

אוקטובר 2018 | מחקר מספר 117

התייעלות אנרגטית והפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל

בת-אל נאור

עמיתת מרכז מילקן לחדשנות במכון ירושלים למחקרי מדיניות



מכון ירושלים למחקרי מדיניות
Jerusalem Institute for Policy Research
מרכז מילקן לחדשנות
Milken Innovation Center

תודות

ברצוני להודות לכל מי שתרמו לכתובתו של מחקר זה. ראשית לפרין טולדנו, מנחת המחקר, על ההנחיה האקדמית והמקצועית, ההכוונה והסבלנות. תודה לחזי ליפשיץ, סמנכ"ל תשתיות אנרגיה ומים במשרד האנרגיה, על מתן ההזדמנות לעסוק ולהוביל בתחום מרתק זה ועל התמיכה והייעוץ לאורך כל שלבי המחקר. תודה לחברי אגף שימור אנרגיה על העזרה, העצות ושיתוף הפעולה, ובפרט לחנית בן-ארי, לעירית הייטנר-שעיו, ליאנינה פליישון, לאיציק יוניסי ולחזי צפניה. תודה לאנשי רשות החשמל: תניב רופא, מנחם קמיש, אריאל אלמסי וחוני קבלו, על הייעוץ ושיתוף הפעולה. תודה גם למי שהקדישו מזמנם והיו נכונים לסייע: אלכסנדר קליינר, גדעון פרידמן, אורית רפאלי, בלה סביצקי, יהודה ניב ורותי קירו.

תודה מיוחדת מגיעה למרכז מילקן לחדשנות, לפרופ' גלן יאגו, לסטיבן זכר, לאורלי מובשוביץ-לנדסקרונר, לליאורה שוהם-פיטרס ולדיוויד דנקר, על ההזדמנות להשתתף בתוכנית העמיתים, על הליווי המקצועי, התמיכה וההעשרה.

על אודות תוכנית עמיתי מרכז מילקן לחדשנות

תוכנית עמיתי מרכז מילקן לחדשנות מקדמת את הצמיחה הכלכלית בישראל באמצעות התמקדות בפתרונות חדשניים, מבוססי שוק, לבעיות מתמשכות בתחומים חברתיים, כלכליים וסביבתיים. התוכנית מתמקדת באיתור פתרונות גלובליים והתאמתם למציאות הישראלית ובבניית ממשקים חינויים המחברים בין משאבים ממשלתיים, פילנתרופיים ועסקיים, לטובת צמיחה ופיתוח לאומי בר-קיימא.

התוכנית מעניקה מלגות שנתיות לישראלים מצטיינים, בוגרי מוסדות להשכלה גבוהה בארץ ובעולם, המתמחים במוקדי קבלת ההחלטות הלאומיים ומסייעים בפיתוח פתרונות באמצעות מחקר והתמחות. היקף הפעילות של עמיתי התוכנית הוא מקסימלי – התמחות, הכשרה ומחקר במשך חמישה ימים בשבוע.

במשך שנת התמחותם עוסקים עמיתי מכוון מילקן במחקר המדיניות במשרדי הממשלה וברשויות שלטוניות אחרות, ומסייעים למקבלי ההחלטות ולמעצבי המדיניות בחקר ההיבטים השונים של סוגיות כלכליות, סביבתיות וחברתיות.

בנוסף עורכים העמיתים מחקר מדיניות עצמאי, שמטרתו לזהות חסמים לתעסוקה ולצמיחה בישראל ולאתר פתרונות אפשריים. מחקרי העמיתים מתבצעים בהדרכת צוות אקדמאי ומקצועי מנוסה ותומכים במחוקקים וברגולטורים, המעצבים את המציאות הכלכלית, חברתית והסביבתית בישראל.

במהלך השנה מוענקת לעמיתים הכשרה אינטנסיבית במדיניות כלכלית, ממשל ושיטות מחקר. במסגרת מפגשי ההכשרה השבועיים, העמיתים רוכשים כלים מקצועיים לכתבת תזכירים, מצגות וניירות מדיניות, וכן כלי ניהול, שיווק ותקשורת. בנוסף, נפגשים העמיתים עם בכירים במשק ובממשל ועם אנשי אקדמיה מהשורה הראשונה בישראל ובעולם. בסמסטר הראשון, העמיתים משתתפים בקורס המתמקד בחידושים פיננסיים, במסגרת בית הספר למנהל עסקים באוניברסיטה העברית בירושלים. הקורס מקנה 3 נקודות זכות אקדמיות, ומלמד אותו פרופ' גלן יאגו, מנהל בכיר, ומייסד, המעבדות לחידושים פיננסיים[™] במכון מילקן.

את בוגרי התוכנית ניתן למצוא במגוון תפקידים בכירים במגזר הפרטי, כמרצים באקדמיה, במגזר הציבורי וכיועצים לשרים ולמשרדי הממשלה. ישנם בוגרים שנקלטו במשרדי הממשלה, ואחרים המשיכו ללימודים גבוהים באוניברסיטאות מובילות בישראל, ארצות הברית ובריטניה.

תוכנית עמיתי מרכז מילקן לחדשנות היא לא פוליטית ובלתי מפלגתית, ואינה מקדמת קו פוליטי או אידאולוגי.

למידע נוסף על אודות התוכנית: www.milkeninnovationcenter.org

תוכן עניינים

4	תקציר מנהלים.....
8	1. רקע – התייעלות אנרגטית.....
8	1.1 הגדרה.....
9	1.2 התייעלות אנרגטית – מבט עולמי.....
12	1.3 התייעלות אנרגטית בישראל.....
14	2. מדיניות לקידום התייעלות אנרגטית.....
14	2.1 מדיניות לקידום התייעלות אנרגטית בעולם.....
16	2.2 מדיניות לקידום התייעלות אנרגטית בישראל.....
18	3. התייעלות אנרגטית והפנמת העלויות החיצוניות במחיר חשמל בישראל.....
18	3.1 הפנמת העלויות החיצוניות ככלי לקידום התייעלות אנרגטית.....
19	3.2 הקשר בין מחיר החשמל להתייעלות אנרגטית.....
21	3.3 מקרה בוחן – הפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל וההשפעה על ההתייעלות האנרגטית של משקי בית.....
33	4. סיכום.....
34	ביבליוגרפיה.....

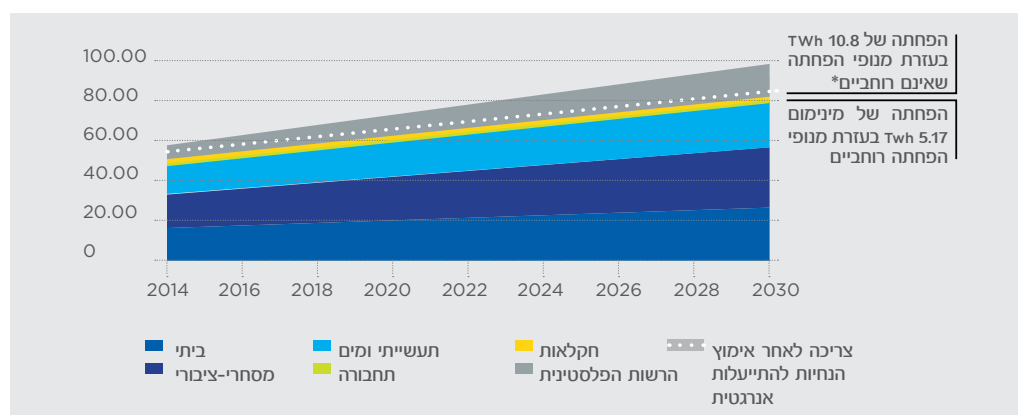
תקציר מנהלים

הצמיחה הכלכלית בעידן המודרני התאפשרה בזכות האנרגיה הזולה והזמינה שהאדם מפיך מסוגים שונים של דלקים מאובנים (דלקים פוסיליים): נפט, פחם וגז טבעי. ואולם, בשנים האחרונות עולה המודעות בדבר ההשפעות השליליות של שימוש בדלקים אלו, וגם ההכרה כי מדובר במשאבים מתכלים. כריית חומרי הגלם גורמת לרוב לזיהום מקורות מים ולהרס בתי גידול, ושריפת הדלקים מזהמת את האוויר וגורמת לתחלואה ולתמותה של אנשים וכן לפליטת גזי חממה התורמים להתחממות כדור הארץ (Gies, 2017). במקביל, העלייה התלולה במחירי האנרגיה ביחס למחירים ההיסטוריים מעידה על הידלדלות המשאבים, ואין זה מן הנמנע כי בעתיד הלא רחוק לא יהיה אפשר להמשיך ולספק עוד את הביקוש הגדל לאנרגיה (IEA, 2017).

כדי לפתור בעיה זו נדרשת התערבות לא רק בצד ההיצע, אלא גם בצד הביקוש. אמנם בצד ההיצע, המעבר לייצור מאנרגיות מתחדשות ונקיות יפתור חלק מהבעיה, אך ייעול השימושים באנרגיה, ייעול הביקוש, הוא תנאי הכרחי ליצירת משק אנרגיה נקי ובר-קיימא.

בספטמבר 2015 התחייבה ישראל לקחת חלק במאמץ העולמי להשגת המטרה של אמנת המסגרת של האו"ם בנושא שינוי האקלים, לפי החלטות CP.19/1 ו-CP.20/1. מחויבותה של ישראל התבטאה בין היתר בהצבת יעד לאומי להתייעלות אנרגטית לשנת 2030: צמצום צריכת החשמל בשיעור של לפחות 17% בהשוואה לצריכת החשמל הצפויה בשנה זו על-פי תרחיש "עסקים כרגיל"¹. עמידה ביעד זה מחייבת חיסכון בצריכת החשמל המשקית לשנת 2030 של לפחות 16 טרה-וואט-שעה (משרד האנרגיה, 2017). חיסכון זה שווה בהיקפו לכ-25% מייצור החשמל המשקי בפועל בשנת 2017.

תרשים א. תחזית צריכת החשמל בתרחיש "עסקים כרגיל" ולאחר יישום האמצעים להתייעלות אנרגטית עד שנת 2030



נתונים: המשרד להגנת הסביבה, 2015.
מקור: משרד האנרגיה, 2017.

¹ "תרחיש עסקים כרגיל" הוא תרחיש המשקף את היקף צריכת החשמל הצפויה בשנת 2030, על-פי המגמות נכון לשנת 2015.

יעד התייעלות זה מחייב ייעול משמעותי של השימוש בחשמל והשקעה נרחבת בהתייעלות אנרגטית. לנוכח החסמים הרבים להתייעלות אנרגטית, בהם פערי מידע, חסמי מימון ותמריצים נמוכים להשקעה בעקבות מבנה הבעלות, ישנה חשיבות רבה לקיומה של מדיניות ממשלתית תומכת לקידום התייעלות אנרגטית (WEC, 2016).

בעולם נעשה שימוש במגוון של כלי מדיניות לעידוד של התייעלות אנרגטית, החל במתן מענקים וסובסידיות לעידוד השקעות בהתייעלות אנרגטית וכלה בהעלאת מודעות הצרכנים על-ידי דירוג אנרגטי למוצרי חשמל ומבנים (ספקטור בן ארי, 2016). גם בישראל מיושמת מדיניות תומכת לעידוד השקעות בהתייעלות אנרגטית ולקידום חיסכון באנרגיה, כגון חקיקה בנושא פיקוח ודיווח צריכת אנרגיה, מתן מענקים לפרויקטים של התייעלות אנרגטית והעלאת המודעות להתייעלות אנרגטית (משרד האנרגיה, 2017).

לנוכח קפיצת המדרגה המשמעותית שישראל נדרשת לעשות בתחום ההתייעלות האנרגטית, במחקר זה נבחן יישום של כלי מדיניות משמעותי נוסף לקידום ההתייעלות האנרגטית: **הפנמת העלויות החיצוניות של ייצור החשמל במחיר החשמל, וזאת על-ידי קביעת היטל זיהום על דלקי המאובנים המשמשים לייצור חשמל.**

"עלויות חיצוניות" הן שם כולל להשפעות שליליות הנלוות לפעילות יצרנית או מסחרית, המשפיעות על החברה או על הסביבה ואינן באות לידי ביטוי במחיר המוצר או השירותים (University of Calgary, 2018).

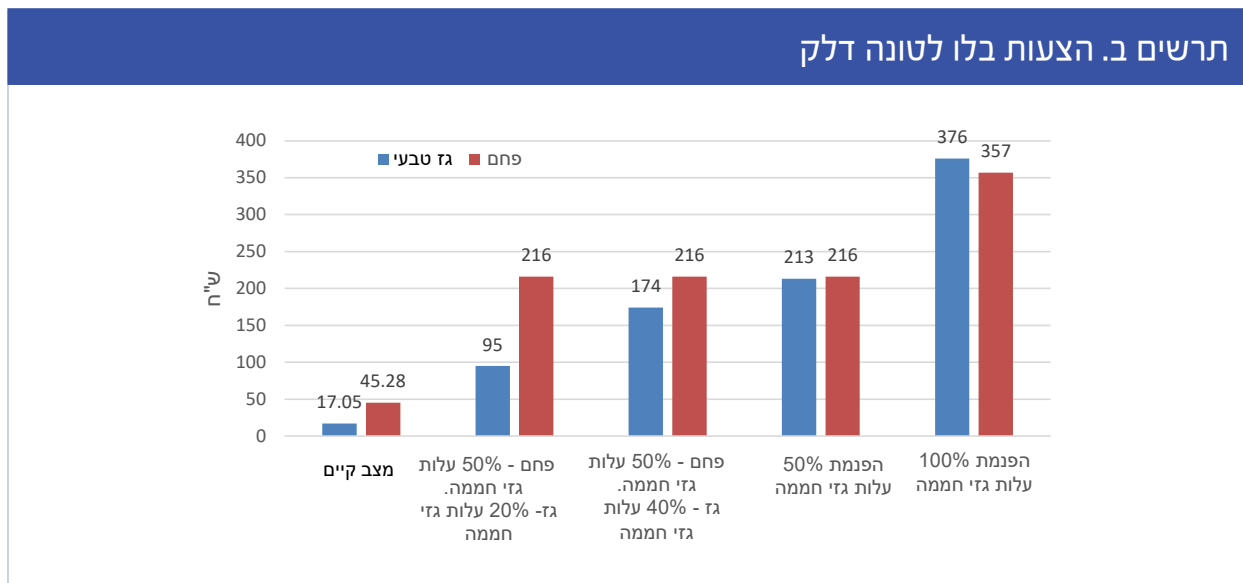
היטל הזיהום נועד לפתור את כשל השוק שנוצר מכך שעלויות השימוש בדלקים המזהמים להפקת אנרגיה אינה משקפת גם את העלויות לסביבה ולחברה. בצד ההיצע, כשל השוק מתבטא בכך שהיצרן אינו נושא בעלות הסביבתית והחברתית של ייצור חשמל מדלקי מאובנים, ולכן גם לא מתחשב בה. בצד הביקוש, הצרכן משלם מחיר הנמוך מהעלות הכוללת של הפקת האנרגיה, ולכן צורך מעבר לצריכה האופטימלית לחברה.

בישראל נעשה שימוש בהיטל זיהום על דלקי מאובנים — מס עודף שנקרא "מס הבלו". במחקר זה נבחנה השאלה האם ההיטל הקיים משקף את העלויות החיצוניות בייצור חשמל, ונבחנה ההשפעה של עדכון המס העודף על צריכת החשמל בישראל. בפרט, חושבה ההשפעה של עדכון המס העודף על צריכת החשמל של משקי הבית בישראל ועל הוצאות החשמל של משקי הבית.

