צי כלי רכב חדשים בנמל אשדוד. נסועת כלי רכב היא אחד מן הגורמים העיקריים לפליטת גזי חממה.
יבוא כלי רכב לישראל מביא לפליטות של כ־60,000 טונות פחמן דו־חמצני בממוצע בשנה
| צילום: כפיר פתחי מתוך אתר פיקיויקי

חשבונאות פחמן חוצת גבולות – פליטות גזי חממה כתוצאה מיבוא מוצרים לישראל

דור פרידמן* ומידד קיסינגר

המעבדה לקיימות ומדיניות סביבתית, המחלקה לגאוגרפיה
ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן־גוריון בנגב
* fridmand@post.bgu.ac.il

תקציר

במהלך העשורים האחרונים הולכת ומתבססת ההכרה בצורך לקדם יעדים לאומיים להפחתת פליטות גזי החממה כדי לצמצם את הקצב וההשלכות של תהליכי שינוי האקלים. מדינות העולם אומדות את הפליטות בתחומן ובוחנות אמצעי מדיניות שונים לעמידה ביעדים. עם זאת, יש לזכור כי בעידן הגלובלי, כאשר מסחר בין־לאומי של מוצרים ושירותים הוא חלק משמעותי בפעילות הכלכלית של מדינות רבות, הצריכה בכל מדינה קשורה באופן עקיף לפליטות גזי חממה במדינות אחרות. הבנה זו הולכת ומתבססת במחקר, ופליטות גזי חממה שמקורן בצריכת מוצרים חושבו עבור מדינות רבות בעולם. אומדן פליטות גזי חממה שמקורן בצריכה של מוצרים, יכול לשמש כלי להגברת מודעות צרכנית, וכן כלי עזר לקביעת מדיניות לאומית ובין־לאומית להפחתה ולמסחר בפליטות. אנו מציגים תוצאות מחקר שמביא לראשונה חישוב פליטות גזי חממה מיבוא מוצרים לישראל בשנים 2000–2008. במחקר נמצא כי סך הפליטות מיבוא מוצרים לישראל, ללא פליטות הכרוכות בהובלה, מגדיל את הפליטות המתרחשות בתחומי ישראל בכמחצית, ונמצא במגמת עלייה לאורך תקופת המחקר. פליטות אלה מתרחשות ברחבי העולם, ובעיקר בסין, בארה"ב, בקנדה, ברוסיה ובאירופה.

מילות מפתח: דליפת פחמן · מסחר בין־לאומי · צרכנות וסביבה · שינוי האקלים

חדשים במחקר

רקע

<u>משבר האקלים העולמי ומאמצים להפחתת פליטות גזי חממה</u>

מרכזיותו של שינוי האקלים העולמי כגורם משפיע על האנושות, והשפעת הפעילות האנושית על האקלים העולמי, זוכות להכרה נרחבת בקרב הקהילה המדעית ובין מדינות העולם, ואף זכו להתייחסות בכתב עת זה. למעלה מ־190 מדינות בעולם התגייסו לאחרונה למאמצים הבין־לאומיים לצמצום שינוי האקלים העולמי ולהתמודדות עמו. [11, 24]. עיקר מאמצי ההפחתה של פליטות גזי חממה בא לידי ביטוי בהתחייבויות לאומיות של המדינות החתומות על ההסכם להפחתת פליטות בתחומן.

צריכת מוצרים ושירותים נתפסת כגורם משמעותי להשפעה על הסביבה, ובין היתר, לפליטת גזי חממה אל האטמוספרה [14, 20, 25, 26, 27]. הגידול בנפח המסחר הבין־לאומי מגביר את הנתק המרחבי שקיים בין מוקדי הצריכה של מוצרים ושירותים לבין מוקדי הייצור, ומגביר את התלות של אזור מסוים באזורים נוספים [13]. תחימת מאמצי הפחתת הפליטות באמצעות גבולות בין־לאומיים מתעלמת מאופייה חוצה הגבולות של הפעילות הכלכלית ומֵאופיין הרב־לאומי של שרשרות הייצור והאספקה של מוצרים ושירותים רבים. המונח **"דליפת פחמן"** (carbon leakage) מתאר תהליך של פליטת גזי חממה במדינות שאינן מחויבות ליעדי הפחתה, בעת ייצור מוצרי יצוא עבור מדינות שמחויבות ליעדים הללו [20, 26].

