

ניתוח כלכלי של חלופות מדיניות להפחתת פליטות גזי חממה במשק האנרגיה הישראלי

מאמר מעובד מתוך: פלטיק ר. ר., דוידוביץ' א., Krey V וזוסמן נ. (2022). [ניתוח כלכלי של חלופות מדיניות להפחתת פליטות גזי חממה במשק האנרגיה בישראל](#). אקולוגיה וסביבה 13(3): 50-56.

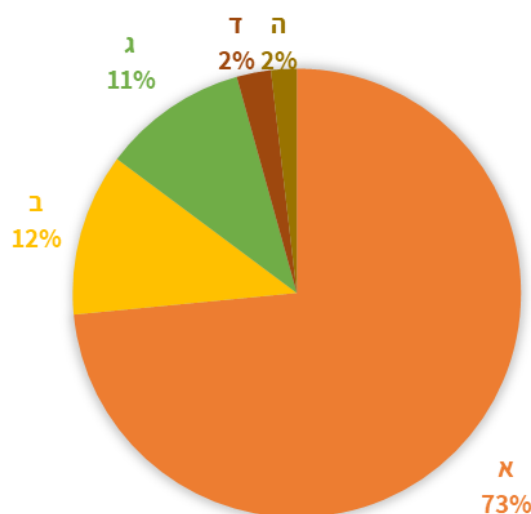
תקציר

הפחתת השימוש בפחמן כמקור אנרגיה היא יעד גלובלי ולאומי, אך לפני יישום יעד זה יש לבחון מהן ההשפעות של מהלך כזה על הצמיחה הכלכלית. כיום כ-80% מפליטות גזי החממה¹ נגרמות מייצור חשמל ומשימוש בתחבורה ובתעשייה. במחקר זה נבחנו ונותחו חלופות מדיניות עיקריות להפחתת פליטות גזי חממה בראייה ארוכת-טווח, באמצעות מודל חדשני לניתוח עלות-תועלת של החלופות השונות במשק האנרגיה הישראלי. התוצאות מראות כי על-ידי אימוץ מדיניות משולבת ניתן להפחית את פליטות גזי החממה ממשק האנרגיה עד שנת 2050 בכ-60% עד 90% ביחס לשנת 2015, כמעט מבלי להשפיע על צמיחת התוצר המקומי הגולמי (התמ"ג). תהליך הפחתת פליטות הפחמן של המשק הישראלי צפוי להתבסס על הגדלת היקף חשמול התחבורה והתעשייה ועל הפקת חשמל ממשאבי אנרגיה מתחדשים (בעיקר אנרגיית השמש). תוצאות המחקר מספקות תובנות חשובות ומשמעותיות לתכנון מדיניות אנרגיה נקייה שתאפשר טיפוח וקידום של יעדי צמיחה בת-קיימא² תוך הפחתת פליטות פחמן.

¹ **גזי חממה** הם חומרים במצב צבירה גז, הנמצאים באטמוספירה ובולעים או מחזירים קרינה תת-אדומה הנפלטת מכדור הארץ, ובכך תורמים לאפקט החממה, כלומר, לשמירה על החום על פני כדור הארץ. לגזי החממה תפקיד חשוב בוויסות האקלים - אם לא היו בכדור הארץ גזי חממה כלל, הטמפרטורה על פני כדור הארץ הייתה כ-18 מעלות צלזיוס מתחת לאפס, במקום הטמפרטורה הממוצעת של כ-15 מעלות צלזיוס כיום. אולם, כמות גדולה של גזי חממה גורמת להתחממות יתר של כדור הארץ אשר משפיעה על החיים על פני הכדור.

גזי החממה המשמעותיים ביותר הם: אדי מים, פחמן דו-חמצני, מתאן, חמצן דו-חנקני, אוזון ופריאונים.

² **צמיחה בת-קיימא** הינה מערכת כלכלית המאפשרת צמיחה כלכלית תוך גידול בתוצר מקומי גולמי (תמ"ג) במסגרת חברה המתקיימת על פני שנים רבות ומאפשרת קיום של חברה כזו. מערכת כלכלית כזו מאפשרת צמיחה כלכלית תוך שמירה על משאבי הטבע.



השלימו את הטבלה בהסתמך על שני האיורים, והוסיפו הצעות לדרכים בהן ניתן לצמצם את פליטות גזי החממה כתוצאה מהמרכיבים השונים של מגזר התחבורה

שם המרכיב	כמות הפליטות היחסית	הצעה לצמצום הפליטות
תחבורה יבשתית		
טיסות		
תחבורה ימית		
רכבות		
צינורות		

2. **מדיניות ציבורית** היא כלל ההחלטות והפעולות שרשויות השלטון נוקטות בהן. זהו תהליך דינמי ומורכב של קבלת החלטות הקובע קווי פעולה עתידיים לרווחת הציבור (ויקיפדיה). גם גופים וארגונים כמו רשויות מקומיות, חברות עסקיות, מפעלים ואפילו מוסדות חינוכיים יכולים לגבש החלטות מדיניות בתחומים שונים כולל מדיניות סביבתית.
- א. ציינו דוגמה למדיניות סביבתית.
- ב. הציעו שתי חלופות למדיניות בנושא בעל השלכות סביבתיות לבחירתכם, למשל, מדיניות למיסוי רכב "ירוק", או מיסוי כלי פלסטיק חד פעמיים.
- ג. מדוע חשוב לערוך ניתוח כלכלי לחלופות השונות?

