

החוג ללימודי הסביבה
ביה"ס לסביבה ולמדעי כדור
הארץ ע"ש פורטר
הפקולטה למדעים מדויקים
ע"ש ריימונד ובברלי סאקלר



אוניברסיטת תל אביב

מזון, קיימות וסביבה

קורס פרויקטים בחקר הסביבה

תשע"ח

מידי שנה, "קורס הפרויקטים", המיועד לתלמידים בתואר השני בחוג ללימודי הסביבה, עוסק בנושא סביבתי "בוער". השנה בחרנו להקדיש את הקורס למגוון ההיבטים הקשורים ל"מזון וסביבה בישראל". בקורס השתתפו כ-35 סטודנטים, רובם בוגרי תואר ראשון ממגוון רחב של תחומי מחקר מהפקולטות השונות של האוניברסיטה או ממוסדות אחרים, אשר מהווים את העתודה המחקרית של החוג.

הקורס בנוי ממגוון הרצאות מומחים ותרגול מיומנויות מחקריות. מטרתיו העיקריות הן: למידת נושא בעל השלכות סביבתיות על-ידי חשיפה להרצאות של מומחים בתחום, הכנה של הצעת מחקר (תרגיל), התנסות בהכנת מצגת מדעית והצגתה בפועל ביום העיון המסכם של הקורס. כל זאת, תוך כדי התנסות בעבודת צוות בפורמט אינטרדיסציפלינרי המאפיין את השיח הסביבתי.

החשיפה לנושא "מזון וסביבה", נעשתה ממרחב זוויות עשיר ומורכב, וזאת כאמור דרך מומחים בעלי שם בתחומם. ד"ר חגית אולנובסקי, מנהלת "הפורום לתזונה בת קיימא" הציגה את מורכבות "נושא המזון והסביבה בישראל, את אתגריו הבריאותיים ורגולטוריים". גב' ענת לווינגרט, ממשד החקלאות, הציגה תמונה מקיפה של "סוגיית גידול המזון בישראל וההיבט הסביבתי שלה". תשובות שונות לשאלה מהו ביטחון תזונתי וכיצד ניתן להשיגו, הוצגו ע"י פרופ' ניר אוהד, מנהל מרכז "מנה", באוני' תל-אביב, שדיבר על "ביטחון תזונתי בישראל ובעולם", וע"י פרופ' יונתן גרסל, ממכון וייצמן, אשר הציג את יתרונות ה"ביוטכנולוגיה למען ביטחון תזונתי". אלטרנטיבות בדמות "אגרו-אקולוגיה" ועמידה על מורכבות סוגיית הדשנים בייצור המזון, הוצגו ע"י ד"ר ליאורה שאלתיאל ממכללת "תל-חי" וממרכז "מחקר ופיתוח (מו"פ) צפון", וכן דרך הרצאתה של ד"ר שירלי גזית מארגון "חקלאות ביולוגית-אורגנית בישראל" שנגעה בשאלה – "האם חקלאות אורגנית יכולה להיות אלטרנטיבה לייצור מזון בישראל?". מספר סוגיות הנוגעות בבריאות ותזונה הוצגו ע"י ד"ר ניבה שפירא, ממכללת "אשקלון". בחינת ההיבטים הכלליים של סוגיה זו, הוצגו ע"י איתן רגב, חוקר ממרכז "טאוב" אשר הציג את "מאפייניו הכלכליים של שוק המזון הישראלי". סוגיית אובדן ובזבז המזון הוצגה ממספר זוויות מרתקות; גב' מיכל ביטרמן מייסדת ארגון "The Natural Step Israel" הציגה את פעילות הארגון בארץ, גב' אושרת אדלר-אקהוז הציגה את פעילותו הענפה של ארגון "לקט ישראל" ועדי אשכנזי מעיריית תל-אביב, הציגה את פרויקט "הסעדה ירוקה", המקדם צמצום של בזבז מזון במסעדות בתל-אביב. כמו כן, נחשפנו למספר סוגיות מרתקות הקשורות בממד המוסרי של מזון ותזונה. ד"ר דניאל מישורי, מאוני' תל-אביב, דיבר על "היבטים אתיים של יצור מזון בישראל וההשלכות הסביבתיות שלהם" ולבסוף, ד"ר אלון שיפון ממכון וייצמן הציג מספר נקודות מרתקות הקשורות ל"ייצור מזון מן החי והשפעותיו הסביבתיות". אנו מודים מאוד לכל המרצות והמרצים שהעשירו את הידע שלנו בנושא זה, ואשר הרצאותיהם מהדהדות ומהוות בסיס למגוון הרחב והמרתק של עבודות המחקר בחוברת זו.

כולנו תקוה שתמצאו נתרמים מקריאה של עבודות אלו, ברכת תודה לכל התלמידים ועוזריי המחקר.

פרופ' אבי פרבלוצקי

גב' ריקי לוי

חלק ראשון: אדפטציות בחקלאות ישראל במאה ה-21

1. בחינת הכדאיות הכלכלית בהמשך גידול חיטה בצפון הנגב לאור שינויי האקלים הצפויים, עמ' 4-34

אביב קפלן, אור גופר וטלית קיצוני

2. מחזור גידולים במאה ה-21: גישה מחודשת לשיטה ישנה, עמ' 35-79

יובל קרן, עינת גרא ושרה שפירא

3. עמדות הציבור כלפי חקלאות רב-תפקודית במרכז הארץ, עמ' 80-116

מיכל פרקש ושירה סער

חלק שני: שינוי עמדות לקידום מערכת מזון בת-קיימא

4. שווקי איכרים בערים בישראל ככלי לקידום תזונה בריאה, עמ' 117-168

גלי קורן, מיכל דולב ועמית הרטוך

5. חינוך סביבתי ותזונה בת-קיימא בקרב בני-נוער בישראל, עמ' 169-207

אולפת מסאלחה, אור יצקן ורימה גנאים,

6. אסטרטגיות לצמצום מזון בתעשיית ההסעדה, עמ' 208-237

איתמר ברגר, אנג'ל זוסמן, נוגה מוסטובוי וניר חכים,

חלק שלישי: חדשנות בייצור ובפסולת מזון

7. המשימה: מאדים - גידולים חקלאיים בעולם החדש, עמ' 238-283

ברק בנדר, דניאל צחור וג'ודי לקס

8. פסולת ממזון כחומר גלם מתכלה בשימוש במדפסות תלת-מימד, עמ' 285-337

נורית בר-שי, מיכל סקורניק וספיר גולדווסר

9. דבורים, צמחים ומה שבניהם, עמ' 338-395

ירון פיינגרס, ענבל איילון ורונית

**בחינת הכדאיות הכלכלית בהמשך
גידול חיטה בצפון הנגב לאור שינויי
האקלים הצפויים**

אור גופר (200699833)

טללית קיצוני (036952406)

אביב קפלן (43418466)

מנחה: שי שפר

קורס "פרויקטים בחקר הסביבה – תשע"ח"

החוג ללימודי הסביבה

מרץ 2018

תקציר

שינויי אקלים המתרחשים בעולם בעשורים האחרונים גורמים לאירועים תכופים יותר של מזג אוויר קיצוני, של עליית טמפרטורה ושל ירידה במשקעים במקומות מסוימים. מערכת החקלאות רגישה ביותר לשינויי אקלים מאחר והיא תלויה בגורמים מטאורולוגיים רבים. תפוקה של יבולים חקלאיים שלמים נשענת על מי גשמים עונתיים וכן על התאמת היבול לאקלים המקומי. שינוי באקלים ובמשטר משקעים מקומי עשוי לגרום ירידה חמורה בתפוקה של יבול, ובמקרה שמדובר בגידולים משמעותיים, כמו למשל חיטה, עשויה להידרש התערבות מלאכותית על מנת לשמר חקלאות זו. התערבות שכזו תדרוש הקצאת משאבים רבים ועלויות נוספות אשר לא בהכרח עולות בקנה אחד עם ערך התוצר המתקבל. בעיקר אמורים הדברים לגבי עלויות ההשקיה הגבוהות אל מול מחיר החיטה אותו מקבל החקלאי. בנוסף, שיקולים נוספים אשר עשויים להשתקף בפן הכלכלי אך מהותם היא חברתית, תרבותית ואקולוגית צריכים להילקח בחשבון גם כן. מטרתו של מחקר זה היא להעריך את הכדאיות הכלכלית של המשך גידול החיטה בצפון הנגב לאור שינויי האקלים הצפויים בעשורים הקרובים. המחקר יבדוק את השינוי החזוי בתפוקת יבול החיטה (אם קיים) באזור צפון הנגב לאור פרמטרים שונים של אקלים משתנה. זאת באמצעות הפעלת מודלים של חיזוי אקלימי ותפוקת יבול המתאימים לאזור צפון הנגב וספציפיים עבור החיטה. המחקר יכמת את העלות הכלכלית הנדרשת למעבר מחקלאות בעל של חיטה (השקיה המתבססת על מי גשמים) להשקיה מלאכותית (קולחין) באמצעות מודל פשוט של עלות-תועלת אשר יסכום את כלל העלויות הנדרשות בכדי לתמוך בהשקיה של חיטה במי קולחין לאורך תקופת זמן ממושכת. המחקר גם יאמוד את הערך הכלכלי המתקבל משימורם של שטחי גידול החיטה כשטחי חקלאות פתוחים ע"י ביצוע של סקרים בשיטת "ההערכה המותנית". השערתנו היא כי מבחינה כלכלית, לא יהיה כדאי (לא לחקלאים ולא למדינה) להמשיך ולגדל חיטה בארץ, בהינתן שינויי אקלימי כפי שאנו חווים וחוזים נכון להיום (עליית טמפ' וירידה בכמות משקעים), למרות שאנו מעריכים כי הערך הכלכלי שישתקף משימורם של שטחים אלו יהיה גבוה גם כן. אנו מאמינים כי למחקר זה תהיה תרומה גדולה להבנת ההשקעה הכספית שתידרש הן מהחקלאי והן מהמדינה לטובת שימור שדות החיטה בארץ, אשר תוכל להוות כלי בידי קובעי המדיניות, ואולי אף להיות מיושם עבור יבולים נוספים מלבד חיטה.

מבוא

תופעת ההתחממות הגלובלית ושינויי האקלים הצפויים במאה ה-21 הם איום על מערכות טבעיות – סביבה, צמחייה ובעלי חיים - בכל רמה ואזור בכדור הארץ. עליית טמפרטורות עולמית ממוצעת של 2 מעלות צלזיוס נחשבת כרמה קריטית, שמעבר לה יופיעו שינויי אקלים מסוכנים. (Giannakopoulos *et al.*, 2009)

חקלאות היא אחת המערכות הרגישות ביותר לשינויי אקלים, מאחר ומשתנים מטאורולוגיים אחראיים לגורמים רבים בהם היא תלויה (קרינת שמש, מים, פחמן דו חמצני) ושולטים בתהליכים בסיסיים המערבים צמיחה והתפתחות של יבול. אזור מזרח הים התיכון, כמו שאר העולם, צפוי לעבור שינויים בתבניות הגשמים והטמפרטורות לאורך העשורים הבאים עקב שינויי האקלים העולמיים. (Asseng *et al.*, 2015)

עונת הגשמים בישראל נמשכת מאמצע אוקטובר לתחילת מאי, כאשר המשקעים מגיעים לשיא מדצמבר עד פברואר. המשקעים משתנים בצורה משמעותית מהצפון לדרום. ממוצע המשקעים השנתי נע בין 151.94 מ"מ עד ל-772.6 מ"מ והטמפרטורה השנתית הממוצעת נעה בין 15.92 מעלות צלזיוס ו-23.91 מעלות צלזיוס. (Fleischer, Lichtman and Mendelsohn, 2008)

מאז תחילת שנות ה-2000 אנו עדים להתמעטות הדרגתית בכמויות המשקעים ובכמויות המים שאנו מצליחים לאגור, דבר אשר הצריך קמפיינים תקשורתיים לחיסכון במים כמו "ישראל מתייבשת" ותוכניות לאומיות להפקת מים מלאכותיים, בראשם מפעלי התפלת מים מהים ומפעלי טיפול ומחזור שפכים לצורך השקיה חקלאית. לאורך השנים חקלאות ישראל מקבלת פחות ופחות הקצאות של מים שפירים לצרכי השקיה לעומת כמות הולכת וגדלה של מי קולחין.

החיטה, כגידול החורף העיקרי בישראל, נסמכת בעיקר על חקלאות בעל וזאת מכיוון שכמות המים הנצרכת לגידולה בדיוק תואמת את משטר המשקעים בארץ. אחד מהאזורים העיקריים בו מגדלים חיטה בארץ הוא אזור צפון-מערב הנגב. כמות המשקעים הרב-שנתית הממוצעת באזור זה נעה בין כ-490-220 מ"מ. עבור תפוקה איכותית של חיטה נדרשות כמויות מים של 650-450 מ"מ, כאשר מתחת לכמויות של 250 מ"מ כבר נוצרת בעיה בגידול החיטה, ובדרך כלל נהוג בעולם לבצע פרקטיקות של השקיה מלאכותית. ירידה כרונית בכמות המשקעים באזור צפון הנגב תעלה את השאלה האם כדאי להמשיך ולהשקיע בגידול שטחים נרחבים של חיטה, כאשר גם כך רוב גרעיני החיטה המשמשים למזון תושבי ישראל מגיע מייבוא, והחיטה המקומית מספקת ביטחון תזונתי לזמן קצר ביותר (יחד עם זאת יש לציין כי מלבד הגרגירים קיים גם שימוש בחיטה עבור מספוא למשק החי המקומי).

לקיום שטחי החיטה בארץ יש משמעות רבה מעבר להספקת תצרוכת חקלאית (שכאמור, זניחה באופן יחסי). היבטים תרבותיים, חברתיים, אקולוגיים, כלכליים ואף ביטחוניים מקושרים עם קיומם של שטחי חקלאות אלה. האתוס הציוני עליו הוקמה המדינה – היהודי עובד האדמה – משתקף במלוא עוצמתו בנוף שדות החיטה לאורכה ולרוחבה של הארץ. כמו כן, משמשים שטחי החקלאות כתוחמים אזורים עירוניים אשר מעלים את הערך הנדל"ני, משמרים מערכות אקולוגיות, תורמים לתרבות הפנאי, מעצבים את הנוף, ובמידה מסוימת אף את גבולות המדינה. על כן, בבואנו לדרוש שינוי בקיומם של שטחים אלה מטעמים כלכליים-חקלאיים-יצרניים, עלינו לזכור להתחשב גם בערכים הנוספים אשר מקנה שדה החיטה לתרבות הישראלית ולצביונה של המדינה.

רקע וסקירה ספרותית

שינויי אקלים והשפעותיהם על חקלאות

קיימות ראיות שפליטות אנתרופוגניות של גזי חממה שינו תבניות טמפרטורה רחבות היקף במהלך המאה העשרים. כמו כן חשוב לציין שגורמים טבעיים, ביניהם שינויים בקרינת השמש ופליטות וולקניות תקופתיות, יכולים לקחת גם הם חלק בתרומה. גורמים אנתרופוגניים יגרמו ככל הנראה לשינויים עתידיים באקלים. כיום עדיין קיימת חוסר וודאות לגבי חוזק תגובת האקלים הצפויה לפליטות אנתרופוגניות, בחלקה עקב אי וודאות בנוגע לרגישות המודלים של פליטות גזי החממה ובחלקה כתוצאה מחוסר וודאות לגבי עוצמת והתבניות הגיאוגרפיות של גורמים שאינם גזי חממה. השאלה שעולה בנושא: האם ההתחממות תהיה כתוצאה מפליטת גזים מעשה ידי אדם, או שמא כתוצאה מכוחות של אירוסול גופרית מפליטות געשיות (Johns et al., 2003). מחקרים מהתקופה האחרונה מראים כי הטמפרטורות השנתיות העולמיות עלו ב-0.4°C מאז 1980, ובחלקים מסוימים בעולם נצפתה אף עלייה גבוהה יותר. סביר להניח שהשינויים הללו גרמו לעלייה בתפוקה (ייצור מזון פר יחידת שטח) בחלק מהאזורים, הפחיתו אותה באזורים אחרים,

ובמקרים מסוימים לא היו בעלי השפעה עליה. האיזון היחסי של השפעות אלו ברמה העולמית אינו ידוע (Lobell and Field, 2007). מחד, שינויי אקלים יכולים ליצור עלייה בתפוקה לאור הרחבת האזורים המתאימים לגידולים חקלאיים. מאידך, שינויים בטמפרטורות הממוצעות יכולים לקצר את זמן הבגרות של היבול, ולפיכך להפחית תפוקה. מס' ימים של טמפרטורות מעל ערך סף מסוים (כל גידול חקלאי והערך שלו), יכולים להפחית משמעותית את התפוקה, כיוון שקיימת השפעה על תהליכים בגידול החקלאי. לפיכך, יש צורך בהערכה נבונה לגבי התפוקה העתידית של גידול חקלאי מסוים לאור שינויי האקלים באזור מסוים. אם נתעלם מאמצעים טכנולוגיים שיכולים להגביר יבול בעתיד, בצורת ועקת חום צפויים להיות בעלי חשיבות הולכת וגדלה בקביעת תפוקת היבול באזורים רבים (Challinor et al., 2010)

התפוקה החקלאית באזורים יבשים נקבעת ברובה ע"י כמות המשקעים ולכן היא פגיעה מאוד לשינויים בתבניות שלהם. פגיעות זו מתגברת כאשר קיימת ירידה בכמות המשקעים הכללית, אך היא חמורה יותר באזורים בהם חלוקת הגשמים אינה אחידה. מזרח הים התיכון, שהוא בעל מאפייני מזג אוויר של חורף קר וגשום וקיץ יבש וחם, הוא דוגמא לאזור שכזה, וישראל, שממוקמת בקצה המזרחי של אזור זה, מאופיינת גם בנוכחות מפל משקעים חד (צפון אל מול דרום וגם מזרח אל מול מערב). שינויי האקלים הצפויים באזור, בעיקר בכמות המשקעים, צפויים להשפיע על תפוקת החקלאות והרווח ממנה. מס' מחקרים שנערכו באזור העריכו שצפויים הפסדי תפוקה הנעים בין 102 ל-208 מיליון, בהתאם לרמת המחסור במים החזויה בעתיד. מחקר נוסף שצפה את עתיד הכלכלה החקלאית במצרים ב-2060 מצא שצפויה ירידה בתפוקה שנעה בין 5%-51% בחיטה, 5%-27% באורז ו-2%-21% עבור שאר הדגנים והפירות. (Fischer et al., 2005) תחזיות שינויי אקלים עבור המזרח התיכון מראות עלייה כללית בממוצע הטמפרטורה השנתי. תחזיות משקעים, לעומת זאת, עדיין אינן ברורות, כאשר חלק מהמודלים צופים עלייה וחלק צופים ירידה בכמות הכללית. מודלים מסוימים מציעים עלייה ב-3.5-5.5 מעלות צלזיוס, בהתאם לריכוז הפחמן הדו חמצני, בתקופה הנוכחית ועד מחצית המאה ה-21. לעומת זאת, חלק מהמודלים צופים עלייה של כמעט 8% או ירידה של 3% בכמות המשקעים לאורך אותה תקופת זמן תחת אותם ריכוזי פחמן דו חמצני (Haim, Shechter and Berliner, 2008).

האקלים והחקלאות בישראל

מאפריל עד אוקטובר, אזור מזרח הים התיכון נמצא תחת השפעת מערכת סאב-טרופית בלחץ גבוה, אשר מצמצמת את המשקעים כמעט לחלוטין וגורמת לכך שחקלאות ללא השקיה תהיה אפשרית רק בתחילת התקופה הזו. ביוני 1964 ישראל החלה להפעיל את מערכת שירות המים הלאומית, שמאפשרת העברה של כמויות מים גדולות מהכינרת לאזורים היבשים של הדרום, ולפיכך מאפשרת קיום של חקלאות עם השקיה. הדבר הוביל להגברת החקלאות לאורך העונה היבשה, שהביאה לשינויים משמעותיים בשימושי הקרקע. חלק משמעותי מהאזורים היבשים הם כיום חקלאיים, דבר שגרם לשינויים בתכונות הקרקע. נראה שהדבר גרם לשינוי באקלים המקומי, כדוגמת שינוי במשטר הרוחות והטמפרטורה. הדבר תרם לירידה בשטף החום והפחתה מקבילה של ההבדלים בחום בין הים לקרקע, כמו גם שינויים בהרכב הקרקע ובאלבדו. בנוסף, נמצא גם כי עלייה במשקעי חודש אוקטובר (בתחילת העונה הגשומה, כאשר רוב הגשם הוא ממקור של הולכת חום) קשורה לשינויים בשימוש הקרקע. ככל הנראה, כיסוי הצמחייה המוגבר הפחית את האלבדו של פני השטח ואת שטף החום מהקרקע, מה שגרם בעלייה בשטף החום המורגש. הולכת החום החזקה יותר הקשורה לכך יכולה לחדור יותר בקלות את שכבת הגבול האטמוספירי העליונה ולגרור

לגשם כתוצאה מהולכת חום. בכל הקשור לדרום ישראל, עדיין לא ברור האם העלייה הנצפית בגשמי אוקטובר תואמת לשינויים בשטף החום המורגש (De Ridder and Gallée, 1998)

מגזר החקלאות הישראלי מאופיין במערכת ייצור אינטנסיבית שמונעת מהצורך להתגבר על מחסור במשאבים טבעיים, בעיקר מים ואזורי גידול. האקלים המשתנה של המדינה והטמפרטורות העונתיות האיצי את הפיתוח של פתרונות אגרו-חקלאיים. תנאי האקלים מאפשרים באזורים החמים יותר לייצר ירקות, פירות ופרחים במהלך עונת החורף, בעיקר לשווקי ייצוא באירופה. יכולת זו להיות הראשונים בשוק נותנת את האפשרות לדרוש מחירים גבוהים בשוק האירופאי והמקומי. במקרה הזה, טמפרטורות גבוהות מהוות יתרון. בערך מחצית מתוך ה- 2,820,000 דונם יבול מוקדשים ליבולי שדה. רבע מהחקלאים מגדלים ירקות, תפוחי אדמה ומלונים. בערך 16% מהשטחים נמצאים בשימוש לפירות, 7% פירות הדר ו-2% פרחים וצמחי גינה. כמעט כל היבולים למעט יבולי שדה מושקים. יבולי שדה גדלים על מישורים גדולים ותלויים בעיקר במשקעים. המגזר החקלאי הוא המשתמש הגדול ביותר של מים בישראל. בערך 60% מאספקת המים (מבארות, מאגרים, מי תהום וכו') הם לשימוש של השקיה. מים מתחת ומעל פני השטח הם רכוש של מדינת ישראל. בכל שנה נציב המים הישראלי מפריש לכל אזור חלק מסוים ל מים לצרכי השקיה. פקטורים היסטוריים נקבעו לפי כמות האדמה הכוללת לצורך השקיה, סוג הקרקע, גודל אוכלוסייה, מיקום, שימוש במים לפני 1959 ואפיון פוליטי של האזור. מכסות מים מתואמות תקופתית במטרה לקחת בחשבון מקורות מים חדשים וישובים חדשים. (Fleischer, Lichtman and Mendelsohn, 2008)

החיטה בישראל

באופן מסורתי, החיטה גודלה ע"י אוכלוסיות בדואיות באזור הצחיח למחצה של צפון הנגב. תיאור של חיטת הבר באזור, בעיקר *Triticum durum*, דווח לראשונה בספרות בשנות ה-20 של המאה העשרים. במחקר זיהו וסיווג החיטה הגדלה באזור שהתבצע במהלך שנות ה-50 של המאה עשרים, התבצע איסוף דוגמאות חיטה מאזור זה, משדות קטנים בהם גדלים סוגים שונים של חיטה מעורבת. ניתוח המידע הראה כי חיטה מסוג *T. durum* הייתה נוכחת ב-84% מהאוסף. אוכלוסיית החיטה מסוג *T. durum* הייתה דומה במאפייניה לקבוצות קדומות של *sinaica*, מאזור חצי האי סיני. בדומה לנגב הצפוני, זה כלל גם צורות דומות למס' זני בר שנמצאו בעבר במזרח התיכון. *Triticum aestivum* הייתה נוכחת ב-15.5 אחוז מהאוסף, והייתה מקבילה במאפייניה לזן הבר המקומי *hirbawi*. סוג *Triticum compactum* היה נוכח רק ב-8% מהאוסף. הערך הכי גדול באוסף הוא העמידות בתנאי בצורת, לאור הצחיחות של אזור המקור. בנוסף, בזנים אלו קיימת גם עמידות לזנים של חרקים מקומיים. (Blum et al., 1989).

השלב ההתחלתי של טיפוח החיטה בארץ ישראל היה מבוסס על סלקציה של זנים מתוך המגוון המקומי של זני בר וזריעת זרעים נבחרים. בסביבות שנת 1950, זני חיטה חדשים, בעיקר זני חיטה אביביים מסוג *T. aestivum*, הוצגו ונבחנו בארץ לצורכי טיפוח זנים. זן *Florence-aurore 8193* הובא מצפון אפריקה, והחל גידולו כגידול עיקרי, שהחליף את מרבית הזנים המקומיים. המהפכה הירוקה בחיטה בישראל פרצה לאורך שנות ה-60 של המאה עשרים, באמצעות טיפוח של זן *F-aurore 8193* עם חיטה חצי-גמדית שאינה מקומית. התפוקה הגדולה של זן חיטה זה היוותה 83% מכלל החיטה שגודלה בשנים 1971-1972 וכמעט 100% מהחיטה החל ממחצית שנות ה-70. במהלך תקופה זו, החיטה המקומית לא נשתמרה ורק נציגים

בודדים של זני בר היו קיימים החל משנת 1976. כיום, זני חיטה מודרניים גדלים בחלקים רבים בישראל, עד הנגב הצפוני, שם ממוצע הגשם השנתי נמוך מ-250 מ"מ. כאמור, בעבר, האוכלוסייה הבדואית גידלה חיטה המורכבת מתערובות שונות של חיטה או חיטה ושעורה, אך זני בר אלו הוחלפו בהדרגה בזנים מודרניים מיובאים שאינם מהאזור. (Poiarkova and Blum, 1983)

תחזיות אקלים ושיטות ניהול

על אף שתגובות חקלאיות לשינויי אקלים נוטות להיות ספציפיות לסוג היבול ומיקומו, ישנן ראיות שמרבית המערכות החקלאיות יעוצבו מחדש. בחלק מהמקרים, שינויים צפויים בתפוקה יגרמו לחקלאים לאמץ שיטות ניהול שונות, בעוד שהשפעות אחרות של שינויי האקלים רומזות שמינים מסוימים לא יוכלו להיות יותר כדאיים כלכלית להמשך גידול, כיוון שהם יצריכו השקעה כספית גדולה על מנת לגדלם, והרווח לחקלאי עליהם יצטמצם. למרות שעדיין קיים חוסר ודאות בנוגע לעוצמת שינויי האקלים, יש צורך להעריך את ההשפעות שניתן לצפות מהם על תפוקה חקלאית ולהעריך אלטרנטיבות של הסתגלות חקלאית, גם מבחינה מדעית וגם מבחינת קבלת החלטות. בעת האחרונה, מתגלות תובנות חדשות על הקשר של תפוקת היבול ושינוי האקלים, וניתנת יותר תשומת לב לזיהוי השינויים הספציפיים בשיטת הניהול על מנת להפחית השלכות שליליות או לנצל מצבים עתידיים עדיפים. לפיכך, הסתגלות חקלאית, המוגדרת כ-"התיקונים במערכות חקלאיות בתגובה לשינויים צפויים או בפועל באקלים או השפעותיהם, על מנת להפחית את הפגיעה או לנצל הזדמנויות מועילות" הופכת להיות מרכיב מפתח במדיניות שינויי האקלים (Meza and Silva, 2009).

מודלים שעושים שימוש בסימולציות יבולים הם כלים שמשמשים בהם במחקרים על השפעת האקלים, כיוון שהם יכולים להתמודד עם מס רב של משתני אקלים והקשר ביניהם דרך יבולים שונים. מודלים אלו מיושמים במחקרים רבים, כולל הערכת טמפ' על תפוקת יבול (Asseng *et al.*, 2015). בסימולציה, נאספים נתונים מטאורולוגיים יומיים. לאחר מכן הנתונים מקובצים יחד עם פרמטרים הקשורים לקרקע, ונעשה בהם שימוש לבניית מודלים המייצגים את הדינמיקה של צמיחת היבול והתפתחותו. לבסוף, התוצאות עבור התנאים האקלימיים הנוכחיים והעתידיים משוויות אחת מול השנייה. השפעות שינוי אקלים מבטאות כשינוי אבסולוטי או יחסי בתפוקת היבול ושימוש במשאבים. מכיוון שמודלי יבול מאפשרים ייצוג של שיטות ניהול חקלאי שונות, ניתן לאמץ מהם אסטרטגיות שהן תוצאה של סט אלטרנטיבות וגידולים, ולבחור את אלו שממקסמים את התפוקה או כל מדד כלכלי אחר. חשוב לציין, שלמרות שהערכות אלו מייצגות שאלות רלוונטיות בנוגע לשינויים הפוטנציאליים בגדילה והתפתחות, ואילו שינויים חקלאיים חייבים ליישם על מנת להתמודד עם תנאי אקלים חדשים (הסתגלות), הן עדיין לא נותנות תובנות לגבי ביצוע המעבר בניהול האופטימאלי כעת וביצועו בעתיד. (Meza and Silva, 2009) חשיבות מודלים אקלימיים לצורכי ניבוי תפוקה חקלאית ניתן למצוא במחקרים שהתבצעו באוסטרליה, שם קיימים סוגי אקלים צחיח וחצי-צחיח, בדומה לארץ. נמצא שתעשיית החיטה האוסטרלית רגישה מאוד להשפעות אקלים. הלשכה האוסטרלית למטאורולוגיה הפיצה דו"ח מפורט על הראיות של שינוי אקלים בהינתן מידע אקלימי כמו משקעים וטמפרטורה. אמנם כמות המשקעים גדלה במהלך 50 השנים האחרונות באזור צפון מערב אוסטרליה אך פחתה בדרום מערב, ובדרום מזרח, בעיקר בחורף. כמו כן, נמצא שריכוז הפחמן הדו חמצני האטמוספירי יכול לעלות מהרמה העכשווית אל למעלה מפי 2 עד שנת 2070. שינויים בריכוז הפחמן הדו חמצני יכולים

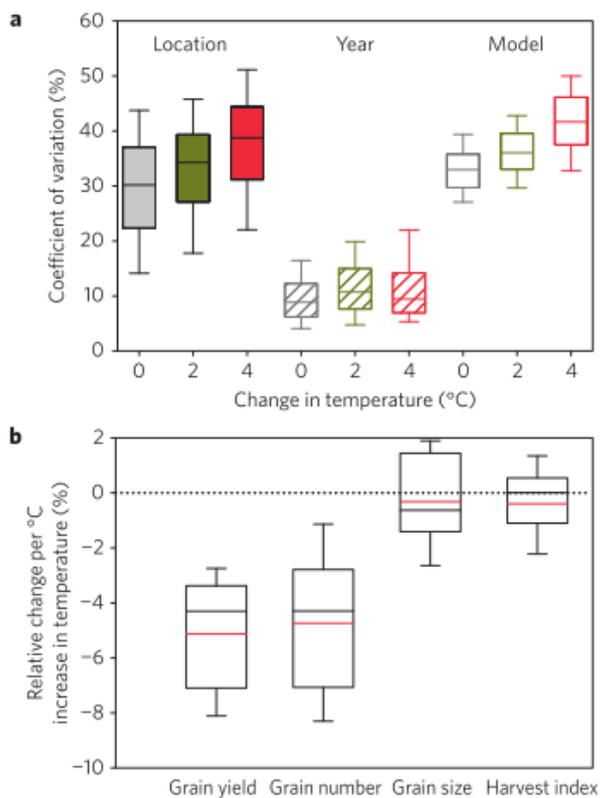
להיות בעלי פוטנציאל משמעותי להשלכות על גידולי החיטה וגם על אזורי גידול אחרים. הטמפרטורה הממוצעת באוסטרליה גדלה ב-0.8 מעלות מאז 1900. המחקר הנ"ל התבסס על הערכת השפעת השינויים האקלימיים על גידולי חיטה מנקודת מבט של אזורים עם השקיית גשם - מצב שקיים גם בארץ - תחת מודלים של השפעה נמוכה, בינונית וגבוהה של שינוי אקלים יחד עם שילוב של פליטת גזי חממה ופליטות אירוסול של גופרית. נמצא ששינוי אקלים יכולים להשפיע בצורה חיובית ושלילית. ראשית, עליית טמפרטורות תקצר את תהליך התבגרות הצמחים. הדבר יפחית את הזמן שנדרש עבור צריכת מים ואור ולכן יפחית את השימוש בהם. ההפחתה הצפויה בגשמים תגרום להפחתה בכמות המים הקיימת ממילא. פיתוח יבול מואץ ותקופת מילוי גרעינים קצרה יפחיתו את תפוקת הגרעינים. ריכוז פחמן דו חמצני גבוה לא מפצה על הפסדי יבול כאשר הצמחים גדלים בטמפרטורות גבוהות שגרמו ללחץ ולקיצור תקופת המילוי של הגרעינים. תגובה אפשרית שנייה היא השפעת דשן פחמני, שצפוי תחת עליות בריכוזי הפחמן הדו חמצני. בעוד שתוספת פחמן קיים תיצור עלייה ראשונית בגידול, עקב עלייה ביעילות השימוש של מים, אור, חנקן ומינרלים אחרים כמו פוספטים, היא גם תיצור הפחתה בתפוקת היבול עקב הפחתה בכמות המים הקיימת באדמה ותקופת הקצירה הקצרות ע"ב פנולוגיה – מראה הצמח. ההשפעה באזורים יבשים עם הגבלות נוטריינטים כמו דשן פחמני צפויה להיות רחבה. (Anwar et al., 2007)

דוגמא למודל ניבוי אקלים משולב הוא מודל HadCM3 – Hadley center coupled model version 3 - שמשלב גם את מעגל פליטת הגופרית וכולל פליטות אנתרופוגניות שנחשבות לרלוונטיות ביותר כרגע, ומיושם בצורה אחידה ככל האפשר עם רמת הפליטות האנתרופוגניות הנוכחיות. המודל בוחן נתונים מטאורולוגיים אטמוספריים ומשלב אותם יחד עם נתונים הנאספים מזרימות האוקיינוסים. מכיוון שהמודל בוחן נקודות שונות על פני הגלובוס הוא יוצר מעין רשת שמאפשרת התמקדות באזור מסוים. (Collins, Tett and Cooper, 2001).

התוצאות לפיכך מייצגות הערכות מתקבלות על הדעת של שינויי האקלים, בהתאם להערכות סוציו-אקונומיות שמלוות את תרחישי הפליטה, כלומר ניתן לשער שמדינות בעלות תעשייה מפותחת יגרמו לפליטות אנתרופוגניות רבות יותר, ולהיפך. מבנה המודל הוא להלן: תיעוד נתונים עבור המודל המשולב לצורך חישוב הכוחות האנתרופוגניים. בחינת הביצועים של המודל בשילוב בקרה ארוכה ללא הכללת כוחות אנתרופוגניים. הכללת הכוחות האנתרופוגניים במודל, עם תיאור מלא של הפליטות, ריכוזים, וכוחות שונים בתרחישים, ובחינת העתיד לפי המודל של תגובת האקלים ומשתנים אזוריים תחת תרחישים שונים (Johns et al., 2003). כאמור, חשוב לציין שככל שהתחזית רחוקה יותר, כך גדל חוסר הוודאות שבחיזוי אקלים. מחקר אשר בחן את השונות בשינוי האקלים באמצעות HadCM3 נערך כך שהכיוונים העקרוניים היו (1) לוודא את השונות הפנימית באקלים אל מול שונות נצפית, (2) לבחון את המודל עבור כל מצב תקופתי של שונות, (3) להשתמש במודל על מנת להעריך את השונות הפנימית על מנת להעריך את ההסתברות של הופעת המגמות הנצפות במשתנים אקלימיים, ו-(4) להשוות את המודל עם גרסאות קודמות שלו. העוצמה ותדירות המאפיינים של השונות של טמפרטורת פני השטח הממוצעת של המודל בזמנים שנתיים עד עשור נמצאים בקורלציה טובה עם התצפיות. תצפיות על מגמות בטמפרטורה של 20 השנים האחרונות ולמעלה מכך לא היו אחידות עם השונות הפנימית של המודל (איור 2) (Collins, Tett and Cooper, 2001)

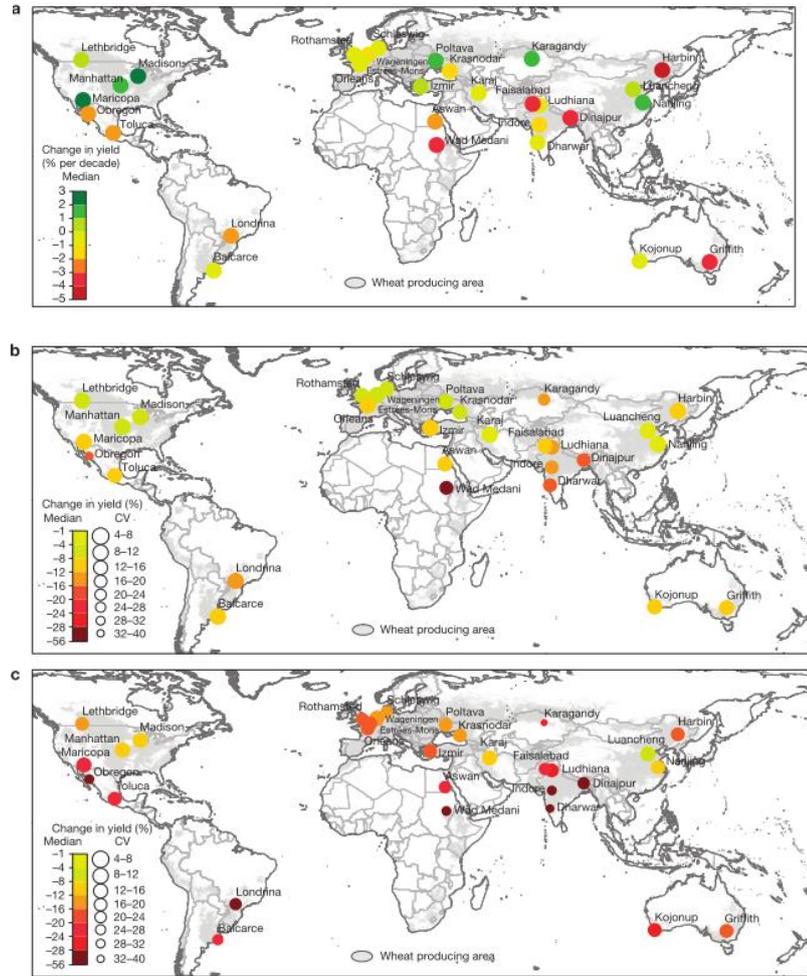
איור 1 - שונות, חוסר וודאות וגורמים לירידה בתפוקת החיטה ככל עם עליית הטמפרטורה.

(a) מראה את מקדם השונות (%) עבור סימולציית תפוקה לפי מיקום, שנים ואי וודאות במודל. בכל קופסא קווים אופקיים מייצגים את האחוזון ה-10, ה-25 וה-75. האחוזון של 900 סימולציות עבור האקלים הנוכחי (אפור), עלייה של 2 מעלות (ירוק) ועלייה של 4 מעלות (אדום). (b) מייצג box plots של ממוצעי 90 סימולציות לאורך 30 שנים עבור שינוי יחסי בתפוקת הגרעינים, גודלם, מספרם ומדד קצירה עבור שינויים בטמפרטורה. קווים אדומים מצביעים על ממוצע של 30 סימולציות (בלי להתחשב בשטח הגידול). אפס מיוצג באמצעות קו מקווקו. מתוך (Collins, Tett and Cooper, 2001)



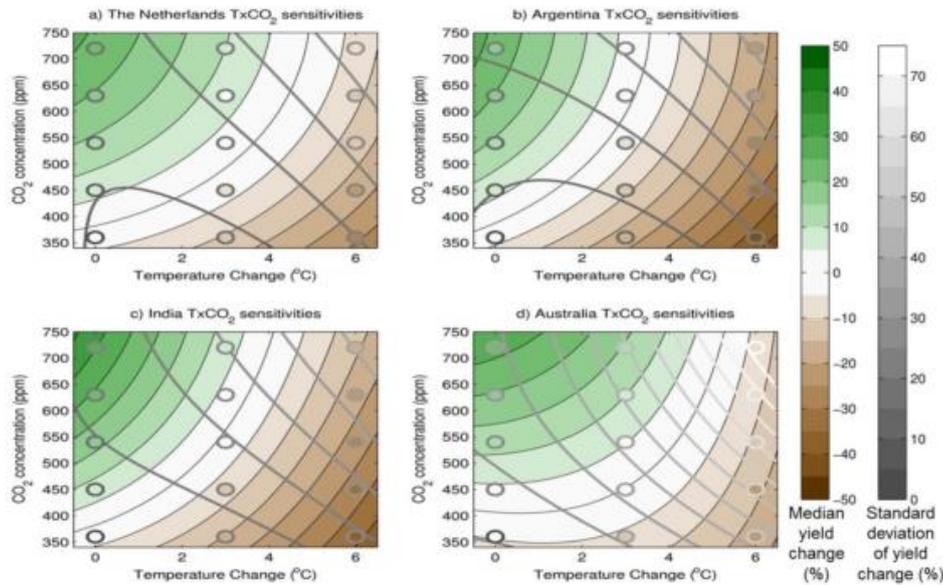
איור 2 - סימולציה של שינוי תפוקת החיטה הגלובלית בעבר ועם עליית טמפרטורות.

(a) מייצג שינויים בגידול החיטה במהלך השנים 1981-2010. (b) מייצג תפוקה ממוצעת לאחר עלייה של 2 מעלות. (c) מייצג גדילה ממוצעת לאחר עלייה של 4 מעלות, תוך התבססות על נתוני העבר מ-1981-2010. מתוך (Collins, Tett and Cooper, 2001)

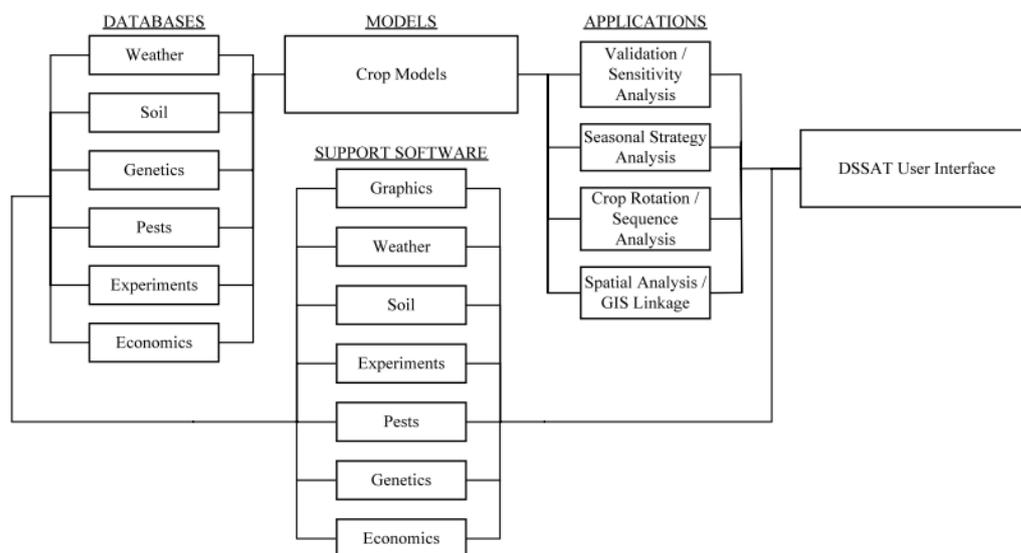


כפי שניתן לראות, בחינת התגובה לטמפרטורה חשובה במיוחד לצורך הערכת השפעה של שינוי אקלים על ייצור החיטה. ההבדלים בין התפוקות החזויות והנצפות חשפו חוסר וודאות משמעותי במחקרים סיסטמיים עם מודל 'בול נרחב'. חוסר הודאות גברה בטמפרטורות גבוהות, במודלים מסוימים. למרות זאת, מרבית המודלים דימו ירידה בתפוקה עקב עליית טמפרטורה (איור 1). בערך 70 אחוז מתפוקת החיטה העולמית מגיעה מאזורים מושקים או בעלי כמות משקעים גבוהה. תחת מודל תנאי השקיית גשם ותנאים מגבילים של מים וחנקן, נמצא שעליית טמפרטורה של עד 2 מעלות הגבירה יכול באמצעות הימנעות מלחץ מים וחום בסוף העונה. למרות זאת, קיימות גם ראיות שמציעות שעליית טמפ' היא בעלת השפעה שלילית ללא קשר למים וחנקן. עבור כל עלייה במעלה בטמפרטורות העולמית הממוצעת קיימת הפחתה של תפוקת ייצור החיטה ב-6 אחוזים, עם סבירות של 50 אחוזים, בטווח בין 4.2 ל-8.2 אחוז אובדן (איור 3). כאשר מדברים על ייצור עולמי של 701 Mt אובדן של 6 אחוזים מייצג 42 Mt פר כל מעלה. כדי להבין את סדר הגודל, הכמות שווה לרבע מהמסחר העולמי בחיטה, שהגיע ל-147 Mt ב-2013. (Asseng et al., 2015).

בהולנד (a), ארגנטינה (b), הודו (c) ואוסטרליה (d). הצבעים מייצגים את הממוצע (של 26 גידולים) השינויים בתפוקה לאורך 30 שנים עבור כל מבחן רגישות (נקודות). הצבעים האפורים מייצגים את סטיית התקן (של 26 גידולים) לאורך שינוי ממוצע של 30 שנים בתפוקה. מתוך (Asseng et al., 2015)



שיטת מידול חיזוי חקלאית היא DSSAT. נעשה בה שימוש ב-15 שנים האחרונות ע"י חוקרים בכל העולם. חבילה זו משלבת מודלים של 16 סוגי יבולים בתוכנה שבודקת ומעריכה את היישום של מודלי יבול למטרות שונות. במהלך השנים האחרונות, הלך ונהיה קשה יותר לשמור על המודלים הללו, באופן חלקי כתוצאה מהעובדה שהיו סטים שונים של קודי מחשבים עבור יבולים שונים עם מעט תשומת לב לעיצוב התוכנה ברמת היבולים עצמם. לפיכך, המודלים עוצבו מחדש ותוכנתו כך שהשילוב יהיה יותר יעיל. הבסיס לעיצוב המודל החדש הוא מבנה מודולרי שבו המרכיבים מופרדים לאורך קווי דיסציפלינה מדעית ומובנים על מנת לאפשר החלפה קלה או הוספה של מודלים. יש בו מודול קרקע, מודול תבנית יבול שיכול לדמות יבולים שונים ע"י הגדרת קלט של קובץ סוג יבול, ממשק שמאפשר הוספת מודלי יבול אינדיבידואליים אם יש להם אותו עיצוב, מודול מזג אוויר, ומודול המתמקד בתחרות לאור ומים בקרקע, צמחים ואטמוספירה (איור 4). הוא גם מעוצב לשילוב בין חבילות יישום שונות, חלקן נועדו לעזור לחוקרים לאמץ ולבחון את המודל החדש וחלקן נועדו לתפעל את המודל על מנת לדמות תפוקה לאורך זמן. במאמר זה יש תיאור של העיצוב החדש וגם דרכים חדשות לבצע מידול של המרכיבים המדעיים העיקריים (קרקע, יבול, מזג אוויר וניהול). בנוסף, המאמר מתאר את דרישות המידע והשיטות שנעשו בהן שימוש לצורך הערכה. (Jones et al., 2003)



דוגמא למערכת שעושה שימוש ב-DSSAT היא אב טיפוס של מערכת קבלת החלטות בשם אפולו אשר פותחה על מנת לסייע לחוקרים להשתמש ב-DSSAT לצורך ניתוח נתוני מידע חקלאיים. מכיוון שהמודלים כתובים לצורך הערכת גדילת היבול ופיתוח בתוך יחידת קרקע הומוגנית, אב הטיפוס שפותח הוא בעל פונקציות מיוחדות לנהל מודלים תחת נתונים משתנים של אדמה. לאב הטיפוס מודולים שמאפשרים למשתמש לבנות סדרה של קבצי קלט עבור סימולציות בודדות לאורך אזורי ניהול מוגדרים מראש, לכוון את המודלים לדמות שונות היסטוריות של תפוקה, לוודא התאמת המודלים עבור עונות שלא היה בהם שימוש בבקרה, ולהעריך את תגובת היבול להשפעות סביבתיות של חנקן, אוכלוסיות ומיני צמחים שונים, והשקיה. (Thorpe et al., 2008)

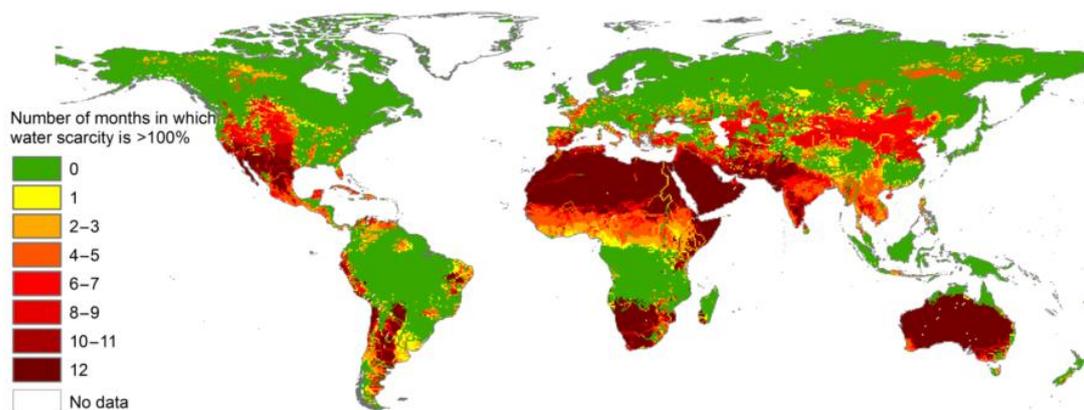
המחסור במים והצורך בשימוש במים מושבים

מגמות של גידול אוכלוסייה ושימוש גובר במשאבים נראות בבירור היום יותר מאי-פעם. בנוסף, אנו עדים לתהליכים של ריכוז אוכלוסייה בערים (UNDESA, 2014) אשר מגדילים את התלות במערכות ריכוזיות של אספקת משאבים חיוניים כמו מים ומזון (Garcia and Pargament, 2015). דרישת המים ברחבי העולם צפויה לגדול משמעותית בעשורים הקרובים כתוצאה מגידול האוכלוסייה וצריכה גוברת עבור פעילויות שונות כגון החקלאות, אשר צורכת למעלה מ-70% מכלל המים הזמינים לשימוש, תעשייה וייצור אנרגיה (WWAP, 2017).

שינויי האקלים שעובר העולם בעשורים האחרונים מביאים אותנו כבר היום למצב של מחסור במים במקומות רבים ברחבי הגלובוס. אנו חשופים יותר ויותר למזג אויר קיצוני אשר גורם לבצורות, סופות, שיטפונות ושריפות. כל אלה מושפעים ומשפיעים ישירות על כמות ואיכות המים הזמינים לשימוש ברחבי העולם

וגורמים לכך שכשני שלישי מאוכלוסיית העולם חווה משבר מים, ברמה כזו או אחרת, לפחות חודש אחד בשנה (איור 5) (M.Mekonnen and Hoekstra, 2016). יותר מכך, ההערכות המקובלות הן על סדר גודל של מיליארד איש (שביעית מאוכלוסיית העולם) אשר נמצאים במצב של מחסור במים באופן קבוע, כולל מחסור במי שתייה ובמים לצרכים סניטריים (Rijsberman, 2006).

איור 5 – מספר החודשים בשנה בהם מתרחש מחסור במים (מחולק ע"פ אזורים גאוגרפיים). מתוך (M.Mekonnen and Hoekstra, 2016)



באזור אגן הים התיכון, לדוגמא, אנו עדים לעלייה בתדירות הבערות מאז שנת 1970. הנזק הכלכלי שלהם מוערך ביותר מפי 5 מהנזק שנגרם בתקופה המקבילה בארה"ב כולה. באופן כללי, כמעט כל מדינות אגן הים התיכון, ובמיוחד בחלקים הדרומיים שלו, חוות משברים עמוקים של מחסור במים מאז שנות ה-90, כולל ירידה משמעותית בכמות המשקעים (Iglesias *et al.*, 2007). בישראל נעשתה הערכה של שינוי בכמות המשקעים לאורך 90 השנים האחרונות, ועל פי נתוני השירות המטאורולוגי ניתן לראות כי בין השנים 2004-2014 אין אמנם שינוי מהותי בכמות המשקעים, אך מצד שני, הכמות לא עלתה מעבר ל-10% מהמוצע בשנים אלו, ובאופן אבסולוטי זו התקופה הארוכה ביותר בה כמות המשקעים השנתית הממוצעת אינה עוברת את רף 600 המ"מ (אתר השירות המטאורולוגי, www.ims.gov.il).

