

# שיטות מודרניות לניתוח ולחיזוי הביקוש למשאבי האנרגיה. תפקידם של מאגרי המידע

ד"ר יעקב סוסנובסקי, רו"ח יבגני ארייב  
מרכז המערכות והטכנולוגיות לאקולוגיה (ECOST)

אפקטיביות: שימוש במידע מגוון אודות מושא הניתוח, שילוב יועצים מתחומים שונים וארגון העסקתם תחת הנחיית מנתחי המערכות.

נמצאה עדיפות FCA בשלבי מחקר וגיבוש, כאשר המשאבים טרם הוקצו, אך מתגבשות עלויות מחזור החיים העיקריות (כ-90%-70 מ-LCC) למוצר או תהליך. בשנת 1983 משרד תעשיית מוצרי החשמל של ברה"מ איגד דרישות מתאימות תחת הנחיה ענפית מחייבת בשם "ההוראות העיקריות לשימוש בשיטת FCA בייצור מוצרי החשמל" [3, 4]. השיטה התפשטה גם לתחומי ניהול נוספים, ביניהם ניצול יעיל של משאבי הטבע, בדגש על ניהול צריכת האנרגיה והמים.

2. **סקר אנרגיה (Energy Audit - EA).** התגבשות ניהול האנרגיה כתחום עיסוק חדש חייבה פיתוח שיטות לניתוח ולמימוש, המתאימות לחסכון אנרגיה ע"י הצרכנים. ברמת המיקרו (מפעל, משק בית) נוצרה, שוכללה באופן יחסי ומיושמת בהרחבה השיטה לניתוח מערכתי כלכלי-אנרגטי ולניהול צריכת האנרגיה - סקר אנרגיה (EA). במסגרת EA המידע אודות האובייקט הנלמד, תת-המערכות שבן, מטרותיהן ותנאיי הפעלתן, מאפיינים אנרגטיים, טכניים וכלכליים מנוצל בצורה מערכתית, תוך שילוב מידע חיצוני אקטואלי. הסקר נערך ע"י קבוצת מומחים לאספקת אנרגיה ושימורה, בהתאם לתוכנית עבודה, המפנימה חוקים, תקנות ותקנים קיימים ותוך שימוש בכלי מדידה מודרניים. ניתן להתרשם מהפוטנציאל של EA לפי תוצאותיו בתאגיד הענק האמריקאי 3M בעיר סנט-פול, מינסוטה: משנת 1973 עד שנת 1995 היעילות האנרגטית שופרה בכ-60%, החסכון הסתכם בכ-1.2 מיליארד \$. לחומש העוקב נקבע יעד לשיפור ניצולת האנרגיה (ליחידת תוצרת או שטח ייצור) בכ-20% נוספים. הנ"ל מדגיש את חשיבות השימוש בסקר האנרגיה בתור כלי מתמיד לניהול עסקי [5].

**המאמר סוקר את השיטות ומסדי המידע לניתוח ולחיזוי הביקוש לאנרגיה בעולם ובישראל.**

משבר האנרגיה העולמי של שנות ה-70 האיץ משמעותית את המחקר בתחום האנרגיה, במטרה לזהות פוטנציאל לשימור האנרגיה ולשמש בסיס לקבלת החלטות מושכלות יותר לפיתוח מערכות האנרגיה. תוך כדי כך מיקוד תשומת הלב מוסט מהמענה לביקוש למקורות האנרגיה, דהיינו מהאספקה לצרכן, לחקר מערכת של אפקטיביות השימוש בתזרימי האנרגיה לפי שלבי המרתה, כולל התקני הצריכה הסופית [1].

