

סדרת ניירות עבודה

WORKING PAPER SERIES

מס' 105 No.

יעילות סביבתית של פירות וירקות נבחרים
Environmental Efficiency of Selected Fruits and Vegetables

חני שמיר ומשה ינאי*
Chani Shamir and Moshe Yanai*

כסלו תשע"ח, דצמבר 2017 December

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה – אגף תשתית כלכלה*

***Central Bureau of Statistics – Infrastructure-Economic Statistics**



הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (הלמ"ס) מעודדת מחקר המבוסס על נתוני הלמ"ס, כדוגמת עבודה זו. עבודות מחקר אלו אינן פרסומים רשמיים של הלמ"ס, ומכאן שהדעות והמסקנות הבאות בהן לידי ביטוי, הן של המחברים עצמם ואינן משקפות בהכרח את הדעות והמסקנות של הלמ"ס.

הוצאת הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, רח' כנפי נשרים 66, פינת רח' בקי,

ת"ד 34525, ירושלים 91342

טל': 02-6592666; פקס: 02-6521340

אתר הלמ"ס באינטרנט: www.cbs.gov.il

דואר אלקטרוני: info@cbs.gov.il

תקציר

בשנים האחרונות עולה המודעות לנושאי שימור והגנת הסביבה בכלל, והמודעות לצורך בצמצום פליטות גזי החממה בפרט. מצד אחד גוברת הקריאה להגדיל את הייצור המקומי של גידולים צמחיים על מנת להפחית את ההשפעות הסביבתיות הנגרמות משימוש בכלי תחבורה ובאנרגיה להובלת המוצרים ממדינה למדינה, ומצד שני נגרם נזק סביבתי בזמן הייצור המקומי מפליטות של גזי חממה - פליטת פחמן דו-חמצני (CO_2) משריפת דלקים ופליטת חנקן תת-חמצני (N_2O) משימוש בדשנים.

עבודה זו תתמקד במערכת האגרואקולוגית, דהיינו, בקשר שבין תחום החקלאות לבין תחום איכות הסביבה על ידי חישוב פליטות גזי חממה וצריכת מים מגידולים צמחיים, ופיתוח מדדים לניתוח יעילות סביבתית של פירות וירקות נבחרים, תוך שימוש בסקרי הלמ"ס השונים המבוצעים בתחום חקלאות, סביבה ואנרגיה, ובמאגרי מידע נוספים, פנימיים וחיצוניים.

בעבודה זו, ברצוננו לבחון את היחס בין הנזקים הסביבתיים הנוצרים בתהליך גידול של פירות וירקות נבחרים עקב פליטות גזי חממה וצריכת מים לבין ערכם התזונתי.

לשם כך, אמדנו את השפעת הפעילות החקלאית הנבחרת על הסביבה. חישבנו את הפליטות של גזי חממה הנוצרות בתהליך הייצור החקלאי ואת צריכת המים, והשווינו את היחס ביניהם לבין הערכים התזונתיים של הפירות והירקות שנבחרו. החישובים כללו:

פליטת פחמן דו-חמצני (CO_2) משריפת דלקים משימוש במיכון חקלאי בעבודת השדה..

- פליטת חנקן תת-חמצני (N_2O) משימוש בדשנים.
- סך הפליטות ($\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O}$) במונחי פחמן דו-חמצני ביחס לערכים התזונתיים של כל גידול צריכת המים ביחס לערכים התזונתיים של כל גידול.

לשם כך פותחו מספר מדדים חדשים עבור פירות וירקות נבחרים שמקשרים בין מאפייני הגידולים- הפליטות, צריכת מים, אנרגיה מושקעת ועלויות- לבין הערכים התזונתיים של אותם גידולים.

במסגרת ממצאי העבודה, נקבל גם אומדן משופר ועדכני של תשומות הדלקים בחקלאות, אשר מהווה מרכיב חשוב בתשומות הייצור בחשבון ענף החקלאות.

מילות מפתח: יעילות סביבתית, מדדים לפיתוח יעילות סביבתית, פירות וירקות, חקלאות, פליטות גזי חממה, קלוריות לתזונה, פליטת פחמן דו-חמצני, חנקן תת-חמצני, ערכים תזונתיים, מאזן האנרגיה, צריכת מים.

תוכן עניינים:

4.....	תקציר.....	
7.....	1 מבוא.....	
9.....	2 תמונת המצב של החקלאות בישראל.....	
9.....	2.1 צריכת מים בחקלאות בישראל.....	
12.....	2.2 חלקה של החקלאות בישראל בפליטות גזי חממה.....	
14.....	2.3 אומדן כספי של נזק סביבתי כתוצאה מפליטות גזי חממה.....	
16.....	3. מקורות ומגבלות הנתונים.....	
16.....	3.1 תחשיבי משרד החקלאות.....	
18.....	3.1.1 תחשיבי ירקות.....	
18.....	3.1.2 תחשיבי מטעים, ללא הדרים.....	
19.....	3.1.3 תחשיבי הדרים.....	
20.....	3.2 שטחים חקלאיים.....	
21.....	3.3 צריכת מים בחקלאות.....	
22.....	3.4 צריכת דשנים בחקלאות.....	
22.....	3.5 מחירון נתוני מיכון.....	
24.....	3.6 תפוקה – כמויות יצור של תוצרת חקלאית צמחית.....	
24.....	3.7 מאזן אספקת המזון.....	
26.....	4. מתודולוגיה.....	
26.....	4.1 שימוש במים בגידול פירות וירקות.....	
26.....	4.1.1 חישוב כמות המים לטון יבול.....	
27.....	4.1.2 הגדרת המשתנים והחישובים.....	
28.....	4.1.3 תיאור תהליך החישוב.....	
28.....	4.1.4 הערך התזונתי הממוצע ביחס לרמה היומית המומלצת של אבות המזון.....	
29.....	4.1.5 חישוב צריכת המים ביחס לערך התזונתי הממוצע.....	
30.....	4.1.6 עלות חישוב המים לגידול ביחס לערך התפוקה של כל גידול.....	
30.....	4.2 חישוב צריכת דלקים ופליטות משריפת דלקים בגידולים נבחרים.....	
30.....	4.2.1 זיהוי הפעולות הכרוכות בצריכת דלקים.....	
31.....	4.2.2 הפרדת ההוצאות להוצאות קבועות / משתנות וגזירת עלויות הדלקים.....	
31.....	4.2.3 חישוב אחוז ההוצאה לדלק.....	
32.....	4.2.4 חישוב צריכת דלקים ופליטות.....	

33.....	פליטות חנקן תת-חמצני (N_2O) משימוש בדשנים	4.3
35.....	שימוש בדלקים ופליטת פחמן דו-חמצני (CO_2)	4.4
35.....	4.4.1 חישובים	
36.....	4.4.2 חישוב פליטות של פחמן דו-חמצני (CO_2) ביחס לערך התזונתי הממוצע	
37.....	4.5 חישוב האומדן הכספי של הנזק הסביבתי כתוצאה מפליטות גזי חממה	4.5
37.....	4.5.1 הנחות עבודה	
38.....	4.5.2 הגדרת המשתנים	
38.....	4.5.3 תיאור תהליך חישוב האומדן הכספי	
40.....	5. ממצאים עיקריים, מסקנות ודיון	
46.....	6. טבלת נוסחאות	
49.....	8. תקציר העבודה באנגלית	
50.....	7. ביבליוגרפיה	

1. מבוא

החקלאות המודרנית מכלכלת יותר משבעה מיליארד בני אדם בכל העולם. החל מהמאה ה-19 גדל הייצור החקלאי עקב הגידול באוכלוסייה והעלייה ברמת החיים, גידול שלווה בבירוא יערות והפיכת שטחי מרעה לשטחים חקלאיים מעובדים, והשטחים ששימשו לחקלאות גדלו פי חמישה עד אמצע המאה ה-20 במקביל לגידול באוכלוסייה. בין שנות הארבעים לשנות השישים של המאה ה-20 התרחשה "המהפכה הירוקה"¹ - תהליך שבו הצליחו מספר מדינות מתפתחות להגדיל את יבול הדגנים (חיטה, תירס ואורז) בשטחים בצורה ניכרת, הודות לשימוש בזנים חדשים והכנסת טכנולוגיות חקלאיות מתקדמות.

החקלאות הפכה מענף עתיר עבודה לענף עתיר הון (מיכון, ציוד חקלאי, תחבורה מקומית ובינלאומית מהירה), חומרים כימיים (דשנים, חומרי צמיחה, הזנה והדברה), מערכות ממוכנות וממוחשבות ועוד. כל אלה הגדילו את היבולים והורידו את מחיריהם של מוצרי החקלאות תוך הפחתה מתמדת בתשומות העבודה. בד בבד, החקלאות המודרנית יצרה תלות גבוהה במקורות האנרגיה. החקלאות המודרנית שינתה את הסביבה הפיזית והאקולוגית של הייצור החקלאי, שינוי שגרם לנזקים סביבתיים של זיהום המים, הקרקע והאוויר בשל השימוש המוגבר בחומרים כימיים למטרות הדברה ודישון.

לחקלאות בישראל מורשת היסטורית רבת תפוצות, עוד מימי התנ"ך ועד למאה הנוכחית. מתחילת הציונות וגם לאחר קום המדינה, היה לחקלאות מעמד ייחודי ואף יוקרתי וענף זה זכה לתמיכה נדיבה מצד המוסדות הלאומיים. בסוף שנות ה-80 חל מפנה במצב החקלאות בגלל הפחתת הסובסידיות והרעת תנאי הסחר של ענפים מסוימים בתחום (במיוחד ענפי ההדרים והכותנה).

במשך השנים מספר החקלאים הלך ופחת וקרקעות חקלאיות רבות הופשרו למטרות בנייה. יחד עם זאת, רוב ענף החקלאות בכלל והמחקר החקלאי בפרט המשיכו להתפתח, פותחו גידולים וזנים חדשים, והתוצר החקלאי הלאומי המשיך לגדול למרות הירידה בתשומות.

בארץ קטנה וצפופה כמו מדינת ישראל, המשאבים החקלאיים אינם יכולים לספק את כל צרכי המזון של כל אוכלוסיית המדינה, ולמרות זאת, בשנת 2014 לדוגמה, 17% מערך הייצור החקלאי של ישראל נשלח ליצוא².

יחד עם זאת, האינטנסיביות הגדלה והולכת של הייצור החקלאי מסכנת את קיום החקלאות מבחינת נזקים לקרקע, למים, לאוויר ולמגוון הביולוגי.

¹ <https://he.wikipedia.org>

² הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2014). שנתון סטטיסטי לישראל. מסי 65. ירושלים: המחבר.

התפתחותה של החקלאות המודרנית אמנם מאפשרת לנו להפיק יותר מזון ליחידת שטח אחת בפחות עבודה, אך לשם כך עלינו להשתמש בכמויות גדולות של אנרגיה. כך לדוגמה, בגידול עגבניות תושקע אנרגיה בפעולות המיכון בשדה ובפעולת הקטיפה, ואז העגבנייה תישלח מהשדה למפעל המיון והאריזה, משם למחסני רשתות השיווק, משם למרכולים עצמם ומהמרכולים לסל הקניות שלנו.

המרחק הפיזי בין שדה הגידול לבין המטבח הפרטי עשוי לנוע בין עשרות או מאות קילומטרים אם מדובר בתוצרת מקומית, ועד עשרות אלפי קילומטרים במקרה של מוצרים מיובאים. את הדרך הארוכה תעבור העגבנייה במטוסים, ספינות, משאיות וכדומה, וכל קילומטר מצריך השקעה נוספת של אנרגיה (דלק). תהליכי הייצור של גידול פירות וירקות וההובלה הטרנס-אטלנטית משתמשים בכמויות גדולות של אנרגיה (דלקים ודשנים) בתעשיית המזון ולאלה, בסופו של דבר, ישנה השפעה משמעותית על פליטות גזי חממה בענף החקלאות.

החקלאות המודרנית משתמשת בדשנים כימיים שייצורם ופיזורם בקרקע מצריכים שימוש באנרגיה. השימוש במערכות השקיה והובלת מים והתלות במיכון כבד וזולל דלק לעיבוד השדות, תורמים אף הם לשימוש הגובר באנרגיה.

לצד המהפך הגדול בחקלאות בשנות ה-40 וה-50 של המאה שעברה, עם כניסתם המסיבית של דשנים וחומרי הדברה חדשים לשימוש נרחב בחקלאות, השכיל ענף החקלאות להכיר בנזקי הלוואי שנוצרו עם השימוש האינטנסיבי בתשומות אלה. הכרה זו הובילה למציאת דרכים חלופיות המשמרות את משאבי התשתית של החקלאות: קרקע, מים, מגוון ואיזון ביולוגי, מתוך ראיית חשיבותם הסביבתית וכחלק מהמערך הגלובלי של הכרה וצורך בקיום ארוך טווח של משאבי הטבע וכדור הארץ.

בעבודה זו תיבחן השפעת הפעילות החקלאית הנבחרת על הסביבה, על ידי חישוב כמות פליטות של גזי חממה הנוצרות בתהליך הייצור החקלאי בעבודות השדה, על ידי חישוב צריכת המים ועל ידי השוואת היחס בין הפליטות גזי חממה וצריכת המים לבין הערכים התזונתיים של הפירות והירקות שנבחרו.

2. תמונת מצב של החקלאות בישראל

תמונת המצב של החקלאות בישראל כוללת את: צריכת המים, פליטות גזי החממה, ומדד

כספי של נזק סביבתי כתוצאה מפליטות גזי חממה.

