

פוטנציאל הפחתת פליטות גזי חממה בישראל

עקומת עלות הפחתת גזי חממה בישראל

נובמבר 2009



	תוכן עניינים	
5	1. הקדמה	
5	1.1 מרכזיותו של נושא שינוי האקלים בעולם	
5	1.2 ממשלת ישראל קיבלה החלטה להיערך לנושא שינוי האקלים	
5	1.3 מטרת המסמך	
5	1.4 תודות	
7	2. תקציר מנהלים	
7	2.1 רקע	
8	2.2 עיקר הממצאים	
12	3. רקע	
12	3.1 חברת מקינזי פיתחה מתודולוגיה סדורה להערכת פוטנציאל הפחתת הפליטות	
13	3.2 מדינות וארגונים רבים משתמשים בעקומת העלות של מקינזי	
14	3.3 בניית עקומת עלות ההפחתה בוצעה בשיתוף מומחים מתחומים שונים	
15	4. מתודולוגיית העבודה	
16	4.1 תחילה נבנה תרחיש פליטות "עסקים כרגיל"	
16	4.2 בהמשך נותחו המנופים הטכנולוגיים המאפשרים הפחתה	
16	4.2.1 זיהוי המנופים הטכנולוגיים	
17	4.2.2 ניתוח פוטנציאל ועלות ההפחתה של המנופים	
17	4.3 כלל המנופים שולבו להצגת פוטנציאל ההפחתה	
18	4.4 כיצד יש לקרוא את עקומת עלות ההפחתה?	
19	4.5 שינויים התנהגותיים נבחנו בנפרד	
21	5. ממצאי העבודה	
21	5.1 הכפלה של פליטות גזי חממה בישראל בשנים 2005-2030 בתרחיש "עסקים כרגיל"	
23	5.2 ניתן להפחית כשני שלישי מהגידול הצפוי בישראל בגזי החממה הנפלטים-באמצעים טכנולוגיים שזוהו בעבודה זו	
25	5.3 פוטנציאל הפחתת הפליטות בישראל מוגבל בהשוואה לממוצע העולמי	
27	5.4 מיצוי פוטנציאל ההפחתה יאפשר שמירה על רמת פליטות קבועה לנפש בשנים 2005-2030	
28	5.5 יותר ממחצית מפוטנציאל ההפחתה בעל עלות שלילית למשק	
28	5.6 65% מפוטנציאל ההפחתה ב-2030 מרוכז בעשרה מנופים מרכזיים	
29	5.7 עקומת העלות רגישה למחירי הדלקים	
31	5.8 פוטנציאל ההפחתה משינויים התנהגותיים מסתכם ב-7MtCO ₂ e בשנת 2030	
32	5.9 מימוש הפוטנציאל אפשרי - אך מציב אתגרים רבים	
34	5.10 ניתוח מצב הביניים - תמונת הפליטות בישראל בשנת 2020	
37	6. הפחתה על פי מגזרים	
37	6.1 חשמל	
37	6.1.1 תרחיש "עסקים כרגיל" צופה גידול של 94% בפליטות ממגזר החשמל בשנת 2030 יחסית לשנת 2005	
38	6.1.2 תרחיש ההפחתה הנבחר מאפשר צמצום של 14MtCO ₂ e בפליטות ממגזר החשמל ב-2030 ע"י שילוב של טכנולוגיות סולאריות ורוח בתמהיל הייצור	

44	עלויות הפחתת פליטות	6.1.3
45	שיקולים נוספים ביישום התרחיש	6.1.4
48	מבנים	6.2
48	הגדרת תחום המבנים	6.2.1
48	התייעלות אנרגטית במבנים מושגת	6.2.2
49	רכיבי הצריכה המרכזיים	6.2.3
50	גידול הפליטות ממבנים בתרחיש "עסקים כרגיל"	6.2.4
51	קבוצות המנופים העיקריות להפחתת פליטות במבנים	6.2.5
53	פוטנציאל ההפחתה במבנים הנו כ-24% ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל"	6.2.6
55	מרבית מנופי ההפחתה בתחום המבנים מתאפיינים בעלות שלילית למשק	6.2.7
56	קיימים חסמים משמעותיים במימוש הפוטנציאל	6.2.8
57	תחבורה	6.3
57	מגזר התחבורה אחראי ל-18% מפליטות גזי החממה בישראל	6.3.1
57	בתרחיש "עסקים כרגיל" צפויה הכפלה של הפליטות בין 2005 ל-2030 עקב הכפלת הנסועה	6.3.2
58	ההפחתה בתחבורה מושגת על ידי מספר אמצעים	6.3.3
61	בתרחיש ההפחתה – כלי רכב היברידיים וחשמליים יהוו 45% מכלי הרכב החדשים ב-2030	6.3.4
62	בשנת 2030 ניתן להפחית 38% מהפליטות של תרחיש "עסקים כרגיל"	6.3.5
64	הפחתה ע"י שינויי התנהגות בתחבורה	6.3.6
68	התעשייה	6.4
68	מגזר התעשייה היווה 30% מפליטות גזי החממה בישראל ב-2005	6.4.1
68	בתרחיש "עסקים כרגיל" צפוי גידול של כ-115% בין 2005 ל-2030 בפליטות גזי החממה בתעשיות	6.4.2
69	ניתן להפחית 13% מהפליטות ב-2030 ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל"	6.4.3
73	מגזר הפסולת	6.5
75	סיכום	.7
77	רשימת קיצורים	.8
81	תודות	.9
85	נספח א' – הנחות יסוד למגזרים השונים	.10
85	חשמל	10.1
87	תחבורה – LDV: בנזין ודיזל	10.2
86	תחבורה – MDV: דיזל	10.3
91	תחבורה – HDV: דיזל	10.4
92	תחבורה – דלק חלופי	10.5
92	תחבורה – תחבורה ציבורית	10.6
95	מבנים – בנייני מגורים	10.7
99	מבנים – מסחריים/ציבוריים	10.8
103	תעשייה – כללי	10.9
105	תעשייה – כימיקלים	10.10
106	תעשייה – מלט	10.11
107	תעשייה – P&G	10.12

109	תעשייה – מים	10.13
110	חקלאות	10.14
111	יערנות	10.15
112	פסולת	10.16
115	נספח ב' – פוטנציאל הפחתה ועלות המנופים ב-2020 ו- 2030	.11
115	חשמל	11.1
115	תחבורה	11.2
116	מבנים	11.3
117	תעשייה – כללי	11.4
117	תעשייה – כימיקלים	11.5
118	תעשייה – מלט	11.6
118	תעשייה – זיקוק וגז	11.7
119	תעשייה – מים	11.8
119	חקלאות	11.9
120	יערנות	11.10
120	פסולת	11.11
121	נספח ג' – עשרת מנופי ההפחתה המרכזיים ב-2020	.12

1. הקדמה

1.1. מרכזיותו של נושא שינוי האקלים בעולם

מדענים רבים ברחבי העולם תומכים בסברה כי האקלים העולמי מתחמם וכי הסיבה לשינוי זה הינה פליטות גזי חממה.

הפאנל הבין-ממשלתי לשינוי אקלים (IPCC) קורא לנקיטת צעדים משמעותיים לשם הקטנת ההשפעה של שינויי האקלים על הסביבה, תוך ניסיון להגביל את עליית הטמפרטורה הגלובלית לסף של כ-2 מעלות צלזיוס ביחס לתחילת העידן התעשייתי, סף שמעליו צפויות השלכות סביבתיות משמעותיות.

על רקע זה, מתקיים דיאלוג בינלאומי שמטרתו קביעת ואימוץ מטרות הפחתת פליטות של גזי חממה ברמה הלאומית והגלובלית, ומדינות רבות נוטלות על עצמן יעדים שאפתניים לצמצום גזי החממה הנפלטים בשטחן.

1.2. ממשלת ישראל קיבלה החלטה להיערך לנושא שינוי האקלים

כחלק מהמאמץ הגלובלי לטיפול במשבר האקלים, החליטה ממשלת ישראל לבחון את האפשרות להפחית את פליטת גזי החממה בישראל (החלטת הממשלה מס' 250 מתאריך 24.5.09). בהמשך להחלטה זו הוקמה ועדת מנכ"לים בראשות מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה, שמטרתה היערכות ומוכנות לשינוי אקלים ולהפחתת פליטות גזי חממה. חברת מקינזי עבדה בשיתוף פעולה עם המשרד להגנת הסביבה ועם ועדת המנכ"לים כדי לבחון אפשרויות להפחתת גזי חממה, תוך בחינת ההשלכות הצפויות.

1.3. מטרת המסמך

מטרתו הבלעדית של מסמך זה היא לספק למקבלי ההחלטות תמונת מצב אובייקטיבית לגבי הפוטנציאל הקיים להפחתת פליטות גזי חממה בישראל, תוך הערכת העלויות הנלוות הכרוכות בהפחתה זו.

בנוסף להפחתת הפליטות הישירה והתרומה למאבק במשבר האקלים, קיימות תועלות משמעותיות עבור מדינת ישראל ביישום צעדי הפחתה: חיזוק עצמאותה בתחום האנרגיה, אפשרויות הפיתוח הכלכלי הטמונות במהלך זה, חיזוק מעמדה הבינלאומי של ישראל ושיוכה לארגון המדינות המפותחות, ושיפור ניקיונה של סביבת המחיה של אזרחי המדינה.

1.4. תודות

לחברת מקינזי ידע נרחב בנושא האמצעים השונים להפחתת גזי חממה. ידע זה הותאם ועודכן על סמך הנתונים הייחודיים לישראל באמצעות ראיונות וסדנאות עבודה שנערכו בהשתתפותם של מומחים ובעלי עניין. השילוב בין בסיס הידע העולמי למידע המקומי

שנאסף במהלך עבודתנו אפשר את בנייתה של עקומת הפחתה מותאמת לישראל, אך כזו המחוברת לכלל ההתפתחויות העולמיות בתחום.

ברצוננו להודות לאנשי המשרד להגנת הסביבה ולמומחים הרבים ממשרדי הממשלה, התעשיות השונות והארגונים הלא-ממשלתיים, שסייעו לנו רבות בחודשים האחרונים - הן בסדנאות העבודה המשותפות והן בראיונות האישיים ובפגישות העבודה שקיימנו. רשימה מפורטת של כלל הגורמים שסייעו בידינו מופיעה בסימום של מסמך זה (פרק 9).

אנו מאמינים כי דוח זה יהווה בסיס עובדתי- כמותי עבור קובעי המדיניות, בבואם להחליט אודות יעדי הפחתה עבור ישראל, ועבור בניית תוכנית יישום שתתמוך במימוש היעדים שייקבעו.

2. תקציר מנהלים

2.1. רקע

ועידת שינויי האקלים העתידה להתקיים בקופנהגן בדצמבר 2009, בהשתתפות למעלה מ-200 מדינות, צפויה להוות את המסגרת בה ינסו המדינות המשתתפות להגיע להסכמה אודות יעדים עולמיים ומדינתיים להפחתת פליטות גזי חממה.

בניסיון להיערך לאתגר זה, החליטה ממשלת ישראל על הקמתה של ועדת מנכ"לים בין משרדית לשם בחינת משמעויות שינויי האקלים על ישראל והערכת היכולת להפחית את פליטת גזי החממה (החלטת הממשלה מס' 250 מתאריך 24.5.09).

חברת מקינזי התבקשה ע"י המשרד להגנת הסביבה לסייע בכימות פוטנציאל הפחתת גזי החממה בישראל ובהערכת העלויות הנלוות למימוש פוטנציאל זה, תוך שימוש במתודולוגיה של מקינזי לבחינת פוטנציאל הפחתת גזי חממה שזכתה להכרה בינלאומית. המתודולוגיה כוללת מיפוי של למעלה מ-200 מנפים טכנולוגיים להפחתת פליטות גזי חממה, המצויים בעשרה מגזרים שונים. כלל התוצאות משולבות "בעקומת עלות להפחתה של פליטות גזי חממה" (GHG Abatement Cost Curve). עקומת העלות הישראלית מספקת לממשלת ישראל וקובעי המדיניות בסיס עובדתי כמותי, המסייע בהתדיינות אודות קביעת יעדי הפחתה ובקביעת מדיניות.

מעבר לנושא שינויי האקלים, ישנן סיבות מהותיות נוספות לתמיכה במעבר לכלכלה בעלת טביעת פחמן נמוכה:

עצמאות אנרגטית – הפחתת התלות בדלק מאובנים (פוסילי) הנה בעלת חשיבות אסטרטגית למדינת ישראל

פיתוח כלכלי – למדינת ישראל יש פוטנציאל לעמוד בחוד החנית של טכנולוגיות הקלינטק העולמיות. פיתוח שוק מקומי לטכנולוגיות אלו ולשירותים הנלווים מהווה שלב חיוני במימוש הפוטנציאל וביסוס מעמד מוביל בזירה העולמית.

מעמד בינלאומי – הפחתת פליטות גזי החממה תופסת מקום מרכזי בשיח הציבורי הבינלאומי. נכונות ישראלית להוות "שחקן פעיל" בשיחות, חשובה לחיזוק מעמדה הבינלאומי של ישראל ולקבלתה לארגון המדינות המפותחות, ה-OECD.

סביבה נקייה – הפחתה של פליטות גזי חממה מלווה לעיתים קרובות בהפחתת הפליטה של מזהמים נוספים, ובכך טומנת בחובה יתרונות בריאותיים ושיפור נלווה באורח החיים ובאיכותם.

2.2. עיקר הממצאים**ישראל צפויה להכפיל את פליטות גזי החממה עד 2030**

בהעדר נקיטת פעולות להפחתה, צפויה מדינת ישראל להכפיל את כמות פליטות גזי החממה עד לשנת 2030 – גידול מ- $71\text{MtCO}_2\text{e}$ ל- $142\text{MtCO}_2\text{e}$ המהווה שיעור גידול גבוה יחסית בהשוואה למדינות מפותחות בעולם. הגידול הצפוי בפליטות נובע משיעורי גידול האוכלוסין והגידול בתמ"ג לנפש, הגבוהים בהשוואה למדינות מפותחות אחרות. במונחי פליטות לנפש מדובר בגידול מערכי פליטה של 10.2 טון לאדם לשנה לכ- 14.3 טון בשנת 2030. לשם השוואה – פליטות גזי חממה לאדם בתרחיש עסקים כרגיל בשנת 2030 בארה"ב צפויות להיות 23 טון לאדם לשנה, במערב אירופה 10.7 טון לאדם לשנה, ובסין 11.3 טון לאדם לשנה.

ניתן להפחית כשני שלישי מהגידול הצפוי בישראל בגזי החממה הנפלטים - באמצעים טכנולוגיים שזוהו בעבודה זו

ניתוח מקינזי זיהה כי פוטנציאל ההפחתה מיישום כלל המנופים שנבחנו עומד על כ- $45\text{MtCO}_2\text{e}$. פוטנציאל הפחתה זה מהווה כשני שלישי מהגידול הצפוי בפליטות גזי החממה בין השנים 2005-2030 וכ- 32% מכלל הפליטות הצפויות ב-2030 בתרחיש "עסקים כרגיל". הפחתה באמצעות אמצעים טכנולוגיים מוגדרת ככזו שאינה מובילה לשינויים משמעותיים באורח החיים או ברמתם. פירוט של מנופי הפחתה, פוטנציאל ההפחתה ועלות כל מנוף מוצגים בעקומת העלות.

שינויים התנהגותיים מאפשרים הפחתה נוספת של כ- $7\text{MtCO}_2\text{e}$

באמצעות חוות דעת שהתקבלו ממומחים בישראל, נותחו שינויים התנהגותיים המאפשרים הפחתה נוספת של כ- $7\text{MtCO}_2\text{e}$ בפליטות גזי חממה עד לשנת 2030. דוגמאות לשינויי התנהגות אלו כוללות שימוש מופחת בתאורה, הגדלת היצע התחבורה הציבורית, הגדלת השימוש באופניים, העלאת טמפרטורת המיזוג במבנים והפחתה של צריכת הבשר.

מרבית פוטנציאל ההפחתה נובע משני נדבכים מרכזיים: מעבר למקורות אנרגיה בעלי טביעת פחמן נמוכה, והתייעלות אנרגטית

דוגמאות לשינוי תמהיל הדלקים ומעבר לייצור אנרגיה באמצעים בעלי טביעת פחמן (carbon footprint) נמוכה כוללות: מעבר משימוש בדלקי מאובנים (פוסיליים) לטכנולוגיות אנרגיה מתחדשת (25% מסך הייצור ב- 2030), מעבר משימוש בפחם לגז (36% מסך הייצור ב- 2030), ומעבר משימוש בדלקי מאובנים (פוסיליים) לדלקים ביולוגיים בתעשיית הרכב. התייעלות אנרגטית כוללת שימוש בנורות חסכוניות, שיפור צריכת הדלק בכלי רכב ושימוש במכשירי חשמל בעלי צריכת אנרגיה נמוכה (מזגנים, מקררים וכו'). 8% מכלל פוטנציאל ההפחתה אינו נובע משתי קטגוריות אלו. מרבית הפחתה זו נובעת מטיפול בפסולת ומחקלאות.

באמצעות יישום עשרת המנופים בעלי פוטנציאל ההפחתה הגדול ביותר ניתן לממש 65% מפוטנציאל ההפחתה

עשרת המנופים המשמעותיים ביותר הנם:

1. מעבר לשימוש נרחב בטכנולוגיה תרמו-סולארית לייצור חשמל
2. מעבר לשימוש נרחב בטכנולוגיה פוטו-וולטאית לייצור חשמל
3. התייעלות בתצרוכת הדלק של כלי רכב בעלי מנוע בעירה פנימי
4. שיפור היעילות האנרגטית במבנים חדשים באמצעות שיפור התכנון ושיפור הבידוד
5. שימוש בתאורה חסכונית (LED, CFL) ובמערכות בקרת תאורה.
6. שיפור היעילות האנרגטית במבנים קיימים באמצעות שיפור הבידוד התורם להגדלת יעילות החימום והמיזוג
7. שינוי דלקים בתעשייה (שימוש בגז במקום במזוט).
8. ניצול פסולת קיימת להפקת חשמל
9. מעבר לשימוש נרחב מעבר בכלי רכב חשמליים והיברידיים (בהנחה שתמהיל הדלקים לחשמל ישתפר)
10. שימוש בטורבינות רוח לייצור חשמל

פוטנציאל הפחתת הפליטות בישראל מוגבל בהשוואה למדינות אחרות

הניתוח שביצענו מלמד כי פוטנציאל ההפחתה בישראל בהשוואה לתרחיש "עסקים כרגיל" (32%) נמוך בהשוואה למדינות אחרות שנבחנו (כ-54% במוצע), עקב ישימות נמוכה של

מספר אמצעי הפחתת פליטות הקיימים במדינות אחרות. בין המנופים ששימושתם בישראל נמוכה נכללים הפקת אנרגיה הידרואלקטרית, שימוש נרחב בביו-מסה, ותפיסת פחמן ואגירתו (CCS). ישימות השימוש בגרעין לייצור חשמל עבור ישראל כיום מוגבלת כיוון שפיתוח משק גרעין אזרחי מחייב למעשה חתימה על האמנה הבינלאומית לאי הפצת נשק גרעיני וישראל כיום אינה אחת המדינות החתומות על האמנה. גורם נוסף הגורע מיכולת הפחתת הפליטות בישראל הוא היעדר תעשייה כבדה בהיקפים גדולים (פטרוכימיקלים, פלדה, מתכות וכרייה) המתאפיינת בדרך כלל בפוטנציאל הפחתה משמעותי.

סך העלות הצפויה במימוש כלל מנופי ההפחתה הטכנולוגיים הנה כאפס בשנת 2030

מנופי הפחתה רבים הם בעלי עלות שלילית למשק, כלומר יישומם כדאי למשק מבחינה כלכלית. דוגמא למנופים אלה הנה מעבר לשימוש בתאורה חסכונית באמצעות שימוש בנורות חסכוניות - החיסכון המתקבל בצריכת החשמל גדול משמעותית מהעלות הנוספת הנדרשת עבור רכישת נורות אלו. יתרה מכך, סך העלויות במימוש כלל מנופי ההפחתה מתקזז עם החיסכון המתקבל כתוצאה מהיישום.

קיימים מספר חסמים למימוש, בלעדיהם היינו מניחים כי ישום המנופים הכדאיים למשק היה מתרחש בתרחיש "עסקים כרגיל". שני החסמים המשמעותיים ביותר הם:

השקעת ההון הראשוני הנדרש ותקופת החזר ההשקעה – ההשקעה הראשונית הנדרשת, במיוחד בתחומי המבנים והתחבורה, הנה משמעותית לעיתים, בעוד מרבית הצרכנים נוטים לבחון את השקעתם לטווח זמן קצר של כשנתיים לכל היותר.

העדר זהות בין המשקיע למוטב - עבור מספר הזדמנויות הפחתה בעלות כדאיות כלכלית למשק, המוטבים עקב הפעלת מנוף ההפחתה, הזוכים לחשבון חשמל מופחת, אינם הגורמים הנדרשים לבצע את השקעה הראשונית עבור מימוש ההפחתה. לדוגמא: לחברות הבנייה תמריץ מוגבל ביישום בידוד מתקדם בבתים מעבר לתקנים הנדרשים, משום שהמוטבים במקרים אלו יהיו בעלי הבתים ו/או הדיירים ולא חברת הבנייה עצמה.

מימוש פוטנציאל ההפחתה בישראל מצריך נקיטת פעולות מתאימות

מימוש כלל פוטנציאל ההפחתה כרוך בשינויים בהיבטי המדיניות הלאומית, התקנות התומכות (רגולציה) והתנהלות המגזר התעשייתי והציבורי.

הממשלה בישראל צריכה לשקול מהלך הכולל ארבעה שלבים עיקריים למימוש הפוטנציאל המתואר:

1. הצבת יעדים שאפתניים להפחתת גזי חממה כחלק מהמדיניות הממשלתית.

2. בניית LCGP (Low Carbon Growth Plan) – תכנית הפחתה לאומית הכוללת את הגדרת המנופים שבהם תתמוך המדינה, מנגנוני התמיכה הממשלתיים ולוחות הזמנים ליישום.
3. תרגום תוכנית ההפחתה הלאומית לצעדים אופרטיביים מפורטים הכוללים בין היתר מתן תמריצים לביצוע ההשקעות הראשונית הנדרשות למימוש.
4. מיסוד גוף מרכזי שיפקח על מימוש התוכנית, ויספק בסיס נתונים אמין תומך החלטות.

3. רקע

3.1. חברת מקינזי פיתחה מתודולוגיה סדורה להערכת פוטנציאל הפחתת הפליטות

סוגיית ההתחממות הגלובלית והשפעותיה החברתיות והכלכליות מתאפיינת בפערי ידע רבים ופרשנויות שונות של המידע הקיים. לשם התמודדות עם סוגיה זו פיתחה חברת מקינזי מתודולוגיה סדורה להערכת פוטנציאל הפחתה של פליטות גזי חממה. מתודולוגיה זו פותחה תוך שימוש בגישה מבוססת נתונים, לשם מיפוי של יותר מ-200 מנופי הפחתה טכנולוגיים של גזי חממה, בתחומים שונים ברמה הגלובלית. מנופים אלו מהווים את הבסיס ליצירת עקומת הפחתת גזי החממה.

פיתוח עקומת העלות התבסס על הידע הנרחב של מקינזי ומעורבותה בתעשיות השונות, ועל שיתוף הפעולה של חברות מובילות, מומחים מהתעשייה ומהאקדמיה וארגונים לא-ממשלתיים בישראל ובחו"ל (ראו מוצג 3.1).

מוצג 3.1

רשימת נותני החסות ופאנל המומחים המרכזיים אשר היו מעורבים בהכנת עקומת עלות הפחתה הגלובלית

פאנל מומחים	נותני חסות
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicholas Stern <i>London School of Economics</i> ▪ Bert Metz <i>IPCC</i> ▪ Jayant Sathaye <i>Berkeley</i> ▪ Fatih Birol <i>IEA</i> ▪ Jiang Kejun <i>ERI China</i> ▪ Steve Pacala <i>Princeton University</i> ▪ Ritu Mathur <i>TERI India</i> ▪ Mikiko Kainuma <i>NIES Japan</i> 	

העקומה, שפיתוחה ארך כשלוש שנים, עוברת תהליך מתמיד של עדכון באמצעות מידע חדש ועדכני וניסיון שנצבר בפרויקטים שונים המבוצעים במדינות רבות.

3.3. בניית עקומת עלות ההפחתה בוצעה בשיתוף מומחים מתחומים שונים

העבודה שבוצעה עבור המשרד להגנת הסביבה בישראל, למיפוי אמצעי ההפחתה השונים ועלותם למשק בישראל, נסמכה על המודל העולמי והידע הקיים בחברת מקינזי. ידע רב זה שולב בעבודה במהלך שלושת החודשים האחרונים, תוך ביצוע התאמות ועדכון הנתונים לישראל. אלה נעשו באמצעות שיחות עם מומחים רבים ממשרדי הממשלה, מהתעשייה ומארגונים שונים.

בנוסף נערכו סדנאות עבודה ייעודיות בהשתתפות מומחים וגורמי עניין בתחומים המרכזיים של העבודה. סך הכול נערכו 14 סדנאות כאלה בתחומים השונים. מספר המומחים ובעלי העניין שסייעו בפגישות ובסדנאות אלה עומד על יותר ממאה, פירוט המשתתפים מופיע בפרק 9 למסמך זה.

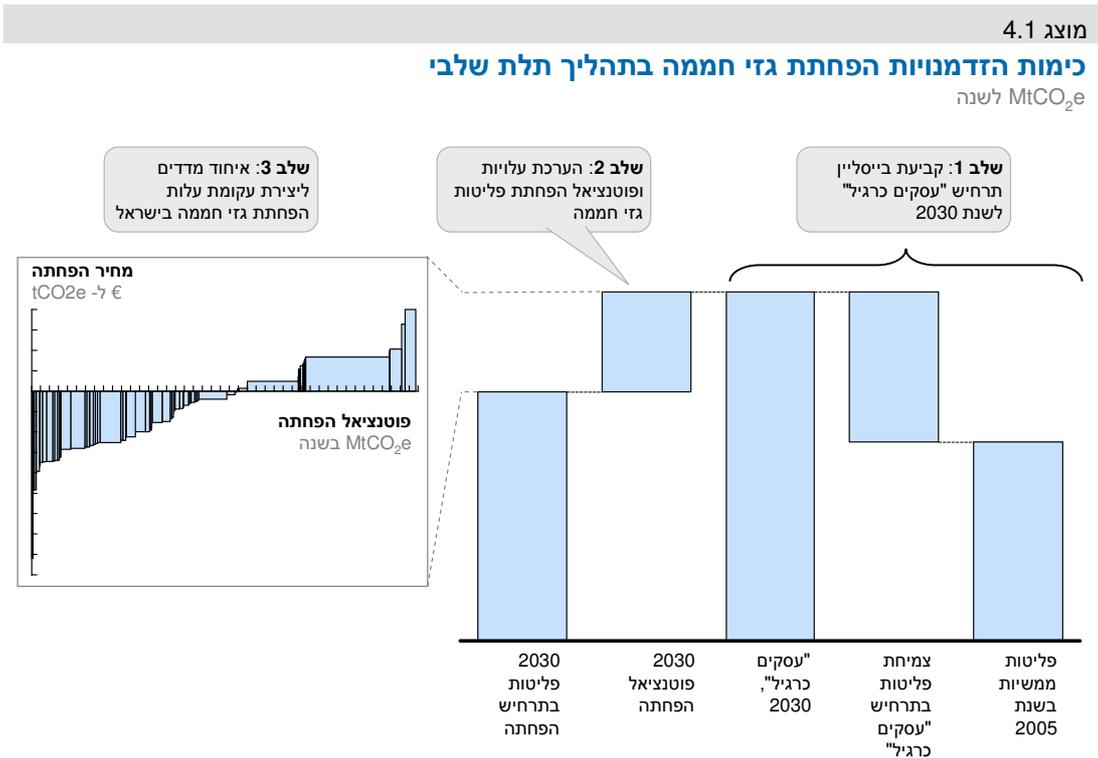
השילוב בין הפרספקטיבה העולמית למידע המקומי הנרחב שנאסף במהלך העבודה אפשר בנייתה של עקומת עלות הפחתה מותאמת לישראל אך נסמכת על כלל ההתפתחויות העולמיות בתחום.

4. מתודולוגיית העבודה

עקומת עלות ההפחתה מתארת את פוטנציאל הפחתת גזי החממה של למעלה מ- 200 אמצעים טכנולוגיים להפחתת גזי חממה. אנו מכנים את האמצעים הטכנולוגיים הללו "מנופי הפחתה". עלות יישום המנופים מחושבת על פי המתודולוגיה העולמית של מקינזי עם התאמות למאפייני המשק הישראלי. עקומה זו מהווה בסיס עובדתי-כמותי אודות פוטנציאל ההפחתה האפשרי, המסייע בקביעת יעדי הפחתה, והשתלבות במו"מ הבינלאומי בנושא.

בעת הערכת פוטנציאל הפחתת גזי החממה בישראל, נבחנת ההפחתה הניתנת להשגה על ידי יישום של למעלה מ-200 מנופי הפחתה טכנולוגיים (אמצעים טכנולוגיים להפחתת גזי חממה) הפרושים על פני עשרה מגזרים. כמו כן נבחנת העלות הנלווה להפעלת המנופים הללו.

הערכת הפוטנציאל מבוצעת בתהליך הכולל שלושה שלבים עיקריים (מוצג 4.1):



1. הערכה של כמות פליטת גזי החממה הצפויה עד לשנת 2030, המבוססת על תוכניות קיימות והרגולציה הצפויה, ללא יישום תוכניות חדשות להפחתת גזי החממה. הערכה זו

מכונה תרחיש פליטות "עסקים כרגיל" ומהווה בסיס הייחוס להפחתת פליטות בהווה ובעתיד בעזרת המנופים הטכנולוגיים השונים.

2. זיהוי מגוון מנופי הפחתה טכנולוגיים להפחתת פליטות גזי חממה. לגבי כל מנוף נותחו פוטנציאל הפחתת גזי החממה שביכולתו להפחית וכלל העלויות הנלוות ליישום.
3. שילוב כלל המנופים ליצירת עקומת עלות הפחתת גזי חממה בישראל. עקומה זו מציגה בצורה ברורה את פוטנציאל הפחתת גזי החממה של המשק ואת העלות הנלוות להפחתה זו ובכך מאפשרת ראייה רחבה ברמת המגזר הבודד, וברמת כלל המשק.

4.1 תחילה נבנה תרחיש פליטות "עסקים כרגיל"

מטרת תרחיש פליטות "עסקים כרגיל" היא לשקף את היקף פליטת גזי החממה בישראל בשנים 2010-2030 על פי המגמות הנוכחיות, תוך התחשבות במדיניות ממשלתית קיימת והרגולציה המיושמת נכון לשנת 2009. תרחיש זה משמש בסיס להשוואה עם תרחיש הפחתה שינותחו בהמשך.

לצורך בניית תרחיש "עסקים כרגיל" חולק המשק הישראלי לעשרה מגזרים עיקריים: חשמל, מבנים (בחלוקה למגורים ולמסחר), תחבורה, כימיקלים, מלט, זיקוק וגז, תעשיות אחרות, פסולת, חקלאות ויערנות. לכל אחד מהמגזרים נבנתה תמונת מצב עכשווית של פליטות שמקורן בשימוש בדלקים, חשמל ופליטות תהליכיות (לדוגמא: פליטות עקב תהליכים כימיים), ותחזית גידול הפליטות בין השנים 2005-2030. תחזית זו מסתמכת על הגידול הצפוי בפעילות המשק (גידול בתוצר, גידול באוכלוסייה, חדירת טכנולוגיות וכו'), תכניות אופרטיביות (לדוגמא, פיתוח משק הגז) והתייעלות אנרגטית צפויה.

4.2 בהמשך נותחו המנופים הטכנולוגיים המאפשרים הפחתה

ניתוח המנופים הטכנולוגיים בוצע בשני שלבים. תחילה זוהו המנופים הטכנולוגיים המתאימים למשק הישראלי ובהמשך נותח פוטנציאל הפחתה של המנופים ועלות הפעלתם.

4.2.1 זיהוי המנופים הטכנולוגיים

זיהוי מנופי הפחתה הישימים למשק הישראלי נעשה על ידי צוות מקינזי ישראל בסיוע מומחים עולמיים ומקומיים. המנופים שנסקרו כוללים בין היתר טכנולוגיות לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת, שימוש בדלקים חלופיים, דרכים להתייעלות אנרגטית (לדוגמא: שיפור הבידוד במבנים ובכך הקטנת צריכת החשמל בעבור מיזוג או חימום). תהליך הניתוח התבסס רובו ככולו על טכנולוגיות קיימות וזמינות מסחרית, תוך שילוב מספר מצומצם של

טכנולוגיות צעירות יותר המצויות כבר בשלבי הבשלה מתקדמים. טכנולוגיות בשלב בשלות מוקדם או כאלה הדורשות פריצות דרך מרחיקות לכת לא נכללו בניתוח. הניתוח התמקד במנופי הפחתה שעלותם בשנת 2030 צפויה להיות נמוכה מ-100€/tCO₂e.

4.2.2. ניתוח פוטנציאל ועלות ההפחתה של המנופים

פוטנציאל ההפחתה של כל אחד מהמנופים נותח באמצעות חישוב סך כל הפליטות שיימנעו עקב יישום מנוף ההפחתה במשך שנה אחת. לדוגמא, פוטנציאל ההפחתה ממעבר לנורות חסכוניות (CFL), חושב כסך פליטת גזי החממה שנחסך עקב הפחתת צריכת האנרגיה בהשוואה לנורות ליבון במשך שנה.

עלות הפעלתו של כל אחד מהמנופים נותחה בהשוואה לאי הפעלת המנוף וביצוע התהליכים כמו שהם במסגרת תרחיש "עסקים כרגיל". עלות ההפעלה השנתית עבור כל מנוף מורכבת מעלות ההשקעה הראשונית (כולל עלויות מימון), המהוונת לאורך חיי המנוף (ע"פ ריבית שנתית של 4%), בתוספת הוצאות התפעול השנתיות השוטפות, ובניכוי החיסכון השנתי המתקבל מהפעלת המנוף (בהשוואה לתרחיש "עסקים כרגיל").

לדוגמא, עלות הפעלת מנוף הנורות החסכוניות (CFL) חושב כתוספת העלות של רכישת הנורות בשנה – בהשוואה לרכישת נורות ליבון – פחות החיסכון השנתי בחשמל המתקבל עקב הפעלת נורות אלו.

"עלות ההפחתה" הינה העלות באירו הדרושה להפחתת טון אחד של גזי חממה (€/tCO₂e). עלות ההפחתה של מנוף מחושבת כעלות הפעלת המנוף חלקי פליטות גזי החממה שנמנעו בעקבות הפעלת המנוף (פוטנציאל ההפחתה). לדוגמא, עלות ההפחתה של מנוף נורות חסכוניות (CFL) חושבה כעלות הפעלת המנוף חלקי פוטנציאל ההפחתה המתקבל עקב מימוש.

חשוב לציין כי עלויות ההפחתה הן "עלויות לחברה", ללא התחשבות בזהות הנושא בעלות או הנהנה מפירותיה. אנו מניחים כי העלות הכלכלית למשק תישאר קבועה, בין אם העלויות יסובסדו על ידי הממשלה, יועברו לצרכן או ישולמו על ידי התעשיות. כמו כן, העלויות המוצגות במסגרת העבודה מהוות את העלויות הישירות בלבד, ללא העלויות העקיפות. כלומר, העלויות כוללות את מרבית העלויות הקשורות בהפעלת המנופים לכלכלה הישראלית, אך אינן כוללות עלויות/תועלות נוספות כגון עלות הניהול הנדרש להפעלת המנופים או עלויות חלופיות הנובעות מ"אי עשייה".

