

פרויקט "תחזית קיימות לישראל 2030" החל באוקטובר 2010 כמיזם משותף של המשרד להגנת הסביבה והמרכז למדיניות סביבתית במכון ירושלים לחקר ישראל, וצפוי להסתיים במאי-יוני 2012. תחזית קיימות לישראל 2030 שמה לה למטרה להציג חזון קיימות לשנת 2030 שאליו ישראל צריכה לשאוף. זאת על מנת לאפשר למקבלי ההחלטות בישראל להבין את המגמות הקיימות, לאתר את הפערים להגשמת החזון, ולהצביע על הנתונים בהם עליהם לצעוד על מנת להגשימו.

## פרויקט תחזית קיימות לישראל 2030

מדדים – קיימות אתמול, היום ומחר

### פליטות גזי חממה

עורכים: ד"ר עמיר אידלמן ויעל יבין

הדברים הנאמרים הם על דעת המחברים בלבד.

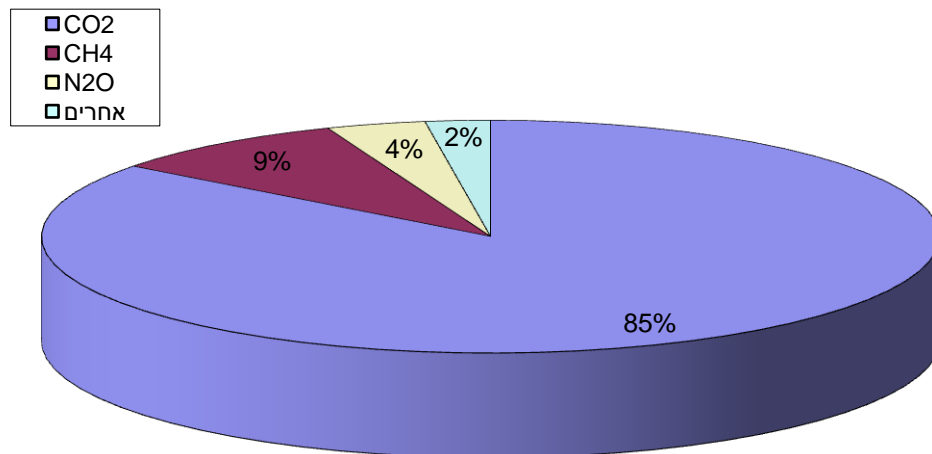
## פליטות גזי חממה

גזי החממה הם גזים אשר מצטברים באטמוספירה, כולאים את קרינת החום הנפלטת מכדור הארץ ומאפשרים חיים על פני כדור הארץ ("אפקט החממה"). מדענים משערים כי התוספת האנתרופוגנית (מעשה ידי אדם) של גזי חממה הנפלטים לאטמוספירה בעיקר כתוצאה משריפת דלקים, היא שגורמת להתחממות הגלובאלית – תופעה הנחשבת לאיום סביבתי מרכזי והשלכותיה השליליות ניכרות בכל תחומי החיים. ישראל קיבלה עליה ב-1998 את אמנת קיוטו בדבר הפחתה בפליטות של גזי חממה, תחילה ללא התחייבות. אולם לאחר שהצהירה בוועידת קופנהגן (2009) כי תפחית 20% מהעלייה הצפויה בפליטות עד שנת 2020, קיבלה עליה ממשלת ישראל בנובמבר 2010 התחייבות לצמצם את הפליטות.

גזי החממה העיקריים הם CO<sub>2</sub> (פחמן דו-חמצני), CH<sub>4</sub> (מתאן) ו-N<sub>2</sub>O (חנקן תת-חמצני). בנוסף קיימים מזהמים ששיעורם נמוך מאוד, כמו SF<sub>6</sub> (גפרית הקספּלואורידית), HFCs (פחמימנים הידרופלואוריים) ו-PFCs (פחמימנים רב-פּלואוריים).

את תרומת הגזים להרכב האטמוספירה נוהגים להציג במונחי פחמן דו-חמצני, בעיקר לפי כושרם היחסי לכלוא חום באטמוספירה. בדרך זו ניתן לסכום את כל הפליטות ולקבל ערך המצביע על רמת כלל גזי החממה הנפלטים ממקורות אנתרופוגניים.

תרשים 1 מציג את התפלגות פליטות גזי החממה בישראל לשנת 2008, בהתבסס על הכמות במונחי פחמן דו-חמצני.



תרשים 1: התפלגות גזי חממה בישראל בשנת 2008 (מקור: למ"ס)

מכיוון שפחמן דו-חמצני הוא המזהם העיקרי ומכיוון שמקורו העיקרי (97%) הוא משריפת דלקים, נערכו החישובים והמגמות בפרק זה לפליטות פחמן דו-חמצני משריפת דלקים. רמת הפליטות מוצגת בערכים מוחלטים וכן בערכים של רמת פליטות לנפש וליחידת תמ"ג, וזאת בהשוואה לערכים שנרשמו במדינות ה-OECD. הנתונים המוצגים לגבי ישראל מבוססים על פרסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (למ"ס). נתונים על מדינות ה-OECD מבוססים על נתוני ה-OECD ובעיקר על נתוני ה-International Energy Agency - IEA.

## 1. ישראל אתמול והיום

### 1.1 פליטות CO<sub>2</sub> בישראל

נתונים עקביים על גזי חממה, ובכללם CO<sub>2</sub>, קיימים לשנים 2003-2008.<sup>1</sup> מהסיבות שנמנו לעיל ומכיוון שקיימים נתונים רציפים לפליטות פחמן דו-חמצני משריפת דלקים לשנים 2000-2008, נערכו החישובים והמגמות בפרק זה לפליטות פחמן דו-חמצני משריפת דלקים, בהתבסס על נתוני הלמ"ס.

