

# מקומה של ישראל בשוק הביו-אתנול העולמי

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה של מוסד נאמן,

הטכניון

מיום 25 בפברואר, 2008

נערך ע"י:

ד"ר אופירה אילון

טל גולדרט

אפרת אלימלך

יולי 2008

**רשימת משתתפי הפורום:**

יו"ר הפורום: ד"ר אופירה אילון - מוסד שמואל נאמן

אפרת אלימלך - מוסד שמואל נאמן

ד"ר אברהם ארביב - משרד התשתיות

טל גולדרט – מוסד שמואל נאמן

ד"ר דורון גל - bio fuels International, Musea Ventures

פרופ' גרשון גרוסמן - טכניון

נמרוד ויזנסקי - יועץ שר החקלאות

ד"ר ליאוניד טרטקובסקי – טכניון

ערן יעקב - רשות המיסים

ד"ר גיל כ"ץ - KTE

ד"ר מרים לב און - קבוצת לבאון

ד"ר פרי לב און - קבוצת לבאון

יונתן ספנסר - טרה ורדה חקלאות

ד"ר שמעון סרוסי - אקו אנרגי

ד"ר גלעד פורטונה - טבע

ד"ר חיים צבן - צנובר יועצים

ד"ר אורי צגלה - אוליבקס בע"מ

יהושע קנטי - עצמאי

## תוכן העניינים

4	הקדמה	א.
5	רקע	ב.
7	נושאי מפתח לדיון ולעיון	ג.
7	1. ביואתנול: יתרונות וחסרונות- מריס לב-און, קבוצת לב און, ארה"ב	
10	2. שוק הדלק הישראלי- סיכום והערכות לעתיד	
12	2.2 צריכת הבנזין בישראל	
13	2.3 תחזית הביקוש לביואתנול	
14	3. הפקת ביואתנול בישראל: מקורות והערכת כמויות- יונתן ספנסר, טרה ורדה חקלאות	
17	4. תמריצים כלכליים לשימוש בדלקים מתחדשים- ערן יעקב, רשות המיסים, משרד האוצר	
19	5. גידול יבולים לצורך הפקת ביואתנול בישראל- שמעון סרוסי, אקו אנרג'י	
19	6. הניסיון בברזיל: מה ניתן ללמוד ממנו? ד"ר גיל כ"ץ, KTE	
21	דיון	ד.
25	מסקנות	ה.
25	1. מחקר ופיתוח בתחום הביואתנול	
26	2. חומרי גלם לייצור ביואתנול	
26	3. שימוש בביואתנול בישראל	
27	סיכום ומסקנות	ו.
28	המלצות	ז.
28	1. ההיבט הגלובלי	
28	2. ההיבט הישראלי	

## א. הקדמה

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום זה. מפגשים קודמים של הפורום עסקו בנושאים ממוקדים ביותר, ונערכו במסגרת של 25-30 משתתפים, בעלי תחום עניין משותף.

המפגש הנוכחי, תשיעי במספר, מתקיים כחלק ממחקר המתבצע במוסד שמואל נאמן: "[המדיניות והתכנון הלאומי בנושא מקומה של ישראל בשוק הביו-אתנול העולמי](#)"- במימון קרן GM למחקרים.

המפגש הנוכחי בא לסקור ספציפית את נושא האתנול הביו-טכנולוגי, ולהציג שאלות במספר תחומים:

1. **מו"פ:** במה להתמקצע- האם יש טעם לפתח תהליכי דור 1?, מהם היתרונות של מדינת ישראל בתחום? כיצד מוצאים מקורות מימון? מה צריכים להיות חומרי הגלם לייצור אתנול מדור 2? ומתוקף כך- על מה צריכים להיות דגשי המו"פ לפיתוח תהליכי ייצור מדור 2?
2. **שימוש:** האם מדינת ישראל, כמצטרפת ל-OECD, צריכה לאמץ תקינה בדומה לחברות האחרות? באיזה שיעור? האם וכיצד לתמרץ? האם יש בישראל די חומרי גלם לייצור אתנול מדור 2 או שיש לייבאם?

כנקודת פתיחה לדיון, הוצגו בקצרה מסקנות הפורום הקודם, אותו ניתן לקרוא ולהוריד באתר האינטרנט של מוסד שמואל נאמן, לפי הכתובת <http://neaman.org.il>, או בלחיצה על [הקישור](#) **הבא**.

## ב. רקע

כאמור, מוסד שמואל נאמן הכין עבור קרן המחקרים של ג'נרל מוטורס סקירה לגבי מקומה של ישראל בשוק האתנול העולמי. הנתונים להן נלקחו מתוך הדו"ח שהוגש לג'נרל מוטורס. את הדו"ח המלא, באנגלית, ניתן להוריד ישירות מאתר האינטרנט של מוסד שמואל נאמן, בקישור הבא:

[http://www.neaman.org.il/publications/publication\\_item.asp?fid=592&parent\\_fid=490&iid=1179](http://www.neaman.org.il/publications/publication_item.asp?fid=592&parent_fid=490&iid=1179)

9

### שימוש באתנול- מניעים פוליטיים, כלכליים וסביבתיים

דו"ח של חברת ארנסט אנד יאנג, המבוסס על מדד הדאו ג'ונס קובע כי ברבעון הראשון של שנת 2008, השקעות קרנות הון סיכון בחברות קלינטק (Cleantech) ממשיכות לרשום גידול. על פי הדו"ח, ההשקעות צמחו ב-18% ל-571.6 מיליון דולר, בהשוואה ל-483.9 מיליון דולר בתקופה המקבילה אשתקד. שלושה סקטורים אחראיים למרבית ההשקעות בקלינטק ברבעון הראשון של 2008:

• **דלקים חלופיים- בעיקר אתנול צלולוזי- זכו להשקעה הנרחבת ביותר- 178 מיליון דולר, המהווים כ-31% מסך ההשקעות בקלינטק במהלך הרבעון.**

• הפקת חשמל/ אנרגיה- 148.3 מיליון דולר- כ-26% מסך ההשקעות בקלינטק במהלך הרבעון.

• נצילות אנרגיה- 116.4 מיליון דולר- כ-20% מסך ההשקעות בקלינטק במהלך הרבעון.

מחירי הדלק המאמירים (כ- \$140 לחבית נכון ליולי 2008), התלות של מדינות העולם בנפט שמקורו במדינות פונדמנטליסטיות, זיהום האוויר המקומי (חלקיקים, תחמוצות חנקן וגופרית) וזיהום האוויר הגלובלי (פליטת גזי חממה) הנגרם משריפת דלק והחשש (האמיתי או המדומה) כי מאגרי הנפט אוזלים- נתונים אלה אל מול הדרישה ההולכת וגוברת לאספקה של דלק למכוניות העלו את הצורך העולמי במציאת חלופות.

שימוש באתנול כתחליף לבנזין ובביודיזל כתחליף לדיזל נמצאו ישימים, אם כי, כפי שיודגש בהמשך, קיימים לגביהם ספיקות בעיקר כאשר מדובר בגידולים חקלאיים המיועדים ישירות לתעשיית הדלק. כלומר, כאשר הגידול החקלאי מתחרה בקרקע ובמים שפירים המיועדים לגידול מזון, נזעקת המערכת העולמית (האו"ם, הבנק העולמי ועוד) ויוצאת כנגד ההזנה של מיכלי הדלק במכוניות במקום ההזנה של הרעבים בעולם. כאשר הגידול החקלאי הוא במחיר של כריתת יערות גשם, כמו במקרה של אינדונזיה ומלזיה, ההתייחסות השלילית לנושא עולה ביתר שאת.

אם נתייחס לשוק האירופאי ולשוק האמריקאי כמובילי השינוי בתחום, הרי שהחקיקה האירופית מציבה יעד שימוש של 5.75% ביודלקים בשנת 2010. האירופאים מתייחסים לשימוש נרחב בביודיזל, שכן צי הרכב האירופי נשען בעיקר על רכבי דיזל.

השוק האמריקאי, תחת ה- Energy Planning Act (2005), מציב יעד להכפלת השימוש בביודלקים עד שנת 2012. בארה"ב, עיקר הדגש בביודלקים מושם על אתנול, שמקורו בתירס.

היות ומרבית מדינות ארה"ב אסרו על השימוש בתוסף הדלק MTBE, הבעייתי מאוד מבחינה סביבתית<sup>1</sup>, היה צורך לאתר תוסף חליפי שיספק את אחוזי החמצן הדרושים ב"בבנוין נקיי" בהתאם לתקן שנקבע בחוק אויר נקי האמריקאי. התוספים החדשים כוללים אתנול ו- ETBE. החקיקה של שנת 2005 קבעה כי התוסף האתילי לדלקים יהיה ממקור ביולוגי כך שיתרום להפחתה גלובלית של פליטות פחמן דו חמצני. כמו- כן, תוספת החמצן תורמת לשריפה יעילה יותר של הבנזין ומפחיתה בכך את זיהום האויר העירוני.