מנגד, חשבונאות פליטות גזי חממה משלימה מנקודת מבט צרכנית את חשבונאות הפחמן הטריטוריאלית הנהוגה כיום. שילובה ככלי לקביעת מדיניות אקלים יכול לסייע בהקצאת יעדי פליטה מיטביים, במימוש של מנגנוני סחר ובהעברת פליטות גזי חממה, ובקידום של שיתופי פעולה בין־לאומיים לשם הגברת האפקטיביות של הסכם פריז. כמו כן, היא מציגה נקודת מבט שונה על האחריות לפליטות גזי חממה, ומאפשרת גיבוש עקרונות של אחריות משותפת בין יצרנים וצרכנים [26]. שורה של מחקרים שנערכו בשני העשורים האחרונים בחנו את מִדְרַך הפחמן (carbon footprint) של מדינות רבות, והדגימו את 'דליפת הפחמן' בין מדינות שונות [19, 20, 26, 27]. בשנים האחרונות בחרו מספר מדינות לאמוד את מדרך הפחמן שלהן כמדד לאומי לצד הפליטות הטריטוריאליות [7, 21]. חשבונאות זו אף משפיעה על בחינת יישומי מדיניות, כגון ניתוח הפליטות הנובעות מאסטרטגיות שונות לשיפור יעילות השימוש בחומרים (resource efficiency) בבריטניה [8], עיצוב מנגנון מסחר בפליטות בין מחוזות בסין [10] ובחינה של חלופות מדיניות המאזנות בין צמיחה כלכלית לבין פליטות גזי חממה עבור הכלכלה האירופית [9].

<u>הפחתת פליטות גזי חממה בישראל</u>

בעת חתימת פרוטוקול קיוטו ובמשך שנים לאחר מכן היה מעמדה של ישראל כשל כלכלה מתפתחת כחלק מאמנת המסגרת של האו"ם בדבר שינוי אקלים. בשנת 2009 בוועידת קופנהגן התחייבה ישראל לראשונה להפחית את פליטות גזי החממה בתחומה, ובאופן רשמי ב־2010 התחייבה ליעד הפחתה של כ־20% ביחס למתווה "עסקים כרגיל" עד לשנת 2020 [6]. לאחרונה הכריזה המדינה על ביטול התכנית להפחתת פליטות גזי חממה, ועל אימוץ יעדים חדשים להפחתת פליטות גזי חממה, שעיקרם הגבלת הפליטות לנפש ל־7.7 טונות בשנה עד שנת 2030 [5].

כחברה בארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (OECD) מציגה מדינת ישראל רמה גבוהה יחסית של הכנסה וצריכה לנפש, אולם כמדינה קטנה שמשאבי הטבע בה דלים, היא מתבססת במקרים רבים על יבוא של חומרי גלם וסחורות. בדומה לשאר מדינות העולם, מדיניות הפחתת הפליטות של ישראל מבוססת על הגישה הטריטוריאלית, ומסירה את האחריות של הצרכנים הישראלים לפליטות המתרחשות ברחבי העולם בעת ייצור והובלה של מוצרי הצריכה לישראל. אתגר כה מורכב ברמה הלאומית

על קצה המזלג

* על פי ההסכמים הבין־לאומיים כל מדינה אחראית רק על פליטות גזי החממה הנעשות בשטחה. בפועל, כל מוצר המיובא לצריכה בישראל משמעו פליטות רבות שבוצעו מחוץ לשטח המדינה בעת הייצור והשינוע.
* חשבונאות פחמן מנקודת מבט צרכנית מאפשרת למדינות לזהות פליטות גזי חממה שמתרחשות במקומות שונים בעולם כתוצאה מיבוא מוצרים ושירותים לתחומן.
* מחקר ייחודי זה ממלא פער ידע חשוב בישראל: כימות פליטות גזי חממה הנעשות מחוץ לגבולות המדינה, לייצור מוצרים המיובאים לישראל.
* יש לפתח מתודולוגיה לאומית מסודרת של חשבונאות פחמן, שתוכל לתרום באופן משמעותי לגיבוש המדיניות הלאומית להפחתת פליטות גזי חממה ולמעקב אחר יישומה.
* כדי להבטיח דיוק ואמינות צריכה חשבונאות הפחמן הלאומית של ישראל להתבסס על הנתונים הזמינים הטובים ביותר, על הגדרות והנחות גמישות, על תהליך של שיפור מתמיד ועל שקיפות.

המערכת

והעולמית תובע מעורבות אזרחית ושינויי התנהגות מ"למטה" (bottom-up) לצד גיבוש ויישום מדיניות בנושא מ"למעלה" (top-down) [3]. במסגרת זו נדרשת הכרה במלוא ההשלכות של הצריכה בישראל, גם ככלי להתוויית מדיניות לשינוי התנהגות צרכנית וגם כאמצעי לגיבוש אסטרטגיית פעולה מיטבית עבור ישראל ועבור המאבק במשבר האקלים העולמי.