מסקירת הספרות בדבר הקשר בין מחיר החשמל לצריכת החשמל עולה כי ישנו קשר הפוך בין מחיר החשמל לצריכת החשמל. כלומר, העלאה של מחיר החשמל תביא לידי ירידה בצריכת החשמל, ולהפך. הגמישות בביקוש לחשמל שנמצאה בספרות, מעידה שלשינוי המחיר יש השפעה משמעותית על הצריכה. בטווח הארוך, שיעור השינוי בצריכה יכול כמעט להשתוות לשיעור השינוי במחיר החשמל. לאור זאת, להפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל יכולה להיות תרומה ניכרת לקידום חיסכון בצריכת החשמל. בניתוח מקרה המבחן במחקר זה, הונחה גמישות ביקוש בטווח שבין 0.3 ל-0.2-, בהתאם לממצאי המחקרים שנעשו על הקשר בין מחיר החשמל לצריכה בישראל.

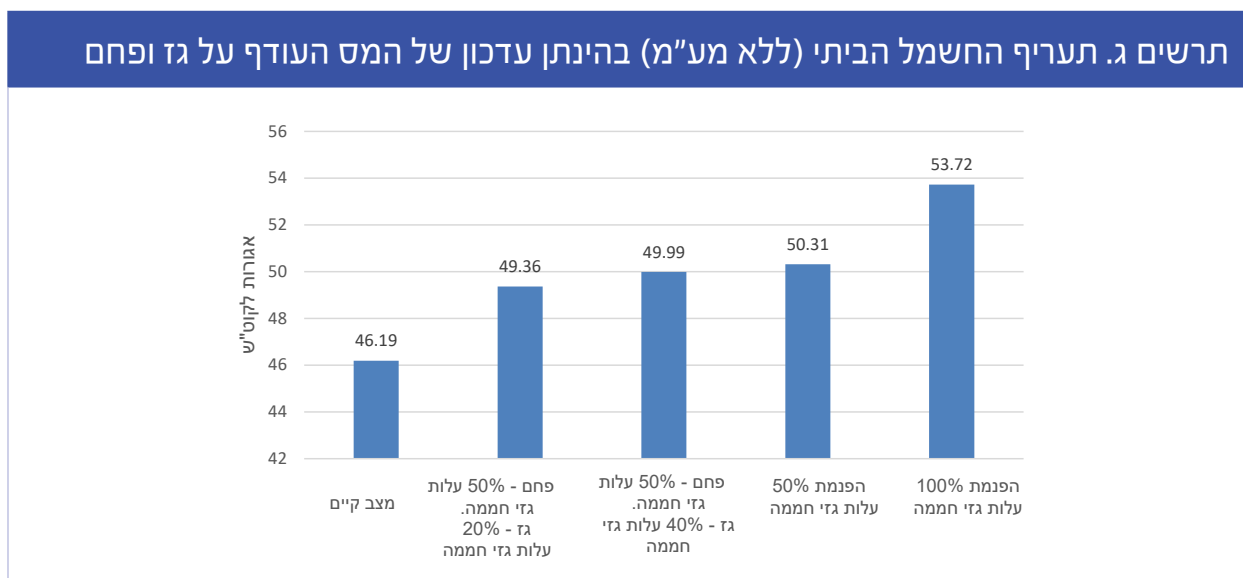
על בסיס עבודת המשרד להגנת הסביבה בנושא עלויות חיצוניות בייצור חשמל ודוח ועדת "מיסוי ירוק 3", שעסק בין היתר במיסוי עודף לדלקים המשמשים לייצור חשמל, נמצא כי מס הבלו הקיים על הדלקים המשמשים לייצור חשמל נמוך משמעותית מהעלויות החיצוניות של הדלקים. לאור זאת גובשו ארבע הצעות להעלאת הבלו — הצעה אחת המשקפת הפנמה מלאה של העלויות החיצוניות, ושלוש הצעות המשקפות הפנמה חלקית של העלויות החיצוניות (הגנת הסביבה, 2008; רשות המסים, 2016).

מכיוון שיש פער גדול בין המס העודף כיום לבין מס עודף שישקף את 100% העלויות החיצוניות, ומכיוון שעלייה חדה במס העודף יכולה ליצור זעזוע במשק, נבחנו גם הצעות המשקפות עלייה מתונה יותר במס בהשוואה למצב הקיים.



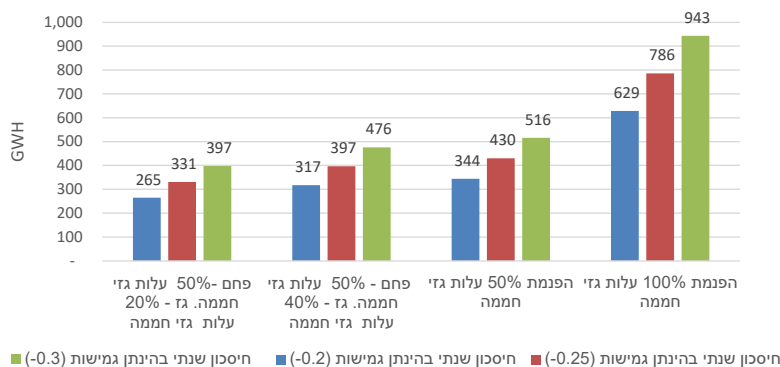
מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

בעזרת אגף כלכלה ברשות החשמל, שחישב את מחירי החשמל בהינתן ההצעות השונות להעלאת הבלו, ועל בסיס סקירת ספרות בדבר גמישות הביקוש לחשמל על-פי המחיר, חושבה השפעת עדכון מחיר החשמל על צריכת החשמל של משקי הבית בישראל בטווח הארוך.



נתונים: רשות החשמל, 2018. ב'
מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

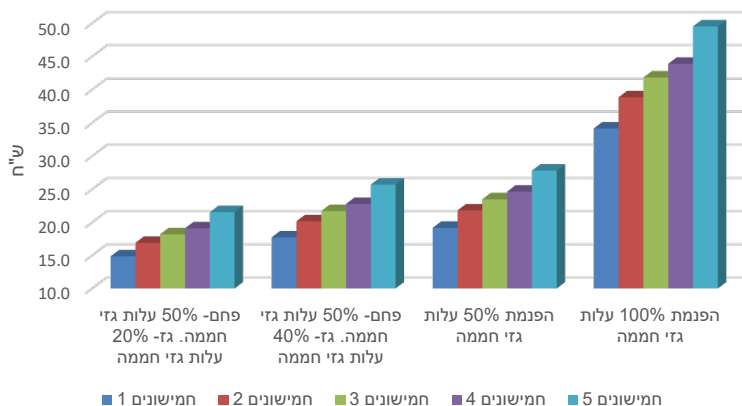
תרשים ד. חיסכון שנתי בצריכת החשמל של משקי בית בג'יה-וואט-שעה (GWH) בטווח הארוך בהינתן גמישות ביקוש למחיר בטווח שבין 0.3- ל-0.2-



מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

מניתוח מקרה המבחן עולה כי להפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל באמצעות היטל זיהום, יכולה להיות השפעה ניכרת על קידום חיסכון בצריכת החשמל בקרב משקי הבית. למשל, בגמישות ביקוש של 0.3-, הפנמה של 100% העלויות החיצוניות במחיר תוביל לחיסכון בצריכת חשמל של כ-1 טרה-וואט-שעה. חשוב לזכור כי פוטנציאל החיסכון שהוצג לעיל משקף רק את החיסכון בקרב משקי הבית, ללא החיסכון בצריכת החשמל ביתר המגזרים שיווצר בשל העלאת מחיר החשמל. ביחס להשפעה על ההוצאות על חשמל, נמצא כי הפנמה של העלויות החיצוניות במחיר החשמל תוביל לעלייה בהוצאות החשמל של משקי בית, על אף החיסכון בצריכה. תוספת ההוצאות החודשיות על חשמל למשק בית חושבה, ונמצא שהיא יכולה להיות משמעותית, בפרט בהצעות להפנמה של שיעור ניכר מהעלויות החיצוניות.

תרשים ה. תוספת ההוצאות החודשיות על חשמל למשקי בית לפי חמישוני הכנסה - הנחת גמישות ביקוש של 0.25-



מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

מסקנות והמלצות המחקר:

- מחיר החשמל בישראל אינו משקף באופן מלא את עלות זיהום האוויר שגורם ייצור החשמל לסביבה ולחברה. המס העודף המוטל על דלקי המאובנים נמוך במידה ניכרת מעלות הזיהום. מדובר בכשל שוק היכול להוות חסם למעבר לייצור מאנרגיות נקיות ומתחדשות וגם לרמת צריכת חשמל שאינה אופטימלית לחברה.
- קידום הדרגתי של הפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל על-ידי העלאה מדורגת של הבלו על פחם וגז, יכולה לקדם התייעלות בצריכת החשמל. במחקר חושבה השפעת ההפנמה על הביקוש לחשמל.
- יש לבחון השפעות נוספות של העלאת המס העודף על גז ופחם ושל העלאת מחיר החשמל על המשק הישראלי, כגון ההשפעה על התחרותיות של התעשייה הישראלית, ובהתאם לכך לקבוע מדרגות הפנמה שיאפשרו צמיחה לצד גידול בהתייעלות האנרגטית.
- יש ללוות מהלך להעלאת הבלו על דלקי המאובנים במנגנון כלכלי שיצמצם את הנטל הכלכלי שיכול להיווצר ממהלך זה, כגון צמצום מסים לא יעילים אחרים במשק על חשבון הגדלת הכנסות המדינה ממיסוי דלקי המאובנים.
- לצד השימוש באמצעי של מחיר החשמל לעידוד התייעלות, נדרשת מדיניות ממשלתית תומכת לעידוד השקעות בהתייעלות אנרגטית בכלל המגזרים, מדיניות שתחזק את מגמת החיסכון בצריכה ותקזז השפעות שליליות אפשריות על הצמיחה.

1. רקע – התייעלות אנרגטית

1.1 הגדרה

התייעלות אנרגטית פירושה שימוש בפחות אנרגיה לשם ייצור אותו מוצר או שירות. התייעלות אנרגטית מביאה לחיסכון בשימוש ולניצול יעיל של משאבים טבעיים (בעיקר דלקים פוסיליים). הרציונל הוא "לעשות יותר בפחות אנרגיה". לדוגמה, נורת פלורסנט קומפקטית יעילה יותר, מבחינה אנרגטית, מנורת ליבון רגילה, מכיוון שהיא מנצלת הרבה פחות אנרגיה ומייצרת אותה כמות של אור.

המושג "התייעלות אנרגטית" לרוב משמש כאשר מדובר בחיסכון באנרגיה, ויש להבחין בין התייעלות אנרגטית לבין "שימור אנרגיה" – מושג רחב יותר הכולל גם אמצעים כמו הפסקת השירות ככלי לחיסכון בצריכה.

הגדלת היעילות האנרגטית מצריכה לרוב השקעה ראשונית, אך השקעה זו מחזירה את עצמה על-ידי חיסכון בהוצאות האנרגיה בטווח זמן קצר יחסית. בזכות יתרון זה, התייעלות אנרגטית היא כלי אטרקטיבי לצמצום הנזקים לחברה ולסביבה הנגרמים עקב שימוש באנרגיה (Napp, Shah and Fisk, 2012).

האמצעים להתייעלות אנרגטית משתנים על-פי השימוש והמיקום. למשל, במשקי בית במדינות קרות, האמצעים היעילים ביותר יהיו בידוד איכותי של המבנה, חסימה לרוחות פרצים, ייעול התאורה ושימוש במכשירי חשמל יעילים אנרגטית.

עבור מבנים מסחריים, הגדלת היעילות האנרגטית תתמקד לרוב בייעול מיזוג האוויר, נוסף על ייעול התאורה ומכשירי החשמל (שם).

יתרונות ההתייעלות האנרגטית כוללים:

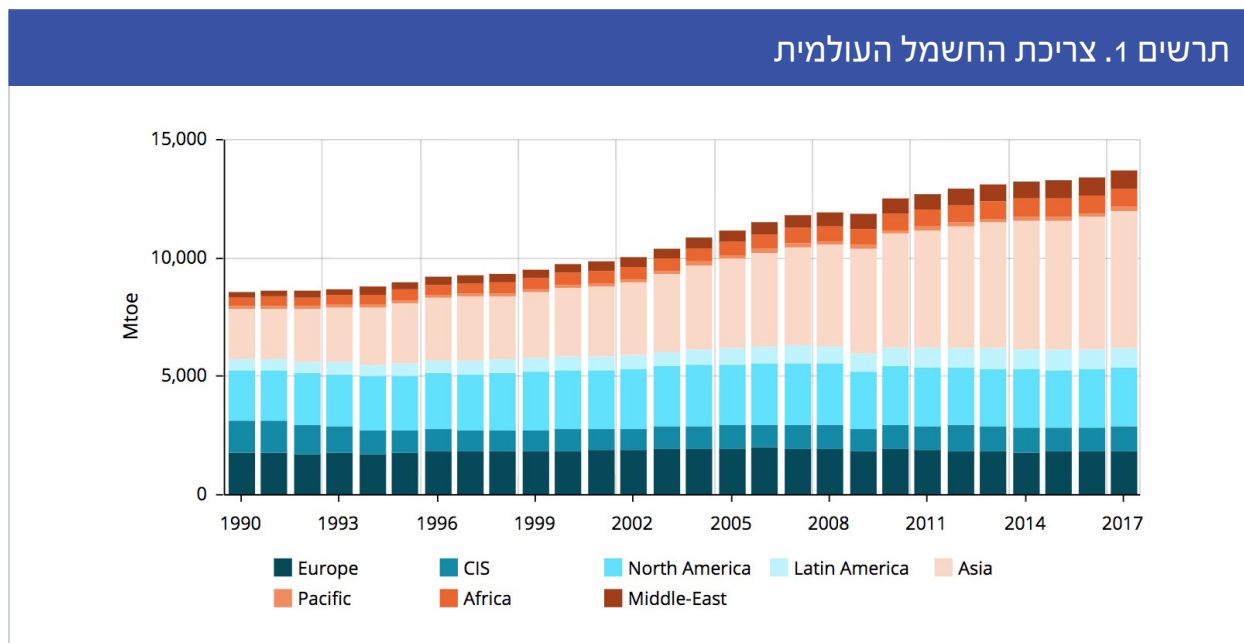
יתרונות סביבתיים – התייעלות אנרגטית מקטינה את הצורך בהקמת תחנות כוח מזהמות ומביאה להפחתת זיהום אוויר וגזי חממה.

יתרונות כלכליים וחברתיים – התייעלות אנרגטית מביאה לחיסכון בהוצאות על-ידי צמצום הצריכה, פיתוח טכנולוגיות ושוקים חדשים, הקצאת משאבים יעילה והגדלת הצמיחה והתעסוקה.²

1.2 התייעלות אנרגטית – מבט עולמי

דאגות הנוגעות למשק האנרגיה נפוצות בעולם, בייחוד מאז משבר האנרגיה בשנות ה-70. בצד היצע האנרגיה, עליית מחירי האנרגיה משקפת מנקודת מבט כלכלית את הידלדלות המשאבים. לפי הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה (IEA) international energy agency — מחירי הנפט של דובאי עלו מ-1.63 ל-40.68 דולרים לחבית בשנים 1960-2016. המחירים אמנם ירדו מעט מאז, אך עדיין הם משקפים עלייה דרסטית במחירי האנרגיה בהשוואה למחירים ההיסטוריים (IEA, 2017).

בצד הביקוש הגדל עם השנים, צרכנים נדרשים לדעת להשתמש נכון יותר באנרגיה כדי שההיצע יתאים לצורכי האנרגיה בהווה ובעתיד.



מקור: Enerdata, 2017.

