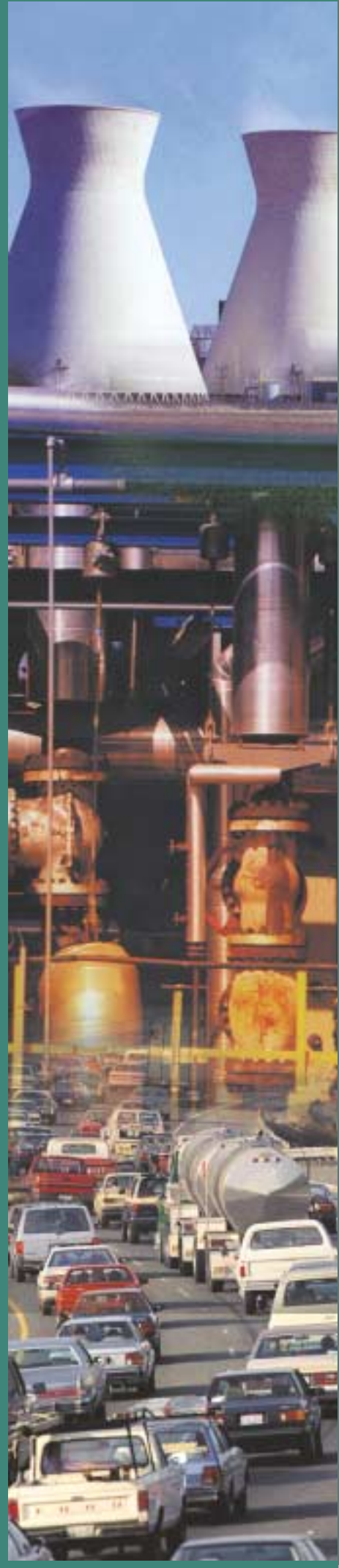


מוסד שמואל נאמן  
למחקר מתקדם  
במדע וטכנולוגיה



**אנרגיה בישראל**  
**מצב נוכחי כנקודת מוצא**  
**לתכנון עתידי**  
**אמנון ענב**

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל



**אנרגיה בישראל**

**מצב נוכחי כנקודת מוצא לתכנון עתידי**

**מאת**

**אמנון ענב**

**מאי - 2003**

## פתח דבר

דו"ח זה מציג את הנתונים של צריכת האנרגיה בישראל, את המבנה העקרוני של משק האנרגיה, ואת הפעילות במשק זה במהלך השנים האחרונות.

כל זאת מתוך מטרה לחדד את הבעיות המתעוררות בניהול משק האנרגיה כאן ואת הצורך בקביעה של מדיניות אנרגיה לטווח רחוק, על פי יעדים שיוגדרו בהסכמה, בהשתתפותם של כל מגזרי המשק שבהם מרכיב האנרגיה מהווה גורם תשומה מרכזי. בדו"ח זה קובצו, צוטטו ונותחו נתונים של משק האנרגיה שהופיעו בדו"חות של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, בדו"חות של חברת החשמל לישראל, ובדו"חות של משרד התשתיות. בדו"ח מועלות גם שאלות שפתרוןן דורש התייחסות של הרשויות בצורה של עיון בנושא, והחלטה לצורך קביעת עמדה.

אין הדו"ח מציג תשובות לנושאים המועלים מאחר וכל מטרתו היא ליצור הרקע לדיון מעמיק בין אנשי המקצוע ואנשי הדרג המחליט לקראת הכנת מדיניות אנרגיה הולמת לתנאים במדינת ישראל.

## תוכן העניינים

	תקציר מורחב.....	
1	מבוא.....	1
3	מבט על הדינמיקה של משק האנרגיה בישראל.....	2
9	מבט על משק הדלק.....	3
12	ענף הזיקוק בישראל ומשק התזקיקים.....	3.1
16	השימוש בפחם.....	3.2
17	הכנות להכנסת גז טבעי לשימוש בישראל.....	3.3
18	מערכת ייצור החשמל.....	4
18	רקע.....	4.1
21	מגמות הגידול במערכת החשמל.....	4.2
26	יצרנים פרטיים.....	4.3
26	מדיניות הממשלה.....	4.3.1
29	המצב בפועל.....	4.3.2
31	קריטריון האמינות במערכת החשמל.....	4.4
32	מבנה משק החשמל ומערכות הפיקוח והחקיקה.....	4.5
36	פיתוח בר-קיימא של משק האנרגיה.....	5
40	טכנולוגיות נוכחיות ועתידיות במשק האנרגיה.....	5.1
44	הטכנולוגיות הזמינות לפיתוח משק האנרגיה.....	5.2
46	תרחישים אפשריים.....	5.3
50	שימור אנרגיה ואנרגיות חילופיות.....	5.4
53	שימור אנרגיה, אנרגיות חילופיות ואפקט החממה.....	5.5
55	אנרגיה ומשק התחבורה.....	6
55	מצב הרכב והנסועה.....	6.1
57	הדלקים המשמשים בתחבורה.....	6.2
59	שינויים אפשריים בצי הרכב.....	6.3
60	תשתיות למשק האנרגיה.....	7
62	אנרגיה במגזר הממשלתי.....	8
63	מו"פ אנרגיה וייצור חשמל ממקורות עצמיים בישראל.....	9
65	סיכום.....	10
68	מקורות.....	11

## תקציר מורחב

משק האנרגיה בישראל עומד בפני שינוי מהותי שיכתוב את כוונת ההתפתחות שלו בתקופת העשורים הבאים. השינוי עתיד לקרות בעיקר לאור העובדה שמשקי האנרגיה בעולם כולו עברו בעת האחרונה ועוברים גם עתה שינויים מהותיים של ארגון ושל מבני בעלות, גורמים שבודאי ישפיעו על הנעשה כאן. אם נוסף את הבעיות במשקי הדלק בעולם, שהיו חבויות והתעוררו בגלל המשבר בעיראק והשכיחה במשק הנפט של וונצואלה, הרי שיש מקום לבחון פעם נוספת את עקרונות קביעת מדיניות האנרגיה בישראל.

יש לענות על מספר שאלות רלבנטיות; האחת מהו משק האנרגיה אותו ברצוננו לראות בישראל והאם הננו מעונינים לראות בישראל משק אנרגיה בר קיימא? השניה מהיא האסטרטגיה שתבטיח הקמתו של משק מעין זה? שאלה שלישית רלבנטית אף היא לעניין היא השאלה מהו טווח התכנון ומה המדיניות שלפיה יש לתכנן את משק האנרגיה בישראל? אין הדו"ח להלן מתיימר לתת תשובות לשאלות אלה אלא בעיקר להציג את המצב הנוכחי ולהציע דיון בנושאים שיועלו.

נושא האנרגיה ממשיך להיות נושא רב חשיבות, במערך הכלכלי הכולל של מדינת ישראל. אי לכך יש מקום לבחון מחדש את הרעיונות שהועלו בעבר, לברור רעיונות חדשים שהועלו לאחרונה, ולבחון את משק האנרגיה כאן לאור ההתפתחויות שחלו במהלך השנים. יש מקום גם לבחון את הכלים והאמצעים בהם משתמשים עתה לניתוח ולהכנת מדיניות האנרגיה המיועדת ליישום במהלך השנים הקרובות. יש לבנות כלים מוסכמים להכנת מדיניות אנרגיה עבור מדינת ישראל שיהיו מבוססים על מספר מרכיבים שעיקריהם כלהלן:

א. קביעת מטרות מדיניות האנרגיה בישראל, כולל מטרות חברתיות, שאותן אפשר לארגן בצורה היררכית ועריכת המפרט של מטרות אלה.

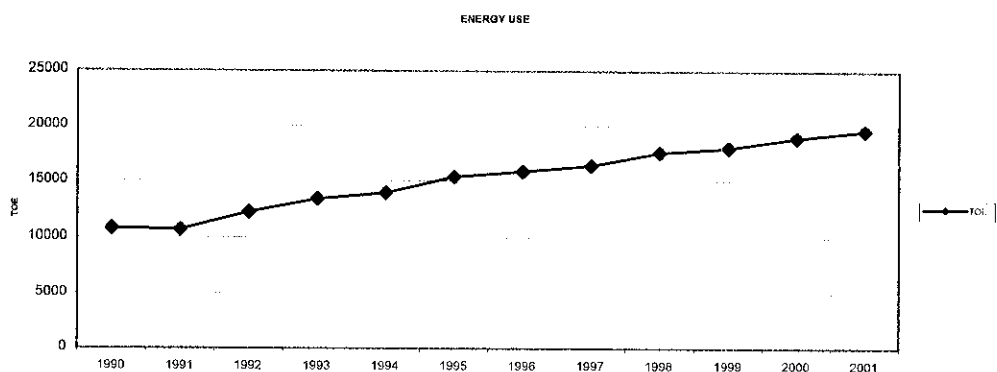
ב. הכנת קטלוג של פעילויות, שיש בהן פוטנציאל השפעה על מדיניות האנרגיה.

ג. בחינה מדוקדקת של כל הפעילויות הללו בתחום מדיניות האנרגיה, במטרה לזהות את אלו מתוכן שישפיעו על השגת מטרות המדיניות בצורה הנמצאת ביותר.

מאחר ויש מספר רב של גורמים היכולים להשפיע על קביעת מדיניות האנרגיה של ישראל, הרי שמדיניות זו צריכה להיקבע אחר בחינה ובחירה מתוך מספר חלופות אפשריות. טבעי איפא ליצור פורום רחב ככל האפשר, שבו ייוצגו העוסקים באנרגיה, שיאפשר דיונים ובחינה מידי פעם של החלופות האפשריות ושל הפרמטרים המשפיעים על חלופות אלה; מתוכן אפשר יהיה לבחור את מדיניות האנרגיה של ישראל.

לאחרונה, החל בשנת 1999, חל שינוי בולט בשימוש בחשמל ובדלקים וגם רואים שינוי בכמות האנרגיה לנפש. השינוי אינו נובע מהפעלה של מדיניות אנרגיה שגרמה ליעילות גדלה והולכת של השימוש באנרגיה אלא מביא לכדי ביטוי את ההרעה הכללית בתפקוד המשק בישראל. הרעה שהחלה בשנת 1999 כתוצאה מהמשבר הכלכלי בעולם והמשבר באזורנו. יש לציין שיהס האנרגיה, שהוא היחס שבין צריכת האנרגיה לנפש לעומת התל"ג לנפש כמוגדר בדוח הסטטיסטי, מראה כיוון של הרעה כבר החל ב-1997, עוד לפני תחילת המשברים העולמיים.

הגידול בצריכת האנרגיה ( בערכים של שווה ערך טון נפט-שעט"ן) במהלך העשור האחרון מוצג בתרשים א'. התרשים מבוסס על נתוני משרד התשתיות והלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, נראה לפיו שצריכת האנרגיה התייצבה בשנתיים האחרונות, כנראה, תוצאה מההחמרה במצב הכלכלי.

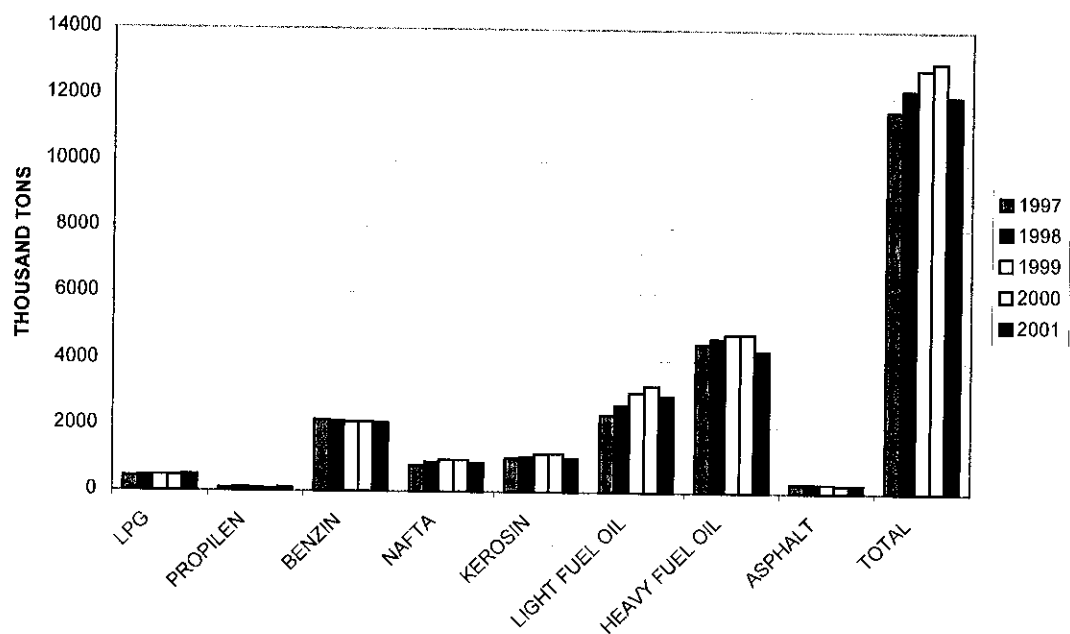


מקור: הלמ"ס, משרד התשתיות הלאומיות.

תרשים א' התפתחות צריכת האנרגיה במהלך השנים האחרונות.

הנפט הגולמי הינו מקור האנרגיה העיקרי במדינת ישראל ומספק יותר ממחצית צריכת האנרגיה במשק. מסיבות מובנות, אין הגז הטבעי מהווה כרגע מקור רציני של אנרגיה בישראל. יש הפקה של גז טבעי ליד ארד המשמש לצריכה מקומית בלבד. תחזיות הצריכה של הגז הטבעי בישראל כפי שהוצגו במסמך של משרד התשתיות, מראות שהגז הטבעי יכנס לשימוש בישראל, בשנים הקרובות בקצב גובר והולך. תרשים ב' מציג את התפתחות הצריכה של מוצרי הנפט במהלך השנים האחרונות.

## OIL PRODUCTS



מקור: משרד התשתיות הלאומיות

תרשים ב' צריכת מוצרי הנפט במהלך השנים האחרונות

גם בתרשים זה נראית ירידה ברורה בצריכת מוצרי אנרגיה בשנת 2001. צריכת האנרגיה ממקורות מתחדשים מהווה נתח קטן מסך כל צריכת האנרגיה בארץ. נתח זה שמקורו בעיקר הוא תוצאה של שימוש בדודי שמש, מהווה כמות של כ-3% בלבד מסך כל האנרגיה הנצרכת. שוק זה של הקולטים הסולאריים לחימום מים בשימוש במשקי הבית הגיע כמעט לרוויה יחסית, לכן, אם לא תבוצע פעולה מכוונת לקידום השימוש באנרגיה סולארית בתעשייה או לצורכי הפקת חשמל, יש לשער שההיקף היחסי של השימוש באנרגיה סולארית כאן ילך ויקטן עם הזמן.

ניתוח של מגמות הגידול השנתיות של צריכת האנרגיה מחד גיסא ושל התל"ג מאידך גיסא מראה שברוב השנים, מגמת הגידול של צריכת האנרגיה לנפש היא יותר גדולה מזו של התל"ג לנפש, אינדיקציה זו מצביעה על אי התייעלות של משק האנרגיה כאן.

ככלל, אפשר לראות עליה רצופה בצריכה של כל אחד ממוצרי האנרגיה במשק, מלבד צריכת המזוט התואמת את דרישות ההפעלה של תחנות הכוח (צורכות המזוט) המופעלות על ידי חברת החשמל. ההאטה הכלכלית שחלה במשק הישראלי בשנת 2001, כתוצאה מהמשבר הכלכלי בעולם ובישראל וכתוצאה מהמצב הביטחוני כאן, משתקפת גם בצמצום צריכת הדלקים לתעשייה ולענפי ההובלה הבינלאומית.

ההשוואה של עצימות האנרגיה (היחס בין האנרגיה לתל"ג המיוצר) במדינות שונות ובישראל, מציגה גם היא את התמונה הלא מחמיאה שבישראל עצימות האנרגיה אינה משתפרת ואף הולכת וגדלה במקצת במהלך השנים, בניגוד לנעשה במדינות מפותחות שבהן עצימות האנרגיה הולכת וקטנה לאורך הזמן, כפי שניתן לראות בתרשים ג'.

פעילות זיקוק הדלקים בישראל מרוכזת בידי בתי הזיקוק לנפט (בז"ן בע"מ), חברה ממשלתית שהבעלות עליה נחלקת כלהלן: 74% בבעלות המדינה ו- 26% בבעלות החברה לישראל. עיקר הפעילות של בתי הזיקוק היא ייבוא וזיקוק של נפט גלמי. בשנת 1989 הוכרזה חברת בז"ן כמונופול, בהיותה החברה היחידה העוסקת בזיקוק נפט גולמי. החברה נוסדה על ידי הבריטים בשנת 1938, הזיכיון שניתן עוד על ידי שלטונות המנדט הבריטי עומד להסתיים בשנת 2003. לאחר סיום תקופת הזיכיון יעברו נכסי החברה לבעלות הממשלה. לחברה לישראל בע"מ, כשותפה המחזיקה ב- 26% ממניות החברה, יש זכות סירוב ראשונה בנוגע לכל המניות שהמדינה תבקש למכור לצד ג'.

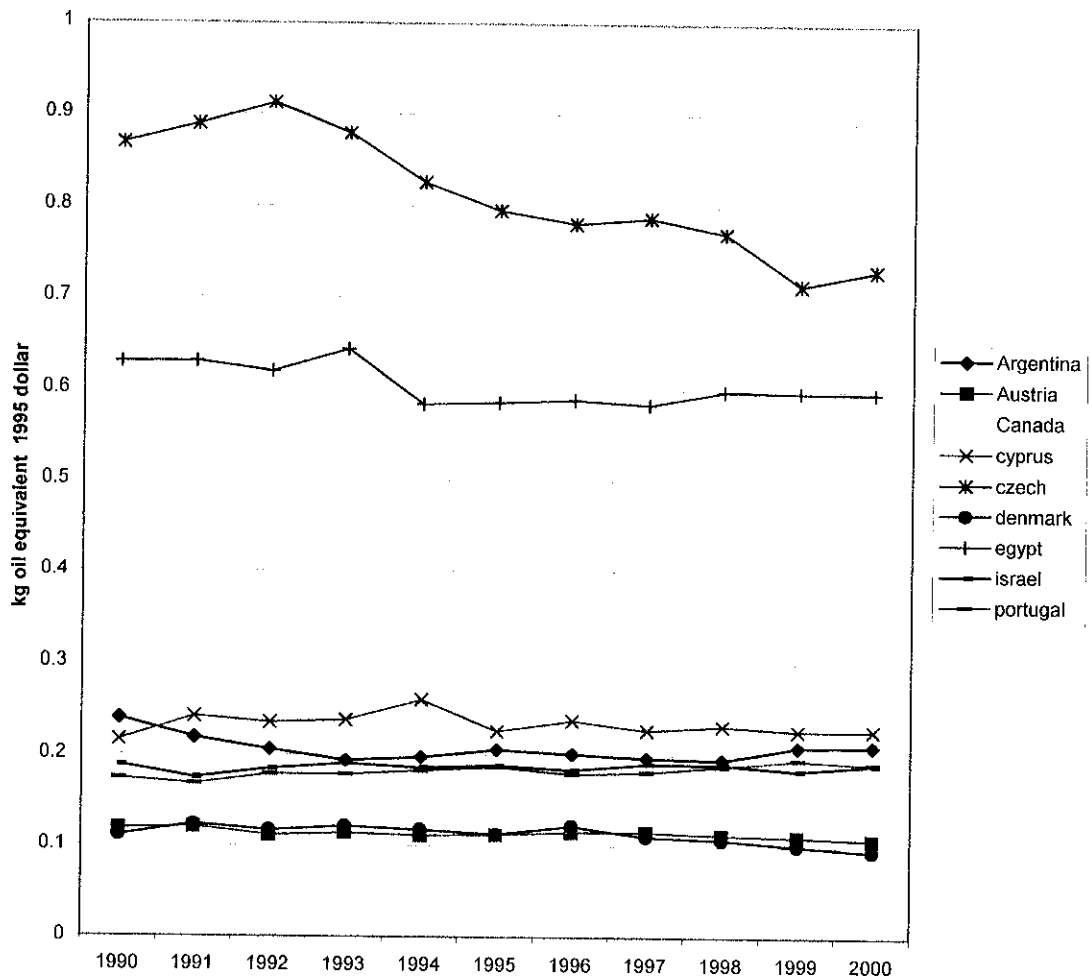
הקטנת חלקה של בז"ן, במהלך השנים האחרונות באספקת מוצרים למשק, מתבטאת בכך שיבוא התזקיקים (סולר, בנזין, נפטא וקרוסין) גדל פי 3.4 תוך המש שנים. על אף זאת, בז"ן נותרו עדיין הגורם המשמעותי באספקת מוצרי דלק, למרות הגידול המשמעותי ביבוא של מוצרי דלק למשק. היקף הייצור בבז"ן מספק כ- 90 אחוזים ממוצרי הנפט הסופיים במשק. מצב זה יוצר בעיות בפיקוח על מחירי המוצרים.

משק הדלק הנוזלי מחולק לשלושה ענפים עיקריים:

- ענף ייבוא הגולמי ומוצרי הנפט.
- ענף תשתיות הדלקים הכולל אכסון הדלקים וניפוק הדלקים בצנרת ליעדים עיקריים.
- ענף השיווק לצרכנים.



### Energy Intensity



מקור: World Bank in <http://devdata.worldbank.org>

תרשים ג' השתנות עצימות האנרגיה במדינות שונות ובישראל.

אין אינטגרציה אנכית במשק הדלק, בדומה לנעשה במשקי דלק אחרים בעולם. התחרות אמורה להתקיים בין ה"שחקנים" בתוך כל אחד מהענפים. עם זאת, למרות הרפורמה שבוצעה במשק הדלק במהלך שנות השמונים אין ניכרת התייעלות נכרת במשק הדלק, וגם לא נוצרה תחרות אמיתית בענפי הדלק השונים.

בין השנים 1995 ל- 2000 גדלה כמות הפחם שיובאה לארץ. מרבית הפחם משמש לייצור חשמל. נחקק חוק משק הגז הטבעי, המסדיר את מדיניות הממשלה בענף החוק נותן סמכויות לשר, למינהל, לממונה על הבטיחות ולרשות הגז הטבעי לפעול בנושאים הקשורים למשק הגז. חוק משק הגז מסדיר גם את הכניסה למקרקעין, ההפקעה ותשלום הפיצויים לבעלי מקרקעין.

חברת החשמל לישראל – חח"י, מהווה מונופול בתחום ייצור החשמל והיא אחראית לחלק הארי של ייצור החשמל בארץ. חברת החשמל פועלת עתה על פי חוק החשמל משנת 1996, אשר החליף את הזיכיון שניתן על ידי ממשלת בריטניה, למייסד החברה, המהנדס פנחס רוטנברג בשנת 1936. חוק החשמל בצורתו הנוכחית יהיה בתוקף עד שנת 2006. לפי החוק רשאית חברת החשמל לייצר, להוליך, לחלק ולמכור חשמל עד מועד תום הזיכיון. בהולכה ובחלוקה יש לחברת החשמל בלעדיות.

כל חברה שהיא יכולה, אם רצונה בכך, להגיש בקשה כדי לייצר ולמכור חשמל במדינת ישראל. כדי להקל על המבקשים פורסמו תקנות משק החשמל, שפורסמו ברשומות בקובץ התקנות. וכן פורסמו דרישות מאת מינהל החשמל של משרד התשתיות הלאומיות.

פורסמו כללים המיועדים להסדיר את הכנסת היצרנים הפרטיים למשק החשמל בישראל. אולם כפי שנוכחנו אין התהליך מתקדם בקצב הרצוי ומשק החשמל נשלט למעשה על ידי חברת החשמל המפוקחת על ידי רשות החשמל.

ניתוח הנתונים של התפתחות צריכת החשמל, מציג גידול שנתי ממוצע של שיאי ביקוש לחשמל בשיעור של כ-7.6 אחוז לשנה במהלך השנים 1990-2000. שיעור ביקוש זה גדול מאוד יחסית ומתאים לשיעור גידול שיאי ביקוש חשמל הדומה לזה הקיים במדינה מתפתחת. מאז מחצית שנת 2000 מצוי משק החשמל במיתון מתמשך. כתוצאה מכך עלה ייצור החשמל בשנת 2001 בשיעור מתון של 2.3% בלבד. אפשר להיווכח שהצריכה לנפש בשנת 2001 הייתה כמעט זהה לזו שבשנת 2000, בהתאמה 6005 קו"ט לנפש לעומת 6009 קו"ט.ש. התייצבות זאת באה לאחר עליה רצופה של כ- 300-200 קו"ט לנפש, במהלך השנים האחרונות. גם פרמטר זה מצביע על הסטגנציה החמורה שבה נמצאת הכלכלה בישראל בתקופה האחרונה. על פי ההערכות של משרד התשתיות יהיה צורך להתקין במהלך העשור הבא ולהפעיל מערכים נוספים של הספקת אנרגיה חשמלית בהספק מותקן נוסף של כ- 4500 מגהווט, הן עבור תחנות כוח בבסיס אספקת החשמל והן עבור אלו המיועדות לספק את שיא הביקוש. הסרבול הקיים עתה בהליך הרישוי של אתרים לתחנות כוח, יכול לגרום לעיכובים רבים בהקמתם של תחנות הכוח הכאות בקצב הנדרש.

ישראל עדיין מהווה "אי חשמלי" עם יכולת מותקנת לא גדולה (9129 מנהוט בשנת 2000). עובדה זו וקצב הגידול הצפוי של הצריכה מכתיבים למעשה את גודל השוק המקומי הפתוח לתחרות. יתכן וגודל זה הוא אחד הגורמים המונעים את היכולת ליצור תחרות אמיתית בין יצרני חשמל בישראל.

ביולי 2001 הוגש דו"ח המתייחס למבנה העתידי של משק החשמל. בדוח זה נאמר "מבנה היעד העתידי למשק החשמל בישראל יהיה מבנה תחרותי מבוזר. ליעד זה יש להגיע מוקדם ככל הניתן. בתוך כך יש להבטיח אספקת חשמל זמינה, אמינה (לרבות הבטחת עתודה מתאימה) ויעילה, מזעור עלויות וניצול מושכל של משאבי קרקע ושמירה על איכות הסביבה. כן יש להבטיח תוך כדי ביצוע הרפורמה ואחריה, את תכנון מערכת החשמל בתחומי הייצור וההולכה ואת קיומה של מערכת רגולציה מתאימה חזקה ועצמאית, אשר תאפשר תמיכה מתאימה בביצוע הרפורמה". המצב בפועל הוא שהדו"ח הסטטיסטי של חברת החשמל לשנת 2001 מדווח על 26 מגוואט מותקנים בלבד של יצרנים פרטיים, לעומת תכנון של מספר מאות מגוואט. נושא העברת החשמל דרך קווי חברת החשמל כבר גובש במסגרת רשות החשמל והתעריפים ידועים. אולם גם היבט זה, שנחשב בתחילת הדרך, כגורם מעכב להכנסת יצרנים פרטיים, לא השפיע על הגברת ההיענות של יצרנים פרטיים והכנסה של תח"כ פרטיות למשק החשמל כאן.

באשר לקריטריון האמינות, יש מקום לבחון מחדש את המשמעות הכלכלית האמיתית של קריטריון האמינות של מערכת החשמל במשק הישראלי. בגלל היותנו "אי חשמלי", השאיפה לאספקת חשמל באמינות אחידה לחלקים שונים של המשק, יוצרת מטרה שהגה קשה להשגה ויקרה יחסית. סביר שחלקים ניכרים מהמשק יכולים להסתפק בחשמל פחות אמין מחלקי משק אחרים. לדוגמא, משקי הבית לעומת תעשיות הרכיבים האלקטרוניים ותעשיות הפלסטיק. לאור זאת יש מקום לבחון ולדון מחדש בערך האמיתי של חשמל "לא אמין" לגבי ענפי הכלכלה השונים.