נהוג לסווג את הביודלקים על פי חומרי הגלם המשמשים לייצורם וכן על פי שיטות הייצור. המונח "דור 1" מתייחס לשימוש בגידולי-מאכל חקלאיים להפקת ביו-דיזל משמן צמחי ו/או אתנול מסוכרים או עמילנים (דוגמאות: תירס, קנולה, קנה סוכר), המושג "דור 2" מתייחס להפקת אתנול מצלולוזה צמחית ו"דור 3" מתייחס ליתר הטכנולוגיות העתידיות כגון הפקת ביודלקים מאצות.

**עבודה זו עוסקת, כאמור, אך ורק בהיבטים הנוגעים למשק הביואתנול הישראלי: היתכנות טכנולוגית וכלכלית, ייצור, שימוש ופיתוח ידע, לרבות ייצוא ידע מישראל.**

---

<sup>1</sup> Frost & Sullivan Market research, 2005, "European Biofuels - Market and Opportunity Analysis", at: <http://www.frost.com/prod/servlet/frost-home.pag>

## ג. נושאי מפתח לדיון ולעיון

הנושאים המובאים להלן מהווים תמצית של נושאי המפתח אשר הוצגו בפורום למדיניות ביודלקים שהתקיים במוסד נאמן ב-25 לפברואר 2008 או שנידונו בדו"ח המלא שנכתב בעבור קרן ג'נרל מוטורס.

### 1. **ביואתנול: יתרונות וחסרונות - מרים לב-און, קבוצת לב און, ארה"ב**

אחד הדברים המרכזיים בדיון בנושא, הוא ניתוח של יתרונות ביודלקים מכל הבחינות - סביבה, בטיחות, קיימות וכו'. כדי להבין את מכלול הבעיות, יש להסתכל על מגוון אספקטים - כאשר בוחנים את סוג הביומסה המשמשת להפקת האתנול, את מהות וסוג התהליך, את השימוש ואת נצילות התהליך.

כיום מתגבשת מסגרת של הערכה כוללת לדלקים למיניהם, המבוססת על ניתוח מחזור חיים, כדי שיהיה לנו בסיס אחיד להשוואה ביניהם.

אספקה:

- מאין מגיע חומר הגלם, ומה השימושים המתחרים עליו (מזון)?
- כיצד מייצרים אותו (חקלאות אינטנסיבית, השקיה, דישון וזיבול)?
- כיצד מגיע חומר הגלם למפעל ההפקה של הדלקים (מפעלים קטנים צמודים או מפעל מרכזי)?

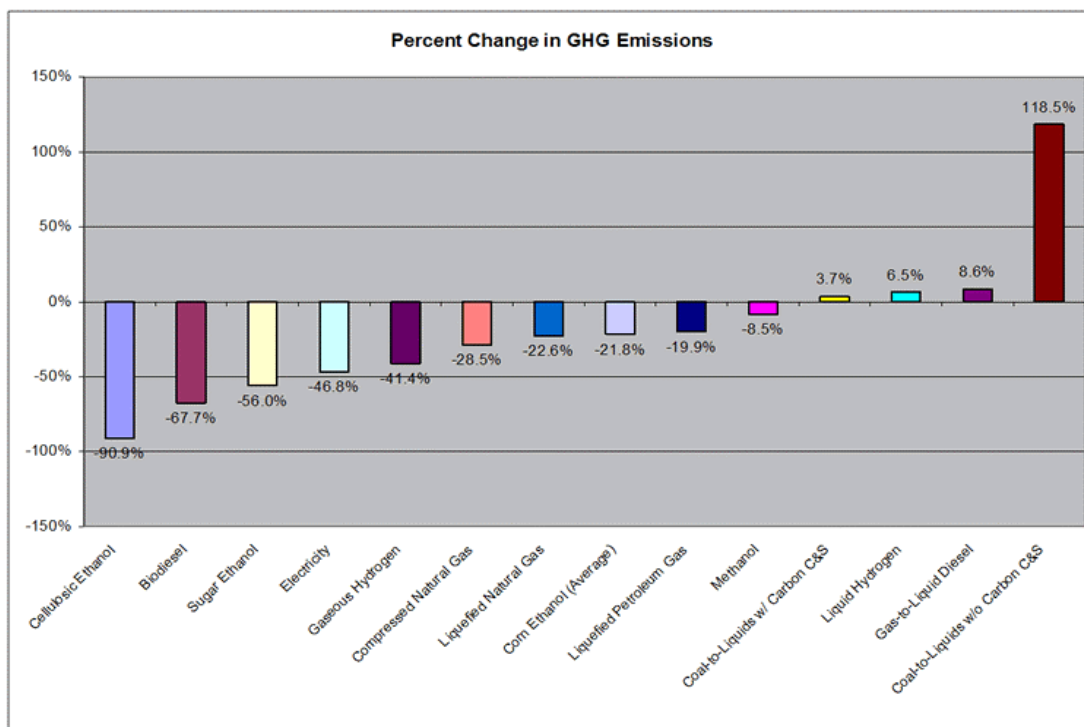
תהליך:

- מהי הטכנולוגיה ובאיזה דרגת פיתוח היא?
- איזו אנרגיה משמשת לתהליך עצמו?
- מהם תוצרי הלוואי בתהליך, והאם יש להם שוק?
- האם קיים תהליך חלופי?
- מהו המחיר שיתקבל עבור התוצרים?

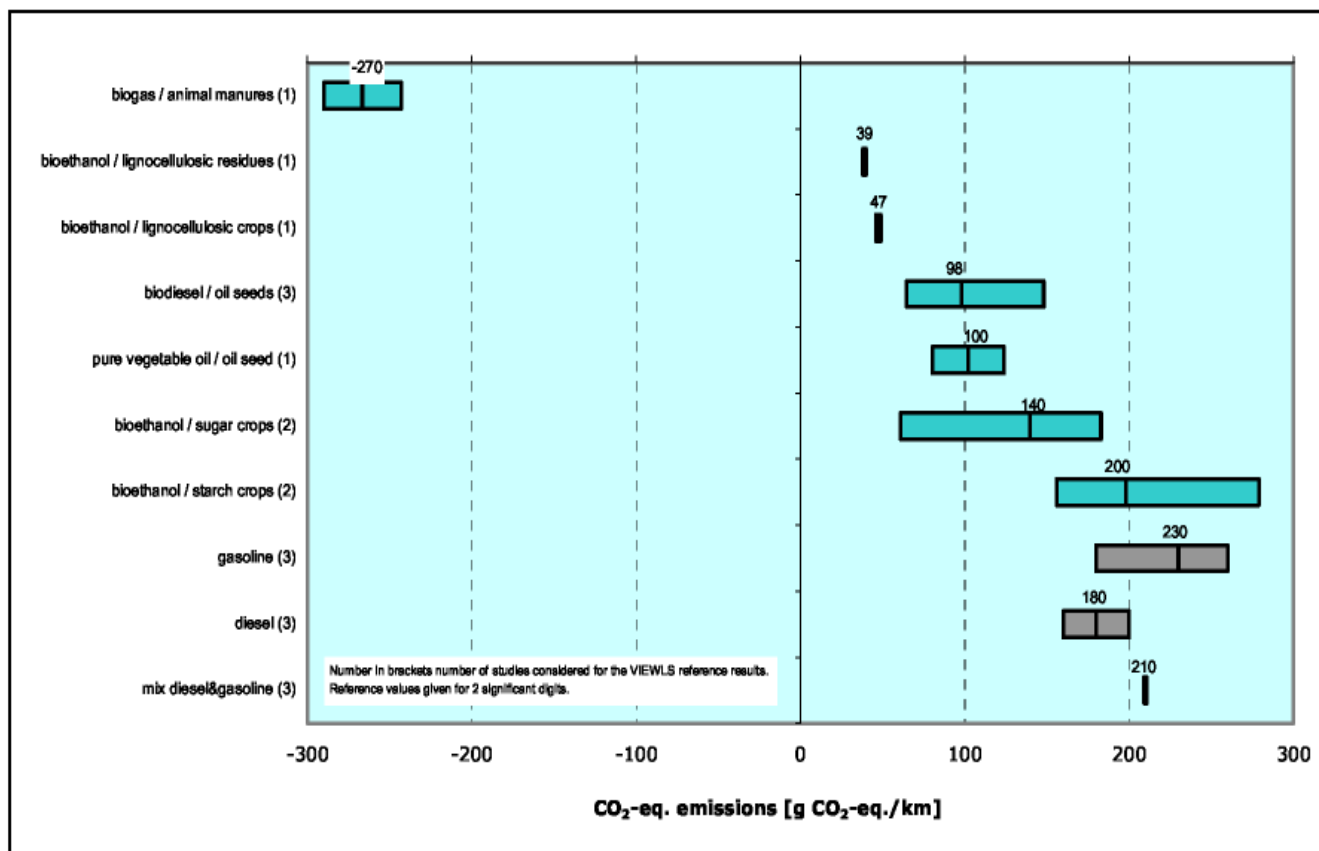
שיווק:

- מהי מערכת השיווק של התוצר?
- מחקרי שוק
- שיקולי מכירה, כגון החלפת פילטרים תכופה בגלל היות האתנול ממיס
- מהם המיהולים הנכונים לשמירה על רמת עירבוב לאורך כל החיים?
- חידוש תשתיות נדרש - מה ואיך?