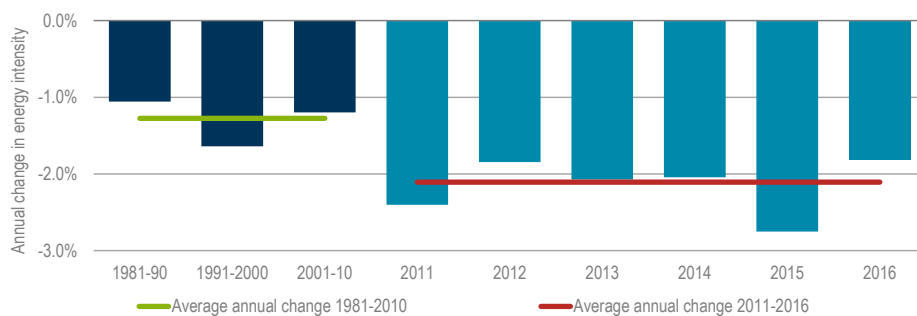
<http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/ClimateChange/GHGandEnergyEfficiency/Pages/default.aspx> ²

סוגיה בוערת נוספת היא שלתהליכי ייצור האנרגיה יש השפעות שליליות על החברה והסביבה. ייצור חשמל רווי בהשפעות חיצוניות שליליות: חציבת חומרי הגלם גורמת לרוב לזיהום מים, הרס בתי גידול ופגיעה סוציו-אקונומית. שריפת פחם מזהמת את האוויר וגורמת לתחלואה ולתמותה של בני אדם, ומביאה לזיהום כספית בשרשרת המזון הימית. לצורך ייצור אנרגיה נעשה שימוש במים, לפעמים על חשבון החקלאות או המערכות האקולוגיות. מאות שנים של שימוש בדלקים פוסיליים גרמו לשחרור של יותר מטריליון טונות של פחמן דו-חמצני וגזי חממה נוספים, הגורמים לשינוי אקלים שכבר מוביל לעלייה במפלס הים, לסופות קיצוניות ולבצורות. סוגיה זו, אם לא תטופל, תעצים את הנזק שכבר נגרם לתשתיות ולעסקים, ומאיים על הביטחון התזונתי ועל היציבות הפוליטית (Gies, 2017).

אתגרים אלו מחייבים נקיטת פעולות ליעול משק האנרגיה, הן בצד ההיצע והן בצד הביקוש. בצד ההיצע, יש אפשרות לפתרונות חלקיים, למשל לעבור לשימוש באנרגיות מתחדשות ונקיות, כגון אנרגיית שמש ואנרגיית רוח. אלא שהיכולת להשתמש בטכנולוגיות אלו מוגבלת כיום, ולכן יש חשיבות רבה ליעיל את השימושים באנרגיה. חשוב לציין כי מבין האמצעים הקיימים לפתרון המחסור באנרגיה, התייעלות אנרגטית היא הפתרון הזול, היעיל והמהיר ביותר ליישום (דולב, כהן-פארן וסגל, 2009).

לפי המועצה העולמית לאנרגיה (WEC – World Energy Council), הפרודוקטיביות ליחידת אנרגיה משתפרת במרבית המדינות. צריכת האנרגיה ליחידת תמ"ג (GDP) (אינטנסיביות אנרגיה ראשונית³) ירדה מ-0.25 ל-0.15 ק"ג נפט ליחידת תמ"ג במחירי 2005 (koe/\$2005P) בין 1990 ל-2014, אך לטענת המועצה עדיין יש במה להשתפר בתחום התייעלות האנרגטית. הירידה בצריכת האנרגיה ליחידת תמ"ג נובעת מכמה משתנים, בהם מחירי אנרגיה גבוהים, תוכניות ממשלתיות מוצלחות לעידוד התייעלות אנרגטית, החמרת הרגולציה על פליטות גזי חממה ומעבר לפעילות כלכלית הדורשת פחות חשמל, לדוגמה צמיחת ענף השירותים (Su, Yang and Lin, 2017).

תרשים 2. שינויים שנתיים בעצימות האנרגטית הראשונית העולמית, 1981-2016



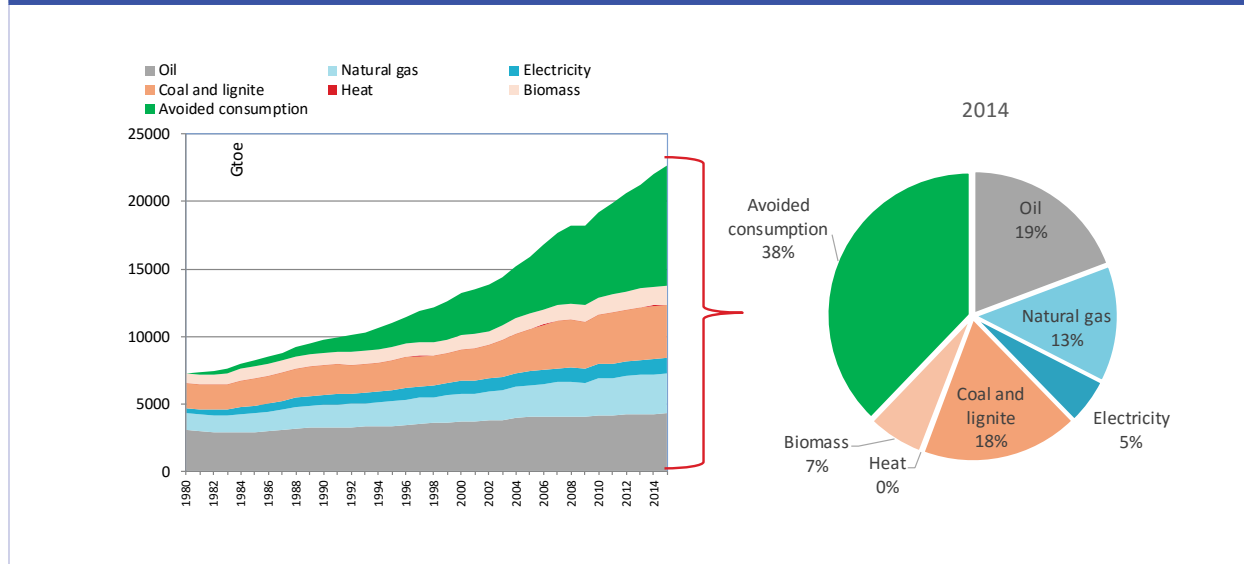
מקור: IEA, 2017.

התייעלות אנרגטית נתפסת כיום כמקור אנרגיה נוסף – "הדלק הראשון" (first fuel). על-ידי ייעול בצריכת האנרגיה, היא למעשה מפנה מקורות אנרגיה ולכן נחשבת מקור נוסף (אנרגיה שלא נצרכה). בכלכלות הגדולות, התייעלות אנרגטית אף

³ Primary energy intensity

מהווה מקור אנרגיה נכבד. לפי המועצה העולמית לאנרגיה, בשנת 2014 הייתה התייעלות אנרגטית (אנרגיה שלא נצרכה) 38% מצריכת האנרגיה ברמה העולמית (WEC, 2016).

תרשים 3. צריכת אנרגיה ראשונית, כולל אנרגיה שלא נצרכה (אחוזים ברמה העולמית)



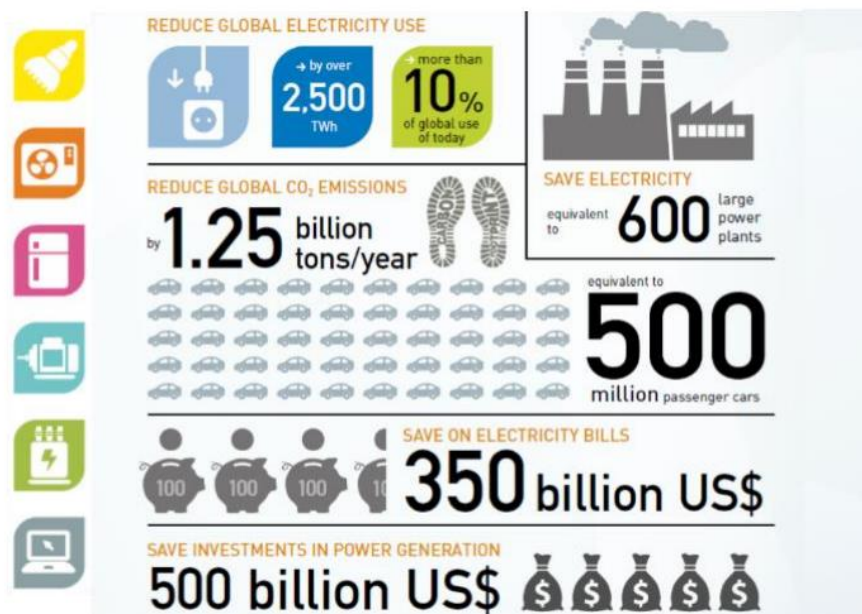
מקור: Enerdata, 2014.

לצד ההישגים המרשימים בתחום ההתייעלות האנרגטית והירידה העקבית ברמת העצימות האנרגטית,⁴ עדיין ישנם פערים גדולים בין מחוזות ומדינות בצריכת האנרגיה בתעשייה ובמשקי הבית. אירופה מובילה בעצימות האנרגטית הנמוכה ביותר ליחידת תמ"ג במונחי כוח הקנייה (PPP – Purchasing Power Parity), ואחריה ממוקדמות אמריקה הלטינית ומדינות ה-OECD באסיה. סין נמצאת הרחק מאחור עם עצימות אנרגטית ליחידת תמ"ג הגבוהה פי שניים בהשוואה לאירופה. אחד המשתנים המבחינים בין מדינות ברמת העצימות האנרגטית הוא השאלה האם המדינה מיצרת נפט. במדינות המפיקות נפט בתחומן, מחירי האנרגיה לרוב נמוכים יותר, דבר המושך תעשיות עתירות באנרגיה ומעכב את החדירה של טכנולוגיות להתייעלות אנרגטית. פערים גדולים במיוחד אפשר לראות ברמת צריכת האנרגיה הממוצעת של משקי בית במדינות שונות. בהודו, למשל, צריכת האנרגיה הממוצעת למשק בית היא כ- 1,000 קוט"ש לשנה, בעוד באמריקה הצפונית הצריכה למשק בית מגיעה ל-8,000 קוט"ש לשנה (WEC, 2016).

פערים אלו מעידים כי בעולם יש פוטנציאל רב להתייעלות אנרגטית שאינו ממומש. אם בוחנים רק את ששת המוצרים שהם צרכני האנרגיה העיקריים, אפשר לראות שמימוש פוטנציאל ההתייעלות שלהם בשנת 2030 היה חוסך יותר מ- 10% מצריכת האנרגיה העולמית בשנת 2014.

⁴ צריכת האנרגיה ליחידת תמ"ג.

תרשים 4. פוטנציאל השיפור בהתייעלות האנרגטית עבור ששת המוצרים צרכני האנרגיה הגדולים: תחזית ל-2030



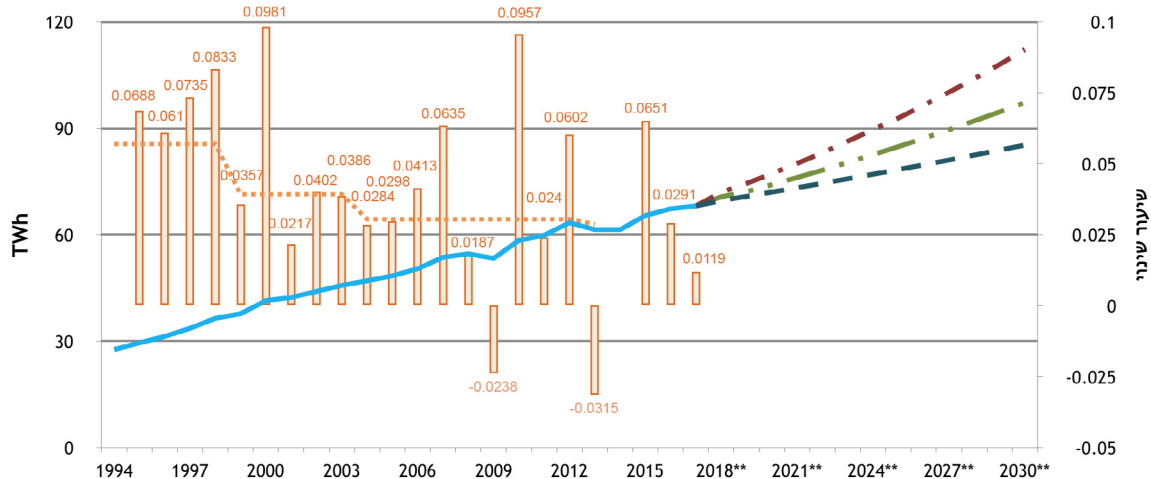
מקור: UNEP, 2014.

1.3 התייעלות אנרגטית בישראל

המגמות העולמיות במשק האנרגיה לא פסחו על ישראל. בצד הביקוש, צריכת החשמל הכוללת וצריכת החשמל לנפש עלו במידה ניכרת לאורך שנות קיומה של המדינה. מאז קום המדינה גדלה האוכלוסייה בישראל פי 8.8 בקירוב, אך צריכת החשמל הממוצעת לנפש עלתה פי 21 (תבורי, 2012).

ייצור החשמל עבר אף הוא תמורות משמעותיות לאורך שנות קיומה של המדינה, על רקע הגידול המתמשך בביקוש לחשמל והדאגות לעתיד משק החשמל. בשנות ה-50 הולאמה חברת החשמל לישראל (חח"י) על רקע המשבר בייצור חשמל, ובשנות ה-90 הוקמו ועדות שתפקידן היה להציע דרכים לקידומו של משק החשמל בישראל, עד שהשנה (2018) אושרה לבסוף רפורמה במשק החשמל. התועלת המרכזית למשק מהרפורמה היא פירוק של חלק משמעותי במונופול האנכי במשק החשמל, ובפרט הוצאת יחידת ניהול המערכת ויחידת התכנון והפיתוח לחברה ממשלתית נפרדת מחח"י. השינוי המבני הצפוי בעקבות הרפורמה, בהנחה שאכן יושג, יתבטא לאורך זמן בהפחתה של מחיר החשמל, ביעול המערכת ובהטמעה של טכנולוגיות מגוונות יותר לייצור ולאספקה של חשמל (בנק ישראל, 2018).

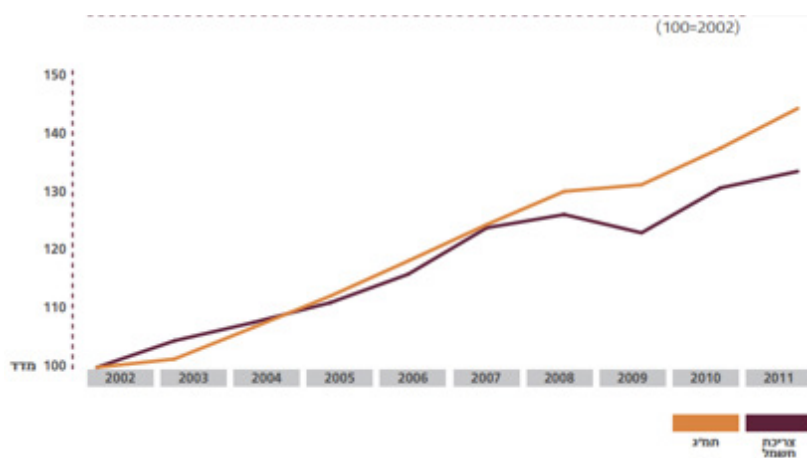
תרשים 5. צמיחת ייצור החשמל בישראל (נתונים היסטוריים בשילוב תחזיות עד 2030)



מקור: רשות החשמל, 2018.

הביקוש לחשמל בישראל עולה לאורך השנים, אך בדומה למגמות במדינות המפותחות בעולם, גם בישראל ישנה ירידה בקצב הגידול בביקוש. כמו כן, אפשר לראות כי על-פי ממצאי המועצה העולמית לאנרגיה בנוגע לעלייה בפרודוקטיביות ליחידת אנרגיה, גם בישראל השינוי השנתי הממוצע בתמ"ג בעשור האחרון עולה על השינוי השנתי הממוצע בביקוש לחשמל בעשור האחרון.