באופן כללי, מחולקת רשת הספקת החשמל לשלשה מגזרים: ייצור, הולכה וחלוקה, חברת החשמל מרכזת עתה בידיה את הפעילות בכל המגזרים. מדובר עתה על הפרטת הייצור והחלוקה והשארת ההולכה בידי המונופול של חברת החשמל לאחר שינוי הזיכיון, אם כן, מהי החקיקה הנדרשת כדי להבטיח הצלחה וכדי שמונופול ההולכה, אם אכן ייווצר מונופול כזה, לא יעדיף חברת חלוקה זו או אחרת או יצרן אחד על פני היצרן השני? בכמה חברות ייצור חשמל יהיה צורך כדי להבטיח תחרות הוגנת? ברור שיש צורך במספר גדול יחסית של חברות כדי להבטיח את התחרות ולמנוע ריכוזיות יתר, האם יש סבירות שנוכל להשיג זאת כתנאי הארץ? אם לא סביר שיוקמו מספיק חברות בגלל גודל השוק, אולי אין טעם בכל המהלך?

כניסה, בארץ, למערכת ייצור מכוזרת ללא גיבוי חוקי מתאים, או למצער, הכנת נוהלים ומפרטים מוסכמים על כל הגורמים; (הממשלה, החברות המספקות חשמל והצרכנים), תתרום ללא ספק לכאוס במערכות אספקת החשמל.

יש איפא ליזום את החקיקה הנדרשת בהתאם למה שכבר נלמד ונעשה בעולם ולהתאים מה שניתן לתנאי הארץ. יש לדון בחקיקה זו ובמשמעויותיה בפורום הציבורי המתאים כדי לקבוע את הנוהלים שיבטיחו אספקת חשמל ללא הפרעות, בהתאם לעקרונות המדיניות שיקבעו על ידי משרד התשתיות הלאומיות והחקיקה שתקבע.

עם פתיחת השוק, ללא חקיקה מתאימה, עשויה מדינת ישראל להפוך, מצד היצרנים, למקום שבו כל מפעל תעשייתי הזקוק לחשמל אמין יבחר להקים תחנת כוח עצמאית, גם במחיר יותר גבוה עבור החשמל וכל זאת כדי להבטיח אספקת חשמל ללא הפרעה ושליטה יותר טובה בעלויות הייצור. מן הצד של המשתמשים, עלולה ישראל להפוך ל"מסלקה" שתאפשר שימוש במכשירי חשמל בלתי יעילים בהשוואה לסטנדרט העולמי, בגלל מחירם הנמוך של המכשירים. דבר זה כבר קורה עתה בפועל. יש איפא צורך דחוף בחקיקה, בפיקוח ובאכיפה תואמים גם כדי למנוע תהליכים אלה.

המושג "פתוח בר קיימא", בתחום האנרגיה, עדיין לא הוגדר עבור מדינת ישראל. יש מקום לבחון את ההגדרה הנ"ל לאור אפשרויות שונות של מסלולי הפתוח של המערכות לאספקת אנרגיה בישראל. כל אחד ממסלולי הפיתוח הריאליים של משק האנרגיה בישראל יכול בתוכו את המרכיבים של הדלקים הפוסיליים, פחם ונפט. למסלול הפיתוח רצוי להוסיף מרכיב גדול של גז טבעי במערכת, הן לצורך ייצור חשמל והן לצורך שימושים אנרגטיים אחרים. בכל אחד ממסלולי הפיתוח העתידיים יש אפשרות להוסיף מרכיב של אנרגיות חילופיות: רוח, סולארי תרמי ופוטוולטאי ואולי גם ארובות שרב.

אם ישיתו בעולם קנסות על מוצרים שייצרו באמצעים פסולים (כולל אנרגיה) משום שאינם תואמים פיתוח בר קיימא באמות מידה עולמיות, למשל: פליטה מינימלית של גזי חממה, סביר מאוד שהמשק הישראלי יצטרך לשאת בקנסות אלה אם לא יתאים את הפיתוח של משק האנרגיה, לאותו הכוון, כפי שנעשה במדינות העולם. צריך איפא לכוון לאסטרטגיית פיתוח, במשק בכלל ובמשק האנרגיה בפרט, שתבטיח מצב של "חרטה מועטה" ככל היותר. כדי לקדם את הכנסתם של יצרנים פרטיים מוטלת חובה על הממשלה לשפר את השווקים הקיימים במשק האנרגיה וליצור הזדמנויות בשווקים ליזמים פרטיים, להבטיח יחס ומחירים הוגנים לצרכנים, ללא עיוות מכוון במחיר מוצרי האנרגיה על ידי העדפות של בעלי השליטה באמצעי הייצור או באמצעי הולכת האנרגיה.

על הממשלה לעזור ולקדם טכנולוגיות חדישות על ידי עזרה באימוץ של טכנולוגיות שהוכחו במקום אחר. וגם על ידי תמיכה בטכנולוגיות מקומיות, עד לסף הבגרות הטכנולוגית, באופן שאפשר יהיה להחדיר אותן לשוק ללא תמיכה מעותת. יש להבטיח רכישות של פחם, נפט וגז ממספר מקורות ברחבי העולם. ביסוס חלקי של משק האנרגיה על מקורות מקומיים כגון פצלי שמן, ואנרגיות מתחדשות, יכולה להבטיח אספקה של כמות מסוימת של אנרגיה מקומית ללא תלות ביבוא ברגיעה וגם בשעת חירום. עדיין קיימים בעולם מקורות אנרגיה פוסיליים ניכרים, מהם ניתן להפיק נפט נוזלי, אשר עבורם, עדיין לא פותחה במלואה הטכנולוגיה המאפשרת את ניצולם היעיל. דוגמאות לכך הן הנפט הכבד מאיזור האורינוקו, פצלי השמן בישראל, ירדן, צפון אפריקה וסין, וחולות הזפת בקנדה. הבעיות העיקריות הן: שכלול תהליך ההפקה, הקטנת מחיר חבית הדלק שתופק ממקורות אלה והזיהום שיווצר. מוסדות האיחוד האירופי מעודדים הכנסה של אנרגיות חילופיות ברחבי אירופה. בארה"ב יש פעילות מחקר ענפה בשטח האנרגיות החילופיות. ההשקעה במו"פ אנרגיה שבוצעה עד כה בישראל יצרה הצלחות טכנולוגיות רבות, אולם בגלל סיבות שונות, בעיקר בגלל העדר תמריצים, המקובלים גם במתקנות שבמדינות העולם והחיוניים בשלבים ראשונים של החדרת טכנולוגיה, ההצלחות אינן מוצאות את ביטויין במערכת האנרגיה בארץ. תחנות הכוח הסולאריות שפותחו בישראל והוקמו על ידי חברת "לוז" בקליפורניה מהוות דוגמה בולטת להצלחה של טכנולוגיה שפותחה בארץ לשם הפקת חשמל מאנרגיות חילופיות. תחנות כוח מסוג זה יכולות להיות מוקמות באזורים שונים בדרום הארץ ליד רמת חובב, במישורים ליד שדה בוקר, באזור ליד חלוצה, במישור ימין או בערבה למשל, כאשר הן משתלבות בדרישות של שיא ההספק היומי ומסוגלות לספק את הדרישה במחיר סביר. דוגמה נוספת היא המחקרים וההשקעות בפיתוח של הפקת חשמל ונפט מפצלי השמן. מחקרים אלה מעמידים בידינו כיום טכנולוגיה לניצול משאב אנרגטי גדול שניתן יהיה להשתמש בו, בבוא העת, כאשר עלויות האנרגיה המיובאות יהיו ברמה כזו שניצול מעין זה יהיה כדאי. ישנם עשרות של טכנולוגיות הניתנות ליישום במערכי הספקת החשמל, הן טכנולוגיות של אנרגיות חילופיות והן טכנולוגיות קונבנציונליות, מתוכן, אפשר לבחור הטכנולוגיות המתאימות לתנאי הארץ כדי להבטיח תוכנית פיתוח אופטימלית, כאשר האילוצים של תכנית הפיתוח יוכתבו על ידי מדיניות הממשלה באמצעות המשרדים הממונים.

לצורך המחשה של תכניות הפיתוח נבחנו 5 תרחישים :

1. BASE: פיתוח שגרתי של מערכת הייצור בתוספת כמות מועטה של יצרני חשמל מאנרגיה חילופית.
2. RENEWABLES: פיתוח של מערכת חשמל המכילה כמות מוגברת של יצרני חשמל מאנרגיה חילופית.
3. ENHANCED: פיתוח של המערכת בתוספת של יצרנים נוספים (אנרגיה חילופית או גרעין) שאינם פולטים CO<sub>2</sub>.
4. SAVE: חסכון באנרגיה ופיתוח שגרתי של המערכת (מיתון גידול צריכת האנרגיה לנפש).
5. SAV&REN: שילוב של 2 ו 4. מיתון הגידול בצריכת האנרגיה ותגבור השימוש באנרגיות חילופיות.

בבחינת תוצאות התרחישים ניתן להעריך שאפשר יהיה להשיג הקטנה של פליטת כמויות הגז הנפלט בשני מקרים; האחד על ידי הכנסה מסיבית של תחנות כוח שאינן שורפות דלקים כגון אנרגיות חילופיות או גרעין, והשני על ידי שילוב של חיסכון באנרגיה והכנסה מסיבית של אנרגיות חילופיות. פיתוח של משק אנרגיה המבוסס על מערכות אנרגיות חילופיות ומאמץ לחסכון מוגבר של אנרגיה, הוא תהליך ממושך הדורש החלטה וליווי של כל שדרות המשק.

ההערכה היא שניתן לחסוך כ-15% מכל האנרגיה באמצעות הפעלה של אמצעים לחיסכון באנרגיה. כמו כן אפשר יהיה להמיר ייצור של כמויות ניכרות של חשמל מדלק פוסילי לאנרגיות מתחדשות של שמש, רוח וניצול פסולת. יש אפשרות להפעיל מכלול של טכנולוגיות, באופן מיידי בהתאם לרקורד אמיתי של הצלחה בארץ ובחול.

חרף עיכובים והשהיות ביישום הפרוטוקול להגבלת פליטה של "גזי חממה" ברור שהקהילה הבינלאומית נחרצת בהחלטתה להקטין את פליטתם, וקיימת כבר התחייבות מפורשת של האיחוד האירופי, יפן, רוסיה, אוסטרליה ואחרים לעשות זאת. בארה"ב אמנם אין רואים סימנים שהיא מתכוננת לאמץ את פרוטוקול קיוטו אבל חלק גדול של מאמצי הפיתוח של מקורות אנרגיה חילופיים נעשה דווקא שם. מקורות הנפט והגז מוגבלים ביותר. על פי הערכה, יגיע שיא השימוש בהם עוד לפני שנת 2020. זמינותם בהיקפים הנהוגים היום, לא תתארך מעבר לעוד 45- עד 75 שנה. העלייה האחרונה במחירי הנפט, בגלל המתרחשות עם עיראק, והגבלות הייצור בוונצואלה, לתחום של מעל 30 דולר לחבית, מציגה עד כמה יהיה קשה בעתיד לחזות את השינויים במחירי הנפט, גורם זה יכביד על הישג הכדאיות הכלכלית של פרויקט, שמרכיב האנרגיה בו יהיה ניכר.

אחד מענפי הכלכלה שבו קיים מרכיב האנרגיה כגורם עיקרי הוא התחבורה. בענף זה לא ניכרת בארץ כל התקרבות לרוויה לא במספרי המכוניות ולא במצב הנסועה בכבישים. יש צורך בשינוי מצב זה, הן כיוון של הקטנת הצפיפות על הכבישים והן מבחינת ההשפעה על צריכת האנרגיה ופליטת המזהמים מהרכב. אי לכך יש מקום לבחון כבר עתה, מה גבול הרוויה הרצוי של מספר כלי הרכב בכבישי הארץ, איזו נסועה צפויה לנו בעתיד וכיצד אפשר לצמצמה לערכים נסבלים. על פי הנהוג עד כה, אין תיאום הדוק בין משרדי התחבורה והתשתיות בכל הנוגע להגדרות הדרישות לאנרגיה של משק התחבורה בארץ. בפועל, נגררת המדיניות אחר זרישות השוק המסופקות על ידי יבואני הרכב. יש מקום לבחון מחדש את מערך התחבורה הארצי. בחינת המערך צריכה להיעשות תוך התייחסות להיבטים הנוגעים לצריכת האנרגיה וגם לאלו הנוגעים לאיכות הסביבה ולהשפעה על תפיסת שטחים, כבישים, חניות, אזורי שירותים ומסחר, והמרקם העירוני. משק התחבורה בארץ מבוסס על שימוש בבנוי ובסולר, דלקים הגורמים לזיהום סביבתי ניכר בעיקר כאשר רמת התחזוקה של המנועים אינה גבוהה. אפשר להשיג חסכון של כ-10% בדלקים המיועדים לתחבורה באמצעות תחזוקה נכונה של מערכות התחבורה כאן. כלומר, להשיג חסכון של כ-4% בהוצאות המשק עבור דלקים שונים, ובנוסף נקטין גם את ההוצאות הכרוכות בטיפול במזהמים הנפלטים מאמצעי התחבורה.

משמעות של מעבר למשק המבוסס על פיתוח בר קיימא, הוא שימוש בכלי רכב שבהן צריכת הדלק הסגולית היא נמוכה ביותר, כולל כאלה המונעים על ידי חשמל או גז, תאי דלק חשמליים או בעלי מנועים היברידיים. בתכנון ארוך טווח של משק התחבורה בישראל, יש מקום לבחון את המשמעות למשק האנרגיה, של הכנסתם של אמצעי תחבורה המכילים מנועים המבוססים על טכנולוגיות חדישות כנזר לעיל. גם מעבר לשימוש יותר גדול ברכבות, רצוי רכבות מונעות חשמל, יועיל להקטנת זיהום הסביבה. תעשיית האנרגיה דורשת תשתיות ניכרות. עבור תחנות הכוח עצמן ועבור מסדרונות להעברת אנרגיה (קווי חשמל, צנרת דלק) שטחי אכסון לפחם, לדלקים, לתזקיקים ולאפר פחם. אמצעי פריקה טעינה ואכסון כנמלים השונים, וטרמינלים לדלקים. בארץ צפופה כמו ישראל יש להביא גורמים אלה בתכנון ארוך הטווח של משאבי הקרקע. יש לבחון את האפשרות להשתמש באיים מלאכותיים ובתת הקרקע למיקום אתרי אנרגיה.

אין התייחסות רשמית לכך שהמשלה במסגרת מוסדותיה, תיישם מדיניות של חסכון באנרגיה או למצער תבחן האפשרות להשיג מצב אופטימלי של תכנון השימוש באנרגיה בכל המערכות הניזונות מתקציבים ממשלתיים. יש לפתוח במספר פעולות במקביל כדי להבטיח שהמסר, של הצורך בחסכון באנרגיה, שאותו רוצים להעביר ייקלט במסגרות של הגופים השונים ובעיקר בציבור הרחב. כמו כן יש

לשאוף לתיאום בין משרדי הממשלה השונים בכל הקשור לטיפול בנושאי אנרגיה. הממשלה חייבת להבטיח שהמדיניות שתקבע על ידה תאפשר פיתוח או הטמעה של טכנולוגיות אנרגיה בצורה שניתן יהיה להפיק מהן את מלוא התועלת הצפויה.

במהלך הסקירה להלן מוצגים היבטים שונים של משק האנרגיה, נשאלות שאלות ומועלות בעיות שעדיין אין תשובות עליהן, ללא ספק שחסרים עוד פרטים בתיאור של משק האנרגיה המוצג בסקירה זו.

זה זמן רב שהמבנה העתידי של משק האנרגיה והדלק בישראל מהווה שדה נרחב לפעילות של יועצי אנרגיה מהארץ והעולם, הלוחשים באזנם של "יודעי סוד" במשק האנרגיה. אולם למעשה לא נערך עד כה כל דיון ציבורי מעמיק בנושא זה שבו דנו עם הגופים הנוגעים בדבר; ורב הסתום על הידוע.

חברות האנרגיה, בתי הזיקוק, חברת החשמל, מוסדות האקדמיה, וגופים כלכליים נוספים העוסקים בנושאי האנרגיה, הלוגיסטיקה ואמינות האספקה של הדלקים כולל איכות הדלקים, וכן הציבור הרחב, צריכים לקחת חלק בדיון שהוא חשוב כל כך למשק ולרווחת הציבור כולו. כל מטרתו של הדו"ח הנוכחי הוא להאיר את הפנים הרבות שיש לנושא האנרגיה בארץ כפתח לדיון ציבורי מכובד.

מוסד נאמן, מהווה אכסנייה נאותה לדיונים אלה. במסגרת הדיונים ניתן יהיה לבחון אלטרנטיבות שונות של מסלולי פיתוח אנרגטי, לנתח ולפתח כלים אנליטיים לבחינת האלטרנטיבות המוצעות, לדון בתוצאות בחינת החלופות ולהמליץ לפני משרדי הממשלה על החלופה העדיפה.



## 1. מבוא

משק האנרגיה בישראל, עומד בפני שינוי מהותי שיכתוב את כווני ההתפתחות שלו בתקופת העשורים הבאים. השינוי עתיד לקרות בעיקר לאור העובדה שמשקי האנרגיה בעולם כולו עברו בעת האחרונה ועוברים גם עתה שינויים מהותיים של ארגון ושל מבני בעלות, גורמים שבדאי ישפיעו על הנעשה כאן. אם נוסיף את הבעיות במשקי הדלק בעולם, שהתעוררו בגלל המשבר בעיראק והשביתה במשק הנפט של וונצואלה, הרי שיש מקום לבחון פעם נוספת את עקרונות קביעת מדיניות האנרגיה בישראל. גם העובדה שצורת הזיכיון הנוכחית של הפעלת משק החשמל ובתי הזקוק, המהווים גורמים עיקריים במשק האנרגיה כאן, אמורה לפקוע, מוסיפה לצורך לדון בכווני ההתפתחות של משק האנרגיה כאן במהלך השנים הקרובות.

יש לענות על מספר שאלות רלבנטיות; האחת מהן משק האנרגיה אותו ברצוננו לראות בישראל והאם הננו מעונינים לראות בישראל משק אנרגיה בר קיימא? השניה מהיא האסטרטגיה שתבטיח הקמתו של משק מעין זה? שאלה שלישית רלבנטית אף היא לעניין היא השאלה מהו טווח התכנון ומה המדיניות שלפיה יש לתכנן את משק האנרגיה בישראל?

אין הרשום להלן מתיימר לענות על כל השאלות האלה, נהפוך הוא, מטרת הדו"ח היא לעורר מחדש את הדיון במתודולוגיה ובגורמים השונים המשפיעים על קביעת מדיניות האנרגיה של מדינת ישראל, להציג את השיבות הטיפול בנושא, לבחון את עקרונות ההתייחסות לגורמים המשפיעים ולנתח את מטרות מדיניות האנרגיה בישראל.

עבודה מקיפה למדי בנושא זה כבר בוצעה בידי פרופ' יוליוס ארונופסקי שהיה אורח מוסד נאמן (1) ופורסמה באוקטובר 1980. עבודתו של פרופ' ארונופסקי מסתמכת על ניתוח שבוצע על ידי דר' ויליאם מרקוזה מברוקהבן. דר' מרקוזה הציע לבנות כלים להכנת מדיניות אנרגיה עבור מדינת ישראל שיהיו מבוססים על מספר מרכיבים שעיקריהם כלהלן:

- א. קביעת מטרות מדיניות האנרגיה בישראל, כולל מטרות חברתיות, שאותם אפשר לארגן בצורה היררכית ועריכת המפרט של מטרות אלה.
- ב. הכנת קטלוג של פעילויות, שיש בהן פוטנציאל השפעה על מדיניות האנרגיה.
- ג. בחינה מדוקדקת של כל הפעילויות הללו בתחום מדיניות האנרגיה, במטרה לזהות את אלו מתוכן שישפיעו על השגת מטרות המדיניות בצורה הנמרצת ביותר.

ד. ניתוח של מספר פעילויות שזוהו כעיקריות בתחום מדיניות האנרגיה והפיכתן למדגם מייצג מתוך כל המגוון האפשרי של הפעילויות שישפיעו על תחום האנרגיה בישראל. בחינה ראשונית של תוצאות הפעולה על פי המדגם.

ה. הכנת תכנת מחשב המבוססת על תוצאות המדגם שתכיל בתוכה את כל המרכיבים באופן שניתן יהיה לבנות חלופות שונות של מדיניות אנרגיה כך שאפשר יהיה לבחון את הקשרים בין המטרות שנבחרו ובין האמצעים הדרושים להשגתם ובאופן זה לבחור את התכנית האופטימלית.

על פי מיטב ידיעתי, לא היה המשך לעבודה שהוגשה על ידי פרופ' ארונופסקי, ולא נבנתה התכנה המאפשרת את קביעת ובחינת מדיניות האנרגיה כאן.

פרופ' צ'מנסקי בטייטת עבודה שהוגשה על ידו לקראת הקמת מרכז למדיניות אנרגיה במסגרת של מוסד נאמן (2) מציע לבחון את מדיניות האנרגיה על ידי יצירת מטריצה שבה יבחנו נושאים שונים בתחום האנרגיה לעומת צרכים תפקודיים שונים של תחום זה. כאשר הכוונה היא, לדוגמא, להציג את ההשפעה של נושא כדוגמת פיתוח מערכת החשמל בטווח הקצר והארוך, או הפעלת תוכנית חסכון באנרגיה בבתי מגורים על סוגי תחנות הכוח שיוקמו, על צריכת הדלקים במערכת ייצור החשמל, על יעילות ייצור החשמל, על קידום השימוש באנרגיות חילופיות כולל ההשפעה על הסביבה, על ייצור עצמי של אנרגיה וכיו"ב.

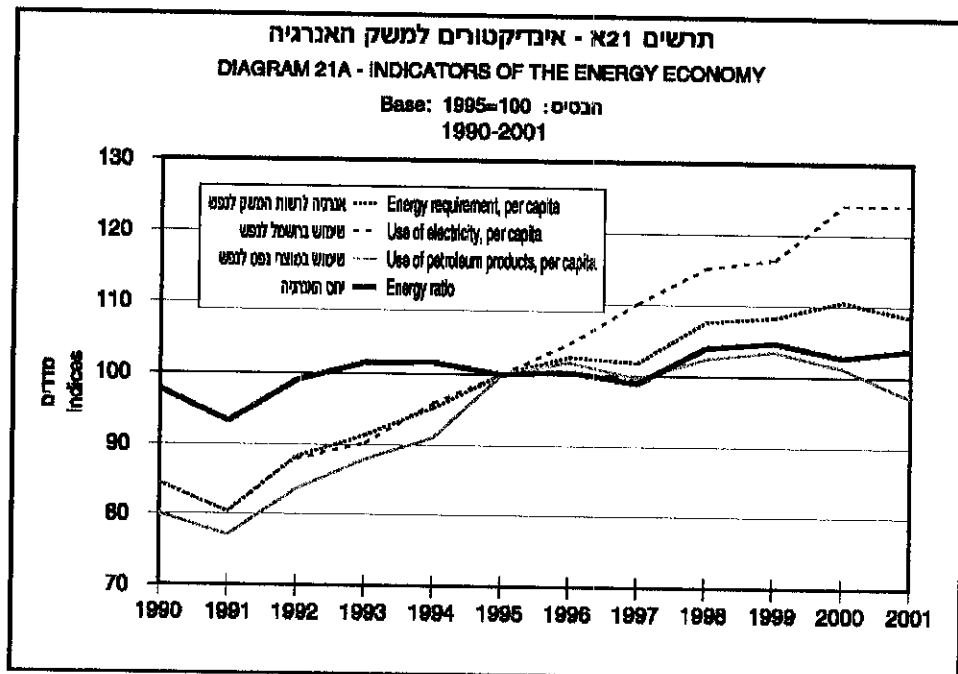
לאור פרק הזמן הארוך שחלף מאז נכתבו הדברים, על ידי פרופ' יוליוס ארונופסקי, והעובדה שנושא האנרגיה ממשיך להיות נושא רב חשיבות, במערך הכלכלי הכולל של מדינת ישראל. יש מקום לבחון מחדש את הרעיונות שהועלו בעבר, לברור רעיונות חדשים שהעלו לאחורונה, ולבחון את משק האנרגיה כאן לאור ההתפתחויות שחלו במהלך השנים. יש מקום גם לבחון את הכלים והאמצעים בהם משתמשים עתה לניתוח ולהכנת מדיניות האנרגיה המיועדת ליישום במהלך השנים הקרובות.

מאחר ויש מספר רב של גורמים היכולים להשפיע על קביעת מדיניות האנרגיה של ישראל, הרי שמדיניות זו צריכה להיקבע אחר בחינה ובחירה מתוך מספר חלופות אפשריות. טבעי אפוא ליצור פורום שיאפשר דיונים ויבחן מידי פעם את החלופות האפשריות ואת הפרמטרים המשפיעים על חלופות אלה, מתוכן אפשר יהיה לבחור את מדיניות האנרגיה של ישראל.

מוסד נאמן, כמי שהחל בתהליך הבדיקה עוד לפני שני עשורים מהווה אכסניה נאותה לפורום זה.

## 2. מבט על הדינמיקה של משק האנרגיה בישראל

נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה מציגים התפתחות דינמית של צריכת האנרגיה בישראל, והיא מוצגת בצורה מאוד בולטת בתרשים 1. הלקוח מתוך דוח הלשכה לשנת 2001. (3)



מקור: דו"ח הלמ"ס 2001

### תרשים 1. אינדיקטורים של משק האנרגיה

השינוי הבולט במגמת הגידול של השימוש בחשמל ובדלקים וההקטנה בכמות האנרגיה לנפש החל משנת 1999 אינם נובעים מהפעלה של מדיניות אנרגיה רציונלית שגרמה להתייעלות גדלה והולכת של השימוש באנרגיה אלא מביא לידי ביטוי, כנראה, את ההרעה הכללית בתפקוד המשק בישראל, החל בשנת 1999, כתוצאה מהמשבר הכלכלי בעולם והמשבר באזורנו.

יש לציין שיחס האנרגיה, שהוא היחס שבין צריכת האנרגיה לעומת התל"ג מראה כיוון של הרעה כבר החל ב-1997, עוד לפני תחילת המשברים העולמיים.

משרד התשתיות הלאומיות הפיץ בתחילת 2002 את מסמך מדיניות משק האנרגיה בישראל שנערך על ידי המשרד (4) והוגש למועצה הארצית לתכנון ובניה בפברואר 2002.

המסמך המקיף כולל את כל הנתונים הקשורים למשק האנרגיה ומציג את מסלול הפיתוח של משק האנרגיה לעשורים הקרובים. ברם, המסמך אינו מציג בבהירות מספקת את השיקולים לבחירתו של מסלול הפיתוח המוצע עבור משק האנרגיה וגם לא את הכלים ואת השיקולים ששימשו לבחירת היעדים או הטכנולוגיות שנבחרו.

הכלים (CAPEX, EGEAS) הנהוגים עתה בחברת החשמל ובמשרד התשתיות הלאומיות והמיועדים לבחון את חלופות הפיתוח של משק החשמל עצמו, אינם מהווים כלים אוניברסליים המיועדים לבדיקת כל משק האנרגיה או לקביעת יעדים עבור משק זה. המחסור באלטרנטיבות שנותחו באמצעות כלים אלה מורגש מאוד.

יעדי המדיניות של משק האנרגיה על פי המסמך שפורסם על ידי משרד התשתיות הם:

- גיוון וביזור מקורות אספקת האנרגיה
- גיוון סוגי הדלקים במשק אספקת החשמל
- החדרת הגז הטבעי לשימושי המשק
- הבטחת אמינות נאותה של אספקת החשמל
- יצירת תנאים להגברת התחרות במשק
- שמירה על איכות הסביבה
- ניצול מושכל של משאבי הקרקע לצורכי תשתית
- ניהול הביקושים לאנרגיה
- שיפור היעילות והנצילות במשק האנרגיה
- אספקת אנרגיה להתפלת מים.

טבלה 1 להלן מציגה את מקורות האנרגיה הראשוניים במשק באלפי שעט"ן (4) ואת התפתחות הצריכה במשך השנים.