היקף פליטות CO<sub>2</sub> משריפת דלקים בארץ עלה בשנים 2000-2008 מכ-57 אלף טון בשנת 2000 לכ-63.5 אלף טון בשנת 2008 (תרשים 2). זוהי עלייה של כ-11% לאורך התקופה ועלייה שנתית ממוצעת של 1.3% לשנה.

פליטות CO<sub>2</sub> לנפש, ירדו בישראל בשנים אלו מ-9.12 טון לנפש בשנת 2000 לכ-8.69 טון לנפש בשנת 2008 – ירידה של כ-5% לאורך התקופה ו-0.6% בממוצע שנתי.

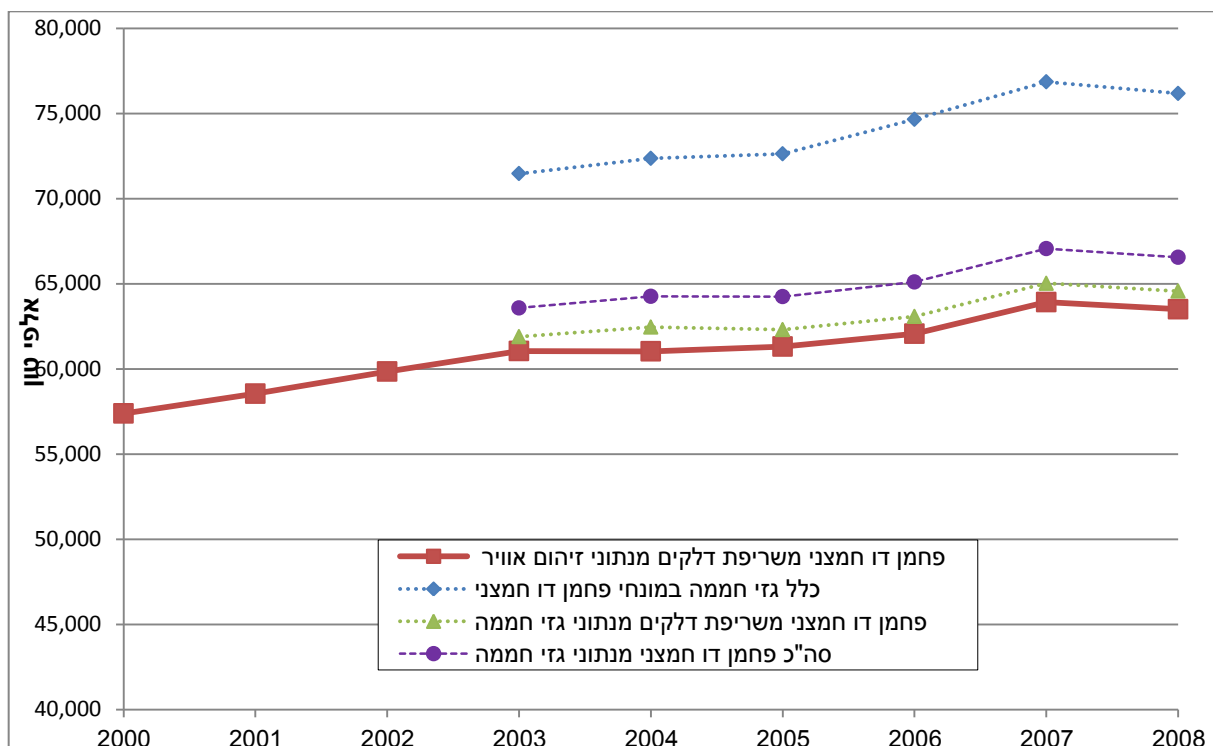
פליטות CO<sub>2</sub> ליחידת תמ"ג (תוצר מקומי גולמי) פחתו משנת 2000 ואילך. פליטות CO<sub>2</sub> ליחידת תמ"ג פחתו בתקופה זו מ-0.42 ק"ג לדולר אמריקאי בשנת 2000<sup>2</sup> לכ-0.36 ק"ג לדולר בשנת 2009 – ירידה של כ-1.8% בממוצע שנתי ובסה"כ הפחתה של כ-14% בכל התקופה.

מנתונים אלה נראה כי מסתמנת בשנים האחרונות מגמה של **ניתוק יחסי (relative decoupling)**: שיעור הפליטות נמצא במגמת עלייה, אולם עלייה זו קטנה מהגידול בתמ"ג, כך שלמעשה חלה ירידה בשיעור הפליטות ליחידת תמ"ג.

תרשים 2 מציג את פליטות ה-CO<sub>2</sub> בישראל בשנים 2000-2008. ברקע מוצגים נתוני פליטות כלל גזי החממה ופליטות ה-CO<sub>2</sub> (סה"כ ומדלקים) מנתוני הלמ"ס על גזי חממה.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> קיימים נתונים נקודתיים לשנים 1996 ו-2000, מפרסומים של המשרד להגנת הסביבה, אך כאמור החל משנת 2003 הנתונים מחושבים ע"י הלמ"ס על בסיס הנחיות ה-IPCC.  
<sup>2</sup> במחירי 2000 ובמונחי PPP של שנת 2000.