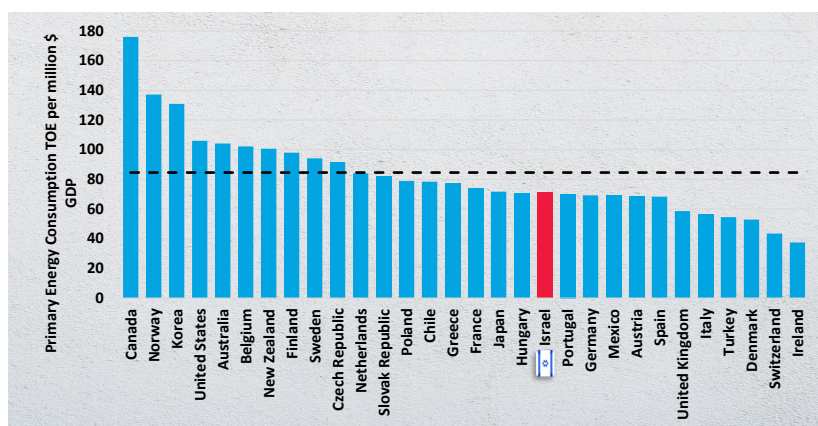
תרשים 6. הגידול בתוצר המקומי הגולמי בהשוואה לגידול בצריכת החשמל הכללית



מקור: חברת חשמל לישראל, 2011.

בהשוואה בינלאומית, העצימות האנרגטית בישראל ליחידת תוצר היא בשליש התחתון של מדינות OECD. ממצא זה יכול להעיד על התייעלות אנרגטית של המשק, אך גם על ריכוז של התוצר בענפים שאינם עתירי חשמל, כגון ענף השירותים.

תרשים 7. עצימות אנרגטית - השוואה בינלאומית



מקור: BDO, 2018.

לצד הירידה בעצימות האנרגטית בישראל לאורך השנים, צריכת החשמל ממשיכה לעלות. בתרחיש "עסקים כרגיל"⁵, הביקוש לחשמל בישראל צפוי לגדול בכ-71% עד שנת 2030 בהשוואה לשנת 2014, ולהגיע לצריכה משקית של כ-96 טרה-ואט-שעה. עלייה בצריכת החשמל בשיעור ניכר תגרור המשך פגיעה משמעותית בסביבה (זיהום אוויר, זיהום מקורות מים ועוד), והגדלת תלותה של המדינה במקורות אנרגיה פנימיים וחיצוניים (משרד האנרגיה, 2017).

2. מדיניות לקידום התייעלות אנרגטית

2.1 מדיניות לקידום התייעלות אנרגטית בעולם

ממשלות בכל רחבי העולם מקדמות התייעלות אנרגטית, ובשנים האחרונות קבעו רבות מהן יעדים מדידים בתחום (IEA, 2010). האיחוד האירופי, למשל, שם לו למטרה לצמצם את צריכת האנרגיה במדינות האיחוד ב-20% עד 2020, וב-32.5% ב-2030, זאת בהשוואה לתרחיש "עסקים כרגיל". כמו כן, כל מדינה באיחוד האירופי חויבה להגיש תוכנית לאומית לקידום התייעלות אנרגטית ולעדכנה מדי שלוש שנים.⁶ דוגמה נוספת היא מדינת קליפורניה, שהתחייבה לצמצם עד 2030 את פליטות גזי החממה ב-40% בהשוואה לרמת הפליטות ב-1990, ובהתאם לכך התחייבה להגדיל את התייעלות האנרגטית בחשמל וגז טבעי במדינה בשיעור של פי שניים עד 2030.⁷ המחויבות להתייעלות אנרגטית אינה מאפיינת רק את המדינות

⁵ "תרחיש עסקים כרגיל" הוא תרחיש המשקף את היקף צריכת החשמל הצפויה בשנת 2030, על-פי המגמות נכון לשנת 2015.

⁶ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency>

⁷ <http://www.energy.ca.gov/sb350>

המפותחות. גם המדינות המתפתחות, דוגמת הודו וסין, שמו להן למטרה להתייעל אנרגטית והן מפעילות מדיניות תומכת להשגת היעדים הללו.⁸

קידום התייעלות אנרגטית היא מדיניות עיקרית בזכות הקשר שבין התייעלות אנרגטית לביטחון אנרגטי, לסוגיות סביבתיות כגון פליטות גזי חממה, ליצירת מקומות עבודה ולתועלות כלכליות נוספות (IEA, 2011). כל אלה הביאו לידי פיתוח של כלי מדיניות לעידוד ההתייעלות האנרגטית (ספקטור בן ארי, 2016):

- כלי מדיניות המבוססים על מנגנונים רגולטוריים (חיוב בסקרי אנרגיה וניהול אנרגיה, תקנים ליעילות אנרגטית מינימלית של מכשירי חשמל).
- כלי מדיניות המבוססים על מנגנונים כלכליים (מענקים, סובסידיות וכלי מיסוי המעודדים התייעלות אנרגטית).
- כלי מדיניות המבוססים על מנגנוני תמחור (הפנמת עלויות חיצוניות של ייצור אנרגיה על-ידי היטל זיהום, קביעת תעריפי חשמל דיפרנציאליים המשקפים עלויות של צריכת אנרגיה הגבוהה מרף מסוים).
- כלי מדיניות להגברת ההשקעות בתחום (עידוד חברות אסקו, הקמת קרנות מחזוריות להתייעלות אנרגטית).
- פרסום מידע והעלאת המודעות (דירוג אנרגטי למכשירי חשמל ומבנים, תוכניות חינוכיות להעלאת המודעות להתייעלות אנרגטית).

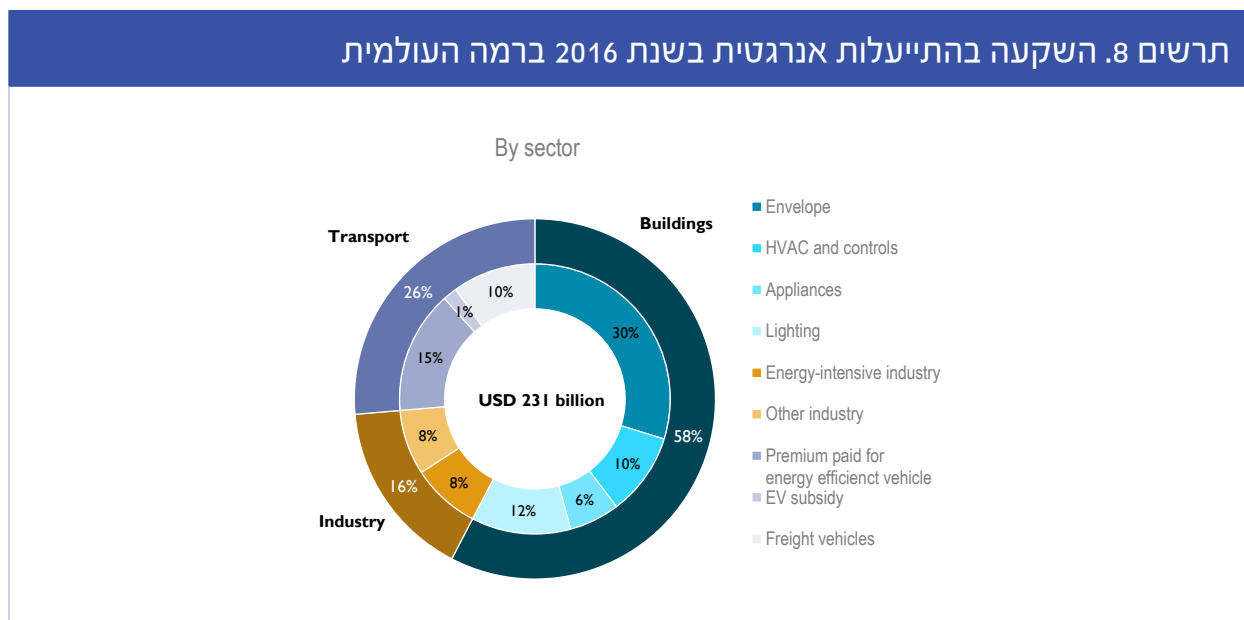
ההתערבות הממשלתית לעידוד ותמיכה בהתייעלות אנרגטית דרושה בשל זיהוי כשלי השוק הבאים (WEC, 2016):

- מידע חסר או חלקי בנוגע לפוטנציאל ההתייעלות האנרגטית.
- גישה מוגבלת של השוק המקומי למכשירים ולאמצעי ייצור יעילים אנרגטית.
- חוסר בשירותים טכניים, מסחריים ופיננסיים בתחום ההתייעלות האנרגטית.
- הצרכן הסופי שמשלם את חשבונות האנרגיה אינו תמיד מקבל החלטות ביחס להשקעה בהתייעלות אנרגטית (למשל, במקרה של שכירות).
- חסמי המימון עבור צרכנים פרטיים גורמים לכך שברמת הצרכן הבודד, ההשקעה בהתייעלות אנרגטית אינה כדאית, אף שברמת המשק היא כדאית.

הכשלים האלה בדרך למימוש ההתייעלות האנרגטית הם שגורמים למדינות רבות להתערב במשק לטובת קידום התייעלות אנרגטית. בייחוד הושם דגש על עידוד המגזר הביתי והמסחרי להתייעלות אנרגטית, לנוכח התפיסה כי במגזרים אלו קיים פוטנציאל גדול של התייעלות אנרגטית שטרם מומש (IEA, 2011).

⁸ <https://powermin.nic.in/en/content/energy-efficiency>

תרשים 8. השקעה בהתייעלות אנרגטית בשנת 2016 ברמה העולמית



מקור: IEA, 2017.

2.2 מדיניות לקידום התייעלות אנרגטית בישראל

בישראל ישנה חקיקה ורגולציה בתחום ההתייעלות האנרגטית. החוקים בתחום זה כוללים את חוק מקורות אנרגיה, תש"ן—1989, שמטרתו לאפשר הסדרה של ניצול מקורות האנרגיה, הקצאתם בהתאם לצורכי המשק השונים ושימוש בהם ביעילות ובחיסכון; ואת חוק מקורות אנרגיה (תיקון) התשע"א—2011, שמטרתו הייתה לחייב את הממשלה לעבוד לפי תוכנית סדורה הכוללת יעדים ומדדים להתייעלות, להחיל את החוק גם על משרדי הממשלה ולייצר מנגנונים כלכליים שיעודדו את ההתייעלות (משרד האנרגיה, 2017).

התקנות בתחום זה כוללות תקנות לנצילות/יעילות אנרגטית, תקנות לסקרי אנרגיה ותקנות לפיקוח ודיווח צריכת אנרגיה (שם).

בספטמבר 2015 התחייבה ישראל, בהחלטת ממשלה מס' 542, לקחת חלק במאמץ העולמי להשגת המטרה של אמנת המסגרת של האו"ם בנושא שינוי האקלים, לפי החלטות CP.19/1 ו-CP.20/1.

להלן יעדי ממשלת ישראל, כפי שהוגדרו בהחלטת הממשלה:⁹

- יעד לאומי של 8.8 טונות פליטת גזי חממה לנפש בשנת 2025 ושל 7.7 טונות לפליטת גזי חממה לנפש בשנת 2030.
- צמצום צריכת החשמל בשיעור של לפחות 17% עד שנת 2030 בהשוואה לצריכת החשמל הצפויה באותה השנה לפי תרחיש "עסקים כרגיל".¹⁰

⁹ https://www.gov.il/he/Departments/policies/2015_dec542

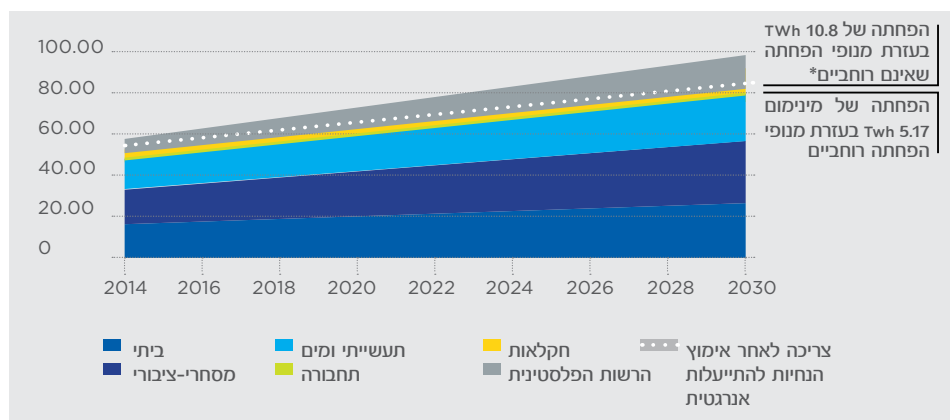
¹⁰ תרחיש "עסקים כרגיל" הוא תרחיש המשקף את היקף צריכת החשמל הצפויה בשנת 2030, על-פי המגמות נכון לשנת 2015.

- צמצום הנסועה הפרטית בשיעור של 20% עד לשנת 2030 בהשוואה לנסועה הצפויה באותה השנה לפי תחזית "עסקים כרגיל" והמגמות נכון לשנת 2015.
- ייצור החשמל מאנרגיה מתחדשת יעמוד על שיעור של 13% לפחות מסך כל צריכת החשמל בשנת 2025, ובשיעור של 17% לפחות מסך כל צריכת החשמל בשנת 2030.

בהמשך לכך, בשנת 2016 אושרה החלטת ממשלה מס' 1403 בנושא תוכנית לאומית ליישום היעדים להפחתת פליטות גזי חממה ולהתייעלות אנרגטית, ובה פורטו הצעדים להשגת היעדים שפורטו בהחלטת ממשלה 542. הצעדים כוללים, בין היתר, הקמת מנגנון ערבויות בגובה 500 מיליון שקלים להלוואות לשם השקעה בהתייעלות אנרגטית והפחתת פליטות גזי חממה במשק, הקמת קרן מענקים להשקעות בהתייעלות אנרגטית בסך של 300 מיליון שקלים והגשת תוכנית לאומית להתייעלות אנרגטית.¹¹

בשנת 2017 אושרה בממשלה התוכנית הלאומית להתייעלות אנרגטית 2016-2030. התוכנית מכוונת להשגת יעד ההפחתה של 17% מצריכת החשמל במשק בהשוואה לצריכה הצפויה בשנת 2030. היא מפרטת את הצעדים הנדרשים בכל מגזר, מגדירה סדרי עדיפויות ומציגה את הפעולות שיוביל משרד האנרגיה והמלצות לפעולות עתידיות הנדרשות לחיזוקה של מגמות התייעלות האנרגטית במשק הישראלי (משרד האנרגיה, 2017). כדי לעמוד ביעד התייעלות האנרגטית הלאומי, צריכת האנרגיה המשקית צריכה להיות לכל היותר 80 טרה-וואט-שעה ב-2030.

תרשים 9. תחזית צריכת החשמל בתרחיש "עסקים כרגיל" ולאחר יישום האמצעים להתייעלות אנרגטית עד שנת 2030



מקור: משרד האנרגיה, 2017.