4.3. כלל המנופים שולבו להצגת פוטנציאל ההפחתה

כלל המנופים שנותחו אוגדו לתמונה כלל-משקית מאוחדת, תוך התחשבות בהשפעות צולבות (לדוגמא, השפעת המעבר לכלי רכב חשמליים על תחזית הביקוש לחשמל). התמונה

הכוללת מייצגת את פוטנציאל הפחתת הפליטות בישראל והעלויות הנלוות למימוש פוטנציאל זה.

פוטנציאל ההפחתה רגיש לסדר היישום של המנופים השונים. לדוגמה, מכיוון שמנופים המפחיתים את הביקוש לחשמל מפחיתים גם את כמות החשמל המיוצר, הרי הם מצמצמים גם את פוטנציאל הפחתת הפליטות הנובע משינוי תמהיל הדלקים במגזר החשמל.

הפחתת הפליטות כתוצאה מהפעלת מנוף מסוים נזקפת לזכות התעשייה המיישמת מנוף זה (לדוגמה, המעבר לנורות חסכוניות חוסך חשמל ולכן גם חוסך פליטות. הפחתה זו נזקפת לטובת מגזר המבנים ולא למגזר החשמל, מכיוון שהמנוף יושם במגזר זה).

לשם ניתוח המנופים נדרשו הנחות הכוללות את תחזיות ייצור החשמל, עלויות הדלקים, עלויות הטכנולוגיה, עקומות למידה של הטכנולוגיות השונות וכדומה. במקומות הנדרשים הותאמו התובנות של מחקרי מקינזי העולמיים לכלכלה הישראלית (לדוגמה, בוצעה התאמה מקומית של ההנחות העולמיות לגבי קצב חדירת כלי רכב חשמליים), והנתונים הייחודיים למשק הישראלי שוקללו בחישוב העלות ופוטנציאל ההפחתה. לפירוט ההנחות העיקריות ששוקללו בניתוח המגזרים השונים, ראו נספח א' בסיום מסמך זה.

פוטנציאל ההפחתה הכולל אינו מהווה תחזית, שכן הפחתת הפליטות בפועל יכולה להיות גבוהה או נמוכה מהמתואר בעקומה, בהתאם להיקף היישום של המנופים המוזכרים בה.

4.4 כיצד יש לקרוא את עקומת עלות ההפחתה?

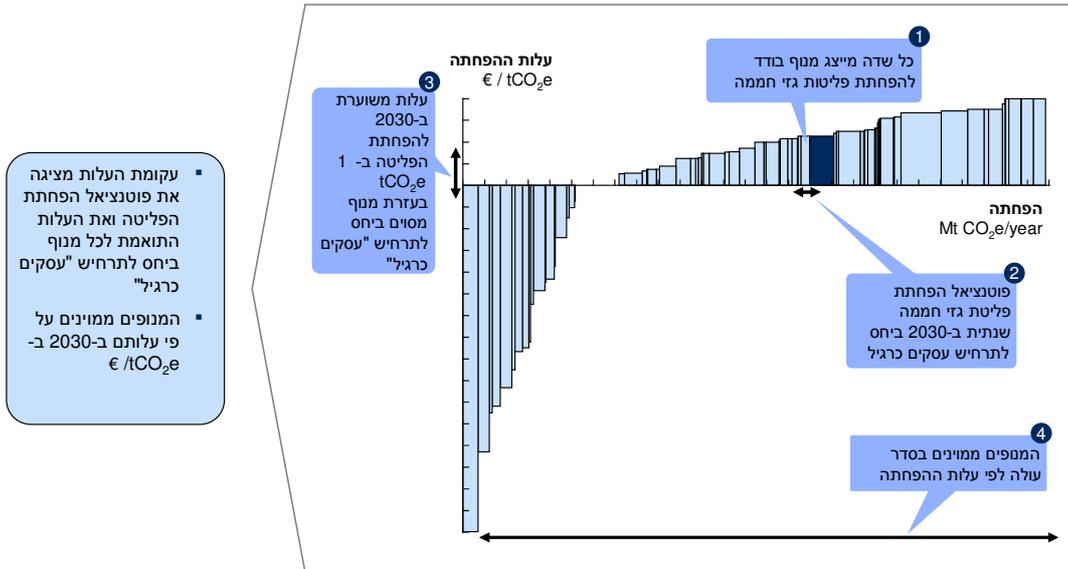
המנופים ממוינים על פי עלותם למשק בשנה המיוצגת בעקומה (לרוב 2030). עלות זו מתוארת בציר האנכי של העקומה, כאשר מנוף בעל עלות שלילית (חיסכון כלכלי) יופיע מתחת לציר האופקי, ומנוף בעל עלות חיובית יהיה מעליו. גובה המנוף מיוצג ביחידות עלות של $\text{€/tCO}_2\text{e}$ - כלומר, עלות ב- € להפחתת פליטת טון אחד של גזי חממה על ידי הפעלת המנוף.

בציר האופקי של העקומה מיוצג פוטנציאל ההפחתה של כל מנוף, המתאר את כמות הפליטות הניתנת להפחתה ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל". באופן כזה, רוחבה של העקומה כולה מייצג את סך פוטנציאל ההפחתה מיישום כלל המנופים. שטחו של כל מנוף מייצג את סך העלות או החיסכון שנבעו מהפעלת המנוף במלואו בשנה המתוארת בעקומה (מוצג 4.2).

מוצג 4.2

כיצד קוראים עקומת עלות הפחתת גזי חממה?

עקומת העלות מציגה את פוטנציאל ההפחתה והעלות לכל מנוף הפחתה ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל"



חשוב לציין שוב כי העקומה מתארת תרחיש הפחתה דינאמי, כלומר עקומת העלות של 2030 מציגה חתך עלות של שנה זו, בהנחה שהמנפים הופעלו במלואם ובמועדם לאורך השנים 2011-2030.

4.5 שינויים התנהגותיים נבחנו בנפרד

פוטנציאל הפחתת הפליטות כתוצאה משינויים התנהגותיים לא נכלל בעקומה עצמה ומופיע בנפרד כחלק מעבודה זו.

הפחתת גזי חממה אפשרית באמצעות מנפים טכנולוגיים וע"י שינויי התנהגות. שינוי טכנולוגי מאפשר להפחית את הפליטות תוך כדי שמירת הערך למשתמש (לדוגמא: שמירה על רמת תאורה זהה). שינוי התנהגות, לעומת זאת, אינו שקוף למשתמש, ומחייב אותו לשנות את אורך חייו (לדוגמא: מעבר מרכב בעל מנוע בעירה פנימית לאופנים).

ניתוח פוטנציאל ההפחתה משינויי התנהגות כולל רמה גבוהה יחסית של אי-ודאות מבחינת פוטנציאל ההפחתה. כמו כן, לא ניתן להצמיד עלות לשינויים התנהגותיים עקב חוסר היכולת לכמת עלות זו במדויק, ולכן לא נכללו שינויים אלה בעקומת העלות עצמה.

במסגרת עבודה זו נעשתה בחינה ראשונית של השפעת שינויי התנהגות מסוימים על פוטנציאל הפחתת הפליטות בישראל, ללא בחינת עלותם למשק, זאת מכיוון שקשה לייחס להם עלות (לדוגמה: קשה לייחס עלות ישירה למשק כתוצאה מהעלאת טמפרטורת המיזוג בשתי מעלות בקניונים עקב הקושי להעריך את ההשפעה על פדיון החנויות, תנועת הקונים ומשתנים רבים נוספים). גישה זו יושמה גם בשאר המדינות בעולם שנבנתה עבורם עקומת עלות הפחתת גזי חממה.

5. ממצאי העבודה

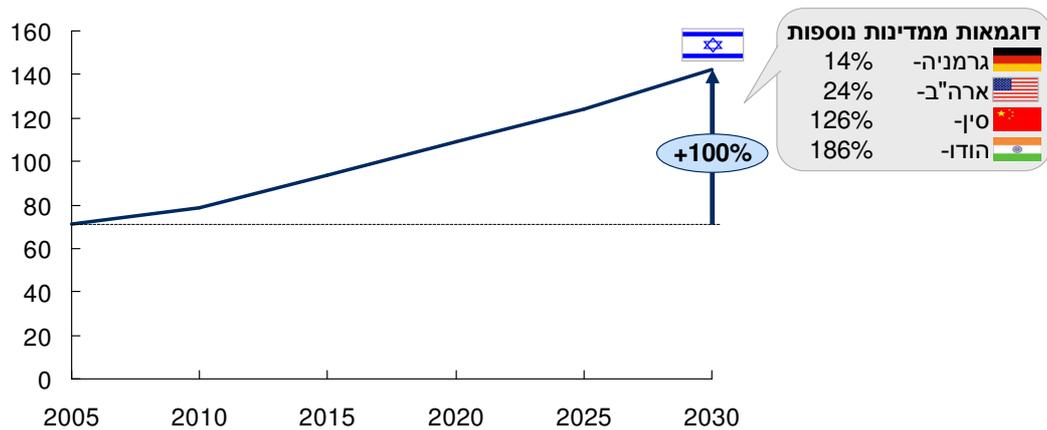
5.1 הכפלה של פליטות גזי חממה בישראל בשנים 2005-2030 בתרחיש "עסקים כרגיל"

תחזית הפליטות בתרחיש "עסקים כרגיל" צופה הכפלה של כמות פליטות גזי החממה בישראל, עד לרמה של 142MtCO₂e בשנת 2030 (מוצג 5.1).

מוצג 5.1

תחזית גידול פליטות גזי חממה – תרחיש "עסקים כרגיל" (BAU)

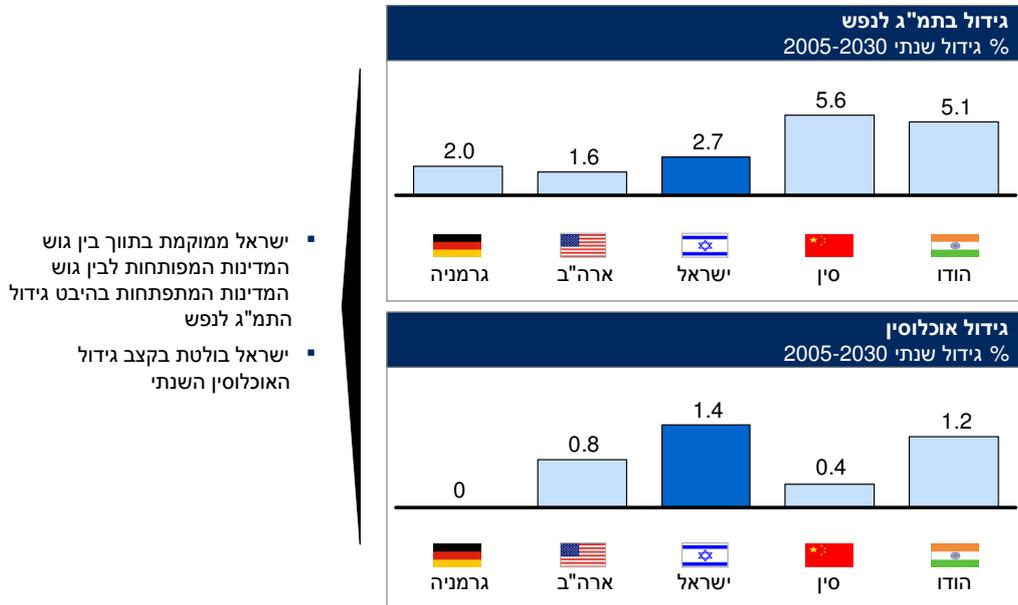
פליטות גזי חממה בישראל בתרחיש "עסקים כרגיל"
MtCO₂e בשנה



על פי תרחיש זה צפויות הפליטות לנפש בישראל לגדול ב-40% (קצב גידול שנתי של 1.4%), מערך של כ-10.2tCO₂e לנפש לכ-14.3tCO₂e בשנת 2030. הגידול הצפוי בפליטות גבוה מהערכים המקבילים במדינות מפותחות ונמוך מהגידול הצפוי במדינות המתפתחות, ונובע בעיקרו מקצב גידול האוכלוסין הגבוה הצפוי בישראל ומהגידול הצפוי בתמ"ג לנפש (מוצג 5.2).

מוצג 5.2

השוואת פרמטרי פיתוח וגידול בפליטות



- ישראל ממוקמת בתוך בין גוש המדינות המפותחות לבין גוש המדינות המתפתחות בהיבט גידול התמ"ג לנפש
- ישראל בולטת בקצב גידול האוכלוסין השנתי

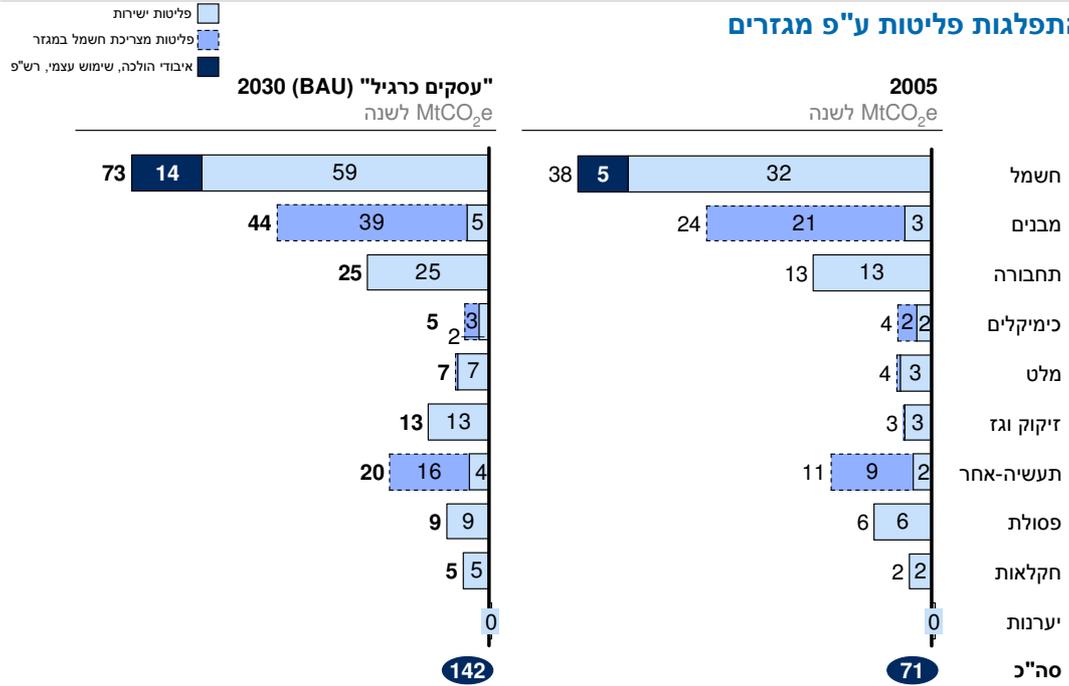
ניתן לחלק את פליטות גזי החממה לשתי קבוצות עיקריות: פליטות ישירות – הנובעות משריפת דלקים ותהליכים כימיים במגזרים השונים (לדוגמא: שריפת דלקים ליצירת קיטור בתעשיית הכימיקלים), ופליטות עקיפות – פליטות הנובעות מייצור חשמל הנצרך במגזרים השונים. מוצג 5.3 מראה כי מתוך כלל הפליטות של משק החשמל, מיעוטן נגרם עקב "צריכה עצמית" של מערכת החשמל (לדוגמא עקב איבודי הולכה) ועקב החשמל הנצרך ע"י הרשות הפלסטינאית, ומרביתן נובע מפליטות ישירות ועקיפות.

הפליטות העקיפות הנובעות מייצור חשמל, משויכות למגזרים השונים בהתאם לצריכת החשמל בכל מגזר (לדוגמא: צריכת החשמל במבנים עקב תאורה – משויכת כפליטה עקיפה ממבנים) כך שסך הפליטות העקיפות מכלל המגזרים שווה לפליטות הישירות המתקבלות ממגזר החשמל.

הפליטות שמקורן בייצור חשמל עבור המגזרים השונים, הן הרכיב המשמעותי ביותר מתוך סך הפליטות, האחראי לכ- 59MtCO₂e פליטות בשנת 2030.

מוצג 5.3

התפלגות פליטות ע"פ מגזרים

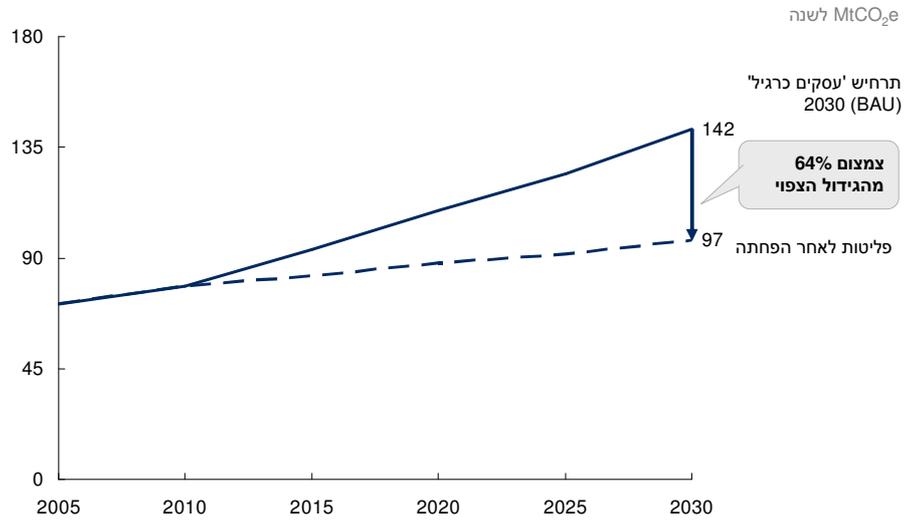


5.2. ניתן להפחית כשני שלישי מהגידול הצפוי בישראל בגזי החממה הנפלטות - באמצעים טכנולוגיים שזוהו בעבודה זו

ניתוח מקינזי זיהה כי פוטנציאל ההפחתה מיישום כלל המנופים שנבחנו עומד על כ-45MtCO₂e. פוטנציאל הפחתה זה מהווה כשני שלישי מהגידול הצפוי בפליטות גזי החממה בין השנים 2005-2030 וכ- 32% מכלל הפליטות הצפויות ב-2030 בתרחיש "עסקים כרגיל". הפחתה באמצעות אמצעים טכנולוגיים מוגדרת ככזו שאינה מובילה לשינויים משמעותיים באורח החיים או ברמתם (מוצג 5.4).

מוצג 5.4

הפחתת פליטות גזי חממה – תרחיש הפחתה

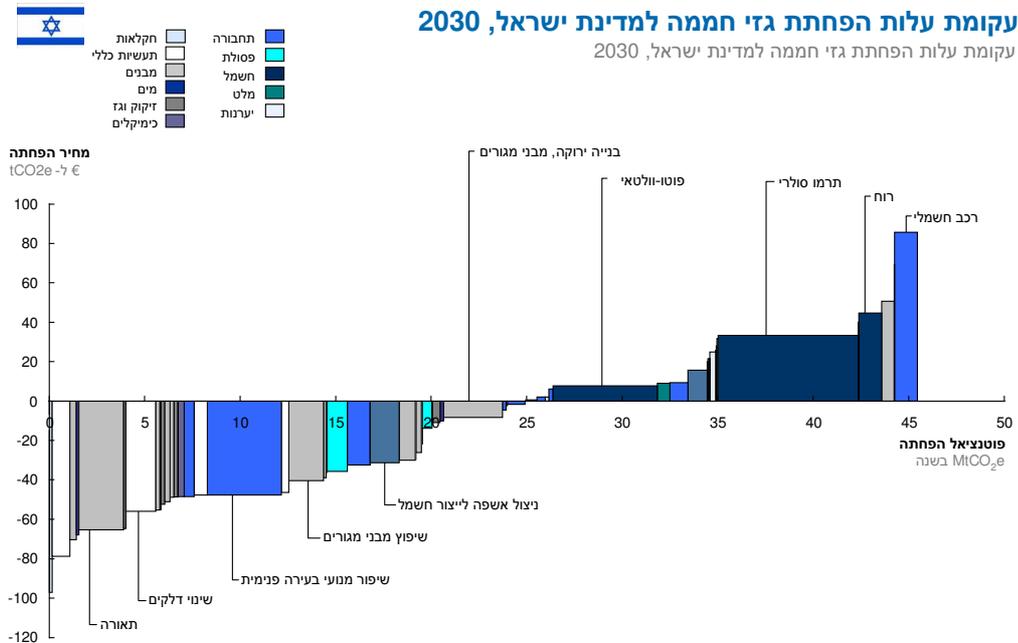


תחשיב של כלל מנופי ההפחתה במגזרים השונים בישראל מאפשר ליצור את עקומת עלות ההפחתה של ישראל (מוצג 5.5). במוצג מצוינים עשרת המנופים בעלי פוטנציאל ההפחתה הגדולה ביותר. בהמשך המסמך ישנו פירוט לגבי כלל המנופים.

מוצג 5.5

עקומת עלות הפחתת גזי חממה למדינת ישראל, 2030

עקומת עלות הפחתת גזי חממה למדינת ישראל, 2030



הערה: פירוט השמות רק לעשרת המנופים בעלי פוטנציאל ההפחתה הגדול ביותר. שאר המנופים מפורטים בהמשך

רובו של פוטנציאל ההפחתה מושג על ידי שלושה צעדים מרכזיים:

1. התייעלות אנרגטית במגזר המבנים - התייעלות אנרגטית המובילה להפחתת צריכת החשמל (ובמידה פחותה גם צריכת הדלקים) במבני מגורים ומסחר. מניתוח של מאפייני המגזר עולה כי ניתן להפחית את צריכת החשמל בכ-24% לעומת תרחיש הייחוס ב-2030 על ידי שילוב של מעבר לתאורה יעילה, מכשירים לבנים בדירוג אנרגטי גבוה ושינוי קריטריוני הבנייה, בדגש על בידוד משופר.

2. שינוי תמהיל הדלקים במשק החשמל - משק החשמל הישראלי, כיום וב-2030 בתרחיש "עסקים כרגיל", מבוסס באופן בלעדי כמעט על ייצור מדלקים מאובנים (פוסיליים) ובעיקר פחם. כתוצאה, ייצור של קילואט-שעה פולט כ-660-720 גרם CO₂ (בשנים 2010 ו-2030 בהתאמה). מניתוח המגזר עולה כי ניתן להגדיל את חלקן של טכנולוגיות ייצור האנרגיה ממקורות מתחדשים – אנרגיית הרוח, אנרגיה פוטו-וולטאית ותרמו-סולארית - עד כדי 25% מסך הייצור בשנת 2030, וכך להפחית ב-26% את ריכוז הפליטות לכ-500 גרם CO₂ לקוט"ש בשנת 2030.

3. הפחתת פליטות כלי רכב - עד לשנת 2030 צריכת הדלקים של כלי הרכב צפויה להשתפר באמצעות שימוש בכלי רכב בעלי מנוע בעירה פנימית משופר, כלי רכב היברידיים וכלי רכב המונעים בחשמל. הקטנה של צריכת הדלק תפחית באופן ישיר את הפליטות מכלי רכב. מעבר לכלי רכב חשמליים יפחית את פליטות גזי החממה, מכיוון שאלה פולטים פחות גזי חממה לק"מ בהשוואה לכלי רכב בעלי מנוע בעירה פנימית, ופוטנציאל הפחתת הפליטה תלוי בתמהיל הדלקים במשק החשמל. בשילוב שימוש בדלקים חלופיים, ניתן להפחית את פליטות גזי החממה במגזר התחבורה בכ-38%.

5.3 פוטנציאל הפחתת הפליטות בישראל מוגבל בהשוואה לממוצע העולמי

עקומת העלות העולמית מוצאת כי הפוטנציאל העולמי הממוצע להפחתת פליטות גזי חממה עומד על כ-54%. בישראל, לעומת זאת, חוברים יחד כמה גורמים המגבילים את פוטנציאל ההפחתה ומציבים אותו על הערך הנמוך יחסית של 32%. הגורם המרכזי לפוטנציאל ההפחתה הנמוך הוא מגבלות הנובעות מאי-זמינות של טכנולוגיות ייצור מסוימות:

1. זמינות נמוכה של טכנולוגיות ייצור אנרגיה מתחדשת מסוג הידרואלקטרית וביו-מסה
מסיבות ברורות של מחסור במים, טכנולוגיה הידרואלקטרית אינה ישימה בישראל בהיקף משמעותי. שימוש בביו-מסה במשק החשמל הישראלי נבחן במהלך הפרויקט אך הוחלט שלא להכלילו בעקומת הפחתת הפליטות לאור מספר שיקולים: (א) פוטנציאל ייצור הביו-מסה הייעודית בישראל עצמה הינו נמוך מאוד (ב) בהנחה כי יעשה בישראל מאמץ להחדרת אנרגיות מתחדשות סביר כי הוא ירוכז במשאבים זמינים מקומית וטכנולוגיות בהן לישראל ערך מוסף ג) קיימת אי וודאות גבוהה לגבי השלכות ייבוא ביו-מסה לישראל הן בהיבטי

זמינות והן בהיבטי עלות למשק הישראלי. בתרחיש ההפחתה העולמי טכנולוגיות אלו מהוות כ-25% מכלל ייצור החשמל בשנת 2030.

2. אי בהירות אודות זמינות גרעין – פיתוח משק גרעין אזרחי מחייב למעשה קבלת טכנולוגיות וחומרי דלק ממדינות זרות. הסחר בטכנולוגיות וחומרים אלה מוגבל על פי האמנה הבינלאומית לאי הפצת נשק גרעיני (NNPT) ומורשה רק בין המדינות החתומות עליה, שישראל אינה אחת מהן. בתרחיש ההפחתה העולמי תורמות טכנולוגיות גרעין כ-20% מסך ייצור החשמל העולמי.

3. זמינות נמוכה של CCS – פוטנציאל ההפחתה האפשרי מיישום CCS בישראל בחלון הזמן של 2010-2030 נמוך ביותר. טכנולוגיית ה-CCS נמצאת בשלבים מוקדמים של פיתוח ואינה צפויה להיות זמינה מסחרית בישראל לפני שנת 2020-25. עובדה זו, בשילוב מגבלות נוספת, הופכת את מנוף ה-CCS למוטל בספק במסגרת הזמן המתוארת בעבודה זו.

שילוב של שלוש הטכנולוגיות הנ"ל תורמות כ-18%-14% מכלל הפחתת פליטות גזי החממה במודל העולמי (תלוי תרחיש). אילו היו טכנולוגיות אלה זמינות בישראל, היה פוטנציאל ההפחתה בישראל עומד על כ-50%, בדומה לממוצע העולמי. גורמים נוספים המגבילים את פוטנציאל ההפחתה בישראל:

1. הרכב תעשייה בעל עצימות פליטות נמוכה יחסית – התעשייה הישראלית הינה בעלת עצימות פליטות נמוכה באופן יחסי לעולם. חלקה של התעשייה הכבדה – כרייה, עיבוד מתכות וכו' הינו קטן יחסית. גם תעשיית הכימיקלים, לדוגמא, מרוכזת בייצור כימיקלים אנ-אורגניים בתהליך נמוך פליטות באופן יחסי לפטרוכימיקלים. מכיוון שעצימות הפליטות נמוכה יחסית, גם פוטנציאל ההפחתה הינו נמוך

2. החלפת מתקני ייצור חשמל קיימים – העובדה כי כלל תחנות הפחם הקיימות כיום בארץ מתוכננות לפעול עד אחרי 2030 קובעת מינימום להיקף הייצור מפחם והפליטות הנובעות מכך. הדבר מצמצם את יכולת ההחדרה של טכנולוגיות חלופיות בתרחיש ההפחתה ולחלופין גורם לכך שטכנולוגיות חלופיות אלו יבואו על חשבון ייצור חשמל מגז, דבר שיגרום לצמצום ההפחתה האפשרית במקרה זה.

3. מגזרים בעלי דרישה קשיחה לחשמל – קצב גידול צריכת החשמל בישראל הוא כ-3.2% בשנה בתרחיש "עסקים כרגיל" ויורד לכ-2.3% בשנה לאחר הפחתת הדרישה. לעומת זאת, דרישת החשמל ברשות הפלסטינית גדלה בקצב גבוה של כ-5.5% בשנה ונשארת קבועה גם בתרחיש ההפחתה (מכיוון שניתוח זה עוסק במנופים הניתנים להפעלה על ידי מקבלי ההחלטות הישראליים). אם הפליטות הנגרמות עקב צריכת החשמל הפלסטינית לא ישויכו לישראל, יגדל פוטנציאל ההפחתה של ישראל בכ-2% נוספים.

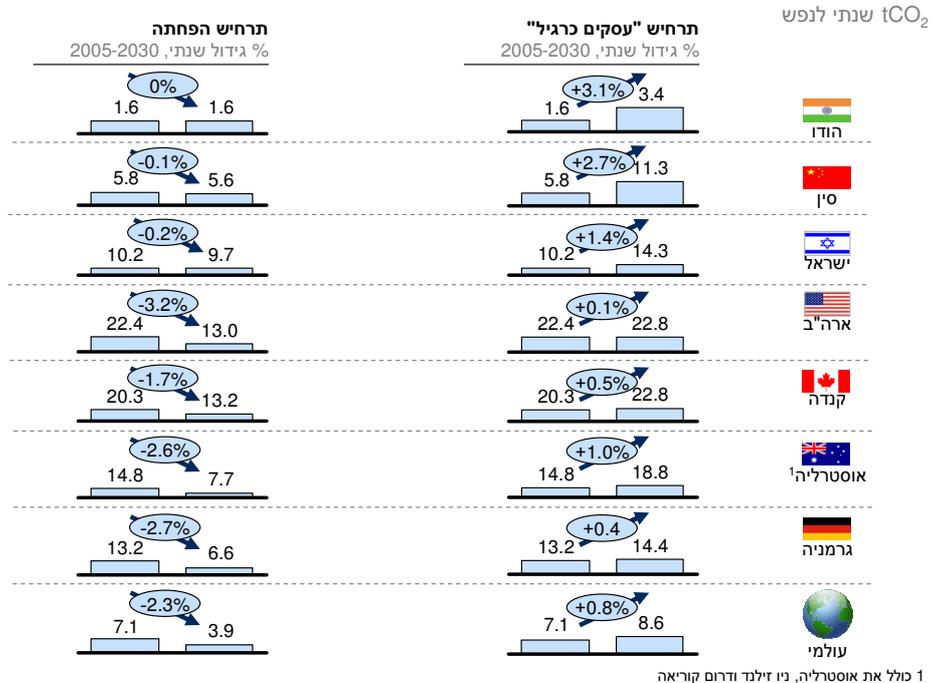
4. תחומים בהם ישראל כבר מובילה בעולם – פליטות גזי חממה כתוצאה מחימום מים בישראל נמוכה משמעותית מהממוצע העולמי כתוצאה מאחוז החדירה של דודי השמש.

5.4 מיצוי פוטנציאל ההפחתה יאפשר שמירה על רמת פליטות קבועה לנפש בשנים 2005-2030

בתרחיש ההפחתה צפויות הפליטות לנפש בישראל לקטון בכ-5% (קצב גידול שנתי שלילי של 0.2%) מערך של כ-10.2tCO₂e לנפש לכ-9.7tCO₂e לנפש בשנת 2030. זאת בהשוואה לגידול של 40% בפליטות לנפש בין השנים 2005-2030 וקצב גידול שנתי של 1.4% בתרחיש "עסקים כרגיל". שמירה על רמת פליטות קבועה בקירוב בתרחיש זה דומה למאפיינים של מדינות מתפתחות ונמוכה מההפחתה לנפש הצפויה בעקבות מימוש מנופי הפחתה במדינות מפותחות (מוצג 5.6).

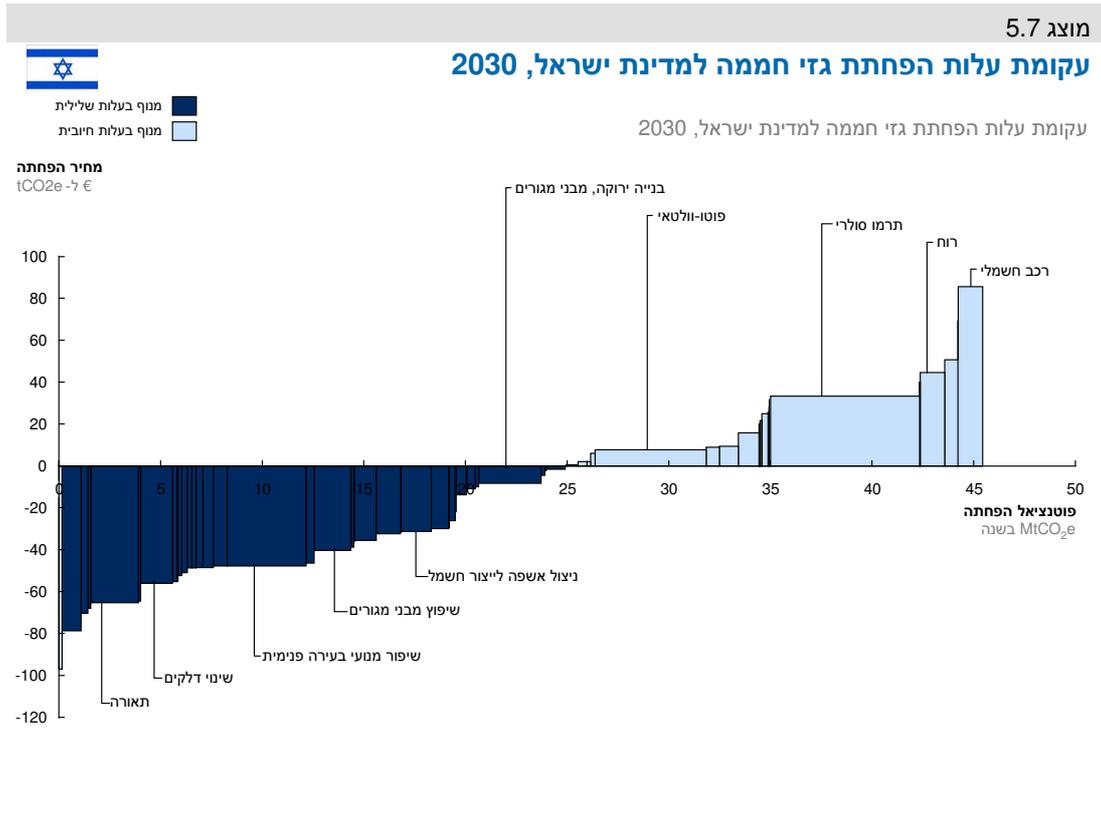
מוצג 5.6

פליטות לנפש בישראל – תרחיש "עסקים כרגיל" ותרחיש הפחתה



5.5 יותר ממחצית מפוטנציאל ההפחתה בעל עלות שלילית למשק

ניתוח מאפייני עקומת ההפחתה מלמד כי כ-60% מסך המנופים, המייצגים יותר מ-50% מפוטנציאל ההפחתה, הם בעלי עלות שלילית למשק (מוצג 5.7).



העלות הממוצעת למשק בשנת 2030 מיישום כלל המנופים בהתאם לתרחיש ההפחתה היא $-10 \text{ Euro/tCO}_2\text{e}$. למעשה, בכל השנים שנבחנו במסגרת תרחיש ההפחתה (2011-2030) נמצא כי העלות הכוללת היא שלילית, ולפיכך ניתן לקבוע כי יישום כלל המנופים בהתאם לתרחיש ההפחתה מצריך אמנם השקעה ראשונית, אך זו מוחזרת במלואה ואף מובילה לחיסכון בהמשך.