חקר מחזור החיים (LCA) המלא של מוצרים ושירותים בישראל מצוי בראשית דרכו, כמו גם מחקר העוסק בהשפעות בין־אזוריות של צריכה בישראל [1, 2]. מאמר זה מציג תוצאות מחקר שאמד לראשונה את פליטות גזי החממה מיבוא של מוצרים לישראל בין השנים 2000–2008.

שיטת מחקר

מדרך הפחמן מציג את פליטות גזי החממה הגלומות בשלבי הייצור והאספקה של מוצרים ושירותים או לחלופין – את הפליטות הנובעות מצריכת מוצרים ושירותים של אדם, עיר או מדינה. ניתן להתייחס למדרך הפחמן של מדינה כסך הפליטות המתרחשות בתחומה, בתוספת הפליטות מיבוא ובניכוי הפליטות מיצוא. חישוב של מדרך הפחמן עבור מדינות ואזורים נעשה לרוב באמצעות שיטת ניתוח תשומה תפוקה רב־אזורי (MRIO) סביבתי [14, 20, 26]. גישה זו אומצה גם במסגרת המחקר הנוכחי במטרה לחשב את הפליטות מיבוא מוצרים לישראל (המחשה של יישום השיטה מובאת בנספח 1, באתר כתב העת). לשם כך נעשה שימוש במספר מקורות נתונים:

א. נתוני יבוא מוצרים לישראל מכל מדינה בעולם, בין השנים 2000–2008 [23].

ב. מסד נתוני תפוקה תשומה עולמי (World Input Output Database – WIOD) ברמת פירוט של 40 מדינות ושאר העולם ו־35 ענפי תעשייה עבור השנים 2000–2008 [22]. מסד הנתונים נגיש להורדה ללא עלות ב־www.wiod.org.

ג. מקדמי המרה רב־לאומיים מיחידות תפוקה כלכלית לפליטות גזי החממה הנכללים במסד הנתונים WIOD: פחמן דו־חמצני (CO_2), מתאן (CH_4) ותחמוצות חנקן (N_2O) [22].

ד. פליטות טריטוריאליות של גזי חממה בישראל בין השנים 2000–2008 [4].

<u>חישוב פליטות גזי חממה מיבוא מוצרים לישראל</u>

ניתוח תשומה תפוקה רב־אזורי סביבתי הוא פיתוח של עבודתו של הכלכלן Wassily Leontief משנות ה־30 של המאה הקודמת [12, 15, 16]. אחד מיתרונותיה הבולטים של השיטה על פני שיטות ביו־פיזיות לאמידת קיימות (כמו ניתוח מחזור חיים או ניתוח זרימת חומרים) בא לידי ביטוי בזמינות גבוהה יחסית של נתונים כלכליים לאומיים, המתועדים בהתאם לכללים עולמיים של המערכת לחשבונות לאומיים (System of National Accounts - SNA) של האו"ם. עם זאת, סינתזה של נתונים ממקורות לאומיים שונים ומִשָּׁנִים שונות מגבירה את האי־ודאות בתוצאות בשל פערים ברמת הפירוט הענפית בין מדינות לנוכח אופני הטיפול

השונים במתחי מס, בשיווק ובהובלה, ובשל המרה בין מטבעות והצורך להכניס את האינפלציה לחישובים. אף על פי כן, השימוש בניתוח תשומה תפוקה רב־אזורי סביבתי נעשה נפוץ בזכות יכולתו לייצג את הכלכלה העולמית ולבחון השפעות סביבתיות שונות של צריכת מוצרים ושירותים לאורך שרשרות הייצור העולמיות [14, 16, 18, 26].

המחקר הנוכחי אומד את הפליטות שמקורן ביבוא מוצרים לישראל עבור שנה נתונה לפי המשוואה הבאה:

$EM = \hat{e} \times (I - C)^{-1} \times \widehat{im}$. הסבר נרחב והמחשה של ניתוח תשומה־תפוקה רב־אזורי נמצא בנספח 2, באתר כתב העת.

מסד הנתונים כולל 40 מדינות ואזור שאר העולם, ובכל אזור נמדדים 35 ענפי כלכלה. בסך הכול 1,435 צירופים של אזור וענף כלכלי. המטריצה EM (בגודל 1,435x1,435) מציגה את הפליטות מיבוא מוצרים לישראל לפי הענף ומדינת היבוא (עמודות) או לפי הענף והמדינה הפולטים (שורות).