השפעות דומות של שינויי אקלים מצד אחד ודרישה גוברת למים מן הצד האחר, ניתן לראות גם במקומות אשר באופן היסטורי לא חוו בעיות של התמודדות מול מחסור במים. מדינות דרום אירופה (הבלקן, איטליה וספרד) מתמודדות כיום עם דילמות של ניהול משק המים כתוצאה מתחזיות לשינוי אקלימי אשר משפיע ישירות על מאגרי המים שלהן (Lavrnić, Zapater-Pereyra and Mancini, 2017). אפילו מדינות צפוניות כמו בלגיה, אנגליה, אירלנד וצרפת חוו בעשור האחרון תקופות יוצאות דופן של בצורות, אשר אליהן לא היו ערוכות (Molle *et al.*, 2012).

נוסף על כל אלה, זיהומי מים הנגרמים ע"י פעילות אנושית (ובעיקר באמצעות הזרמה של ביוב באיכויות שונות) עשויים לפגוע באופן חמור במקורות מים המשמשים אותנו כיום, לגרום להתדלדלותם, לפגיעה באיכותם ולייצר השפעה שלילית ביותר על סביבתם האקולוגית (WWAP, 2017). הצורך בטיפול במי

השפכים, לאור כמותם ההולכת וגוברת, יחד עם העלייה במודעות הסביבתית, הולך יד ביד עם הצורך במציאת מקורות מים נוספים, בעיקר עבור צרכנים בעדיפות שנייה כמו ענפי החקלאות והתעשייה (Vergine *et al.*, 2017). טכנולוגיית הטיפול במים כיום אף מאפשרת לנו לבצע שימוש חוזר במים גם עבור מיליון מאגרי מי תהום, צריכה עירונית ואפילו מי שתייה (Garcia and Pargament, 2015), אף על פי שתהליכים אלה עדיין לא הבשילו לקנה מידה משמעותי, עקב חסמים רגולטוריים. השימוש החוזר במים מושבים מעניק יתרונות גדולים הן מבחינה סביבתית והן מהבחינה הכלכלית – שומר על מקורות מים מלאים ונקיים, מאפשר החזרת נוטריינטים לסביבה, משמש כמקור זמין וזול לכמות גדולה מאוד של מים ואינו מושפע כמעט מאפקטים לא נשלטים כמו אקלים משתנה (Vergine *et al.*, 2017).

הסקטור המשמעותי ביותר העושה בעשורים האחרונים שימוש נרחב במים מושבים הוא סקטור החקלאות. בישראל, כ-85% מהמים המטופלים משמשים להשקיה של יבולים, בספרד כ-71% ובקליפורניה כ-20% (Reznik *et al.*, 2017). מכיוון שהחקלאות דורשת כמויות עצומות של מים להשקיה, ומכיוון שגידולים רבים יכולים להיות מושקים באמצעות מים מטופלים מושבים (ואפילו מרוויחים מכמות גדולה של נוטריינטים וחומרים אורגנים הנמצאים במים הללו אך נעדרים ממים שפירים ממקורות עיליים), הגיוני הדבר שאנו רואים עלייה בכמות השימוש במים מטופלים לחקלאות, ויותר מדינות (כולל מדינות האיחוד האירופי) מחפשות כלים ליישום שימוש כזה (Lavrnić, Zapater-Pereyra and Mancini, 2017) (Lika *et al.*, 2016).

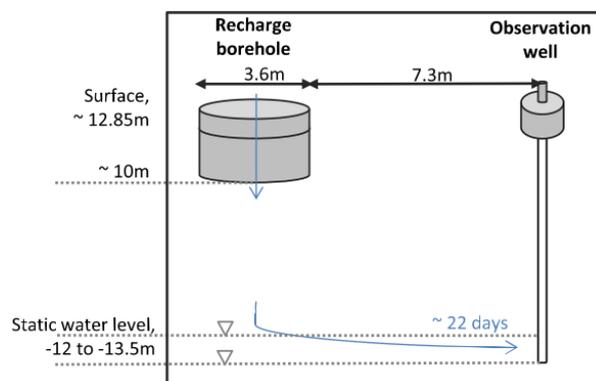
יחד עם זאת, צריך לזכור כי ישנם גם מספר חסרונות אליהם יש להתייחס בכובד ראש כאשר עושים שימוש נרחב במים מושבים - השפעות שליליות על הבריאות עקב המצאות פתוגניים, מתכות רעילות, שאריות חומרים תרופתיים וחומרים סינטיטיים נוספים. כמו כן, פרמטרים פיזיקליים של איכות המים המושבים, כמו מליחות, הגבה (pH), ריכוז חומר אורגני וכו', אשר שונים משמעותית מערכי מים שפירים, יכולים להשפיע על איכות הקרקע המושקת ובכך לגרום לירידה בכמות או באיכות היבול (Reznik *et al.*, 2017). על כן, הסטנדרטים של טיפול במים לצורכי השקיה משתנים בין מקומות שונים בעולם, בהתאם לכמות הנצרכת, סוג היבול המושקה, סוג הקרקע, קירבה לגופי מים עיליים או מי תהום ועוד (Lavrnić, Zapater-Pereyra and Mancini, 2017).

מים מושבים בישראל

מדינת ישראל נחשבת למובילה בעולם בתחום של שימוש חוזר במים, ובעיקר לענף החקלאות. בישראל ממוחזרים כ-97% מהמים המשומשים ומתוכם כ-85% מיועדים לצרכים חקלאיים. מים אלה מספקים כ-40% מתצרוכת המים הכללית לחקלאות (Reznik *et al.*, 2017). רשות המים בישראל נערכת לתרחישים של הגברת הצריכה הכללית, בעיקר ע"י גידול מהיר בייצור של מים מלאכותיים – התפלת מי ים לצריכה ביתית מצד אחד, והגברת טיהור מי קולחין מן הצד השני. בשנת 2016 עמדה כמות מי הקולחין המשמשים לחקלאות על כ-566 מיליון מטר מעוקב (מלמ"ק) אשר מהווה 44% מכלל המים שהוקצו לסקטור זה, גבוה יותר מכמות המים השפירים לחקלאות (40%) (איור 7). חברת "מקורות" מספקת כ-50% מהמים המושבים לחקלאות באמצעות מפעליה השונים, בראשם מפעל "הקו השלישי לנגב" אשר מקבל מי קולחין מטופלים של אזור גוש דן (מפעל השפד"ן) ומבצע החדרת מים לקרקע כטיפול סופי (טכנולוגיית Soil Aquifer Treatment – SAT) (איור 6). משם נשאבים כ-140 מלמ"ק בשנה לצורך השקיית שדות הנגב. מפעלים

חשובים נוספים להשבת מי קולחין לחקלאות בארץ הם תשלובת הקישון ועמק חפר, השייכים גם כן למקורות ומספקים יחד עוד כ-50 מלמ"ק. כמו כן, הרשויות מעודדות יזמים פרטיים בתחום השבת הקולחין לחקלאות ע"י סיוע רגולטורי וכן במימון (אתר רשות המים, www.water.gov.il).

איור 6 – תיאור של תהליך החדרה והשבת מים בשפד"ן באמצעות SAT. מתוך (Zucker et al., 2015)



איור 7 – צריכת המים בכללית בשנת 2016 לפי מטרות צריכה (אלפי מ"ק) – מתוך אתר רשות המים (www.water.gov.il)

ה"כ צריכה המים	מים שאינם שפירים						מים שפירים				הקלאות
	סה"כ	סטפונות ומאגר	שפד"ן	קולחין	הפקה מלוח ומליח	מקורות מלוח	סה"כ	עילי	קידוח	מקורות	
1,252,839.2	767,529.1	35,795.5	184,964.1	381,737.5	95,086.0	69,945.9	485,310.1	144,279.6	121,406.8	219,623.7	חקלאות
932,723.2	66,275.7	371.5	69.4	8,290.2	52,086.4	5,458.2	866,447.5	12,234.5	113,205.2	741,007.8	צריכה ביתית וכל צריכה אחרת
29,110.1	4,493.8	0.0	0.0	0.0	590.0	3,903.8	24,616.3	600.6	0.0	24,015.6	מים לטבע
2,214,672.5	838,298.6	36,167.0	185,033.5	390,027.7	147,762.4	79,307.9	1,376,373.9	157,114.8	234,612.0	984,647.1	סה"כ

היבטים של גידולי חיטה ומים בישראל

באופן כללי, תחום גידולי השדה בישראל מחולק לגידולי חורף – חיטה ושעורה לגרגרים וכן גידולים נוספים למספוא, וגידולי קיץ – חמוס, חמניות, אבטיח, גידולי מספוא כמו תירס וסורגום וכן כותנה ואגוזי אדמה. בעוד שגידולי הקיץ "נהנים" מהשקיה מלאה שעיקרה מי קולחין או בהשקיית עזר, גידולי החורף נשענים כמעט לגמרי על גשמי החורף (גידולי בעל) (אתר משרד החקלאות, תחום גיד"ש <http://www.moag.gov.il>)

החיטה, כגידול החורף העיקרי, מרוכזת באזור שפלת יהודה, הנגב והעמקים. לצורך יבול עשיר של חיטה נדרשת כמות גשמים של 450-650 מ"מ במשך העונה (ארגון האו"ם למזון ולחקלאות FAO, www.fao.org). בנוסף, מחקרים שונים הראו כי צפויה עליה בכמויות המים שיידרשו לגידול חיטה באזור הדרומי-מזרחי של אגן הים התיכון לאור שינויי אקלים, במיוחד באזורים הפנימיים הרחוקים מהים (Ouda, 2015). אזור המזרח התיכון, וישראל בפרט, מאופיין במנעד רחב יחסית של משקעים, הנע בין 200-700 מ"מ בשנה. אף על פי שבישראל כמות גדולה של החיטה גדלה באזור הנגב (משקעים באזור ה-200 מ"מ), נראה כי פרקטיקות של השקית חיטה כמעט ואינן מיושמות, למרות שהמלצות לגבי כמויות השקיה לפי שלבי הגדילה של החיטה

בהחלט ידועות ומפורסמות באופן ספציפי גם עבור ישראל (ארגון האו"ם למזון ולחקלאות FAO, www.fao.org).

מודלים כלכליים לשימוש במים מושבים

בניית מודלים כלכליים בהם אנו נדרשים לקחת בחשבון פרמטרים סביבתיים וטכנולוגיים רבים אינה דבר של מה בכך. לאורך השנים הוצעו גישות שונות עבור חישובי עלות-תועלת להשקיה בחקלאות. כאשר בוחנים את התמונה הגדולה, בה יש צורך לכמת את כל הפרמטרים ובסופו של דבר לקבוע מחיר עבור המים לשימוש חקלאי, מגלים כי היא מורכבת מאוד והכלכלנים המתעסקים בנושא מתקשים לקבוע מהו "המחיר הנכון". פרמטרים כמו זמינות של מקורות מים, איכותם, עלויות של הפקה, טיפול, הזרמה, דרישה חקלאית, תמריצים לצמצום שימוש, אפקט צל ועוד, צריכים להילקח בחשבון כגורמים המשפיעים על מחירם של המים (Tsur, 2005).

נוסף על כך, עבודות רבות נעשו על מנת להראות כי שיטות התמחור השונות, יחד עם מדיניות ניהול והקצאות של מים לחקלאות, מהוות מרכיב חשוב ביותר הקובע את כדאיות ההשקיה החקלאית. Lika et al. (2016). לדוגמה, פיתחו מודל המאפשר להשוות בין כמה שיטות תמחור מים לחוות חקלאיות ולבחור את היעילה ביותר. במקרה זה, ההערכה נעשת באמצעות פרמטרים הכוללים את מחיר המים לחקלאי אל מול גודל השטח המושקה וצריכת המים המשתנה של החקלאי. בעבודתם מתייחסים הכותבים לכך שמחירי המים יכולים לשמש גם ככלי בידי קובעי המדיניות לצורך חסכון במים במצב של משבר מים מתמשך (Lika et al., 2016). במאמרו משנת 2005, מגדיל Tsur לעשות וטוען, כי מקורות המים הזמינים אוזלים, ושהדרך היחידה להתמודד עם הדרישה הגוברת למים היא ניהול ותמחור נכון ע"י ממשלות. בעבודתו הוא סוקר פרמטרים שונים המשפיעים על מחירי המים לחקלאות, מציע מודלים לחישוב הצריכה והעלות, וכן גישות שונות לתמחור של המים. מסקנתו המעניינת היא שכל אזור כפוף למערכת שיקולים אחרת (גאוגרפית, תרבותית, אקלימית, כלכלית, פוליטית) ולכן לכל אזור תתאים שיטת תמחור שונה עבור הקצאת המים לחקלאות (Tsur, 2005).

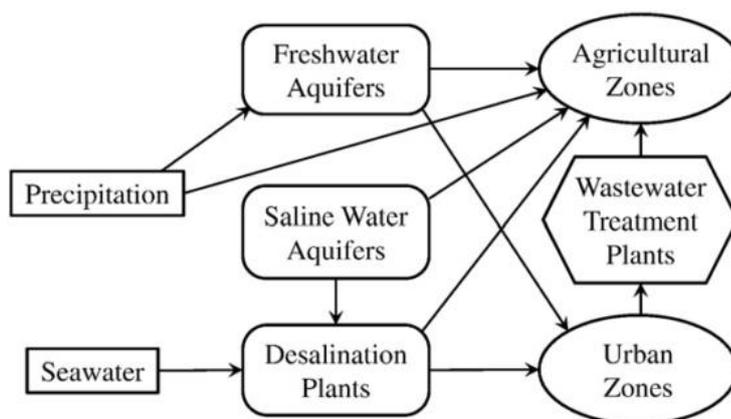
קביעה זו היא חשובה ביותר ויש לראות בה קו מנחה בבואנו להחיל מודל כלכלי-סביבתי-חקלאי כזה או אחר. ברור הדבר שאין דין השקיית קולחין בנגב כדין השקיית קולחין באזור השרון. על כן, רובם המוחלט של העבודות המדברות על מודלים כלכליים של השקיה בקולחין, מחזור מים לחקלאות וטיפול בשפכים, מתרכזות במקרה בוחן אחד או אזור גאוגרפי מסוים בעל מאפיינים אחידים וברורים. לדוגמה, Panagopoulos et al. ביצעו הערכת עלות-תועלת עבור מי השקיה באגן נהר ה-Pinios ביוון. לצורך כך השתמשו החוקרים במודל הנקרא Soil and Water Assessment Tool (SWAT) אשר פותח ונמצא בשימוש משרד החקלאות האמריקאי. מודל זה מאפשר חיזוי של תהליכים הידרולוגיים, אשר מוצגים ביחידות של "תגובה הידרולוגית" כתוצאה מפרמטרים שונים של סוגי קרקע, יבולים, מקורות המים הזמינים, ניהול החקלאות (מטעים, קציר), השקיה, דישון ועוד. התוצאות ממודל זה משקפות תהליכים של זרימה וחדירה לקרקע, התאיידות מהקרקע ומהצמחים, זרימה רוחבית וזרימה חוזרת, חלחול ועוד. עבור התוצאות שהתקבלו ממקורות מים שונים, הפעילו החוקרים מודל נוסף פשוט שפיתחו לבחינת עלויות ההשקיה, אשר

כולל עלויות השקעה, תחזוקה שוטפת, ומאפיינים פיננסיים כמו ריביות והצמדה. כך חישוב תרחישים שונים ועלויות הנגזרות ממקורות השקיה שונים (Panagopoulos et al., 2014).

בעבודה אחרת פותחו 4 מודלים שונים עבור 4 סוגי טכנולוגיות שונות המשמשים לאספקת מים לחקלאות באי סרדיניה, ואשר כל אחד מהם משקף עלויות תפעול שונות לאספקת מים. המודל מאפשר לחשב את העלויות הכוללות של מערכת אספקת המים ע"פ השטח המושקה (ולא ע"פ כמות המים הנדרשת). התוצאות ממודל זה מאפשרות העדפה של טכנולוגיה אחת על פני אחרת, או בחירה במנגנון חלוקה ותמחור אשר יהיה מועדף לפי צרכי מדיניות מקומית (Dono, Giraldo and Severini, 2012).

בישראל, מאמר שהתפרסם לאחרונה ע"י Reznik et. al משתמש במודל תוכנה מתמטי הנקרא Multi-Year Water Allocation System (MYWAS) ואשר הותאם ספציפית למשק המים הישראלי ע"י כותבי המאמר. מודל זה משקלל מגוון רחב של נתונים הקשורים למקורות המים (מקורות עיליים, תת קרקעיים, מים מטופלים, מפעלי התפלה ומים מליחים), לצנרות ההולכה (מים שפירים ושאינם שפירים), ונתונים מדויקים לגבי עלויות, דרישות מים ע"פ אזור גאוגרפי, הידרולוגיה, מילוי מאגרים ונתונים טכניים אחרים (איור 8). התוצאות ממודל זה מוצגות כערך המקסימלי של סעד סוציאלי נטו המתקבל לכל תרחיש. במקרה זה, נבדקו ההשפעות הכלכליות של השקיה או אי השקיה בקולחין מסיבות שונות אל מול החלופות הזמינות שלהן ונמצא כי השקיה בקולחין מעלה את הסעד בשווי של 3.3 מיליארד דולר (על פני 3 עשורים) אל מול האפשרות של השקיה במים שפירים (עלויות התפלה למשל) וכן שלא כדאי להתפיל מי קולחין כדי להגביר את כמות המים השפירים להשקיה חקלאית. בנוסף בדקו גם את הסעד המתקבל כתוצאה מאי השקיה בקולחין למניעת פגיעה ארוכת טווח בקרקע ובמי תהום ונמצא כי הימנעות שכזו תפחית את הסעד המתקבל ב-2.7 מיליארד דולר (Reznik et al., 2017).

איור 8 – טופולוגיה מסוגנת של MYWAS. מתוך (Reznik et al., 2017)



עבודה אחרת שנעשתה בישראל, בוחנת את ההיבטים הכלכליים, סוציאליים וסביבתיים של שימוש במים מושבים בפרויקטים שונים. המחברים הפעילו מודל חישובי פשוט יחסית להערכת עלות-תועלת של השימוש

במים מושבים, אשר מסכם פרמטרים שונים של עלויות פנימיות וחיצוניות וכן של עלויות הנגזרות מהחלופות העומדות כנגד השימוש במים מושבים. במקרה זה, נלקח נחל הירקון כמקרה בוחן ונבדקו מספר תרחישים המבטאים עלויות שונות של הפקה ושימוש במים בפרויקט מחזור המים של נחל הירקון (כגון השקיית הפארק, מים לחקלאות, אפקטים סביבתיים ובריאותיים). מחקר זה מצא כי בכל הנוגע לפרויקט טיפול ומחזור מי הירקון, השימוש במים אלה להשקיית פארקים וגינות עירוניות משתלם הרבה יותר מהפקתם והזרמתם להשקיה חקלאית (Garcia and Pargament, 2015).

בכל העבודות והמחקרים שתוארו כאן בקצרה, בולטת העובדה כי יש לחקור בצורה מעמיקה ולהגיע לנתוני אמת מדויקים באשר לעלויות התפעוליות של כל מרכיבי המערכת וכן לקחת בחשבון תרחישים שונים המשפיעים על עלויות אלו ועל החלופות העומדות כנגדם. הפעלת כל אחד מהמודלים הכלכליים המובאים כאן, וכן אחרים, דורש הזנת מגוון רחב של נתוני עלויות, והנחות לגבי השינוי שלהם בתרחישים שונים.

חשיבותם של שטחים פתוחים

שטחים פתוחים מוגדרים כשטחים שאינם מכוסים בבניינים, אותם מחלקים ל"שטחים פתוחים אפורים" ו"שטחים פתוחים ירוקים". השטחים האפורים הם אלו שלרוב אטומים במשטחים "קשים" כמו חניונים או רחובות, בעוד ששטחים ירוקים הם בעיקר שטחים שאינם אטומים, שטחים חדירים ו"רכים" כמו פארקים, יערות או שדות (Swanwick, Dunnett & Wololley, 2003). ההבחנה בין שני סוגי השטחים היא חשובה ביותר כיוון ששירותי המערכת האקולוגית המסופקים על ידי כל אחד מהם משתנים באופן משמעותי ומשליכים על תרומתו של המרחב לפיתוח בר-קיימא (Wandl, Rooij & Rocco, 2017).

Wandel *et al.* (2017) תרומתם של השטחים הפתוחים לחיים על פני כדור הארץ מתבטאת בהיבטים רבים. בחרו בטיפולוגיה המדגישה 3 היבטים עיקריים לתרומתם של השטחים הפתוחים לחיים ברי-קיימא:

- היבט סוציולוגי של קיימות המכיל בתוכו את בריאות האדם, הרווחה שלו והיכולת שלו לתקשר, להתערות וליצור.
- מחקרים רבים הראו את הקשר בין הנגישות לשטחים פתוחים ולמה שמוגדר כ"טבע" לבין בריאותם הפיזית והנפשית של בני אדם. הרבה מהמחקרים בנושא עוסקים בשטחים פתוחים וירוקים באזורים עירוניים ומלמדים על הקשר בין הנגישות לשטח ירוק לבין בריאות נפשית תקינה וירידה במצבי לחץ (Roe *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2015), ירידה בתחלואה ובתמותה (Maas *et al.*, 2009) ועלייה באינטראקציות חברתיות (Maas *et al.*, 2006).
- היבט סביבתי של קיימות המכיל בתוכו הגנה על המגוון הביולוגי כמו גם שיפור ותמיכה במערכות האקולוגיות והשירותים שהן מספקות. מחקרים רבים עוסקים בחשיבות השירותים שהמערכות האקולוגיות מספקות לאדם בחינם (Ranganathan & Lucas 2008). אמנם יש ויכוחים על מספרים או האם בכלל זה נכון למדוד את המערכת האקולוגית במדדים כלכליים (Salles, 2011), אבל ברור שמדובר בשירותים שיעלו הרבה מאד כסף אם לא יתקבלו בחינם על ידי המערכת האקולוגית.
- היבט כלכלי של קיימות הכולל עלייה בערך הרכוש והנכסים כמו גם תרומה לכלכלות מקומיות דרך עלייה בתיירות (Crompton, 2001). פליישר וחבריה (פליישר, צור ובר אוריון 1999) מביאים דוגמאות לענפי תיירות התלויים בסוגי שטחים פתוחים שונים: פעילויות המבוססות על פני השטח כמו סקי או

טיפול הרים וסלעים, ריחוף וסנפלינג המצריכות שטח הררי ומצוקים. פעילויות הדורשות מקורות מים כמו שייט ושחייה הדורשות חופים, נהרות ואגמים. פעילויות המסתמכות על בעלי חיים המצויים באותם השטחים כגון צפרות, צפייה בבעלי חיים, צייד, דיג ועוד. או פעילויות הקשורות למרחב פתוח כמו גולף, רכיבה על סוסים, נסיעות ברכבי שטח וכדומה. פעילויות לימוד של תרבות ומורשת המבוססות על אתרים היסטוריים ואירועים היסטוריים, צמחייה ובעלי חיים מסוימים. פעילויות "בחק המשפחה" כמו פיקניק ומשחקי כדור המצריכים שטחים פתוחים, בדרך כלל פארקים. ופעילויות המבוססות על שטחים פתוחים מישוריים כמו רכיבה על אופניים ומסלולי הליכה. בנוסף, ניתן להעריך כלכלית ערך של שטח פתוח על ידי עלות הנזקים שהיו קורים לולא היה קיים, או על ידי ההוצאה הכספית על בניית תשתית שתחליף את הפונקציה אותו הוא ממלא. לדוגמא: אגירת מי תהום, איזון מזג האוויר, מניעת הצפות ונזקי סופה (פליישר וחבריה, 1999).

הפילוסוף והחוקר (Rolston, 1988) מוסיף שלשטח הפתוח יש גם ערכים מופשטים שאינם ניתנים לביטוי במדדים כלכליים. הוא נותן כדוגמאות את הערך המדעי העוזר להבין את הטבע ואיך הוא נוצר, הערך הגנטי המתבטא בשימור המגוון הגנטי בטבע והערך התרבותי המושג בתרומת עולם החי והצומח לפיתוח הזהות העצמית.

עם הפיתוח המואץ והגידול המעריכי של אוכלוסיית בני האדם בעולם מאז המהפכה התעשייתית, השטחים הפתוחים נתונים ללחץ של פיתוח מתמיד ורבים מהם הופכים לשטחי בנייה ותעשייה (Kline, 2006).

שטחים פתוחים בישראל

המגמה של איבוד שטחים פתוחים לטובת פיתוח היא אמנם מגמה עולמית, אך בישראל הנושא אקוטי במיוחד ונובע בעיקר מגידול האוכלוסייה האינטנסיבי שמדינת ישראל חוותה בשנות ה-90, גידול שהתרחש עקב הגירה מאסיבית של כמיליון איש, רובם מברית המועצות לשעבר. מגמה זו, נוספת לקצב גידול האוכלוסין הטבעי בישראל, הגבוה יחסית למדינות המערב. הגידול באוכלוסייה יחד עם תהליכי העיור האינטנסיביים מובילים לכך שיותר ויותר קרקע מוסבת משטח פתוח לשימושים עירוניים ותעשייתיים, והשטחים הפתוחים בישראל הופכים למוצר במחסור (Amit Cohen & Sofer 2017).

חשיבותם של השטחים החקלאיים בישראל

התפקיד הכלכלי והיצרני של החקלאות בישראל הולך ופוחת עם השנים: מספר המועסקים בחקלאות מצטמצם, ובעשרות השנים האחרונות מורכבת העבודה השכירה בעיקר מעובדים זרים. שינוי זה הוא דרמטי מבחינה תרבותית-חברתית כיוון שמיעוד לאומי ואידיאולוגיה ציונית שנתנה מעמד של כבוד לתפקיד החקלאי, כמעט ואין בעשרות השנים האחרונות חקלאים יהודים, והמעטים שיש הם אלו העוסקים בניהול צוותים של עובדים זרים (זליגמן ולחמן, 2013).

בנוסף, הביקוש הנדל"ני לוחץ להסב שטחים חקלאיים לפיתוח ובנייה (בעיקר במרכז הארץ), וההגבלות לשימוש במים לחקלאות הולכות וגדלות (צבן וחבריו, 2004). זאת ועוד, אחוזים גבוהים של סוגי מזון

מסוימים, כמו דגנים ושמינים שמקורם בחקלאות, מיובאים לישראל מארצות אחרות (זליגמן ולחמן, 2013), כך שהתפקיד של יצירת מזון וסיבים ושמירה על ביטחון תזונתי לאומי, פוחת אף הוא.

בכלל החברות האנושיות תפקידה של החקלאות חורג מעבר לסיפוק של התוצרת החקלאית עצמה. מאז תחילתה של החקלאות המעשה החקלאי נטוע בתרבות ובנוף המקומיים ויש לו ערכים שונים המתאימים למקום ולתקופה. שטחים חקלאיים הם בעצם "מקרה פרטי" של שטחים פתוחים ולכן חלק ניכר מהתרומות של שטחים חקלאיים הן בעצם תרומות חיצוניות של שטחים פתוחים. אף-על-פי-כן, יש גם תרומות ייחודיות לשטחי חקלאות (צבן וחובריו, 2004).

מעבר לתוצרת החקלאית עצמה, לשטחי החקלאות יש תפקיד של תרומה נופית של שטחים ירוקים נרחבים. בזמן שבאזורים שפעי מים בעולם החלופה לשטחים חקלאיים היא יער או אחו ירוק, השטחים החקלאיים ברוב חלקי ישראל, ובעיקר בדרום, מהווים חלופה לשממה ובתה. כמו כן, ישנה חשיבות לשמירה על מרכיבי נוף המאפיינים את הארץ ועל הייחוד של אזורי ארץ שונים. הנופים החקלאיים יוצרים קשר רגשי בין תושבי המדינה לנופיה ומהווים תחושת בית ומולדת (צבן וחובריו, 2004; קפלן וחובריו, 2011).

מלבד זאת, פעמים רבות החקלאות משמשת כמעטפת לערים. הנופים החקלאיים מהווים מסגרת לעיר וכך משפיעים באופן ישיר על איכות החיים בתוכה. נופים מטופחים יוצרים תדמית גבוהה וחוויה נופית תמידית, כמו גם תחושת שייכות והגברת הלכידות החברתית לאור הנוף התרבותי המשותף. נופים חקלאיים משביחים את ערך הנכסים בעיר, כפועל יוצא של שיפור איכות המגורים והפעילות העסקית המתרחשת בקרבתם (קפלן וחובריו, 2011).

יתרה מכך, שטחים חקלאיים נחשבים, לעיתים קרובות, כ'אזורים שלווים'. נופי החקלאות נתפסים כמקומות רגועים היוצרים תחושה של שלווה והרמוניה, בניגוד לעיר המהווה מקום רועש ודחוס המשרה תחושת לחץ ומצוקה. בנוסף, הטבע הפתוח עשוי להיות דרמטי מאד ולעורר יותר יראת כבוד ופחות תחושת נוחות וקרבה. לעומת זאת, השטחים החקלאיים, מעצם אופיים, מישוריים, מתונים וחסרי דרמטיות, ולכן תורמים לתחושת רוגע גבוהה מזו של נוף טבעי, בו לא נגעה יד אדם (קפלן וחובריו, 2011).

שטחים חקלאיים משפיעים גם על התרבות המקומית ותורמים חברתית לערכים שבין אדם לאדמתו. ביקור וצפייה בנוף החקלאי במשך השנה ממחישים ומלמדים, טוב יותר מכל מורה בכיתה, על מחזוריות הטבע ועונות השנה (צבן וחובריו, 2004). ערכים כמו טיפוח הרגש הלאומי, המבוסס על הקשר בין הישראלי לאדמתו, כמו גם פיתוחו של 'יהודי חדש' – "הצבר" המעבד את אדמתו ומתפרנס מיציר כפיו והמייצג את החזון הציוני (אלמוג, 1997), אף הם מהווים נדבך חשוב בהיסטוריה של התרבות והזהות הישראלית.

יתר על כן, לשטחי חקלאות מעובדים היתה ועודנה ישנה תרומה חברתית-לאומית: חלקים ניכרים מההתיישבות הכפרית במדינת ישראל ממוקמים בפריפריה ובסמוך לגבולות ושמירה על שטחי חקלאות מעובדים באזורים אלו מונעת מגורמים לא רצויים להשתלט על שטחי המדינה. גם בתוככי המדינה שטחים חקלאיים מעובדים שומרים על הקרקע מפני השתלטות בלתי חוקית ואף פגיעה בסדר הציבורי ובנוף (צבן וחובריו, 2004).

כמו כן, שטחים חקלאיים תורמים תרומה סביבתית ואקולוגית משמעותית כמו: הגברת חלחול מי גשמים לאקוויפר על ידי חריש לעומת שטח בור, קליטת פחמן דו-חמצני על ידי הצומח בשטח ובכך יצירת איזון

במרכיבי האוויר בסביבה, וקליטת פסולת מוצקה המיוצרת בסביבה העירונית ומי קולחין, בהם משתמשים בכמויות גדולות במשק החקלאות הישראלי. בנוסף, החקלאות תורמת להתפתחות ושימור אוכלוסיות בעלי חיים, כמו למשל בריכות דגים המשמשות מקור מזון לציפורים נודדות או פריחה כמקור לצוף (צבן וחבריו 2004; קפלן וחבריו 2011).

בכל מדינה בה יש שטחי חקלאות פוריים מוגבלים, קיים חשש רציני לאובדן שטחים אלו. תהליך העיור האינטנסיבי נוגס בשטחים אלו, וערים רבות הוקמו על שטחי חקלאות פוריים. המאפיינים שהופכים שטחים אלו טובים לחקלאות הם אותם המאפיינים ההופכים שטחים אלו טובים לבנייה ופיתוח עירוני. כתוצאה מכך, קיים לחץ אינטנסיבי ומתמיד על הסבת שטחי חקלאות לשימושים אחרים, בעיקר לפיתוח עירוני, תעשייתי או מסחרי (Beesley & Ramsey, 2009).

שטחי חקלאות חיטה בישראל

בתוך ההגדרה הגדולה של שטחים פתוחים, שטחי גידול חיטה נכנסים לתוך ההגדרה של שטח עיבוד חקלאי (שטרן וחבריו, 2002).

ע"פ הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, שטחי החיטה בישראל התמעטו משמעותית בעשרות השנים האחרונות. בשנת 1970 שטחי החיטה לגידול גרעינים עמדו על 1,074,200 דונם ובשנת 2016 שטח גידול החיטה לגרעינים עמד רק על 437,000 דונם (Central Bureau of Statistics, 2017).

מודלים כלכליים שבתנו כדאיות כלכלית של שטחי חקלאות פתוחים

בכלל ובישראל בפרט

בכל המודלים ההערכה הכלכלית נבחנה מנקודת מבט אנתרופוצנטרית. גישה זו מייחסת ערך לבני אדם בלבד, ואת שאר מיני בעלי החיים, הצמחים והמערכות האקולוגיות היא רואה כאמצעי המייצר תועלת עבור האדם. כלומר, ישנו ערך לסביבה ומערכותיה כמייצרות תועלת מסוגים שונים לאדם. אין התייחסות לערך הקיום הפנימי של הטבע והנוף לכשעצמם ולכן, הערכה כלכלית זו הינה חלקית בלבד. למעשה, כאשר באים לאמוד ערך כלכלי של שטח פתוח, מנסים לחשב את התועלת השלילית לאדם שתיגרם כתוצאה משינוי במצב הנוכחי של אותו השטח (רוזנטל וחבריו, 2009).

חשוב לציין כי ערכם של השטחים משקף גם את ערך השוק אך גם את הערך הציבורי. זאת בזמן שהתועלות הציבוריות כמו נוף, חי וצומח, איכות אוויר ופרטיות, אינן מכומתות ישירות דרך המנגנון הפיננסי המוכר של השוק החופשי (פליישמן ואודיש, 2004).

ערך השטח הפתוח מתחלק לשתי קטגוריות עיקריות: ערכי שימוש וערכי אי-שימוש.

ערכי השימוש הם אלו הנובעים משימוש של האדם במשאב הסביבתי בצורה פיזית, ונחלקים לישירים ועקיפים. ערכי שימוש ישירים כוללים תועלות כמו ציד, כרייה, דיג וכדומה (שימוש צרכני), ותועלות כמו טיולים, צילום, מחנאות וכו' (שימוש לא-צרכני). ערכי שימוש עקיפים כוללים תמיכה בצרכי האדם כמו

רגולצית אקלים, מניעת שיטפונות הטמעת פסולת ומזהמים ועוד. בנוסף, צפייה בתוכניות טלוויזיה או קריאת ספרים העוסקים בשטחים פתוחים, חיות בר וכדומה (רוזנטל וחובריו, 2009; Fausold & Lilieholm 1999).

ערכי אי-שימוש הם אלו הנובעים מאי-מעורבות פיסית כלשהי של האדם במשאב הסביבתי, והם כוללים את ערך הקיום, ערך ההורשה וערך האפשרות. ערך הקיום נגזר מהסיפוק שאדם מרגיש כאשר הוא יודע כי אין פגיעה במין מסוים, במערכת אקולוגית או בכל משאב סביבתי אחר. ערך זה קיים גם אם אין שום כוונה להשתמש בשטח, לא עכשיו ולא בעתיד. ערך ההורשה נגזר מהידיעה שתועלות סביבתיות יוכלו לעבור בהורשה לדורות הבאים והסיפוק מידיעה זו. ערך האפשרות משקף את נכונות האנשים לשלם על האפשרות להשתמש בשטחים אלו בעתיד (רוזנטל וחובריו, 1999; Fausold & Lilieholm, 2009). לערך זה יש משמעות נוספת מעבר לערך הכלכלי הנוכחי, כיוון שהביקוש לשטח זה בעתיד אינו ידוע. במדינות בהם השטחים הפתוחים מצטמצמים במהירות, כמו במדינת ישראל, סביר להניח שערכם של השטחים הפתוחים בעתיד רק יוסיף ויעלה (פליישמן ואודיש 2004).

כדי לחשב אומדן כלכלי של שטח פתוח צריך, ראשית כל, לסווג את אותם השטחים במספר מישורים:

- סיווג לפי הקרבה למרכזי אוכלוסייה
- סיווג על פי מידת הערכיות של השטח הפתוח
- שטחים פתוחים בעלי ערכיות גבוהה
- שטחים פתוחים בלי ייחודיות נופית, אקולוגית או אחרת.

מובן שלא ניתן להחליט באופן חד-משמעי על ערכיות, ובעיקר על חוסר ערכיות, של שטח פתוח, ולכן יש בעייתיות בסיווג זה.

משנות ה-60 של המאה הקודמת החלו להתפתח שיטות לאמוד מוצרים שאין להם שוק, מתוך הבנה של חשיבותם של מוצרים אלה, ובכללם השטחים הפתוחים (שמס-עדני, 2002). ישנן מספר שיטות בהן ניתן למדוד שווי של שטח פתוח:

1. מחירים הדוניים (Hedonic Price (PC)

בשיטה זו הערכת השווי של השטחים הפתוחים נגזרת מזיהוי תרומתם של שטחים אלו למחיר המגורים המצויים בקרבתם. השימוש בשיטה זו עוזר לכמת את ערכיהם של שירותי המערכת האקולוגית שאינם באים לידי ביטוי בשוק החופשי אך משתקפים במחיר שאדם מוכן לשלם על מגוריו באותו המקום (Sander & Haight, 2012). יישום שיטה זו מתבסס על ההנחה שלמחיר הנכס יש מרכיבים רבים, כאשר אחד מהם הוא המרכיב הסביבתי, אותו מנסים לבדד מתוך כלל המרכיבים (רוזנטל וחובריו, 2009).

מחקרים רבים ברחבי העולם נערכו בשיטה זו. דוגמה למחקר שהסתמך על שיטה זו הוא המחקר של Sander & Haight (2012) שבדק את הקשר בין מחירי הבתים לשטחים הפתוחים ושירותי המערכת האקולוגית שהם מספקים עבור התושבים שבמחוז דקוטה הנמצא במדינת מינסוטה שבארצות הברית. במחקר נמצא שיש השפעה ניכרת על מחירי הנדל"ן בעקבות קרבה לשטחים פתוחים המשרתים את התושבים כמו שטחי יער, אגני מים ומדשאות, המאפשרים פעילות פנאי ופעילות אתגרית, ובעיקר הנאה מהנוף האסתטי של אותם שטחים (Sander & Haight, 2012). מחקר זה (כמו גם מחקרים נוספים) מוכיח

כי ניתן לאמוד ערך של שטח פתוח בשיטת המחירים ההדוניים, וששיטה זו יכולה להשפיע על תכנון אזורי ועל מקבלי ההחלטות כאשר באים לעסוק בחשיבותם של השטחים הפתוחים בסביבתם.

2. גישת עלות הנסיעה (Travel Cost (TC)

זוהי שיטת אומדן עקיפה בה גוזרים את שווי של השטח מהעלות שהושקעה בהגעה אליו וההוצאות הכרוכות בשהייה בו (רוזנטל וחובריו, 2009). פונקציית הביקוש בשטח זה מבוססת על מספר הביקורים באתר, ונקודות המוצא השונות מהן הגיעו האנשים. המחיר הוא עלות הנסיעה כולל חניה או כניסה. עודף הצרכן הוא מדד התועלת שהמבקר מפיך מהביקור באתר והוא משקף את הרווחה הנובעת משימור השטח הפתוח במצבו הקיים (פלוישר וחבריה, 1999; שמש-עדני, 2002). שיטה זו מבוססת על שאלוני סקר המחולקים למבקרים באתרים עצמם או בסקרים טלפוניים (רוזנטל וחובריו, 2009).

דוגמא למחקר שנעשה בישראל בשיטה זו היא המחקר של Fleischer & Tsur (2003) שבדק בעזרת סקר טלפוני את מספר הביקורים של פרטים, ממקומות שונים בארץ, בשלושה סוגים של שטחים פתוחים: חוף הים, פארקים לאומיים ופארקים עירוניים. המחקר כלל בתוכו את מקום המגורים, המצב הסוציו-אקונומי של הפרט, מספר הביקורים ומדדים נוספים כמו גיל ומגדר. על פי המחקר, ניתן לראות כי החופים מייצרים את הערך הכלכלי הגבוה ביותר ולכן צריך לשמור עליהם באופן מיוחד. בנוסף, המחקר הראה שפארקים לאומיים ופארקים עירוניים יכולים להוות תחליף האחד לשני ולכן ניתן להיות גמישים יותר בשמירה ובניהול שלהם (Fleischer & Tsur, 2003).

3. שיטת הערכה מותנית (Contingent Valuation (CV)

שיטה זו אומדת את ערכם של שטחים פתוחים על ידי תשאול ישיר של האוכלוסייה. השיטה משתמשת באומדן שנקרא הנכונות לשלם - Willingness To Pay (WTP), הבודק את הנכונות של האוכלוסייה לשלם עבור שטח פתוח מסוים, או לחילופין חישוב עלות הפיצוי הנדרש עבור אי-שימורו של אותו השטח (שמש-עדני, 2002). הצהרות הנשאלים משקפות, לכאורה, את התועלת אותה הם עשויים להפיק מאותם השטחים, בכלל זה האופציה לבקר או לצפות בהם.

כאשר מדובר על שטחים שאינם נושא לביקור או צפייה, שיטה זו עשויה להיות שיטת אומדן בלעדית, אמנם יש לה גם מספר חסרונות. המצבים המתוארים בשאלות הם היפותטיים ולכן התשובות עלולות להיות אף הן דמיוניות. לדוגמא, הנשאלים עשויים להעיד על נכונותם לשלם סכומים שאינם באמת מסוגלים לשלם. בנוסף, הנשאלים עשויים לרצות את החוקרים ולכן עלולים לענות תשובות שהן 'פוליטיקלי קורקט' ולא דווקא תשובות המתאימות לנטיות ליבם (שטרן וחובריו, 2002).

דוגמא למחקר שנעשה בישראל בשיטה זו הוא המחקר של שמש-עדני (2002). במחקר זה החוקרת ביקשה לבדוק את חשיבות השימור של סוגי נוף חקלאי שונים דרך שיטת ההערכה המותנית ע"י שאלונים מסוגים שונים. המחקר הראה, בין היתר, כי האוכלוסייה בישראל מוכנה לשלם עבור נוף של עצי פרי ופרדסים, וסכום נמוך יותר על נוף של משק חי ושדות. עם זאת, נוף משולב בו יש גם שדות וגם פרדסים הוא הנוף עליו המרואיינים היו מוכנים לשלם את הסכום הגבוה ביותר. בנוסף, המחקר בדק מהם השיקולים הנלקחים בחשבון בשמירה על שטחי חקלאות. השיקול לו נתנו המרואיינים את החשיבות הגבוהה ביותר היה שימור

השטחים החקלאיים כמקור למזון ופרנסה לחקלאים, אחריו שיקול השמירה על הטבע, ולאחר מכן השיקול של שימור הנוף החקלאי (שמש-עדני, 2002).

שאלת המחקר

לאור האמור לעיל, אנו שואלים האם כדאי יהיה, מבחינה כלכלית, להמשיך ולגדל חיטה באזור הנגב הצפוני, בהתחשב בשינויי האקלים והמחסור במים הצפוי בשנים הקרובות, ולאור חשיבות המשך שימור השטחים הפתוחים בישראל?

השערות המחקר

- במהלך העשורים הקרובים, שינויי האקלים צפויים להשפיע גם על אזור ארץ ישראל. אנו צופים שכחלק משינויי האקלים, תהיה עלייה בטמפרטורה הממוצעת וירידה בכמות המשקעים, וייתכנו תקופות בצורת ארוכות.
- אנו גם משערים כי שינויי האקלים צפויים להשפיע על תפוקת החיטה. ייתכן שבטווח השנים הקצר תהיה עלייה מסוימת בגידול החיטה, אך לאורך תקופת זמן ארוכה יותר, אנו משערים שתפוקת החיטה תרד.
- אנו חוזים כי העלות הכלכלית שתידרש על מנת לשמור על גידולי החיטה בארץ בכלל, ובנגב הצפוני בפרט, בהנחה של התמעטות משקעים, תהיה לא כדאית עבור מגדלי החיטה בגלל ההשקעה הכספית הגבוהה בצידוד קצה להשקיה, כמות מי הקולחין אשר יהיה צורך לשלם עליה, עלויות רגולטוריות נוספות ותוספת כוח אדם. נוסף על כך, גם מבחינת המדינה צפויות הוצאות רבות על מתקני טיפול שפכים, צנרת ומשאבות להזרמה, רגולציה, כוח אדם וכן עלויות סבסוד של החקלאות ותוצרת החיטה, מכיוון שמחירי החיטה לצרכנים אינם צפויים לעלות.
- זאת על אף שאנו צופים כי הערך הכלכלי שישתקף משימור של שטחי חקלאות, ובעיקר שדות חיטה בישראל יהיה גבוה מאוד, במיוחד עבור התוצאות מבדיקת ההערכה המותנית.

מטרות המחקר

מטרת המחקר הינה בדיקת הכדאיות הכלכלית של המשך גידול החיטה בצפון הנגב, לאור שינויי האקלים הצפויים בעשורים הקרובים. זאת ע"י יצירת מודל כלכלי הלוקח בחשבון פרמטרים של תפוקת היבול, עלות מעבר מחקלאות בעל להשקיה מלאכותית והערך הכלכלי הנגזר משימור שדות החיטה כפי שהם.

1. בחינת תחזיות של תפוקת יבול החיטה על פי שינויי האקלים הצפויים באזור צפון הנגב. בדיקה זו תאפשר לנו לאמוד את תפוקות היבול ועל פיהן להתאים את חישוב כמויות המים המושבים בהם עתידים להשתמש.
2. הערכת הפרמטרים הכלכליים הרלוונטיים לשימוש במים מושבים לגידול חיטה בצפון הנגב. ביצוע הערכה זו יאפשר להבין את ההוצאות הכלכליות של השקיית שטחי גידול חיטה בצפון הנגב, ובכך יהווה פרמטר נוסף שייכנס לתוך המודל הכלכלי.
3. אמידת הערך הכלכלי של שטחי החיטה בצפון הנגב כשטחי חקלאות פתוחים. בירור אומדן זה יאפשר להכניס ערך כלכלי נוסף אל תוך המודל הכולל שינסה לבדוק את הכדאיות הכלכלית של המשך גידול החיטה.

שיטות המחקר

המחקר יתבצע בשלושה שלבים מקבילים אשר יעריכו את הפרמטרים הקשורים בעלויות גידול חיטה בצפון הנגב. לאחר מכן נסכם ונשלב את התוצאות מכל שלב לכדי מודל אחד אשר יציג תוצאות מספריות, אותן נשווה לרווח הצפוי להתקבל ממכירת היבול. כך נוכל לקבוע את הכדאיות הכלכלית של המשך גידול החיטה בצפון הנגב. השיטות שישמשו אותנו בכל אחד מהשלבים הן:

1. שימוש במודל HadCM3 לחיזוי מזג אוויר על מנת ליצור תחזית לשינויי האקלים הצפויים באזור גידול החיטה בצפון הנגב לאורך העשורים הקרובים, תוך שימוש בנתונים מהעשורים האחרונים כביקורת. נסתמך על נתונים מ-30 השנים האחרונות, על מנת לחזות עליית טמפרטורה לאורך העשורים הבאים. הנתונים ממודל זה יוכנסו אל תוך מודל DSSAT לניבוי התפוקה חקלאית. המודל צפוי לספק ערך מספרי של תפוקת החיטה אותו ניתן יהיה להשוות בין תחזיות שונות לגבי חומרת שינויי האקלים, ובכך להעריך את השינויים הצפויים בתפוקה לאור שינויי האקלים. נשתמש בפרמטרים המובנים הקשורים לטיב הקרקע וסוג הגידול (חיטה), לצורך בניית התחזית.
2. בכדי להעריך את העלויות הכספיות הנדרשות למעבר מהשקית בעל להשקיה בקולחין, נפעיל מודל חישובי פשוט של עלות-תועלת, בדומה לעבודה של *Garcia and Pargament (2015)*, אשר יסכום את כלל ההשקעות הכספיות במתקני טיפול ומתקני קצה, עלויות הפקה ותפעול שוטפות במתקני הטיפול, תוספות בכוח אדם שיידרש לתחזוקה והפעלה בשדה, עלויות של רגולציה, מחירי המים הצפויים ופרמטרים נוספים. נתוני אמת יאספו מהגורמים המקצועיים בארץ, כגון רשות המים, חברת "מקורות", משרד החקלאות, ארגון עובדי הפלחה וגורמים נוספים.
3. על מנת לאמוד את השווי של שטחי גידול חיטה בצפון הנגב כשטחים פתוחים נשתמש בשיטת ההערכה המותנית (Contingent Valuation-CV). בשיטה זו נבנה סקר ובו שאלות הקשורות לנכונות הנשאלים לשלם עבור קיומם של שטחי חקלאות חיטה בנגב הצפוני, בדומה לשאלון אותו

בנתה החוקרת שמש-עדני (2002) במחקרה על הערך הכלכלי של סוגי נוף חקלאי שונים (שמש-עדני, 2002).

השאלות תהיינה סגורות (עם אפשרות לבחור את המחיר אותו הנשאל מוכן לשלם) ותעסוקנה בנושאים הבאים:

ביקור בשדה חיטה, מפגש עם החקלאי, פעילות חקלאית, נופש בקרבת שדות חיטה, עצם קיומם של השדות גם אם לא מתכננים לבקר בהם, וכדומה.

הנשאלים יהיו בגילאים 18-75, בעלי רמות השכלה שונות, ממקומות שונים ברחבי הארץ. כל זאת בניסיון להשיג תוצאה כמה שיותר כוללת ומשקפת את עמדות הציבור הישראלי ביחס לשדות חיטה.

סיכום

שינויי האקלים הצפויים באזורנו בעתיד הקרוב עלולים להוות איום על המשך החקלאות כפי שאנו מכירים אותה כיום. תפוקת יבולי החיטה הנשענים בארץ ברובם המכריע על גשמי חורף עשויה לרדת בצורה משמעותית כתוצאה מפיחות בכמות המשקעים וכן מעליית טמפרטורה. ייתכן כי על מנת לשמר גידולי חיטה בארץ בכלל, ובאזור הנגב הצפוני בפרט (שם הירידה בכמות המשקעים צפויה להיות קריטית ביותר), יהיה צורך בהשקעות כספיות גבוהות, בעיקר בכדי לספק את כמויות המים הנדרשות לגידול חיטה באיכות טובה.

מטרתו של מחקר זה היא לנסות להעריך את הכדאיות הכלכלית שבהמשך גידול חיטה בצפון הנגב, לאור שינויי האקלים הצפויים. השערתנו היא כי שינויי האקלים אכן יגרמו לירידה בתפוקת היבול, אשר תצריך התערבות מלאכותית יקרה, **שלא תהיה כדאית מבחינה כלכלית לאורך זמן**, למרות שאנו צופים כי ערכם הכלכלי של שטחי החיטה עצמם יתברר כגבוה.

בדיקת הכדאיות הכלכלית המתוארת כאן תיעשה ע"י בניית מודל שיכיל נתונים לגבי תפוקות יבול בתרחישים שונים של שינויי אקלים, מכלול העלויות הקשורות במעבר מהשקיית בעל להשקיה בקולחין וערכם הכלכלי של שטחי החיטה כשטחים פתוחים.

אנו סמוכים שלמחקר זה תהיה תרומה גדולה להבנת ההשלכות של שינויי האקלים בארץ על החקלאות בכלל ועל ענף גידולי החיטה בפרט, גם מהבחינה הכלכלית וגם מבחינת קובעי המדיניות.

- Amit Cohen, I. and Sofer, M. (2017) 'Integrated rural heritage landscapes: The case of agricultural cooperative settlements and open space in Israel', *Journal of Rural Studies*. Elsevier Ltd, 54, pp. 98–110. doi: 10.1016/j.jrurstud.2017.06.006.
- Anwar, M. R. *et al.* (2007) 'Climate change impact on rainfed wheat in south-eastern Australia', *Field Crops Research*, 104(1–3), pp. 139–147. doi: 10.1016/j.fcr.2007.03.020.
- Asseng, S. *et al.* (2015) 'Rising temperatures reduce global wheat production', *Nature Climate Change*, 5(2), pp. 143–147. doi: 10.1038/nclimate2470.
- Beesley, K. B. and Ramsey, D. (2009) 'Agricultural Land Preservation', *International Encyclopedia of Human Geography*, pp. 65–69. doi: 10.1016/B978-008044910-4.00886-5.
- Blum, A. *et al.* (1989) 'The drought response of landraces of wheat from the northern Negev Desert in Israel', *Euphytica*, 43(1–2), pp. 87–96. doi: 10.1007/BF00037900.
- Central Bureau of Statistics (2017) *Agricultural crop area*. Available at: http://www.cbs.gov.il/shnaton65/st19_02.pdf.
- Challinor, A. J. *et al.* (2010) 'Increased crop failure due to climate change: Assessing adaptation options using models and socio-economic data for wheat in China', *Environmental Research Letters*, 5(3). doi: 10.1088/1748-9326/5/3/034012.
- Collins, M., Tett, S. F. B. and Cooper, C. (2001) 'The internal climate variability of HadCM3, a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments', *Climate Dynamics*, 17(1), pp. 61–81. doi: 10.1007/s003820000094.
- Crompton, J. L. (2001) 'The impact of parks on property values: empirical evidence', *Journal of Leisure Research*, pp. 1–31. doi: 10.1080/13606710500348060.
- Dono, G., Giraldo, L. and Severini, S. (2012) 'The cost of irrigation water delivery: An attempt to reconcile the concepts of cost and efficiency', *Water Resources Management*. doi: 10.1007/s11269-012-9991-6.
- Fausold, C. J. and Lilieholm, R. J. (1999) 'The Economic Value of Open Space: A Review and Synthesis', *Environmental Management*, 23(3), pp. 307–320. doi: 10.1007/s002679900188.
- Fischer, G. *et al.* (2005) 'Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an

integrated assessment, 1990-2080', *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), pp. 2067–2083. doi: 10.1098/rstb.2005.1744.