5.6 65% מפוטנציאל ההפחתה ב-2030 מרוכז בעשרה מנופים מרכזיים

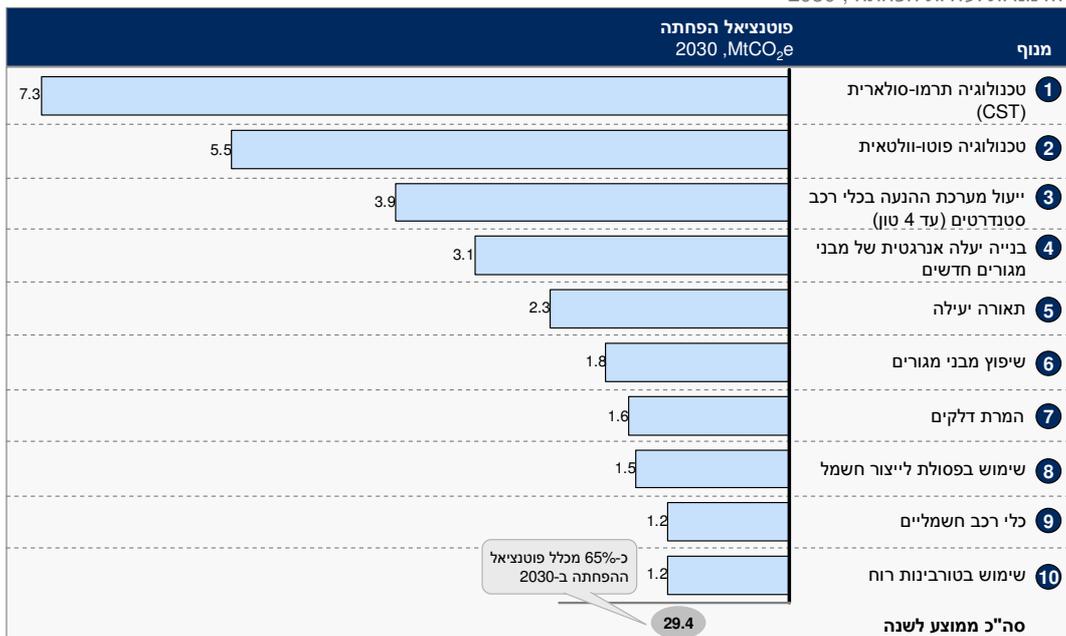
65% מפוטנציאל ההפחתה בשנת 2030 מרוכז בעשרה מנופים מרכזיים, הכוללים בין היתר שינוי תמהיל דלקים, התייעלות אנרגטית והחדרת כלי רכב יעילים יותר. סך ההפחתה הצפוי מעשרת המנופים הגדולים הוא כ-30 MtCO₂e בשנת 2030. לצורך הפעלתם תידרש

השקעה שנתית ממוצעת של כמיליארד שקל בשנה בין השנים 2011-2030, הצפויה לחזור במלואה כחיסכון בהוצאות השוטפות על אנרגיה (מוצג 5.8).

מוצג 5.8

10 מנפי הפחתה העיקריים

הזדמנויות ועלויות הפחתה, 2030



5.7 עקומת העלות רגישה למחירי הדלקים

מחירי דלקים מאובנים (פוסיליים), ובעיקר נפט, נוטים לתנודתיות גבוהה בשנים האחרונות. קיימת טענה כי עליית מחירי הדלקים לבדה יכולה להפחית פליטת גזי חממה. מחקר שערכה מכון המחקר של מקינזי (MGI – McKinsey Global Institute) מראה כי עליית מחירי הדלקים מוזילה את עלות הפחתת הפליטות, אך מייקרת את כלל ההוצאות על הדלקים. כמו כן, השפעתה על הפחתת הפליטות נמוכה.

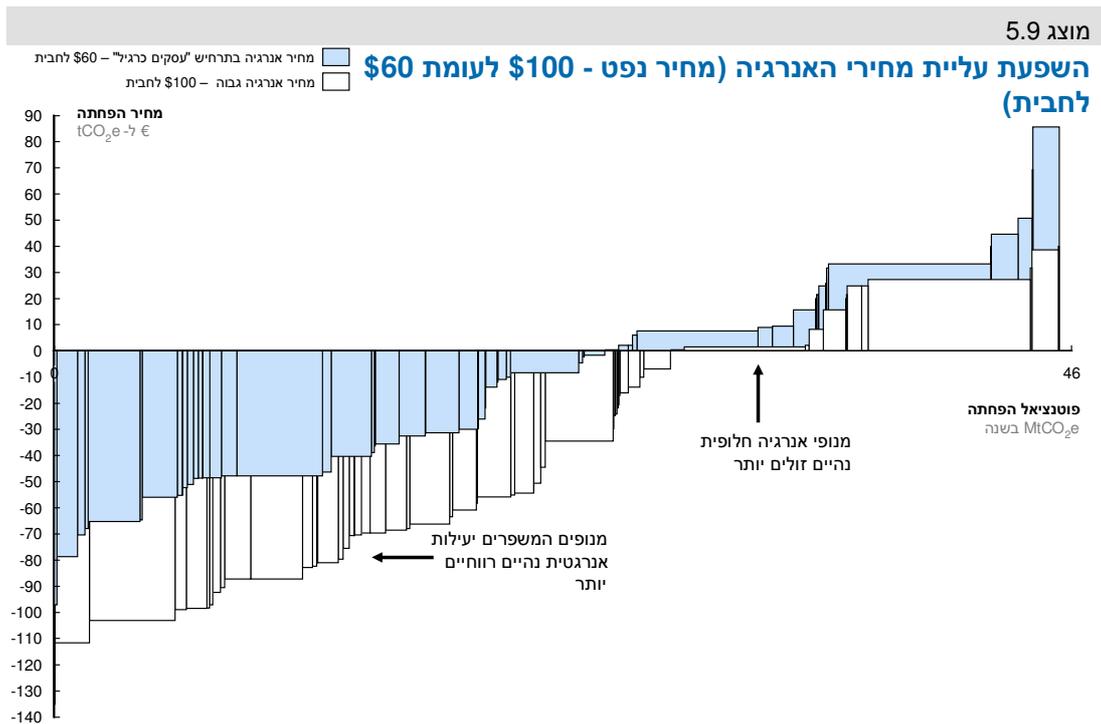
לצורך בחינת רגישות העקומה למחיר נפט גבוה יותר, נבנתה עקומת עלות נוספת המבוססת על מחיר חבית נפט של \$100, המאפשרת השוואה לעקומת עלות הפחתה הראשית (בה הנחת היסוד הינה מחיר של \$60 לחבית נפט). לשוני במחיר הנפט גם השפעה על מחירי דלקים נוספים, כגון גז ופחם.

במוצג 5.9 ניתן לראות כי ההשפעה העיקרית של העלאת מחירי הדלקים היא הוזלה של מנופי ההפחתה. העלאת מחירי הדלקים גורמת לכך שעלות הפחתת גזי חממה זולה יותר, כיוון שחסכון באנרגיה נהיה רווחי יותר ומעבר לדלק חלופי נהיה זול יותר.

במעבר לתרחיש מחירי חבית נפט של \$100, יורדת עלות ההפחתה הממוצעת של כלל המנופים לכ-36 Euro/tCO₂e בשנת 2030. במבט על כלל העקומה, סך עלות ההפחתה בשנת 2030 יורדת בכ-€1.2 מיליארד בהשוואה לסך העלות בתרחיש בו מחירה של חבית נפט הנו \$60 (כך שסך העלות הינה כ-€1.2 מיליארד)

למרות הוזלת עלות מנופי הפחתת הפליטות, עליית מחירי האנרגיה אינה דרך זולה בהכרח להפחתת הפליטות, שכן היא גורמת להעברת הון מצרכני הנפט לספקי הנפט, העברה היקרה פי כמה מהחיסכון שיווצר מהפחתת הפליטות.

בנוסף, לפי מחקר שערכה מקינזי, העלאת מחירי הנפט מ-\$50 ל-\$70 לחבית בשנת 2020 תפחית את ביקוש הנפט העולמי ב-1.1% בלבד.¹



* המנופים אינם מסודרים בסדר זה בשני התרחישים, אלא מהזול ליקר בכל תרחיש

5.8 פוטנציאל ההפחתה משינויים התנהגותיים מסתכם בכ-7MtCO₂e בשנת 2030

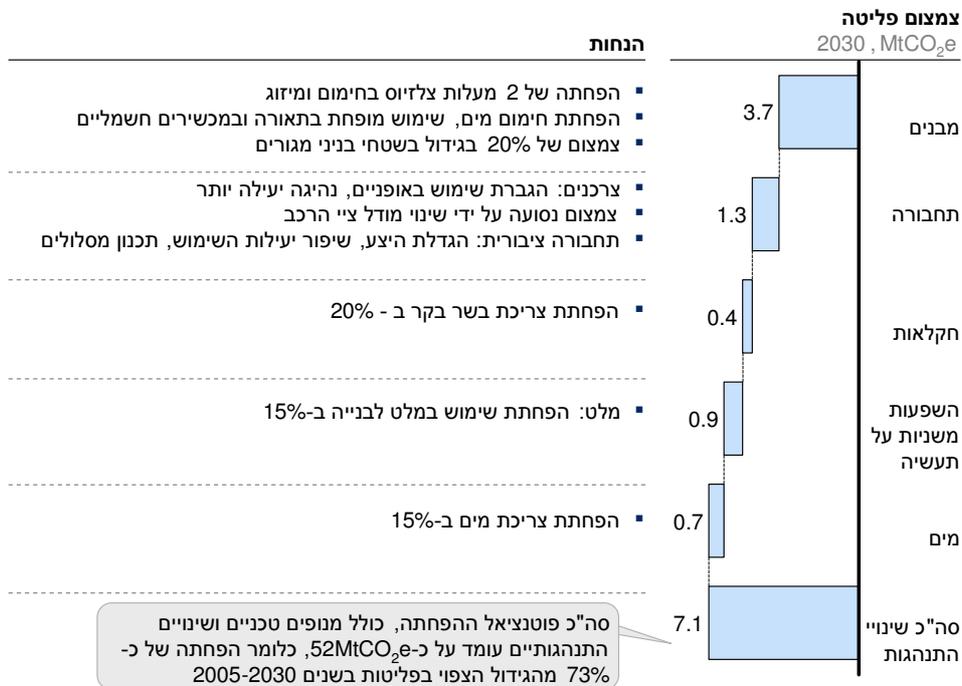
בעוד עקומת עלות ההפחתה עוסקת במנופים טכנולוגיים להפחתת פליטות, קיים פוטנציאל נוסף להפחתת פליטות ע"י שינויי התנהגות. בהגדרה, מנוף טכנולוגי עושה שימוש בטכנולוגיה על מנת להפחית את הפליטות תוך כדי שמירת הערך למשתמש, לדוגמא כלי רכב חשמלי יספק לנוסע בו את אותה שימושיות כמו כלי רכב בעל מנוע בעירה פנימית אותו החליף, תוך הפחתת פליטות. שינויי התנהגות, לעומת זאת, עלולים לשנות אורח חיים, לדוגמא, מעבר מרכב בעל מנוע בעירה פנימית לאופנים או אימוץ דפוסי נהיגה חסכוניים. ניתוח פוטנציאל ההפחתה משינויי התנהגות כולל רמה גבוהה יחסית של אי-ודאות. כמו כן, לא ניתן להצמיד עלות לשינויים התנהגותיים עקב חוסר היכולת לכמת עלות זו במדויק, ולכן לא נכללו שינויים אלה בעקומת העלות עצמה.

ההערכות שנלקחו עבור ניתוח פוטנציאל ההפחתה משינויים התנהגותיים הינן הערכות גסות ובאות להמחיש מהו סדר הגודל של ההפחתה במגזרים השונים. לדוגמא, בצמצום גודל מבני מגורים חישבנו על פי צמצום של 20% - ניתן כמובן גם לחשב עבור צמצום של 5% ושל 50%. ההערכות שלקחנו מבוססות על שיחות עם מומחים בישראל ובעולם לגבי תרחישים שאפתניים אך ריאליים – אך כמובן שבנושא הזה יש דעות רבות ומגוונות.

פוטנציאל ההפחתה משינויים התנהגותיים מסתכם בכ-7MtCO₂e, כאשר רוב הפוטנציאל נובע ממגזרי המבנים והתחבורה (מוצג 5.10). הפחתת פליטות זו מהווה תוספת של כ-16% לסך ההפחתה ממנופים טכנולוגיים המתוארים בעקומת העלות. הוספת שינויי ההתנהגות לסך ההפחתה המתוארת בעקומת העלות מביא את פוטנציאל ההפחתה בישראל בשנת 2030 לכ-52MtCO₂e, המהווים כ-37% מסך הפליטות הצפויות בתרחיש "עסקים כרגיל" בשנת 2030.

מוצג 5.10

השפעה צפויה של שינויים התנהגותיים על פליטות גזי החממה בישראל



השינויים ההתנהגותיים שנבחנו כוללים צמצום שטח דירות חדשות בכ-20% במוצע, העלאה של טמפרטורת המיזוג ב-2 מעלות צלזיוס בקיץ והורדתה במידה שווה בחורף. הפחתה של 20% בשימוש בתאורה ומכשירי חשמל ע"י כיבויים כאשר אינם בשימוש.

במגזר התחבורה נבחנו השפעתם של הגברת השימוש באופניים, הגברת השימוש בתחבורה ציבורית, מעבר לנהיגה יעילה וצמצום סך הנסועה (קילומטרז') על ידי שינוי מודל השימוש בציי רכב. במגזרים האחרים נבחנה ההשפעה של צמצום צריכת בשר בקר (צמצום פליטות מתאן הנובעות מגידול צאן), הפחתת ייצור המלט (כתוצאה מהפחתת השימוש במלט בבנייה) והפחתת צריכת המים.

בחינת השפעת השינויים ההתנהגותיים נעשתה תחת ההנחה שאלה נעשים במקביל או לאחר הפעלת המנפים הטכנולוגיים. כך לדוגמה, נסיעה של ק"מ באופניים במקום ברכב חוסכת את הפליטות של נסיעת ק"מ ברכב ממוצע יעיל (כזה הקיים בתרחיש ההפחתה) ולא את הפליטות של רכב ממוצע מזהם (בתרחיש ה"עסקים כרגיל").

הטמעת שינויים התנהגותיים היא תהליך ארוך וקשה, ומימוש פוטנציאל ההפחתה תלוי במידה רבה בתמריצים שיציעו מקבלי החלטות. במסמך זה מוצגות דוגמאות לפוטנציאל

ההפחתה הטמון בשינויי התנהגות מסוימים, וזאת מבלי לקבוע אם שינויים אלה צריכים להיות מתמרצים או לא.

5.9 מימוש הפוטנציאל אפשרי - אך מציב אתגרים רבים

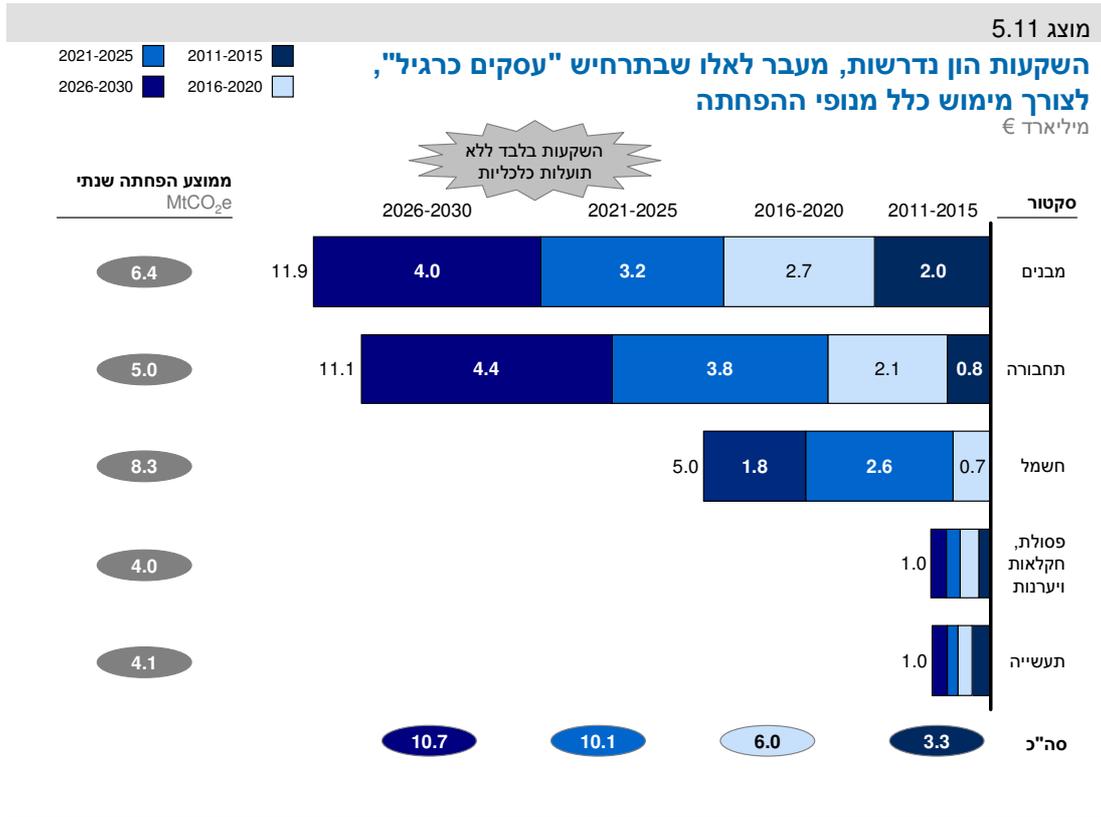
יישום של כלל מנופי ההפחתה מציב בפני ישראל שורה של אתגרים מהותיים, ואלה נחלקים לשלושה סוגים עיקריים:

1. שחרור חסמים - כפי שמתואר בפרקי ההפחתה במגזרים השונים, קיימים כיום חסמים רבים העומדים בפני יישום מנופי ההפחתה ומימוש הפוטנציאל הטמון בהם. לדוגמה, הקמת יחידות ייצור של חשמל סולארי דורשת הקצאת שטחים ייעודיים, אך נכון להיום, תהליכי התכנון ושינוי הייעוד של קרקעות מהווים גורם מעכב ולעתים אף חסם להקמת יחידות ייצור מסוג זה.

2. טיפול בפער בין העלות למשק לבין העלות למקבלי ההחלטות - עקומת העלות מתארת את עלות יישום של מנופי ההפחתה למשק בכללותו, אך בתחומים רבים קיים פער בין העלות למשק ובין העלות למקבלי ההחלטות. לדוגמה, חברה הבונה מבני משרדים רואה בהשקעה בבידוד מתקדם תוספת לעלות הבנייה, ומכיוון שהמשרדים מושכרים היא אינה נהנית מהירידה בחשבון החשמל. כתוצאה מכך, למרות ששיפור בידוד במבנים הינו צעד רווחי למשק, למקבל ההחלטה (חברת הבנייה) אין תמריץ ליישמו. גישור על פערים ו"כשלי שוק" מסוג זה מהווה אתגר מרכזי ביישום המנופים.

3. גיוס הון - כפי שמראה מוצג 5.11, יישום מנופי ההפחתה ידרוש השקעות בהיקף נרחב לאורך השנים שנותחו. היקף ההשקעות הנדרש בשנים 2011-2015 הוא כ-3.3 מיליארד €, סכום העולה עד לכ-11 מיליארד € בשנים 2026-2030. העלייה בהשקעה לאורך השנים נובעת משינויים בקצב הטמעת הטכנולוגיות ומירידה בעלויות לאורך השנים.

במונחי תמ"ג, ההשקעה הנדרשת למימוש כלל פוטנציאל ההפחתה מסתכמת בכ-1% מהתמ"ג הממוצע בשנים 2011-2030. היכולת להפחית את עלות גיוס ההון צפויה להשפיע על היקף יישום המנופים.



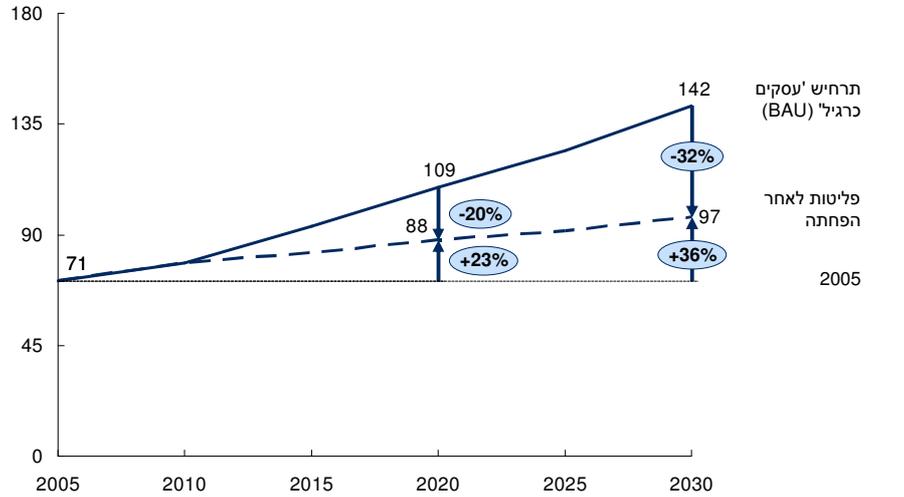
תחילת יישום המנופים השונים (בדגש על צעדים ארגוניים ותכנוניים מקדימים) באופן מיידי נדרשת לשם השגת יעדי הפחתה. למימד הזמן במימוש התוכנית חשיבות מכרעת הן בהיבט יכולת השגת היעדים והן בהיבט עלות הפעלת המנופים השונים. כך לדוגמה מנופים רבים יקרים יותר ליישום בשנת 2020 בהשוואה ל-2030, אולם אי תחילת יישוםם בזמן זה תוביל לעלויות הגבוהות בצורה משמעותית בשנת 2030 בהשוואה לעלויות המוצגות בעבודה זו, ובהכרח להקטנת פוטנציאל הפחתה עקב תחילת יישום מאוחרת.

5.10. ניתוח מצב הביניים – תמונת הפליטות בישראל בשנת 2020

לצורך השלמת תמונת הניתוח נבדקה השפעת תרחיש הפחתה על תמונת הפליטות בשנת 2020. ניתוח תרחיש "עסקים כרגיל" מראה כי בשנת 2020 צפויות פליטות גזי החממה במשק הישראלי להגיע לכ-109MtCO₂e. הפעלת המנופים בתרחיש הפחתת הפליטות מאפשרת לצמצם את הפליטות בכ-20%, לערך של כ-88MtCO₂e (מוצג 5.12).

מוצג 5.12

פליטות תרחיש "עסקים כרגיל" ותרחיש ההפחתה
 לשנה MtCO₂e



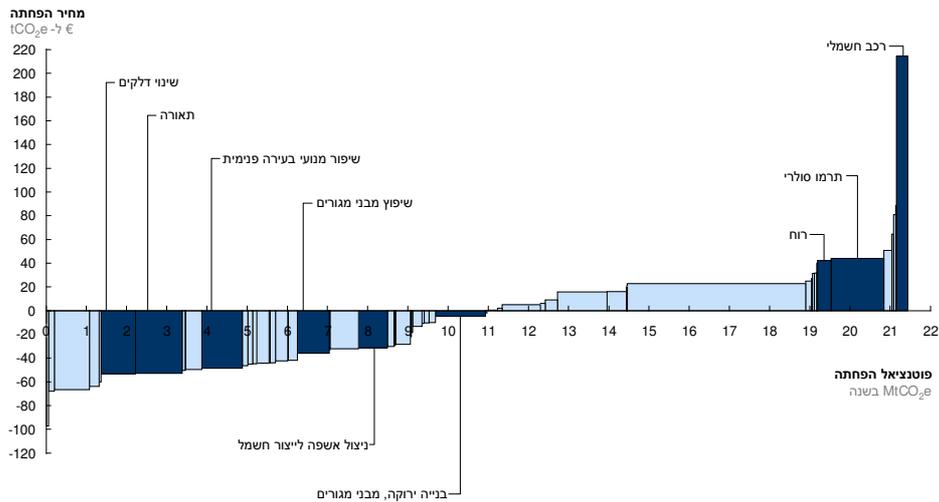
ניתוח העלויות הנלוות לתרחיש ההפחתה בשנת 2020 ובניית עקומת עלות מראים כי עלות ההפחתה הממוצעת בשנה זו היא שלילית ומסתכמת בכ-6Euro/tCO₂e (מוצג 5.13)

מוצג 5.13

עקומת עלות הפחתת גזי חממה לישראל בשנת 2020



מספרי הפחתה המרכזיים



בחינת עשרת מנופי ההפחתה העיקריים ומשמעותם בשנת 2020 מראה כי יישומם המלא יוביל להפחתה של כ- $8\text{MtCO}_2\text{e}$ ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל". שיעור ההפחתה של עשרת מנופים אלו מתוך סך ההפחתה ב- 2020 (כ- 40% בקירוב), נמוך בהשוואה לשיעורם ב- 2030, עקב אי הגעה לבשלות או לשיעורי חדירה משמעותיים של חלק מהטכנולוגיות הנכללות במנופים אלו. נספח ג' (פרק 12) מפרט את המשמעויות המרכזיות הכרוכות ביישום כל מנוף, ואת ההפחתה המתקבלת במקרה זה.

עקומת ההפחתה בשנת 2020 נבדלת מהעקומה המקבילה בשנת 2030 בכמה היבטים:

1. מחיריהם של כמה מהמנופים בשנת 2020 גבוהים ממחיריהם בשנת 2030, עקב חוסר בשלות טכנולוגית ובשל עקומת הלימוד המסייעת להפחתת מחירי המנופים עד לשנת 2030. דוגמה בולטת היא מחירו הגבוה של מנוף כלי הרכב החשמליים (EV), המוביל לעלות הפחתה גבוהה של יותר מ- $200\text{Euro/tCO}_2\text{e}$. התחזית היא כי עד שנת 2030 תרד עלות מצברי כלי הרכב החשמליים בחדות, ובעקבותיה יוזלו מחירי כלי הרכב ותוזל עלות ההפחתה לכ- $85\text{Euro/tCO}_2\text{e}$.

2. כתוצאה מהבדלי העלויות בין השנים, חלק מהמנופים המיושמים בשנת 2030 אינם מיושמים בהיקף נרחב בשנת 2020 עקב עלותם הגבוהה. לדוגמה, מנוף ייצור חשמל מאנרגיה פוטו-וולטאית (PV).

בשל גורמים אלה, פוטנציאל ההפחתה בשנת 2020 מסתכם ב-20% מכלל הפליטות בשנה זו, לעומת 32% בשנת 2030. במקביל, עלות ההפחתה הממוצעת עולה בהתאם.

6. הפחתה על פי מגזרים

6.1. חשמל

6.1.1. תרחיש "עסקים כרגיל" צופה גידול של 94% בפליטות ממגזר החשמל בשנת 2030 יחסית לשנת 2005

כיום מבוסס משק החשמל הישראלי רובו ככולו (מעל 99% מהייצור) על דלקים מאובנים (פוסיליים) – פחם, גז ודלק נוזלי. מאז שנת 2005 החל מהלך גדול של הרחבת השימוש בגז טבעי והפחתת השימוש בדלקים נוזליים, אך למרות זאת פחם הוא עדיין המקור העיקרי לייצור חשמל וצפוי לספק כ-65% מכלל החשמל בשנת 2010 (לעומת 70% ב-2005).

מאפיין נוסף של משק החשמל הישראלי הוא גידול מהיר בביקוש לחשמל. על פי תחזית שיא הביקוש והייצור המעודכנת ביותר מיולי 2009, הביקוש לחשמל צפוי להכפיל את עצמו עד שנת 2030 ולהגיע לכ-111 טרה-ואט שעה (לעומת כ-53 טרה-ואט-שעה בשנת 2010). תחזית זו מבוססת על גידול שנתי ממוצע של 4% בתמ"ג. חשוב להבהיר כי התחזית כוללת התייעלות אנרגטית צפויה על פי מגמות עבר, שמשמעה ירידה שנתית ממוצעת של כ-0.75% בצריכת החשמל ליחידת תמ"ג.

תוכנית פיתוח משק החשמל בתרחיש "עסקים כרגיל" הינה למעשה תוכנית הפיתוח של משרד התשתיות הלאומיות כפי שהיא מפורטת ב-"תוכנית האב למשק החשמל". תוכנית זו מפרטת את יחידות הייצור החדשות, על פי טכנולוגיה ודלק מקור, הצפויות להיבנות עד שנת 2030. בתרחיש "עסקים כרגיל" הוכנסו שני עדכונים לתוכנית האב של משרד התשתיות:

1. התאמת תכנית הפיתוח המפורטת במסמך "תוכנית האב למשק החשמל" של משרד התשתיות לתחזית שיא הביקוש והייצור המעודכנת (מיולי 2009), תוך שמירה על היחס המקורי בין הייצור בטכנולוגיות השונות.

2. תוספת של 1GW הספק מותקן של טכנולוגיות מתחדשות (50, 500, ו-450 מגה-ואט רוח, תרמו-סולארי ופוטו-וולטאי, בהתאמה) בשנת 2030 בהתאם לתחזיות של משרד התשתיות. הספק זה תורם כ-5 טרה-ואט שעה, שהם כ-4% מסך הייצור הנדרש בשנת 2030.

ע"פ תרחיש הייחוס "עסקים כרגיל" צפויות פליטות גזי החממה של מגזר החשמל לגדול מכ-38MtCO₂e בשנת 2005 לכ-74MtCO₂e בשנת 2030, גידול של כ-94% (מוצג 6.1.1).

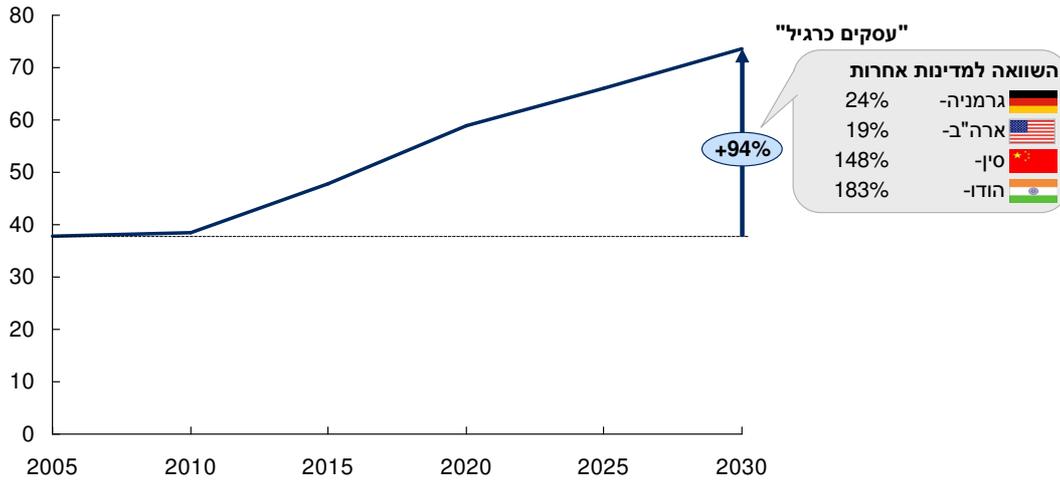
כפי שניתן לראות, גידול זה בפליטות גבוה מהותית מהגידול הצפוי במדינות מפותחות אחרות ומהממוצע העולמי, העומד על גידול של 72% בתקופה המקבילה. בין המדינות המראות קצב גידול דומה בפליטות במשק החשמל ניתן למנות את מקסיקו (98%) ומדינות דרום-מזרח אסיה (94%) – מדינות המתוארות כ"מדינות מעבר", כלומר מדינות שכלכלתן עוברת תהליך ליברליזציה וייצוב מקרו-כלכלי.

מוצג 6.1.1



תחזית פליטות גזי החממה ממשק החשמל בתרחיש "עסקים כרגיל"

פליטות ממשק החשמל בתרחיש "עסקים כרגיל"
בשנה MtCO_2



6.1.2 תרחיש ההפחתה הנבחר מאפשר צמצום של $14\text{MtCO}_2\text{e}$ בפליטות ממגזר החשמל ב-2030 ע"י שילוב של טכנולוגיות סולאריות ורוח בתמהיל הייצור

ניתוח תרחישי ההפחתה נעשה בשני שלבים: בשלב הראשון נותחו וסוכמו כלל מנופי הפחתת דרישת החשמל, ונבנתה תחזית שיא ביקוש וייצור חשמל בהתאם לתרחיש ההפחתה במגזרים השונים. בשלב השני נבנו תכניות פיתוח שונות, ובכל אחת נבחנו תמהיל ייצור חשמל שונים שמטרתם הפחתת פליטות. לגבי כל אחד מהתרחישים נותחו ההשפעות על כלל הפליטות, עלויות הייצור וחסמים אפשריים ליישום. להלן הפירוט:

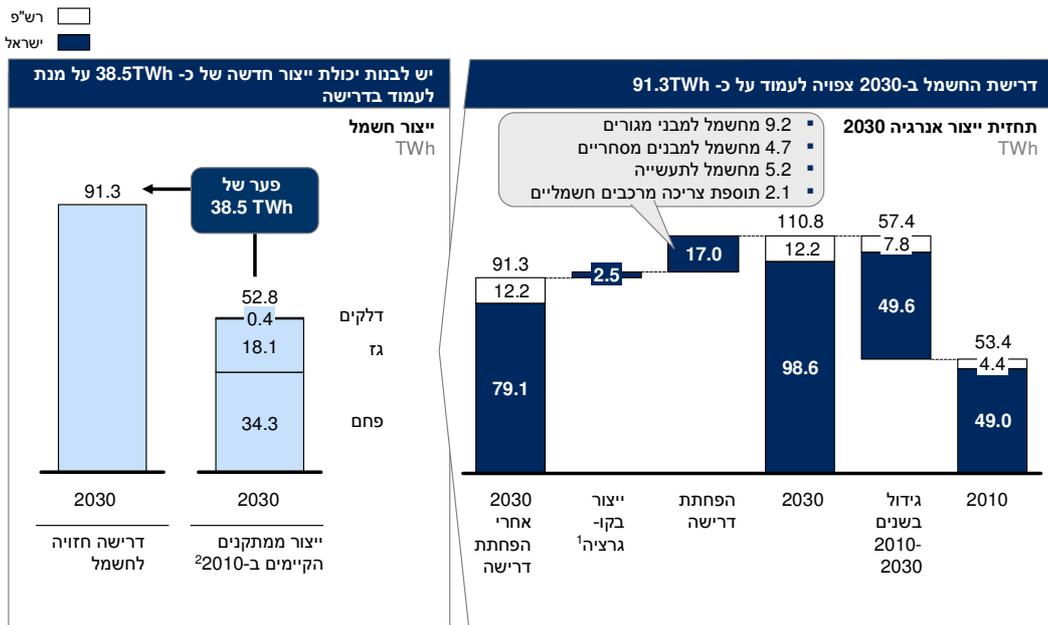
- 1. הפחתת הדרישה לחשמל - כאמור, עבודת הניתוח במגזרים השונים - בדגש על מבני מגורים, מבני מסחר ותעשייה – הצביעה על פוטנציאל להפחתת הדרישה לחשמל בכ- 19TWh , המהווים כ-17% מצריכת החשמל הצפויה ב-2030 (ראו פירוט בפרקי המגזרים השונים). במקביל, חדירת כלי רכב חשמליים למגזר התחבורה צפויה להגביר את הדרישה לחשמל בכ- 2.1TWh . בסך הכול מעלה תרחיש הפחתת הפליטות בכלל המגזרים פוטנציאל של הפחתת 17TWh בצריכת החשמל הצפויה בשנת 2030 תחת תרחיש "עסקים כרגיל". בנוסף להפחתת הדרישה, ניתוח מגזר התעשייה מגלה כי קיים פוטנציאל לייצור של כ-**

2.5TWh בטכנולוגית קוגנרציה (לפירוט השלכות מנוף הקוגנרציה על פליטות גזי חממה ועלויות נלוות, ראו פרק "תעשייה").