פעילות הרחבה - אנרגיה מתחדשת

חלק א' - לומדים יחד - מהי אנרגיה מתחדשת?

צפו בסרטון [אנרגיה מתחדשת - נשיונל ג'אוגרפיק](#) (ניתן להוסיף כתוביות בתרגום אוטומטי לאחר הוספת תרגום לאנגלית) וענו:

מהי אנרגיה מתחדשת ומה חשיבותה?

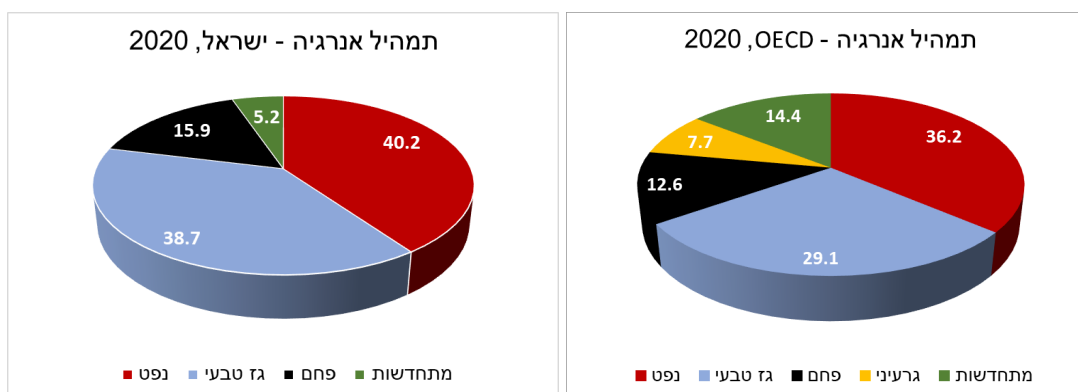
חלק ב' - אלו סוגי אנרגיה מתחדשת קיימים?

התחלקו לשש קבוצות. על כל קבוצה לבחור אחד מסוגי האנרגיה ולמלא שורה אחת בטבלה המסכמת את המאפיינים של סוגי מקורות האנרגיה המתחדשים.

היעזרו במקורות מידע נוספים, כגון [ויקיפדיה](#) ו**מכון דוידסון**.

סוג האנרגיה	מקור האנרגיה	אופן הפקת האנרגיה	יתרונות	חסרונות
שמש				
הידרואלקטרית				
ביו-דלק				
גיא-ותרמית				
רוח				
גלים				

3. **תמהיל אנרגיה** הינו שילוב של מקורות האנרגיה וההרכב היחסי של כל מקור אנרגיה מסך האנרגיה. לפניכם תרשימים המייצגים את תמהיל האנרגיה המופקת בישראל ובמדינות ה-OECD לשנת 2020 (מתוך: [משק האנרגיה בישראל 2020](#), דו"ח של משרד הכלכלה ומשרד האנרגיה).



- אלו מסוגי האנרגיה המופיעים בתרשימים מופקים בתהליכים שאינם פולטים גזי חממה?
- תארו שלוש מגמות אשר עולות מן ההשוואה בין תמהיל האנרגיה במדינות ה-OECD ובין לתמהיל האנרגיה בישראל.
- בעקבות הסכמי פריז הוגדר יעד של 10% אנרגיה ממקורות מתחדשים עד לשנת 2020. על פי תרשים תמהיל האנרגיה, האם היעד הושג?
- הציעו צעדים אשר עשויים לסייע בהשגת יעד זה.

4. **תוצר מקומי גולמי (תמ"ג)** הינו מדד המצביע על הערך הכספי הכולל של המוצרים והשירותים שיוצרו בשטח טריטוריאלי מסוים (לרוב מדובר במדינה) במהלך תקופה נתונה. הסבירו מה החשיבות במדידת התמ"ג בהקשר של שינויים במשק האנרגיה.

מבוא

משק האנרגיה בישראל נמצא בצומת דרכים. פחם ונפט, שהיו בעבר מקורות האנרגיה העיקריים לייצור חשמל, נמצאים בתהליך של החלפה על-ידי גז מחצבים (המכונה גז טבעי) ואנרגיה ממקורות מתחדשים. נוסף על כך, משקי התעשייה והתחבורה עוברים תהליך של מעבר לגז מחצבים (גז המורכב בעיקר ממתאן, ונוצר מתהליכי התפרקות של יצורים אורגניים ימיים) וחשמול. מדינת ישראל הצליחה להפוך ממדינה דלת משאבי אנרגיה למדינה בעלת יכולת אנרגיה עצמאית בזכות התגליות המשמעותיות של גז מחצבים בעשור האחרון, והוא צפוי להוות מקור אנרגיה למשך 30 השנים הבאות לפחות. כיום אספקת גז המחצבים המקומי והיצוא שלו תורמים בצורה חיונית למאזן הסחר של המדינה.

מדיניות מעבר מתייחסת לשינויים במשק האנרגיה בתקופת המעבר לאנרגיה מתחדשת וצמצום פליטות הפחמן לפי יעדי הפחתת פליטות שהגדירה ישראל. מדיניות מעבר מתוכננת היטב צריכה להתחשב במאפיינים של משק האנרגיה ולכלול את ההיצע ואת הביקוש לאנרגיה. השינויים במשק האנרגיה מאפשרים הזדמנויות יוצאות דופן לקובעי המדיניות לבניית צמיחה בת-קיימא.