מקדמי ההמרה בין תפוקה כלכלית לפליטות גזי חממה עבור כל ענף כלכלי בכל מדינה מיוצגים על־ידי מטריצת האלכסון $\hat{e}$. במחקר נכללו פליטות גזי החממה העיקריים: פחמן דו־חמצני, מתאן ותחמוצות חנקן, והם מיוצגים באמצעות שווה ערך פחמן דו־חמצני (CO_2-e), לפי ה־IPCC לפוטנציאל התחממות עולמית של 100 שנים. 1 Kg CO_2 / Kg CO_2-e; 310 Kg N_2O / Kg CO_2-e; 21 Kg CH_4 / Kg CO_2-e. מקדמי המרה אלה מוסיפים אי־ודאות לאומדן פליטות גזי החממה, משום שהם אינם מבדילים בין מוצרים שונים בענף נתון, למשל: פחם מול יהלומים בענף הכרייה והחציבה, אלא מבטאים עצימות פליטות ליחידה כספית ממוצעת בענף ובמדינה מסוימים.

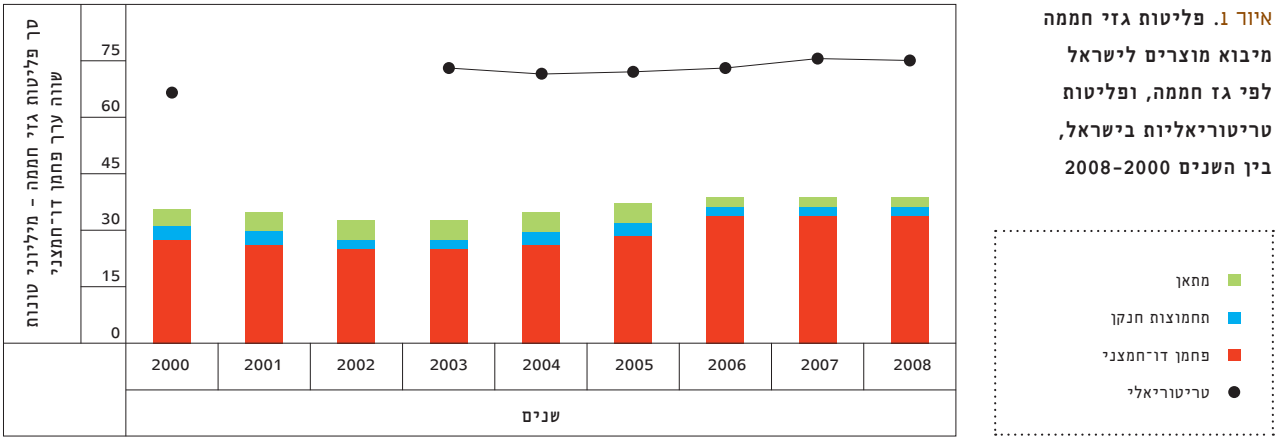
$(I - C)^{-1}$ היא מטריצת "ההופכי של לאונטייף" (Leontief Inverse; 1,435x1,435), וכל תא בה מציג פליטות המתרחשות בענף כלכלי ובמדינה מסוימים (שורה) כתוצאה מתפוקה כלכלית בענף ובמדינה נוספים (עמודה). לבסוף, $\widehat{im}$ היא מטריצה אלכסונית הכוללת את וקטור היבוא של מוצרים לישראל לפי ענף ומדינה (n=1,435). הצבת היבוא לישראל במשתנה אקסוגני במודל מאפשרת לחשב את הפליטות הכרוכות ביבוא מוצרים לישראל "בנקודת המכר" של המדינה המייצאת. לפיכך, חישוב זה אינו כולל את הפליטות הכרוכות בהובלת הסחורה לישראל.

בעת הכנת וקטור היבוא לישראל סווגו מחדש נתוני המסחר של האו"ם לפי הסיווג האירופי לענפי תעשייה, וקובצו בהתאם לרמת הפירוט הנדרשת במסד הנתונים WIOD.

יבוא של יהלומים במצבם הגולמי או המעובד הושמט מווקטור היבוא. ערכם הכספי הגבוה ביחס ליחידת משקל עלול להביא לכך שיבוא יהלומים מענף כרייה וחציבה יגרום להערכת יתר של פליטות גזי החממה מיבוא.

תוצאות

המחקר מצא מגמת עלייה בפליטות גזי החממה הגלומות ביבוא מוצרים לישראל לאורך תקופת המחקר 2000–2008. איור 1 מציג שינוי זה לצד העלייה בפליטות הטריטוריאליות. בממוצע שנתי מוסיפות פליטות גזי החממה מיבוא מוצרים לישראל עוד כ־53% לפליטות הטריטוריאליות של ישראל. בשנת 2000 עמדו הפליטות הטריטוריאליות והפליטות מיבוא מוצרים לישראל על כ־67 ו־36 מיליון טונות שווה ערך פחמן דו־חמצני, בהתאמה. לאורך תקופת המחקר חל גידול חד יותר בפליטות מיבוא, שעמדו ב־2008 על 45 מיליון טונות שווה ערך פחמן דו־חמצני, והיוו כ־60% נוספים על הפליטות הטריטוריאליות של ישראל (75 מיליון טונות שווה ערך פחמן דו־חמצני). בין השנים 2000 ל־2008 נצפתה ירידה שולית בפליטות הטריטוריאליות לנפש בישראל, מ־10.5 ל־10.1 טונות שווה ערך פחמן דו־חמצני לנפש בממוצע (ירידה של כ־3%). לעומתן, פליטות גזי החממה לנפש מיבוא של מוצרים לישראל הציגו מגמת עלייה משנת 2004 ואילך, ועמדו בשנת 2008 על 6 טונות שווה ערך פחמן דו־חמצני