2.1 צריכת מים בחקלאות בישראל

ענף החקלאות משתמש ביותר מ-50% מכמות המים הכללית בארץ³, אך חלקו במים השפירים קטן יותר. כ-60% מכמות המים לענף מגיעה מחברת "מקורות" והיתר מהספקה עצמית של אגודות אזוריות ומקומיות ברחבי הארץ. עליה בערך התפוקה החקלאית ליחידת מים, מבטאת את הצלחת הטכנולוגיה של ההשקיה בישראל.

בראשית ימי המדינה, הספקת המים לחקלאות הייתה מוגבלת למים ממקורות מקומיים – הכנרת, בארות ונחלים. עם הקמת מפעל המים הארצי, גדלה הספקת המים לחקלאות פי ארבעה והתרחבה לכל אזורי הארץ. במשך השנים כמות המים ממקורות טבעיים שהוקצתה לחקלאות הלכה וירדה, והומרה במי קולחין, אך למרות זאת, התפוקה של הגידולים הצמחיים עלתה בהתמדה. בארבעת העשורים האחרונים גדלה התפוקה של הגידולים הצמחיים ביחס ליחידת מים פי שבעה. לצורך טיהור המים והשבתם לחקלאות, מועברים השפכים למכונני טיהור.

העלייה בביקוש למים בישראל יחד עם המחסור הגובר במים, הביאו לשינוי במדיניות הקצאת המים ולקיצוצים במכסות המים השפירים למגזר החקלאי, שמהווה את צרכן המים העיקרי בישראל. הצורך לחסוך במים הביא להתייעלות ניכרת בשימוש במים בחקלאות באמצעות פיתוח שיטות השקיה החוסכות במים, כגון, שימוש בטפטפות וכן לשימוש חוזר במים.

העלייה בזמינות מי הקולחין להשקיה, אפשרה ירידה בצריכת המים השפירים. בין השנים 2000 ל-2012 חלה ירידה של 10% בחלקם של המים השפירים לחקלאות מסך צריכת המים השפירים בישראל. התייעלות ענף החקלאות באה לידי ביטוי בעלייה מתמדת בתוצר הנקי בחקלאות, על פני השנים, בעוד שכמות צריכת המים ושטח הגידולים נותרו כמעט ללא שינוי.

מי השפכים עוברים טיהור בשלושה שלבים⁴:

³ כסליו י' (2011). משק המים בישראל. ירושלים: מרכז טאוב.

⁴ אתר רשות המים - www.water.gov.il

טיפול ראשוני: טיפול מכני הכולל סינון גס של השפכים, שיקוע גרוסת (שיקוע של חלקיקים כבדים) ושיקוע ראשוני הכולל הרחקת חלק מהמוצקים ה"מרחפים" – אלה שאינם מומסים במים, והחומר האורגני.

טיפול שניוני: טיפול ביולוגי בו מתבצע תהליך של פירוק החומר האורגני בשפכים, הרחקת המוצקים המרחפים, שיקוע של הבוצה המכילה בעיקר את החיידקים המפרקים וחיטוי הקולחין לצורך סילוק מיקרואורגניזמים מעבירי מחלות.

טיפול שלישוני: טיפול נוסף למי קולחין המעלה את איכות המים לרמה אשר מותרת לשימוש להשקיה בלתי מוגבלת בגידולים חקלאיים למאכל אדם ו/או השקיה מעל אקוויפרים.

השימוש במים לחקלאות וליעודים אחרים, לצד הירידה בזמינות המים השפירים בשנים האחרונות, גרמו לגירעון במאזן המים הטבעיים ולירידה באיכות המים במקורות השונים עקב שאיבה מוגברת. בנוסף, מאחר שהשימוש במי הקולחין הולך וגובר, השפעתם על הסביבה גדלה.

להלן ההשפעות העיקריות של שימוש במים לחקלאות על הסביבה, לפי סוגי המים:

מים עיליים – השקיה במי הכנרת, מים בעלי רמת מליחות גבוהה יחסית, מעבירה את המלחים לקרקע המושקית, וכן השאיבה מהכנרת תורמת להפרת האיזון בין כניסות המים המתוקים מהירדן ומנחלי רמת הגולן והגליל המזרחי, לבין כניסות מים מלוחים מהמעיינות;

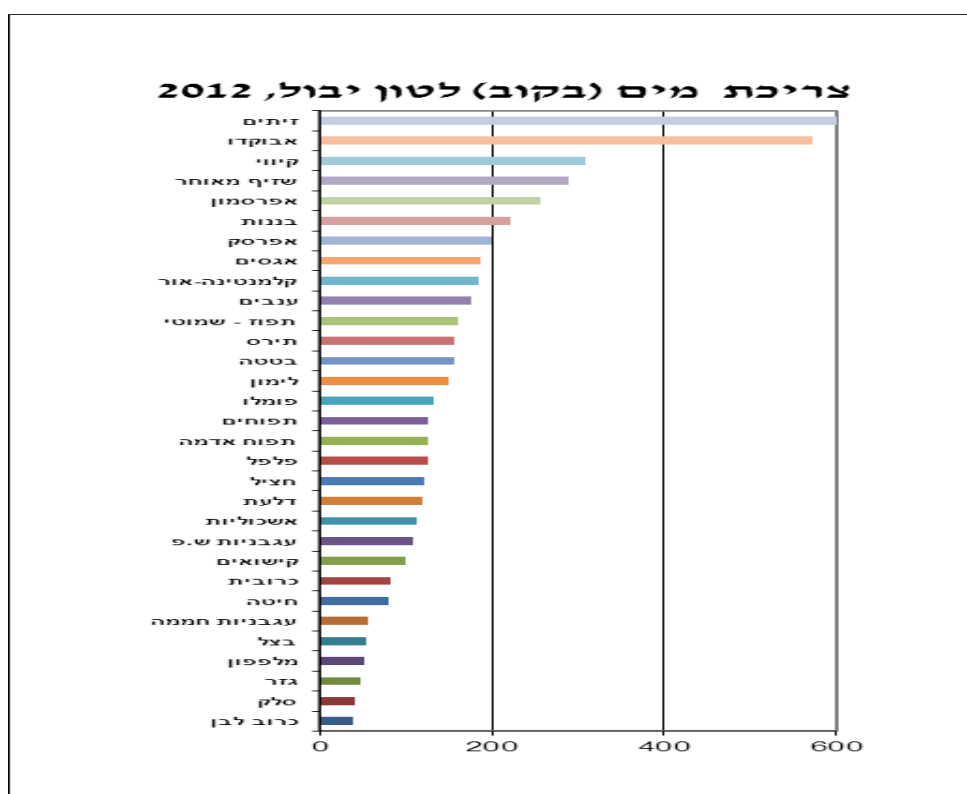
מי תהום – שאיבה מוגברת של מי אקוויפר החוף, השקיה במי הכנרת, המאופיינים בריכוז מלחים גבוה והיעדר גשמים, גורמים לירידת מפלס המים באקוויפר ולהמלחתם. בנוסף, המלחת מי התהום נגרמת על ידי דשנים וחנוקות, שאריות חומרי הדברה ועוד תוצאות של פעילות חקלאית מעל האקוויפר.

מי קולחין – מים המכילים חומרים אשר משפיעים הן על הגידולים החקלאיים והן על איכות הקרקע. השימוש במי קולחין לגידולים צמחיים (בעיקר גידולי שדה וירקות) הולך וגובר עקב בצורות מחד, והצורך להיפטר מעודפים של קולחין אורבניים מאידך.

לגידול של ג"ש באמצעות השקיה במי קולחין יש פוטנציאל ויתרונות רבים: הוזלת עלויות ההשקיה עקב העלות הנמוכה של מי קולחין בהשוואה למים שפירים; המספוא של הגד"ש שגדל על מי קולחין מהווה מזון גס ואיכותי עבור בעלי חיים; גידול המספוא ממלא גם את הפונקציה של יצירת מרחבי חיץ ירוקים בין הגושים העירוניים ומשפר את איכות הסביבה; יצוין כי בישראל אין נתונים על השקיית גידולים צמחיים (פירות וירקות) לפי סוגי המים השונים, לכן כל החישובים לגבי שימוש במים מתייחסים לסוג מים אחיד כפי שמצוין בתחשיבים הכלכליים של משרד החקלאות.

להלן תרשים חישובי צריכת מים לגידולים חקלאיים. כמויות המים ומחירי המים נלקחו מתוך תחשיבי משרד החקלאות:

תרשים 1: צריכת מים בחקלאות לטון יבול, 2012



מקור: תחשיבי ירקות, משרד החקלאות, 2012

מתרשים 1 ניתן לראות כי גידול כרוב לבן צורך את כמות המים הנמוכה ביותר לכל טון יבול: 40 מ"ק לכל טון יבול. לעומת זאת, גידול זיתים צורך את כמות המים הגבוהה ביותר לכל טון יבול: 600 מ"ק לכל טון יבול.

חשוב לציין כי רוב מטעי הזיתים הינם שטחי בעל, דהיינו, שטחים ללא השקיה. הכמות הגבוהה של צריכת המים במטעי הזיתים מתבססת על התחשיבים הכלכליים של משרד החקלאות, לשטחים המושקים בלבד.

2.2 חלקה של החקלאות בישראל בפליטות גזי חממה

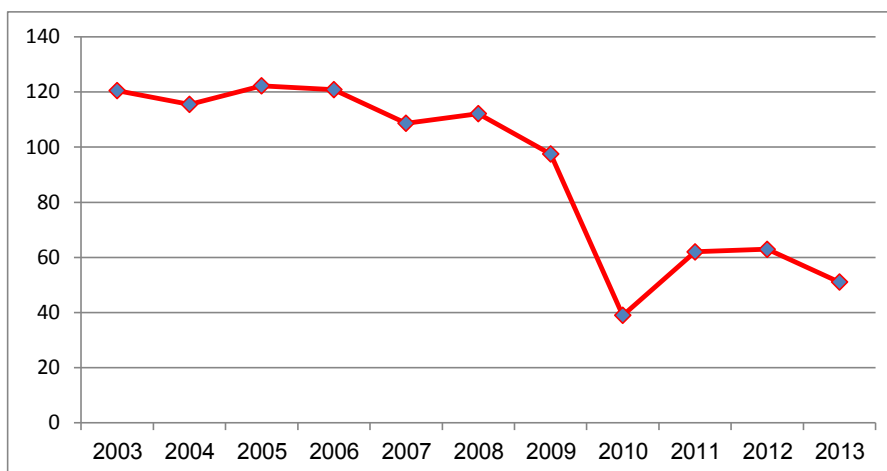
חלקה של החקלאות בישראל מסך כל פליטות גזי החממה ירד בין השנים 1996–2003, מ-4.3% ל-3.2% בהתאמה, ומאז ועד 2011 נותר בשיעור דומה⁵. שיעור הפליטות של פחמן דו-חמצני (CO_2) מחקלאות, ירד מ-1.2% ל-0.2% בשנים 1996–2003 ומאז נותר קבוע עד לשנת 2009.

בשנים 2010–2011 שיעור הפליטות ירד שוב ועמד על 0.1%. משנת 2006 ועד 2010 חלו תנודות בפליטות N_2O , אם כי שיעורן של הפליטות מחקלאות מסך הפליטות מגז זה נותר יציב (כ-54%). בשנת 2011 עלה שיעור הפליטות והגיע ל-59.8%.

העלייה בשיעור פליטות חנקן תת-חמצני (N_2O) נובעת בעיקר מהפחתת כמויות הייצור בתעשייה. מה שהביא, מחד גיסא, להקטנת חלקה של התעשייה בפליטות ומאידך גיסא, לעלייה בחלקה של החקלאות כתוצאה מעליה אבסולוטית בשימוש בדשנים כימיים וכפועל יוצא, גם עלייה בפליטות חנקן תת-חמצני.

⁵ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2015). מדדי חקלאות סביבה. מספר 1596. ירושלים: המחבר.

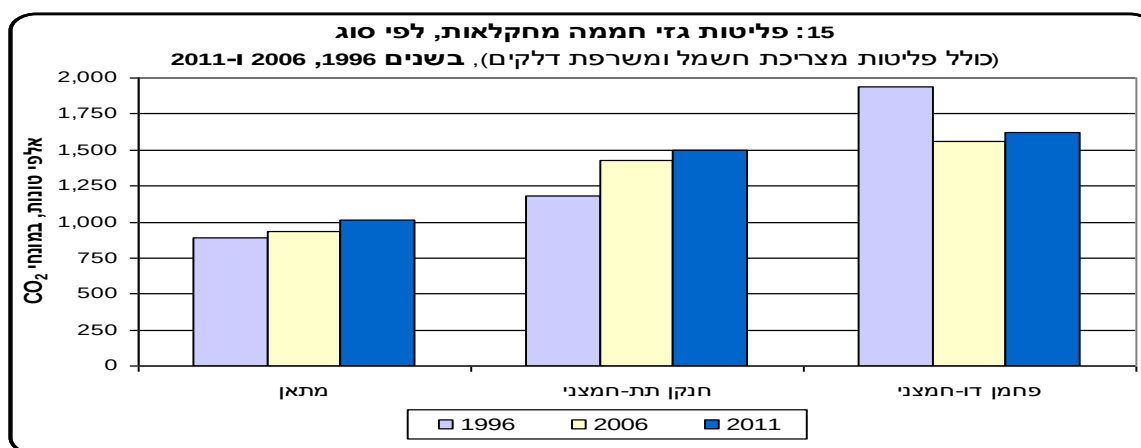
תרשים 2: פליטות פחמן דו-חמצני משריפת דלקים בענף החקלאות, 2003-2013, באלפי טונות



מקור: מדדי חקלאות – סביבה, פרסום מס' 1596, למ"ס

מתרשים 2 ניתן לראות כי בין השנים 2003-2009 הייתה מגמה של התמתנות בפליטות פחמן דו-חמצני (CO_2) בענף החקלאות. בשנת 2010 הייתה ירידה משמעותית בכמות הפליטות, ולאחר מכן עלייה בשנת 2011 ושוב התמתנות מסוימת עד שנת 2013.