במחקר זה נבחנו ההשפעות הכלכליות של מספר חלופות להפחתת פליטת גזי החממה בישראל. המחקר מציע מודל ייחודי המספק כלי שימושי כמותי לצורך תמיכה בתהליך קבלת ההחלטות לגבי היעדים להפחתת פליטות גזי חממה שמקורן במשק האנרגיה. עמידה ביעדי הפחתת הפליטות חשובה למדינת ישראל מבחינה מדינית בנוסף כמוזן להשפעה על זיהום האוויר.

מס פחמן הוא מס שנגבה על פליטת פחמן דו-חמצני בעת שימוש בדלק מחצבים. המס מאפשר להגדיל את הכנסות המדינה, ומספק תמריץ ליצרני האנרגיה ולצרכנים לעבור לחלופות אנרגיה אחרות ולצמצם את הפליטות המזהמות. עם זאת, הסיבה העיקרית שמונעת ממדינות להטיל מס פחמן היא החשש מפגיעה בצמיחה.

אנרגיה נדרשת לתהליכי ייצור, ונצרכת בצורות שונות על-ידי ענפים שונים ומשקי הבית. מסיבות אלה כל שינוי במשק האנרגיה יכול להשפיע באופן משמעותי על הכלכלה בכללותה. האתגר בבניית מודל עבור משק האנרגיה הוא לייצג בצורה מהימנה ומפורטת את כלל השפעות הגומלין של משק האנרגיה. למשל, הטלת מיסים עשויה לגרום לעליית מחיר החשמל שעשויה להוביל לצמצום צריכת החשמל במשקי הבית. דוגמה נוספת: סבסוד של התקנת לוחות סולאריים עשוי להוביל לשימוש נרחב יותר בלוחות סולאריים ובכך להגדיל את הפקת האנרגיה ממקורות מתחדשים ולצמצום הפקת אנרגיה ממקורות מאובנים.

במחקר זה בוצע שימוש במודל MESSAGEix_IL-Macro. המודל החדשני כולל ייצוג נרחב ומפורט של משק האנרגיה בישראל תוך התחשבות בהשפעה על הכלכלה במובן הלאומי (מקרו-כלכלה) ובדרישות האנרגיה בכלל המשק.

שאלות

5. מס פחמן

אחד הגורמים העשויים להשפיע על יצרני האנרגיה ועל פליטות הפחמן הינו מס פחמן. מס פחמן הינו מס המוטל על ייבוא ושיווק של דלק בהתאם לתכולת הפחמן של הדלק או הפליטות שנגרמות משריפתו (מתוך: [נתונים על תמחור פחמן במדינות ה-OECD וה-G20 לפי ענפי משק](#)). צפו [בסרטון המסביר על מס הפחמן](#) (ניתן להוסיף כתוביות בתרגום אוטומטי לאחר הוספת תרגום לאנגלית), וענו:

א. מהו תמריץ וכיצד הטלת מס פחמן יכולה לשמש כתמריץ למעבר לאנרגיה ממקורות מתחדשים וצמצום פליטות המזהמים?

ב. אלו יתרונות נוספים יש להטלת מס פחמן?

ג. מה הסכנה בהטלת מס פחמן גבוה, וכיצד ניתן לצמצם אותה?

ד. האם, לדעתכם, מדינת ישראל צריכה להטיל מס פחמן? נמקו את תשובתכם.

6. גז טבעי או גז מחצבים?

הגז הטבעי הוא דלק מאובנים העשוי מתערובת של גזים טבעיים (חסרי צבע וריח) המשמש כמקור אנרגיה. התערובת מורכבת בעיקר ממתאן (כ-85%), וכמויות משתנות של חומרים נוספים, לפעמים אחוז קטן של פחמן דו-חמצני, חנקן, מימן גופרתי או הליום. את הגז הטבעי מפיקים מבטן האדמה. בדומה לדלקים פוסיליים אחרים (נפט, פחם), גם שריפה של גז טבעי גורמת לפליטות גזי חממה ולכן גם גז טבעי מהווה מקור לאנרגיה מזהמת.

בשנת 2021 פנתה שרת האנרגיה דאז, קארין אלהרר, לאקדמיה ללשון עברית בבקשה לשנות את השם של "גז טבעי" ל"גז מחצבים". טענתה הייתה ששם זה גורם להטעיית הציבור, וגורם להבחנה, שאינה מוצדקת, בין הגז ובין דלקים מאובנים (פוסיליים) אחרים. הסבירו את טענתה של שרת האנרגיה.

שיטת המחקר

על מנת להעריך חלופות שונות של מדיניות האנרגיה בישראל נבנה מודל הכולל את כל מרכיבי משק האנרגיה (מודל מיקרו) שנבחן יחד עם מודל שבוחן את הכלכלה (מודל מקרו). מודל המיקרו מתייחס ספציפית למשק האנרגיה, החל מהפקת משאבים, סחר, זיקוק והמרה, הולכה והפצה וכן אספקת שירותי אנרגיה לשימושים הסופיים, כגון תאורה, מיזוג, חימום, תהליכים תעשייתיים ותחבורה בהיקפים שונים.