Fleischer, A., Lichtman, I. and Mendelsohn, R. (2008) 'Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful?', *Ecological Economics*, 65(3), pp. 508–515. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.07.014.

Fleischer, A. and Tsur, Y. (2003) 'Measuring the Recreational Value of Open Space', *Journal of Agricultural Economics*, 54(2), pp. 269–283. doi: 10.1111/j.1477-9552.2003.tb00063.x.

Garcia, X. and Pargament, D. (2015) 'Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making', *Resources, Conservation and Recycling*. doi: 10.1016/j.resconrec.2015.05.015.

Giannakopoulos, C. *et al.* (2009) 'Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global warming', *Global and Planetary Change*. Elsevier B.V., 68(3), pp. 209–224. doi: 10.1016/j.gloplacha.2009.06.001.

Haim, D., Shechter, M. and Berliner, P. (2008) 'Assessing the impact of climate change on representative field crops in Israeli agriculture: A case study of wheat and cotton', *Climatic Change*, 86(3–4), pp. 425–440. doi: 10.1007/s10584-007-9304-x.

Iglesias, A. *et al.* (2007) 'Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean', *Water Resources Management*. doi: 10.1007/s11269-006-9111-6.

Johns, T. C. *et al.* (2003) 'Anthropogenic climate change for 1860 to 2100 simulated with the HadCM3 model under updated emissions scenarios', *Climate Dynamics*, 20(6), pp. 583–612. doi: 10.1007/s00382-002-0296-y.

Jones, J. W. *et al.* (2003) *The DSSAT cropping system model*, *European Journal of Agronomy*. doi: 10.1016/S1161-0301(02)00107-7.

Kline, J. D. (2006) 'Public demand for preserving local open space', *Society and Natural Resources*, 19(7), pp. 645–659. doi: 10.1080/08941920600742419.

Lavrnić, S., Zapater-Pereyra, M. and Mancini, M. L. (2017) 'Water Scarcity and Wastewater Reuse Standards in Southern Europe: Focus on Agriculture', *Water, Air, and Soil Pollution*. doi: 10.1007/s11270-017-3425-2.

Lika, A. *et al.* (2016) 'Pricing unmetered irrigation water under asymmetric information and full cost recovery', *Water (Switzerland)*. doi: 10.3390/w8120596.

- Lobell, D. B. and Field, C. B. (2007) 'Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming', *Environmental Research Letters*, 2(1). doi: 10.1088/1748-9326/2/1/014002.
- M. Mekonnen, M. and Hoekstra, Y. A. (2016) 'Four Billion People Experience Water Scarcity', *Science Advances*, 2(February), pp. 1–7. doi: 10.1126/sciadv.1500323.
- Maas, J. *et al.* (2006) 'Green space, urbanity, and health: How strong is the relation?', *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60(7), pp. 587–592. doi: 10.1136/jech.2005.043125.
- Maas, J. *et al.* (2009) 'Morbidity is related to a green living environment', *Journal of Epidemiology and Community Health*, 63(12), pp. 967–973. doi: 10.1136/jech.2008.079038.
- Meza, F. J. and Silva, D. (2009) 'Dynamic adaptation of maize and wheat production to climate change', *Climatic Change*, 94(1–2), pp. 143–156. doi: 10.1007/s10584-009-9544-z.
- Molle, B. *et al.* (2012) 'Which water quality for which uses? Overcoming over-zealous use of the precautionary principle to reclaim wastewater for appropriate irrigation uses', *Irrigation and Drainage*. doi: 10.1002/ird.1662.
- Ouda, S. (2015) 'Major Crops and Water Scarcity in Egypt: Irrigation Water Management under Changing Climate', *Major Crops and Water Scarcity in Egypt: Irrigation Water Management under Changing Climate*, pp. 1–126. doi: 10.1007/978-3-319-21771-0.
- Panagopoulos, Y. *et al.* (2014) 'Assessing the cost-effectiveness of irrigation water management practices in water stressed agricultural catchments: The case of Pinios', *Agricultural Water Management*. doi: 10.1016/j.agwat.2014.03.010.
- Poiarkova, H. and Blum, A. (1983) 'Land-races of wheat from the northern Negev in Israel', *Euphytica*, 32(1), pp. 257–271. doi: 10.1007/BF00036886.
- Ranganathan, J. and Lucas, N. (2008) *A Guide for Decision Makers, Control*. doi: 10.1371/journal.pone.0024378.
- Reznik, A. *et al.* (2017) 'Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel: A statewide long-term perspective', *Ecological Economics*. doi: 10.1016/j.ecolecon.2017.01.013.
- De Ridder, K. and Gallée, H. (1998) 'Land Surface–Induced Regional Climate Change in Southern Israel', *Journal of Applied Meteorology*, 37(1993), pp. 1470–1485. doi: 10.1175/1520-0450(1998)037<1470:LSIRCC>2.0.CO;2.
- Rijsberman, F. R. (2006) 'Water scarcity: Fact or fiction?', in *Agricultural Water Management*.

doi: 10.1016/j.agwat.2005.07.001.

Roe, J. J. *et al.* (2013) 'Green space and stress: Evidence from cortisol measures in deprived urban communities', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(9), pp. 4086–4103. doi: 10.3390/ijerph10094086.

Rolston, H. (1988) 'Environmental Ethics: Duties to and Values in the Natural World', *Temple University Press*, (Philadelphia, Pennsylvania), p. 391.

Salles, J. M. (2011) 'Valuing biodiversity and ecosystem services: Why put economic values on nature?', *Comptes Rendus - Biologies. Academie des sciences*, 334(5–6), pp. 469–482. doi: 10.1016/j.crv.2011.03.008.

Sander, H. A. and Haight, R. G. (2012) 'Estimating the economic value of cultural ecosystem services in an urbanizing area using hedonic pricing', *Journal of Environmental Management*. Elsevier Ltd, 113, pp. 194–205. doi: 10.1016/j.jenvman.2012.08.031.

Swanwick, C., Dunnett, N. and Wololley, H. (2003) 'Nature, Role and Value of Green Space in Towns and Cities: An Overview', *Built Environment*, 29(3), pp. 94–106.

Thorp, K. R. *et al.* (2008) 'Methodology for the use of DSSAT models for precision agriculture decision support', *Computers and Electronics in Agriculture*, 64(2), pp. 276–285. doi: 10.1016/j.compag.2008.05.022.

Tsur, Y. (2005) 'Economic Aspects of Irrigation Water Pricing', *Canadian Water Resources Journal, Canadian Water Resources Association*, 30(1)(September 2005), pp. 31–45. doi: 10.4296/cwrj300131.

UNDESA (2014) *World Urbanization Prospects, Undesa*. doi: 10.4054/DemRes.2005.12.9.

Vergine, P. *et al.* (2017) 'Closing the water cycle in the agro-industrial sector by reusing treated wastewater for irrigation', *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.06.239.

Wandl, A., Rooij, R. and Rocco, R. (2017) 'Towards Sustainable Territories-in-Between: A Multidimensional Typology of Open Spaces in Europe', *Planning Practice and Research*. Routledge, 32(1), pp. 55–84. doi: 10.1080/02697459.2016.1187978.

WWAP (2017) *Wastewater. The Untapped Resource, The United Nations World Water Development Report. Wastewater. The Untapped Resource*. Available at: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>.

Zhang, Y. *et al.* (2015) 'Green space attachment and health: A comparative study in two urban

neighborhoods', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(11), pp. 14342–14363. doi: 10.3390/ijerph121114342.

Zucker, I. *et al.* (2015) 'A hybrid process of biofiltration of secondary effluent followed by ozonation and short soil aquifer treatment for water reuse', *Water Research*, 84, pp. 315–322. doi: 10.1016/j.watres.2015.07.034.

אלמוג, ע. (1997) הצבר-דיוקן. עם עובד- הוצאת ספרים.

זליגמן, נ and לחמן, א. (2013) חקלאות בת קיימא בסביבה משתנה.

פליישמן, ל and אודיש, י. (2004) 'גורמי השפעה ושיטות הערכת שטחים פתוחים ציבוריים', מחלקת המחקר והמידע במקרקעין, אגף שומת מקרקעין- משרד המשפטים.

פליישר, ע., צור, י and בר אוריון, ט. (1999) 'הערך הכלכלי של שטחים פתוחים בישראל', קרקע, 47, pp. 48–58.

צבן, ח' (2004) *et al.* חקלאות בת-קיימא במכלול שמירת ערכם של שטחים פתוחים בישראל, יער, 5–32.6, pp.

קפלן, מ., רינגל, נ and אמדור, ל. (2011) 'חקלאות נופית חקלאות בת קיימא', נקודת ח"ן.

רוזנטל, ג' (2009) *et al.* אומדן הערך הכלכלי של שטחים פתוחים, מכון דש"א- דמותה של ארץ.

שטרן, א., רבינוביץ', נ and בעלי יוסף, ח. (2002) מדיניות וכלים לשמירה על שטחים פתוחים - רקע להגדרת מדיניות.

שמש-עדני, א. (2002) הערך הכלכלי של סוגי נוף חקלאי.

מחזור גידולים במאה ה-21

גישה מחודשת לשיטה ישנה

גרא עינת (057946816)

שפירא שרה (300307014)

קרן יובל (301115143)

מנחים: פרופ' אבי פרבלוצקי וריקי לוי

קורס "פרויקטים בחקר הסביבה – תשע"ח"

בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר

מרץ 2018

5.....	תקציר
5.....	מבוא
6.....	רקע וסקירה ספרותית
6.....	שינויי אקלים והשפעותיהם על חקלאות
7.....	האקלים והחקלאות בישראל
8.....	החיטה בישראל
9.....	תחזיות אקלים ושיטות ניהול
14.....	המחסור במים והצורך בשימוש במים מושבים
16.....	מים מושבים בישראל
17.....	היבטים של גידולי חיטה ומים בישראל
18.....	מודלים כלכליים לשימוש במים מושבים
20.....	חשיבותם של שטחים פתוחים
21.....	שטחים פתוחים בישראל
21.....	חשיבותם של השטחים החקלאיים בישראל
23.....	שטחי חקלאות חיטה בישראל
23.....	מודלים כלכליים שבחנו כדאיות כלכלית של שטחי חקלאות פתוחים בכלל ובישראל בפרט
26.....	שאלת המחקר
26.....	השערות המחקר
26.....	מטרות המחקר
27.....	שיטות המחקר
28.....	סיכום
29.....	ביבליוגרפיה

מבוא

מחזור גידולים, או כפי שנקרא בעבר מחזור זרעים, היא שיטת עיבוד חקלאית בגידולי שדה הידועה משחר ההיסטוריה החקלאית. גידול אוכלוסיית העולם והמהפכה הירוקה שהצליחה לספק מזון לכלל האוכלוסייה הגדלה, הביאה באזורים רבים בעולם לזניחת שיטות העיבוד המסורתיות, כמו מחזור גידולים, ולמעבר לעיבוד שטחי קרקע נרחבים בשיטת רצף גידולים.

לשיטת הגידולים החד זנים הרציפים (מונוקולטורה) יתרונות לטווח הקצר, החקלאי מתמחה בגידול מסוים, נותן מענה לצרכי השוק, מחזיק מכונות המותאמות לגידול ויודע מראש לתכנן את עונת הגידול. החקלאות המודרנית והטכנולוגית מספקת אמצעי ייצור זמינים וזולים של דשן, חומרי הדברה ומיכון מתקדם. אך יחד עם זאת, ישנן השפעות סביבתיות רבות כגון זיהום מדישון והדברה אינטנסיביים, אובדן קרקע ע"י סחף, ירידה בפוריות הקרקע ועוד. לעומתה, השימוש בשיטת מחזורי הגידולים דורש מחשבה ותכנון לטווח הארוך מבחינות רבות כגון; כ"א, מיכון, תכנון השטחים ותשומות. כמו כן, שיטת הגידול המונוקולטורי שומרת על איזון של ניצול והתחדשות של משאבי קרקע, מחזקת את חוסן השדה החקלאי מפני פגעים ובעלת יתרונות סביבתיים ניכרים כמו שמירה על מגוון ביולוגי, הפחתה בזיהום מקורות מים, קרקע ואויר ע"י חומרי דישון והדברה וחסכון בשימוש במים.

בישראל, עם תחילת ההתיישבות החקלאית המודרנית בסוף המאה ה-18, נעשה שימוש בשיטות מחזור גידולים בענף גידולי שדה (גד"ש) על סמך החקלאות שהייתה נהוגה בארץ ע"י הפלאח הערבי וכן שיטות שהביאו עימם הטמפלרים ושוכללו ע"י מתיישבים יהודים. התרחבות ההתיישבות הציונית, הרצון לתפיסת שטחים והצורך לספק מזון ופרנסה, חייבה שימוש בקרקעות דלות ובאזורים מעוטי משקעים. עם התפתחות שיטות להעברת מים לאזורים נרחבים, שימוש במי קולחין מטוהרים לחקלאות ומדיניות הסבסוד של המים הביאו להתרחבות שטחי השלחין ושימוש נרחב בשיטת גידול רציף מונוקולטורי. השיפורים הטכנולוגיים בעקבות המהפכה הירוקה לא פסחו על חקלאות ישראל והשימוש בשיטה הוותיקה של מחזורי גידולים הומרה לגידולים רציפים – מגמה שנצפתה בעשרות השנים שלאחר קום המדינה.

במחקר זה נבדוק דרכים להערכה כלכלית – סביבתית של מחזור גידולים כשיטה כוללת העוסקת במחקר ארוך טווח ובודקת פרמטרים שבהם נבחנות התרומות והתועלות של השיטה. נעריך כדאיות כלכלית-סביבתית ע"י מדדים של: יבול, שימוש בדשנים כימיים וחומרי הדברה, נוכחות מחלות, מזיקים ועשביה וניצול מים. ברצוננו לחקור האם יש למחזור גידולים בישראל הן כדאיות כלכלית והן יתרונות סביבתיים.

התפתחות החקלאות – המהפכה הירוקה

התפתחות החקלאות הניאוליתית היא ללא ספק אחד התהליכים החשובים ביותר שקרו בהיסטוריה האנושית (Weisdorf, 2005). חקלאות, או ייצור מזון, התפשטה מאזורים שונים של העולם לפני כ-10,000 שנה (Weisdorf, 2005). מהופעתו של המין האנושי, לפני כ-7 מיליון שנה, עד להופעת החקלאות, הציד והליקוט היו האסטרטגיות היחידות של השגת מזון (Weisdorf, 2005). לאחר מכן, בני האדם החלו לגדל צמחים ובעלי חיים, וכך עברו מאורח חיים נודד לאורח חיים של התיישבות קבע. האדם החל לשלוט בגידולם של בעלי חיים וצמחים אחרים, להרבות אותם בהתאם לצרכיו ולהרחיב את גבולות תפוצתם. כיום, שטחי החקלאות מתפרשים על פני כ-15 מיליון קמ"ר, שהם כ-24% מהשטח היבשתי של כדור הארץ (אוניברסיטת תל-אביב, 2018).

בסוף מלחמת העולם השנייה מדענים החלו בפיתוח של זנים מודרניים, בעלי ותשואה גבוהה של יבולים על מנת לספק מזון למדינות מתפתחות (Gollin & Evenson, 2003). באמצע שנות השישים פיתחו מדענים זנים מיוחדים של אורז וחיטה ששחררו לאחר מכן לחקלאים באמריקה הלטינית ובאסיה (Evenson, 2003). הצלחתם של זנים אלה נקראת "המהפכה הירוקה" (Gollin & Evenson, 2003). המהפכה הירוקה כללה שימוש בזנים חקלאיים מניבים במיוחד, חומרי דשן וחומרי הדברה, מיכון ושיטות אגרסיביות לעיבוד הקרקע. כל המוזכרים לעיל, גרמו לחקלאות להפוך ליעילה יותר והובילו לכך שכמות היבול ליחידת שטח תהיה גבוהה בהרבה בהשוואה ליבולי החקלאות המסורתית. כך הפכה החקלאות המסורתית לתעשייתית (סקוטלסקי, 2010).

הזנים המודרניים שפותחו הגיבו טוב יותר לדשן מאשר לזנים המסורתיים (Gollin & Evenson, 2003). החקלאים אימצו את הזנים המודרניים במהירות באזורים מסוימים, בעיקר אזורים עם גישה להשקיה או לגשם אמין לאורך השנה וכאמור הזנים החדשים הניבו כמות גדולה יותר של יבול מאשר זנים המסורתיים (Gollin & Evenson, 2003). יחד עם זאת, האוכלוסיות של הזנים המקומיים התאפיינו בשונות גנטית גבוהה, שסיפקה להם עמידות ויכולת תגובה לשינויים סביבתיים כמו בצורות או מחלות (אוניברסיטת תל-אביב, 2018). חשוב היה לייצר זנים יעילים של חיטה ואורז, שיספקו כמויות יבולים גדולות יותר ויגדילו את ייצור המזון. למרות זאת, יתכן שגדילת היבול היא תוצר של גורמים נוספים פרט לפיתוחם של הזנים המודרניים למשל, הדשן הכימי, השקיה יעילה, מיכון וכוח עבודה (Gollin & Evenson, 2003). אמנם ב-40 השנים האחרונות גדל השטח החקלאי רק ב-12%, אך בעשורים אלו נרשמו עליות של כ-700% בשימוש בדשנים סינתטיים, כ-70% בשטחים המושקים ועלייה דרמטית נוספת במיכון. המרכיב המרכזי של "המהפכה הירוקה" הוא יישום של דשנים סינתטיים שהביאו לגידול של פי שניים ויותר בתוצרת החקלאית, אבל המחיר הסביבתי של גידול זה גבוה (Elser et al. 2014; סקוטלסקי, 2010; אוניברסיטת תל-אביב, 2018).

דישון

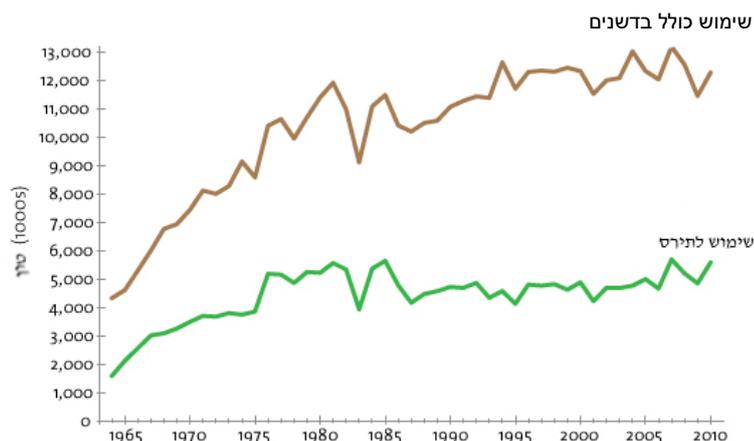
חנקן הוא אחד היסודות המזינים את כל הצמחים והוא נחשב לחשוב ביותר להתפתחות הצמח. הצמחים מקבלים את החומרים מזינים מהקרקע, ולכן על הקרקע להישאר עשירה בחומרי ההזנה N.P.K (חנקן, זרחן ואשלגן בהתאמה) ומיקרואלמנטים. חנקן קיים בשפע באטמוספירה והוא מהווה כ-78% מהאוויר שאנו נושמים. אבל חנקן (N₂) אטמוספרי אינו זמין לצמחים. החנקן הזמין לצמחים, נקרא "חנקה" והוא למעשה נדיר למדי. במהלך ההיסטוריה בת 10,000 שנים של חקלאות, האתגר העיקרי היה להבין כיצד להעשיר את הקרקע חזרה בחנקה. חקלאים קדומים לא הכירו את הרכב הקרקע וחומרי ההזנה שבתוכה, אבל הם ידעו כי פסולת, הפרשות של בעלי חיים ואפילו הפרשות אנושיות יכולות להוביל ליבולים טובים יותר (Philpott, 2013). התפתחות שהפכה את הדשן למנוע המרכזי של הייצור החקלאי הייתה המצאתו של פריץ האבר בגרמניה, בשנות מלחמת העולם הראשונה. הוא גילה איך לקבץ חנקן מהאוויר לאמוניה, שיכולה להתחבר בקלות לאלמנטים רבים ולהפוך למקור חנקן זמין לצמחים (אוניברסיטת תל-אביב, 2018). שימוש רצוף בדשנים כימיים יכולים להבטיח את ייצור היבול הגבוהה של גידולים חקלאיים. יחד עם זאת, יישום מתמשך של דשנים סינטטים יצרה בעיות רבות הקשורות ביוספירה כלומר בסביבת הקרקע והשפעה על בריאות האדם.

בניסוי שהתבצע בפקיסטן והשוו החוקרים בין דשנים אורגניים ודשנים כימיים הוכח שדשנים אורגניים שונים הביאו לשיפור גדילת החיטה. לעומת זאת, במדדים מסויימים (צמיחת העלה, קצב הגידול של היבול, שיעור הצמיחה היחסי, שיעור הטמעה נטו והתשואה סופית) היה גבוה יותר ביישום חומרי ההזנה NPK (ברמות המומלצות). באופן דומה, יישום מיקרואלמנטים (לבד ובשילוב) הביא לשיפור משמעותי ביבול (Nadim, Waseem, Baloch, Khan & Khakwani, 2016).

אחד ההישגים המדעיים החשובים ביותר לחקלאות היה הגילוי של ליביג (Justus Von Liebig) המכונה "חוק המינימום" לפני 150 שנה בדבר תפקיד המינרלים בגידול צמחים. "חוק המינימום" קובע כי הצמיחה נשלטת על ידי יסוד ההזנה הנדיר ביותר והוא מהווה גורם מגביל להתפתחות הצמח. כלומר, מחסור בחומרי הזנה לצמחים בקרקע מגביל את כמות היבולים (Tyukina, 2010 אוניברסיטת תל-אביב, 2018). ; Gorban, Smirnova, &

פיתוח הטכנולוגיות לייצור דשנים כימיים אפשר להגדיל באופן משמעותי את כמות החנקן והזרחן בקרקע. כתוצאה מכך, במאה השנים שבין 1890 ל-1990, כמות החנקן הזמינה לפעילות ביולוגית גדלה פי תשע.

שימוש בדשנים מבוססי חנקן בארה"ב בשנים 1964-2010



גרף מספר 1: Philpott, 2013 - A Brief History of Our Deadly Addiction to Nitrogen Fertilizer

העלייה ביבול החקלאי ליחידת שטח במהלך המאה ה-20 היא, בין השאר, תוצאה של דישון הקרקע. כיום, פעילות האדם מייצרת יותר חנקן מאשר כל התהליכים הטבעיים גם יחד. למרות כל יתרונות אלו, לדשנים כימיים יש גם השפעות שליליות:

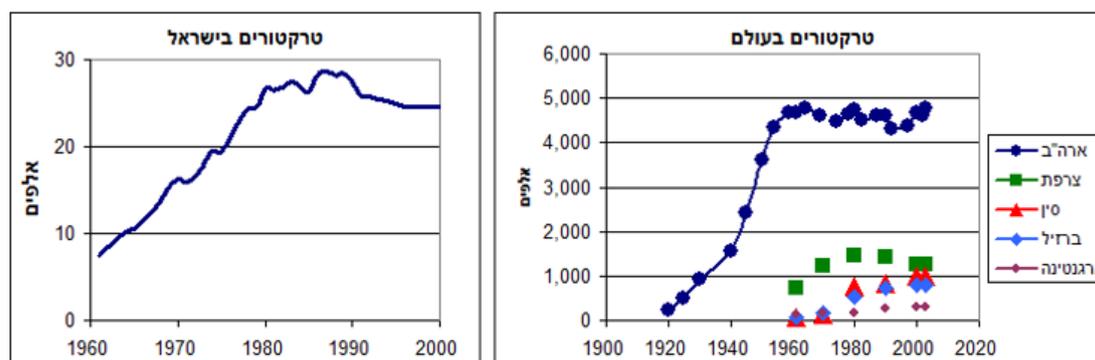
ראשית, דשן בכמויות עודפות מזהם את הקרקע ומי התהום בעיקר בתרכובות חנקן וזרחן (Greenaway, 2017). עם זאת, בדשנים יש גם כמויות מזעריות של מתכות כבדות ויש עדויות להצטברותן בקרקע. שנית, שינוי הסביבה הכימית של הקרקע כתוצאה מדישון כימי משנה את הרכב האורגניזמים שבתוכה, ומפר את האיזון הטוב שלהם (Singh & Singh, 2017). על פי סינג (2017), דשנים ביולוגים עוזרים לשמור על קרקע עשירה בחומרים מזינים באמצעות קיבוע חנקן ביולוגי, כלומר, אינטראקציה של הצמח עם חיידקי הקרקע משפיעה על המערכת האקולוגית של הקרקע ומייצרת חומרים משלימים להתפתחות הצמח (Singh, 2017). שלישית, מי שתייה ובהם ריכוזי חנקות מעל התקן יכולים להזיק לבריאות האדם. עודפי חנקות במים עלולים לחולל מחלות סרטן ומחלות בתינוקות (אוניברסיטת תל-אביב, 2018). בארה"ב, מפעלי המים של דה מוין, חברת המים הגדולה במדינה, מוציאה כ-1.2 מיליון דולר בשנה כדי להסיר חנקות ממי השתייה כדי לעמוד ברמת הבטיחות של הסוכנות להגנת הסביבה בארה"ב (Greenaway, 2017).

חלק מהדשן הכימי המיושם משמש את הצמח להתפתחות בעוד ששאר הדשן נשאר קרקע. כך ששימוש מופרז בדשנים סינטטים הם יקרים ויש להם השפעות שליליות שונות על הקרקע, דהיינו, הידלדלות קיבולת של החזקת מים, פוריות הקרקע והגעה למקורות מים דרך מי הגשמים (Singh & Singh, 2017). במקורות המים, הדשן הכימי ובעיקר החנקן הפעיל גורם לשגשוג מזיק של אצות, בהיווצרות אזורים מתים במימי החופים ובזיהום האוויר באוזון. השפעות שליליות נוספות כגון שטיפת חנקות, זרחן, זיהום מי תהום, מוות של חיים ימיים, ייצור גזי חממה, התחממות כדור הארץ, גשם חומצי נוצר משימוש בדשן כימי (Singh, 2017). מחקרים אחרונים גילו גם תרומה לאובדן המגוון הביולוגי ולהתחממות הגלובלית, ורומזים שהוא עלול להעלות את שיעורן של כמה מחלות בקרב בני אדם (טאונסנד & הווארט, 2010).

מנוע הבערה הפנימית, שהומצא במאה ה-19, הוביל לפיתוח הטרקטור המודרני וכלי חקלאות מכניים מגוונים. עם הזמן החליפו הכלים הרבים הנוספים שהומצאו, ביניהם מכונות זריעה, קציר והקומביין, את רוב הידיים העובדות בחקלאות ובכפר. התפתחות זו סיפקה את כוח העבודה למהפכה התעשייתית ובעקבות זאת גרמה לשינויים דמוגרפיים. המיכון השפיע גם על הרכב מיני עשבי הבר בשדות – מינים שהיו נפוצים כמעט נעלמו, שיטות חקלאיות רבות הפכו מהירות יותר, והספקי העבודה גדלו, ובזכותם ובזכות הדשנים הכימיים גם היבולים גדלו (זליגמן & לחמן, 2013).

ההתפתחות הטכנולוגית שנמשכה בעידן המודרני, הביאה להפעלת מערכות השקיה אוטומטיות, רפתות חלב משוכללות ויעילות, מכונות מיון תוצרת, ובאחרונה שליטה בכמויות הדשן וחומרי הדברה על ידי מדידות קרקע מדויקות. גם היום המחקר והפיתוח בתחום המיכון והמחשוב ממשיך לשנות את פני החקלאות, במיוחד בארצות המתועשות (נ. זליגמן, א. לחמן, 2013).

שימוש גובר ועולה של מכונות בחקלאות התעשייתית המודרנית הביא לעליה בכמויות גדולות של דלק פוסילי, מה שגורם להוספת כמויות נכבדות של פחמן דו-חמצני וחומרים מזהמים אחרים לאטמוספירה. בגרף מספר 2 ניתן לראות את מספר הטרקטורים והכלים המלווים האחרים בארה"ב, בצרפת וגם בישראל, עלה בהתמדה במאה ה-20 עד שנות ה-80, ואחר כך התייצב ואפילו ירד. בארצות המתפתחות כמו ברזיל וסין, המספר ממשיך לגדול (נ. זליגמן, א. לחמן, 2013).



FAOSTAT גרף מספר 2: מספר הטרקטורים בשימוש בישראל ובכמה ארצות בעולם במאה ה-20. מתוך

בטחון תזונתי

משקים חקלאיים הפכו מסחריים/שיווקיים בעיקר במדינות מפותחות בעולם. הגדלת היבול, שימוש בטכנולוגיה מפותחת, אחוז מועסקים נמוך בחקלאות, שיטות עיבוד מתקדמות ועוד הביאו איתם כדאיות כלכלית למשקים חקלאיים ולהגדלת שטחם לממדים נרחבים. כחלק מתכנית הפיתוח של המהפכה הירוקה פותחו זני חיטה מיוחדים על ידי השבחה. פותחו זני חיטה גמדיים שהתאימו לזריעה בצפיפות גבוהה והם בעלי פוטנציאל להניב כמות יבולים גבוהה ביותר כאשר מספקים להם דשן, מים והגנה מטפילים וממחלות. במשך 30 שנים, משנות ה-40 ועד לשנות ה-70 של המאה הקודמת, עלתה כמות יבולי החיטה במרכז אמריקה ממוצע של 750 ק"ג לדונם ל-3200 ק"ג לדונם. בנוסף, פותח זן חדש של אורז, שהתאפיין בקצבי

צמיחה והבשלה מהירים במיוחד. זן זה סיפק לחקלאים בפיליפינים אפשרות לגדל שני מחזורי גידול בשנה בשדה חקלאי אחד (שער לביולוגיה סביבתית).

למרות היתרונות הרבים של החקלאות התעשייתית והשבחת הזנים שהביאה איתה, מהר מאד התברר שהאחידות הגנטית של זני המכלוא מושגת על חשבון העמידות של הזנים לשינויים בתנאים מזג האוויר. כתוצאה מכך, ההשפעות של טפילים וגורמי מחלות על זני המכלוא גבוהה מאוד בהשוואה להשפעתם על זנים חקלאיים מקומיים. דבר זה מאלץ את החקלאים להשתמש בכמויות הולכות וגדלות של חומרי הדברה וקוטלי עשבים כדי להילחם במפגעים. בנוסף לכך, באזורים הטרופיים של העולם השינויים האבולוציוניים של אוכלוסיות טפילים וגורמי המחלות מהירים, ומדענים המפתחים זני מכלוא חדשים נאלצים לפעול מהר כדי לעמוד בקצב ההתפתחות שלהם (אוניברסיטת תל-אביב, 2018).

למרות התקדמות משמעותית בהפחתת הרעב העולמי בעשורים האחרונים, חוסר הביטחון התזונתי ותת-תזונה נותרו בעיות חמורות במדינות רבות. התוצרים של המהפכה הירוקה לא נתנו מענה כולל למחסור במזון במדינות המתפתחות. כ-11% מאוכלוסיית העולם סובלת מתת תזונה כרונית, כלומר לאנשים אלה אין גישה מספקת לקלוריות וכשליש מאוכלוסיית העולם סובלת מחסרי תזונה. בנוסף לכך, הגידול של זני המכלוא דרש תשומות גבוהות של דשנים, מים, קוטלי עשבים, מדברי טפילים ומחזורי זרעים חדשים בכל עונה. עלות התשומות החיצוניות הדרושות עלתה על יכולתם הכלכלית של החקלאים הקטנים. רוב האנשים, שסובלים מתת תזונה, חיים באסיה ובאפריקה, שם מיוצר רוב המזון על ידי חקלאים קטנים ולמרבה האירוניה, חקלאים קטנים הם גם אלה שנפגעו ביותר מחוסר ביטחון תזונתי שנוצר כתוצאה מהמהפכה הירוקה (Qaim & Sibhatu, 2017) (אוניברסיטת תל-אביב, 2018).

חומרי הדברה

באמצע שנות ה-40 של המאה ה-20 הוכנסו חומרי הדברה כימיים לשימוש רחב בחקלאות. חומרים אלו הביאו את החקלאות המודרנית לידי תלות כמעט מוחלטת במגוון רחב של כימיקלים המופקים באופן סינתטי, לרבות קוטלי חרקים, קוטלי פטריות, קוטלי עשבים וחומרי הדברה אחרים. כשחומר הדברה סינתטי משתחרר לסביבה, בערך 0.1% מגיע לאורגניזם היעד, בעוד היתר מפריע לחילוף חומרים מקומי המתרחשים בקרקע או לפעילות האנזימטית, וכן משפיע על בריאות האדם על ידי כניסה לתוך שרשרת המזון. (Madhuri, Deborah & Mohiddin, 2013).

לשימוש הרחב ואינטנסיבי בחומרי הדברה חסרונות מדאיגים כגון:

- פגיעה במגוון הביולוגי: רוב חומרי ההדברה אינם בררניים, ופוגעים לא רק במזיקים אלא גם במגוון מינים אחרים בסביבה, פעמים רבות באויבים הטבעיים של המזיקים. בנוסף, שימוש בקוטלי עשבים מסלק אמנם את העשבייה הלא רצויה, אבל בשטח נותרים הצמחים שעמידים לחומרי ההדברה, ואלה משתלטים על השדה ומשנים את בתי הגידול האופטימליים היכולים לשמש הרכב מינים מגוון (אוניברסיטת תל-אביב, 2018).
- סכנה להתפרצויות של מזיקים: מחזור החיים של המזיקים קצר בדרך כלל, ובתוך כמה דורות, לפעמים אפילו בתוך שנה אחת בלבד, מתפתחת עמידות לחומרי ההדברה בתהליכים אבולוציוניים של ברירה טבעית. בעקבות התפתחות עמידות זו, החקלאים נאלצים להשתמש בכמות גדולה יותר

של חומרי הדברה וגם לעתים קרובות יותר. החקלאים אפילו נאלצים להשתמש בחומרי הדברה חדשים, חריפים יותר הגורמים נזק גדול יותר לסביבה, למגוון הביולוגי ולאדם (אוניברסיטת תל-אביב, 2018).

כאמור, חלק מחומרי ההדברה פוגעים בבריאות האדם. החשיפה לחומרי ההדברה יכולה להיות בשלבים שונים – גם בשלב הריסוס בשדה וגם בשלב של אכילת תוצרת חקלאית עתירה בחומרי הדברה. חומרי ההדברה האורגנו-פוספאטים והקרבאמטים הם חומרים שפוגעים במערכת העצבים, במיוחד בילדים. חומרים אחרים מחוללי סוגי סרטן מסוימים ויש חומרים שמשפיעים על המערכת האנדוקרינית, מערכת החיסון, מערכת הרבייה ועוד (אוניברסיטת תל-אביב, 2018).

בישראל נעשה שימוש בעשרות אלפי טונות של חומרי הדברה מדי שנה, החומרים מרוססים על פני כ- 4.5 מיליוני דונם של שטחים חקלאיים. ישנם כ- 1000 חומרים המורשים לשימוש עבור חקלאות קונבנציונלית ועוד כ- 200 עבור חקלאות אורגנית (ספקטור, 2010). בעקבות הגדלת פוריות הקרקע באמצעות דישון כימי והשקיה, שימוש בהדברה כימית נגד מזיקים (עשבים, חרקים ומחלות), נרשמו ירידות משמעותיות במגוון המינים באזורים של חקלאות אינטנסיבית (אוניברסיטת תל-אביב, 2018).

שיטת הגידול הרציף המונוקולטורי

התפתחותה של החקלאות התעשייתית בתחום גידולי השדה באה לידי ביטוי בשיטת המונוקולטורה – זריעה של גידול יחיד על פני שטח נרחב וכן באופן רציף למשך מספר עונות גידול, זאת באמצעות הטכנולוגיות והפיתוחים שהוזכרו לעיל (מיכון, דשנים וחומרי הדברה). שיטה זו מכתובה חזרה על משטר עיבודים, חזרה על משטר הרטבה, חזרה על משטר הזנה וכן חזרה על משטר הדברת פגעים (קלייפלד, 1989).

תהליך זה שנכפה ע"י חידושים חקלאיים וחוזק ע"י העדפות שוק, דרישות כלכליות, מדיניות מעודדת ומעניקה תמריצים ומערכות עיבוד מזון קבועות ייצר מערכות חקלאיות קונבנציונליות, אחידות, אינטנסיביות ורגישות לפגעים ולשינויי אקלים ללא גמישות וללא עמידות לשינויים (Stein, 2018).

המונוקולטורה בצד יתרונותיה כמו נוחות, התמחות ביעוד ידוע מראש של היבול וכדומה ישנם גם חסרונות. הסתבר לאורך השנים כי נוצרו בעיות קשות למשאבי הטבע ואף בלתי הפיכות. יחד עם זאת שיטת הגידול הרציף המוזכרת להלן ידועה לאורך ההיסטוריה בהיותה שיטה הגוררת השלכות שליליות על פוריות הקרקע ועל כן גם לירידה ביבול. את הסיבה לכך מייחסים בין היתר לגורמים הבאים:

1. התדלדלות חומרי המזון בקרקע עקב ניצול מתמשך של אותה חלקת קרקע משכבה מסוימת ע"י

גידול חוזר עם דרישות תזונה אופייניות ומערכת שורשים אופיינית.

2. התגברות מזיקים מחלות ועשבייה האופייניים לגידול.

3. הפרשות חומרים המזיקים לגידול עצמו באופן רציף.

לאורך ההיסטוריה עם התפתחות הדרגתית של שיטות עבודת אדמה, נקטו חקלאים בשיטות שונות על מנת לשמור על פוריות הקרקע כשאחד האמצעים המובהקים להשגת יעד זה הנה שיטת חילופי גידולים בשדה מסוים, הנקראת 'מחזור זרעים' או לימים נקראה 'מחזור גידולים'. (הלפרין, 1966) כפי שצוין לעיל, התפתחות החקלאות התעשייתית בין היתר הביאה לפתרון של בעיית הירידה ביבול בגידול רציף ע"י דישון כימי ועוד, כך יחד עם הגורמים הנוספים שהוזכרו החלה מגמת הזנחה של שיטת מחזור

הגידולים כפי שהייתה נהוגה ומקובלת בחקלאות המסורתית עד לראשיתה של המאה ה-20 (אורי אדלר). כיום, שימוש במחזורי גידולים נהוג יותר במשקים חקלאיים מסורתיים המספקים תצרוכת עצמית בעיקר או בחקלאות האורגנית. בעשורים האחרונים התעוררה בעולם המודעות לתועלות השימוש במחזור גידולים כשיטת עיבוד חקלאית גם בשטחי חקלאות נרחבים (Stein, 2018).

מחזור גידולים

מחזור הגידולים, שבעבר נקרא מחזור זרעים, הנה שיטה חקלאית בה מחליפים גידולים ממשפחות בוטניות שונות, באופן מחזורי על שדה אחד במשך מספר עונות, תמיד בסדר קבוע. ברוב השיטות של מחזורי הגידולים נוהגים לשבץ גידול של קטניות להעשרת הקרקע בחנקן ובחלק מהשיטות אף מקצים אחת למספר שנים קרקע למנוחה. בנוסף, מחזור גידולים מאפשר ניצול של הקרקע החקלאית ליותר מפעם אחת בשנה, כלומר התאמת הגידולים לכל עונה. מחזור זרעים טוב נועד בראש ובראשונה לשמור על פוריות הקרקע ולהבטיח יבולים סבירים ויציבים (הלפרין, 1966).

בימי קדם, הכשרת חלקת קרקע שלא עובדה מעולם למטרת זריעה הייתה עבודה קשה ביותר, על כן נהג החקלאי הקדמון לגדל בחלקה שכבר הוכשרה אותם גידולים שנה אחר שנה עד אשר הקרקע חדלה להניב יבולה, אז היה נוטש אותה, נודד לשטח אחר ומכשיר בו חלקת קרקע חדשה, אף היא מנוצלת עד כלות פוריותה וכן הלאה. לאחר נטישת החלקה, הקרקע נחה מעיבוד חקלאי למשך מס' שנים, זוהי 'תקופת ההוברה', בה החלו להופיע על הקרקע עשבים, צמחי בר וכן צמחים האופייניים לאותו אזור בהדרגה. בזמן זה, נצטברו בקרקע חומרי מזון זמינים (כגון: חנקן, זרחן ועוד) עד שחזרה פוריותה של הקרקע לקדמותה ואז החקלאי היה חוזר לעבדה (הורוביץ, 1956).

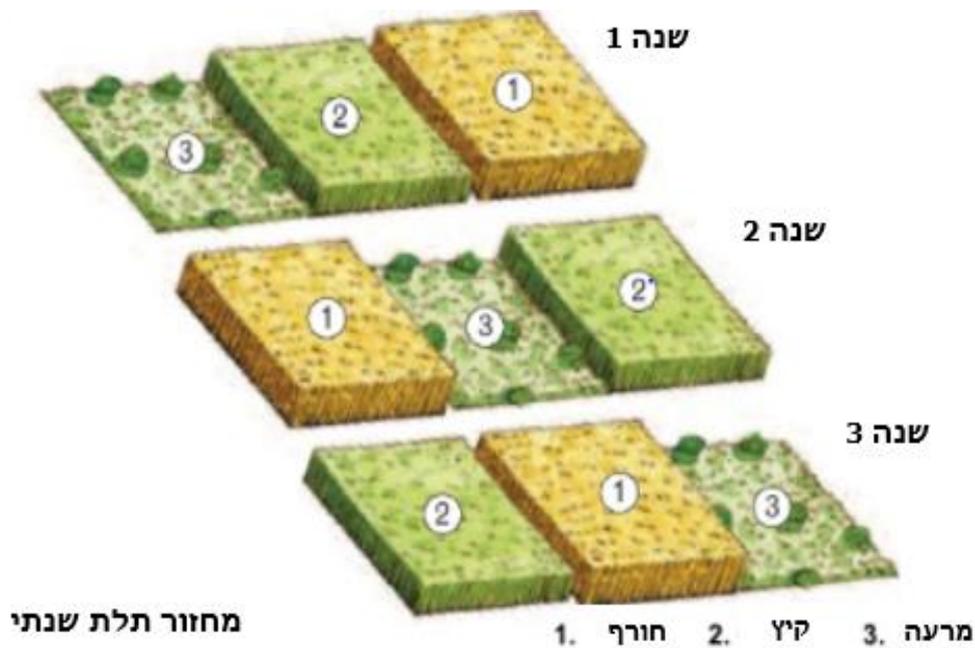
החלפת שטחי העיבוד שאיבדו מפוריותם נקראת 'מחזור שדות'. מנוחת הקרקע אמנם אפשרה החזרת המינרלים אליה באופן טבעי, אך הייתה כרוכה בנדידה של שטחי העיבוד ולעתים גם נדידת אוכלוסייה. עיבוד הקרקע בתנאי העבודה הפרימיטיביים דרש מאמצים רבים התלויים בתנאי הסביבה ובמשקעים, כך הצליח החקלאי להכשיר ולעבד חלקה קטנה בלבד. כדי לאזן את עומס העבודה חילק החקלאי את הקרקע לחלקה לגידולי חורף (זריעה בסתיו ואסיף בתחילת הקיץ) וחלקה לגידולי קיץ (זריעה באביב ואסיף בסוף הקיץ) בהן היה מעבד 2 חלקות לפי גידולים עונתיים בהתאמה וברצף שנה אחר שנה, זוהי שיטת שני הגידולים. צעד ראשון לרעיון חילופי גידולים מתואר בספרות כתצפית ארעית של חקלאי בשדהו, כאשר שם לב לכך שזרעי הקיץ אשר נפלו והתפזרו בחלקת גידולי החורף (או להיפך) צמיחתם הייתה משופרת יותר ויבולם טוב יותר, לעומת גידול רציף של תבואות הקיץ בחלקה האחת ושל תבואות החורף בחלקה השנייה. תובנה זו הניחה את הבסיס להחלפה של הגידולים בין שתי החלקות מעונה לעונה וכך התפתח המחזור הדו- שנתי (בהתאמות). (הלפרין, 1966).

עדויות היסטוריות ראשונות לשיטה זו התגלו לפני 3000 שנה בשושלת חאן של סין העתיקה (D.L. Karlen, 1994). ניצול הקרקע החקלאית על ידי האדם הושפע רבות מביות החיות והזנתם של חיות המשק. האדם ניצל את החיות לא רק כמקור מזון אלא גם ככוח עבודה לעיבוד הקרקע ולעבודות

חקלאיות נוספות. שיטה שהייתה נפוצה בתקופות מוקדמות היא חלוקת הקרקע לשניים: חלקה המיועדת לעיבוד חקלאי וחלקה למרעה להזנת חיות המשק הידועה בשם 'שדה-מרעה'. לאחר שחלקה אחת נוצלה לתבואה במשך מספר שנים היו מובירים אותה לתקופה מסוימת ובזמן ההוברה הייתה משמשת למרעה, כמו כן נהגו עם החלקה הנוספת לחילופין.

(הלפרין, 1966)

עם גידולה של האוכלוסייה והצטופפות היישוב החלו לצמצם את תקופת ההוברה עד לכדי שנה אחת בלבד, כך התפתחה שיטת "שלושת השדות": חלקה לגידול חורף (זריעה בסתיו), חלקה לגידולי קיץ (זריעה באביב) וחלקת בור למרעה, וכמו כן היו מחליפים בין הגידולים בחלקות כך שלא היה רצף של שני גידולים זהים על אותה חלקה.



איור מספר 1: תיאור החלפת הגידולים בחלקות לפי שנים.

שיטה זו התפתחה בתקופת ימי הביניים ונחשבה לאחד החידושים החקלאיים טכנולוגיים החשובים, כך התפתח בהדרגה מחזור זרעים תלת שנתי. קיצור תקופת ההוברה לשנה אחת גרם לכך שהשדה המובר היה מתמלא בבאשה- 'עשבים שוטים' ולא היה מספיק לשוב לפוריותו באופן מיטבי, ובעיקר לא היה מספיק להזנת המרעה, פתרונות לבעיות אלו כללו שיטות שונות דוגמת סוגי הכרבים למיניהם: 'כרב'- הנו כינוי לשדה שייעודו השבחת הקרקע לגידול הבא אחריו. סוגי הכרבים משתנים באופיים ע"פ העיבודים השונים המיושמים בקרקע או ע"פ הגידולים הנזרעים בה. לדוגמא- 'כרב תפוס' הנו זריעת השדה המובר בצמחים שייעודם השבחת הקרקע, אלו צמחים ממשפחת הקטניות המעשירות את הקרקע בחנקן וכן צמחי מספוא להזנת המרעה. או 'כרב פנוי'- שדה בלתי זרוע דוגמת 'כרב שחור' שהנו שדה הנחרש בד"כ פעם אחת בשנה למניעת עליית עשבים ומכונה כך על שום צבעו הכהה של השדה הנקי מצמחייה. (הלפרין, 1966)

מנוחת הקרקע בעלת חשיבות רבה גם בהלכה היהודית, המחייבת 'שנת שמיטה' אחת לשבע שנים ובכך מאפשרת מנוחה לקרקע. כמו כן, בתקופת המשנה והתלמוד שדה לא זרוע המשולב במחזור גידולים מצוין בספרות כבעל ערך רב, עד כדי שילובו פעם בשנתיים: "ניר שנה וזרוע שנה", ניר- זהו שדה חרוש שאין מגדלים בו גידולים במשך שנה, "על אף ההערכה לשדה ניר, לא מרצון נהג האיכר בשיטת הנירה

והזריעה לסירוגין, שעל ידי כך קיבל יכול רק ממחצית שדהו, אך הניסיון הורה לו שרק בדרך זו נשמרת פוריות הקרקע" (פליקס, 1962). תיאור זה מתאים גם לשיטה הנהוגה במשך שנים רבות ועד היום במשק הפלח הערבי בארץ (בעל), שנת גידול- שנת הוברה, שיטה זו מתאימה לאזורים שחונים על כן נשתמרה בארץ ומכונה גם 'פלחה חרבה' (הלפרין, 1966).

במאה ה-18 באנגליה הונהג מחזור ארבע שנתי הנקרא 'המחזור הנורפולקי', מחזור זה הביא איתו חידוש שהתאים באופיו למקום בו פותח, אך בבסיסו הביא רעיון יישומי חדשני שכלל שילוב של גידולי הדגן למאכל וגידולים שמהם החקלאי יפיק תועלת הן למספוא והן להעשרת הקרקע באופן מיטבי, מחזור זה נחשב למחזור הזרעים המודרני הראשון. סדר המחזור הנו: 1. גידולי עידור (כרוב הלפת) 2. שעורה 3. תלתן 4. חיטה. *לפני זריעת כרוב הלפת היו חורשים ומזבלים את הקרקע בזבל אורגאני (זבל בקר). החידוש במחזור זרעים זה הנם שני פרמטרים:

1. הכנסת התלתן, צמח ממשפחת הקטניות הקושר חנקן, הוא מעשיר את הקרקע ביסוד הזנה חיוני זה ובכך מעלה את פוריותה.

2. הכנסת גידולי העידור- גידולים הדורשים קלטור/ עידור תכופ במהלך גידולם המנקה את הקרקע מעשבים (לדוג': סלק בהמות, כרוב הלפת, דלעת, תירס ועוד).

באמצעות אלה ניצול הקרקע היה מיטבי גם ללא צורך בשנת הוברה. שילוב גידולי הדגנים לגרגרים המנצלים את הקרקע יחד עם גידולים המשביחים אותה יצר איזון אידיאלי בקרקע והכי חשוב- העלה את כמות היבול (הורוביץ, 1956) (הלפרין, 1966).

מחזור זה נחשב במשך שנים רבות כמשובח ביותר ובשינוי צורה הוכנס גם לארץ ישראל ע"י הטמפלרים, למרות זאת לא היה מקובל במשק העברי. המחזור המקובל ביותר בארץ בגידולי בעל הנו תלת שנתי שכלל בשני שלישי המחזור גידולי גרגרים ושליש גידולי מספוא: תירס/ סורגום, גידולי שחת (בקיה/ תלתן), חיטה/ שעורה. המחזור הנוסף שהיה נהוג בבעל והוזכר לעיל הנו המחזור הדו-שנתי שכלל: חיטה/ שעורה בחורף (או שיבולת שועל עם בקיה לחציר) ובשנה השנייה חמצה או שומשומים כגידול קיצי. ידוע היה כי חיטה הבאה אחרי גידולי הקיץ יכולה רב יותר והיא עולה יפה יותר (הורוביץ, 1956) (הלפרין, 1966).

לסיכום, ניתן לראות כי שיטת מחזור הזרעים התפתחה לאורך השנים תוך כדי ניסיונות רבים ומציאת השילוב והסדר האידיאלי על מנת לשמור על פוריות הקרקע וזאת כדי להעלות את כמות היבול בגידול העיקרי שהוא הדגן ללחם- חיטה (במרבית המקרים), זהו הגידול החורפי המשולב במחזור הבעל.

מחזור הזרעים בשלחין, התפתח באופן שונה והוא נבדל ממחזור הבעל באופיו בשל הניצול האינטנסיבי של הקרקע. מחזור שלחין אמנם דינמי יותר ומאפשר לגדל מגוון גידולים גם בעונת הקיץ, הניצול האינטנסיבי של הקרקע מאפשר כמות גדולה יותר של גידולים בשנה לעומת מחזור הבעל, וכן גם רמת יבולים גבוהה יחסית אך גורם להשלכות שליליות בשל השפעת ההשקיה האינטנסיבית והעיבודים התכופים הנלווים לגידולים, השפעה על המבנה הפיסי, הרכבה הכימי של הקרקע, ריבוי עשבים, ריבוי מזיקים ומחלות וכו'.

לכן בשיטה זו חשוב הדיוק בכל פעולה ובסדרי הפעולות בשלבי המחזור. (הלפרין, 1966)

כפי המתואר בספרות, שימוש בשיטת מחזור הזרעים על סוגיה השונים, ידועה בכך שעברה מחקלאי לחקלאי באופן מסורתי ומפה לאוזן, מתוך ניסיונות והתאמות לאזורים ולתנאים השונים של כל משק לגופו, אך בסיס הידע הטמון בשיטה זו, כגון מה מטרת הסדר במחזור, אינו ברור במידה מספקת למרבית החקלאים (פלדמן, 1921).