טבלה 1. מקורות אנרגיה ראשוניים בישראל.  
( בערכים של אלפי שעט"נ )

שנה	סה"כ אנרגיה ראשונית למשק	ייצוא חשמל	גז טבעי	תזקיפים ומוצרי נפט אחרים	מזוט לסוגיו	נפט גולמי	פחם ופצלי שמן
2000	18,962.7	-128.2	7.9	529.8	1,679.6	10,468.5	6,405.1
1999	18,050.1	-120.1	9.5	113.4	1,635.8	10,733.1	5,678.4
1998	17,622.3	-104.0	10.5	-988.5	930.1	11,928.3	5,845.9
1997	16,438.1	-95.0	16.9	-1,225.4	1,112.4	11,246.6	5,382.4
1996	15,867.5	-84.2	12.7	-693.8	947.0	10,823.2	4,862.4
1995	15,406.2	-78.6	20.2	-1,085.6	1,115.4	11,287.5	4,147.4
1994	13,961.3	-65.8	22.4	-2,356.5	753.8	11,852.5	3,754.9
1993	13,434.5	-54.2	22.4	-2,557.8	504.1	12,077.7	3,442.3
1992	12,233.1	-52.9	22.0	-1,481.2	534.5	10,256.1	2,954.7
1991	10,670.5	-45.1	24.1	-743.2	794.1	8,250.1	2,390.5
1990	10,791.6	-39.1	29.8	-670.8	728.3	8,463.5	2,279.9

מקור: משרד התשתיות הלאומיות  
הסימן השלילי בטבלה מציג ייצוא נטו של אנרגיה בצורת חשמל לשטחים או כתזקיפים לשטחים ולשווקי הדלקים.  
שעט"נ- על פי ההגדרה, כמות האנרגיה המצויה בטון של נפט שווה ערך ל-  $1 \times 10^7$  קילוקלוריות.

ישראל מייבאת פחם, נפט גולמי ומזוט כמוצרי אנרגיה ראשוניים, סה"כ האנרגיה הראשונית לצרכי המשק בשנת 2000, הייתה 18963 שעט"נ, לעומת 15406 שעט"נ בשנת 1995. עליה של 23 אחוז במהלך 5 השנים בהם היה המשק בתנופת גידול גדולה במיוחד. במשך כל התקופה ייצאה ישראל אנרגיה וחשמל לשטחים בשיעור של כ-79 אלף שעט"נ בשנת 1995 ועד 128 אלף שעט"נ בשנת 2001.

(שעט"נ מציגה את כמות האנרגיה הנמצאת

קרוב לודאי שתמונה זו תשתנה עתה עקב המשבר הכלכלי שבו נמצא המשק, שיגרום לירידה בתל"ג ובהכנסה הריאלית הפנויה לנפש, אצל מירב האוכלוסייה בארץ.

אפשר לראות בבירור שהנפט הגולמי הינו מקור האנרגיה העיקרי במדינת ישראל ומספק יותר ממחצית צריכת האנרגיה במשק.

בין שנת 2000 לשנת 2001 נראית ירידה קלה בצריכת הנפט ומוצריו, כפי שמתבטא בשני מקורות המידע (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ומשרד התשתיות הלאומיות).

שינוי עיקרי שחל במהלך השנים האחרונות, היה בהרכב המדינות שמהן מיובא הנפט הגולמי לישראל. רוב הנפט מיובא עתה ממדינות ברית המועצות לשעבר, היבוא ממדינות מערב אפריקה צומצם. מצרים עדיין ממלאת תפקיד משמעותי ברשימת המדינות המספקות נפט למדינת ישראל; היבוא ממצרים בשנת 2000 היה למעלה ממיליון טון של נפט גולמי.

מקור האנרגיה השני בחשיבותו בארץ הוא הפחם. הפחם מיובא ממדינות מרוחקות, בעיקר מדרום אפריקה, אוסטרליה, קולומביה, אינדונזיה וארה"ב. קיימת תלות בקווי אספקה ארוכים ובתובלה ימית המייקרת את עלות הפחם כאן בהשוואה למחירו ליד פי-המכרה. גורם זה משפיע על מחיר החשמל המופק.

הפחם, המהווה דלק בעייתי בעקב הפליטה הגבוהה של גזי החממה הנוצרים כתוצאה משריפתו, אינו מהווה תחרות לגז הטבעי. אי לכך כמעט ואין מקימים עתה תחנות כוח פחמיות במדינות המפותחות בעולם, רוב הפיתוח שם נעשה באמצעות טורבינות גז, או טורבינות גז במחזור משולב.

עם זאת, נעשים מאמצים רבים במסגרות מו"פ שונות בארה"ב ובקהילה האירופית ליצור טכנולוגיות חדישות של Clean Coal Technologies (5):

הטכנולוגיות מכוונות להשיג הקטנת הפליטה בעיקר על ידי הגדלת נצילות תחנות הכוח החדישות שיוקמו בעתיד וגם על ידי פיתוח של ציוד ומערכות, להתקנה בתחנות קיימות, שיאפשרו ספיחה של הפחמן הדו חמצני ומניעת כניסתו לאטמוספירה.

מלבד כמויות קטנות של גז טבעי המופק בסביבות ארד, אין הגז הטבעי מהווה כרגע מקור אנרגיה רציני בישראל. תחזיות הצריכה של הגז הטבעי בישראל כפי שהוצגו במסמך של משרד התשתיות, מראות שהגז הטבעי יכנס לשימוש בישראל, בשנים הקרובות בקצב גובר והולך.

הטבלא להלן מציגה את ההערכה, ע"פ משרד התשתיות, של צריכת גז טבעי בישראל (מבוטאת במיליארדי מ"ק לשנה).

טבלה 2. תחזיות של צריכת גז טבעי בישראל

מגזר/שנה	2005	2015	2025
חברות החשמל	3.7	5.6	8.6
תעשייה ואחרים	0.7	3.2	3.7
סה"כ	4.4	8.8	12.2

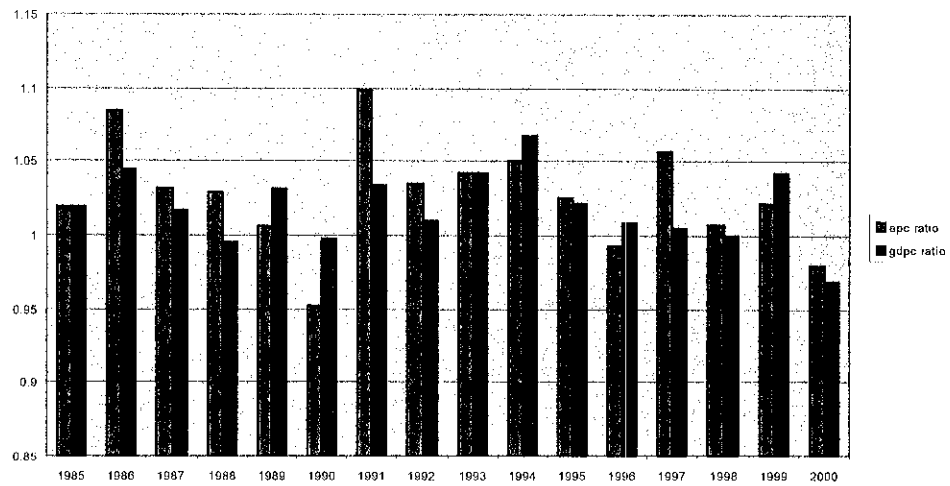
מקור: משרד התשתיות הלאומיות.

צריכת האנרגיה ממקורות מתחדשים מהווה נתח קטן מסך כל צריכת האנרגיה בארץ. השימוש העיקרי במקורות אלה הוא חימום מים בדוודי שמש, המהווה כ-3% מסך כל האנרגיה הנצרכת, כלומר כ-627500 ש"פ. בשנת 2001. ע"פ (3).

ראוי לציין ששוק הקולטים הסולאריים לחימום מים בשימוש במשקי הבית הגיע כמעט לרוויה. אם לא תבוצע פעולה לקידום השימוש באנרגיה סולארית בתעשייה או לצורכי הפקת חשמל, יש לשער שההיקף היחסי של השימוש באנרגיה סולארית כאן ילך ויקטן עם הזמן.

מגמות הגידול השנתיות של צריכת האנרגיה ושל התלג נראים בתרשים 2. להלן. העמודות המופיעות בתרשים מציגות את היחסים שבין; צריכת האנרגיה לנפש בשנה העוקבת לשנת הייחוס שלפניה והתל"ג לנפש בשנה העוקבת לשנת הייחוס שלפניה. אפשר להיווכח שברוב השנים, מגמת הגידול בצריכת האנרגיה לנפש היא יותר גדולה מזו של התלג לנפש. זוהי מגמה שממנה ניתן להסיק שמשק האנרגיה כאן אינו מתייעל.

מצמות גידול שנתיות של צריכת אנרגיה של התלג לנפש



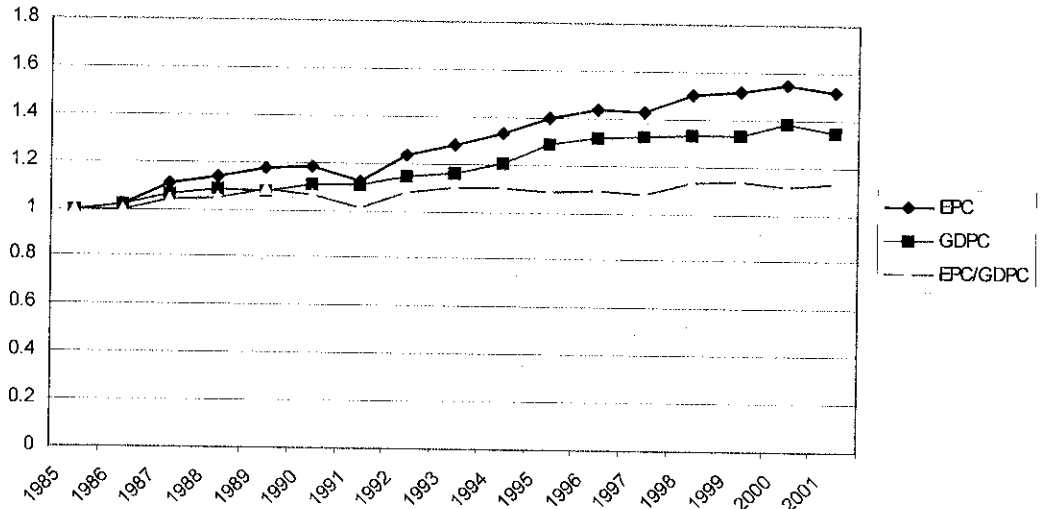
מקור: נתוני הלמ"ס לשנת 2001

תרשים 2. מגמות גידול שנתיות של צריכת האנרגיה ושל התלג לנפש

בתרשים 3 מוצגת התפתחות צריכת האנרגיה לנפש והתלג לנפש החל משנת 1985 כשנת בסיס והיחס ביניהם, גם מתרשים זה אפשר לה יוכח שהיחס בין שיעור הגידול של צריכת האנרגיה לנפש לזה של התל"ג לנפש הוא גדול מאחד, כלומר אין התייעלות. ניכר כוון של "התייעלות" מדומה דווקא בשנות משבר, בשנת 1991 והחל מ-1999, שבהן ניכרת השתפרות כביכול, ביחס הקיים בין מגמות הגידול של האנרגיה לזה של התל"ג.



אנרגיה לנפש על ג'לפיש היחס ביניהם  
1985 כשנת 100



מקור: נתוני הלמ"ס לשנת 2001

תרשים 3. התפתחות צריכת האנרגיה לנפש והתוצר הלאומי הגלמי לנפש והיחס ביניהם

### 3. מבט על משק הדלק

האחריות, במשרד האנרגיה והתשתיות, לאספקת הדלקים נתונה בידי מינהל הדלק הפועל במסגרת המשרד. במסמכי המשרד מוגדרת אחריות מינהל הדלק כלהלן.

- אחריות על אחזקת מלאי הדלק האסטרטגי ומוכנות משק הדלק לשעת חירום.
- פיקוח והסדרה של הפעילות במשק הדלק והגז באמצעות קביעת מחירים מרביים למוצרי דלק הנמצאים בפיקוח. קביעת תעריפים מרביים לשירותי תשתית במשק הדלק והגז ופיקוח על רמת השירות.
- גיבוש ויישום שינויים מבניים במשק הדלק והגז שמטרתם הגברת התחרות בענף, הגדלת יעילות הגופים הפועלים בענף, והורדת העלויות למשק ולצרכן.
- פיקוח ואכיפת תקנים בתחום מוצרי הדלק ובתחום בטיחות השימוש בגז.

הדלקים במשק האנרגיה בישראל, נחלקים לשתי קבוצות עיקריות: מוצרי אנרגיה גולמיים, כדוגמת נפט גולמי ופחם (שאינם מוצרי אנרגיה סופיים בד"כ), ומוצרי אנרגיה סופיים כמו חשמל, תזקיקים לתחבורה או גז פחמימני מעובה. קיימים מוצרי אנרגיה היכולים להיכלל בשתי הקבוצות, הן כחומרי גלם המשמשים לייצור חשמל ומוצרי אנרגיה אחרים, והן כמוצרי אנרגיה סופיים. כמו סולר להסקה, מזוט או גז טבעי. בטבלה 3 מוצגים נתונים על התפתחות הצריכה של מוצרי האנרגיה השונים.

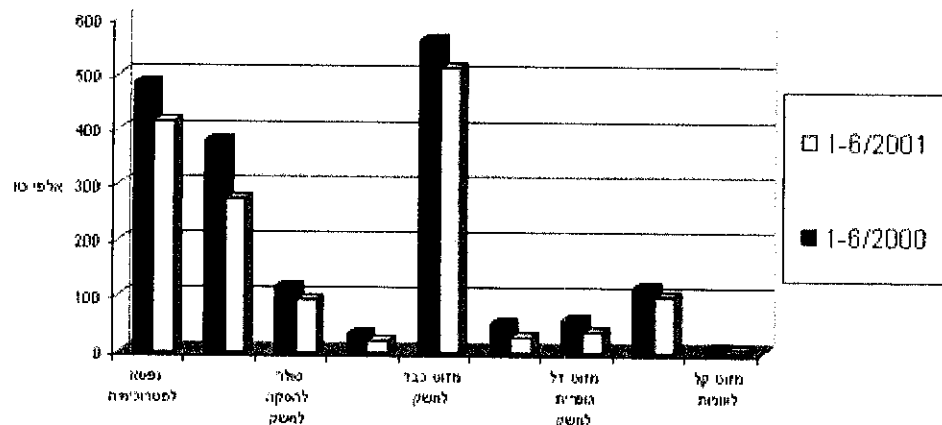
טבלה 3. התפתחות צריכת מוצרי האנרגיה

שנה	אחר	נפטא, בנזין נר"מ	מזוט	סולר לסוגיו	קרוסין, דס"ל	בנזין	גפ"מ	חשמל
2000	546.9	1,035.1	1,383.2	2,420.9	1,219.2	2,125.8	466.8	3,250.0
1999	545.3	930.0	1,279.8	2,312.4	1,198.8	2,114.5	517.0	2,962.8
1998	539.7	953.0	1,044.6	2,141.2	1,128.3	2,144.4	490.0	2,853.2
1997	494.4	832.9	1,333.6	1,978.4	1,065.4	2,148.3	486.9	2,675.0
1996	420.2	784.8	1,423.5	1,923.8	1,057.2	2,151.9	399.6	2,374.8
1995	423.6	692.3	1,385.4	1,780.4	996.7	2,115.2	449.2	2,242.8
1994	369.4	596.6	1,128.1	1,622.1	922.6	1,983.8	418.2	2,100.2
1993	431.8	484.2	1,350.2	1,436.0	891.9	1,846.6	380.1	1,919.2
1992	376.0	517.8	1,089.0	1,368.5	855.2	1,716.0	267.2	1,823.6
1991	301.1	514.0	1,100.2	1,169.4	744.5	1,541.4	198.0	1,570.1
1990	292.4	433.8	1,023.9	1,133.5	773.0	1,493.4	211.1	1,537.5
1989	258.3	415.0	1,057.3	1,062.3	753.9	1,410.3	195.2	1,507.9
1988	252.3	444.4	1,045.3	1,009.2	714.2	1,331.7	213.3	1,405.6
1987	260.9	412.2	1,038.6	994.2	737.7	1,219.5	212.0	1,276.7
1986	165.3	342.4	1,061.5	930.5	659.1	1,103.4	192.6	1,158.7
1985	158.1	350.1	1,010.2	895.4	681.3	1,007.5	187.8	1,111.1
1984	166.6	294.8	1,126.7	924.0	708.8	1,009.9	219.3	1,078.5
1983	205.3	294.3	1,083.1	990.3	749.4	993.4	196.6	1,055.2
1982	233.0	311.0	1,137.3	966.0	756.3	921.2	201.6	994.3

הערה: הנתונים נלקחו ממאזני האנרגיה של משרד התשתיות עד שנת 1999. הנתונים לשנת 2000 הינם אומדן ע"פ נתוני מנהל הדלק והח"י. (הערכים בשעט"ן) מקור: משרד התשתיות הלאומיות

ככלל אפשר לראות עליה רצופה בצריכה של כל אחד ממוצרי האנרגיה במשק לבד מהמזוט שהצריכה שלו תואמת את דרישות ההפעלה של תחנות הכוח המוזנות מזוט על ידי חברת החשמל. במשק הישראלי החלה האטה כלכלית החל בשנת 2001, כתוצאה ממשברי הדיי טק בעולם ואצלנו וכתוצאה מהמצב הביטחוני כאן. ההאטה משתקפת בצמצום צריכת הדלקים לתעשייה ולענפי ההובלה הבינלאומית. תמונה מפורטת של הירידה מוצגת בתרשים 4. המצביע על הקטנה בתצרוכת התזקיקים בשנת 2001 לעומת 2000. ההשוואה בין חציה הראשון של שנת 2001 לתקופה המקבילה בשנת 2000 בתרשים 4 מראה על הקטנה ניכרת בתצרוכת הדלקים לתעשייה. כמות הנפטא בענף הפטרוכימיה ירדה ב - 15%, כמות הסולר, המשמש בענפים תעשייתיים להסקה, ירדה ב - כ-20%. תצרוכת המזוט הכבד ירדה ב - 9% ותצרוכת המזוט הקל לסוגיו במשק ( ללא חשמל או תחבורה ימית) ירדה ב - 21%. גם בתחום התחבורה ניכרת מגמה דומה להקטנה בתקופה הנדונה. כמות הדס"ל ששימש בתעופה האזרחית במחצית הראשונה של שנת 2001 הצטמצמה ב - 27% בהשוואה לתקופה המקבילה שנה לפני כן. ללא ספק כתוצאה מהירידה בטיסות התיירות לישראל. השפעה דומה הייתה גם על תצרוכת הדלקים לתחבורה הימית שהושפעה גם היא מתהליך המיתון. במחצית הראשונה של שנת 2001 הצטמצמה כמות הסולר לתדלוק אוניות ב - 39%, כמות המזוט הכבד הצטמצמה ב-49%, וכמות המזוט הקל הצטמצמה ב - 33% זאת בהשוואה למחצית הראשונה של שנת 2000.

השפעת ההאטה במשק על תצרוכת תזקיקים לתעשייה ולהובלה ביר"ל



תרשים 4. השפעת ההאטה במשק על תצרוכת התזקיקים.

### 3.1 ענף הזיקוק בישראל ומשק התזקיקים

פעילות זיקוק הדלקים בישראל מרוכזת בידי בתי הזיקוק לנפט (בז"ן בע"מ), שהיא חברה ממשלתית שהבעלות עליה נחלקת כלהלן; 74% בבעלות המדינה ו 26% בבעלות החברה לישראל בע"מ. עיקר הפעילות של בתי הזיקוק היא ייבוא וזיקוק של נפט גלמי. בשנת 1989 הוכרזה חברת בז"ן כמונופול, בגלל היותה החברה היחידה בישראל העוסקת בזיקוק נפט גולמי. חברת בז"ן פועלת גם בתחום הפטרו כימיה ומחזיקה 50% מהבעלות על חברת "כרמל אוליפינים", בשנת 1994 רכשה בז"ן את חברת הפטרוכימיה "גדיב". החברה נוסדה על ידי הבריטים בשנת 1938. הזיכיון שניתן אז על ידי שלטונות המנדט הבריטי, עומד להסתיים בשנת 2003. עם פקיעת זיכיון החברה, אמורים נכסי החברה לעבור לבעלות הממשלה. לחברה לישראל בע"מ, כשותפה המחזיקה ב- 26% ממניות החברה, יש זכות סירוב ראשונה בנוגע לכל המניות שהמדינה תבקש למכור לצד ג'. הממשלה, באמצעות מנהל הדלק, מפקחת על הפעילות בענף הזיקוק כולל פיקוח על מחירי המוצרים בשער בתי הזיקוק.

סה"כ כמויות נפט גולמי שזוקקו במהלך השנים מאז 1996 ועד 2000 מוצגות בטבלה 4.

טבלה 4. סה"כ כמויות נפט גולמי שזוקק בבתי הזיקוק.

באלפי טונות

שנה	2000	1999	1998	1997	1996
כמות	11379	11365	12185	11700	11036

מקור: מתוך הפרסום של בז"ן, מה הפקנו מהנפט הגלמי בשנת 2000 ?  
הערה: המספרים אינם זהים למספרי הצריכה המופיעים בפרסומי הלמ"ס עקב מכירות לחו"ל ושימוש במלאים.

בשנת 1999 החליטה הממשלה, להפוך את חברת בז"ן לשתי חברות נפרדות: בית זיקוק חיפה ובית זיקוק אשדוד. החלטה זו טרם מומשה, היא נבחנת מחדש ויתכן ולא תבוצע בעתיד.

הקטנת חלקה של בז"ן במהלך השנים האחרונות באספקת מוצרים למשק, מתבטאת בהגדלת יבוא התזקיקים (סולר, בנזין, נפטא וקרוסין) שגדל פי 3.4 תוך חמש שנים, לכמות של 2,197 אלפי טון. ראה בטבלה 5 להלן.

יבוא הבנזין לסוגיו הגיע לכמות של 645 אלפי טון בשנת 2000, (טבלה 5), כאשר בשנים 1996-1998 כלל לא היה יבוא של בנזין, 31% מהבנזין שנצרך בישראל בשנת 2000, יובא. יש לציין ש-28% מהבנזין המיוצר בישראל מיוצא, יצוא הבנזין הגיע בשנת 2000 ל - 523 אלפי טון, גידול של יותר מפי 7 לעומת שנת 1995 ויותר מפי 3 לעומת שנת 1999. יצוא הסולר הצטמצם בשנים האחרונות, עד כדי - 355 אלפי טון בשנת 2000, חצי מרמתו ב - 1995. לעומת זאת יבוא הנפטא והסולר לסוגיו עלה באופן משמעותי מאז שנת 1995 (טבלה 5).

יבוא הסולר לתחבורה (להבדיל מסוגים אחרים של סולר) עלה בהתמדה בשנים האחרונות והגיע ל - 337 אלפי טונות בשנת 2000, שהם - 14% מהצריכה. יבוא ויצוא הקרוסין \ דס"ל לא השתנו באופן משמעותי בשש השנים האחרונות, ובתחום זה קיים עודף יצוא של 110 אלפי טון. 39% מהקרוסין המיוצר בישראל מיוצא, ו - 32% מהתצרוכת של דלק זה יובאה בשנת 2000. יבוא הגפ"מ החל בשנת 1997 כתוצאה מאי יכולתם של בתי הזיקוק לספק את כל הביקוש מקומי. היבוא משנת 1997 עד שנת 2000 גדל פי 3.5.

בתי הזיקוק נותרו עדיין הגורם המשמעותי באספקת מוצרי דלק, למרות הגידול המשמעותי ביבוא של מוצרי דלק למשק. היקף הייצור בבז"ן מספק כ - 90 אחוזים ממוצרי הנפט הסופיים במשק. מצב זה יוצר עדיין קשיים בפיקוח על מחיר מוצרי הדלק, למרות שבשנים האחרונות כבר קיים שוק דלקים ומוצרי נפט גם מחוץ לעסקאות של בתי הזיקוק. תמונת היקף עסקאות הדלקים ניתנת בטבלה 5.

טבלה 5. פירוט יבוא ויצוא מוצרי נפט (ללא מכירות לרשות הפלשתינאית)

**א. התפתחות יבוא מוצרי דלק**

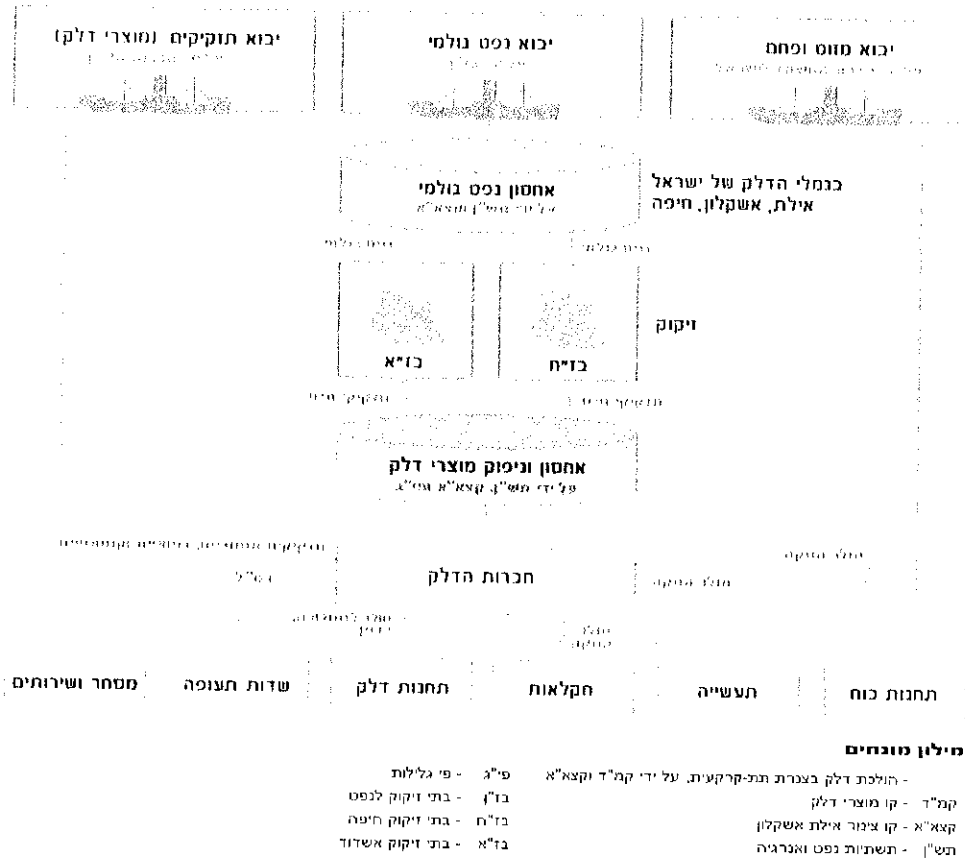
מוצר	1995	1996	1997	1998	1999	2000
גפ"מ	0	0	27	26	67	94
בנזין 95	96	0	0	0	369	645
בנזין 96	25	0	0	0	29	0
בנזין 98	0	0	0	0	17	0
בנזין לא מוגמר					82	
סה"כ בנזין	121	0	0	0	496	645
נפטא	22	149	66	87	266	348
סולר תחבורה	61	65	66	58	253	337
סולר לא מוגמר	39	65	75	116	427	401
סה"כ סולר	100	130	141	174	680	738
דס"ל/קרוסין	395	319	288	302	366	372
מזוט כבד	1,378	1,406	1,979	2,217	2,391	2,834
סה"כ יבוא	2,015	2,004	2,501	2,805	4,266	5,031

**ב. התפתחות יצוא מוצרי דלק**

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
בנזין	72	56	128	127	157	523
נפטא	85	22	50	25	174	97
סולר	701	559	512	516	411	355
דס"ל/קרוסין	453	342	555	451	516	481
מזוט כבד	9	354	723	1,111	578	1,058
סה"כ יצוא	1,320	1,333	1,968	2,230	1,837	2,513

מקור: משרד התשתיות הלאומיות

משק הדלק הנוזלי והתזקיקים מוצג על ידי מינהל הדלק של משרד התשתיות בצורה המופיעה בתרשים מס 5.