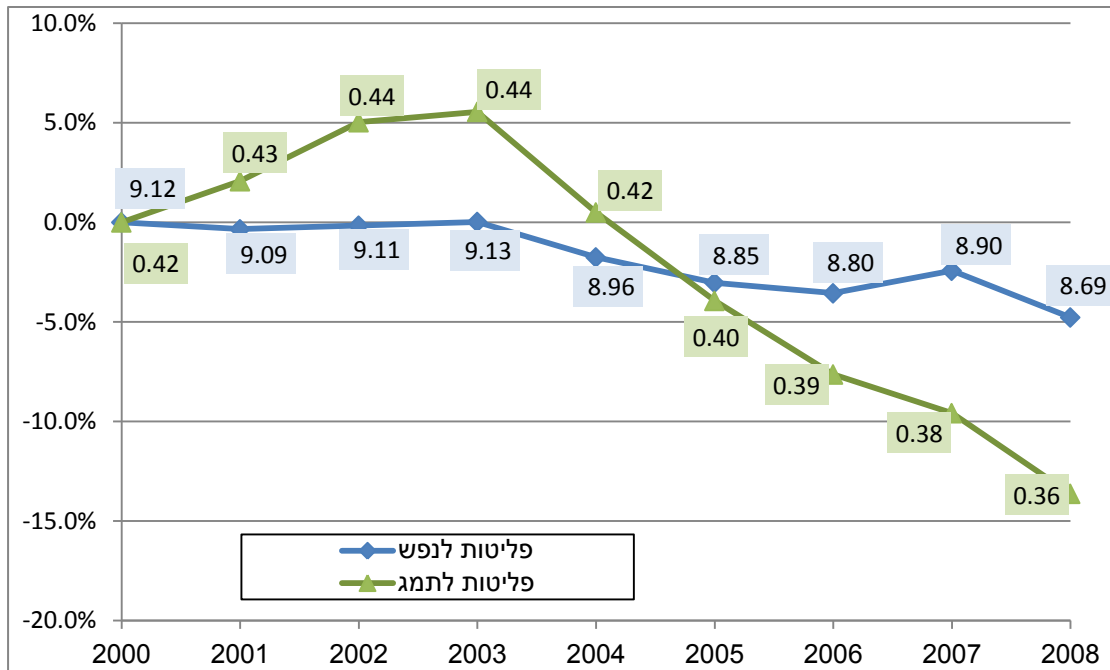
תרשים 3 מציג את פליטות ה-CO<sub>2</sub> לנפש וליחידת תמ"ג בשנים אלו.



תרשים 2: פליטות CO<sub>2</sub> בישראל בין השנים 2000-2009 (באלפי טון)

ברקע פליטות גזי חממה ופחמן דו-חמצני מנתונים על גזי חממה (מקור: למ"ס)

<sup>3</sup> במבוא לפרק איכות הסביבה בשנתון הלמ"ס מוסבר מדוע קיים הבדל בין פליטות CO<sub>2</sub> מדלקים בלוחות זיהום האוויר ובלוח גזי החממה. ההבדלים הם נמוכים ונעים סביב 2%.



תרשים 3: השינוי בפליטות CO<sub>2</sub> לנפש וליחידת תמ"ג בישראל ביחס לשנת 2000 (באחוזים) בסמוך לכל נקודה מצוינת הפליטה לנפש (טון/נפש) או הפליטה ליחידת תמ"ג (ק"ג לדולר במחירי 2000 ומונחי PPP). (מקור: למ"ס)

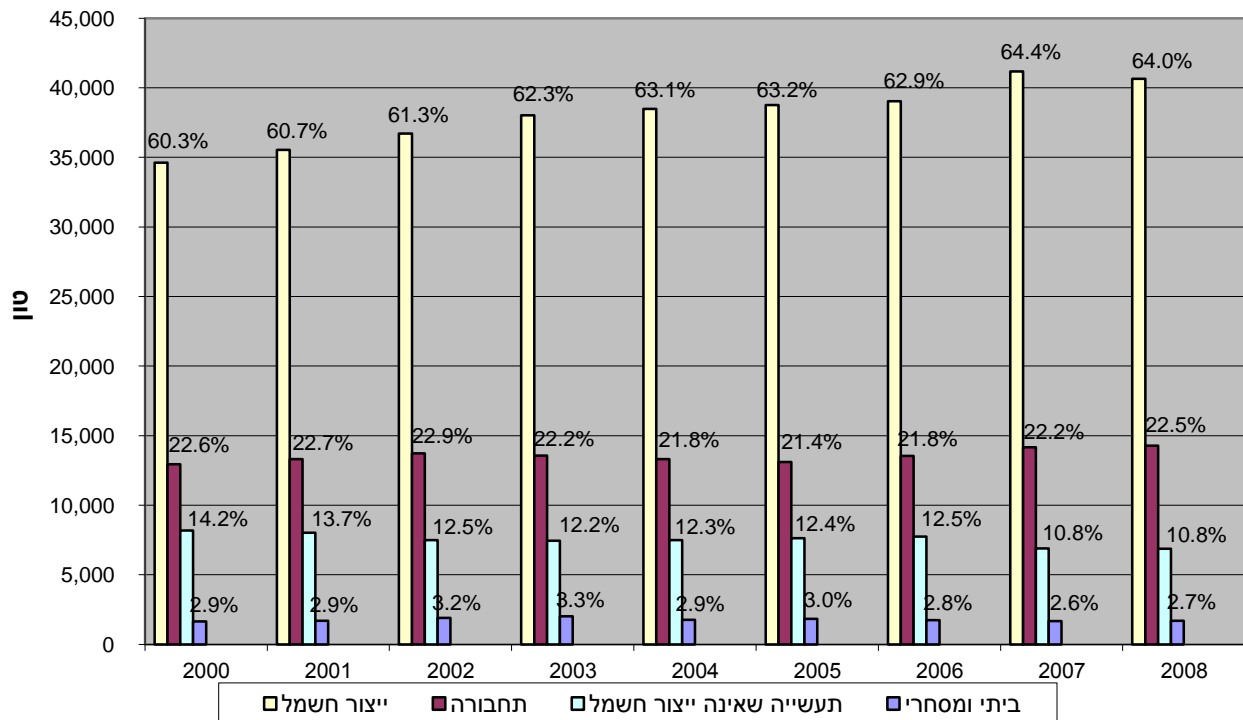
מהנתונים עולה כי בשנים 2003-2000 חלה עלייה בפליטות, ואילו בשנים 2006-2003 התמתנה ואף התהפכה. מגמות אלו ניכרות בעיקר בפליטות ליחידת תמ"ג. השינוי שחל ב-2007 אינו ניכר בפליטות לתמ"ג, כי התמ"ג המשיך לעלות בשנים האחרונות בקצב של כ-5% לשנה. את הירידה בפליטות שחלה בשנת 2008 (תרשים 2) ניתן אולי להסביר במיתון שנתן את אותותיו בצריכת אנרגיה נמוכה יחסית במחצית השנייה של אותה שנה, ואולי בזכות מזג האוויר הנוח יחסית, שלא דרש הפעלת אמצעי חימום מסיביים בהשוואה לשנים קודמות. נתונים מן השנים הבאות יבהירו אם מדובר בתחילתה של מגמה או בהפחתה זמנית ונקודתית.

