

# מיכון וטכנולוגיה

## מקורות אנרגיה חלופיים שמוצאם מן החקלאות

(המשך מהחוברת הקודמת)

ערך ג. פלזנשטיין

**הגברת ייצור גז מיתאן על-ידי תסיסה  
משולבת של פסולות חקלאיות**

ג. שלף, ש. קמחי, הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל  
במסגרת העבודה המשותפת עם פרויקט נפ"ח, נבדקות במחקר  
הנוכחי שיטות אחדות במטרה להגדיל את תפוקת הגז על-ידי שימוש

בפסולות צמחיות כתוספת לפסולות האורגניות של בעלי-חיים.  
שיטה ראשונה היא – תסיסה אנאירובית, תרמופילית, ההולכת  
וכובשת מקום בעולם. בשיטה זו אפשר להכניס יותר חומר לריאק-  
טור תוך הגדלת תפוקת הגז, בזמני שהייה קצרים של החומר בריאק-  
טור ובעומסים גדולים (של כ-25 ק"ג חומר למ"ק נפק מיתקן).  
ולהגיע לתפוקות גז גדולות מאשר בשיטות אחרות. גם הייצוב הא-  
קולוגי של החומר היוצא מהריאקטור רב, ואף רב יותר ההרס של



דרך פ"ת 126 תל-אביב (מול הקריה)  
טלפונים 251180, 219017, 266554

**חדש!**

**סניף "השולח" רמלה**  
**מרכז השוק, רח' רז 1 טל' 054-220188**  
**סניף "השולח" קרית-שמונה**  
**טל' 067-40864, 067-44314**

שיווק וציוד חקלאי בע"מ, יבואנים וסוכנים של ציוד חקלאי, ציוד לגינון, ציוד למוסכים, ציוד טכני, מכשירי מדידה אלקטרוניים וכלי עבודה.

### מבצע החודש!

**מזמרות פניאומטיות מדשנות "לילי"**  
**"אופמה"**

**\$750.- + מע"מ**

**למשלמים במזומן**

**"ברומיקס"**

**מערבלי-בטון בנזין נייד**



**פאר תוצרת  
איטליה**

**מדשנות "פרסורי"**

**עם רגלי הצנעה**

\* מתקן פיזור ל-4 שורות

\* מתקן לערוגות

\* מתקן לצד

**קרדנים "מגדלנה"**

**15 כ"ס**

**תוצרת**

**ספרד**

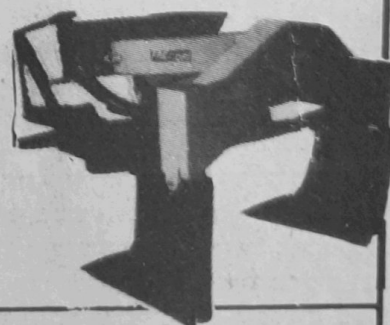
**מבחר מושבים**

**לכל סוגי**

**הטרקטורים**

**תוצרת**

**לה סואן, ספרד**



אצלנו תוכלו לקנות את מוצרי היבוא ישיר מהמקור במחיר ובתנאים ללא תחרות. מוצרי  
תוצרת הארץ נמכרים אצלנו במחירי המפעל.

\* אחריות מלאה \* שירות-שדה \* מלאי חלפים \* הספקה מהירה \* משלוח לכל חלקי  
הארץ \* שירות מהיר ויעיל \* שיווק דרך ארגוני הקניות.

**מתחחות  
"אגריק"**



זמן. אולם לא תמיד זקוקים אנו למים אלה באותו זמן שבו אנו זקוקים לאנרגיה שלהם. על-הרוב יהיה צורך באגירת המים לאחר ניצול החום שבהם. אפשר לחשוב על שימוש במים לאחר ניצול חומם לחימום קרקע וחלל — לחימום בריכת חממה לגידול דגים וחיות מים אחרות. בכך אפשר להכפיל את הפוטנציאל האנרגטי של המים.

עד היום גודלו מילונים בחימום קרקע ובחימום חלל — בשטח כדי 9 דונמים, מסחריים לגמרי. ניכר יתרון בהבכרת יבול וביבול עצמו. אך יש עוד לאסוף נתונים בעונה זו, לפני שמחליטים כיצד להמשיך.

אספרגוס מגיב בחיוב על חימום קרקע, וסיכויי טובים להימכר בהצלחה בחור"ל. הניסויים בתות-שדה לא היו כל-כך מוצלחים. גפן מפיקה תועלת מחימום הקרקע, ולכן יימשכו הניסויים בה גם בעונה הבאה.

אפרסק במטע שדה מגיב בחיוב על חימום קרקע וחלל. וגידולו בתנאים אלה ימשך.

בעונה הבאה נמשיך ניסויים בגידולים שהוזכרו, וגם נטפל

(המשך בעמוד הבא)



מטע שדה של עצי אפרסק מחוממים במים גיאותרמיים

חידקים פתוגניים. החיסרון העיקרי של שיטה זו הוא יציבות מועטה של התהליך: כלומר, יש השפעה רבה לטמפרטורה על תפוקת הגז. והדרישה לאנרגיה לחימום מרובה מאשר בתסיסה המיזופילית. בסיכום: תפוקת הגז הכללית מרובה יותר, אך כמות הגז נטו לשימוש קטנה יותר. הדבר נכון בריכוז מוצרים מועט: בריכוז מוצקים רב (כ-15%) ויותר) הכמות נטו של גז בשיטה התרמופילית מרובה יותר וכלכלית יותר מאשר בשיטה המיזופילית.

שיטה אחרת שנוסתה היא שיטה דו-שלבית או "שאריתית". החומר מוכנס לריאקטור ראשון, מהיר, והשאריות היוצאות שעדיין יש בהן חמרים בני תסיסה מוכנסות לריאקטור שני. בכך משיגים הארכת השהייה של החומר, התפוקה הכללית של גז מרובה, ולכן גם הכדאיות הכלכלית של שיטה זו עשויה להיות רבה.