מקור: משרד התשתיות הלאומיות

### תרשים 5. משק הדלקים הנוזלים בישראל

משק הדלק הנוזלי מחולק לשלשה ענפים עיקריים:

- ענף ייבוא הגלמי ומוצרי הנפט.

- ענף תשתיות הדלקים הכולל אכסון הדלקים וניפוק הדלקים בצנרת ליעדים עיקריים.

- ענף השיווק לצרכנים.

אין אינטגרציה אנכית במשק הדלק, בדומה לנעשה במשקי דלק אחרים בעולם. התחרות אמורה להתקיים בין ה"שחקנים" בתוך כל אחד מהענפים. עם זאת, למרות הרפורמה שבוצעה במשק הדלק במהלך שנות

השמונים אין ניכרת התייעלות נכרת במשק הדלק, ולא נוצרה תחרות אמיתית בענפי הדלק השונים. כנראה בגלל הגודל היחסי של השוק והיעדר תחרות אמיתית בין השחקנים בשוק הדלקים כאן. (ראה ההתייחסות לאינדקס הירפנדל-הירשמן העוסק בריכוזיות של מונופולים) (6).

### 3.2 השימוש בפחם

בין השנים 1996 ל-2000 אפשר לראות גידול ניכר בכמות הפחם שיובאה לארץ (כ 40%). מרבית הפחם משמש לייצור חשמל. כמויות הפחם ניתנות בטבלה 6 להלן;

טבלה 6. התפלגות כמויות ומקורות יבוא הפחם

מדינה	1996	1997	1998	1999	2000	2001
דרום אפריקה	3715	4682	4726	5405	5281	
קולומביה	1003	1657	2139	1996	1034	
אוסטרליה	824	862	1231	1071	2491	
ארה"ב	1372	791	661	635	302	
אינדונזיה	-----	656	770	487	476	
אחרים	216	-----	62	150	365	
סה"כ	7130	8648	9589	9744	9959	

מקור: משרד התשתיות הלאומיות

העלייה הברורה בצריכת הפחם בישראל במהלך השנים, כולל בשנים האחרונות, נוצרה בעקב הכנסת תחנות כוח נוספות מוזנות פחם וגם בעקב שיפור הביצועים של תחנות הכוח השורפות פחם כלומר שיפור מקדמי היכולת (Capacity Factors) של תחנות הכוח המופעלות. השיפור נובע מניסיון תפעולי שמתווסף לאנשי חברת החשמל המפעילים את תחנות הכוח, בהשוואה לשנות ההפעלה הראשונות. בהשוואה זו ראוי לציין, שהביצועים הממוצעים של תחנות הפחם ירדו במהלך השנתיים האחרונות, כנראה בגלל "מחלות הילדות" של ההכנסה לפעולה סדירה של התחנות הפחמיות הגדולות באתר רוטנברג.



טבלה 7 להלן, הלקוחה מתוך הדוח הסטטיסטי של חברת החשמל, מציגה נתונים אלה. אפשר להיווכח שמקדם היכולת של יחידות הפזום בתחילת שנות התשעים היו כ-65%, בשנת 1998 היה מקדם היכולת כ-81% ואילו בשנת 1991 ירד מקדם זה ל-77.4%.

טבלה 7. מקדמי העומס והיכולת של יחידות ייצור החשמל

שנה	מקדם עומס	מקדם יכולת	מקדם יכולת	מקדם יכולת
		מזוט	מערכת	פחם
1980	67.4	51.3	61.5	-
1990	60.9	51.5	50.0	73.3
1991	52.4	46.5	46.6	64.8
1992	54.6	46.9	49.0	62.6
1993	56.6	47.7	47.1	71.6
1994	57.4	51.2	52.6	75.9
1995	60.1	51.8	51.7	79.2
1996	59.4	48.0	45.1	68.8
1997	58.9	49.3	44.7	75.7
1998	50.0	51.8	48.4	80.7
1999	60.1	50.4	52.0	79.7
2000	59.6	48.6	52.1	77.5
2001	60.8	49.6	43.9	77.4

מקדם עומס - היחס בין הייצור הממוצע של החשמל לשיא הביקוש.  
מקדם היכולת- היחס בין הייצור הממוצע של החשמל ליכולת הנקובה.

מקור: דוח סטטיסטי חח"י שנת 2001.

### 3.3 הכנות להכנסת גז טבעי לשימוש בישראל

התחזיות לשימוש בגז טבעי בישראל מוצגות בטבלה 2.

כדי להקל על ההליכים של החזרת השימוש בגז טבעי בישראל נחקק חוק משק הגז הטבעי, החוק מסדיר את מדיניות הממשלה בענף וגותן סמכויות לשר, למינהל, לממונה על הבטיחות ולרשות הגז הטבעי לפעול בנושאים הקשורים למשק הגז. חוק משק הגז מסדיר את הכניסה למקרקעין, ההפקעה ותשלום הפיצויים לבעלי מקרקעין.

החוק מסמיך את השר לתת רשיונות בתחומי הפעילות השונים. וקובע מגבלות על השתתפות של גורמים מסוימים, כגון ספקי גז טבעי, במקטעי פעולות למיניהם. החוק קובע שהבלעדיות בהולכה תינתן לתקופה של עד 30 שנה.

על פי החוק יש להקים את רשות הגז הטבעי. החוק מסמיך את שר התשתיות ושר האוצר למנות מועצה לרשות הגז הטבעי, שבראשה יעמוד מנהל רשות הגז הטבעי. לרשות יהיו סמכויות פיקוח על בעלי רשיונות, סמכויות בנושא בטיחות ומקרקעין וסמכויות לקביעת הליכי הרישוי הנדרשים לבניית מתקני הגז והפעלתם.

רשות הגז הטבעי תוקם במשרד התשתיות ובמסגרתה תמונה מועצה בת חמישה תברים לרשות הגז. הרכב המועצה נקבע כלהלן: מנהל הרשות ישמש כיושב ראש וחברי המועצה יהיו נציג משרד האוצר, נציג משרד התמ"ס ושני נציגי ציבור.

הרשות תאשר תכניות להקמת מתקני גז, תקבע את רמת השירות ותפקח עליה, תפקח על כללי מתן שירות לכל דורש בתנאים שוויוניים, תאשר תעריפים, תפקח על בעלי הרשיונות ביישום תנאי הרישוי. ותטפל בתלונות הצרכנים. כמו כן הרשות תייעץ לשר ולרשויות המדינה בקשר למשק הגז הטבעי.

עד מועד כתיבת שורות אלה, עדיין לא מונתה מועצת הגז הטבעי.

ראה לעיל בטבלה 2. את תחזית השימוש הצפוי של גז טבעי בישראל.

## **4. מערכת ייצור החשמל**

### **4.1 רקע**

חברת החשמל לישראל – חח"י, מהווה מונופול בתחום ייצור החשמל, היא אחראית לחלק הארי של ייצור החשמל בארץ.

בתחילת שנות השבעים, עוד לפני פרוץ משבר האנרגיה העולמי, החליטה חברת החשמל לעבור לשימוש בפחם להסקת תחנות הכוח המספקות את עומס הבסיס של מערכת החשמל. חח"י החלה אז בהקמת תחנות הכוח המוזנות פחם בחדרה, באתר "אורות רבין". בתחילת שנות התשעים הוחל בהקמת אתר "רוטנברג" הנמצא דרומית לאשקלון שהוא האתר השני בו מזינים בפחם את תחנות הכוח. בד בבד עם הקמת תחנות הכוח המוזנות פחם התקינה חברת החשמל, בגלל צורכי ואופייני המערכת, גם טורבינות המיוזנות בסולר, לאספקת שיאי הדרישה של מערכת החשמל. אין עדיין טורבינות המופעלות בגז טבעי במערכת.

עמוד השדרה של מערכת הולכת החשמל בישראל הוא מוביל החשמל הפועל במתח של 400 קילו וולט, אשר הקמתו החלה בתחילת שנות השמונים.

חברת החשמל פועלת עתה על פי חוק החשמל משנת 1996. חוק זה החליף את הזיכיון שניתן על ידי ממשלת בריטניה, למייסד החברה, המהנדס פנחס רוטנברג בשנת 1936. חוק החשמל בצורתו הנוכחית יהיה בתוקף עד שנת 2006. לפי החוק רשאית חברת החשמל לייצר, להוליך, לחלק ולמכור חשמל עד מועד תום הזיכיון. בהולכה ובחלוקה יש לחברת החשמל בלעדיות.

בהתאם לחוק משק החשמל, התשנ"ו 1996, שפורסם ברשומות, ספר החוקים (מספר 1579) ביום א' ניסן התשנ"ו, 21 במרס 1996, יכולה חברה כל שהיא, אם רצונה בכך, להגיש בקשה כדי לייצר ולמכור חשמל במדינת ישראל.

כדי להקל על המבקשים הוכנו תקנות משק החשמל (תנאים ונהלים למתן רשיון וחובות בעל רשיון) התשנ"ז 1997, ופורסמו ברשומות קובץ תקנות (מספר 5859) ביום ב' בחשון התשנ"ז, 2 בנובמבר 1997. כמו כן פורסמו דרישות מאת מינהל החשמל של משרד התשתיות הלאומיות.

על פי הכללים, אין צורך ברשיון מאת השר במידה והבקשה תהיה ליחידת ייצור אחת. וכאשר מתקיימים יחדיו שני התנאים שלהלן;

1. החברה מייצרת או עומדת לייצר חשמל בהספק שאינו עולה על 5 מגוואט.

2. החברה אינה מוכרת חשמל לאחר ("לחח"י או ליצרן אחר או לצרכן).

אם הוגשה בקשה לרשיון ייצור חשמל בתחנת כוח בהספק מעל 10 מגוואט – יהיה על המבקש להוכיח שהוא בעל יכולת כספית באופן הבא:

- בחברה בעלת הון מניות; ההון העצמי של החברה הוא בסכום שלא יפחת מ- 20% משווייה של יחידת הייצור או תחנת הכוח המשמשת לפעילות על פי רשיון.
- בחברה ללא הון מניות; יש להמציא ערבות בנקאית למשך כל תקופת הרשיון בשיעור שלא יפחת מ- 20% משווייה של יחידת הייצור או תחנת הכוח.
- המבקש יגיש גם את פירוט שיעור המימון העצמי של יחידת הייצור או תחנת הכוח כך שלא יפחת מ- 15% משווייה.
- אם יש לבעל רשיון יותר מרשיון אחד או אם הגיש כמה בקשות לרשיון, יידרש הון עצמי ושיעור מימון עצמי שלא יפחת מ- 20% לכל אחד מהרשיונות שבידו או שהוא מבקש.

- תוגש תוכנית עסקית ל- 5 שנים, הכוללת פירוט השקעות, הכנסות, הוצאות קבועות ומשתנות. כולל פירוט בכתב של הסכמים מהותיים למימון הפעילות שלפי הרשיון המבוקש, וצירוף העתק מהם (למשל: חוזה עם חח"י, חוזה הלוואה וכו').
- המבקש יתאר גם את האמצעים הטכניים שבהם ייוצר החשמל.
- נדרש גם שהמבקש יהיה בעל ניסיון בתחום ייצור החשמל. וכן שיפעיל ויעסיק כוח אדם מקצועי לצורך הפעילות לפי הרשיון.

עבור תחנת כוח בהספק מותקן מעל 50 מגהווט יש צורך בייזום תכנית על ידי עורכי תכנית המתאר הארצית-תמ"א 10, שהיא תכנית המתאר להקמת תחנות כוח בארץ, ומתקיים התהליך הבא:

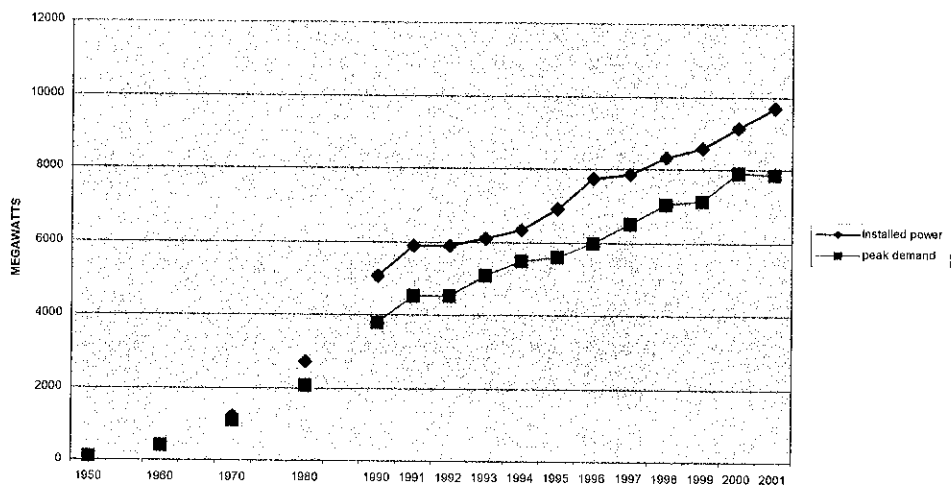
1. פנייה על ידי היזם למועצה הארצית לתכנון ובניה לצורך מתן הוראה להכנת תכנית או לבצע שינוי של הוראות קיימות.
2. יתקיים דיון במועצה הארצית לתכנון ובניה לצורך קבלת החלטה על מתן הוראה להכנת תכנית והנחיות להכנת תסקירי השפעה על הסביבה.
3. יוכנו הנחיות, על ידי המשרד לאיכות הסביבה, להכנת תסקירים.
4. התסקירים יוכנו על ידי היזמים, במקביל להכנת התכנית.
5. התסקירים יבדקו על ידי המשרד לאיכות הסביבה ותוכן על ידם הוות דעת לתסקירים, שיוגשו לאישור המועצה הארצית.
6. יערך דיון בתכנית על ידי עורכי תכנית המתאר הארצית (תמ"א 10) שיוגשו לאישור המועצה.
7. יערך דיון במועצה הארצית לתכנון ולבניה בתכנית ובחוות הדעת לתסקירים.
8. התכנית והתסקירים יופצו לוועדות מהוזיות ומקומיות לתכנון ובניה, להערות.
9. ההערות של הוועדות ידונו בוועדה לנושאים תכנוניים עקרוניים (ולנת"ע) ובעקבות הדיון, העברת המלצות הולנת"ע למועצה הארצית.
10. יערך דיון בתכנית המתאר הארצית (תמא 10) הכוללת את תחנת הכוח, במועצה הארצית לתכנון ולבניה ולאחר האישור, העברה לדיון בממשלה.
11. דיון ואישור התמ"א על ידי הממשלה.

הכללים לעיל מיועדים להסדיר את הכנסת היצרנים הפרטיים למשק החשמל בישראל. אולם כפי שנוכחנו אין התהליך מתקדם בקצב הרצוי ומשק החשמל נשלט למעשה על ידי חברת החשמל המפוקחת על ידי רשות החשמל.

#### 4.2 מגמות הגידול במערכת החשמל

הנתונים במסמך המדיניות של משרד התשתיות (4) מציגים את מערכת החשמל ואת החשיבה הנוגעת להמשך פיתוח משק החשמל.

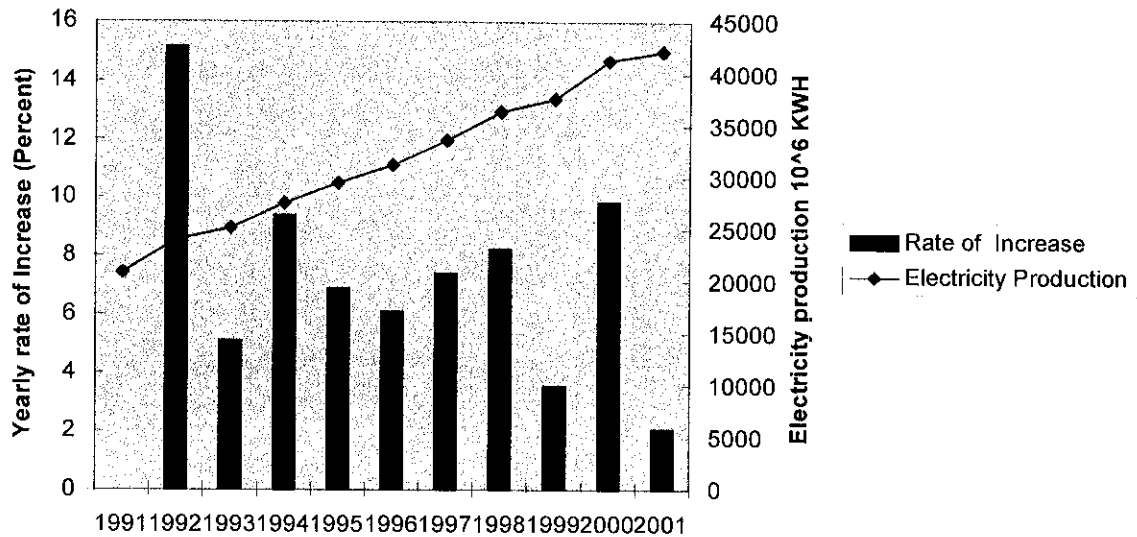
הנתונים מראים גידול שנתי ממוצע של שיאי ביקוש של כ-7.6 אחוז לשנה במהלך השנים 1990-2000. זהו שיעור ביקוש גדול מאוד, ומתאים לשיעור גידול שיאי-ביקוש-חשמל הדומה לזה הקיים במדינה מתפתחת. הנתונים מוצגים בתרשים 6.



על פי נתוני הדוח הסטטיסטי של חברת החשמל לשנת 2001.

תרשים 6. מגמות בהתפתחות שיא הביקוש ויכולת המערכת

מאז מחצית שנת 2000 מצוי משק החשמל במיתון מתמשך. כתוצאה מכך עלה ייצור החשמל בשנת 2001 בשיעור מתון של 2.3% בלבד. המיתון במשק החשמל גובע מצירופם של מספר גורמים, המשבר הכלכלי העולמי, חורף חם והמשבר הביטחוני-כלכלי בארץ. מגמות ההתפתחות של ייצור החשמל בישראל בעשור האחרון מוצגות בתרשים 7.



מתוך הדוח הסטטיסטי של חברת החשמל לשנת 2001.

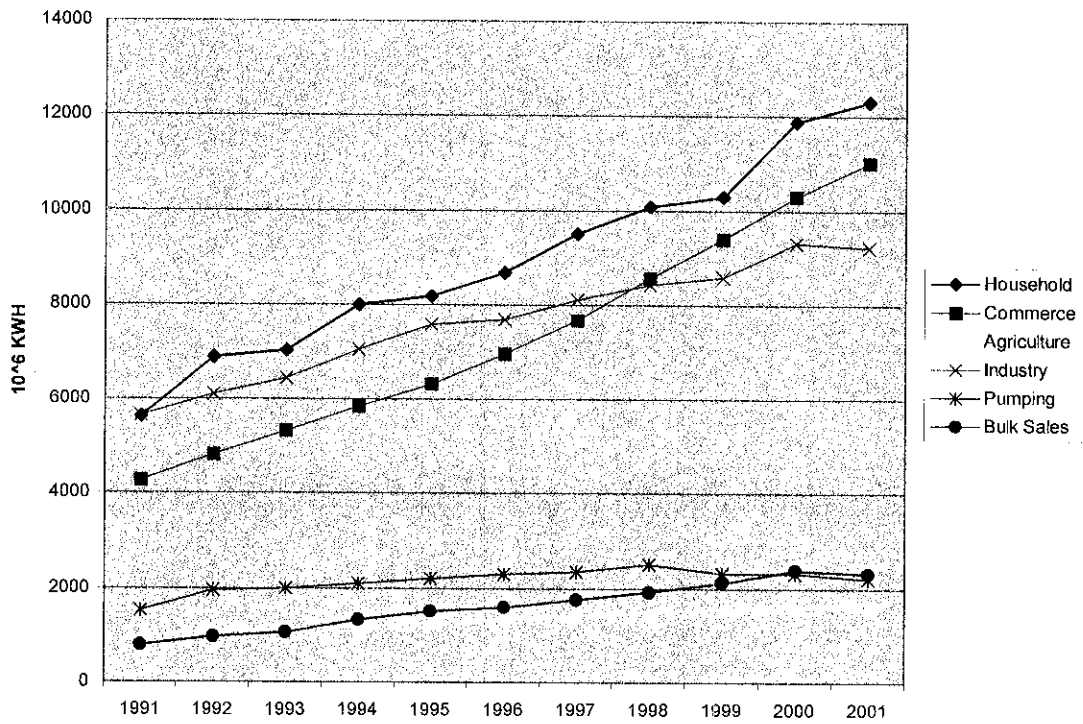
#### תרשים 7. התפתחות ייצור החשמל 1991-2001

בתרשים 7, אפשר להבחין בשינויים שחלו בקצב הגידול השנתי ובירידה בדרישת החשמל הנובעת מהמשבר הכלכלי-מדיני, החל בשנת 2000.

מאחר והגידול בשיאי הביקוש הוא זה המכתיב את ההספק המותקן הנדרש במערכת ייצור החשמל, ומחיר החשמל השולי בשיא הביקוש הוא הגבוה ביותר, מנסים ברוב המדינות המתועשות, להשפיע על קצב גידול שיא הביקוש על ידי אמצעים ופעילויות המיועדים לגרום לשינוי בעקומות העומס היומי. מבין פעילויות אלה אפשר להזכיר ייצור חשמל עצמי בשעות השיא אצל חלק מהצרכנים והסטת העומסים אצל צרכני חשמל אחרים. גם מעבר למכשירי חשמל יותר יעילים יכול להקטין את קצב גידול שיא הצריכה.

במהלך 1990-1991 בחנו, במסגרת של האגף לניהול משאבי תשתית במשרד התשתיות, את האפשרות להשפיע על התפתחות שיא הביקוש במערכת החשמל. במסמך המדיניות (4) שהוגש על ידי משרד התשתיות, אין רואים כל הדגשה על נושא זה וגם לא דיון בכלים שאותם יש להנהיג או לאמץ כדי לקדם

את הנושא; מדובר בכלים כגון, הטלת מגבלות על יבוא של מכשירי חשמל בלתי יעילים וחקיקה תואמת להגברת השימוש במכשירי חשמל יעילים יותר.



מתוך הדוח הסטטיסטי של חברת החשמל לשנת 2001.

#### תרשים 8. התפתחות צריכת החשמל בענפים השונים.

אפשר לראות בגרפים שבתרשים 8 וגם מטבלה 8, שקצב הגידול של צריכת החשמל בסקטור המסחרי- ציבורי הוא הגדול ביותר בהשוואה לסקטורים האחרים. גידול זה גובע כנראה מהשינוי העצום שחל בתרבות הצריכה בישראל בשנים האחרונות, כולל הקמת מרכזי הקניות הגדולים, המשופעים בתאורה ומתקני מזוג אוויר. השינוי שחל בצריכה הביתית גם הוא גדל. שינוי קטן יותר חל בגידול צריכת החשמל

בסקטור התעשייה. השינויים בקצבי הגידול של שאיבת המים גם הם היו קטנים, הם נובעים בעיקר משינויי מדיניות הנוגעת לשאיבת המים וגם ממצב המשקעים המשפיעים על מצב משק המים בשנה המדווחת.

טבלה 8. שיעור השינוי השנתי בצריכת החשמל בסקטורי הצריכה השונים.

שנה	ביתית	מסחרית ציבורית	ישובים חקלאיים	תעשייתית	שאיבת מים	מכירה בצובר	סה"כ
1991	+5.5	+5.7	+3.0	+2.4	-16.7	+9.1	+2.4
1992	+22.7	+12.8	+14.1	+8.4	+28.3	+23.0	+16.2
1993	+2.1	+10.5	+2.4	+5.5	+1.7	+9.0	+5.2
1994	+9.5	+9.7	+5.7	+9.4	+5.4	+25.6	+9.7
1995	+6.3	+8.4	+6.4	+6.4	+5.8	+13.4	+7.1
1996	+6.2	+10.3	+5.0	+2.7	+3.8	+6.3	+5.9
1997	+9.5	+10.1	+5.2	+5.4	+2.6	+10.2	+7.8
1998	+6.0	+11.8	+6.5	+4.0	+6.5	+9.0	+7.1
1999	+2.1	+9.5	+4.9	+1.9	-7.7	+10.1	+3.9
2000	+15.3	+9.5	+2.7	+8.3	+0.0	+12.6	+10.2
2001	+3.8	+7.0	-1.2	-0.9	-5.0	-3.1	+2.3

מתוך הדוח הסטטיסטי של חברת החשמל לשנת 2001.

פרמטר מעניין נוסף הוא צריכת החשמל לנפש, כמופיע בטבלה 9. באופן מפתיע אפשר להיווכח שהצריכה לנפש בשנת 2001 הייתה כמעט זהה לזו שבשנת 2000, בהתאמה 6005 קו"טש לנפש לעומת 6009 קו"טש. התמתנות זו הופיעה לאחר עליה רצופה של כ - 300-200 קו"טש לנפש לשנה במהלך השנים האחרונות. גם פרמטר זה מצביע על הסטגנציה החמורה שבה נמצאת הכלכלה בישראל בתקופה האחרונה.



טבלה 9. התפתחות צריכת החשמל הממוצעת

צריכה ביתית לצורן	צריכה כללית		השנה
	לצורן	לנפש	
4,087	11,857	3,796	1991
4,887	13,357	4,260	1992
4,800	13,537	4,361	1993
5,069	14,393	4,665	1994
5,231	14,961	4,867	1995
5,377	15,579	5,025	1996
5,651	16,178	5,283	1997
5,781	16,747	5,531	1998
5,766	16,841	5,599	1999
6,403	18,235	6,009	2000
6,527	18,287	6,005	2001

1 היישובים עומסים על אגלנטיה מטופלת/מחפר צורנים סחייק.

מתוך הדוח הסטטיסטי של חברת החשמל לשנת 2001.

התחזית של הביקוש לחשמל עד שנת 2020, המופיעה בפרסומי משרד התשתיות, מוצגת בטבלה 10. יתכן ויהיה צורך לשנות את בסיס ההערכה לאור הירידה בקצב הגידול של צריכת החשמל עקב המצב הכלכלי הנוכחי.

המשמעות-לחומרה של התחזית המופיעה כאן, מבחינה תכנונית, היא שבעשור הקרוב יהיה צורך להתקין ולהפעיל מערכים נוספים של הספקת אנרגיה חשמלית השווים בגודלם לכמחצית מגודל המערך שהותקן בארץ מאז הקמתה של תחנת הכוח הראשונה לפני יותר משבעים שנה ועד עתה. המשמעות היא שיש להתחיל כבר עתה ולהכין אתרים לתחנות הכוח העתידיות עבור הספק מותקן נוסף של כ-4500 מגהווט, הן עבור תחנות כוח בבסיס אספקת החשמל והן עבור אלו המיועדות לספק את שיא הביקוש. הסרבול הקיים עתה בהליך הרישוי של אתרים לתחנות כוח יכול לגרום לעיכובים רבים בהקמתם של תחנות הכוח הבאות בקצב הנדרש.

טבלה 10. חיזוי ההספק המותקן וצריכת החשמל

שנה	ייצור החשמל		שיא ביקוש שנתי	
	מיליוני קוט"ש]]	אחוז גידול שנתי ממוצע	מגו"ט]]	אחוז גידול שנתי ממוצע
2001*	42,243		7,850	
2002	45,481		8,500	
2003	47,843		9,000	
2004	50,188		9,400	
2005	52,582	4.9	9,800	4.4
2006	55,033		10,200	
2007	57,591		10,700	
2008	60,244		11,200	
2009	62,978		11,700	
2010	65,770	4.6	12,200	4.5
2011	68,366		12,400	
2012	70,892		12,900	
2013	73,506		13,400	
2014	76,192		13,900	
2015	78,935	3.7	14,400	3.4
2016	81,732		14,600	
2017	84,611		15,200	
2018	87,598		15,700	
2019	90,690		16,300	
2020	93,886	3.5	16,800	3.1

\* בפועל.

### 4.3 יצרנים פרטיים

#### 4.3.1 מדיניות הממשלה

ישראל עדיין מהווה "אי חשמלי" עם יכולת מותקנת לא גדולה במיוחד (ראה טבלה 10 לעיל). היכולת המותקנת מגדירה את גודל השוק המקומי הפתוח לתחרות. יתכן וגודל זה הוא אחד הגורמים המונעים את היכולת ליצור תחרות אמיתית בין יצרני חשמל בישראל. סוגיה זו טעונה בירור, בייחוד לאור העובדה

שעד כה לא נכנסו יצרנים פרטיים רציניים למשק החשמל בישראל, למרות הניסיונות הכנים שנעשו על ידי משרד התשתיות לקדם עניין זה.