## 1.2 מקורות הפליטה

בחינת מקורות הפליטה של CO<sub>2</sub> משריפת דלקים בארץ מעלה כי עיקר הפליטה (כ-75%) באה ממקורות תעשייתיים ובעיקר מייצור חשמל.<sup>4</sup> מקורות אלה פלטו בשנת 2008 כ-64% מכלל ה-CO<sub>2</sub> שנפלט משריפת דלקים בארץ (תרשים 4). המקור המשני הוא כלי הרכב (כ-22.5%). הפליטות מכלי רכב נחלקות באופן דומה בין רכבי בנזין לרכבי דיזל. מקורות תעשייתיים שאינם ייצור חשמל, אחראיים לכ-10-15% מהפליטות. שיעור זניח של פליטות נובע משימוש ביתי ומסחרי (כ-3%).

<sup>4</sup> מרבית הפליטות הן מתחנות כוח; שיעור הפליטות ממקנים אחרים הוא זניח.

תרשים 4 מציג את החלוקה למקורות הפליטה בישראל בשנים 2000-2008.



תרשים 4: פליטות CO<sub>2</sub> בישראל בין השנים 2000-2009, בחלוקה למקורות הפליטה (מקור: למ"ס)

## 2. ישראל מחר: תחזית לשנת 2030 בהנחת עסקים כרגיל<sup>5</sup>

בפרסום על שינויי אקלים מנובמבר 2010<sup>5</sup> סקר המשרד להגנת הסביבה את ההתפתחויות בנושא גזי חממה בשנות ה-2000. הדוח הציג את המדיניות ואת האמצעים המעשיים הננקטים כיום בתחום זה, ובכללם המעבר הגובר לשימוש בגז טבעי במערכות ייצור החשמל ומתן תמריצים לקידום אנרגיה ירוקה. במסמך מוצגות תחזיות לרמות הפליטה של גזי חממה בהתבסס על הנחת עסקים כרגיל וכן המלצות לאמצעים שבכוחם להביא להפחתה בפליטות ולהורדת הרמות החזויות. תחזיות אלו מבוססות על שני מחקרים כדלהלן:

א. עבודה שנעשתה בינואר 2009 ע"י חברות "חפץ" ו-DHV MED ומתבססת על הנחת עסקים כרגיל, הכוללת גם יישום אמצעים הנהוגים כיום וביצוע החלטות שכבר נתקבלו. העבודה חישה את הפליטות הכוללות מכל המגזרים בהתבסס על תחזיות גידול האוכלוסייה, השימוש הצפוי בדלקים ושאר מרכיבי פליטות גזי החממה. לפי חישובים אלה יעלו פליטות כל גזי החממה (במונחי CO<sub>2</sub>) בשנת 2025 בכ-54% ביחס לשנת 2006 – מ-76.5 מיליון טון ל-

<sup>5</sup> הנחת עסקים כרגיל היא ההנחה שהמגמות שהתרחשו ב-20 השנים האחרונות ימשיכו להתקיים גם ב-20 השנים הבאות.

<sup>6</sup> M. Yanai Axelrod and S. Gabbay. Israel's Second National Communication on Climate Change., The Ministry for Environmental Protection. Jerusalem, November 2010.

118 מיליון טון. הגידול הצפוי בפליטות לנפש הוא כ-19% – מ-10.7 טון לנפש בשנת 2006 לכ-12.7 טון/נפש בשנת 2025.

ב. עבודה של חברת מקינזי מנובמבר 2009 צופה כי בהנחת עסקים כרגיל, ללא נקיטת אמצעי הפחתה, תכפיל ישראל את פליטת גזי החממה בין השנים 2005 ל-2030, מ-71 ל-142 מיליוני טון; כלומר, עלייה של 100% ב-25 שנים. העלייה הצפויה בפליטות גזי חממה לנפש עומדת על כ-40%.

### 3. ישראל בהשוואה למדינות ה-OECD

#### 3.1 מצב קיים

השוואת פליטות הפחמן הדו-חמצני בישראל לעומת המצב במדינות ה-OECD נערכה בשלושה מדדים:

א. פליטות סך כל ה-CO<sub>2</sub> (Total CO<sub>2</sub> emissions), מתוך OECD 2010 Factbook;<sup>7</sup>

ב. פליטות CO<sub>2</sub> לנפש (CO<sub>2</sub> emissions per capita), מתוך נתונים סטטיסטיים של הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה (IEA);<sup>8</sup>

ג. פליטות CO<sub>2</sub> ליחידת תמי"ג (CO<sub>2</sub> emissions per GDP unit), מנתוני ה-IEA.