איור 1. פליטות גזי חממה מיבוא מוצרים לישראל לפי גז חממה, ופליטות טריטוריאליות בישראל, בין השנים 2000–2008

לנפש, עלייה של כ־8% לעומת שנת 2000.

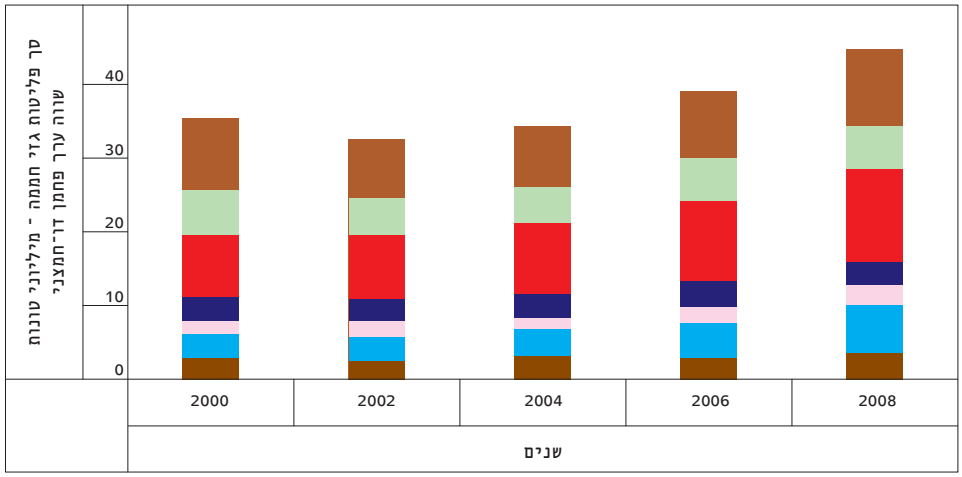
לאורך תקופת המחקר נגרמו פליטות גזי חממה בעיקר מיבוא מענפי מוצרי הזיקוק, הכימיקלים והפלסטיק, מענף מתכות ומינרלים אל־מתכתיים אחרים ומענף חומרי כרייה וחציבה. הפליטות עמדו בממוצע על 10, 5.6, ו־4 מיליון טונות שווה ערך פחמן דו־חמצני לשנה, בהתאמה, והיוו יחד כ־53% מסך הפליטות הגלומות ביבוא (איור 2). יבוא ממספר ענפי ייצור קובץ יחדיו לקבוצת 'ייצור אחר', ובממוצע עמדו הפליטות מכלל הענפים הללו על 9 מיליון טונות שווה ערך פחמן דו־חמצני לשנה (כ־25%). במסגרת קבוצה זו בלט במיוחד יבוא של מכונות, ציוד ומכשירי חשמל לתעשייה ולמשקי בית ומחשבים וציוד משרדי, ויבוא של ציוד חשמלי, אופטי ורפואי. עלייה בפליטות נצפית בעיקר עבור יבוא מענפי הזיקוק הכימיקלים והפלסטיק, ענף הכרייה והחציבה ומענף החקלאות הייעור והדיג. יבוא מענפי ייצור שונים יכול לשמש לצריכה של משקי הבית (למשל: כלי רכב פרטי או מוצרי חשמל ביתי) או לחלופין לשמש חומר גלם לתעשייה מקומית שמייצרת מוצרי צריכה לשוק המקומי וכן מוצרי צריכה וחומרי גלם ליצוא.

אחת מן התמורות המרכזיות בפליטות גזי החממה מיבוא מוצרים לישראל נצפתה בפילוח הפליטות לפי האזורים שהתרחשו בהם (איור 3). בין השנים 2000 ל־2008 חל גידול ניכר בפליטות שהתרחשו בסין, ולעומת זאת נצפו ירידות בקנדה, בארה"ב ובאיחוד האירופי. בממוצע שנתי נפלטו כ־67% מהפליטות מיבוא מוצרים לישראל ב־39 מדינות, ובראשן סין (18.6%), האיחוד האירופי (17.5%), קנדה וארה"ב (12%) ורוסיה (9%). כאמור, בין שנת 2000 לשנת 2008 חל גידול של 93% בפליטות בסין הנובעות מיבוא מוצרים לישראל. לעומת זאת, באותן השנים חלו ירידות בפליטות שהתרחשו בארה"ב ובקנדה (35%־) ובאיחוד האירופי (39%־). אם כן, סין הפכה להיות מוקד הפליטה העיקרי במסגרת אספקת מוצרי יבוא לישראל, ובשנת 2008 עמדו הפליטות בסין על 11 מיליון טונות שווה ערך פחמן דו־חמצני, קרוב לרבע מסך הפליטות מיבוא לישראל באותה השנה.