באזור מספר 1 מוצגת השוואה בין דלקים שונים ופליטת גזי החממה, כאשר קו ה-0% מייצג בנזין רגיל. הגרף אינו מציג מאפיינים של Well-To-Wheel אלא רק את מאפייני השימוש בדלק עצמו, ללא תהליכי הגידול וההפקה. בגרף מוצגים נתונים על פי ליטר דלק, ללא השוואה אנרגטית ביניהם. ניתן לראות כי התרחיש הגרוע ביותר הינו הפיכת פחם לדלק נוזלי ללא לכידה של פחמן ואילו החלופה בה ניתן להפחית את הכמות הרבה ביותר של גזי חממה היא באתנול צלוליטי.



איור מספר 1- שינויים בפליטת גזי חממה כתלות בסוג הדלק<sup>2</sup>



איור מספר 2- פליטת גזי חממה ממקורות אנרגיה שונים<sup>3</sup>

<sup>2</sup> US EPA



באיור מספר 2 מתואר גידול הצמחים המתאימים לביו דלקים באירופה. במקרה זה נבחנו מחקרי ניתוח מחזור חיים, ונמצא שהאפקטיבי ביותר הוא ביוגז מזבל בעלי חיים. הנתונים המוצגים מביאים בחשבון את יעילות המכונניות. יש לשים לב גם לערך הממוצע אבל גם לתחום הרחב, כאשר בתנאים שונים יש אפשרות להימצא בקצה הפחות טוב של התחום.

טבלה מס' 1 להלן מציגה את יעדי הייצור והשימוש בביואתנול במדינות שונות בעולם. הטבלה גם מסכמת את אחוזי המיהול הצפויים לביואתנול בסך שוק הבנזין באותן מדינות.

<b>COUNTRY</b>	<b>BIOETHANOL FEEDSTOCK</b>	<b>ETHANOL PRODUCTION FORECAST (Million Gallons)</b>	<b>BLENDING TARGETS</b>
<b>Brazil</b>	Sugarcane	4,966.5	25% blending ratio of ethanol with gasoline (E25) in 2007;
<b>Canada</b>	Corn, wheat, straw	264.2	5% ethanol content in gasoline by 2010;
<b>China</b>	Corn, wheat, cassava, sweet sorghum	422.7	10% ethanol blend for gasoline in five provinces; five more provinces targeted for expanded use.
<b>EU</b>	Wheat, other grains, sugar beets	608.4	5.75% Biofuel share of transportation fuel by 2010; 10% by 2020.
<b>India</b>	Molasses, sugarcane	105.7	10% blending of ethanol in gasoline by late 2008,
<b>Thailand</b>	Molasses, cassava, sugarcane	79.3	Plans call for E10 consumption to double by 2011 through use of price incentives;
<b>United States</b>	Primarily corn	6,498.7	Use of 7.5 billion gallons of biofuels by 2012; new legislation raised renewable fuel standard to 36 billion gallons (mostly from corn and cellulose) by 2022.

טבלה מספר 1- יעדי השימוש באתנול בעולם<sup>4</sup>

<sup>3</sup> VIEWLS project, 2005, "Shift Gear to Biofuels: Results and Recommendations from the VIEWLS project", at: [http://www.refuel.eu/fileadmin/refuel/user/docs/Final\\_report\\_-\\_Shift\\_Gear\\_to\\_Biofuels.pdf](http://www.refuel.eu/fileadmin/refuel/user/docs/Final_report_-_Shift_Gear_to_Biofuels.pdf)

<sup>4</sup> U.S Department of Agricultural, 2007

התמריצים בארצות הברית היוו בתחילה תמריץ למגדלי התירס, בשיעור של 2 דולר לבושל (בושל = 27.2 ק"ג). התירס גדל בארה"ב בעונת הקיץ ללא השקיה, לאור כמות המשקעים הגדולה באותה עונה.

כיום נשמעת ביקורת רבה על השימוש בתירס כחומר גלם, בשל מספר סיבות: שיטת הגידול צורכת הרבה דשן, השינוע ממקום למקום צורך הרבה אנרגיה ותהליך הייצור בעייתי מבחינה אנרגטית.

כאשר בוחנים את המאזן האנרגטי והסביבתי של תהליך ייצור ביואתנול מעמילן התירס מוצאים כי הוא עשוי לגרום לפליטה של יותר גזי חממה מאשר ביצור יעיל של בנזין בארה"ב. מיצוי אתנול מסוכר הינו יעיל יותר בהשוואה לתירס, ולכן בברזיל התהליך ידידותי יותר לסביבה ומאוזן מבחינה אנרגטית. על כך יש להוסיף כי בברזיל, עושים שימוש גם בקליפות קנה הסוכר (Bagasse) להפקת החום והקיטור שצורך התהליך וכך נוצר מחזור סגור ללא שימוש בדלקים חיצוניים ולכן, בחישוב הכולל אין פליטה נטו של פחמן דו חמצני.

## **2. שוק הדלק הישראלי- סיכום והערכות לעתיד**

### **2.1 תקן ישראלי לבנזין נטול עופרת- ת"י 90, חלק 2**

התקן הישראלי לבנזין נטול עופרת (תקן 90, חלק 2) עודכן בנובמבר 2007, לאור התקן האירופאי EN 228 (ינואר 2004). התקן מפרט דרישות ספציפיות ושיטות בדיקה לבנזין נטול עופרת המשווק בישראל. התקן תואם רכבים בעלי מנוע בנזין, הצורכים בנזין נטול עופרת. טבלה 2 מציגה את הדרישות לבנזין בעל אוקטן 95, ומתייחסת הן לתכונות הדלק והן לתכונות התוסף. כמו-כן מפרטת הטבלה את שיטות הבדיקה הישימות. התקן מגביל את אחוז תכולת המחמצן ל-2.7%. עבור אתנול שיעור הערבוב המקסימאלי יעמוד על 10% ובשימוש ב-MTBE על 15%. יש לציין כי מיהול אתנול בשיעור הגבוה מ-10% דורש שינויים במנוע. בנוסף, מיהול בנזין באתנול משפיע על לחץ האדים של התערובת ולפיכך דורש שינויים בתהליך הסופי של מיהול הבנזין בכדי לעמוד בתקן הנדיפות.

Property	Units	Limits		Test Method <sup>a</sup> (See 2. Normative references)
		Min.	Max.	
Research octane number, RON		<sup>k</sup>	--	prEN ISO 5164 <sup>d</sup>
Motor octane number, MON		<sup>k</sup>	--	prEN ISO 5163 <sup>d</sup>
Lead content	mg/l	--	<b>5</b>	prEN 237
Density (at 15 °C) <sup>c</sup>	kg/m <sup>3</sup>	720	775	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Sulfur content <sup>c</sup>	mg/kg	--	<b>150</b> or <b>50,0</b>	EN ISO 20846 EN ISO 20847 EN ISO 20884
		--	<b>10,0</b>	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Oxidation stability	minutes	360	--	EN ISO 7536
Existent gum content (solvent washed)	mg/100 ml	--	5	EN ISO 6246
Copper strip corrosion (3 h at 50 °C)	rating	class 1		EN ISO 2160
Appearance		clear and bright		visual inspection
Hydrocarbon type content <sup>c</sup>	% (V/V)			ASTM D 1319 <sup>d, e, f</sup> prEN 14517
- olefins		--	<b>21,0</b>	
- aromatics		--	<b>42,0</b> or <b>35,0</b>	
Benzene content <sup>c</sup>	% (V/V)	--	<b>1,00</b>	EN 12177 EN 238 prEN 14517
Oxygen content <sup>c</sup>	% (m/m)	--	<b>2,7</b>	EN 1601 EN 13132
Oxygenates content <sup>c</sup>	% (V/V)			EN 1601 EN 13132
- methanol <sup>g</sup>		--	<b>3,0</b>	
- ethanol <sup>h</sup>		--	<b>5,0</b>	
- iso-propyl alcohol		--	<b>10,0</b>	
- iso-butyl alcohol		--	<b>10,0</b>	
- tert-butyl alcohol		--	<b>7,0</b>	
- ethers (5 or more C atoms)		--	<b>15,0</b>	
- other oxygenates <sup>i</sup>		--	<b>10,0</b>	
NOTE	Requirements in bold refer to the European Fuels Directive 98/70/EC [1], including Amendment 2003/17/EC [2]			
<sup>a</sup>	See also 5.7.1			
<sup>b</sup>	A correction factor of 0,2 for MON and RON shall be subtracted for the calculation of the final result, before reporting according to the requirement of the European Fuels Directive 98/70/EC [1], including Amendment 2003/17/EC [2]			
<sup>c</sup>	See also 5.7.2			
<sup>d</sup>	The content of oxygenate compounds shall be determined as prescribed in Table 2 in order to make the corrections when necessary according to clause 13.2 of ASTM D 1319			
<sup>e</sup>	When Ethyl-tert-butyl ether (ETBE) is present in the sample, the aromatic zone shall be determined from the pink brown ring downstream of the red ring normally used in the absence of ETBE. The presence or absence of ETBE can be concluded from the analysis as required in footnote d			
<sup>f</sup>	For the purpose of this standard ASTM D 1319 shall be applied without the optional depentanisation step. Therefore clauses 6.1, 10.1 and 14.1.1 shall not be applied			
<sup>g</sup>	Stabilising agents shall be added			
<sup>h</sup>	Stabilising agents may be necessary			
<sup>i</sup>	Other mono-alcohols and ethers with a final boiling point no higher than prescribed in Table 3			
<sup>k</sup>	When regular grade is marketed, RON and MON shall be specified in a national annex to this European Standard, <b>but not lower than 81,0 MON and 91,0 RON</b>			

טבלה מספר 2- התקן הישראלי לבנזין

## 2.2 צריכת הבנזין בישראל

טבלה 3 מתארת את העלייה, בשיעור שנתי של כ 1.5-2 אחוזים, בצריכת הבנזין במהלך 2003-2006.