ההשוואה נערכה לשנים 2007-2000, אשר לגביהן קיימים נתונים עבור מדינות ה-OECD.

#### א. סה"כ פליטות פחמן דו-חמצני

בשנת 2007 הגיעה פליטת CO<sub>2</sub> משריפת דלקים בישראל לכ-64.9 מיליון טון, שהם כ-0.5% מסך כל פליטות ה-CO<sub>2</sub> במדינות ה-OECD. ארה"ב בולטת בתרומתה לפליטות ה-CO<sub>2</sub> עם כ-5.7 מיליארד טון, שהם כ-44% מסך כל הפליטות של מדינות ה-OECD. ארה"ב ויפן יחדיו פולטות למעלה ממחצית (54%) הפחמן הדו-חמצני של כל מדינות ה-OECD. מכאן שלישראל השפעה מזערית, אם בכלל, על פליטת CO<sub>2</sub> לאטמוספירה. עם זאת חשוב להדגיש שישראל מחויבת לאמנות בינלאומיות בנושא זה, והקפדה על הפחתת הפליטות מסייעת לשפר את איכות האוויר בישראל.

<sup>7</sup> OECD Factbook 2010: Economic, Environmental and Social statistics: CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion.

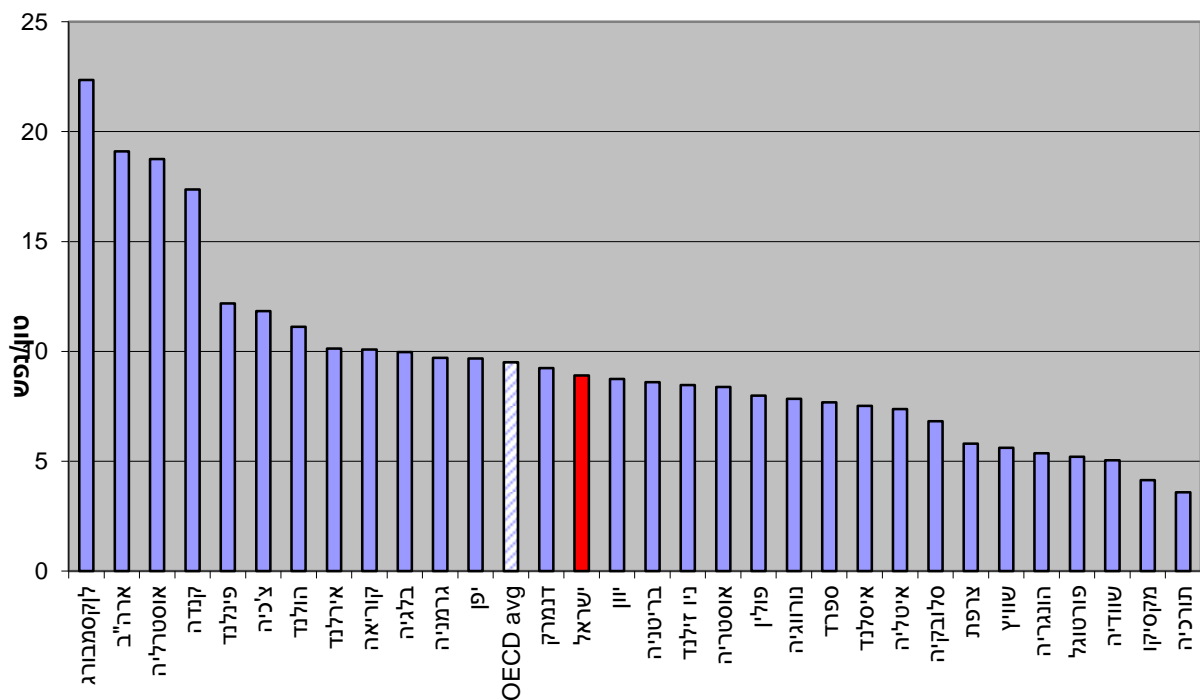
<sup>8</sup> IEA Statistics - CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2009 Edition), IEA, Paris.

**ב. פליטות פחמן דו-חמצני לנפש**

בראש טבלת הפליטות של פחמן דו-חמצני לנפש, עומדת לוקסמבורג עם 22.4 ק"ג לנפש ואחריה ארה"ב, אוסטרליה וקנדה. ממוצע הפליטות של פחמן דו-חמצני לכל מדינות ה-OECD בשנת 2007 עמד על 9.5 ק"ג/נפש. פליטת פחמן דו-חמצני לנפש בישראל עמדה על 8.9 ק"ג לנפש – מעט מתחת לממוצע. בהשוואה למדינות ה-OECD האחרות נמצאת ישראל (עם 7.2 מיליון נפש בשנת 2007) במקום ה-14, בין דנמרק (כ-5.5 מיליון נפש) ליוון (כ-11.2 מיליון נפש).

זוהי תזוזה של שישה מקומות במעלה הסקאלה ביחס למקומה של ישראל בסך כל הפליטות, ומכאן שישראל פולטת פחמן דו-חמצני מעבר לגודלה.

תרשים 5 מציג את הפליטות לנפש בישראל בשנת 2007, בהשוואה למדינות ה-OECD.