עקרונות מחזור גידולים

שיטת מחזור הגידולים המבוססת על מספר עקרונות שיש להתחשב בהם בבניית מחזור תקין. עקרונות אלה באים לידי ביטוי בכל מרכיבי הגידול והקרקע:

- **משק חומרי המזון בקרקע:** לכל צמח מאזן קליטה ופליטה של חומרים מהקרקע ואל הקרקע: כל צמח צורך מהקרקע חומרי הזנה מסוימים, ומחזיר לקרקע חומר אורגני ויסודות הזנה שלא ניצל. יש צמחים המנצלים בעיקר את החנקן, ויש אחרים הזקוקים בייחוד לאשלגן או לזרחן (החיטה למשל צורכת הרבה חנקן, תפוחי האדמה צורך הרבה אשלגן וכו') מידת הצריכה תלויה גם ברמת היבול, הרכבו הכימי ובשלבי התפתחותו, בשל הבדלים אלה, תמהיל יסודות ההזנה בקרקע ישתנה בהתאם. גידול רציף של אותו מין צמח באותה חלקה יגרום להחסרה מתמדת של יסוד ההזנה מן הקרקע שהצמח זקוק לו במיוחד, לכן שילוב גידולים הצורכים חומרי מזון שונים לסירוגין יכולים למנוע הידלדלות קיצונית זו. שילוב נכון אף יתאים בין גידולים הנהנים מהפרשות שורשי הגידולים הקודמים להם. כמו כן, לכל גידול יכולת שונה בספיגת חמרי המזון מן הקרקע ועל כן ישנה חשיבות גם ליכולת זו בסדר המחזור, גידול בעל כושר ספיגה גבוה יגיע בסוף המחזור (הורוביץ, 1956) (הלפרין, 1966) (פלדמן, 1921)
- **איזון חומציות הקרקע:** צמחים המעלים את רמת חומציות הקרקע מהסיבות המוזכרות לעיל, לא יבואו ברצף במחזור.
- **ניצול חומרי המזון בשכבות הקרקע:** צורת מערכת השורשים של כל צמח משפיעה על צריכת חומרי המזון בשכבות הקרקע השונות העומדת לרשותו. מבנה מערכת השורשים שונה בין הצמחים השונים, ישנם שטוחי שורש כמו רוב הדגניים ויש מעמיקי שורש דוגמת רוב הקטניות. שילוב גידולים בעלי מבנה שורשים שונה ימנעו ניצול חד צדדי של חומרי הזנה משכבה מסוימת בקרקע.
- **השפעת המבנה הפיסיקלי של הקרקע על התפתחות השורשים:** מבנה זה מושפע מצורת מערכת השורשים של הצמח הקודם במחזור.
- **ניצול המים מן הקרקע של כל גידול באופן שונה,** הן בהשפעת מבנה הצמח ושורשיו, תכולת המים ביבול, הזמן בו נקצר וכו'.
- **העשרת הקרקע בחנקן:** על ידי שילוב גידולים ממשפחת הקטניות במחזור גידולים, לצמחים אלו סימביוזה עם חיידקים קושרי חנקן אטמוספרי (הפיכתו לזמין לצריכת הצמח) הנקראים *Rhizobium*, אלו נמצאים בפקעיות צמודות לשורשי הצמחים בשכבת הקרקע ומעשירים בו את האדמה שבה הם גדלים, בייחוד אם לא מנתקים את הצמח כולו מן הקרקע בזמן האסיף אלא קוצרים ולאחר מכן מצניעים (הלפרין, 1966) (אוריאל פלדמן, השדה).
- **השפעות סוג הצמח על המיקרואורגניזמים בקרקע ולהיפך:** הצמחים מפרישים לקרקע דרך שורשיהם חומרים שונים המשפיעים על הרכבה של אוכלוסיית המיקרואורגניזמים בסביבת השורשים, הנקראת שכבת הריזוספירה. ישנן השפעות חיוביות והן שליליות, למשל עידוד חיידקים מועילים או פתוגנים. יחסים אלה בעלי חשיבות רבה במחזור גידולים שכן הצמחים הנם גורם חשוב בסלקציה של המיקרואורגניזמים בהשפעת הפרשות שורשיהם ומכיוון שטיב הפרשות משתנה בין צמח לצמח כך גם המיקרואורגניזמים. בגידול רציף ישנה ברירה טבעית של סוג מסוים של

מיקרואורגניזם שלעיתים תוצאותיו לא רצויות לכן ישנה חשיבות בחילוף הגידולים ליצירת אוכלוסייה מאוזנת ומתפקדת טוב (הלפרין, 1966).

- **מניעת הצטברות פגעים ומקורות אילוח של מחלות ומזיקים:** החלפת צמחים הנוטים לחלות במחלות מסוימות, בצמחים אחרים שאינם רגישים לאלו וכן מניעת התפרצות מחוללי מחלות ע"י היכרות עם מחזור חייהם ומניעת הפונדקאי הרצוי להתפתחותם באמצעות חילופי גידולים ובעונה המתאימה, עידוד מגוון מינים וכמובן קיומם של אויבים טבעיים (הורוביץ, תורת השדה; פרקים בחקלאות כללית, 1956).

- **התמודדות עם עשבים:** שילוב של גידולים מעכבי התפתחות עשביה (גדלים מהר, מכסים את פני השטח) בנוסף, החלפת גידולים במחזור מונעת התבססות אוכלוסיות עשבים המלוות גידול מסוים בשדה. החלפה בין גידולי קיץ לגידולי חורף, החלפה בין גידולי שטח לגידולי שורה וכד' תאפשר הקטנה של טווח רחב של עשבים בשדה. שילוב גידולים הידועים כמנקים כגון חיטה או גידולים המיועדים לזבל ירוק (אלו מוצנעים בקרקע לפני הבשלת יבולם) יתרמו גם הם את חלקם בניקוי השדה ולכן יש לשלבם במערך הגידולים (אורי אדלר).

- **שילוב גידולים הדורשים עיבודי קרקע שונים כגון:** השקיה (השוטפת את חמרי ההזנה מן הקרקע), חריש עמוק, גידולי עידור (הדורשים קלטור תכוף, אלה בד"כ ייטיבו לגידולים הבאים במחזור שאינם דורשים עידור בכך שינקו את הקרקע מעשבייה) וכו' (אוריאל פלדמן, השדה).

- **טיפול בשאריות צמחיות:** החומרים האורגנים הנשארים בקרקע בסוף עונת הגידול.

- **סחף קרקע:** שילוב במחזור גידולים התורמים למניעת סחף קרקע ומחזקים את מבנה הקרקע.

- **התאמה לתנאים הפיסיים והאקלימיים:** בחירת גידולים המתאימים לתנאי האקלים והקרקע האופייניים לאזור.

נוסף על כל עקרונות מחזור הגידולים שהובאו כאן, שבעיקרם מתייחסים להיבט הביולוגי – סביבתי, ישנם מחזור גידולים תקין מחייב תכנון מוקדם ומדויק שלצדו שיקולים כלכליים שיכריעו בסופו של דבר את המבנה וטיפול המחזור. בכדי להימנע מנקודות תורפה כלכליות האופייניות לממשק מחזור גידולים, החקלאי נדרש להתחשב בפרמטרים נוספים, כלכליים / לוגיסטיים באופיים.

על פי קלייפלד, בניית תכנית המחזור תוך מבט על הזמן והמרחב שתהווה תכנית משק רב - שנתית ברורה ומפורטת ותכלול:

- התאמה לתנאים המשקיים ותנאי השוק: ביקוש השוק, השקעות נדרשות וכו' - תכנון הוצאות והשקעות מול הכנסות צפויות.

- תכנון מראש של לוח עבודה שנתי, סדרי המחזור, חלוקת השדה וכו'.

- תכנון מראש של עיבודים כדי שיתבצעו במועד ובתנאים המיטביים (התאמה לסוג הגידול, עונת הגידול), ייעול השימוש בכלים חקלאיים, בכ"א ועוד.

- חסכון במים וייעול השימוש בציוד ההשקיה.

מחזור גידולים - השפעות ויתרונות

למחזור גידולים יש מגוון רחב של תפקידים כממשק חקלאי ולצדם השפעות רבות (ישירות ועקיפות) שנבדקו והוכחו מחקרית כחיוביות. השפעות אלו באות לידי ביטוי בהיבט הכלכלי (לאורך זמן) ובהיבט הסביבתי של

ממשק מחזור גידולים תקין במשק החקלאי. מחזור גידולים נמצא כיעיל ובעל יתרונות רבים לעומת גידול רציף (D.L. Karlen, 1994).

להלן מספר דוגמאות להמחשת השפעות מחזור גידולים ויתרונותיו במדדים חקלאיים:

- **כמות היבול:** בבדיקה לטווח הארוך כמות היבול גבוהה לעומת רצף גידולים. נתונים מתוך בדיקה של מספר מחקרים שעסקו בכמות היבול במחזורי גידול של תירס/ סורגום וסויה מראים: תירס במחזור של שנתיים עם סויה מניב יבול גדול ב-20% עד 5% יותר מתירס במחזור רציף, בנוסף מחקר של 15 שנה באיווה במחזור זהה הראה גידול ביבול של 10%. מחבר הסקירה מציין את הצד הרווחי במחזור - גידול קטן ביבול יכול להעלות את הרווחים עד 50%.
- **יעילות ניצול המים (WUE):** פיתוח ממשק חקלאי יעיל בשימוש וניצול המים מהווה תמריץ משמעותי לאימוץ שיטות מחזור גידולים. מחזור גידולים צריך להיות מתוכנן כך שמערכות שורשים משלימות של הגידולים ינצלו בצורה מלאה את המים הזמינים ויסודות ההזנה. חקלאים מאמצים מחזור גידולים על מנת לנצל ביעילות את המשקעים ואת מי ההשקיה ומצריך מהם התאמות וגמישות בשיטות החקלאיות לשם כך.
- **שימוש יעיל בנוטריאנטים (NUE):** שימוש במחזור גידולים יכול להעלות את היעילות בשימוש בנוטריאנטים- יסודות הזנה (חנקן, זרחן, אשלגן ועוד)
חנקן- במטרה להפחית את איבוד חנקן לסביבה ולמי תהום חשוב ביותר רצף הגידולים. מחקרים מראים שרצף גידולים יכול להשפיע על תנועת החנקן בפרופיל הקרקע ולהגעה למי התהום. מחקרים נוספים שאספסו וסויה (משפחת הקטניות) שאינם דורשים תוספת חנקן לגידול יכולים באופן יעיל לספוג שאריות חנקן מגידולים קודמים. שורשי האלפלפה יכולים להגיע לעומק 5.5 מטר בקרקעות מסוימות ולנצל ניטרט מעומק רב. מחזור גידולים שכולל תירס הצליח להפחית את רמת הניטרט בעומק 1.5 מטר בהשוואה לגידול רציף. ירידה בריכוז הניטרט היתה קשורה באופן ישיר למספר השנים בהם גידלו שיבולת- שועל, גידול מרעה ואלפלפה- רצף גידולים בעלי שורשים רדודים ובעקבותיהם גידולים מעמיקי שורש.
- **זרחן, אשלגן ונוטריאנטים נוספים-** ישנן הוכחות מועטות של השפעת מחזור גידולים על הרכב הזרחן בתמיסת הקרקע. רצוי גידול בעל אפייניות גבוהה לזרחן ויכולים להעלות את יעילות ניצולו מהקרקע הן מזרחן אורגני והן כאנאורגני. נמצא כי תירס בשלב צעיר של ששה עלים הינו בעל רכוז זרחן גבוה יותר כאשר מגודל במחזור גידולים אחרי סויה לעומת אחרי תירס. בנוסף משפר ומייעל את ניצול הדשנים והזבל האורגני המוספים לשדות וכך שומר על הקרקע ועל פוריותה ומפחית את הנזקים לסביבה הנוצר מהעודפים (קלייפלד, 1993).
- **מחלות, מזיקים ועשבייה:** מחזור גידולים ככלי להדברה משולבת. מערכת מחזור גידולים מתוארת כמערכת ביולוגית המשלבת ממשקים שונים, תהליכים ביולוגיים, תנאי סביבה ואינטראקציה בין גורמים אלה למזיקים בחקלאות (גורמי מחלה, חרקים, נמטודות ועשבייה). קיימת הסכמה מדעית שככל שמחזור הגידולים מגוון יותר אפשר לצפות לבקרת מזיקים גדולה יותר.
- **אללופתיה:** השפעות אללופטיות של תרכובות כימיות המופרשות מצמחים מסוימים פועלות באופן ישיר או עקיף בעזרת פירוק מיקרוביאלי של שאריות צמחים ומשמשות כמדביר טבעי לעשבייה. בנוסף מאפשר יישום יעיל יותר של חומרי הדברה מבלי לגרום לפחיתה ביעילותם והצטברות שאריות מזיקות בסביבה (קלייפלד, 1993).

- השפעה על הקרקע ואיכותה: מניעת סחף ואיבוד קרקע ועליה בפוריות הקרקע. עיבודים חקלאיים הם בעלי השפעות ניכרות הן על הקרקע החקלאית עצמה והן על הסביבה. יישום מחזור גידולים מתאים יכול להוות מערכת חקלאית משמרת פוריות הקרקע, מזערור הידלדלותה וכן מניעת פגיעה בסביבה. השפעות על הקרקע תופענה בפרמטרים הבאים: מבנה הקרקע, תלכידים (אגרגציה), צפיפות, יכולת לחלול ואחזקת המים, סחף קרקע וכמות החומר האורגני.
- מגוון ביולוגי: מתחלק למרכיבים זמניים הנמדדים בכל גידול וזמן היותו בשדה ומרכיבים מרחביים הקשורים למגוון מינים במרחב כולו (גידולים, חרקים, צמחיה ועוד).
- בטחון תזונתי.
- חוסן השדה החקלאי בפני שינויי אקלים צוין מקור לא חוקי. צוין מקור לא חוקי.

חקלאות והגד"ש בישראל - התפתחות מחזור זרעים בישראל

1. חקלאות ישראל - מבט כללי

2. הגד"ש בישראל

3. מחזור זרעים - היסטוריה בישראל והווה

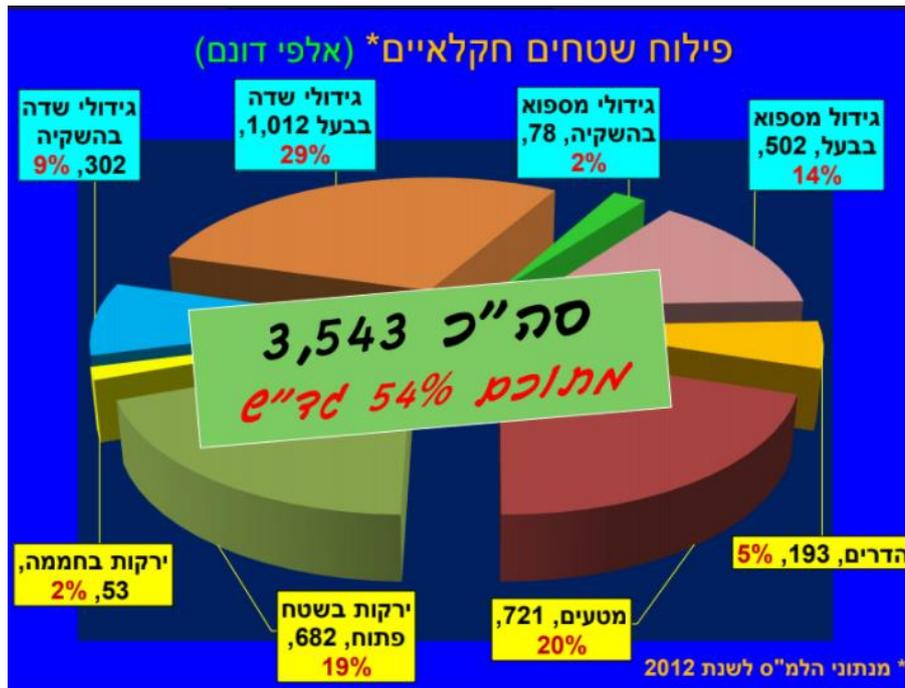
חקלאות ישראל:

במסמך מדיניות תכנון החקלאות והכפר בישראל (משרד החקלאות ופיתוח הכפר הרשות לתכנון ופיתוח החקלאות ההתיישבות והכפר, 2015) הוגדרו מטרות על של החקלאות בישראל:

החקלאות הישראלית היא חקלאות רב-משימתית ורב-תפקודית:

- מייצרת ומספקת מזון טרי, בריא, איכותי, מגוון בעלות סבירה בכל ימות השנה.
- תורמת לפיתוח מעגלים כלכליים נוספים של תשומות ועיבוד תוצרת.
- מייצרת ערכי נופ וסביבה, התיישבות ופיתוח הכפר וערכים שבין אדם לסביבתו.

שטח החקלאות בישראל הוא כ 3.5 מיליון דונם ומהווה 16% מכלל שטחה של הארץ. גידולי השדה מהווים 54% מהשטח (נספח מספר 1).



גרף מספר 3 : אחוז ענפי הגידול בחקלאות ישראל

התפתחות ענף הגד"ש בישראל מאפשרת:

1. ניצול שטחים חקלאיים בעיתיים מבחינה טופוגרפית ומבחינת סוג הקרקע .
2. ניצול מים מושבים בגידולי חקלאות וכך המשך ייצור חקלאי עם מחסור של מים שפירים. כמו כן גידול באזורים שהמים אינם זמינים בהם (גידולי בעל).
3. גידול חקלאי באזורי אקלים שחונים בעלי כמות משקעים נמוכה.
4. התפשטות גידולים חקלאיים לשטחים נרחבים למטרות ייצור, שמירת שטחים ובטחון.

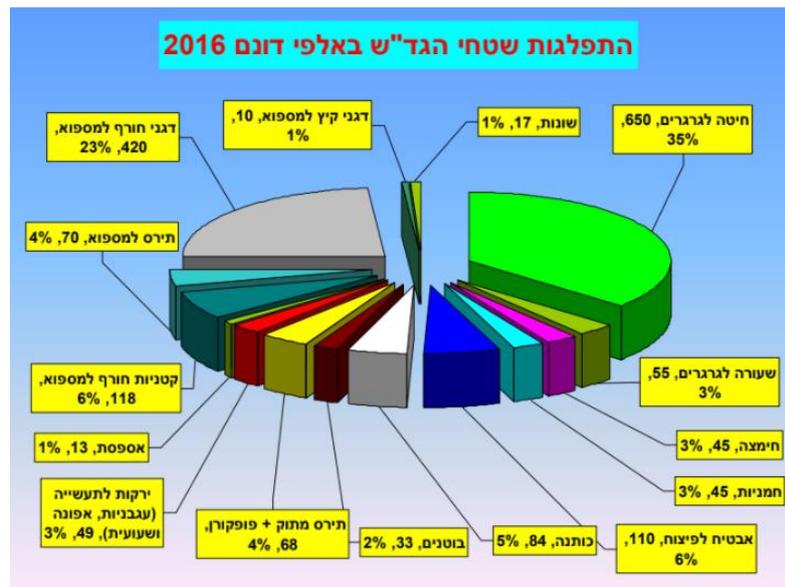
ניתן לחלק את הגד"ש לכמה קבוצות-גידולי משנה:

- פלחה ומספוא חורף= דגני חורף (חיטה, שעורה ושבולת שועל) וקטניות (בקיה, אפונה, תלתן)
- פלחה ומספוא קיץ= דגניים (תירס, סורגום) ודו-פסיגיים (חמניות, חימצה, אבטיח לגרעינים)
- מספוא רב שנת- אספסת, עשב רודוס,
- כותנה
- אגוזי אדמה
- ירקות לתעשייה (תירס מתוק, עגבניות לתעשייה, אפונה, שעועית)

הענפים המרכזיים מבחינת שטחים:

- דגני חורף למספוא בהמות -23% - כמו חיטה.

- חיטה לצורך הפקת גרגרים לייצור לחם- 35%
- גידולים נוספים המהווים 3-4% כמו תירס, קטניות, ירקות, דגני קיץ, בוטנים.

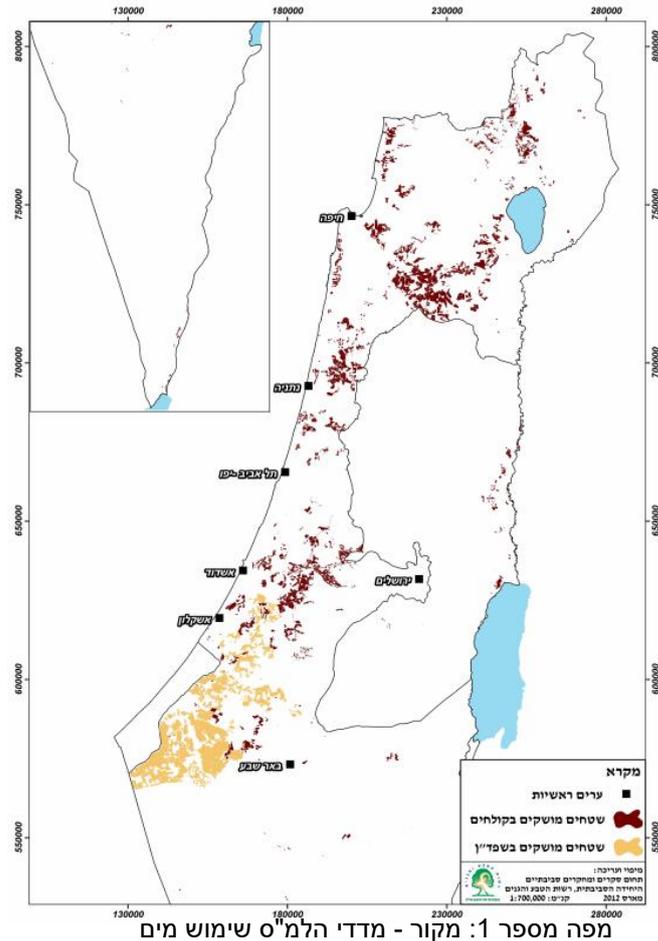


גרף מספר 4: כנס ענף הגד"ש – עופר גורן

שימוש במים בגידולי הגד"ש:

41% מהגד"ש בישראל הם חקלאות בעל (פלחה) המתבססת על משקעים בלבד (בשנים שחונות חלקות מסוימות יכולות לקבל תוספת השקיה) וגד"ש השלחין מתבסס בעיקרו על השקיית קולחין מטוהרים.

שטחי חקלאות המושקים במי קולחין 2012



מפה מספר 1: מקור - מדדי הלמ"ס שימוש מים

*מחזור גידולים בישראל כיום: (נספח מספר 3 – מפה)

יישום מחזורי גידולים בארץ בגידולי שדה קיים בשני אזורים מרכזיים- בנגב ובאזור העמקים כשבכל אזור מקובלים מחזורי גידול שונים הן בבעל והן בשלחין. מחזור גידולים נפוץ יותר בשטחי הבעל כאשר רובם מצויים בנגב בהם אין תשתיות השקיה או הקצעת מים לחקלאות.

המחזורים הנפוצים בנגב (גורן ע', 2018):

במחזור הבעל מיושמים מחזורים של 4/3/2 שנים הכוללים שילוב של הגידולים: חיטה, שעורה, אפונה ואבטיח לגרעינים (מללי). מחזור השלחין כולל את גידול החיטה ותפוז"א, אגוז"א, גזר, תירס לתחמיץ וכו'.

המחזורים הנפוצים בעמקים:

במחזור הבעל מיושם מחזור דו שנתי הכולל חיטה כגידול חורף וחימצה/אבטיח מללי/סורגום/תלתן+בקיה כגידולי קיץ.

מחזור השלחין כוללים את גידול החיטה והתירס לתחמיץ, כותנה, אבטיח מללי, חימצה, חמניות ואגוז"א.

טבלה מספר 1: דוגמא למבנה מחזור גידולים תלת שנתי משנות ה-60

תיאור גרפי של מחזור תלת שנתי

שדה	תשי"ז										תשי"ח										תשי"ט																			
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	11	10				
א'	חיסה										אגווי-אדמה					שחת					תירס לגרורים					תפוחי-אדמה					זבל ירוק									
ב'	תירס לגרורים					תפוחי-אדמה					זבל ירוק					חיסה										אגווי-אדמה					שחת					תירס				
ג'	אגווי-אדמה					שחת					תירס לגרורים					תפוחי-אדמה					זבל ירוק					חיסה														

מקור: הורוביץ, תשי"ז

אמנם הסכמה משנות ה-60 אך העקרונות בהתייחסות למחזורי הגידולים הנהוגים כיום זהים והשינויים המעטים הם לעתים בסוגי הגידולים לפי אזורים בארץ או לפי החלטות כלכליות התלויות בביקוש השוק.

היסטורית מחזור גידולים בישראל:

מאז קום המדינה ועד היום השתנה הרכב גידולי השדה והיקפם (האנציקלופדיה לחקלאות כרך רביעי גידולי שדה, תשנ"ד). המשק הישראלי בניגוד למדינות בהן החקלאות היא מסורת רבת שנים העוברת מדור לדור הוא משק דינמי המשתנה תדיר בהתאם לכלכלת הגידולים ובהתאם למחקר ולהדרכה ולתנאי גידול משתפרים של טכנולוגיה מתקדמת וזמינות מים.

משק הפלח הערבי שהיה משק גידולי בעל כלל בעיקרם מזונות לצרכי בני אדם- דגנים, דורה, שומשום ומעט קטניות. חיות המשק אכלו ממרעה ומעט קש ותבן שנותר מהגידולים. הטמפלרים שהיו עובדי אדמה מנסים הביאו איתם במחצית השנייה של המאה ה-19 מסורת חקלאית מתקדמת- גידול זני בקר שהניב יותר חלב וסיפק דשן רב יותר אך גם היה זקוק למזון עשיר יותר. מחזור הזרעים גוון ואליו הוכנסו גידולי חציר נוספים וגידולי עידור כמו סלק בהמות ותלתן אלכסנדרוני. משק אדמות הבעל השתנה כך שהיסודות המרכזיים הפכו להיות חצירים (בקיה, תלתן, תירס), גידולי עידור (סלק-בהמות) וצמצום הדגניים (חיטים, שעורים ושבולת שועל). ההתיישבות החקלאית היהודית החלה זמן קצר לאחר בואם של הטמפלרים והושפעה יותר ממשק הפלח הערבי. העלייה החדשה בראשית המאה ה-20 הביאה שינויים בגישה לעבודה חקלאית וביניהם שיפור מחזור הזרעים, תיקון סדרי עיבוד הקרקע, הכנסת גידולים חדשים, זיבול שדות ועוד. התפשטות מפעל ההתיישבות הציוני לאזורי הנגב בהם האדמות רחבות שטח אך דלות בחומר אורגני וכמות המשקעים נמוכה הגדילה את כמות שטחי הפלחה.

אחד המחזורים שהיה מקובל בקרב החקלאים העבריים הוא המחזור התלת – שנתי בבעל שהינו מחזור בסיסי לחקלאות בעל ונחשב סמל לחקלאות מתקדמת. עד לשנות ה-80 היה מקובל מאד בחקלאות ישראל. בסיסו הם: דגני חורף, גידולי קיץ ושחת קטניות לשיפור פוריות הקרקע. אחוזי השטח המנוצל לכל סוג

משתנה בהתאם לדרישות כלכליות של השוק. הוא אופייני לאזורים בעלי כמות משקעים ממוצעת של 350-400 מ"מ. באזורים שחונים יותר 250-300 מ"מ גשם נהוג מחזור דו-שנתי: חיטה – קטניות (אפונה לשחת או חריע) או חיטה-גידול קיץ (חמניות, אבטיח לגרורים) – במידה ועומק ההרטבה של המשקעים מספיק. (אנציקלופדיה לחקלאות כרך גידולי שדה).

בשנות ה-80 חלו כמה תהליכים שהביאו לזניחתו של המחזור התלת-שנתי: תמורות טכנולוגיות במיכון, יכולת ניצול מים מתקדמת וסבסודם, דישון כימי זול, ירידה ברווחיותו של הסורגום בעקבות יבוא גרגרי מספוא, הקטנת הצריכה של שחת קטניות ומחיר טוב לגידולי כותנה. נעשה מעבר לגידולים יחידים רציפים הן בבעל והן בשלחין של חיטה, כותנה ואגוזי אדמה. לאחר כ-20 שנה של מונוקולטורה התהוו תנאים חדשים שהעמידו בספק את רווחיות הגידולים וחוסר הדאגה: החלו להופיע בעיות של הגנת הצומח כמו מחלות קרקע, נמטודות והתבססות עשבים קשיי הדברה. הסתבר כי כדי לשמור על רמת יבולים גבוהה יחסית יש להשקיע השקעות גבוהות ביחס להשקעה בעבר (קלייפלד, 1993).

כאשר הוחל בצמצום גידולי הכותנה השתנה שוב הרכב גידולי הקיץ-עליה בגידול חמניות לפיצוח ואבטיח לגרעינים.

מחזורי הגידול בארץ בעת החדשה דינמיים ונעים בעיקרם בין מחזורים דו-שנתיים לבין תלת – שנתיים וארבע-שנתיים כפונקציה של האזור וכמות המשקעים בו, של כמות המים הזמינה לפי הקצאה, של סוג הגידולים דרישותיהם המקצועיות ומגבלותיהם (מחלות ומזיקים) ושל הביקוש בשוק ותנודות כלכליות הן מבחינת דרישת גידולים למאכל בע"ח והן מבחינת דרישת גידולים למאכל אדם.

דוגמאות להמחשת הדינמיות והשינויים שנעשו במהלך השנים:

- שנוי בגודל השטח המיועד לשחת המשמש כמזון לבע"ח מושפע ממחירו ומהרכב המזון שנקבע לבקר. שנות ה-90 הביאו לגידול השטח בעקבות שיפור איכותו שנבע מצידוד חדיש לכבישה ושינוע שתרמו לזירוז וקיצור עונת האסיף.
- שינויים בענף גידולי המספוא- בשנות ה-50 המטרה הייתה ליצור מספוא ירוק ומשומר לצרכי הבקר וחסכון בהוצאת מטבע זר. בשנות השבעים התהפכו היוצרות-הגדלת תנובת הפרות הביאה שינוי קיצוני בשיטת ההזנה והקטנת אספקת המזון הגס.
- שינויי בהיקף שטחי אגוזי האדמה- מגידול באדמות הקלות של הנגב בלבד הורחב לאדמות כבדות בשאר האזורים.

תמונת החקלאות בישראל היא דינמית ומשתנה בכל עת, כפונקציה של יעילות כלכלית, התפתחות שווקים, התפתחות טכנולוגיות, פיתוח חבלי ארץ שונים, טיפוח ושמירה על ערכים סביבתיים לסוגיהם, דיוק נתוני השטח וכן הלאה. (מסמך מדיניות תכנון החקלאות והכפר בישראל 2015)

שיקולים נוספים המוסיפים לדינמיות ולקבלת ההחלטות הם:

- תכנון עתידי של החקלאות בישראל.
- היקף ומיקום שטחים נדרשים לשמירה על כושר ייצור חקלאי בישראל, בהתאמה לצרכים ולמדיניות.
- מדיניות בנושא הקצאת מים לחקלאות.

- יעוד ומעמד סטטוטורי של קרקע חקלאית- שינויים, הרחבות, הקצאות ליישובים .

שיטות לבדיקת התכנות כלכלית- סביבתית של מחזור גידולים:

התכנות כלכלית- סביבתית בתחום החקלאות (אומדן גידול חקלאי או שיטת ייצור חקלאית) עוסקת בבדיקת פרמטרים רבים- חלקם ברורים ומוגדרים וחלקם קשים להגדרה.

שיטות למדידת ערך כלכלי של שטחים חקלאיים כוללת מדדים ישירים ומדדים עקיפים.

מדדים ישירים הם למשל כמות היבול בהתייחס להוצאות או כמות הדשן שיושמה ביחס ליבול שהתקבל . מדדים עקיפים לשטחים חקלאיים הם תועלות חיצוניות שניתן לאומדן כלכלית כמו: ערכיות נוף ושטחים פתוחים, ערכי תיירות ונופש, שימור ערכים היסטוריים, תרבותיים ערכי מורשת, ערכי טבע של מסדרונות אקולוגיים ומגוון מינים, ערך בטחוני בשימור קרקע, ניצול פסולת ומי קולחין, קליטת CO₂ (אושרת שמש עדני, 2001; אלשיך).

בסקר ספרות בישראל וברחבי העולם בדקנו כיצד מתייחסים לשטחי חקלאות המגודלים בשיטת מחזור הגידולים- כיצד חוקרים אותם, לאיזה פרמטרים מתייחסים במחקר, באיזו דרך מסיקים מסקנות. סקירת השיטות בהן השתמשו החוקרים במגוון המחקרים הביאה אותנו לדרך המחקר בה נרצה אנו לבדוק את השאלה שהעלנו.

סקירת ספרות מחקר בעולם:

מחקרים שנעשו בעולם להשוואה בין מחזורי גידולים שונים או בין מחזורי גידולים למונוקולטורה מתייחסים לנושא בכמה דרכים עיקריות שחולקו על ידנו לשני סעיפים:

שיטה 1- מחקרים העוסקים באיכות הקרקע soil quality :

ההבנה שאיכות הקרקע בפרמטרים השונים שלה היא גורם מפתח בחקלאות וביחוד בשיטת מחזור הגידולים מצוטטת במבוא של כל המאמרים שנסקרו בנושא. במחקרים הושוו מדדים כימיים, פיזיקליים ומיקרוביולוגיים של קרקעות שעובדו במחזורי גידולים שונים ולאורך טווח שנים וכן הושוו היבולים שהתקבלו. עיקר הדיון והשיטות במחקרים שנסקרו הוא מהם האינדיקטורים הנכונים המאפשרים קבלת מדדים ריאליים לקביעת איכות הקרקע.

שיטה 2 - שיטות העוסקות במדדים אחרים מקרקע – מודלים תיאורטיים ומעשיים לניתוח ואפיון שטחים:

מודלים תיאורטיים ומעשיים לניתוח ואפיון שטחים חקלאיים, מגמות שינוי והתאמות גידול לתנאים לאורך מספר שנים המבוססים על נתוני יבול, דיווחי חקלאים, צילומי לוין של השטח, שכבות מידע על סוגי הגידולים, סוגי הקרקע וטופוגרפית השטחים המעובדים ולעתים אף הרצת סימולציות בתנאי סביבה שונים וכן מודלים מתמטיים העוסקים ב life cycle assesment (LCA).

המחקרים שנסקרו באים להראות את מגוון השיטות בהן ניתן לחקור את הנושא. חלק מהשיטות עוסקות בניתוחים סטטיסטיים או במודלים שנוכל להביא כאן את העיקרון בלבד. בחלק מהמחקרים נציין את שיטות

המחקר ומעט מהתוצאות. המחקרים נעשו באזורים שונים בעולם שאינם בהכרח זהים לאקלים המצוי בישראל אך קיים דמיון רב בסוגי הגידולים ובשיטת הגידול המבוססת על חקלאות בעל. המטרה הייתה לקבל רעיונות ושיטות לדרכי מחקר ולא דווקא להתבסס על נתונים שהתקבלו בפועל.

דוגמאות למחקרים בשיטה 1:

1. במחקר שנעשה במינסוטה (Jeffrey A. Coulter, 2011) נבדקה כמות היבול ויציבותו לאורך 16 שנה במחזורי גידול שונים. הושוותה מערכת דו-שנתית של תירס-סויה למחזור גידולים ארבע שנתי של ש"ש/תלתן-תירס-סויה מבחינת השפעת סוג וכמות המשאבים החיצוניים המושקעים במערכת הייצור. הנחת המחקר הייתה כי מערכות גידול עם פחות הסתמכות על משאבים חיצוניים יכולה לשפר את יציבות החקלאות (חקלאות בת קיימא) אם יוכלו לייצר כמויות יבול גבוהות לאורך זמן. שני סוגי מחזורי הגידולים המקובלים באזור הנחקר הם מחזור דו שנתי לייצור גרעינים הכולל תירס וסויה ומחזור ארבע שנתי הכולל גם מספוא לבע"ח בנוסף לגרעינים: שבולת שועל-תלתן-תירס-סויה. בנתונים שעליהם התבסס המחקר נאמר כי המערכת הדו שנתי מייצרת יבול רב של תוצרת אבל מסתמכת על משאבים חיצוניים של חומרי הדברה נגד מזיקים ודשנים. בנוסף מערכת זו מקושרת עם אובדן קרקע. זאת לעומת המערכת הכוללת תלתן רב שנתי שתועלתו גם באספקת חנקן לקרקע, שיפור מבנה הקרקע והורדת לחץ עשביה.

המחקר בדק השפעת תשומות חיצוניות (input) של דשנים וחומרי הדברה בדרגות שונות של יישום על היבול ויציבותו בשני סוגי מחזורי הגידולים הנ"ל במשך 16 שנה. ניתוח המידע שהתקבל במחקר סבוך וארוך אך ניתן לציין חלק מהתוצאות: - ככל שמחזור הגידולים ארוך ומורכב יותר- יבול התירס הולך ועולה. -יבול יציב של תירס וסויה התקבל עם תשומות חיצוניות מעטות וללא תשומות (במקרה זה מדובר בתשומות של גידולים אורגניים).

2. מחקר מצפון ארה"ב מאזור הנקרא Northern Great Plains (Mark A. Liebig, 2014) מנתח ארבעה מחזורי גידול השונים באורך המחזור ובמגוון מיני הצמחים במחזור על תכונות הקרקע ב-10 הס"מ העליונים בשנים 1984-2001. המחקר לקח אזור גידולים יובשני אינטנסיבי בהם עברו מגידולי מרעה לגידולים עונתיים ומונוקולטוריים. שיטות המחקר כוללות איסוף מדגמי קרקע לאנליזת מעבדה לפרמטרים פיזיקליים, כימיים וביומסה צמחית.

במבוא למאמר צויין כי מערכת חקלאית המייצרת כמות מספיקה של מזון וביחד מגנה על איכות הסביבה וכלכלה ברת קיימא היא האתגר החקלאי במאה ה-21. כמו כן צוטט כי מערכות מחזורי גידולים ארוכות טווח המשלבות קטניות רב שנתיים ודגניים יכולות לשפר את מבנה ויציבות הקרקע וכן להעלות את הייצור ביחס לרוטציות קצרות או מונוקולטורה. האזור בו נערך המחקר עבר שינוי בשלמושי הקרקע משטחי מרעה לשטחי גידול וכן גדלו באזור שטחי המונוקולטורה. מחקר זה מנסה לכמת השפעות של מחזורי גידולים שונים על סט תכונות קרקע. ארבע סוגי מחזורי הגידול שנחקרו הם:

1. מחזור חד שנתי שבו גדלה חיטה או שעורה או שבולת שועל.
2. מחזור תלת שנתי של חיטה סתוית-חיטה חורפית-חמניות.
3. מחזור חמש שנתי של חיטה אביבית-חיטה חורפית-אפונה-תירס-סויה.

4. רוטציה דינמית שכללה: תירס, חמניות, חיטה אביבית, חיטה חורפית, סויה ו-budwheat. הרוטציה נקבעה ע"פ דרישות השוק, מים בקרקע, מצבי יסודות ההזנה בזמן השתילה וכן מגבלות השמוש בקוטלי עשביה בגידול.

5. שטחי מרעה (נוספו כבקורת).

הפרמטרים שנאספו במחקר הם מדדי קרקע כימיים ופיזיקליים- חומציות הקרקע PH, כמות החומר האורגני (SOC), כמות החנקן והפחמן, אחוז רטיבות, מדדי לחול מים, צפיפות קרקע.

המסקנות נקבעו ע"ס התוצאות וכן ע"ס הכרות תכונות כל גידול ומלמדות על פרמטרים חשובים שיש לקחת בחשבון בתכנון מחזור גידולים בהשפעה של כל גידול על תכונות הקרקע וכך על הגידולים הבאים אחריו: כדוגמא:

- שמוש בחנקן הניתן כדשן חיצוני ומשפיע על חומציות הקרקע וכך על קליטת יסודות הזנה.
 - רמות פחמן וחנקן בקרקע היו גבוהות יותר בשטחי מרעה ביחס לשטחי הגידול.
 - כמות החומר האורגני בקרקע היתה הגבוהה ביותר במחזור של 5 שנים. עיקר התרומה מבחינת שיירים צמחיים היא לתירס.
 - תירס הגדל לאחר אפונה – כמות שייריו (חומר אורגני) גדולה יותר מתירס הגדל לאחר תירס.
 - גידול חמניות הצורכות כמות מים גדולה ויצרן שאריות צומח קטן- יכול להגביל את היצרנות של הגידולים אחריו כאשר כמות המשקעים נמוכה.
- כדוגמא לטבלת נתונים שהתקבלה במחקר:

Table 3-תכונות הקרקע (פחמן אורגני, סך החנקן, יחס פחמן: חנקן, חלקיקים אורגניים וביומסה מיקרוביאלית) שנדגמו מחמש השטחים שנבדקו בנוסו :

TABLE 3: Crop diversity effects on soil carbon, nitrogen, C : N ratio, particulate organic matter (POM) C, and microbial biomass C at 0–10 cm for long-term crop and pasture treatments near Mandan, ND.

Soil property	Small grain-fallow	3 yr fixed rotation	5 yr fixed rotation	Dynamic rotation	Grazed pasture [†]
Soil organic C (Mg C ha ⁻¹)	19.9 (1.0) b [‡]	22.7 (0.9) b	26.9 (0.4) a	25.7 (0.7) a	31.0 (0.7)
Total N (Mg N ha ⁻¹)	2.0 (0.1) c	2.2 (0.1) b	2.5 (0.1) a	2.4 (0.1) a	2.6 (0.1)
C : N ratio	10.23 (0.26) bc	10.20 (0.11) c	10.73 (0.10) a	10.67 (0.12) ab	12.02 (0.11)
POM-C (kg C ha ⁻¹)	1172 (144) c	2834 (151) ab	3078 (162) a	2486 (144) b	4690 (262)
Microbial biomass C (kg C ha ⁻¹)	549 (48)	748 (89)	657 (42)	671 (32)	992 (116)

[†]Soil property values for grazed native vegetation with the same soil type are shown for comparison but were not included in statistical analyses.

[‡]Values in parentheses represent mean standard error. Mean values in a row followed by a different letter are significantly different at $P \leq 0.05$.

3. במחקר שנעשה במכסיקו (M. Fuentes, 2009) נבדקו עיבודי פליחה ואי פליחה, גידול רציף של תירס וחיטה ורוטציה ביניהם וכן הטמנה או אי הטמנה של שאריות הגידול על איכות הקרקע מבחינה פיזיקלית וכימית. המדדים שנלקחו הם: כמות הפחמן האורגני, סך כמות החנקן, לחות, יציבות מבנה הקרקע, עמידות מכנית, PH ו-EC וכן כמויות היבול בשטחים המעובדים בשיטות הנ"ל במשך 14 שנה. במבוא למאמר צוטט כי איכות הקרקע מתארת את מצב הקרקע כתוצאה מהטיפול בה. איכות הקרקע תלויה ברמה בה היא ממלאה את התפקיד שלו היא מיועדת. במערכות חקלאיות איכות קרקע גבוהה היא ייצור גבוה ללא פחיתה משמעותית בקרקע או בסביבה. הערכת איכות הקרקע מבוססת על תכונות פיסיקליות, כימיות וביולוגיות המשתנות על פי שיטות ניהול הקרקע כמו סוג הפליחה, מחזור גידולים ושימוש בשאריות צמחים. כמובן איכות הקרקע תלויה גם בסביבתה הטבעית – סוג הקרקע, אקלים.

במקסיקו בה נעשה המחקר הורע מצבה של הקרקע החקלאית וירדה פוריותה מהסיבות של רעייה אינטנסיבית של בקר, בירוא יערות, עלייה בסחף, עלייה בגידולים מונוקולטוריים, עליה בשימוש בכלים מכניים, ירידה בכמות היבול, הוצאת שיירי צמחים למאכל בע"ח, השתלטות עשביה על השדות, מחסור ניכר בחנקן.

המחקר נועד לבדיקת שיפור מצבה של הקרקע בבדיקת עיבודים אגרונומיים שהם:

- אי פליחה לעומת עיבוד קונבנציונלי.
- השארת שאריות צמחיות בשדה לעומת הוצאתם.
- מונוקולטורה של תירס וחיטה לעומת מחזור דו גידול שלהם.

הפרמטרים שנבדקו הם מדדי קרקע פיסיקליים וכימיים: לחות, צפיפות, גודל חלקיקים, יציבות חלקיקים, עמידות מכנית, חומציות, מוליכות, כמות הפחמן האורגני, כמות החנקן.

המסקנה מהבדיקות שנערכו היא כי אי פליחה בשילוב השארת שיירי צמחים היא שיטת העיבוד הנותנת את איכות הקרקע הטובה ביותר והיבול הגבוה ביותר.

Table 3: סך החנקן וסך הפחמן האורגני בשכבות הקרקע השונות בקרקעות בהן גדל התירס או חיטה ב-8 שטחים השונים במחזור הגידולים או בעיבוד או בהשארת שיירים כדוגמא לנתונים שנאספו :

Fig.2- כמות יבול התירס והחיטה שהתקבלו בשמונה הטיפולים שנבדקו בנוסו: -ZT- ללא פליחה. -CT-

Table 3
Total N content and soil organic carbon content (g kg^{-1} dry soil) with zero tillage (ZT) or conventional tillage (CT), with rotation (R) or monoculture (M), with residues retention (+r) or residues removal (-r).

Treatment	Total N content in different soil layers (g kg^{-1})						Soil organic carbon content in different soil layers (g kg^{-1})					
	Maize			Wheat			Maize			Wheat		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
ZTM+r	1.60	1.30	1.05	1.40	1.15	0.95	23.20	19.05	14.30	21.90	15.40	13.25
ZTR+r	1.60	1.20	1.00	1.45	1.10	0.90	22.75	17.35	12.70	22.95	16.05	13.00
CTM+r	1.25	1.25	1.10	1.10	1.10	0.90	16.55	16.15	13.65	15.50	14.75	12.95
CTR+r	1.20	1.20	1.05	1.24	1.05	1.05	15.85	15.25	13.60	16.70	15.65	14.10
ZTM-r	1.00	1.00	0.95	1.30	0.95	1.00	13.80	11.55	11.75	19.30	14.70	12.80
ZTR-r	1.20	1.05	1.00	1.15	1.00	0.95	15.80	13.35	11.70	13.95	13.05	11.40
CTM-r	1.00	0.95	0.95	1.10	0.95	1.00	12.55	12.60	12.25	14.60	14.10	12.75
CTR-r	1.10	1.00	0.95	1.00	0.95	0.90	14.00	13.60	12.55	12.90	13.00	12.20
LSD*	0.21	0.15	2.21	0.44	0.31	0.17	2.04	1.63	2.16	1.97	2.18	2.03

* $P < 0.05$ level based on least square difference grouping (LSD).

עיבוד פליחה קונבנציונלי. -M- מונוקולטורה. -R- גידולים במחזור גידולים. +r - עם השארת שיירי צומח. -z- ללא השארת שיירי צומח.

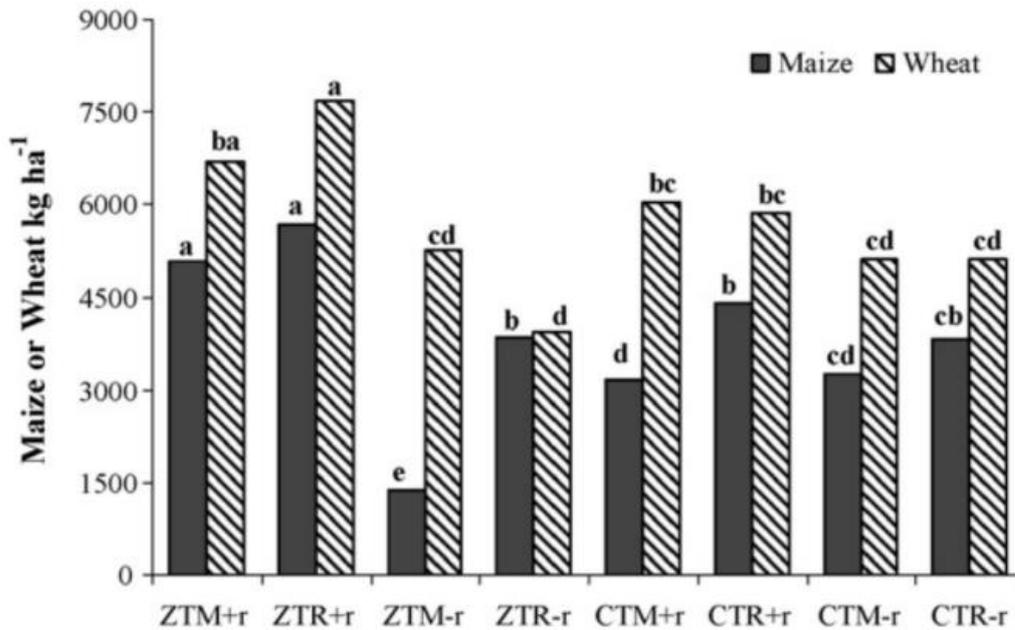


Fig. 2. Average grain yields of maize and wheat (12% moisture) from 2001 to 2004, in soils subjected to zero tillage (ZT) and conventional tillage (CT), rotation (R) and monoculture (M), with residues (+r) and without residues (-r). Letter indicate a significant difference between treatments at $P < 0.05$.

4. מטרת מחקר שנעשה בחלקות מחקר באוניברסיטה ובתחנת המחקר בקנדה (Kiania, 2017) הייתה לזהות אינדיקטורים חזקים ומתאימים לבחינת איכות הקרקע בהשוואה בין עיבודי קרקע פשוטים ובין עיבודים בשיטת מחזור גידולים וכן שימוש בזבל אורגני לעומת דישון כימי. המדדים שנלקחו: מבנה הקרקע ע"י סריקת לייזר, מוליכות הידראולית, נקבוביות הקרקע ואוכלוסיית המיקרואורגניזמים. כמו כן נבדקה רמת היבול בכל מחזור גידולים שנבדק. הוכח כי מחזור גידולים מורכב משפר את מבנה ואיכות הקרקע וכן את אוכלוסיית המיקרואורגניזמים ותורם לעלייה ברמת היבול. כמו כן נקבעו אילו אינדיקטורים מתאימים לבחינת הנושא.

מתודולוגיה אתגרית היא לזהות תכונות ספציפיות בקרקע כאינדיקטורים משמעותיים של איכות קרקע אשר רגישים לשיטות ניהול משתנות של הקרקע. שינויים באיכות הקרקע הינם הדרגתיים ודרוש זמן לייצוב הקרקע לאחר שינוי. במחקר זה נערכה השוואה של מחזורי גידולים מנוגדים וניהול דישון שונה בניסיונות ארוכי טווח כדי לגלות שינויים שלא ניתן לגלותם בטווח קצר. הניסוי נערך בשני אתרים במשך 9 שנים. דיגומי הקרקע נערכו בתום המחזורים באביב 2015. באתר Lethbridge נבחנו שני מחזורי גידול: דו שנתי של חיטה-שנה ללא עיבוד (כרב) ומחזור 6-שנתי: בור-חיטה-תלתן-תלתן-תלתן.

נבחנו מדדי הקרקע הבאים: נקבוביות, חומציות, סך החנקן, סך הפחמן האורגני, יחס פחמן-חנקן, בימסת אורגניזמים בקרקע,

מסקנות נבחרות: - ישום ארוך טווח של מערכת מגוונת תורמת לאיכות הקרקע ע"י שיפור האגרזציה של הקרקע, עלייה בנקבוביות, עליה בכמות החומר האורגני בחנקן ובביומסה המיקרוביאלית שבתגובה היוצרת תועלות לזמינות המים לצמח, למוליכות המים בקרקע ומשפרת את היבול.

שימוש בקטניות (תלתן) במחזור תרם למבנה הקרקע.

-דישון מאוזן לטווח הארוך הביא תועלת בזמינות המים ובמצב הקרקע הפיזי.

מספר פרמטרים מתוך אלה שנבדקו זהו כאינדיקטורים מתאימים המצביעים על איכות הקרקע ושימושיים להשוואה בין שיטות עיבוד וניהול קרקעות.

5. מחקר מאילינוי (Stacy M. Zuber, 2017) שבדק חלקות בהן נעשה מחזור גידולים במשך 16 שנה ועיבודי פליחה שונים כדי למצוא מהם האינדיקטורים הרגישים ביותר לשינויים והמעידים על איכות הקרקע (SQ-SOIL QUALITY) המוגדרת כיכולת הקרקע לתפקד במערכת אקוסיסטמית כדי לשמור על פעילות ביולוגית, איכות הסביבה ובריאות הצמח והחי. נבדקו 20 פרמטרים כימיים, פיסיקליים וביולוגיים כמו: פחמן אורגני, סך החנקן, זמינות הנוטריאנטים, PH הקרקע, הרכב החומר האורגני, יכולת אחזקת המים של הקרקע, יכולת חלחול הקרקע, חילוף קטיונים, פעילות מיקרוביאלית ועוד.