¹¹ <http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DecisionStockpileGovernment/Pages/2016/Decision1403.aspx>

3. התייעלות אנרגטית והפנמת העלויות החיצוניות במחיר חשמל בישראל

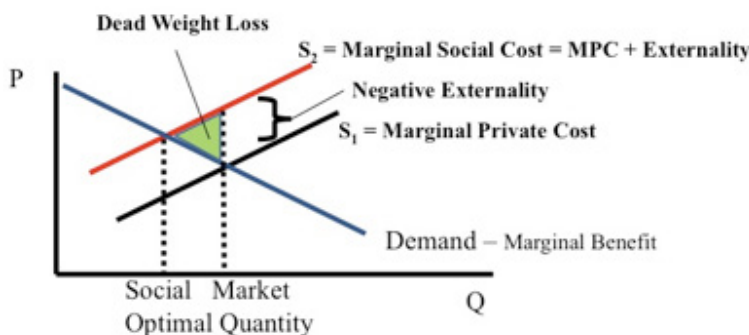
3.1 הפנמת העלויות החיצוניות ככלי לקידום התייעלות אנרגטית

”עלויות חיצוניות” הן שם כולל להשפעות שליליות הנלוות לפעילות יצרנית או מסחרית, המשפיעות על החברה או על הסביבה ואינן באות לידי ביטוי במחיר המוצר או השירותים (University of Calgary, 2018).

אחד מכלי המדיניות לקידום התייעלות אנרגטית הוא הפנמת העלויות החיצוניות בייצור חשמל על-ידי היטל זיהום. ייצור החשמל הקונבנציונלי רווי בהשפעות חיצוניות שליליות לחברה ולסביבה. כאשר עלויות אלו אינן מושתות על היצרן, הציבור הוא שלמעשה נושא בנטל במקומו. הפנמת העלויות החיצוניות במחיר הכולל של המוצר מובילה לקבלת החלטות מושכלת יותר בנוגע לשימוש באותו מוצר, לטובת כלל המשק. הפנמה של העלויות החיצוניות, לרוב עלויות זיהום אוויר הנגרם מייצור חשמל, על-ידי היטל זיהום תוביל לייצור נקי יותר של חשמל ולשימוש מושכל יותר בחשמל.

אי-הפנמה של העלויות החיצוניות מובילה לכשל שוק. בצד הייצור, היצרן לא נושא בעלויות הזיהום ולכן השיקול הסביבתי-חברתי אינו מקבל משקל בקבלת ההחלטות בנושא הייצור. הדבר מוביל לרוב לייצור חשמל מזהם יותר, והציבור הוא שנושא בפועל בעלות זו. בצד הביקוש — המחיר לצרכן לא משקף את העלות הכוללת של החשמל למשק, והדבר מביא לידי צריכה הגבוהה מהצריכה האופטימלית למשק, ולאובדן רווחה חברתית.

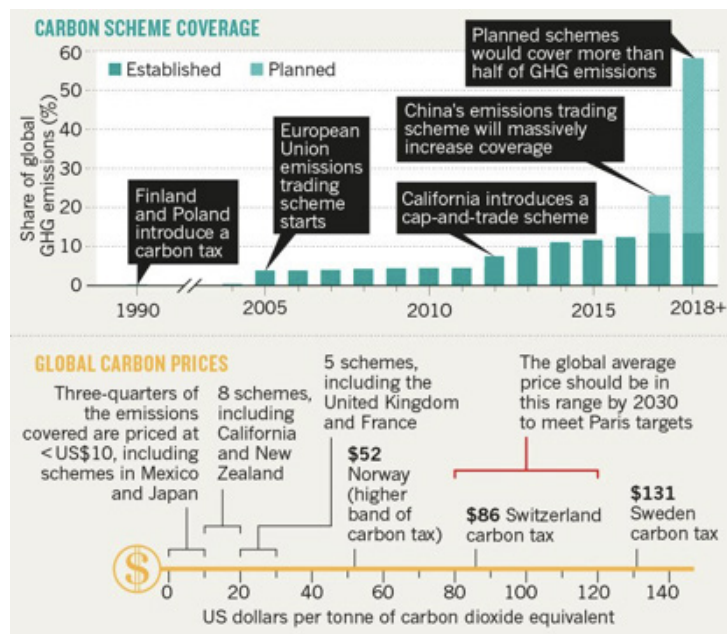
תרשים 10. העלויות החיצוניות השליליות בייצור החשמל והיקף הצריכה



מקור: BYU IDAHO, 2018.

כיום, ליותר מ-40 מדינות יש תוכנית לאומית לתמחור פחמן דו-חמצני, אך תוכניות אלו מכסות רק כ-13% מפליטות גזי החממה בעולם. לפי הבנק העולמי, שיעור זה יכול לקפוץ עד כדי 20-25 אחוזים אם סין תפעל על-פי התוכנית המוצהרת שלה לסחר בפחמן. זאת ועוד, 75% מהפליטות המכוסות בתוכניות מתומחרות נמוך מדי, פחות מ-\$10 לטונה — נמוך מכדי להביא לידי שינוי בהתנהגות. כדי לעמוד ביעדי ועידת האקלים של פריז, המחיר הממוצע לפחמן בשנת 2020 צריך להיות 40-80 דולרים, וב-2030, 80-120 דולרים (Gies, 2017).

תרשים 11. תוכניות לתמחור פחמן דו-חמצני



נתונים: World Bank/Ecofys/Vivid Economics, 2016.

מקור: Nature, 2017.

לנוכח מחויבותה של ישראל לקידום התייעלות אנרגטית, נכון לבחון את המהלך להפנמת עלויות חיצוניות במחיר החשמל ככלי לקידום התייעלות אנרגטית. בפרקים הבאים אבחן את הקשר בין מחיר חשמל לצריכת החשמל, את העלויות החיצוניות בייצור חשמל בישראל ואת ההשפעה שתהיה להפנמתם במחיר על צריכת החשמל של משקי בית ועל הוצאות החשמל של משקי בית.

3.2 הקשר בין מחיר החשמל להתייעלות אנרגטית

מודלים לניתוח הביקושים במשק האנרגיה החלו להתפתח בשנות השבעים, לאחר משבר הנפט, כדי לייצר תשתית למשק אנרגיה בר-קיימא (Bohi and Zimmermann, 1984; Bohi, 1981). בשנים האחרונות אנו עדים לגידול בקצב ההתפתחות של הספרות המחקרית בנושא, וזאת בזכות עליית המודעות להשפעות הסביבתיות של ייצור החשמל ולהתחייבויות מדינות העולם להוריד את היקפי הפחמן הנפלט לאטמוספירה (EIA, 2016). בפרק זה אסקור את הספרות הקיימת בדבר הקשר בין מחיר החשמל לצריכת החשמל.

גמישות הביקוש למחיר בישראל

הספרות על המשתנים המשפיעים על צריכת האנרגיה עוסקת במושג "גמישות הביקוש לחשמל" על-פי משתנים שונים. מונח זה מתאר את הקשר בין שיעור השינוי במשתנה כלשהו לבין שיעור השינוי בצריכת החשמל. למשל, גמישות ביקוש החשמל למחיר של 0.2- פירושה שעל כל שינוי של 1% במחיר החשמל, צריכת החשמל תקטן ב-0.2%.

שגמישות צריכת החשמל למחיר היא בין 0.2- לבין 0.6-. כלומר, על כל עלייה של 1% במחיר החשמל צריכת החשמל תפחת בשיעור של 0.2-0.6 אחוזים.

מחקר שערך בנק ישראל אומד את ההשפעה של משתנים שונים על הביקוש לחשמל של משקי בית ותעשייה, בהם קצב הגידול של הפעילות הכלכלית ומחיר החשמל היחסי, תוך שימוש בנתונים עבור השנים 1970-2015. במחקר נמצא כי למחיר החשמל יש השפעה ישירה על צריכת החשמל של משקי הבית: עליית המחיר מפחיתה את צריכת החשמל ב-25% עד 30% מהיקף השינוי במחיר, ולהפך. בענפי התעשייה והשירותים יש למחיר החשמל השפעה עקיפה על הצריכה: עליית המחיר מורידה את גמישות הצריכה של היצרנים ביחס לגידול בתוצר. כלומר, כאשר מחיר החשמל עולה, יורדת ההשקעה השולית בטכנולוגיות עצימות חשמל (גאלו, 2017).

שני המחקרים לעיל מוצאים קשר שלילי בין מחיר החשמל לבין הצריכה בישראל. המחקר הראשון מצביע על טווח גדול יותר של גמישות. בשני המחקרים, גמישות הביקוש למחיר נבחנת על פני טווח ארוך יחסית של שנים, ולכן אפשר לומר כי הגמישויות שנמצאו משקפות את ההשפעה בטווח הארוך.

גמישות הביקוש לחשמל בעולם

הספרות המחקרית בעולם בנושא זה עשירה יותר. Espey & Espey (2004) ערכו ניתוח-על (meta-analysis) של נתוני 1947-1997 ואמדו את גמישות צריכת החשמל למגורים למחיר החשמל. הם מצאו כי הגמישות בטווח הקצר היא 0.35- ובטווח הארוך 0.85-.

Dergaides & Tsoulfidis (2008) ממדלים את צריכת החשמל של משקי בית בארה"ב בשנים 1965-2006. הם בוחנים כיצד משפיעים התוצר לנפש, מחיר החשמל, מחיר מוצרי אנרגיה תחליפיים ומלאי הדירות על צריכת חשמל של משקי בית, ומוצאים גמישות מחיר גבוהה בטווח הארוך, בהשוואה לזו שבספרות (1.065-).

Labandeira, Labeaga, & López-Otero (2017) ערכו ניתוח-על (meta-analysis) של גמישויות צריכת האנרגיה ומוצרי האנרגיה למחיר. הם מוצאים שגמישות הביקוש למחיר הנאמדת בטווח הארוך, גבוהה מזו של הטווח הקצר. ממצא זה מתקבל על הדעת, שכן בטווח הארוך יש למשקי הבית גמישות גדולה יותר בהתאמת הצריכה שלהם (בחירת מוצרי החשמל שהם משתמשים בהם, שינוי התנהגות ועוד). הם מוצאים כי גמישות צריכת החשמל למחיר עומדת בטווח הקצר על 0.126- ובטווח הארוך על כ-0.365-. ביחס לצריכת משקי הבית בפרט, הם מוצאים שגמישות הצריכה למחיר בטווח הקצר עומדת על 0.065- ובטווח הארוך על 0.116-.

Romero-Jordán, Peñasco & del Río (2014) אומדים מודל אקונומטרי לצריכת החשמל של משקי בית באזורים גיאוגרפיים שונים בספרד בשנים 1998-2009. הם בוחנים את ההשפעה של הכנסה, טמפרטורה ומחיר מוצרי אנרגיה על צריכת החשמל, ומוצאים גמישויות בטווח שנמצא בספרות.

Lee & Chiu (2011) בחנו נתוני פאנל של 24 מדינות OECD בשנים 1978-2004, ומצאו כי הקשר בין צריכת החשמל להכנסה ולמחיר אינו לינארי. בפרט, הגמישות של צריכת החשמל להכנסה ולמחיר יורדת עם ההכנסה. ממצא זה מראה כי צריכת החשמל של משקי בית במצב סוציו-אקונומי נמוך תושפע פחות משינויי המחיר, דבר שיכול להביא לכך שבמקרה של עליית מחיר החשמל, תחול עלייה משמעותית בהוצאות החשמל שלהם.

המחקרים לעיל מצביעים על כך שגם בעולם נמצא קשר שלילי בין שינוי במחיר החשמל לצריכת החשמל. המחקרים מוצאים טווח רחב יחסית של גמישויות, ואפשר לראות כי אלה משתנות ממדינה למדינה, מתקופה לתקופה, וכמובן מצד צרכן לצרכן. בהמשך המחקר אתיחס לגמישויות שמצא בנק ישראל, לשם חישוב ההשפעה של שינוי המחיר המוצע על צריכת החשמל. מדובר במחקר עדכני שנעשה על ישראל, ולכן ממצאיו הם הרלוונטיים ביותר לניתוח השפעת השינוי במחיר על הצריכה בישראל.

היבטים נוספים על הקשר בין מחיר חשמל להתייעלות אנרגטית

Yu-Wen, Hao-Yen & Chih-Hsun (2017) בחנו את השפעת השינוי במחיר החשמל בטאיוואן על ההתייעלות האנרגטית והתוצר. הם לוקחים בתור מקרה מבחן את תעשיות הברזל והפלדה. בין 2012 ל-2013 עלה מחיר החשמל בטאיוואן ב-19.78%, והעלייה גרמה ליצרנים להשקיע בשיפור היעילות האנרגטית. כמו כן, הם מצאו כי העלייה במחיר החשמל השפיעה באופן שלילי על הכלכלה הטאיוואנית, אך ההתייעלות האנרגטית מצמצמת את ההשפעה השלילית. בפרט, הם מצאו כי ההשקעה והשיפור בהתייעלות אנרגטית משפיעים באופן חיובי על הערך המוסף בתעשיות הברזל והפלדה, ועל התמ"ג בטאיוואן. השיפור בהתייעלות האנרגטית מוביל להתייעלות בייצור, דבר המגדיל את התוצר אחרי ההשקעה. כמו כן, הם מצאו שההתייעלות האנרגטית משפיעה לחיוב על מספר המועסקים.

מאמרם של Cohen, Glachant & Söderberg (2015) מתמקד בהתייעלות אנרגטית בשוק למוצרי חשמל בני-קיימא, שוק שמקובל להאמין שיש בו פערים גדולים של התייעלות אנרגטית. החוקרים בחנו את השפעת השינוי במחיר החשמל על שוק המקררים באנגליה בשנים 2002-2007, ומצאו שהדבר הגורם להשפעה חלקית של העלאת המחיר על הצריכה בשוק אינו קוצר הראייה של הצרכנים אלא שינוי במחיר היחסי של המוצרים היעילים אנרגטית לעומת המוצרים הפחות יעילים אנרגטית. בהינתן תחרות לא מושלמת בשוק מוצרי החשמל, יצרנים מורידים את המחיר היחסי של מוצרי החשמל הלא יעילים אנרגטית, וכך משפיעים על בחירות הצרכנים. הם מצאו כי שינוי המחיר על-ידי היצרנים מכסה על יותר מחצי מהחיסכון שהיה מושג אילו היה נקנה מוצר יעיל. התוצאות שלהם מצביעות על כך שיש לתת את הדעת על התנהגות זו של היצרנים בבואנו לעדכן את מחיר החשמל לקידום התייעלות אנרגטית.

המחקרים לעיל מלמדים על השפעות נוספות של שינוי מחיר החשמל, מעבר לשינוי הצריכה, ועל משתנים נוספים שיכולים להשפיע על תגובת הצרכנים לשינוי המחיר.

מתוך הספרות שהוצגה אתקדם לניתוח מקרה מבחן לעדכון מחיר החשמל בישראל על-ידי הפנמה של העלויות החיצוניות בייצור החשמל. בנייתו אתיחס להשפעות של שינוי המחיר על צריכת החשמל של משקי הבית, ועל החיסכון המשקי שייווצר עקב עדכון המחיר. לצורך חישוב השינוי בצריכת חשמל אשתמש במסקנות המחקר של בנק ישראל, שמצא שגמישויות ביקוש החשמל למחיר של משקי בית היא בין 0.25 ל-0.3. בנייתו אבחן שלוש גמישויות: 0.2, 0.25 ו-0.3 — גמישויות המשקפות טווח ריאלי על בסיס המחקרים שנסקרו.

3.3 מקרה בוחן – הפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל וההשפעה על ההתייעלות האנרגטית של משקי בית

3.3.1 מתודולוגיה

בפרק זה תיבחן את ההשפעה של הפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל על צריכת החשמל של משקי בית בישראל.

הניתוח מורכב משלושה חלקים:

1. גיבוש הצעות לעדכון המס העודף על דלקי המאובנים (פוסיליים).
2. חישוב מחיר החשמל בהינתן ההצעות לעדכון המס העודף.
3. חישוב ההשפעה של מחיר החשמל המוצע על צריכת החשמל של משקי בית.

פירוט השלבים:

שלב א'

הפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל חושבה על-ידי עדכון המס העודף על הדלקים המוצבים העיקריים המשמשים לייצור חשמל בישראל (פחם וגז).