תרשים 5 : פליטות פחמן דו-חמצני לנפש בשנת 2007 בישראל ובמדינות ה-OECD

(מקור : IEA)

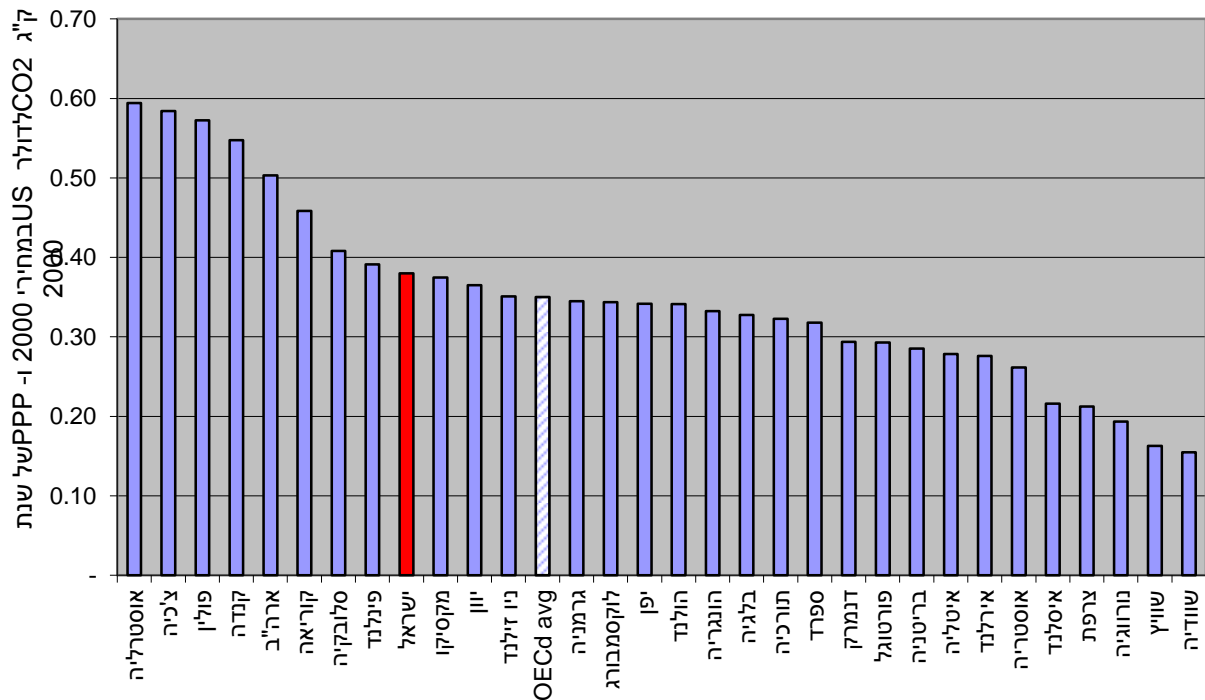
**ג. פליטות פחמן דו-חמצני ליחידת תמ"ג**

בשנת 2007 עמדה פליטת CO<sub>2</sub> ליחידת תמ"ג בישראל על 0.38 ק"ג ל-1,000 דולר (במונחי PPP ומחירי 2000), בדומה לפינלנד ולמקסיקו. ישראל נמצאת מעל לממוצע ה-OECD העומד על 0.35 ק"ג ל-1000 דולר. שוויץ ושוודיה מצויות בקצה הימני, הנמוך, של הטבלה, עם ערכים של 0.15 ו-0.16 ק"ג ל-1000 דולר ואילו אוסטרליה וצ'כיה נמצאות בראש הסקאלה (בצדה השמאלי), עם ערכים של 0.59 ו-0.58 ק"ג/1000 דולר בהתאמה.



ישראל, שכאמור נמצאת במקום ה-19 בדירוג סך הפליטות, נמצאת במקום התשיעי בדירוג הפליטות לתמ"ג. עובדה זו מצביעה לכאורה על הצורך לייעל את אמצעי הייצור בישראל, בעיקר ייצור החשמל, שהוא המקור העיקרי לפליטות, וזאת בעיקר על ידי מעבר לשימוש בגז טבעי.<sup>9</sup>

תרשים 6 מציג את סך פליטות CO<sub>2</sub> ליחידת תמ"ג בישראל ובמדינות ה-OECD לשנת 2007:



תרשים 6: פליטות CO<sub>2</sub> ליחידת תמ"ג בשנת 2007 – ישראל בהשוואה למדינות ה-OECD (מחירים ו-PPP לשנת 2000) (מקור: IEA)

לסיכום, ישראל נמצאת במקומות גבוהים במדד הפליטות לנפש, ואף יותר מכך במדד הפליטות לתמ"ג. על אף הצמיחה הקבועה של ישראל בתמ"ג ואף שתעשייה עתירת ידע מזהמת פחות מתעשייה כבדה, ישראל נמצאת עדיין במקום גבוה יחסית למדינות אירופה המפותחות. הסיבה העיקרית לכך נעוצה באמצעי ייצור החשמל, המבוססים עדיין בעיקר על פחם. הגברת השימוש בגז טבעי והפחתת השימוש בפחם, יובילו להפחתה בפליטות גזי החממה בישראל.