מחקרים רבים מגדירים SQI-SOIL QUALITY INDEX כאיחוד תכונות קרקע שונות על מנת להשוות שיטות חקלאיות שונות ביחס לתפוקת הקרקעות. מטרת מחקר זה היא לזהות פרמטרים בקרקע הרגישים לשינויים ולשימוש בקרקע. האינדיקטור המתאים יתן מידע על תפקוד הקרקע ותהליכים הקורים בה. במחקר נאספו מדדי קרקע שונים משני חלקות נסוי בהם גודלו ארבעה מחזורים: תירס רציף, סויה רציף, דו שנתי של תירס-סויה, תלת שנתי של תירס-סויה-חיטה. כל מחזור נבדק בשתי שיטות עיבוד קרקע- ללא פליחה ושיטת עיבוד המכונה chisel tillage. מדדי הקרקע נלקחו באביב 2014 ואביב 2015 וכללו: צפיפות, יציבות, עמידות מכנית, סך החנקן והפחמן האורגני, חמיצות הקרקע, כמות החומר האורגני, זמינות יסודות הזנה, עמידות לסחף. פעילות מיקרוביאלית. לנתונים נערכה אנליזת PCA ונקבע אילו פרמטרים הם המושפעים ביותר משיטת העיבוד ומחזור הגידולים. שיטת הניתוח איפשרה להבחין בין שיטת עיבוד באי פליחה לשיטת העיבוד הקונבנציונלית. הפרמטרים שמאפשרים הבחנה בין שתי השיטות ובעלי ההשפעה החזקה ביותר הם מעגל הפחמן והחנקן בקרקע, שאריות צמחים וחומר אורגני בקרקע, שיכוב של החומציות בקרקע ושאר יסודות ההזנה.

דוגמאות למחקרים בשיטה 2:

1. (Gerhard Brankatschk *, 2015) מחקר שנעשה בניו זילנד: הרצת סימולציה המדמה שני סוגי קרקעות ושני סוגי אקלים בארבע עיבודים חקלאיים מונוקולטוריים או במחזור ושילוב תרחישים המדמים המשפיעים שינוי בכמות המים ובדישון החנקני. מטרת הניתוח היא CIA- climate impact assessments – הניתוח מאפשר ידיעת מקורות אי הוודאות ומציע אימוץ נחוץ של גישות מחזורי גידולים.

2. מחקר חדשני מגרמניה (Susanne Stein, 2018) מראה שיטה כמותית ואיכותנית לאפיון וניתוח מחזורי גידול שהיו נהוגים בסקסוניה שבצפון-מערב גרמניה בשנים 2005-2011 המבוססת על מידע שנאסף בשנים הנ"ל. הניתוח משתמש בנתונים של: סוגי הגידולים שבשימוש ותכונותיהם, רוטציות אופייניות, סוגי קרקע, טופוגרפיה פני השטח, צילומי אוויר וכמסקנות נותן המלצות הן לקובעי המדיניות והן לחקלאים לשיפור ואימוץ תבניות גידול העמידות לשינויי אקלים ומחזקות את המערכת החקלאית. המחקר מציג את המורכבות של מערכות מחזור גידולים בכך שמשמש בנתונים רבים ומגוונים המאפיינים מערכות גידול באזור הנחקר ומתוכם נותן מדדים למערכות גידול ולשימושי קרקע מומלצים.

במבוא של המאמר ניתן הרקע לעשיית המחקר: בעשורים האחרונים נחשפו פרקטיקות של מחזורי גידולים לשינויים קיצוניים. התהליך נכפה ע"י חידושים חקלאיים, העדפות שוק ותהליכי שרשראות מזון ספציפיות. התוצאות הן דומיננטיות של מספר גידולים, ירידה במגוון ותכניות ניהול לטווח הקצר. תבניות מחזורי גידולים קלאסיים נעשו בלתי מקובלים ואילו מחזוריים קצרים וגמישים נכנסו לניהול הגידול. מצוינת גם יכולת המגוון בחקלאות כהתאמה עתידית לשינויי התנאים האקלימיים והתנאים ההידרולוגיים.

במחקר זה מוצגת גישה לשיטת אפיון (טיפולוגיה) של שיטות מחזורי גידולים השמה דגש על תכונות רצף הגידולים ופרקטיקת מחזורי הגידולים. באזור סקסוניה נבחנו ונתחו במשך 7 שנים תדירות הגידולים השונים במחזור, תקופות המעבר ותכונות פיסיקליות של כל גידול כמו מערכת השורשים, צריכה תזונתית ועונות הגידול. שיטת המחקר המופיעה במאמר ייחודית וחדשנית ומעוררת סקרנות. השטח הנחקר אופיין ע"י צילומי אוויר לניתוח טופוגרפי של תוואי נוף וסוגי הגידולים לפי אחוז השטח אותו תופסים. כל רצף גידולים קיבל ציון בהתאם למיקומו במרחב, סוג הקרקע בה גדל, המיקורואקלים הספציפי למיקומו (משקעים), טופוגרפיה השטח בה גדל, השונות והמגוון ברצף ועוד. הנתוחים שנעשו סבוכים ויש להתעמק בהם אך הרעיון מעניין ביותר.

כדוגמא מצורפת מפה Fig.1 המראה סוג ניתוח שנערך לשטח ע"י צילום אוויר.

תבנית שטח מאפיינת של סקסוניה תחתית. קרקעות הראויות לעיבוד לפי אחוזם בכל שטח, שטחי מרעה בקר, סוג 1 הקרקע.

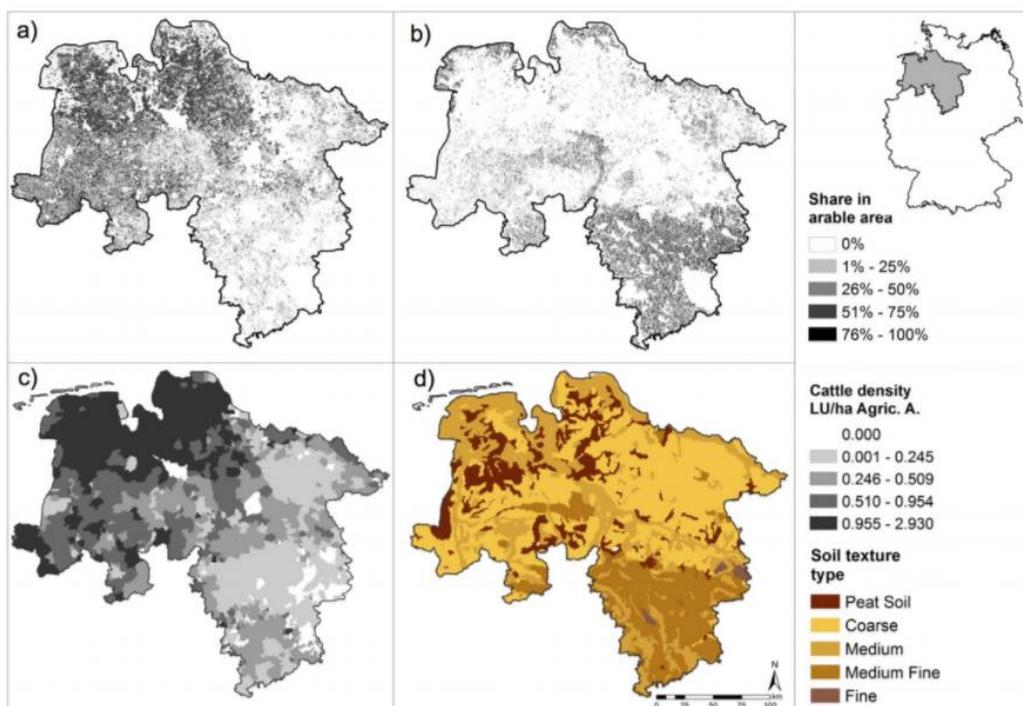


Fig. 1. Selected maps of characteristic distribution pattern in Lower Saxony: a) Share of maize acreage per arable area (based on IACS data of the year 2011); b) Share of winter wheat acreage per arable area (based on IACS data of the year 2011); c) Cattle density per grid cell (LSKN, 2012); d) Soil texture class distribution (European Soil Portal, 2014).

3. ניתוח מחזורי גידולים ע"ס (Gerhard Brankatschk *, 2015) life cycle assesment

= השקעות: זרעים, דלק, אנרגיה, כימיקלים, דשן, את ה input מודלים הלוקחים בחשבון את ה- output-תוצרים, תוצרי לוואי, זבל, פליטות, תשטיפים ועורכים ניתוח השפעות על הסביבה.

יצירת מודל מחזור חיים life cycle assessment בחקלאות אינו פשוט ובייחוד במחזור גידולים בהן יש השפעות המתרחשות בין הגידולים. השפעות אלה נגרמות ע"י שינויים בתכונות הקרקע במהלך הזמן בפרמטרים השונים (כימיים, פיזיקליים, ביולוגיים). כמו כן מספר גדול של פרמטרים תורמים להשפעות וקשה למדדן. ההשפעות בין מכלול הגורמים יוצר פערים בנושא המדידה וקשה לכמתם. המודל במחקר זה הוא מודל תיאורטי הכולל מחזור גידולים שלם, קובע את התשומות במחזור לכל גידול וגידול שהם כדוגמא: זרעים, דלק, דשן חנקני. מודד את כמות היבול הראשי וכן את התוצרים המשניים היוצאים או מופקים מהמערכת כמו: תשטיפים, פסולת, ירק לתחמיץ ועוד. ממיר את כל היחידות למכנה משותף שנקרא "יחידות דגן" (הערך התזונתי של הגידול לבע"ח) על מנת שניתן יהיה להשוות בין כל הנתונים ובין הגידולים במחזור וכמובן בין מחזורים שונים.

מהמודל ניתן להסיק מסקנות על השפעות הגידולים זה על זה- למשל השפעת הגידול על יסודות ההזנה בקרקע- אם התשומות שניתנו לחיטה שגדלה אחרי חיטה היו זהות לחיטה שגדלה אחרי לפתית ובכל זאת יכול החיטה היה שונה- המודל יוכל להסביר שההבדל נבע מתרומת הלפתית למבנה הקרקע. כדוגמא Fig.5 המראה את המודל. התשומות המוכנסות למודל הן במקרה זה דשן חנקני ודיזל בכמויות הנרשמות לכל גידול. המחזור הוא חמש שנתי וכל גידול במחזור מקבל את הדשן והדיזל המתאים לו לפי ניהול הגידול.

ה output הם היבולים שהתקבלו מכל גידול במשקל להקטר ומומרים ל"יחידות דגן" – cereal units המאפשרות להשוות בין התוצרים השונים. כל גידול מקבל את אחוזו בהכנסות בהתאם ליחידות הדגן ואחוז זה מותאם לתשומות שניתנו בתחילה.

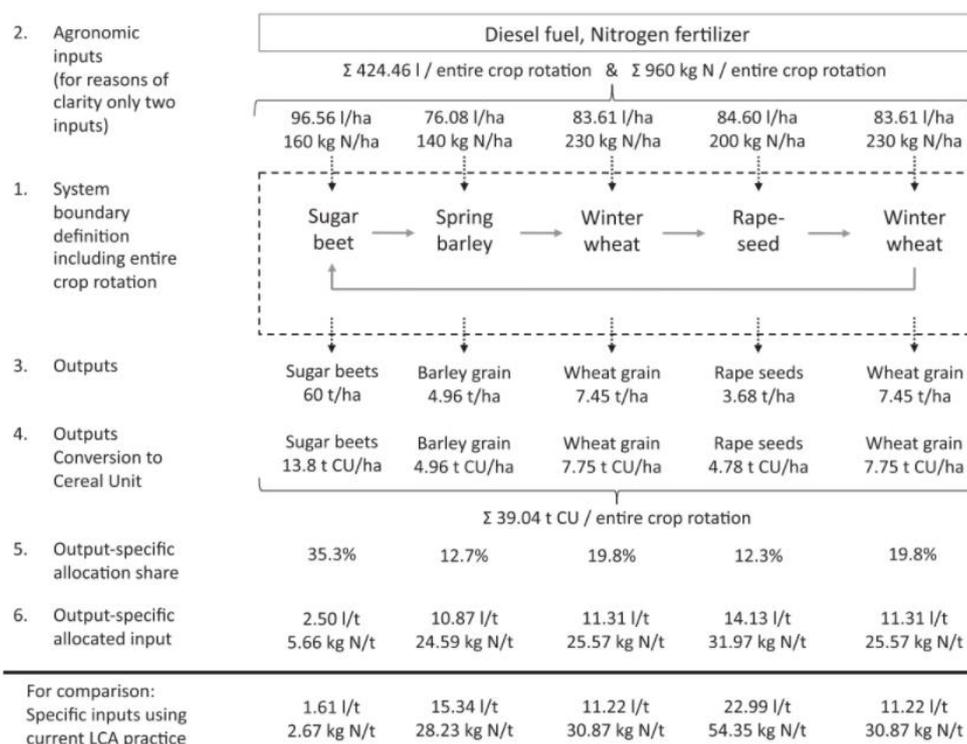


Fig. 5. Calculation of output-specific allocated inputs using new method for inclusion of crop-rotation effects – exemplarily for consumption of diesel and nitrogen fertilizer in a crop rotation containing Sugarbeet, Spring barley, Winter wheat, Rapeseed, Winter wheat; data from BioGrace (Baumgärtel et al., 2010; KTBL, 2010; BioGrace, 2011, 2015; BMEL and BLE, 2014; Brankatschk and Finkbeiner, 2014; KTBL, 2015).

4. מחקר שנעשה בארה"ב (Vigil, 2018) באזור יובשני central great plains בו החיטה החורפית מהווה גידול מרכזי נבדקו במהלך השנים 1993-2016 שמונה סוגי מחזורי גידולים השונים בסוגי הצמחים וברמת האינטנסיביות של עיבוד הקרקע. אחת הסיבות שהביאה למחקר הייתה שינויים שעברו הגידולים באזור בעשרות השנים האחרונות למערכות מעובדות באופן אינטנסיבי ובעלות מגוון גידולים ברטציה עם החיטה. מטרת המחקר הייתה לכמת את יבולי החיטה, את יציבות היבול לאורך השנים במחזורים השונים ולהעריך את הסיכוי בכל מחזור לקבל את מינימום היבול שהוערך באזור זה ל- 1500 ק"ג להאקר. מחקר זה נותן בידי החקלאים נתונים ספציפיים מסך התמונה הכוללת המציגים בפניהם את הדילמה האם לבחור במחזור גידולים בעל יבול רב אך עם יציבות נמוכה או במחזור בעל יבול ממוצע נמוך יותר אך גם עם שינויים קלים.

מחזורי הגידול כללו חיטה, תירס, דוחן, אפונה ושנה של כרב ללא גידולים בשילוב של עיבוד קונבנציונלי (פליחה) וללא עיבוד (אי-פליחה). ידוע באזור זה ובכלל כי יבולי החיטה משתנים כתלות במשקעים וכן בסוג הגידולים שגודלו בשנה הקודמת באותו שטח המשפיעים על יעילות אגירת המים בקרקע (כתלות בעיבוד הנדרש לגידולם, במשך גידולם ובעומק שורשיהם) לקראת גידול החיטה. גם למשך השארת השדה ללא גידול (בור-fallow) משמעות רבה בכמות היבול המתקבלת וביציבותו כתוצאה מאחזקת המים בקרקע.

במחקר נאספו נתוני משקעים ונתוני יבול החיטה במשך השנים שנבדקו. נקבעו מדדי אינדקס יציבות היבול לאורך השנים וכן חושבו הסיכויים לקבל מינימום יבול בכל מחזור .
 כדוגמא לנתוני המחקר שנאספו ונותחו נראה 3 מוצגים:
 1. טבלת איסוף הנתונים לאורך שנות המחקר: (Table 3) - משקעים ויבול בכל המחזורים שנבדקו:

Table 3. Growing season precipitation, winter wheat yields, and yield stability parameters for wheat grown at Akron, CO (1993–2016) in eight cropping systems.

Year	Growing season precip. mm	Yield			Yield stability parameters				Avg.	
		WF(CT) [†]	WF(NT) [†]	WCF [†]	WCMF [‡]	WCMP [‡]	WMF [‡]	WV [‡]		
Precipitation and yield										
1993	198	2539	3807	3115	928	2078	4015	2682	3720	2860
1994	241	1660	1904	1787	1498	942	2062	1216	1746	1602
1995	392	2253	2721	3139	2253	1813	3215	1347	2744	2436
1996	344	1838	3531	3754	1200	1183	3933	2905	3786	2766
1997	200	2141	3443	4041	2079	1722	3532	1966	3395	2790
1998	166	1647	1988	2456	870	1069	2785	2222	1960	1875
1999	244	2356	3125	3048	1123	988	3030	1929	2843	2305
2000	137	1479	2158	2200	1151	1097	1921	1880	2013	1737
2001	283	3494	3926	3661	2151	2472	3680	2778	3490	3206
2002	131	1628	2063	2004	829	594	2242	433	1902	1462
2003	383	3872	4406	4789	4370	4365	4761	4170	4939	4459
2004	218	896	2116	1807	53	310	1595	183	2022	1123
2005	266	2163	2819	2255	947	600	2247	1627	2749	1926
2006	211	1352	2342	2133	444	460	2020	582	1975	1413
2007	226	3033	4087	4215	931	2419	3569	2542	3648	3055
2008	249	1863	2508	1866	717	482	1988	933	2137	1562
2009	351	2243	3619	4401	2252	2389	3730	1116	3424	2897
2010	245	2544	3053	3298	1970	1964	3443	2192	3188	2707
2011	393	2759	3439	3009	2111	1744	3083	2383	3718	2781
2012	151	1860	2425	2286	218	376	2164	1107	2281	1590
2013	177	298	764	466	86	69	240	80	688	336
2014	338	2315	3890	2601	1324	2070	3226	1981	3378	2598
2015	291	2931	3351	3674	2442	2317	3366	2769	3667	3065
2016	371	4187	4323	4611	2811	3341	4588	3265	4190	3914
Average [‡]	259	2223b	2992a	2942a	1448d	1536d	2935a	1845c	2900a	2353
Stability parameters										
Yield range		3890	3642	4322	4317	4296	4522	4090	4252	
Standard deviation		886	912	1070	998	1051	1042	1024	949	
CV(%)		39.9	30.5	36.4	68.9	68.4	35.5	55.5	33.0	
Regression intercept (kg ha ⁻¹) [§]		113.78	814.91	367.58	-733.15	-1005.53	377.26	-505.62	570.75	
Regression slope (kg ha ⁻¹ per kg ha ⁻¹)		0.8975	0.9264	1.0957	0.9283	1.0815	1.0883	1.0004	0.9819	
Regression R ²		0.87	0.88	0.89	0.73	0.90	0.93	0.81	0.91	
POLAR [†]		-0.0988	-0.0648	0.0738	-0.0096	0.0368	0.0506	0.0204	-0.0084	
WV [‡]		2498798	2495057	3059211	6225724	2663163	1989071	4597533	1466889	

[†] W, wheat; C, corn; M, proso millet; P, pea; F, fallow; CT, conventional tillage; NT, no tillage; CV, coefficient of variation; POLAR, Power Law Residuals (Döring et al., 2015); WV[‡], Wricke's ecovalence (Wricke, 1962)

[‡] Different letters indicate that average yields are significantly different (P = 0.05) due to rotation as tested by Tukey's mean separation test.

[§] Regression slope, intercept and R² values for a given rotation come from the regression of 24 yearly yields on the annual yield averaged across all eight rotations.

2. גרף יבול החיטה בכל מחזור והסיכוי לקבלת יבול נמוך (Fig.2): מקרא-
 W-חיטה. F- שדה ללא עיבוד. C- תירס. M- דוחן. P- אפונה. CT- עיבוד פליחה קונבנציונלי. NT-
 ללא פליחה.

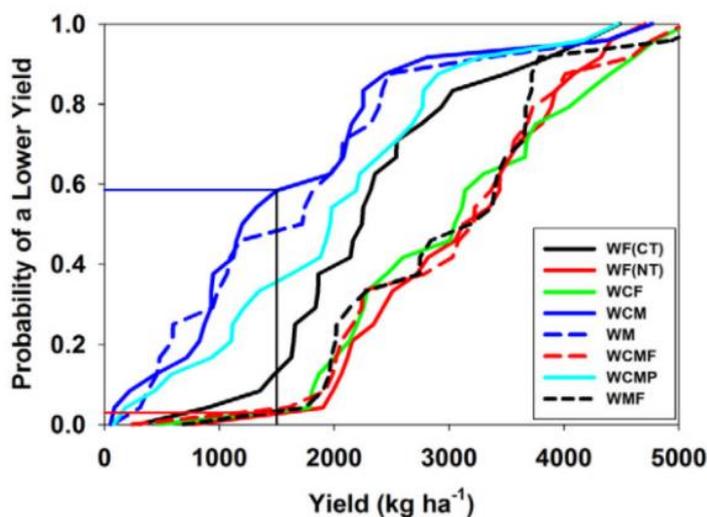


Fig. 2. Cumulative probability distributions of wheat yields at Akron, CO, generated from measured yields (1993–2016) for eight dryland rotational cropping systems. W, wheat; C, corn; M, proso millet; P, pea; F, fallow; CT, conventional tillage; NT, no till.

3. טבלת חישוב אינדיקטור יציבות היבול (Table 4).

Table 4. Yield stability indicator ranks for winter wheat yield at Akron, CO (1993–2016).

Rotation†	Range	SD	CV	Slope‡	POLAR§	Wi²¶	Average rank
WF(NT)	1	2	1	2	2	3	1.8
WF(CT)	2	1	5	1	1	4	2.3
WMF	4	3	2	4	4	1	3.0
WCMP	3	5	6	5	5	7	5.2
WCM	6	4	8	3	3	8	5.3
WCMF	8	6	3	7	7	2	5.5
WM	5	7	7	6	6	5	6.0
WCF	7	8	4	8	8	6	6.8

† W, wheat; C, corn; M, proso millet; P, pea; F, fallow; CT, conventional tillage; NT, no till.

‡ Slope of the yield vs. mean yield line.

§ POLAR is the Power Law Residuals as described in the text (Döring et al., 2015).

¶ Wi² is the Wricke ecovalence (Wricke, 1962; Stelluti et al., 2007).

המחקר בישראל:

תוצאות מחקרי חקלאות בישראל מפורסמים באתר משרד החקלאות, בירחונים חקלאיים בשפה העברית, מוצגים בכנסים בישראל כמו כנס האגודה המדעית הישראלית לגידולי שדה וירקות (כנס חמישי האגודה הישראלית למדעי גידולי שדה וירקות-חוברת תקצירים, 2018) ומפורסמים לחקלאים בצורת דפי המלצות. מידע שבע"פ ניתן להשיג ממדריכי ג"ש הקשורים למשרד החקלאות או לאיגודים מקצועיים של מגדלי ג"ש. תחשיבים כלכליים לגידולים ניתן למצוא באתר משרד החקלאות (תחשיב לגידול בקיה ותלתן, 2018). מחקרים שנמצאו בספרות המחקר הישראלית ובאתר משרד החקלאות עוסקים במדדי כלכלה חקלאית בסיסית של הוצאות (חומרי הדברה, דשן, מיכון) והכנסות מיבול . המחקרים עוסקים בבדיקות פרמטרים שונים בגידול החיוניים לאיכות הגידול, לנוחות הקטיף וכמובן לרמת היבול. ההתייחסות בהקשר לסדר גידולים והשפעת הגידול הקודם על העוקב מופיעה במחקרים אך לא נמצאה התייחסות למחזורי גידולים והשפעתם בהיבטים נרחבים לטווח הארוך ולא נמצאה התייחסות לתועלות הסביבתיות .

דוגמאות למחקרים והמלצות:

- בונפיל וחובריו (בונפיל, 1997) בודקים בחוות גילת בנגב הצפוני יבולי החיטה בחלקות ניסוי של גידול חיטה רציף בבעל ובשלחין לעומת גידול דגן על כרב אבטיח בשילוב טיפול חיפוי.
- פלש וחובריו (פלש, 2016) עוסקים בבחינת זני חמניות באזורים שונים בארץ. המדדים הנבדקים הם כושר ההנבה ואיכות הגרעינים. נבדקת רגישות הזנים לעלקת ולמחלות שונות, נטייה לרביצה, גובה הקמה ואיכות הזרעונים.
- יגאל פלש (פלש, 2017) נותן המלצות לגידול אבטיח מללי לגרעינים בבעל ובשלחין וההתייחסות היא למרווחי הזריעה, להדברת עשביה, לרמות דשן מומלצות, לקלטור, למחלות ומזיקים אופייניים והדברתם וכן המלצות השקיה.

דוגמא לתחשיב כלכליים בגידול באתר משרד החקלאות: תחשיב בקיה ותלתן לשחת (גורן, 2017) מוצגים ערכים של פעולות עיבוד הקרקע, מחיר הזרעים, מחירי הדישון וחומרי ההדברה, עלות המים, עלות השיווק ועלות כוח עבודה.

באתר הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (למ"ס, 2015) ניתן למצוא סקרים המנתחים

מדדים בחקלאות ישראל. המדדים היכולים להתאים למחקרנו הם:

1. דו"ח מאזן יסודות הזנה לצומח בחקלאות - מנתח את סך יסודות ההזנה המרכזיים

(חנקן וזרחן) שנכנסו לקרקע (כדשן או במקרה של חנקן גם כקיבוע חנקן ע"י

קטניות) וסך היסודות שיצאו מהקרקע (יבול בק"ג) ומשווה אותו למדינות שונות

בעולם השייכות ל-OECD.

2. דו"ח שימוש בחומרי הדברה בישראל: הדו"ח מנתח סך פוטנציאל השימוש בחומרי

הדברה ע"פ סקר של קניות חומרים ומסווג את החומרים לפי יעד השימוש (קוטלי

פטריות, קוטלי עשבים וכד'). (בהשוואה עולמית מנתח הדוח את היחס בין טון

חומר פעיל לאלף דונם קרקע חקלאית וכן יחס בין טון חומר פעיל לכמות תפוקה

צמחית.

3. דו"ח שימוש מים בחקלאות – בדו"ח מנתח המדד ע"פ שיעור השימוש במים לחקלאות לפי סוג, מסך כל השימוש במים וע"פ פריסה גאוגרפית של שטחי גידולים חקלאיים, לפי סוגי המים שנצרכו. הדוח מראה לאורך השנים את צריכת המים לחקלאות, סך השטח החקלאי וסך התוצר החקלאי.

שיטה מעניינת להערכת גידולים חקלאיים מוצעת בהקשר לערך תרומתם למ"ק מים והשטח אותו הם צורכים (אבנימלך, 2002). בדוח מנותחים גידולים ע"ס צריכת המים השנתית לדונם, תרומת הגידול לדונם שהוא סך הפדיון פחות ההוצאות ומכך מחושב אינדקס של תרומתם למ"ק מים. ישנה גם התייחסות לטיב המים – מים שפירים, מי קולחין ודרגת טיהורם, מים מליחים. המחקר החקלאי בישראל מפותח ומניב מחקרים רבים ומגוונים. **לא מצאנו בספרות הישראלית דרכים להערכה כלכלית – סביבתית של מחזור גידולים כשיטה כוללנית העוסקת במחקר ארוך טווח ובודקת את סך הפרמטרים שבהם נבחנות התרומות והתועלות של השיטה.** כדאיות כלכלית הנמדדת ביבול ובחסכון בדישון וחומרי הדברה, הפחתה בנוכחות מחלות מזיקים ועשביה, שימוש יעיל ומופחת בדשנים כימיים, שימוש מושכל במיכון ובכ"א, מניעת סחף קרקע, ניצול מים יעיל. לעומתה בספרות שנסקרה מהעולם ניתן היה לקבל רעיונות לשיטת בחינת מחזורי גידולים בפרמטרים שונים של בדיקות קרקע שונות, איסוף מידע על יבול לאורך השנים בהם מיושם מחזור הגידולים ושיטת מבט כוללנית על אזורים שלמים. נושא זה פתח בפנינו את הפער המחקרי שברצוננו לחקור, האם יש למחזור גידולים בישראל הן כדאיות כלכלית והן יתרונות סביבתיים.

השערות

- צפויה עלייה בכמות היבול לאורך זמן בשטחים שמעובדים במחזור גידולים לעומת פחיתה בכמות היבול בממשק בגידול רציף .
- צפויה ירידה בכמות השימוש בדשנים בשטח המעובד במחזור גידולים לעומת בגידול רציף .
- צפויה ירידה בכמות השימוש בחומרי ההדברה המרוססים בשטח המטופל במחזור גידולים לעומת בגידול רציף .

מטרות

מטרת על:

לבחון האם יש למחזור גידולים בישראל הן כדאיות כלכלית והן יתרונות סביבתיים.

מטרות משנה:

- לבדוק אילו יתרונות סביבתיים יש למחזורי הגידולים הנהוגים בישראל: שימוש מופחת בחומרי הדברה, שימוש מופחת בדשן כימי וחיסכון בשימוש במים בגידולי שלחין.
- לבחון כדאיות כלכלית של מחזורי גידולים מסוגים שונים: חיסכון בתשומות חקלאיות (דשן, חומרי הדברה, מים להשקיה), כמות יבול לדונם.
- לאחר איסוף הנתונים וניתוחם ברצוננו לפתח נייר עמדה/מסמך מדיניות עבור מקבלי ההחלטות לתמיכה ביישום ממשקי מחזורי גידולים.

שיטות

על פי סקירת הספרות שבצענו על מחקרים שבדקו היתכנות כלכלית-סביבתית של שיטת מחזור גידולים בעולם ובישראל, בחרנו את השיטות הרלוונטיות למשק הישראלי. במהלך מחקרנו נאספו נתונים מ-10 השנים האחרונות מחקלאים ובעלי משק אשר משתמשים בשיטת מחזור גידולים ומחקלאים שמגדלים בשיטת המונקולטורה גידולים הזחים לגידולים המופיעים במחזור הגידולים.

הנתונים שיאספו מחקלאים הם משני סוגים:

א. הנתונים אופיינים למשק החקלאי: מיני הצמחים במחזור, סוג המחזור (מספר שנות המחזור), גודל השטח, חלוקה מרחבית של הגידולים בשטח, צורת ההשקיה (בעל או שלחין), מקור המים (שפירים או מושבים), הרכב סוג הקרקע, ממוצע משקעים באזור, טופוגרפיית השטח, מספר שנים בהם השטח מעובד והתפרצויות מזיקים או מחלות חריגות.

ב. הנתונים הכמותיים במשק החקלאי:

- כמויות יבול לאורך השנים לפי הגידול
- כמויות הדשן שניתנו בכל שנה לפי הגידול
- כמויות חומרי הדברה שרוססו בשטח בכל שנה לפי הגידול.
- תוצאות בדיקות קרקע, במידה ויש, לרמת יסודות ההזנה המרכזיים (זרחן, אשלגן וחנקן) לפי הגידול והשטח.
- בגידולי שלחין- כמויות המים ששימשו להשקיה לאורך השנים ולפי סוג הגידול.

בנוסף ילקחו נתונים סטטיסטיים ממשד החקלאות, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ורשות המים, אודות שימוש בחומרי הדברה, שימוש בדשנים ושימוש במים בחקלאות ישראל בהתייחס לאזורים השונים בהם משקי גד"ש הם מרכיב החקלאות העיקרי.

את הנתונים שנאספו ניתן יהיה לנתח ע"ס כמה פרמטרים מרכזיים: פרמטרים אלה יאספו ממשקים בעלי תנאי גידול דומים ככל האפשר - אזורי אקלים ותנאי שטח דומים.

1. השוואה בין גידול רציף מונקולטורי למחזור גידולים:

- א. השוואה בכמות היבול בין גידולי מונקולטורה לבין אותם גידולים הגדלים במחזור גידולים.
- ב. השוואה בכמות חומרי ההדברה בשימוש בין גידולי מונקולטורה לבין אותם גידולים הגדלים במחזור גידולים. (במידה והייתה התפרצות חריגה של מזיקים או מחלות בגינם יושמה כמות חריגה של חומרי הדברה יפורט סוג הנגע ודרכי ההתמודדות איתו).
- ג. במשקים בהם נערכות בדיקות קרקע המשמשות לקביעת כמויות הדשן המיושמות: תערך השוואה בין כמויות הדשן הניתנות בגידולים בשיטת מחזור גידולים לבין גידולים זחים במונקולטורה.
- ד. במשקים עם גידולי שלחין תערך השוואה בין כמויות מים שניתנו לפי סוג הגידול בשטחי מונקולטורה ובאותו גידול בשטחי מחזור גידולים.

ה.

2. השוואה בין מחזורי גידולים שונים:

תערך השוואה בין משקים המשתמשים בסוגים שונים של מחזור גידולים בתנאי גידול דומים ככל האפשר. המדדים שישוו:

- א. השוואה בכמות היבול לפי סוג הגידול בין סוגים שונים של מחזור גידולים.
- ב. השוואה בכמות חומרי ההדברה בשימוש בין סוגים שונים של מחזור גידולים. (במידה והייתה התפרצות חריגה של מזיקים או מחלות בגינם יושמה כמות חריגה של חומרי הדברה יפורט סוג הנגע ודרכי ההתמודדות איתו).
- ג. במשקים בהם נערכות בדיקות קרקע המשמשות לקביעת כמויות הדשן המיושמות: תערך השוואה של כמויות הדשן הניתנות לפי סוג גידול בין סוגים שונים של מחזור גידולים.
- ד. במשקים עם גידולי שלחין תערך השוואה בין כמויות מים שניתנו לפי סוג הגידול בין סוגים שונים של מחזור גידולים.

**דוגמא לשאלון שנשלח לחקלאי המגדל במחזור גידולים ניתן לראות בנספח 2.

דיון וסיכום

מאז המהפכה החקלאית גוברת השפעת האדם על הסביבה הטבעית. בעשרות השנים האחרונות, החקלאות הפכה אינטנסיבית ותעשייתית, נעשו שימוש בחומרי הדברה, דשנים כימיים ומיכון על מנת לספק מזון לאוכלוסיית העולם ההולכת וגדלה. נוסף על כך התפשטות שטחי החקלאות אל שטחי הבור, אובדן בתי גידול, פגיעה במגוון הביולוגי, סחף קרקעות ועוד פגיעות סביבתיות נגרמות על ידי אותה חקלאות המספקת מזון לכלל אוכלוסיית העולם.

הקרקע היא גורם המפתח בייצור החקלאי. צמחים גדלים בקרקע, ובעלי החיים רועים בה או מתקיימים מגידולים הגדלים בה. הקרקע היא משאב המתחדש באטיות רבה והיווצרותה של קרקע לוקחת בממוצע 100 – 400 שנים לסנטימטר של שכבת קרקע עליונה. לעומת זאת, אבדן של משאבי הקרקע החקלאית הוא מהיר ביותר. התהליכים הללו כוללים בעיקר תהליכים מעשי ידי אדם כמו כריתת יערות, מרעה, חריש וכו' הגורמים לסחף ולזיהום הקרקע. מחזור גידולים היא שיטה עתיקת יומין משחר החקלאות שנועדה לייצר מזון תוך שמירה על איזון משאבים טבעיים ופוריות הקרקע לאורך זמן. מחזור גידולים מתוכנן היטב הוא אחד ממשקי עיבוד רצויים השומרים על הקרקע החקלאית מפני סחף והידלדלות ואף מעשירים אותה ומונעים שימוש נרחב בדשנים כימיים. בנוסף, ככל שמחזור הגידולים מגוון יותר אפשר לצפות לבקרת מזיקים גדולה יותר ושימוש מבוקר בחומרי הדברה. מגוון הגידולים השונה בצריכת המים ובמבנה השורש מיעלת את השימוש במים בשדות המעובדים.

חקלאות ישראל מזוהה עם תהליכי ההתיישבות באדמות הארץ וקשורה באופן הדוק למורשת היהודית והציונית. בנוסף לצורך להאכיל את האוכלוסייה שהלכה וגדלה בקצב מהיר תוך שנים אחדות. כמו כן, החקלאות היוותה פתרון לצורך לחזק וליישב את גבולות הארץ והצליחה לגדל בקרקעות דלות בחומר אורגני ובתנאים אקלימיים וטופוגרפיים שאינם פשוטים.

החקלאות בישראל היא דינמית ומשתנה בכל עת, כפונקציה של יעילות כלכלית, התפתחות שווקים, התפתחות טכנולוגיות ומחקר מתקדם בפיתוח זנים, פיתוח חבלי ארץ שונים כגון שטחים מדבריים, טיפוח

ושמירה על ערכים סביבתיים. נכון להיום בארץ קיימים משקים חקלאיים המשתמשים בשיטת מחזור גידולים אך המניעים לבחירת סוג מחזור הגידולים הם בעיקרם כלכליים ואילו השיקולים הסביבתיים וטביעת הרגל של החקלאות אינם מהווים גורם מכריע בהחלטות.

המורכבות בתכנון ובניית מחזור גידולים היא רבה ודורשת התחשבות במגוון רחב של פרמטרים, בבסיס ידע נרחב של החקלאי ותכנון לטווח ארוך. במידה ונוכיח כדאיות כלכלית וסביבתית, האם ניתן יהיה לגרום לחקלאים לזנוח את המוכר והידוע לטובת המורכב והדינמי, הרווח המידי לטובת רווח ארוך הטווח למען הדורות הבאים?

ארגון ה-OECD קבע כי הזמינות של משאבי קרקע חקלאית הוא נושא קריטי לסוגיית ביטחון המזון העולמי. קרקעות חקלאיות באיכות גבוהה הן נדירות, וקיים חשש מתמיד לאבדן ולהידרדרות באיכותן.

אחד הסעיפים המרכזיים במדיניות המוצהרת של משרד החקלאות הוא הבטחת אספקה של תוצרת חקלאית טרייה, שמירת הקרקע החקלאית ויחד עם זאת קידום התועלות הסביבתיות של החקלאות בהגנה על החי והצומח, על השטחים הפתוחים, על מקורות המים ועל הקרקע לטובת הציבור והדורות הבאים. השימוש בשיטת מחזור גידולים במשקי הגד"ש משרתת את יעדי משרד החקלאות המוזכרים לעיל ועל כן על מקבלי ההחלטות לתמוך ביישום ממשקי מחזור גידולים שהוכחו כבעלי התכונות כלכלית- סביבתית.

- Deborah, V. B., Mohiddin, J. M., & Madhuri, J. R. (2013). Interaction Effects of Selected Pesticides on Soil Enzymes. *Toxicology International*, 195-200.
- Edmar I. Teixeira a, *. H. (2015). Evaluating methods to simulate crop rotations for climate impact assessments e A case study on the Canterbury plains of NewZealand. *Environmental Modelling & Software*, v.72 p. 304-313.
- Evenson, R., & Gollin, D. (2003). Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science*, Issue 5620, pp. 758-762.
- Elser, J. J., Elser, T. J., Carpenter, S. R., & Brock, W. A. (2014). Regime Shift in Fertilizer Commodities Indicates More. *PLoS one*, E 9(5): e93998.
- Fuentesa, M. Govaertsb, B.De Leónc, F. Hidalgoa, C. Ken, L.D. Etchevers, J. (2009). Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. *European Journal of Agronomy*, v. 30 p.228-237.
- Karlen, D.L. (1994). Crop Rotation for the 21st Century.
- Gerhard Brankatschk *, M. F. (2015). Modeling crop rotation in agricultural LCAs - Challenges and potential solutions. *Agricultural Systems*, v. 138 p.66-76.
- Gorban, A., Pokidysheva, L., Smirnova, E., & Tyukina, T. (2010). Law of the Minimum Paradoxes. *Bulletin of Mathematical Biology*.
- Gorban, N., Smirnova, E. V., & Tyukina, T. A. (2010). Law of the Minimum Paradoxes. *Bulletin of Mathematical Biology*.
- Greenaway, T. (2017). Where Corn Is King, the Stirrings of a Renaissance in Small Grains. *Yale School of Forestry & Environmental Studies*.
- Coulter, J. (2011). Agronomic Performance of Cropping Systems with Contrasting Crop Rotations and External Inputs. *Agronomy Journal*, v. 103 p. 182-192. Retrieved from American Society of Agronomy.
- Mark A. Liebig, D. A. (2014). Crop Diversity Effects on Near-Surface Soil Condition under Dryland Agriculture. *Applied and Environmental Soil Science*, 1-7.
- Mina Kiania, *. (2017). Quantifying sensitive soil quality indicators across contrasting long-term. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 248 p. 123-135.
- Nadim, M. A., Baloch, M. S., Khan, E. A., Khakwani, A. A., & Waseem, K. (2016). Integration of Organic, Synthetic Fertilizers and Micronutrients for. *Sarhad Journal of Agriculture*, 32(1): 9-16.

- Nel, M. C. (2016). Effect of conservation agriculture associated crop rotation systems on root and crown rot severity and respective soil-borne pathogens of maize (*Zea mays* L.) in the Highveld area of South Africa. *South African Journal of Plant and Soil ISSN:*, 1-10.
- Philpott, T. (2013). A Brief History of Our Deadly Addiction to Nitrogen Fertilizer. *Mother Jones*.
- Servet Tekin^{1*}, A. Y. (2017). Comparison of wheat-based rotation systems and monocropping systems under dryland Mediterranean conditions. *Int J Agric & Biol Eng*, 203-214.
- Sibhatu, K. T., & Qaim, M. (2017). Rural food security, subsistence agriculture. *PLoS ONE*, 1-15.
- Singh, N., & Singh, G. (2017). Plant growth promoting rhizobacteria and Rhizobium combinations are the. *Department of Plant Breeding and Genetics*, 10.18805/ag.R-1740.
- Stacy M. Zuber, G. D. (2017). Multivariate assessment of soil quality indicators for crop rotation and. *Soil & Tillage Research*, 147-155.
- Susanne Stein, H.-H. S. (2018). Identifying crop rotation practice by the typification of crop sequence patterns for arable farming systems – A case study from Central Europe. *European Journal of Agronomy*, v. 92 p. 30-40.
- Thierfelder, C. (2013). Benefits and challenges of crop rotations in maize- based conservation agriculture (CA) cropping systems of southern Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, v.11 no. 2 p. 108-121.
- Vigil, D. C. (2018). Wheat Yield and Yield Stability of Eight Dryland Crop Rotations David. *CROP ECONOMICS, PRODUCTION, AND MANAGEMENT*, 594-601.
- Weisdorf, J. L. (2005). FROM FORAGING TO FARMING: EXPLAINING THE NEOLITHIC REVOLUTION. *Journal of Economic Surveys*, 561–586.
- אבנימלך יורם, ח. צ. (2002). פיתוח חקלאות בת קיימא בתנאי מחסור במים. מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה.
- אורי אדלר, א. ה. (n.d.). התורה האורגנית. Retrieved 3 10, 2018, from <http://www.organic-israel.org.il>
- אושרת שמש עדני, ע. פ. (2001). הערך הכלכלי של סוגי נץ. נקודת חייך-קרן יד הנדיב.
- אלשיך, ס. (n.d.). אומדן תועלות חיצוניות של שטחים חקלאיים בעולם ובארץ. Retrieved from משרד החקלאות.
- בונפיל דוד, י. מ. (2007,6). הוברת שדות פלחה בשנת שמיטה וכרב נח. גן שדה ומשק. 8-14,

בונפיל דוד, מ. י. (2005,7). חמצה- נקודת מפנה עבור מחזור גידולים באזורים שחונים. *גן שדה ומשק*, 6-9.

גורן, א. ס. (2017). יולי 10. (תחשיב גידול בקיה ותלתן). Retrieved from משרד החקלאות.
דוד בונפיל, י. מ. (1997,1). השפעת מחזור דגן על דגן על יבולי החיטה בנגב. *גן שדה ומשק*. 12-15,
האנציקלופדיה לחקלאות כרך רביעי גידולי שדה). תשנ"ד. (תל אביב: האנציקלופדיה לחקלאות.
הורוביץ, ש. (1956). *תורת השדה; פרקים בחקלאות כללית*. הקיבוץ המאוחד.
הורוביץ, ש. (תשי"ז). *תורת השדה ספר שני השדה וגורמי פוריותו*. תל אביב: הקיבוץ המאוחד.
החקלאות, ע. ג. (2018). ינואר. (מצגת חקלאות הגד"ש בישראל). ע. גרא (Interviewer),
הלפרין, ח. (1966). *האנציקלופדיה לחקלאות*. תל אביב: האנציקלופדיה לחקלאות.
טאוונסנד, א. & .הווארתי, ר. (2010). תיקונה של בעיית החנקן בעולם. *סיינטיפיק אמריקן ישראל*.
יגאל פלש, א. ר. (2016). סכום ארצי- מבחן זני חמניות עונת 2016. *גיליון 70* 10-15.
יחיאלי. תשי"ח, כ"ח. (לשאלת מחזור הזרעים בפלחה בגוש חרוד. *השדה*. 331-334,
כנס חמישי האגודה הישראלית למדעי גידולי שדה וירקות-חוברת תקצירים. (2018).
למ"ס- (2015). *מדדי חקלאות סביבה 1996-2012*. : לשכה מרכזית לסטטיסטיקה.
לסטטיסטיקה, ה. ה. (2015). *מדדי חקלאות סביבה 1996-2012*. : הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.
משרד החקלאות ופיתוח הכפר הרשות לתכנון ופיתוח החקלאות ההתיישבות והכפר. (2015). מסמך
מדיניות תכנון החקלאות והכפר בישראל. משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
נ. זליגמן, א. ל. (2013). חקלאות בת-קיימא בסביבה משתנה. *נקודת ח"ן*.
ספקטור, ש. ב. (2010). שימוש בחומרי הדברה בחקלאות. *הכנסת מרכז המחקר והמידע*.
סקוטלסקי, א. (2010). מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים. *נקודת ח"ן*.
פלדמן, א. (1921). פברואר-מרץ. (לשאלת מחזור הזרעים. *השדה*. p, כרך ב' עמ' 190.
פליקס, י. (1962). *החקלאות בארץ ישראל בתקופת המשנה והתלמוד*. תל אביב: דביר.
פלש, י. (2017). עדכונים - הנחיות לגידול אבטיח מללי לגרעינים בבעל ושלחין. *גיליון 70* 17-20,
קלייפלד, י. (1993). *תכנון רב שנתי למחזור גידולים*. עכו: משרד החקלאות שרות ההדרכה והמקצוע
נוה יער.

שי, כ. (2005,4). הנחיות לגידול אבטיח מללי לגרעינים בבעל ושלחין. *גן שדה ומשק*.

תחשיב לגידול בקיה ותלתן. (2018). מרץ. Retrieved from (משרד החקלאות).

מקורות אינטרנטיים:

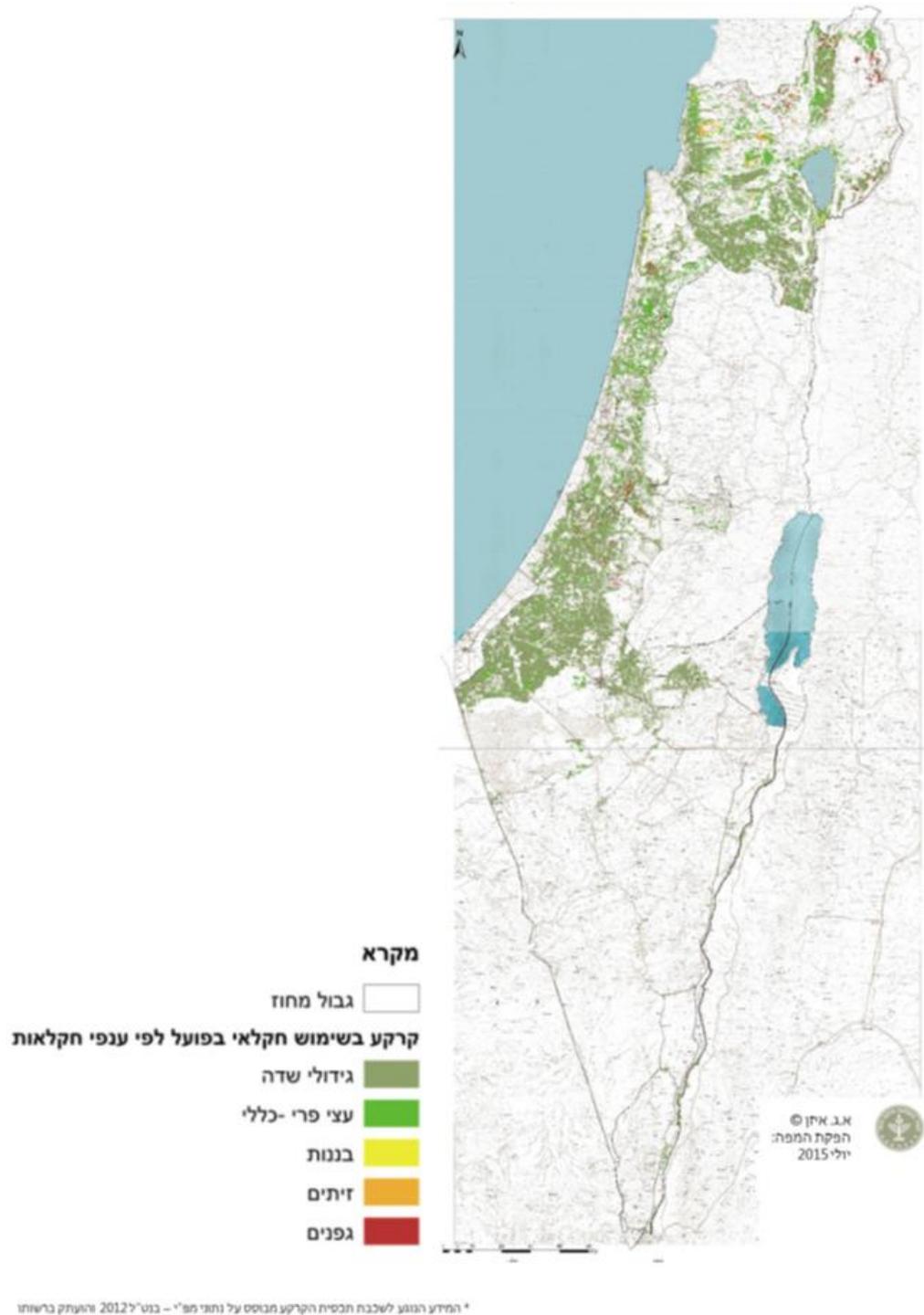
אוניברסיטת תל-אביב. (2018). *שער לביולוגיה סביבתית*. Retrieved from אוניברסיטת תל-אביב :
<http://earthweb.tau.ac.il/>

אוניברסיטת תל-אביב. (2018). *שער לחקלאות אקולוגית*. Retrieved from אתר של אוניברסיטת תל-
אביב <http://ecoagriculture.campusteva.tau.ac.il/fertilizers> :

הבית שלך באורגני Retrieved 3 10, 2018, from אורי אדלר, א. ה (n.d.). התורה האורגנית .
<http://www.organic-israel.org.il>

נספחים

1. מפת ענפי החקלאות בישראל (משרד החקלאות ופיתוח הכפר הרשות לתכנון ופיתוח החקלאות ההתיישבות והכפר, 2015):



2. מחזור גידולים- דוגמא ממשק בשפלת יהודה (ראיון אישי 2018-12)

סך כל שטח הגד"ש : 18,000 דונם

סך השטח המעובד במחזורי גידולים : 18000 דונם.