תרשים 3: פליטות גזי חממה מחקלאות, לפי סוג, שנים נבחרות



מקור: מדדי חקלאות – סביבה, פרסום מס' 1596, למ"ס

פליטות של פחמן דו-חמצני (CO_2) נחלקות לשני סוגים: פליטה ישירה – פליטה של גזי חממה המבוצעת במקור הפליטה עצמו, ופליטה עקיפה – פליטה של גזי חממה המביאה להפחתה בפליטת גזי חממה בכמות זהה ובאותו פרק זמן של הפחתה ישירה.

מתרשים 3 ניתן לראות כי ישנה עלייה מעטה בכמותו של הפחמן הדו-חמצני בפליטות גזי החממה משנת 2006 לשנת 2011, אחרי ירידה חדה משנת 1996. לעומת זאת, ישנה מגמה של עליה בפליטת חנקן תת-חמצני (N_2O) ומתאן (CH_4) משנת 1996 לשנת 2011.

2.3 אומדן כספי של נזק סביבתי כתוצאה מפליטות גזי חממה⁶

ניתן לחשב ערך כספי לכל פליטה של גזי חממה על פי מדדים בינלאומיים. מטרת חישוב האומדן הכספי היא לאמוד את היחס בין עלות סך הפליטות לפי גידול לבין ערך התפוקה של כל גידול.

בספרות מוכרות שתי מתודולוגיות לקביעת מחיר לפליטת טון פחמן דו-חמצני (CO_2):

א. גזירת המחיר הכרוך בפליטת טון פחמן דו-חמצני (CO_2) מתוך מודלים תיאורטיים המנסים להעריך את מידת הנזק הכלכלי שתגרום התחממות כדור הארץ. מודלים אלו מתבססים על פרמטרים דמוגרפיים, כלכליים ומטאורולוגיים ורצים על פני שנים.

ב. חישוב "עלויות מניעה" (Avoidance Costs) – העלויות הכרוכות בצמצום פליטת גזי חממה בהתאם ליעדים בינלאומיים שונים.

מבחינה תיאורטית, הגישה הראשונה נכונה ונאמנה יותר למונח "עלות חיצונית". עם זאת, לשיטה זו מגבלה משמעותית והיא חוסר הוודאות הרב המאפיין את תוצאות המודלים. לאור זאת, תכניות מחקר שונות מעדיפות להתבסס על השיטה השנייה או על שילוב שתי השיטות.

כאמצעי לצמצום פליטת גזי חממה מפעיל האיחוד האירופי את תכנית EU ETS (Trading System Emissions) למסחר באשרות פליטה לפחמן דו-חמצני (CO_2). במסגרת התכנית מוקצות לתחנות כוח ומפעלי תעשייה אשרות פליטה, כאשר כל אשרה מאפשרת למחזיק בה לפלוט במהלך השנה 1 טון פחמן דו-חמצני (CO_2).

⁶ המשרד להגנת הסביבה (2008). עלויות חיצוניות של זיהום אוויר מיצור אנרגיה (חשמל) בישראל, דוח סופי. ירושלים: המחבר.

אשרות אלה נסחרות במסגרת שוק חופשי, כאשר מפעלים המסוגלים לצמצם את סך פליטותיהם מתחת לכמות האשרות שברשותם, יכולים למכור את האשרות העודפות למפעלים שנאלצים לפלוט כמות פחמן דו-חמצני (CO_2) הגדולה מכמות האשרות שבידיהם. באופן זה נקבע מחיר לאשרת פליטה המשקף את עלות צמצום הפליטות עד ליעדים הנקובים במסגרת התכנית. מחיר השוק הנוכחי של אשרת פליטת הוא 22.5 אירו לטון של פחמן דו-חמצני (CO_2) והוא משמש כערך בסיס.

לאחר שנבחר המחיר העולמי המתאים לפליטות של פחמן דו-חמצני (CO_2), יש צורך להתאים ערך זה לתנאים הכלכליים של מדינת ישראל. התאמה זו משקפת את פערי ההכנסות והמחירים בין ישראל לאיחוד האירופי.

פערים אלה משתקפים בתוצר המקומי הגולמי לנפש, המבוטא במחירים שוטפים (בדולרים). לצורך ההתאמה נעשה שימוש בנתוני שנת 2012 של קרן המטבע הבינלאומי. בשנה זו היה התמ"ג לנפש בישראל \$22,475 ובאיחוד האירופי \$34,108. לפיכך היחס בין התמ"ג לנפש בישראל לבין זה שבאיחוד האירופי עומד על 0.659. מכאן נובע, שעל מנת לקבל מחיר לפליטת 1 טון של CO_2 יש לכפול את המחיר שנבחר (22.5 אירו לטון פליטה) ב-0.659, **כך נקבל מחיר של 14.83 אירו ל-1 טון פליטה של CO_2** . הסבר מפורט של חישוב האומדן הכספי ניתן לראות בפרק המתודולוגיה.

3. מקורות ומגבלות הנתונים

כאמור, תחום חקלאות, סביבה ואנרגיה בלשכה המרכזית לסטטיסטיקה אוסף, מעבד ומפרסם נתונים בהיבטים שונים העוסקים בחקלאות ובאיכות הסביבה במדינת ישראל, הקשורים בהכנת עבודה זו:

מקורות פנימיים – למ"ס: שטחים חקלאיים⁷, כמויות יצור של תוצרת חקלאית טרייה המיוצרת בישראל⁸, רשימת פירות וירקות דומיננטיים, צריכת מים בחקלאות, פליטות גזי חממה מסקטור החקלאות, מאזן אספקת המזון בישראל.

מקורות חיצוניים – מחוץ ללמ"ס:

תחשיבים כלכליים - משרד החקלאות, מחירון מיכון – ארגון עובדי הפלחה, מקדמי פליטה של גזי חממה עפ"י הנחיות בין-לאומיות.

אנו נתייחס לסקירת התחומים הבאים: תחשיבי משרד החקלאות, פירוט לפי: שטח, מים, דשן, מיכון, תפוקה; ומאזן אספקת מזון.

3.1 תחשיבי משרד החקלאות⁹

תחשיבי משרד החקלאות הופקו על ידי הרשות לתכנון והמחלקה לכלכלת הייצור שבמשרד החקלאות והם מבוססים על הידע המקצועי של מדריכי הגידולים בשה"מ (שירות ההדרכה והמקצוע במשרד החקלאות) ובנויים לפי עקרונות כלכליים המתאימים לניהול משק חקלאי.

מטרות התחשיבים הן להקנות כלי עזר לקבלת החלטות כלכליות לחקלאי הבודד, לרכז הענף, לרכז המשק, לוועדות חקלאיות אזוריות, לארגוני חקלאים ולמוסדות שיווק, לסייע לצוותי התכנון של משרד החקלאות ולהוות כלי עבודה למדריכי שה"מ.

הגדרת הטכנולוגיות, כמויות וסוגים של התשומות השונות, נעשתה על ידי המדריכים המקצועיים של שה"מ (שירות ההדרכה והמקצוע), עפ"י מיטב הידע והניסיון שלהם, תוך התייעצות בחקלאים. התחשיבים מופיעים בשקלים לדונם אחד למחזור גידול אחד.

7 בתחום אחריותה של כותבת עבודה זו

8 בתחום אחריותה של כותבת עבודה זו

9 משרד החקלאות (2012). *תחשיבי משרד החקלאות*. בית דגן: המחבר.

המקורות למחירים המופיעים בתחשיבים הם: מועצת הצמחים, חברת אגרקסקו, מחירון מיכון של ארגון עובדי הפלחה, חברות מסחריות לשיווק דשנים וחומרי הדברה, חקלאים, משתלות, תכנית הפיתוח של מנהלת ההשקעות ואנשי מקצוע אחרים. כל תחשיב מבוצע עבור כל גידול ומורכב מארבעה חלקים: גוף התחשיב, ריכוז של עיקר ההוצאות, ניתוח רגישות, והשקעות קבועות בגידול.

נתאר הנחות יסוד בתחשיבי משרד החקלאות עבור תשומות:

שטחים - התחשיבים מתייחסים ל"שטחים המטופלים היטב". כלומר, שטחים המטופלים בצורה טובה ביותר. התחשיבים מבוצעים על סמך ניסיון וידע של חקלאים, אנשי מקצוע וכלכלנים ולא על סמך מידע סטטיסטי. עם זאת, כל חקלאי יכול להשיג במשקו יבולים ומחירים שונים מאלה המופיעים בתחשיבים, זאת בהתאם לתנאיו המיוחדים. לכן, לפני הסקת מסקנות מומלץ להתאים את התחשיבים לתנאים המיוחדים של כל גידול וכל מגדל.

מים - כמות המים לדונם מתייחסת לכמות אופטימאלית של מים על מנת שיהיה אפשר להגיע ליבול אופטימלי. בפועל ייתכן שהשתמשו בכמות שונה (קטנה יותר או גדולה יותר) של מים. בתחשיבים לא מופיעה חלוקה של שימוש במים לפי סוג המים, שפירים או מי קולחין, שעלותם הכספית והפחמנית אינה זהה. כמו כן, מחיר המים הוא מחיר ממוצע שהחקלאים שילמו, אשר כולל תשלום לספק בתוספת הוצאות תחזוקת רשת, ניהול וכו'. ההנחה היא, שככל שמחיר המים למ"ק גבוה יותר, כך איכות המים טובה יותר.

דשנים - כמויות הדשנים המומלצות הן כמויות אופטימאליות לקבלת יבול אופטימלי, ובהנחה שאין מקור אחר לחנקן. מכיוון שמשתמשים במי קולחין (המכילים חנקן), בפועל כמויות השימוש בדשנים הן קטנות יותר, כאשר את יתרת החנקן, הגידול מקבל באופן ישיר מהקרקע. לגבי כלל הדשנים המשווקים בישראל, לצורך החישוב נבדקה הכמות הכוללת המיובאת של דשנים וממנה חושב אחוז החנקן התת-חמצני, בטון.

נתאר כעת הנחות לפי גידולים: ירקות, מטעים, והדרים.

3.1.1 תחשיבי ירקות

תחשיבי הירקות כוללים את שם הגידול ואת הזן הספציפי עליו בוצע התחשיב (לדוגמה: "גזר סתיו חורף"), על מנת לספק לחקלאי ולכלכלן את המידע הכספי והכמותי של ההשקעה בגידול, ועל סמך נתונים אלו החקלאי יכול לחשב את רווחיות הגידול על בסיס השטח והיבול.

מקור הנתונים: המקורות לנתונים המופיעים בתחשיבים מתקבלים מארגונים שונים כמו: מועצת הצמחים, מחירון ארגון עובדי הפלחה, חברות מסחריות לשיווק חומרי הדברה ודשנים, חקלאים, משתלות, תכנית הפיתוח של מנהלת ההשקעות ואנשי מקצוע אחרים.

מבנה הנתונים: הנתונים בתחשיב כוללים נתונים כספיים וכמותיים על עלות שכר העבודה, הכנת השטח והמיכון הנחוץ, חומרי הדישון, חומרי הדברה, מים, שתילים, חומרי אריזה, הובלה, היטלים וריבית להון.

מגבלות הנתונים: הכנת שטח ומיכון – ההנחה היא שעבודות העיבוד נעשות באופן קבלני, מחירי התשומות המופיעות בקבוצה זו, נלקחו בדרך כלל ממחירון ארגון עובדי הפלחה. לגבי הסעיף "עבודת טרקטור ללא עיבודים" – ההנחה היא שהטרקטור הוא של בעל המשק ולכן מחיר שעת עבודה של הטרקטור כולל רק את ההוצאות השוטפות, עבודת המפעיל הוכנסה לסעיף העבודה והעלות הקבועה הוכנסה לסעיף ההשקעות.

בתחשיבים נכללו סוגים שכיחים של דשנים, חומרי הדברה ותשומות אחרות, במרבית המקרים אפשר לראות בהם חומרים מייצגים, שייתכן כי יש להם תחליפים, השווים להם בהשפעה על הצמח ובעלות הטיפול. חשוב לציין, שכל חקלאי יכול להשיג במשקו יבולים ומחירים שונים מאלה המופיעים בתחשיבים, הכל בהתאם לתנאיו המיוחדים.

3.1.2 תחשיבי מטעים, ללא הדרים

מטרת התחשיב היא לשמש כלי עזר לחקלאים, רכזי ענפים, ועדות חקלאיות אזוריות, לארגוני החקלאים וכן לסייע לצוותי התכנון של משרד החקלאות ולשמש את מדריכי שרות ההדרכה והמקצוע, לקבלת החלטות כדאיות נטיעה וכדאיות גידול במטעים נשירים. התחשיב נבנה על סמך הידע המקצועי ושיטות הממשק העדכניות בגידולים.

מקור הנתונים: נתוני התחשיבים התקבלו מהחקלאים בשטח, ממועצת הצמחים, ארגון מגדלי הפירות, ארגון מגדלי הירקות ועוד.

מבנה הנתונים: התחשיבים ערוכים לפי מינים וזנים של עצי פרי. לכל זן נערך תחשיב מפורט עבור כל שנה משנת הנטיעה ועד השנה בה היבול מתייצב (שנת ניבה מלאה). לכל תחשיב מצורפות טבלאות אשר מספקות מידע כלכלי למגוון רחב של מחירי פרי ויבולים בשנת ניבה. בעזרת טבלאות הרגישות כל אחד יכול לבחון מגוון של תרחישים כלכליים וחקלאיים.

