

כנס הרצליה  
השנתי העשירי  
על מאזן החוסן והביטחון הלאומי

הרצליה 2010 HERZLIYA

The Tenth Annual  
Herzliya Conference

נייר עבודה

31 בינואר - 3 בפברואר, 2010

## משבר האקלים הזדמנות לצמיחה כלכלית

נייר עבודה לקראת כנס הרצליה 2010

מחבר:

איציק ברזין

תמר ישראלי

אסף צחור

המרכז הבינתחומי הרצליה  
בית ספר לאודר לממשל, דיפלומטיה ואסטרטגיה  
המכון למדיניות ואסטרטגיה

# משבר האקלים הזדמנות לצמיחה כלכלית

טיוטא לדיון בכנס הרצליה 2010



ד"ר איציק ברזין

גב' תמר ישראלי

מר אסף צחור

"האם ישראל היא זו שיכולה לגרום לפריצת דרך דומה, שתשחרר את העולם מן התלות בנפט ?  
אני מאמין שכן כי בישראל יש שני משאבים כבירים שמעניקים לנו את הסיכוי לעשות זאת. יחד עם  
אחרים, אבל שני משאבים כבירים: מוחות ולבבות, והיכולת ולא פחות חשוב מזה, הרצון.  
היכולות שלנו נפרסו כאן, גם אם זו לא תמונה ממצה, ראיתם את זה. יש לישראל יכולות מתקדמות  
בתחומי הטכנולוגיה, האגרו-טק והביו-טק, הננוטכנולוגיה, האנרגיה הסולארית, טכנולוגית מצברים  
ואנרגיות מתחדשות. היכולות הללו מציבות אותנו כמועמדת מובילה וטבעית ליצור מהפכה עולמית בתחום  
האנרגיה הנקייה. תרשו לי לרכז את דבריי. כן אפשרי לשנות את העולם. השינויים הגדולים ביותר  
בהיסטורית האדם אירעו כאשר היה שינוי קונצפטואלי ולא רק שינוי טכנולוגי.  
רבותיי, אף אחד לא האשים אותי שאני חסיד של התערבות ממשלתית. אבל לפעמים השוק הפרטי פשוט  
לא יעשה את המסה הקריטית של הפעולות שנדרשות כדי לחולל שינוי גדול. לפעמים הוא זקוק לדחיפה  
ולתמיכה של הממשלה. הנושא הראשון והחשוב ביותר למדינת ישראל, מבחינה גיאופוליטית, מבחינה  
ביטחונית, מבחינת הסביבה, מבחינת הבטחת העתיד, מבחינת שינוי סדרי עולם - זה מציאת חלופה לנפט".

מתוך נאומו של ראש הממשלה, בנימין נתניהו, ועידת הנשיא 2009, 20/10/2009

הפאנל הבין-ממשלי לשינוי האקלים (IPCC) קבע, בסבירות של למעלה מ-90%, כי מקורה של תופעת ההתחממות הגלובאלית הוא במעשי ידי אדם. על פי המילניום אקו סיסטם אססמנט (MA), גוף מחקרי של האומות המאוחדות, כ-60% מן המערכות האקולוגיות בעולם אינן מסוגלות עוד לספק את השירותים הטבעיים הבסיסיים אותם התרגל האדם לקבל חינם מן הטבע כגון בקרת אקלים ואסונות טבע, מגוון ביולוגי, אספקת חומרי גלם ועוד. כריית משאבים מתכלים ופליטת גזי חממה הן רק שתיים מהשלכותיה ההרסניות של התרחבות סביבת המחיה האנושית אל תוך הסביבה האקולוגית של כדור הארץ. תדירותן של תופעות לוואי בעלות פוטנציאל הרסני לסביבת החיים האנושית נמצאת במגמת עליה. המסת קרחונים, שטפונות ומידבור, בין היתר, קוראים לאנושות למצוא דרכים ברות-קיימא להמשיך לגדול ולשגשג במסגרת המערכת האקולוגית של הפלנטה.

צריכה ומיצוי יעיל יותר של משאבים, יד ביד עם מחקר ופיתוח של טכנולוגיות ידידותיות לסביבה, הם צרכי השעה הדחופים של האנושות. שינוי בדפוסי הצריכה והשימוש במשאבים טבעיים הוא כעת מחויב המציאות, ושינוי זה עתיד לשנות את המבנים החברתיים והכלכליים שמלווים את הציביליזציה האנושית. חיוני לבחון את, מערכות הייצור, המסחר והכלכלה לאור, השפעתם על הסביבה, על מגוון החיים הביולוגיים ועל האקלים.

מבני הכלכלה החדשים מקדמים תפיסה לפיה שמירה על איכות הסביבה אינה מהווה בהכרח מכשול לרווחה ולצמיחה כלכלית. התמורות שחלו בשנים האחרונות בתחום הביאו להבנה כי אין סתירה אינהרנטית בין כלכלה לסביבה. ההפך הוא הנכון. קיים פוטנציאל משמעותי בסינרגיה בין שני התחומים. תחום אשר נודע ככלכלה ירוקה.

הבנה זו ועלייתה של הכלכלה הירוקה ברמה הבינלאומית, הובילו גופים בינלאומיים וממשלות לקדם רגולציה שתאפשר את התבססותה של הפרדיגמה החדשה. תפיסת עולם ירוקה בינלאומית ביססה את מקומה למסדרונות הממשל של האיחוד האירופאי, ארה"ב, סין יפן, ועוד. שם היא תורגמה לחקיקה ירוקה, אשר יצרה בתורה שווקים חדשים בשווי אגדי של טריליוני דולרים. ממשלות וגופים עסקיים שיזדרזו להבין את הפוטנציאל הכלכלי הטמון בפרדיגמה זו, יזכו להוביל את העולם בעשור השני של המאה ה-21 אל עתיד בר-קיימא.

נייר עמדה זה מבקש לטעון כי למדינת ישראל הכלים הדרושים, ההון האנושי, הפיזי והגיאוגרפי להשתלב בראש שווקים מתפתחים אלו כגורם מוביל ומנהיג, ובד בבד ליהנות מצמיחה כלכלית של המשק הלאומי. המסמך מוגש כבסיס לדיון במושב "משבר האקלים – הזדמנות לצמיחה כלכלית", בכנס הרצליה 2010. מושב כלכלה ירוקה ירים על נס את המחויבות הממשלתית לנושא, יגדיר את גודל השוק הירוק הרלוונטי לישראל ויבקש להראות את הפוטנציאל הכלכלי הגלום בענפים בהם ישראל יכולה, וצריכה להוביל. ענפים אלו כוללים בין היתר את תחום הביו-דלקים ואת פיתוחה הטכנולוגי של רשת חשמל חכמה. לבסוף, המושב יצביע על החשיבות האסטרטגית של מיתוגה של ישראל כ"מובילה בירוק".

## כלכלה ירוקה ואנרגיה

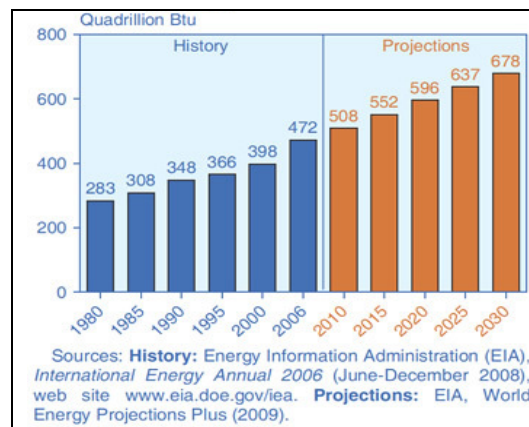
אנרגיה התכתבה מאז ומעולם עם שגשוג כלכלי, בטחון לאומי וסוגיות באיכות הסביבה. בשנים האחרונות הופנה זרקור עולמי אל עבר שוק האנרגיה בשל מספר סיבות. ראשית, דרישה עולמית לאנרגיה עולה בהתמדה, במיוחד במדינות מתפתחות. גידול (ובמקומות מסוימים – התפוצצות) אוכלוסין, תיעוש, ועליה דרמטית באיכות החיים, הכל מובילים לעליה צפויה של למעלה מ-40% בדרישות האנרגיה העולמית עד לשנת 2030 (ראו תרשים מס' 1).