מודל MESSAGE_{IL} הוא מודל מותאם של מערכת האנרגיה הישראלית ומבוסס על מודל MESSAGE_{IL} הגלובלי. הוא הותאם לישראל על בסיס נתונים ספציפיים של משק האנרגיה הישראלי שהועברו מגורמים ממשלתיים. בנוסף להתאמת המודל הגלובלי למשק הישראלי, הוא הורחב באמצעות מודל נוסף - מודל המקרו (Macro) - שמאפשר מבט רחב על התפוקה הכוללת של הכלכלה באמצעות בחינה של משתנים כמו מלאי ההון, העבודה הזמינה והמשאבים הנדרשים למשק האנרגיה. המודל המשולב שפותח מאפשר בחינה

חוזרת של ההשלכות של הפחתת פחמן על הביקוש לאנרגיה ועל הביצועים הכלכליים. איור 1 מדגים את תהליך בניית המודל.

איור 1. מהלך המחקר - בניית המודל



מבנה המחקר כלל את השלבים הבאים:

- התאמת מודל האנרגיה הגלובלי למודל לניתוח משק האנרגיה הלאומי של ישראל. מודל האנרגיה הגלובלי עודכן לייצוג משק קטן, פתוח, המייבא פחם ונפט גולמי ותוצריו, ומייצא גז מחצבים ותזקיני נפט.
- עדכון הנתונים הרלוונטיים (נתוני מיקרו) העיקריים המאפיינים את משק האנרגיה הישראלי תוך שיתוף פעולה עם משרד האנרגיה. למשל: כמות גז המחצבים אשר צפוי להיות מסופק למשק וליצוא; מאפייני העלויות של תחנות כוח הפועלות על פחם ועל גז; היעילות של התחנות כיום ומה צפוי בעתיד; וכמות האנרגייה הסולארית המתוכננת להיות מופקת בעתיד.
- מיפוי ההתפתחות הצפויה של משק האנרגיה בישראל עד שנת 2050 על פי תוכניות רשמיות של משרדי הממשלה הרלוונטיים. בהתאם לכך נבנה תרחיש הבסיס ("עסקים כרגיל") להתפתחות העתידית של משק האנרגיה.
- הרצת תרחיש "עסקים כרגיל" ששימש כבסיס למודל המקרו-כלכלי.
- בחינת צעדי מדיניות חלופיים לתרחיש "עסקים כרגיל", כגון שיעור גבוה יותר של ייצור חשמל מאנרגיות ממקורות מתחדשים (בעיקר אנרגיית שמש), חשמול מלא של משק התחבורה עד שנת 2050 ומיסוי פחמן.

המחקר בוצע באמצעות ניתוח מספר תרחישים, תוך התבססות על הנחות יסוד בנושא גידול האוכלוסייה וגידול התמ"ג. הגידול הצפוי באוכלוסייה התבסס על תחזיות של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. בהתאם לגידול הצפוי באוכלוסייה נקבע הגידול בתוצר המקומי הגולמי (תמ"ג) עבור תרחיש הבסיס "עסקים כרגיל".

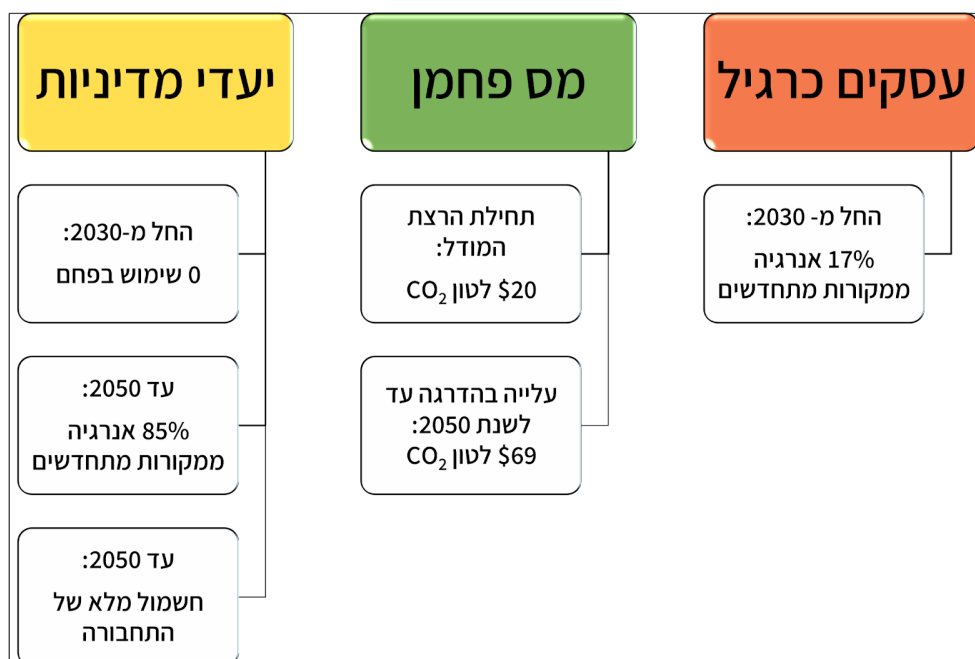
תרחיש "עסקים כרגיל" מניח יעד של 17% אנרגיות ממקורות מתחדשים מסך ייצור חשמל החל מ-2030 ואילך, בהתאם להתחייבות ישראל בהסכם פריז 2015. ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל" (תרחיש הבסיס) מנותחים שלושה תרחישי מדיניות שונים (ר' איור 2):

1. תרחיש "מס פחמן" (Carbon Tax),
2. תרחיש "יעדי מדיניות" (Policy Goals),
3. תרחיש המשלב בין שני סוגי המדיניות אלה.