שיטה נוספת היא על-ידי איזון יחס פחמן/חנקן. כאשר שיעור החנקן גדל — ספיקת ייצור הגז פוחתת במידה ניכרת. על-ידי ערבוב חמרים שונים המפחיתים את שיעור החנקן — אפשר להגדיל את תפוקת הגז.

שיטה אחרונה, הנבדקת והמתאימה לפסולת צמחית, משלבת תסיסה אירובית ואנאירובית. על-ידי שליטה במידת הסיחור של הנחל — אפשר לשלוט בקצב ייצור הגז. הריאקטור הנבחר בשיטה זו עשוי לתת תוצאות מעניינות לגבי פסולת חקלאית.

## שימושים חקלאיים במים גיאותרמיים

י. סגל, מינהל המחקר החקלאי

העבודה משותפת לחוקרים אחדים: אירית רילסקה, איתן פרסמן, שמעון לביא ואמנון ארז. העבודה נעשת בפארן, במקום שמקור האנרגיה קיים, בתיאומו של דדי רוסו.

אנרגיה גיאותרמית בארץ אינה קיטור, אלא מים בטמפרטורה שעד כ-60 מ"צ, מתוך אקוויפר עמוק. באר פארן פעילה זה שנים אחדות. לכאורה זהו מקור אנרגיה זול מאוד, משום שלפי החוק בארץ המים לחקלאות צריכים להיות קרים, ומכיון שהבאר נקדחה כדי למצוא מים לחקלאות — הרי שהחום שבמים הוא תוספת ללא מחיר. תחילה חשבנו לנצל אנרגיה זו לחימום הקרקע על בסיס ניסויי מעבדה שהראו כי יש צמחים העשויים להפיק תועלת מכך. הגידול שנמצא במעבדה מתאים ביותר ליהנות מחימום הקרקע הוא מילור-ניס. אך במציאות לא הוכח שגידול זה מפיק יתרון ניכר מחימום הקרקע. לכן הוכנסה גם שיטה של חימום חלל במנהרות פלסטיק גבוהות. צינורות פוליאיתילן שימשו לחימום, משום שאין הם נתקפים מחמרים קורוסיביים וממשקעים שבמים. לחימום הקרקע יש גם אלמנט של אגירה לכמה ימים. בעיקר באיזור מדברי שיש בו לפע-מים גם קרח.

חימום הקרקע תוכנן ל-7 עד 10 מ"צ מעל טמפרטורת ההיקש, והיינו קרוב לאופטימאלי מבחינת הדרוש לצמח. חימום החלל תוכנן ונתן לפחות 7 — 8 מ"צ מעל טמפרטורת-הסביבה. חישוב כלכלי מראה, שאפשר לקבל בעזרת צינור פוליאיתילן ובניצול חום המים — עד 25 מ"צ, חימום מספיק של חלל וקרקע, בהשקעה של כ-3000 דולר לדונם. עלות ההפעלה תהיה כ-1000 דולר לדונם לשנה, בהשוואה לעלות דלק כדי 3000 דולר לדונם לשנה.

באר כדוגמת "פארן 20" נותנת כ-200 מ"ק מים לשעה בטמפרטורה של 60 מ"צ, כלומר — שווה ערך של 400 ליטר דלק לשעה. זה כשמשתמשים במים להשקיה ולניצול האנרגיה שלהם באותו



לית מוחלטת ועד לכדאיות מרובה. עלינו לראות גידולים אלה כצמחים להפקת חמרים תעשייתיים, הגדלים באזורים צחיחים. דוגמה של צמח כזה — החוחובה, שהיא גידול תעשייתי להפקת כימיקלים, הגדל כיום בארץ על-פני כ-5000 דונם. גידול נוסף, שנתחיל לעסוק בו, הוא הגואיול, שהוא תחליף לעצים שמהם מסיקים גומי טבעי. הפקת גומי מצמח זה, הגדל באזורים צחיחים, יכולה לשחרר כמויות של נפט שממנו מסיקים כיום גומי סינתטי.

הצמח המדברי הנפוץ ביותר כבעל פוטנציאל רב של אנרגיה — הוא יופורביה לאטירים, לפי קלווין, אפשר יהיה להפיק ממנו 125 חביות דלק להקטאר לשנה. זוהי תחזית אופטימית מאוד; חוקרים אחרים מתונים יותר בנידון זה. סלסר ולואיס מגיעים למסקנה, שמבין גידולי האנרגיה הבאים בחשבון — האצות הן הפחות כדאיות, ואילו אחרים טוענים ההיפך. רוי סקס טוען, שפוטנציאל הדלק מהצמח שהוזכר הוא רק 4.5–6 חביות לשנה להקטאר ללא השקיה, ועם רישקיה — בין 11 ל-13 חביות; זוהי כמות כדי 10% מזו שצופה קלווין. כיום, בודקים את הצמח הזה בכ-20 מקומות בעולם. בארץ נמצא כי באזורים צחיחים, עם השקיה של כ-710 מ"מ מים לשנה, היה היכול כדי 7.5 חביות דלק להקטאר לשנה. בהשקיה של 240 מ"מ מים לשנה היה היכול 2.7 חביות. מכאן מתעוררת השאלה, אם אמנם מתאים צמח זה לאזורים מדבריים. בצפיפות מרובה של צמחים גדל יכול הדלק, אך הוא אינו מרובה מחבית אחת לדונם לשנה.

באוניברסיטת בן-גוריון נבדקות גם יופורביה תירוקאלי ופחילת המדבר (תפוח סדום). צמחים אלה גדלו באזורנו היטב יותר מיופורביה לאטירים ונתנו יכולים גדולים. פחילת המדבר גם עמידה במליחים מאוד. יכולי הדלק של פחילת המדבר בשנה ראשונה התקרבו ל-9 חביות להקטאר לשנה.