כפי שמראה מוצג 6.1.2, הפעלת כלל מנופי הפחתת הפליטות במגזרים השונים מצמצמת את היקף הייצור הנדרש במגזר החשמל בשנת 2030 מ-110.8TWh בתרחיש "עסקים כרגיל" לכ-91.3TWh בתרחיש ההפחתה.

מוצג 6.1.2

דרישת אנרגיה צפויה ב-2030 לאחר הפעלת מנופי התייעלות בשאר המגזרים



1 השפעת ייצור חשמל בקו-גרציה על הפליטות בתעשייה מנותח בפרק תעשייה
2 לאחר פרישה מתוכננת של מקני ייצור בהספק של כ-1.6GW עד שנת 2030

2. תמהיל הייצור – כאמור משק החשמל הישראלי צריך להיערך לייצור צפוי של כ-91TWh בשנת 2030. לצורך כך, נבנו מספר תרחישים העושים שימוש בטכנולוגיות שונות לצורך השלמת יכולת הייצור הנדרש. תרחישים אלו נותחו בשלב מאוחר יותר בהיבט השפעתם על צמצום פליטות גזי החממה ממגזר החשמל ובהיבט העלויות הנוספות שידרשו ליישומם. הטכנולוגיות שנבחנו לייצור חשמל הן פחם, גז, דלק נוזלי, פוטו-וולטאי (PV), תרמו-סולארי (CST), רוח וגרעין. מאפייני הטכנולוגיות והעלויות הכרוכות ביישומם מבוססים על ניסיון וניתוח מקיני במסגרת עקומת עלות הפחתת פליטות גזי חממה העולמית, כפי שתואר בפרק מתודולוגיה:

פחם - עלות הספק מותקן של 1,522-1,245M€/GW בשנים 2010-2030, בהתאמה. מקדם הספק ממוצע של 81%.

גז - עלות הספק מותקן של 666-544M€/GW בשנים 2010-2030, בהתאמה. מקדם הספק ממוצע של 31%.

דלק נוזלי - היקף ייצור חשמל מדלק נוזלי עומד על כ-1% מכלל הייצור בשנה נתונה ואינו משתנה בין תרחיש "עסקים כרגיל" לתרחישי ההפחתה השונים

פוטו-וולטאי (PV) - עלות הספק מותקן של 2,865-642M€/GW בשנים 2010-2030, בהתאמה. מקדם הספק ממוצע של 23%. הירידה בעלות PV מתבססת על עקומת לימוד המראה כי קיימת הפחתה של 18% בעלות PV לכל הכפלה של כמות ההספק המותקן העולמית. עלויות ה-PV המצוינות במסמך זה עולות בקנה אחד עם תחזיותיהם של גורמים בתעשיית ה-PV, הרואים בעלות של \$1/W_{peak} (Watt peak) מטרה בת-השגה עד שנת 2030 (על בסיס יעד עלות של כ-\$0.5 למודול וכ-\$0.5 נוספים למערכות תומכות ייצור נדרשות).
בניתוח עלות השימוש ב-PV נכללו עלויות השילוב של טכנולוגיות "לא רציפות" (Intermittent) הכוללות גיבוי וייצוב רשת וכן עלויות הרחבת רשת החשמל לאתרי ייצור מרוחקים.

תרמו-סולארי (CST) - עלות הספק מותקן של 5,258-2,549M€/GW בשנים 2010-2030, בהתאמה. עלויות ההספק המותקן כוללות את עלויות המערכות לאחסון אנרגיה בהיקף שעולה עם השנים ומאפשר מקדם הספק ממוצע של 45% בשנת 2010 ועד 75% בשנת 2030. בנוסף, בניתוח עלות השימוש ב-CST נכללו עלויות שילוב טכנולוגיות "לא רציפות" (Intermittent) הכוללות גיבוי וייצוב רשת וכן עלויות הרחבת רשת החשמל לאתרי ייצור מרוחקים.

רוח - עלות הספק מותקן של 1,279-1,178M€/GW בשנים 2010-2030, בהתאמה. מקדם הספק ממוצע של 23%. ההערכה היא כי פוטנציאל ההספק המותקן של טורבינות רוח בישראל הוא כ-850 מגה-ואט. בנוסף, בניתוח עלות השימוש בטכנולוגיות רוח נכללו עלויות שילוב טכנולוגיות "לא רציפות" (Intermittent) הכוללות גיבוי וייצוב רשת וכן עלויות הרחבת רשת החשמל לאתרי ייצור מרוחקים.

גרעין - עלות הספק מותקן של 2,853-2,333M€/GW בשנים 2010-2030, בהתאמה. מקדם הספק ממוצע של 90%. ניתוח עלות השימוש בגרעין כולל עלות טיפול בדלק גרעיני בסיום השימוש בו ועלויות ביטוח. כל העלויות לעיל נלקחו על סמך ניתוח עלויות מקבילות במדינות מפותחות.

פוטנציאל ההפחתה נבדק בכמה תרחישים הכוללים תמהיל דלקים שונה:

תרחיש גז טבעי בלבד - החל ב-2010, כלל תוספת ייצור החשמל מתבסס על גז טבעי בלבד. משמעות תרחיש זה היא צריכה של כ-10BCM גז טבעי בשנת 2030.

תרחיש חדירה של 10% אנרגיות מתחדשות - שאר הפיתוח כולל פחם וגז טבעי.

תרחישי חדירה של 10%, 15%, 20% ו-25% אנרגיות מתחדשות - שאר הפיתוח מתבסס על גז טבעי בלבד.

תרחיש פיתוח בגרעין - החל ב-2020 מתחיל פיתוח הדרגתי של ארבע יחידות גרעיניות בהספק של 1GW כל אחת.

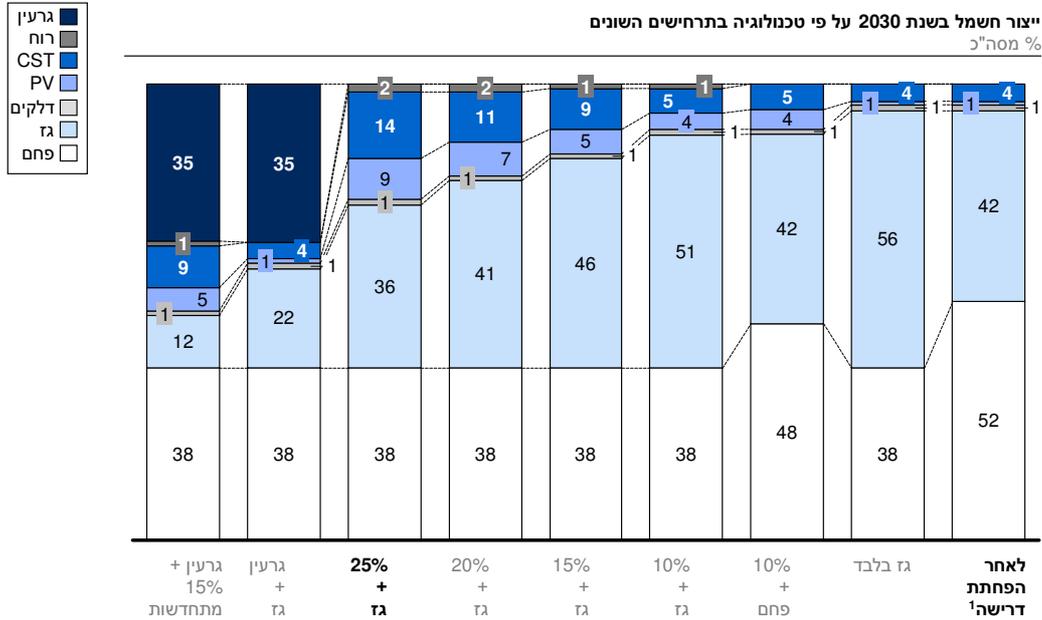
תרחיש פיתוח בגרעין (כמתואר לעיל) וחדירה של 15% אנרגיות מתחדשות.

בכל התרחישים, אחוזי החדירה של אנרגיות מתחדשות מתייחסים לאחוז מתוך סך כל הייצור במשק החשמל. בכל התרחישים הכוללים חדירת אנרגיות מתחדשות נשמר יחס של 1:2 בהספק המותקן של CST:PV. יחס זה מתבסס על שילוב של יחס ההספק המותקן על פי תוכנית האב למשק החשמל וניתוח עקומת עלות הפחתת פליטות גזי חממה העולמי שמשקלל את העלות היחסית של טכנולוגיות ה-CSP ו-PV והתפתחויות צפויות ביכולות הייצור וההתקנה העולמיות. הספק מותקן של רוח עומד על 450 מגה-ואט בתרחישים שבהם סך כל חדירת האנרגיות המתחדשות הוא 10% ו-15%, ועל 850 מגה-ואט, בתרחישים שבהם סך החדירה עומד על 20% ו-25%.

מוצג 6.1.3 מסכם את מאפייני הייצור בתרחישים השונים בשנת 2030. כפי שמראה התרשים, פסילה של פרישה מוקדמת של תחנות קיימות קובעת למעשה רף תחתון של 38% לייצור חשמל מפחם ב-2030. שיעור הייצור בגז טבעי מגיע לשיא של 56% בתרחיש "גז בלבד", ואילו בשאר התרחישים חלקו של הגז הטבעי יורד בצורה הדרגתית עד למינימום של כ-12% בתרחיש "גרעין + 15% אנרגיות מתחדשות".

מוצג 6.1.3

סיכום מאפייני ייצור בתרחישים השונים



1 הפחתת דרישה כתוצאה מהפעלת מנפי התייעלות בסקטורים השונים וייצור 2.5TWh בקוגנרציה ישירות בסקטור התעשייה

תחזית הפליטות לכל אחד מהתרחישים מוצגת במוצג 6.1.4. הפחתת הדרישה לחשמל, הכוללת את התחזית כי ייוצרו באמצעות קוגנרציה, מורידה את הפליטות ממשק החשמל מכ-73.5MtCO₂e לכ-59.5MtCO₂e, כלומר מביאה לחיסכון של כ-14MtCO₂e.

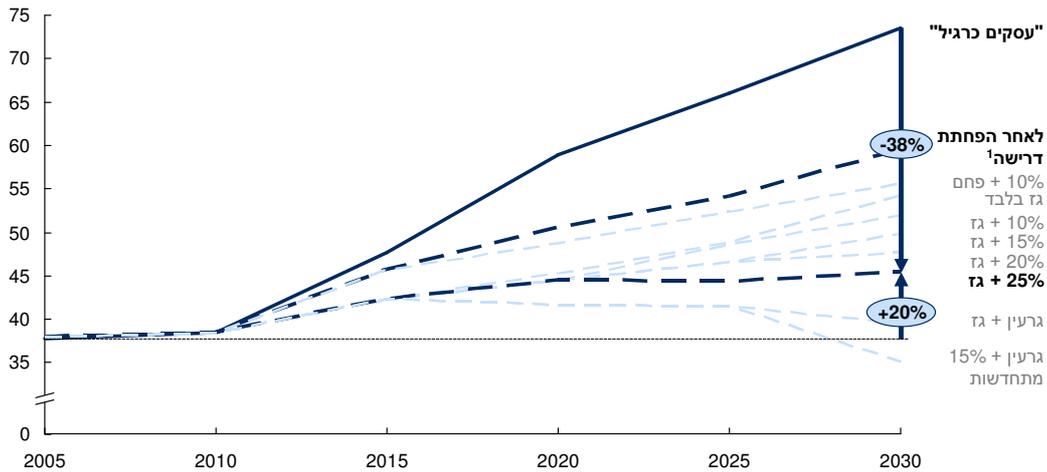
כמו כן ניתן לראות כי שינוי תמהיל הייצור בתרחישים השונים מביא להפחתה נוספת בפליטות בשנת 2030 בהיקף שבין כ-4MtCO₂e (תרחיש "10% אנרגיות מתחדשות + פחם") ועד מעל ל-24MtCO₂e בתרחיש "גרעין + 15% אנרגיות מתחדשות".

מוצג 6.1.4



תחזית פליטות גזי החממה ממשק החשמל בתרחיש "עסקים כרגיל" ובתרחיש ההפחתה השונים שנותחו

פליטות ממשק החשמל בתרחישים השונים
 MtCO_2 בשנה



1 כולל הפחתה של 2.5TWh שיוצרו ישירות בתעשייה באמצעות קו-גנרציה

עקומת עלות הפחתת הפליטות מכילה את תרחיש "25% ייצור מאנרגיות מתחדשות" כתרחיש המבטא את פוטנציאל ההפחתה הריאלי

לצורך השלמתה של בניית עקומת העלות הכוללת לישראל נדרש היה לבחור תרחיש יחיד המציג את פוטנציאל ההפחתה במגזר החשמל, כלומר תרחיש ריאלי - המייצג אפשרות אמיתית ליישום - ובנוסף לכך שאפתני ומבטא שאיפה למיקסום פוטנציאל ההפחתה. על פי גישתה של מקינזי, התרחיש ה"שאפתני-יישומי" הוא התרחיש בעל ההפחתה המרבית אשר עומד בקריטריונים מסוימים: הוא ישים מבחינה טכנולוגית ויישומו המעשי תלוי במקבלי ההחלטות בישראל ולא בגורמים חיצוניים.

בחינת כלל התרחישים מראה כי התרחישים הכוללים גרעין בעייתיים מאוד, מאחר שמתן גישה ישראלית לטכנולוגיות גרעין אזרחיות תלויה במספר רב של גורמים, בין השאר החלטות בינלאומיות שאינן תלויות בלעדית במקבלי ההחלטות הישראלים.

תרחיש הפיתוח בגז טבעי בלבד מביא את שיעור הייצור בגז טבעי ליותר מ-55%, המקביל לצריכת 10BCM גז טבעי בשנה, נתח גדול משמעותית מזה שמשרד התשתיות רואה כבטוח מבחינה אסטרטגית. בנוסף, לתרחיש זה יש פוטנציאל הפחתה מצומצם של כ-5MtCO₂e.

מתוך תרחישי חדירת אנרגיות מתפתחות, תרחיש ה-25% הוא בעל פוטנציאל ההפחתה הגדול ביותר, יישומו תלוי במקבלי ההחלטות הישראלים בלבד והוא ישים מבחינה טכנולוגית. שיעור חדירה גבוה יותר של אנרגיות מתחדשות מהווה בעיה טכנולוגית מבחינת יציבות רשת. לאור זאת נבחר תרחיש ה-25% כתרחיש לשילוב בעקומת העלות הכללית.

6.1.3. עלויות הפחתת פליטות

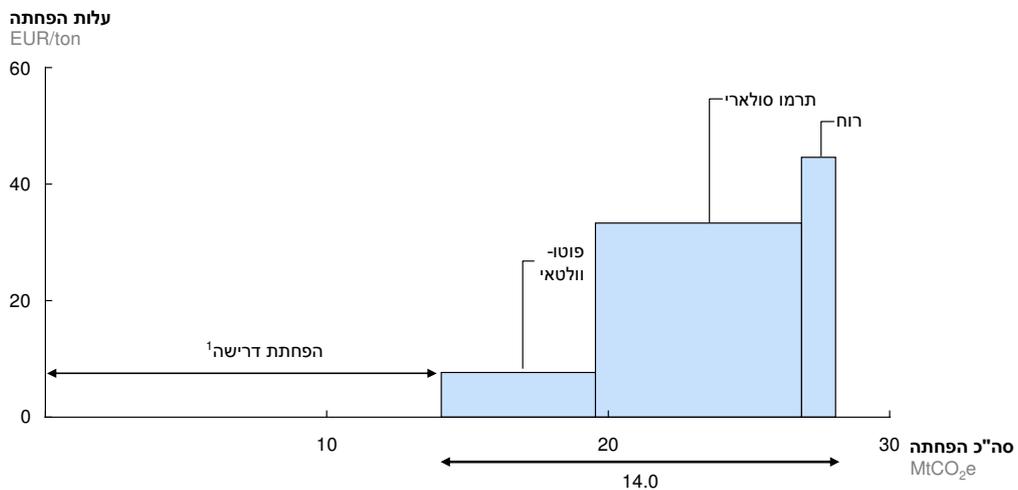
תרחיש של חדירת 25% אנרגיות מתחדשות מביא להפחתת פליטות בסך $14\text{MtCO}_2\text{e}$, אשר יחד עם ההפחתה בדרישה מביא לירידה של 38% בפליטות ממגזר החשמל ב-2030 יחסית לתרחיש "עסקים כרגיל" ומצמצם את סך כל הגידול בפליטות במגזר לעלייה של 20% יחסית לשנת 2005 (לעומת עלייה של 94% בתרחיש ה"עסקים כרגיל").

6.1.5 מוצג

תרחיש 25% מתחדשות

עקומת עלות הפחתת פליטות גזי חממה במגזר החשמל בישראל

עלויות הפחתת פליטות גזי חממה במגזר החשמל, 2030



1 כולל הפחתה של 2.5TWh שיוצח ישירות בתעשייה באמצעות קו-גנרציה

ייצור של 25% מהחשמל ממקורות מתחדשים דורש התקנת כ-4GW פוטו-וולטאי (PV), כ-2GW תרמו-סולארי (CST) וכ-0.85GW רוח. כפי שניתן לראות במוצג 6.1.5, כמחצית מההפחתה (7.3MtCO₂e) נובעת מייצור חשמל על ידי CST בעלות הפחתה של 33Euro/tCO₂e, ה-PV תורם בהפחתה של 5.5MtCO₂e בעלות של כ-7.5Euro/ton והייצור ברוח תורם להפחתה של 1.2MtCO₂e בעלות של כ-45Euro/tCO₂e. בסך הכול, פוטנציאל הפחתת הפליטות ממגזר החשמל בשנת 2030 עומד על כ-14MtCO₂e בעלות ממוצעת של כ-24Euro/tCO₂e.

חישוב תוספת העלות הממוצעת לייצור חשמל הינו תהליך מורכב היות ובדר"כ כלל תוספת העלות אינו מועבר באופן ישיר לצרכן הסופי, ובכל מקרה מועבר באופן שונה לסוגי צרכנים שונים ומושפע מדפוס צריכה ספציפיים (שעות ביום וכו'). בהיבט משקי – כלל תוספת העלות למשק בתרחיש ההפחתה בשנת 2030 הינה כ-340MEuro. תוספת זו, המחולקת על פני סך ייצור החשמל הצפוי ב-2030 בתרחיש ההפחתה מתבטאת בתוספת עלות ממוצעת של כ-0.4EuroCents/kWh. בתרחישי עלויות שמרניים יותר, כדוגמת זה של ה-DOE הכוללים ירידה מתונה יחסית בעלויות טכנולוגיות ייצור של אנרגיה מתחדשת סך כלל העלות למשק הינה כ-630MEuro כלומר תוספת של כ-0.7EuroCents/kWh.

6.1.4. שיקולים נוספים ביישום התרחיש

שיקולים נוספים ואתגרים ביישום תרחיש של חדירת 25% אנרגיות מתחדשות:

שטח נדרש - ניתוח שמרני של השטח הנדרש לצורך התקנת ההספקים המתוארים לעיל של PV, CST ורוח מעלה כי לצורך יישום הפרויקט יידרשו בשנת 2030 כ-80 עד 100 קמ"ר לצורך PV ו-CST (כ"א) וכ-40 עד 50 קמ"ר נוספים לטובת חוות רוח (חישוב השטחים מביא בחשבון כי הגדלת מקדם ההספק של CST דורש הכפלת שטח המראות במתקן בעל הספק נתון). בסך הכול מדובר בשטח נדרש בהיקף של כ-250-300 קמ"ר.

על פי נתוני הלמ"ס המעודכנים, במחוז דרום קיימים כ-2,000 קמ"ר של שדות ומטעים וכ-12,000 קמ"ר של שטחים פתוחים אחרים (לא כולל שטחים פתוחים ציבוריים ושטחים עירוניים). במסגרת עבודה זו לא התבצע ניתוח מלא של מאפייני השטחים הנ"ל והתאמתם להקמת יחידות ייצור סולאריות מבחינת מאפייני קרקע, אולם משיחות עם מומחי משרד התשתיות עולה כי בעיית הקרקע אינה מחסור אבסולוטי בקרקעות אלא הסרת חסמים הנוגעים להקצאת קרקעות ותהליך שינוי ייעודן.

תשתית הולכה - בהנחה סבירה כי מרבית ההתקן הסולארי הנדרש בתרחיש (PV ו-CST) יותקן בדרום הארץ, צפויה להיווצר בעיה של הולכת האנרגיה לאזורי הצריכה העיקריים במרכז ובצפון. ניתוח התרחיש, והעלויות המוצגות בעקומת העלות, כוללים הערכת תוספת עלות לצורך ההרחבה הנדרשת לרשת, אולם תהליך הקמת רשת הובלה דורש הקצאת שטחים, תהליכי תכנון ושינוי ייעוד בהתאם.

הערות נוספות:

תרחישי גרעין - הוספת ייצור בגרעין לתמהיל ייצור החשמל בישראל מאפשרת כשלעצמה הפחתה של כ- 15MtCO₂e ביחס לתרחיש עסקים כרגיל. בתרחיש גרעין + 15% אנרגיות מתחדשות, לדוגמה, ניתן להגיע בשנת 2030 להפחתה של 24MtCO₂e יחסית לתרחיש "עסקים כרגיל", ולהגיע לירידת פליטות אבסולוטית של כ-7% יחסית לפליטות מגזר החשמל ב-2005. עלות ההפחתה בגרעין היא כ-22Euro/tCO₂e.

טכנולוגיית CCS – במהלך העבודה נותחו מספר תרחישים המשלבים CCS (תפיסה ואגירה של פחמן) בטכנולוגיות ההפחתה. הניתוח העלה כי השימוש ב-CCS בישראל במסגרת הזמן של שנת 2030 בעייתי מכמה בחינות:

1. טכנולוגיית CCS אינה צפויה להיות זמינה מסחרית מחוץ למדינות האיחוד האירופי וארה"ב לפני שנת 2020. בנוסף לכך, בתקופת היישום הראשונה צפוי להיעשות שימוש ב-CCS בתחנות פחם חדשות בלבד ובשימוש באתרי אחסון על בסיס שדות גז/נפט מנוצלים.
 2. על סמך בירור ראשוני שנעשה אל מול המכון הגיאולוגי עולה כי קיימים בארץ אתרים בהם ניתן לעשות שימוש לאחסון פחמן. למרות זאת, קיימת עדיין אי וודאות רבה לגבי הפוטנציאל הזמין ליישום בחלון הזמן עד 2030. בנוסף לכך, חלקם של אתרי האחסון הפוטנציאליים מיועד עבור שימושים אחרים (לדוגמה: אגירה אסטרטגית של גז טבעי), דבר המוסיף לבעייתיות בזמינות אתרי אחסון למטרות CCS. אתרי אחסון גיאולוגיים שלא על בסיס שדות גז/נפט מרוקנים (לרבות מי תהום וכו'), קיימים בארץ, אולם הטכנולוגיה לניצולם נמצאת בשלב מוקדם יחסית של פיתוח.
- בעקבות ממצאים אלה הוחלט שלא לכלול את אופציית ה-CCS בתרחישי ההפחתה בשלב זה. לצורך הערכה סופית של פוטנציאל ה-CCS בישראל יש להשלים מידע חסר רב לגבי אתרי אחסון אפשריים אחרים בארץ.

פרישה מוקדמת של תחנות קיימות: פוטנציאל ההפחתה כפי שנותח במסגרת עבודה זו אינו כולל את האפשרות של סגירה מוקדמת של יחידות ייצור קיימות ("פרישה מוקדמת"). הנחה זו התקבלה לאחר דיונים עם גורמים רבים במשק החשמל הישראלי ומתבססת על שתי סיבות עיקריות: א) עלות פרישה מוקדמת של תחנה הינה גבוהה מאוד עקב הירידה לטמיון של השקעות שכבר נעשו ב)לאור ההרחבה הדרושה ביכולת הייצור הנדרשת ושולי הביטחון הנמוכים הקיימים כיום, פרישה מוקדמת של תחנות קיימות תהווה אתגר מערכתי מהותי שאינו סביר להתגשם בטווח השנים שנותחו

שיפור יעילות הייצור: מערכת ייצור החשמל בישראל מורכבת ממספר רב של יחידות ייצור בעלות יעילות משתנה – ולכן מקדמי פליטה שונים - בעיקר בהתאם לגיל המערכת. בעבודת הניתוח הנוכחי לא נותחו נתוני היעילות הפרטניים של כל יחידת ייצור במשק החשמל הישראלי. אף על פי שקיימות מספר תוכניות בשלבי תכנון מוקדמים לשיפור היעילות ביחידות ישנות ("Re-powering") לא ניתן היה בשלב זה לנתח את פוטנציאל הפחתת

הפליטות הטמון בצעדים אלו ולא נתקבלו נתונים לתמיכה בגישה זו. לאור העובדה כי במקביל למאמצי התייעלות מקומיים קיימת "הזדקנות" של כלל מערכת הייצור התקבלה ההנחה כי מקדמי היעילות והפליטה של הטכנולוגיות השונות בכלל המערכת נשארים קבועים.

6.2 מבנים

6.2.1 הגדרת תחום המבנים

תחום המבנים מקיף את כלל צריכת האנרגיה במבני מגורים, בניינים מסחריים ומבני ציבור.

במסגרת העבודה נבחנו כלל האלמנטים צורכי האנרגיה במבנים למגורים ובמבנים המשמשים למטרות מסחריות או ציבוריות. מבני מגורים כוללים דירות מגורים ובתים פרטיים. מבנים מסחריים וציבוריים כוללים מגוון רב של סוגי מבנים, דוגמת מחסנים, מבני ציבור, מבני חינוך, קניונים, מלונות, בתי חולים וכו'.

במסגרת צרכני האנרגיה במבנים נכללות התאורות, מכשירי החשמל והאלקטרוניקה, אלמנטים שונים המשמשים לחימום, קירור ומיזוג של החלל, התקנים לחימום מים ואלמנטים נוספים שהם צרכני אנרגיה הגורמים לפליטת גזי חממה.

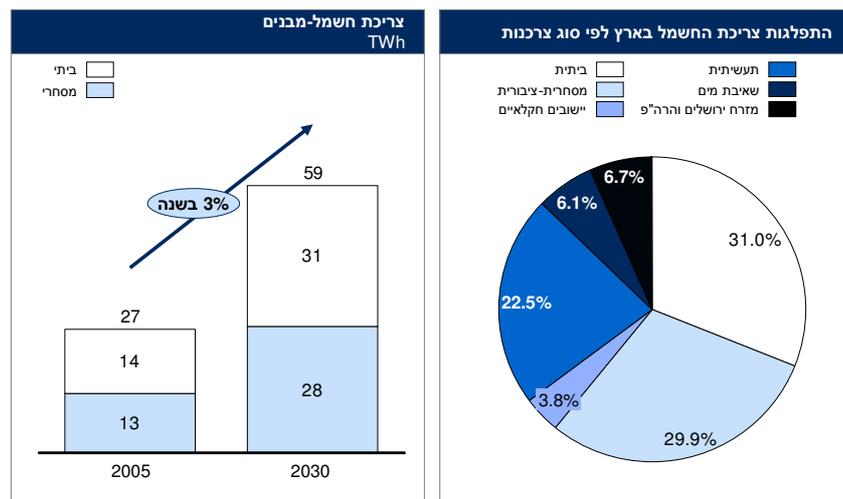
התייעלות בתחום המבנים משפיעה גם על פרמטרים אחרים (דוגמת ייצור וצריכת מלט), המשויכים למגזרים אחרים במסמך זה, קרי סך ההפחתות הקשורות בתחום גדול אף יותר.

6.2.2 התייעלות אנרגטית במבנים

מבנים הם צרכני חשמל "כבדים" ומהווים כ-60% מתצרוכת החשמל בארץ, עבור שימושים שונים דוגמת מיזוג, אורור וחימום, תאורה והפעלת מכשירים חשמליים ואלקטרוניים (מוצג 6.2.1).

מוצג 6.2.1

צריכת חשמל – מגזר המבנים



מקור: ח"ח, ניתוח צוות

מרבית פליטות גזי החממה במגזר זה הן פליטות "עקיפות" (הנובעות משימוש בחשמל), בעוד מיעוטן בלבד הן פליטות ישירות עקב שריפת דלקים או גז. לפיכך, הקטנת הביקוש לחשמל היא האמצעי המרכזי בניסיון להפחית את פליטות גזי החממה.

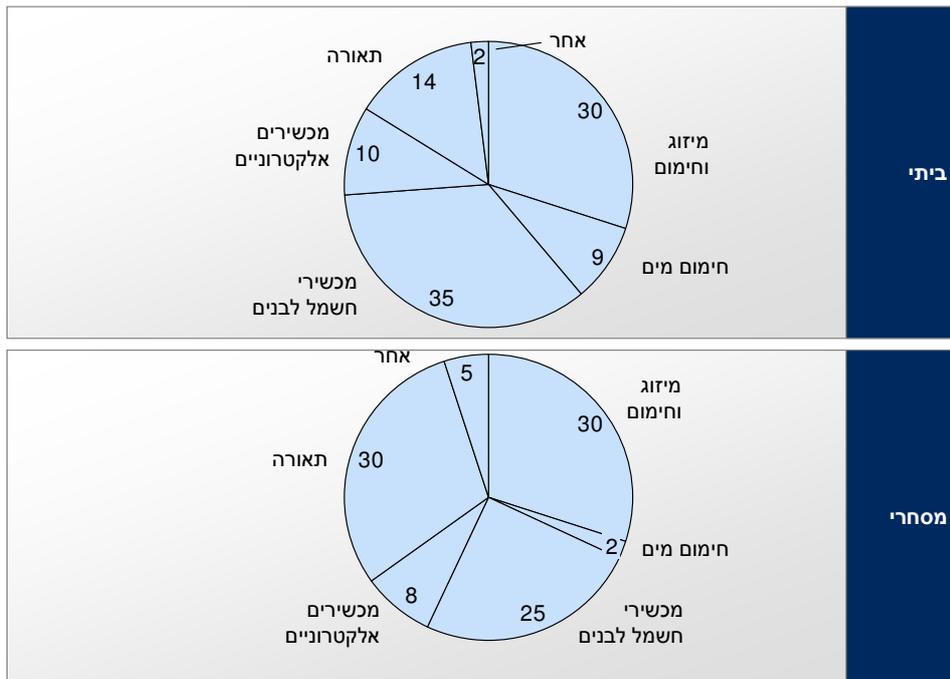
6.2.3 רכיבי הצריכה המרכזיים

רכיבי הצריכה המרכזיים הם תאורה, מכשירי חשמל, ומיזוג/חימום.

בנייני מגורים ובניינים ציבוריים/מסחריים נבדלים זה מזה בהתפלגות רכיבי צריכת החשמל, אך בשני המקרים מזהים שלושה מרכיבי צריכה עיקריים: תאורה, מכשירי חשמל ומיזוג/חימום, האחראים לכ-75% ויותר מכלל צריכת החשמל (מוצג 6.2.2).

מוצג 6.2.2

התפלגות צריכת החשמל במבנים



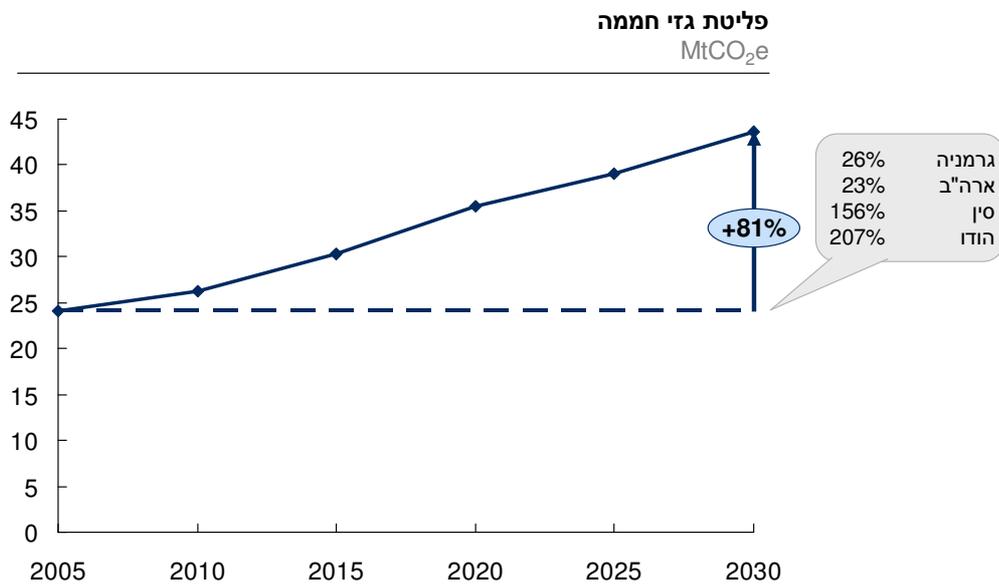
6.2.4. גידול הפליטות ממבנים בתרחיש "עסקים כרגיל"

בתרחיש "עסקים כרגיל" גדלות הפליטות ממבנים בכ-81% ב-2030.

מגזר המבנים אחראי לפליטת כ-24MtCO₂e בשנת 2005, ובתרחיש "עסקים כרגיל" (ללא הפעלת מנופי הפחתה) הוא צפוי לגרום לפליטה של כ-44MtCO₂e בשנת 2030 - גידול של 81% (מוצג 6.2.3).

מוצג 6.2.3

תרחיש "עסקים כרגיל" (BAU) – פליטות גזי חממה



גידול זה בפליטות נובע מהגידול הגבוה יחסית בשיעור האוכלוסין בארץ, הגורר בהתאמה הגדלה עקבית של שטחי המגורים והמסחר. גידול זה מלווה בהגדלת הדרישה הכוללת למיזוג, חימום ואוורור, הגדלת מספר הנורות ומספר מכשירי החשמל והאלקטרוניקה. תרחיש זה אינו מניח "הקפאת מצב קיים" תוך גידול של פרמטר השטח הכולל בלבד, כי אם טומן בחובו שיפורים טכנולוגיים המובילים להתייעלות אנרגטית שעיקרם:

- הנחה כי שיעור מצומצם מהמבנים הקיימים יעבור שיפוץ שיתרום לשיפור ביעילות אנרגטית.

- הנחה כי שיעור מערכות המיזוג היעילות אנרגטית יגדל בהדרגה ויגיע לכ-27% בשנת 2030 (מבוסס על מודל מקינזי העולמי תוך התאמות לתל"ג בארץ, המניחים שיעור של 10% כיום, וקצב גידול שנתי של 3%)
- הנחה כי עד שנת 2025 יהיו 100% ממכשירי החשמל בישראל בעלי רמת יעילות אנרגטית A ומעלה (נתמך על ידי חקיקה רלוונטית הצפויה בנושא).
- הנחה כי נורות הליבון הקיימות יוחלפו בהדרגה בנורות CFL עד לשנת 2030 (כך ששיעור נורות ה-CFL בשנה זו יעמוד על כ-43% - מבוסס על הנחת קצב גידול שנתי של כ-5% בנורות CFL ע"ח נורות ליבון, ומצב נוכחי בו כ-70% מהנורות הנן נורות ליבון), וכי כ-65% ממבני הציבור והמבנים המסחריים יותקנו מערכות בקרת תאורה מתקדמות.

6.2.5. קבוצות המנופים העיקריות להפחתת פליטות במבנים

פוטנציאל הפחתת הפליטות בתחום המבנים נובע רובו ככולו מצמצום הדרישה לחשמל במבנים עצמם, וזאת באמצעות שימוש בכ-20 מנופים, שניתן לחלקם לחמש קבוצות עיקריות (מוצג 6.2.4).