1. **ניתוח עלות-תפקוד (Functional Cost Analysis - FCA).** מייד בתום מלחמת העולם ה-2, בתאגיד האמריקאי "ג'נרל אלקטריק" פותחה ויושמה תחת הנחייתו של מילז (L.D. Miles) שיטת הניתוח והתכנון של העלויות [2], המתאימה ניתוח מערכתי לצרכי ניהול הייצור. העיקר בניתוח המערכתי - המטרה, הגדרת היעד. הרעיון המרכזי בשיטת מיילז מבוסס על ההנחה כי האובייקט הקיים (מוצר, תהליך טכנולוגי) הינו חלופה אחת בלבד מבין האפשרויות לביצוע המשימה (תפקוד). החיפוש אחר החלופה, בעלת היחס האופטימלי בין התפקוד לעלות המימוש, נערך במספר שלבים לפי התבנית הבסיסית להלן: מה תפקידו? - מה עלותו? - מהן החלופות לביצוע המשימה? - מה עלותן? ההישגים הניכרים לצמצום עלויות הייצור ללא פגיעה באיכות המוצרים תרמו להתפשטותה הנרחבת של השיטה בתור כלי אפקטיבי לתחרות, קודם בארה"ב, בהן קודמו בעזרת תמריצי משרד ההגנה, ולאחר מכן במדינות אחרות. מאמצע שנות ה-70 השיטה התפשטה לברה"מ, בה נקראה ניתוח עלות-תפקוד (FCA), תוך הדגשת גישת התפקוד בחקר העלויות. הניסיון מבלית את תפקידו המכריע של FCA בהשגת תוצאות

במהלך פיתוח מודלי החיזוי נלמדת ההשפעה על הביקוש של הגורמים, כגון פעילות כלכלית, דמוגרפיה, מבנה ומתח השוק, טכנולוגיות חדשות; במגזר משקי הבית וכן במסחר ושירותים מחושבות השלכות של משרעת רבת השנים של חום וקור במונחי ימים\*מעלות.

גישות שונות לבניית מודלי החיזוי משולבות, תוך התחשבות במאפייניהם הייחודיים של אובייקטי המחקר:

במגזר משקי הבית והמסחר - מודל מבני המשתמש בנתוני צריכת האנרגיה לפי 2 פלחים: אחזקת המבנה והתקנים צורכי האנרגיה;

במגזר היצרני - גישה היברידי, המשלבת היבטים טכנולוגיים, המבוססים על גישת הצריכה הסופית, והיבטי התנהגות בגישת top-down. בכל סוג פעילות נבחנו 3 אלמנטים: מבנה, דוד (boiler), עיבוד/הרכבה;

בתחבורה - מודל לוגיסטי רב-משתנים לחיזוי היקף המכירות לפי סוגי כלי תחבורה.

NEMS דורשת השקעות ניכרות לפיתוחה, לאור שימוש בחבילות תוכנה יקרות, המוגנות בפטנטים, והעסקת מומחים ברמה גבוהה. לפיכך, השימוש בה מוגבל כעת לסוכנויות ממלכתיות ומכוני מחקר. אולם השקעות אלה מוחזרות ע"י אמינותן גבוהה של התחזיות המפותחות ומניעת האובדן כתוצאה מהחלטות שגויות. בארה"ב תחזיות פיתוח משק האנרגיה ל-25 שנה ויותר מגובשות מדי שנה, מתעדכנות בשיטתיות בהתאם למידע חדש (נכון לעכשיו כבר פורסמה התחזית עד שנת 2040 - [10]) ומהוות בסיס מדעי איתן ליישום מדיניות לאומית לטווח ארוך לשימור האנרגיה הכולל וניצול יעיל של משאבי הטבע.

במשך 3 העשורים האחרונים מיושמת כבר תוכנית האנרגיה השביעית ("Energy Bill"), כשכל אחת מהן משפרת את קודמתה ומטרתה היא שכלול האפקטיביות האנרגטית וצמצום העומס הטכנוגני על הסביבה. כתוצאה מדד צריכת האנרגיה ביחס לשנת 1980 ירד לכ-0.8 לכל תושב ולכ-0.55 ליחידת תמ"ג בשנת 2011 ונחזה לרמה של 0.8 ו-0.3 בהתאמה לשנת 2040 [10, תרשים 52]. קצב הגידול הממוצע של הביקוש לאנרגיה לשנים 2010-2040 חזוי ברמת 0.3%.

4. מחקרי האנרגיה בישראל ומשימות שכלול מסדי הנתונים. במשך 3 העשורים האחרונים אוכלוסיית ישראל כמעט הוכפלה, התמ"ג הריאלי גדל פי 3.7, הפקת החשמל - פי 4.6.