באריונה, למשל, לאחר 3 שנות גידול, הגיע היכול רק 11 חביות; לכן אפשר לצפות שאצלנו יהיו היכולים גדולים יותר. אך גם כך יכול הדלק מועט מאוד, ויש לחשוב על הפקת ביומאסה או חמרים אחרים ולא-דווקא דלק. אנו נמשיך את גידול פחילת המדבר, משום עמידותה בטמפרטורות גבוהות ומשום שתוכל לשמש דוגמה של גידול צמחים בעלי כימיקלים לתעשייה (מבחינת האופן והממשק של הגידול), גם אם לא יתגלה בה פוטנציאל ראוי לשמו של חמרים תעשייתיים. בניסויים האחרונים נבדק מספר הקצירים בשנה, ונמצא שקציר אחד נותן יכול רב יותר מאשר יותר קצירים. על-ידי כך ההשקעה ליחידת יכול קטנה.

גודלו עוד כמה צמחים מבחינה בוטאנית, ונבדקו הרכיבים הכימיים שלהם, עדיין ללא התייחסות לכמויות ולאפשרויות ההפקה. נבדקים גם היבטים של אגרוטכניקה בצמחים אלה.

הכוונה הכללית היא להחליף חמרי תעשייה שמקורם כיום בנפט זוהי גישתם של ויין והופמן, האומרת שיש לפעול בכיוון של הפקת מוצרים בוטאנו-כימיים במקום מוצרי נפט; כלומר, אין כוונה להחליף את הדלק למכונות, אלא רק מוצרים תעשייתיים שמקורם בנפט.

סקר מעמיק שנעשה באוסטרליה מראה, שהמחיר של כמה צמחי אנרגיה בשער המפעל הוא ה-60 דולר לטונה. לצמח הגואיול (צמח להפקת גומי), המחיר בשער המפעל הוא מינוס 79 דולר לחבית דלק, מכיון שהגומי נמכר כיום במחיר גבוה מאוד. לכן, הדלק שיופק מצמח זה לאחר הפקת הגומי — הוא מוצר-לוואי בעל מחיר גבוה.



מילונים במנהרות גבוהות מחוממים במים גיאותרמיים.

בבעיות נוספות של טיב המים, צורת פיזורם ואופן העברת החום שלהם.

## ניהול משק אנרגיה משולב ביישוב אגרו-תעשייתי

דן דבוסקין, "חשב", היחידה הבינקיבוצית לשירותי ניהול

זוהי עבודה שעדיין לא התחילה, אך מדברים עליה זמן רב. מוליד הרעיון, זלמן פרץ מבית-השיטה, התחיל בקידומו עוד לפני 6 שנים. עיקרו: יש לראות את הקיבוץ כמקום המכיל בתוכו מערכות של ייצור אנרגיה וצריכתה בשילוב מלא. זוהי מערכת חברתית יחודית שאינה קיימת במקומות אחרים בעולם, ושבה אפשר לשלב את הפעילויות הצורכות אנרגיה עם הפעילויות המייצרות אנרגיה. הפעילויות הצורכות אנרגיה הן ביתיות, קהילתיות ותעשייתיות. הפעילויות של ייצור אנרגיה כוללות יעול השימוש בה, בידוד מבנים, צמצום צריכה ועוד; ייצור אנרגיה במיתקני נפ"ח (כחמישה כבר בפעילות מסחרית); ייצור אנרגיה חשמלית ממים, דבר שכבר נעשה בקיבוץ הגושרים ובעמק בית-שאן ואפשר לנצל מקור אנרגיה זה בעוד כמה משקים; השימוש באנרגיית הרוח עשוי להיות כלכלי בכמה מקומות בארץ. בנוסף לטורבינה של "ישקר" הפועלת כמעט לות, ניצול חום שאריתי אפשרי בכמה מפעלי תעשייה במשקים; אנרגיה סולרית לחימום מים ולחימום מבנים נכנסת יותר ויותר במשקים; וכמובן — שריפת פסולת חקלאית כגון קמל כותנה.

מטרת הפרויקט היא לבחון, כיצד לשלב את המקורות שהוזכרו בצורה מיטבית כדי לספק את תצרוכת הצרכנים השונים בכל משק. לכך מוצע לפתח כמה מודלים ולשלבם במודל אחד עיקרי, שאפשר יהיה ליישמו באחד הקיבוצים בארץ, להשגרה ולהרחבה.

## צמחים כמקור דלק

אלון אהרונוסון, אוניברסיטת בן-גוריון

הרצאה זו כוללת סקירה על המצב בעולם בתחום צמחי דלק, ועל עבודת הכרירה של צמחים כאלה הנעשית עכשיו באוניברסיטת בן-גוריון.

יש חשיבות לבחון דבר זה, משום שהמידע הקיים כיום מגוון מאוד ומצביע על תחום רחב של אפשרויות, החל באי כדאיות כלכ-



פיח כמנוע, אך עובדים כיום על פתרון בעיה זו.

הצמח יכול לגדול ללא השקיה כאשר כמות המימנים מרובה מ-400 מ"מ בשנה, ופוטנציאל הדלק שלו הוא עד 200 ליטר לדונם. השאריות שלאחר הפקת השמן יכולות לעבור ניקוי ולשמש לאביסה לבעלי-חיים.

היבול שהתקבל בארץ הוא עד 400 ק"ג זרעים לדונם ובהם כ-42% שמן. בנידון זה תיעשה עבודה נוספת.

### דחיסת חומר צמחי והכנתו לשריפה

לינקולן ויליאמס, חברת תובל-קין, אנגליה

**הערת העורך:** הרצאה זו שולבה בתכנית — בקשר עם השיטה של שריפת קמל כותנה, שהוסברה קודם. כמה מהביעיות הקשות בטיפול בחומר צמחי ובהכנתו נובעות מכך, שהחומר הוא בעל משקל נפחי מועט מאוד, ולכן קשה לאחסנה ולשינוע. בעל הרצאה זו הוא מהנדס העובד בחברה האנגלית "תובל-קין" העוסקת גם בטכנולוגיות ובמכונות לדחיסת חומר צמחי.