בתרחיש "מס פחמן" אין יעדים כמותיים, והמס מוטל בהתאם לשיעור פליטת הפחמן של כל מקור אנרגיה. הטלת מס פחמן מתחילה עם התחלת הרצת המודל בגובה 20 דולר לשווה ערך טון פחמן דו-חמצני ועולה בהדרגה לאורך השנים עד 69 דולר לטון בשנת 2050.

תרחיש "יעדי מדיניות" מניח שיעור הפקה של 85% מהאנרגיה ממקורות מתחדשים בייצור חשמל, חשמול מלא של משק התחבורה עד שנת 2050, ודחיקה מוחלטת החוצה של השימוש בפחם במשק החל משנת 2030.

איור 2. הנחות היסוד של שלושת התרחישים - עסקים כרגיל, מס פחמן ויעדי מדיניות.



שאלות

7. בניית המודל כללה שילוב בין מודל מיקרו למודל מקרו. כיצד שילוב זה תורם למודל?
א. מהו תרחיש "עסקים כרגיל"?
ב. מדוע היה חשוב להתחיל בתרחיש "עסקים כרגיל"?
8. צפו בסרטון [העוסק בהסכמי פריז](#), וענו על השאלות הבאות. תוכלו להיעזר גם באתר [אקו-ויקי](#):
א. מה המטרות של הסכמי פריז?
ב. לפי הסרטון לא ניתן יהיה להשיג את המטרה. מדוע?

9. בעקבות הסכמי פריז, ב-20 בספטמבר 2015 הציבה ממשלת ישראל יעד לאומי להפחתת פליטות גזי חממה וייעול צריכת האנרגיה במשק של פליטת 7.7 טון פליטות גזי חממה לנפש ב-2030 וזאת לעומת "תרחיש עסקים כרגיל" שהיה אמור להגיע ל-10 טון לנפש. כלומר, הפחתה של כ-25% מפליטות גזי החממה ביחס לתרחיש עסקים כרגיל עד 2030. יעדים נוספים שנקבעו בתוכנית הם:

- 17% התייעלות אנרגטית בצריכת חשמל;
- יעד של 17% ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות;
- יעד של 20% הפחתה בנסועה במכוניות פרטיות.

(מתוך אתר [אקו-ויקי](#))

לפניכם מספר צעדים שהחליטה הממשלה לנקוט במטרה להשיג את היעדים שנקבעו.

- א. מלאו את הטור האמצעי המתאר את מטרת הצעד: רשמו "מעבר לאנרגיה ממקורות מתחדשים" או "התייעלות אנרגטית" בהתאם לצעד המתואר.
- ב. מלאו את הטור השמאלי בעזרת המשפטים הבאים:

- ♦ בדרך זו אפשר "להשלים" את צרכי האנרגיה ממקורות מחוץ למדינה, במקום להשלים את האנרגיה הנדרשת ממקורות פוסיליים.
- ♦ הרבה מהפעולות המשפיעות דורשות שינוי התנהגותי. הסברה להגברת מודעות ולעידוד פעולות של חסכון בחשמל יובילו לצמצום באנרגיה הנדרשת ולכן גם לפחות פליטות בעקבות הפקתה.
- ♦ פיתוח תשתיות מתאימות לאנרגיות מתחדשות יאפשר מעבר לשימוש באנרגיות כאלו וצמצום של שימוש באנרגיה ממקור פוסילי, בכך יצומצמו פליטות הפחמן.
- ♦ כיום יש עדיין קושי באגירה של אנרגיה מתחדשת, ולכן בימים שאין בהם רוח, או בלילות, יש בעיה להפיק אנרגיה מרוח או משמש בהתאמה. לכן פיתוח יכולת אגירה תאפשר לספק אנרגיה גם בזמנים שיש בעיה להפיק אותה.
- ♦ פיתוח טכנולוגיה המאפשרת לנצל יותר שטחים להפקת אנרגיה סולארית תגדיל את ההפקה של אנרגיה כזו.
- ♦ בדומה למס פחמן, אם מחיר החשמל יעלה, צפוי צמצום בשימוש בחשמל ובעקבות כך צמצום של הפקת האנרגיה, ולכן גם פחות פליטות הנגרמות בתהליכי ההפקה.

הצעד	המטרה	האופן בו הצעד תומך בקידום המטרה
קידום פיתוח רשת החשמל וקליטה מאסיבית של אנרגיות מתחדשות		
פיתוח טכנולוגיה המאפשרת יישום אנרגיות מתחדשות בישראל כגון ייצור חשמל סולארי מעל שדות חקלאיים (טכנולוגיה "אגרו-וולטאית").		