התרחשו שינויים מבניים מהותיים במאזן האנרגיה: עד שנת 2004 ישראל הייתה תלויה באופן מוחלט ביבוא מקורות האנרגיה (ראשית - נפט ומוצרי, החל משנת 1982 גם פחם לתחנות הכוח). בהרכב צריכת האנרגיה הסופית ירד נתחם של המגזר היצרני והתחבורה, בעוד נתחם של משקי הבית, המסחר והשירותים עלה משמעותית. פי 1.5 עלתה

2.1. חברות שירותי האנרגיה (Energy Service Companies ESCOs). חוזה לפי ביצוע (Performance Contracting). התרחבה פעילותן של חברות שירותי האנרגיה, המתמחות בייעוץ לעריכת סקרי האנרגיה והמועסקות לרוב בשיטת "חוזה לפי ביצוע". משמעות "החוזה לפי ביצוע" (א) ביצוע מלוא העבודה ע"י ESCO על חשבונה - החל מסקירת האובייקט וכלה ביישום ההמלצות לשיפור; (ב) שיפוי המבצע (ESCO) ע"י מזמין השירות באמצעות הפניה אליו של נתח בסך כ-75% -50 מחסכון האנרגיה בפועל, הנובע מיישום השיפורים, במשך כ-15-10 שנה. בהתחשב בתפקידה החשוב של ESCO להאצת מימוש פוטנציאל שימור האנרגיה ברמה הלאומית, משרד האנרגיה של ארה"ב מסייע להן באמצעות תמיכה פיננסית ניכרת [6, 7].

3. שיטות ניצוח וחיזוי הביקוש ברמת המאקרו. יישום המדיניות הלאומית לשימור האנרגיה הכולל במשך 3 העשורים האחרונים תרם להעצמה משמעותית של המחקר לניתוח וחיזוי הביקוש לאנרגיה [1 - פרקים 4-5].

מערכת מידול האנרגיה הלאומית (National Energy Modeling System - NEMS), אשר פותחה והוזנה לראשונה ע"י משרד האנרגיה של ארה"ב בשנת 2003 עבור התחזיות השנתיות במסגרת Annual Energy Outlook [8], נחשבת למתקדמת בעולם מבחינת הרכב מאגר המידע ושיטות העיבוד המדעי. ניתוח בדיעבד של התחזיות, אשר פורסמו בין השנים 1982-2006, הציג כושר ניבוי גבוה של מערכת זו [9]. הרכב ורמת הפירוט של הנתונים הגולמיים לפי קבוצות עיקריות של NEMS מוצגים בטבלה להלן (מוצג לפי [1] - עמ' 126, טבלה 5.11).

Energy activity	Categories	Regions
Residential demand	16 end-use services	Nine Census divisions
	Three housing types	
	34 end-use technologies	
Commercial demand	Ten end-use services	Nine Census divisions
	11 building types	
	Ten distributed generation technologies	
	64 end-use technologies	
Industrial demand	Seven energy-intensive industries	Four Census regions, shared to nine Census divisions
	Eight non-energy-intensive industries	
	Cogeneration	
Transportation demand	Six car sizes	Nine Census divisions
	Six light truck sizes	
	Sixty-three conventional fuel-saving technologies	
	For light-duty vehicles	
	Gasoline, diesel, and thirteen alternative-fuel	
	Vehicle technologies for light-duty vehicles	
	Twenty vintages for light-duty vehicles	
	Narrow and wide-body aircraft	
	Six advanced aircraft technologies	
	Medium and heavy freight trucks	
37 advanced freight truck technologies		

Source: EIA (2003)

רמת חשמול הכלכלה.

בשנים 2003-2004 פורסמו שני מחקרים לעניין עתיד התפתחותו של משק האנרגיה בארץ עד שנת 2025.

4.1. לאור השימוש המתוכנן בגז טבעי מקומי, באוניברסיטת פנסילבניה, ארה"ב, גובשה בשנת 2003 תחזית צורכי ישראל במקורות האנרגיה עד שנת 2025 [11]. התחזית התבססה על נתוני הצריכה בפועל במשך כ-20 השנים הקודמות של מקורות האנרגיה והתפתחות הגורמים המשפיעים; נבנו מודלים אקונומטריים למגזרי הכלכלה וסוגי האנרגיה עבור 3 רמות ההתפתחות הכלכלית: מינימלית, ממוצעת, מקסימלית. השוואת המדדים החזויים והמדווחים מעידה על כוח ניבוי לקוי של המודלים שגובשו. כך, מדדי הפקת החשמל בפועל בשנת 2005 התקרבו לתחזית עבור רמת ההתפתחות הגבוהה, אך בשנת 2010 - עבור המינימלית; צריכת האנרגיה הראשונית בשנת 2005 לפי התחזית המינימלית גבוהה בכ-16% מהצריכה בפועל, בשנת 2010 - בכ-21%.