בחברתנו אנו מתכננים ומקימים מערכות שלמות לשריפת חמרים שונים. אחד הרכיבים במערכת כזאת יכול להיות ציוד לדחיסת החומר לאחר איסופו. קמל הכותנה הוא חומר שאפשר לדחוס בקלות לקוביות קטנות. חומר דחוס זה מכיל קצת יותר ממחצית הערך הקלורי של פחם, ונפחו הוא כמחצית מזה של פחם (המדובר בקוביות של קמל כותנה). כאפשר להפעיל מכונות דחיסה בספיקה של 4—6 טונות לשעה. מחיר הפחם בארץ נע בסביבת 21 פנס אנגליים לתרם (מידת אנרגיה). באנגליה, קמל פשתה דחוס לקוביות, הדומה בצורתו ובתכונותיו לקמל כותנה, מחירו כ-20 פנס לתרם. זה נותן אינדיקציה על אפשרויות הניצול הכלכלי של קמל הכותנה בארץ. בנוסף לעובדה שבכך ייחסך יבוא של פחם. מכונת דחיסה יכולה להפיק כ-20,000 טונה לשנה, שהם שווי-ערך ל-960,000 דולר במחירי פחם. מחיר מכונה כזאת עשוי להיות בטביכת 150,000 לירות אנגליות. אפשר להשתמש במכונות כאלה גם ללא יבוא החומר. כשלחותו היא כ-20%, חומר-הגלם מועבר דרך מגרסה בספיקה של כ-5 טונות לשעה. החומר הגרוס מועבר בצורה פנימטית לקופסת כימות ומשם אל מיתקן הדחיסה. ממנו מועבר המוצר הסופי בעזרת מסוע לכלי הובלה או למקום האחסנה. מנוע המגרסה הוא בעל הספק של 225 קילוואט ומנוע מכש הדחיסה הוא בעל הספק של 100 קילוואט. כלומר, זהו ציוד המפעיל הספקים גדולים ולכן הוא בנוי בצורה חזקה.

חברתנו מספקת גם דודים לחימום מים בדלק מוצק. בהספקים שבין 3,500 ל-20,000 פאונד קיטור לשעה. דודים אלה אינם צריכים השגחה מתמדת והזנתם אוטומטית ורצופה, וכן גם סילוק האפר. נצילותם המרבית היא 86%. עד היום נמכרו כ-40 דודים כאלה, והם פועלים בהצלחה זה שנים אחדות.

אנו בוחנים גם אפשרויות של שיווק דודים מוסקים בנפט ובגז, עם מיקרומודולאציה. כלומר בקרת השריפה על-ידי מחשב, כדי להגדיל את נצילות השריפה. החיסכון בדלק עשוי להיות בין 5% ל-10%.

אפשר לשרוף גם ביוגז. משום שלמיתקן יש בקרה מדויקת.

(המשך בעמוד הבא)

מאוד. הפסולת הצמחית הרבה מגידולים אלה יכולה לשמש לשריפה ולשימושים אחרים. יש להמשיך חיפוש צמחים בעלי פחמימנים מועילים שיגדלו במדבר, ולפתח את הפקת החמרים הבוטאנו-כימיים.

### פחמימנים מצמחים — כמקור לאנרגיה

דוד לביא, מכון ויצמן למדע

הביומאסה היא הצורה היפה ביותר של אחסנת אנרגיית השמש. השאלה היא — כיצד לנצל את הצמחים כמקור לאנרגיה, והכונה היא לנצל את הצמחים להפקת חמרים שמקורם כיום בנפט, ובכך לנצל את הנפט דרך החקלאות. הצמח שבו מדובר בעבודה זו הוא מלחית אשלגנית. האמריקנים הקדישו עבודה לטחינת הצמח ולדחיסתו לקוביות שימשו להסקה ביתית, ואילו בארץ יש לחשוב על ניצול טוב יותר של הצמח באמצעות החמרים שבו.

הנכסות הצמחים וגידולם נעשים בידי מנהל החווה החקלאית של מכון ויצמן. אבי שדה. הצמח מפתח שרשים עמוקים לשם ניצול מים. והוא זקוק להרבה שמש. זהו צמח מדברי הגדל בארץ, והוא מתאים לאזורי גידול מדבריים. אין כל כוונה שהוא יתחרה עם צמחים אחרים על אדמות ומים. הצמח גדל כמעט ללא השקיה (פרט לתחילת הגידול).

רווחי השתילה היו 1x1 מ', ולאחר 3 חדשי גידול נע משקל הצמחים בין 4 ל-7 ק"ג לצמח. התברר שיש בטבע שני זני משנה, האחד קוצני וקשה מאוד והאחר בעל ענפים וקוצים רכים יותר. שני חמרים כימיים, שהופקו מהצמח, מעניינים ביותר. האחד מוצא מצמחים מצמחים טחונים והוא מונאקוואן. חומר פחמימני בצורת שעווה בעלת נקודת היתוך של 60 מ"צ. התכולה היא 0.1% שעווה בצמח יבש. חומר זה קל להפריד מהצמח. כנראה הוא יכול להיות מנוצל בקוסמטיקה, ברפואה ובשימושים אחרים, בטמפרטורות גבוהות. מכיון שאין שעווה זו הופכת לסרויה (rancid).

החומר האחר שבוודד הוא שמן המורכב בעיקר מהחומצות לינר-ליאית, אוליאית וסטיארית. שמן זה דומה מאוד בהרכבו לשמן חמניות, אך אין הכוונה לנצלו כשמן מאכל. השימוש בחומצות שבו יכול להיות ברפואה, בתעשיית הצבעים ולמטרות אחרות. החומר הצמחי לאחר המיצוי יכול לשמש לתעשיית סיבית או לשימושים אנרגטיים. הצמח הזה גדל בתנאי מדבר ללא השקיה, ולכן יש להניח שעלות הגידול תהיה מוטטה.