כל תחשיב של פרי כולל את ארבע הטבלאות הבאות: תחשיב מפורט שכולל סעיפי הכנסות והוצאות משנת הנטיעה ועד ניבה מלאה, טבלת סיכום כלכלי שכוללת את מדדי הרווחיות הכלכלית ותזרים המזומנים לתחשיב, טבלאות רגישות הרווח לשינוי מחיר התוצרת ושינוי היבול לדונם בשנת ניבה, טבלה מפורטת של חומרי הדברה לפי מזיקים ומחלות.

3.1.3 תחשיבי הדרים

מטרת התחשיבים היא להיות מקור מידע מעודכן וכלי עזר לקבלת החלטות כלכליות לעוסקים בענף ההדרים.

מקורות הנתונים: נתוני התחשיבים התקבלו מהחקלאים בשטח, ממועצת הצמחים, ארגון מגדלי הפירות ועוד.

מבנה הנתונים: התחשיבים ערוכים לפי מינים וזנים של הדרים. לכל זן נערך תחשיב מפורט עבור כל שנה מהנטיעה ועד השנה בה היבול מתייצב (שנת ניבה מלאה). לכל תחשיב מצורפות טבלאות רגישות אשר מספקות מידע כלכלי למגוון רחב של מחירים ויבולים בשנת ניבה. בעזרת טבלאות הרגישות כל אחד יכול לבחון מגוון של תרחישים כלכליים וחקלאיים. כל התחשיבים בנויים ליחידה של דונם אחד.

מגבלות הנתונים: יבולים ותפוקות: נתוני התפתחות היבולים במהלך התבגרות הפרדס הצעיר, כפי שהם מוצגים בטבלאות התחשיבים, מבוססים על הערכות מדריכי ההדרים. בפועל, קיימת שונות וטווח רחב של תוצאות, בהתאם לרמת הניהול של הפרדס, מיקומו, טיב הקרקע והמים והתאמתם לגידול הדרים וכו'.

תחשיבי ההדרים נבנו על סמך הידע המקצועי ושיטות ממשק עדכניות. הגדרת טכנולוגיות הגידול: סוגים, כמויות ועיתוי השימוש של תשומות נקבעו על ידי מדריכי המחלקה להדרים. התחשיבים מייצגים פרדס המטופל על פי מיטב ההמלצות של מדריכי שה"מ, עקב כך הוצאות העיבוד גבוהות יחסית וכן גם היבולים. התחשיבים חושבו בש"ח ליחידת שטח של דונם אחד. יש לשים לב שיכולה להיות שונות רבה בין פרדסים ובין אזורים, וכל חקלאי צריך להתאים את התחשיב בהתאם לנתוניו הוא.

3.2 שטחים חקלאיים¹⁰

¹⁰ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2014). שנתון סטטיסטי לישראל. מס' 65. לוח 19.1, ירושלים: המחבר.

נתוני השטחים החקלאיים הנאספים בלמ"ס מציגים את הפעילות בשטחי החקלאות בארץ. נתונים אלה מסייעים בתכנון רב-שנתי ומהווים כלי לניתוח מגמות ארוכות טווח ובסיס נתונים למחקרים שונים.

מקור הנתונים: קבלת הנתונים מהמקורות השונים נקבעה בהתחשב במטרת הקבצים, איכותם וסוגי הגידול / התוצרת השונים. עד שנת 2002 הנתונים התקבלו מ"המפקד השנתי" והנתונים נאספו בשיתוף עם משרד החקלאות. החל בשנת 2003, הנתונים מתקבלים משלושה מקורות עיקריים:

- **קרבן נזקי טבע (קנ"ט)** – הקרבן מקבלת דיווח מהחקלאים המבטחים את השטחים החקלאיים שלהם על מנת לקבל פיצוי כספי במקרה של נזקי טבע כמו בצורת קשה או סופת שלגים וקרה. קובץ קנ"ט מתקבל בלשכה פעם בשנה, כך עיבוד הנתונים בהתבסס על קובץ זה מאפשר רצף של פרסום נתונים המסייע לבחון אם ישנם שינויים בכמות השטחים החקלאיים משנה לשנה.
- **משרד החקלאות** – קובץ עובדים זרים – קובץ עם רשימת חקלאים המגישים בקשות לקבלת אישור והקצאה להעסקת עובדים זרים לצורך עיבוד השטחים החקלאיים. קובץ עובדים זרים מתקבל פעם בשנתיים (בדרך כלל בשנה זוגית) מכיוון שהחקלאים מגישים בקשות להקצאת עובדים זרים פעם בשנתיים. בשנה שבה לא מתקבלים נתונים ממשרד החקלאות, אין פרסום של שטחים לפי גידול, אלא רק אומדן מחושב של סה"כ של שטחי הירקות וזאת כדי לשמור על עקביות מקורות הנתונים.
- **מועצת הצמחים** – קבצי מטעים (פירות והדרים) לפי שטח, סוג הפרי והזן, ישוב, מספר דונמים ועוד.

מבנה הנתונים: מנתוני השטחים החקלאיים מתקבל מידע על שטחי המטעים (פירות והדרים), שטחי הירקות וגד"ש וכן מידע על שיווק תוצרת בע"ח (חלב, ביצים ובשר).

מגבלות הנתונים – כל שטחי המשק נרשמים במיקום הגיאוגרפי של היישוב ולא לפי המיקום הגיאוגרפי של השטח המעובד. נתוני השטחים מבוססים בעיקר על דיווחי החקלאים לארגונים ובהתאם לצורכיהם המשתנים, וכוללים רק את השטחים המדווחים על ידי החקלאים

3.3 צריכת מים בחקלאות¹¹

נתוני צריכת המים הינם סעיף בתוך התחשיבים הכלכליים של משרד החקלאות. סעיף המים מהווה חלק חשוב בחישוב העלויות הפיזיות והכספיות של החקלאים בישראל.

מקור הנתונים: נתוני המים נשלפו מתוך התחשיבים הכלכליים של משרד החקלאות והם כוללים נתונים על צריכת מים (במ"ק) לפי גידול ולפי דונם, מחיר למ"ק מים וסך עלות כספית.

מבנה הנתונים: נתוני צריכת המים לפי גידול כוללים מידע על הגידול, כמות המים לדונם, מחיר המים למ"ק, סה"כ עלות כספית וסה"כ צריכת מים לפי שטח ולפי גידול.

מגבלות הנתונים: נתוני המים בתחשיבי משרד החקלאות מתייחסים לכמויות אופטימליות של צריכת מים, ייתכן ובפועל צריכת המים הייתה קטנה או גדולה יותר, בהתאם לסוג הקרקע, כמות המשקעים הטבעיים וכמות היבול. כמו כן, בתחשיבי משרד החקלאות אין התייחסות לסוג המים (שפירים או קולחין).

3.4 צריכת דשנים בחקלאות¹²

תיאור: נעשה שימוש בנתונים על כמויות כלליות של שימוש בדשנים בענף החקלאות, כחלק מסקר תשומות בחקלאות וכמקור להשוואה עם נתוני הדשנים מתוך תחשיבי משרד החקלאות. הנתונים הכלליים על השימוש בדשנים נלקחו מתוך סקר תשומות בחקלאות המבוצע בתחום חקלאות, סביבה ואנרגיה בלמ"ס מדי שנה. נתוני הדשנים מתקבלים בלשכה באופן סדיר מדי שנה, ולכן ניתן לראות מגמות או תנודות בכמויות ובמחירי החומרים לאורך שנים.

מקור הנתונים: כמויות הדשנים התקבלו מסקר תשומות, ומחברות יבוא ויצור דשנים. נתוני הקומפוסט התקבלו מסקר תשומות, ומחברות יצור של קומפוסט בישראל.

מבנה הנתונים: נתוני הדשנים שהתקבלו כוללים כמויות שנתיות (בטון), הרכב כימי של הדשן, ומחיר לטון של דשן.

¹¹ משרד החקלאות (2012). תחשיבי משרד החקלאות. בית דגן: המחבר.

¹² הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2014). החקלאות בישראל 2012–2013. מספר 1581. רושלים: המחבר.

3.5 פירוט מחירון נתוני מיכון¹³

תיאור: ארגון עובדי הפלחה מפרסם בכל שנה מחירון של עבודות מיכון בשדה לפי סוג המיכון ולפי סוג העבודה, שבו מפורטות עלויות הפעלת הציוד המפורט. המחירון הוא שקלי ונעשים בו עדכונים במשך השנה בהתאם להתייקרות בתשומות הקבועות כמו כמות שעות עבודה ועלות התיקונים של מכונות רבות. הציוד הכללי במחירון מתחלק לשלושה סוגים בסיסיים: טרקטורים, מכונות אסיף עונתיות וציוד נגרר.

מקור הנתונים: נתוני המיכון התקבלו מארגון עובדי הפלחה שהינו ארגון מקצועי וולונטרי הפועל כאגודה שיתופית ומאגד בתוכו את כל החקלאים שעוסקים בגידולי שדה (לצורך העניין גידולי שדה כוללים רק: חיטה, כותנה, אגוזי אדמה (בוטנים), אפונה לשימורים ותירס קלחים). תפקיד הארגון הוא לייצג את המגדלים מול ארגונים ומוסדות שונים כמו משרדי ממשלה, הקרן לנזקי טבע, חברות הזרעים, מכון התקנים, מועצת הכותנה וכדומה.

מבנה הנתונים: ההוצאות של פעולות המיכון מורכבות משני סוגי הוצאות: הוצאות קבועות – הוצאות הכוללות ריבית ופחת, מיסים וביטוח. ההוצאות הקבועות לא משתנות ביחס להיקף התפוקה; הוצאות משתנות – הוצאות הכוללות דלק, שמנים, חלקי חילוף, תיקונים. ההוצאות המשתנות כשמן כן הן, משתנות ביחס להיקף התפוקה.

הטרקטורים במיכון חולקו לשמונה קבוצות גודל שאפיונם ותפקודם במשק מהווה גורם מרכזי לקביעת רמת ההפעלה. ככל שרמת ההפעלה של הציוד גבוהה, עלות שעת העבודה תהיה נמוכה יותר, ולהיפך – ככל שרמת ההפעלה תהיה נמוכה יותר – עלות שעת העבודה תהיה גבוהה יותר.

מגבלות הנתונים: המחירון משקף את העלייה המהירה במחירי התשומות המקומיות, במיוחד במחירי הדלק והשמן – זאת לעומת העלייה המתונה יותר של מחירי הציוד; במחירון ישנה חלוקה בין ההוצאות הקבועות וההוצאות המשתנות. לדוגמא, בקבוצה א' ההוצאות הקבועות מהוות 25% וההוצאות המשתנות מהוות 75% מסך ההוצאות הכלליות. התפלגות ההוצאות בהוצאות המשתנות (החזר הון, תיקונים והוצאה לדלק) הן מתוך 75% ולכן הסיכום אינו שווה ל-100%; במחירון צוינה עלות ההוצאות הקבועות והתיקונים היסודיים (לגבי מספר סוגי הציוד) על בסיס יומי או עונתי.

¹³ ארגון עובדי הפלחה (2012). מחירון ארגון עובדי הפלחה. הרצליה: המחבר.

עלות זו צוינה לגבי מכונות שמקובל להשכיר ללא מפעילים לתקופות ארוכות כמו אפרונים (מכונה למטעים גבוהים כמו דקלים, המשמשת לגידול התמרים), מכוני שאיבה וכדומה; המחירון של שעות עבודה ערוך בהתאם למחירי הכלים והוצאות הפעלתם ולא בהתאם להספקי עבודה של הכלים או איכותם הטכנית; כמו כן, המחירים מתייחסים להפעלת הציוד בעבודות חקלאיות בלבד.

3.6 תפוקה- כמויות יצור של תוצרת חקלאית צמחית¹⁴

נתונים על יצור ותפוקת התוצרת החקלאית הצמחית - ירקות, פירות, הדסים וגד"ש.

מקור הנתונים: הנתונים מבוססים על דיווח חודשי של גורמים שונים (כגון: שווקים סיטונאיים, מועצת היצור ומפעלי תעשייה, על התוצרת שנתקבלה ורוכזה מהמשקים החקלאיים), לפי היעודים השונים: שיווק לצריכה בשוק המקומי, שיווק המיועד ליצוא, שיווק המיועד לתעשייה, ושיווק המיועד למעבר לאזורי יהודה, שומרון ועזה. לנתונים אלה מוסיפים אומדנים על מכירות פרטיות, צריכה עצמית ותוצרת ביניים.

מבנה הנתונים: הנתונים כוללים מידע על כמות (בטון) של התוצרת ומחיר לטון – מחיר קנייה של המשווק.

מגבלות הנתונים: כמויות התוצרת הצמחית (פירות וירקות) לשיווק מקומי מבוססים על דיווח חודשי של נתוני תוצרת הירקות הנ"ל, בשילוב אומדנים רבעוניים של כמויות הפירות שמתקבלים ממועצת הצמחים.

3.7 מאזן אספקת המזון - קלוריות, ויטמינים ומינרלים¹⁵

מאזן אספקת המזון הוא רישום מרוכז של מצרכי המזון השונים העומדים לרשות הציבור בשנה הנסקרת. המאזן כולל תוספי מזון, כמו מינרלים, וויטמינים המוספים למזון או משווקים בנפרד ומשקאות עתירי קלוריות.