סך שטח גדש שאינו מעובד במחזור גידולים- אין

מחזורי גידולים נהוגים בשטח :

סוג 1- מחזור בעל : שנה ראשונה - חיטה חורף

שנה שניה - תלתן או חיטה- חורף

שנה שלישית- תלתן- חורף

שנה רביעית- חיטה-חורף

סוג 2- שנה ראשונה- אבטיח מללי

שנה שניה- חיטה

שנה שלישית- בקיה למספוא

כמה שנים מעובד השטח במחזור גידולים לפי ידיעתך? מעל 40 שנה

בהנחה שיש בידך נתונים החל משנת 2000- האם תוכל לתת לי את הנתונים הבאים על היבול בהתייחס רק לגידולים שהינם חלק ממחזור גידולים : (בהנחה שמדובר על מחזור ארבע שנתי אני מציינת ארבע שנים :

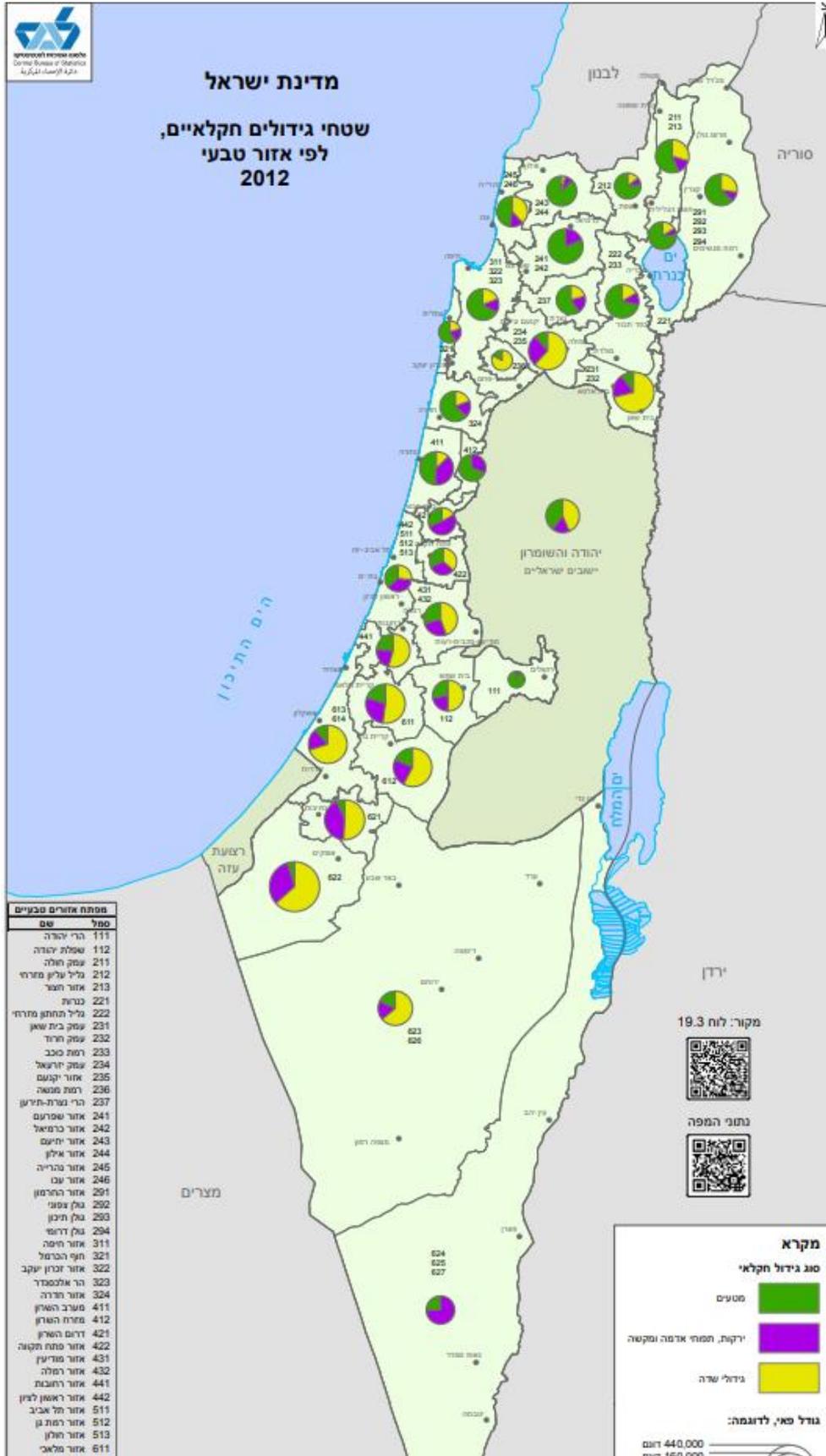
סך היבול וכמות הדשן השנתית בגידולי מחזור גידולים לפי שנות מחזור :

הגידול שנה	חיטה למספוא	חיטה לגרעינים	תירס למספוא	אבטיח מללי	תלתן	דשן	יבול	דשן	יבול	דשן
סך השטח	3000	4000	800	1000	700					
2000-03	1090	80000	570	30000	47					
2004-07	1003		543		45					
2008-11	1070		522		81					
2012-15	980		606		108					
2016-17	909		400		83					

• הדישון בחיטה (חנקן) הוא קבוע בלי קשר למה שיש בקרקע כי הוא נשתף לעומק.

• אבטיח ותלתן לא מדשנים חנקן וזרחן רק אם יש מחסור גדול וזה כמעט לא קורה

3. מפת ענפי החקלאות המרכזיים בישראל (שנתון סטטיסטי לישראל 2014):



העדפות הציבור בנושא חקלאות רב תפקודית במרכז הארץ

סער שירה (036137859)

פרקש מיכל (305454274)

מנחה: שי שפר

קורס 'פרויקטים בחקר הסביבה' - תשע"ח

ביה"ס ללימודי הסביבה ע"ש פורטר

מרץ 2018

רשימת איורים שגיא! הסימניה אינה מוגדרת.

תקציר 83

מבוא 83

1. חקלאות ודמוגרפיה בישראל 84

- 84..... 1.1 חקלאות בישראל: היסטוריה ונתונים
- 84..... 1.2 הגידול האורבאני בישראל
- 90..... 1.3 חקלאות במרכז הארץ: מיקום, גודל, סוגי גידול ומעמד השטחים

2. חקלאות בישראל 92

- 92..... 2.1 ההבדל בין שטח פתוח ושטח חקלאי בישראל
- 96..... 2.2 שירותי המערכת של שטחים חקלאיים
- 99..... 2.3 שירותי המערכת החקלאית בישראל

3. חקלאות רב-תפקודית (Multifunctional Agriculture) 101

- 103..... 3.1 יתרונות חקלאות רב-תפקודית במעטפת שטחים עירוניים
- 103..... 3.2 עמדות הציבור ברחבי העולם כלפי חקלאות רב-תפקודית - סקירה

4. שאלות המחקר 108

- 108..... 4.1 מטרת המחקר
- 108..... 4.2 שיטות מחקר
- 109..... 4.3 שיטת הדגימה
- 110..... 4.4 השאלון

סיכום 112

ביבליוגרפיה 113

איור 1 : מערך הטבעות והחלוקה המוניציפאלית של אגד הערים תל-אביב (עמירן & שחר, 1971).	87
איור 2 : הערים בישראל, 1988 (אפרת, 1991) .	89
איור 3 : הרחבת השטחים הפתוחים המוגנים בתמ"א 31 (פייטלסון, 1995) .	95
איור 4 : השפעת שירותי המערכת האקולוגית על רווחת האדם (Duraiappah et al., 2005). שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.	
איור 5 : תמונת מצב עולמית של שירותי אספקה, ויסות ותרבות המוערכים במסגרת דו"ח האו"ם בנושא 'המערכות האקולוגיות ורווחת האדם' (Duraiappah et al., 2005) .	97
איור 6 : שירותי המערכת האקולוגית מהמערכת החקלאית ואליה (Zhang, Ricketts, Kremen, Carney, & Swinton, 2007) .	98
איור 7 : חלוקת ישראל לשש קבוצות של מערכות אקולוגיות (לוטן et al., 2017) .	99
איור 8 : מה הגורם המשפיע ביותר על הרווחה החברתית בפינלנד? (Yrjölä & Kola, 2004) .	104
איור 9 : מה תפקידה העיקרית של החקלאות בפינלנד? (Yrjölä & Kola, 2004) .	104
איור 10 : מה המרכיב החשוב ביותר של חקלאות רב-תפקודית בפינלנד? (Yrjölä & Kola, 2004)	105
איור 11 : הנכונות של הצרכנים הפינים לשלם עבור חקלאות רב-תפקודית כמכלול (Yrjölä & Kola, 2004) .	106
איור 12 : גישות למול חקלאות רב-תפקודית (MOON et al., 2017) .	106
איור 13 : אחוז המדרגים כל תרומה של חקלאות רב-תפקודית כבעלת החשיבות הגבוהה ביותר (MOON et al., 2017) .	107
איור 14 : דירוג ממוצע של חשיבות מרכיבים חסרי שוק בחקלאות, 1 - חשוב ביותר, 7 - הכי פחות חשוב (MOON et al., 2017) .	107

רשימת טבלאות

טבלה 1 : מקורות הגידול של האוכלוסייה (באלפים) 1948 – 1966 (רבי, 1968) .	85
טבלה 2 : האוכלוסייה לפי מחוזות, 1948 – 1983 (רבהון, 1989) .	86
טבלה 3 : מקורות גידול האוכלוסייה היהודית לפי מחוזות, 1972 – 1983 (רבהון, 1989) .	88
טבלה 4 : מחוז המרכז : כמות קרקע שיעודה שונה מחקלאות לבניה בסקטור העירוני (בדונם) (עוזרמן, 1983) .	91
טבלה 5 : קרקע מעובדת לפי ענף חקלאי ומחוז (דונם), 2012 (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015) .	92
טבלה 6 : שטחי חקלאות, שטח פתוח לעומת חממות (דונם), 2012 (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015) .	92

תקציר

עבודה זו עוסקת בשאלת מחקר עיקרית והיא, מהן עמדות והעדפות הציבור לגבי חקלאות רב תפקודית בקרקעות חקלאיות במרכז הארץ? כדי להבין את הרקע לשאלת המחקר ואת התועלות שמביאה עמה חקלאות רב-תפקודית, נסקור את השפעת הגידול הדמוגרפי על חקלאות במרכז הארץ, וכן את התועלות החיוביות והשליליות של חקלאות.

מטרתו של המחקר הינה לזהות את העדפות ועמדות הציבור על מנת לפתח דפוס אפשרי לקרקעות חקלאיות הממוקמות באזור מרכז הארץ, באופן שיאפשר לשמרן לטווח זמן ארוך. על פי המענה לשאלה זו נוכל לקבוע ערכים מומלצים ליישום בקרקעות חקלאיות באזור מרכז הארץ.

במסגרת זו ננסה לאמוד את העדפות הציבור לגבי חקלאות רב תפקודית באזור מרכז הארץ. לשם כך, נעשה שימוש בשיטת ההערכה לייצוג הבחירות המותנות, המאפשרת אומדן של מוצרים ללא שוק שעדיין לא קיימים ולכן יכולה להתאים למחקר זה (Navrud & Pruckner, 1997). המחקר יכול שאלון המורכב משלושה חלקים שיותאמו באופן ספציפי למאפיינים של שטחים חקלאיים שסמוכים למרחבים עירוניים, ולתושבים שחיים באזורים אלה. מסגרת הדגימה תהיה תושבי ערים ויישובים במרכז הארץ, שהם אלו הצפויים להיות הנהנים או המפסידים המידיים משמירה או מאבדן של שטחים חקלאיים אלו.

ברצוננו להודות ולצוות ההוראה על הזמן שהקדישו ובמיוחד לשי שפר על הפגישות עמנו, הייעוץ הרב והערות המועילות שהובילו לנוסח סופי זה.

מבוא

הגידול הדמוגרפי במדינת ישראל מביא כיום לדרישה הולכת וגוברת להסבת שטחים חקלאיים לצרכי בניה ופיתוח, כאשר חלק ניכר מהשטחים הללו מהווים קרקעות חקלאיות. אזור מרכז הארץ (מחוז מרכז) הוא אחד האזורים בישראל בו הביקוש לקרקע לפיתוח גבוה ביותר. מרבית השטחים הפתוחים באזור המרכז הם שטחים חקלאיים, ואם כן מרבית לחצי הפיתוח באזור מרכז הארץ מכוונים למעשה לשטחים חקלאיים (עוזרמן, 1983).

לשטחים חקלאיים חשיבות הן לייצור ואספקה של מזון והן בהיותם שטחים חקלאיים המספקים מגוון תועלות נוספות שמכוונות גם "תרומות חיצוניות". אלו כוללות שירותי תמיכה וויסות (כגון מחזור החומרים בטבע, שיפור איכות האוויר, אזורי חלחול, מסדרונות אקולוגיים ועוד) וכן שירותי תרבות כמו הזדמנויות לבילוי ונופש, הנאה אסתטית, השראה, רווחה נפשית ועוד (קפלן, 2017).

בעבודה זו, ברצוננו לבדוק האם ניתן לזהות את העדפות ועמדות הציבור על מנת לפתח דפוס אפשרי לקרקעות חקלאיות הממוקמות באזור מרכז הארץ, אשר יאפשר לשמרן לאורך טווח.

בהמשך העבודה נדון בחקלאות ודמוגרפיה בישראל מאז קום המדינה בכלל ובמרכז הארץ בפרט, לאחר מכן נדון בתרומות החיוביות והשליליות של חקלאות, נושא שיוביל לדפוס יישום אפשרי של חקלאות רב תפקודית שייחקר על ידי שאלון המורכב משלושה חלקים שיותאמו באופן ספציפי למאפיינים של שטחים חקלאיים שסמוכים למרחבים עירוניים ולתושבים שחיים באזורים אלה.

1. חקלאות ודמוגרפיה בישראל

1.1 החקלאות בישראל: היסטוריה ונתונים

מדיניות המרקעין של ההתיישבות החקלאית במדינת ישראל, החלו עם הקמתו של המשרד הארץ-ישראלי ב-1907 ומינויו של ד"ר ארתור רופין לשבת בראשו. לאחר מכן הוקמו מוסדות נוספים כגון קק"ל, החברה להכשרת היישוב ורבים נוספים, אשר מטרתם הייתה לסייע ברכישת קרקעות להתיישבות חקלאית. רופין סבר שההתיישבות תתבסס ברובה על משקים כפריים, חוות לימוד וקבוצות עבודה, אך אלה כשלו עקב מחסור כספי של התנועה הציונית. לאחר מכן הופיע הרעיון של בעלות הלאום על הקרקע והחכרת הקרקע לאגודות שיתופיות, כאשר הכוונה הראשונית של אותם מוסדות מיישבים הייתה למכור את הקרקע למתיישבים ואילו הסדרי החכירה נוצרו ככורח עקב מחסור כספי של החלוצים (מרגלית, 1988).

תכניות לפיתוח חקלאי והתיישבותי ברמה ארצית הגיעו רק לאחר קום המדינה. הראשונה שביניהם בשנת 1950 נועדה על מנת לפתח משק חקלאי מבחינת פרנסה ואספקת מזון לכלל האוכלוסייה ההולכת וגדלה, כתוצאה מגלי העלייה הגדולים. אז גם נקבעו לראשונה הכללים להקצאת מכסות קרקע ומים. בשנת 1965 ממשלת ישראל קבעה את עקרונות מדיניות הקרקע העוסקים בין היתר בקרקע חקלאית. ההגדרות שנקבעו אז משמשות אותנו גם היום וכוללות נושאים כגון גודל הנחלה, דמי חכירה, חובת עיבוד, שינויי ייעוד ועוד (גבתי, 1981).

במהלך השנים, המדיניות הממשלתית הביאה לכך שמאז שנות השמונים המוקדמות ועד 1998 החקלאות ננטשה על ידי החקלאים. בשנת 1986 מספר החקלאים העצמאיים עמד על כ-53,000, ואילו בשנת 1998 מספרם ירד לכ-26,000 והכנסתם ירדה והגיעה לכ-60% מהשכר הממוצע במשק לאותה תקופה (אפרת, 1998).

קרקע הינה משאב מוגבל המצוי במחסור תמידי בתחומים שונים כגון מגורים, תעסוקה, ביטחון וגם חקלאות. נושא זה בולט יותר כאשר מדובר במדינה קטנה כישראל, בה צפיפות האוכלוסין מן הגבוהות בעולם. נכון לשנת 2012 המגזר החקלאי מחזיק ומעבד למעלה מ-4 מיליון דונם קרקע חקלאית, ובנוסף לכך עוד מיליון וחצי דונם של שטחי מרעה, המהווים כחמישית שטחי המדינה (כהן, 2012).

1.2 הגידול האורבאני בישראל

תופעת העיור הינה התופעה החשובה ביותר שאירעה במדינת ישראל במהלך ארבעים השנה הראשונות לקיומה וניתן להשוותה להתיישבות החקלאית אשר קדמה לה. שני סוגי ההתיישבות הטביעו חותם על עיצוב המבנה היישובי במדינת ישראל. מנהיגי היישוב לא ראו בעיור את מטרתם העיקרית, אלא עודדו והעניקו כספי ממשלה להתיישבות החלוצית והכפרית, שסימנה את שיבת עם ציון לאדמתו. שיעור החקלאיים היהודיים מעולם לא עלה מעל לרבע מכלל האוכלוסייה במדינה ולמרות העדפת הממשלה העדיפו תושבים רבים להתגורר בערים ויישובים עירוניים (אפרת, 1991).

בטבלה 1, ניתן לראות כי הקמת המדינה בשנת 1948 היוותה שלב מכריע בגידול האוכלוסייה היהודית, אשר עמדה על 650,000 נפש באותה עת. עד סוף 1966 גדלה האוכלוסייה ב-1,700,000 נפש והגיעה ל-2,345,000 נפש, דהיינו גידול ב-260% בקירוב. באזורים גדולים מן העולם ניתן לראות כי המקור העיקרי לגידול האוכלוסייה הינו ריבוי טבעי, כלומר לידות מינוס פטירות ואילו באזורים קטנים יותר

כדוגמת מדינת ישראל, גידול האוכלוסייה נמדד בעיקר על ידי גורם ההגירה, אשר הביא לגידול של שני שלישים באוכלוסיית המדינה. גידול זה התבטא בכך שגורם הריבוי הטבעי עמד על 35%, לעומת גורם ההגירה שהגיע ל- 65% (רבי, 1968).

התקופה	האוכלוסייה בהתחלת התקופה	ריבוי טבעי	מאזן ההגירה	סך הכל הגידול (2)+(3)	האוכלוסייה בסוף התקופה (1)+(4)	אחוז הגידול השנתי	אחוז ההגירה מתוך סה"כ הגידול (3):(4)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
כל האוכלוסייה							
15.5.48—66	805.6	752.5	+ 1,095.9	*1,848.4	2,654.0	6.6	59.3
15.5.48—51	805.6	103.7	+ 668.5	772.2	1,577.8	20.4	86.6
1952—54	1,577.8	119.6	+ 20.4	140.0	1,717.8	2.9	14.6
1955—57	1,717.8	121.9	+ 136.3	258.2	1,976.0	4.7	52.8
1958—60	1,976.0	127.6	+ 46.8	174.4	2,150.4	2.8	26.8
1961—64	*2,154.5	178.2	+ 192.9	371.1	2,525.6	4.1	52.0
1965—66	2,525.6	100.8	+ 31.0	131.8	2,657.4	2.6	23.5
יהודים							
15.5.48—66	649.6	601.4	+ 1,093.9	1,695.3	2,344.9	7.1	64.5
15.5.48—51	649.6	88.4	+ 666.4	754.8	1,404.4	23.7	88.3
1952—54	1,404.4	101.4	+ 20.2	121.6	1,526.0	2.8	16.6
1955—57	1,526.0	100.7	+ 136.1	236.8	1,762.8	4.9	57.5
1958—60	1,762.8	101.5	+ 46.9	148.4	1,911.2	2.8	31.6
1961—64	1,911.2	134.2	+ 193.8	328.0	2,239.2	4.1	59.1
1965—66	2,239.2	74.5	+ 31.2	105.7	2,344.9	2.3	29.5

טבלה 1: מקורות הגידול של האוכלוסייה (באלפים) 1948 – 1966 (רבי, 1968).

במדינות שונות בעולם לא התקיים פיזור שווה של התושבים בכל אזורי המדינה. חלוקה אי שוויונית זו נובעת מגורמים שונים כגון אקלים, סוג קרקע, מקורות מים ודרכי תחבורה אשר מגבילות את האפשרויות הכלכליות של תושבים באזורי המדינה השונים. ניתן לראות כי בסוף שנת 1966 שליש מתושבי המדינה היהודים התגוררו במחוז תל-אביב. באותה עת 82% מן אוכלוסייה במדינת ישראל התגוררה בערים או יישובים עירוניים, וזאת לעומת 72% בשנת 1948 (רבי, 1968).

בטבלה 2, ניתן להבחין כי בראשית שנות ה-80 של המאה ה-20 כמות האוכלוסייה במדינת ישראל הגיעה לכ-4 מיליון נפש. על פי הפיזור למחוזות ניתן לראות כי האוכלוסייה במחוז תל-אביב היוותה חלק עיקרי בו התגוררו מעל למיליון נפש, שהם 25% מכלל האוכלוסייה ובנוסף במחוז מרכז התגוררו באותה עת עוד 21% מן התושבים. מדובר בירידה של כ-4% באוכלוסיית תל-אביב עקב הגירה החוצה אל מחוז המחוז המרכז שנהנה מעלייה של 18.4% בשנת 1972 (רבהון, 1989).

האוכלוסייה (באחוזים)				הגידול באחוזים	הגידול באלפים	האוכלוסייה (אלפים)		מחוז
מפקד 1983	מפקד 1972	מפקד 1961	מפקד 1948	1972-1983	1972-1983	1983	1972	
11.8	10.0	8.8	10.2	36.9	128	475	347	ירושלים*
16.3	15.0	15.5	16.8	39.1	185	658	473	הצפון
14.3	15.4	17.0	20.5	19.6	95	579	484	חיפה
20.7	18.4	18.7	14.3	44.1	256	836	580	המרכז
24.9	28.8	32.1	35.7	11.0	100	1,007	907	תל-אביב
12.0	11.3	7.9	2.5	37.3	132	486	354	הדרום
100.0	100.0	100.0	100.0	29.1	917	***4,065	**3,148	סה"כ

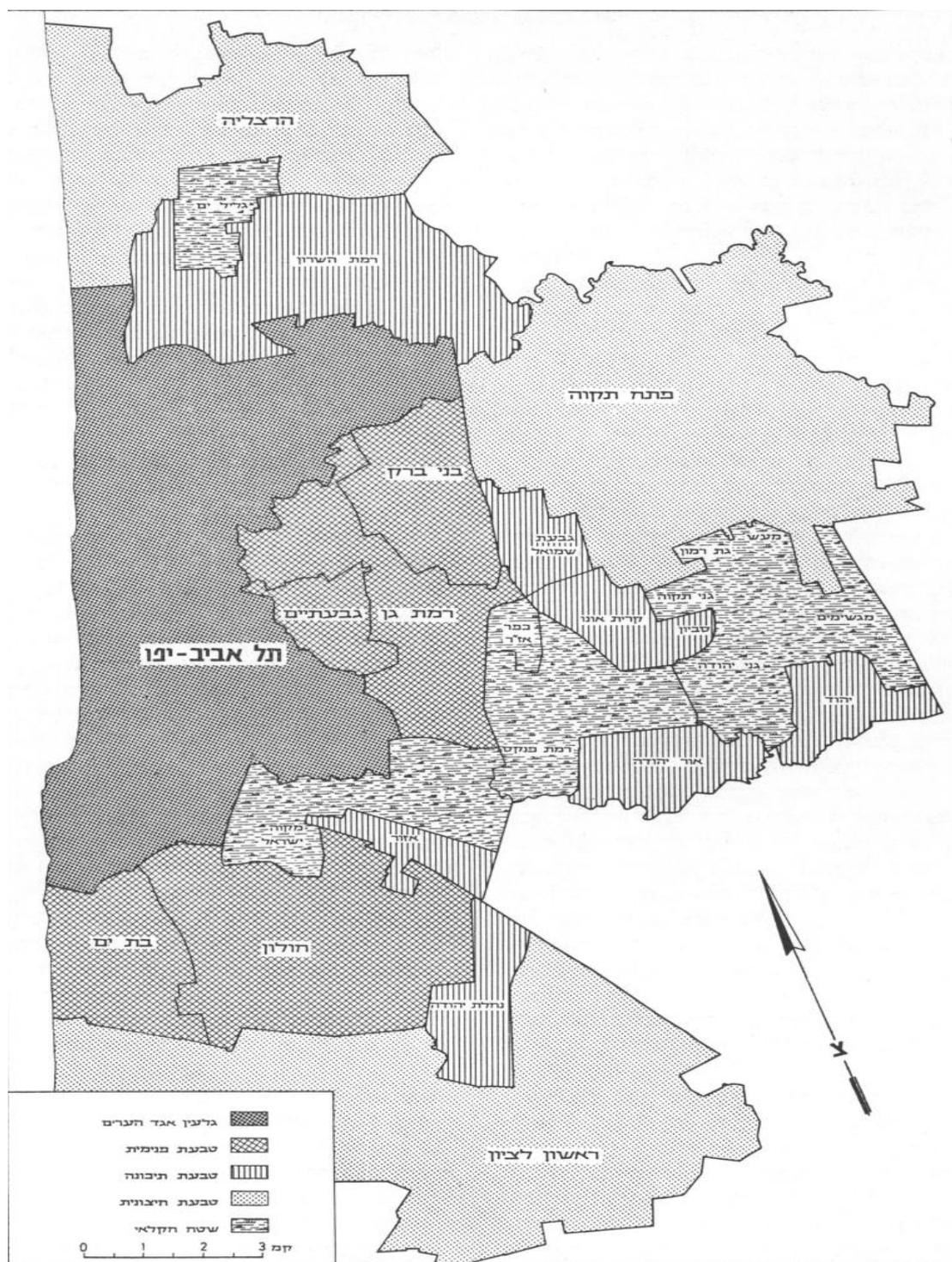
טבלה 2: האוכלוסייה לפי מחוזות, 1948 – 1983 (רבהון, 1989).

בשנת 1988 אחוז גבוה מאוד (89.4%) של אוכלוסיית מדינת ישראל התגוררו ב-38 ערים וב-135 יישובים עירוניים (אפרת, 1991). גידול האוכלוסייה וההתרחבות המהירה של שימושי הקרקע בערים, גרמו להידלדלות הקרקע לבנייה ומגורים, למפעלי תעשייה או לשטחים פתוחים. אלה הסיבות בגינן הופנתה תשומת הלב לקרקעות חקלאיות המצויות בערים הבינונית והקטנות בישראל, המתפרסות על בין 40%-50% ואף יותר משטח השיפוט בערים אלה (פוזנוסקי & זרחי, 1973).

נוצר מצב בו צפיפות האוכלוסין בישראל הן עקב אחוז ילודה גבוה והן עקב הגירה מאסיבית, מהגבוה במדינות המפותחות בעולם ומגיע ל-500 נפש עבור קמ"ר. רוב התושבים גרים בבתי דירות או בבתים פרטיים צמודי קרקע שהפכו למבוקשים מאז שנות ה-80 של המאה ה-20. פיתוח בנייה של טיפוס מבנה היה חזק, עד כדי כך שהחגורה הירוקה בין הערים לשוליהם נעלמה ומחירי הנדל"ן זינקו, גם לפי סטנדרטים בינלאומיים (Alterman, 1997).

1.2.1 הגידול האורבאני במרכז הארץ

העיר תל-אביב חוותה עיור מואץ זאת מכמה סיבות: הסיבה הראשונה כי הייתה לעיר העברית הראשונה במדינת ישראל, הסיבה השנייה הייתה הקרבה לנמל יפו שהיווה שער כניסה ימי והסיבה האחרונה הייתה סוג הקרקע שהתאים הן לבניית בתים והן לפעילות חקלאית. העיור של תל-אביב הביא להקמת יישובים נוספים מסביב לגלעין של תל-אביב (איור 9). תהליך זה יצר בסופו של דבר את המושג אגד הערים של תל-אביב. בשנות ה-20 של המאה ה-20 נבנתה טבעת עירונית ראשונה ממזרח לעיר תל-אביב ובה שלושה יישובים חקלאיים רמת גן, בני ברק ונחלת יצחק. בשנות ה-30 שילשה העלייה החמישית את כמות התושבים בתל-אביב ועיורם של היישובים רמת גן, בני ברק ונחלת יצחק, הביאה לנטישת עבודת החקלאות ופיתוח של ענפי עבודה אחרים כגון תעשייה, מלאכה ומסחר. הממשלה נתנה אישור לבנייה בקרקעות הפוריות שבין העיר תל-אביב ליישובים ממזרח לה, מה שהביא לאחר מספר שנים לבליעת השטח החקלאי על ידי בנייה עירונית צפופה (עמירן & שחר, 1971). מבחינת מספרים, בשנת 1948 אגד הערים של תל-אביב נמדד ב-308,000 נפש לעומת 1988 בה מנתה האוכלוסייה באגד זה 1,645,800 נפש (אפרת, 1991).



איור 9: מערך הטבעות והחלוקה המוניציפאלית של אגד הערים תל-אביב (עמירן & שחר, 1971).

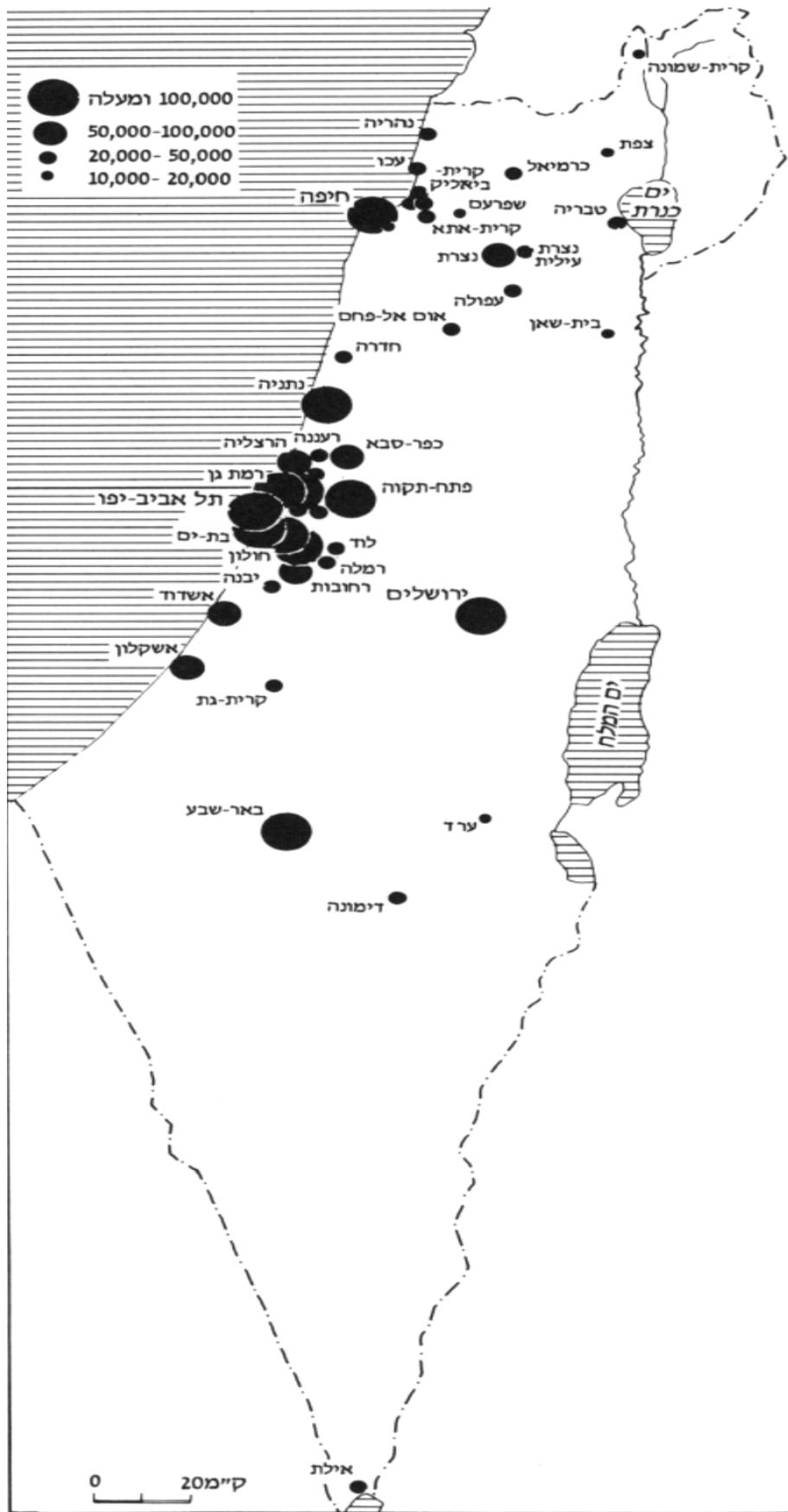
לאורך שנות ה-50 עד לשנות ה-70 ניתן לראות כי אגד הערים של תל-אביב זוכה לאהדה רבה בקרב ציבור התושבים עם התיישבות של כ-35% מכלל אוכלוסיית המדינה, ללא תנודות דרסטיות באחוז זה. מדובר בריכוז האוכלוסין הכי גדול בישראל, אשר מקיים חלק רב מן הפעילות התעשייתית, הכלכלית, הפוליטית והתרבותית של מדינת ישראל. ריכוז האוכלוסייה באזור מצומצם כדוגמת מישור החוף המרכזי מפתיע, מכיוון שהיה מנוגד למדיניות פיזור האוכלוסין בערים חדשות הרחק מאזור זה (עמירן & שחר, 1971).

בטבלה 3 ניתן להבחין כי התקופה של 1978-1983 מראה כי מחוז תל-אביב התאפיין בגידול האוכלוסייה הקטן ביותר, פחות מ-11%, מכל מחוזות המדינה. זאת בהשוואה לשנים 1961-1972, בהן התאפיין המחוז בתוספת אוכלוסייה בקנה מידה גדול עקב הגירה פנימית. מחוז המרכז התאפיין בשנים 1978-1983 בגידול אוכלוסייה של כ-70 אלף איש, עקב הגירה פנימית, כאשר 40% מן התושבים הנכנסים הגיעו ממחוז תל-אביב. ניתן לראות כי האוכלוסייה של טבעות האגד מתפתחות על חשבון הגלעין של העיר תל-אביב שמתרוקן מתושביו (רבהון, 1989).

המחוז	מקורות הגידול (באלפים)					מקורות הגידול (באחוזים)				
	מזה: עולים	מאזן הגירה פנימית	מאזן הגירה חיצונית	ריבוי טבעי	סך הגידול	מזה: עולים	מאזן הגירה פנימית	מאזן הגירה חיצונית	ריבוי טבעי	סך הגידול
ירושלים	36	22	-7	73	88	40.9	25.0	-8.0	83.0	100.0
הצפון	41	24	-15	63	72	56.9	33.3	-20.8	87.5	100.0
חיפה	40	28	-21	52	59	67.8	47.5	-35.6	88.1	100.0
המרכז	50	37	+ 69	129	235	21.3	15.8	+ 29.4	54.9	100.0
תל-אביב	48	-1	-27	124	96	50.5	-1.0	-28.1	129.1	100.0
הדרום	55	37	-15	90	112	49.1	33.0	-13.4	80.4	100.0
י"ש ועזה	1	1	+ 16	5	22	4.5	4.5	77.3	18.2	100.0
סה"כ	271	148	0	536	684	39.6	21.6	0	78.4	100.0

טבלה 3: מקורות גידול האוכלוסייה היהודית לפי מחוזות, 1972 – 1983 (רבהון, 1989).

בנוסף לאותם יישובים חקלאיים לשעבר, אשר הפכו לערים באגד הערים של תל-אביב, התקיימו במדינת ישראל מושבות באזור המרכז כדוגמת פתח-תקווה, כפר-סבא, רעננה, הרצליה, ראשון-לציון ורחובות. מושבות אלה נוסדו כיישובים חקלאיים עם מספר תושבים קטן יחסית לעיר. קיומם של מושבות אלה כיישובים חקלאיים התאפשר עקב גילוי מי תהום, שאפשר השקיית האדמות ופיתוח ענף הפרדסנות. כתוצאה מכך, המושבות החלו לשגשג ולמשוך פועלים שחיפשו פרנסה והתגוררו בשכונות שנבנו בטבעות מסביב למושבה. העלייה של שנות ה-50 של המאה ה-20 הביאה לבניית שיכונות עולים בשולי המושבות השונות, בפרדסים שנותרו מוזנחים מתקופת מלחמת העולם השנייה ניבנו מבני תעשייה ומלאכה. בשנות ה-60 וה-70 גידול האוכלוסייה היה מואץ וזאת עקב ההגירה של תושבים בחיפוש אחר דיור מוזל וקירבה לאגד הערים של תל-אביב, דבר ששינה את הצביון הכפרי של המושבות לעירוני (אפרת, 1991).



איור 10: הערים בישראל, 1988 (אפרת, 1991).

מרכז הארץ מצוי תחת לחצי פיתוח מהגבוהים בארץ וזאת מכיוון שרוב השטחים הפתוחים באזור זה הינם שטחים חקלאיים. שימור השטחים האלה היה נכון עד לתחילת שנות ה-90 של המאה ה-20 (פליישמן & פייטלסון, 2007).

החל מתחילת שנות ה-90 של המאה ה-20 אנו מבחינים כי העלייה מברית המועצות לשעבר יוצרת לחץ חזק של ריכוזיות באזור מרכז הארץ (איור 10). עקב כך נוצרת במטרופולין תל-אביב טבעת חיצונית חדשה הכוללת רשויות מקומיות שהתאפיינו בקצב צמיחה מואץ. אי לכך נרשם גידול אוכלוסין ברשויות מקומיות כגון כפר יונה, גדרה ויבנה ורשויות מקומיות שונות הופכות לערים כראש העין ואשדוד (רזין, 1996).

פיתוח מאסיבי זה המשיך להשפיע גם בשנות ה-2000 על ידי פיתוח שולי מטרופולין תל-אביב, לטובת עיסוקים שונים שאינם חקלאיים ביישובים הנחשבים כחקלאיים וכמו כן, התקיימה אורבניזציה של אזורי מגורים ותעשייה (Tal, 2008).

הפיתוח שנעשה על הקרקעות החקלאיות בשולי מטרופולין תל-אביב מתפרס על שטח נרחב של שטחים פתוחים ומעלה דאגות ודיונים רבים המתמקדים בכיוונים שונים, אך ההשפעה שלהם על שימור הקרקע החקלאית נותרה עדיין ללא פתרון (Frenkel, 2004).

אפרת טוען כי קיימות מספר סיבות לביקוש קרקע במרכז הארץ. העיקרית מביניהם הינה תהליך לא יעיל של פיזור אוכלוסייה. קיים לחץ מתמיד של תושבי הארץ להתגורר באזור מרכז הארץ, ואלו מתווסף רצון העולים החדשים ליהנות מהעושר שיש למרכז הארץ להציע מבחינת פרנסה, השקעות הון ופיתוח מפעלי תעשייה מגוונים. הסיבה המשנית בגודלה היא הרצון של האוכלוסייה הותיקה בארץ להתגורר בפרוורים במרחב הבין-עירוני ובמגורים צמודי קרקע (אפרת, 1998).

המצב שנוצר נובע מכך שהממשלות אינן משלימות יותר עם הגישה ההיסטורית של שימור קרקעות הלאום לצורכי התיישבות ותעסוקה חקלאית גרידא, אלא מאפשרות שינויים ביעודי קרקע זאת לטובת בנייה ופיתוח עירוני (אפרת, 1998).

1.3 חקלאות במרכז הארץ: מיקום, גודל, סוגי גידול ומעמד השטחים

השטחים החקלאיים בישראל מחולקים לסוגים רבים. העיקרי ביניהם היא קרקע בשימוש בפועל אשר משמשת את החקלאות לשימושיה השונים. ניתן לסווגה לשתי קבוצות עיקריות, קבוצה ראשונה הינה קרקע בשימוש חקלאי, אשר תואמת את מדיניות התכנון ואין צפי לשינוי במעמדה. הקבוצה השנייה הינה קרקע בשימוש חקלאי, אשר מעמדה יכול להשתנות על ידי תכניות מאושרות קיימות. ניתן למצוא סוג נוסף של שטח חקלאי בשם קרקע חקלאית מוכרזת. מדובר בשימוש בקרקעות אשר המדינה הכריזה עליהן כקרקע למטרות חקלאיות בשנת 1965. באותה תקופה לא הייתה תכנית מתאר ארצית אשר סיווגה את קרקעות הלאום, וכך היוותה ההכרזה מכשיר עיקרי לשמירה על קרקע למטרות חקלאיות. בנוסף, הוקם תחת משרד האוצר גוף הנקרא ולק"ח (ועדה לשמירה על קרקע חקלאית) ותפקידו היה לפעול בצורה מבוקרת על מנת לשחרר חלקים מן הקרקע החקלאית לטובת פיתוח המדינה (עוזרמן, 1983).

בשנת 1996 נעשה תיקון מספר 43 בחוק התכנון והבנייה וזאת בכדי לכלול בחוק את השטחים הפתוחים שאינם חקלאיים, ובכך שמו של הגוף שונה לולקחש"פ, הועדה לשמירה על קרקע חקלאית ושטחים פתוחים (פליישמן, 2012).

הבעיה העיקרית הינה כי רוב הקרקע הפורייה במדינת ישראל נמצאת במחוז מרכז הארץ, בה שטחים חקלאיים רבים מופשרים בכל שנה לצרכי פיתוח המדינה על ידי בנייה מאסיבית ובכך יוצאת קרקע זו משימוש חקלאי לצמיתות (עוזרמן, 1983).

בטבלה 4, ניתן לראות נתונים מתחילת שנות ה-80 של המאה ה-20. מתוך הנתונים ניתן להבחין כי במחוז מרכז, אחוז התכניות שאושרו על ידי ועדת ולק"ח עמד על 4025 דונם, מתוכם 44% עבור בניית מגורים וכל השאר מתחלק לבנייה מסוגים אחרים (עוזרמן, 1983).

שנת 1982	שנת 1981	שנת 1980	שנת 1979	שימושי קרקע
693.2	178.5	63.5	919.7	מגורים
250	300	26.5	773.4	תעשייה ומלאכה
241.4	148.3	163.2	267.3	בנייני ציבור
1184.6	626.8	253.2	1960.4	סה"כ בדונם

טבלה 4: מחוז המרכז: כמות קרקע שיעודה שונה מחקלאות לבניה בסקטור העירוני (בדונם) (עוזרמן, 1983).

נכון לשנת 2015, סוגי הגידולים בשטחי החקלאות מחולקים ל-4 סוגים עיקריים. להלן סוגי הגידולים ומשקלם באזור מרכז הארץ:

- א. בתי גידול: 23% מכלל בתי הגידול נמצאים במחוז מרכז הארץ.
- ב. שטח פתוח: אין מספר מדויק למחוז מרכז הארץ, אך 40% מכלל השטחים הפתוחים מצויים במחוזות המרכז, השפלה וההר.
- ג. מטעים: אין מספר מדויק למחוז מרכז הארץ. 30% מן המטעים נמצאים במחוז צפון ו-70% מן המטעים מחולקים באופן כמעט שווה בין שאר המחוזות.
- ד. הדרים: כ-60% מכלל גידולי ההדרים נמצאים במחוז מרכז הארץ.

תפרוסת ענפי החקלאות על-פי המחוזות השונים מוצגת בטבלה 5. ניתן להבחין כי מחוז מרכז מייצר בעיקר גידולי שדה וירקות, עצי פרי גפנים ומעט זיתים ומהווה 38.8% משטח המחוז ואילו מחוז תל-אביב מייצר בעיקר גידולי שדה וירקות, עצי פרי ומעט גפנים ומהווה 12.1% משטח המחוז (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015).

מחוז	שטח המחוז (דונם)	גידולי שדה וירקות	עצי פרי כללי	דקלים	בנות	זיתים	גפנים	סה"כ שטח חקלאי מעובד	אחוז השטח החקלאי במחוז*
מחוז ירושלים	652,946	68,781	35,831	0	0	0	6,346	110,958	17.0
מחוז צפון	4,638,372	971,363	412,530	5,547	9,355	43,351	56,935	1,498,285	32.3
מחוז מרכז	1,294,400	324,915	163,600	0	0	317	13,701	502,533	38.8
מחוז דרום	14,443,771	1,622,554	174,896	775	0	0	21,279	1,819,505	12.6
מחוז תל אביב	173,378	16,033	4,938	0	0	0	16	20,987	12.1
מחוז חיפה	878,237	130,495	87,018	0	6,114	1,236	10,043	234,906	26.7
סה"כ ישראל	22,081,105	3,137,984	878,812	6,322	15,468	44,904	108,321	4,187,175	19.0
סה"כ באחוזים	74.8	21.0	0.2	0.4	1.1	2.6	100		

טבלה 5: קרקע מעובדת לפי ענף חקלאי ומחוז (דונם), 2012 (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015).

החקלאות הישראלית מאופיינת ברמה טכנולוגית גבוהה ועושה שימוש במבנים חקלאיים, כדוגמת חממות, לגידול או לאחסון כלים חקלאיים וכדומה. הטבלה הבאה מציגה את אופני הייצור העיקריים בישראל – חקלאות שטח פתוח לעומת חממות. ניתן להבחין כי השיעור היחסי של החקלאות המקורה במחוזות מרכז ותל-אביב ביחד (5%) גדולה משאר המחוזות השונים (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015).

מחוז	שטח המחוז	סה"כ חקלאות שטח פתוח	חממות	% החקלאות המקורה מסה"כ שטח חקלאי
מחוז ירושלים	652,946	110,958	722	0.7%
מחוז צפון	4,638,372	1,498,285	13,736	0.9%
מחוז מרכז	1,294,400	502,533	22,478	4.5%
מחוז דרום	14,443,771	1,819,505	47,614	2.6%
מחוז תל אביב	173,378	20,987	112	0.5%
מחוז חיפה	878,237	234,906	8,220	3.5%
סה"כ ארצי	22,081,105	4,187,175	92,882	2.2%

טבלה 6: שטחי חקלאות, שטח פתוח לעומת חממות (דונם), 2012 (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015).

מדינת ישראל בדומה למרבית המדינות המפותחות, אינה עצמאית מבחינה תזונתית, והיא נשענת על ייבוא מזון בהיקפים גדולים. כ-98% מתצרוכת הדגנים מיובאים ממדינות אחרות. המוצרים החקלאיים בהם היבוא הוא משמעותי: קטניות, דגים וקפה אחראים למחצית מצריכת הקלוריות היומית לנפש. מוצרי החקלאות לגביהם יש למדינת ישראל עצמאות תזונתית באופן יחסי הם שמנים ושומנים, פירות, ירקות, מקשה ותפוחי אדמה. האוכלוסייה במדינת ישראל גדלה בקצב של כ-1.9% בשנה - קצב הנחשב גבוה בהשוואה למדינות עולם אחרות. נכון לעכשיו, ההתייעלות בחקלאות ישראל מספיקה כדי לאפשר ייצור מזון עבור האוכלוסייה הגדלה במדינה, זאת בנוסף לייבוא. עם זאת, להערכת מומחי מכון וולקני, ההתייעלות בחקלאות ישראל קרובה למיצוי בהינתן המשאבים הקיימים (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015).

2. חקלאות בישראל

2.1 ההבדל בין שטח פתוח ושטח חקלאי בישראל

2.1.1 שטח פתוח

'שטח פתוח' כמושג נופי-תכנוני הופיע לראשונה ככל-הנראה בשנת 1833 בקביעת היועידה להליכה ציבורית בלונדון. הסיבה העיקרית לצורך בהגדרת המושג היתה העלייה המשמעותית באוכלוסיית הערים הגדולות החל מתחילת המאה ה-19 והצורך הגובר במקומות מגורים, שהובילו לצמצום מרחבי הליכה לכלל הציבור וצמצום של שטחים פתוחים. אבחנה משמעותית זו הובילה לחקיקת 'חוק השטחים הפתוחים' ב-1906 שהגדיר שטח פתוח כ'כל שטח, מוגדר או לא, שאין בו מבנים, או שהיקף הבניה בו לא עולה על 5%, ושאר השטח מורכב מגנים או מיועד למטרות נופש ומנוחה או לא נמצא בשימוש. באותו הזמן, פרויקטים לתכנון מטרופולין לונדון שהתבססו על הגדרות אלה השתמשו בשטחים פתוחים בעיקר לטובת גנים ופארקים ציבוריים, כתלות בקרבתם למרכז העיר (Turner, 1994).

בישראל, מוגדר כיום שטח פתוח כשטח המיועד בתכנית המחוזית לתכליות שימור ערכי טבע (לדוגמא - שמורות, נחל וסביבותיו, יערות), פנאי ונופש (לדוגמא - פארקים וגנים לאומיים, חופי רחצה, נופש מטרופוליני), שטח חקלאי, וכן ייעודים מוגבלים לפיתוח (כגון סלילת דרכים ומסילות, קווי תשתית, כרייה וחציבה). זאת, בניגוד לשטח המיועד לפיתוח, שהוא כל שטח שאינו שטח פתוח בתכנית מתאר מחוזית. (תמ"א 35, הוראות התכנית, 2016)

2.1.2 קרקע חקלאית בישראל

על אף הגדרת השימוש החקלאי בקרקע כיום כאחד ממספר של שימושים לשטח פתוח, בשנים הראשונות לקום המדינה הושם דגש דווקא על ייעוד קרקעות לחקלאות והגנה על שטחים חקלאיים לטובת שימורם. המחסור החמור במים בישראל, והעובדה שרוב השטח של מדינת ישראל מורכב בעיקר משטחי מדבריות ומרעה, וברובו המוחלט אינו ראוי לגידולים חקלאיים (עוזרמן, 1983), בשילוב תפיסה אידיאולוגית של חקלאות ישראלית-ציונית הובילו בעשורים הראשונים לקום המדינה למספר צעדים ממשלתיים שעיקר מטרתם שמירה על קרקעות לטובת חקלאות. כך לדוגמא, בשנת 1953 הוקמה 'הועדה לשמירה על קרקע חקלאית' - ועדת משנה של המועצה לתכנון המייעצת לוועדות המחוזיות, מתוך תעודף העברת תהליכי פיתוח לשטחים שאינם ראויים לחקלאות. בהמשך, במטרה לאחד את ניהול הקרקעות הציבוריות תחת גוף אחד, הוקם בשנת 1960 'מנהל מקרקעי ישראל', והוכפף לשר החקלאות, עובדה המרמזת על עדיפות לניצול הקרקעות לחקלאות. (שלאין & פייטלסון, 1995)

השמירה על הקרקע החקלאית קיבלה תוקף משפטי ביחוק התכנון והבניה - התשכ"ה 1965. בניסוחו הודגשה השמירה על הקרקע החקלאית, וכהמשך לו הוקמה 'הועדה לשמירה על קרקע חקלאית' (הולק"ח), ועדה סטטוטורית שבסמכותה הכרזה על קרקעות פנויות כקרקע חקלאית, ושינוי או ביטול תכניות בהתאם. בשנת 1968 הכריזה הולק"ח לראשונה על כל קרקע שאינה בנויה בפועל כקרקע חקלאית, במטרה להעדיף שיקול דעת של הועדה לגבי שחרור קרקעות לטובת בניה. (שלאין & פייטלסון, 1995)

בהמשך לכך, ביחוק ההתיישבות החקלאית תשכ"ז 1967 (סייגים לשימוש בקרקע חקלאית ומים), הוגדרה קרקע חקלאית לראשונה לפי שימושה השונים, כקרקע שנועדה ל'יצור תוצרת חקלאית, לגידול פרחים, למשתלה, לגידול בעלי-חיים או להחזקתם או למרעה להם, או להחזקת ציוד חקלאי או מלאי חקלאי' (חוק ההתיישבות החקלאית התשכ"ז 1967).

עד גל העלייה מברית המועצות, אישרה הולק"ח את רובן המוחלט של הבקשות שהוגשו לה להפשרת קרקע חקלאית. היות והועדה נתפסה כאחד מגופי התכנון העוצמתיים בישראל בתקופה שקדמה לגל

העלייה, ייתכן כי רק הבקשות שהיה להן הסיכוי הטוב ביותר להיענות בחיוב הוגשו לוועדה, והן אכן אושרו. (אלתרמן ורוזנשטיין, 1992).

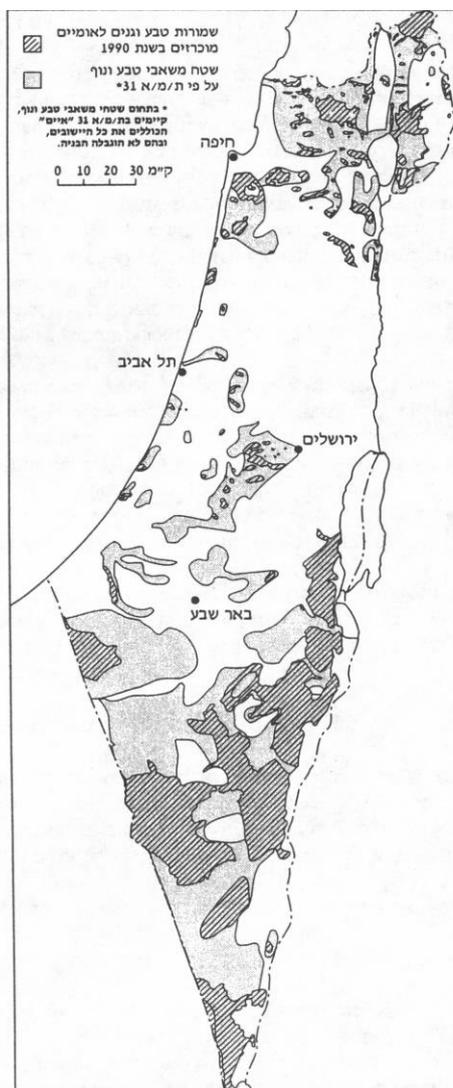
היות ורוב הבקשות להפשרת קרקע אכן אושרו, שונה יעדם של שטחים נרחבים של קרקע פוריה באזור המרכז לטובת בניה, מהלך שמנע כל אפשרות לשימוש חקלאי עתידי בקרקע. במטרה להתמודד עם הפערים בקרקע לחקלאות, קק"ל ביצעה כבר בשנות השמונים פעולות להכשרת קרקעות שאינן ראויות לעיבוד לשימוש חקלאי (עוזרמן, 1983).