שנית, הימצאותם בשפע של חומרי הגלם המסורתיים לאנרגיה, דלקים פוסילים (fossil fuels), מוטל בספק. סוגיה זו, בנוסף לחוסר היציבות הפוליטית בקרב יצואניות הדלקים הפוסילים, הובילו לא אחת לתנודתיות במחירי הדלקים ולקשיים בניהול מדיניות בטחון לאומית.

שלישית, שימוש מוגבר דלקים פוסיליים, נמצאו כמקורות המרכזיים לפליטת גזי חממה לאטמוספירה ומכאן, כאחראים המרכזיים לשינויי האקלים ולתופעת ההתחממות הגלובאלית.

ההכרה העולמית בהשפעתו הדרמטית של שוק האנרגיה על חיי היום של מדינות, מוסדות ופרטים, בצד הניסיון לבלום את עליית הטמפרטורה הממוצעת על פני כדור הארץ, הובילה להבנה כי יש להתערב – באמצעות רגולציה – בשוקי האנרגיה ולווסת מחדש את אופי צריכת המשאבים ואת חלקם של הדלקים הפוסילים בתמהיל הצריכה של שוק האנרגיה העולמית.

תרשים מספר 1: צריכת אנרגיה עולמית 1980-2030



## רגולציה בשוק האנרגיה ובשוקים הסביבתיים

המגמה המרכזית המאפיינת את הרגולציה העולמית בשנים האחרונות מתאפיינת בצעדים שונים שמטרתם הפחתת היקף פליטת גזי החממה, בין השאר על ידי דרישה קטגורית לשימוש באחוזים של אנרגיות מתחדשות.

פרוטוקול קיוטו, שנחתם בשנת 1999 ונכנס לתוקפו בשנת 2005, דרש ממדינות מתועשות להפחית את מכסות הפליטה של גזי חממה (בעיקר פחמן דו-חמצני ומתאן) בשיעור של 5.2% ביחס לשיעור הפליטות שנמדד בשנת 1990. לפי שיעור הפליטה הצפוי עבור שנת 2010, המדינות עליהן חלה האמנה ידרשו להפחתת פליטות בשיעור של 29%.

האיחוד האירופאי מוביל בחקיקה בנושא אנרגיה והפחתת פליטות גזי חממה. ביניהן א) הפחתה של כ- 20% מרמת פליטות ב-1990 עד לשנת 2020, עם קריאה להפחתה של 50% עד לשנת 2050, ב) חיוב לשינוי בתמהיל מקורות אנרגיה בכדי שיכלול לפחות 20% דלקים שהופקו ממקורות מתחדשים עד 2020. מדינות מסוימות באיחוד הציבו יעדים שאפתניים אף יותר.

בארה"ב, אשר לא אישרה את פרוטוקול קיוטו, יזמו מדינות רבות חקיקה עצמאית בנושא. כיום למעלה מ-20 מדינות בארה"ב מחזיקות בחקיקה להפחתת פליטות גזי חממה. קליפורניה לדוגמא, מובילה בתחום עם יעד להגיע לרמת הפליטות של 1990 בשנת 2020, ו-78% הפחתה מרמות 1990 עד 2050.

מאז כניסתו של הנשיא אובמה לתפקיד, התקדמה ארה"ב לקראת חקיקה גם ברמה הפדראלית. הדוגמאות הבולטות ביותר הן חוק ווקסמן-מארקי ( Waxman-Markey American Clean Energy and Security Act ), שהניח ב-2009 את היסודות לכלכלת אנרגיה נקייה, ו- Clean Energy Jobs and American Power Act, אשר ממתין לאישור הסנאט ומציג יעדי הפחתת פליטות דומים לאלו של האיחוד האירופי, תוכנית למיסוד המסחר בגזי חממה, והפקת 20% מתמהיל הדלקים ממקורות אנרגיה חלופית ומתחדשת.

סין מצידה הצהירה שתפחית בין 45%-40% מהפליטות ביחס לתוצר לאומי גולמי וביחס לרמות הפליטה בשנת 2005, וכן התחייבה להפחית 83% מהפליטות עד שנת 2050.

בועידת האו"ם לשינוי האקלים, שנערכה בעיר קופנהאגן בדצמבר 2009, התקשו מדינות העולם להגיע להסכם מחייב. אף על פי כן, הצהרות משמעותיות מארה"ב, סין והודו אשר לא חתמו על פרוטוקול קיוטו, מעידות על המגמה העולמית. אף שזו אינה מעוגנת בהסכם משפטי מאושרר, ברור כעת כי קיימת נורמה מחייבת בנושא הפחתת פליטות גזי חממה בצד ההכרה בעלויות הכרוכות בפליטות גזי חממה בלתי מבוקרת.

### **מגמות עתידיות בשוקי האנרגיה**

*"Because our future depends on our ability to break free from oil that's controlled by foreign dictators, we need to make clean, renewable energy...The profitable kind of energy"*

*President Obama, February, 2009*

באמצעות קביעת יעדי הפחתת פליטות, תמהיל דלקים ומסחר בגזי חממה, מבקשות ממשלות העולם לנתב את כוחות השוק למספר מסלולים עיקריים, כאשר הבולטים מביניהם: התייעלות במשק האנרגיה, והרחבת השימוש

במקורות אנרגיה בעלי אימפקט סביבתי מופחת. קנסות עתידיים, אשר יוטלו על חריגות ממכסת הפליטות הקבועה בחוק, ממחישים בצורה ברורה את הרציונאל העסקי בהתייעלות. ההנחיות הרגולטוריות בנוגע לאנרגיות מתחדשות מרחיקות לכת אף יותר, שכן הן גוזרות הלכה למעשה את נתח השוק שיוקדש באופן בלעדי למקורות אלו, קרי 20% עד 2020.

מגמות אלו, בשילוב עם עליה צפויה ומתמשכת בביקושים לאנרגיה מתורגמים בפועל לצמיחה הולכת ומתעצמת של שוק אנרגיה ירוקה. שוק זה מוערך כבר כיום במיליארדי דולארים. על פי חברת היעוץ ארנסט אנד יאנג, בין השנים 2004-2008 עלתה ההשקעה השנתית בחברות קליין-טק בארה"ב, סין, האיחוד האירופי וישראל, מ-\$837 מיליון ל-\$6.4 מיליארד. עליה של כ-635% בטווח של ארבע שנים בלבד. בישראל, גייסו בשנים אלו חברות קליין-טק פרטיות למעלה מ-\$166 מיליון.

### כלכלה ירוקה בישראל

בניגוד לשוק האנרגיה המסורתי, אשר מתבסס על מסחר במשאבים, יסודותיו שוק האנרגיה החדש יתבסס בעיקרו על אלמנטים לא גשמיים, בהם יש לישראל יתרון יחסי: הון אנושי, קניין רוחני, ופיתוחים טכנולוגיים. מדינת ישראל מצויה דרך קבע בחזית המחקר המדעי במגוון תחומים המתכתבים עם תחומי הקליין-טק: חקלאות, רפואה, מדעי המחשב, גנטיקה, ביוטכנולוגיה, מדעי הגרעין, טכנולוגיות מים ועוד. נציגים ישראלים מצויים בעמדות מפתח באוניברסיטאות מובילות ברחבי העולם.

למרות "תנאי פתיחה לאומיים" לא אופטימאליים (מצב בטחוני, חוסר יציבות פוליטי ומשאבי טבע מוגבלים) ישראל מובילה עולמית בתחומי ההייטק ומושכת אליה פי שתיים יותר השקעות הון-סיכון לאדם מאשר מדינות כגון יפן, קנדה או בריטניה.

על פי בנק ישראל, סקטור הטכנולוגיה העילית משך את כמות ההשקעה הגדולה ביותר במשק הישראלי, עם קצב גידול שנתי (בהשקעות) של כ-11%, בין 1997 ל-2006. שיעורי הצמיחה הגבוהים ביותר, נרשמו בתעשיות ההיי-טק (High-Tech), האחראית על למעלה מ-50% מהייצוא של ישראל.