הנ"ל נובע מסטייה מהותית בערכים החזויים של הגורמים המשפיעים, אשר שימשו במודלים, מהנתונים בפועל בעשור הראשון של המאה הנוכחית:

גורם	תחזית	
	מינימום	מקסימום
אינפלציה	2%	6%
צמיחה כלכלית ריאלית	2%	5%
שער ש"ח/\$	4	8
	- 3.544.83	

אולם סיבת השורש, כפי שמציין מחבר המחקר בעצמו, נעוצה בהיעדר מידע מפורט ובמקרים מסוימים אף אמין לגבי צריכת סוגי האנרגיה הנפרדים, שכתוצאה ממנו הוא נאלץ להשתמש באקסטרפולציה של מערך מידע מוגבל ולאחד תחת מחנה משותף "מוצרים ושירותים" סוגי פעילות בעלי מאפיינים כלכליים רב-גוניים, כמו תעשייה ובינוי (המגזר היצרני) עם מסחר ושירותים. כפועל יוצא מניתוח NEMS, המוצג לעיל, ניתן לנבא, כי התעלמות חלקית בעבודה זו מתפקידם של גורמי ההתפתחות הטכנולוגית, שימוש במקורות אנרגיה מתחדשים ושינויים מבניים בתוך המגזרים יגרום לירידת אמינותם של האומדנים החזויים לתקופות הבאות.

4.2. עם זאת, המודלים הללו שימשו ללא בחינה ביקורתית את החברה "אקו אנרג'י" להכנת תוכנית האב לפיתוח משק האנרגיה של ישראל לתקופה עד שנת 2025, אשר פורסמה בשנת 2004 [12]. המסמך אינו כולל הערכות להגברת אפקטיביות של מגזרי משק האנרגיה, אלא המלצות קונספטואליות בלבד - ועל כך ספג ביקורת עניינית בזמנו [13, 14].

עקב היעדר ניתוח מפורט של מאזן האנרגיה של ישראל, המחברים הסתפקו בהפניה לאומדנים קיימים של פוטנציאל שימור האנרגיה: "לפחות 20%". במקביל, בפרסום משנת 2006 פוטנציאל

זה לפי מגזרי הצריכה הסופית נאמד בטווח של כ-20-35% בהתבסס כתוצאה משדרוגים טכנולוגיים וסקר האנרגיה [15]. בהתבסס על נתחם של מגזרים אלה בסך צריכת האנרגיה הסופית, בחישוב כלל ארצי הפוטנציאל יוערך בלא פחות מ-30% (לפני הגברת אפקטיביות ייצור החשמל).

בפרק "סיכום ותוכנית החומש" של המסמך מצורפות, כאמור, המלצות קונספטואליות להאצת מימוש פוטנציאל שימור האנרגיה לשנים 2005-2010, בפרט הקמת רשות ממלכתית מתכללת, אשר תהיה אחראית על ניהול הקרן לתמרוץ כלכלי של שימור האנרגיה ויישום הצעדים למימוש פוטנציאל שימור האנרגיה בארץ. מימוש חלקי של המלצות אלה החל רק בשנת 2011, כאשר בתקציב המדינה תוכננה השקעה של כ-200 מ' ש"ח למימוש תוכנית משרד האנרגיה לחסכון חשמל עד שנת 2020 [16]. גם בתוכנית זו נעשה שימוש במודל חיזוי ייצור החשמל, אשר גובש באוניברסיטת פנסילבניה [11] ובהתבסס על קצב גידול שנתי ממוצע בסך כ-3.2%.