שנה	בנזין (מיליון ליטר)			בנזין (1,000 טון)
	נטול עופרת אוקטן 95	עם עופרת אוקטן 96	סה"כ	
2003	2,069.1	606.0	2,675.1	2,004.8
2004	2,207.3	517.2	2,724.5	2,042.1
2005	2,333.7	427.9	2,761.6	2,070.1
2006	2,511.1	333.3	2,844.3	2,132.3

טבלה מספר 3 - צריכת בנזין בישראל בשנים 2003-2006<sup>5</sup>

ניתן לראות כי הביקוש לבנזין גדל בצורה מתמדת, כאשר בין השנים 2003-2006 נרשם גידול של 6.3%. במקביל הדרישה לבנזין נטול עופרת (אוקטן 95) צמחה בכ-20%. הדרישה לרכב פרטי בישראל ממשיכה לעלות, קרוב ל 100,000 רכבים חדשים נמסרו בחמשת החודשים הראשונים של 2008, כמות זו מהווה עלייה של 34% ביחס לתקופה המקבילה ב 2007. עם כמות הרכבים עולה גם הנסועה ועימה צריכת הדלק.

החדרת ביואתנול לשוק הבנזין יכולה להתבצע במספר דרכים. התרחישים הבאים מציעים חלופות לערבוב אתנול בבנזין הנמכר בשוק:

1. **הכנסת תערובת של 5% אתנול**- ניתן ליישום מיידי, ללא שינוי בטכנולוגיית הרכב או בתקן הישראלי.
2. **הכנסת תערובת של 10% אתנול**- דורש שינוי בתקן הישראלי, המגביל את תכולת האתנול ל-5%. לא מצריך שינוי טכנולוגי ברכב.
3. **החדרת סוג נוסף של דלק המכיל תערובת של 85% אתנול**- מצריך שינוי בתקן הישראלי וכן כניסת רכבים בעלי מנוע "גמיש" (FFV - Flexible Fuel Vehicles), המסוגלים לפעול על תערובות שונות של אתנול ובנזין.

<sup>5</sup> למ"ס, 2007

### 2.3 תחזית הביקוש לביואתנול

על מנת לאמוד את הביקוש לביואתנול בכל אחד מן התרחישים שתוארו לעיל, יש לבחון מהי תחזית הביקוש לדלקים לתחבורה. תחשיבי משרד התשתיות הלאומיות מוצגים בטבלה 4 להלן.

מוצר דלק		תרחיש סביר			מוצרי נפט (אלפי ט"מ)
תרחיש גבוה	תרחיש נמוך	גידול ממוצע לשנה	2025	2001	
גידול ממוצע לשנה	גידול ממוצע לשנה	גידול ממוצע לשנה			
3.4%	2.4%	2.6%	4,809	2,541	סולר
2.4%	1.3%	1.5%	2,851	1,954	בנזין
1.4%	-0.6%	-0.1%	946	968	נפטא
3.9%	-0.2%	2.8%	2,061	1,027	קרוסין
5.6%	1.0%	2.6%	858	444	גפ"מ

טבלה מספר 4 - תחזית הביקוש לדלקים לתחבורה<sup>6</sup>

טבלה 4 מציגה הערכה זהירה של הגידול בביקוש לבנזין, על פיה שיעור הגידול השנתי יעמוד על כ-1.5%. זאת, בהשוואה לקצב הגידול בין השנים 2005 ל-2006 שעמד על 3%.

על פי התחזית שהוצגה בטבלה 4 ניתן לכמת את הביקוש לביואתנול עד לשנת 2025 על פי שלושת התרחישים:

1. להכנסת תערובת של 5% אתנול יידרשו 107-113 מיליון ליטר אתנול.
2. להכנסת תערובת של 10% אתנול יידרשו 214-225 מיליון ליטר אתנול.
3. להחדרת E 85 שהינו תערובת של 85% אתנול יידרשו 91-96 מיליון ליטר אתנול (מתוך הנחה ש- 5% מהרכבים יהיו בעלי מנועי FFV).
4. בשילוב של תרחיש 1 ותרחיש 3 ניתן יהיה להכניס ערבוב 5% אתנול בכל הבנזין במשק ובמקביל לתאפשר החדרה של E85, על מנת לספק את הביקוש הצפוי מרכבי FFV (מותנה בהתרת ייבואם לישראל) יידרשו 197-203 מיליון ליטר ביואתנול.

<sup>6</sup> המשרד לתשתיות לאומיות, 2003

### 3. הפקת ביואתנול בישראל: מקורות והערכת כמויות- יונתן ספנסר, טרה

#### ורדה חקלאות

בדקנו באופן מסודר וניסינו להעריך כמותית אילו חומרי גלם ניתן לקחת בחשבון כשמדברים על הפקה של ביואתנול בארץ.

יתרונו של האתנול הוא שניתן להכניס אותו למיכל הדלק באופן מיידי, ולכן אנו דנים עליו. הוא ידידותי יותר לסביבה, ולכן השאלה הבאה שנשאלה היא האם ישראל יכולה למצוא את עצמה במשחק הזה- כן או לא ובאיזו צורה- לגדל בעצמה, לייבא גרעינים או להשתמש בפסולות צלוליטיות.

כדי לנסות לתת תשובה, אנחנו נדרשים לבדוק את מקורות ייצור הביואתנול הקיימים בארץ, כאשר כיום כל חמרי הגלם מקורם בתוצרת חקלאית ומרביתם מיובאים.

טבלה מספר 5 מתארת את מקורות העמילן והסוכר הקיימים בארץ.

	Annual Imports ('000 MT)	% of domestic consumption	Price (2007 prices) (\$/MT CIF)	Import Value (2007 prices) (\$ Million - CIF)
Corn	1,000	100%	200	200
Wheat	700 – 900	60% - 70%	300	225
Barley	400 – 500	~100%	230	100
Soybean	550-600	100%		
Total	2,250			750

טבלה מספר 5- מקורות לעמילן וסוכר בישראל כבסיס להפקת אתנול<sup>7</sup>

ישראל מייבאת בכ- 750 מיליון דולר לשנה- תירס, חיטה, שעורה וסויה. כמיליון טון תירס מיובא מדי שנה ורובו משמש להאבסת בעלי חיים (בקר, עופות, דגים). מחיר התירס היום הוא מעל 200 דולר לטון. מחיר זה הוא יותר מכפול ממה שהיה לפני שנה או שנתיים.

יוצא הדופן היחידי בתחום זה הוא החיטה. רבע מהשטח החקלאי בארץ (כ-1 מיליון מתוך 4 מיליון דונם), משמש לגידול חיטה, כאשר זהו גידול הגדל ללא השקיה. אנו מגדלים כשליש מהתצרוכת שלנו, כ- 150,000 טון גרעינים, אשר נאגרים במלאי חרום, וצורכים הכול, ובנוסף מייבאים את שאר הצריכה המשמשת למאכל אדם.

<sup>7</sup> רחל בורשק, כלכלנית, התאחדות חקלאי ישראל

חיטה ושעורה מגודלות בישראל על כ- 150,000 דונם. מחציתם חקלאות מושקית עם יבולים קבועים וגבוהים ומחציתם בחקלאות בעל, בה קיימת שונות גדולה ביבול בין השנים שכן בשנות בצורת יש נפילה ביבולים.

תירס למאכל מגודל על פני 55,000 דונם. תירס זה משמש למאכל טרי לאדם, לקלחים ולשימורים, או לתחמיץ לבהמות. כיום (2007), תירס לגרעינים, שהוא חומר הגלם להפקת אתנול, אינו מגודל בארץ. התירס גדל בקיץ, ולכן בתנאי הארץ חייב השקיה. מדיניות משרד החקלאות כיום היא שכל מה שאפשר לקנות ממדינות אחרות רצוי לקנות, ולא לכלות בארץ משאבי מים, אנרגיה וקרע.

**מסקנות ביניים: מרבית חומרי הגלם, שיכולים לשמש להפקת אתנול, מיובאים. השימושים העיקריים הם למלאי החיטה והאבסת בהמות.**

כלומר, מקורות חקלאיים אפשריים לייצור אתנול יצטרכו להיות חומרי הזנה מיובאים או לחילופין לייבא את האתנול ישירות.