דו"ח עדכני של ה-OECD, משבח את החקלאות הישראלית ומציין כי היא חוד החנית העולמי הן בפיתוח טכנולוגי והן בהתפתחות הייצור. על פי הדו"ח, חרף ההתמודדות עם תנאי מזג אוויר קשים, מחסור מתמשך במים ומחסור בקרקע פוריה, שיעורי הפריון והתפוקה של ישראל הם מהגבוהים בעולם (גידול של כ-60% בייצור החקלאי בין השנים 1990-2007). שיעור הגידול בייצור החקלאי עולה על אלו של מרבית מדינות ה-OECD ועומד על כ-2.2% בשנה. על פי הדו"ח, ההצלחה הרבה של ישראל בתחום אינה מסתמכת בהכרח על יתרונות טבעיים אלא על ניצול ומינוף מחקר ויכולת פיתוח טכנולוגית, במיוחד בתחומי החקלאות המדברית.

בשל הצטיינותה בחדשנות, חשיבה בינתחומית ויכולות יישום גבוהות, פוטנציאל ההצלחה של ישראל בתחום האנרגיות המתחדשות מסתמן כמבטיח. בדומה למהפכת ה-IT (Information Technologies), בה היה לישראל אימפקט עולמי בלתי פרופורציונאלי ביחס לגודלה, כניסה מוקדמת לשוק ה-ET (Environmental/ )

Energy Technology) עשויה למקם את ישראל כמובילה עולמית בתחום. בפועל, גודלה והיותה של ישראל נטולת משאבים טבעיים רבים, עשויים אף להוות יתרון:

- תשתיות האנרגיה הישראלית אינן מסועפות ומורכבות כמו אלו של מדינות אחרות (הן בהיבט של פריסה גיאוגרפית, הן בהיבט של כמות האוכלוסייה והן בהיבט של ריבוי ביצרני חשמל). כמו כן, סקטור שירותים גדול ומתוחכם, במקום תעשייה כבדה, מאפשר גמישות יחסית בפריסה של רשת חשמל חכמה (שתפורט להלן).
- כיום מייבאת ישראל את רובם המוחלט של מקורות האנרגיה העיקריים שלה (נפט, פחם וגז), ובשל כך היא בעלת אינטרס לאומי לקדם את הפרדיגמה החדשה.
- קבלת ההחלטות במערכת הפוליטית יכולה להיות זריזה יותר במקרים מסויים בהשוואה למדינות אחרות (כמו בחזון המכוניות החשמליות למשל).

השילוב בין יכולות הטכנולוגיה העילית המוכחות של ישראל, הימצאותה בחוד חנית המחקר והפיתוח העולמי, גמישותה היחסית של המערכת הקיימת, וכן היותה מובילה עולמית בתחומי האגרו-טק, הביו-טק, החקלאות המדברית וטכנולוגיות המים, הופכים את ישראל למועמדת אידיאלית לשמש כאתר ניסוי עולמי (Beta Site), עבור הטכנולוגיות המבטיחות בתחום.

מבין שלל האפשרויות להשתלבותה של ישראל בשוק הירוק נעסוק במסגרת דיון זה בשתי דוגמאות בעלות פוטנציאל בהן יש לישראל יתרון יחסי: אנרגיות מתחדשות תוך התמקדות בענף הגדל והולך של הביו-דלקים, וכן פיתוחה ופריסתה של רשת חשמל חכמה. להלן יפורטו ענפים אלו וההזדמנות הגלומה בהם, עבור מדינת ישראל.

## **אנרגיות מתחדשות**

### **א. כללי**

אנרגיה מתחדשת הינה אנרגיה המופקת ממקורות שמתחדשים באופן טבעי בטווח זמן קצר: שמש, רוח, מים, חום גיאותרמי, שמן צמחי, ביומסה, פסולת ועוד.

בעבר, עלות הפקתן של אנרגיות מתחדשות עלתה על אלו של דלקים פוסילים. חוות ייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים ממוקמות במקרים רבים באזורים נידחים. עלויות שינוע האנרגיה (כחשמל או דלקים) מצריכה השקעה כלכלית משמעותית. בנוסף, מקורות האנרגיה המתחדשת (להוציא ביו-דלקים) סובלים ממגבלת זמינות. תפוקת אנרגיה סולארית למשל, מוגבלת לשעות יום ותנאי מזג אוויר. הפקת אנרגיה מטורבינות רוח מוגבלת גם היא לתנאי מזג אוויר ועוצמת רוח, אנרגיית הידרו מוגבלת למקורות מים וכך הלאה. עם זאת, בשנים האחרונות הייצור והצריכה של אנרגיה ממקורות מתחדשים עולה בהתמדה כפועל יוצא של עליה ותנודתיות במחירי דלק, בשילוב עם הנחיות רגולטוריות ותמריצים כלכליים.

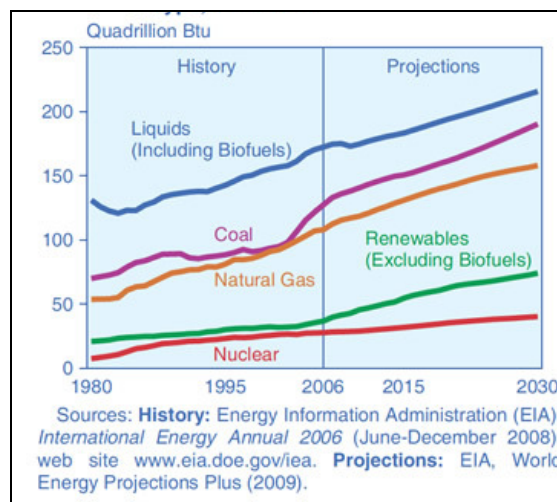


## ב. אנרגיות מתחדשות – שוק עולמי

כדי לעמוד ביעדי 2030, מעריכה סוכנות האנרגיה הבינלאומית (IEA) כי נדרשת השקעה ממוצעת של כ-\$1.1 טריליון לשנה בשוק האנרגיה. התחזיות צופות כי הצמיחה המשמעותית ביותר בתחום תרחש בסקטור האנרגיות המתחדשות.

למרות שמקורות פוסילים יהוו עדין את חלק הארי של חומרי הגלם לאנרגיה, על פי התחזית השמרנית של ה-IEA, יעלה חלקן של האנרגיות המתחדשות (ללא הידרו) בשוקי האנרגיה מ-2.5% מתוך סך כל ייצור חשמל ב-2007 לכ-8.6% מסך כל ייצור חשמל ב-2030. תחזית זו מסתמכת על ההנחה כי ממשלות העולם לא תעשנה שינויים משמעותיים נוספים במדיניות הנוכחית. במידה ותהינה התפתחויות נוספות (תסריט 450) חלקן של המתחדשות מסך כל תמהיל האנרגיה כמעט ויכפיל את עצמו ויעלה מ-19% ב-2007 ל-32% ב-2030. על פי התחזית השמרנית של ה-Energy Information Administration (EIA) חלקן של האנרגיות המתחדשות מסך כל שוק החשמל יעלה בכ-2.9% בממוצע בין השנים 2006-2030 (ראו תרשים מספר 2). בנוסף, מצביעות התחזיות על עליה משמעותית גם בחלקם של דלקים ביולוגיים, בעיקר במגזרי התחבורה והתעופה.

תרשים מספר 2: צריכת אנרגיה על פי סוג דלק, 1980-2030



בהתאם למגמת הצמיחה, עולות גם ההשקעות העולמיות באנרגיות מתחדשות. על פי הרשת למדיניות אנרגיה מתחדשת (REN21) ההשקעה הממוצעת באנרגיות מתחדשות זינקה בין השנים 2004-2008 לכ-\$120 מיליארד. בשנת 2009, למעלה מ-40% מהשקעותיו של הבנק העולמי יוחסו לפרויקטים באנרגיות מתחדשות (למעלה מ-\$3.3 מיליארד). כמו כן, בפברואר 2009, הכריז הממשל האמריקני-אמריקני על הקצאה של \$6 מיליארד ליוזמות אנרגיות מתחדשות כחלק מחבילת התמריצים למשק.