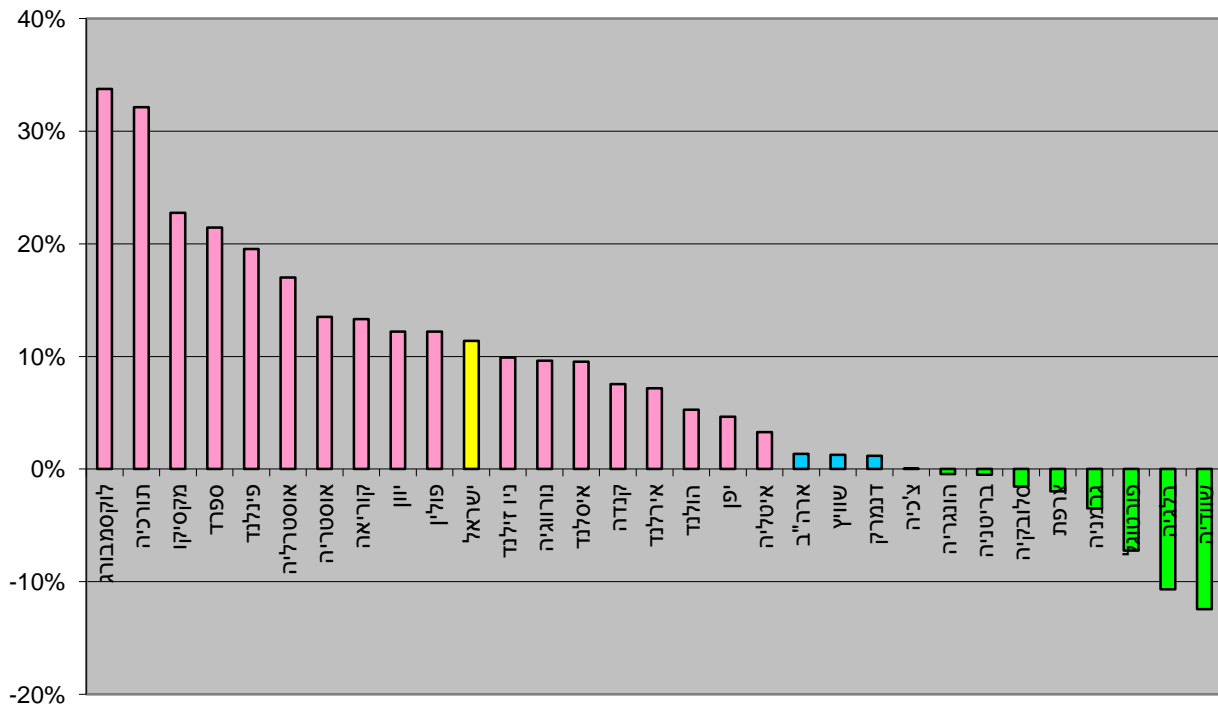
<sup>9</sup> על פי הערכת חבי "אקו אנרגי", שיעור השימוש באנרגיות מתחדשות נמוך מ-1% (חוות דעת ממארכס 2011 שנכתבה במסגרת הפרויקט "תחזית קיימות לישראל 2030", מכון ירושלים לחקר ישראל).

### 3.2 מגמת השינוי בפליטות CO<sub>2</sub> בישראל, בהשוואה למדינות ה-OECD

#### א. מגמות בפליטות פחמן דו-חמצני

בשנים 2007-2000 עלתה פליטת הפחמן הדו-חמצני משריפת דלקים בישראל ב-11.4%. שיעור זה מציב את ישראל במקום ה-11 מבין מדינות ה-OECD. עם זאת, מגמת העלייה בפליטות אלו מאפיינת את מרבית מדינות ה-OECD (ורוד בתרשים 7). מגמות ירידה, או עלייה נמוכה ביותר, ניכרות בעיקר במדינות ה-OECD המערביות ובארה"ב (ירוק וכחול בתרשים 7). יצוין כי בשנת 2008, שאינה נכללת בהשוואה הבינלאומית, ניכרה מגמת ירידה בפליטות CO<sub>2</sub> בישראל.

השוואת מגמות השינוי בפליטות CO<sub>2</sub> בין השנים 2007-2000 בישראל לעומת מדינות ה-OECD מוצגת בתרשים הבא. בטבלאות הבאות מוצגים נתונים מפורטים ומגמות שנתיות של ישראל ושל מדינות OECD נבחרות.



תרשים 7: מגמות בפליטות CO<sub>2</sub> בין השנים 2007-2000 (אחוז השינוי משנת 2000)

(מקור: EIA)

טבלה : פליטות CO<sub>2</sub> בין השנים 2000-2007 והשינוי המצטבר

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	שינוי משנת 2000
תורכיה	200.6	182.4	192.3	202.1	207.2	216.4	239.7	265.0	32.1%
ספרד	283.9	285.4	301.6	309.6	327.4	339.7	332.3	344.7	21.4%
קוריאה	431.3	448.8	456.9	458.6	478.8	469.1	476.5	488.7	13.3%
יוון	87.2	89.6	89.9	93.5	93.3	95.0	94.1	97.8	12.2%
פולין	87.2	89.6	89.9	93.5	93.3	95.0	94.1	97.8	12.2%
ישראל	57.4	58.5	59.8	61.0	61.0	61.3	62.1	63.9	11.4%
איטליה	423.7	426.3	432.7	448.7	450.0	453.8	455.4	437.6	3.3%
בריטניה	525.6	538.9	524.0	535.9	535.6	534.3	535.8	523.0	-0.5%
צרפת	376.7	383.7	375.8	385.3	385.5	388.5	378.3	369.3	-2.0%
גרמניה	827.1	845.4	832.9	842.1	843.4	811.3	823.5	798.4	-3.5%