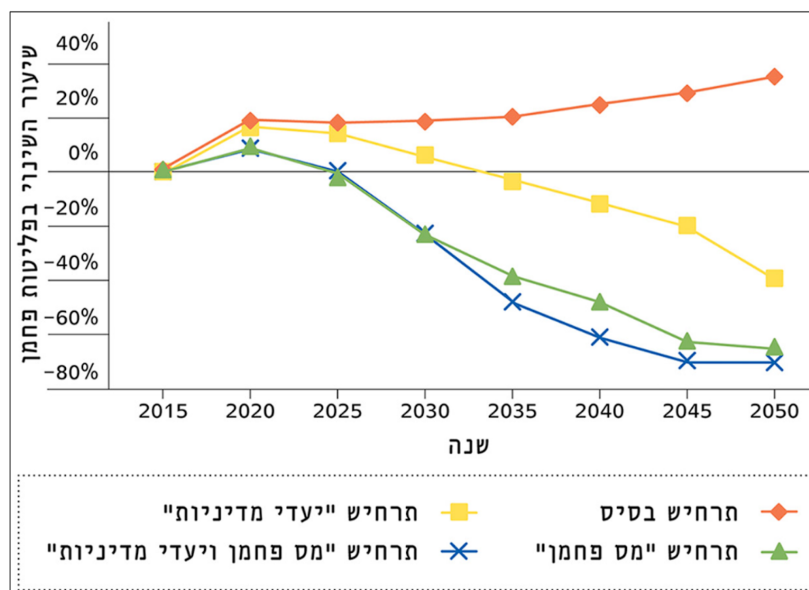
הצעד	המטרה	האופן בו הצעד תומך בקידום המטרה
קידום שיתופי פעולה אזוריים שיאפשרו רכישת חשמל מאנרגיה מתחדשת מאתרים מחוץ לגבולות הארץ, כגון ירדן.		
קידום אגירת אנרגיה כצעד משלים להגדלת הייצור באנרגיות מתחדשות.		
הקמת קרן להתייעלות אנרגטית. הכנסות הקרן יתקבלו מהיטל התייעלות בהיקף של 1% מחשבון החשמל של הצרכנים.		
קידום העלאת מודעות צרכנים לחיסכון בצריכת החשמל ולשימוש בטכנולוגיות שונות לבקרה וניטור הצריכה.		

תוצאות

הגידול בפליטות גזי חממה ב-2050 בתרחיש "עסקים כרגיל" (ללא התערבות ממשלתית נוספת להפחתת פליטות מעבר לתוכניות העבודה הקיימות) צפוי להגיע לכ-35% ביחס לשנת 2015 (איור 3).

לעומת זאת, לפי תרחיש "יעדי מדיניות", צפויה הפחתה של הפליטות בכ-60% בהשוואה לכמות הפליטות ב-2015 (איור 3). הטלת מס פחמן בשיעור גבוה יותר עשוי להשיג ירידה חדה עוד יותר של כ-90% בתרחיש מדיניות שאפתנית, ולמקם את ישראל בחזית אחת עם מדינות הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (OECD).

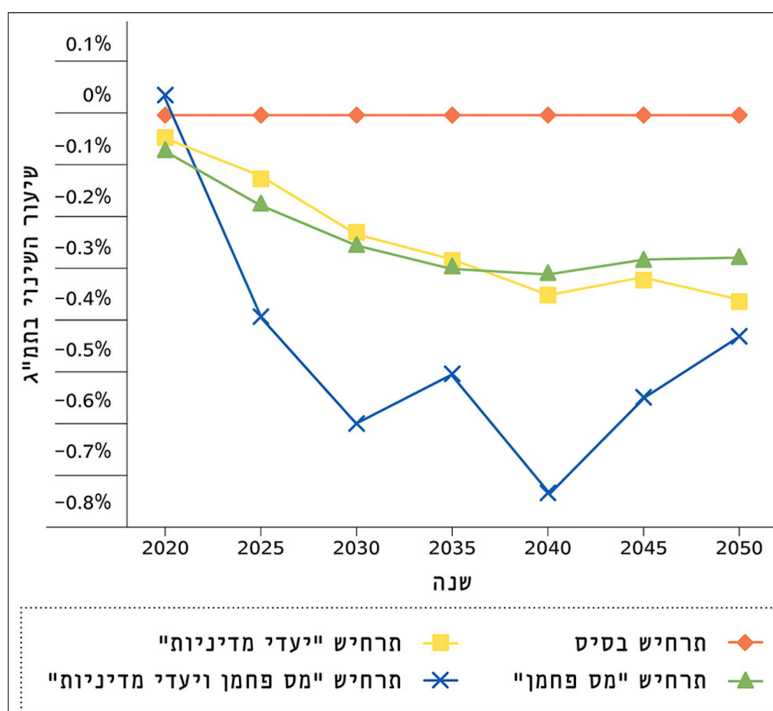
איור 3. פליטות פחמן על פי התרחישים, ביחס לשנת 2015.



בהתאם להנחות ההתפתחות העתידית בגידול האוכלוסייה ובתמ"ג, בתרחיש "עסקים כרגיל" הגידול בתמ"ג בשנת 2050 צפוי להגיע לכ-140% ביחס לשנת 2015. באיור 4 התמ"ג העתידי בתרחיש הבסיס (עסקים כרגיל) מוגדר כ-0, ומשמש כקו הבסיס לעומתו נבחנות שאר החלופות.