## ג. יתרונות עבור ישראל בפיתוח אנרגיות מתחדשות

מעבר גלובאלי לאנרגיות מתחדשות טומן בחובו יתרונות בטחוניים, פוליטיים וסביבתיים עבור מדינת ישראל. כניסתה של ישראל לשוק האנרגיות המתחדשות בכלל ולשוק הדלקים המתחדשים בפרט, תאפשר לה להשתחרר מן התלות בגורמים חיצוניים (ולעיתים עוינים) באספקת חומרי גלם לייצור אנרגיה. כיום, מסתמך משק האנרגיה הישראלי ברובו על נפט. חומר גלם זה, המצוי בשפע בשטחן של מדינות המפרץ הפרסי, יוצר עלומית בעולם הערבי. תלות אשר פוגעת באינטרסים הבטחוניים אשר מצוייה בסכסוך מתמשכת עם העולם הערבי. פיתוח טכנולוגיות חדשניות, אשר יסיעו לעולם כולו ולישראל בפרט, להשתחרר מן התלות בנפט, עשוי להיות בעל השלכות מרחיקות לכת בתחום המדיני וכן לאפשר לישראל להגיע לביטחון אנרגיה (energy security). מובילות ישראלית בתחומי האנרגיה המתחדשת טומנת בחובה פוטנציאל לשיפור תדמיתה של ישראל בדעת הקהל העולמית. מיתוגה של ישראל כ"מובילה בירוק"; מובילה בינלאומית בטכנולוגיות המסייעות למלחמה במשבר האקלים, במיגור התלות בנפט ומוצריה ובסלילת הדרך אל עבר עתיד בר-קיימא, עשויות לעורר אהדה רבה ופרסום חיובי. זאת בצד שיוך למדינות המתקדמות והנאורות בעולם. יתרה מזאת, כניסתה של ישראל לתחום האנרגיות המתחדשות יהווה עבורה קרש קפיצה כלכלי אל המאה העשרים ואחת. בדומה למהפכת ה-IT אשר מינפה את כלכלתה של ישראל בשנות התשעים ותחילת האלף, מהפכת ה-ET יכולה לעודד פיתוח ומחקר חדשניים, טכנולוגיות מתקדמות ולמנף את כלכלתה של ישראל בעתיד הנראה לעין.

## ביו-דלקים (Biofuels)

### א. ביו-דלקים - כללי

ביו-דלקים הינם דלקים המופקים ממקורות אורגניים ומהווים תחליפי דלקים פוסילים. בעוד שניתן לעשות בהם שימוש גם להפקת חשמל, במדינות מפותחות צפויים דלקים אלו להוות בעיקר תחליפי בנזין וסולר למגזר התחבורה. כיום מיוצרים בעולם שני סוגי ביו-דלקים עיקריים: אתנול וביו דיזל. אתנול מופק בתהליך התססה של תבואות, דגנים גידולי סוכר וסוגי עמילנים אחרים. באתנול ניתן להשתמש בתמהיל עם דלקים פוסילים (בנזין או דלק מנוע טהור) או כתוסף דלק (לאחר תהליך טרנספורמציה). ברזיל וארה"ב אחראיות כיום על כ-90% מייצור האתנול העולמי. בעוד שתעשייה זו צעירה יחסית בארה"ב ומתבססת בעיקר על תירס כמקור פחמימי, בברזיל פורח שוק האתנול כבר עשרות שנים כפועל יוצא של חקיקה ממשלתית.

ביו דיזל מופק בתהליך אסטרופיקציה, מהפרקציה השומנית של הצמח (שמן צמחי). בביו דיזל ניתן להשתמש גם כן כתמהיל יחד עם דיזל קונבנציונאלי או כביו דיזל טהור. האיחוד האירופי אחראי על כשני שלישי לערך מייצור הביודיזל העולמי, כשגרמניה מובילה בהפרש ניכר אך גם צרפת איטליה וספרד מן הייצרניות הראשיות בעולם. בתעשייה מקובל לחלק את טכנולוגיות הייצור לדורות. דור ראשון כולל את הטכנולוגיות המפיקות דלקים ביולוגיים משמן צמחי או סוכר/עמילן. דור שני (עדיין ניסויי ברובו) כולל את הדלקים המופקים מגידולים בלתי אכילים או בלתי אכילים חלקית של הצמח (זרעים שונים), נוזל שחור (Black Liquor) ועוד. דור שלישי כולל

את הטכנולוגיות אשר עושות שימוש בכל חלקיו של הצמח (מקורות צלולוזים) כגון עשבים, עצים וחומרי פסולת שונים הניתנים להפיכה לאלכוהול. עם זאת, תהליך העיבוד של חומרים אלו מורכב בהרבה מעיבודם של סוכרים ועמילנים ודרוש עוד מחקר ופיתוח ענף בתחום. מדינות שונות וביניהן שוודיה עושות שימוש בגז ביולוגי (Biogas) אשר מופק מעיכול אנאירובי של פסולת מזון וגידולים ייעודיים. בנוסף, ניתן ללכוד את המתאן הנפלט ממטמנות אשפה ולהשתמש בו להנעת רכבים או לייצור חשמל.

## **ב. ביו-דלקים – יתרונות**

בדומה לשאר מקורות האנרגיה המתחדשים, שימוש מוגבר בביו-דלקים כתחליף דלקים פוסילים, צפוי לצמצם פליטות של גזי החממה. ביו-דלקים צורכים אומנם כמות רבה יותר של משאבים (מים, קרקע) ביחס לסוגי אנרגיות מתחדשות אחרות, רוח או הידרו, אך הם מחזיקים במספר תכונות ייחודיות בהשוואה למקורות אחרים, אשר הופכות אותם לחיוניים בתמהיל האנרגיות המתחדשות הכולל.

כאמור, אחת הבעיות המרכזיות בהסתמכות על מקורות אנרגיה מתחדשים היא התנודתיות הבלתי נשלטת בזמינותם בשל היותן תלויות בגורמים טבעיים: שמש, רוח, גלים וכדומה. בכדי לאזן בין הצריכה ובין היצע האנרגיה הזמינה לשימוש בכל עת, יש צורך במערכת אגירה (בטריות). לא קיימת כיום הטכנולוגיה אשר מאפשרת אגירת כמות משמעותית של אנרגיה חשמל. בנוסף השפעותיה הסביבתיות של תעשיית הבטריות (המחצבים הנדרשים לייצורם ואפיין הבלתי מתכלה) עוד לא ברורה לחלוטין. ביו-דלקים, לעומת זאת, ניתן לייצר על פי דרישה.

יציבותם הכימית של ביו-דלקים מאפשרת להם לאצור כמויות גדולות של אנרגיה, בדומה לדלקים קונבנציונאליים: נפט, פחם וגז. בין אם על ידי חקלאות ייעודית, או על ידי הפקת כמויות משתנות כתלות בביקוש, ביו-דלקים מאפשרים שליטה בכל שלבי הייצור, ומכאן נותנים את המענה המיטבי לנושאי בטחון אנרגיה.

בשל היותם תחליפים ירוקים לנפט, צריכתם של ביו-דלקים במגזר התחבורה, תהיה בעלת השפעה ישירה על הדרישה לנפט, וכפועל יוצא מכך גם על מחירו. חרף העובדה שנפט צפוי להמשיך ולהיות חלק משמעותי מסך כל צריכת האנרגיה העתידית, לעליה בחלקם של הדלקים הביולוגיים צפויה להיות השפעה קרדינאלית על הגיאו-פוליטיקה של המסחר בנפט ועל תנודתיות מחירו בשווקים. בנוסף, ביו-דלקים מציעים הזדמנות נדירה לייצר אנרגיה במסגרת מודל כלכלי המושתת על הכנסות ממקורות רבים. ניתן לנצל את החלקים בצמח אשר אינם נחוצים למטרות ייצור דלק, כחומרי גלם לתעשיית המזון, הקוסמטיקה או הפרמצוטיקה. שילוב זה יאפשר עמידות נוספת בפני התנודות האפשריות במחירי האנרגיה.