4.3. ניצול מאגרי הגז הטבעי של ישראל יוצר תנאים חדשים ופותח אפשרויות ארוכות טווח לפיתוח כלכלי וסוציאלי, ככל הנראה יותר משמעותיות אף מההחלטה הגיאו-פוליטית של תחילת שנות ה-80 לגבי החשמול המואץ המבוסס על פחם, במטרה לצמצם את התלות ביבוא נפט.

רמת הבטחון האנרגטי של ישראל תעלה הודות לצמצום התלות ביבוא, הורדת העומס הסביבתי, יצירת פוטנציאל יצוא גז והגברה נוספת באפקטיביות האנרגטית של כלכלת ישראל, עקב שכלול מאזן האנרגיה ובפרט מיטוב רמת החשמול במשק.

תוכנית העשור להתייעלות אנרגטית [16], המיושמת כעת בארץ, נועדה לממש את הצעדים הראשוניים לחסכון החשמל על ידי הצרכנים, ללא השקעות ניכרות וללא תקופות התארגנות. חסכון החשמל המתוכנן של כ-20% משמעותו צמצום צריכת האנרגיה הראשונית בכ-10%, כלומר פחות משליש מהפוטנציאל הטכני של שימור האנרגיה.

הניסיון הבינלאומי, המתואר גם בפרק 4.1 לעיל, מראה כי התנאי ההכרחי לביסוס הכיוונים האופטימליים לפיתוח משק האנרגיה טמון בגיבוש תחזיות לטווח בינוני וארוך, תוכניות ופרויקטים ייעודיים, המפנימים את שיטות הניתוח המערכתיות וקובעים יעד להגברת האפקטיביות האנרגטית ברמת המאקרו.

כפי שהוצג חלקית בפרסומנו הקודם [17], מסד המידע הסטטיסטי הקיים בארץ בנושאי אנרגיה רחוק מלענות באופן מלא לצרכים אלה. בפרט, מאזני האנרגיה, המפורסמים על ידי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה:

אינם מתחשבים בשנים האחרונות, מסיבה שאינה ברורה, בשימוש במקורות אנרגיה מתחדשים, ביניהם חום דודי השמש. לפי נתוני מאזן האנרגיה של ישראל לשנת 2009, אשר פורסם על ידי סוכנות האנרגיה הבינלאומית (IEA) [17], נתחם עומד על כ-4.8% מסך צריכת האנרגיה הראשונית, דהיינו השימוש בהם מונע שריפה של כמעט 10% מהדלק הנוזלי והמוצק להפקת החשמל.

ובעסקים, האחראים על כ-30% עד 25% מהביקוש לאנרגיה ראשונית. תחזיות דומות בישראל חסרות.

לפי החישובים, המובאים במצגת [19], הנזק מהכשל באספקת החשמל ביחס ל-1 קוויט"ש גבוה פי 500 מההשקעה הסגולית במתקני הייצור. בהתבסס על כך, נטען הצורך בקיבולת ייצור עודפות ומוצגת תוכנית להרחבת תחנות הכוח בשליש עד שנת 2019, תמורת השקעות נוספות העולות על 51.5 מיליארד ש"ח [19].

סקר האנרגיה מכווין להתחשב גם בגורמים מרסני הביקוש, כגון: מימוש התוכנית הלאומית לחסכון כ-20% חשמל עד שנת 2020; העלאת נתחו של החשמל המיוצר ע"י יצרנים פרטיים, כולל ממקורות אנרגיה מתחדשים, ל-20% מסך החשמל המיוצר; פרויקט חיבור רשתות החשמל של ישראל וקפריסין; ניצול גורמים טכנולוגיים ומבניים להשגת התייעלות אנרגטית, ביניהם הגברת עמידות המבנים בחום ומיטוב רמת החשמול במשק, במיוחד בהתחשב בשימוש נרחב בגז הטבעי בתור מקור אנרגיה ראשוני.

בהתחשב בכך, ש-1% מההשקעות המתוכננות משמעותו 0.5 מיליארד ש"ח, סכום בסדר גודל זה יספיק להוצאתם לפועל של מחקרי אנרגיה מעמיקים. כתוצאה מהם תגובש החלופה האופטימלית לפיתוח משק החשמל, שהינו מרכיב חשוב במשק האנרגיה בפרט ובכלכלת ישראל בכלל.