### כרוב-שדה כצמח פוטנציאלי להפקת שמן

למנועי דיזל

מנחם צור, מינהל המחקר החקלאי

הצמח שבו מדובר מכונה היום ליפתית, והוא דומה להרבה צמחי בר המצויים בארץ. זני ליפתית הובאו מהמזרח הרחוק. זהו צמח חרפי הנורע בסתיו, ובשנה גשומה הוא שופע תרמילים המבשילים בקץ. הדישה נעשית בקומביין חיטה מקובל. מהזרעים מפיקים שמן. מכמה זנים מפיקים שמן מאכל, ואילו מרוב הזנים מפיקים שמן לתעשייה. מכמה זנים אחרים אפשר להפיק שמן דיזל, לאחר טרנס-פורמאציה כימית פשוטה. בדיקות שנעשו באוסטריה מראות שערכו הקאלורי של השמן המופק — כמעט שווה לזה שבדלק דיזל המופק מנפט (כדי מגה-ג'אול אחד לליטר). עדיין יש תופעה של שקיעת



# אילנה פריד:

יש ויכוח נצחי בין החוקר לכלכלן. הכלכלן מנתח את המוצר הסופי של המחקר מבחינה כלכלית כאילו הוא כבר קיים בשוק. ועל-הרוב הוא מגיע למסקנה שאין המוצר כלכלי. אך אילו היינו שומעים רק לכלכלנים — תעשיות רבות לא היו מתקיימות היום. לכלכלן יש כלים לבדוק פרויקטים לטווח זמן קרוב. החוקר מסתכל בדרך-כלל לטווח רחוק יותר.

כשהמחקר נגמר — המוצר הסופי מוגדר. אך תוצאות-הלואי של המחקר לא תמיד ידועות מראש. אחת התוצאות האלה של המחקר בכימאסה היא, שאפשר יהיה להפיק תועלת מאזורים צחיחים, שאינם מתאימים כיום לגידולים חקלאיים.

# אורי דרימר:

כל פרויקט צריך להיבדק מכל היבטיו. הדגשת יתר של הצדדים הלא בטוחים תהיה עיוות גדול. בעיקר לפרויקטים שאנו מדברים עליהם. כמעט בכל טכנולוגיה יש צדדים לא בטוחים, ותמיד יהיה טוב אם יותקנו מיתקנים רזרביים למקרה של תקלה. יש להרכות בארץ מיתקני-בוחן שינצלו את כל סוגי האנרגיה. לאחר שעושים מיתקן-בוחן אחד בטכנולוגיה כל שהיא — יש לעצור ולנתח ולת-שוב, ולא למהר ולהקים מיתקנים נוספים. בכל מדינה ומדינה יש בעיות מקומיות, ולכן יש לעשות כאן מחקר מותאם לתנאים המק-מיים. בכל מחקר יש לעשות סקר טכנולוגי כדי לבחון האם לדבר משמעות טכנית וכלכלית, ואחר-כך יש לפעול לביצוע מחקר ולהקמת מיתקן-בוחן.

# אהרון ניר:

טווח החיזוי של הסקר האנרגטי של המשק הקיבוצי יקבע את תוצאותיו. האם הסקר יעשה על טכנולוגיות מצויות בארץ, או על כאלה המצויות בעולם ויובאו לארץ. או על טכנולוגיות שבפיתוח בטווח של עד 10 שנים? התוצאות יהיו שונות בהתאם לאופי הטכנולוגיות שייבחנו.

שאלה הנשאלת תמיד במחקר היא, האם הקריטריון הכלכלי הוא היחיד, הוא הקובע, לשיפוט פרויקטים, או קריטריונים נוספים ואולי אף חשובים יותר, בהתאם למטרות המחקרים השונים.

על-הרוב אנו משתדלים להגיע לפרויקטים רכי-מטרתיים, וגם אם אין אנו מקבלים את עניין הכלכליות כקריטריון קובע — עלינו להאזין לניתוחים הכלכליים.

# זלמן פרח:

כיום מוכרחים למחזר פסולת חקלאית, ודבר זה נעשה יותר ויותר בכל העולם. אנו יכולים כיום לפרק כמעט כל פסולת חקלאית ולהש-תמש במוצריה. ככל שהדבר יהיה יותר משולב — הוא יהיה יותר יעיל.

פרויקט נפ"ח הוא דוגמה לאינטגרציה זו. אילו היה נבחן רק מהיבט ייצור הגז, שהוא 20% מהמוצר — לא היה כדאי להקימו: אולם השילוב בין כל המוצרים היוצאים מנפ"ח — הוא הנותן את התרומה הכלכלית למשק. גם כאשר יגמר המיחזור בחמרים החקל-איים — ימשיכו אותו בחמרים תעשייתיים. כיום אין לחשוב על פעילות ללא מיחזור.

קורה כיום, שהראייה של המיחזור אינה בהירה דיה, ולכן יש

# דיון

מנחה — אריה שסקין

# דן דבוסקין:

שריפת חמרים אורגניים ופסולות, כל השוואה בין שריפת חמרים חקלאיים לבין דלק נחלי — אינה נכונה. אמנם מבחינה קאלורית השוואה זו טובה, אך מבחינה כלכלית אין להשוות. ראשית כול, נוחות הטיפול בדלק מוצק — אינה בת השוואה לזו של דלק נוזלי. שנית, השריפה של פסולות חקלאיות אינה גמישה דיה ואין אפשרות להתאמה מלאה בין קצב הבעירה לקצב השימוש באנרגיה, כפי שהדבר נעשה בדלק נחלי. לכן יעילות המיתקנים פחותה. שלישית, תחזוקת המיתקנים לשריפת פסולות קשה יותר. רביעית, יש השלכות לא מבטלות לתחום האיקולוגי. יתכן שיש גם הבדל באמינות המית-קנים, ויש צורך במיתקן נוסף שיעמוד כנונות למקרה של תקלות. משום כך יש להביא בחשבון את כל ההיבטים שהוזכרו, ולא רק את ההיבט האנרגטי. כאשר משווים בין השיטות הקונוונציונאליות לבין השיטות החדשות, יש גם סיכון של השקעה ראשונית מרובה במיתקנים כאלה, ובאחרים שהם עדיין חדשים בשוק, וגם היבט זה יש להביא בחשבון כשעורכים ניתוח כלכלי של הנושא.