בניגוד למקורות אנרגיה חלופית אחרים, ביו-דלקים ניתן לנצל במסגרת תשתית התחבורה הקיימת. בעוד שמעבר למכונות חשמליות ידרוש החלפה של צי הרכב, הקמתן של תחנות כוח חדשות, פריסתן של תחנות טעינה ופיתוחן של טכנולוגיות אגירה (בטריות), ביו-דלקים ניתן לשלב במערכת הקיימת באופן מיידי. כיום, ברחבי העולם מונעים כלי תחבורה רבים בעלי מנוע בעירה סטנדרטי, על תמהילים של בנזין ואתנול או דיזל

וביו דיזל, בריכוזים משתנים (בדרך כלל 5%-20%) וזאת ללא צורך בשינוי מבני במנוע. הארגון הבינלאומי לתעופה אזרחית (IATA) תולה גם הוא את עתידו של ענף התעופה במעבר לשימוש בדלק סילון ביולוגי. חשוב לציין כי הניסיון העולמי עם דלקים ביולוגים מדור ראשון, העלה מספר חששות מהותיות באשר להשפעה הסביבתית-חברתית הכרוכה בייצור ושימוש מאסיבי בביו-דלקים.

### **ג. ביו-דלקים – בעייתיות**

אחת הבעיות החמורות שעלו כתוצאה מהרחבת היצור של ביו-דלקים מדור ראשון הינה השפעתם הישירה על שווקי המזון העולמיים. הפקתם מתוצרת חקלאית כגון תירס, קני סוכר וסויה מעלה את הביקוש לתוצרת זו, שקודם לכן הייתה מכוונת למטרות מזון בלבד. הביקוש שעלה גרר עליה משמעותית במחירים. ייצור האתנול מתירס הוביל לעליה דרסטית במחירי הטורטיה במקסיקו (מכ-\$2.5 לכ-\$8 לערך). במקביל לעליית מחירי המוצרים, יורדת גם זמינותם בשווקי המזון, ההאכלה והיצוא, אשר גוררת בתורה עליה במוצרי בקר, גבינות ביצים וכיוצא בזאת. לייצור מוגבר של ביו-דלקים השפעה עקיפה גם על ענף החקלאות כולו, עם דרישה מוגברת לאדמה פורייה, מים מתוקים, מכשור חקלאי וכימיקלים. תחרות בין גידולי דלק לגידולי מזון מעלה אפוא סוגיה אתית קשה. ארגון המזון והחקלאות של האומות המאוחדות (FAO) מדווח על 1.02 מיליארד "אנשים רעבים" ברחבי העולם, נכון לשנת 2009. כיוון שכמות התבואה הנדרשת להנעת רכב עולה בהרבה על זו הנדרשת להאכלת בני אדם, נוצר מצב בלתי אפשרי בו במדינות מפותחות מונעים רכבים על בסיס תבואות שאילולא כן, היו יכולות לשמש מקורות מזון חיוניים לבני אדם במקומות אחרים. הדרישה המוגברת לקרקע פורייה הובילה להסבת שטחי יערות נרחבים לקרקע חקלאית (בעיקר באינדונזיה וברזיל) בכדי לפנות מקום לגידולי 'דלק'. פגיעה זו בריאות הירוקות של כדור הארץ, בצד תשומות אנרגיה גבוהות, המאפיינות את החקלאות המודרנית, מעלה תהייה בנוגע להשפעה הסביבתית של ייצור דלקים אלו והשפעתם המלאה על משבר האקלים. יתר על כן, לכריתת יערות נודעות השפעות סביבתית מרחיקות לכת והרות אסון על מגוון ביולוגי ובלתי קרקע חשוב לציין כי הלקח המר נלמד, ובזריזות. הדלקים הביולוגיים מדור שני ושלישי (אצות, שאריות חקלאיות, אשפה ועוד), צפויים לא רק להפחית משמעותית (עד 80%) את פליטות גזי החממה, אלא גם מיוצרים ממקורות שאינם מזון, תוך שימת לב מקסימאלית למגבלות משאבים: מים מתוקים, קרקע פורייה וכיוצא בזאת.

### **ד. שוק הביו-דלקים העתידי – צפי**

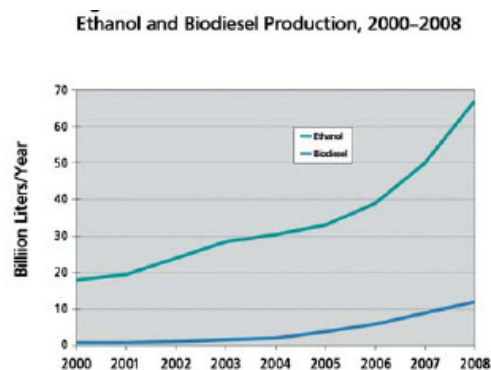
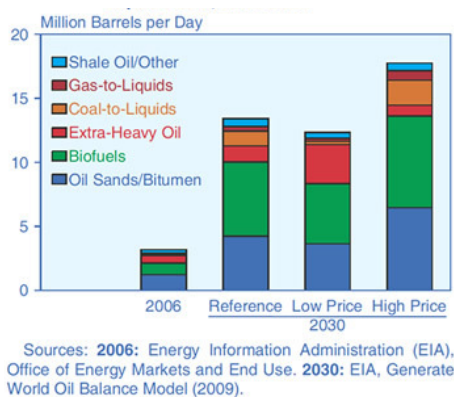
חרף ירידה משמעותית בעלויות הייצור של ביו דיזל ואתנול במדינות מפותחות, בעשר השנים האחרונות, ייצורם של דלקים אלו עדיין יקר משמעותית מעלויות הייצור של בנזין או סולר (פי 3 בקירוב). במטרה לעודד חדשנות, מענה טכנולוגי וצמיחה של חברות בתחום, הגדירו מדינות רבות ברחבי העולם נתח שוק מינימאלי שיוקצה לדלקים ביולוגיים בלבד. על פי REN21, בשנת 2008 היו למעלה מ-50 מדינות (Countries/States) אשר חוקקו מכסות מינימאליות לשימוש בביו-דלקים. האיחוד האירופי הכריז על יעד של שימוש בכ-10% מקורות אנרגיה מתחדשת בתחבורה

עד לשנת 2020, כשבינו-דלקים צפויים להיות החלק הארי במכסה זו. יפן קבעה יעד של כ-500 מיליון ליטר עד 2012, וארה"ב הכריזה על יעד של 130 מיליארד ליטר מבינו-דלקים עד לשנת 2022. מדינות נוספות ובהן ברזיל, הודו וקוריאה הכריזו גם הן על יעדים מינימאליים של ביו-דלקים. הדירקטיבות החדשות מכילות התייחסות ספציפית לתנאים המגבילים של הדלקים הביולוגיים ומקורותיהם, במטרה למנוע הישנותן של הבעיות אשר עלו מדור הדלקים הראשון.

מטרת חקיקת המכסות המינימאליות היא צמצום התחרות בפניה יעמדו טכנולוגיות ומיזמים חדשים באמצעות יצירת 'בועה' כלכלית. בעוד שהבועה הרגולטורית תשמור על כדאיותן הכלכלית של הביו-דלקים אל מול דלקים פוסילים (אשר צפויים להמשיך ולהיות זולים יותר), היא תאפשר תחרות בתוך שוק הביו-דלקים עצמו. ביו-דלקים יתחרו האחד בשני. ואכן, תגובת הסקטור העסקי לרגולציה לא איחרה לבוא. חברות האנרגיה הגדולות בעולם, אקסון-מוביל, שברון, BP ואחרות הכריזו זה מכבר על השקעות עתק במחקר ופיתוח להפקת ביו-דלקים ממגוון מקורות שאינם מזון כגון אצות ים, מיקרו אלג'י וצלולוז.

על פי REN21 בשנת 2008 הושקעו ברחבי העולם כ-\$15.3 מיליארד בביו-דלקים. על פי IEA יצור עולמי של ביו-דלקים צפוי לצמוח בכ-5.9-5 מיליון חביות ליום בין השנים 2006-2030, בקצב גידול שנתי ממוצע של כ-8.6%. בהמשך יעלה נתח השוק של הביו-דלקים בתחבורה לכ-26% עד 2050. על פי התחזית השמרנית. המדינות שיובילו את הגידול בייצור יהיו על פי ההערכות ארה"ב וברזיל, עם 1.5 מיליון חביות ו-0.7 מיליון חביות ליום, בהתאמה. בסין, צפויה עליה בייצור של כ-440 אלף חביות ליום, ו-457 אלף חביות ליום בדרום אמריקה (להוציא ברזיל).