דיון ומסקנות

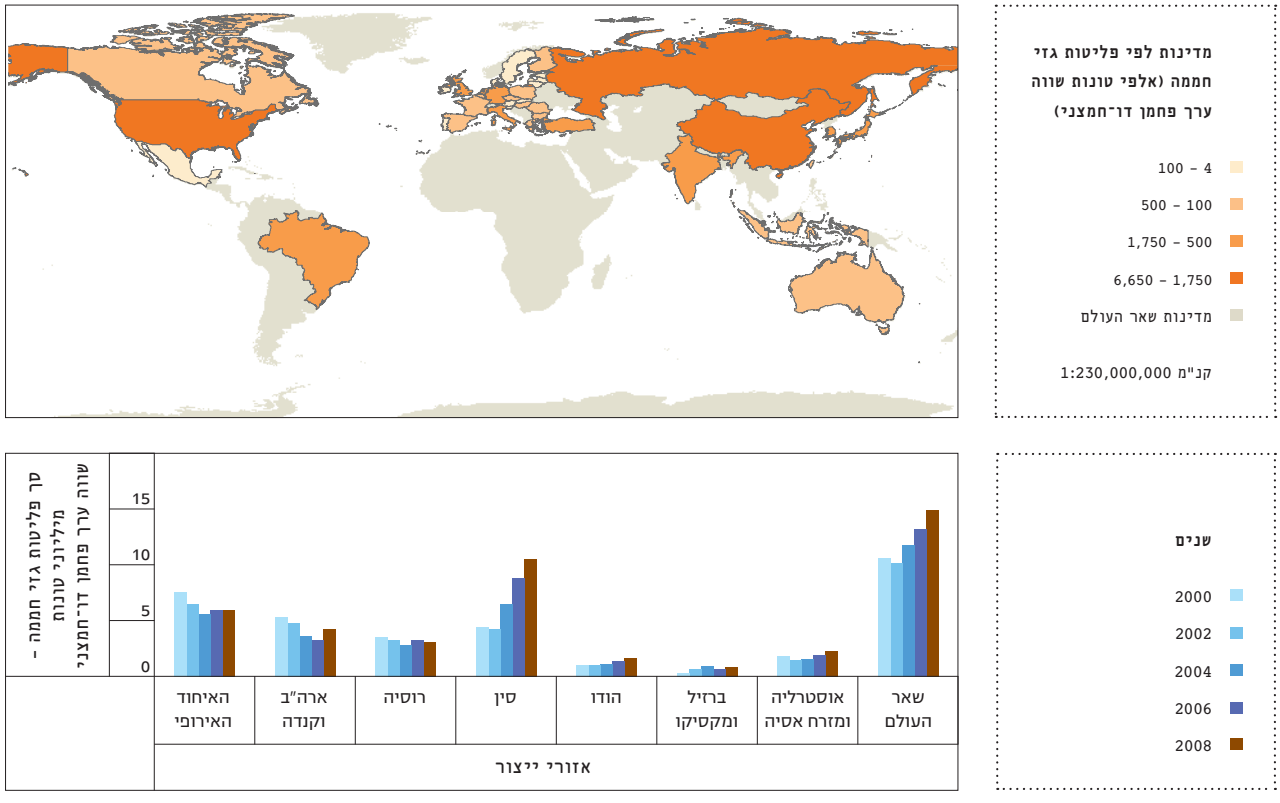
אנו חיים בעולם גלובלי ומקושר, שמסחר בין־לאומי הוא אמצעי משמעותי בו לאספקת הביקוש של מוצרים ושירותים. עם זאת, אין הלימה בין הגישה הטריטוריאלית הנהוגה כיום לחשבונאות פליטות גזי החממה, לבין המבנה הרב־לאומי של מערכות הייצור, האספקה והצריכה העולמיות. על כן, האפקטיביות של מדיניות ההפחתה הקיימת עשויה להיפגע בשל קביעת יעדי הפחתה לאומיים שאינם מיטביים בראייה עולמית, ובמטרה לאפשר פיתוח כלכלי עבור כלכלות מתפתחות ומפיעות. חשבונאות פחמן מנקודת מבט צרכנית משלימה את החשבונאות הטריטוריאלית הנהוגה כיום בעולם. שילוב הגישות וקביעת יעדי הפחתה המבוססים על אחריות משותפת (של צרכנים ויצרנים), צפוי לסייע בהפחתה של דליפת פחמן תוך מניעת ספירה כפולה [26,17]. זאת ועוד, חשבונאות פחמן מנקודת מבט צרכנית יכולה לשמש כלי להגברת מודעות ולקידום של צריכה "דלת פחמן" וכן כלי לקידום שיתופי פעולה כלכליים וטכנולוגיים במסגרת המאמצים הלאומיים והעולמיים להפחתת הפליטות.