מוצג 6.2.4

מנופים עיקריים להפחתת הפליטה ממבנים

מנוף	תיאור
1	<ul style="list-style-type: none"> בניה ירוקה של מבנים חדשים
2	<ul style="list-style-type: none"> שיפור מבנים קיימים בטכניקות מתקדמות
3	<ul style="list-style-type: none"> שיפור מערכות מיזוג/אורור ובקרה עליהן
4	<ul style="list-style-type: none"> התקנת/החלפת מערכות תאורה מתקדמות
5	<ul style="list-style-type: none"> שיפור / החלפת מכשירי החשמל והאלקטרוניקה

בנייה חדשה בשיטות יעילות אנרגטית (דוגמת "בנייה ירוקה") - מנוף זה משמעותי עקב הגידול הטבעי הגבוה יחסית במדינה, המוביל לשיעורים גבוהים של בנייה חדשה (בהשוואה למדינות מפותחות המתאפיינות בגידול מתון יותר). סך ההפחתה המתקבלת מקבוצת מנופים זו הוא $3.9\text{MtCO}_2\text{e}$, שהוא 38% מכלל ההפחתה בתחום המבנים.

שיפוץ/שיפור מבנים קיימים לצורך שיפור יעילותם האנרגטית - קבוצה זו כוללת מנופים שבהם מבוצע שיפוץ בסיסי בלבד, הכולל בעיקר שיפור איטום במבנים הקיימים, ומנופים שבהם עובר הבניין שיפוץ מסיבי הכולל החלפה של אלמנטים מרכזיים דוגמת קירות, חלונות, דלתות וכו'. סך ההפחתה המתקבלת מקבוצת מנופים זו הוא $2.9\text{MtCO}_2\text{e}$, שהן 28% מכלל ההפחתה בתחום המבנים.

שיפור מערכות המיזוג, החימום והאוורור - באמצעות החלפת מכשירים קיימים במכשירים יעילים אנרגטית ועל ידי שיפור התחזוקה והבידוד של המערכות הקיימות. סך ההפחתה המתקבלת מקבוצת מנופים זו הוא $0.7\text{MtCO}_2\text{e}$, שהן 7% מכלל ההפחתה בתחום המבנים.

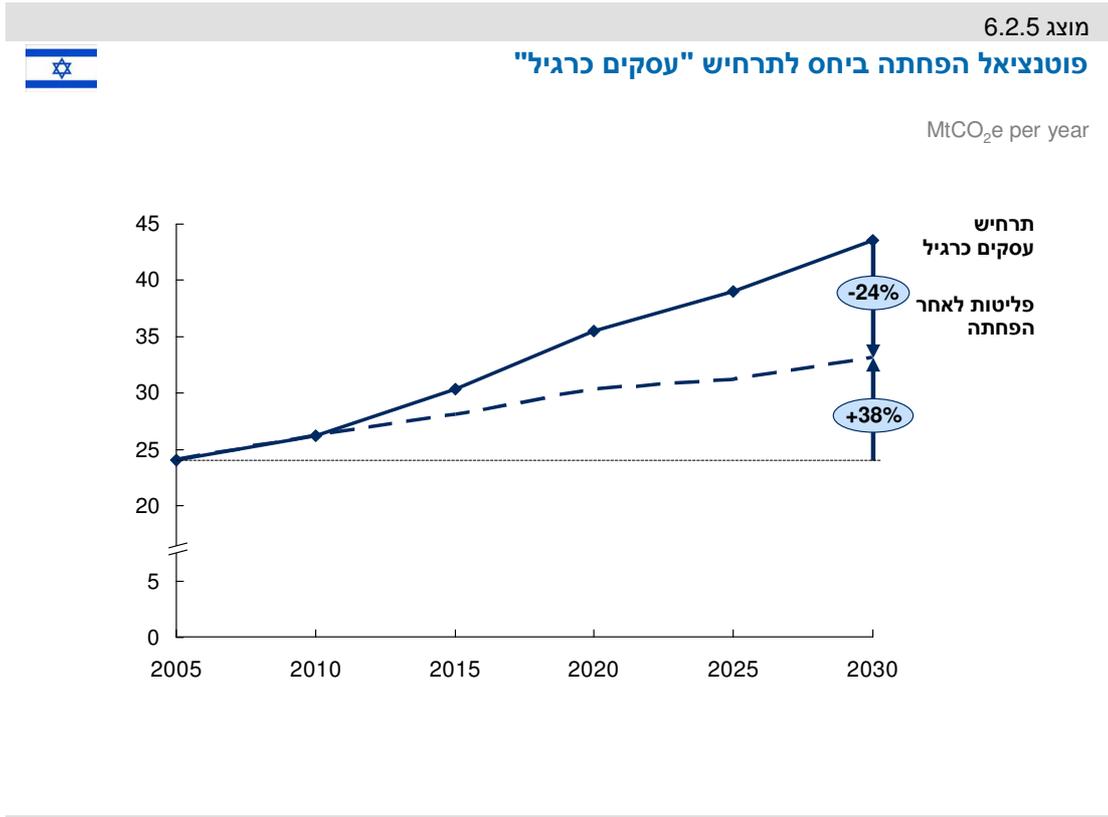
שיפורים בתחום התאורה במבנים הכוללים החלפת נורות קיימות לנורות יעילות אנרגטית והתקנת מערכות בקרת תאורה – מנופים אלה מניחים מעבר לנורות LED עד לשנת 2030, החלפת נורות ניאון לא יעילות בנורות מדגמים יעילים יותר והתקנת מערכות בקרת תאורה במרבית ממבני המשרדים (90%). סך ההפחתה המתקבלת מקבוצת מנופים זו הוא $2.3\text{MtCO}_2\text{e}$, המהווים 23% מכלל ההפחתה בתחום המבנים.

שיפור צריכת האנרגיה של מכשירי חשמל לבנים ומכשירים אלקטרוניים – על ידי החלפת מכשירים קיימים במכשירים יעילים אנרגטית מדירוג A ומעלה. עקב מאמץ מרוכז הנעשה בתחום במשרד התשתיות, הונח פוטנציאל מוגבל בתחום זה עקב יישום מרבית צעדי ההתייעלות בתרחיש "עסקים כרגיל". סך ההפחתה המתקבלת מקבוצת מנופים זו הוא $0.6\text{MtCO}_2\text{e}$, המהווים 5% מכלל ההפחתה בתחום המבנים.

קבוצת מנופי הפחתה נוספת עוסקת בשיפור מערכות חימום המים הקיימות. עקב שיעור החדירה הגבוה בארץ של דודי שמש, פוטנציאל ההפחתה הגלום במנופים אלה בארץ מוגבל ואינו משמעותי.

6.2.6 פוטנציאל ההפחתה במבנים הנו כ- 24% ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל"

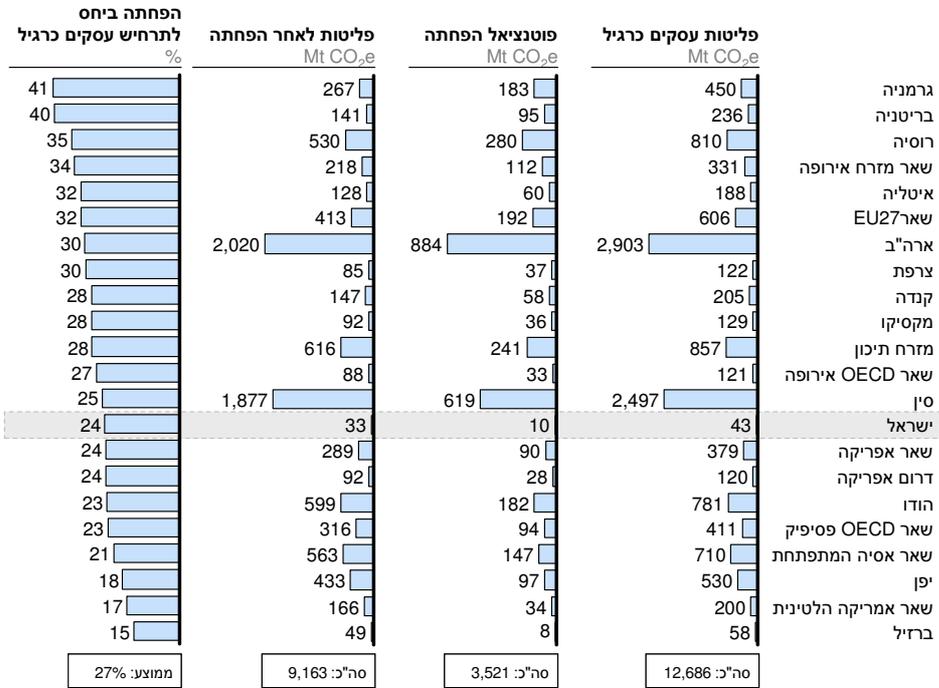
עם יישום של כלל מנופי ההפחתה, מתקבל פוטנציאל הפחתה של 24% ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל", המביא לערכי פליטה הגבוהים ב-38% מערכי הפליטה ב-2005 (מוצג 6.2.5).



פוטנציאל זה נמוך במעט מהממוצע העולמי בתחום המבנים – עקב פוטנציאל ההפחתה המוגבל בתחום חימום המים, הנחות תרחיש הבסיס ביחס להתייעלות האנרגטית בתחום מכשירי החשמל ושיעור חדירה נמוך מהמקובל במודל העולמי של מקינזי לשיפוץ מסיבי של בניינים קיימים (מוצג 6.2.6).

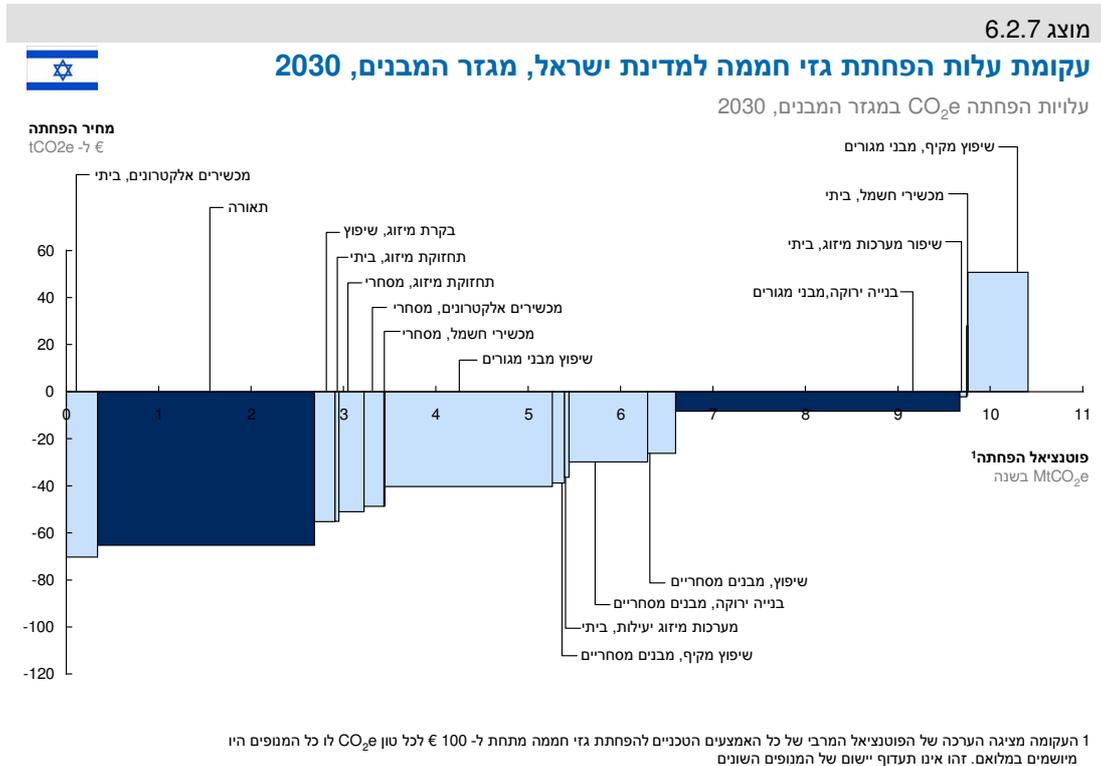
מוצג 6.2.6

פוטנציאל הפחתת פליטות במגזר המבנים



6.2.7. מרבית מנופי הפחתה בתחום המבנים מתאפיינים בעלות שלילית למשק

עקומת הפחתה עבור מגזר המבנים מתאפיינת ברוב מכריע של מנופים בעלי עלות שלילית (מוצג 6.2.7).



מאחר שתוחלת החיים של מבנה ממוצע מוערכת בעשרות שנים, קיימת היכולת ליהנות ממנופי התייעלות אנרגטית (דוגמת שיפוץ) לאורך זמן. עובדה זו מחדדת גם את חשיבות ההחלטות המתקבלות כיום, עקב השפעתן המהותית על רמת הפליטות העתידיות (לדוגמה, החלטה על תקני בנייה ובידוד רצויים). זאת עקב יכולות התיקון המוגבלות, הכרוכות בהשקעה רבה, של החלטות המתקבלות בנושא.

6.2.8 קיימים חסמים משמעותיים במימוש הפוטנציאל

למרות הרווח הכלכלי למשק בטווח הארוך, קיימים כמה חסמים ואתגרים משמעותיים בדרך למימוש מנופי הפחתה בתחום:

- מרבית המנופים מפוזרים על פני אלפי צרכנים, ולפיכך קשים יותר ליישום לעומת מנופים שאותם יש לאכוף על מספר מצומצם של ארגונים גדולים או גורמי עניין.
- רבים ממנופי הפחתה בתחום מאופיינים בהשקעת הון ראשוני רב, שתקופת ההחזר עליו אורכת כמה שנים בעקבות החיסכון בעלויות התפעוליות.
- צרכנים, במרבית המקרים, אינם ששים להשקעות משמעותיות בעלות זמן החזר רב, ונוהגים לבחון את השקעותיהם בטווח הקצר בלבד. שיפוץ הבניין, או קניית מכשיר בעל דירוג אנרגטי משופר שמחירו גבוה יותר ממחיר מוצר מקביל, אינם נתפסים בעיניהם כצעדים אטרקטיביים שכדאי ליישם, אלא אם כן תקופת החזר ההשקעה קצרה יחסית.
- שאלת ה"מוטבים" שיהנו מהחיסכון המתקבל - בשיפוץ בניין או בניית בניין חדש בשיטות ירוקות נושא בעל הנכס או הקבלן בעלויות נוספות, בעוד המוטבים הנהנים מהוצאות תפעוליות מופחתות בהמשך הם במקרים רבים שוכרים של המבנה או הדירה המצמצמים את הוצאות האנרגיה שלהם מחד אך אינם מוכנים לשלם "פרמיה" על הטבה זו מאידך. עובדה זו מצמצמת משמעותית את התמריץ למימוש מנופים אלה.
- חוסר מודעות - רבים מדיירי הבתים והמשרדים השונים כלל אינם מודעים למרכיבי צריכת האנרגיה במבנים ולבזבז הרב הקיים במצב הנוכחי. חוסר מודעות זה גורם לאי יישום של מנופים בסיסיים, שתועלתם מוכחת ויישומם פשוט – דוגמת החלפת נורות הליבון בנורות חסכוניות יותר.

6.3 תחבורה**6.3.1 מגזר התחבורה אחראי ל-18% מפליטות גזי החממה בישראל**

בשנת 2005 פלט מגזר התחבורה כ-12MtCO₂e, שהן 18% מכלל הפליטות בשנה זו בישראל. פליטות אלה כוללות כ-11MtCO₂e הנובעות מבעירה ישירה של דלק בכלי הרכב וכ-1MtCO₂e נוסף הנובע מתהליך זיקוק הדלק בארץ ומהפצתו לתחנות הדלק (כשמוצגות פליטות כל המגזרים יחדיו, פליטת תהליך הזיקוק מחושבות תחת מגזר הזיקוק). לצורך תהליך ניתוח הפליטות והערכת פוטנציאל ההפחתה, חולקו כלי הרכב לשלוש קבוצות לפי משקלם:

כלי רכב במשקל קל (LDV) – כלי רכב במשקל עד 4 טונות. בקבוצה זו נכללים כלי רכב פרטיים, מוניות, מיניבוסים ומשאיות קלות. בשנת 2005 כללה קבוצה זו כ-2 מיליון כלי רכב שפלטו כ-10MtCO₂e בשנת 2005. 86% מכלי רכב אלה מונעים בבנזין והיתר בדיזל.

כלי רכב במשקל בינוני (MDV) – כלי רכב במשקל 4-16 טונות. בקבוצה זאת נכללים משאיות ואוטובוסים. בשנת 2005 כללה קבוצה זו 40 אלף כלי רכב שפלטו כ-1MtCO₂e בשנת 2005. כלי הרכב בקבוצה זו מונעים בדיזל.

כלי רכב במשקל כבד (HDV) – כלי רכב במשקל מעל 16 טונות. בקבוצה זו נכללות משאיות מטען כבדות. בשנת 2005 כללה קבוצה זו 18 אלף כלי רכב שפלטו כ-1MtCO₂e בשנת 2005. כלי הרכב בקבוצה זו מונעים בדיזל.

6.3.2 בתרחיש "עסקים כרגיל" צפויה הכפלה של הפליטות בין 2005 ל-2030 עקב הכפלת הנסועה

בתרחיש "עסקים כרגיל" (לפני הפחתת הפליטות), הפליטות ממגזר התחבורה גדלות מכ-12MtCO₂e בשנת 2005 לכ-25MtCO₂e בשנת 2030. תרחיש זה כולל שיפורי טכנולוגיה שכבר קיימים בשוק וגורמים לשיפור בצריכת הדלק. שיפור נוסף בצריכת הדלק בין השנים מתרחש עקב יציאת כלי רכב ישנים ופחות יעילים ממלאי כלי הרכב וכניסת כלי רכב חדשים ויעילים יותר. כיום אין תכניות ממשיות לשימוש בדלק חלופי (biofuel) בארץ ולכן לא הייתה התייחסות לשימוש בדלק חלופי במסגרת תרחיש "עסקים כרגיל".

הגידול בפליטות בתרחיש "עסקים כרגיל" עד לשנת 2030 נובע מגידול בנסועה הכוללת. הגידול בנסועה נגרם עקב גידול באוכלוסייה וגידול בכמות כלי הרכב בארץ. מספר כלי הרכב במשקל קל (LDV) צפוי לעלות ביותר מפי 2, ומספר כלי הרכב שמעל 4 טונות (MDV ו-HDV) כמעט יוכפלו:

כלי רכב במשקל קל (LDV) – גידול מכ-2 מיליון לכ-4.5 מיליון כלי רכב ב-2030 הפולטים כ-21MtCO₂e בשנת 2030.

כלי רכב במשקל בינוני (MDV) – גידול מ-40 אלף ל-70 אלף כלי רכב ב-2030 הפולטים כ-2MtCO_{2e} בשנת 2030.

כלי רכב במשקל כבד (HDV) - גידול מ-16 אלף ל-34 אלף כלי רכב ב-2030 הפולטים כ-2MtCO_{2e} בשנת 2030

אנו מניחים שאין צפי לשינוי בנוסעה לרכב לאורך השנים בצורה משמעותית, ולכן השינוי בפליטות בין השנים נובע בעיקר מהשינוי במספר כלי הרכב.

תרחיש "עסקים כרגיל" מבוסס על הניתוחים של מומחי מקינזי בתחום תעשיית הרכב, נתוני הלמ"ס, הערכות משרד התחבורה, נתוני מינהל הדלק, IEA ומומחי תחבורה עולמיים.

6.3.3. ההפחתה בתחבורה מושגת על ידי מספר אמצעים

ניתן לחלק את מנופי ההפחתה הטכנולוגיים במגזר התחבורה למספר אמצעים:

1. שיפורים בכלי רכב בעלי מנועי בעירה פנימית (ICE – internal combustion engine)

ניתן לשפר בצורה משמעותית את צריכת הדלק של כלי רכב בעלי מנועי בעירה פנימית בעזרת שיפורים טכנולוגיים המבוצעים למרכיבי ההנעה וליתר המרכיבים.

שיפורים במרכיבי ההנעה של כלי רכב קלים כוללים: בקרת שסתומים משתנה, הפחתה משמעותית של חיכוך המנוע, הקטנת גודל המנוע ושימוש בהזרקה ישירה הומוגנית למנוע. שיפורים ליתר מרכיבי המנוע של כלי רכב קלים כוללים: גלגלים בעלי חיכוך גלגול נמוך, בקרת לחץ אוויר בגלגלים, הפחתת משקל משמעותית, היגוי ומשאבות חשמליים, שיפור מיזוג האוויר, שיפור תמסורות/מצמד דואלי, שיפור אווירודינמי ומערכות Start/Stop עם בלימה רגנרטיבית (regenerative braking).

שיפורים דומים קיימים לכלי הרכב הכבדים יותר: הפחתות חיכוך, שיפור אווירודינמיות ושיפורי מנוע כגון הנעה היברידית חלקית.

החישובים במחקר זה מביאים בחשבון רק את השיפורים הטכנולוגיים הידועים כיום, שהינם בעלי ההיתכנות הגבוהה ליישום. לא הובאו בחשבון "טכנולוגיות מהפכניות" נוספות היכולות להביא להפחתה משמעותית בצריכת הדלק.

2. כלי רכב היברידיים

כלי רכב היברידיים מכילים מנועים חשמליים משולבים עם מנועים "רגילים" (בעירה פנימית). בנוסף, כלי רכב היברידיים מתוכננים ברמות שונות של יעילות אווירודינמית, חיכוך גלגול והפחתת משקל. טעינת המצבר של המנוע החשמלי מבוצעת במהלך הנסיעה (לדוגמה, על ידי בלימה רגנרטיבית).

3. כלי רכב PHEV (plug-in hybrid electrical vehicle)

בעתיד מתוכנן להיכנס סוג חדש של רכב היברידי, ה-PHEV, שיכיל אפשרות חיבור לרשת החשמל. רכב זה ינוע בעיקר בעזרת המנוע החשמלי והמצבר החשמלי שיטען ברשת החשמל. מנוע הבעירה הפנימית יטען את המצבר במהלך הנסיעה. רכב זה יסתמך בעיקר על המנוע החשמלי ולכן יצרך פחות דלק ויפלוט פחות גזי חממה, כתלות בתמהיל הדלקים של מקור החשמל החיצוני.

כמות ההפחתה האפשרית משני סוגי הרכב ההיברידיים תלויה בכמות הנהיגה בהנעה חשמלית לעומת השימוש במנוע הבעירה. כמות זו מושפעת מסוג הנהיגה (עירונית לעומת בין-עירונית) ומיכולת הטענת המצבר בעזרת רשת החשמל ב-PHEV (הנחה חשובה לגבי חישוב עלות ה-PHEV היא שבעל הרכב לא יזדקק להחליף את הסוללה לכל אורך חיי כלי הרכב).

4. כלי רכב חשמליים (EV)

לרכב חשמלי יש מנוע חשמלי המקבל מתח ממצבר בעל קיבולת חשמל משמעותית. כיום מחירי מצברי כלי רכב חשמליים גבוהים, ועל כן מחירי כלי הרכב הללו גבוהים ביחס לכלי הרכב הרגילים, אולם קיימת ציפייה כי בעשור הקרוב ירדו משמעותית מחירי המצברים עקב קפיצה טכנולוגית בייצורם, ועמם ירד גם מחירם של כלי הרכב. ירידת המחירים צפויה להוביל לתחרותיות בין כלי הרכב החשמליים ושאר סוגי כלי הרכב.

בנוסף, על פי משרד התחבורה, בארץ קיימת ציפייה לחדירה גבוהה יותר של כלי רכב חשמליים ביחס לעולם עקב פעילות חברת Better Place בישראל. חברת Better Place שוקדת על הקמת תשתית לכלי רכב חשמליים ובכך תאפשר חדירה גדולה יותר בישראל לעומת הצפוי בעולם.

פוטנציאל ההפחתה של כלי הרכב החשמליים תלוי בפליטות גזי החממה מייצור חשמל בארץ. הפליטות של כלי הרכב החשמליים חושבו על סמך תמהיל הדלקים לייצור החשמל בתרחיש ההפחתה של מגזר החשמל – 25% אנרגיה מתחדשת.

5. דלק חלופי (biofuels)

דלק חלופי מאפשר הפחתת גזי חממה מכיוון שבמהותו הוא מיוצר מ- CO_2 באטמוספירה. לכן, על פי צורת החישוב הנהוגה בעולם לא מתחשבים בכל הפליטות מבעירתו כתוספת גזי חממה לאטמוספירה בטווח הארוך (זאת בניגוד לדלק פוסילי, שמשחרר לאטמוספירה CO_2 שהיה "כלוא" במרבצים תת קרקעיים בעת בעירתו). פוטנציאל ההפחתה תלוי בחומרי הגלם המשמשים לייצור הדלק החלופי ובאופי שינוי ייעוד הקרקעות הנדרש לשם הגדלת הייצור של דלקים אלה.

קיימת אפשרות למהול דלק פוסילי בדלק חלופי כדי להפחית את פליטות גזי החממה. כיום לא מבצעים זאת בארץ, למרות שמנועי בעירה פנימית המיובאים לארץ מאפשרים מהילה של עד 5% דלק חלופי בדומה לסטנדרטים האירופיים.

הדור הראשון של הדלק החלופי כולל מספר סוגים, כגון ביו-אתנול מקנה סוכר (תחליף לבנזין) וביו-דיזל משמן דקלים (תחליף לדיזל). ביו-אתנול דור שני מופק מתאית, המיצולוז וליגנין (lignocellulosic feedstock) ובעל פוטנציאל להפחתת גזי חממה עד 90%. הדור השני של הדלקים החלופיים אינו ישים כיום בכמויות מסחריות, אך מו"פ רב מושקע על מנת להזיל דלקים אלה למחירים תחרותיים לפני שנת 2030.

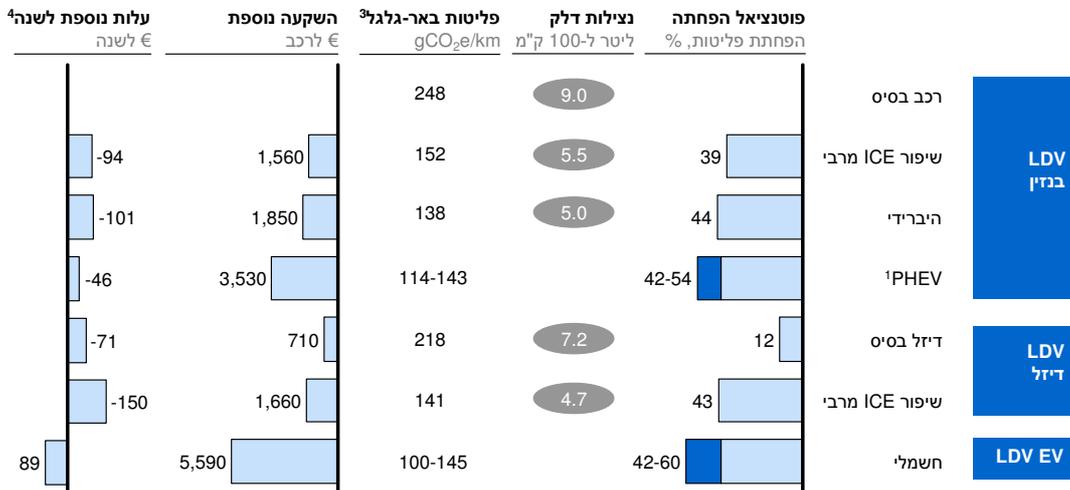
בנוסף לטכנולוגיות הידועות כיום, סביר כי בעתיד יופיעו טכנולוגיות חדשות ומהפכניות שישפרו אף יותר את יעילות הבעירה וההנעה. לפיכך, אנו מעריכים כי תרחיש ההפחתה המוצג הנו שמרני.

כל המנופים, למעט קבוצת הדלק החלופי, דורשים השקעה ראשונית גבוהה עקב עלות הגבוהה יותר של רכב חסכוני בהשוואה לרכב "רגיל", אך בהמשך מתקבל חסכון כלכלי בהוצאות השוטפות על הדלק. מוצג 6.3.1 מציג את העלות ואת פוטנציאל הפחתת הפליטות לכלי רכב קלים לפי המנופים השונים. ההשקעה הנוספת בקניית רכב והעלות הנוספת לשנה מחושבות בהשוואה ל"רכב בנזין בסיסי קל" בשנת 2030 במסגרת תרחיש "עסקים כרגיל".

מוצג 6.3.1

השוואת מנופי הפחתה לכלי רכב בעלי משקל קל חדשים ב-2030

מושפע מפליטות סקטור החשמל²



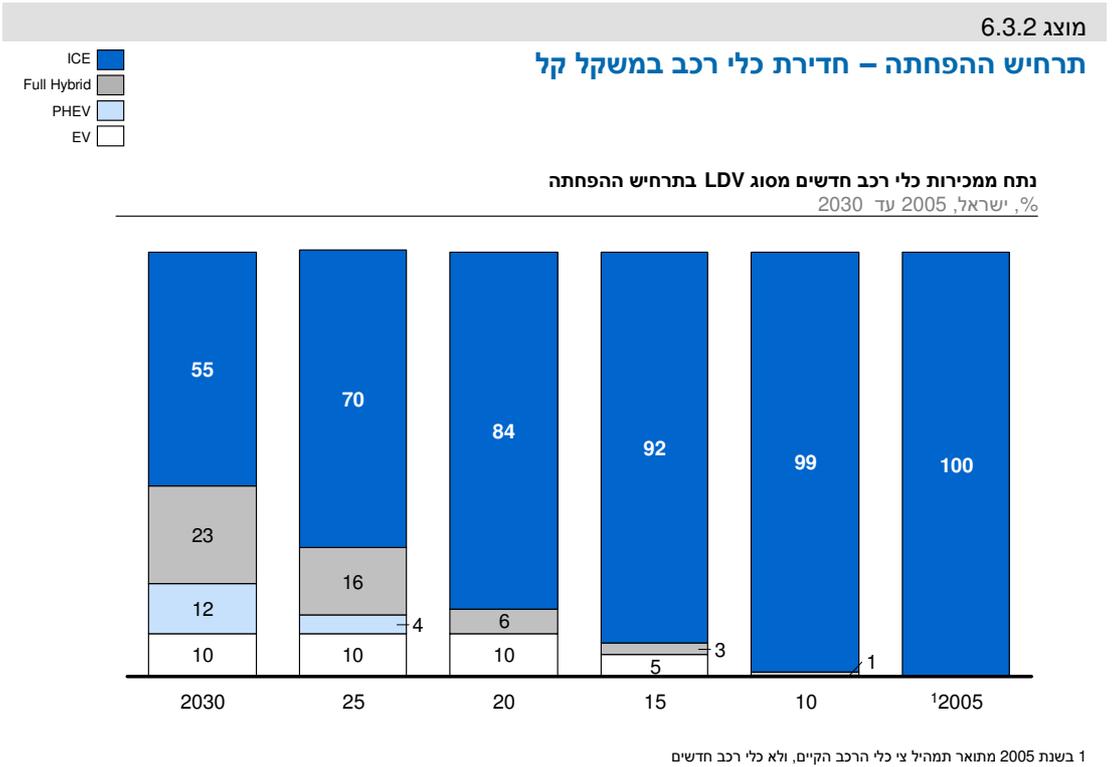
1 66% הנעה חשמלית והיתרה היברידי
 2 לפי פליטות חשמל בתרחיש ההפחתה (25% אנרגיה חלופית) בשנת 2030
 3 ככלל הפליטות בתהליך הזיקוק של הדלק בארץ והשינוע לתחנות הדלק (באר-מיכל) ואת בעירת הדלק בתוך כלי הרכב (מיכל-גלגל). לא כולל את הפליטות הנגרמות עקב שאיבת הנפט והובלתו לישראל.
 4 השקעה נוספת ברכב לשנה (15 שנה, 4% ריבית לשנה) בתוספת הפרש עלות דלק / חשמל לשנה (19 אלף ק"מ לשנה, 5 אירו סנט ל-KWh, 35 אירו סנט לליטר בנזין ו-34 אירו סנט לליטר דיזל) ביחס לרכב בנזין בסיס

6.3.1 מוצג ניתן לראות כי כלי רכב דיזל משופר מאפשר הפחתת פליטות דומה לזו של הרכב ההיברידי תוך כדי החיסכון השנתי הגבוה ביותר. PHEV מתאפיין ברמת פליטה נמוכה יותר, אך רכישתו כרוכה בעלות גבוהה יותר. רכב חשמלי מתאפיין בפליטה נמוכה ביותר לק"מ, אך עלותו השנתית ועלות ההשקעה הראשונית בו הנה הגבוהה ביותר.

בבחינת העלות הכוללת השנתית של הרכב – כולל תוספת ההשקעה הראשונית במעמד הרכישה והחיסכון בעלות הדלק – ניתן לראות כי למעט בכלי רכב חשמליים, מתקבל חסכון כלכלי בהשוואה "לרכב הבסיסי".

6.3.4. בתרחיש ההפחתה – כלי רכב היברידיים וחשמליים יהוו 45% מכלי הרכב החדשים ב-2030

6.3.2 מוצג מראה את קצב חדירת כלי הרכב הקלים השונים בתרחיש ההפחתה. קצבי החדירה דומים לקצבי החדירה הצפויים באירופה למעט כלי רכב חשמליים – שגדלים בקצב גבוה יותר עקב פעילות חברת Better Place בארץ.



אנו מעריכים שכ-55% מכלי הרכב החדשים בשנת 2030 יהיו בעלי מנוע בעירה פנימית וכ-45% יהיו היברידיים, PHEV וחשמליים. ההנחה היא שהיחס בין כלי רכב בנזין לדיזל נשאר קבוע לכל אורך השנים.

לגבי כלי הרכב הכבדים יותר (מעל 4 טון), ההנחה היא כי מרביתם, החל מ-2016, יכילו שיפורים במרכיבי ההנעה וביתר המרכיבים. גם בתרחיש "עסקים כרגיל", נתח גדול מכלי הרכב המסחריים יכיל חלק מהשיפורים, וזאת עקב ההשפעה הרבה של הוצאות הרכב על המגזר המסחרי בהשוואה למגזר הפרטי.

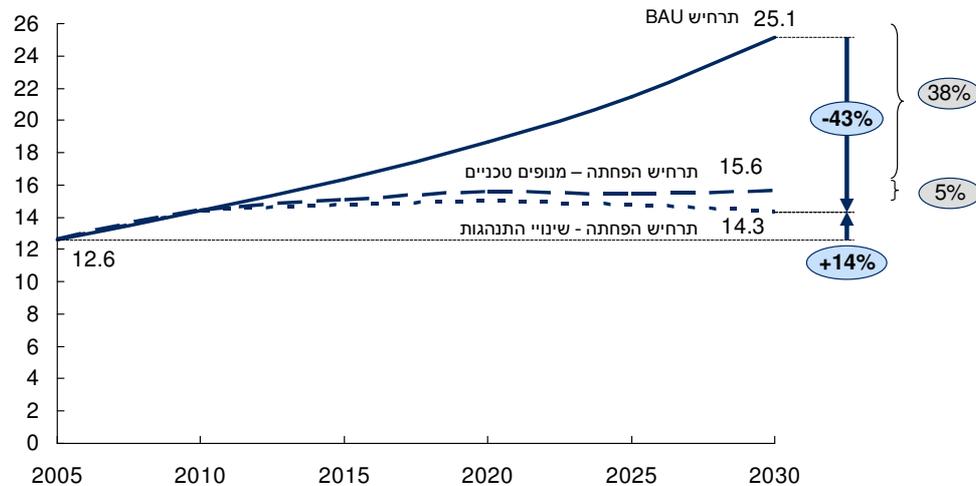
6.3.5 בשנת 2030 ניתן להפחית 38% מהפליטות של תרחיש "עסקים כרגיל"

תרחיש ההפחתה משקף פוטנציאל הפחתה של כ-38% מפליטות גזי החממה בשנת 2030, או כ-10MtCO₂e בשנת 2030 (מוצג 6.3.3). כלי הרכב הקלים אחראים ל-28% מההפחתה, וכלי הרכב מעל 4 טונות אחראים ל-2% נוספים. מעבר לשימוש בדלק החלופי אפשר הפחתה של 8% נוספים.