במחקר גובשו ארבע הצעות לעדכון המס העודף על הדלקים, על בסיס העבודה של המשרד להגנת הסביבה בנושא הערכת העלויות מזיהום אוויר, ועל בסיס דוח ועדת מיסוי ירוק 3. בעבודה של המשרד להגנת הסביבה העלות של כל מזהם למשק. ועדת מיסוי ירוק 3 חישבה — על בסיס עבודת המשרד להגנת הסביבה ועל בסיס נתוני הפליטות לכל דלק — את המס העודף לכל טונה של דלק, כך שישקף את העלויות החיצוניות משימוש בו לייצור חשמל.

ההצעות לעדכון המס העודף על הדלקים המזהמים כוללות הצעה להפנמה מלאה של העלויות החיצוניות בייצור חשמל, ושלוש הצעות להפנמה חלקית של העלויות החיצוניות. הבחירה לנתח גם הצעות למיסוי עודף שיהווה ביטוי חלקי לעלויות החיצוניות בייצור חשמל מתבססת על העובדה שיש פער גדול מאוד בין המיסוי העודף הקיים לבין המיסוי העודף ה"נכון" על בסיס העבודות שנעשו בנושא. העלאה חדה של המיסוי העודף יכולה ליצור זעזוע במשק, ועל כן אינה צעד מומלץ בטווח הקצר. לאור זאת בחנתי הצעות להפנמה חלקית של העלויות החיצוניות, שיביאו לידי עלייה פחות חדה בהשוואה למיסוי העודף הקיים.

שלב ב'

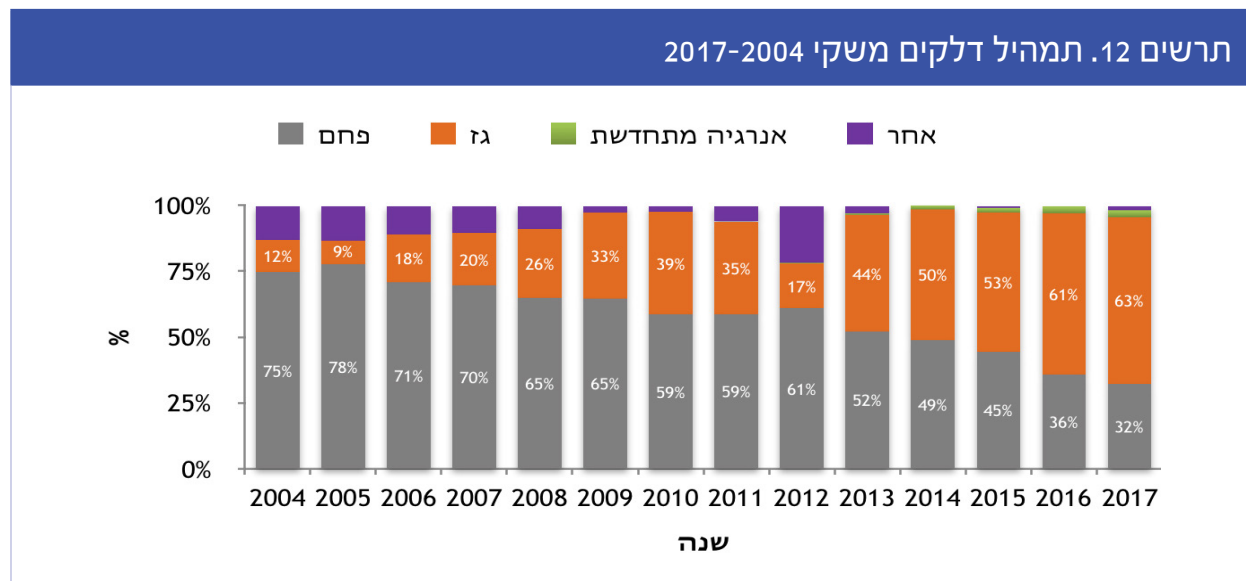
בהמשך לגיבוש ההצעות להעלאת המיסוי העודף על פחם וגז, חושבו בעזרת רשות החשמל מחירי החשמל בהינתן ההצעות השונות להעלאת המיסוי העודף. מחירי החשמל ה"חדשים" מבוססים על התעריף הקיים היום, על-פי החלטת הרשות על העדכון השנתי לתעריף החשמל לשנת 2018, על תמהיל הדלקים לשנת 2018 ועל הנחות היסוד לחישובו המופיע בסעיף 2יא' להחלטה זו.

שלב ג'

בשלב האחרון הוערכה ההשפעה של העלאת מחיר החשמל על צריכת החשמל של משקי בית. על בסיס נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה הוערכה צריכת החשמל בקוט"ש למשק בית לפי חמישוני הכנסה. לכל הצעה להעלאה של מחיר החשמל חושבה ההשפעה על צריכת החשמל במשקי הבית, בהנחה של גמישויות הביקוש שבין 0.2- ל-0.3-. בפרקים הבאים יוצגו ממצאי כל שלב.

3.3.2 שלב א' – עדכון המיסוי העודף לאור העלויות החיצוניות

נכון לשנת 2018, רובו המוחלט של ייצור החשמל בישראל מבוסס על דלקי מאובנים: פחם, גז וסולר. בעבר היה הפחם הדלק העיקרי לייצור החשמל בישראל, אך בשנים האחרונות חלה ירידה משמעותית בנתח הייצור בפחם במשק החשמל, ונכון לשנת 2016 הוא עומד על 36%. ההפחתה בנתח הייצור מפחם מקודמת כחלק ממדיניות שר האנרגיה, וצפויה להימשך גם בשנים הקרובות.



מקור: רשות החשמל, 2018.

בישראל, תהליכי ייצור חשמל אחראים לשיעור גבוה מזיהום האוויר.

בתהליך ייצור החשמל הקונבנציונלי נשרפים דלקים ונפלטות שני סוגים של מזהמים לאוויר (משרד ראש הממשלה, 2014):

1. מזהמי אוויר הפוגעים בבריאות האדם: PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_x , SO_2 הנזקים מפליטת מזהמים אלו הם אזוריים ומושפעים ממקום הפליטה וממאפייניו האקלימיים, הדמוגרפיים והכלכליים.

2. גזי חממה שפליטתם גורמת להתחממות האטמוספירה של כדור הארץ. יש סדרה של מזהמים המכונים "גזי חממה": פחמן דו-חמצני (CO_2), אוזון (O_3), מתאן (CH_4), חנקן תת חמצני (N_2O), משפחת הפראונים (כלורו-פלורו-פחמימנים CFC's), ואדי מים (H_2O). לשם הפשטות, גזי החממה מומרים למונחי CO_2 , ועלות הנזק מחושבת עבור פליטת CO_2 בלבד. ההשפעה של גזים אלו היא גלובלית, ואין משמעות למיקום הפליטה.

אומדן הנזק הנגרם מפליטת המזהמים הפוגעים בבריאות האדם נעשה באחת משתי שיטות מקובלות: שיטת העברת התועלות (Benefit Transfer) ושיטת תגובה — מינון (Dose — Response).

שיטת העברת התועלות כוללת שימוש בממצאי מחקרים שנעשו על נזקי המזהמים וניתוח הממצאים לפי ערכים מסבירים, כגון סקטור, תוצר לנפש, צפיפות אוכלוסייה, גודל אוכלוסייה מושפעת, מקור הזיהום ואחוז האוכלוסייה

החלשה. בעזרת שיטה זו אפשר להתאים את אומדן הנזקים למקום מסוים, על-ידי התאמה למאפיינים הרלוונטיים למיקום הספציפי. שיטה זו מקובלת במדינות רבות, ואומדן הטעות בה אינו גבוה (שם).

- שיטת תגובה — מינון היא שיטה העושה שימוש בפונקציות של תחלואה ותמותה האומדות את הקשר בין חשיפת הציבור למזהם מסוים בריכוזים שונים, לבין כמות התחלואה והתמותה. לצורך זה נדרש לכמת את ערכי הסימפטומים של התחלואה, ויותר מכך, את הערך של חיי אדם. ערכים אלו נקבעים על סמך סדרה של הנחות שונות, אשר עשויות להניב תוצאות שונות (שם).

המשרד להגנת הסביבה, בשיתוף משרד האוצר, יזם בשנת 2008 עבודה האומדת את הנזקים הכספיים לאדם ולסביבה הנגרמים מתהליך ייצור החשמל. במסגרת העבודה ביצעה חברת "פארטו הנדסה" אומדן לנזקים הנגרמים ממוזהמי האוויר הפוגעים בבריאות האדם ומגזי חממה, על פי שיטת העברת התועלות שתוארה לעיל. עלויות אלו מעודכנות ברמה שנתית על בסיס נוסחת עדכון המפורטת בעבודה (המשרד להגנת הסביבה, 2008).

תרשים 13. העלויות החיצוניות המוכרות על-ידי המשרד להגנת הסביבה, נכון ל-1.1.2018

חשמל		
1.1.2018	1.1.2017	
נ"מ לטון	נ"מ לטון	
44,923	42,920	SO ₂
26,016	24,856	NO _x
89,946	85,936	PM _{2.5}
64,120	61,261	PM ₁₀
---	---	VOC
---	---	CO
121	119	CO ₂

מקור: משרד להגנת הסביבה, 2018.

בינואר 2013 אישרה ממשלת ישראל תוכנית להפחתת התלות הישראלית בנפט בתחבורה.¹² במסגרת החלטת הממשלה הוקמה הוועדה למיסוי תחליפי נפט לתחבורה (ועדת "מיסוי ירוק 3"). מטרת הוועדה הייתה לגבש מדיניות כוללת לקידום תחליפי נפט על-פי עקרונות כלכליים, תוך הפנמת היתרון הסביבתי של התחליפים וקידום הביטחון האנרגטי של המדינה. במסגרת עבודת הוועדה נבחן הבלו הרצוי על כל אחד מתחליפי הנפט. אף שעיקר הדוח מתמקד במגזר התחבורה, נבחן גם הבלו הרצוי לחשמל ולתעשייה, לנוכח הקשר הישיר בין הבלו על דלקים לתחבורה לבלו על דלקים לחשמל ולתעשייה. חישוב העלויות החיצוניות מזיהום אוויר לפי סוג הדלק התבסס על עבודת המשרד להגנת הסביבה להערכת הנזקים מכל מזהם, ועל נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה על סך הפליטות מכל מקור דלק. דוח הוועדה הוגש בשנת 2016 (רשות המסים, 2016).

¹² החלטת ממשלה 5327 מיום 13.1.2013

תרשים 14. העלויות החיצוניות של דלקים לחשמל ולתעשייה

עלות חיצונית לטון בש"ח	בלו לטון בש"ח	דלק
726	46	פחם
357		פחם- לאחר התקנת סולקנים ²⁵¹
²⁵² 376	17	גז טבעי
1,545	15	מזוט 0.5% גופרית
2,194		מזוט 1.0% גופרית
536	119	גפ"מ

מקור: רשות המיסים, 2016.

יש לציין כי העלויות החיצוניות נמדדות לכל טונה דלק, לצורך ההשוואה עם שיעור המס לטונה. עם זאת, הכדאיות הסביבתית לשימוש בדלק מסוים מושפעת גם מכמות האנרגיה שאפשר להפיק מכל יחידה של דלק זה. לדוגמה, תכולת האנרגיה בטונה גז טבעי כמעט כפולה מתכולת האנרגיה בטונה פחם, וגם נצילות ייצור החשמל מגז טבעי גדולה בעשרות אחוזים מאשר מפחם. לכן, על אף הפער (הנמוך) בעלויות החיצוניות בין פחם לגז, אין ספק שייצור חשמל בגז סביבתי הרבה יותר מייצור חשמל בפחם (שם).

בהמשך לחישוב העלויות החיצוניות לטונה דלק, גיבשה הוועדה הצעה לפריסה של העלאת הבלו בחשמל ובתעשייה על פני כמה שנים.

תרשים 15. הצעה להעלאת הבלו על גז טבעי, פחם וגפ"מ לחשמל ולתעשייה (ש לטונה)

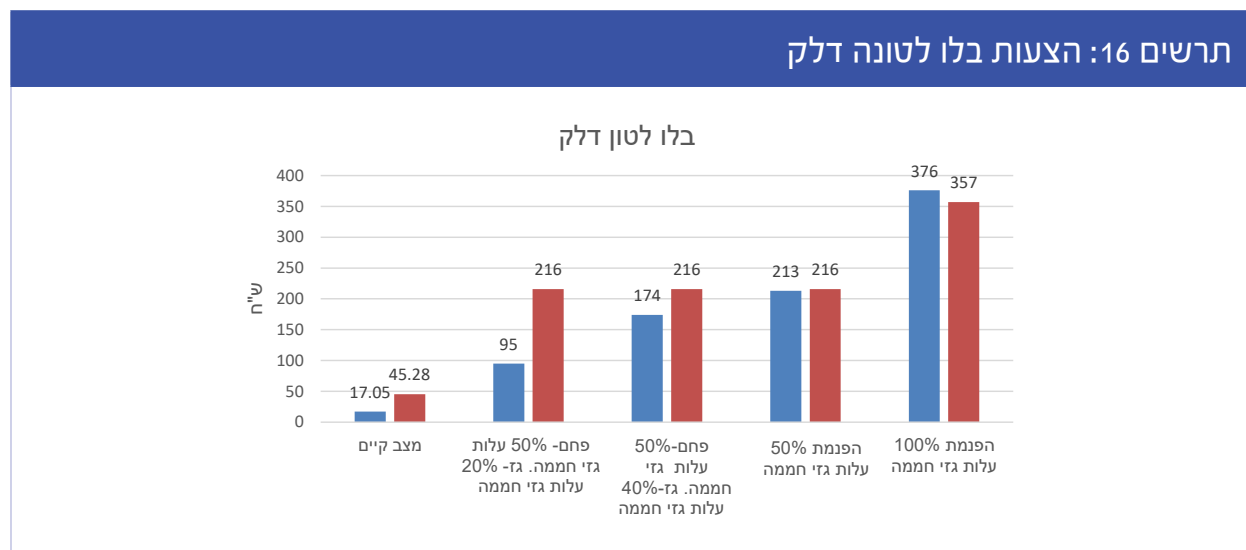
הבלו החל מ-2021 הפנמת 100% מעלות גזי חממה	הבלו ב-2020 הפנמת 50% מעלות גזי חממה (עד 2020 העלאה הדרגתית 20% בשנה ²⁵⁴)	דלק
376	213	גז טבעי
357	216	פחם
448	299	גפ"מ

מקור: רשות המיסים, 2016.