### תרשים מספר 3 - יצור עולמי של דלקים ממקורות לא קונבנציונאליים



### ז. יתרונותיה היחסיים של ישראל בתחום הביו-דלקים

הצמיחה הזרמטית בדרישה לביו-דלקים, מגבלות המשאבים והדירקטיבות השונות, מעלים צורך ממשי בהתפתחות והתייעלות טכנולוגית בתחום.

ישראל נעדרת המשאבים הטבעיים (קרקע או מים) בכדי להפוך למעצמת ייצור של ביו-דלקים. אולם, יש לה יתרון יחסי בתחומי המחקר, הפיתוח והטכנולוגיה הרלוונטיים. משחר הקמתה מצויה ישראל בחוד החנית של

עולם המחקר, הפיתוח המדעי בכלל והפיתוח הטכנולוגי והחקלאי בפרט. רבים מהחוקרים המובילים בעולם בתחומי הביולוגיה, הביוטכנולוגיה, הכימיה והגנטיקה הינם ישראלים. צבר זה של מומחים בעלי שם עולמי מהווה נקודת פתיחה אידיאלית להמשך התפתחות בתחום.

התמחויותיה הספציפיות של ישראל ומובילותה העולמית בחקלאות מדברית, מהווים יתרון אסטרטגי בעל חשיבות עליונה, שכן התמחויות אלו עונות על הדרישות המגבילות הקשות ביותר של החקיקה העולמית בתחום (שימוש מינימאלי במים מתוקים וקרקע פוריה). המומחיות הרב תחומית של ישראל בשוק האנרגיה והימצאותה של מסה קריטית של אנשים העוסקים בו, תאפשר קצב התפתחות מהיר בתחום, ביחס למקומות אחרים בעולם. בדומה לכל שוק צעיר ומתפתח, ההצלחה שמורה בדרך כלל למעזים הראשונים, ויתרון התחלתי משמעותי כפי שיש לישראל עשוי להיות בעל השפעה מכרעת על הצלחה או כשלון. חשוב לזכור שללא הכוונה רגולטורית, התלות במחירי דלק תהיה הדוקה. מכאן עולה צורך חיוני להתבסס על מודל כלכלי המאפשר מקורות רווח רבים ואופציונאליים.

### **רשת חשמל חכמה / סמארט גריד (Smart Grid)**

אם ניתן להמשיל את החברה האנושית כולה לגוף האדם, אזי שצריכת המשאבים והאנרגיה היא תנאי לקיומו של גוף זה. מקורות אנרגיה מסורתיים ומתכלים, כמו גם חלופיים ומתחדשים, הם המזון של הגוף, ואף שהחלפתם של הראשונים באחרונים עתידה לשפר את מצבו הבר-קיימא של הגוף בכללותו, ברור כי גם אלו וגם אלו תלויים ביכולתו של הגוף, על שלל מערכתיו, לקלוט, לנהל, ולצרוך בחוכמה וביעילות את מזונו. כ-40% מסך האנרגיה הנצרכת על-ידי החברה האנושית במדינות מפותחות נמסרת לצרכני הקצה על גבי רשת החשמל. נפט וגז, כמו גם אנרגיה סולארית ורוח, מומרים לאלקטרונים אשר נעים על גבי רשת זו. כל ניסיון לחולל רפורמה בתחום האנרגיה חייב להתחיל כאן – בעמוד השדרה ובמערכת העורקים והורידים של שוק האנרגיה.

#### **א. כללי**

בכדי להפוך את ישראל למובילה עולמית בכלכלה הירוקה יש לעודד פיתוח של רשת חשמל חכמה, שתהפוך לעמוד השדרה של הכלכלה הירוקה הלאומית ולקטר צמיחה כלכלי-טכנולוגי. רשת החשמל החדשה תהיה מבוססת על תשתית חכמה שתשלב חדשנות בתחומי המחשוב והטלקומוניקציה, ותאפשר תקשורת דו-סיטרית בין יצרני אנרגיה לצרכני אנרגיה בכל שלבי הייצור: ייצור, שינוע, חלוקה, ושימוש. מחיר השימוש בחשמל (התעריף הביתי) יהיה שקוף הן לצרכן והן לרשות. הביקוש הפרטני, שעד היום היה בגדר "נעלם" במשוואת האנרגיה, יהפוך אפוא למרכיב חיוני בתהליכי הייצור וההקצאה. ניהול האנרגיה יהיה כפוף לביקוש ותמחור בזמן אמת, ויביא לאופטימיזציה באספקת החשמל לרשת, לחיסכון בפליטות גזי חממה, וליצירת רווחים ממגוון מקורות.

בצד הגידול בביקוש והצורך במציאת מקורות אנרגיה חלופיים ומתחדשים, עולות הבעיות הטמונות ברשת החשמל עצמה. בדומה ליתר רשתות השירותים הציבוריים הסובלות מחוסר יעילות אינהרנטי, כגון תשתית התחבורה או תשתית המים, כך גם רשת החשמל מיושנת ומנוהלת באופן לקוי ומסורבל. התייעלות של 5% בלבד לדוגמא, במנגנוני הניהול והבקרה של רשת החשמל אמריקני-האמריקני-אמריקני. בעלת פוטנציאל חיסכון בפליטת גזי חממה השווה להורדה של 53 מיליון רכבים פרטיים מן הכביש. חוסר היעילות נעוץ בעובדה שהתשתית מיושנת ובלתי מתוחכמת. ברם, במהלך השנים האחרונות ולאור הצורך המובהק בהתייעלות אנרגטית וצמצום צריכת משאבים מתכלים – החברה האנושית נעה לכיוון יצירת תשתית חכמה יותר.

לאחרונה, עם הצורך לצלוח את המשבר הכלכלי העולמי, קצב ההתפתחויות הטכנולוגיות הואץ. מדינות רבות הקדישו סכומי עתק מתוך תוכניות התמריצים הלאומיות שלהם לטובת פרויקטי תשתית. חבילת התמריצים הממשלתית בארה"ב נאמדת בכ-40 מיליארד דולר, הגבוהה ביותר בהיסטוריה אמריקני-האמריקני-אמריקני שהופנתה לשוק האנרגיה, ומתוכה כ-50% מיועד לשיפור רשת החשמל. לא פחות מ-400 מיליון דולר מתוך חבילת התמריצים הייעודית יוקדשו לטובת מחקר ופיתוח של דור העתיד של רשת החשמל. תאגידי הענק ג'נרל אלקטריק, IBM, מיקרוסופט ו-Google, הם רק חלק מחברות העל שמשקיעות תקציבי עתק בתחום.

מאיץ נוסף לתהליך היא ההתפתחות הטכנולוגית. עד היום, תשתית המחשבים ורשת האינטרנט שימשה בעיקר לשיפור ההתקשרות האנושית: פרט לפרט או, עסק לעסק. היום, העולם מבקש לשפר את התקשורת האלחוטית בין "חפצים": עצמים ניידים וניידים, מוצרי צריכה, טכנולוגיות. תודות לחוק מור (Moore's Law) לפיו קצב אגירת הנתונים על יחידת שטח נתונה מכפיל את עצמו מידי שנה וחצי בקירוב, חיישנים, מיקרו-מעבדים, שבבי מחשב ורכיבי תמסורת רדיו, הוטמעו במכשירים חשמליים רבים מספור. כיום, לפחות שני שלישים מכל מוצרי הצריכה החדשים כוללים רכיבים אלקטרוניים, שיכולים לשמש גם לתקשורת. עד 2017 צפויים להיות בשוק העולמי ובבתי אב למעלה משבעה טריליון מכשירים ועצמים המחוברים ביניהם ומסוגלים לתקשר – למעלה מ-1,000 מכשירים לאדם. בנוסף, תשתית טכנולוגיות המידע תהיה בשלה על מנת לעבד את כמות הנתונים האדירה, שתצטבר בחיישניים ולפיכך, ניתוח מגמות בזמן אמת וחיזוי דפוסי שימוש באנרגיה יהיו זמינות. 2010 צפויה להיות אפוא שנת הפריצה הגדולה של רשתות החשמל החכמות, ברחבי העולם.