חשוב לציין כי המחיר של יישום תרחישי המדיניות הללו זניח במונחי התמ"ג, ונע בין ירידה של מאיות אחוז בודדות (0.06% מתמ"ג עסקים כרגיל) לכארבע עשיריות האחוז (0.43% מתמ"ג עסקים כרגיל) בשנת 2050. שילוב שני התרחישים מגביר את ההשפעה של כל אחד מהתרחישים ולכן משפיע יותר על משק האנרגיה ובהמשך על התמ"ג. אולם, לאחר הירידה בתמ"ג ניתן לראות כי הערך מתאזן באופן דומה לתוצאות התרחישים הנפרדים.

איור 4. שינוי בתמ"ג ביחס לתרחיש הבסיס.



10. עיינו באיור 3. איזה תרחיש מבין הארבעה צפוי לצמצם את כמות פליטות הפחמן בשיעור הגדול ביותר? הסבירו מדוע.

11. עיינו באיור 4.

א. מהי המגמה הבולטת בהתייחס להשפעת התרחישים השונים על השינוי בתמ"ג ביחס לתרחיש הבסיס?
ב. הציעו הסבר למגמה זו.

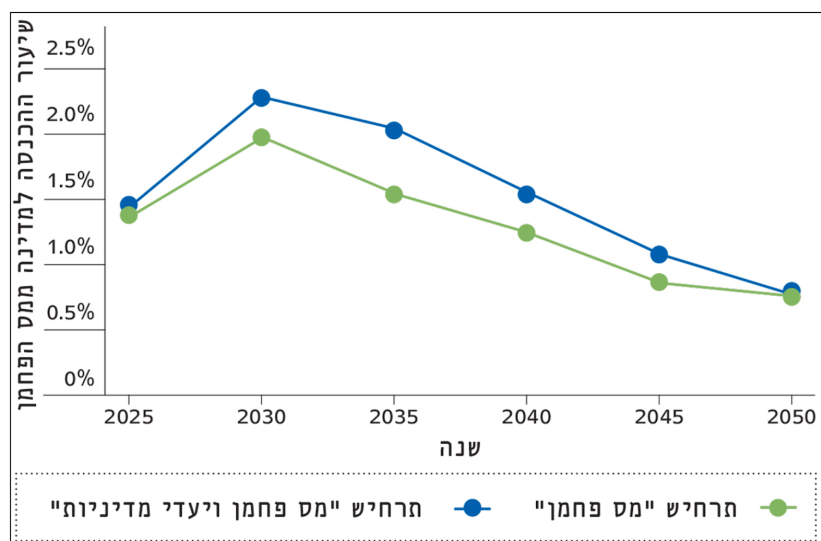
תוצאות - המשך

ענף התחבורה נמצא בתהליך מתמשך של הפחתה הדרגתית בשימוש בדלקי מאובנים ומעבר הדרגתי לחשמול מלא, לא רק בתרחיש היעדים, אלא גם בתרחיש של מס הפחמן. השוני בין תרחישי המדיניות הוא בתמהיל הדלקים של ענף התחבורה בדרך לחשמול מלא. בתרחיש היעדים גז המחצבים הוא מקור דלק מרכזי במעבר לתחבורה חשמלית במלואה. לעומת זאת, בתרחיש "מס פחמן", המייקר גם את גז המחצבים, השימוש בגז מחצבים נמוך יותר ונמשך פרק זמן קצר יותר.

הכנסות הממשלה ממס הפחמן נבחנו בתרחישים הקשורים אליו: תרחיש "מס פחמן" ותרחיש "מדיניות משולבת" (מס פחמן ויעדי מדיניות). איור 5 מדגים את שיעור ההכנסה ממס הפחמן מתוך כלל הכנסות הממשלה ממסים. ניתן לראות כי ההכנסה ממס הפחמן מאופיינת כעקומה קמורה. מצד אחד, גובה מס

הפחמן עולה בתרחישי המדיניות, אולם מצד שני, המס מקטין את השימוש בדלקים המזהמים, הפליטות יורדות, בסיס המס יורד, ולכן ההכנסות מהמס מתחילות לרדת לאחר שהגיעו לשיא בשנת 2030.

איור 5. שיעור ההכנסה למדינה ממס הפחמן לפי שני התרחישים הרלוונטיים.



שאלות

12. בקטע המתאר את השפעת התרחישים על ענף התחבורה מציינים כי הענף נמצא בתהליך של חשמול. אולם, מתואר עוד הבדל משמעותי בין תרחיש "מדיניות" ותרחיש "מס פחמן". מהו ההבדל? הסבירו את הגורמים להבדל זה.
13. עיינו באיור 4. מדוע הירידה בהכנסות מתחילה דווקא בשנת 2030?
14. היכנסו להדמיה בקישור.
- א. "תרחיש הבסיס": כמה ג'יגה טון פליטות צפויות בשנת 2100? כדי לראות את המספר המדויק יש לעמוד עם הסמן על הנקודה האחרונה בעקומה.
- ב. בשלב ראשון "חשמלו" את התחבורה: גררו את הנקודה שמאלה למקסימום שימוש בחשמל. כל השאר השאירו ללא שינוי.

דיון ומסקנות

במחקר מוצג ניתוח פרטני של חלופות מדיניות להפחתת פליטות הפחמן במשק האנרגיה והשפעתן על הצמיחה הכלכלית בישראל באמצעות מודל ייחודי המתבסס על מאפייניהם הייחודיים של משק האנרגיה והכלכלה הישראליים.