טבלה : השינוי השנתי בפליטת CO<sub>2</sub> בין השנים 2000-2007

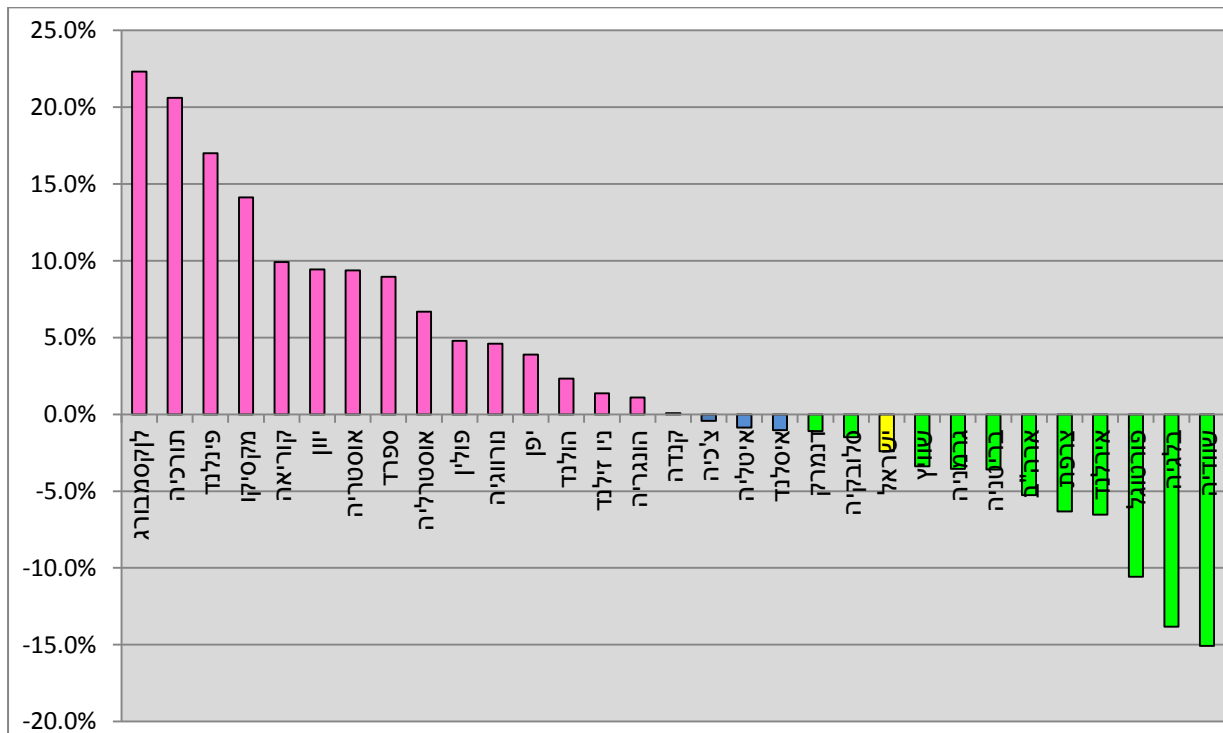
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	שינוי ממוצע
תורכיה	-9.1%	5.4%	5.1%	2.5%	4.4%	10.8%	10.6%	4.3%
ספרד	0.5%	5.7%	2.7%	5.8%	3.7%	-2.2%	3.7%	2.8%
קוריאה	4.1%	1.8%	0.4%	4.4%	-2.0%	1.6%	2.6%	1.8%
יוון	2.7%	0.3%	4.0%	-0.2%	1.9%	-1.0%	4.0%	1.7%
פולין	2.7%	0.3%	4.0%	-0.2%	1.9%	-1.0%	4.0%	1.7%
ישראל	2.0%	2.2%	2.0%	0.0%	0.5%	1.2%	3.0%	1.6%
איטליה	0.6%	1.5%	3.7%	0.3%	0.8%	0.3%	-3.9%	0.5%
בריטניה	2.5%	-2.8%	2.3%	-0.1%	-0.2%	0.3%	-2.4%	-0.1%
צרפת	1.8%	-2.1%	2.5%	0.1%	0.8%	-2.6%	-2.4%	-0.3%
גרמניה	2.2%	-1.5%	1.1%	0.2%	-3.8%	1.5%	-3.0%	-0.5%

בטבלאות שלעיל ניתן לזהות שלוש קבוצות עיקריות של מגמות :

1. **מגמת עלייה עקבית** כמעט לכל אורך השנים ובסה"כ עלייה משמעותית לכל אורך התקופה מאפיינת את תורכיה וספרד.
2. **מגמות משתנות** משנה לשנה ובסך הכול מגמה של **עלייה מתונה** בפליטות מאפיינת מדינות כמו קוריאה, יוון, ישראל ואיטליה.
3. **מגמות משתנות** משנה לשנה ובסך הכול מגמה של **ירידה** בפליטות, מאפיינת מדינות מערביות כמו בריטניה, צרפת וגרמניה.

**ב. מגמות בפליטות פחמן דו-חמצני לנפש**

פליטת הפחמן הדו-חמצני לנפש ירדה בישראל בשנים 2000-2007 בשיעור של כ-2.4%. מגמת ירידה מאפיינת עוד למעלה מ-10 ממדינות ה-OECD, בעיקר המדינות המערביות (מסומנות בצבע ירוק בתרשים 8). מגמת עלייה ניכרת בעיקר במדינות OECD במזרח-אירופה, אם כי גם במדינות מערביות כמו נורווגיה, הולנד ואוסטרייה (מסומנות בצבע ורוד בתרשים 8). בסה"כ מדורגת ישראל במקום ה-22 ברשימה, בסמיכות לשווייץ, גרמניה, דנמרק וסלובקיה. במרבית המדינות (ובכללן ישראל) ניכרת לאורך השנים מגמה מעורבת של הפחתות והגברות בפליטות לנפש. במדינות ספורות, המצויות בראש הטבלה, ניכרת מגמה עקבית של עלייה.



תרשים 8 : מגמות בפליטות CO<sub>2</sub> לנפש בין השנים 2000-2007 (אחוז השינוי משנת 2000)  
(מקור : EIA)