תוצאות המחקר מציגות תמונה מהימנה יותר של ה"עלות" במונחי פליטות גזי חממה של רמת המחיה ושל הצריכה של תושבי ישראל, באמצעות התייחסות לפליטות גזי החממה שמקורן ביבוא מוצרים לישראל. השוואה בין־לאומית של שיעור הפליטות מיבוא ביחס לפליטות הטריטוריאליות, כפי שמוצג במאמר זה, מציבה את ישראל במקום גבוה לצדן של מדינות עתירות מסחר, כמו הולנד, בלגיה, שוודיה ודנמרק [19]. בדומה לממצאים שהוצגו בספרות עבור כלכלות מפותחות אחרות [20], תופעה של דליפת



איור 2. פליטות גזי חממה כתוצאה מיבוא מוצרים לישראל, לפי ענף היבוא

איור 3. פליטות גזי חממה כתוצאה מיבוא מוצרים לישראל, לפי אזור הפליטה והשינוי בפליטות על פני זמן



פחמן מישראל למדינות אחרות, ובראשן סין, נצפית לאורך השנים, כך שירידה בפליטות הטריטוריאליות בישראל מלווה בעלייה חדה בפליטות שמקורן ביבוא. חרף התחייבויותיה של ישראל להפחית כ־30% בפליטות לנפש ביחס למתווה עסקים כרגיל, המשך של מגמה זו לאורך זמן איננו רצוי, ויביא לפגיעה במאמצים העולמיים להפחתה של פליטות גזי חממה.

מחקר זה מציג לראשונה את התוספות המשמעותית של יבוא מוצרים לפליטות גזי החממה בישראל, אולם חישוב של מדרך הפחמן עבור ישראל מצריך מחקר נוסף, ובכלל זה הערכה של פליטות גזי חממה בישראל לפי ענפי הייצור השונים, ומיזוג והתאמה של לוחות התשומה־תפוקה של ישראל אל אחד מהמודלים העולמיים הזמינים כיום. אם כן, ברור שמדרך הפחמן של ישראל נמוך ביחס לתוצאות המוצגות במחקר, אולם בהיעדר נתונים על אודות פליטות גזי חממה לפי ענף כלכלי, יש להסתפק בפליטות הגלומות ביבוא. אף על פי כן, ניתן להעריך על סמך מחקרים שנערכו במדינות דומות [20] כי הפחתת הפליטות הגלומות ביצוא לא תשנה את התמונה הכוללת באופן ניכר. זאת ועוד, תוצאות המחקר יכולות לתרום באופן מידי למחקרי ניתוח מחזור חיים של מוצרים שונים בישראל באמצעות גישה המשלבת ניתוח מחזור חיים וניתוח תשומה תפוקה [18,26].

אימוץ נקודת מבט צרכנית עבור חשבונאות גזי החממה של מדינות, ובכלל זה של ישראל, יכול לשמש מפת דרכים לקביעת מדיניות לאומית להפחתה של פליטות גזי חממה. חשבונאות כזו מאפשרת קביעת מחיר אחיד למסחר עולמי בפליטות, מיפוי של מוקדי פליטה מרכזיים, ויכולה לשמש כלי עזר לביצוע של השקעות "ירוקות", לשיתופי פעולה ולהעברת טכנולוגיות במסגרת הסכם פריז [26]. למשל: עלייה בפליטות בסין שמקורן ביבוא מוצרים לישראל יוצרת הזדמנות לשיתוף פעולה טכנולוגי בין המדינות, ובהתאם להסכם פריז ניתן לזקוף חלק ממאמצי ההפחתה לזכות ישראל.

חדשים המחקר

מקורות

[1] בלאס ו. 2012. אקולוגיה תעשייתית – התפתחות התחום ויישומים רלוונטיים. אקולוגיה וסביבה **3**(4): 298–300.

[2] דיקלר ש וקיסינגר מ. 2015. בין המקומי לעולמי – חשבונאות סביבתית של מערכת אספקת הבשר הישראלית. אקולוגיה וסביבה **6**(4): 294–301.