בתחילת שנות ה-90, עם גל העלייה מברית המועצות, עלה צורך דחוף בהקמת אלפי יחידות דיור חדשות. החלטות הממשלה בנוגע להיערכות לבנייה מאסיבית, כללו בתוכן הפשרות קרקע חקלאית בהיקף 90,000 דונם, בדגש על ניצול קרקעות פנויות בתחומי המתאר העירוני ומחזור קרקעות עירוניות, או קרקעות המאפשרות רצפים עירוניים, כולל צמיחה זוחלת לפרברים. (ויתקון, 1991)

לאור חשש ממשי מפגיעה ישירה ועקיפה בשטחים פתוחים, החלו גופי התכנון בניסיונות להרחיב את היקף השטחים הפתוחים, ובתוך כך אפיון שטחים חקלאיים כשטחים פתוחים, וכן פעלו להגדרת אופן השימוש הראוי בהם, לטובת שימורם. כך, בשנת 1993 אושרה על-ידי הממשלה תכנית מתאר ארצית 31 (תמ"א 31), שהוכנה והושקה במטרה לייצר תכנית אסטרטגית רב-שנתית לגידול באוכלוסייה, בדגש על העלייה מברית המועצות. בתכנית הופיע לראשונה המושג 'שטח כפרי פתוח' / 'שטח פתוח', שאינו מיועד לפיתוח כחלק מהתכנית, בהתייחס לקרקעות חקלאיות. 'שטח פתוח' הוגדר כשטח המיועד בתכנית לשימוש חקלאי, נוף כפרי, ישובים כפריים, מתקני תיירות ונופש, מתקנים ומוסדות הקשורים להתיישבות הכפרית, מתקנים אחרים המשתלבים בשטח הכפרי פתוח וכן שטח המיועד לשימור הנוף הפתוח. כפי שניתן לראות באיור 11, התכנית הרחיבה את השטחים המוגדרים כשטחים פתוחים לעומת המצב שקדם לה (שטח מקווקו - שמורות טבע וגנים לאומיים מוכרזים בשנת 1990; שטח אפור בהיר - שטח שהוגדר בתמ"א 31 כשטח משאבי טבע ונוף) זאת מתוך תפיסה כי לקרקע החקלאית תועלות נוספות מעבר למתן תוצרת חקלאית, ובמטרה לחזק את ההגבלות על הקרקעות החקלאיות ולמנוע הפיכתן לשטח שרובו בנוי. (פייטלסון 1995)

תמ"א 31 נקבעה לתוקף של חמש שנים, עם זאת היא נשארה בתוקף למשך כ-12 שנה, עד לאישור תכנית מתאר 35. התכנית הגדירה לראשונה את משולש הערים ירושלים-נתניה-אשדוד כמרכז המטרופוליני של ישראל, ותיחמה גבולות לשטחים המיועדים לבנייה, תוך הפניית ההחלטה בנוגע לדפוס התכנון בכל מרחב לרשויות התכנון המקומיות. תפיסה זו זכתה לתמיכת ארגוני הסביבה, בשל חששם מהמשך מדיניות פיזור האוכלוסייה והקמת יישובים חדשים, באופן שעלול לסכן את מרחבי השטחים הפתוחים בישראל. (צפדיה, 2014)

באופן מעשי, הקצאת מרחבים מיועדים לבנייה סייעה למנהלת מקרקעי ישראל לתמרץ חקלאים במטרה לשנות את ייעוד הקרקע שלהם לטובת בנייה או מסחר. בעקבות החלטות אלה החלו לקום שכונות מגורים בפרברי היישובים הכפריים היהודיים (בעיקר), על שטחים חקלאיים, תהליך שהוביל לשינוי משמעותי בנוף הקהילתי (עירוני-כפרי) בישראל. (צפדיה, 2014)



איור 11: הרחבת השטחים הפתוחים המוגנים בתמ"א 31 (פייטלסון, 1995)

תמ"א 31 נקבעה לתוקף של חמש שנים, עם זאת היא נשארה בתוקף למשך כ-12 שנה, עד לאישור תכנית מתאר 35. התכנית הגדירה לראשונה את משולש הערים ירושלים-נתניה-אשדוד כמרכז המטרופוליני של ישראל, ותיחמה גבולות לשטחים המיועדים לבנייה, תוך הפניית ההחלטה בנוגע לדפוס התכנון בכל מרחב לרשויות התכנון המקומיות. תפיסה זו זכתה לתמיכת ארגוני הסביבה, בשל חששם מהמשך מדיניות פיזור האוכלוסייה והקמת יישובים חדשים, באופן שעלול לסכן את מרחבי השטחים הפתוחים בישראל. באופן מעשי, הקצאת מרחבים מיועדים לבנייה סייעה למנהלת מקרקעי ישראל לתמרץ חקלאים במטרה לשנות את ייעוד הקרקע שלהם לטובת בנייה או מסחר. בעקבות החלטות אלה החלו לקום שכונות מגורים בפרברי היישובים הכפריים היהודיים (בעיקר), על שטחים חקלאיים, תהליך שהוביל לשינוי משמעותי בנוף הקהילתי (עירוני-כפרי) בישראל. (צפדיה, 2014)

בהמשך לכך, השמירה על השטחים הפתוחים כמכלול באה לידי ביטוי בתכנית מתאר 35 - "תכנית המתאר הארצית המשולבת לבניה, לפיתוח ולשימור מספר 35", שאושרה בסוף שנת 2005 והחליפה את

תמ"א 31, ובה הוגדר שימוש חקלאי בקרקע כחלק משימושים אפשריים של שטח פתוח, (כפי שהוזכר בסעיף 2.1.1), לצד חלוקת הקרקעות השונות לקרקעות מועדפות לשימור לעומת קרקעות מועדפות לפיתוח. בתכנית ניתנת עדיפות לפיתוח הגליל והנגב, לצד עדיפות לשמירת עתודות קרקע לטובת שמירה על ערכי טבע, חקלאות ומורשת. (תמ"א 35, הוראות התכנית, 2016).

2.2 שירותי המערכת של שטחים חקלאיים

שירותי המערכת מוגדרים ככלל התנאים והתהליכים המתרחשים במערכות טבעיות ובמינים המרכיבים אותן המקיימים ותומכים במין האנושי. התייחסות לשירותי המערכת במונחי אובדן שלהם, מוכרת לראשונה מתקופת אפלטון, אם כי סביר שהסתכלות שכזו היתה נפוצה בזמן קדום הרבה יותר (Daily, 1997).

נהוג לחלק את שירותי המערכת לארבע קטגוריות עיקריות, הכוללות **שירותי אספקה** (כגון מזון, מים, מינרלים, סיבים); **שירותי ויסות** (כגון ויסות אקלים, מניעת שיטפונות, פירוק פסולת, הדברה ביולוגית); **שירותי תרבות** (כגון פנאי ובילוי, השראה, יתרונות רוחניים) ו**שירותי תמיכה** הדרושים לקיום כלל המערכות (כגון יצירת קרקע, פוטוסינתזה, יצירת מחזורים אקולוגיים, שימור מגוון המינים). פגיעה בזרימת כל אחד משירותים אלה משפיעה על מדד רווחת האנושות במידה שונה, בהתאם לנחיצותם. לצד קביעה זו, כיום מקובלת בקרב קובעי מדיניות ההנחה כי ניתן לגשר על אבדן של שירותים מסוימים באמצעות סיוע סוציו-אקונומי נקודתי, כפי שמתואר בשגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. (Duraiappah et al., 2005)

יש לציין, כי אספקת השירותים של כלל המערכות האקולוגיות מושפעת משינויי אקלים עולמיים, בדגש על שירותים שאין להם שוק. באיור 12, ניתן לראות לדוגמה פגיעה באספקת שירותי הויסות (ירידה ביכולות המערכות האקולוגיות לספק אוויר ומים נקיים, לכידת פחמן וכדומה) ושירותי התרבות (צמצום בשטחים הפתוחים והיכחדות מינים). יכולת אספקת שירותי אספקה נפגעת אף היא, בדגש על

תוצרת שאינה מיודעת באופן ישיר למזון. לצד זאת, לאור העלייה בצורך לאספקת מזון, פיתוחים טכנולוגיים וחקלאות אינטנסיבית מגבירים את יכולת אספקת המזון. (Duraiappah et al., 2005)

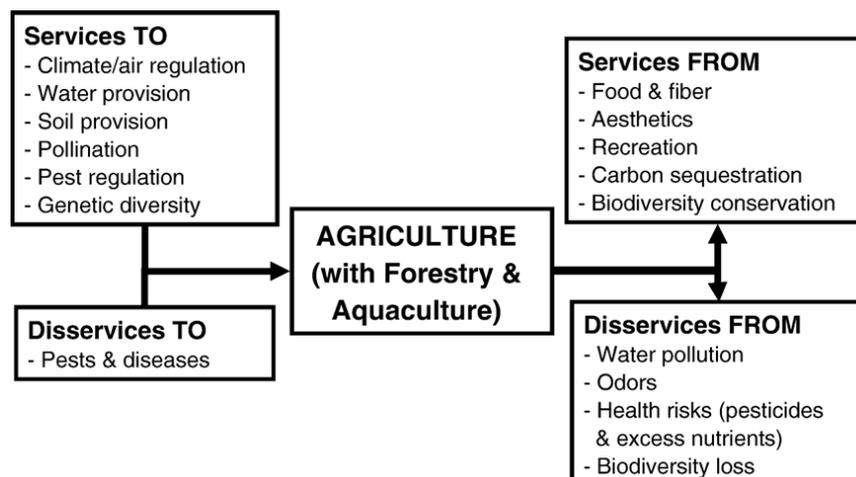
מערכות חקלאיות משמשות גם כצרכניות של שירותי מערכת וגם כספקיות של מגוון שירותים לתועלת האדם והסביבה (איור 13). כצרכנית, מערכת חקלאית זקוקה למגוון שירותים המסופקים על-ידי מערכת טבעית שאינה מנוהלת, הכוללים אספקת שירותי תמיכה - כגון מגוון גנטי, יצירת קרקע פוריה ואספקת נוטריינטים, וכן אספקת שירותי ויסות, כגון אספקת מים מתוזמנת לתוצרת המבוקשת. לצד זאת, כספקיות, מערכות חקלאיות נחשבו בעבר בעיקר בשל היותן המקור העיקרי לאספקת מזון לאדם ולחיות המשק. (Power, 2010)

(Power, 2010) לאספקת מזון לאדם ולחיות המשק.

Service	Sub-category	Status	Notes
Provisioning Services			
Food	crops	▲	substantial production increase
	livestock	▲	substantial production increase
	capture fisheries	▼	declining production due to overharvest
	aquaculture	▲	substantial production increase
	wild foods	▼	declining production
Fiber	timber	+/-	forest loss in some regions, growth in others
	cotton, hemp, silk	+/-	declining production of some fibers, growth in others
	wood fuel	▼	declining production
Genetic resources		▼	lost through extinction and crop genetic resource loss
Biochemicals, natural medicines, pharmaceuticals		▼	lost through extinction, overharvest
Fresh water		▼	unsustainable use for drinking, industry, and irrigation; amount of hydro energy unchanged, but dams increase ability to use that energy
Regulating Services			
Air quality regulation		▼	decline in ability of atmosphere to cleanse itself
Climate regulation	global	▲	net source of carbon sequestration since mid-century
	regional and local	▼	preponderance of negative impacts
Water regulation		+/-	varies depending on ecosystem change and location
Erosion regulation		▼	increased soil degradation
Water purification and waste treatment		▼	declining water quality
Disease regulation		+/-	varies depending on ecosystem change
Pest regulation		▼	natural control degraded through pesticide use
Pollination		▼*	apparent global decline in abundance of pollinators
Natural hazard regulation		▼	loss of natural buffers (wetlands, mangroves)
Cultural Services			
Spiritual and religious values		▼	rapid decline in sacred groves and species
Aesthetic values		▼	decline in quantity and quality of natural lands
Recreation and ecotourism		+/-	more areas accessible but many degraded

איור 12: תמונת מצב עולמית של שירותי אספקה, ויסות ותרבות המוערכים במסגרת דו"ח האו"ם בנושא 'המערכות האקולוגיות ורווחת האדם' (Duraiappah et al., 2005)

באופן זה, מערכות חקלאיות המספקות שירותי אספקה חיוניים לאדם, עלולות לפגוע במערכת האקולוגית הטבעית, באופן שעלול להגביל את המשך וכמות השירותים שמערכות אלו מספקות,



איור 13: שירותי המערכת האקולוגית מהמערכת החקלאית ואליה (Zhang, Ricketts, Kremen, Carney, & Swinton, 2007)

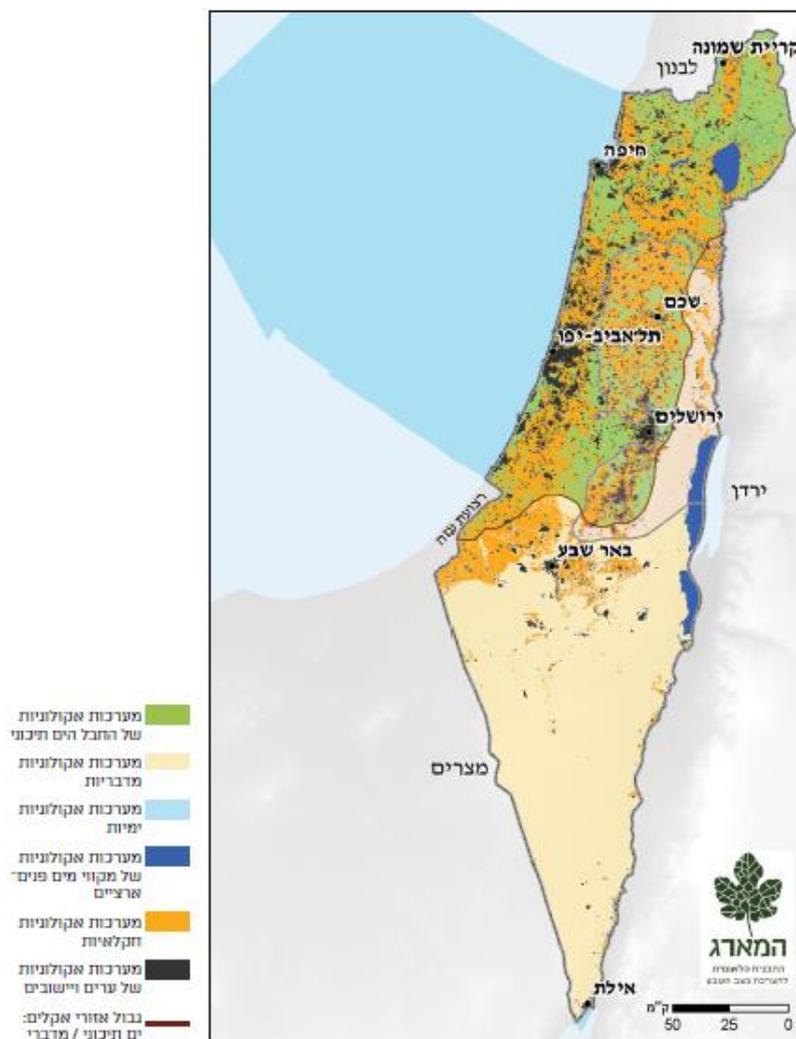
וכן את תועלת האדם מהן. לדוגמה, פעולות להכשרת קרקעות לטובת חקלאות ועיבוד חקלאי עלולות לפגוע במגוון המינים במרחב. הדברה של הקרקע עשויה אף היא לפגוע במגוון המינים וכן באיכות מי התהום או מקורות מים עיליים הזורמים במרחב. (Power, 2010)

שירות המערכת העיקרי שמספקות מערכות חקלאיות הוא אספקת מזון וסיבים - גידולים חקלאיים הכוללים בעיקר פירות, ירקות, קטניות ודגנים ומוצריהם. בנוסף, מספקת המערכת החקלאית שירותי תמיכה, כגון שמירה על פוריות הקרקע (תחת ניהול חקלאי נכון), המתחייבת לטובת תוצרת חקלאית סדירה. לדוגמה, גידולים חקלאיים מספקים חומרים אנאורגאניים לאורגניזמים הפועלים מתחת לפני הקרקע (חיידקים, חסרי חוליות וכו'), באופן המאפשר זרימת אנרגיה תקינה וייצור של נוטריינטים שיאפשרו המשך פעילות חקלאית וייצור מזון. בנוסף, מספקות המערכות החקלאיות שירותי תרבות, כגון תיירות ונופש. (Swinton, Lupi, Robertson, & Hamilton, 2007).

שירותי המערכת החקלאית בישראל מוערכים במסגרת פרויקט המארג - 'מערכות אקולוגיות ורווחת האדם'. במסגרת הפרויקט הוגדרו שש מערכות אקולוגיות (איור 7) ושירותי המערכת שהן מספקות. 72% מכלל המערכת החקלאית בישראל נמצאת באזור האקלים היס-תיכוני, ומיעוטה (28%) נמצא באזור האקלים המדברי. עיקרי הגידולים כוללים גידולי שדה (גידולים חד-שנתיים בשדה פתוח בחקלאות בעל); מטעים (גידולים מעוצים רב שנתיים, רובם בהשקייה); וגידולים מכוסים (חממות ובתי רשת) (מערכות אקולוגיות ורווחת האדם, 2017).

נוסף על התועלת מצריכת שירותי המערכת של המערכות האקולוגיות המקומיות, צורכים תושבי ישראל גם שירותים שמספקות מערכות אקולוגיות מחוץ לגבולות הארץ. כ-80% משירותי האספקה של ישראל מתבססים על תוצרת חוץ, בתוך כך 82% מהביקוש למים לטובת מזון, סיבים ומוצרי עץ מקורו ביבוא; כ-95% מהדגנים ומזונות 'בסיס' נוספים, 60% מתוכם מיועדים להזנת בעלי חיים המגודלים לטובת מזון ולבוש; לפחות 70% מצריכת הבקר בישראל מקורה ביבוא מדרום אמריקה ואירופה;

כמעט כל אספקת העץ ומוצריו מתבססת על יבוא מאירופה ומצפון אמריקה. בנוסף, 'מיובאים' שירותי וויסות של מערכות אקולוגיות חיצוניות (לדוגמה, ויסות אקלים על-ידי יערות בצפון אמריקה ובדרומה). (מערכות אקולוגיות ורווחת האדם, 2017)



איור 14: חלוקת ישראל לשש קבוצות של מערכות אקולוגיות (לוטן et al., 2017)

2.3 שירותי המערכת החקלאית בישראל

שירותי אספקה - שירות המערכת המשמעותי ביותר של חקלאות הוא אספקת מזון - גידולים חקלאיים, לאדם ולמקנה. תוצרת החקלאות הישראלית מספקת למעלה מ-70% מהביקוש לפירות וירקות במדינה, וכ-45% מהביקוש לקטניות, וכשליש ממנה מיועד למזון לחיות המשק. מאז קום המדינה, גדל שטח האדמות פי ארבעה, בעוד התפוקה החקלאית גדלה פי 11, תוך שימוש אינטנסיבי בטכנולוגיות לטובת תהליכים המאפשרים הגדלת תוצרת והבשלתה באופן תכוף יותר. בנוסף, מספקות

המערכות החקלאיות מזון לדבורי הדבש (צוף ואבקה) וכן ביומסה של צמחים לטובת חיפוי קרקע, מזון (et al. , 2017 לחיות משק, הסקה וייצור פחמים וקומפוסט. (לוטן

שירותי ויסות - הגידולים החקלאיים ושורשיהם, וכן הצמחים הגדלים בין הגידולים, מקטינים את סחיפת הקרקע בשטחיהם, תוך לכידה של טיפות הגשם בקרקע ומניעת התפוררותה וסחיפתה במים או ברוח. הגידולים החקלאיים אף שומרים על איכות המים ואספקתם. כמו כן, הגידולים משמשים לויסות יצורים המזיקים לחקלאות, על-ידי קיום יצורים אחרים שהם אויבים טבעיים למזיקים. (לוטן et al. , 2004, 2017 ; צבן, פלר, אמדור, אבנימלך, & אילון, 2004, et al. , 2017 ;

שירותי תרבות - המערכת החקלאית מספקת אפשרות לטיול, סביבה לימודית ומחקרית, וכן כמקור הכנסה מתיירות. כך, מערכת חקלאית עשויה לספק הכנסה נוספת לחקלאי מעבר להכנסה ממכירת התוצרת עצמה (לדוגמא, אפשרויות קטיף, מחקר וכדומה). לשירותים אלו יש להוסיף את המשמעות הערכית-רוחנית והנאה משירותי נוף, תוך שימור האתוס של המפעל הציוני- חקלאי בארץ. (קפלן, ליסובסקי ואמדור, 2002 ; קפלן, 2017 ; לוטן et al. , 2017 ; צבן ואחרים, 2004)

לצד תועלות אלו, יש לציין פגיעה סביבתית אפשרית של עיבוד חקלאי, בדגש על חקלאות אינטנסיבית. בתוך כך, עלייה בשירותי האספקה גוררת פגיעה במימדי שירותי הויסות, היות והסבת קרקעות לחקלאות פוגעת במרקם הקרקע ובמגוון המינים החיים בה. בנוסף, הסרת תכסית צומח טבעי וטיפול בקרקע פוגעים בוויסות האקלים העולמי - כ-1% מכלל פליטות הפחמן של ישראל בשנה מקורן בחקלאות. פגיעה זו ניתן למתן באמצעות יישום שיטות מקיימות בחקלאות, וצמצום החקלאות האינטנסיבית והשימוש בחומרי הדברה כימיים. (לוטן et al. , 2017 ; צבן ואחרים, 2004)

3. חקלאות רב-תפקודית (Multifunctional Agriculture)

השימוש במושג "חקלאות רב-תפקודית" ברחבי העולם החל לקראת סוף המאה ה-20 והלך וחדר בהדרגה לשיח של חוקרים וקובעי מדיניות על אודות עתיד החקלאות. אחד האזכורים הראשונים של המושג בשיח העולמי מופיע במסמכי "אג'נדה 21" שגובשו במסגרת פסגת כדור הארץ שהתקיימה בריו דה-ז'ניירו בשנת 1992 סביב הנושא של פיתוח בר קיימא (UNCED, 1992). נקודת ציון נוספת בהתרחבות השימוש במושג בקרב הקהילה המדעית והפוליטית הגיעה בעקבות דו"ח של ארגון ה-OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), שאימץ את התפיסה של חקלאות רב-תפקודית כחלק מהמאמצים לשימור חיוניותה של החקלאות בעידן של גלובליזציה כלכלית וסחר חופשי (OECD, 2001, 2003). על פי ארגון ה-OECD, מהות התפיסה של חקלאות רב-תפקודית היא ההבנה משנת 1998 כי :

"Beyond its primary function of supplying food and fibre, agricultural activity can also shape the landscape, provide environmental benefits such as land conservation, the sustainable management of renewable natural resources and the preservation of biodiversity, and contribute to the socio-economic viability of many rural areas. Agriculture is multifunctional when it has one or several functions in addition to its primary role of producing food and fibre." (OECD, 1998)

גם ארגון המזון והחקלאות העולמי (FAO) עמד על חשיבות התפקידים המרובים של החקלאות, במיוחד בהקשר של מדינות מתפתחות, ולצד תרומותיה של החקלאות בהיבט הסביבתי הוא מדגיש את חשיבותה עבור היבטים כמו ביטחון מזון, הקלת מצבי עוני, רווחה חברתית ושמירה על מורשת תרבותית (Bresciani, Deve, & Stringer, 2004).

המושג "חקלאות רב-תפקודית" נועד לשקף את התפיסה שמלבד ייצור מזון, החקלאות ממלאת מגוון תפקידים חשובים נוספים עבור הסביבה והחברה, כגון שמירה על שטחים פתוחים ומעברים אקולוגיים, מיתון רעשים וזיהום אוויר, שימור נופים, מצע לפעילויות פנאי ונופש, מקור לביטחון מזון ועוד (Renting et al., 2009). תפקידים אלה כוללים למעשה את "שירותי המערכת האקולוגית" שהוזכרו לעיל, המייצגים תועלות לאדם בתחומי האספקה, הוויסות והתרבות- תועלות שלחלקן אין ערך נגלה בשוק בשל היותן מוצר לא סחיר, כאמור. תפקידים נוספים של חקלאות הינם שמירת פוטנציאל ייצור מזון מקומי, שמירת המורשת הכפרית וכן קיום פעילות חקלאית, לרבות מתן אפשרויות תעסוקה ויוזמות שיווק ישיר למיניהן (Zasada, 2011).

כיום, נהוג לאפיין חקלאות כרב-תפקודית כאשר היא מספקת ארבעה סוגי שירותים, לפחות, באופן הבא :

1. תמיכה וניהול המערכת האקולוגית - ניהול ותחזוקת נוף, שמירה על מגוון ביולוגי ובתי גידול ושיפור מחזור אספקת הנוטריינטים.
2. תמיכה וניהול אספקת מים - שיפור איכות המים, ניהול וויסות זרימת מים, וניצול אנרגיית מים.
3. שירותי תרבות - חקלאות מקיימת התורמת ללכידות הכפר ויצירת זהות אזורית, מאפשרת פיתוח מקומי, מספקת ערכים תרבותיים ורוחניים, ומעודדת תיירות.
4. בטחון תזונתי ובטיחות מזון - הבטחה לאספקת מזון איכותי באופן עצמאי, ושמירה על אספקתו באופן יום-יומי.

בנוסף, חקלאות רב-תפקודית בשולי ערים תוחמת התפשטות עירונית ומשמשת כריאה ירוקה לערים הסובבות אותה. (Huylbroeck, 2007)

יתר על כן, לחקלאות רב-תפקודית יתרונות כלכליים ברורים לחקלאים. מבחינה של ענף התיירות החקלאית בישראל, לדוגמה, עולה כי בשנת 2001 היו כ-140 אתרי תיירות-חקלאית פעילים, שמשכו למעלה מ-1.5 מיליון מבקרים והכניסו פדיון כ-75 מיליון שקלים. יש לציין, שכ-80% מהאתרים נמצאו בקיבוצים ובמושבים, ללא פרטים נוספים אודות מיקומם הגיאוגרפי. מיעוטם היו פזורים בתצורות אחרות, כגון חוות בודדים, יישובים קהילתיים וכן במסגרת עירונית-פנימית ('חקלאות אורבנית'). (בן יוסף & רפפורט, 2001)

גורם נוסף שתורם להעלאת חשיבותה של חקלאות רב-תפקודית על סדר היום הציבורי הוא הרפורמה במדיניות התמיכה והסבסוד של החקלאות (CAP – Common Agricultural Policy) במדינות האיחוד האירופי. החל משנות ה-90 של המאה הקודמת, האיחוד האירופאי אימץ את התפיסה של חקלאות רב-תפקודית כחלק חשוב במודל החקלאות הרצויה באירופה, מתוך הכרה בעובדה שהחקלאות שומרת על קיומן של תועלות סביבתיות, חברתיות ותרבותיות שונות (פליישמן, 2009; 2012; Renting et al.). תפיסה זו באה לידי ביטוי בצעדים לשינוי שיטת התמריצים והתמיכות שהיו נהוגים בחקלאות - מעבר מתמיכות עקיפות בחקלאים שעוסקות בתוצרה ובשמירה על רמת המחירים בשוק לתמיכה ישירה בחקלאים על ידי תשלום עבור פעילות חקלאית שמועילה יותר לסביבה ולציבור (סקוטלסקי, 2006). לדוגמה, במדינות האיחוד האירופי, חקלאים זכאים לקבל תמיכה קבועה בהתאם לשטח הקרקע אותו הם מעבדים בתמורה להתחייבותם להשתמש בפרקטיקות חקלאיות ששומרות יותר על הסביבה, על איכות המזון ועל בריאות הציבור. תמיכות מסוג דומה קיימות גם באזורים אחרים בעולם, ובמדינות שונות (למשל במסצ'וסטס, ארה"ב) חקלאים נהנים מהקלות במיסוי ומתכניות ארוכות-טווח לסיוע כספי ועידוד המשך עיבוד הקרקע (סקוטלסקי, 2006; פליישמן, 2012).

התמיכה הממשלתית הקיימת בחקלאות מורכבת בעיקר מתמיכות עקיפות במחירי השוק דרך קביעת מכסות ייצור, הטלת מכסים, הקצאת מי השקיה וכדומה (משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015). בשנים האחרונות הועלו טענות בישראל בדבר הצורך במעבר לתמיכות ישירות בחקלאות ובמתן תמריצים כספיים עבור עיבוד חקלאי משמר ערכי סביבה ונוף, הן מתוך שאיפה לקדם מטרות של פיתוח בר קיימא, והן על מנת למנוע עיוותים בשוק שעלולים להיווצר מהתמיכות העקיפות (אלתרמן & האן, 2004; צבן et al., 2004). אולם ביצוע מעבר כזה יצריך תחילה שכנוע של מקבלי ההחלטות בדבר חשיבותם של ערכים אלו והנחיצות בהפעלת כלים לשמירה עליהם (צבן et al., 2004). על כן, יש חשיבות בהעלאת המודעות הציבורית בישראל לנושא של חקלאות רב-תפקודית והתועלות הנוספות האפשריות של החקלאות.

3.1 יתרונות חקלאות רב-תפקודית במעטפת שטחים עירוניים

החשיבות של חקלאות רב-תפקודית ניכרת באופן מיוחד בשטחים חקלאיים הסמוכים לאזורים עירוניים, וזאת בעיקר משתי סיבות: (1) הצורך למתן את ההשפעה הסביבתית השלילית של הערים, (2) הקרבה לתושבים, שהם הנהנים הפוטנציאליים המרכזיים מתועלות החקלאות הרב-תפקודית (מלבד הטבע והסביבה). באזור המרכז הצפוף של מדינת ישראל, מרבית השטחים הפתוחים שנותרו הם שטחים חקלאיים, והם נתונים תחת לחצי פיתוח מתמשכים (פליישמן, 2012). עם זאת, בשל התפרסותה על פני שטחים נרחבים יחסית, חקלאות מסביב לערים ממלאת עבורן תפקיד מפתח באספקת שירותים נופיים, סביבתיים וחברתיים. לדוגמה, בהתאם לסוג החקלאות ומידת האינטנסיביות שלה, שטחים חקלאיים מספקים עבור העיר מגוון תפקודים אקולוגיים כגון שטחי לחול למילוי מאגרי מי תהום (Haase & Nuissl, 2007), מיתון שטפונות בעיר (Kenyon, Hill, & Shannon, 2008), מיתון אי החום העירוני (Lamprey, Barron, & Pollard, 2005) וכן ספיחת פחמן דו-חמצני מהאוויר (Freibauer, Rounsevell, Smith, & Verhagen, 2004; Hutchinson & Campbell, 2007).

מבחינת ערכי תרבות, עם הגידול בזמן המוקדש לפעילויות פנאי, תושבי הערים עושים שימוש במרחבים הכפריים בקרבתם, למטרות נופש ופעילויות נופש. פעילויות הנופש במרחבים פתוחים ככל-הנראה מוערכות על-ידי הציבור כבעלי השפעות בריאותיות עדיפות על פני פעילויות במרחב העירוני (Velarde, Fry, & Tveit, 2007). לאור מחסור בשטחים פתוחים במרחבים אורבניים צפופים, אזורי חקלאות רב-תפקודיים הופכים לאזורי פנאי חשובים. (Antrop, 2004)

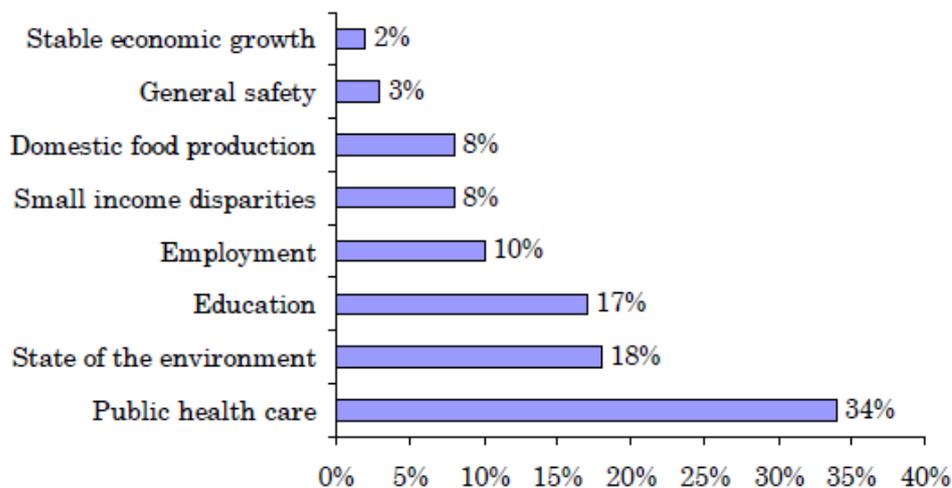
בנוגע לשירות אספקת המזון מחקלאות, העדפת הצרכנים לייצור מקומי גוברת, במיוחד כאשר מדובר בתצרוכת חקלאית. כאשר חוויית הקנייה משתלבת עם תחומי פנאי נוספים, גובר העניין של הצרכנים לרכישת התוצרת באופן עצמאי, ורווחי החקלאי עולים. כך, עולה כי עד למעלה ממחצית מתושבי העיר בריסל ו-59% ופרבריה ביצעו לפחות פעם אחת קנייה ישירה של תוצרת מקומית. (Peeters, 2005)

במחקר שנערך בישראל, עלה כי הפעילות המבוקשת ביותר בקרב צרכנים של מרחבים כפריים היא כזו המבוצעת בתחומי המשק החקלאי, בדגש על טיולים רגליים וכן טיולים רכובים. פעילויות פעילות של קניות לא תועדפה במקום גבוה. עוד עולה, כי קיים פער משמעותי בין הביקוש לפעילות נופש במרחב החקלאי לבין מימושה בפועל, לאור פער בהיצע פעילויות ושטחים כאלו, בדגש על המרחב הכפרי במרכז הארץ. פיתוח של חקלאות רב-תפקודית באזורים אלו צפוי לענות, לפחות באופן חלקי, על פערי הביקוש האלו. (פליישמן, פייטלסון, & זלוצקי, 2008).

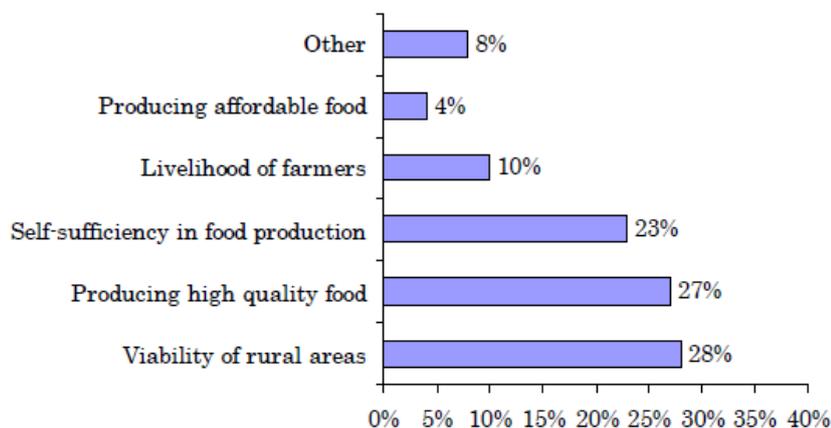
3.2 עמדות הציבור ברחבי העולם כלפי חקלאות רב-תפקודית

יישום הגישה של חקלאות רב-תפקודית מצריך השקעה כספית ותכנונית הן מטעם חקלאים והן מטעם המדינה, גופי שלטון מקומי ומוסדות תכנון. על כן, רצוי להעריך מבעוד מועד את עמדות הציבור כלפי שירותי חקלאות רב-תפקודית ולאפיין מהם השירותים הרצויים והמבוקשים על ידו.

במחקר שנערך בפינלנד בשנת 2002 בנוגע לחקלאות רב-תפקודית, ענו 18% מתוך 1,375 נסקרים כי מצב הסביבה הוא הגורם המשפיע ביותר על הרווחה החברתית. כפי שניתן לראות באיור 15, בסקר עלה כי מצב הסביבה משפיע יותר מגורמים כמו חינוך (17%), תעסוקה (10%) או צמיחה כלכלית יציבה (2%), והוא שני רק להבטחת רפואה ציבורית תקינה (34% סברו כי זהו הגורם המשפיע ביותר). (Yrjölä & Kola, 2004)



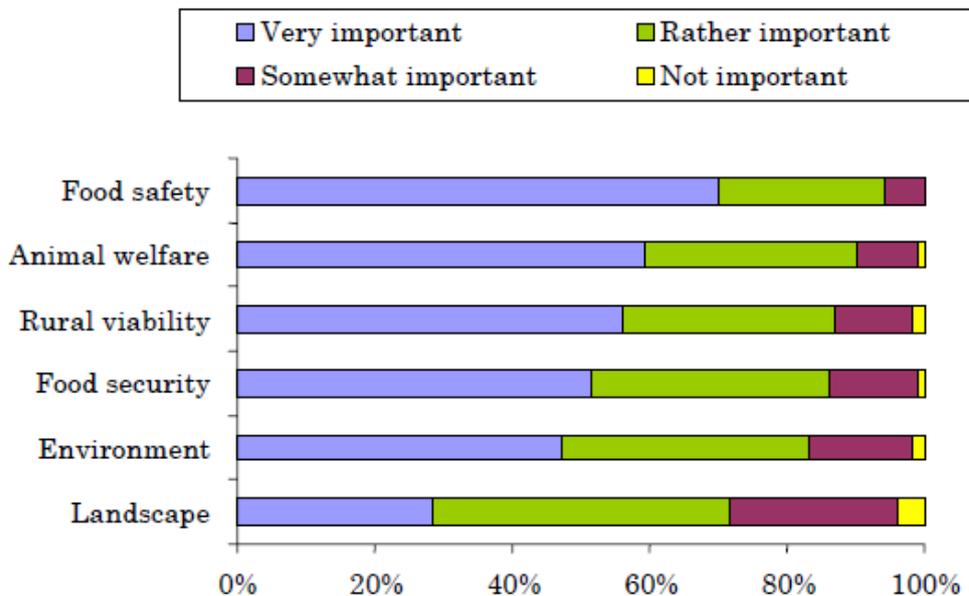
איור 15: מה הגורם המשפיע ביותר על הרווחה החברתית בפינלנד? (Yrjölä & Kola, 2004)



איור 16: מה תפקידה העיקרית של חקלאות בפינלנד? (Yrjölä & Kola, 2004)

בנוסף, 28% מהנשאלים ענו כי תפקידה העיקרי של חקלאות הוא להבטיח את המשך יכולת הקיום של המרחבים הכפריים בפינלנד. 27% מהנשאלים ענו כי תפקידה העיקרי הוא ייצור מזון באיכות גבוהה. לצד זאת, מעט נשאלים השיבו כי התפקיד העיקרי הוא שמירה על המורשת הכפרית או על מצב הקרקע באזורים הכפריים ('אחר', 8%). (איור 16) (Yrjölä & Kola, 2004)

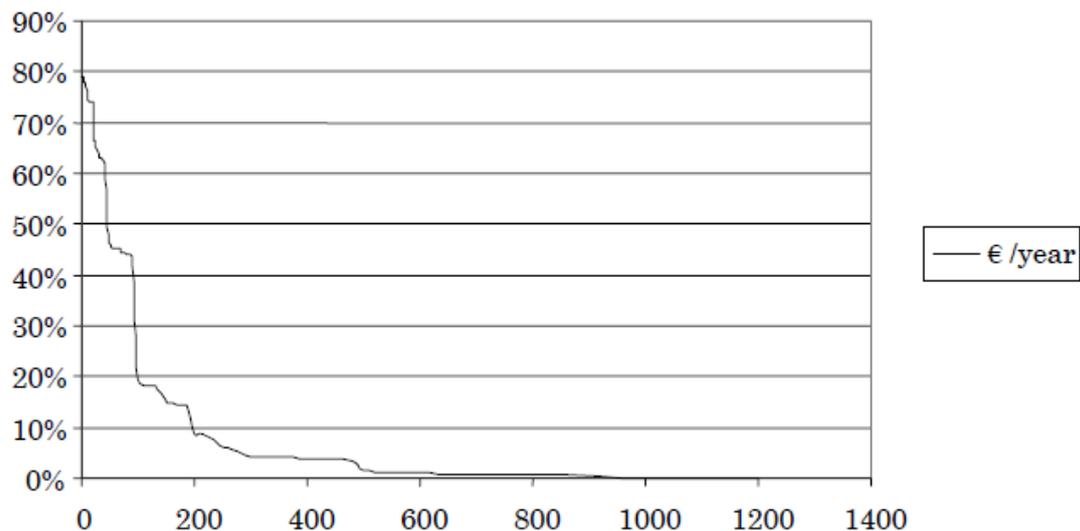
באיור 17 ניתן לראות כי כשנשאלו הנסקרים על חקלאות רב-תפקודית, מעל 70% ענו כי בטיחות המזון הינה מרכיב חשוב ביותר ברכיבי חקלאות רב-תפקודית, וכן מעל 50% ענו כי הבטחת הקיום הכפרי הינה מרכיב חשוב ביותר אף הוא. כ-50% הגדירו אף את השמירה על הסביבה כרכיב חשוב ביותר בחקלאות רב-תפקודית. (Yrjölä & Kola, 2004)



איור 17: מה המרכיב החשוב ביותר של חקלאות רב-תפקודית בפינלנד? (Yrjölä & Kola, 2004)

במטרה לבדוק את נכונות הנסקרים לשלם עבור חקלאות רב-תפקודית על סך רכיביה, הוצגו לנסקרים שאלות פתוחות של הערכה מותנית. כפי שניתן לראות באיור 18, מעל 80% ענו כי היו מוכנים לשלם סכום כלשהו עבור חקלאות רב-תפקודית, גם אם היא מספקת רק חלק מרכיביה (כפי שהוצגו בשגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. לעיל). עם זאת, עבור כל תושב פינלנד רביעי, מדובר במוכנות לשלם עד 10 יורו לשנה בלבד. בממוצע, הנסקרים מוכנים לשלם כ-94 יורו בשנה, ואף יותר כשמדובר בשילוב כלל רכיבי חקלאות רב-תפקודית הנתפסים כחשובים. בהתחשב בתמיכה שנתית של 1.79 מיליארד דולר בשנת 2003, מדובר בסכום מצרפי לא מבוטל. לצד זאת, פחות מ-20% מתושבי פינלנד מוכנים לשלם מעל 100 יורו לשנה עבור תוצרי חקלאות רב-תפקודית שאינם תוצאה של תהליך הייצור, ולכן אינם סחירים. (Yrjölä & Kola, 2004)

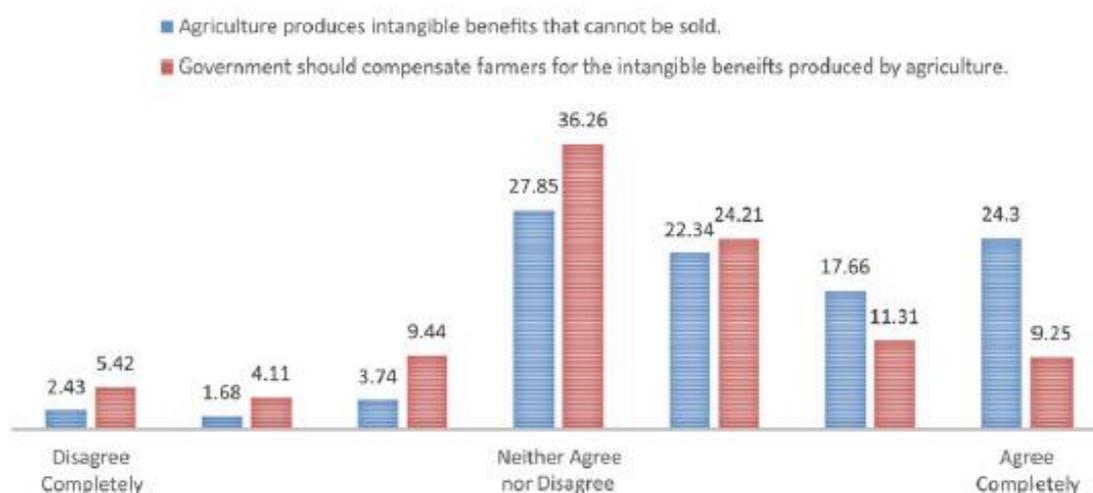
תוצאות המחקר מצביעות על רכיבים בחקלאות רב-תפקודית הנתפסים כחשובים ומרכזיים בעיני האוכלוסייה הפינית המקומית, ומכאן על הצורך בשימת דגש עליהם, לטובת הגברת התמיכה ביישום שלה באזורים הסמוכים לערים ובאזורים כפריים בפרברי הערים.



איור 18: הנכונות של הצרכנים הפינים לשלם עבור חקלאות רב-תפקודית כמכלול (Yrjölä & Kola, 2004)

במחקר דומה שנערך בקרב תושבי ארצות-הברית ביוני 2008, נשאלו הנסקרים על הרכיבים הרב-תפקודיים של חקלאות ארה"ב. המדגם כלל כ-1,007 נסקרים ממשקי בית מייצגים של האוכלוסייה, ובוצע באופן אינטרנטי באמצעות חברה לניתוח התנהגות צרכנים בנושאים חברתיים שונים. הנסקרים חולקו לפי מחוזות גיאוגרפיים, חינוך, רמת הכנסה וגיל. (MOON, CHANG, & ASIRVATHAM, 2017)

ראשית, לנסקרים הוצג מידע עכשווי על חקלאות בארה"ב, בדגש על ההשפעות החיצוניות החיוביות והשליליות שלה, וכן הוסבר על תפקיד המחלקה לחקלאות של ארה"ב. הנסקרים התבקשו לדרג רמת הסכמה (1 - לא מסכים בכלל, 7 - מאוד מסכים) עם שני ההיגדים הבאים: (1) חקלאות מייצרות מוצרים ושירותים 'לא-מוחשיים' (שאינן להם שוק); (2) הממשלה צריכה לפצות חקלאים על אספקת מוצרים ושירותים שאינן להם שוק (לא מוחשיים). באיור 19 ניתן לראות כי

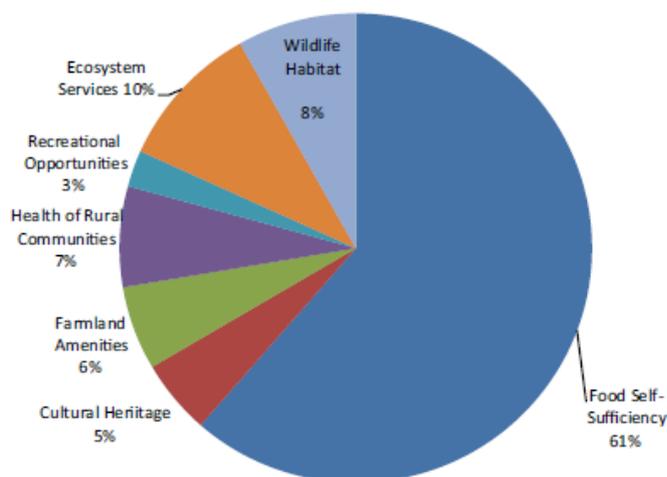


איור 19: גישות למול חקלאות רב-תפקודית (MOON et al., 2017)

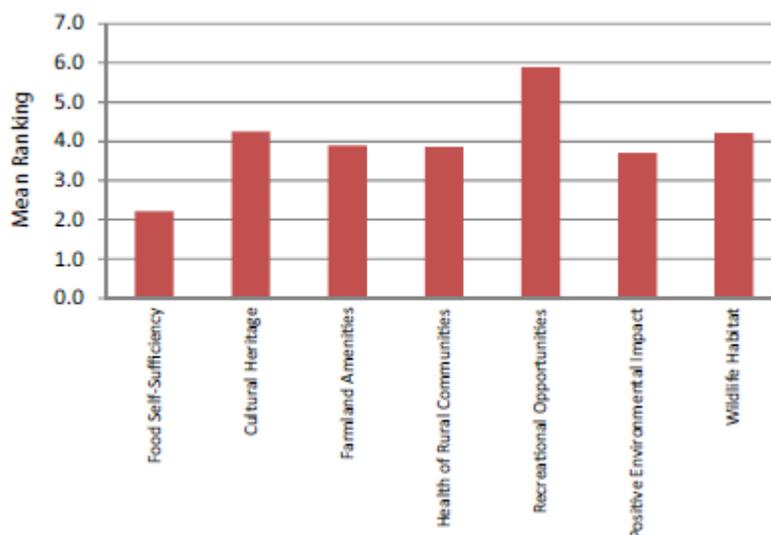
כ-64% מהנשאלים הביעו הסכמה כלשהי עם היגד (1), בעוד 28% הביעו ניטרליות. לגבי פיצוי ממשלתי, כ-45% הסכימו עם הצורך בפיצוי ממשלתי לחקלאים עבור שירותי המערכת החקלאית, בעוד 36%

הביעו ניטרליות. מהבדלים אלה עולים כי לעומת ההסכמה היחסית על חשיבותה של חקלאות רב-תפקודית, הצורך בתמיכה ממשלתית בה שנוי במחלוקת בעיני התושבים. (MOON et al., 2017)

לאחר מכן, התבקשו הנסקרים לדרג את החשיבות של שבעה שירותים שמספקת חקלאות רב תפקודית, שאין להם שוק, (1 - הכי חשוב, 7 - הכי פחות חשוב). כפי שניתן לראות באיור 20 אספקת מזון עצמית (בטחון תזונתי לאומי) דורגה על-ידי 61% במקום הראשון, בציון ממוצע של 2.1 (איור 21) ולאחריה שירותי המערכת (השפעה סביבתית חיובית), שדורגו על ידי 10% מהנסקרים במקום הראשון מבחינת חשיבות, ובציון ממוצע כללי של 3.6. (MOON et al., 2017)



איור 20: אחוז המדרגים כל תרומה של חקלאות רב-תפקודית כבעלת החשיבות הגבוהה ביותר (MOON et al., 2017)



איור 21: דירוג ממוצע של חשיבות מרכיבים חסרי שוק בחקלאות, 1 - חשוב ביותר, 7 - הכי פחות חשוב (MOON et al., 2017)

משני המחקרים שהוצגו, עולה כי אחוזים גבוהים בציבור מציבים את הביטחון התזונתי והיכולת לאספקת מזון עצמית בראש סדר העדפויותיהם, וכן מייחסים חשיבות לחקלאות רב-תפקודית וליתרונותיה. לצד זאת, קיים חוסר-הסכמה בקרב הציבור אודות סוג התמיכה הממשלתית הנדרשת. מחקרים דומים לאלו שהוצגו מעלים תוצאות דומות באשר לחשיבות התפקידים השונים של החקלאות כפי שהיא נתפסת בעיני קבוצות המדגם השונות, וכן עולה הצורך להתאים מדיניות ממשלתית שונה

בכל אזור (Hall, McVittie, & Moran, 2004; Ragkos, Theodoridis, & Batzios, 2015). על כן, עולה הצורך במחקר דומה לבחינת העדפות התושבים בישראל למול אפשרויות לפיתוח חקלאות רב-תפקודית במרכז הארץ.

4. שאלות המחקר

שאלת המחקר העיקרית היא מהן עמדות והעדפות הציבור לגבי חקלאות רב תפקודית בקרקעות חקלאיות במרכז הארץ?

השאלות המשניות הן מהי השפעת הגידול הדמוגרפי על חקלאות במרכז הארץ? ומהן התועלות החיוביות והשליליות של חקלאות?

4.1 מטרת המחקר

המטרה הינה לזהות את העדפות ועמדות הציבור על מנת לפתח דפוס אפשרי לקרקעות חקלאיות הממוקמות באזור מרכז הארץ, אשר יאפשר לשמרן לאורך טווח. על פי המענה לשאלה זו נוכל לקבוע ערכים מומלצים ליישום בקרקעות חקלאיות באזור מרכז הארץ.

4.2 שיטות מחקר

בבואנו לאמוד את הערכים והתרומות החיצוניות שמעניקה חקלאות רב תפקודית, יש צורך בשימוש בדרכי מדידה עקיפות וזאת מכיוון שהן אינן ניתנות למדידה ואין להן שוק. שיטה זו של אמידת ערכים חיצוניים ללא שוק הגיעה לארצות הברית בשנות ה-60 של המאה הקודמת והתפתחה בשנות ה-80 למדינות רבות באירופה, אסיה, אפריקה ודרום אמריקה.

מוצרים ללא שוק הם בדרך כלל מוצרים ציבוריים היכולים לכלול בתוכם משאבים סביבתיים, משאבי טבע ובמקרה שלנו נוף חקלאי במרכז הארץ או חקלאות רב תפקודית. ישנן שלוש שיטות עיקריות בהן ניתן לאמוד מוצרים ללא שוק: שיטת הערכה מותנית (CVM), שיטת עלות נסיעה (TCM) ושיטת המחירים ההדוניים (HPM). השוני העיקרי בין השיטות הוא בכך ששיטת ההערכה המותנית (CVM) הינה שיטת העדפות מוצהרות של צרכנים ואילו שתי השיטות האחרות, עלות הנסיעה (TCM) והמחירים ההדוניים (HPM) הן שיטות המבוססות על התנהגות כלכלית נצפית או נגלית.