מאזן אספקת המזון מספק לקובעי המדיניות מידע על כמויות האספקה העצמית של מזון בישראל, ועל מידת תלות של מדינת ישראל ביבוא של מוצרי מזון. המאזן מספק מידע

¹⁴ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2014). שנתון סטטיסטי לישראל. מס' 65. לוח 19.17, ירושלים: המחבר.

¹⁵ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2014). מאזן אספקת המזון. מספר 1562. ירושלים: המחבר.

המשמש לקביעת מדיניות סבסוד למוצרי מזון בסיסיים, לקבלת החלטות לגבי גובה תשלום המכס על יבוא, להכנת מכסות יבוא הנקבעות על ידי משרד החקלאות ולקביעת תוספים של ויטמינים או מינרלים למוצרים בסיסיים. המאזן נערך בלשכה, בתחום חקלאות, סביבה ואנרגיה, לפי מתכונת שנקבעה על ידי הארגון הבינלאומי למזון ולחקלאות של ארגון האו"ם (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO) ובהתאמה לתנאים בישראל.

אופן קבלת הנתונים: נתוני הייצור המקומי מבוססים על נתוני כמויות הייצור החקלאי (המבוססים על נתוני מועצות ייצור, משווקים גדולים, נתוני משרד החקלאות, משרד התעשייה, מסחר והתעסוקה ותעשיות המזון). נתונים על יבוא ויצוא של מצרכים מתקבלים מרשומי המכס, ממועצות ייצור וממשווקים גדולים. נתונים על מעבר תוצרת חקלאית בין ישראל לבין הרשות הפלסטינית מתקבלים מיחידת הפיצו"ח (פיקוח על הצומח והחי) במשרד החקלאות. היחידה אחראית על פיקוח מעבר תוצרת חקלאית מעזה ואיו"ש לישראל ומניעת תוצרת אסורה לרבות בעלי חיים ותוצרת חקלאית טרייה, תוך יישום ההסכמים החקלאיים בין מדינת ישראל לרשות הפלסטינית.

מבנה הנתונים: מאזן אספקת המזון מרכז את מצרכי המזון לפי מקורותיהם, ואת חישוב ערכם התזונתי של המזונות לפי אנרגיה לתזונה (קילו קלוריות), חלבון, שומן, מינרלים וויטמינים, בממוצע לנפש ליום, לכל אוכלוסיית המדינה.

מגבלות הנתונים: המאזן עוסק בכמות המוצעת של המוצרים ולא בכמות שהציבור קונה או צורך בפועל. מהימנותם של הנתונים על כמויות המצרים המיובאים או המיוצאים המופיעים ברשומי המכס אינה גבוהה; המכסים חושבו כאחוז מערך הסחורה ולא על פי כמות הסחורה, ולכן אין במכס הקפדה על כמות הסחורה או על יחידות המידה של הרשומות ברשומי המכס. על מנת להתגבר על בעיה זו מוצלבים נתוני המכס עם נתונים ממקורות אחרים, כגון נתוני משרד החקלאות; הנתונים שהתקבלו מיחידת הפיצו"ח על כמויות התוצרת החקלאית המועברת בין ישראל לרשות הפלסטינית אינם משקפים את כל המעברים, מאחר שחלק מהתוצרת מועבר במעברים ללא פיקוח. על מנת להתגבר על בעיה זו מוצלבים נתונים אלה עם הנתונים של המתאם החקלאי של המינהל האזרחי

4. מתודולוגיה

המתודולוגיה כוללת:

- שימוש במים בגידול פירות וירקות, עלות חישוב המים לגידול ביחס לערך תפוקה של כל גידול.
- חישובים שונים עבור צריכת דלקים ופליטות בגידולים נבחרים.
- הגדרת המשתנים ואופן חישוב השימוש בדלקים ופליטת פחמן דו-חמצני.
- פליטות חנקן תת-חמצני משימוש בדשנים.
- חישוב האומדן הכספי של הנזק הסביבתי כתוצאה מפליטות גזי חממה.

4.1 שימוש במים בגידול פירות וירקות

4.1.1 חישוב כמות המים לטון יבול

בתוך התחשיבים הכלכליים של משרד החקלאות המחשבים את עלות הגידול של כל פרי וירק, ישנו סעיף של שימוש במים. כמות המים בתחשיב מתייחסת לשטח של דונם אחד והיא משתנה מגידול לגידול. כמו כן ישנו מחיר למ"ק מים.

בסעיף המים מצוינת כמות המים לדונם אחד. הכמות הוכפלה במחיר למ"ק וכך התקבל סכום כולל בש"ח של העלות הכספית של צריכת מים לדונם לפי גידול. מתוך התחשיבים חולצה גם כמות היבול בטון (כמות אופטימלית, כפי שמוסבר בהנחות היסוד של תחשיבי משרד החקלאות), וכמות היבול בטון חולקה בכמות המים לדונם וכך התקבלה כמות המים לטון יבול.

4.1.2 הגדרת המשתנים והחישובים:

יבול - CROP

כמות המים לדונם – WPD

מחיר מים למ"ק – WPRICE

עלות כספית לדונם - WCost כאשר $WCost = WPD * WPRICE$

כמות היבול בטון - YT

צריכת מים לטון יבול – Wcpty כאשר $Wcpty = WPD / YT$

מכיוון שרוב המים משמשים כיום את ענף החקלאות, יש לצמצום ולייעול בענף זה השפעה רבה על החיסכון במים. באקלים הישראלי, השקיה בהמטרה יכולה להביא לאובדן של עד 30% מהמים דרך התאדות. חלק גדול מהמים המומטרים מתאדים עוד לפני שהם מגיעים לשורש הצמח. בישראל פותחו במהלך השנים טכניקות השקיה יעילות כגון טיפטוף וטיפטוף טמון (הצבת טפטפות מתחת לפני הקרקע הנותנות מינון מדויק של מים לצמח, בקרבת השורש, בצורה שאין כמעט אובדן מים על ידי אידוי או השקיית שטחים מתיים). שימוש נרחב יותר במערכות השקיה כאלה, למרות ההשקעה הכרוכה בהקמה, מפחית באופן ניכר את בזבז המים בהשקיה.

השלב הבא בחישוב השימוש במים בחקלאות, הוא לבדוק את יעילות צריכת המים של אותם פירות וירקות שנבחרו, ביחס לערכם התזונתי. דהיינו, כמה ליטרים של מים צורך כל גידול ביחס לערך התזונתי (קילו קלוריה, לדוגמה, או לגרם חלבון וכדומה).

4.1.3 תיאור תהליך החישוב

יעילות צריכת המים לפי גידול ביחס לערך התזונתי, התקבלה ע"י חלוקת כמות המים לק"ג יבול בערך התזונתי שלו (קילו קלוריה, לדוגמה, או לגרם חלבון וכדומה). לפי הנוסחה הבאה:

הערך התזונתי המשתנה / כמות צריכת מים לק"ג יבול = I

כאשר: I = כמות המים לכל קלוריה

לדוגמא: ליבול ק"ג אחד של אבוקדו, יש צורך ב-57.1 ליטר של מים.

בק"ג אחד של אבוקדו יש 1,190 יחידות של אנרגיה לתזונה.

החישוב: $0.048 = 57.1 / 1,190$

הסבר התוצאה: לכל יחידת אנרגיה לתזונה (קק"ל) של אבוקדו, יש צורך ב-0.048 ליטר מים.

4.1.4 חישוב הערך התזונתי הממוצע ביחס לרמה היומית המומלצת של אבות המזון

לכל ערך תזונתי ישנה כמות יומית מומלצת (Recommended Dietary - RDA Allowances). הכמות המומלצת של ערכים תזונתיים מאפשרת תזונה מאוזנת ככל האפשר. על מנת לבדוק האם הערכים התזונתיים של הפירות והירקות שנבחרו עונים על רמת ה-RDA, נעשו החישובים הבאים:

לכל ערך תזונתי – **NV - Nutrient Value** - התווספה הכמות היומית המומלצת - RDA, לפי מאזן אספקת המזון המפורסם בלמ"ס.

כמות הערך התזונתי חולקה בכמות המומלצת היומית. $NVi = NV/RDA$ התוצאה שהתקבלה מראה לנו את היחס בין הכמות היומית המומלצת לבין הערך התזונתי הממוצע. פעולה זו בוצעה לכל ערך תזונתי.

חישוב ממוצע של כל הערכים התזונתיים על מנת לקבל מספר חד-חד ערכי $AVNV =$

התוצאה מראה לנו את כמות הערך התזונתי ביחס לרמה היומית המומלצת של אבות המזון.

חשוב לציין ששקלול הערך התזונתי נעשה תחת ההנחה הפשטנית שכל אבות המזון והוויטמינים הם בעלי חשיבות זהה לערך התזונתי ולכן כל רכיב קיבל משקל זהה.

4.1.5 חישוב צריכת המים ביחס לערך התזונתי הממוצע

מחישובים קודמים, לכל ערך תזונתי הוצמדה כמות צריכת המים שלו במ"ק. חישוב כמות המים ביחס לערך התזונתי הממוצע של כל אבות המזון, בכל פרי וירק, תאפשר לדרג את כל הפירות והירקות שנבחרו לפי ערכם התזונתי ביחס לצריכת המים.

לשם כך, חולקה כמות המים לק"ג אחד של יבול בערך התזונתי הממוצע של כל פרי וירק.

על מנת לבדוק את כדאיות צריכת הגידול מבחינת צריכת המים שלו, נעשו הפעולות הבאות:

לכל ערך תזונתי – **NV - Nutrient Value** - התווספה כמות צריכת המים – **WC** – **Water Consumption** - לפי חישובים קודמים:

כמות צריכת המים (WC) חולקה בערך התזונתי הממוצע של כל פרי וירק - **AVNV**.

$$NV_i = WC_{kg} / NV$$

התוצאה שהתקבלה מראה לנו את היחס בין צריכת המים לבין הערך התזונתי הממוצע של כל פרי וירק.

בעמוד שלהלן, מובאת טבלה המרכזת את הערך היחסי הממוצע של צריכת מים ביחס לערך התזונתי הממוצע של כל הפירות והירקות שנבחרו, מהגבוה ביותר לנמוך ביותר.

4.1.6 עלות חישוב המים לגידול ביחס לערך תפוקה של כל גידול

על מנת לאמוד את הנזקים הכלכליים של צריכת המים, חושבה עלות צריכת המים ביחס לערך התפוקה של כל גידול.

לכל גידול בוצעו הפעולות הבאות:

מחישובים קודמים – לכל גידול חושבה כמות צריכת המים לטון גידול

$$YWCONS = WPT * YY$$

כמות המים לטון גידול הוכפלה ביבול השנתי:

עלות צריכת המים לגידול – התקבלה ע"י הכפלת כמות המים במחיר המים:

$$YWP = YWCONS * PRICE$$

ערך התפוקה לגידול – **COSTP**

חישוב היחס בין צריכת המים לבין ערך התפוקה -

$$WPERCOSTP = YWP / COSTP * 100$$

4.2 חישוב צריכת דלקים ופליטות משריפת דלקים בגידולים נבחרים

לצורך המיכון ולשימוש דרושים טרקטורים וכלים מלווים נוספים אשר תורמים לפליטות של פחמן דו-חמצני (CO_2) וחומרי זיהום אחרים לאטמוספירה. עבור החישובים של אחוז הוצאה לדלק צריך לזהות את הפעולות הכרוכות בצריכת דלקים, למיין את ההוצאות, ולבצע את החישובים עבור אחוז הוצאה לדלק. לאחר מכן, חושבו צריכת הדלק והפליטות.

4.2.1 זיהוי הפעולות הכרוכות בצריכת דלקים

משרד החקלאות עורך תחשיבים כלכליים של עלויות הייצור הכוללות בין היתר את עלויות המיכון, הדישון וההשקיה. בפרק נתאר את תהליך זיהוי פעולות המיכון וחישוב צריכת הדלק בכל פעולות המיכון לפי גידול. הפעולות מחולקות לשתי קבוצות: פעולות ממוכנות הצורכות דלק, ופעולות שאינן ממוכנות.

ענף החקלאות צורך דלק למטרת הפעלת ציוד המיכון לפעולות שדה שונות. כל פעולת מיכון כזו דורשת שימוש בכלים כבדים – כמו טרקטורים וקומביינים הצורכים דלק. צריכת הדלק בכל פעולה חושבה בהסתמך על מחירון המיכון של ארגון עובדי הפלחה המפרט את הוצאות הדלק לפי סוג הפעולה וסוג המיכון. סוגי הטרקטורים המופיעים במחירון מחולקים לקבוצות לפי הספק (כ"ס) ולפי סוגי ההוצאות (קבועות ומשתנות).

להלן רשימת פעולות עבודת השדה (פעולות ממוכנות ולא ממוכנות) בשטח שזוהו מתוך התחשיבים: גיזום, דיסוק, החלקה, זריעה במזרעה פניאומאטית, חיטוי הקרקע, חריש, כיסוי גג בית צמיחה, עבודת טרקטור, עירוג, עיגול, פיזור דשן, פיזור זבל אורגני, פיזור קומפוסט, פרישת שלוחות טפטוף, קילטור, ריסוס, תיחוח, תילום, כיסוח, קטיפה, גיזום, סילוק גזם, קציר, גיבוב קש חיטה, העמסת זרעים בשקים.