תחליפי דלקים. בעית היסוד בתחליפי הדלקים מהחקלאות היא המגבלות של קרקע ומים (החריפות מאוד בארץ). לכן, בכל ניתוח כלכלי יש להכניס גם את המחיר של גידול חלופי שהיה נהנה מאמצעי הייצור שהוקדשו לגידול לייצור תחליפי דלק.

הדוגמה של פרויקט האתאנול שנעשה לפני כשלוש שנים — טיפוסית לעניין זה: נמצא, שמחיר האתאנול כיום כפול ממחיר הבנ-זין, והוא לא יהיה כלכלי גם בעוד 20 שנה. לכן יש להזהר מתחזיות אופטימיות מדי על בסיס הצלחות אגרנומיות טובות.

הרבה ניסויים הנעשים בשטח אינם עוברים מעקב כלכלי. לדוגמה, בפרויקט נפ"ח ניסו ליצור מהפסולת לוחות סיבית. הניסוי הצליח מאוד, אך התברר שמחיר ייצור סיבית מפסולת עץ הוא כרבע ממחיר ייצורה מהפסולת של נפ"ח.

עניין זה צריך היה להיבדק לפני שבוצע הניסוי. תמיד יש לבדוק מהי החלופה ועם איזה מוצר הולכים להתחרות.

# מרים ולדמן:

נוכל להסתכל על מקורות האנרגיה המתחדשים בצורה שונה במקצת. המקורות החקלאיים מאופיינים בעונתיות וכאמצעים הדרו-שים כדי לייצר אותם. השלכה נוספת היא על הצד האיקולוגי. הזמן שבו אוגרים את חומר-הגלם הוא קצר ועונתי, ואילו זמן השימוש באנרגיה הוא בדרך-כלל אחר, ולפי זה יכול כל העניין לקבל משמ-עות חיובית או שלילית. צריך להסתכל על אזורים שבהם אין אפשר-ות לגדל שום גידול מועיל, אך אפשר לגדל בהם צמחי אנרגיה כגון פתילת המדבר. כן יש לבחון את הדרישה למוצרים, שבגלל היותם ממקור צמחי — השוק להם רחב יותר.

רוב הפסולות החקלאיות מהוות מטרד איקולוגי. על-ידי השימוש בהן מסלקים את המטרד והופכים אותו למשהו מועיל. לכן, בכל ניתוח כלכלי יש לכלול גם את העלות שהיתה דרושה לסילוק המטרד.

כאן בארץ יש לעניין היבט נוסף, והוא — יצירת מקור הכנסה נוסף לאוכלוסייה. עניין זה לא תמיד נמדד לפי קנה-מידה כלכלי.



אחרים או לייבאם מבחור. אין טעם כיום לגדל צמחים לשם הפקת דלק שריפה. כאשר החמרים החלופיים הם כעלי ערך גדול הרבה יותר.

### ישעיהו סגל:

לפני כשנתיים נערך יום-עיון בנושא דומה, וגם אז הושמעה ביקורת מצד הכלכלנים. אולם אחת התוצאות הבולטות של אותו יום-עיון היתה, שכחוצה ממנו הוחלט להקים את מיתקן השריפה של פסולת במפעלים האזוריים ב"מילואות".

### שיחת סיכום: חקלאות ואנרגיה

#### דן זסלבסקי

הפרחת השממות בישראל היתה, בעצם, תיקון לשימוש קלוקל באנרגיה, כאשר שרפו את העצים. התחדשות המשק החקלאי בארץ נעשתה מתוך הרגשת חזון ושליחות. נראה, שמעט מאוד מהרגשת יעוד זו קיימת אצל אלה המטפלים באנרגיה, ולכן קצב ההתפתחות במשק האנרגיה אינו מהיר — וזוהי הבעיה היסודית והחמורה, יותר מאשר הקצאת כספים לעניין זה.

החקלאות קשורה לאנרגיה בשלושה היבטים, כלהלן:  
(א) כצרכנית של אנרגיה. היא צורכת 6% — 7% מהאנרגיה הראשונית (חשמל, דלק). זהו חלק נכבד למדי. ככל שיגדל החיסכון בתחום זה — כן תגדל התרומה למשק האנרגיה.

(ב) מבנה החקלאות הוא כזה, שהוא מאפשר יישום טכנולוגיות שאי אפשר ליישמן במיגור העירוני או התעשייתי. למשל: הקמת תחנת-כוח באזור חקלאי — פשוטה ומהירה הרבה יותר מאשר באזורים אחרים. דבר זה לא יפגע בפעילות החקלאית, כפי שהיה פוגע בפעילות עירונית. זה נכון גם לגבי טכנולוגיות אחרות.

(ג) מקורות לייצור אנרגיה, שחלק ניכר מיוס-העיון הזה הוקדש להם.

עניין המים מטופל בתחום אחר, ושם הבעיה היא בעיקר — יישום טכנולוגיות ידועות.

צוינו כאן דרכים לניצול הכימאסה. בארה"ב הגיעו למסקנה, שיגידול במיוחד לצורך שריפה — רחוק מלהיות כדאי, ולא יהיה כדאי אף פעם. הצרכנים לביומאסה בצורה שונה מאשר שריפה מרוכזים עד כדי כך, שלעולם לא יהיה כדאי לנצל חלופה זו. יחס המחיר רים היה ויהיה תמיד לטובת שימושים שונים מאשר שריפה. נוסף לכך, טכנולוגיות אחרות יעילות יותר מאשר החקלאות בייצור דלק. בריכות סולאריות, למשל (שהן עדיין לא כלכליות) מייצרות 3/4 טונה עד טונה דלק לדונם בשנה. שום שדה חקלאי עדיין לא הגיע לתפוקה כזאת בהשקעת אותם אמצעים. בטכנולוגיות של המרת אנרגיה סולארית באנרגיה חשמלית מדובר על 3 — 4 שט"ן לשנה לדונם. זוהי מטרה, שהחקלאות לא תוכל להתמודד עמה.