### סיכום ומסקנות

הוצג כי המכשול הרציני, בדרך לשימוש בשיטות ניתוח מערכת של אפקטיביות אנרגטית ולחזוי לטווח ביניים וארוך של צורכי האנרגיה בישראל, טמון בהיעדר סטטיסטיקה אנרגטית מודרנית.

עמדנו על ההכרח בהצאתם והעמקתם של מחקרי האנרגיה הן על בסיס המימון הממשלתי והן באמצעות סקר האנרגיה המחייב בפרויקטים גדולים. חשוב לזכור כי ההשקעות הנוספות, הנדרשות לשם כך, יחזירו את עצמן ויניבו חסכונות רבים הודות להגברת ביסוסן של החלופות הנבחרות - האופטימליות גם מנקודת מבט האפקטיביות האנרגטית ברמת המאקרו.

### מקורות

S. B. Bhattacharyya. "Energy Economics". - "Springer", 2011. 720 pp.

L. D. Miles. "The Technique of Value Analysis and Engineering". 2 Ed. 1982. 351 pp.

י.ש. סוסנובסקי, פ.ג. טקצ'נקו. "ניתוח עלות-תפקוד". קייב, "טכניקה", 1986. 143 עמ'.

"מידעון לניתוח עלות-תפקוד" בעריכת מ.ג. קרפוניק, ב.י. מיינדצ'יק, מוסקבה, "מימון וסטטיסטיקה", 1988. 431 עמ'.

י' סוסנובסקי. "סקר האנרגיה כחקר מערכתי כלכלי-אנרגטי". זפורוז'יה, "כתב העת לחשמל", 1997. גיליון 2, עמ' 77-73.

"Super Energy Saving Performance Contracts". Federal Energy Management Program – US Department of Energy – 2003.

"Performance contracting". International Institute for Sustainable

אינם כוללים נתוני פילוח של האנרגיה הסופית לפי מגזרי הכלכלה. כך מוגבלת היכולת להשתמש במידע לניתוח אפקטיביות צריכת האנרגיה, בין היתר באמצעות השוואות בינלאומיות. הנ"ל מאפיין פרסומים סטטיסטיים נוספים: מבין מאות הטבלאות, הרצופות בפרסומים השנתיים, בולטים בהיעדרם מדדים חשובים רבים, המקובלים בעולם.

מיסוד מאגרי המידע המדוברים בארה"ב נמצא באחריות הלשכה למידע כלכלי במשרד האנרגיה. בארץ תפקיד דומה מוטל על אגף שימור אנרגיה במשרד האנרגיה והמים, כמעוגן בתוכנית הלאומית [16]. בין היתר נקבע, כי במסגרת תקצוב התוכנית כ-20% מיועדים לפעילויות כלל מערכתיות.

בתור הצעדים הראשוניים נחוץ - בהתבסס על מאגרי המידע הקיימים, בשיתוף משרדי ממשלה נוספים ולעיתים תוך תצפיות מדגמיות - לרכז מידע נוסף בתחומים להלן:

שטחי המבנים הקיימים (מגורים, תעשייה, מסחר, מוסדות וכד'), תוך סיווגם והערכת מצבם;

אומדן צריכת האנרגיה לפי קבוצות תפקוד במשקי הבית, תוך שימוש בנתוני בעלות ממוצעים על מוצרים בני קיימא צורכי אנרגיה שברשות המשפחה [18]; כנ"ל במסחר, במגזר הציבורי ולפי סוגי התחבורה;

בדומה לארה"ב [10], טבלה 1.2 בפרק "אקלים", תחזית אקלים לטווח בינוני.

חיזוי הצרכים לפי סוגי האנרגיה חייב להקדים את גיבוש התפיסה, ואחריה תוכנית אב ותוכניות פיתוח משק האנרגיה בארץ לטווח בינוני וארוך, או להיכלל בהם.

לפי ניסיון המדינות המובילות וארגונים בינלאומיים, הכנת מסד הנתונים וגיבוש התחזיות על בסיסו כרוכים בהשקעות ניכרות, העולים לפי הערכתנו על המימון התקציבי המתוכנן. אולם אין כאן ברירות: הזנחת איכות של נתוני המוצא מעלה סיכון לאובדן משאבים רבים מאוד כתוצאה מהחלטות שגויות. לכן כתנאי הכרחי למימון מתקציבי המדינה לפרויקטים גדולים נחוץ לדרוש סקר אנרגיה, הכולל את השוואת תסריטי הביקוש החזוי לאנרגיה לטווח בינוני, בהתבסס על שינוי הגורמים המשפיעים וביסוס מדעי לבחירת החלופה האופטימלית לאספקת הביקוש תוך מזעור ההשקעות.