על בסיס ההצעה של ועדת דוח מיסוי ירוק 3 גובשו ארבע הצעות לעדכון המס העודף על גז ופחם. ההצעות הן:

- הפנמה מלאה של העלויות החיצוניות במיסוי העודף על גז ופחם
- הפנמה של 50% מעלות גזי החממה במיסוי העודף על גז ופחם
- הפנמה של 50% מעלות גזי חממה בפחם ו-80% מההצעה להפנמה של 50% מעלות גזי חממה בגז (בתרשימים יוצג כ: "פחם: 50% עלות גזי חממה. גז: 40% עלות גזי חממה")

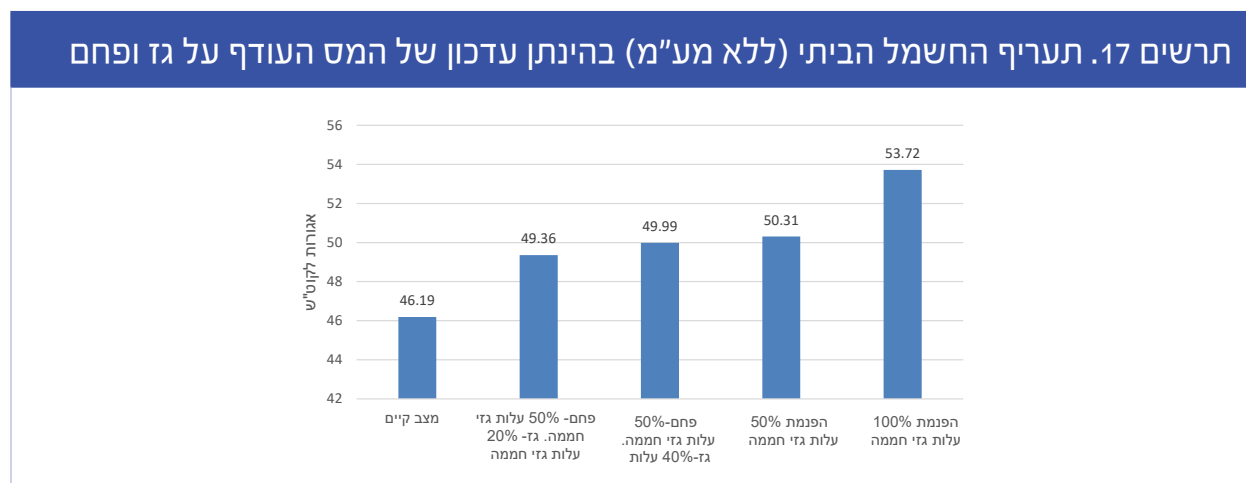
- הפנמה של 50% מעלות גזי חממה בפחם ו-40% מההצעה להפנמה של 50% מעלות גזי חממה בגז (בתרשימים יוצג כ: "פחם: 50% עלות גזי חממה. גז: 20% עלות גזי חממה")



מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

3.3.3 שלב ב' – ביטוי ההצעות להעלאת הבלו במחיר החשמל

בשלב השני הועברו ארבע ההצעות להעלאת הבלו לאגף כלכלה ברשות החשמל, ושם חושבו מחירי החשמל בהינתן כל הצעה לעדכון המס. מחירי החשמל בכל הצעה מבוססים על התעריף הקיים כיום, על-פי החלטת הרשות על העדכון השנתי לתעריף החשמל 2018 מ-8.1.2018, וכן על תמהיל הדלקים לשנת 2018 ועל הנחות היסוד לחישוב המופיע בסעיף 2'יא' להחלטה זו (רשות החשמל, 2018 ב').



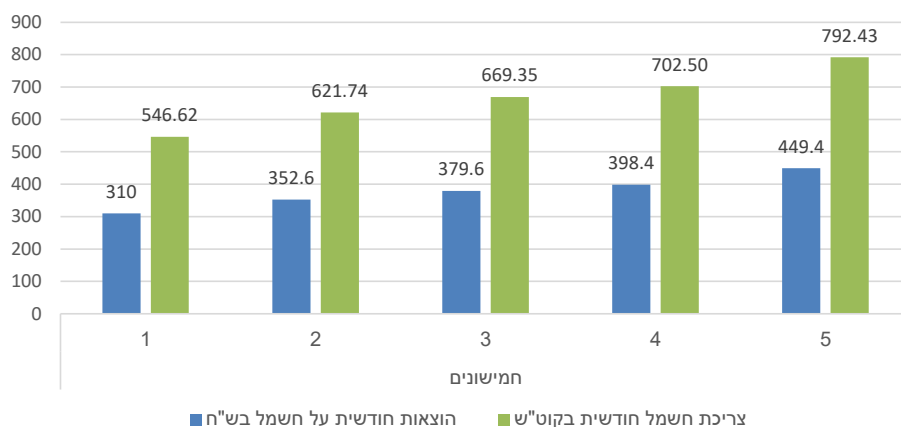
נתונים: רשות החשמל, 2018 ב'.
מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

3.3.4 שלב ג' – הערכת ההשפעה של העלאת מחיר החשמל על צריכת החשמל של משקי בית

על בסיס נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה בנוגע להוצאות חשמל חודשיות בחמישונים של משקי בית לשנת 2015, ועל בסיס המחקרים על הקשר בין מחיר החשמל לצריכת החשמל, נעשה החישוב כיצד שינוי במחיר חשמל בכל הצעה ישפיע על צריכת האנרגיה של משקי הבית.

על-פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה חושבה הצריכה החודשית בקוט"ש למשק בית לפי חמישוני הכנסה. הצריכה בקוט"ש חושבה על-ידי חלוקת ההוצאה החודשית על חשמל לשנת 2015 בתעריף הממוצע ללקוחות ביתיים לשנת 2015.¹³

תרשים 18. ההוצאות החודשיות על חשמל (בש"ח) וצריכת החשמל החודשית (בקוט"ש) למשק בית לפי חמישוני הכנסה

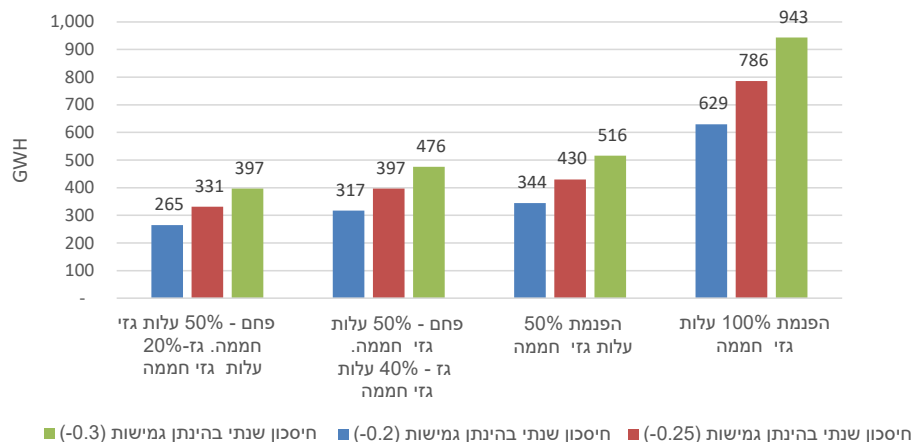


נתונים: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2015.
מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

ההשפעה של שיעור השינוי במחיר החשמל על צריכת החשמל של משק בית חושבה בכל הצעה בשלוש גמישויות הביקוש שהוגדרו לבחינה: -0.2, -0.25, ו-0.3. על בסיס החיסכון בצריכת החשמל למשק בית, חושב החיסכון בצריכת אנרגיה במשק — הכפלה של החיסכון למשק בית במספר משקי הבית, על-פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה לשנת 2015.

¹³ בשנת 2015 נעשו כמה עדכונים למחיר, והמחיר לשנה זו חושב כממוצע משוקלל של התעריפים. <https://www.iec.co.il/homeclients/pages/previoustariffs.aspx>

תרשים 19: החיסכון השנתי בצריכת החשמל של משקי בית ב-GWH בטווח הארוך, בהינתן גמישות ביקוש למחיר בטווח שבין 0.2 ל-0.3



מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

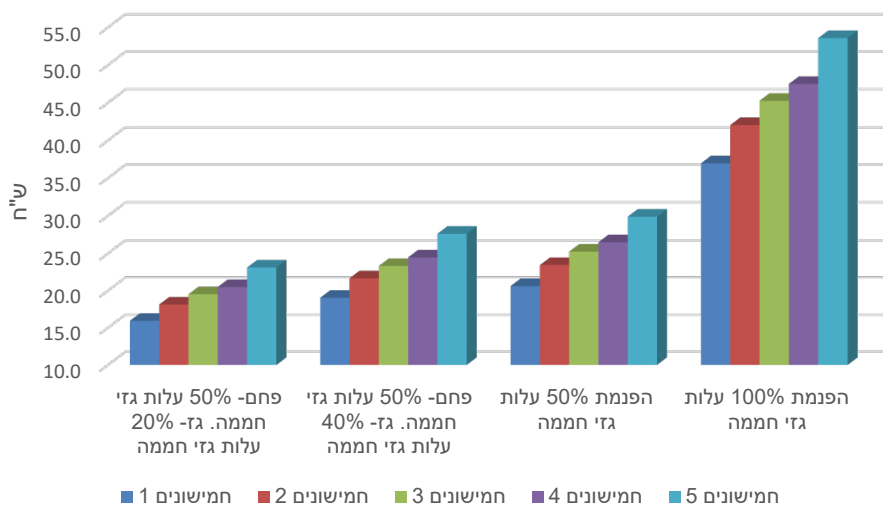
הניתוח לעיל מלמד כי הפנמה של העלויות החיצוניות במחיר החשמל יכולה להוביל לחיסכון משמעותי בצריכת החשמל במשק. למשל, בגמישות ביקוש של 0.3-, הפנמה של 100% העלויות החיצוניות במחיר תוביל לחיסכון בצריכת חשמל של כ-1 טרה-וואט-שעה. ככל שאנו מניחים גמישות ביקוש למחיר גבוהה יותר, נראה שלהעלאת התעריף יש השפעה גדולה יותר על צמצום צריכת החשמל.

גם להפנמה חלקית של העלויות החיצוניות יש ערך לא מבוטל מבחינת החיסכון בצריכת החשמל. יש לזכור כי הניתוח לעיל משקף את החיסכון בצריכת החשמל במגזר הביתי בלבד, ושהעלאה במחיר החשמל תוביל לצמצום בצריכת החשמל במגזרים נוספים, ולכן נצפה שהחיסכון המשקי בצריכת חשמל יהיה גדול אף יותר.

3.3.5 הערכת ההשפעה של העלאת מחיר החשמל על הוצאות משקי הבית

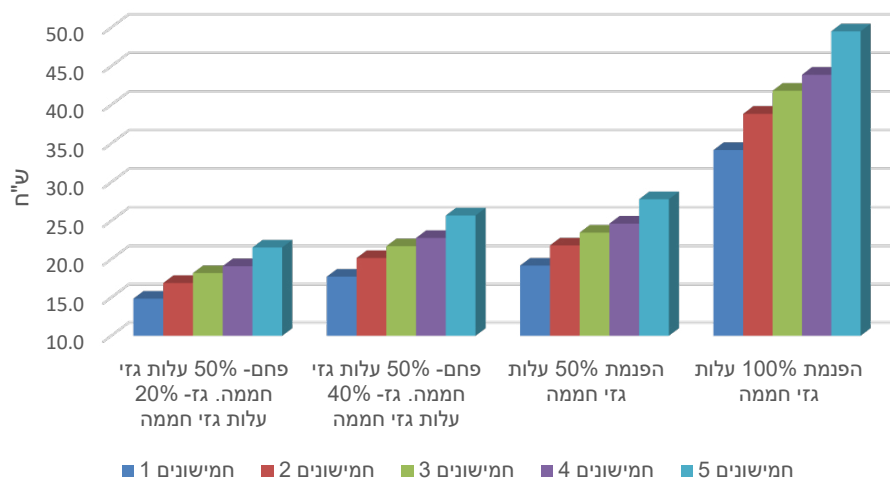
כפי שהוצג לעיל, העלאת הבלו מובילה להעלאת מחיר החשמל, ומכיוון שגמישות הביקוש למחיר גדולה מ-1-, לא כל ההעלאה במחיר החשמל מקווצת על-ידי צמצום הצריכה. הדבר מביא לידי עלייה בהוצאות החשמל של הצרכנים. להלן תיאור העלייה בהוצאות החשמל של משקי בית על-פי ההצעות השונות להעלאת הבלו, ובהתייחס לשלוש גמישויות הביקוש שהונחו.

תרשים 20. תוספת ההוצאות החודשיות על חשמל למשקי בית לפי חמישוני הכנסה - הנחת גמישות ביקוש של 0.2-



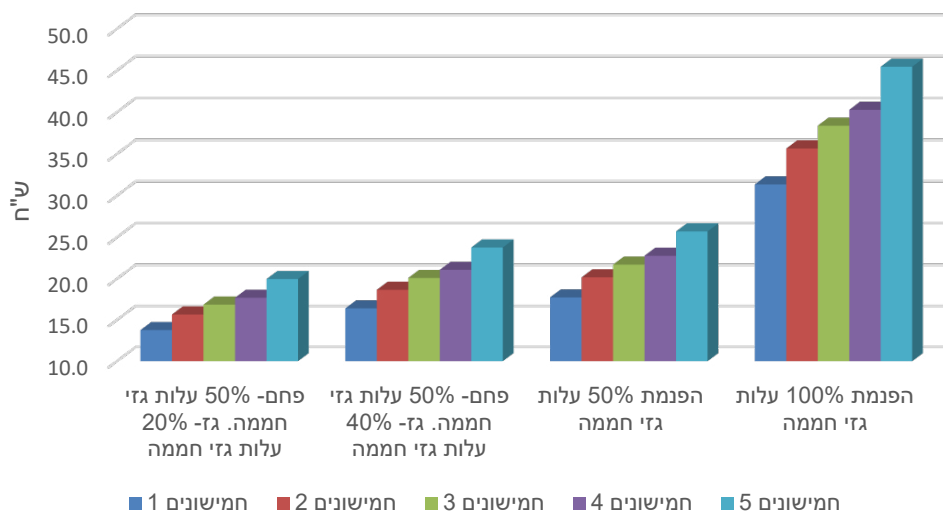
מקור: מרכז מילקן לחדשנות 2018.

תרשים 21. תוספת ההוצאות החודשיות על חשמל למשקי בית לפי חמישוני הכנסה - הנחת גמישות ביקוש של 0.25-



מקור: מרכז מילקן לחדשנות 2018.

תרשים 22. תוספת ההוצאות החודשיות על חשמל למשקי בית לפי חמישוני הכנסה - הנחת גמישות ביקוש של 0.3-



מקור: מרכז מילקן לחדשנות 2018.

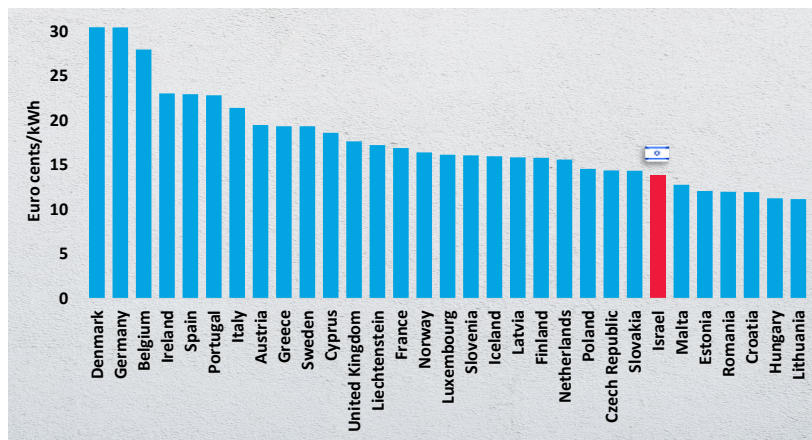
על-פי ניתוח החיסכון בצריכת חשמל בהתייחס לגמישויות ביקוש שונות למחיר, גם בניית תוספת ההוצאות למשק בית על חשמל נראה ירידה בתוספת ההוצאות למשק בית עם עליית גמישות הביקוש למחיר. הפער בתוספת ההוצאות על חשמל בחמישוני השונים נובע מהפער בצריכת החשמל הממוצעת לכל חמישון. משקי בית בחמישוני הכנסה גבוהים צורכים בממוצע יותר חשמל ממשק בית בחמישוני הכנסה נמוכים מהם. תוספת העלויות למשק הבית המוצגת לעיל משקפת את תוספת העלויות לאחר התאמת צריכת החשמל של משק הבית לשינוי במחיר. התאמת הצריכה לוקחת זמן, כפי שהוצג לעיל, ולכן הגמישויות משקפות את השפעה על הצריכה בטווח הארוך. יש לזכור אפוא שתוספת העלויות המוצגת בתרשימים לעיל נמוכה מתוספת העלויות בטווח הקצר לאחר שינוי המחיר.