לצורך קידום התקנתם של תחנות כוח פרטיות בארץ נתקבלו מספר החלטות ממשלה.

1. **בהחלטה מס' 5484 מיום 28.05.1995** החליטה הממשלה בסעיף ג' של ההחלטה לפתוח את ענף ייצור החשמל ליצרנים פרטיים – 10% בגבולות ישראל, אך לא פחות מ-900 מגוואט, ועוד- 10% מחוץ לגבולות ישראל. צוין שהחלטה זו מהווה חלק ממדיניות הממשלה.
2. **בהחלטה מס' 2472 מיום 13.08.1997** החליטה הממשלה שאם לא ניתן יהיה לספק חשמל מיצרנים פרטיים שמקומם מחוץ לגבולות המדינה, אזי מכסת החשמל שתוכל להיות מסופקת מיצרנים פרטיים בתוך גבולות המדינה תהיה בשיעור של 20%. צוין במפורש בהחלטה שפיתוח מקטע הייצור בשנים הבאות יבוצע, במידת האפשר, על ידי יצרנים פרטיים עד למימוש המכסה האמורה. כמו כן הוחלט שהממשלה תכין ותפרסם את המכרזים ליצרנים הפרטיים.
3. **בהחלטה מס' 4154 מיום 12.08.1998** החליטה הממשלה שתחנת הכוח שתוקם ברמת הובב ותזון על ידי גז טבעי, תוקם על ידי יצרן חשמל פרטי. התחנות הבאות אחריה יוקמו על ידי חברת החשמל או על ידי יצרנים פרטיים, כאשר תינתן עדיפות ליצרנים פרטיים.
4. **בהחלטה מס' 123 מיום 22.08.1999** החליטה הממשלה שעל שר התשתיות לקבוע סוגי עסקאות בין יצרן פרטי ובין ספק שירות חיוני (חברת החשמל) בכל הקשור למתכונת המכירה של החשמל; כמויות האנרגיה החשמלית, זמינות מקור החשמל, ושיגור לרשת של החשמל ממתקנים עד הספק של 100 מגהוואט המיוצרים על ידי מקור אנרגיה קונבנציונלי או הספק של 50 מגהוואט המופקים מאנרגיות חילופיות. הוחלט גם להתיר הענקת רשיונות למתקני כוח וחום, בהיקף של עד 75 מגהוואט לרשיון, היצרן יתחייב שהיקף השימוש העצמי יהיה לפחות 60% ויתרת הכמות תוכל להימכר. צוין גם שסה"כ המכירה בפועל בהתאם לרשיונות שיוצאו לא תעלה על 200 מגהוואט. הוחלט גם על פרסום של מכרז ליצרנים פרטיים בהיקף של 450 מגהוואט. על שר התשתיות הוטל לפעול ולאתר עתודות קרקעיות שישמשו להקמתם של מתקני ייצור פרטיים במשק החשמל. נאמר שעד שייקבעו העתודות הקרקעיות ליצרנים הפרטים יוכלו היצרנים להשתמש בקרקעות שתוכננו בתמ"א 10 לשם פיתוח משק החשמל. צוין גם שהרחבת יכולת הייצור תתבסס על שימוש מירבי בגז.

5. **בהחלטה מס' 2184 מיום 16.08.2000** החליטה הממשלה שעל שר התשתיות הלאומיות ושר הפנים לאתר, עד 30.03.01, עתודות קרקע להקמת ששה מתקני ייצור חשמל פרטיים בהיקף של 400 מגהווט כל אחד, זאת במטרה לפרסם, מידי שנה, מכרז אחד לפחות, ליצור חשמל פרטי.

6. **בהחלטה מס' 2185 מיום 16.08.2000** הוחלט ששר התשתיות הלאומיות יפעל להוצאת מכרז ליצרנים פרטיים בהיקף של 400 מגהווט, נוסף על המכרז ברמת חובב ובאלון תבור. כמו כן נאמר שם, שהשר יעניק רשיונות ייצור פרטיים למתקני כוח וחום בהיקף כולל של עד 400 מגהווט, ועד 70 מגהווט לרשיון. היצרן יוכל למכור לחברת החשמל עד 40 אחוז מהחשמל שייצר על פי זכיונו.

7. **בהחלטה מס' 641 מיום 02.09.2001** הוטל על שר התשתיות הלאומיות, שר הפנים, והשר לאיכות הסביבה לזרז את הקצאת האתרים לתחנות הכוח הפרטיות. כמו כן הוחלט להטיל על שר התשתיות להגדיל את מכסת רשיונות הייצור למתקני כוח וחום בהיקף של 200 מגהווט נוספים, כלומר ההיקף הכולל למתקנים אלה יהיה 600 מגהווט, ועד 70 מגהווט לרשיון.

בהתאם להחלטת הממשלה מיום **22.08.1999** מינו שר האוצר ושר התשתיות הלאומיות ועדה בראשות מנהלי משרדי האוצר והתשתיות ובהשתתפות נציגי משרד המשפטים ורשות החברות הלאומיות לגיבוש וליישום השינוי המבני במשק החשמל. הוועדה הוסמכה לגבש הצעה מפורטת של הצעדים הנדרשים לביצוע השינוי המבני וכן להסתייע ביעוץ חיצוני ככל הנדרש. חברת "Deloitte & Touche" נבחרה להיות היועץ המלווה. במקביל לעבודת היועץ, התבקש צוות משנה של הוועדה לסקור מספר חלופות של מודלים שונים של מבנה משק החשמל.

ביולי 2001 הוגש דו"ח ביניים. עיקרי הדו"ח: "מבנה היעד העתידי למשק החשמל בישראל יהיה מבנה תחרותי מבוזר. ליעד זה יש להגיע מוקדם ככל הניתן. בתוך כך יש להבטיח אספקת חשמל זמינה, אמינה (לרבות הבטחת עתודה מתאימה) ויעילה, מזערור עלויות וניצול מושכל של משאבי קרקע ושמירה על איכות הסביבה. כן יש להבטיח תוך כדי ביצוע הרפורמה ואחריה את תכנון מערכת החשמל בתחומי הייצור וההולכה ואת קיומה של מערכת רגולציה מתאימה חזקה ועצמאית, אשר תאפשר תמיכה מתאימה בביצוע הרפורמה".

### 4.3.2 המצב בפועל

בניירות העבודה של משרד התשתיות ושל חברת החשמל שהוגשו החל ממצצית שנות התשעים, הופיעו מספר תחנות כוח שהיו מיועדות להפעלה על ידי יצרנים פרטיים, אך למרות המאמצים שנעשו, רובם עדיין לא נכנסו לפעולה.

בהערכה שנמסרה בסוף שנת 1995 על ידי מנכ"ל הח"י דאז נמסר שבמהלך השנים יותקנו תחנות כוח על ידי יצרנים פרטיים בשיעור של 27 מגוואט עד שנת 1997, 65 מגוואט עד סוף 1998, ועוד 200 מגוואט בשנת 2000, בטורבינות גז תעשייתיות. הדו"ח הסטטיסטי של חברת החשמל לשנת 2001 מדווח על 26 מגוואט מותקנים בלבד של יצרנים פרטיים.

בטבלה 11 מוצגים היצרנים הפרטיים בעלי הרשיון המופיעים ברשימות מינהל החשמל של משרד התשתיות הלאומיות. היצרנים מספקים חשמל למפעלי תעשייה הנמצאים בסביבת תחנת הכוח ואינם מעבירים חשמל דרך כבלי חברת החשמל. נושא העברת החשמל דרך קוי חברת החשמל גובש במסגרת רשות החשמל והתעריפים ידועים. אולם גם היבט זה, שנחשב כגורם מעכב בתחילת הדרך, לא השפיע על הגברת קצב ההיענות להכנסה של חשמל על ידי יצרנים פרטיים למשק החשמל בישראל.

טבלה 11(א): יצרני חשמל פרטיים (אנרגיה מתחדשת)

חברה	סיווג רשיון	מצב מיקום ת"כ	הספק במגוואט אנרגיה	מקור טכנולוגיה
מצד עטרת בע"מ	7 רשיון	כפר הנשיא	2.5	הידרו
חצבאני דן	7 רשיון	גשר שניר	2.2	הידרו
אפיקי מים - מאגר 50	7 רשיון	בית שאן	0.2	הידרו
אפיקי מים - צומת 200	7 רשיון	בית שאן	0.35	הידרו
אפיקי מים - רוויה 4	7 רשיון	בית שאן	0.3	הידרו
רוחות גולן	7 רשיון	תל קטיף	0.225	רוח
מי גולן	7 רשיון	רמה"ג	6	רוח
סה"כ			11.775	

ללא כפר ברוך - 1.1 מגוואט לא פעלה מסיבת העדר מים  
היקף אישורים עקרוניים: 16.2 מגוואט, היקף בקשות בבדיקה: 65.3 מגוואט

טבלה 11(ב): יצרני חשמל פרטיים (קוגנרציה)

חברה	סיווג	מצב רשיון	מיקום ת"כ	הספק במגוואט	מקור אנרגיה	טכנולוגיה
רותם אמפרט נגב בע"מ	3	רשיון	מישור רותם	6.4	פצלי שמן	קיטור
רותם אמפרט נגב בע"מ	4	רשיון	מישור רותם	27.7	גופרית	קיטור
רותם אמפרט נגב בע"מ	4	רשיון	מישור רותם	16.8	גופרית	קיטור
בתי זיקוק נפט (בז"ן)	4	רשיון	חיפה	43	מזוט כבד	קיטור
חיפה כימיקלים דרום	4	רשיון	מישור רותם	11	מזוט כבד	קיטור
מפעלי ים המלח	4	רשיון	סדום	30.5	מזוט על כבד	דיזל גנרטור
מפעלי ים המלח	4	רשיון	סדום	30.5	מזוט על כבד	דיזל גנרטור
מפעלי ים המלח	4	רשיון	סדום	16	מזוט על כבד	קיטור
מפעלי ים המלח	4	רשיון	סדום	52	מזוט על כבד	קיטור
ניר חדרה	5	רשיון	אזה"ת חדרה	8	מזוט	קיטור
תעשיות אלקטרו כימיות	5	רשיון	עכו	10.5	מזוט כבד בתוספת 4% מימן	קיטור
סה"כ				252.4		

בהליכי קבלת אישור עקרוני כ-1,000 מגוואט נוספים.

טבלה 11 (ג): יצרני חשמל פרטיים (דלק קונבנציונלי)

מכרות נחושת תמנע	סיווג	מצב רשיון	מיקום ת"כ	הספק		טכנולוגיה
				במגוואט	מהור אנרגיה	
מכרות נחושת תמנע	2	רשיון	תמנע	4	מזוט	דיזל גנרטור
נורדן אנרגיה (1993) בע"מ	2	רשיון	אזה"ת ארז	6.3	מזוט כבד	דיזל גנרטור
נורדן אנרגיה (1993) בע"מ	2	רשיון	אזה"ת ארז	6.3	מזוט כבד	דיזל גנרטור
נורדן אנרגיה (1993) בע"מ	2	רשיון	אזה"ת ארז	2.8	מזוט כבד	דיזל גנרטור
אשקוגן סה"כ	2	רשיון	אשדוד	27.5	מזוט על כבד	קיטור
				46.9		

היקף אישורים עקריים כ- 1,250 מגו"ט

מקור: משרד התשתיות הלאומיות מנחל החשמל (פברואר 2003)

#### 4.4 קריטריון האמינות במערכת החשמל

הקריטריון הנהוג בתכנון מערכת החשמל בארץ על פי מסמך המדיניות של משרד התשתיות אמור להבטיח שלא יהיו יותר מ 1.2 שעות לשנה של אי יכולת לספק את מלא הביקוש במהלך השנים 2001-2010. לאחר שנת 2010 צפוי ששעות החסר לא יעלו על 0.7 שעות בשנה.

על פי משרד התשתיות משמעות השימוש בקריטריון אמינות זה, הוא התקנה של עתודה של תחנות כוח השווה ל 20-25 אחוז משיא הביקוש בעת התרחשותו. יש להתחשב גם בהשבתת חלק מהיחידות הפועלות לתחזוקה.

בגלל היותנו "אי חשמלי", ללא אפשרות של רכישת חשמל ממערכות אחרות, המשמעות של אספקת חשמל באמינות אחידה לחלקים שונים של המשק היא מטרה קשה להשגה ויקרה. סביר שחלקים ניכרים מהמשק יכולים להסתפק בחשמל פחות אמין מחלקי משק אחרים, לדוגמא, משקי הבית לעומת תעשיות הרכיבים האלקטרוניים ותעשיות הפלסטיק. לאור זאת יש מקום לבחון ולדון מחדש בערך האמינות של חשמל "לא אמין" לגבי ענפי הכלכלה השונים, וזאת לאור השינויים העוברים על המשק בתקופה האחרונה ולאחר הבדיקה יש לקבוע הקריטריונים מחודשים.

אפשר שהוספת מערכת בקרה מתוחכמת, כולל שינויים קלים ברשתות חלוקת החשמל, שתוכל להבדיל בין אזורי אמינות שונים ברשת החשמל, תעלה בעשרות אחוזים פחות מהוספה של תחנות כוח לאספקת חשמל, בשיא הדרישה או כעומס ביניים, במטרה להבטיח אמינות גבוהה ואחידה לכל המשק. יש מקום לבחון עניין זה באופן יסודי הן במסגרת חברת החשמל והן במסגרות אחרות.

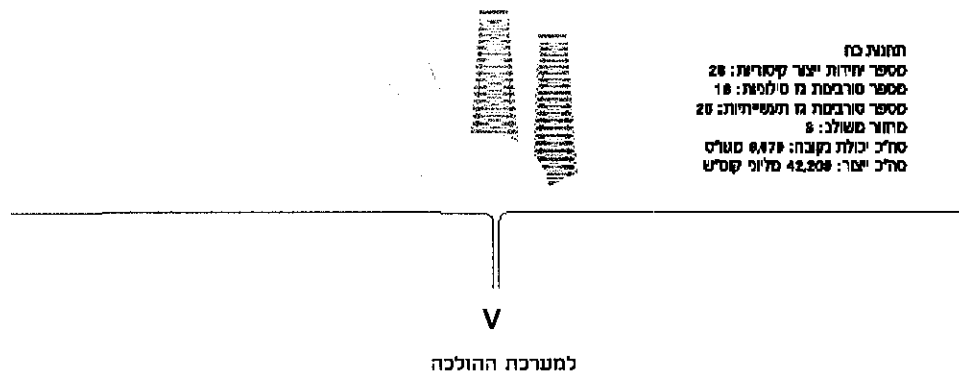
#### 4.5 מבנה משק החשמל ומערכות הפיקוח והחקיקה

בנייר המדיניות של משרד האנרגיה (4) מוצג המודל הסכמטי של מבנה משק החשמל, העתידי כאשר משק ההולכה וחלק ממערכת הייצור נשארים בידי חברת החשמל.

באופן כללי, מחולקת רשת הספקת החשמל לשלושה מגזרים: ייצור, הולכה וחלוקה, כיום מרכוזת חברת החשמל בידיה את הפעילות בכל המגזרים.

בארצות שונות בעולם, קיימים מודלים בהם לחברות החשמל יש תפקידים שונים, בתחום הייצור, בתחום ההולכה או בתחום החלוקה. התפיסה המקובלת לגבי תפקיד הח"י בעתיד היא; שחברת החשמל תמשיך ותרכז בידיה את הולכת החשמל ברשתות של קווי המתח הגבוה וגם תמשיך ליצר חשמל במספר מרכזי ייצור. בנוסף אליה, יופעלו מרכזי ייצור נוספים ומערכות חלוקה לצרכנים, על ידי חברות חשמל אחרות.

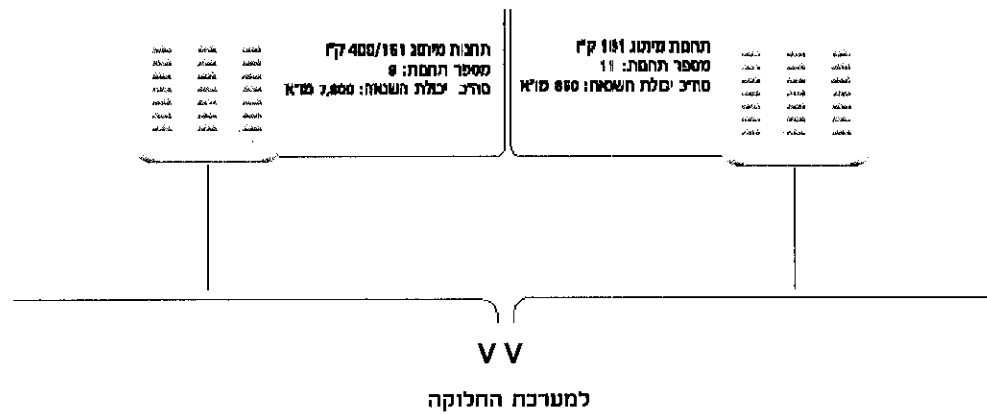
הסכימה בתרשימים הבאים, המבוססת על סכימת הייצור, ההשנאה והחלוקה של חברת החשמל שהוצגה בדוח הסטטיסטי לשנת 2001, יכולה להוות בסיס לחלוקה בין הפונקציות השונות של משק החשמל בעתיד.



תרשים 9. מערכת הייצור בשנת 2001

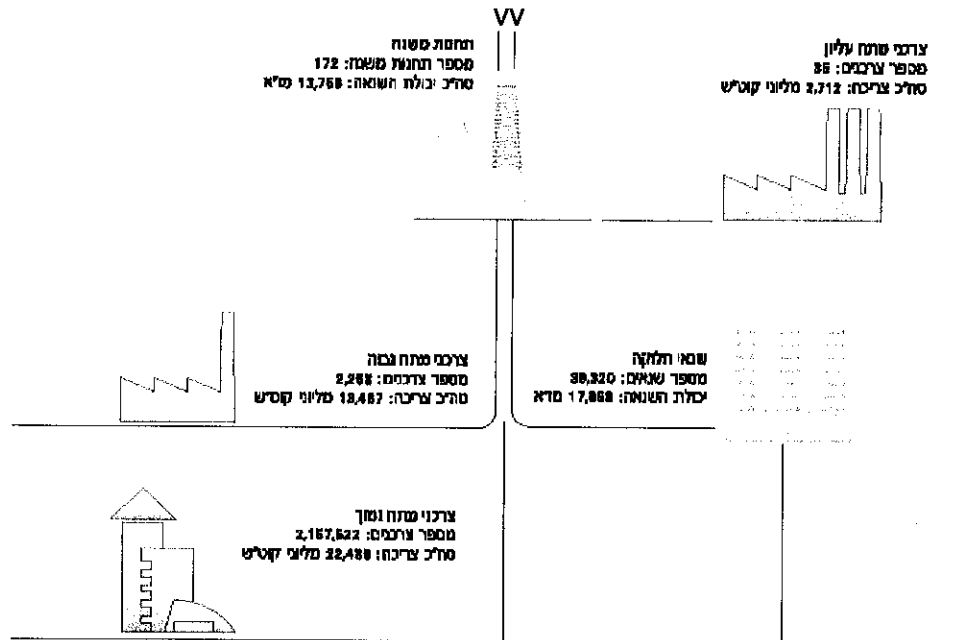


את יחידות הייצור השונות ניתן יהיה להפעיל על ידי מספר יצרנים שונים שיתחרו ביניהם ברמת השירות כולל אמינות ההספקה, ומחיר המוצר לצרכן החשמל.



תרשים 10. מערכת ההולכה- תרשים עקרוני עפ"י שנת 2001.

מערכת ההולכה המתוארת בצורה סכימטית בתרשים 10, יכולה לכלול או לא לכלול את מערכות ההשנאה למתח העליון, תלוי בהחלטות שתתקבלנה לגבי צורת החלוקה הרצויה. בכל מקרה הכוונה היא להשאיר את מערכת ההולכה בידי חברת החשמל כמו גם חלקים ממערכת הייצור. אפשר שחלק מהצרכנים הגדולים כמו מפעלי תעשייה גדולים יהיו מחוברים ישירות למערכת החלוקה במתח העליון של הרשת.



תרשים 11. מערכת החלוקה חרשים עקרוני עפ"י שנת 2001.

מערכת החלוקה כמתואר בתרשים 11 תחלק את החשמל, הנרכש על ידי המפעיל שלה ממערכות ייצור החשמל, אל צרכני החשמל. תפקיד מפעיל מערכת החלוקה יהיה לדאוג למערכות השנאה וחלוקה המתאימות לאספקת חשמל ברמת האמינות והמתח כנדרש אצל הצרכנים. כמוכן שאפשר לחלק את משק החשמל בצורה פונקציונלית אחרת; כמו למשל חלוקה אזורית ומכירת אנרגיה בין אזור לאזור בלבד ולא בין מגזרים שונים בתוך האזור. הבעיה בצורה זו של חלוקה היא יצירת מונופול מקומי בעל זיכיון ללא כל תחרות באזור ומכאן החסרון הגדול של אפשרות זו. אפשר אולי להתגבר על חסרון זה על ידי הקטנת משך זמן הזיכיון או מתן זיכיון המותנה בביצועי הזוכה או אולי אפשרויות אחרות.

על השאלה האם המבנה המוצע של המערכת, או אולי מבנה אחר הוא אכן המבנה האידיאלי למשק החשמל בארץ, יענה הניסיון המעשי. אם כך, מהי החקיקה הנדרשת כדי להבטיח הצלחה, כך שמונופול

ההולכה, אם אכן ייווצר מונופול כזה, לא יעדיף חברת חלוקה זו או אחרת או יצרן אחד על פני היצרן השני. לא ברור גם מהו היתרון האמיתי של המערך המוצע על פני המערך הקיים, או על פני מערך אחר כל שהוא. יש לערוך דיון ציבורי שבו יבחן המערך המוצע!

עולה השאלה האם סכמת החלוקה המופיעה לעיל, המוצעת עתה על ידי משרד התשתיות, אכן מבטאת את המדיניות שאותה יישמו בפועל? אם כן, מה התועלת שבה וכיצד נמדדת תועלת זו? אם בשווה כסף, אזי בכמה יתבטא הדבר כחיסכון לצרכן הממוצע? אם במחיר הקוטר"ש, בכמה הוא יתבטא? אם אין אפשרות לבטא את התועלת, אולי אין בכלל מקום ליצור זעזועים ארגוניים במערכת החשמל? ואז יש לחזק את הזיכיון לחברת החשמל עם שינויים קלים בלבד. שאלה בסיסית שעדיין אין לה תשובה היא בכמה חברות ייצור חשמל יהיה צורך כדי להבטיח תחרות הוגנת? ברור שיש צורך במספר גדול יחסית של חברות כדי להבטיח את התחרות ולמנוע ריכוזיות יתר, האם יש סבירות שנוכל להשיג זאת בתנאי הארץ?

ראוי לציין שעל פי אינדקס "הירפנדל-הירשמן" (6) לבחינת הריכוזיות וכוחות השוק במשק, הנהוג במשרד המשפטים האמריקני, יש צורך במספר רב יחסית של יצרני חשמל (כ-10) כדי להבטיח ערך נמוך של האינדקס, כלומר ביזור של יצרנים ותחרות הוגנת בין היצרנים. תוספת של עוד יצרן חשמל אחד או שניים לא יעלו ולא יורידו מבחינת התחרות האמיתית במשק החשמל בארץ. הריכוזיות תישאר כמעט כפי שהיא עתה (ראה ענף ההובלות בארץ, ענף המחצבות, ענף ייצור הצמנט ואף משק הדלק). לכן, ללא חקיקה מתאימה, כולל סנקציות, שתהיה מסוגלת לטפל בניסיונות של ספקי החשמל להפעיל, במשק החופשי כביכול, את "כוחות השוק", לא נצליח להבטיח את אמינות האספקה הנדרשת ואת המחירים התחרותיים.

החקיקה הדרושה להבטחת פעולה סדירה של מערך ייצור החשמל בצורה מבוזרת וחלוקתו ההוגנת במחיר הוגן, עדיין לא הוסדרה.

כניסה למערכת ייצור מבוזרת ללא גיבוי חוקי מתאים, או למצער הכנת נוהלים ומפרטים מוסכמים על הממשלה, החברות המספקות חשמל והצרכנים, תתרום ללא ספק לכאוס במערכות אספקת החשמל בדומה למה שכבר קרה בקליפורניה לפני כשנתיים. שם ניצלו יצרני החשמל את היותם במערכת "חופשית" כדי להערים על חברת החלוקה ועל הצרכנים ביצירת מחסורים מלאכותיים בחשמל.

יש איפא ליזום את החקיקה הנדרשת בהתאם לנעשה בעולם ובהתאמתה לתנאי הארץ, יש לגבש אותה תוך דיון בפורום ציבורי מתאים. כאמור על החקיקה והנהלים להבטיח אספקת חשמל ללא הפרעות. תוך יישום עקרונות המדיניות שנקבעו על ידי משרד התשתיות. העובדה שזיכיון חברת החשמל עומד לפוג בזמן הקרוב עוד מחזק את הצורך בחקיקה זו ובדיון הציבורי הנלווה.

חקיקה נוספת נדרשת היא בתחום הסדרת יעילות ונצילות הייצור והשימוש בחשמל. בתחום זה כבר הוחל בחקיקה תואמת. אולם, לאור העובדה שחידושים טכנולוגיים בתחום הייצור והשימוש באנרגיה חשמלית גורמים לכך שמכשירים מסוימים (החל בתחנות כוח וכלה במזגנים או נורות תאורה) הופכים לבלתי יעילים יחסית, כאשר מכשירים יותר מודרניים מוכנסים לשימוש, מתעוררת סכנה שללא חקיקה מתאימה תיהפך מדינת ישראל ל"מסלקה" שתאפשר שימוש במכשירים בלתי יעילים בהשוואה לסטנדרט העולמי. דבר זה כבר קורה בפועל. יש איפא צורך דחוף בחקיקה, בפיקוח ובאכיפה תואמים גם כדי למנוע תהליך זה.

במסמך המדיניות שפורסם על ידי משרד התשתיות, מופיעה התייחסות לנושאי חקיקה רק בהקשר לאמצעי שימור אנרגיה, יש מקום להוסיף גם נושאי חקיקה אחרים בתחום האנרגיה. (כגון כמויות האנרגיה ממקורות חילופיים לחשמל, כפי שאכן נעשה רק לאחרונה, ולתחבורה.)

## 5. פיתוח בר-קיימא של משק האנרגיה

המושג "פיתוח בר קיימא" בתחום האנרגיה, עדיין לא הוגדר עבור מדינת ישראל. יש מקום לבחון את ההגדרה הנ"ל לאור אפשרויות שונות של מסלולי הפיתוח של המערכות לאספקת אנרגיה בישראל. כל אחד ממסלולי הפיתוח הריאליים של משק האנרגיה בישראל יכול בתוכו את המרכיבים של הדלקים הפוסיליים, פחם ונפט. השאלה העיקרית היא מה יהיו המרכיבים הנוספים של אספקת האנרגיה, (גז, חילופיות, גרעין, פצלי שמן ואחרים) במסלול הפיתוח. אחד ממסלולי הפיתוח הרלבנטיים ואולי הרצוי ביותר מביניהם, מבחינת השפעה על איכות הסביבה, שגם יגרום להקטנת פליטת זו תחמוצת הפחמן לאטמוספירה, הוא המסלול שבו יתווסף מרכיב גדול של גז טבעי למערכת, הגז ישמש לייצור חשמל וכן גם לצורך שימושים אנרגטיים אחרים. בכל אחד ממסלולי הפתוח העתידיים יש אפשרות להוסיף מרכיב של אנרגיות חילופיות כמו; רוח, סולארי תרמי, סולארי פוטוולטאי ואולי ארובות שרב.