הניתוח בוצע באמצעות תרחיש בסיס ("עסקים כרגיל"), ששימש נקודות מוצא לתרחיש "יעדי מדיניות", "מס פחמן" ולתרחיש המשלב יעדי מדיניות עם מס פחמן. התוצאות מראות כי על-ידי אימוץ יעדי מדיניות ניתן להפחית את פליטת גזי החממה הקשורים לאנרגיה בכ-90%-60 עד 2050 ביחס לשנת הייחוס של 2015, עם השפעה זניחה בלבד על הכלכלה ועל צמיחת התמ"ג. צעד חשוב להפחתת פליטות הפחמן הוא מעבר מייצור האנרגיה המתבסס על דלקי מחצבים מזהמים לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים. לפי התחזיות שיעור השימוש בחשמל על ידי הצרכנים (צריכת האנרגיה הסופית על ידי משקי הבית והתעשייה) יעלה מכ-30% היום עד ל-70% בשנת 2050 בעיקר בשל חשמול התחבורה (מעבר לרכבים חשמליים). אולם, כדי לעודד התייעלות אנרגטית ומעבר להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים, חשמול התחבורה הוא רק חלק מהפתרון, ולמדיניות של הטלת מס פחמן יש השפעה ניכרת נוספת.

הניתוח מאפשר להסיק מספר מסקנות חשובות. ראשית, אימוץ יעדים שאפתניים להפחתת פליטת גזי חממה עד שנת 2050 (למשל באמצעות הפקת 85% מהאנרגיה ממקורות מתחדשים), יוצר הזדמנות יוצאת דופן לתכנון אסטרטגי ארוך-טווח בישראל. ניתן להשיג הפחתות משמעותיות בפליטת גזי חממה על-ידי חשמול בענפי הכלכלה השונים, תוך ביסוס ייצור החשמל על מקורות אנרגיה מתחדשים. השגת היעדים האלה דורשת השקעה ניכרת בתשתיות, שתתרום הן להשגת יעדי הפחתת הפליטות והן לצמיחה כלכלית.

משק התחבורה אחראי ליותר משני שלישים מצריכת האנרגיה של דלקי מחצבים בישראל. בשל הדחיפות בפתרון בעיית העומס בכבישים והגידול המתמשך של כלי רכב חדשים בכבישים מדי שנה, המונעים מצמיחה דמוגרפית וכלכלית, מומלץ על חשמול מהיר של כלי הרכב הקלים ושל התחבורה הציבורית כהתחייבות תקציבית מרכזית של הממשלה. בהתאם לכך, יש להשקיע בתחבורה ציבורית חשמלית ויעילה, כולל בתשתית שתאפשר יכולת אחסנה ואספקה, וזאת על מנת שנתח גבוה של אנרגיית שמש תשמש לייצור חשמל.

משק התעשייה אחראי לנתח ניכר בפליטת המזהמים. כדי להפיק את המרב ממאגרי גז המחצבים של ישראל, הממשלה מסבסדת השקעות בתשתיות גז מחצבים עבור תעשיות עתירות אנרגיה. הניצול של גז מחצבים נחשב במשך שנים כפולט פחות זיהום בהשוואה לדלקי מחצבים אחרים (אם כי פולט גז חממה מתאן בשיעור ניכר). אולם, השקעה כבדה בתשתית גז מחצבים עשויה למנוע השקעה בחשמול התעשייה, הנדרש כדי לעמוד ביעדי הפחתת פליטות גזי חממה לאפס עד שנת 2050.

תמריץ מרכזי ליעול השימוש באנרגיה ולמעבר לאנרגיה ממקורות מתחדשים הוא המחיר היחסי של אנרגיה מזהמת. מס הפחמן גורם להפנמת ההשפעות החיצוניות השליליות שנוצרות מפליטת גזי חממה, ולכן נמצא

כפתרון היעיל ביותר כלכלית להפחתת הפליטות, בעולם ובישראל. לפיכך, מוצע ללוות את יעדי המדיניות באימוץ מס פחמן בשילוב מתן סובסידיות (תמיכה כספית ממשלתית) לשימוש במקורות אנרגיה שאינם מזהמים.

שאלות

15. במאמר מציינים כי כדי לעודד את חשמול התחבורה המתבסס על אנרגיית השמש יש לספק תשתיות מתאימות. הביאו שתי דוגמאות לתשתיות כאלו.
16. אחת ממסקנות המאמר מדגישה את הפוטנציאל באימוץ יעדים שאפתניים לצמצום פליטות פחמן. מה היתרונות של גישה כזו ומה הסכנות?
17. הכותבים מציינים כי: "מס הפחמן גורם להפנמת ההשפעות החיצוניות השליליות שנוצרות מפליטת גזי חממה".
צפו בסרטון: [Sustainable Prosperity: Greening the Economy](#) (ניתן להוסיף כתוביות בתרגום אוטומטי לאחר הוספת תרגום לאנגלית), וענו:
א. מה הבעיה במחירי המוצרים כיום?
ב. מהן "ההשפעות החיצוניות השליליות" שמס הפחמן מפנים למחיר? הסבירו כיצד פליטת גזי חממה גורמת לנזק כלכלי.
18. א. מי הם בעלי העניין במשק האנרגיה ומה עשויה להיות התגובה שלהם להטלת מס פחמן?
ב. בחרו שניים מבעלי העניין שציינתם בסעיף הקודם. הציעו תמריץ לכל אחד מהם כדי לעודד אותם לתמוך במס הפחמן.