[3] חנין ד, נתניהו ס, מישורי ד ואחרים. 2015. הסכם פריז להפחתת פליטות

גזי החממה – אתגרי ניהול משאב משותף השייך לכלל האנושות. אקולוגיה וסביבה **6**(4): 329–338.

[4] הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2000–2008. פליטות של גזי חממה, לפי מקור. שנתון סטטיסטי לישראל, לוח 27.7.

[5] ממשלת ישראל. 2015. החלטה מספר 542 מיום 20.09.2015. הפחתת פליטות גזי חממה וייעול צריכת האנרגיה במשק. www.pmo.gov.il/Secretary/GovDecisions/2015/Pages/dec542.aspx. נצפה ב־1 בדצמבר 2015.

[6] משרד האוצר. 2011. תכנית פעולה לאומית להפחתת פליטות גזי חממה. דו"ח סופי של ועדת ההיגוי בראשות מנכ"ל משרד האוצר, מר חיים שני. יוני 2011, ירושלים: ישראל.

[7] Barrett J, Peters G, Wiedmann T, et al. 2013. Consumption-based GHG emission accounting: A UK case study. *Climate Policy* **13**(4): 451–470.

[8] Barrett J and Scott K. 2012. Links between climate change mitigation and resource efficiency: A UK case study. *Global Environmental Change* **22**(1): 299–307.

[9] Cortés-Borda D, Ruiz-Hernández A, Guillén-Gosálbez G, et al. 2015. Identifying strategies for mitigating the global warming impact of the EU-25 economy using a multi-objective input-output approach. *Energy Policy* **77**: 21–30.

[10] Feng K, Davis SJ, Sun L, et al. 2013. Outsourcing CO2 within China. *PNAS* **110**(28): 11645–11659.

[11] IPCC. 2014. Summary for policymakers. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, et al. (Eds). Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

[12] Isard W. 1951. Interregional and regional input-output analysis: A model of space-economy. *The Review of Economics and Statistics* **33**(4): 318–328.

[13] Kissinger M and Rees WE. 2010. An interregional ecological approach for modelling sustainability in a globalizing world - Reviewing existing approaches and emerging directions. *Ecological Modelling* **221**(21): 2615–2623.

[14] Lenzen M, Pade LN, and Munksgaard J. 2004. CO2 multipliers in multi-region input-output models. *Economic System Research* **16**(4): 391–412.

[15] Leontief W. 1970. Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach. *The Review of Economics and Statistics* **52**(3): 262–271.

[16] Miller RE and Blair PD. 2009. Input-output analysis: Foundations and extensions, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.

[17] Peters GP. 2008. From production-based to consumption-based national emission inventories. *Ecological Economics* **65**(1): 13–23.

[18] Peters GP. 2010. Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **2**(4): 242–250.

[19] Peters GP and Hertwich EG. 2008. CO2 Embodied in international trade with implications for global climate policy. *Environmental Science and Technology* **42**(5): 1401–1407.

[20] Peters GP, Minx JC, Weber CL, and Edenofer O. 2011. Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *PNAS* **108**(21): 8903–8908.

[21] Statistics Netherlands. 2012. Environmental accounts of the Netherlands: Towards a MRIO based national accounts consistent carbon footprint. Chapter 9. www.cbs.nl/NR/rdonlyres/090445AD-E1CB-4147-A404-0C36F02DF112/0/2013c174pub.pdf. Viewed 16 Mar 2014.

[22] Timmer M P, Dietzenbacher E, Los B, et al. 2015. An illustrated user guide to the world input-output database: The case of global automotive production. *Review of International Economics* **23**(3): 575–605.

[23] United Nations. 2015. UN comtrade database. New York: United Nations. www.comtrade.un.org.

[24] United Nations Framework Convention on Climate Change. 2015. Adoption of the Paris agreement. Draft decision -/CP. 21. www.unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf. Viewed 14 Dec 2015.

[25] Weinzettel J, Hertwich EG, Peters GP, et al. 2013. Affluence drives the global displacement of land use. *Global Environmental Change* **23**(2): 433–438.

[26] Wiedmann T. 2009. A Review of recent multi-region input-output models uses for consumption–based emission and resource accounting. *Ecological Economics* **69**(2): 211–222.

[27] Wyckoff AW and Roop JM. 1994. The embodiment of carbon in imports of manufactured products: Implications for international agreements on greenhouse gas emissions. *Energy Policy* **22**(3): 187–194.

עיר תעשייתית באסיה (יוקאיצ'י, יפן). יבוא מוצרי תעשייה אל ישראל הוא חלק מרכזי בפליטות גזי חממה הגלומות ביבוא | צילום: Tasuku Soma, פליקר CC BY 2.0