מוצג 6.3.3

פליטות גזי חממה בסקטור התחבורה

פליטות גזי חממה בישראל בסקטור התחבורה בתרחישים השונים
שנת Mt CO₂e

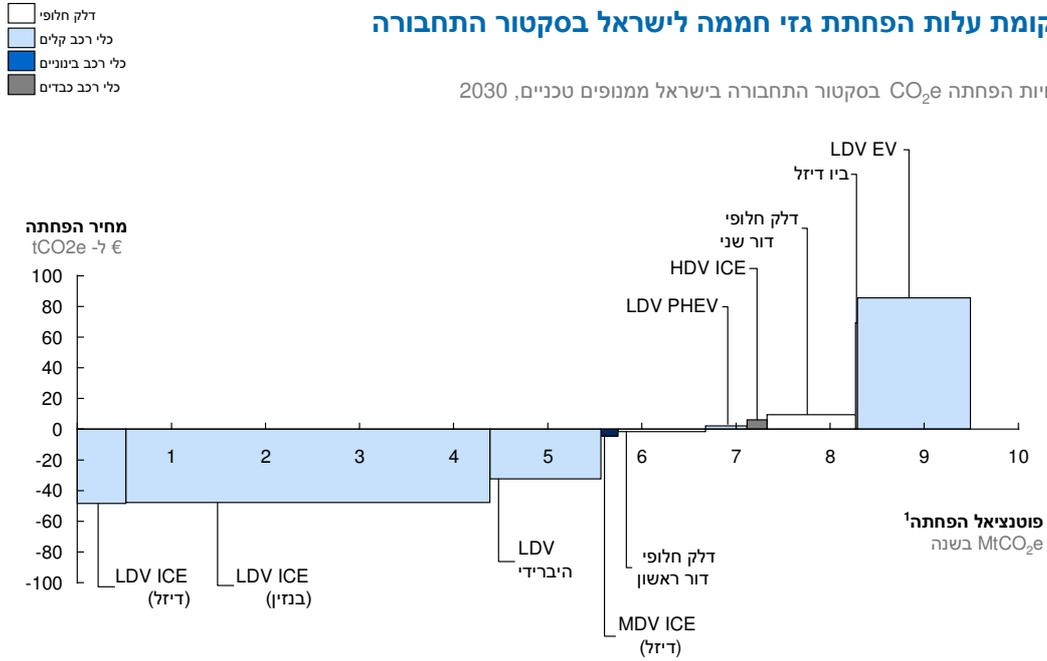


ניתוח עלות ההפעלה של המנופים הללו מראה כי על ידי יישום כל המנופים המתוארים בשנת 2030, יוכל המשק לחסוך €135 מיליון או חיסכון של כ-14€/tCO₂e.

מוצג 6.3.4

עקומת עלות הפחתת גזי חממה לישראל בסקטור התחבורה

עלויות הפחתה CO₂e בסקטור התחבורה בישראל ממנופים טכניים, 2030



1 העקומה מציגה הערכה של הפוטנציאל המרבי של כל האמצעים הטכניים להפחתת גזי חממה לו כל מנוף היה מיושם במלואו. זהו איננו תעדוף יישום של המנופים השונים

עקומת העלות למגזר התחבורה מוצגת במוצג 6.3.4. ניתן לראות מהעקומה כי לרוב המנופים עלות שלילית, כלומר קיים חיסכון כלכלי בהפעלתם עקב החיסכון בצריכת הדלק, וזאת על אף תוספת ההשקעה הדרושה בעת רכישת הרכב. כמו כן, ההפחתה הגדולה ביותר מתקבלת משיפור כלי רכב מונעי בעירה פנימית. קיים פוטנציאל הפחתת גזי חממה בעזרת כלי הרכב החשמליים, אך השגתו כרוכה בעלות יקרה יחסית בהשוואה לשאר סוגי כלי הרכב. דלקים חלופיים מאפשר הפחתה בעלויות הקרובות לאפס.

6.3.6 הפחתה ע"י שינויי התנהגות בתחבורה

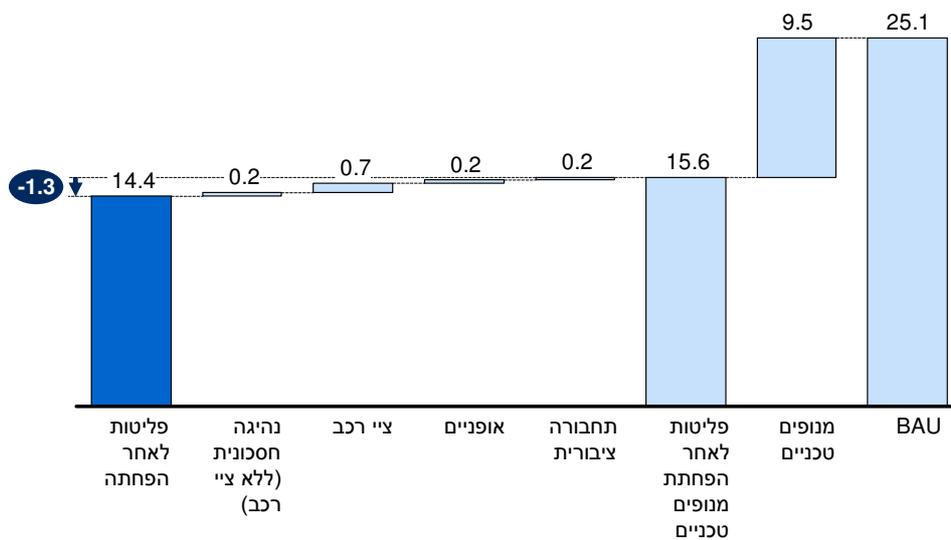
מעבר למנופים הטכניים שתוארו עד כה, ניתן להפחית את פליטות גזי החממה בכ-5% נוספים או בכ-1 MtCO₂e על ידי שינוי התנהגות. במהלך העבודה נחקרו מספר מנופים לשינויי התנהגות.

אמצעים אלה לא הוכנסו לעקומת העלות אלא מתוארים בנפרד ומתווספים לפוטנציאל ההפחתה הכולל כפי שמוצג במוצג 6.3.5. הסיבה לכך היא הקושי לאמוד את עלותם של מנופים אלה למשק.

מוצג 6.3.5

הפחתת גזי חממה בעזרת מנופי שינוי התנהגות

פוטנציאל הפחתת CO₂e בסקטור התחבורה בישראל ממנופי ההתנהגות
2030 בשנת Mt CO₂e



ההנחות העיקריות שנלקחו לגבי מנופי השינויי ההתנהגות הינן:

אופניים – ההערכה היא כי ניתן להגדיל את השימוש באופניים על ידי שיפור נתיבים ועידוד נסיעה. הנחת המודל הינה גידול בנסועה של כ-5%, כאשר מחצית מהגידול יבוא על חשבון אמצעי התחבורה השונים.

צ"י רכב – בישראל הנסועה הממוצעת לכלי רכב בצ"י רכב הינה 30,000 ק"מ, זאת בהשוואה לכ-16,000 ק"מ עבור כלל כלי הרכב הפרטיים. ההנחה היא כי על ידי הפחתת חלק מהטבות הדלק לבעלי רכב צ"י ניתן להפחית את נסועת צ"י הרכב בכ-15%. בנוסף, ניתן לשפר את יעילות הנהיגה מבחינת צריכת דלק בכ-5%, ולהביא לבחירת כלי רכב יעילים יותר בכ-5% נוספים.

נהיגה חסכונית - בכלי הרכב הפרטיים שאינם חלק מצי רכב ניתן לשפר את יעילות הנהיגה מבחינת צריכת הדלק בכ-3%.

תחבורה ציבורית לבדה אינה תורמת באופן משמעותי להפחתת פליטות גזי חממה בישראל

הגדלת השימוש בתחבורה ציבורית גורמת לשתי תופעות עיקריות:

1. **הסטת נסיעות קיימות** מכלי רכב פרטיים לתחבורה ציבורית – תופעה המפחיתה את כמות פליטות גזי החממה, מכיוון שהפליטה לנוסע בתחבורה הציבורית נמוכה מזו של הנוסע ברכב הפרטי.

2. **תוספת נסיעות חדשות** עקב הגדלת אפשרויות הבחירה לציבור – תופעה המגדילה את כמות פליטות גזי החממה.

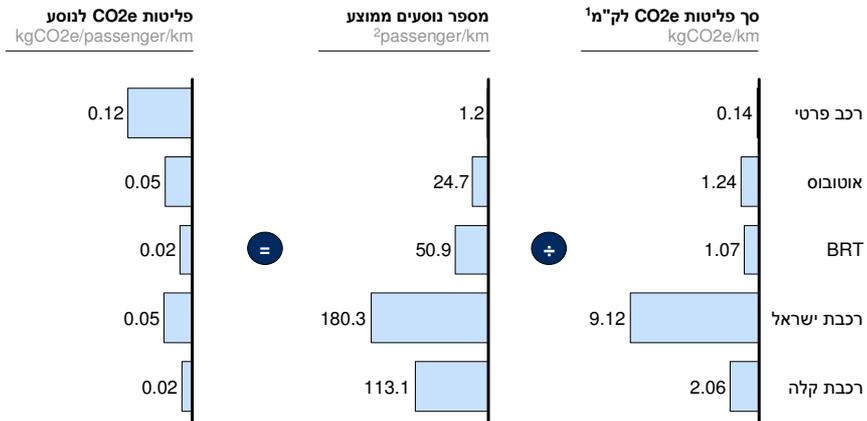
הניתוח שנעשה עבור מטרופולין תל אביב התבסס על המודל של נת"ע (נתיבי תחבורה עירוניים בע"מ), חברה ממשלתית שהוקמה בשנת 1997 על מנת לפתור את בעיות התחבורה במטרופולין תל-אביב. מודל זה מעריך שינויים בנסועת כלל כלי הרכב במטרופולין תל אביב עקב הוספת תחבורה ציבורית. הערכה זו מבוצעת על ידי השוואת תרחיש ללא רכבת קלה ו-BRT, עם תרחיש הכולל חמישה קווי רכבת קלה ו-BRT.

במוצג 6.3.6 ניתן לראות שממוצע פליטות גזי החממה לנוסע לק"מ בתחבורה ציבורית נמוכה באופן משמעותי מכלי רכב פרטיים. גורם משמעותי בניתוח זה הינו התפוסה הממוצעת בכלי התחבורה (מספר הנוסעים ביחס לקיבולת). ע"פ נתוני משרד התחבורה ונת"ע התפוסה בתח"צ בארץ גבוהה מהממוצע במדינות מפותחות (50-35% לעומת 20-25%)

מוצג 6.3.6

פליטות CO2e לנוסע לק"מ ברכב פרטי גבוהים משמעותית מאשר בתחבורה ציבורית

הנחות יסוד בבחינת פליטות באמצעי תחבורה שונים



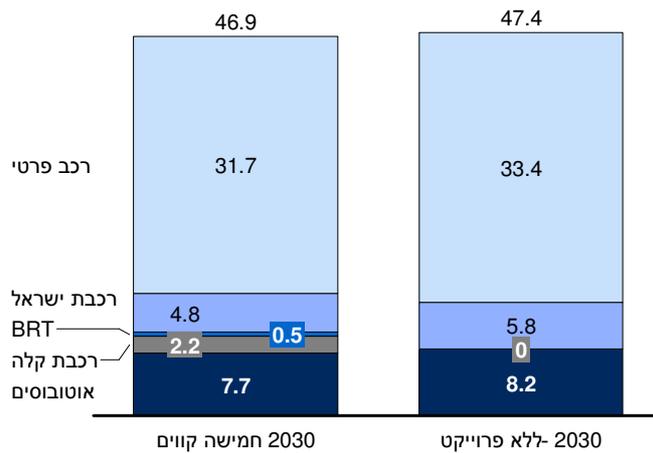
1 רכב פרטי על פי מודל, אוטובוס על פי נתוני אגד פחות 15% עקב התייעלות עד 2030, BRT לפי 40 ליטר דיזל ל-100 ק"מ ל-BRT עם 70-80 נוסעים, רכבת ישראל על פי נתוני רכבת ישראל פחות 15%, רכבת קלה לפי EIA והתאמות לפליטות מייצור חשמל הצפויות ב-2030 בתרחיש הפחתה 2 על פי נתוני מודל נת"ע

לפי הניתוח, לאחר הטמעת 5 קווים עירוניים במטרופולין תל אביב תהיה ירידה של 1.7 מיליארד ק"מ נוסע בכלי רכב פרטיים. את צפי שינוי הנסועה ניתן לראות במוצג 6.3.7.

מוצג 6.3.7

על פי מודל נת"ע תהיה הפחתה של כ- 1.7 מיליארד ק"מ נוסע ברכב פרטי

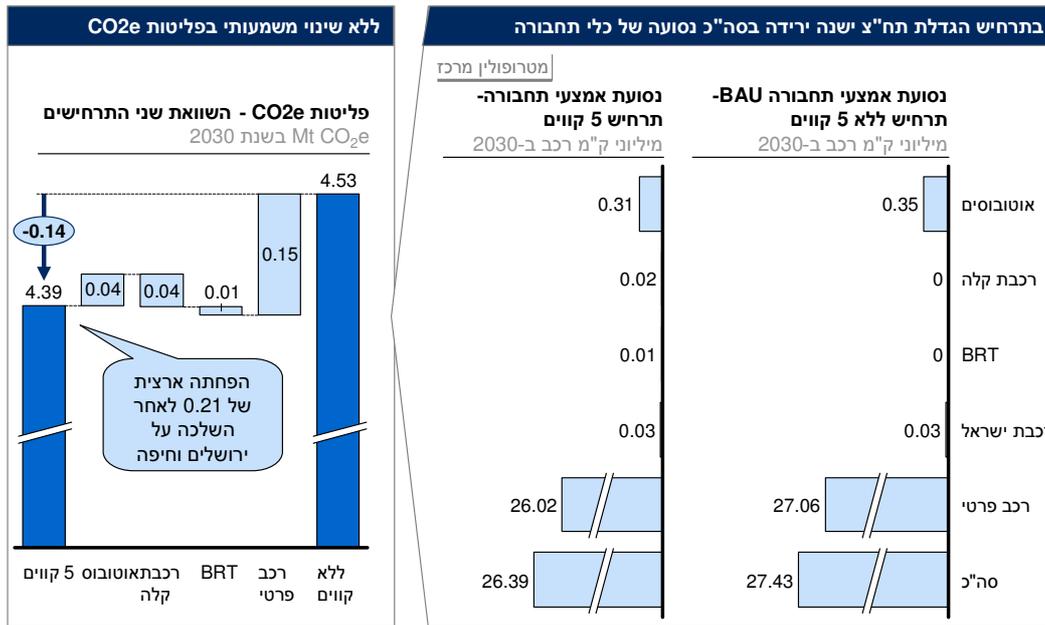
סך נסועת נוסעים במטרופולין מרכז, מיליארד ק"מ נוסע בשנת 2030



הירידה בנוסעת כלי רכב פרטיים עקב מעבר של **נסיעות קיימות** לתחבורה ציבורית תגרום להפחתת פליטות גזי חממה של כ- 210 אלף טון CO₂e, כפי שניתן לראות במצג 6.3.8. אולם, כאשר מתחשבים בהתווספות **נסיעות חדשות**, ההערכה היא כי פוטנציאל ההפחתה יבוטל.

מוצג 6.3.8

מעבר לתחבורה ציבורית באזור המרכז יפחית גזי חממה ב-210 אלף טון CO₂e בשנת 2030



הניתוח שנעשה אינו כולל מדיניות להגבלת השימוש ברכב הפרטי (כגון אגרות גודש ומדיניות חניה מחמירה) בדומה להנחות שנלקחו במודל נת"ע. יישום אמצעים אלו במקביל להגדלת היצע התחבורה הציבורית יכול להביא להפחתת פליטות גזי החממה. יצוין כי התחבורה הציבורית תורמת לחברה ולמשק הישראלי, בין השאר בהפחתת עומסי תנועה, הפחתת זיהום אוויר מקומי, הפחתת רעש וקיצור זמני נסיעה.

6.4. התעשייה

6.4.1. מגזר התעשייה מהווה 30% מפליטות גזי החממה בישראל

פליטות מגזר התעשייה כוללות את תעשיית הכימיקלים (כ-4MtCO₂e בשנת 2005), המלט (כ-4MtCO₂e בשנת 2005), הזיקוק והגז (כ-3MtCO₂e בשנת 2005), המים (כ-2MtCO₂e בשנת 2005) ותעשיות נוספות (כ-9MtCO₂e בשנת 2005). למגזר זה השפעה רבה על פליטת גזי החממה בישראל. בשנת 2005 פלט מגזר התעשייה כ-21MtCO₂e, שהם 30% מכלל הפליטה באותה שנה.

במגזר התעשייה קיימים שלושה סוגי פליטות גזי חממה:

פליטות תהליכיות (Process emissions) – פליטה זו קיימת בתת-מגזר המלט והכימיקלים ונובעת מהשתחררות גזי חממה במהלך התהליכים הכימיים. תהליכים אלה כוללים בעיקר את ייצור הכימיקלים הבאים בארץ: אתילן, חומצה חנקתית, soda ash וקלינקר. פליטות אלה מהוות כ-15% מסך הפליטה במגזר התעשייה (כ-3MtCO₂e בשנת 2005). כמות זו נמוכה יחסית לקיים בעולם עקב ביצוע פעולות בהווה להפחתת הפליטה מתהליכים כימיים, כגון CDM להפחתת פליטה בתעשיית החומצה החנקתית.

פליטה ישירה כתוצאה מבעירת דלקים (Direct emissions) – פליטה כתוצאה מבעירת הדלקים השונים בתנורים ובתהליכים השונים. פליטות אלה מהוות כ-32% מסך הפליטה במגזר התעשייה (כ-7MtCO₂e בשנת 2005), כמחציתם מתת-מגזר ה-P&G (דלק וגז)

3. **פליטה עקיפה כתוצאה משימוש בחשמל (Indirect emissions)** – היקף פליטות אלו תלוי הן בהיקף ייצור החשמל והן בתמהיל הדלקים המשמשים לייצורו. פליטות אלה מהוות כ-53% מסך הפליטה במגזר התעשייה (כ-11MtCO₂e בשנת 2005).

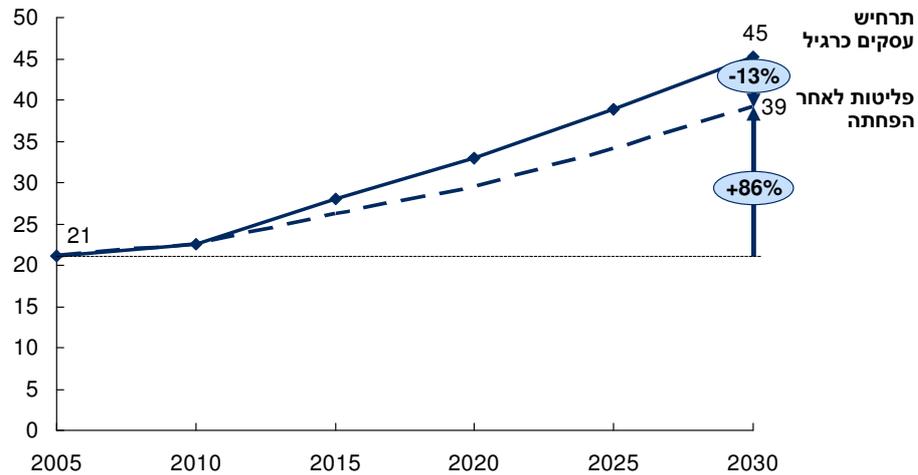
6.4.2. בתרחיש "עסקים כרגיל" צפוי גידול של כ-115% בין 2005 ל-2030 בפליטות גזי החממה בתעשיות

מניתוח מגזר התעשייה עולה כי בתרחיש "עסקים כרגיל" יגדלו הפליטות לכ-45MtCO₂e בשנת 2030 מכ-21MtCO₂e בשנת 2005 – קצב גידול שנתי של 3.1%. קצב זה נמוך מקצב גידול התמ"ג עקב התייעלות אנרגטית הכלולה בתרחיש "עסקים כרגיל". הגידול בפליטות מתחלק בין התעשיות באופן הבא: תעשיית הכימיקלים כ-5MtCO₂e בשנת 2030, המלט - כ-7MtCO₂e בשנת 2030, הזיקוק והגז - כ-13MtCO₂e בשנת 2030, המים - כ-5MtCO₂e בשנת 2030 ותעשיות נוספות - כ-15MtCO₂e בשנת 2030.



פליטות גזי חממה בסקטור התעשייה

MtCO₂e per year



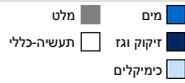
6.4.3. ניתן להפחית 13% מהפליטות ב-2030 ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל"

יישום מנופי ההפחתה מאפשר הפחתת כמות הפליטה במגזר זה בכ-6MtCO₂e המהווים הפחתה של 13% בפליטות ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל" בשנת 2030. במהלך העבודה נבחנו אפשרויות ההפחתה הרלוונטיות לכלל התעשיות ולתתי-המגזרים כימיקלים, מלט, מים ו-P&G (petroleum and gas). עקומת עלות ההפחתה למגזר התעשייה (מוצג 6.4.2) מציגה את פוטנציאל ההפחתה ואת עלות המנופים הקיימים במגזר התעשייה.

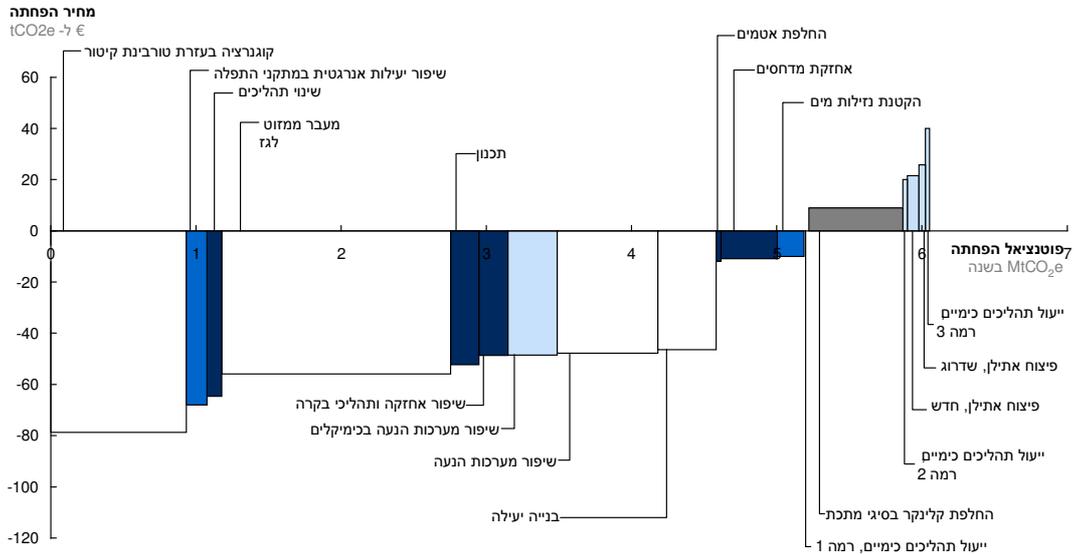
מניתוח התעשייה עולה כי חלק מהתעשיות בארץ נמצא כבר היום ביעילות אנרגטית גבוהה יחסית לקיים בעולם. בנוסף, חלק אמצעי ההפחתה הידועים בעולם אינם ישימים בארץ בטווח השנים 2005-2030, כגון CCS במגזר הכימיקלים וחלק כבר מיושמים לטובת מגנוני סחר בפליטות (CDM). לכן פוטנציאל ההפחתה נמוך יותר מהמקובל בתעשיות מקבילות בעולם.

מוצג 6.4.2

עקומת עלות הפחתת גזי חממה לישראל בסקטור התעשייה



עלויות הפחתה CO₂e בסקטור הכימיקלים בישראל ממנופים טכניים, 2030



הפחתת פליטת גזי החממה במגזר התעשייה ניתנת לביצוע על ידי יישום מספר מנופים כלליים המשפיעים על כלל התעשיות, ומספר מנופים לתעשיות ספציפיות:

מנופים כלליים

1. קוגנרציה בעזרת טורבינת קיטור מאפשרת הפחתה של כ-1MtCO₂e בשנת 2030 תוך כדי חיסכון של כ-€74 מיליון בשנה זו

קוגנרציה היא תהליך שבו מיוצרים חשמל וחום (כגון קיטור) בו זמנית תוך כדי ניצולת מיטבית של הדלק. ישנן שתי טכנולוגיות עיקריות לייצור חשמל וקיטור בעזרת קוגנרציה - טורבינת קיטור וטורבינת גז. הראשונה מיועדת למפעלים הצורכים בעיקר קיטור, והשנייה למפעלים הצורכים בעיקר חשמל. כאשר תעשיות מוטות קיטור מייצרות קיטור וחשמל בתהליך קוגנרציה בעזרת טורבינת קיטור, ניתן להגיע לניצולת דלקים כוללת של כ-80% ולניצולת ייצור חשמל אפקטיבית של כ-68%, זאת ביחס לניצולת ייצור חשמל מגז במחז"מ של עד 58%, ומפחם הנעה בסביבות 30%-40%.

פוטנציאל ההפחתה חושב כך שבמידה וכל המפעלים הצורכים מעל עשר טונות קיטור בשעה יעברו לייצור קיטור בעזרת קוגנרציה, ניתן יהיה להפחית פליטות גזי חממה בכ-1MtCO₂e בשנת 2030 תוך כדי ייצור של כ-2.5 טרה-ואט שעה בשנה זו (הפחתה של 370 גרם CO₂e

לכל קילוואט-שעה מיוצר בהשוואה לתרחיש "עסקים כרגיל" במגזר החשמל לשנת 2030). הפחתה זו מתאפשרת בזכות ניצול טוב יותר של הדלקים בעת תהליך ייצור הקיטור והחשמל. יש לציין כי גם באמצעות שימוש בטורבינות גז ניתן להפחית פליטות, אך ההפחתה המרבית מתקבלת בעזרת טורבינות קיטור.

ההשקעה הראשונית בטכנולוגיית קוגנרציה נמוכה ביחס לחיסכון הנוצר מניצול מיטבי של הגז, ולכן בחישוב כולל, העלות לקילוואט-שעה המיוצר בתהליך קוגנרציה מטורבינת קיטור היא כ-0.02€ בלבד (בהשוואה לעלות ייצור חשמל של כ-0.05€). כך, בשנת 2030 יוכל המשק לייצר כ-2.5 טרה-ואט שעה חשמל בעזרת קוגנרציה תוך כדי הפחתת כמות של כ-1 MtCO_{2e}, במקביל לחיסכון של כ-74€ מיליון בשנה.

2. שיפור מערכות הנעה במפעלים יחסוך 20% מצריכת החשמל ויביא להפחתה של כ-1 MtCO_{2e} עד לשנת 2030

שיפור מערכות ההנעה כולל שילוב הילוכים מתכווננים (adjustable speed drive), מנועים יעילים יותר ואופטימיזציות מערכות מכאניות. הפחתה זאת תבוצע תוך כדי חיסכון כלכלי עקב הקטנת צריכת החשמל (חיסכון של כ-48€/tCO_{2e}).

3. מעבר משימוש במזוט לגז בייצור אנרגיה בתעשייה יפחית כ-1.5MtCO_{2e} תוך חיסכון רב בעלויות

הפחתת הפליטות נובעת מכך שלגז "טביעת רגל פחמנית" נמוכה מזו של המזוט והפחם. במסגרת תרחיש ה"עסקים כרגיל", תעשיית הכימיקלים עוברת כולה לשימוש בגז. בתרחיש ההפחתה ניתן להעביר כ-80% מיתר צרכני הדלקים בתעשיות לשימוש בגז במקום במזוט.

4. בנייה יעילה באזורי התעשייה תפחית פליטה בכ-0.5MtCO_{2e} עד לשנת 2030 בעזרת מנופים דומים לאלה המתוארים במגזר הבנייה במגזר המסחרי.

מנופים לתעשיות ספציפיות

1. בתעשיית הכימיקלים ניתן להפחית פליטה של כ-0.1MtCO_{2e} בשנת 2030

על ידי שדרוג מפעלי האתילן לטכנולוגיות חדישות, ניתן יהיה לחסוך כ-1 קילוואט-שעה לכל טונה אתילן מיוצר. שיפורים אלה כוללים שדרוג כבשנים, גלילי פיצוח (Cracking tube) משופרים וטכנולוגיות הפרדה ודחיסה משופרות. טכנולוגיות אלה מפחיתות את כמות האנרגיה הישירה הדרושה לתהליך הפיצוח. הפעלת מנוף זה תחסוך כ-0.1MtCO_{2e} בשנת 2030, אך תדרוש השקעה ראשונית ניכרת בשדרוג המפעלים לטכנולוגיות החדשות.

2. יעול תהליכים כימיים בתעשיית הכימיקלים יביא לירידה בפליטת גזי החממה השיפורים נגרמים על ידי כמה מנופים הכוללים תהליכים מתמשכים, שליטה משופרת בתהליכים, תחזוקה מונעת, מבערים ותנורים יעילים יותר וכן שיפורים לוגיסטיים. יעול

תהליכים אלה יביא להפחתת פליטות של כ-6% עד לשנת 2030 תוך כדי השקעה בפיתוח התהליכים החדשים. בסך הכול ניתן להפחית פליטות בכ-0.1MtCO_{2e} בשנת 2030.

3. בתעשיית המלט - הפחתת כמות הקלינקר מאפשרת הפחתת פליטות של כ-0.7MtCO_{2e} בשנת 2030

הפחתת כמות הקלינקר במלט מ-78% בתרחיש "עסקים כרגיל" לכ-70%, על ידי שימוש בתחליפים כגון סיגי מתכות (slag), מסייעת להפחתת הפליטות הנובעות מתהליך הייצור ושריפת הדלקים המעורבים בייצורו של המלט ומהתהליך המקביל בייצור הקלינקר. פליטות אלה אחראיות לכ-90% מכלל פליטת תת-מגזר המלט.

יש לציין כי לרכישת סיגי המתכת ועיבודם יש עלות הגבוהה מעלות ייצור הקלינקר. בנוסף, יידרש לייבא את סיגי המתכת מחו"ל מכיוון שאין ייצור מתכות בארץ. כמו כן, תידרש התאמת הבנייה בארץ לסטנדרטים חדשים התומכים בהפחתת כמות הקלינקר במלט ובבטון.

4. פוטנציאל ההפחתה במגזר המים עומד על כ-0.3MtCO_{2e} בשנת 2030 באמצעות שני מנופי הפחתה

הגידול הצפוי בשנים הקרובות בצריכת החשמל הכוללת עבור משק המים נובע ברובו מהגידול המשמעותי הצפוי בהיקף התפלת מי ים. גידול זה צפוי לשם מתן מענה למחסור ההולך וגובר במשק המים בישראל, עד להיקף של כ-1,150 מ"ק בשנת 2030, ונובע ממקדם צריכה של כ-4 קוט"ש למ"ק הנדרש בהתפלה, לעומת כ-1 קוט"ש בהפקה ממקורות טבעיים. צריכת החשמל הכוללת הנדרשת עבור התפלה צפויה להסתכם בכ-4.5MkWh צריכה זו תוביל לפליטה של כ-3MtCO_{2e}, המהווים כ-2% מכלל הפליטות בישראל. תרחיש ההפחתה שנבחן אינו עוסק בצד הביקוש למים בישראל ובדרכים להפחתת ביקוש זה. בצד ההיצע ניתן להפחית את הפליטות המתקבלות באמצעות שיפוץ עתידי של מתקני ההתפלה העתידיים, ושיפור מערכות המים הקיימות להקטנת נזילות ושיפור יעילות.

א. מנוף הפחתה: שיפור יעילות אנרגטית במתקני התפלה קיימים

הרכיבים המשמעותיים ביותר בהיבט מקדם הצריכה בתהליך ההתפלה הם הממברנות. צפוי כי בעתיד, בעקבות שיפורים טכנולוגיים ופריצות דרך מחקריות, ייעשה שימוש בממברנות מתקדמות יותר, שיאפשרו הקטנה של מקדם צריכת החשמל בתהליך עד לרמה ממוצעת של כ-2.5 קוט"ש למ"ק.

חישוב זה מסתמך על ההנחה שמתקני ההתפלה העתידיים ייבנו בטכנולוגיות החדשניות והיעילות ביותר שיימצאו לזמנן, ולכן פוטנציאל ההפחתה קיים רק עבור שיפוץ מתקני ההתפלה הנוכחיים, בעתיד, כך שתתאפשר התקנת ממברנות יעילות בעתיד והקטנת הצריכה לערך של כ-3 קוט"ש למ"ק. שיפורים אלה יאפשרו הפחתה של כ-0.2MtCO_{2e} בשנת 2030.

4.ב. שיפור מערכות המים הקיימות להקטנת נזילות

צמצום כמות הנזילות במערכות המים יאפשר הגדלת היצע המים הקיים תוך צמצום כמות המים הדרושה להתפלה. תרחיש ההפחתה מניח הגעה לשיעור אובדן מים של כ-5%, לעומת כ-9% כיום. שיפור זה, באמצעות הגברת תכיפות התחזוקה ובדיקת הצנרת הקיימת, יאפשר הפחתה של כ-0.1 MtCO₂e בשנת 2030.

5. מנופי הגז והזיקוק מביאים להפחתה בפליטה של כ-0.9MtCO₂e נוספים בשנת 2030

הפליטות מתעשיית זיקוק הנפט וייצור/שינוע הגז בארץ צפויות לגדול בתרחיש העסקים מכמות של כ-3MtCO₂e בשנת 2005 לכ-13MtCO₂e בשנת 2030. רובו המכריע של הגידול (כ-8MtCO₂e) נובע מהרחבה מסיבית של ייצור ושינוע הגז, תוך הרחבת רשת הובלת הגז לכ-500 ק"מ.

מנופי הפחתת הפליטות נוגעים בעיקר לשיפורי תכנון ותחזוקת רשת הגז, ובעקבות כך קיצור הצנרת הנדרשת, צמצום מספר תחנות הדחיסה, הפחתת הדליפות מצנרת, מדחסים וכו'.

בנוסף לכך צפויה הפחתת פליטות מתעשיית זיקוק הדלקים, הנובעת מירידה בכמות הזיקוק עקב דרישה מופחתת לדלקים במגזר התחבורה. הפחתה זו מחושבת במגזר התחבורה.

לסיכום, יצוין כי פוטנציאל ההפחתה במגזר התעשייה נמוך ביחס לפוטנציאל ההפחתה במדינות אחרות עקב סיבות רבות הכוללות בין ישימות מוגבלת ביכולת הפעלת מנף ה-CCS בארץ בחלון הזמן האמור, וביצוע שיפורים והפחתות (CDM) במסגרת תרחיש "עסקים כרגיל" בחלק מהתעשיות בארץ.

6.5. פוטנציאל ההפחתה במגזר הפסולת

סך פוטנציאל ההפחתה במגזר הפסולת מוערך ב-5MtCO₂e באמצעות חמישה מנופים עיקריים

מנופי ההפחתה בתחום הפסולת מבוססים על מניעת פליטות CH₄ ו-N₂O. קיימים שלושה נדבכים מרכזיים להפחתת פליטות אלה: הפחתת כמות הפסולת המוטמנת על ידי מחזור חלק מרכיביה או שימוש בהם לדישון, הפקת אנרגיה מתוצרי פירוק הפסולת לאחר שהוטמנה (לדוגמה באמצעות איסוף הגז שנפלט על ידי מערכת צינורות ובארות לשם ייצור חשמל), ושריפת הגזים הנוצרים, (מאחר שמקדמי הפליטה של גזים אלה במונחי CO₂ גבוהים מאוד (21 ו-310, בהתאמה), הפיכתם ל-CO₂ תגרום לצמצום הפליטות). פוטנציאל ההפחתה חושב באמצעות הזנת נתוני הפסולת שהתקבלו עבור ישראל, במודל מקינזי העולמי (פירוט ההנחות שנלקחו – בנספח הייעודי). מנופי ההפחתה הם:

1. מחזור

צמצום כמות הפסולת המוטמנת מאפשר הקטנת סך כמות הפסולת העתידה לפלוט גזי חממה וצמצום פליטות נוספות שהיו נדרשות לייצור חומרים חדשים.