להדגמת הרעיון נבחן ניתוח הפרויקט לפיתוח כושר ייצור החשמל בארץ עד שנת 2020, המוצג על ידי חברת החשמל [19].

מצגת זו מפרטת את הגורמים להעלאת הביקוש לחשמל וכתוצאה להספקי הייצור: א) גידול האוכלוסייה: לפי תחזית הלמ"ס, עד שנת 2020 צפוי גידול בכ-17% (ב) מגמת גידול הצריכה בסך כ-3-4% מדי שנה, אשר התגבשה בעשור הקודם; ג) צרכים שטרם סופקו של האוכלוסייה במכשירי החשמל; ד) התחממות האקלים, ממנה נגזרים עומסי השיא: לפי הנתונים המוצגים, כ-40% מעומסי השיא בינואר-פברואר וביולי-אוגוסט מקורם בצורכי המיזוג של משקי הבית, עסקים ומפעלים.

לעניין הסוגיה האחרונה: לפי תחזית ארה"ב [10], מספר ימים\* מעלות חימום/קירור יעמוד בשנת 2025 על כ-101.1% / 93.8% ביחס לשנת 2011 - דבר שישפיע על צריכת האנרגיה במשקי הבית

י' סוסנובסקי. "אודות ניהול שימור האנרגיה הממלכתי בישראל". עבודות המכון למחקרים מתקדמים, ערד. גיליון 5 לשנת 2005.

The Israel Union for Environment Defense. "Israel's Electricity Bill. Creating Efficiency and Savings in the Israeli Energy Market". June, 2004. [www.iued.org.il](http://www.iued.org.il)

"Government Activity to Promote Energy Conservation and Renewable Energy". The Prime Minister Conference, 08.11.2006.

"התוכנית הלאומית להתייעלות אנרגטית. צמצום בצריכת החשמל 2010-2020". משרד התשתיות הלאומיות, יולי 2010. <http://energy.gov.il/Subjects/EnergyConservation/Documents/energy.pdf>

י' סוסנובסקי, י' ארייב. "מאזן האנרגיה של ישראל. ניתוח מערכת". כתב העת "חשמל ואנשים", גיליון 42, ספטמבר 2012.

הלמ"ס. "רמת חיים: הוצאות והכנסות. בעלות על מוצרים". [http://cbs.gov.il/reader/?Mival=cw\\_usr\\_view\\_SHTML&ID=656](http://cbs.gov.il/reader/?Mival=cw_usr_view_SHTML&ID=656)

Israel Electric Corporation. "Strategic Aspects Overview". Nov.2012

Development. 2002

"The National Energy Modeling System: an Overview 2003". <http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/overview/overview.html>

"Annual Energy Outlook Retrospective Review: Evaluation of Projections in Past Editions (1982-2006)". <http://www.eia.gov/oiaf/analysispaper/retrospective>

"Annual Energy Outlook 2013 with Projections to 2040". EIA, May 2013. [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2013).pdf)

Pennsylvania State University. "An Energy Demand Forecasting Model for Israel and the Market Potential for Natural Gas". Draft Final Report. May 19, 2003.

"תוכנית האב למשק האנרגיה בישראל", 2004. <http://www.ecoenergy.co.il/Portals/0/%D7%AA%D7%95%D7%9B%D7%A0%D7%99%D7%AA%20%D7%94%D7%90%D7%91%20%D7%9C%D7%9E%D7%A9%D7%A7%20%D7%94%D7%90%D7%A0%D7%A8%D7%92%D7%99%D7%94%20-%20%D7%93%D7%95%D7%97%20%D7%9E%D7%A1%D7%9B%D7%9D%20%D7%95%D7%AA%D7%95%D7%9B%D7%A0%D7%99%D7%AA%20%D7%97%D7%95%D7%9E%D7%A9%20082004.pdf>