כלומר, שריפת ביומאסה יכולה לבוא כפעולת-לוואי, לסילוק פסולת שממילא יש להיפטר ממנה.

בכל פרויקט יש לבחון את הצד הכלכלי, ולו רק כדי לאתר את הנקודות שבהן צפויות בעיות ובהן יש לעבוד כדי לפתור אותן. אם פרויקט יושמי אינו כלכלי מבט ראשון — הדבר אינו מפיל אותו על הסף; אך יש לעשות ניתוח כלכלי של כל פרויקט כזה משלבו

(המשך בעמוד הבא)

פרויקטים שמתחילים בהם אך לא ממשיכים בדרך הנכונה. לגבי המשק המשולב, הקיבוץ הוא המקום המתאים ביותר לביצוע תכנית האיסטגראציה של מקורות אנרגיה וצרכניה.

### ישעיהו סגל:

כשבדקים פרויקט, יש לבחון גם היבטים של נוחות, גמישות, איקולוגיה ועוד. בנוסף לניתוח הכלכלי, כפי שכבר נאמר היום, עניין ניצול פסולת חקלאית גבולי מאוד כיום מבחינה כלכלית; אולם המו"פ באנרגיה צריך לשאוף להכנת חלופות — ליישום מיידי לעת משבר, שאז נצטרך להשתמש בכל יחידת אנרגיה זמינה.

### חיים בלס:

ההשוואה בין טכנולוגיה צעירה בשלבי פיתוח ובין מערך כלכלי הפועל עשרות שנים — אינה הוגנת. עלינו לבחון מהן הבעיות שאפשר לפתור בתהליך היישום של טכנולוגיה צעירה, ומהן הבעיות הבסיסיות יותר שהשלכתן על ההיבט הכלכלי מכרעת.

התהליך שהביא לידי עצירת מחירי הנפט נערץ בעובדה, שעם פירסום הציפיות לעליית המחירים — התחילו בפעילות לצמצום הצריכה, לשימור אנרגיה ולפיתוח מקורות אנרגיה חדשים. בכך (בנוסף למצב הכלכלי כיום בעולם) גרמו עצירת המחירים ואף את ידידתם הריאלית, משום כך, יש להמשיך פיתוח חלופות לנפט.

### משה רובין:

חייבים לעשות בדיקה טכנו-כלכלית ואיפיון תעשייתי של המחקר רים באנרגיה. אפילו בסימולאציה; שאם לא כן עלולים להחטיא את המטרות. יש לפעול לבניית נוהל של קבלת החלטות, בעיקר נוכח העובדה שמו"פ אנרגיה בחקלאות משותף לשני משרדים ממלתיים שנקודות השקפתם לא בהכרח זהות. יש לקוות שכנס כזה יערך בכל שנה, כדי להגיע לקביעת דפוסי עבודה עתידיים.

### צליה שפריר:

אין להסתכל על בעיות האנרגיה רק בהיבט הכספי. גם כאשר האומדנים המתקבלים הם גבוליים — זוהי תוצאה שצריכה לעורר מחקר ופיתוח. בסקר על מקורות פסולת חקלאית היתה התייחסות גם לנקודות כגון הוצאות תפעול, קשיי יישום ועוד, בנוסף לתרגום הכספי של הערך האנרגטי של המקורות.

### אלון אהרונסון:

יש סקר שנעשה לפני כ-12 שנה על ניצול מים מליחים בנגב, שפסק בפירוש שהדבר אינו מעשי. כיום יש בנגב כ-10 ישובים, המנצלים מים כאלה בהצלחה רבה. כיום יש דרישה מצד חקלאים למצוא גידולים חדשים, כדי שהם יוכלו להשלים את מעגל הייצור שלהם. לכן יש כיום צורך בהתאמת גידולים לאזורים צחיחים, וזה צריך להיות אחד הקריטריונים לקבלת מחקרים. יש גם להתייחס לשאלה, אילו מערכות מתאימות יותר לאזור הנגב, מערכות אינטגרטיביות או אקסטנסיביות, ומהי האפשרות של אינטגרציה בין מערכות חדשות לבין מערכות תעשייתיות וחקלאיות קיימות.

### משה טישל:

מבחינת החקלאות יהיה נכון לגדל כל אותם צמחי אנרגיה ששמענו עליהם, משום שיש להכניס לנגב גידולים חדשים. אך מצמחים אלה צריך להפיק מוצרים מיוחדים שאי אפשר להפיקם מצמחים



# מקורות אנרגיה חלופיים שמוצאם מן החקלאות

(המשך מעמוד קודם)

2. הספקה רצופה ואמינה;
3. כנ"ל, אך אמינות מבחינת האספקה, ורציפות המלאי כדי שלא נישאר ללא דלק;
4. טכנולוגיות חדשות בעלות ערך מסחרי;
5. איכות הסביבה.

משרד האנרגיה מתרכז בשלוש המטרות הראשונות, משום מגבלות תקציב וכוח-אדם. המשרד לא יזום מחקרים המכוונים לשתי המטרות האחרונות, אולם כל יזמה בתחומים אלה תיבדק לגופה. כשעוסקים בחקלאות, מתעוררת שאלה שהיא נושא לא-הכנות: היכן הגבול בין מחקר חקלאי למחקר חקלאי-אנרגטי? יש הרבה מחקרים שהם "על-יד", וחשיבותם אינה מוטלת בספק. יש אפוא להעביר את הקו במקום מסוים, משום שמשרד האנרגיה אינו יכול לממן את כל המחקרים. כל רעיון שיגרום חיסכון באנרגיה, כל רעיון שיקטין את מחיר האנרגיה בשימוש הקיים וההכרחי, כל אפשרות של הספקת אנרגיה ממקורות חלופיים — הם בעדיפות ראשונה בתחום אנרגיה בחקלאות.