2. ניצול הפסולת לדישון

דישון קרקעות באמצעות שימוש בפסולת אורגנית מסייע בצמצום פליטת גזי חממה לאוויר, ע"י הטמעתם של חלק מגזי החממה בקרקע. מרבית הפליטות התקבלות מהדשן הן פליטות CO₂, ומיעוטן פליטות מתאן ובכך מצטמצמת כמות הפליטות הכוללת.

3. שימוש בפסולת לייצור חשמל

ניתן להשתמש בכ-1.5 מיליון טונות פסולת אורגנית שנתית לייצור חשמל בישראל תוך ניצול גז המתאן הנפלט מפסולת זו. בהינתן מקדם ייצור של כ-1 מגה-ואט שעה לכל טון, קיים פוטנציאל ייצור שנתי של כ-1.5 טרה-ואט שעה המונע פליטה ישירה של מתאן לאטמוספירה.

4. שריפת הגז המצטבר

מנוף זה מאפשר צמצום של פליטות גזי חממה בשאריות הגז שאינו ניתן לאיסוף יעיל או עבור מטמנות קטנות המהוות גורם מזהם מחד, אך כזה שאינו מאפשר ניצול יעיל לייצור חשמל מאידך. צמצום הפליטות נעשה עקב הפיכת המתאן בתהליך (שמקדם פליטתו גדול פי 21 ממקדם CO₂) ל-CO₂ "רגיל" בעל מקדם פליטה אחד.

5. שימוש ישיר בגז שנוצר לצרכים תעשייתיים

ניתן לנצל תעשיות סמוכות לאתרי הטמנה ולספק להן ישירות את תוצרי הגז, באמצעות מערכות איסוף והובלה של צינורות שתעביר את תוצרי הפליטה ישירות למפעל. מנוף זה מאפשר צמצום של המתאן הנפלט ושימוש יעיל בו, אך מוגבל עקב ההכרח בקרבה גיאוגרפית.

7. סיכום

בדומה לרבות מממשלות העולם, החליטה ממשלת ישראל לבחון את יכולתה של מדינת ישראל להיערך לשינוי האקלים העתידי ולבחון את המשמעויות הנלוות להצטרפות למאמץ הגלובלי של הפחתת פליטות גזי חממה.

אם תתמיד ישראל במגמה הנוכחית, צופה תרחיש "עסקים כרגיל" כי פליטות החממה בארץ יוכפלו ויגיעו לכ-142MtCO₂e בשנה בשנת 2030. במונחי פליטות לנפש מדובר בגידול של 40%, מכ-10 ל-14 טונות CO₂ לאדם בשנה. הגידול הצפוי בפליטות גבוה מהערכים המקבילים במדינות מפותחות ונמוך במעט מהגידול הצפוי במדינות המתפתחות, ונובע בעיקרו מקצב גידול האוכלוסין הגבוה הצפוי בישראל ומהגידול הצפוי בתמ"ג לנפש.

מניתוח עקומת עלות הפחתת פליטות גזי חממה עולה כי קיים בישראל פוטנציאל הפחתה של כשני שלישי מהגידול הצפוי בפליטות גזי החממה בישראל בשנת 2030 בתרחיש "עסקים כרגיל".

רובו של פוטנציאל ההפחתה מושג על ידי שלושה צעדים מרכזיים:

1. התייעלות אנרגטית במגזר המבנים - התייעלות אנרגטית המובילה להפחתת צריכת החשמל (ובמידה פחותה גם צריכת הדלקים) במבני מגורים ומסחר על ידי שילוב של מעבר לתאורה יעילה, מכשירים לבנים בדירוג אנרגטי גבוה ושינוי קריטריוני הבנייה, בדגש על בידוד משופר.

2. שינוי תמהיל הדלקים במשק החשמל - ניתן להגדיל את חלקן של טכנולוגיות ייצור האנרגיה ממקורות מתחדשים – אנרגיית הרוח, אנרגיה פוטו-וולטאית ותרמו-סולארית - עד כדי 25% מסך הייצור בשנת 2030, וכך להפחית ב-26% את ריכוז הפליטות לכ-500 גרם CO₂ לקוט"ש.

3. הפחתת פליטות כלי רכב - עד לשנת 2030 צריכת הדלקים של כלי הרכב צפויה להשתפר באמצעות שימוש בכלי רכב בעלי מנוע בעירה פנימית משופר, כלי רכב היברידיים וכלי רכב המונעים בחשמל.

פוטנציאל הפחתת הפליטות בישראל מוגבל בהשוואה למדינות אחרות

הניתוח שבוצע מלמד כי פוטנציאל ההפחתה בישראל בהשוואה לתרחיש "עסקים כרגיל" (32%) נמוך בהשוואה למדינות אחרות שנבחנו (כ-54% במוצע), עקב ישימות נמוכה של מספר אמצעי הפחתת פליטות הקיימים במדינות אחרות. בין המנופים שישיותם בישראל נמוכה נכללים הפקת אנרגיה הידרואלקטרית, שימוש נרחב בביו-מסה, ותפיסת פחמן ואגירתו (CCS). ישימות השימוש בגרעין לייצור חשמל עבור ישראל אינה ברורה דיה. גורם נוסף הגורע מיכולת הפחתת הפליטות בישראל הוא היעדר תעשייה כבדה בהיקפים גדולים (פטרוכימיקלים, פלדה, מתכות וכרייה) המתאפיינת בדרך כלל בפוטנציאל הפחתה משמעותי.

הפחתת הפליטות משמעותית למדינת ישראל בהיבטים נוספים, מעבר לנושא שינוי האקלים:

עצמאות אנרגטית – הפחתת התלות בדלק מאובנים (פוסילי) הנה בעלת חשיבות אסטרטגית למדינת ישראל.

פיתוח כלכלי – למדינת ישראל יש פוטנציאל לעמוד בחוד החנית של טכנולוגיות הקלינטק העולמיות. פיתוח שוק מקומי לטכנולוגיות אלו ולשירותים הנלווים מהווה שלב חיוני במימוש הפוטנציאל וביסוס מעמד מוביל בזירה העולמית.

מעמד בינלאומי – הפחתת פליטות גזי החממה תופסת מקום מרכזי בשיח הציבורי הבינלאומי. נכונות ישראלית להוות "שחקן פעיל" בשיחות, חשובה לחיזוק מעמדה הבינלאומי של ישראל ולקבלתה לארגון המדינות המפותחות, ה-OECD.

סביבה נקייה – הפחתה של פליטות גזי חממה מלווה לעיתים קרובות בהפחתת הפליטה של מזהמים נוספים, ובכך טומנת בחובה יתרונות בריאותיים ושיפור נלווה באורח החיים ובאיכותם.

סך העלות במימוש כלל מנופי ההפחתה מתקזז עם החיסכון המתקבל

מנופי הפחתה רבים, שבהם טמון יותר ממחצית מפוטנציאל ההפחתה, הם בעלי עלות שלילית למשק, כלומר יישומם כדאי מבחינה כלכלית. יתרה מכך, סך העלויות במימוש כלל מנופי ההפחתה מתקזז עם החיסכון המתקבל כתוצאה מהיישום. השקעת ההון הראשוני הנדרש מהווה את החסם המרכזי ליישום.

לתזמון תחילת שלב היישום משקל רב ביכולת לממש את מלוא פוטנציאל ההפחתה כפי שהוא עולה מעבודה זו. תחילת הנעה מוקדמת של התהליך היא מפתח להצלחתה. עיכוב בקביעת מדיניות מוסכמת עלול להביא עמו קבלת החלטות ב"תקופת הביניים" שמשמען צמצום פוטנציאל ההפחתה בצורה דרסטית והקטנת מרחב התמרון של קובעי המדיניות.

8. רשימת קיצורים

דולר אמריקאי לפי ערך ריאלי של 2005	USD או \$
אירו לפי ערך ריאלי של 2005	€
Carbon capture and storage , טכנולוגיות לתפיסת ואחסון גזי חממה בדרך כלל במאגרים תת קרקעיים	CCS
Clean development mechanism – מנגנון במסגרת פרוטוקול קיוטו המאפשר לגורמים הפולטים גזי חממה מהמדינות החתומות להשקיע בפרויקטים המפחיתים גזי חממה במדינות מתפתחות ולקבל על כך אישורים	CDM (פרויקטים)
compact fluorescent light - נורת פלואורסנט קומפקטית	CFL
דו תחמוצת הפחמן	CO ₂
שווה ערך פחמן דו חמצני – יחידת פליטת גזי חממה המשקפת עבור כמות והרכב מסוים של גזי חממה את כמות ה-CO ₂ המייצרת פוטנציאל אפקט חממה (GWP) דומה לתקופה של מאה שנים	CO ₂ e
Concentrated solar thermal, טכנולוגית ייצור חשמל המתבססת על המרת אנרגית שמש לחום וניצולו לצורך הפעלת מחולל (גנראטור).	CST
electric vehicle – רכב חשמלי	EV
גיגה טון , כלומר מיליארד טון	Gt

heavy-duty vehicle – כלי רכב במשקל כבד, מעל 16 טון	HDV
internal combustion engine – כלי רכב בעל מנוע בעירה פנימית	ICE
Low Carbon Growth Plan – תוכנית הפחתה לאומית להפחתת גזי חממה, הכוללת ל"ז, מימון, רגולציה וכו'	LCGP
light duty vehicle – כלי רכב במשקל קל, עד 4 טון – כולל כלי רכב פרטיים, מוניות, מיניבוסים ומשאיות קלות	LDV
light emitting diode - דיודה מוליכה למחצה הפולטת אור כתוצאה ממעבר זרם	LED
medium duty vehicle – כלי רכב במשקל בינוני, 4-16 טון – כולל משאיות ואוטובוסים	MDV
מגה טון, כלומר מיליון טון	Mt
מגה וואט שעה	MWh
plug-in hybrid electric vehicle – רכב היברידי עם חיבור חשמלי	PHEV
photovoltaic, טכנולוגית יצור חשמל המתבססת על המרת קרינת שמש ישירות לזרם חשמלי תוך ניצול העיקרון הפוטואלקטרי	PV
טון	t
טרה וואט שעה, כלומר טריליון (10 ¹²) וואט שעה	TWh

<p>אנרגיה ממקורות שאינם מתכלים. בהקשר למסמך זה אנרגיה מתחדשת כוללת אנרגיה שמקורה בקרינת שמש, רוח, מים (הידרו ו/או גלים), חום גאותרמי וביו-מסה</p>	<p>אנרגיה מתחדשת</p>
<p>greenhouse gas – גזי חממה על פי פרוטוקול קיוטו, כלומר CO₂ (פחמן דו חמצני), CH₄ (מתאן), N₂O (תחמוצת החנקן), PFC/HFC ו-SF₆</p>	<p>גזי חממה (GHG)</p>
<p>תוספת הוצאה שוטפת הדרושה ליישום מנוף הפחתה בהשוואה ל"עסקים כרגיל". כולל תוספות הוצאות תפעול ואחזקה וגם תוספת חסכון (מהפחתת צריכת אנרגיה). Operating Expense</p>	<p>הוצאות שוטפות (Opex)</p>
<p>תוספת הוצאת ההון (השקעה) הדרושה ליישום מנוף הפחתה בהשוואה ל"עסקים כרגיל". Capital Expense</p>	<p>השקעה ראשונית (Capex)</p>
<p>סך פליטות גזי החממה הנגרמות בצורה ישירה ועקיפה ע"י מוצר / ארגון / מדינה</p>	<p>טביעת רגל פחמנית</p>
<p>דרך אפשרית להפחתת פליטות גזי חממה בהשוואה לתרחיש "עסקים כרגיל", לדוגמא על ידי שימוש בתהליכים החוסכים באנרגיה. מחקר זה התמקד במנופים טכנולוגיים, כלומר מנופים ללא השפעה מהותית על סגנון החיים של הצרכנים</p>	<p>מנוף הפחתה</p>
<p>גוף המחליט על ביצוע השקעה, כגון חברה (לדוגמא בעלת מפעל תעשייתי) או אדם פרטי (לדוגמא בעל כלי רכב או בית)</p>	<p>מקבל החלטות</p>

<p>עלויות נוספות (או חסכונות) הנובעות מהחלפת טכנולוגיה הקיימת בתרחיש "עסקים כרגיל" עם אלטרנטיבה הפולטת פחות גזי חממה. עלויות אלו נמדדות ביחידות של $\text{€}/\text{tCO}_2\text{e}$ – אירו לטון גזי חממה מופחת. כוללות השקעות המחושבות לשנה ותשלומים שוטפים.</p>	<p>עלויות הפחתה</p>
<p>העלויות מייצגות עלות משקית ולא עלות ישירה תרחיש הבסיס להשוואת כמות הפליטות שניתנות להפחתה. מבוסס בעיקר על תחזיות חיצוניות, למשל של משרדי הממשלה וגופים חיצוניים</p>	<p>"עסקים כרגיל"</p>
<p>אוסף של אפשרויות הפחתה ועלויות ההפחתה כמות גזי החממה הניתנת להפחתה לעומת "עסקים כרגיל" על ידי יישום מנוף הפחתה. נמדד ביחידות של tCO_2e לשנה. הפוטנציאל הינו בנוסף לתרחיש "עסקים כרגיל".</p>	<p>עקומת עלות הפחתה פוטנציאל הפחתה</p>
<p>קילוואט שעה תרחיש המתאר יישום מלא של כל המנופים המוצגים בעקומת העלות. על ידי יישום תרחיש ההפחתה ניתן להפחית את מלוא פוטנציאל ההפחתה של המנופים בעקומת העלות. עלות הפעלת המנופים הינה כפי שמתואר בעקומת העלות</p>	<p>קוט"ש (kWh) תרחיש ההפחתה</p>

9. תודות

ברצוננו להביע תודה לחברים בצוותי המגזרים ולמומחים החיצוניים על הסיוע שהעניקו לנו במהלך עבודה זו. לא בהכרח כל חברי הצוותים והמומחים החיצוניים המצויים ברשימה זו, מאשרים את כל היבטי העבודה.

המשרד להגנת הסביבה	אבן דן רומי
המשרד להגנת הסביבה	אורן אביעד
מינהל הדלק	אזולאי עמרם
משרד התחבורה	אלבאום אסתר
כרמל אולפינים	אלמגור אסף
חברת החשמל	אלמקאיס דוד
כי"ל	אקשטיין אלירון
משרד התשתיות הלאומיות	ארביב אברהם
המכון הישראלי לאנרגיה וסביבה	אריה יוסי
המועצה הישראלית לבנייה ירוקה	ביטרמן מיכל
המועצה הישראלית לבניה ירוקה	ביניש הילה
משרד האוצר	ביצר משה
אסיף אסטרטגיות	בן צבי עופר
המשרד להגנת הסביבה	בן שוהם גליה
המשרד להגנת הסביבה	בר-אור ישעיהו
חברת החשמל	ברטשניידר סימינה
המשרד להגנת הסביבה	ברנשטיין יבגניה
התאחדות הקבלנים	ברקן מאיר
משרד הפנים	ברקת שרון
מכתשים אגן	גולדשטיין יוסי

משד הפנים	גנדלין לאה
אדם טבע ודין	גנות תמי
משד התשתיות	גרוס זאב
מוסד נאמן	גרוסמן מיכל
הרצוג פוקס נאמן	דגן רותי
משד ראש הממשלה	דגן שגיא
המשד להגנת הסביבה	דוד נדיה
משד הפנים	דייגי גיא
חברת החשמל	דייץ' איליה
פורום ה-15	הוד עידית
משד התשתיות הלאומיות	ולד שלמה
אדם טבע ודין	ונגר אריה
"Better Place"	זיני ערן
המשד להגנת הסביבה	זלצברג אמיר
משד התחבורה	חירמן ברוני
משד הפנים	טלר אילנה
החברה להגנת הטבע	טפירו אריק
משד האוצר	יוצר אריאל
רשות המיסים	יעקב ערן
הפורום הישראלי לאנרגיה	כהן-פארן יעל
רום הנדסה	כהן אופיר
המשד להגנת הסביבה	כהן גינת רוני
התאחדות התעשיינים	לבנברג עומר

התאחדות התעשיינים	ליבנה אורי
PGL	מגידו ויטנברג יעל
המשרד להגנת הסביבה	מוסרי יהודית
המועצה הציבורית למניעת רעש וזיהום בישראל	מורגנשטרן דניאל
המשרד להגנת הסביבה	מושל אבי
משרד הפנים	מלכא נוני
איגוד יבואני הרכב	מנור דורי
חברת חשמל	משה שלומית
משרד השיכון	נאור ורניק מיכל
חברת החשמל	נוסבאום איציק
המשרד להגנת הסביבה	נזר שולי
אוניברסיטת תל אביב	סגל נועם
הרשות לשירותים ציבוריים חשמל	סולימן אילן
ד. לובינסקי	סממה מרק
אדם טבע ודין	עזריה אורן
המשרד להגנת הסביבה	עמיחי אלעד
המשרד להגנת הסביבה	ענבר יוסי
רשות המיסים	פיליפ שלומי
נשר	פילרסדורף עזריאל
משרד התחבורה	פלור אבנר
המשרד להגנת הסביבה	פלצור גלית
מנהל התכנון	פנקס ערן
צוות תמ"א 42	פרחי יוסי

משרד הפנים	פרידמן ספי
משרד הפנים	פרידמן עמיחי
חברת החשמל	פרנט שמעון
משרד התשתיות הלאומיות	קופמן שלמי
התאחדות התעשיינים	קנטור ניר
ישראל בשביל אופניים	רוט עודד
חברת חשמל	רוטלוי אירית
משרד האוצר	חולף רותם
מינהל החשמל	רונדשטיין יורם
עיריית ירושלים	רותם עמירם
משרד הפנים	רייש רפי
כי"ל	שטייבל יונתן
נת"ע	שליט"א בני
המשרד להגנת הסביבה	שמואלי ליאור
הטכניון	שפטן יורם
המשרד להגנת הסביבה	שפר קארו אלונה

10. נספח א' - הנחות יסוד לסקטורים השונים

נספח זה מתאר את ההנחות העיקריות שנלקחו בחישוב מנופי הפחתה. לחלק נרחב מהמנופים קיימת אי-וודאות עקב תקופת הזמן הארוכה עד למימוש המנופים, ועל כן השתמשנו באמצע טווח ההערכות.

10.1. חשמל

מנוף	הנחות הפחתה עיקריות	הנחות עלות עיקריות	הערות
רוח	פוטנציאל הספק מקסימאלי של 850 MW מקדם הספק של 23%	עלות הקמה של 1,280 €/KW בשנת 2010 עם מקדם למידה ממוצע של 0.4% בשנה עד שנת 2030 עלות שילוב אנרגית רוח ברשת – מערכות גיבוי, ייצוב והרחבת רשת-בהיקף של 5.8 TWh/€	
CST	הספק מותקן אפסי ב-2010 גידול עד פוטנציאל מקסימאלי של 25% מכלל הייצור (ביחד עם PV ורוח) חצי מההספק המותקן של PV בשנת 2030 מקדם הספק של 45% בשנת 2010 העולה עד 75% בשנת 2030	עלות הקמה של 5,250 €/KW בשנת 2010 (כולל אגירה). מקדם למידה ממוצע של 3.5% בשנה עד שנת 2030 עלות שילוב CST ברשת – מערכות גיבוי, ייצוב והרחבת רשת-בהיקף של 2.8 TWh/€	עלות בשנת 2010 ו-2030 כוללות הרחבת שדה מראות ומערכות אגירה של 8-16 שעות (בהתאמה) המאפשר עלייה של מקדם הספק ל-75% בשנת 2030

	<p>עלות הקמה של KW/€ 2,865 בשנת 2010</p> <p>מקדם למידה של 18% על כל הכפלה של כמות ההספק המותקן (בהתאם לתרחיש הפחתה של עקומת עלות גלובאלית)</p> <p>עלות שילוב CST ברשת - מערכות גיבוי, ייצוב והרחבת רשת- בהיקף של TW/h/€ 2.3</p>	<p>הספק מותקן אפסי ב-2010</p> <p>גידול עד פוטנציאל מקסימאלי של 25% מכלל הייצור (ביחד עם PV ורוח)</p> <p>ההספק מותקן כפול מ-CST בשנת 2030</p> <p>מקדם הספק של 23%</p>	<p>PV</p>
--	---	--	-----------

10.2. תחבורה – LDV: בניין ודיזל

תוספת עלות לרכב (השקעה ראשונית) ב-2030	תוספת עלות לרכב (השקעה ראשונית) ב-2010	הנחות כמות עיקריות	תאור	מנוף	שיפור ניצולת דלק בניין ICE (86% מכלי הרכב היום בניין)
185€ לרכב	307€ לרכב	“עסקים כרגיל” - 1% החל מ-2010 תרחיש הפחתה – 2011-2015 – 25%, 2016-2020 – 22%, 2021-2030 - ללא	variable valve control הפחתת חיכוך במנוע הפחתת התנגדות גלגול בגלגלים בקרת לחץ אוויר בגלגלים הפחתת משקל קלה	חבילה 1	
673€ לרכב	1,116€ לרכב	“עסקים כרגיל” - 1% החל מ-2010 תרחיש הפחתה – 2011-2015 – 13%, 2016-2020 – 12%, 2021-2030 - ללא	חבילה 1 + הפחתת משקל וגודל נוספת חשמול היגוי ומשאבות שיפור יחס תיבת הילוכים שיפור אווירודינמיות Start-stop	חבילה 2	
1,081€ לרכב	1,794€ לרכב	“עסקים כרגיל” - ללא תרחיש הפחתה – 2011-2015 – 7%, 2016-2020 – 32%, 2021-2025 – 25%, 2026-2030 - ללא	חבילה 2 + הפחתת גודל נוספת שדרוג מיזוג אוויר שיפור יעילות אווירודינמית Start – stop עם regenerative braking	חבילה 3	
1,563€ לרכב	2,593€ לרכב	“עסקים כרגיל” - ללא תרחיש הפחתה – 2011-2015 – ללא, 2016-2020 – 17%, 2021-2025 – 44%, 2026-2030 – 53%	חבילה 3 + הזרקה ישירה הומוגנית הפחתת משקל נוספת (9%) תמסורת משופרת (מצמד דואלי, תיבת הילוכים משופרת)	חבילה 4	

שיפור ניצולת דלק דיזל ICE (14% מכלי הרכב הינם דיזל)	חבילה 1	הקטנת גודל הפחתת חיכוך במנוע הפחתת התנגדות גלגול בגלגלים בקרת לחץ אוויר בגלגלים הפחתת משקל קלה (1%)	“עסקים כרגיל” - 7% החל מ-2010 תרחיש הפחתה – 30% – 2011-2015 24% – 2016-2020 ללא – 2021-2030	1,084€ לרכב	899€ לרכב
	חבילה 2	חבילה 1 + מזרקי Piezo הפחתת משקל וגודל נוספת חשמול היגוי ומשאבות שיפור יחס תיבת הילוכים שיפור אווירודינמיות	“עסקים כרגיל” - 2% החל מ-2010 תרחיש הפחתה – 15% – 2011-2015 13% – 2016-2020 ללא – 2021-2030	1,396€ לרכב	1,087€ לרכב
	חבילה 3	חבילה 2 + Torque oriented boost שדרוג מיזוג אוויר שיפור יעילות אווירודינאמית Start – stop עם regenerative braking	“עסקים כרגיל” - ללא תרחיש הפחתה – 7% – 2011-2015 20% – 2016-2020 13% - 2021-2025 ללא - 2026-2030	1,984€ לרכב	1,441€ לרכב
	חבילה 4	חבילה 3 + הגדלת לחץ הזרקה הפחתת משקל וגודל נוספת	“עסקים כרגיל” - ללא תרחיש הפחתה – 30% – 2011-2015 63% – 2016-2020 65% – 2021-2025 ללא – 2026-2030	2,349€ לרכב	1,661€ לרכב

<p>בנזין - 1,848€ לרכב דיזל - 2,512€ לרכב</p>	<p>בנזין - 3,498€ לרכב דיזל - 4,962€ לרכב</p>	<p>“עסקים כרגיל” - 1% החל מ-2010 תרחיש הפחתה – 3% – 2011-2015 6% – 2016-2020 16% – 2021-2025 23% – 2026-2030</p>	<p>חבילה 4 + היברידי</p>	<p>בנזין ודיזל – היברידי</p>
<p>3,530€ לרכב</p>	<p>12,217€ לרכב</p>	<p>“עסקים כרגיל” - ללא תרחיש הפחתה – 2011-2015 – ללא, 0.5% – 2016-2020 4% – 2021-2025 12% – 2026-2030</p>	<p>טווח על חשמל 75 ק"מ יחס שימוש בחשמל 66% – צריכת חשמל – 200 Wh לק"מ</p>	<p>בנזין ודיזל PHEV</p>
<p>5,587€ לרכב</p>	<p>15,823€ לרכב</p>	<p>“עסקים כרגיל” - ללא תרחיש הפחתה – 5% – 2011-2015 10% – 2016-2030</p>	<p>טווח של 160 ק"מ – צריכת חשמל – 200 Wh לק"מ</p>	<p>רכב חשמלי (EV)</p>

10.3. תחבורה – MDV: דיזל

תוספת עלות לרכב (השקעה ראשונית) ב-2030	תוספת עלות לרכב (השקעה ראשונית) ב-2010	הנחות כמות עיקריות	תאור	מנוף
637€ לרכב	637€ לרכב	“עסקים כרגיל” - 24% החל מ-2010 תרחיש הפחתה – 2011-2015 – 30% 2016-2020 – 10% 2021-2030 - ללא	הפחתת התנגדות גלגול	חבילה 1
1,273€ לרכב	637€ לרכב	“עסקים כרגיל” - ללא תרחיש הפחתה – 2011-2015 – 30% 2016-2020 – 10% 2021-2030 - ללא	הפחתת התנגדות גלגול שיפורים אווירודינאמיים	חבילה 2
2,759€ לרכב	5,943€ לרכב	“עסקים כרגיל” - ללא תרחיש הפחתה – 2011-2015 – 20% 2016-2020 – 40% 2021-2030 – 50%	הפחתת התנגדות גלגול שיפורי ICE כולל היברידי חלקי	חבילה 3
3,396€ לרכב	5,943€ לרכב	“עסקים כרגיל” - ללא תרחיש הפחתה – 2011-2015 – 20% 2016-2020 – 40% 2021-2030 – 50%	הפחתת התנגדות גלגול שיפורים אווירודינאמיים שיפורי ICE כולל היברידי חלקי	חבילה 4

שיפור נאולת דלק בתיו ICE (100% מכלי הרכב הינם דיזל)

10.4. תחבורה – HDV: דיזל

מנוף	תאור	הנחות כמות עיקריות	תוספת עלות לרכב (השקעה ראשונית) ב-2010	תוספת עלות לרכב (השקעה ראשונית) ב-2030
שיפור ניצולת דלק בתזון ICE (100% מכלי הרכב הינם דיזל)	חבילה 1	הפחתת התנגדות גלגול	2,122€ לרכב	2,122€ לרכב
	חבילה 2	הפחתת התנגדות גלגול שיפורים אווירודינאמיים	2,441€ לרכב	3,714€ לרכב
	חבילה 3	הפחתת התנגדות גלגול שיפורי ICE כולל היברידי חלקי	12,734€ לרכב	7,428€ לרכב
	חבילה 4	הפחתת התנגדות גלגול שיפורים אווירודינאמיים שיפורי ICE כולל היברידי חלקי	13,053€ לרכב	9,020€ לרכב

10.5. תחבורה – דלק חלופי

מנוף	תאור	הנחות כמות עיקריות	תוספת עלות לרכב (השקעה ראשונית) ב-2010	תוספת עלות לרכב (השקעה ראשונית) ב-2030
דלק חלופי דור ראשון	ביו אתנול מקני סוכר (26 גרם CO ₂ e לכל MJ) ביו דיזל מתחליף דקל (63 גרם CO ₂ e לכל MJ)	ביו אתנול (תחליף בנזין): "עסקים כרגיל" – ללא, תרחיש הפחתה – 10.5% מקנה סוכר ביו דיזל (תחליף דיזל): "עסקים כרגיל" – ללא, תרחיש הפחתה – 2.1% משמן דקלים	\$1.30 לגלון	\$1.30 לגלון
דלק חלופי דור שני	ביו אתנול מ-ligno-cellulosic (25 גרם CO ₂ e לכל MJ)	ביו אתנול (תחליף בנזין): "עסקים כרגיל" – ללא, תרחיש הפחתה – 10.4% מקנה סוכר	\$1.38 לגלון	\$1.38 לגלון

10.6. תחבורה – תחבורה ציבורית

נתון	הנחות	מקור
פליטות גזי חממה לק"מ רכב בשנת 2030 (Kg CO ₂ e/km)	רכב פרטי – 0.14 אוטובוס – 1.24 BRT – 1.07 רכבת ישראל - 9.12 רכבת קלה – 2.06	רכב פרטי על פי מודל נתוני אגד פחות 15% עקב התייעלות עד 2030 BRT לפי מומחי תעשיית הרכב – מבוסס על 70-80 BRT נוסעים רכבת ישראל על פי נתוני רכבת ישראל פחות 15% רכבת קלה על פי EIA והתאמה לפליטות בסקטור החשמל המקומי

<p>בתרחיש ההפחתה של 2030</p>		
<p>מודל נת"ע. תוך התאמה למודל התחבורה במחקר זה</p>	<p>רכב פרטי – 1.2 ; 1.2 אוטובוס – 23.8 ; 24.7 BRT – 0 ; 50.9 רכבת ישראל – 218.4 ; 180.3 רכבת קלה – 0 ; 113.1</p>	<p>מספר נוסעים ממוצע לכלי רכב (תרחיש "עסקים כרגיל" ; תרחיש הפחתה)</p>
<p>מודל נת"ע. תוך התאמה למודל התחבורה במחקר זה</p>	<p>רכב פרטי – 33.4 אוטובוס – 8.2 רכבת ישראל – 5.8 BRT, רכבת קלה – 0</p>	<p>נסועת נוסעים על פי מודל נת"ע. בתרחיש 2030 – 0 קווים ("עסקים כרגיל") – מיליארד ק"מ נוסע בשנת 2030</p>

<p>מודל נת"ע. תוך התאמה למודל התחבורה במחקר זה</p>	<p>רכב פרטי – 31.7 אוטובוס – 7.7 BRT – 0.5 רכבת ישראל – 4.8 רכבת קלה – 2.2</p>	<p>נסועת נוסעים על פי מודל נת"ע. בתרחיש 2030 – 5 קווים ("תרחיש הפחתה") – מיליארד ק"מ נוסע בשנת 2030</p>
<p>מודל נת"ע. תוך התאמה למודל התחבורה במחקר זה</p>	<p>רכב פרטי – 27.06 אוטובוס – 0.35 BRT – 0 רכבת ישראל – 0.03 רכבת קלה – 0</p>	<p>נסועת אמצעי תחבורה – תרחיש "עסקים כרגיל" – מיליוני ק"מ רכב ב-2030</p>
<p>מודל נת"ע. תוך התאמה למודל התחבורה במחקר זה</p>	<p>רכב פרטי – 26.02 אוטובוס – 0.31 BRT – 0.01 רכבת ישראל – 0.03 רכבת קלה – 0.02</p>	<p>נסועת אמצעי תחבורה – תרחיש "הפחתה" – מיליוני ק"מ רכב ב-2030</p>

10.7. מבנים – בנייני מגורים

מנוף	תאור	הנחות עיקריות לגבי כמות הפחתה	הנחות עיקריות לגבי עלות והשקעה
בנייה חדשה בשיטות יעילות	שיפור צריכת אנרגיה לרמות המאפיינות בניינים פסיביים הקטנת ביקוש על ידי שיפור התכנון והאוריינטציה של המבנה שיפור בידוד ואיטום, שימוש בחומרים מתקדמים בבניית קירות, גג, חלונות שימוש במערכות מיזוג, אוורור וחימום, חימום מים, בעלות יעילות גבוהה	בניינים חדשים שנבנו בשיטות יעילות אנרגטית: הפחתה של כ-47% בצריכת האנרגיה עבור מערכות מיזוג/חימום וחימום מים (רכיב פחות משמעותי בישראל) 90% מהמבנים החדשים שנבנים בישראל ב-2030 – נבנים ע"פ עקרונות בנייה יעילה אנרגטית (45% ב-2015) – לעומת 0% כיום	תוספת עלות של 7% תוך הוזלה שנתית של 0.2% (עבור בנייה למגורים) עלות של כ-€705 למ"ר בהשוואה ל-€659 לבנייה רגילה
שיפוץ/שיפור מעטפת בניין, חבילה בסיסית	חבילה בסיסית: שיפור איטום על ידי אטימת חריצים ומרווחים במרתפים ועליות גג איטום דלתות וחלונות שיפור זרימת האוויר ע"י מערכות בסיסיות	שיפוץ בסיסי מוביל לחסכון של 15% בעלויות חימום, 10% בעלויות קירור 90% מכלל המבנים עברו שיפוץ בסיסי בשנת 2030 (24% בשנת 2015) לעומת 10% ו-4% בהתאמה בתרחיש הבסיס	עלות של כ-70 ש"ח למ"ר

<p>עלות של 70.5€ למ"ר (390 ש"ח) - 250, 2005 שקלים בשנת 2030</p>	<p>שיפוץ מקיף: מוביל להגעה לערכי צריכת אנרגיה עבור חימום/מיזוג ואורור המאפיינים בניינים פסיביים (ערכי בניינים חדשים) 29% מכלל המבנים עברו שיפוץ מקיף בשנת 2030 - לאחר קצב גידול שנתי של 9% (7% בשנת 2015) לעומת 6% ו-2% בהתאמה בתרחיש הבסיס</p>	<p>חבילה מתקדמת: שיפוץ לסטנדרט בניין פאסיבי (בנוסף לשיפורי החבילה הבסיסית) התקנת דלתות וחלונות אטומים יותר (דוגמת זיגוג כפול), שיפור ועיבוי קירות, מרתפים, שימוש בחומרים מתקדמים</p>	<p>שיפוץ/שיפור מעטפת בניין, חבילה מקיפה</p>
<p>נורת 22 CFL : ש"ח נורת ליבון: 3 ש"ח נורת LED: 31.7€ כיום, 16.7€ בשנת 2030</p>	<p>יעילות (Lumen/W) נורת ליבון: 12 CFL: 60 (LED: 75 (2010 150 (2015) החלפת כלל נורות הליבון ל- LED, וכלל נורות CFL ל-LED ב-2030 בתרחיש ההפחתה. בתרחיש "עסקים כרגיל": כמות נורות CFL גדלות בשיעור של כ- 5% על חשבון נורות ליבון, ללא שימוש בטכנולוגיית LED</p>	<p>החלפת נורות ליבון בנורות LED</p>	<p>החלפת נורות ליבון בנורות LED</p>

<p>נורת CFL : 22 ₪ נורת ליבון: 3 ₪ נורת LED: 31.7€ כיום, 16.7€ בשנת 2030 ("קצב לימוד" של 18%)</p>	<p>יעילות (Lumen/W) נורת ליבון: 12 CFL: 60 (LED: 75 (2010), 150 (2015) החלפת כלל נורות CFL ל-LED ב-2030 הנחה כי בתרחיש ההפחתה נורות LED יחליפו את נורות CFL החל משנת 2015, בעוד בתרחיש בסיס – החלפה זו כלל אינה מתרחשת</p>	<p>החלפת נורות CFL בנורות LED</p>	<p>החלפת נורות CFL בנורות LED</p>
<p>מכשירי חשמל לבנים: תוספת של 5-10% במחיר</p>	<p>מכשירי חשמל לבנים בעלי דירוג אנרגטי מקסימאלי צורכים 35% פחות אנרגיה אורך חיי מוצר ממוצע: 10 שנים הגעה למקסימום יעילות (100% מכשירים יעילים אנרגטית) ב-2020 בתרחיש הפחתה, 2025 בתרחיש בסיס הנחת מצב "עסקים כרגיל" יעיל אנרגטית עקב הגבלות ממשלתיות צפויות על יבוא מכשירים לא יעילים (קצב חדירה של 25% בתרחיש הפחתה, 20% בתרחיש "עסקים כרגיל", ממצב של 13% כיום)</p>	<p>קניית/החלפת מכשירי חשמל (מקרר, מייבש וכו') יעילים אנרגטית (דירוג אנרגטי A ומעלה) במקום מכשירים קיימים</p>	<p>הכנסת מכשירי חשמל "לבנים" בעלי יעילות אנרגטית גבוהה</p>