4.2.2 הפרדת ההוצאות להוצאות קבועות / משתנות וגזירת עלויות הדלקים

מתוך מחירון המיכון של ארגון עובדי הפלחה, לכל קבוצה של טרקטורים נלקחו הפרמטרים הבאים: אחוז ההוצאה לדלק, אחוז ההוצאות הקבועות, ואחוז ההוצאות המשתנות כדלקמן:

לכל פעולה נוספה עמודה – האם הפעולה ממוכנת או לא, ואם הפעולה ממוכנת- היא שויכה לקבוצה לפי סוג הטרקטור מ-א' עד ח'; בתהליך החישוב נעשתה הפרדה בין פעולות מיכון במושבים ופעולות מיכון בקיבוצים, מכיוון שלפי התייעצות עם אנשי מקצוע במשרד החקלאות, במושבים משתמשים בטרקטורים בעלי כוחות סוס (כ"ס) נמוכים יותר מכיוון שהשטחים הם קטנים יותר מאשר בקיבוצים שלהם שטחים נרחבים יותר הדורשים שימוש בטרקטורים בעלי כוחות סוס גבוהים יותר. לכן בחישוב הסופי, נעשה שקלול של שני סוגי ההוצאות-עבור המושבים והקיבוצים.

4.2.3 חישוב אחוז הוצאה לדלק

- עבור כל קבוצת יישובים, מושבים וקיבוצים, בוצעו הפעולות הבאות:
- חישוב אחוז ההוצאות המשתנות מכלל ההוצאות – לכל פעולה שיוך אחוז ההוצאות המשתנות לפי ההתפלגות;
 - חישוב אחוז ההוצאה לדלק מתוך ההוצאות המשתנות – לכל פעולה ממוכנת שיוך אחוז ההוצאה לדלק לפי ההתפלגות (כאשר במושבים משתמשים בטרקטורים בעלי כ"ס קטן יותר מכיוון שהשטחים הם קטנים יותר מאשר בקיבוצים);
 - חישוב אחוז ההוצאה לדלק מסך הוצאות – חושב על ידי הכפלת אחוז ההוצאה לדלק מתוך ההוצאות המשתנות באחוז ההוצאות המשתנות (וחולק ב-10,000 על מנת לקבל את התוצאה באחוזים).
 - כמו כן, חושב אחוז כולל של ההוצאה לדלק מסך ההוצאות על ידי שקלול וסכימת ממוצע אחוז ההוצאות המשתנות לדלק במושבים ואחוז ההוצאות המשתנות לדלק בקיבוצים.

עפ"י סקר החקלאות וההתיישבות שבוצע בלמ"ס בשנת 1995, התפלגות השטחים החקלאיים בין הקיבוצים למושבים היא שווה: 50% מושבים ו-50% קיבוצים. לאור השינויים שחלו מאז, בוצע ניתוח רגישות שתוצאותיו הראו שגם אם היו נלקחים בחשבון שיעורים שונים, השינויים בממוצע המשוקלל של ההוצאה לדלק בכל פעולה היו מזעריים.

¹⁶ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (1995). סקר החקלאות וההתיישבות. מספר 1081. ירושלים: המחבר

4.2.4 חישוב צריכת דלקים ופליטות

כאמור לעיל, עבור כל פעולות מיכון הכרוכות בצריכת דלקים צוינו המשתנים הבאים: האם הפעולה נעשית באמצעות מכונה (פעולה ממוכנת). אם כן, באמצעות איזה סוג המיכון, ומהו הכ"ס (כוח סוס) של הכלי החקלאי. כתוצאה מכך, חושבו אחוז ההוצאה לדלק מתוך סך עלויות המיכון (מתוך המחירון של ארגון עובדי הפלחה), וכמות הדלק בליטרים – המרה מערך כספי של העלויות לכמויות דלקים בליטרים.

בשלב הבא בנינו מאגר נתונים ראשון של פעולות מיכון ושימוש בדלקים, כאשר לכל גידול רוכזו המשתנים הבאים: פעולות המיכון, מחיר הפעולה, כמות היחידות לדונם, הסכום הכולל, אחוז ההוצאה לדלק, עלות הסולר, סה"כ ליטרים, המרת כמות הליטרים לק"ג (על מנת לחשב את כמות הפליטה באותו יחידת מידה של ק"ג) וחישוב הפליטה של פחמן דו-חמצני (CO_2) משריפת דלקים מפעולות המיכון בשטח.

לוח 1: טבלת מקדמי המרה של עלויות כספיות לכמויות דלק

שם מקדם להמרה	תיאור המקדם	כמות	יחידת המרה
CF1	משקל ליטר-סולר	0.85	ק"ג
CF2	מחיר ממוצע של ליטר סולר - 2012 ¹⁷	7.92	₪
CF3	מקדם פליטת CO_2	3.19	טון CO_2 לכל טון דלק

4.3 פליטות חנקן תת-חמצני (N_2O) משימוש בדשנים

מתוך כל התחשיבים של משרד החקלאות הוכנה רשימה של דשנים שבהם משתמשים ואותם הגידול צורך, לפי חלוקה של פירות וירקות, ולכל דשן התווספו המשתנים הבאים: יחידת המידה של כל דשן, מקדם המרה, יחידת המרה, אחוז החנקן בדשן, מקדם פליטה ישיר, מקדם פליטה עקיף ונוסחה כימית

בשלב הבא נבנה מאגר נתונים נוסף, של שימוש בדשנים לכל הגידולים (מתוך התחשיבים של משרד החקלאות), כאשר לכל גידול רוכזו המשתנים הבאים ובוצעו פעולות החישוב הבאות:

ירק – שם הגידול - Crop

דשן – Fertilize - שם הדשן – נלקח מתוך התחשיבים של המשרד החקלאות.

¹⁷ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, סדרה 160920, מחיר ממוצע של סולר, 2012: המחבר

יחידה – **Unit** - יחידת כמות החומר.

כמות – **Q** - כמות החומר הדרושה לכל דונם שטח.

מקדם המרה למשקל – **Kilo Conversion Factor - KCF** - על מנת שתהיה אחידות ביחידות הכמות יש להמיר את היחידה בליטר למשקל בק"ג (נלקח מתוך טבלת ריכוז הדשנים). אם המשקל הוא ק"ג אזי המקדם הוא אחד, אם המשקל הוא ליטר אזי הליטר מוכפל במקדם ההמרה לק"ג (0.85).

סה"כ משקל בק"ג – **Ksum** - סה"כ משקל הדשן בק"ג לאחר ההמרה, באם התבצעה

כמות היבול בטון – **KYield** - נלקח מתוך תחשיבי משרד החקלאות.

אחוז החנקן בדשן – **PERN₂O** - נלקח מתוך טבלת ריכוז הדשנים עפ"י מידע מחברות הדשנים.

כמות החנקן בק"ג – **QN₂Okg** - התקבל על ידי חלוקת סה"כ כמות הדשן באחוז החנקן:

$$QN_2Okg = Ksum / PERN_2O$$

ק"ג חנקן לטון יבול – **KGN₂OPY** - התקבל על ידי חלוקת כמות החנקן בסה"כ היבול:

$$KGN_2OPY = QN_2Okg / KYield$$

מקדם פליטה ישיר – **DEF - Direct Emission Factor** - פליטות ישירות מדשנים

סינטיים. המקדם שווה ל-1.57

מקדם פליטה עקיף – **IDEF - Indirect Emission Factor** - פליטות עקיפות מדשנים

סינטיים. המקדם שווה ל-0.005107

פליטה ישירה של **N₂O - DEN₂O** - התקבל על ידי הכפלת כמות החנקן לטון גידול ,

במקדם הפליטה הישיר: **DEN₂O = KGN₂OPY * DEF**

פליטה עקיפה של **N₂O - IDEN₂O** - התקבל על ידי הכפלת כמות החנקן לטון גידול

במקדם הפליטה העקיף: **DEN₂O = KGN₂OPY * IDEF**

סה"כ פליטה **N₂O** בק"ג – **SumEN₂Okg** - סכום הכמויות של שני מקדמי הפליטה –

הישיר והעקיף: **SumEN₂Okg = DEN₂O + IDEN₂O**

ק"ג **N₂O** פליטה לטון יבול – **QN₂OPT** - התקבל על ידי חילוק סה"כ הפליטה ביבול

לדונם: **QN₂OPT = SumEN₂Okg / KYield**

הכפלנו את כמות החנקן לטון יבול במקדם ה-GWP של חנקן (310) וחילקנו ב-1000 לקבלת כמות הפחמן לטון יבול.

4.4 שימוש בדלקים ופליטת פחמן דו-חמצני (CO₂)

לכל גידול וגידול רוכזו כל פעולות המיכון המצריכות שימוש בדלק, ונערכו החישובים הבאים:

4.4.1 חישובים

עלות פעולת המיכון – הכפלת הכמות במחיר (מתוך תחשיבי משרד החקלאות) וקבלת
 עלות פעולת המיכון $ACSum = Q * Price$

יבול בטון - (Yield Tone) YT כמות היבול (בטון) לדונם אחד (מתוך תחשיבי משרד החקלאות).

אחוז ההוצאה לדלק – Fuel PER - אחוז ההוצאה לדלק מתוך הסכום הכולל (האחוז נלקח מתוך מחירון של ארגון עובדי הפלחה).

עלות הדלק בש"ח - (Fuel Price) FPR – הכפלת אחוז ההוצאה לדלק בסכום הכולל
 $FPR = Fuel PER * ACSum$

סה"כ ליטרים – Slit (Sum liters) חלוקת עלות הדלק בש"ח במחיר לליטר (מתוך טבלת המקדמים) וקבלת סה"כ ליטר דלק לפעולת מיכון:
 $Slit = FPR / CF2$

כמות ק"ג דלק – Fkg - (Fuel Kg) על מנת לקבל את משקל הסולר בק"ג, כמות הליטרים הוכפלה במקדם המרה מליטר לק"ג שעומד על 0.85
 $Fkg = Slit * CF1$

פליטת של CO₂ משריפת דלקים – CO₂EM - הכפלת כמות הסולר בק"ג במקדם המרה של פליטת CO₂ – 3.19, וקבלת כמות CO₂ שנפלט מפעולת מיכון אחת לדונם שטח
 $CO_2EM = FKG * CF3$

ק"ג CO₂ פליטה לטון יבול – CO₂EMPT - חלוקת כמות הפליטה של פעולת המיכון בכמות היבול לטון
 $EMPT = CO_2EM / YT$

ליטר דלק לטון גידול – LFPTY (Liter Fuel Per Ton Yield) - חלוקת כמות הדלק לפעולה בכמות היבול לדונם

$$LFPTY = Slit / YT$$

4.4.2 חישוב פליטות של פחמן דו-חמצני (CO₂) ביחס לערך התזונתי הממוצע
מחישובים קודמים, לכל ערך תזונתי ישנה כמות של פליטות של פחמן דו-חמצני (CO₂). חישוב כמות הפליטות ביחס לערך התזונתי הממוצע של כל אבות המזון, בכל פרי וירק, אפשר לבדוק את כדאיות צריכת הפרי או הירק ביחס לפליטות של פחמן דו חמצני.

לשם כך, חולקה הכמות של פליטות פחמן דו-חמצני (CO₂) בגרמים, בממוצע של הערכים התזונתיים של כל פרי וירק, כפי שבוצע בסעיף הקודם.

על מנת לבדוק האם הערכים התזונתיים של הפירות והירקות שנבחרו יעילים מבחינת פליטות של פחמן דו חמצני (CO₂), נעשו הפעולות הבאות:

לכל ערך תזונתי – **NV - Nutrient Value** - התווספה כמות פליטות של פחמן דו-חמצני – **CO₂EM**, (לפי חישובים קודמים)

כמות פליטות של פחמן דו-חמצני חולקה בערך התזונתי הממוצע של כל פרי וירק.

$$NVi = CO_2EM / NV$$

התוצאה שהתקבלה מראה לנו את היחס בין פליטות פחמן דו-חמצני (CO₂) לבין הערך התזונתי הממוצע. פעולה זו בוצעה לכל ערך תזונתי.

4.5 חישוב האומדן הכספי של הנזק הסביבתי כתוצאה מפליטות גזי חממה¹⁸

כאמור, נקבע מחיר לאשרת פליטה המשקף את עלות צמצום הפליטות עד ליעדים הנקובים במסגרת התכנית. מחיר השוק הנוכחי של אשרת פליטת הוא 22.5 אירו לטון פחמן דו-חמצני (CO₂) והוא משמש כערך בסיס.

לאחר שנבחר המחיר העולמי המתאים לפליטות של פחמן דו-חמצני (CO₂), יש צורך להתאים ערך זה לתנאים הכלכליים של מדינת ישראל. התאמה זו משקפת את פערי

¹⁸ המשרד להגנת הסביבה (2008). עלויות חיצוניות של זיהום אוויר מיצור אנרגיה (חשמל) בישראל, דוח סופי. ירושלים: המחבר.

ההכנסות והמחירים בין ישראל לאיחוד האירופי. פערים אלה משתקפים בתוצר המקומי הגולמי לנפש, המבוטא במחירים שוטפים (בדולרים).

לצורך ההתאמה נעשה שימוש בנתוני שנת 2012 של קרן המטבע הבינלאומי. בשנה זו היה התמ"ג לנפש בישראל \$22,475 ובאיחוד האירופי \$34,108. לפיכך היחס בין התמ"ג לנפש בישראל לבין זה שבאיחוד האירופי עומד על 0.659.

מכאן נובע, שעל מנת לקבל מחיר לפליטת 1 טון של פחמן דו-חמצני (CO_2) יש לכפול את המחיר שנבחר (22.5 אירו לטון פליטה) ב-0.659, מכאן נובע שהמחיר לטון אחת של פליטת פחמן דו-חמצני (CO_2) עומד על 14.83 אירו.

4.5.1 הנחות עבודה

חישוב האומדן לפי המשרד להגנת הסביבה מתייחס לפליטת פחמן דו-חמצני מיצור חשמל, ואילו ההתמקדות בעבודה זו היא על פליטת פחמן דו-חמצני משריפת דלקים, אך עלות הפליטה לטון היא זהה, ללא קשר למקור הפליטה, כך שמקור הפליטה לצורך חישוב עלות הפליטה הוא לא רלוונטי.

