

ג'וינט אשל

האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה

החברה להגנת הטבע

המועצה לבנייה ירוקה

המועצה לישראל יפה

המרכז הדרוזי ישראלי

המרכז הערבי לתכנון אלטרנטיבי

המשרד לתכנון רב תחומי

העמותה לכלכלה בת קיימא

התאחדות הסטודנטים

חברת שורש

חיים וסביבה

חרדים לסביבה

יד הנדיב

ישראל 2050 מבית אגודת הסטודנטים

ישראל בשביל האופניים

כוח לעובדים

מחאת הנוער strike4future

מנהיגות אזרחית

מעלה

מען סינדיאנת הגליל

מרכז אינג'אז

מרכז חזן

מרכז לקיימות מקומית

נגב בר קיימא

ניהול וקיימות בע"מ

סיכוי

עמותת ארץ עיר

עמותת מרחב

פורום קהלת

שדולת הנשים

תחבורה בדרך שלנו

תחבורה היום ומחר

תכנית אב לתחבורה ירושלים

תנועת אור