<p>מערכת אלקטרוניקה: תוספת של 34€ עבור מכשירים יעילים אנרגטית</p>	<p>מערכות אלקטרוניקה יעילות צורכות 38% פחות אנרגיה</p>	<p>קניית מכשירים אלקטרוניים יעילים אנרגטית (בהם צריכת האנרגיה במצב המתנה מינימאלית), במקום מכשירים קיימים (טלוויזיה, וידאו וכדומה)</p>	<p>הכנסת מערכות אלקטרוניקה בעלות יעילות אנרגטית גבוהה</p>
<p>התקנת מערכת מיזוג חדישות: תוספת של 500€ לעלות הקיימת ברכישת מערכת רגילה תחזוקת מערכות מיזוג מרכזיות (איטום, בדיקה) עלות של 635€ ל-150 מ"ר</p>	<p>שיפור של 15% עבור מערכות מיזוג מבוססות חשמל שיפור של 15% עבור מערכות חימום מבוססות גז 86% ממערכות המיזוג יעילות אנרגטית בשנת 2030 בתרחיש ההפחתה (גידול שנתי ממוצע של 9%), לעומת 4% גידול בתרחיש "עסקים כרגיל"</p>	<p>החלפת מערכות מיזוג קיימות (בסיום תוקפן) במערכות יעילות (SEER ומעלה) שיפור יעילות מערכות מיזוג על ידי הקפדה על תחזוקה שיפור בידוד לצנרת הרלוונטית בדיקה כי קיים מספיק נוזל קירור בדיקת מסננים והחלפתם</p>	<p>שיפור מערכת מיזוג</p>

10.8. מבנים – מסחריים/ציבוריים

מנוף	תאור	הנחות עיקריות לגבי כמות הפחתה	הנחות עיקריות לגבי עלות והשקעה
בנייה חדשה בשיטות יעילות	שיפור צריכת אנרגיה לרמות המאפיינות בניינים פסיביים הקטנת ביקוש על ידי שיפור התכנון והאוריינטציה של המבנה שיפור בידוד ואיטום, שימוש בחומרים מתקדמים בבניית קירות, גג, חלונות שימוש במערכות מיזוג, אוורור וחימום, חימום מים, בעלות יעילות גבוהה	חיסכון של 50% בהוצאות האנרגיה למיזוג, חימום וחימום מים 90% מהמבנים החדשים שנבנים בישראל ב-2030 – נבנים ע"פ עקרונות בנייה יעילה אנרגטית (45% ב-2015) – לעומת 0% כיום	תוספת עלות של 7% עלות של כ-€719 למ"ר בהשוואה ל-€672 לבנייה רגילה
שיפוץ/שיפור מעטפת בניין, חבילה בסיסית	חבילה בסיסית: שיפור איטום על ידי אטימת חריצים ומרווחים איטום דלתות וחלונות שיפור זרימת האוויר ע"י מערכות בסיסיות	שיפוץ מוביל לחיסכון של 11% בצריכת האנרגיה 90% מכלל המבנים עברו שיפוץ בסיסי בשנת 2030 (24% בשנת 2015) לעומת 10% ו-2% בהתאמה בתרחיש הבסיסי	עלות של כ-45 ₪ למ"ר

<p>עלות של € 70.5 למ"ר (390 ש"ח) - 250, 2005 שקלים בשנת 2030</p>	<p>שיפוץ מקיף: מוביל להגעה לערכי צריכת אנרגיה עבור חימום/מיזוג ואורור המאפיינים בניינים פסיביים (ערכי בניינים חדשים) 33% מכלל המבנים עברו שיפוץ מקיף בשנת 2030 - לאחר קצב גידול שנתי של 9% (4% בשנת 2015) לעומת 6% ו- 3% בהתאמה בתרחיש הבסיס</p>	<p>חבילה מתקדמת: שיפוץ לסטנדרט בניין פאסיבי (בנוסף לשיפורי החבילה הבסיסית) התקנת דלתות וחלונות אטומים יותר (דוגמת זיגוג כפול), שיפור ועיבוי קירות, שימוש בחומרים מתקדמים</p>	<p>שיפוץ/שיפור מעטפת בניין, חבילה מקיפה</p>
<p>תוספת של כ- 500€ עבור כל 5 טון (כ-1,700 W) של יכולות קירור עלות של כ- 5,000€ להתקנת מערכות בקרה בבניין בעל שטח של 1,700 מ"ר</p>	<p>שיפור של 15% עבור מערכות מיזוג מבוססות חשמל שיפור של 20% עבור מערכות בקרה</p>	<p>החלפת מערכות מיזוג קיימות (בסיום תוקפן) במערכות יעילות שיפור/התקנת מערכות בקרת מיזוג המתאימות מיזוג לנוכחות אנשים ומגבילות טמפ'</p>	<p>שיפור מערכת מיזוג ובקרה</p>

<p>נורת 22 CFL : 22 ש נורת ליבון: 3 ש נורת LED: 31.7€ כיום, 16.7€ בשנת 2030 ("קצב לימוד" של 18%) נורת T12: 7€ נורת T8: 18€ התקנת מערכות בקרה: 4,774€</p>	<p>החלפת כלל נורות הליבון ל-LED, וכלל נורות CFL ל-LED ב-2030 בתרחיש ההפחתה. בתרחיש "עסקים כרגיל": כמות נורות CFL גדלות בשיעור של כ-10% על חשבון נורות ליבון, ללא שימוש בטכנולוגיית LED שיעור של 60% מכלל הפלורוסנטים – יעילים אנרגטית בתרחיש ההפחתה, לעומת 37% בתרחיש "עסקים כרגיל" 90% ממבנים בעלי מערכות בקרת תאורה לעומת 65% בתרחיש "עסקים כרגיל". (נקודת התחלה זהה של 8% ב 2015 בשני המקרים) מערכות בקרת תאורה: 50% חסכון אנרגטי בבניינים חדשים 29% חסכון בהחלפת מערכות קיימות בחדישות יותר</p>	<p>החלפת נורות ליבון בנורות LED, CFL החלפת פלורוסנטים T12/T8 בפלורוסנטים T5/T8 יעילים אנרגטית התקנת מערכות בקרת תאורה: מערכות "חכמות" מבוססות תנועה</p>	<p>החלפת נורות והתקנת מערכות בקרה</p>
--	---	---	---

<p>תוספת של 19€ עבור כל 0.7 מ"ר של שטח מקררים מתקדמים</p> <p>תוספת של 1.5€ בעבור כל מכשיר אלקטרוני יעיל אנרגטית</p> <p>מכשירים אלקטרוניקה: תוספת ממוצעת של 622€ עבור חבילת המכשירים היעילים אנרגטית</p>	<p>מכשירים אלקטרוניקה יעילות צורכות 48% אחוז פחות אנרגיה</p> <p>מקררים מסחריים צורכים 17% פחות אנרגיה</p> <p>הגעה למקסימום יעילות (100% מכשירים אלקטרוניים יעילים אנרגטית) לעומת 70% בתרחיש "עסקים כרגיל"</p> <p>הנחת מצב "עסקים כרגיל" יעיל אנרגטית עקב הגבלות ממשלתיות צפויות על יבוא מכשירים לא יעילים (קצב חדירה של 17% בתרחיש "עסקים כרגיל", ממצב של 3% כיום)</p>	<p>קניית/החלפת מכשירי חשמל (מקרר, מייבש וכו') יעילים אנרגטית (דירוג אנרגטי A ומעלה) במקום מכשירים קיימים</p> <p>שימוש במקררים מסחריים יעילים אנרגטית</p> <p>קניית מכשירים אלקטרוניים יעילים אנרגטית (בהם צריכת האנרגיה במצב סטנדרטי מינימאלית), במקום מכשירים קיימים (טלוויזיה, וידאו וכדומה)</p>	<p>הכנסת מכשירי חשמל "לבנים" ומכשירים אלקטרוניים בעלי יעילות אנרגטית גבוהה</p>
---	--	---	--

10.9. תעשייה - כללי

מנוף	תאור	הנחות עיקריות לגבי כמות הפחתה	הנחות עיקריות לגבי עלות והשקעה
החלפת נפט בגז	החלפת תחנות כוח מבוססות נפט לגז על מנת להפחית את כמות הפליטות לכל MWh, כיוון שגז פולט פחות גזי חממה מנפט.	<p>תרחיש "עסקים כרגיל" – מעבר מלא במגזר הכימיקלים, ללא מעבר בשאר המגזרים</p> <p>תרחיש ההפחתה – 80% מעבר בשאר המגזרים עד לשנת 2030</p> <p>חסכון ב-CO₂e לפי הפרשי הפליטות בין סוגי הדלקים</p>	<p>תוספת השקעה ראשונית של כ- 5€-ל-MWh חדש</p> <p>תוספת השקעה ראשונית של כ- 20€-ל-MWh קיים אשר מוחלף</p>
מערכות הנעה	חסכון אנרגיה במערכות הנעה, כגון שילוב הילוכים מתכווננים (adjustable speed drive), מנועים יעילים יותר ואופטימיזציית מערכות מכאניות	<p>חלק מצריכת החשמל בתעשיות המופנה למערכות הנעה – כ-50%</p> <p>20% חסכון בצריכת חשמל ביחס למערכות רגילות</p> <p>יישום המנוף בתרחיש "עסקים כרגיל" – 30%</p> <p>יישום עד שנת 2030 בתרחיש הפחתה – 100%</p>	<p>השקעה ראשונית של כ-50€-ל-MWh מותקנת ללא עלויות תקורה</p> <p>עלות שוטפת על פי חסכון באנרגיה</p>

<p>השקעה ראשונית – כ-550€ ל-KW חשמל מותקן עלות ייצור חשמל בעזרת קוגנרציה – כ-0.02€ ל-KWh עלות ייצור חשמל ממוצעת בארץ – 0.05€ ל-KWh</p>	<p>תרחיש "עסקים כרגיל" – 20% מיושם תרחיש הפחתה – 100% מיושם יחס ייצור אנרגית חשמל לעומת קיטור – 20% פליטות מיצור חשמל בעזרת קוגנרציה – 300 גרם ל-KWh פליטות מיצור חשמל בארץ על פי תרחיש "עסקים כרגיל" במגזר החשמל</p>	<p>ניצול עודפי אנרגיה מתהליכי ייצור קיטור, להגברת יעילות ולהפחתת כמות האנרגיה הדרושה לייצור חשמל בעזרת תהליך קוגנרציה המבוסס על טכנולוגית טורבינת קיטור</p>	<p>קוגנרציה בעזרת טורבינת קיטור</p>
<p>חסכון של כ-45€ לכל טון CO2e שנחסך</p>	<p>חלק מצריכת החשמל בתעשיות המופנה למבנים – 20% הפחתת צריכת חשמל במבני התעשייה – 2015 – 6% – 2030 – 17%</p>	<p>שיפור צריכת אנרגיה לרמות המאפיינות בניינים פסיביים על ידי שיפור התכנון והאוריינטציה של המבנה, שיפור בידוד ואיטום, שימוש בחומרים מתקדמים בבניית קירות, גג וחלונות ועוד. איגוד המנופים במגזר מבנים מסחריים / ציבוריים.</p>	<p>בנייה יעילה בתעשייה</p>

10.10. תעשייה - כימיקלים

מנוף	תאור	הנחות עיקריות לגבי כמות הפחתה	הנחות עיקריות לגבי עלות והשקעה
שיפור תהליכים	ייעול תהליכים כימיים, המובילים לירידה בפליטות. השיפורים נגרמים על ידי מספר מנופים, כולל תהליכים מתמשכים, שליטה משופרת בתהליכים, תחזוקה מונעת, מבערים (burner) ותנורים יעילים יותר וכן שיפורים לוגיסטיים	0.3% גידול שנתי בהתייעלות מעבר לתרחיש "עסקים כרגיל", החל משנת 2011. מבוצע ב-3 שלבים, עם גידול בעלויות בין השלבים. בשנת 2030 מופחת 6% ביחס ל"עסקים כרגיל"	השקעה ראשונית מחושבת כהפרש להפחתת טון CO ₂ e שנתי בשלוש מדרגות: 0€ , 200€ ו- 400€ לטון. עלות שוטפת מחושבת עבור אותם מדרגות כ- 10€ , 0€ ו- 20€ לטון
פיצוח אתילן	שיפור פיצוח אתילן כולל שדרוג כבשנים, גילי פיצוח (Cracking tube) משופרים וטכנולוגיות הפרדה ודחיסה משופרות. טכנולוגיות אלו מפחיתות את כמות האנרגיה הישירה הדרושה לתהליך הפיצוח	חסכון של כ-1.1 MWh לכל טון אתילן המיוצר כיום בארץ	השקעה ראשונית של 50€ לטון אתילן מיוצר תקורה של 25€ לטון אתילן עלות שוטפת על פי החיסכון בצריכת חשמל (1.1 MWh לטון אתילן)

10.11. תעשייה - מלט

מנוף	תאור	הנחות עיקריות לגבי כמות הפחיתה	הנחות עיקריות לגבי עלות והשקעה
החלפת קלינקר בסיגי מתכת (slag)	הקטנת כמות הקלינקר בצמנט, על ידי החלפתו בסיגי מתכת. בכך מפחיתים את הפליטות מהתהליך הכימי של ייצור הקלינקר, פליטות מבעירת דלק ומצריכת חשמל ליצור קלינקר, אשר יחדיו מהווים יותר מ-90% מכלל הפליטות בתעשיית המלט.	בתרחיש "עסקים כרגיל" - 78% קלינקר בתרחיש ההפחיתה - 70% קלינקר בשנת 2030 על ידי החלפתו בסיגי מתכת.	השקעה ראשונית של 70€ לטון קיבולת הפיכת סיגים לגרירים ו-75€ לטון קיבולת טחינת סיגים עלות החומרים 8€ לטון סיגים עלות הובלה 13.5€ לטון פחות עלויות והשקעות בקלינקר

10.12. תעשייה - P&G

מנוף	תיאור	הנחות הפחתה עיקריות	הנחות עלות עיקריות
הובלת גז טבעי	שיפור אטימה במדחסים	שימוש באטמים יבשים במקום אטמים רטובים מצמצם דליפות גז. מבוסס על תוכנית Energy Star, והערכות מומחים	תוספת השקעה של כ-120,000€ למדחס. הוצאות שוטפות נמוכות בכ-40,000€ למדחס
	שיפור תחזוקת מדחסים	שיפור באיתור, מדידה וטיפול בדליפות ממדחסים ושסתומים. מבוסס על תוכנית Energy Star, והערכות מומחים	לא נדרשת השקעה. תוספת הוצאות שוטפות של כ-133€ למדחס
	שיפור תחזוקת צנרת חלוקה	זהה לשיפור בתחזוקת מדחסים כאשר הדגש הוא על נתחנות ניתוב ומדידה קרקעיות. מבוסס על תוכנית Energy Star, והערכות מומחים	צמצום של 80% מהפער עם ה-Best Practice. כתוצאה מכך צמצום של כ-5% מסה"כ הפליטות
	שיפור תכנון	אופטימיזציית תכנון בראיית פליטות מאפשרת צמצום הצורך בדחיסה. בנוסף מדחסים מופעלים בנקודת יעילות מרבית	צמצום של 7% בצריכת דלקים
			לא נדרשת השקעה. תוספת הוצאות שוטפות של כ-1,200€ לק"מ צנרת פעילה
			השקעה של כ-100,000 BCM/€ תוספת הוצאות שוטפות של כ-15% מההשקעה

<p>לא נדרשות השקעות או הוצאות שוטפות נוספות חסכון הוצאות עקב הפחתת צריכת דלקים</p>	<p>הפחתה של כ- 2.5-3% מסה"כ הפליטות. מבוסס על תוכנית Energy Star, והערכות מומחים</p>	<p>שיפור מודעות עובדים לנושאי אנרגיה וגזי חממה מערכת מעקב, ניהול והצבת יעדי צמצום פליטות מערכות ניהול יעילות אנרגטית בכל תהליכי הייצור</p>	<p>התייעלות אנרגטית באמצעות שינויי התנהגות</p>	<p>זיקוק נפט</p>
<p>השקעה של כ- 660,000€ למתקן בהיקף של MBBL/Day הוצאות שוטפות של כ-15% מההשקעה</p>	<p>2.5-6% שיפור ביעילות אנרגטית</p>	<p>הגברת ניטור להבטחת פעילות אופטימאלית כגון ניצול קיטור, אופטימיזציית לחצים צמצום מרבצים בצנרת</p>	<p>התייעלות אנרגטית באמצעות שיפור תחזוקה ותהליכים</p>	

10.13. תעשייה - מים

מנוף	תאור	הנחות עיקריות לגבי כמות הפחיתה	הנחות עיקריות לגבי עלות והשקעה
שיפוץ מפעלי התפלה קיימים	שיפוץ מפעלי התפלה קיימים לשם שיפור היעילות האנרגטית של ההתפלה (בעיקר ע"י שיפור ממברנות)	מקדם אנרגטי של התפלה כיום: 4 קוט"ש למ"ק מקדם אנרגטי של התפלה לאחר שיפוץ: 3 קוט"ש למ"ק שיפוץ רלוונטי רק למתקני התפלה שיבנו עד 2015 (300 ממ"ק) - (מפעלים עתידיים- יאפשרו שימוש/החלפה לממברנות יעילות בתרחיש "עסקים כרגיל"	שיפוץ – השקעה חד פעמית בעלות של כ-20 מיליון אירו למתקן של 100 ממ"ק. ללא תוספת עלויות תפעוליות ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל"
הפחתת נזילות	הפחתת נזילות במערכות המים הקיימות	צמצום נזילות לערך של 5% ב-2030 (לעומת 9% כיום) צריכת מים צפויה ב-2030: 2,150 ממ"ק שנתי	מים "נחסכים" הנם מים שהיו אחרת מותפלים בעלות אנרגטית של 3 קוט"ש למ"ק עלות בדיקה/תיקון של 35 סנט לכל מ"ק נחסך עלות מים מותפלים ב-2030 – 37 סנט למ"ק

10.14. חקלאות

מנוף	תאור	הנחות עיקריות לגבי כמות הפחמה	הנחות עיקריות לגבי עלות והשקעה
שיפור תחזוקת וניהול שטחי מרעה	שיפור מצב שטחי מרעה קיימים ע"י השבת מיני בע"ח, ייעול טכנולוגיות השקיה, טיפול בשריפות	תרחיש הפחמה: ניהול משופר של 0.75% מכלל השטח תרחיש "עסקים כרגיל": ניהול משופר של 0.25% מהשטח	2.3€ לדונם לשנה
טיפול בפליטות מתאן ממשק החי ע"י חיסון	הפחתת פליטות מתאן מבע"ח במשק החי ע"י שימוש בפרקורסרים של פרופיונט המפחיתים יצירת מתאן חיסון נגד חיידקים יוצרי מתאן (עתידי)	הפחתה של כ-12% בפליטות חיסון של 100% ממשק החי ב 2030 לעומת העדר חיסונים בתרחיש "עסקים כרגיל"	
טיפול בפליטות מתאן ממשק החי ע"י תחליפי תזונה	הפחתת פליטות מתאן מבע"ח במשק החי ע"י שינוי מרכיבי המזון	הפחתה של כ-13% בפליטות החלפת משטר תזונה של 100% ממשק החי ב - 2030 לעומת העדר שינוי בתרחיש "עסקים כרגיל"	31€ עבור כל טון הפחמה של CO2e

10.15. יערנות

הנחות עיקריות לגבי עלות והשקעה	הנחות עיקריות לגבי כמות הפחתה	תאור	מנוף
<p>עלות של € 24.8 עבור כל טון הפחתה של פחמן דו חמצני</p>	<p>אחוז השטח המיוער בישראל גדל בקצב שנתי של 2.5% (איקליפטוסים, מחטניים, רחבי עלים) לעומת קיטון של 0.2% בתרחיש "עסקים כרגיל"</p> <p>יחס קליטה גדל ליניארית עם גידול שטח מיוער כולל (ביחס לנתוני בסיס 2007)</p> <p>יחס קליטה/פליטה של CO₂e נשאר קבוע (ע"פ ערכי 2007, ע"ס נתונים שהתקבלו מהלמ"ס)</p> <p>סילוק – שמירה על קצב גידול ממוצע בדומה לשנים 2004-2007 – זהה בתרחיש "עסקים כרגיל" והפחתה</p>	<p>הגדלת השטח המיוער במדינה</p>	<p>הגדלת ייעור</p>

10.16. פסולת

מנוף	תאור	הנחות עיקריות לגבי כמות הפחיתה	הנחות עיקריות לגבי עלות והשקעה
שריפה של גז במטמנות פסולת	שריפת גז מתאן במטמנות פסולת, כדי למנוע השתחררות מתאן מהתפרקות פסולות אורגנית לאטמוספירה	מנוף זה מופעל רק עבור עודפי המתאן הנותרים לאחר הפעלת שאר המנופים לניצול יעיל יותר של המתאן הנפלט (לדוגמא: ייצור חשמל) אחוז ניצול המתאן לשימושים שונים הוא 75% מכלל הגז הנוצר מתוך הגז הנותר הרלוונטי לניצול (לאחר ניצול לחשמל) – 100% נשרף בתרחיש ההפחיתה אורך חיים של 20 שנה לתשתית הרלוונטית	השקעת הון ראשוני: €71 עבור כל טון הפחיתה של CO ₂ e עלות תפעולית של €10 עבור כל טון הפחיתה של CO ₂ e
ייצור חשמל מגז נוצר במטמנות	לכידת המתאן הנוצר במטמנות וייצור חשמל באמצעותו	אחוז ניצול המתאן לשימושים שונים הוא 75% מכלל הגז הנוצר 60% מפוטנציאל הגז האפשרי לניצול בתרחיש ההפחיתה פליטות מתאן קיימות מפסולת מוצקה: ע"פ נתוני למ"ס קצב גידול פסולת: 1.4% (ע"פ קצב גידול אוכלוסין צפוי) אורך חיים של 20 שנה לתשתית הרלוונטית	השקעת הון ראשוני: €402 עבור כל טון הפחיתה של CO ₂ e עלות תפעולית של €24 עבור כל טון הפחיתה של CO ₂ e רוח מתקבל ממכירת החשמל: €85 לטון CO ₂ e

<p>השקעת הון ראשוני: 120€ עבור כל טון הפחתה של CO2e עלות תפעולית של 9€ עבור כל טון הפחתה של CO2e רווח מתקבל ממכירת החשמל: 37-56€ לטון CO2e ב-2030</p>	<p>26% מפוטנציאל הגז הנותר לניצול בתרחיש ההפחתה אחוז ניצול המתאן לשימושים שונים הוא 75% מכלל הגז הנוצר</p>	<p>לכידת המתאן הנוצר במטמנות ושימוש ישיר בו ליצירת אנרגיה</p>	<p>ניצול ישיר של גז הנוצר במטמנות הפסולת</p>
<p>השקעת הון ראשוני ליצירת טון קומפוסט ע"י עיבוד פסולת אורגנית: 49€ עבור כל טון הפחתה של CO2e עלות תפעולית ליצירת טון קומפוסט ע"י עיבוד פסולת אורגנית: 13€ עבור כל טון הפחתה של CO2e רווח מתקבל מדישון הנוצר מטון של פסולת אורגנית: 16€ עבור כל טון הפחתה של CO2e</p>	<p>30% מכלל הפסולת המוצקה הנה אורגנית ב-2030 (40% כיום) שימוש ב-90% מזון: חסכון של 1 טון CO2e מכל טון גזם (גננות): חסכון של 1.3 טון CO2e מכל טון עץ: חסכון של 1.5 טון CO2e מכל טון נייר: חסכון של 1.9 טון CO2e מכל טון טקסטיל: חסכון של 1.2 טון CO2e מכל טון</p>	<p>יצירת קומפוסט לדישון ע"י תהליכים ביולוגיים המופעלים על פסולת אורגנית</p>	<p>טיוב קרקע ע"י שימוש בקומפוסט</p>

<p>השקעת הון ראשוני למחזור פסולת: 13€ עבור כל טון הפחתה של CO2e עלות למחזור פסולת: 5€ עבור כל טון הפחתה של CO2e רווח מתקבל ממחזור: נייר: 33€ מכל טון CO2e קרטון: 67€ מכל טון CO2e פלסטיק: 67€ מכל טון CO2e זכוכית: 7€ מכל טון CO2e פלדה: 13€ מכל טון CO2e אלומיניום: 133€ מכל טון CO2e</p>	<p>1.7 ק"ג פסולת לאדם ליום התפלגות הרכב פסולת משקלית + תחזיות ע"פ דו"ח שלדג: נייר: 23% מתכת: 5% זכוכית: 5% פלסטיק: 18% אורגנית: 30% נייר: חסכון של 2.9 טון CO2e מכל טון קרטון: חסכון של 3.7 טון CO2e מכל טון פלסטיק: חסכון של 1.8 טון CO2e מכל טון זכוכית: חסכון של 0.4 טון CO2e מכל טון פלדה: חסכון של 1.8 טון CO2e מכל טון אלומיניום: חסכון של 13.6 טון CO2e מכל טון</p>	<p>מחזור חומרים שונים מהפסולת הנזרקת (לדוגמא: מתכות, נייר) כך שישמשו כחומרי גלם בייצור מוצרים חדשים</p>	<p>מחזור</p>
--	--	---	--------------

11. נספח ב' – פוטנציאל הפחתה ועלות המנופים ב- 2020 ו- 2030

11.1. חשמל

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
33.30	7.33	43.91	1.31	תרמו-סולארי (CST)
7.62	5.47	0.00	0.00	פוטו-וולטאי (PV)
44.63	1.20	42.23	0.34	רוח

11.2. תחבורה

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
-47.76	3.87	-48.54	1.00	כלי רכב משקל קל, מנועי בעירה פנימית (בנזין)
85.60	1.20	214.16	0.28	כלי רכב משקל קל, חשמלי (EV)
-32.50	1.18	5.93	0.12	כלי רכב משקל קל, היברידי
9.41	0.94	16.09	0.48	דלק חלופי דור שני
-1.61	0.93	5.07	0.95	דלק חלופי דור ראשון
-48.52	0.52	-45.08	0.12	כלי רכב משקל קל, מנועי בעירה פנימית (דיזל)
2.12	0.44	0.00	0.00	כלי רכב משקל קל, PHEV
6.12	0.21	80.88	0.05	כלי רכב משקל כבד, מנועי בעירה פנימית (דיזל)

פוטנציאל הפחתת פליטות גזי חממה בישראל

-4.57	0.18	64.48	0.04	כלי רכב משקל בינוני, מנועי בעירה פנימית (דיזל)
69.26	0.02	88.73	0.02	דלק חלופי - ביו דיזל

מבנים

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
-8.33	3.07	-4.72	1.24	בנייה חדשה בשיטות יעילות - מבני מגורים
-65.32	2.35	-52.81	1.16	תאורה (נורות חסכוניות, בקרת תאורה)
-40.33	1.81	-36.03	0.79	שיפוץ מבני מגורים - חבילה בסיסית
-29.97	0.85	-28.23	0.37	בנייה חדשה בשיטות יעילות - מבנים מסחריים
50.69	0.65	50.60	0.20	שיפור/שיפוץ מעטפת בניין, חבילה מקיפה -מבני מסחר
-53.09	0.54	-47.85	0.23	שיפור מערכות מיזוג - מבנים מסחריים
-70.42	0.34	-63.91	0.24	הכנסת מערכות אלקטרוניקה יעילות אנרגטית - מבני מגורים
-26.15	0.30	-30.27	0.16	שיפוץ מבני מסחר - חבילה בסיסית
-48.79	0.22	-44.28	0.31	הכנסת מערכות אלקטרוניקה יעילות אנרגטית - מבני מסחר
-38.88	0.14	-41.78	0.02	שיפור/שיפוץ מעטפת בניין, חבילה מקיפה -מבני מגורים
-10.79	0.13	-43.81	0.47	שיפור מערכות מיזוג - מבני מגורים

11.3. תעשייה - כללי

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
-56.00	1.58	-53.14	0.86	המרת דלקים בתעשייה
-78.74	0.93	-66.49	0.88	קוגנרציה בעזרת טורבינת קיטור בתעשייה
-47.78	0.70	-42.33	0.30	מערכות הנעה - כלל התעשיות
-46.41	0.40	-41.76	0.22	בנייה ירוקה בתעשייה

11.4. תעשייה - כימיקלים

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
-48.52	0.34	-42.41	0.15	מערכות הנעה כימיקלים
19.21	0.10	19.46	0.04	שיפור תהליכים
21.52	0.08	27.12	0.03	פיצוח אתילין, חדש
25.74	0.04	31.34	0.04	פיצוח אתילין, שדרוג

11.5. תעשייה - מלט

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
8.96	0.65	9.08	0.30	המרת קלינקר בסיגי מתכת

תעשייה – זיקוק וגז

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
-10.95	0.39	-10.25	0.12	שיפור תחזוקת מדחסים
-48.69	0.20	-44.75	0.10	שיפור תחזוקת צנרת חלוקה
-52.33	0.19	-18.33	0.03	שיפור תכנון
-64.62	0.10	-60.22	0.05	התייעלות אנרגטית באמצעות שנויי התנהגות
-11.91	0.03	-10.47	0.06	שיפור אטימה במדחסים

11.6. תעשייה – מים

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
-10.05	0.18	-10.05	0.16	הפחתת נזילות
-68.00	0.14	-68.00	0.14	שיפוץ מפעלי התפלה קיימים

11.7. חקלאות

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
2.13	0.18	2.13	0.11	שיפור תחזוקת וניהול שטחי מרעה
-97.10	0.15	-97.10	0.06	טיפול בפליטות משק החי ע"י חיסון
31.68	0.07	31.68	0.06	טיפול בפליטות משק החי ע"י תחליפי תזונה

11.8. יערנות

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
24.88	0.30	24.88	0.14	הגדלת השטח המיוער

11.9. פסולת

2030		2020		מנוף
עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	עלות המנוף €/tCO ₂ e	פוטנציאל הפחתה MtCO ₂ e	
-31.28	1.51	-31.28	0.72	יצור חשמל מגז הנוצר במטמנות פסולת
-35.63	1.08	-32.11	0.71	ניצול ישיר של גז הנוצר במטמנות פסולת
15.75	1.02	15.75	1.23	שריפה של גז במטמנות פסולת
0.48	0.59	0.48	0.24	טיוב קרקע באמצעות שימוש בקומפוסט
-13.76	0.52	-13.39	0.23	מחזור

12. נספח ג' – עשרת מנופי ההפחתה המרכזיים, שנת 2020

מנוף	משמעויות עיקריות 2020	הפחתה מתקבלת MtCO ₂
מעבר לשימוש נרחב בטכנולוגיה תרמו-סולארית (CST) לייצור חשמל	תוספת הספק מותקן של 250MW ב"עסקים כרגיל" וסה"כ כ- 500MW מותקן ב-2020	1.31 MtCO ₂ e ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל"
מעבר לשימוש נרחב בטכנולוגיה פוטו-וולטאית (PV) לייצור חשמל	לאור ההיקף הגבוה שנלקח כ"עסקים כרגיל" והמחיר הגבוה יחסית של PV בתקופה זו, צפוי כי רוב הייצור באנרגיות מתחדשות שמעבר ל-"עסקים כרגיל" יעשה בטכנולוגיות CST ורוח. סה"כ הספק PV מותקן ב-2020 עומד על 350MW	לא קיימת הפחתה מעבר ל"עסקים כרגיל"
התייעלות בתצרוכת הדלק של כלי רכב בעלי מנוע בעירה פנימי	בשנת 2020 כ-80% מכלי הרכב בעלי מנוע בעירה פנימית החדשים כוללים שיפורים ברמות שונות, אך רק כ-20% כוללים את מירב השיפורים (לעומת 55% בשנת 2030). הסיבה לכך הינה עלות גבוהה ליישום, שיורדת לאורך השנים. בנוסף, בשנת 2020 צי כלי הרכב עדיין מכיל כלי רכב משנת 2005 ואילך, אשר רובם אינם כוללים שיפורים כלל. לכן, בשנת 2020 רק כ-7% מצי כלי הרכב כולל	1.12 MtCO ₂ e ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל"

	את מירב השיפורים, לעומת 43% בשנת 2030.	
לתרחיש "עסקים כרגיל" 1.24 MtCO ₂ e ביחס	60% מכלל המבנים החדשים נבנים בשיטות יעילות אנרגטיות ("בנייה ירוקה")	שיפור היעילות האנרגטית במבנים חדשים באמצעות שיפור התכנון ושיפור הבידוד
לתרחיש "עסקים כרגיל" 1.16MtCO ₂ e ביחס	34% מכלל התאורה תתקבל באמצעות נורות פלואורסנט יעילות, 12% מכלל התאורה תתקבל באמצעות נורות LED, 50% מהמבנים המסחריים כוללים מערכות בקרת תאורה	שימוש בתאורה חסכונית (LED, CFL) ובמערכות בקרת תאורה
לתרחיש "עסקים כרגיל" 0.8 MtCO ₂ e ביחס	46% מכלל מבני המגורים הקיימים עוברים שיפוץ בסיסי הכולל שיפור איטום של כלל הפתחים בבית	שיפור היעילות האנרגטית במבנים קיימים באמצעות שיפור הבידוד התורם להגדלת יעילות החימום והמיזוג
לתרחיש "עסקים כרגיל" 0.86 MtCO ₂ e ביחס	50% מצריכת הדלקים כיום מומרת לגז, ו-80% מתוספת צריכת הדלקים לתקופה ממומרת לגז אף היא	שינוי דלקים בתעשייה (שימוש בגז במקום במזוט)
לתרחיש "עסקים כרגיל" 0.72MtCO ₂ e ביחס	35% מהפסולת האורגנית המוטמנת מנוצלת לטובת הפקת חשמל	ניצול פסולת קיימת להפקת חשמל
מעל לתרחיש "עסקים כרגיל" 0.40MtCO ₂ e מעל לתרחיש	בשנת 2020 כ-15% מכלי הרכב החדשים הינם היברידיים או חשמליים לעומת 45% בשנת 2030, עקב עלותם הגבוהה,	מעבר לשימוש נרחב מעבר בכלי רכב חשמליים והיברידיים (בהנחה שתמהיל הדלקים לחשמל ישתפר)

	<p>שירדת לאורך השנים. בנוסף, בשנת 2020 צי כלי הרכב עדיין מכיל כלי רכב משנת 2005 ואילך, שכוללים פחות כלי רכב מסוג זה. בשנת 2020 רק כ-9% מצי כלי הרכב הינו היברידי או חשמלי, לעומת 32% בשנת 2030.</p> <p>כמו כן, תמהיל הדלקים ליצור חשמל בשנת 2020 פחות "נקי" בהשוואה לשנת 2030, ולכן רכב חשמלי או PHEV מפחית פחות פליטות בהשוואה לשנת 2030.</p>	
<p>לתרחיש "עסקים כרגיל" $0.35\text{MtCO}_2\text{e}$ ביחס</p>	<p>הרחבת ההספק המותקן מ-25MW ב"עסקים כרגיל" ל-125MW ב-2020 בתרחיש ההפחתה</p>	<p>שימוש בטורבינות רוח לייצור חשמל</p>