לאור הבעיות הפוליטיות-ביטחוניות הכרוכות עתה בהכנסת תחנות כוח גרעיניות לשימוש בישראל אין עתה לטכנולוגיות אלה מקום במסלול הפיתוח הסביר בטווח הקצר. עם זאת, בגלל היעדר פליטת זו תחמוצת הפחמן מתחנות כוח אלה, וגם בגלל העובדה שממשיכים בעולם בפיתוח של תחנות כוח גרעיניות של ה"דור השני", מהוות תחנות הכוח הגרעיניות, פוטנציאל גדול לעתיד של יצרני חשמל נקי מפליטת

פחמן דו-חמצני. יש איפא מקום להמשיך לבחון ולדון במקומן של התחנות הגרעיניות בעתיד היותר רחוק של משק האנרגיה בישראל.

האנרגיה המשמשת בתחבורה, במסלולי פיתוח שונים של משק האנרגיה, צריכה גם היא להיות מובאת בחשבון בעת ההכנה והבחינה של תכניות פיתוח שמטרתן מזעור פליטות לאטמוספירה. ההתקדמות הרבה שהושגה בהנעת מכונות באמצעים חילופיים כגון מנועים חשמליים מופעלי מצברים או תאי דלק חייבת בחינה גם בתכנון משק התחבורה בארץ.

אפשר לזהות ארבע מטרות אסטרטגיות לפיהן, בתמהיל זה או אחר, ניתן לפתח את המערכות לאספקת אנרגיה בארץ:

1. הגדלת יעילות השימוש באנרגיה מתוך מטרה לזזק את הכלכלה (יותר תוצרים שימושיים בפחות אנרגיה) ולשפר את איכות החיים של התושבים.
2. הקטנת החשיפה של כלכלת ישראל לשינויים הצפויים לקרות במערך הספקת האנרגיה העולמי, בטווח הקרוב והרחוק.
3. מניעת פגיעה בסביבה על ידי כל המערכות המספקות אנרגיה, בייצור, במסירה ובחלוקה למשתמשים.
4. מזעור החשיפה הביטחונית הנובעת משימוש נוכחי ועתידי באנרגיה.

תמהיל של ארבע מטרות אלו קיים גם כאשר מדובר בפיתוח בר קיימא. השוני של תכנית פיתוח אחת בהשוואה לשניה, קיים רק ביחסים שבין המרכיבים המוזכרים לעיל, שבהם משתמשים לשם יישום הפיתוח של המערכות.

הכלכלה של ישראל קשורה קשר אמיץ למשק האנרגיה בישראל ובעולם כולו. יכולתה של ישראל להישרד בתחרות הכלכלית העולמית, תלויה ביכולתה לנצל את משאב האנרגיה העומד לרשותה באופן אופטימלי. על כן, לקנסות חריגים אשר נשית, מרצוננו, על משק האנרגיה בגין יחסי הגומלין של משק זה לסביבה, יכולה להיות השפעה מכרעת על השרידות של הכלכלה הישראלית בתנאי השוק התחרותיים של הכלכלה העולמית.

אם ישיתו בעולם קנסות על מוצרים שייצרו באמצעים פסולים (כולל אנרגיה) משום שאינם תואמים פיתוח בר קיימא באמות מידה עולמיות, סביר מאוד שהמשק הישראלי יצטרך לשאת בקנסות אלה אם לא יתאם את הפיתוח של המשק, לאותו כוון, כפי שנעשה בעולם.

הכונן של אסטרטגית הפתוח, במשק בכלל ובמשק האנרגיה בפרט, שתבטיח מצב של "חרטה מועטה" בלבד בגין כוונת הפיתוח שנבחרו, מחייב הפעלה זהירה ומכוונת של תכנית הפיתוח של משק האנרגיה. במסגרת זו יש להביא בחשבון את האילוצים הסביבתיים תוך ניסיון לשמר את העדיפות הכלכלית של ישראל בשוק העולמי.

תפקיד הממשלה, במערכת הכוחות של התכנית לאספקת אנרגיה יהיה:

- לשפר שווקים קיימים.
- ליצור הזדמנויות ושווקים ליזמים פרטיים.
- למנוע עוות מכון במחיר מוצרי האנרגיה.
- לעזור ולקדם טכנולוגיות חדישות על ידי עזרה באימוץ של טכנולוגיות שהוכחו במקום אחר.
- לתמוך בטכנולוגיות מקומיות עד לסף הבגרות הטכנולוגית, באופן שאפשר יהיה להחדיר אותן לשוק ללא תמיכה מעוותת.
- להבטיח יחס ומחירים הוגנים לצרכנים,

מתוך האמור לעיל אפשר לזהות מרכיבים שיבנו את התכנית האסטרטגית של מדיניות אנרגיה בר קיימא מומלצת:

- להבטיח את אספקת האנרגיה.
- לבנות סל דלקים אופטימלי המבוסס על סל של מקורות אנרגיה זמינים והכולל אנרגיה ממקורות מקומיים.
- להגדיל את יעילות השימוש באנרגיה, תוך אימוץ של טכנולוגיות תואמות.
- לפתח את מערך האנרגיה תוך שמירה על ערכי הסביבה.
- להשקיע במחקר ובפיתוח של אמצעי ייצור אנרגיה ושל השפעת השימוש באנרגיה על הסביבה.
- לטפח קשרי גומלין עם מדינות ועם גופים בין לאומיים העוסקים בקידום פיתוח בר קיימא בהקשר למדיניות ולשימוש באנרגיה, ובהתאם בתחיקה בנושאי אנרגיה.

אחת מההנחות של פיתוח המערכת הכלכלית כאן היא שלא יהיה מצב שבו לא נוכל לספק אנרגיה כדי לעמוד בדרישות הפיתוח של המשק.

בעבר לא הייתה בעיה, להשיג את כמויות האנרגיה, שנדרשו לצרכי המשק, גם במצבים של מתיחות בין לאומית קשה. לאור ניסיון זה, אפשר להניח שגם בעתיד, לאור העובדה ששוק הדלקים השתכלל ונוספו לו עוד שחקנים, לא נתקל בקשיים שימנעו הספקת דלקים. קצב הפיתוח יתאים את עצמו לנקודת שווי המשקל של מחירי האנרגיה הנוצרת מההיצע והביקוש למוצר זה.

האפשרות לרכוש פחם במספר שווקים עולמיים קיימת, ומבוצעת בפועל. כמו כן אפשר לרכוש נפט ממספר מקורות בעולם, מהם כאלה שהיו סגורים לפנינו בעבר. הכנסה של גז טבעי ממספר מקורות לארץ, כולל הפקה בשדות ישראליים, כפי שצפוי שיתבצע, עשויה גם היא להוסיף על הגמישות של הספקת האנרגיה למשק.

ביסוס חלקי של משק האנרגיה על מקורות מקומיים כגון פצלי שמן, ואנרגיות מתחדשות, בעיקר אנרגיה סולארית, גם היא יכולה להבטיח אספקה של כמות מסוימת של אנרגיה ברגיעה וגם בשעת חירום, עבור חלק מהמערכת הכלכלית כאן. את גודל המקורות המקומיים שאותם ניתן יהיה להכניס למשק, מבלי להכביד על הכלכלה, יש צורך לזהות ולאפיין באמצעות מסלולי פיתוח אפשריים של משק האנרגיה.

ראוי לציין כאן שתכנית האנרגיה הנוכחית של הקהילה האירופית, קוראת להכנסה של 12% אנרגיות חילופיות למערך אספקת האנרגיה של מדינות הקהילה עד שנת 2010. כאשר בשלב ביניים עד שנת 2003 הם היו אמורים להכניס ברחבי הקהילה את המערכים הבאים לפעולה.

- מיליון מערכות פוטוולטאיות,
- 15 מיליון מטרים מרובעים של מערכות סולאריות תרמיות,
- 10 אלפים מגהוואטים מותקנים של טורבינות רוח,
- 10 אלפים מגהוואטים תרמיים של מערכות כוח וחום המבוססות על ביו מסה,
- מיליון בתים המחוממים על ידי ביומסה,
- 1000 מגהוואט של מערכות המבוססות על ביוגז.
- הפקה של 5 מיליון חביות לשנה של "ביודלקים" המבוססים על ביומסה. ועוד
- 100 קהילות (גודל הקהילות לא הוגדר) שכל צרכי האנרגיה שלהם יסופקו על ידי מערכות של אנרגיות חילופיות.

קו המדיניות של האחוד האירופי נראה והוא חד וברור ביותר. גם אם יהיו עיכובים בביצוע הפרויקטים הרלבנטיים, המטרה הסופית ברורה וניתן יהיה לבחון את ההישגים לאור המטרות שהוצבו.

## 5.1 טכנולוגיות נוכחיות ועתידיות במשק האנרגיה

כל הטכנולוגיות לייצור אנרגיה, אשר בהן מבוצע תהליך שריפה של דלקים פחמניים לייצור חום, מהוות גרם הפוגע בסביבה.

מחירי האנרגיה העתידיים, התלויים במחירי הנפט, יושפעו מהגורמים הבאים; (1) קצבי הפיתוח של מדינות המזרח הרחוק, שעיקר מקורות האנרגיה שלהם נמצאים במדינות המפרץ. (2) הפיתוח באירופה המערבית ובאמריקה, המתחרות גם הן על אספקה מאותו מקור של אנרגיה. (3) ההתפתחויות פוליטיות במדינות המספקות נפט. (4) עלות הפקת הנפט (או שווה הערך לו) ממקורות לא קונבנציונליים. מצבי משבר, דוגמת המשבר העיראקי והמשבר בוונצואלה, יגרמו לעליות זמניות חריפות במחירי הנפט, עליות מחירים אלה יגרמו לשינויים כלכליים בלתי צפויים, שישפיעו לאורך זמן על כלכלות של מדינות רבות ושונות.

במאזן העולמי הכולל של אספקת מוצרי נפט, יש להביא בחשבון שעדיין קיימים מקורות ניכרים, שלא פותחו במלואם, מהם ניתן להפיק נפט נוזלי. עדיין לא פותחה במלואה טכנולוגיה המאפשרת לנצל מקורות אלה ביעילות. מדובר בכמויות הגדולות של האספלט באזור האורינוקו, (המשווק עתה בצורה מסחרית כ ORIMULSION), בנפט המצוי בחולות הזפת של מערב קנדה ובפצלי השמן בארה"ב, צפון אפריקה, סין, אסטוניה ומקומות אחרים.

מקורות אנרגיה אלה מוסיפים על כמויות האנרגיה הזמינות לניצול נוכחי עוד פוטנציאל, אשר לפי ההערכות מכפיל לכל הפחות, את הכמות הזמינה עתה של הדלקים הפוסיליים הנוזליים. מחיר שיווי המשקל של חבית הנפט ינוע בעתיד בתחום שבין שני ערכים. הערך הנמוך יהיה שווה לעלות ההפקה של החבית בטכנולוגיה המקובלת בתוספת ההוצאות והרווחים הנלווים להפקה זו. הערך הגבוה יהיה שווה לעלות הפקת חבית הנפט (או האקוויוולנט לחבית הנפט), באמצעים טכנולוגיים אחרים כולל רווחים ושינוע. על פי הערכים הידועים כיום מדובר בתחום שבין כ - 14 ל - 28 דולר לחבית נפט אקוויוולנטית. יתכנו כמובן העלאות חריגות של מחירי נפט, תוך ניצול הזדמנויות, דוגמת משבר עיראק או השביתה בתעשיות הנפט בוונצואלה, לרווחים ספקולנטיים על ידי החברות והמדינות המספקות, אולם סביר להניח שהמחירים במגמה לטווח הארוך ישמרו בטווח האמור.



הבעיות בשימוש בנפט שיוצר מהמצבורים של האספלט, חולות השמן והפצלים הן שתיים (1) העובדה הפשוטה של עצם היותם דלקים פוסיליים ושעל ידי שרפתם הנו מגבירים את אפקט החממה. (2) העלות של חבית הנפט המופק שיהיה תמיד בגבול העליון של התחום אותו ציינתי לעיל.

קידום השימוש בביומסה להפקת אנרגיה, נמצא בפיתוח בארה"ב, במדינות אירופה, בברזיל ואף במדינות המתפתחות. השימוש בביו-מסה להפקת אנרגיה מאפשר ליצור מחזור של ייצור אנרגיה שבו ניתן למחזר את כמויות זו תחמוצת הפחמן הנפלט לאטמוספירה בתהליך השריפה.

שימוש מסיבי בביו-מסה מתוצרת מקומית לשם הפקת אנרגיה בארץ, אינו סביר בגלל כמויות המים הגדולות להם נזקקים לייצור הביו-מסה המיועדת לשריפה. זאת בהשוואה לאירופה, ארה"ב וברזיל שם החל כבר בשימוש סביר של ביו-מסה להפקת אנרגיה, באזורים המשופעים במים.

בכל הטכנולוגיות של ייצור האנרגיה, כולל אלה המייצרים אנרגיה באמצעים חילופיים, יש פגיעה נופית בסביבה. בשימוש באנרגיות חילופיות, פגיעה נופית זו עשויה להיווצר כתוצאה מתפיסת השטח על ידי מראות או תאים פוטואלקטריים במקרה של מערכות סולאריות, מגדלי וטורבינות הרוח, או המגדל המסיבי במקרה של ארובות השרב.

ראוי לציין שלתאים הפוטואלקטריים יש יתרון עצום מבחינה סביבתית מאחר והם יכולים להשתלב בצורה כמעט בלתי מורגשת במבנים וזאת אם ישכילו המתכננים לשלב אותם בחלקי המבנה בצורה נאותה. דבר זה לא נעשה עד כה ורק בעת האחרונה החלו להתייחס לאפשרות זו בצורה רצינית במקומות שונים בעולם בעיקר תוך שילוב התאים בגגות של מבנים. אפשר כמובן גם לשלב את התאים בקירות המבנים תוך מתן השיפוע המתאים למבנה או לאלמנט המבנה שמחזיק את התא, כדי להבטיח קליטה מיטבית של אור השמש.

ליישום עכשווי ב"קנה מידה גזול" של הטכנולוגיה של המערכות הפוטואלקטרויות יש עתה גורם מעכב והוא יכולת הייצור העולמית של מערכות אלה, שאינו יכול בשום אופן להדביק את קצב הגידול של צריכת האנרגיה בעולם בתקופת העשורים הקרובים. בשנת 2000 הגיע כשר הייצור השנתי העולמי של תאים פטוולטאיים לכ-380 משהוט חשמליים בלבד, כמות שאינה יכולה להתיישב בשום דרך שהיא עם דרישה עולמית של שימוש מסיבי באנרגיה המיוצרת בדרך זו, הגידול השנתי של יכולת הייצור של התאים בעולם הגיע לאחרונה לכ-42%, כאשר ביפן הגידול השנתי הוא כ-60% אחוז ובארה"ב כ-31%. רק אם ימשך הגידול המסיבי הזה בכושר הייצור, ובמקביל תפחת עלות התאים, ניתן יהיה להדביק את קצב גידול צריכת החשמל באזורים הנחשלים שבהם אפשר להשתמש בטכנולוגיה זו במהלך השנים הקרובות, גידול צריכה זה מגיע לכדי אלפי משהוטים מידי שנה.

הגדלת הניצולת של תהליכי התמרת האנרגיה מחד גיסא, (לדוגמה ניצולת הפקת חשמל בתחנות הכוח וניצולת הפקת תזקימים בבתי הזיקוק) ושל השימוש באנרגיה מאידך גיסא (לדוגמה ניצולת כלי הרכב, המזגנים, המקררים ושאר מוצרי הצריכה החשמליים) מהווה גורם מאוד חשוב במעבר למערכת בת קיימא של שימוש באנרגיה.

טכנולוגיות המאפשרות ניצול יותר יעיל של דלקים לשם הפקת חשמל, יאפשרו פליטה קטנה יותר של מזהמים לסביבה עבור אותה כמות חשמל מיוצרת. במעבר מתחנות כוח פחמיות רגילות לתחנות כוח של מעגל משולב מוזנות בגז, יש יותר מאשר החסכון בזיהום הנובע רק מהמעבר לגז וזאת מאחר והניצילות של האחרונות יכולה להגיע לערכים של כ-56%, בעוד הניצילות של תחנות כוח מוזנות הפחם מגיעה לערכים של כ-38% בלבד.

בתחנות מודרניות של הפקת חשמל מפחם מסוג IGCC, המשלבות ייצור גז מפחם ומערכות משולבות לייצור חשמל, אפשר להגיע לניצילות של כ-46% ואולי אף ליותר. תחנות מסוג זה נמצאות כבר עתה בשלבי פיתוח ויישום מתקדמים, הפיתוח מבוצע בידי חברות מסחריות המספקות דוודים וטורבינות לתחנות כוח, במימון הממשלות במדינות בהן מבוצע הפיתוח.

ממשלת ארה"ב ומוסדות האיחוד האירופי משקיעים משאבים רבים בפיתוח מערכות אלה כחלק מהאסטרטגיה שלהם לפיתוח מקורות אנרגיה מסוג CLEAN COAL TECHNOLOGY (5).

בסקירה כוללת של טכנולוגיות זמינות להפקת אנרגיה, אין להתעלם גם מכורי הכוח המשמשים להפקת חשמל. טכנולוגיה זו מספקת עתה אנרגיה חשמלית בכמות לא מבוטלת במספר מדינות בעולם, ללא פגיעה ממשית בסביבה. אולם, ההיבטים פוליטיים הקשורים ליישום של טכנולוגיה זו בישראל, אינם מאפשרים עתה התייחסות לטכנולוגיה זו כאל מועמדת שוות-ערך בהשוואה לטכנולוגיות אחרות המיועדות לספק אנרגיה חשמלית במדינת ישראל בטווח העשורים הקרובים.

ההשקעה במו"פ אנרגיה שנוצעה עד כה בישראל יצרה הצלחות טכנולוגיות רבות. אולם בגלל סיבות שונות, בעיקר בגלל העדר תמריצים המקובלים גם במתוקנות שבמדינות העולם והחיוניים בשלבים ראשונים של החדרת טכנולוגיה, ההצלחות אינן מוצאות עדיין את ביטוין במערכת האנרגיה בארץ. להערכת הכותב, מצב זה הוא בעיקר כתוצאה של החלטות שגויות של השלטון.

רק לאחרונה החליטה הממשלה, ביום 14 בנוב' 2002, שהחל משנת 2007, 2% מהחשמל שיסופק לצרכנים בישראל יהיה חשמל שמקורו באנרגיות מתחדשות. בהחלטה גם נאמר שכמות החשמל שתסופק

על ידי אנרגיות מתחדשות תגדל באחוז מידי שלוש שנים כך שבשנת 2016 יסופק 5% חשמל שמקורו באנרגיות מתחדשות.

תחנות הכוח הסולאריות שהוקמו על ידי חברת "לוז" בקליפורניה מהוות זוגמא בולטת להצלחה של טכנולוגיה שפותחה בארץ, לשם הפקת חשמל מאנרגיות חילופיות. תחנות כוח מסוג זה יכולות להיות ממוקמות באזורים שונים בדרום הארץ; ליד רמת חובב, במישורים ליד שדה בוקר, ליד חלוצה, במישור ימין או בערבה, כאשר הן משתלבות כדרישות של שיא ההספק היומי ומסוגלות על כן לספק את הדרישה במחיר תחרותי. חשמל המסופק על ידי תחנות "לוז" בקליפורניה נמכר ב 12-14 סנט לקו"ש. מחיר זה הוא תחרותי בהשוואה לחשמל המיוצר עבור שיא ההספק על ידי סוגים אחרים של תחנות כוח.

דוגמא בולטת אחרת להצלחה של מו"פ אנרגיה שמוצאת את ביטויה במקומות מחוץ לישראל היא ההצלחה של חברת אורמת בניצול אנרגיה גיאותרמית, וזאת למרות שבישראל אין אנרגיה גיאותרמית בכמות הניתנת לניצול. פיתוח הטורבינה עבור המערכת הגיאותרמית התבסס על הטורבינה שפותחה על ידי חברת אורמת עבור הבריכות הסולאריות ועברה הסבה לשימוש במערכות גיאותרמיות.

מגדל השמש של מכון ויצמן הוא דוגמה של הצלחה במו"פ שעדיין לא מצאה את ביטויה המעשי בשטח. תמיכה ממשלתית מהסוג הנהוג בארה"ב, באנגליה או בהולנד לקידום של אנרגיות חילופיות, יכולה הייתה במקרה זה לקדם את השימוש בטכנולוגיה זו ובאחרות, שפותחו בארץ, ולהביא אותן עד לסף השוק ממש.

כותב שורות אלה היה עד לפליאתם של לא מעט מבקרים שתמהו כיצד אין לממשלת ישראל את המעוף והחזון לקדם הקמת תחנות כוח סולאריות בנגב, כמקדמי מכירות של הטכנולוגיות שפותחו בארץ. היעדר תקציבים נאותים גורם לכך שהעוסקים בנושא יחזרו אחרי בעלי מומן הנמצאים בחו"ל וגורמים עקב כך ל"הגירת" הטכנולוגיה אל מחוץ לגבולות ישראל.

הדוגמא הבולטת של הפקרה, על ידי המדינה, של יישום מוצלח של מו"פ אנרגיה, היה הטיפול בנושא פצלי השמן. המחקרים וההשקעות בפיתוח של הפקת חשמל ונפט מפצלי השמן גרמו לכך שיש עתה בידנו את הטכנולוגיה לניצול משאב אנרגטי גדול שניתן יהיה לנצל, בבוא העת, כאשר עלויות האנרגיה המיובאות יהיו ברמה כזו שניצול מעין זה יהיה כדאי. (עלות ההפקה של חבית נפט מפצלי שמן, על פי החישוב היה כ-27 דולר, (חבית הנפט נמכרה במשך זמן מה בגלל המשכר במפרץ בקרוב ל-40 דולר, ומחיר החבית בעת כתיבת שורות אלה עומד על מעל 32 דולר) שהוא מחיר סביר עבור חבית נפט, למרות עובדה זו, כל הפעילות הקשורה לפיתוח ויישום של טכנולוגיות של הפקת אנרגיה חשמלית או הפקת נפט מפצלי שמן פסקה וחברת פמא שהייתה אחראית לפיתוח זה חדלה להתקיים תוך מכירת נכסיה המוחשיים.

נושא זה של הפסקת הפיתוח של מקור אנרגיה ייחודי זה הנמצא בארץ, לא נדון עם שום גורם מן הציבור ויש מקום לעשות זאת.

## 5.2 הטכנולוגיות הזמינות לפיתוח משק האנרגיה

בעבודה שבוצעה עבור הקהילה האירופית ובה השתתפו אנשי המרכז הבין תחומי של אוניברסיטת תל אביב, נבחנו מספר רב של טכנולוגיות העשויות להשפיע על משק החשמל במסגרות של הקהילה האירופית ובעולם בכלל. הטכנולוגיות נתונות ברשימה המופיעה להלן, בטבלה 12:

טבלה 12. רשימת טכנולוגיות לייצור חשמל, זמינות או בשלבי פיתוח מתקדמים.

1. Subcritical Pulverized Coal Combustion 200-500MW
2. Subcritical Pulverized Coal Combustion, >500MW
3. AFBC 150 MW
4. AFBC 100 MW + CHP
5. Lignite (80 - 200 MW)
6. Lignite + FGD (80-200 MW)
7. Lignite (200 - 500 MW)
8. Lignite + FGD (200-500 MW)
9. Lignite, >500MW
10. Lignite + FGD (>500 MW)
11. Gas Boiler 80-200 MW
12. Gas Boiler 200-500MW
13. Gas Boiler, >500 MW
14. GTCC 100-200 MW
15. GTCC 200-350 MW
16. GTCC > 350 MW
17. Oil boiler 80-200MW
18. Oil Boiler 200-500MW
19. Oil Boiler + FGD 200-500MW
20. Oil boiler CHP
21. Gas Turbine, Oil Fired, <80 MW
22. Gas Turbine, <150 MW, Natgas fuel
23. Gas Turbine, >150 MW, NatGas
24. Gas Turbine, Oil fired, >80 MW
25. Internal combustion engine (< 50 MW)
26. Nuclear 500-1000 MW LWR
27. Nuclear 1000-1500 MW LWR

28. Large hydro – Reservoir
29. Hydro - Pumped storage
30. Hydro - Run of River
31. Biomass
32. Supercritical Coal
32. Hybrid Air-Blown Coal Gasifier
33. IGCC > 500 MW
34. PFBC < 200 MW
35. PFBC 200-500 MW
36. PFBC > 500 MW
37. IC Engine + CHP
38. GTCC & CHP 10-100 MW
39. GTCC & CHP > 100 MW
40. Oil Gasification Combined Cycle, >500MW
41. Small Hydro < 10 MW
42. Wind on shore < 0.5 MW
43. Wind on shore > 0.5 MW
44. Photovoltaics in buildings
45. Photovoltaics rural electrification
46. Solar Thermal Water Heating (Southern Europe)
47. Liquid biofuel production (ethanol)
48. Liquid biofuel production (biodiesel)
49. Biomass gasification CC < 25 MW
50. Biomass gasification CC & CHP < 25 MW
51. Biomass gasification CC & CHP 25 MW
52. Waste incineration CHP
53. Fuel Cell Cars (Hydrogen)
54. Fuel Cell CHP 10 kW-10 MW (Hydrogen)
55. Fuel Cell 200 kW-20 MW CHP Stationary (Nat. Gas Fuelled)
56. Electric Cars
57. Solar Thermal Electricity (Hybrid-Nat. Gas Fuelled) SEGS
58. New Nuclear Design
59. Advanced Coal Cycle: IGHAT (Humid Air Turbine)
60. Advanced Coal Cycle: Coal-Fired GTCC
61. Advanced Gas Cycle: Combined Kalina Cycle

לגבי כל אחת מהטכנולוגיות המוזכרות נקבעו עלויות ההקמה, התחזוקה, הנצילות ומשך זמן ההקמה של תחנות הכוח שיוקמו באמצעות הטכנולוגיה שנבדקה. הנתונים ישמשו להערכת תכניות הפיתוח האופטימליות שיבדקו במסגרות של הקהילה האירופית. יש מקום לעשות את אותה העבודה עבור המשק

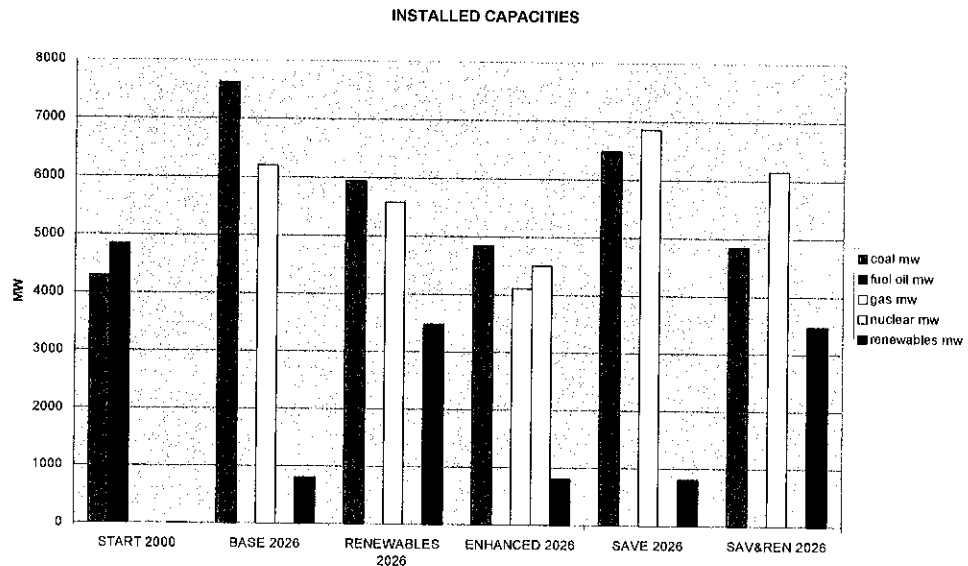
כאן ובאמצעותה לבחון את תכניות הפיתוח משק האנרגיה והחשמל בהתחשב במספר סביר של טכנולוגיות המהוות אלטרנטיבות סבירות לפיתוח של משק האנרגיה כאן.