ניתן לייצר אתנול גם בתהליך צלולוזי, ואז אנו זקוקים למקורות לצלולוז, שמקורם מפסולת חקלאית או עירונית. המקורות יכולים להיות גזם חקלאי ועירוני, פסולת עירונית: בעיקר נייר וקרטון וכן שאריות החומר האורגני הפריק ביולוגית, ובוצת שפכים.

טבלה מס' 6 להלן מציגה את פוטנציאל הפסולות בישראל, היכולות לשמש כחומר גלם לייצור אתנול בתהליכי פירוק צלוליטיים.

הפוטנציאל וההנחות אשר הביאו להערכות המופיעות בטבלה זו מתוארות בהרחבה בדו"ח המלא באתר מוסד שמואל נאמן.

	Raw waste			Cellulose and hemi-cellulose		
	Potential amount	Retrievable proportion	Retrievable amount	Cellulose & hemi-cellulose content	Cellulose potential production	Expected available cellulose
	('000 MT/Year)	(%)	('000 MT/Year)	(%)	('000 MT)	('000 MT)
<b>Agricultural by-products</b>	<u>100</u>					
<b>Sub-total agricultural crop remains</b>	<b>100</b>	<b>60%</b>	<b>60</b>	<b>40%</b>	<b>40</b>	<b>24</b>
<b>Forest and Municipal Pruning</b>						
Wood and branches from forests	125	75%	94	80%	100	75
Municipal prunings	<u>500</u>	75%	375	40%	<u>200</u>	150
<b>Sub-total forest and municipal</b>	<b>625</b>	<b>75%</b>	<b>469</b>	<b>48%</b>	<b>300</b>	<b>225</b>
<b>Municipal Solid Waste</b>						
Total solid waste (100%)	<b>5,800</b>					
Unavailable industrial solid waste	<b>1,600</b>					
<b>Sub-total municipal and institutional</b>	<b>4,200</b>					
Organic matter (45%)	1,890	50%	945	10%	189	95
Total paper and cardboard (24%)	1,008				-	
Utilized paper and cardboard	170				-	
Available paper and cardboard	<u>838</u>	80%	670	80%	<u>670</u>	<u>536</u>
<b>Sub-total retrievable solid waste</b>	<b>2,728</b>	<b>59%</b>	<b>1,615</b>	<b>32%</b>	<b>859</b>	<b>631</b>
<b>Sludge (dry weight)</b>	<u>98</u>				-	
<b>Sub-total sludge</b>	<b>98</b>	<b>75%</b>	<b>74</b>	<b>5%</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
<b>Grand Total</b>	<b>3,551</b>		<b>2,218</b>		<b>1,204</b>	<b>883</b>

טבלה מספר 6 - פוטנציאל פסולות בישראל מהן ניתן להפיק אתנול

על פי הערכות אלה, כ- 885,000 טון צלולוז יכולים להיות מיוצרים מפסולות בישראל- כרבע מכמות זו מקורה יהיה גזם יערות וגזם עירוני, וכ 70% יכולים להגיע מהפסולת העירונית המוצקה. תיאורטית, ממיליון טון צלולוז ניתן להפיק 350,000 מטרים מעוקבים של ביואתנול. צריכת הדלק לתחבורה נכון ל- 2008 בישראל עומדת על 2.2 מיליון טון בשנה, והצפי לגידול הוא כ 1.5% לשנה. בשנת 2025, כאמור, צריכת הדלק תעמוד על 2.8 מיליון טון. על פי חישוב הפסולות



הקיימות כבר כיום בישראל, הרי ש 9% מכלל צריכת הדלק למכוניות בשנת 2025 יכולה כבר היום להיות מסופקת מאתנול שיוצר מפסולות, לו אך הטכנולוגיה היתה זמינה.

עד כה הצגנו את המלאי – מכאן נוכל לדון האם ייצור אתנול בישראל הוא בכלל רלוונטי. לשאלה מהי העלות האופיינית של ייצור ליטר אתנול קשה מאוד לתת תשובה מדויקת, משום שהדבר תלוי בחומר הגלם והתהליך שייבחר. כיום נהוג להגדיר שהמחיר של אתנול יהיה כמחיר בנזין- ללא מיסים- כלומר עלות ייצור תהיה כ- 6 שקל לליטר. מבחינה כלכלית, בהינתן כי מחיר הגרעינים גבוה מאי פעם, עדיין לא משתלם לחקלאי בישראל לגדל תוצרת ליצירת אתנול.

#### **4. תמריצים כלכליים לשימוש בדלקים מתחדשים- ערן יעקב, רשות**

##### **המיסים, משרד האוצר**

הוועדה למיסוי ירוק דנה במגוון נושאים ואנו נתמקד היום בנושא דלקים מתחדשים. בעקבות המלצות הוועדה יש כבר החלטת ממשלה ואנחנו בשלב היישום, כאשר בעבודת הוועדה ניסינו לצרף את כל המשרדים ולקדם נושאים בתחומים שונים – רכב, דלק וחשמל. בנושא רכב – המלצות הוועדה כללו עידוד רכבים המוכיחים הפחתה משמעותית בפליטות, קנס לרכבים פולטים, במכוניות היברידיות למיניהן המס קצוב בסכום קבוע ולא אחוז ממחיר הרכב. אין תלות בטכנולוגיה- אם הרכב מקבל ציון גבוה בכל המזהמים (אנו בודקים חמישה, בניגוד למקומות אחרים שמוודדים רק פליטת פחמן דו חמצני) יש מדד עם מקדם שלקוח ממחקרים. יצרנו 'מדד ירוק' שנע בסקלה בין 1-15, שייכנס גם לפרסום הרכבים ומשקף את "רמת הירוקות" של הרכב, המסתמך על נתוני היצרן, שהם זמינים היום ללא בעיה. קיימת קורלציה גבוהה בין נפח מנוע לזיהום, ולכן מעודדים יותר רכבים קטנים. בנושא דלקים מתחדשים – בחינת עלות תועלת והשלכות על המס – הטבת המס היא זמנית (3-5 שנים), ומעבר לכך, כבר לא תידרש, כיוון שתוספת הביודלק (עד 5%) תהפוך לחובה. גופים גדולים במשק אינם נכנסים לנושא כי זה לא כלכלי. ייצור אתנול מדור ראשון כנראה לא ממש יעיל וגם אינו כדאי מבחינה סביבתית. אם נסתכל על השוואת הבלו בישראל למדינות אחרות (טבלה 7) אנו במצב לא טוב, משום שאין שיקוף של העלויות החיצוניות במחיר.

מזוט כבד	גפ"מ- בישול	גפ"מ לתחבורה	סולר להסקה	סולר לתחבורה	בנזין 95	
2.2	18	18	182	182	399	ישראל
31.1	30.7	82.1	139.9	382	485.8	ממוצע מדינות
19	12	100	21	245	296	יוון
14	0	33	85	294	396	ספרד
16	0	73	336	336	400	צ'כיה
19	36	53	52	368	443	אירלנד
28	7.5	52	90	308	523	פורטוגל
64	190	157	403	413	564	איטליה
19	0	60	57	417	589	צרפת
70	0	129	75	675	675	בריטניה

טבלה מספר 7 - בלו בישראל ובעולם על סוגי דלק שונים (יורו לאלף ליטר / טון, בהתאמה)

אנו שואפים להגיע לשם, מהרבה סיבות גם משיקולי איכות סביבה. אנו בונים את הייקור בהדרגה כך שלתעשייה תהיה אלטרנטיבה, גז טבעי וכו', והתעשייה תוכל להסתגל. מדובר כאן בעיקר על תעשיות המשתמשות במזוט. היעד שלנו הוא להטמיע את השינוי עד 2011. התחליף חייב להיות קיים ואז הייקור יהיה בהסכמה.

ההטבות שאנו רואים כרגע בתחום הבלו על ביו דיזל- יהיה נכון גם לגבי אתנול- בשלב ראשון הטבה של 0% מס ואז, עם ההפיכה למנדטורי, יגיע שיעור המס בהדרגה עד 2010 ל- 5%. הפוטנציאל הקיים כיום של 5% במהילה הוא שווה ערך ל- 190 מיליוני ליטר של ביו דיזל, או 157 מיליוני ליטר באתנול. מס הקניה על אתנול היום הוא 75%, ובשוק קיימים מספר מצומצם של שחקנים גדולים. היום משמש האתנול לתעשיית רפואה ומשקאות (עבור אתנול לשימושי רפואה מס הקניה הוא בשיעור של 20%). אין בארץ ייצור מוסדר, אבל כבר פגשנו מספר יצרנים אשר הופכים שמן משומש לביו דיזל.

ברור למשרד האוצר כי ההטבות במס לייבוא תוספי דלקים אלו יגרמו במידה מסוימת לאובדן ההכנסה ממיסים, אולם זוהי עלות שאנו מוכנים לספוג על מנת לקדם את הנושא ולתת לו את העדיפות והחשיבות הראויה.