לצורך העבודה, נעשה שימוש רק בחישוב אומדן של פליטת פחמן דו-חמצני (CO_2). לגבי פחמן דו-חמצני (CO_2) המחיר שנקבע כמחיר בסיס (לפני התאמה לתנאים הכלכליים בישראל) תואם את ההמלצות של תכניות מחקר אקדמאיות בנושא, והן את המחיר העדכני של אשרת פליטה במסגרת מנגנון המסחר של האיחוד האירופי (EU ETS).

מחיר זה הותאם לתנאים הכלכליים בישראל על ידי הכפלתו ביחס שבין התמ"ג לנפש (בדולר, מחירים שוטפים) בישראל, לבין התמ"ג לנפש באיחוד האירופי. מנגנון זה מבטא את הרצון להיצמד לחזית מאמציה של אירופה לצמצום פליטות גזי חממה, תוך התחשבות בפערים הכלכליים בין ישראל לבין האיחוד האירופי.

לשם קבלת האומדן הכספי, בוצע חישוב של עלות הפליטה של פחמן דו-חמצני לפי גידול, לעומת ערך התפוקה של אותו הגידול, ובכך ניתן לראות מהו היחס בין עלות פליטת פחמן דו-חמצני (CO_2) מהאנרגיה המושקעת בגידול, לבין ערך התפוקה של אותו הגידול.

4.5.2 הגדרת המשתנים

Crop = גידול

$\text{Kg_CO}_2 \text{ per Tyield}$ = פליטת פחמן דו-חמצני (CO_2) בק"ג לטון יבול

$\text{kg_CO}_2 \text{ per 1,000 Tyield}$ = פליטת פחמן דו-חמצני (CO_2) בטון
ל-1,000 טון יבול

YQ = כמות היבול באלפי טון

$QEmCO_2$ = כמות הפליטה באלפי הטון של כמות היבול השנתית

Cost Production = ערך תפוקה בש"ח, 2012

Cost EmCO_2 = עלות הפליטה של היבול השנתי, בש"ח

EmPerCP = יחס בין עלות הפליטה לבין ערך התפוקה

4.5.3 תיאור תהליך חישוב האומדן הכספי

מחישובים קודמים קיבלנו את פליטת פחמן דו-חמצני בק"ג לכל טון יבול -

$\text{Kg_CO}_2 \text{ per Tyield}$

כדי לקבל פליטת CO_2 בטון, הכמות הק"ג הוכפלה ב-1000:

$$\text{kg_CO}_2 \text{ per 1,000 Tyield} = \text{kg_CO}_2 \text{ per Tyield} * 1000$$

מתוך מסמך של המשרד להגנת הסביבה חושב המחיר לטון פליטה של פחמן דו-חמצני (CO_2) הוא 73.48 ₪ לטון לפי: 14.83 אירו * 4.9551 (ממוצע שנתי של השער היציג בשנת 2012), כך ש:

$$\text{Cost EmCO}_2 = \text{kg_CO}_2 \text{ per 1,000 Tyield} * 73.48$$

ערך התפוקה של כל גידול – חושב מתוך ערך היצור החקלאי, דהיינו,

כמות שנתית * מחיר לטון

חישוב היחס בין עלות הפליטה לבין ערך התפוקה:

$$\text{EmPerCP} = \text{Cost EmCO}_2 / \text{Cost Production} * 100$$

5. ממצאים עיקריים, מסקנות ודיון

בעבודה זו נבחנו הפרמטרים הבאים, כפי שמופיע להלן בשתי הטבלאות המסכמות:

לוח 2: טבלה מסכמת – פרמטרים סביבתיים – ירקות נבחרים

מאזן האנרגיה (קק"ל)	מדד יעילות שימוש במים לערך תזונתי ממוצע	סך פליטות גזי חממה ביחס לכמות היומית המומלצת של אבות המזון	צריכת מים (מ"ק) לטון גידול	סך פליטות גזי חממה (ק"ג) לטון יבול	אחוז הפליטות מערך התפוקה	ירקות
0.075	0.18	54.28	107.69	33.22	0.20%	עגבניות בשטח פתוח
0.020	0.09	69.57	57.14	42.58	0.16%	עגבניות חממה
0.005	0.02	19.94	80.00	69.56	0.14%	חיטה
0.041	0.56	539.17	156.25	149.21	0.14%	תירס, קלחים
0.019	0.22	136.59	125.00	76.80	0.13%	תפוחי אדמה
0.331	0.14	189.44	83.33	113.58	0.11%	כרובית
0.159	0.28	270.57	100.00	96.80	0.08%	קישואים
0.066	0.11	97.79	41.67	37.40	0.08%	סלק
0.022	0.15	48.84	155.56	51.90	0.06%	בטטות
0.061	0.29	144.58	120.00	60.13	0.04%	דלעת
0.060	0.11	57.15	125.00	62.43	0.04%	פלפל
0.028	0.38	81.53	121.43	25.95	0.03%	חצילים
0.007	0.03	11.01	48.42	16.13	0.03%	גזר
0.010	0.20	133.70	53.33	36.53	0.02%	בצל יבש
0.057	0.03	32.32	40.00	40.89	0.02%	כרוב לבן
0.056	0.13	36.51	52.17	15.18	0.02%	מלפפונים

בכל הפרמטרים שנבדקו נמצא כי בקבוצת הירקות, גידולי הגזר, המלפפון והכרוב הלבן הינם הירקות היעילים ביותר מבחינת סביבתית, מכיוון שהם פולטים כמות נמוכה יחסית של פחמן דו-חמצני, צורכים יחסית פחות מים, יעילים תזונתית וכמות האנרגיה המושקעת בהם נמוכה יחסית.

לעומת זאת גידול התירס נמצא יעיל פחות מבחינה סביבתית מכיוון שהוא גבוה בכל הפרמטרים שנבחנו, כולל פליטות גזי חממה, צריכת מים ומאזן האנרגיה. ניתן לשייך זאת לעובדה שהתירס גדל בעיקר בחודשי קיץ, מושקה באופן מלאכותי בכמות גדולה מאוד של מים ומצריך שימוש באנרגיה רבה.

לוח 3: טבלה מסכמת – פרמטרים סביבתיים – פירות נבחרים

פירות	אחוז הפליטות מערך התפוקה	סך פליטות גזי חממה (ק"ג) – שווה ערך לפחמן דו חמצני לטון יבול	צריכת מים (מ"ק) לטון גידול	סך פליטות גזי חממה ביחס לכמות היומית המומלצת של אבות המזון	מדד יעילות שימוש במים לערך תזונתי ממוצע	מאזן האנרגיה (קק"ל)
בננות	0.07%	89.89	220.83	214.56	0.53	0.117
זיתים	0.05%	120.16	600.00	44.08	0.22	0.013
שמוטי	0.03%	43.40	160.00	66.73	0.25	0.030
אגסים	0.03%	45.65	186.67	97.38	0.40	0.033
קלמנטינה-אור	0.03%	63.03	185.71	138.90	0.41	0.048
לימונים	0.03%	55.60	150.00	115.75	0.31	0.059
אשכוליות	0.03%	27.13	112.50	96.09	0.40	0.039
ענבי מאכל	0.03%	92.82	175.00	123.21	0.23	0.049
אבוקדו	0.03%	106.98	571.43	37.24	0.20	0.011
פומלה	0.02%	36.63	133.33	37.50	0.14	0.020
אפרסקים	0.02%	58.83	200.00	202.67	0.69	0.043
שזיפים	0.02%	37.13	288.89	70.09	0.55	0.026
תפוחי עץ	0.02%	18.21	125.00	26.98	0.19	0.015
אפרסמון	0.01%	45.06	257.14	84.13	0.48	0.015
אקטינידיה קיווי	0.01%	57.42	307.69	37.26	0.20	0.017

בכל הפרמטרים שנבדקו נמצא כי בקבוצת הפירות, גידולי תפוחי העץ והאשכוליות הינם הפירות היעילים ביותר מבחינה סביבתית, כיוון שהם פולטים כמות נמוכה יחסית של פחמן דו-חמצני, צורכים יחסית פחות מים, יעילים תזונתית וכמות האנרגיה המושקעת בהם נמוכה יחסית.

לעומת זאת גידול הבננות נמצא יעיל פחות מבחינה סביבתית מכיוון שהוא פולט כמות גבוהה יחסית של פחמן דו-חמצני, צורך יחסית יותר מים, פחות יעיל תזונתית וכמות האנרגיה המושקעת בגידול הבננות גבוהה יחסית.

ירקות ופירות

מסיכום טבלאות הירקות והפירות הנבחרים שלעיל, ניתן לראות כי בכל הפירות והירקות ובכל הפרמטרים שנבדקו, למעט הירקות והפירות שהוזכרו (מלפפון, גזר, כרוב לבן תפוחי עץ ואשכוליות שנמצאו היעילים ביותר סביבתית, ותירס ובננות שנמצאו פחות יעילים מבחינה סביבתית), לא ניתן לזהות ירקות ופירות שבהם קיימת עקביות מסוימת בכל הפרמטרים.

בחלק מהפרמטרים הערכים היו גבוהים ובחלק מהפרמטרים הערכים היו נמוכים. מאחר וכל פרמטר מציג היבט אחר ונמדד ביחידות שונות, לא ניתן לחשב ערך חד-חד-ערכי שיאגד בתוכו את כל הפרמטרים ויאפשר להגיע למדד סביבתי יחיד כולל. גם בפירות והירקות (למעט בודדים) שנמצאו עקביים בפרמטרים שנבחנו, לא ניתן להצביע על מגמה מסוימת אם הפירות והירקות הינם יעילים יותר או יעילים פחות מבחינת סביבתית.

יחד עם זאת, המידע המוצג בעבודה זו יכול לסייע למקבלי ההחלטות בעידוד גידולים מסוימים שנמצאו יעילים מבחינה סביבתית, לאור סדרי העדיפויות הסביבתיים העומדים בפני מקבלי ההחלטות, כגון הצורך בהפחתת פליטות של גזי חממה או הצורך בחיסכון במים.

בעבודה זו נבחנו פירות וירקות נבחרים, אולם ניתן ליישם את המתודולוגיה שפותחה בעבודה זו על כל הסוגים והזנים של הגידולים הצמחיים ולהעמיד את המידע לרשות הציבור ולרשות מקבלי ההחלטות.

דין

בעידן החדש, בו גוברת המודעות לצרכנות סביבתית, עולה הדרישה לצריכת מוצרים הגורמים פחות נזקים לסביבה, אך מטלה זו אינה פשוטה מאחר שהנזקים הסביבתיים מורכבים וקשים לכימות.

צרכנים בעלי מודעות סביבתית וחברתית גבוהה ניצבים בפני דילמה בכל ביקור במרכול: באיזה מוצר לבחור? מה המחיר הכלכלי שאותו הצרכן מוכן לשלם על מנת לשמור על ערכיו? ניתן לצפות שאנשים בעלי מודעות חברתית וסביבתית גבוהה יעדיפו לרכוש מוצרים בני קיימא על פני מוצרים שפוגעים בסביבה, אך המידע הקיים בנוגע למידת הקיימות של כל מוצר מצומצם מאוד.

אין ספק שבצמד המילים 'חקלאות מקיימת' יש אוקסימורון מובנה – דהיינו, דבר והיפוכו. ישנם מוצרי מזון שנחוצים לנו לשם קיומנו, אך תהליך הייצור שלהם פוגע בסביבה ואינו מקיים.

הרבה מהארגונים הסביבתיים משדלים להפחתת צריכת בשר ומזון מן החי, מהסיבה לפליטת גז המתאן (CH_4) כגז חממה, אך מתעלמים מצריכת פירות וירקות הגורמים אף הם לפליטות רבות של גזי חממה, בעיקר של פחמן דו-חמצני (CO_2).

נקודת מבט נוספת למחשבה היא, שבשנים האחרונות העלייה ברמת החיים מאפשרת לאדם הפרטי חופש לבחור ולצרוך מגוון רחב יותר של סוגים וזנים שונים של פירות וירקות, כך שהגמישות הקולינרית גדולה יותר (לחלק מהירקות והפירות ישנם תחליפים, אך לחלק אחר אין תחליף), אך יחד עם זאת ישנה התעלמות מהנזק הסביבתי שעלול להיגרם כתוצאה מפליטות של גזי חממה.

כאשר הצרכן הפרטי, מגיע למרכול והוא מעוניין לצרוך מוצרים בני קיימא, המזיקים לסביבה מעט באופן יחסי, אין לו מידע זמין על היעילות הסביבתית של כל פרי וירק, ולכן הבחירה שלו היא רק לפי צרכיו ולא מתוך שיקולים של איכות הסביבה.

כאשר עומדת בפני הצרכן הפרטי עלות המוצר, נושא הטעם, שימור רמת החיים המודרנית שמאפשרת לצרכן מגוון רב של ירקות ופירות, הגמישות היא מועטה. **עבודה זו מציגה את פליטות גזי החממה לירקות ופירות נבחרים ומאפשרת להוסיף שיקולים סביבתיים כדוגמת היחס בין עלות הפליטות לבין הערך התזונתי, למערך שיקולי צריכת המזון של הצרכן הפרטי.**

דובר רבות על סקטורים של החשמל והתעשייה הפולטים את עיקר גזי החממה בישראל. עם זאת ניתן לרתום גם סקטורים נוספים למאמץ להפחתת הפליטות כדוגמת סקטור החקלאות והמגזר הפרטי. הצרכן הפרטי יכול להשתתף במאמץ להפחתת גזי החממה, ע"י בחירת מוצרי מזון הפולטים כמות נמוכה של גזי חממה ויעילים יותר מבחינה סביבתית.