### 5.3 תרחישים אפשריים

כדי לבחון את ההשפעה האפשרית של פיתוח בטכנולוגיות שונות, מוצגת להלן התוצאה של בדיקה פרמטרית ראשונית של פיתוח מערכת האנרגיה בארץ במסלולים שונים. בבדיקה זו לא בוצעה כל אופטימיזציה כלכלית של פיתוח המערכת אלא נבחנה ההשפעה של שימוש בטכנולוגיות שונות לייצור חשמל, כולל חסכון באנרגיה, על פליטת פחמן דו-חמצני לאטמוספירה. תוצאות הבדיקה ניתנות בגרפים המופיעים להלן.

תרשים 12 מציג את ההספקים המותקנים להם נזדקק כדי לספק את דרישות האנרגיה של מערכת החשמל, בהנחה של מספר תרחישים.

1. BASE: פיתוח שגרתי של מערכת הייצור בתוספת כמות מועטה של יצרני חשמל מאנרגיה חילופית.
2. RENEWABLES: פיתוח של מערכת חשמל המכילה כמות מוגברת של יצרני חשמל מאנרגיה חילופית.
3. ENHANCED: פיתוח של המערכת בתוספת של יצרנים נוספים (אנרגיה חילופית או גרעין) שאינם פולטים CO<sub>2</sub>.
4. SAVE: חסכון באנרגיה ופיתוח שגרתי של המערכת, (מיתון גידול צריכת האנרגיה לנפש).
5. SAV&REN: שילוב של 2 ו 4. (מיתון הגידול בצריכת האנרגיה ותגבור השימוש באנרגיות חילופיות).



תרשים 12. הספקים מותקנים במערכת ייצור החשמל במסלולי פיתוח שונים.

תרשים 12 מציג את ההספקים שיוקנו במערכת החשמל, בשנת 2026, בהנחה של תרחישים שונים, בהשוואה לשנת 2000 שהיא שנת הייחוס (START). בשנת ייחוס זו כל החשמל מיוצר על ידי תחנות כוח מוזנות פחם ונפט.

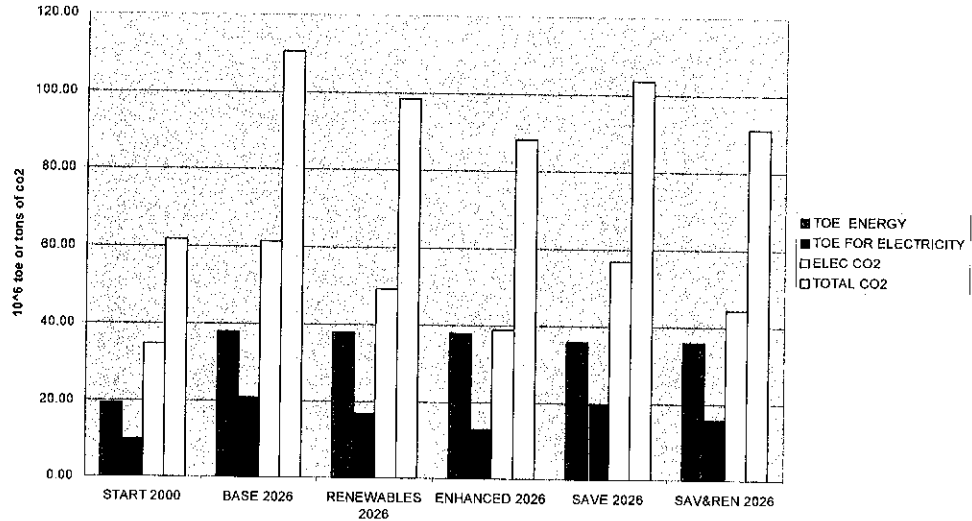
בשנת 2026 החשמל יכול להיות מופק באמצעים שונים על פי התרחישים שנבדקו. בתסריט הבסיס (BASE), עיקר הפיתוח הוא על ידי פחם וגז טבעי כאשר ניכרת גם חדירה של אנרגיות חילופיות למערכת. בתרחיש אנרגיות חילופיות (RENEWABLES) ניתן לראות חדירה ניכרת של יצרני חשמל מאנרגיה חילופית למערכת בעיקר על חשבון הפחם. בתרחיש ההורדה המואצת של פליטת הפחמן הדו-חמצני (ENHANCED) הוספו תחנות כוח גרעיניות ונגרעו תחנות פחם וגז. בתכנית (SAVE) נבדקה ההשפעה של הקטנת צריכת האנרגיה הממוצעת לנפש כלומר חסכון באנרגיה, על סה"כ ההספקים הצפויים להתקנה במערכת. בתרחיש (SAV&REN) נבדקה השפעת החסכון באנרגיה ותגבור של כמות האנרגיה החילופית, על מספר התחנות כוח פחמיות תוך הגברת השימוש בגז.

בתרשים 13 המוצג להלן אפשר לראות את תוצאות החישוב של כמויות האנרגיה לשימוש המשק, את כמויות האנרגיה הפוסילית למשק החשמל ולמשק בכלל, ואת הכמויות התואמות של פליטת גז הפחמן הדו-חמצני. כמויות החשמל מבוטאות במיליוני שע"ט"ן וכמויות הפחמן הדו-חמצני מבוטאות במיליוני טון. גם בתרשים זה יש התייחסות לתחילת תהליך הפיתוח שהיא שנת 2000 ולסוף הבדיקה בשנת 2026. אפשר להיווכח שבכל המסלולים שנבדקו כמות ה- $CO_2$  הנפלטת לאטמוספירה, במועד הסופי של הבדיקה, שנת 2026, יותר גדולה מהכמות שנפלטת לאטמוספירה בשנת 2000. נראה גם שעל ידי פעולה משולבת של הכנסה מסיבית של אנרגיות חילופיות ושל חסכון באנרגיה (מסלול SAV&REN) אפשר להשיג צמצום ניכר של פליטה של  $CO_2$  לאטמוספירה, בהשוואה למסלול הפיתוח הבסיסי BASE. את אותו הצמצום בערך אפשר יהיה להשיג על ידי מסלול פיתוח שבו יוכנסו יצרני אנרגיה אלטרנטיביים שאינם פולטים  $CO_2$ , כגון תחנות כוח סולאריות עם אגירה, שתאפשר הפעלת התחנה במשך כל היממה במקום הספק שנתי (CAPACITY FACTOR) יחסית גבוה, או תחנות כוח גרעיניות. לאור העובדה שאין עדיין בנמצא מערכות מסחריות לאגירת אנרגיה, שיאפשרו להפעיל תח"כ סולאריות במקום הספק גבוה, וכן שאין זה סביר שניתן יהיה להקים תחנות כוח גרעיניות בישראל במהלך השנים הקרובות, הרי שמסלול הפיתוח היחיד שיוכל להוביל להורדה משמעותית בפליטת  $CO_2$ , בהשוואה לכיוון הפיתוח הרגיל (BASE) הוא מסלול הפיתוח שיכול מאמץ רציני של חסכון באנרגיה וגם פיתוח מסיבי של אנרגיות חילופיות (מסלול SAVE&REN).

אפשר להשיג חסכון בצריכת האנרגיה, אם ישתכנעו המשתמשים באנרגיה שזו פעולה חיונית למשק, בדרך זו, ניתן יהיה להשיג הסכמה של מגזרי המשק השונים לפעול להקטנת צריכת האנרגיה לנפש.



### ENERGY AND CO2 EMISSIONS

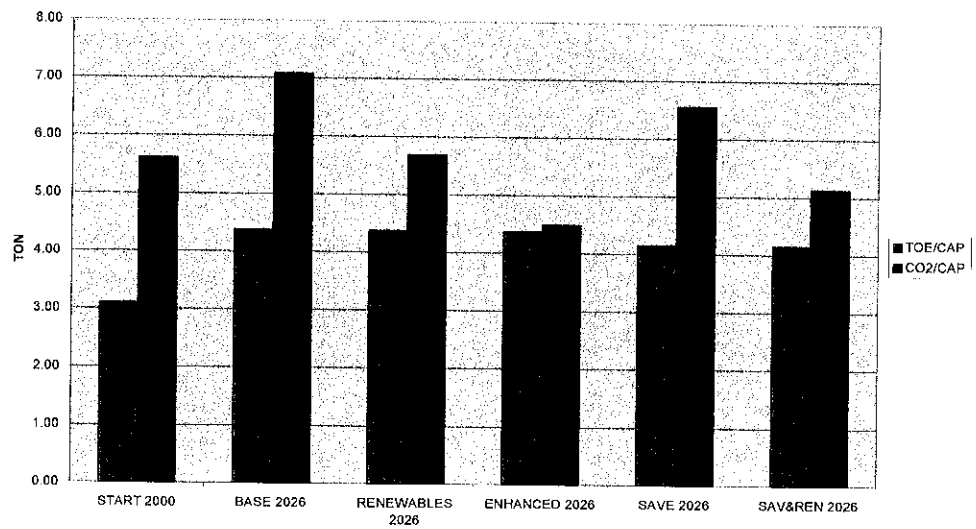


### תרשים 13. שימוש באנרגיה ופליטת CO2 במסלולי פיתוח שונים.

ההשקעה בפיתוח של משק אנרגיה המבוסס על מערכות אנרגיות חילופיות ומאמץ לחסכון מוגבר של אנרגיה, היא תהליך ממושך הדורש החלטה וליווי של כל שדרות המשק; החל בממשלה שתהיה מוכנה לתמוך במעבר למשק כזה באמצעים שונים כמו חקיקה תואמת, אמצעים כספיים וכללים מינהליים, וכלה באזרחים שייאזו להתאמץ על מנת לחסוך באנרגיה ואף לשלם עבור אנרגיה נקייה תעריפים יותר גבוהים.

כמויות ה-CO<sub>2</sub> לנפש הנפלטות מתחנות הכוח במסלולי הפיתוח השונים, מוצגות בתרשים 14. ניתן להבחין שניתן יהיה להשיג הקטנה של פליטת הגז מייצור חשמל לנפש רק בשני מקרים; האחד על ידי הכנסה מסיבית של תחנות כוח שאינן שורפות דלקים, והשני על ידי שילוב של חסכון באנרגיה והכנסה מסיבית של אנרגיות חילופיות (החשובים נעשו על סמך נתוני הבסיס של שנת 2000 ולא תוקנו לפי נתוני שנת 2001 מאחר והם לא היו בידי הכותב, לאור הירידה בשיעורי צריכת האנרגיה, יש להניח שהערך המדויק של צריכת האנרגיה בעתיד, יהיה מעט יותר נמוך מזה ששימש לצורך הכנת טבלות ההשוואה בדו"ח זה. אולם, בהתייחס לפליטות, המיקום ההדדי של מסלולי הפיתוח יישאר כמוצג לעיל).

ENERGY AND CO2 EMISSION PER CAPITA



תרשים 14. אנרגיה לנפש ופליטה של CO<sub>2</sub> מייצור חשמל לנפש במסלולי פיתוח שונים.

#### 5.4 שימור אנרגיה ואנרגיות חילופיות.

כפי שראינו לעיל, השילוב של שימור האנרגיה ואנרגיות חילופיות מאפשר להקטין את כמות גזי החממה הנפלטים לאטמוספירה במערכת האנרגיה כאן. ניתן למנות עוד מספר גורמים המצביעים על הצורך בשילוב העתידי של שימור האנרגיה ושימוש באנרגיות חילופיות בעתיד. (11).

א. הקטנת יבוא הדלק ושיפור מאזן התשלומים:

ב. בהחלפת היבוא יש משום הגנה מפני עליות מחירים חזויות, ולא פחות מכך - הגנה מפני ניוודי מחירים. ראה כדוגמא את השינוי והתנודות במחירים עקב המתרחשות עם עיראק וההשבתה בוונצואלה.

ג. החלפת היבוא באנרגיה ממקורות מקומיים מקטינה את התלות האסטרטגית בספקי דלק המצויים מחוץ למדינה.

ד. שימור אנרגיה, ייעול השימוש בדלקים והמרת הדלק במקורות אנרגיה חלופיים - יצמצמו את הנזקים הסביבתיים והבריאותיים הישירים בישראל. הקטנת של כמויות הדלקים הפוסיליים תגרום לעמידה

בדרישת הקהילה הבינלאומית להקטין את הפליטה של "גזי חממה", ובכך יתאפשר למנוע נזקים כלכליים למשק בגין קנסות או חסימת היצוא הישראלי, אם נמשיך להפר בעתיד את התקנות הבינלאומיות הרלוונטיות.

ה. ההיבט המוצג בד' לעיל חשוב במיוחד ליחסינו עם ארצות הקהילה האירופית, בה ממשיכים, בכל הרצינות, בחיפוש אחר פתרונות שיאפשרו להם לעמוד במחויבותם לאמנת קיוטו.

ו. גיוון מידי של מקורות האנרגיה, באמצעות מקורות אנרגיה חילופיים שיפעלו במשך זמן רב, מאפשר להימנע מהשקעות כבדות בפתרונות ביניים זמניים, שיהפכו להיות מיותרים לחלוטין ויגרמו ליצירת STRANDED COSTS בהמשך פיתוח המערכת.

ז. תמיכה בפיתוח של טכנולוגיות ישראליות עם פוטנציאל גדול לייצור ויצוא . (כגון: שדות סולאריים דוגמת אלה שפותחו על ידי חברת סולל-לזו, רכיבים עבור השדות הסולאריים, המגדל סולארי שפותח על ידי מכון ויצמן ורכיבים עבורו, מערכות פוטוולטאיות לאור שמש מרוכז, ארובות שרב וכיו"ב).

סוגיות הנוגעות לעניין הגברת השימוש באנרגיות חילופיות :

א. בשנת 2000 הייתה ההוצאה לנפט גולמי בישראל כ 2.1 מיליארד דולר. הוצאה זו הולכת וגדלה בעקב העלאת מחירי הדלקים והגידול השנתי הקבוע בצריכת האנרגיה.

ב. אם לא ישונה הרכב סל הדלקים על ידי הכנסה של תחנות כוח מוזנות בגז טבעי מהשדות שנמצאו קרוב לחופי הארץ ותחנות כוח של אנרגיה חילופית תוך הנהגת חסכון באנרגיה, אזי ייבוא הדלק יגדל במהלך השנים הבאות ויהפוך לנטל כבד עוד יותר על הכלכלה בישראל.

ג. רמת הפליטה של CO<sub>2</sub> בישראל בשנת 2000 מהווה כמחצית מהכמות הצפויה בשנת 2026 (ראה BASE בתרשים 13 לעיל). באירופה נדרשות המדינות לרדת מתחת לרמת הפליטה של 1990. ישראל לא יכולה לעמוד בדרישה זו מבלי לפגוע בכלכלה ובפיתוח הנעשה כאן.

ד. בפני ישראל ניצבות, אופציות כלכליות שאותן יש להביא בחשבון בתכנון מערכות האנרגיה.

- חיסכון ושימור אנרגיה, שייגרמו להקטנת כמויות אנרגיה מיובאות.

- המרת מקורות אנרגיה קונבנציונליים ומזהמים במקורות ידידותיים לסביבה.
- צמצום עלויות חברתיות חיצוניות, שאותן יש צורך לכמת עבור תנאי הארץ, באמצעות הקטנה של פליטת המזהמים.
- קנסות שהקהילה הבינלאומית עלולה להפעיל (באמצעות היטלים, הגבלות על מסחר עם ישראל וכד') בהתאם לחומרת הזיהום שנפלוט בעתיד.

ה. רמת התמיכה בפיתוחים ושינויים טכנולוגיים, כדי שהמשק הישראלי ימיר את האנרגיה שבה משתמשים לאנרגיה ממקורות חלופיים, בד בבד עם נקיטת הצעדים לפיתוח של טכנולוגיות לחיסכון ושימור. ( התועלות הנלוות, מחוץ למערכת האנרגיה, בייצור ויצוא - כתוצאה מהתמחות בטכנולוגיות אלה – יוכלו להגיע במהלך הזמן למאות מיליוני דולרים בשנה.)

ו. הסבסוד הקיים במשק החשמל (כגון אי גביית תשלום על השימוש בקרקעות או מניעת תשואה ריאלית מבעלי חברת החשמל- המדינה) מסתכם, במרוצת השנים, בסכומים אדירים. קצוץ בסובסידיה תגדיל את הכנסות המדינה, תעודד חיסכון, ותשפר תחרותיות של חשמל מטכנולוגיות חילופיות ומיצרנים פרטיים.

ז. העלויות החברתיות החיצוניות של מפגעים סביבתיים, הנובעות משימוש במקורות אנרגיה קונבנציונליים, מגיעות לסכומי עתק. שימור אנרגיה והמרה למקורות אנרגיה חילופית יביאו לחיסכון של מיליארדי שקלים בשנה בסעיף זה לבדו.

זמינות פתרונות טכנולוגיים להנהגת שימור אנרגיה והחזרת אנרגיות חילופיות.

בידי ישראל ישנם אמצעים טכנולוגיים הניתנים ליישום מידי ואחרים שיהיו מוכנים תוך שנים ספורות:

**א. שימור אנרגיה** - ניתן ליישם מיידית, בעזרת מאות טכנולוגיות זמינות, חלקן מיובאות וחלקן מקוריות, בזמן קצר יחסית ולחסוך יותר מ-15% בצריכת האנרגיה הכוללת. (12) מזוהר בהשקעות שהחזר שלהן קצר מ 5 שנים. ברוב המקרים מחייב שימור האנרגיה מעורבות ממשלתית בעידוד על ידי מענקים, בתקציב שגודלו בערך כאחוז אחד מהתועלת למשק שתגרום על ידי יישום הטכנולוגיה.

**ב. ניצול אנרגיית רוח** - בטכנולוגיה זמינה לאלתר (מחו"ל) ניתן לספק כ-5% מצריכת החשמל, אם יעודכנו התנאים והסיוע הממשלתי לרישוי. כולל שינוי העמדות של משרד איכות הסביבה. הכללת העלויות החברתיות בחשבון התמחור תאפשר אף להגדיל את היקף היישום.

**ג. ניצול פסולת להפקת אנרגיה** - הטכנולוגיות הקיימות מאפשרות יישום מידי, עם פוטנציאל של כ-5% מצריכת האנרגיה. תהליך זה מלווה בתועלות סביבתיות משמעותיות, ובכללן: הקטנה בהיקף ניכר של גז המתאן, שהוא גז חממה, סילוק אחד ממקורות הזיהום החמור של מי התהום, צמצום תפיסת קרקעות והקטנת הצורך להוביל מיליוני טונות אשפה בשנה למרחקים ארוכים.

**ד. טכנולוגיות סולריות לאספקת חום, קיטור ומיזוג אוויר** – זמינות לאלתר לתעשייה ולשימוש ציבורי (מוסדות, בתי מלון, בתי חולים).

**ה. טכנולוגיות סולריות לאספקת חשמל** – זמינות ליישום מידי נרחב, או יהיו זמינות ליישום מסחרי בטווח סביר של זמן. תלוי בטכנולוגיה שבה מדובר.

**ו. טכנולוגיה לייצור חשמל מאוויר יבש** – ניתנת ליישום בתוך מספר שנים.

עיכוב ביישום הטכנולוגיות לניצול אנרגיות מתחדשות ולשימור אנרגיה יפגע ביכולתה של מדינת ישראל לפתור את בעיות איכות הסביבה, הכרוכות באספקת אנרגיה ושימוש בה ואף יגרום לה להפסיד יתרון כלכלי. גם השילוב בין שימור אנרגיה לבין השימוש המתוכנן בגז טבעי בלבד (ראה SAVE בתרשימים 12, 13 ו-14) לא יהיה אלא פתרון חלקי, אם לא יוקפד על יישום מקורות אנרגיה מתחדשים.

### **5.5 שימור אנרגיה, אנרגיות חילופיות ואפקט החממה.**

קיימת כיום תמימות דעים מדעית באשר לקשר בין שריפת זלק לבין יצירת "אפקט החממה". קיימת גם הסכמה באשר לצורך לנקוט בצעדים כדי לצמצם נזק זה. ההכרה בכך הגיעה את הקהילייה הבינלאומית (ראה החלטות ועידת קיוטו) לדון בנושא ולהחליט על הגבלות חמורות בנוגע לשימוש בדלקים מרובי פחמן. השאיפה היא לשוב, עד שנת 2010, לרמת פליטה של "גזי חממה" שתהיה נמוכה מזו של שנת 1990.

חרף עיכובים והשהיות ביישום הפרוטוקול להגבלת פליטה של "גזי חממה" ברור שהקהילה הבינלאומית נחרצת בהחלטתה להקטין את פליטתם. יותר מכך, קיימת כבר התחייבות מפורשת לכך של האיחוד

האירופי, יפן, רוסיה, אוסטרליה ואחרים. בארה"ב אין סימנים לכוונה לאמץ את פרוטוקול קיוטו אבל חלק גדול של מאמצי הפיתוח של מקורות אנרגיה חילופיים נעשה דווקא שם.

מספר ניכר של מדינות (בהן גרמניה, הולנד, איטליה, ספרד וארצות סקנדינביה) לא המתין לאכיפת ההגבלות אלא הנהיג עצמאית היטלים על זיהום הנגרם משרפת דלק. אין ספק, שאף כי ישראל אינה נכללת פורמלית ברשימת המדינות המפותחות - היא תהיה חייבת להיערך לקבלת התחייבויות זהות.

מקורות הנפט והגז מוגבלים ביותר. על פי הערכה, יגיע שיא השימוש בהם עוד לפני שנת 2020 וזמינותם לא תתארך מעבר ל 45- עד 75 שנה. אמנם, כמו כל חיזוי באשר לעתיד, גם דיוקה של הערכה זו מוטל בספק; אך, מכל מקום, העלייה האחרונה במחירי הנפט מציגה עד כמה יהיה קשה בעתיד לחזות את השינויים במחירי הנפט גורם שיכביד על כל חישוב של פרויקט כלכלי שיעסוק באנרגיה.

אין כל ספק שישראל תידרש להצטרף למדינות המתקדמות ולהתקין תקנות שיביאו לצמצום משמעותי בשרפת דלק מזהם. יש לראות בזאת נתון מוחלט ולא סוגיה שעדיין נתונה לדיון.

עדיין אין הערכה מדויקת של קנסות שעלולים להיות מושתים על ישראל בגין זיהום הנוצר משרפת דלק. אמנם, קנסות אלה יוטלו רק לאחר התדיינות בינלאומית ממושכת - שכבר החלה, בעקבות הסכמי ועידת קיוטו, אולם הם עלולים להיות גבוהים למדי.

## 6. אנרגיה ומשק התחבורה

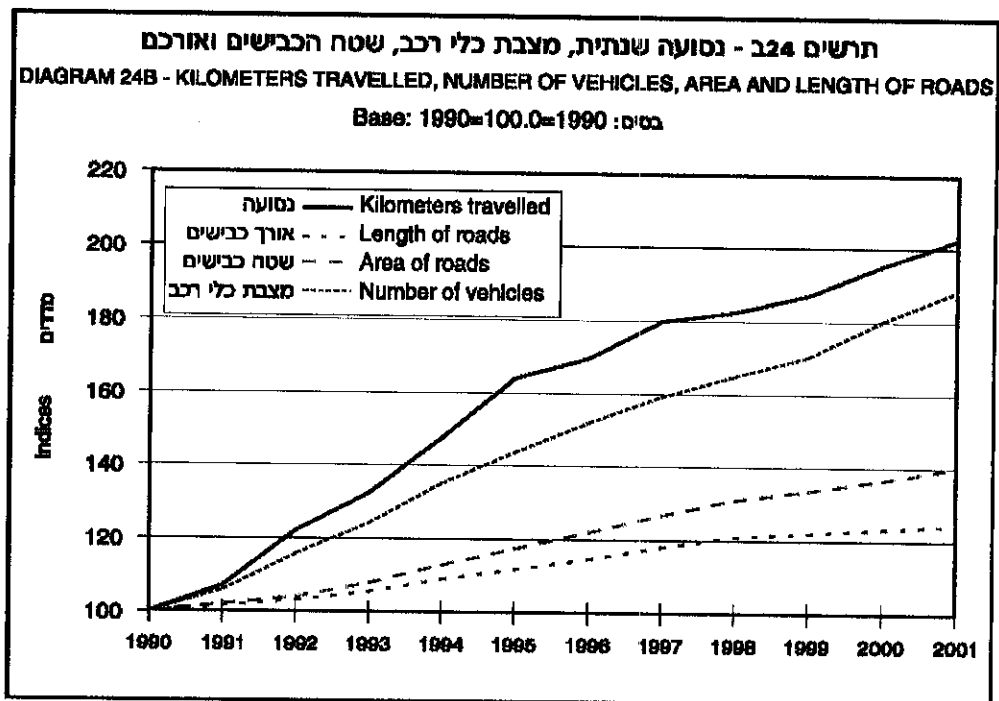
### 6.1 מצבת הרכב ונסועה

מצבת הרכב בישראל, הולכת ומתרחבת. על סמך נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (3) כמות הרכב המנועי בישראל גדלה לאחרונה בערכים של כ- 5 אחוז מידי שנה. אמנם, לאחרונה, חלה התמתנות בהשוואה לשנים קודמות שבהן קצב הגידול היה גדול יותר והגיע לערכים של כ-10 אחוז מידי שנה. אולם, גם קצב הגידול הנוכחי הוא גדול למדי בהשוואה למדינות מפותחות שבהן כבר הגיע השימוש ברכב לרוויה יחסית. בטבלה 13 מוצג הגידול במספרי המכוניות בארץ על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (3).

טבלה 13. גידול מספרי המכוניות בארץ

סוג הרכב	1960	1970	1980	1990	1999	2000	2001
סך הכל	69,580	266,233	539,525	1,015,404	1,729,757	1,831,530	1,914,895
מכוניות פרטיות	23,980	147,785	409,518	803,021	1,316,765	1,396,947	1,460,851
משאיות	21,453	66,013	89,043	153,704	292,038	309,987	326,428
אוטובוסים זעירים-	-	-	-	-	16,240	16,476	16,752
אוטובוסים	2,394	4,655	7,298	8,886	11,303	11,849	11,897
מוניות	2,477	3,420	5,085	8,699	13,836	14,806	15,163
רכב מיוחד	815	2,325	3,234	3,018	3,932	3,993	4,068
אופנועים	18,461	42,035	25,347	38,076	75,643	77,472	79,736

מדובר על קצב גידול נוכחי של כ-17000 משאיות מידי שנה. שחלקם הגדול מונע במנוע דיזל. עיון נוסף בדוח הלשכה מגלה בצורה הברורה ביותר שאין תאימות בין קצב גידול מצבת כלי הרכב, והנסועה לבין זמינות הכבישים. הפער הולך וגדל, כפי שניתן לראות בתרשים 15.



מקור: דוח הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (3).

תרשים 15. פרמטרים של משק התחבורה.

יש צורך בשינוי המצב, הן בכיוון של הקטנת של הצפיפות על הכבישים והן מבחינת ההשפעה על צריכת האנרגיה וההשפעה על הסביבה של המזהמים הנפלטים מהרכב. אי לכך יש מקום לבחון כבר עתה, מהו גבול הרוויה הרצוי של מספר כלי הרכב בכבישי הארץ הצפופים, איזו נסועה צפויה לנו בעתיד וכיצד אפשר לצמצמה לערכים נסבלים. על פי הנהוג עד כה, אין תיאום הדוק בין משרדי התחבורה והתשתיות בכל הנוגע להגדרות הדרישות לאנרגיה של משק התחבורה בארץ כתוצאה מכך המצב בפועל הוא שנגררים אחר דרישות השוק המסופקות על ידי יבואני הרכב.

ההצלחה של הפעלת הרכבת בשנים האחרונות, מעידה ללא ספק על כך שיש מקום לבחון מחדש את מערך התחבורה הארצי. בחינת המערך צריכה להיעשות תוך התייחסות להיבטים הנוגעים לצריכת



האנרגיה, וגם לאלו הנוגעים לאיכות הסביבה ולהשפעה על תפיסת שטחים, כבישים, חניות, אזורי שירותים ומסחר, והמרקם העירוני. ההיבטים הקשורים למזהמים הנפלטים לאוויר בישראל ממשקי האנרגיה והתחבורה גדונים די בהרחבה בנייר המדיניות של משרד התשתיות (4). גם במסמך זה מודגש הצורך במדיניות כלל ממשלתית הנוגעת לתחום שבין התחבורה לאנרגיה.