## 5. גידול יבולים לצורך הפקת ביואתנול בישראל- שמעון סרוסי, אקו אנרג'י

בעקבות דו"ח של אקו אנרג'י אשר פורסם בסוף השנה שעברה, ברצוני להציג את סיכום העבודה- האם יש מקום לתת תמריצים לדלקים ירוקים? מסקנת הדו"ח הייתה שמכיוון שאין לנו שטח ולא מים, אין שום מקום לתמרץ דלקים ביולוגיים מדור ראשון. גידול של חומרי גלם לייצור ביו דלקים יבוא בהכרח על חשבון חקלאות מאכל, ובמדינה שלנו אין מקום לתמרץ דור ראשון. גם אם בוחנים שיקולים אסטרטגיים וחיסכון ביבוא- עדיין התועלת שולית משום שבכל מקרה מדובר על חומרים מיובאים. בישראל אנו יודעים לעשות מו"פ, וגם בתחום זה אנחנו יכולים להתקדם רבות, ולתת דחיפה משמעותית לדור 2. נוכל לבצע פיילוט בארץ, ולמכור טכנולוגיה לחו"ל בתעשייה מאוד מגוונת ורחבה, ולזה אנו רואים כי יש מקום לתת תמריצים. כמה שבועות לאחר פרסום הדו"ח שלנו פירסם האיחוד האירופי דו"ח דומה מאוד. לא ניתן מידרוג לטכנולוגיות שונות ודלקים שונים, אולם יש סקירה מקיפה של מה שקורה בעולם בתחום. בארצות הברית התמרוץ והסיוע ניתן בעיקר כתמיכה ועידוד לחקלאים. בארץ, אני מדגיש, אין מקום לזה.

את הדו"ח המלא ניתן להוריד באתר של אקו-אנרג'י ישראל [www.ecoenergy.co.il](http://www.ecoenergy.co.il) או [בקישור הבא](#).

## 6. הניסיון בברזיל: מה ניתן ללמוד ממנו? ד"ר גיל כ"ץ, KTE<sup>8</sup>

ברזיל התקבלה החלטה ממשלתית אסטרטגית באמצע שנות ה-70 של המאה העשרים להפחית את התלות של ברזיל בנפט ובדלק מיובאים. כתוצאה מהחלטה זו, העניקה הממשלה סובסידיות ומענקים בסך מיליארדי דולרים בכדי להחדיר את השימוש באתנול באופן נרחב בברזיל. בנוסף לסיבסוד הקמה של מפעלים חדשים לזיקוק סוכר להפקת אתנול, הממשלה גם חייה את חברת הדלק הלאומית (Petrobras) להתקין מיכלי שווק אתנול בתחנות הדלק ברחבי המדינה וכן העניקה הקלות והעדפות מיסוי לייצור כלי רכב המונעים על ידי אתנול.

הפקת האתנול מקנה הסוכר היא יעילה ביותר הודות לתנובתו הגבוהה של קנה הסוכר המספק בין 560 עד ל-750 של ליטרים של אתנול לדונם, שהוא כפליים מהתפוקה של אתנול מגרעיני תירס. בנוסף מה שתורם למאזן האנרגטי והסביבתי בשיטת ההפקה בברזיל הוא שהדשן לגידולי הסוכר מופק ממיחזור מי השופכין של המזקקות, חשמל וקיטור מופקים מפסולת קני הסוכר והכלים החקלאיים מופעלים בתערובת של סולר ואתנול. גם מטוסי הריסוס של השדות מתודלקים באלכוהול טהור.

---

<sup>8</sup> ד"ר כ"ץ שייד למכון האנרגיה והסביבה (לשעבר, מכון הנפט), ומכהן כיו"ר ועדת דלקים אלטרנטיביים ואנרגיות מתחדשות. המכון מרכז אנשי מקצוע שיש להם הרבה שנות ניסיון בתעשייה. הוועדה שבראשה הוא עומד, תומכת ברשות המיסים בייעוץ וגיבוי טכנולוגי, כאשר אנשי המכון, כולם אנשי תעשייה, עובדים במכון בהתנדבות. הנציגים יושבים בוועדות התקינה וההיגוי, מופיעים ונותנים ייעוץ בכנסות. הוועדה לא עוסקת בעניין הפרטני של ייצור מקומי אלא במאקרו – במדיניות.

פיתוח שיטות הפקה יעילות לאתנול ומחזור שיירי התהליך לדשנים ואנרגיה לתפעול הוזיל גם הוא במידה ניכרת את תהליך ההפקה, וכיום הוא בכ-20% יותר זול מאשר ייצור אתנול מתירס בארה"ב. טבלה 8 מציגה השוואה של מחיר ייצור אתנול ממקורות שונים בארה"ב, בברזיל ובאירופה.

**Summary of estimated ethanol production costs (dollars per gallon) 1/**

Cost Item	U.S. Corn wet milling	U.S. Corn dry milling	U.S. Sugar cane	U.S. Sugar beets	U.S. Molasses 3/	U.S. Raw sugar 3/	U.S. Refined sugar 3/	Brazil Sugar Cane 4/	E.U. Sugar Beets 4/
Feedstock costs 2/	0.40	0.53	1.48	1.58	0.91	3.12	3.61	0.30	0.97
Processing costs	0.63	0.52	0.92	0.77	0.36	0.36	0.36	0.51	1.92
Total cost	1.03	1.05	2.40	2.35	1.27	3.48	3.97	0.81	2.89

1/ Excludes capital costs.

2/ Feedstock costs for U.S. corn wet and dry milling are net feedstock costs; feedstock costs for U.S. sugarcane and sugar beets are gross feedstock costs.

3/ Excludes transportation costs.

4/ Average of published estimates.

#### טבלה 8 - סיכום של הערכת עלות ייצור אתנול מחומרי גלם ותהליכים שונים (דולר לגלון)

בברזיל כיום יש למעלה ממליון כלי רכב המונעים על ידי תערובת אתנול ובנזין כאשר התקן הלאומי הוא של 22 אחוזי אתנול בתערובת הדלק (ידוע כ- E22). כיום הסובסידיות פחתו והמיסוי עבר למיסוי "ירוק" החל על דלקים מזהמים, תוך העדפת דלקים שאינם מזהמים. כיום משווקים דלקים שונים בתחנות הדלק בברזין כולל E22, E85, ובנזין רגיל ללא עופרת. כיום כ-85% מהמכונות בשוק הברזילאי הן "פלקסימטור" מה שמאפשר תחרות בין הדלקים, היות ורוב המנועים יכולים לקבל כל תערובת של בנזין ואתנול (אפילו 85% אתנול), והלקוח בוחר בתחנת הדלק את הדלק המשתלם לו ביותר. הסיבה לתמיכה הממשלתית בזמנו הייתה אסטרטגית, לשם ביטחון אספקת אנרגיה אל מול משבר הנפט העולמי, ולא דווקא משיקולי איכות סביבה.

## ד. דיון

ננסה להתייחס לשאלה האם יעד תערובת 5%, רלוונטי למדינת ישראל? האם הוא נכון בתנאי השוק המקומיים?

**ד"ר מרים לב און:** נוכחות החמצן באתנול משפרת את ביצועי המנוע. 5% אתנול לא מספקים כדי לספק את החמצן הנידרש, אבל הוא מעלה משמעותית את האוקטן. הערך הזה נבחר כי המנוע יכול לקבל עד 10% אתנול ללא שינוי במנועים הקיימים. יש לזכור כי תוספת האתנול גם מעלה נדיפות. במנועים המתקדמים של היום ניתן למדוד את ריכוז החמצן באוויר הבעירה, והמנוע יודע להשתמש בו.

**יהושע קנטי:** הערך הזה נלקח כמשנה זהירות, על מנת לא להגיע לבעייתיות אשר קיימת באחוזים גבוהים יותר, המסה של מזהמים וכד'.

**ד"ר אברהם ארביב:** יעד של 5% אינו צריך להיות יעד מחייב אלא יעד מוצע שיאפשר מהילה של עד 5%. זה מקל על זיהום אוויר מקומי, אבל זה איננו יעד מחייב. בתור יעד מחייב זה דורש בדיקה מעמיקה יותר.

**ערן יעקב:** אם נצטרך לקבוע עכשיו יחס מהילה נכון יותר, מה הייתם קובעים?

**ד"ר אברהם ארביב:** לדעתי הערך של 5% הוא נכון, אבל לא כיעד מחייב אלא כיעד מותר. כי זה לא דלק מקומי. זה יאפשר יבוא דלקים נוספים, וגם דלקים אשר פחות פוגעים בסביבה, אבל אם העלות למשק היא אכן גבוהה, נוכל אולי לעשות הרבה יותר עם הכסף הזה מאשר למהול דלק ב 5%. ניצול פסולת שמנים או פסולת אחרת זו מטרה קדושה, אבל כרגע קיימות בעיות טכנולוגיות שיש להתגבר עליהן.