## **ב. יתרונות הרשת**

במהותה, רשת חשמל חכמה מאפשרת הזרמת אינפורמציה ונתונים, בזמן אמת, לבעלי העניין הנכונים. מכאן שרשת חשמל חכמה מתכתבת במהותה טכנולוגית עם ענפי טכנולוגיית המידע ( ICT: Information and Communication Technologies). ישראל, מהמובילות העולמיות בתחומי הטכנולוגיה העילית, צריכה לנצל את שעת הכושר להשתלב, בעידוד ממשלתי, בענף תעשייה זה.

רשת החשמל החכמה של המאה ה-21 תאפשר דור חדש של שירותיות. זמינות, אמינות ויעילות יועצמו משמעותיות, ויעצימו בתורן את אפשרויות הבחירה של צרכני הקצה; בתי האב. תעריף החשמל – עכשיו פונקציה של ביקושי זמן אמת – יהיה אדפטיבי ויצמצם למינימום את שולי הבזבוז הלאומי של חשמל והמשאבים שדרושים להפקתו. בנוסף, תחנות כוח סולאריות יקלו על ייצור החשמל ביום ומקורות נוספים כגון

רוח, הידרו, גיאותרמי, ביומאסה או אנרגיית גלים (אשר מתקשות לשמור על ייצור הספק חשמלי בקבוע) יוכלו לקחת חלק בעוגת ייצור החשמל הלאומית, ולהביא בתורן לחסכון צפוי של כ-25% בייצור "חשמל מלוכלך" (ייצור עם חתימת גזי-חממה גבוהה, לדוגמא פחם).

דגש על התייעלות על פני בניית יכולת ייצור חדשה, תאפשר חסכון משוער של כ-40% בצריכה ותסייע במתן מענה לגידול בביקושים לאנרגיה. בנוסף, ייצור נקי יותר, עם רזרבות חשמל נמוכות יותר, יביא גם לחיסכון במים מצד אחד ויאפשר תפיסה ואגירה של פחמן מצד שני (Caron Capture & Storage). ניטור ומדידה מדויקת ואמיתית של מכסות פחמן תאפשר מסחר עם שולי רווח גדולים יותר בבורסות הפחמן העולמיות, לכשאלו יוקמו. לבסוף, רשת החשמל החכמה תאפשר אינטגרציה אופטימאלית של תשתית נקייה נוספת, שתוכל להיבנות בקנה מידה עולמי ובישראל בפרט – והיא תשתית לרכבים חשמליים (EV's: Electric Vehicles).

### ג. ההזדמנות הכלכלית

ב-2005, סך ההשקעות בטכנולוגיות ניהול, בקרה והתייעלות אנרגטית תפסו את המקום הראשון בהשקעה (כ-450 מיליארד אירו). מבין סך ההשקעות בטכנולוגיות הסביבתיות העולמיות (כולל טכנולוגיות מים, ומקורות אנרגיה חלופיים). צפי הגידול השנתי הממוצע בשוק זה עד לשנת 2020 מוערך בכ-5% לשנה. מקינזי, חברת ייעוץ בינלאומית, העריכה כי רשת חשמל חכמה לבדה, בפריסה כלל-ארצית, תוכל להוריד את צריכת האנרגיה אמריקנית ב-23%. משמעות החיסכון במונחים כלכליים הוא 1.2 טריליון דולר, עד 2020, והיווצרותו של שוק כלכלי ענק, בארה"ב בלבד. ההשקעה הראשונית ברשת, לפי מקינזי, צריכה להאמיר לכ-520 מיליארד דולר. המשמעות היא יצירתן של אלפי משרות, פיתוח טכנולוגי מואץ והזדמנות כלכלית גדולה לסגנויות הראשונות בשווקים אלו.

הן במחקר ופיתוח והן בפריסה והשקעות הון, השוק אמריקני-האמריקני מוביל לפי שעה את המהפכה הרשתית. השוק אמריקני-האמריקני הנוכחי מוערך בכ-40 מיליארד דולר כאשר כ-30% מסכום זה מושקעים בתשתית מדידה מתקדמת (AMI: Advanced Metering Infrastructure).

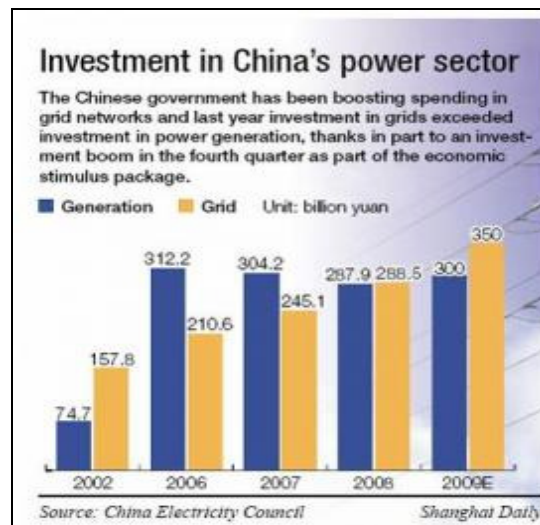
מרכיבי הרשת החכמה חוצים גבולות בין תעשיות שונות, ומלבד תשתית המדידה החכמה, קיימים כבר מוצרי מדף בתחומי האוטומטיזציה של חלוקת החשמל (DA: smart grid-networked Distribution Automation). 34 מדינות בארה"ב החלו ביישום פתרונות רשת חכמה שונים, ולפי התחזית, רשת בשלה תוכל לתמוך בחיבורן של לא פחות מ-251 מיליון רכבים פרטיים ומשאיות מבוססי מנוע חשמלי. במסגרת קרנות ממשלתיות שנועדו לתמרץ את התפתחות השוק, למעלה מ-431 יישומים טכנולוגיים שונים, המייצגים פרויקטים בעלות מצטברת של 24.6 מיליארד דולר, הוגשו בבקשה לזכות במענקים ממשלתיים.

אם באופן מסורתי, העילית של טכנולוגיות המידע היו מוגבלות למדינות מפותחות, בראשות ארה"ב והאיחוד האירופי, אזי שבגלגולן המודרני של טכנולוגיות המידע – כטכנולוגיות סביבתיות וטכנולוגיות אנרגיה (ET: Environmental/ Energy Technology) – אלו מופיעות ומפותחות גם במדינות מתפתחות, ובראשן סין.



סין, עם השקעות ענק בתשתיות (ראו תרשים מספר 4), הכריזה על שיתוף פעולה עם ענקית הטכנולוגיה ג'נרל אלקטריק, בהקמת אתר ניסוי לרשת חשמל חכמה. כ-4 מיליון צרכנים, במהלך ארבע השנים הקרובות, ייהנו מהניסוי העולמי המקיף, הראשון, והגדול בתחומי ניהול, בקרת ואספקת החשמל. כמדינה מתפתחת, סין נמצאת בשלבי הבנייה והנחת תשתית ראשונית של רשת חשמל במקומות רבים. סין נהנית לפיכך מיתרון הפריסה של תשתית חדשה לחלוטין (תחת החלפה של תשתית קיימת), וצפויה להשקיע כ-100 מיליארד דולר בפרויקטי רשת חכמה.

תרשים מספר 4: השקעות בתחומי האנרגיה בסין



כמו כן, ענקית טכנולוגיות המידע סיסקו (Cisco) בשיתוף פעולה עם ממשלת דרום-קוריאה, צפויה להשיק את העיר החכמה אינצ'און, שתכלול רשתות חשמל, מים, תחבורה, ושירותי ציבור חכמות. השווקים הפיננסים מוסיפים להלהיט את הקדרה עם התעניינות מוגברת בטכנולוגיות אלו והשקתה לאחרונה (17/11/2009) של קרן First Trust NASDAQ Clean Edge Smart Grid Infrastructure Index Fund, שמשקיעה בחברות בתחום הפיתוח והפריסה של רשתות חשמל חכמות.