3.3.6 מסקנות והמלצות

- בדומה למוצרי צריכה רבים, גם צריכת החשמל מושפעת ממחירו. כאשר מחיר החשמל עולה נצפה לירידה בצריכת החשמל, ולהפך. ההשפעות על צריכת החשמל גדלות ככל שטווח הזמן ממועד שינוי המחיר גדל. כלומר, בטווח הארוך נצפה לראות שינוי גדול יותר בצריכה מבטווח הקצר.
- ישנה ספרות מחקרית עשירה אודות הקשר בין מחיר החשמל לצריכת החשמל. הרוב המוחלט של המחקרים מצביעים על גמישות ביקוש למחיר שהיא שלילית וגדולה מ-1.

- מחיר החשמל בישראל אינו משקף באופן מלא את העלויות החיצוניות של ייצור החשמל. הפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל על-ידי עדכון המיסוי העודף על דלקי המאובנים תוביל לחיסכון ניכר בצריכת החשמל במשק בטווח הארוך, ותקדם את ישראל בדרך לעמידה ביעדי ההתייעלות האנרגטית שהציבה לעצמה עד 2030.
- כשם שצריכת החשמל מושפעת ממחירו, גם צריכת הדלקים מושפעת ממחירים. הפנמת העלויות החיצוניות במחיר דלקי המאובנים, תוביל לקבלת החלטות מושכלת יותר בשימוש בהם, ותקדם ייצור חשמל נקי יותר. מיסוי נכון יותר של הדלקים המזהמים יכול להוביל לעלייה בשיעור הייצור של חשמל מאנרגיות מתחדשות, דבר שיקדם את ישראל גם בדרך לעמידה ביעדים לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות.
- לצד היתרונות בהפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל, חשוב להביא בחשבון שמכיוון שגמישות הביקוש למחיר גדולה מ-1, העלאה של מחיר החשמל בשיעור מסוים מובילה לירידה בצריכת החשמל, אך בשיעור נמוך יותר. הפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל תוביל לעלייה בהוצאות על חשמל.
- יש לבחון מנגנונים כלכליים שיכולים לצמצם את הנטל הכלכלי שעלול להיווצר מהעלאת הבלו על דלקי המאובנים ומהעלאת תעריף החשמל בהתאם. למשל, אפשר לצמצם מיסוי לא יעיל כדוגמת מע"מ, על חשבון הגדלת הכנסות המדינה ממיסוי דלקי המאובנים. כך הציבור נהנה גם מצמצום הנזקים לסביבה ומקידום ההתייעלות האנרגטית, וגם נהנה מצמצום המיסוי הלא יעיל. שיטה זו נקראת שיטת "הזיבידנד הכפול". ועדת מיסוי ירוק 3 העריכה כי במקרה של הפנמת 50% מעלות גזי חממה במחיר הפחם והפנמת 10% מעלות גזי החממה במחיר הגז, הכנסות המדינה צפויות לגדול בכ-2.2 מיליארד שקלים בחישוב שנתי. דוגמה זו משקפת את ההשפעה החיובית המשמעותית של העלאת המס על הדלקים המזהמים על הכנסות המדינה, מה שמאפשר הפחתה של מסים יעילים פחות.
- יש לבחון השפעות נוספות של העלאת המס העודף על גז ופחם והעלאת מחיר החשמל למשק הישראלי, כגון ההשפעה על התחרותיות של התעשייה הישראלית, ובהתאם לכך לקבוע מדרגות הפנמה שיאפשרו צמיחה לצד גידול בהתייעלות האנרגטית.
- עם זאת, יש לתת את הדעת על כך שמחירי החשמל בישראל הם מהנמוכים במדינות המפותחות, ושגם לאחר שינוי המיסוי העודף התעריף לא יהיה גבוה, בין השאר מכיוון שהבלו האפקטיבי על דלקים לחשמל במדינה אינו גבוה (רשות המסים, 2016).

תרשים 23. מחירי החשמל בהשוואה בינלאומית - מחירי החשמל במגזר הביתי (כולל מסים), 2017



מקור: BDO, 2018.

- נקודה נוספת וחשובה לדין אודות השלכות עדכון המיסוי על הוצאות משקי הבית היא שהגידול בביקוש לחשמל בישראל פוחת עם השנים. שינוי זה בדפוס הצריכה מוסבר על-ידי כמה גורמים, בהם העלייה בהתייעלות האנרגטית הנובעת מהשיפור המתמיד בטכנולוגיה, וההחמרה בתקני ההתייעלות האנרגטית העולמיים. מוצרי החשמל שנכנסים כיום לשוק יעילים יותר מבחינה אנרגטית, והם משפיעים על היקף צריכת החשמל גם ללא שינוי של דפוסי השימוש. מגמה זו צפויה להימשך לאור השיפור הטכנולוגי המתמיד, וצפוי שתוביל להקטנת צריכת החשמל של משקי בית, ובהתאם לכך לירידה בהוצאות של משקי בית על חשמל.
- אישור הרפורמה במשק החשמל בשנה האחרונה צפוי לקדם שינוי מבני במשק החשמל, כזה שלאורך השנים יתבטא בהפחתה של מחיר החשמל, בייעול המערכת ובהטמעה של טכנולוגיות מגוונות יותר לייצור ולאספקה של חשמל (בנק ישראל, 2018). הפנמה של העלויות החיצוניות במחיר החשמל תחזק את המהלך לייעול משק החשמל שמקבלי ההחלטות מבקשים לקדם בעזרת הרפורמה.
- היבט נוסף שחשוב להביא בחשבון ביישום הפנמת העלויות החיצוניות, הוא ששליטה במחיר היא כלי חשוב, אך אין בו די להשפיע על התייעלות אנרגטית. נדרשת מדיניות תומכת כדי לייצר את ההשפעה של המחיר על התייעלות, כגון תמיכה בהטמעת טכנולוגיות להתייעלות אנרגטית (WEC, 2016). בסקירת הספרות לעיל הוצגה ההשפעה השלילית של העלאת מחיר החשמל על התוצר, שצומצמה על-ידי הטמעה של התייעלות אנרגטית. לכן, כדי לא להוביל לצמצום בתוצר, יד ביד עם צמצום צריכת החשמל, יש ללוות צעד כזה במדיניות תומכת להטמעה של טכנולוגיות להתייעלות אנרגטית בכל המגזרים.

4. סיכום

עם הידלדלות המשאבים בצד היצע האנרגיה והגידול המתמשך בצד הביקושים לאנרגיה, גדלה חשיבותה של התייעלות אנרגטית ליצירת משק אנרגיה נקי ובר-קיימא.

לאור זאת, מדינות רבות חרטו על דגלן את קידום התייעלות האנרגטית. מחויבות זו מתבטאת ביעדים שאפתניים לייעול צריכת האנרגיה ובמדיניות תומכת לעידוד השקעות בהתייעלות אנרגטית.

ישראל הצטרפה למאמץ הבינלאומי בנושא זה, והציבה יעד של צמצום צריכת החשמל ב-17% עד 2030 בהשוואה לתרחיש "עסקים כרגיל". עמידה ביעד מחייבת חיסכון של לפחות 16 טרה-וואט-שעה בצריכת חשמל ב-2030. לצד הצבת היעד, מיושמת מדיניות תומכת לקידום התייעלות אנרגטית ולעידוד השקעות בתחום.

במחקר זה נבחן כלי מדיניות נוסף לקידום התייעלות אנרגטית, והוא שיקוף העלויות החיצוניות של ייצור החשמל במחיר החשמל. שיקוף זה מבוסס על התפיסה כי מחיר החשמל צריך להביא לידי ביטוי את כלל עלויות הייצור, וכך להביא לידי שיווי משקל אופטימלי במשק.

הבחינה העלתה כי מחיר החשמל בישראל אינו משקף באופן מלא את העלויות החיצוניות, וכי הפנמה של העלויות במחיר תביא לירידה בצריכת החשמל במשק. כמו כן נבחנה ההשפעה של הפנמת העלויות החיצוניות במחיר החשמל על צריכת החשמל של משקי בית, ונמצא כי לעליית מחירי החשמל יש השפעה משמעותית על צמצום צריכת החשמל של משקי בית בטווח הארוך.

המחקר מצביע שלמחיר חשמל המשקף נכונה את כלל עלויות הייצור, יש השפעה חשובה על רמת היעילות האנרגטית במשק, הן בצד הביקוש והן בצד הייצור. בצד הביקוש, העלאת מחיר החשמל תוביל לירידה בצריכה עד לנקודת הצריכה האופטימלית למשק, ואילו בצד הייצור, שקלול העלויות החיצוניות של שימוש בדלקים מזהמים תוביל לקבלת החלטות מושכלת ונכונה יותר ברמת המשק על מקורות ייצור האנרגיה.

ביישום החלטה זו יש להביא בחשבון גם את ההשפעה של העלאת מחיר החשמל על ההוצאות על חשמל והגדלת יוקר המחיה בישראל. השפעה זו אפשר לצמצם באמצעות הפחתת מסים לא יעילים במשק על חשבון הגדלת הכנסות המדינה ממיסוי הדלקים, ועל-ידי מדיניות תומכת לקידום התייעלות האנרגטית, שתוביל להגדלת הצמצום בצריכה וכך תקוז את השפעת המחיר על ההוצאות.

ביבליוגרפיה

- בנק ישראל, חטיבת המחקר, אגף מקרו כלכלה ומדיניות. 2018. הרפורמה בחברת החשמל: סיכום והערכה. גאלו, ל'. 2017. תחזית ארוכת טווח לביקוש לחשמל במשק הישראלי. בנק ישראל, חטיבת המחקר.
- דולב, ש', כהן-פארן, י' וסגל נ' (2009). התייעלות אנרגטית בישראל – דרכים למימוש, חסמים, והצעות מדיניות לפתרונם. הפורום הישראלי לאנרגיה.
- החלטת ממשלה מס' 542 542 [נצפה: 5 אוגוסט, 2018] https://www.gov.il/he/Departments/policies/2015_dec542
- החלטת ממשלה מס' 1403 <http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DecisionStockpileGovernment/Pages/2016/Decision1403.aspx> [נצפה: 5 אוגוסט, 2018]
- הרצוג ח'. 2018. תחזית משק האנרגיה. BDO.
- חברת חשמל לישראל. 2011. דין וחשבון סטטיסטי 2011.
- חברת חשמל לישראל. תעריפים קודמים. <https://www.iec.co.il/homeclients/pages/previoustariffs.aspx> [נצפה ב- 13 במאי, 2018]
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2015. לוח 1. משקי בית, (1) לפי גודל משק בית וקבוצת אוכלוסייה 2015-1970.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2015. לוח 1.1. הכנסה והוצאה חודשית לתצרוכת (מוצרים בודדים) בחמישונים של משקי בית, לפי הכנסה נטו לנפש סטנדרטית.
- משרד האנרגיה. 2015. תוכנית לאומית להתייעלות אנרגטית: צמצום צריכת החשמל 2030-2016.
- המשרד להגנת הסביבה. 2008. עלויות חיצוניות של זיהום אוויר מייצור אנרגיה (חשמל) בישראל.
- המשרד להגנת הסביבה. 2015. בחינת הפוטנציאל להפחתת פליטות גזי חממה והמלצה ליעד לאומי לישראל.
- המשרד להגנת הסביבה. 2018. עדכון ערכי העלויות החיצוניות של מזהמי אוויר וגזי חממה ל- 1.1.2018.
- המשרד להגנת הסביבה. <http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/ClimateChange/GHGandEnergyEfficiency/Pages/default.aspx>
- משרד ראש הממשלה. 2014. הוועדה לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות.
- ספקטור בן-ארי, ש'. 2016. מדיניות ממשלתית בנושא התייעלות אנרגטית. מסמך שהוגש לוועדת המשנה של ועדת המדע והטכנולוגיה. מרכז מידע ומחקר של הכנסת.
- רשות החשמל. 2018. מצב משק החשמל לשנת 2017.
- רשות החשמל. 2018 ב'. תעריך 2018 תחת תרחישי בלו שונים.
- רשות המסים. 2016. דוח הוועדה למיסוי ירוק 3- תחליפי נפט לתחבורה. ירושלים.
- תבורי, ל'. 2012. משק החשמל בישראל – הצעת ייעול באמצעות הסטת ביקושים. מרכז מילקן לחדשנות.

- Bohi, D.R. 1981. *Analyzing demand behavior: a study of energy elasticities, resources for the future*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Bohi, D.R, and Zimmerman M.B. 1984. "An update on econometric studies of energy demand behavior". *Annual Review of Energy*: 9:105 —154.
- BYU IDAHO https://courses.byui.edu/econ_150/econ_150_old_site/lesson_11.htm [accessed: September 21, 2018]
- California Energy Commission. <http://www.energy.ca.gov/sb350/> [accessed: July 15, 2018]
- Cohen, F., Glachant, M. and Söderberg, M. 2015. "The impact of energy prices on product innovation: Evidence from the UK refrigerator market," Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No. 203, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper No. 179.
- Dergiades, T. and Tsoulfidis, L. 2008. "Estimating residential demand for electricity in the united states, 1965-2006". *Energy Economics* 30: 2722-2730.
- EIA. 2016. "Model Documentation Report: Macroeconomic Activity Module (MAM) of the National Energy Modeling System", Energy Information Administration, U.S. Department of Energy Washington, DC 20585
- Enerdata. <https://www.enerdata.net/> [accessed: April 12, 2018]
- Espey, James A. & Espey, Molly, 2004. "Turning on the Lights: A Meta-Analysis of Residential Electricity Demand Elasticities", *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Southern Agricultural Economics Association, 36:01, April.
- European Commission. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency> [accessed: July 15, 2018]
- Gies, E. 2017. "The real cost of energy". *Nature Outlook: Energy transitions*. <https://www.nature.com/articles/d41586-017-07510-3> [accessed: September 23, 2018]
- Government of India, Ministry of Power. <https://powermin.nic.in/en/content/energy-efficiency> [accessed: July 15, 2018]
- IEA. 2010. "Energy Efficiency Governance". Paris, OECD/IEA
- IEA. 2011. "Energy Efficiency Policy and Carbon Pricing" *Energy Efficiency Series*.
- IEA. 2017. "Energy Efficiency 2017". *Market Report Series*.
- Labandeira, X., Labeaga, J. M., and López-Otero, X. 2017. "A meta-analysis on the price elasticity of energy demand". *Energy Policy*, 102, 549-568.
- Lee, C. C., and Chiu, Y. B. 2011. "Electricity demand elasticities and temperature: Evidence from panel smooth transition regression with instrumental variable approach." *Energy Economics*, 33(5), 896-902.
- Napp, T., Shah, N. and Fisk, D. 2012. "What's Energy Efficiency and How Much Can It Help Cut Emissions?," *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2012/jun/08/energy-efficiency-carbon-savings> [accessed: May 20, 2018]

Romero-Jordán, D., Peñasco, C., and del Río, P. 2014. "Analysing the determinants of household electricity demand in Spain. An econometric study". *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 63, 950-961.

UNEP <https://www.unenvironment.org/> [accessed: May 20, 2018]

University of Calgary https://energyeducation.ca/encyclopedia/Negative_externality [accessed: July 15, 2018]

Yu-Wen S., Hao-Yen Y. and Chih-Hsun L. 2017. "Increase of electricity price and energy efficiency: analysis using the macroeconomic interindustry model of Taiwan", *Economic Systems Research*, 29:3, 430-451.

World Energy Council. 2016. "Energy efficiency: a straight path towards energy sustainability policies 2016".

מכון ירושלים למחקרי מדיניות
מרכז מילקן לחדשנות
רחוב רד"ק 20 ירושלים 9218604
משרד: 02-5630175 (שלוחה 34)
www.milkeninnovationcenter.org



מכון ירושלים
מרכז מילקן לחדשנות