**ערן יעקב:** 5% נקבע כי התקינה היום בעולם היא סביב ה-5%. יכול להיות שלגבי אתנול הצדק איתך. לגבי ביודיזל אני לא בטוח, כי כשאנו מדברים על הכמות הקטנה, ובמקרה הזה יש לנו יתרון לקוטן, אם נעשה שימוש במחצית השמן המשומש לביודיזל של דור 1.5, יש פה רק תועלות. גם אם נמהל ביודיזל שמקורו בפסולת עשינו משהו. הפקה של ביודיזל יחסית כלכלית, והמפעל יוכל בעתיד לשמש לייצור של דור 2 – קיקיון, גייטרופה וכו', והמפעל לייצור הביודיזל כבר יהיה קיים.

אנו מנסים לקדם את המהלך, ולקדם קיומם של מפעלים גם כן, כך נביא גם מחקר ופיתוח. באתנול אנחנו בתחושה שונה, שאנחנו עדיין לא שם, והדו"ח של אקו אנרג'י מצביע על אותם חוסרים טכנולוגיים.

**קנטי יהושע:** שימוש בשמן או בפסולת היא למעשה מיחזור, ואתה מדבר בנוסף על גידול צמחים לצורך ההפקה. יש סיכוי שיעשו את זה רק בגלל הסובסידיה, ובמצב אחר לא יעשו. זו תהיה הטבה של 3-4% ואחר כך נחויב במהילה של רכיב ביולוגי בדלק, ולא תהיה ברירה. באתנול – זה לא יקרה.

**ערן יעקב:** כניסה של תהליכי יצור מדור 3 משוערת בעוד 5 שנים, ובסופו של דבר אנחנו הולכים עם מה שקיים. התפתחות התהליכים האלו תהיה בדיוק עם סיום ההטבה הזמנית המתוכננת כרגע.

**ד"ר גיל כ"ץ:** מדוע שהממשלה לא תתמוך? אפילו אם לא נגיע לכמויות הדרושות, מה שנצליח לייצר זה טוב.

**ד"ר אופירה אילון:** אנו מבינים שבמדינת ישראל אין הצדקה לגידול צמחים, וגם לא יבוא של זרעים לצורך הפקת אתנול. אולם, באומדן לעיל, ראינו כי כבר כיום אנחנו יכולים לספק 9% מהצריכה של דלק למכוניות. אם יש מקורות, הדגש והמאמץ צריכים להיות מרוכזים כיום בפיתוח הטכנולוגיות להפקה של אתנול צלוליטי.

**ד"ר מרים לב און:** נתוני התהליך הם כאלה שבפועל רק 35% מהצלולוזה ילך ישירות לאתנול. מה שמנסים לעשות עכשיו זה לשפר יעילות, ולנסות להפיק מהליגנין עצמו את האנרגיה הדרושה לתהליך. יש לקחת בחשבון כי כשאתה משתמש בקרקע שהייתה קודם בתולית או עוקר ממנה יער או צמחיה, אתה גם פוגע בסביבה במקום להועיל.

**יהושע קנטי:** במעט הקרקע שיש לנו, מה אנחנו צריכים לעשות בה? לגדל גידולים חקלאיים? ספיגת אנרגיה מהשמש? המדינה, כאחראית על שימוש נכון במשאבי הטבע, תחליט שיש לתת עדיפות למשהו מסוים. לכל דבר יש מחיר, פרט לאנרגיה ישירה. זה הדבר היחידי שאנחנו לא יכולים לייבא.

אם אנחנו מסכימים שלא נגדל פה, אז אפשר פשוט לייבא, אבל למה שנייבא דווקא אתנול? אפשר לייבא דלק.

**ד"ר גלעד פורטונה:** לגבי מהילה של 5% - אם בארצות הברית זה מחויב, אין נזק ויש שיפור, אז אנחנו, כמדינה, צריכים להראות תמיכה במאמץ העולמי. אני מעודד את רשות המיסים למדיניות שקבעו. מה הלאה? האתנול היא אופציה אחת מתוך ים של אופציות ולא השתכנעתי שהוא הפיתרון הנכון עבורנו. אני רואה דבר אחד שמטריד אותי יותר – האם אנחנו רוצים להיות מובילים או עוקבים? בנושא הזה אנחנו עוקבים, לא נוכל לקבוע לעולם מה נכון, ונצטרך לקחת מדיניות כזו. לא לרוץ לפני העולם אלא ללכת בעקבותיו. במקום שזה לוקח משאבים שנדרשים לדברים אחרים – צריך להיזהר. חשוב לנו להסתכל ברמה לאומית בעשור הקרוב לקבל ערך מוסף. נוכל אולי ליצר פטנטים ולמכור לעולם, ואנו חייבים לתת עדיפות לאומית לאנרגיה מתחדשת, אבל לאו דווקא לאתנול.

**ערן יעקב:** אותנו מטריד יותר נושא החלקיקים שגורמים לתחלואה – ופחות הפחמן הדו חמצני, שהוא זיהום גלובלי, לעומת זיהום מקומי.

**ד"ר ליאוניד טרטקובסקי:** צריך לתת מענה לנושא האנרגיה המתחדשת באופן כללי לא למשהו מסויים. ברצוני להתייחס דווקא לקצה השרשרת - נאמר לי באופן לא רשמי ע"י חברה גדולה שהם לא תומכים נלהבים של ביודיזל מכיוון שמחקרים מראים אמנם שיש הפחת פליטת חלקיקים, אבל אם מישוהו תידלק ב- ביודיזל, ומסיבה כלשהי הרכב עמד שלושה שבועות, עלולה להיווצר בעיה כי דלק זה הוא לא יציב מספיק, ואחסונו בעייתי, גם לטווח קצר. הדבר עלול לגרום לסתימת מסנני דלק והרעת ביצועי מנוע. בנושא האתנול – אמנם האוקטן גבוה, אבל בכלי רכב קיימים לא נפיק מכך שום תועלת כי אם מנוע כלשהו מיועד ליחס דחיסה מסויים הנצילות לא תעלה אם הדלק יהיה באוקטן יותר גבוה. אולי למנוע ישן זה יכול לעזור בגלל תופעת ORI, אבל אין לצפות לתועלת רבה.

צריך לקחת בחשבון שהאתנול גורם אמנם להפחתה בפליטת מזהמים כמו CO או חלקיקים, אבל פרט למזהמים הנ"ל, המוגבלים על ידי תקן, יש גם הרבה פליטות שאינן נבדקות כגון אלדהידים, שהם חומרים מסוכנים לבריאות ויש לקחת גם את זה בחשבון.

כאשר מדברים על מנוע "bi-fuel", לא יהיו בו שינויים ויש להקפיד שלא יגרם נזק למנוע. יש לעשות הערכה כוללת של עלות-תועלת- הפחתת מזהמים מול פליטה של מזהמים אחרים.

**ד"ר מרים לב און:** אכן, בברזיל יש יותר אלדהידים באטמוספירה. לגבי האוקטן- הדלק המשווק בשוק צריך לעמוד באוקטן. אתנול בריכוזים גבוהים אכן מהווה פליטה גבוהה יותר של תרכובות נדיפות ו"תורם" ליצירת אוזון באטמוספירה. אתנול כן מפחית פליטה של CO וחלקיקים.

**ד"ר ליאוניד טרטקובסקי:** אין במה שאמרתי נגד שימוש באתנול ברכב. ההפך הוא הנכון, אולם כשעושים הערכות יש לקחת בחשבון את הצד השני של המטבע. יש לקחת בחשבון גם את האפקט של השימוש: משקעים, סתימת מסננים וכו'. בכלי רכב מודרניים (הצתה חשמלית) בעלי ממיר קטליטי, המיועד להפחתת מזהמים הנוצרים בשריפת בנזין, יש לקחת בחשבון כי יהיה צורך להחליף ולהתאים את הממיר הקטליטי, ע"מ לטפל בפליטות באופן יעיל.

**ד"ר אופירה אילון:** האם לדעתכם יש בעיה עם 5% אתנול בקיץ הישראלי?

**ד"ר מרים לב און:** יש תקן נדיפות, וחייבים לעמוד בו.

בקליפורניה התקן בקיץ הוא 7% RVP (Reid Vapor Pressure).

**יהושע קנטי:** בארץ הנדיפות המותרת בתקן יותר נמוכה - 10.5% RVP בקיץ.

**ד"ר אופירה אילון:** כלומר, איזה שיעור אתנול אתה יכול לשים בקיץ?

**יהושע קנטי:** התהליך הוא כזה שבזמן המהילה, בתי הזיקוק ידאגו לכך שהתוצאה הסופית תעמוד בתקן של האוקטן, תקן הנדיפות, 3 חודשים אחסון, וכמובן לחץ האדים המתקיים במנוע.

**גיל כ"ץ:** ברור שלא נצפה לראות בארץ שדות של גידולים לביודיזל ולביואתנול. בארה"ב בונים מתקני אתנול. בישראל אנשי המקצוע לא צופים גידול וייצור מקומי של ביודלקים. השטח שלנו הוא מו"פ.