כיום נראים שני מקורות חלופיים לאנרגיה, שהם בני יסוד מיד, אחד מהם הוא אנרגיית הרוח. כאן יש רק ליישר כמה עניינים אדמיניסטרטיביים, אך הוא כדאי היום מבחינה כלכלית. הפוטנציאל הנאמד הוא כ-1000 מגאוואט, ואולי זה נשמע אופטימי מדי. המקור האחר הוא פסולת חקלאית. אחריהם באים פצלי השמן. אף שהטכנולוגיה לניצולם ישנה — יעברו 5 עד 6 שנים עד שאפשר יהיה להתחיל בבניית מיתקן מסחרי.

הראשון, גם אם הוא לא יקום או יפול רק על-סמך ניתוח זה. כשמדובר במחקרים מדעיים יסודיים, צריך לדעת בפירוש שהמחקר הנדון בא לחקור את יסודות המדע, ולא יותר. יש דוגמאות, שמחקרים כאלה בכל זאת נשאו פירות ישומיים, ולעומת זה יש הרבה מחקרים כאלה שרק הוסיפו מידע.

שריפת ביומאסה שהיא פסולת — כלכלית כיום. הבעיות ביישום הן בצד של המיכון, ופתרון בעיות אלה יהפוך את העניין מיד לכלכלי. הבריכות הסולאריות שפותחו ב"ארגמן" (בריכות סולאריות עם מים מתוקים ועם קולטים צפים) יכולות להיות אטרקטיביות מאוד לחקלאות. יש כאן פתרון לבעיית אגירת החום. לכן רצוי שחקלאים ייפגשו עם מפתחי הבריכות הסולאריות האלה ועם מפתחי שיטות אחרות, כדי לבחון ישומים של טכנולוגיות חדשות בחקלאות. מדיניות משרד האנרגיה הגדירה חמש מטרות ראשיות למחקרים באנרגיה: וכמובן, הן ישימות גם למו"פ אנרגיה בחקלאות.

ראשית תמונת האנרגיה של ישראל היא: יבוא של כ-98% מהאנרגיה הנצרכת. כמות זו מהווה כעשירית מהתוצר הלאומי הגלמי, וכשליש מכלל היבוא. זוהי תמונה חמורה, משום היותנו מערכת אנרגטית קטנה ומבודדת עם קווי אספקה ארוכים, וכל תקלה עלולה להיות קריטית. אין אנו יכולים לעשות מה שכל מדינה באירופה או ביבשת אמריקה יכולה לעשות בעת תקלה. אנו זקוקים לרזרבה גדולה בגלל תלותנו הפוליטית. מכאן נובעות המטרות הבאות של מו"פ לגבי אנרגיה:

1. הקטנת הנטל הכלכלי;

## תחזיות בדבר בצורת בנגב — ומהימנותן

(המשך מעמוד 1670)

או לשחת, או לתכנן את המים לקין הקרוב, ועוד. בכל מקרה שמרחפת סכנת בצורת — הדיונים מתחילים באיחור; וכל המקדים — הרי זה משובח.

(4) אין אני מתגבר על הבעיה עם המלה "לפעמים" ועם 98% פשוט מאוד: לפעמים, כאשר יש סימנים מובהקים, הדיוק הוא 98%. אני חוזר: באותם מקרים שסימנים אלה הופיעו — היה הדיוק עד כה 100%. אני מפחית 2% בשביל היוצא-מן-הכלל שיבוא. סימנים כאלה היו, למשל, לפני הבצורת של 1981/2, ואז פירסמתי זאת ב"השדה" באפריל 1981, אבל אירגון עובדי הפלחה לא נע ולא זע. (5) שינוי דעתי בספטמבר 1983 נבע מכך, שרק בחודש הזה גיליתי סימן נוסף לבואה של שנה שחונה. הסימן הזה היה עוד בנובמבר 1982, אלא שאז לא זיהיתי אותו. בספטמבר 1983 עלה על דעתי לחפש אותו — ואכן מצאתי. ב-21.12.83 הפך הסימן הזה להחלטי.

(6) השירות המטאורולוגי לא יתן תחזיות, בוודאי לא ביוני, כי הוא מוגבל מבחינה חוקית. על תחזית מדויקת של חלוקת גשמים אין לדבר כלל. חוץ מרגולריות מסוימת; אבל אני רוצה להיכנס לפרטים.

(7) "נבדוק את הנתונים 5—10 שנים, ואם הדיוק יהיה 98% — נתייחס לזה כהתאם". עד עכשיו עבדת על סכירות של 50:50, ופתאום אתה רוצה 98%? אילו רצית, יכולת זה-מכבר לבדוק נתונים של 60 שנה של באר-שבע ויותר מ-30 שנות רישומי גשם של רוב משקי הנגב. כמובן, פיצויי בצורת הם נתון בטוח יותר.

(8) "החקלאים מוכנים תמיד להתקדם עם הזמן ולנסות וליישם רעיונות חדשים". רק פעם אחת הוזמנתי להרצות בסמינר של עובדי פלחה, באביב 1978. לאחר הרצאתי ביטל איש מרכזי אחד את הכול, ופסק: "אנחנו לא נוכל להביא את זה בחשבון". מאז למדתי הרבה דברים חדשים בחיזוי גשמים, אבל לא התעניינו בהם, גם כשמצאתי סימנים מובהקים לבצורת עתידה, כגון ב-1972 או ב-1981.

(9) מחקר מדעי אינו דווקא כזה המכוסה בדפים נרחבים של חישובי מחשב. כמוח האדם יש יותר תאי עצב מאשר "שבבים" במחשב המשוכלל ביותר, וזה המכשיר העיקרי של כל איש מדע. אבל אני מתיימר להיות איש מדע, אני רק מחפש; או, כפי שאמר ניוטון, משחק בצדפים על שפת האוקיינוס.

יעקב עורב