## 6.2 הדלקים המשמשים בתחבורה

בשנים האחרונות חלו שינויים ניכרים בהרכב הדלקים המשמשים בתחבורה. השינויים היו בעיקר עליית צריכת הסולר לתחבורה, ירידת כמויות יחסיות של הבנזין וצמצום כמויות הבנזין המכיל עופרת יחסית לכמות הבנזין הכללית (טבלה 14).

טבלה 14. התפלגות סוגי הבנזין המשמשים בתחבורה (באחוזים).

שנה	בנזין 96	בנזין 95 ללא עופרת	בנזין 91	בנזין 98
1995	52.8	29.3	16	1.9
1999	42.6	53.5	0.3	3.6
2000	38.9	57.1	0.1	3.9
2001 (1)	33.7	62.6	0.1	3.6

(1) ממוצע רק עבור מחצית שנת 2001.

מקור: משרד התשתיות הלאומיות

בעשור האחרון חל תהליך מהיר של מעבר למנועי דיזל בתחבורה. מתוך כ-87000 משאיות שנקנו במהלך השנים 1997 עד 2000 רק כ 5.4% היו בעלות מנוע בנזין. ניתן לראות זאת בטבלה 15 שנגזרה מתוך הדוח הסטטיסטי של שנת 2001.

טבלה 15. מעמס כולל וסוג הדלק של המשאיות שיובאו לארץ (3)

שנת ייצור/סוג דלק	עד 1982	-1983 -1992	-1993 1998	1999	2000	2001	2002 (1)
סך כולל	2790	60474	161337	23734	28948	36132	13013
בנוזין	1853	46846	70439	928	1558	1987	347
סולר	937	13628	90898	22806	27390	34145	12666

(1) עפ"י (3) משאיות מודל 2002 שנמסרו בשנת 2001.

טבלה 16 מציגה את צריכת הדלקים בענפי התחבורה השונים בשלושת השנים האחרונות באלפי שעט"ן. ניתן להבחין שהייתה נסיגה בצריכת הדלקים השונים במהלך השנתיים האחרונות. אפשר להיווכח גם שהדלקים לתחבורה מהווים יותר מ 40% מסה"כ של מוצרי הדלק הנוזלי שבהם משתמשים כאן.

טבלה 16. צריכת הדלקים בענפי התחבורה (בשנים 2000,2001,2002)

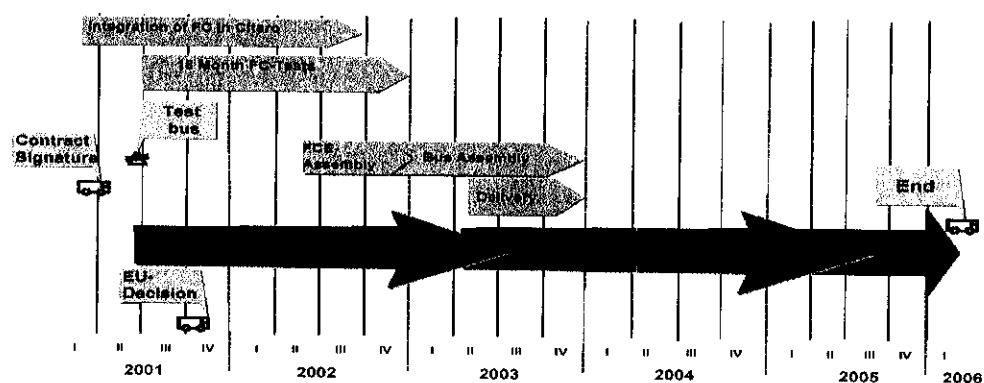
סוגי דלקים	2000 כל השנה	2001 כל השנה	2002 ינו'-ספט'
בנוזנים	2111	2069	1556
קרוסין תעופה	780	596	452
סולר תחבורה	2399	2454	1870
סולר אוניות	61	46	57
מזוט כבד אוניות	110	121	125
מזוט קל אוניות	16	10	8
סה"כ לתחבורה	5477	5296	4068
סה"כ מוצרי דלק	13061	11997	8954

מקור: משרד התשתיות הלאומיות.

על ידי הפעלת אמצעי תחזוקה הולמים ניתן להגיע לחסכון של כ-10% בדלקים המיועדים לתחבורה. בכך יתאפשר חיסכון של כ-4% בהוצאות המשק עבור דלקים שונים.

### 6.3 שינויים אפשריים בצי הרכב

כפי שראינו לעיל, משק התחבורה בארץ מבוסס על שימוש בבנזין ובסולר, דלקים הגורמים לזיהום סביבתי ניכר כפי שהוצג במחקר שבוצע באוניברסיטת תל אביב (9) כיוזמת משרד התשתיות. משמעות של מעבר למשק המבוסס על פיתוח בר קיימא, הוא שימוש במכונות שבהן צריכת הדלק הסגולית היא נמוכה ביותר, או כאלה המונעים על ידי חשמל, תאי דלק או גז (טבעי או גפמ), או בעלי מנועים היברידיים. כמו כן יש לקדם מעבר לשימוש גדול יותר ברכבות, רצוי שהן תהינה מונעות חשמל, דבר שגם הוא יועיל לקידום פיתוח בר קיימא. התכניות הקיימות עתה בארה"ב הן של בנית מכונות שבהן צריכת הדלק תשופר בכ-30% לפחות בהשוואה לצריכה הנוכחית. המטרה הסופית, שתושג בשנת 2005, היא של בנית רכב, בעל רמת נוחות זהה לזו הקיימת היום, שיופעל בלא יותר מאשר 5 ליטר דלק ל-100 ק"מ. בארה"ב מדובר גם במעבר לדלק מסוג אתנול המיוצר מביומסה. לצורך הפעלת ציי רכב במגזרים שונים. בעניין זה ראוי לציין שבברזיל מיצרים כבר עתה כמויות ניכרות של דלק מביו-מסה לשימוש בכלי רכב. תכניות המוצגות על ידי חברת דיימלר-קרייזלר מציגות מעבר למכונות ואוטובוסים מונעי מימן באמצעות תאי דלק. התרשים המופיע להלן מציג את לוח הזמנים להכנסתם של אוטובוסים מונעי מימן לשימוש מסחרי באירופה (10). בהתבסס על טכנולוגיות אירופיות ואמריקניות.

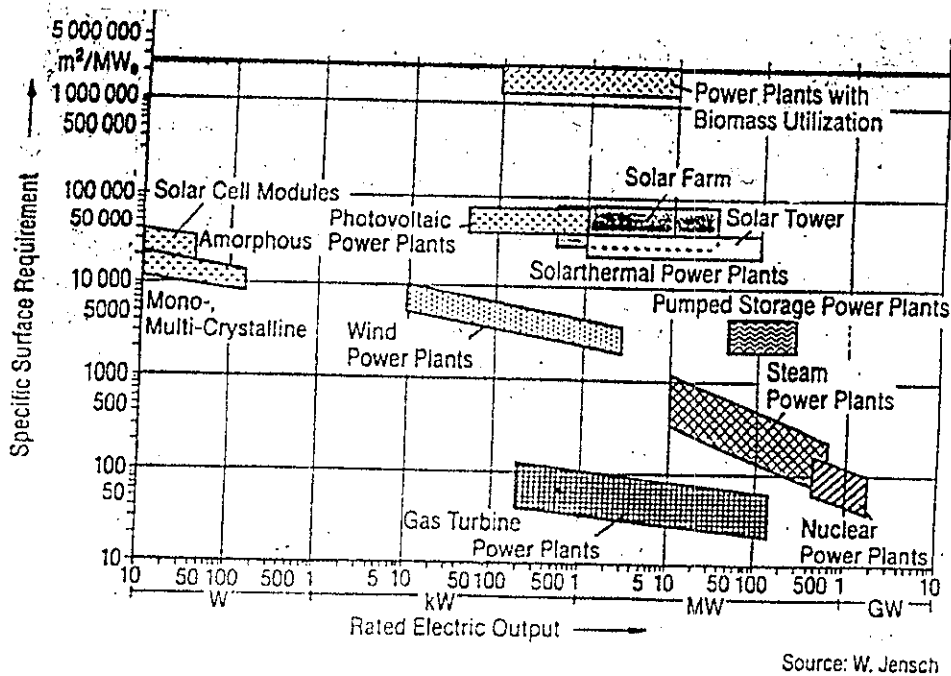


תרשים 16. לוח הזמנים להכנסתם של אוטובוסים מונעי מימן באירופה.

בתכנון ארוך טווח של משק התחבורה בישראל, יש מקום לבחון את המשמעות למשק האנרגיה של הכנסתם של אמצעי תחבורה מסוג זה למשק התחבורה כאן. סוגיה זו אינה מוצאת ביטוי במערכת התכנונית בארץ, ויש איפא מקום להעמיד קבוצות דיון שייגבשו המלצות בעניין זה לדיון בממשלה, בהתייחס לכמות התחבורה הציבורית, הנסועה, סוגי הדלקים, התחבורה העירונית והבין עירונית והתשתיות הנדרשות.

### 7. תשתיות למשק האנרגיה

תעשיית האנרגיה דורשת תשתיות ניכרות, סדרי הגודל של זרישות הקרקע עבור יצרני האנרגיה השונים מוצגים בתרשים 17.



תרשים 17. דרישות שטח של מתקני ייצור אנרגיה.

לשטחים אלה יש להוסיף את הדרישות עבור מתקני שליטה ובקרה, מסדרונות להעברת אנרגיה, (קווי חשמל, צנרת דלק) שטחי אכסון לפחם, לדלקים, לתזקימים ולאפר פחם, אמצעי פריקה טעינה ואכסון בנמלים השונים וטרמינלים לדלקים. אם יתוכננו תחנות כוח גרעיניות יש להפריש אתרים גם לאכסנה של פסולת גרעינית לפני ואחרי מיצוי החומרים הבקיעים מהדלק המוקרן. בארץ צפופה כמו ישראל יש להביא גורמים אלה בתכנון ארוך הטווח של משאבי הקרקע. יש לבחון את האפשרות להשתמש באיים מלאכותיים ובתת הקרקע למיקום אתרי אנרגיה. השימוש בתת הקרקע כאתר לאכסון דלקים, וכן כמקום להקמת מתקני ומערכות חשמל והשנאה, נהוג במספר מקומות בעולם (שבדיה, שוויצריה). אולם אינו זוכה כלל לאזכור בניירות המדיניות של המשרד. בהתחשב בצפיפות הנוצרת באזורים המיושבים יש מקום לבחון אופציה זו. צוותי עבודה שמומחיתם בכך יכולים לעזור למשרדי הממשלה בגיבוש עמדה לקראת העשורים הבאים.

הממשלה לא יישמה מדיניות רשמית הקוראת לחסכון באנרגיה במסגרת מוסדותיה השונים. אין החלטות פורמליות, לא במסגרת הממשלה ולא במשרד התשתיות הלאומיות או במשרד איכות הסביבה. גם אין קריאה לבחון "וולונטרית" את מצב השימוש באנרגיה במסגרת משרדי הממשלה השונים והגופים הנלווים אליהם. למרות שדבר זה העלה בעבר על ידי עובדי משרד האנרגיה הרעיון לא "תפס", יש מקום ליצור פעילות זו על ידי הוראות של מדיניות מכוונת. יש לכוון כל אחד ממשרדי הממשלה, אולי אפילו באמצעות תקנה או צו, לבחון את צריכת האנרגיה במסגרתו ובמסגרת הגופים השייכים לו ולדרוש שכל משרד ממשלתי יתחייב להקטין את צריכת האנרגיה על פי תכנית קבועה מראש.

יש לדאוג לחינוך לשימוש נכון באנרגיה הן של האזרח הבוגר והן של תלמידי בתי הספר. אחת המשימות שהומלצו לביצוע על ידי צוות משימה לנושא אנרגיה, שהוקם בארה"ב לקראת כניסתו של הנשיא בוש (הבן) לתפקידו (7), הייתה, להביא את נושא הבעייתיות של אספקת האנרגיה לכל אחד ואחד בביתו על ידי מהלך של הסברה וחינוך, כולל תכניות חינוכיות בבתי הספר. חינוך האזרחים לשימוש נכון באנרגיה צריך לקבל תגבור בארץ ולהיכנס לסדר היום של עורכי מדיניות האנרגיה כאן. יש להקצות לנושא זה תקציבים בתוך כל אחד ממשרדי הממשלה ולהפעיל צוותים מיומנים לכך.

אחד מבין הנושאים שאותם יהיה אפשר לקדם תוך שימוש במערך ההסברה, הוא נושא האנרגיה במבנים, הן מבני הציבור והן מבני המגורים הנבנים בארץ. ההשפעה של המודעות לאנרגיה בשכבות הרחבות של הציבור עשויה לצמצם את צריכת האנרגיה במבנים, ברכב ובשימושים אחרים, בכמויות לא מבוטלות. (הערכה גסה מציגה אפשרות חסכון של כ-30%). כמובן שגם נושא זה צריך להיות פתוח לדיונים כדי להחליט מהי מידת וכמות ההסברה שיהיה כדאי להרעיף על הציבור בנושא אספקת האנרגיה והשימושים בה. יש גם צורך לקבוע מטריית ברורות של רמות זיהום מותרות עבור כל המזהמים: פחמן חד חמצני, גופרית זו חמצנית, תחמוצות חנקן וגם כספית. אם יהיה צורך להוריד את רמות הסף בהשוואה לספים הנהוגים היום, הרי שמשק האנרגיה חייב להיערך לכך והשינוי דורש זמן וכסף.

משרד התחבורה ומשרד האנרגיה צריכים לבדוק את המשמעות של הצפיפויות בדרכים על צריכות האנרגיה והזיהום הנפלט מהרכב. הצפיפות בדרכים מהווה ללא ספק גורם מעכב בהתפתחות המשק. יש צורך לבדוק את המשמעות של הכנסה של "מערכות תעבורה אינטליגנטיות" על משק התחבורה והאנרגיה.

בהתחשב בעובדה שהמעבר לשימוש באנרגיות חילופיות עשוי להעלות את מחיר החשמל, יש מקום לקבוע בתיאום עם משרד האוצר את גובה התמיכה שאפשר יהיה להעניק ליוזמים, פרטיים או ציבוריים שיהיו מוכנים להקים תחנות כוח סולאריות או חוות רוח. התמיכה יכולה להיות גם בצורה של הנחה ממיסים לתקופה מסוימת.

יש לבחון עם משרד התחבורה את המשמעות התכנונית הרישויית והכספית של המעבר לדלקים חליפיים, כגון גז, מימן או חשמל.

## 9. מו"פ אנרגיה וייצור חשמל ממקורות עצמיים בישראל.

### אנרגיה סולארית תרמית

במטרה לקדם את השימוש באנרגית שמש, כולל הפקת אנרגיה חשמלית משמש, הקים משרד האנרגיה בשדה בוקר, אתר לבדיקות ולמחקרים של טכנולוגיות סולריות. באתר זה נבדקו תאים פוטוולטאיים וקולטים אחרים שונים המיועדים להפקת חום, לקירור ספיגה, או להפקת חשמל.

האתר העבר לידי אוניברסיטת בן גוריון והוא משמש עתה למחקרים סולאריים שונים המבוצעים בו במסגרת האוניברסיטה. באתר הוקמו מספר מערכות של קולטי שמש וגם קולט שמש-מרכז בצורת צלחת בעלת שטח קליטה של כ-400 מטרים רבועים.

חברת "לוז", מירושלים, (שהייתה החברה המובילה בתחום אספקתם ובניתם של תחנות כוח סולאריות תרמיות בעולם ובנתה תחנות כוח סולאריות בהספק כולל של 354 מגהווט חשמליים, במדבר מוהבי בקליפורניה.) הפסיקה לפעול, עקב בעיות מימון. הידע של החברה נרכש על ידי משקיעים שהקימו את חברת "סולל". החברה מספקת עתה ממפעלה בבית שמש חלקי חילוף לשדות הסולאריים שנבנו על ידי חברת לוז בארה"ב. פיתוח הדור הבא של הקולטים והשדות הסולאריים נעשה עתה על ידי חברת "סולל". בסוף שנת 2002 הוקמה ועדה על ידי משרד התשתיות לבחון את המיקום הנבחר לשם הקמת תחנת כוח סולארית. צפוי שהועדה תסיים את עבודתה בתוך מספר חודשים. אם תתממש החלטת הממשלה המוזכרת לעיל צפוי שתותקן תח"כ במהלך השנתיים הקרובות.

במכון ויצמן פותחה טכנולוגיה ייחודית, במימון משרד התשתיות, המיועדת להפיק אנרגיה באמצעות טורבינת גז המופעלת על ידי אויר המחומם באמצעות קולט סולארי מרכזי. טכנולוגיה זו לא יושמה עדיין בצורה מסחרית. נבדקו ופותחו שם גם טכנולוגיות אחרות; יצור מימן על ידי פיצוח מים בטמפרטורה גבוהה, העברת אנרגיה, המיוצרת על ידי קרינת השמש, באמצעות קרן לייזר. פיצול ספקטרום השמש

לשם ניצול יותר יעיל של קרינת השמש באמצעות תאים פטוולטאיים, אגירה של אנרגיה כימית הנוצרת על ידי תהליך של מיזוג של גז מתן עם גז דו תחמוצת הפחמן ויצירת סינגז (תערובת של פחמן חד חמצני ומימן) ולאחר מכן שימוש באנרגיה שנאגרה בסינגז, על ידי מיזוג של מרכיבי הגז והפקת האנרגיה הסולארית שהושקעה ביצירתו. כל הטכנולוגיות האלה עדיין מחכים ליישום מתאים ובעיקר לעלייה במחירי הדלקים שתהפוך השימוש בהם לכדאי. במכון עוסקים בפיתוח של אגירת אנרגיה תרמית של אנרגיה סולארית לשימוש בשעות הלילה או בזמן עננות.

#### פצלי שמן: הפקת חשמל בשריפה ישירה

חברת פמא הקימה תחנת כוח המוסקת בפצלי שמן במישור רותם בהספק אקוילונטי ל 13- מגהווט חשמליים המוזנת בכמות של כ-50 טון פצלי שמן לשעה. המתקן ספק חשמל לרשת הארצית של חברת החשמל מתוך גנרטור בעל הספק של 6 מגהווט חש' המותקן בתחנת הכוח. כמו כן מספקת התחנה 50 טון לשעה של קיטור למפעלי פוספטים בנגב של חברת כי"ל. בעקבות הישג טכנולוגי זה, הייתה בידנו האפשרות לבנות תחנות כוח המוזנות בפצלי שמן בהספק כולל של מספר מאות מגהווט חשמליים. במחצית שנות התשעים בוצעה הערכה, שהייתה מבוססת על חישובים שבוצעו בחברת החשמל, חברת פמא ומשרד התשתיות, על פיה ניתן יהיה לייצר חשמל באמצעות פצלי שמן בעלויות קרובות או זהות להפקת חשמל באמצעות תחנות כוח מוזנות פחם, הכוללות סולקנים. בתכנון הפיתוח של חברת החשמל דובר אז על הקמה של מספר תחנות כוח מוזנות בפצלי שמן, המפיקות חשמל בהספק של כ 150 מגוואט שיוקמו בשנים 2000, 2003, ו2005. הכוונה הייתה שאת התחנות יקימו חברות פרטיות-יצרנים פרטיים, או אף חברת החשמל באם ייווצרו תנאים שיאפשרו זאת.

#### פצלי שמן: הפקת נפט

הופעל מפעל חלוץ להפקת נפט מפצלי השמן בשיטה שהותאמה על ידי חוקרי פמא לפצלי השמן הישראליים. על פי הפרמטרים של ההפעלה של מפעל החלוץ, הגיעו המפתחים למסקנה שחבית הנפט המופקת תעלה כ 27 דולר. מכיוון שמחיר חבית הנפט באותה העת היה רק 12 דולר, הוחלט אז במשרד התשתיות להפסיק את פעילות החברה. כל התכנון הקשורות בהפקת חשמל או נפט מפצלי שמן נגנזו וחברת פמא שהוקמה על ידי משרד האנרגיה, פורקה. כי"ל קבלה לידה את תחנת הכוח וממשיכה להפיק חשמל וקיטור עבור מפעלה במישור רותם.



## ארובות שרב

הפרויקט שבוצע על ידי פרופ' זן זסלבסקי וצוותו בטכניון הגיע לסף בנייתו של מפעל חלוץ. יוזמיו ניסו לגייס סכום של כ-50 מיליון דולר למימון ההקמה של מתקן החלוץ. ראוי לציין שגם חברת החשמל השתתפה בבדיקת הנושא באמצעות צוות עבודה אותו הקימה במיוחד. תוצאות הבדיקה של חז"י דומות לתוצאות אותן השיג פרופ' זסלבסקי. אין כרגע מימון להמשך תהליך התכנון למרות התעניינותה של ממשלת הודו בפרויקט זה.

## אנרגית רוח

עתה פועלת בגולן חווה אחת של אנרגית רוח בהספק של 6 מגוואט. חברת החשמל מתכננת להקים שתי חוות בהספק של 25 מגוואט כל אחת האחת ברמת סירין והשניה במעלה גילבוע.

## **10. סיכום**

במהלך הסקירה לעיל נסקרו היבטים שונים של משק האנרגיה בישראל, נשאלו שאלות והועלו בעיות שעדיין אין עליהן תשובות. ללא ספק, חסרים עוד פרטים במתווה של משק האנרגיה, שתואר במהלך סקירה זו. זה זמן רב שהמבנה העתידי של משקי האנרגיה והדלק בישראל מהווה שדה נרחב לפעילות של יועצי אנרגיה מהארץ והעולם, הלוחשים באזנם של "יודעי סוד" במשק האנרגיה. אולם למעשה לא נערך עד כה כל דיון ציבורי מעמיק בנושא זה, בהשתתפות כל הגופים הנוגעים בדבר. חברות האנרגיה, בתי הזיקוק, חברת החשמל, מוסדות האקדמיה, וגופים כלכליים נוספים העוסקים בנושאי האנרגיה, הלוגיסטיקה ואמינות האספקה של הדלקים כולל איכות הדלקים, וכן הציבור הרחב, צריכים לקחת חלק בדיון החשוב כל כך למשק ולרווחת הציבור כולו. המטרה של הדו"ח הנוכחי היא להאיר היבטים שונים שיש לתחום האנרגיה בארץ, כפתח לדיון ציבורי מכובד במספר רב של נושאים.

מבין הנושאים אזכיר כאן לדוגמה את הכלים הכלכליים, הטכנולוגיים והאחרים שבאמצעותם יכולה המדינה לכוון את תוצאות מדיניות האנרגיה, כמו;

א. מחירים ועלויות של:

- דלקים
- מוצרי גפט אחרים.
- חשמל.
- תמיכה ממשלתית, טובסידיה.
- השקעות ישירות של הממשלה.

הכוונה כאן היא לבהון כיצד שינוי בכל אחד מ"מרכיבי" הכלי ישפיע על מימוש המדיניות כפי שתקבע בעתיד על ידי הממשלה.

לכלי הכלכלי של המחירים והעלויות אפשר להוסיף כלים נוספים לבדיקה כמו;

ב. היבטים כלכליים-טכנולוגיים של:

- השקעה במחקרים ובפיתוח של טכנולוגיות אנרגיה.
- השקעה במחקרים ובפיתוח של טכנולוגיות נלוות. (בעיקר תשתיות)
- יבוא טכנולוגיות אנרגיה ותשתיות.

ג. היבטים הקשורים לאיסוף, הפצה, ניתוח ויישום מידע כמו:

- קצבי גידול האוכלוסייה ורמת חיים הולמת של אוכלוסייה.
- הפצת מידע לציבור על טכנולוגיות של אנרגיה ותשתיות רלבנטיות.
- הדגמת טכנולוגיות אנרגיה חדישות ושימור אנרגיה.
- השפעה על שינויי אקלים.
- אמנות בין לאומיות ועמדתנו ביחס לנדרש בהם.
- השפעה של התפתחויות סחר בין לאומי.

ד. כיצד להשפיע על שינויי התנהגות באמצעות:

- תקינה וסטנדרטים.
- חקיקה ממשלתית.
- שיפור שירותי אנרגיה.
- קריאה לוולונטריות, ריסון עצמי.
- עידוד של שיתוף פעולה בין גורמי המשק.
- אכיפה.

ה. מכשירים כלכליים המשפיעים על עלות האנרגיה:

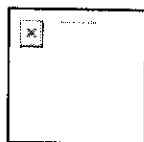
- חקיקה ישירה הנוגעת לפליטות מזהמים. (ניטור, בקרה, קנסות)
- טובסידיות.
- מסים.

לבהיגת האלטרנטיבות המוצעות. לדון בתוצאות בהיגת האלטרנטיבות ולהמליץ לפני משרדי הממשלה על האלטרנטיבה העדיפה.  
פורום האנרגיה, שאותו מוצע להקים במסגרת מוסד נאמן, יכול להיות צומת של דיונים, שיערכו עם גופים ומשרדים ממשלתיים שונים ועם גופים כמו התעשייה, משק החשמל, משק התחבורה, חברות הדלק איגודי הצרכנים וגופים אחרים שיהיו מוכנים להצטרף. במסגרת פורום זה ניתן יהיה לגבש עמדות שיהיו מקובלות על רוב הציבור וגם על מקבלי ההחלטות במסגרות של משרדי הממשלה השונים.

## 11. מקורות

- (1) A methodology for the formulation and evaluation of energy goals and policy alternatives for Israel,  
Professor J. Aronofsky, Dr. R. Karni, Mr. H. Tankin  
The Samuel Neeman Institute for Advanced studies in Science and Technology  
October 1980
- (2) Center for Energy Policies in Israel: Towards sustainability, efficient use and equitable burden,  
Prof. D.Czamanski, Samuel Neeman Institute, July 2000
- (3) דוח הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה 2001
- (4) משרד התשתיות הלאומיות, מדיניות משק האנרגיה בישראל  
מוגש למועצה הארצית לתכנון ובנייה, פברואר 2002.
- (5) Clean Coal Technology  
The New Coal Era  
DOE/FE-0217P

(6) The Herfindahl-Hirschman Index "HHI"



### THE HERFINDAHL-HIRSCHMAN INDEX

"HHI" means the Herfindahl-Hirschman Index, a commonly accepted measure of market concentration. It is calculated by squaring the market share of each firm competing in the market and then summing the resulting numbers. For example, for a market consisting of four firms with shares of thirty, thirty, twenty and twenty percent, the HHI is 2600 ( $30^2 + 30^2 + 20^2 + 20^2 = 2600$ ).

The HHI takes into account the relative size and distribution of the firms in a market and approaches zero when a market consists of a large number of firms of relatively equal size. The HHI increases both as the number of firms in the market decreases and as the disparity in size between those firms increases.

Markets in which the HHI is between 1000 and 1800 points are considered to be moderately concentrated, and those in which the HHI is in excess of 1800 points are considered to be concentrated. Transactions that increase the HHI by more than 100 points in concentrated markets presumptively raise antitrust concerns under the Horizontal Merger Guidelines issued by the U.S. Department of Justice and the Federal Trade Commission. See *Merger Guidelines* § 1.51.

(7) Reliable, Affordable and Environmentally sound Energy for America's future

Report of the National Energy Policy Development Group.  
[www.whitehouse/energy/](http://www.whitehouse/energy/)

(8) פרסום בתי זקוק לנפט "מה הפקנו מהנפט בשנת 2000?"

(9) ENERGY IN THE URBAN ENVIRONMENT

An action plan for the city of Tel-aviv, Final Report  
Energy Policy unit National Technical University . Athens , Greece,  
And Interdisciplinary Center for Technological Analysis and Forecasting  
Tel Aviv University Israel, June 1996.

(10) DAIMLER CHRYSLER

Perspective of hydrogen as a fuel for road traffic  
Walter Rau, Barcelona, December, 2002

(11) דין וחשבון של צוות בין משרדי לבחינת הפיתוח והניצול של אנרגיות חילופיות בישראל.

ממצאים מסקנות והמלצות

משרד התשתיות הלאומיות

משרד המדען הראשי

אלול תשנ"ט – אוגוסט 1999

(12) הערכת פוטנציאל שימור אנרגיה בישראל 1977-2010

משרד התשתיות הלאומיות.

אגף ניהול משאבי תשתית EC 04-97 .