**ערן יעקב:** אולי אין סיבה לתת תמריצים לאתנול? אתם אומרים שאנחנו לא שם.

**ד"ר מרים לב און:** לדעתי דווקא יש. אם מדובר באתנול צלוליטי.

**ד"ר אברהם ארביב:** בעניין עדיפויות מו"פ, ברצוני להוסיף שישראל היא חברה במסגרת הרשמית של האיחוד האירופי, ועומדים לצאת שני קולות קוראים בעניין מו"פ. הדגשים הם על ביודלקים. הקולות הקוראים יצאו בין מאי לאוקטובר. יש גם מקום לגופים מן האקדמיה ויש היום גם מענק של התמ"ת- עד 50% מעלות הכנת הצעת המחקר לאיחוד האירופאי, דרך ה-FP7.



## ה. מסקנות

### 1. מחקר ופיתוח בתחום הביואתנול

בסדנת המומחים שנערכה במוסד שמואל נאמן באוקטובר 2007, עלה בין השאר, היתרון היחסי שיכולה מדינת ישראל למנף בתחום של טיפוח זנים (המסוגלים להסתגל ולגדול בקרקעות שוליות ולהיות מושקים במים שוליים), הנדסת זרעים, אגרו-טכנולוגיה (שיטות גידול בחממות, השקיה בטפטוף ועוד) והקמת פרויקטים בינלאומיים בתנאים הנ"ל. בהקשר זה חשוב לציין כי במאי 2008 נערך באו"ם דיון חרום בנושא משבר המזון העולמי. בדיון שיבח נשיא העצרת את ישראל על הפתרונות הטכנולוגיים שפיתחה ועל יכולתה לסייע לעולם בפתרון מצוקת המזון. נשיא עצרת האו"ם, סרג'אן קרים ממקדוניה, אמר בנאומו כי "ישראל היא מדינה שלא נפגעה מהמשבר העולמי הודות לפיתוחן של טכנולוגיות להגברת תפוקה חקלאית". הוא הוסיף כי "ישראל מוכנה לעבוד בשיתוף פעולה מלא עם הקהיליה הבינלאומית ולחלוק מן הידע והניסיון שלה בנושא כדי לפתור את המשבר". הנשיא פרס אמר לקרים שישראל מחוסנת ממשבר המזון כי היא פיתחה טכנולוגיות חקלאיות, המאפשרות לה להכפיל פי 27 את היבול החקלאי שלה<sup>9</sup>.

בקרב משתתפי הפרום קיימת הסכמה גורפת כי גידול של צמחים "דור ראשון" בארץ אינו בא בחשבון, בשל מגבלות הקרקע והמים בישראל. יש כמובן לזכור, כי בישראל החקלאות תורמת למלחמה במידבור (בניגוד גמור לבירוא יערות גשם לשם שתילת דקלים להפקת שמן או גידול קנה סוכר להפקת אתנול), אך המגבלות שצוינו הן משמעותיות ביותר בישראל ופוסלות על הסף אפשרות גידול יבולים להפקת אתנול. גם יבוא גרעינים להפקה של אתנול מדור ראשון אינו יכול להיות פתרון.

לעומת זאת, יש לישראל יתרונות יחסיים אותם היא צריכה לנצל:

1. פיתוח שיטות אגרוטכניות וזנים המיועדים לגידול בקרקעות שוליות ובמים שוליים.
2. קידום מחקר ופיתוח ממוקד של שיטות ביוטכנולוגיות להפקה אנזימטית של אתנול מצלולוז.
3. פיתוח תעשייתי לניצול יעיל טכנולוגית וכלכלית של אתנול מצלולוז.
4. אימוץ הפרדה במקור ופיתוח שיטות איסוף פסולת עירונית וגזם חקלאי לשם הפקת אתנול.

הקו המנחה בפיתוח גדולים וטכנולוגיות מדור שני, חייב להיות ברור - בשום פנים ובשום אופן לא יתחרו הגידולים לאתנול עם גידולי מאכל. לא תהיה תחרות על שטחים וקרקעות, לא על מים ולא על כוח אדם.

---

<sup>9</sup> <http://secint50.un.org/ga/president/62/statements/foodsecurity200508.shtml>

## **2. חומרי גלם לייצור ביואתנול**

כפי שהודגש במסמך, חומרי הגלם לייצור אתנול לא יהיו צמחים המתחרים על קרקע ומים. גם יבוא גרעיניים לצורך הפקת אתנול אינו יכול להוות פתרון בר קיימא. מן הנתונים שבידינו עולה כי למעלה מ- 880 מיליון טון פסולת צלולוזית מיוצרים מדי שנה בישראל. פסולת חקלאית ועירונית זו יכולה להספיק לייצור של כ- 265 מיליון ליטר של אתנול. כלומר, **במדינת ישראל כבר כיום יש די חומר גלם (פסולות חקלאיות ועירוניות) שיכולות לספק עד 9% מצריכת הדלק הצפויה בשנת 2025.**

## **3. שימוש בביואתנול בישראל**

מבחינת השימוש באתנול בישראל, 5% הם יעד אשר מצד אחד אינו מהווה יעד אסטרטגי אך הוא גם אינו מהווה בעיה מבחינת המנוע- אינו דורש שינויים, תורם במעט לשיפור איכות האוויר ויכול לשמש כתחליף ל MTBE. השגת היעד של 5% יכולה להיות גם על ידי ייבוא של אתנול, וזאת בתנאי שהמחיר יהיה תחרותי, המדיניות ואופק התכנון יהיו ברורים מראש. ייבוא האתנול צריך להיות לתקופה תחומה מראש, וזאת רק עד אשר יתייצב השוק וייצור האתנול יתבסס על פסולות.

בטווח הארוך: אם תהיה פריצת דרך טכנולוגית מבחינת הפקת אתנול מפסולות ממקורות עצמיים, ניתן להחדיר למשק שיעורי אתנול של 85%. במקרה הזה הנדיפות יורדת אך מדובר ברכבים בעלי מנוע "גמיש"- פלקסימטור.

## ו. סיכום ומסקנות

1. ייצור אתנול על בסיס גידולים חקלאיים מ"דור ראשון"- אינו רלוונטי לישראל.
2. ייצור אתנול על בסיס חומרי גלם מיובאים אפשרי לטווח הקצר, על מנת לקדם את המו"פ ולבסס את הטכנולוגיות בישראל
3. יבוא אתנול מחו"ל יכול להיעשות, אף הוא, תחת מגבלות ותנאים ברורים עד אשר הייצור הישראלי יתבסס
4. המחקר והפיתוח חייבים להתרכז בפיתוח טכנולוגיות מהדור השני- פיתוח וייעול הפקת צלולוז מפסולות שונות, ופירוק צלוליטי של פסולות. מסקנה זו גם נתמכת על ידי העובדה כי שוק ההשקעות הפרטיות בתחום הטכנולוגיות הסביבתיות (Cleantech investment monitor) הראה כי ברבעון הראשון של 2008 זכה תחום הפקת האתנול הצלולוזי במירב ההשקעות, וגובה ההשקעות בתחום ברבעון זה עלה על כל ההשקעות בתחום בשנת 2007.
5. בישראל, כבר כיום יש די פסולת על מנת לספק כ 10% מצריכת הבנזין. מאמצי המו"פ, התמיכה הממשלתית וההכוונה צריכים להיעשות לכיוון זה.
6. אחד מתחומי המחקר היותר מבטיחים בתחום הינו שימוש באצות כחומר גלם לייצור ביואתנול. בתחום זה לישראל יש ידע רב שעשוי להביא למובילות עולמית.

## **ז. המלצות**

### **1. ההיבט הגלובלי**

1. יש להתמקד בייצור ביודלקים מחומרי גלם שאינם מנצלים אדמות פוריות ו/או ומקורות מים במחסור.
2. יש לתמרץ את השימוש בחומרי גלם שמקורם בפסולת צלולוזית ועל ידי כך למקסם את היתרון של ביודלקים מן הדור השני.
3. יש לקדם ולתמרץ תהליכים המבוססים על ייצור משולב של חשמל וחום (קוגנרציה) מהביומסה של שאריות התהליך.
4. יש לבסס מדיניות על "עקרונות קיימות" המעודדים מחקר, פיתוח והדגמה וכן לתגמל השקעות המובילות לשיפור תהליכי הייצור או השימוש בביודלקים.

### **2. ההיבט הישראלי**

1. ישראל אינה צריכה לעסוק בייצור קונבנציונלי של ביואתנול מן הדור הראשון, אלא אם מדיניות מכוונת תקבע אחרת מטעמי "בטחון אנרגטי". במידה ומדיניות כזאת תיושם יש להגבילה בזמן ולאזן את ההשפעות הסביבתיות שלה ואת אי-היעילות האנרגטית.
2. ישראל יכולה לנצל פסולת חקלאית ועירונית לייצור ביואתנול, בתנאי שיושמו תהליכי ייצור בעלי יעילות אנרגטית, כולל ניצול שאריות התהליך לייצור משולב של חשמל וחום.
3. ישראל צריכה להתמקד במחקר, פיתוח והדגמה של טכנולוגיות חקלאיות מתקדמות וביוטכנולוגיה, לניצול צלולוז מפסולת חקלאית ועירונית.