#### ד. הזווית הישראלית

"עד שנת 2020, ממשלת ישראל מתכוונת לעשות את מירב המאמצים להפחית את פליטת הפחמן הדו חמצני ב-20 אחוזים בהשוואה לתרחיש של עסקים כרגיל", כך הצהיר נשיא המדינה, שמעון פרס, בועידת האקלים בקופנהגן ב-17 לדצמבר 2009. השר להגנת הסביבה, גלעד ארדן, הצהיר על כוונות דומות, להפחתה במכסות הפליטה של גזי חממה, בכנס "Israel – A Minute Before Copenhagen" במרכז הבינתחומי, ב-23 לדצמבר 2009.

למדינת ישראל אינטרס מיוחד בקידום ההשקעה הממשלתית בתשתית רשת חשמל חכמה. היבטים אחדים, ביניהם הנמכת פליטת מכסות הפחמן; פריסה של המכונית החשמלית; הסרת התלות בנפט ערבי, הינם בעלי משמעות אסטרטגית-לאומית מוכחת. היבטים אחרים, כגון מובילות ומנהיגות טכנולוגית ויזמית ישראלית, בעוגה

בינלאומית הולכת וגדלה, ולפיכך, מיתוגה של ישראל כמובילה בירוק, צריכים להיות בעלי משמעות אסטרטגית זהה.

כאמור לעיל, הרשת תסייע לבטח בצמצום פליטת גזי החממה. בנוסף, היא מהווה פלטפורמה אידיאלית ואולי אף חיונית לאינטגרציה עם חזון המכונית החשמלית. בהיעדר רשת חשמל חכמה, המסוגלת לווסת עצמאית את אספקת האנרגיה לפי כמות רכבים חשמליים, תיתכן מציאות בה עשרות אלפי רכבים חשמליים יוטענו במקביל בשעות צריכת שיא של חשמל. רכב חשמלי יחיד שעובר הטענה צורך כמות חשמל השווה להפעלת שני מזגנים. במציאות שכזו, בה ציבור של מאות אלפים שב לביתו באותה שעה ומטעין את רכבו החשמלי במקביל לשכניו ובמקביל לצריכת חשמל ביתית (מיזוג, מכשירים אלקטרוניים, דודי שמש וכו'), צריכת חשמל לבית אב עשויה להכפיל את עצמה, ליצור עומסים בגבהים אסטרטגיים ולגרום להאפלות עירוניות במימדים שטרם נצפו בישראל.

רשת חשמל חכמה תחייב הון כלכלי והון אנושי. בעוד הראשון באחריות ובתמיכה ממשלתית, ומתבצע דה-פקטו בתחומי התשתיות בהיקפים של מיליארדי שקלים בשנה, השני מצוי בשפע. סקטור הייטק משגשג, בצד ביקוש יציב ללימודים גבוהים בתחומי ההנדסה יבטיח הון אנושי זמין למפעל הלאומי החדש.

מפעל לאומי זה ישרת את כלכלת ישראל במספר אופנים. ראשית, בשל גודלה של ישראל, והריכוזיות במשק החשמל (חברת חשמל אחת), פריסה לאומית של הרשת תהיה פשוטה ומהירה יחסית למדינות אחרות בעולם. אתר הניסוי הישראלי לרשת יוכל לקום במהרה. שנית, מחקר, פיתוח והשמה בינתחומית, בתחומי המדעים המדויקים, ההנדסה והתקשורת, מתקיימים בישראל בין כה וכה. רשת חכמה היא הקרן עליה תחומים אלו יוכלו להיפגש. שלישית, הצלחה ברמה הלאומית תהווה קרש קפיצה, ברמת הניסיון, המומחיות, הידע והקניין הרוחני, לשוקי העולם. ראשוניות וחלוציות, תוך כדי השמה בקנה מידה לאומי יהפכו את ישראל לאבן שואבת בתחום. לבסוף, הפלטפורמה שמציעה הרשת הן לממשק עם מקורות לייצור אנרגיה חלופית והן לממשק עם צי מכוניות חשמליות, תסייע לבחינת האינטגרציה בקנה מידה גדול, ולמקורות רווח נוספים סביב תעשיית האינטגרציה עצמה. מדובר אפוא בריבוי מקורות רווח; התייעלות וחסכון לאומיים, ייצוא הטכנולוגיה, יכולות אינטגרציה מוכחות, ולבסוף, חסכון עולמי בחומרי גלם, בטחון אנרגיה וצמצום הזיהום הסביבתי.

מחד גיסא, השקעה ממשלתית בתשתיות שונות המתכתבות באופן ישיר עם תשתית חשמל מתוחכמת יותר (כפי שהובא בפרק הכללי לעיל), נעשות בין כה וכה. במהלך שנת 2008 ו-2009 השקיעה המדינה 350 מיליון ש"ח בענפי ההייטק, באמצעות משרד התשתיות והמדען הראשי, 250 מיליון ש"ח בקרנות לתחום הביו-טק, 200 מיליון ש"ח בפרויקטי תשתית בתחום איכות הסביבה, למעלה מ-2 מיליארד ש"ח בפרויקטי התפלה ומים, ולמעלה מ-2.5 מיליארד ש"ח בתשתיות תחבורה וכבישים.

מאידך גיסא, ולרוע הגזירה, המשק הישראלי טרם הכיר ביתרונותיה של רשת החשמל החכמה, והרפורמות האחרונות במשק האנרגיה הישראלי מבטיחות לא רק להגדיל את הייצור, אלא לסרב ולסבך את מנגנוני ניהול ובקרת הייצור עם עלייתה של מגמת ייצור החשמל הפרטי ברמת משקי הבית.

## סיכום

מחברי מסמך זה רואים הזדמנות פז לממשלת ישראל לאמץ את חזון הכלכלה הירוקה אל רוח ליבה. מסמך זה מתמקד אמנם בשתי דוגמאות מרכזיות בלבד: ביו-דלקים ורשת חשמל חכמה, אולם קיימות רבות אחרות שכן החשיבה הירוקה תופסת מקום מרכזי יותר ויותר בכל תחומי החיים. השוק הירוק הינו רחב מימדים ועודנו בחיתוליו, אך הדרישות להצלחה בו ברורות זה מכבר. מחשבה מקורית, חדשנות, יזמות, יכולות מחקר פיתוח והוצאה אל הפועל בזמן קצר- תחומים בהם ישראל ידועה כל-כך. מעבר לכך, כפי שביקשנו להראות במסמך זה, לישראל יתרון התחלתי משמעותי על פני מדינות אחרות בעולם הן מבחינת הון אנושי והן מבחינת צברי תעשיות תומכות קיימות.

במימד הלאומי, יכולה דריסת רגל בשוק הירוק למנף את המשק הישראלי בצורה בלתי רגילה, ולענות באותה נשימה על מספר מיעדי-העל ויעדי-המשנה, כפי שהם מנוסחים בעיקרי התקציב לשנת 2009: הגברת ההשקעות בהון אנושי ופיזי, חיזוק הפריפריה (באמצעות יצירת מקומות עבודה סביב תחנות כוח לאורך קו החוף של ישראל, ומפרץ אילת), הגדלת שיעור התעסוקה, שיעור הפריון, שיפור השירותים לאזרח ושיפור ויעול מערך הרגולציה. במימד הבינלאומי, כלכלה ירוקה ישראלית, תוסיף למדינה צביר טכנולוגי בעל חשיבות זהה (אם לא רבה יותר) מצביר תעשיית הטכנולוגיה העילית. הנתונים המוצגים מדברים בעד עצמם.

לסיכום חשוב לזכור כי במרוץ העולמי לעצירת ההתחממות הגלובאלית, צמצום צריכת המשאבים המתכלים ומעבר לכלכלה בת-קיימא ירוקה, ישראל איננה לבדה. המרוץ העסקי-כלכלי החל זה מכבר. לישראל המשאב הטבעי היקר ביותר – הון אנושי – אולם זה צריך להיות מגויס על ידי, ובתמיכת, הממשלה ולאחר. זאת על מנת להצמיד את המדינה, בבטחה, בשגשוג וברווחה אישית וסביבתית אל תוך העשור השני של המאה ה-21.