לעומת זאת, בפירות והירקות המיועדים לתעשייה, הגמישות רבה יותר. לדוגמא, לגידול התירס מטרות רבות: הוא משמש כתוסף לדלק, להפקת סוכר ולייצור שמנים. בשימושים אלה עומדות בפני ענף התעשייה של גידולים חקלאיים חלופות אחרות.

בענף התעשייה מדובר בהיקפים גדולים מאוד של ייצור תעשייתי ולכן יתכן שבתחום התוצרת החקלאית המופנית לתעשייה יכולות להיות השלכות של נתוני היעילות הסביבתית על הבחירה בשימוש בפירות וירקות גם מבחינת פליטות של גזי חממה.

קל וחומר לגבי ענף היצוא, כאשר המדינה יכולה לקבל החלטות באילו גידולים כדאי להתמקד ולקחת בחשבון את ההיבט הסביבתי. כדאי לכלול בתועלת הכלכלית של היצוא והתעשייה גם את שיקולי העלויות הסביבתיות הכרוכות בגידול הפירות והירקות השונים. כתוצאה מהפליטה הגבוהה של גזי חממה בגידולים אלה, הנזק הסביבתי הוא גבוה במיוחד ולכן האלטרנטיבה ליצור הגידול בארץ היא יבוא.

במקרה זה של יבוא הגידול, יש לקחת בחשבון את הנזק לסביבה שהיה נגרם מיבוא הגידולים בכל מקרה, גם אם היו מגדלים אותו במדינה אחרת ומובילים אותו באמצעות תובלה ימית או אווירית.

יצוין כי נושא הפחתת פליטות גזי החממה נמצא על סדר היום העולמי כאשר רוב הפליטות, נגרמות בעיקר כתוצאה משריפה של דלקים מאובנים (פחם, גז ונפט) ומביאות לשינוי האקלים ולהתחממות כדור הארץ. בדצמבר 2015 התקיימה בפריז ועידת האקלים שבה השתתפו 195 ממדינות העולם.

המטרה בוועידה הייתה לגבש הסכם בין-לאומי מחייב בנושא שינוי האקלים, שיצליח לייצב את התחממות כדור הארץ על פחות מ-2 מעלות (בשאיפה להגבלת העלייה עד 1.5 מעלות) מעל הטמפרטורה הממוצעת בעידן הטרם-תעשייתי עד סוף המאה ה-21. גם ישראל נרתמה למאמץ והכינה תכנית לאומית להפחתת פליטות גזי החממה.

אם יוחלט בעתיד להטיל מס פחמן על פליטות של גזי חממה, אין ספק שכדאיות הייצור והשיווק של פירות וירקות שאינם יעילים מבחינת כמות הפליטות שלהם, תרד.

לסיכום, החקלאות, במיוחד בארץ, היא מטבעה פעילות אינטנסיבית והשפעתה על הסביבה באה לידי ביטוי בדרכים מגוונות ומורכבות – לטוב ולרע. חקלאות בת קיימא מתייחסת לקיימות אקולוגית, כלומר, להפחתת השפעת החקלאות המודרנית על האיזון האקולוגי של הסביבה ועל סכנות הזיהום והידלדלות משאבי הקרקע והמים.

ניצול יתר של מים, מעבר ליכולתם של המקורות המתחדשים לשמור על אספקה סדירה, הולך ועולה במשך השנים, ביחד עם סכנות של זיהום הקרקע משימוש בדשנים ובחומרי הדברה. המלחת קרקעות, זיהום מי תהום, מעיינות ונהרות בעודפי דשן, פליטות גזי חממה וכן הסכנות הסביבתיות שנסקרו, מאיימות על כושר הייצור של השטחים החקלאיים בהווה ובעתיד.

6. טבלת נוסחאות

מספר נוסחה	שם המשתנה המחושב	תיאור המשתנה
1	CROP	יבול
2	WPRICE	מחיר מים למ"ק
3	WCost	עלות כספית לדונם
4	YT	כמות היבול בטון
5	Wcpty	צריכת מים לטון יבול
6	Nutrient Value - NV	ערך תזונתי
7	RDA	הכמות היומית המומלצת
8	AVNV	חישוב ממוצע של כל הערכים התזונתיים
9	Water Consumption – WC	כמות צריכת המים
10	WPT	כמות צריכת המים לטון גידול
11	YY	יבול שנתי
12	COSTP	ערך התפוקה לגידול
13	WPERCOSTP	חישוב היחס בין צריכת המים לבין ערך התפוקה
14	CF1	משקל ליטר-סולר
15	CF2	מחיר ממוצע של ליטר סולר - 2012

16	CF3	מקדם פליטת CO ₂
17	Fertilize	דשן
18	Unit	יחידת כמות החומר
19	Q	כמות
20	KCF - Kilo Conversion Factor	מקדם המרה למשקל
21	Ksum	סה"כ משקל הדשן בק"ג לאחר ההמרה
22	KYield	כמות היבול בטון
23	PERN ₂ O	אחוז החנקן בדשן
24	QN ₂ Okg	כמות החנקן בק"ג
25	KGN ₂ OPY	ק"ג חנקן לטון יבול
26	DEF - Direct Emission Factor	מקדם פליטה ישיר
27	IDEF - Indirect Emission Factor	מקדם פליטה עקיף
28	DEN ₂ O	פליטה ישירה של N ₂ O
29	IDEN ₂ O	פליטה עקיפה של N ₂ O
30	SumEN ₂ Okg	סה"כ פליטה של N ₂ O בק"ג
31	QN ₂ OPT	ק"ג N ₂ O פליטה לטון יבול
32	Yield Tone(YT)	יבול בטון
33	Fuel PER	אחוז ההוצאה לדלק
34	Fuel Price (FPR)	עלות הדלק בש"ח
35	Sum liters (Slit)	סה"כ ליטרים
36	Fkg (Fuel Kg)	כמות ק"ג דלק
37	CO ₂ EM	פליטות של CO ₂ משריפת דלקים
38	CO ₂ EMPT	ק"ג CO ₂ פליטה לטון יבול
39	Liter Fuel Per Ton Yield (LFPTY)	ליטר דלק לטון גידול
40	Kg_ CO2 per Tyield	פליטת פחמן דו-חמצני (CO ₂) בק"ג לטון יבול
41	kg_ CO ₂ per 1,000 Tyield	פליטת פחמן דו-חמצני (CO ₂) בטון ל-1,000 טון יבול
42	NV - Nutrient Value	ערך תזונתי

כמות היבול באלפי טון	YQ	43
כמות הפליטה באלפי הטון של כמות היבול השנתית	QEmCO ₂	44
ערך תפוקה בש"ח, 2012	Cost Production	45
עלות הפליטה של היבול השנתי, בש"ח	Cost EmCO ₂	46
יחס בין עלות הפליטה לבין ערך התפוקה	EmPerCP	47

7. ביבליוגרפיה

- ארגון עובדי הפלחה (2012). *מחירון ארגון עובדי הפלחה*. הרצליה: המחבר.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2014). *החקלאות בישראל 2012–2013*. מספר 1581. ירושלים: המחבר.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2014). *מאזן אספקת המזון*. מספר 1562. ירושלים: המחבר.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2015). *מדדי חקלאות סביבה*. מספר 1596. ירושלים: המחבר.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (1995). *סקר החקלאות וההתיישבות*. מספר 1081. ירושלים: המחבר.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2014). *שנתון סטטיסטי לישראל*. מס' 65. ירושלים: המחבר.
- המשרד להגנת הסביבה (2008). *עלויות חיצוניות של זיהום אוויר מיצור אנרגיה (חשמל) בישראל, דוח סופי*. ירושלים: המחבר.
- זליגמן נ' ולחמן א' (2008). *חקלאות בת קיימה בסביבה משתנה*. ירושלים: נקודת ח"ן.
- חירון-פרומקין ת' ופרומקין ר' (2002). *אג'נדה 21 והצהרת ריו – רקע, תקציר והיבטים ישראליים*. ירושלים, המשרד להגנת הסביבה: המחבר.
- מור ע', סרוסי ש' וברמן ד' (2013). *סקר צריכת אנרגיה בחקלאות*. הרצליה: המחבר.
- מילמן ג' (2013). *שימוש בשיטת LCA להערכת פליטת גזי חממה ממזון*. תל אביב: העמותה לצדק סביבתי.
- משרד החקלאות (2012). *תחשיבי משרד החקלאות*. בית דגן: המחבר.
- ע' אידלמן וי' יבין (2011). *פרויקט תחזית קיימות לישראל 2030, מדדים – קיימות אתמול, היום ומחר, פליטות גזי חממה*. המשרד להגנת הסביבה והמכון ירושלים לחקר ישראל. ירושלים: המחבר.
- רשות המים (2013). *צריכת המים לפי מטרות 1996–2012*, תל אביב: המחבר.
- שמש-עדני א' (2002). *הערך הכלכלי של סוגי נזק חקלאי*. ירושלים: המחבר.
- שרצקי נ' (2010). *צריכה ויצור בני קיימה – סקירת ספרות*. ירושלים: משרד הכלכלה והתעשייה.

Allan, J. A., 1997: 'Virtual Water': University of Leeds, *Water and Development Session, TUE.51, 14.45.*

Danish Institute of Agriculture Sciences (2004). Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector. In Halberg N. (ed.), *Animal Husbandary*. No. 61. Bygholm: Author.

Israel – National Report CSD-18 The Ten Year Framework of programmes on Sustainable Consumption And Production Patterns, April 2010.

J. Guinee, R. Heijungs and G. Huppes (2011). Life Cycle Assessment. Past, Present and Future. In *Environmental Science & Technology*, 45, 90-96.

J. Koch, U. Dayan and A. Mey-Marom (2000). Inventory of Emissions of Greenhouse in Israel. In *Water, Air, & Soil Pollution* 123(1-4), 259–271.

S. Bastin, K. Henken (1994). *Foods and Nutrition Specialist and Extension Associate for ENRI*. Information taken from Bowes & Church's Food Values.

אתרי אינטרנט:

<http://www.fao.org>

ארגון המזון והחקלאות של האו"ם – FAO

<http://www.haaretz.co.il1>

אתר עיתון הארץ:

http://www.lcafood.dk/lca_conf

הערכת חיי מוצר, דנמרק

<http://www.plants.org.il>

אתר מועצת הצמחים:

<http://www.water.gov.il>

אתר רשות המים:

<https://he.wikipedia.org>

ויקיפדיה:

Abstract

Agriculture has turned in the last century, into a capital-intensive industry, through the introduction of machinery and modernized agricultural equipment, the use of various chemicals (i.e. fertilizers, nutrients and pesticides), and the use of automated and computerized management systems. These improvements increased yields and lowered prices of agricultural products on the one hand. However, on the other hand, modern agriculture highly depends nowadays on energy from fossil fuels sources and various chemicals, and therefore, has also affected the environment, causing contamination of water, soil and air.

With the increasing of public awareness of the world environmental problems and the climate crisis, many seek to reduce their environmental impact. However, most of the available indicators nowadays deal with the environmental impacts at the sector level and do not provide sufficient information for environmental production and consumption at the product level. For example, data regarding greenhouse gases (GHG) emissions exist for the agriculture sector, but do not exist at the single fruit or vegetable level.

This study focuses on the impact of the production of major crops in Israel on the environment, by calculating their energy consumption, greenhouse gas emissions and water consumption. In addition, for each crop, the environmental impact was considered against its nutritional value. This calculation allowed the development of the following indicators for environmental efficiency of selected fruits and vegetables:

1. Emissions of Carbon dioxide (CO_2) from fuel combustion of agricultural machinery in the production process versus the nutritional value of each crop.
2. Emissions of nitrogen oxide (N_2O) from the use of fertilizers in the production process versus the nutritional value of each crop.
3. Total GHG emissions ($\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O}$) in terms of CO_2eq versus the nutritional value of each crop.
4. Water consumption versus the nutritional value of each crop.
5. Energy balance between the energy use in the production process and the energy obtained from the consumption of each crop.
6. The environmental cost versus the production value of each crop.

The analysis of the indicators reveals that from the vegetable group, corn on cob shows low efficiency in most of the indicators, while carrot shows high efficiency in most of the parameters. In the fruits group, bananas present low efficiency whereas apples present high efficiency in most of the indicators. The rest of studied fruits and vegetables do not have consistent scores across all the different indicators.

In order to have a comprehensive picture of the environmental impact of these fruits and vegetables, further research is needed to complete the environmental analysis during additional stages of their life cycle, such as transport, marketing and consumption.

Key words: Environmental Efficiency, Indicators for Environmental Efficiency, Fruits and Vegetables, Agriculture, Greenhouse gases (GHG) emissions, Calories , Carbon dioxide (CO₂), Nitrogen oxide (N₂O), Nutritional values, Energy balance, Water consumption

The Central Bureau of Statistics (CBS) encourages research based on CBS data, such as this work. Works of research of this sort are not official publication of the CBS, and therefore the opinions and conclusions expressed in these publication are those of the authors and do not necessarily represent those of the CBS.

Published by the Central Bureau of Statistics , 66 Kanfei Nesharim St.,

Corner Bechi St., P.O.B 34525, Jerusalem 91342, Israel

Tel. 972-2-6592666; Fax: 972-2-6521340

Internet Site: www.cbs.gov.il

E-mail: info@cbs.gov.il

WORKING PAPER SERIES

No. 105

Environmental Efficiency of Selected Fruits and Vegetables

Chani Shamir and Moshe Yanai

December 2017