שוני נוסף שקיים בין השיטות הוא בכך שהשיטה הבודקת את העדפות הצרכנים (CVM) יכולה לאמוד את ערכם הכלכלי של מוצרים ושירותים סביבתיים וכמו כן, כוללת את ערך השימוש בהם וגם את ערך אי השימוש, דבר שאינו קיים בשיטות האחרות. כמו כן, שיטה זו מאפשרת אומדן של מוצרים ללא שוק שעדיין לא קיימים ולכן יכולה להתאים למחקר זה (Navrud & Pruckner, 1997).

שיטת העדפות הצרכנים מתקיימת בעזרת שאלונים או סקרים ומציבה בפני משתתף המחקר מוצר או שירות מסוים, ומנסה להבין את הסכום המקסימאלי אותו מסכים הצרכן לשלם כדי לשמר מוצר או שירות זה או הסכום המקסימאלי אותו הוא מוכן לקבל כפיצוי על אובדנו (Hanley, 1989).

שיטה זו מורכבת מארבע גישות:

1. גישת הצעת מחיר - מדובר בשיטה הנפוצה ביותר המבוססת על מכרז בו המשתתפים מתבקשים לנקוב מחיר מתוך המחיר המוצע על המוצר או שירות מסוימים. בצורה זו מתקבלת תשובה פשוטה לשאלה האם משתתף המחקר מוכן לשלם את המחיר המוצע במכרז או שמא לא.
2. גישת כרטיס תשלום - שיטה זו עוקפת את בעיית המחיר במכרז ומאפשרת למשתתפים טווח גדול יותר של סכומים. השאלה שתישאל תהיה איזה סכום בין טווח הסכומים הוא הסכום המקסימאלי אותו תהיה מוכן לשלם עבור המוצר או השירות?
3. גישת "קח או עזוב" - הגישה משתמשת בסכומים שנקבעו מראש ומוצעים למשתתף בצורה רנדומלית ללא חזרה. המשתתף נשאל האם הוא מוכן לשלם סכום מסוים (בכל פעם מדובר בסכום אחר).
4. גישת "קח או עזוב" עם מעקב - השאלה הראשונה המוצגת בפני משתתף המחקר מציגה סכום מסוים. במידה והנשאל עונה כן, הוא נשאל שאלה עם סכום גבוה יותר ובמידה והנשאל משיב על השאלה הראשונה בשלילה, הוא נשאל שאלה עם סכום נמוך יותר. גם כאן הסכומים נבחרים באופן רנדומלי.

השאלון דרכו מוצג המוצר או השירות מורכב משלושה חלקים:

1. תיאור המוצר או השירות והסביבה בה הוא נבחר.
2. שאלות המראות את הנכונות של משתתף המחקר לשלם עבור המוצר או השירות המדובר.
3. שאלות אודות מאפיינים סוציאקונומיים של משתתף המחקר (Mitchell & Carson, 1989).

4.3 שיטת הדגימה

אחת המטרות במחקר זה הינה לבדוק את עמדות והעדפות הציבור לגבי חקלאות רב תפקודית בקרקעות חקלאיות במרכז הארץ. לפיכך ישנם כמה גורמים המשפיעים והם המדגם ומסגרת הדגימה.

המדגם הינו אקראי ויתבצע בקרב האוכלוסייה הבוגרת במרכז הארץ, בטווח הגילאים 18 ועד 75, ביישובים עירוניים קטנים המונים 50,000 תושבים ועד ליישובים עירוניים גדולים המונים מעל ל-200,000 תושבים.

לצורך מסגרת הדגימה היישובים יחולקו לשלוש קבוצות:

- א. יישובים המונים בין 50,000 – 100,000 תושבים.
- ב. יישובים המונים בין 100,000 – 200,000 תושבים.
- ג. יישובים המונים מעל 200,000 תושבים.

בכל קבוצה מן הקבוצות להלן נדגום באופן אקראי מספר אזורים סטטיסטיים פרופורציונלית לגודל היישוב. בכל אזור סטטיסטי נדגום כ-10 משתתפי מחקר וסך הכול 1000 משתתפים במחקר כולו.

4.4 השאלון

השאלון מורכב משלושה חלקים עיקריים :

החלק הראשון מתמקד בעמדות של משתתפי המחקר לגבי נושאים שונים הקשורים בקרקעות חקלאיות במרכז הארץ. בחלק זה יופיעו היגדים שונים ומשתתפי המחקר יצטרך לציין האם הוא מסכים, לא מסכים או ניטראלי לגבי הנושא. כמו כן, כדי להבהיר למשתתפי המחקר את ההיגדים המוצגים, נשתמש בסדרת תמונות המייצגות נוף חקלאי טיפוסי במרכז הארץ.

היגד מסכים לא מסכים ניטראלי

יש לשמור על הצביון החקלאי במרכז הארץ

יש לצמצם את הבנייה באזורים חקלאיים במרכז הארץ

פעילות חקלאית באזור המרכז תורמת לאיכות חייהם של התושבים

יש לדרוש מהאזרחים מס עבור שימור שטחים חקלאיים במרכז הארץ

יש לדרוש מהממשלה תמיכה בעיבוד חקלאי

יש לאפשר פיתוח פעילות לא חקלאית באזור המרכז כתעסוקה משלימה לחקלאי

יש לאפשר פיתוח פעילות לא חקלאית באזור המרכז כתחליף לעיסוק החקלאי

החלק השני מתמקד בסכום אותו מוכן משתתפי המחקר לשלם עבור יישום חקלאות רב תפקודית במרכז הארץ. הגישה בנבחרה הינה הגישה השלישית הנקראת "קח או עזוב" עם סכומים שנקבעו על ידנו מראש ומוצעים למשתתפי המחקר באופן רנדומלי.

פעילות חקלאית	בקרקע	מוכן	מוכן	מוכן	מוכן	מוכן	מוכן	מוכן	מוכן	מוכן
	במרכז הארץ	לשלם	לשלם	לשלם	לשלם	לשלם	לשלם	לשלם	לשלם	לשלם
		20	30	40	50	60	70	80	90	100

פתיחת הליכה / שבילי למעבר חופשי אופניים

סיור מודרך
 סיור טעימה
 קטיף מודרך
 עיבוד מודרך
 ממכר מוצרי שדה
 חינוך והשכלה

ג. החלק השלישי מתייחס לפרטים דמוגרפיים וסוציו-כלכליים של משתתפי המחקר.

גיל	השכלה	מצב משפחתי	מספר ילדים	מספר ילדים במשפחה
18-24	עד 8 שנות לימוד	רווק/ה	אין ילדים	אין
25-34	השכלה תיכונית	נשוי/אה	1-2	1
35-44	לימודים חלקיים באוני' / בית ספר טכני	אחר	+3	2 או יותר
45-54	תואר ראשון באוני' / בית ספר טכני			
55-64	תואר שני ומעלה			
65-75				

סיכום

מחקר אופציונאלי זה העוסק בנושא חקלאות רב תפקודית עבור קרקעות במרכז הארץ, אשר מופשרות בתכניות לבניית מגורים, עשוי לשנות את עיצוב המרחב החקלאי בשולי הערים באזור מרכז הארץ ובכך לאפשר הנאה הן מהתועלות החיוביות של חקלאות בשולי ערים והן משירותי תרבות עבור תושבי הערים הסמוכות.

יישום חקלאות רב תפקודית יהווה כלי תומך למתכננים ולקובעי מדיניות לגבי עתיד החקלאות באזורים עירוניים ויאפשר הגדלת תעסוקה לתושבי המדינה. כמו כן, יש לקדם מחקרים העוסקים בהגדרת חקלאות רב תפקודית באופן כללי, בדגש על הגדרת תוכן לתיירות חקלאית בקנה מידה אזורי ומקומי פעולה התאפשר בעתיד שמירה על צביון הנוף החקלאי המאפיין את אזור המרכז.

ביבליוגרפיה

1. אלתרמן, ר., & האן, א. (2004). הכלים לשמירה על שטחים פתוחים: מה ניתן ללמוד ממדינות אחרות וליישם בישראל?, 1-115.
2. אלתרמן, ר., & רוזנשטיין, מ. (1992). קרקע חקלאית: שמירה או הפשרה? ירושלים: המרכז לחקר העיר והאזור, 1-94.
3. אפרת, א. (1991). תמורות במערך העירוני של ישראל בארבעים שנות קיומה (1948-1988). ארץ ישראל: מחקרים בידעת הארץ ועתיקותיה, *vol. David Amir*, 19-26.
4. אפרת, א. (1998). לקראת תמורות במדיניות הקרקעית של ישראל. אופקים בגיאוגרפיה, (48/49), 147-155.
5. בן יוסף, א. & רפפורט, ע. (2001). תיירות חקלאית, 1-98.
6. גבתי, ח. (1981). מאה שנות התיישבות תולדות ההתיישבות היהודית בארץ ישראל. תל אביב: הקיבוץ המאוחד, 136-174.
7. ויתקון, ג. (1991). השמירה על קרקע חקלאית בהחלטות מועצת מקרקעי ישראל, 1-12.
8. חוק ההתיישבות החקלאית (סייגים לשימוש בקרקע חקלאית ובמים) תשכ"ז 1967.
9. כהן, מ. (2012). מדיניות קרקע חקלאית בישראל: היבטים בינלאומיים, חקלאיים והתיישבותיים. אופקים בגיאוגרפיה, (81/82), 29-51.
10. לוטן, א., ספריאל, א., פייטלסון, ע., & פינקלר, ה. (2017). מערכות אקולוגיות ורווחת האדם: הערכה לאומית, 1-106.
11. מרגלית, ש. (1988). ניסיונות בהתיישבות המשרד הארצישראלי 1914-1908. ירושלים: יד יצחק בן צבי, 57-83.
12. משרד החקלאות ופיתוח הכפר (2015). כלים לתמיכה בחקלאות ישראל - מסמך רקע לבחינת שינוי במדיניות התמיכות, 1-131.
13. משרד החקלאות ופיתוח הכפר (2015). מסמך מדיניות תכנון החקלאות והכפר בישראל, 1-216.
14. סקוטלסקי, א. (2006). רפורמות במדיניות הסבסוד החקלאי באירופה: תוכניות לעידוד חקלאות משמרת סביבה. אוניברסיטת תל אביב, 1-92.
15. עוזרמן, מ. (1983). שמירה על קרקע חקלאית במחוז תל-אביב ובמחוז מרכז. אופקים בגיאוגרפיה, (8), 71-77.
16. עמירן, ד., & שחר, א. (1971). אגד - הערים של תל אביב. ארץ ישראל: מחקרים בידעת הארץ ועתיקותיה, 198-217.
17. פוזנוסקי, א., & זרחי, ש. (1973). המרת היעוד של קרקע חקלאית לעירונית. קרקע קק"ל, (4), 29-34.
18. פייטלסון, ע. (1995). שמירת השטחים הפתוחים בישראל בנקודת מפנה. אופקים בגיאוגרפיה, (42/43), 7-22.
19. פליישמן, ל. (2012). מחקלאות יצרנית לחקלאות רב-תפקודית: חסמים תכנוניים ומנהליים במרחב הכפרי. אופקים בגיאוגרפיה, (81/82), 12-28.
20. פליישמן, ל., & פייטלסון, ע. (2007). נוף כפרי פתוח - מציאות ודימוי, 1-63.
21. פליישמן, ל., פייטלסון, ע., & זלוצקי, מ. (2008). שינויים באופי החקלאות והכפר: עמדות תושבי המרחב הכפרי באזור המרכז, 1-143.
22. צבן, ח., פלר, נ., אמדור, ל., אבנימלך, י., & אילון, א. (2004). חקלאות בת-קיימא במכלול שמירת

- ערכם של שטחים פתוחים בישראל. יער, (5/6), 26–32.
23. צפדיה, א. (2014). השלטון המקומי - בין המדינה, הקהילה וכלכלת השוק, כרך ב', פרק 8: מדיניות מרחבית בישראל. האוניברסיטה הפתוחה, 479–532.
24. קפלן, מ. (2017). חקלאות אדם נוף. אדריכלות נוף, (64), 17–23.
25. קפלן, מ., ליסובסקי, נ., & אמדור, ל. (2001). חקלאות נופית: האיכויות החזותיות של הנוף החקלאי בישראל, חלק א', 1–56.
26. רבהון, ע. (1989). השינויים באוכלוסיית מחוזות ישראל בשנים 1972–1983. אופקים בגיאוגרפיה, (30), 21–46.
27. רבי, צ. (1968). ההתפתחות הדמוגרפית בישראל 1948–1966. הרבעון לכלכלה, (56), 310–318.
28. רזין, ע. (1996). תמורות בשוליים העירוניים - כפריים במטרופולין תל-אביב: השלכות על השלטון המקומי, 1–40.
29. שלאין, א., & פייטלסון, ע. (1995). השמירה על קרקע חקלאית: התהוותה, מיסודה ועירעורה. מכון פלורסהיימר למחקרי מדיניות, 1–41.
30. תמ"א 35, הוראות התכנית. (2016)
31. Alterman, R. (1997). The challenge of farmland preservation: Lessons from a six nation comparison. *American Planning Association*, (63: 2), 220–243.
32. Antrop, M. (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 67(1–4), 9–26.
33. Bresciani, F., Deve, F. C., & Stringer, R. (2004). The multiple roles of agriculture in developing countries. In E. Elgar (Ed.), *Sustaining Agriculture and the Rural Environment: Governance, Policy, and Multifunctionality*. UK: Edward Elgar, (pp. 286–306).
34. Daily, G. C. (1997). *Nature's Services: Societal dependence on natural ecosystems. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, 1–10.
35. Directorate-General for Agriculture and Rural Development (European Commission). (2000). *CAP Reform: Rural Development*. Brussels, Belgium, 1–12.
36. Duraiappah, A. K., Naeem, S., Agardy, T., Ash, N. J., Cooper, H. D., Díaz, S., etc. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being*, 1–155.
37. Freibauer, A., Rounsevell, M. D. A., Smith, P., & Verhagen, J. (2004). Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*, 122, 1–23.
38. Frenkel, A. (2004). The potential effect of national growth-management policy on urban sprawl and the depletion of open spaces and farmland. *Land Use Policy*, 21 (4), 357–369.
39. Haase, D., & Nuissl, H. (2007). Does urban sprawl drive changes in the water balance and policy? *Landscape and Urban Planning*, 80(1–2), 1–13.
40. Hall, C., McVittie, A., & Moran, D. (2004). What does the public want from agriculture and the countryside? A review of evidence and methods. *Journal of Rural Studies*, 20 (2), 211–225.
41. Hanley, N. D. (1989). Valuing Non-Market Goods Using Contingent Valuation. *Journal of Economic Surveys*, 3 (3), 235–252.
42. Hutchinson, J. J., & Campbell, C. A. (2007). Some perspectives on carbon sequestration in

agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 142 (2–4), 288–302.

43. Huylenbroeck, G. Van. (2007). Multifunctionality of Agriculture: A Review of Definitions, Evidence and Instruments Living Reviews in Landscape Research. *Living Rev. Landscape Res*, 1, 1-43.
44. Kenyon, W., Hill, G., & Shannon, P. (2008). Scoping the role of agriculture in sustainable flood management. *Land Use Policy*, 25 (3), 351–360.
45. Lamprey, B. L., Barron, E. J., & Pollard, D. (2005). Impacts of agriculture and urbanization on the climate of the Northeastern United States. *Global and Planetary Change*, 49 (3–4), 203–221.
46. Mitchell, R. C., & Carson, R. T. (1989). *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. (S. Allen, Ed.). Washington, D.C.: Resources for the Future, 286-289.
47. Moon, W., Chang, J. B., & Asirvatham, J. (2017). Measuring public preferences for multifunctional attributes of agriculture in the United States. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 49(2), 273–295.
48. Navrud, S., & Pruckner, G. J. (1997). Environmental Valuation - To Use or Not to Use? *Environmental and Resource Economics*, 10, 1–26.
49. OECD. (1998). Agriculture in a Changing World: Which Policies for Tomorrow? Meeting of the Committee for Agriculture at the Ministerial Level. Paris.
50. OECD. (2001). *Multifunctionality: Towards an Analytical Framework*, 1-157.
51. OECD. (2003). *Multifunctionality: The Policy Implications*, 1-108.
52. Peeters, A. (2005). *Framework for assessing sustainability levels in Belgian agricultural systems*, 1-126.
53. Power, A. G. (2010). Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *The Royal Society*, 365, 2959–2971.
54. Ragkos, A., Theodoridis, A., & Batzios, C. (2015). Public Awareness Concerning the Multifunctionality of Cypriot Agriculture. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 147–157.
55. Renting, H., Rossing, W. A. H., Groot, J. C. J., Van der Ploeg, J. D., Laurent, C., Perraud, D., etc. (2009). Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. *Journal of Environmental Management*, 90, S112–S123.
56. Swinton, S. M., Lupi, F., Robertson, G. P., & Hamilton, S. K. (2007). Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics*, 64 (2), 245–252.
57. Tal, A. (2008). Space Matters: Historic Drivers and Turning Points In Israel’s Open Space Protection Policy. *Israel Studies*, 13 (1), 119–151.
58. Turner, T. (1994). Open Space Planning in London, 63 (4), 365–386.
59. UNCED (United Nations Conference on Environment and Development). (1992). *Agenda 21 - An Action Plan for the Next Century*. United Nations Conference on Environment and Development, 1-351.

60. Velarde, M. D., Fry, G., & Tveit, M. (2007). Health effects of viewing landscapes - Landscape types in environmental psychology. *Urban Forestry and Urban Greening*, 6(4), 199–212.
 61. Yrjölä, T., & Kola, J. (2004). Consumer Preferences Regarding Multifunctional Agriculture. *International Food and Agribusiness Management Review / International Food and Agribusiness Management Review*, 7(1), 78–90.
 62. Zasada, I. (2011). Multifunctional peri-urban agriculture - A review of societal demands and the provision of goods and services by farming. *Land Use Policy*, 28, 639–648.
 63. Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64(2), 253–260.
-

שוקי איכרים בערים בישראל

ככלי לקידום תזונה בריאה

מגישים:

עמית הרטוך (066612342)

גלי קורן (027810290)

מיכל דולב שמשוני (024213100)

מנחה: רינה מגן

מנחה הקורס: פרופ' אבי פרבלוצקי

קורס פרויקטים בחקר מזון וסביבה

מרץ 2018

תוכן העניינים

3.....תקציר

4.....מבוא

פרק 1 - שווקי איכרים במרקם האורבני

5.....1.1 מהו שוק איכרים?

7.....1.2 מאפייני שוק האיכרים האורבני

10.....1.3 שוקי האיכרים בהיבטים חברתיים

11.....1.4 שוק איכרים כמקדם אורח חיים בריא ומודעות סביבתית

13.....1.5 עידוד אוכלוסיות מוחלשות לצריכה בשוקי איכרים

פרק 2 - שווקי איכרים וצריכת פירות וירקות

15.....2.1 שווקי איכרים והקשר לצריכה של פירות וירקות

17.....2.2 יתרונות של צריכת פירות וירקות

19.....2.3 הקשר בין פירות וירקות למדדי BMI

22.....2.4 השלכות בריאותיות של מדדי BMI גבוהים

25.....2.5 סקירת המצב בארץ, מי אלו הסובלים מ-BMI לא תקין

פרק 3 - תמריצים לשוקי איכרים ככלי לקידום צריכת פירות וירקות ולצמצום התחלואה

28.....3.1 אינטרס לאומי לעודד צריכת פירות וירקות בישראל

31.....3.2 הצורך בתמריצים לקידום צריכת פירות וירקות ולקיום שווקי איכרים

33.....3.3 סקירת מודלים מהעולם לתמריצים לקידום צריכת פירות וירקות ולשווקי איכרים

35.....3.4 סקירת הנעשה בארץ בתחום שווקי איכרים ותמריצים לצריכת פירות וירקות

38.....3.5 תכנית התמריצים של משרד החקלאות כבסיס למחקר זה

39.....שאלת המחקר

39.....שיטות מחקר

40.....סיכום

41.....רשימת מקורות

58.....נספחים

תקציר

עבודה זו סוקרת את שוק האיכרים כמודל קמעונאי בעל מאפיינים ספציפיים המתבסס על מכירה של תוצרת חקלאית ע"י החקלאים עצמם, מתמקדת בשוקי איכרים במרקם האורבני, בהיבטים של תזונה נכונה ותפיסות סביבתיות ומונה את יתרונותיו של מודל זה כבסיס לקירוב אוכלוסיות מוחלשות לצריכת פירות וירקות. בהמשך מפנה הסקירה זרקור אל הקשר בין שוקי איכרים לצריכת פירות וירקות, מתמקדת בצריכת פירות וירקות בקרב אוכלוסיות מוחלשות ובקשר שלהן לתזונה בריאה וכפועל יוצא למדדי ה-BMI המאפיינים אותה. לסיום בוחנת העבודה את התמריצים הניתנים בעולם ובישראל להקמה וקיום של שוקי איכרים כבסיס לעידוד אוכלוסיות מוחלשות לצריכת פירות וירקות. השערת המחקר המבוססת על סקירה זו, גורסת כי כתוצאה ממתן התמריצים יהיה שינוי במפת שוקי האיכרים באופן כזה שתשפיע על צריכת הפירות והירקות בשכונות בהם יוקמו שוקי איכרים וכפועל יוצא נראה שינוי במדדי BMI בשכונות אלו.

סקירה זו יכולה להוות בסיס למחקר עתידי ב 2020 של משרד החקלאות ומשרד הבריאות שיבחן את השפעת המצאות שוקי איכרים על מדדי BMI באוכלוסיות ספציפיות בישראל.

ברצוננו להודות לרינה מגן שהנחתה וליוותה אותנו בסבלנות ומקצועיות רבה.

לפרופ' אבי פרבלוצקי וצוות המנחים שחשפו אותנו לעולם עשיר של ידע בתחום סביבה ומזון בישראל ובעולם.

בשנת 1997 הכריז ארגון הבריאות העולמי על תופעת ההשמנה כעל מגיפה עולמית. ישראל ניצבת במקום השני באירופה והשלישי בעולם, במדד הכולל גם ילדים הסובלים מעודף משקל. בעיית ההשמנה חוצה מגזרים ואוכלוסיות, ועם זאת, בפריפריה אנשים רבים יותר סובלים ממנה. הוכח קשר בין פרמטרים כמו רמה סוציו-אקונומית נמוכה, יוקר המחיה ורמת הטיפול הרפואי הזמין לבין ממדי התופעה. בשנת 2017 הוצגה תוכנית תמריצים של משרד החקלאות ופיתוח הכפר לשנים 2017-2019, שמטרתה לעודד הקמת שוקי איכרים בערים בישראל ככלי לעידוד צימצום פערי התיווך בממכר תוצרת חקלאית. כידוע, מתקיים קשר הפוך בין תזונה נכונה ואורח חיים בריא לבין תופעות של השמנת יתר ותחלואה הנובעת ממנה. עולה השאלה אם הקמתם של שוקי איכרים בישראל תוביל, הן בשל צמצום פערי התיווך והן בשל נגישות התוצרת החקלאית, לקידום של תזונה נכונה יותר, בדגש על הפריפריה.

הצעת מחקר זו תדון בקשר הקיים בין שוקי איכרים ותזונה. נציג את המאמרים הסוקרים את היתרונות של שוקי איכרים כמודל קמעונאי ואת התועלות שניתן להפיק מהם ככלי לאורח חיים בריא ותזונה נכונה (לצד יתרונות מוכחים נוספים). נסקור את המאמרים המדגימים את הקשר בין תזונה נכונה לבין מדדי BMI בקרב אוכלוסיות ספציפיות, ומנגד את המגבלות והקשיים של שוקי האיכרים כמודל כלכלי, ומתוך כך את הצורך בהתערבויות ובתמריצים המעודדים הקמת שווקים חדשים והצלחתם – הן מצד החקלאים והן מצד הצרכנים.

עבודה זו תוכל לשמש בסיס למחקר בין-תחומי עתידי, בשנת 2020, המשותף למשרד הבריאות ולמשרד החקלאות ופיתוח הכפר, ובו תיבחן השפעת תוכנית התמריצים של משרד החקלאות 2017 על שינוי הרגלי התזונה בקרב אוכלוסיית השכונות שבהן הוקמו שוקי איכרים.

השערת המחקר היא כי תוכנית התמריצים של משרד החקלאות 2017 תשפיע על מפת שווקי האיכרים בישראל בשנת 2020 ותגדיל את צריכת הירקות והפירות, באופן שיוכל לשנות את מדד ה-BMI באוכלוסיות ספציפיות, בהתאם לאופן שבו הוגדרו מדדים אלה במסמכי התכנית של משרד הבריאות לתזונה נכונה 2020.

המחקר יתבסס על שאלונים שיבחנו את השינוי בצריכת הפירות והירקות, וישווה בין מדדי BMI בצמדים של שכונות דומות מבחינת מאפיינים סוציו-אקונומיים נמוכים, שבאחת מהן נפתח שוק איכרים ובאחרת לא. עבודה זו מחולקת לשלושה פרקים. כל פרק מתמקד בהיבט מחקרי ספציפי הסוקר את המידע הקיים בתחומו. כמכלול תתבסס העבודה על שאלת המחקר: **האם יש הקשר בין הימצאות שוק איכרים בשכונה בישראל, לבין שינוי בהרגלי צריכת הפירות והירקות, ובהתאם שינוי מדד ה-BMI, של אוכלוסייתה?**

1.1 מהו שוק איכרים?

המונח 'שוק איכרים' הוא תרגום ישיר למונח אנגלי במקורו, המתאר מכירה ישירה של תוצרת חקלאית ע"י המגדלים לצרכנים. בשל עמימות המלה "איכר" בעברית ייתכן שנכון יותר היה לכנותו בעברית שוק מגדלים או שוק חקלאים, אך המונח שוק איכרים התבסס זה כבר בתרבות הצריכה של ימינו. המונח שוק הוא מתחם, לרוב לא מקורה, של חנויות ודוכנים לממכר סחורות שונות, יריד, התכנסות לצורך מכירה וקניית סחורות. (מילוג, המילון העברי החפשי ברשת).

במה נבדל שוק איכרים משוק סטנדרטי? פעמים רבות מייחסים בטעות את ההגדרה "שוק איכרים" למופעים קמעונאים כגון דוכנים לממכר אוכל, ירידים אורגניים וכדומה. אך בשוקי איכרים, המאופיינים לרוב במיקומים קבועים ובזמנים קבועים לאורך ימות השבוע, נמכרת תוצרת חקלאית ע"י החקלאים עצמם. התוצרת מגיעה ישירות מהשדה ועל כן היא עונתית. במלים אחרות, התנאי הבסיסי לקיומו של שוק איכרים הוא שהאיכרים הם הרוכלים עצמם (Russell 2001).

גם לפי הגדרות משרד החקלאות ופיתוח הכפר בישראל, שוק איכרים הוא "מרחב ציבורי בו מוצבים מתקנים, ציוד ודוכנים לצורך קיום מסחר בתוצרת חקלאית בדרך של שיווק ישיר, שהוא מכירה של תוצרת חקלאית מהיצרן לצרכן הסופי, ללא מתווכים, או באמצעות יצרן המבצע תיווך לצורך מכירה" (משרד החקלאות, 2017).

בשוקי איכרים נמכרים גם מוצרים נלווים ומשלימים לתוצרת החקלאית, כגון כלי אוכל ואוכל מבושל. (Freedman et al. 2017)

בישראל ההתייחסות לשווקי איכרים כמודל קמעונאי היא מנקודת מבטו של החקלאי/המוכר, ולאופציית הרחבת זירת המכירה הישירה. במאמר סקירה (כלכליסט, 2017) מתוארת התייחסות משרד החקלאות לפורמט שוק האיכרים כפלטפורמה מעין זו, ומודגש כי התייחסות זו היא תולדה של טענות מצד החקלאים על מחירים נמוכים שהם מקבלים עבור תוצרתם, עד כדי כך שלא תמיד משתלם להם לקטוף ולשווק ירקות. משרד החקלאות ערך מיפוי של השווקים הקיימים, לשם בחינת הצרכים הנדרשים והפעלה של שווקים חדשים וכדי לעודד ולהגדיל את היקפן של התארגנויות אלו במתווה יעיל יותר (קדוש, כלכליסט 2019).

מטרות משרד החקלאות להוריד את מחיר התוצרת החקלאית, להגדיל את הצריכה של פירות וירקות מייצור מקומי, ולסייע לחקלאים בודדים הפועלים באופן עצמאי להתאגד תחת פעילות של שוק וכך להגדיל את קהל היעד, מתישרות עם תפיסות בין לאומיות רחבות בנוגע לשוק האיכרים כמודל קמעונאי בעל פוטנציאל לקידום אג'נדות נוספות.

היתרונות התזונתיים של שוק איכרים מדברים בעד עצמם: השוק מספק לצרכנים תוצרת טרייה ישירות מהשדה (Mack and Tong 2015). הצרכנים נוטים לסמוך על איכות התוצרת הנמכרת בשוקי האיכרים גם בזכות הקשר הבין-אישי הישיר עם המגדל-המוכר, שהרי מזון טוב הוא מזון שאנו יודעים מי ייצר אותו ומהיכן הוא בא (Svenfelt and Carlsson-Kanyama 2010).

מטבע הדברים, שוקי איכרים משחקים תפקיד חשוב במיוחד בערים, הרחוקות מאזורים כפריים. כפי שנראה בהמשך, לשוק האיכרים בעיר תפקיד חשוב לא רק מבחינה צרכנית, כמרכז לרכישה של תוצרת טרייה במחירים נוחים, אלא גם מבחינה קהילתית. שוקי איכרים נכחו בערים גם בעבר הרחוק ושימשו חלק חשוב ממערכות מזון עירוניות, אך בתצורתם העכשווית החלו שוקי האיכרים להופיע ולשגשג בארצות הברית רק החל בשנות ה-70 (Francis and Griffith 2011).

במאמרה של אליסון בראון (2001), הסוקר את מפת שווקי האיכרים בארה"ב ובאירופה, נטען כי משנות ה-40 ועד שנות ה-60 המאוחרות, מספר שוקי האיכרים הלך והצטמצם בארה"ב ובאירופה, כתוצאה מהתפתחות הטכנולוגיה החקלאית, שיפור התשתיות העירוניות, התפתחות התחבורה שאפשרה נידוד סחורות טריות מאזור לאזור, התפתחות רשתות המזון, והעירור הגובר. תפיסות פוליטיות וכלכליות שהביאו לאישור חוק 'שיווק ישיר חקלאי/יצרן-צרכן' ב-1976, המאפשר צריכה ישירה מהחקלאי לצרכן, בתוספת תמריצים ממשלתיים, אפשרו הקמת שוקי איכרים ועוררו את מפת שוקי האיכרים בארה"ב מחדש.

עד 1986 גדל מספר שווקי האיכרים בארה"ב ובאירופה במאות אחוזים, ובשנות ה-90 חדר לתודעה הרעיון (הלא מדויק לטענת בראון) שהפריחה בשווקי האיכרים הייתה תולדה של ביקוש לאוכל טרי, ביקוש שבא בעיקר משכבות האוכלוסייה המבוססות. הרעיון השפיע גם על התפיסה האירופית ולפיה שוקי איכרים נועדו בעיקר לשכבות הגבוהות ומספקים מענה לצרכנות אליטיסטית ומודעת. (Brown 2001).

כיום התרבות שוקי האיכרים בארה"ב היא חלק ממגמה של פיתוח קהילתי של חללים ציבוריים בעיר (Tiemann 2008). ע"פ דיווחי משרד החקלאות האמריקאי, ה-USA (U.S. Department of Agriculture), נכון להיום פועלים בארצות הברית יותר מ-8,000 שוקי איכרים ומספרם עולה משנה לשנה (על מפת שוקי האיכרים בישראל נפרט בפרק ג').

בישראל שוק האיכרים נכנס לתודעה הצרכנית בעשור האחרון עם פתיחתם של מיזמים כמו שוק האיכרים בנמל ת"א שנפתח ב-2008. בקול קורא שפרסם משרד החקלאות, הוא הודיע על כוונתו להקצות 20 מיליון שקל לתמיכה בשווקי איכרים בין השנים 2017–2019. מהלך שבא כתגובה להתארגנויות עצמאיות של חקלאים בשנים האחרונות, למכירה ישירה במטרה לקצר את שרשרת האספקה ולהביא לצמצום פערי התיווך (כלכליסט, 2017). אף ששוק האיכרים מהווה אנטי תזה לרשתות השיווק הגדולות, רבים משוקי האיכרים בארץ פועלים דווקא בקניונים.

בעבודה זו נתמקד בשוקי האיכרים האורבניים ובאפיוניהם הספציפיים כדי להפנות את הזרקור, במחקר העתידי ב-2020, אל השינוי בהרגלי הצריכה של אוכלוסיות ספציפיות בשכונות בערים בנחרות בישראל, אשר בהן, לאור התמריצים, יוקמו שווקי איכרים.

1.2 מאפייני שוק האיכרים האורבני

שוק האיכרים האורבני הוא איפוא מקרה פרטי של שוק איכרים, המתקיים בתוך אזור עירוני ואינו סמוך למשק החקלאי עצמו או מצוי באזור כפרי. כאמור, שוקי איכרים אורבניים אינם רק תופעה צרכנית קמעונאית, אלא תופעה בעלת תפקיד תרבותי רחב, כמו הפאב האנגלי, הטברנה היוונית ובתי הקפה בפריז. וכמוהם, שוקי האיכרים המוצלחים בערים ממוקמים על רשת דרכי גישה של שוטטות אקראית או תנועה מתוכננת (Banerjee 2001). במאמרו של תומאס ק.טיימן (2008) נעשה ניסיון להגדיר במונחים סביבתיים מאפיינים איכותיים של שוק האיכרים, המבוססים על ניתוח התנהגויות צרכנים. בשאלונים שחולקו לקונים בשוקי איכרים לצורך המחקר, ניסו לבדוק את "תחושת המרחב", או "חווית המרחב" שלהם (sense of place), באמצעות בחינה של מידת השייכות שחשים הקונים כלפי המרחב שבו הם מתהלכים וקונים. מניתוח השאלונים עלה כי תחושת השייכות משתפרת ככל שמרחב השוק כולל במתחמיו פונקציות נוספות על מכירת התוצרת החקלאית, כגון מופעי רחוב, פעילויות קהילתיות, מופעים ספונטניים, וכן דוכני מידע, המספקים, למשל, מידע על יוזמות חברתיות ואזורי ישיבה ומנוחה (Spaces 2008).

במאמרם של סימון ונורדין (1980), הבוחן שווקים בשוודיה גם הוא דרך שאלת "תחושת המרחב", מתארים הכותבים את שוק האיכרים כמרחב גמיש, המשתנה במראה ובגודל לאורך שעות היום, ימי השבוע ועונות השנה. מטבעו של המקום, גם האוכלוסייה שמשתמשת בו ומחיה אותו משתנה באותו אופן, וכמו המרחב גם היא גמישה ומשתנה לאורך שעות היום ולפי עונות השנה. מה שהוגדר ע"י סימון ונורדין כ"מחול המרחב" (place ballet) מתאר את מרחב השוק כדינמי, גמיש ומצוי בשינוי מבני ומרחבי מתמיד המשפיע על החיים בו באותו אופן (Seamon and Nordin 1980), (סכמה 1 - השוק כמרחב גמיש המשתנה לאורך שעות היום, נספח עמ' 58).

במחקר שערכו פראנסיס וגריפיט (2008) עבור העמותה האמריקאית לקידום תכנון מרחבי ציבור (Project for Public Spaces - PPS) הם מצאו כי שוק איכרים אורבני הפועל נכון, ע"פ הגדרתם, יתואר באמצעות 4 מאפיינים פיזיים מרחביים מהותיים שניתן לגזור מתוכם הנחיות ועקרונות תכנון:

אזורי גישה ותנועה: לשוק מסדרון מעבר המאפשר זוויות מבט על המוצגים ויצירת אינטראקציה חברתית בין הרוכלים לקונים ובין הקונים לבין עצמם. המסדרון היקפי וסגור בשני צדדיו בדוכנים כאשר חלקן האחורי של משאיות במצב הפתוח, יכול לשמש איחסון ותצוגה. המסדרון הנוצר במרווח שבין שורות הדוכנים, יאפשר תנועת קונים, כמו גם אינטראקציה בין העוברים והשבים. רצוי שארגון הדוכנים יבטא תנועה ליניארית. במסדרון המאפשר תנועה רצוי שיהיו אובייקטים שחוזרים על עצמם כגון עמודי תאורה, חצים, ריהוט חוץ וכדומה, המייצרים מקצב קבוע ומרווחים מתוכננים (סכמה 2 - פיזור פונקציות ב-5 שוקים שונים, נספח עמ' 59).

האזור ה'עובד' של השוק: גישה לכלי רכב המגיעים מאחורי הקלעים של התצוגות, שאינה באה על חשבון תנועת האנשים. אזור הכולל פונקציות הכרחיות במרחב השוק: אזורי אחסון, שירותים ציבוריים, אזורי מחזור, קיוסקים, עמדות מודיעין חניות אופניים וכדומה.

אדריכלות הנוף של השוק: אזורי בילוי ומנוחה (הקשורים נושאת במכירה וקנייה), אזורי המאפשרים הופעות מתוכננות ומופעי רחוב ספונטניים, אזורי מקורים לימי החורף ומוצלים לימי הקיץ ואזורי משחק לילדים – כל אלה מהווים אופציות להרחבת התחום האורבני של השוק ומנסות לאירוע השוק תכונות אורבניות נוספות, ובכך מייצרת התנהלות אורבנית כוללת המתייחסת גם לאפיוני "מרחב השהות השלישי" (Banerjee 2001) (ר' בהמשך).

השכונה בה ממוקם השוק: שוק טוב הוא שוק שיתחבר לשכונה שבה הוא נמצא – גם מבחינת רחובות וחללים ציבוריים אך בעיקר מבחינת אפיוניה האורבניים הפיזיים והערכיים. לשוק יכולת לשנות את צביון השכונה שבה הוא ממוקם כך שהוא יתרום לחיי החברה בה (Project for Public Spaces 2017) (Banerjee 2001) (Based et al. 2011).

עוד בעניין מיקומו הפיזי של שוק האיכרים, מחקר שבדק את הקשר בין מבנה שוק האיכרים לאופן פעולתו בעיר טוסון במדינת אריזונה בארה"ב, הראה כי בממוצע 58% מהרוכשים בו מגיעים לשוק האיכרים באמצעות רכבם הפרטי הממוצע, 24% באופניים, 10% ברגל ו-6% באוטובוס. נתונים אלה ממחישים את הצורך בניתוח מיקומו של שוק האיכרים הן ביחס לשכונה שבה השוק ממוקם והן ביחס למערכות צירי תנועה ראשיים ומשניים, מערכות של שבילי אופניים וניתוח תנועת הולכי הרגל, בכדי למקסם את יכולת ההגעה ואף לעודד שימוש בתחבורה ציבורית ובאופניים ותנועת הולכי רגל (Mack and Tong 2015).

נדברך נוסף בהצלחה של שוקי איכרים, מעבר למיקומם ולתכנונם הפיזי, נעוץ באופן שבו המידע על קיומו ומיקומו מובא אל ציבור הקונים הפוטנציאלי. מיזם שמצוי באתר של ה-USDA, סקר וקיטלג את כל שוקי האיכרים ברחבי ארה"ב, ויצר מדריך רשמי מקוון, שמאפשר לצרכנים פוטנציאליים להתעדכן במיקומי שוקי האיכרים, בתוצרת הנמכרת בכל אחד ואחד מהם, ובשעות הפעילות המדויקות. מיזם זה התבסס על מחקרים שהראו כי אחד המכשולים שמונעים מאוכלוסיות יעד

ספציפיות להגיע אל שוקי האיכרים הוא מחסור בידע לגבי שעות פעילות השוק והתוצרת הנמכרת בו (מאחר שהתוצרת עונתית), כמו גם מידע על מיקומו המדויק (Savoie Roskos 2017).

מדריך מעין זה יכול להוות בסיס נתונים חשוב שישרת גם את מיזמי שווקי האיכרים באזורים עירוניים בישראל כגיבוי ליוזמת משרד החקלאות. יש לציין עם זאת, כי מאמר המנתח את מיקומו המדויק של שוק האיכרים במרחב האורבני, לצורך הנגשתו לציבור הרחב בהתבסס על מידע גיאוגרפי מקודד (multi-geocoding services), מסכם בהמלצה שיש לשפר את הנתונים במדריך המקוון הנ"ל עד לטווח דיוק של 500 מטר (המאמר גם מציע כלים של גיאוקידוד ליישום המלצותיו, (Cui 2013).

מחקרים רבים שבחנו את תופעת שוקי האיכרים התמקדו בהיבטים כלכליים ובנקודת המבט החקלאית. מאמרם של מאק וטונג מ (2015) בוחן את התופעה מנקודת המבט של הצרכנים. המאמר מתייחס אל ההיבטים הפיזיים-גיאוגרפיים של שוקי איכרים ומשמעותם לצרכנים, ומצביע על הקשר בין מיקום השוק לפעילויות היום-יום של הצרכנים כבעל חשיבות גבוהה יותר אף מן הקרבה לבתי המגורים של הצרכנים. לפי המאמר, הצריכה בשוק איכרים היא תלויה מקום עבודה וסוג התעסוקה, והצלחתו של שוק איכרים עומדת ביחס ישר ליכולתו להיות רלוונטי לצרכן המתאים לו לקניות, למשל ע"י גישה בתחבורה ציבורית או חניה נוחה, קריטריונים אשר הוכח כי להם חשיבות גדולה יותר מאופן הקנייה ואף ממחירי המוצרים. כמו כן התברר כי הקונים בשוקי איכרים הנמצאים במרחק של עד 15 דקות מבתם, יעדיפו לשלב מטלות נוספות עם הקניה בשוק, בעיקר בסופי שבוע כחלק מבילוי משפחתי.

המחקר, שבדק מהו מיקומו הנכון של שוק האיכרים האורבני בחן את תנועת הולכי הרגל, קווי האוטובוס, תנועת כלי רכב פרטיים ואופניים, ויצר גריד הממקם את השוק באופן שבו ייחשף בצורה אופטימלית לאורך ימי השבוע ושעות היום (Mack and Tong 2015). ואכן, מיקומו של שוק האיכרים במרקם האורבני הוא אחד התנאים הראשונים להצלחתו (Spilková and Perlín 2013). קיימים כמה מודלים המנתחים את הצלחתם של שוקי איכרים אורבניים, ומתמקדים בקשר שבין תנועת הצרכנים והגעתם אל השוק.

יש המצביעים על קשר הישיר בין בחירת השוק על ידי הצרכן הקבוע לבין מיקומו ביחס לביתו או למקום עבודתו (Banerjee 2001). יש המקשרים בין מיקום נכון של השוק לאזורי הליכה קבועים אשר בהם ייחשפו אל השוק גם לקוחות מזדמנים.

יש הגורסים שמיקומם היעיל ביותר יהיה באזורי מחייה ציבוריים כגון פארקים, טיילות, גני שעשועים ואף מרכזים מסחריים (Racine, Vaughn, and Laditka 2010). אשר לשעות הפעילות: צרכנים קבועים העובדים במשרה מלאה יעדיפו לקנות את מרכולתם בשוק האיכרים בסוף השבוע, כחלק מחוויית בילוי ורכישה רחבה, ולכן יש למקם את שוק האיכרים של סופי שבוע באזורים שבהם מאפייני השכונה תואמים את אופן התעסוקה הממוצע בה (Racine, Vaughn, and Laditka 2010).

מכל אלה עולה כי במבט תכנוני-עתידי של שוקי איכרים ישנה חשיבות מכרעת להנגשה כללית של השוק ולנגישות של תחבורה ציבורית בפרט, וכי דרושות מחשבה תכנונית והגדרות חדשות לחללים מסחריים, אזורים ציבוריים פתוחים ותכנון נופי וארכיטקטוני מותאם ומעודכן. אך ניתוח הצרכים התכנוניים-ציבוריים של שוקי האיכרים במרקם האורבני מתבסס גם על ההיבטים החברתיים של שוק האיכרים כמודל קמעונאי. (Francis and Griffith 2011).

1.3 שוקי האיכרים בהיבטים חברתיים

מעבר ליתרונותיו הבריאותיים והסביבתיים, לשוק האיכרים גם חשיבות חברתית, הן כחלק מתפיסה כוללת של שטחים ציבוריים פתוחים הכוללת עידוד אינטראקציות חברתיות ואינטגרציה, והן ככלי לקידום בריאות הציבור. האינטראקציה האנושית הנוצרת בשוק האיכרים ייחודית לו ואיננה

קיימת במכולות או ברשתות מזון, וככזה יש בכוחו להפוך מקום ממכר סטנדרטי לשחקן מרכזי בחיי הקהילה האורבנית (PPS).

שוקי איכרים מוגדרים לעיתים כ"מרחב השהות השלישי" (Third place): אם מרחב השהות הראשון של אדם הוא ביתו והשני הוא עבודתו (או בית הספר), המרחב השלישי הוא מרחב של מפגשים בלתי פורמאליים שביכולתו להעניק לאדם הפרטי את עונג השותפות החברתית תוך כדי העשרת תפיסת העולם שלו דרך שיח מגוון עם האחר (Cries et al. n.d). טבע את המושג הסוציולוג ריי אולדנברג (1997) שמנה את יתרונותיו החברתיים של מרחב מעין זה, ובהם היכולת לחבר בין שכונות שונות בתכלית ולחשוף מגוון רחב של אוכלוסיות שונות זו לזו. במקומות שבהם לא קיימים מרחבים כאלה יכולים אנשים לחיות חיים שלמים מבלי להשתמש באזורים הציבוריים הסמוכים למקום מגוריהם או עבודתם. הם משמשים כ"נקודות כניסה" אל שכונה או אזור בעיר שאדם שאינו גר בהם לא יכיר דרך שגרה, מקום שאינו מפחד מגיוון אלא להיפך, מעודד אותו. מרחב חוצה גילאים ותפיסות עולם. במובן מסוים מקום זה אחראי ליציבותם של שני המרחבים הנוספים בחייו של אדם – בית ועבודה (Cries et al. n.d).

"מרחב השהות השלישי" משרת את החברה בכך שהוא מאפשר דינמיקות של בילוי והתחברות החושפת את הפרט אל האחר, תוך שימוש בפונקציות משותפות, ולמעשה ממלא צורך ציבורי קיים בחיים שהם בין האישיים לציבוריים, של בילוי שיחבור ורגיעה (Seamon and Nordin 1980). ואכן, טבעם של שווקים בכלל ושל שוקי איכרים בפרט לייצר סיטואציות של מפגשים חברתיים בלתי פורמאליים (McNeill and Hale 2016), וקשר בלתי פורמאלי סביב פעולה מסחרית הוא ערך מוסף שיש לקחת בחשבון (Tiemann 2008).

שווקי האיכרים כמודל קמעונאי יכולים לשמש גם ככלי להחזרת חיי החברה למרקם האורבני (Arfi, Mi and Alkon 2012).

במאמר הסוקר את התועלת בשוקי האיכרים ככלי לקידום חברתי מתאר את השוק כאזור שיכול לקדם אינטגרציה בין אוכלוסיות במעמדות סוציו-אקונומיים שונים (Wolf, Spittler, and Ahern 2005). מבחינה חברתית ותרבותית, יצירת מפגש מגוון במרחב האורבני היא הכרחית, וכאשר נפגשות קבוצות אוכלוסייה שונות סביב מטרה ועניין משותף, הדבר עשוי להוות בסיס להרחבה נוספת של המפגש דרך אירועים תרבותיים, הופעות, ודוכני אוכל ומסעדות שתוצרתם נשענת על הנמכר בשוק. היתרון התרבותי הוא גם יתרון מסחרי: ככל שתתרחב האפשרות לאינטראקציות החברתיות הנובעות מרעיון השוק עצמו, כך הצלחתו המסחרית של השוק מובטחת (Banerjee 2001).

1.4 שוק איכרים כמקדם אורח חיים בריא ומודעות סביבתית

כפי שנכתב במאמרם של סוונפלט וקרלסון (2010) "שוקי איכרים מייצגים סוג חדש של 'מרחב צריכה', שניתן להבינו כשיח מקומי, מוסרי, אתי וסביבתי, המתווך באמצעות רשתות של יצרנים, צרכנים רשויות ומוסדות". (Svenfelt and Carlsson-Kanyama 2010).

בחברות אורבניות ותעשייתיות קיים לרוב נתק בין מקור המזון והמשאבים שנדרשו לשם ייצורו לבין צרכניו. במחקר שבחן את מאפייני אוכלוסיית הרוכשים בשוקי איכרים בארה"ב עולה כי אחד המאפיינים המובהקים של הרוכשים הקבועים הוא מודעותם והיכרותם עם הדרך שעשה המזון הנצרך, "מהשדה אל הצלחת". (Svenfelt and Carlsson-Kanyama 2010).

עובדה זו עוררה בחוקרים את הרצון לבחון כיצד ניתן להעמיק את המאפיין התפיסתי הזה ובמאמרם של סוונפלט וקרלסון (2010) עולה כי יש צורך בחיזוק תחושת האמון שיש לצרכן בשוק ובתוצרתו החקלאית, ואת זאת ניתן להשיג ע"י הגברת הקשר הבין אישי בין החקלאי המוכר לקונה.

עוד עולה מן המאמר שככל שיתחזק הקשר בין הקונה למוכר בשוק איכרים, למשל ע"י שיח פנים אל פנים הכולל העברת מידע בנוגע לתוצרת הנמכרת, תתחזק תחושת המחויבות ההדדית בין הקונה לחקלאי ולתוצרתו, וכפועל יוצא ייווצר מעגל קנייה ומכירה המבוסס על אחריות לתוצרת איכותית ואמינה מצד המוכר ועל נאמנות מצד הקונה (Svenfelt and Carlsson-Kanyama 2010).

ואכן, במחקר רחב שנערך בבריטניה בנוגע להרגלי הרכישה בשווקי איכרים, הגדירו הנשאלים את פעולת הקנייה בשוק כ"קניית מזון מיוחדת" ("Special food shopping") תיארו את הליכתם וקנייתם בשוק האיכרים כפעולה של צריכה ייחודית, המבוססת על אמון ועל קשר שהוגדר כ'מערכת יחסים' עם החקלאים המוכרים (Lyon et al. 2009).

ואמנם, רבים מהקונים בשוקי איכרים הם מי שהוגדרו כ"צרכנים מודעים" העושים את החיבור בין צריכת מזון בריא לבין קיצור הדרך שעושה המזון מהשדה עד לצלחת. בשנים האחרונות, בד בבד עם התגברות המודעות לתזונה בריאה, נכנסו לשיקולי הצרכן המודע גם פרמטרים עקיפים של סביבה, הנוגעים לדרך שעשה מזונו. הצרכן המודע יתייחס למזון שיצר כבריא יותר ככל שדרך זו תתקצר ותהיה חופשייה ממתווכים (Wolf, Spittler, and Ahern 2005).

עובדה זו נכונה גם לאופן שבו המזון גודל, נקטף, נארז ושונע. ככל שהדרך קצרה יותר ופחות גורמים היו שותפים להעברתו, כך יתייחס הלקוח המודע לתוצרת הנמכרת כאיכותית יותר. שוק האיכרים הוא מודל כלכלי המקצר את שרשרת אספקת המזון ומקטין את טביעת הרגל האקולוגית של תוצרתו, לעומת מכולות שכונתיות, חנויות לממכר תוצרת אורגנית ורשתות שיווק מזון גדולות.

האיכר-חקלאי הוא הספק המשנע בעצמו את התוצרת ובכך מקטין את מספר הגורמים המעורבים ומקצר את הזמן הנדרש לצורך פעולת האיסוף, המיון, האגירה, האריזה והמכירה. השיווק נעשה לרוב בדוכן אשר בשוק האיכרים עצמו, ובכך נחסכות גם עלויות הפרסום והשיווק. באמצעים אלה יכול החקלאי להתחייב לספק את התוצרת בעלת שרשרת יצור המזון הקצרה ביותר האפשרית (Besik and Nagurney 2017).

בצד זאת, במחקר השוואתי שבחן תפיסות של קיימות וצדק חברתי לעומת ערכים קפטליסטים בקרב הקונים והעובדים בשוקי איכרים, נמצא כי קיים מתח מתמיד בין האסטרטגיה הכלכלית הקפטליסטית לבין סוגיות של קיימות וצדק חברתי המשויות לתפיסות של שיוויון. רוב הנשאלים בקרב הקונים הדגישו את החשיבות האתית בשוקי איכרים על פני המניעים הכלכליים. וכך, גישה קמעונאית המבוססת על הצורך של החקלאים והספקים בפרנסה, מתנגשים לעיתים עם המטרה של קידום ערכים של צדק חברתי וחיבה שוויונית סביבתית המאפיינת שוקי איכרים. התנגשות זו ביכולתה להכשיל ארגונים בעלי אג'נדות חברתיות, שלא למטרת רווח, שחלק מפועלם הוא הקמת שוקי איכרים (Alkon 2008).

מכאן ניתן להסיק שאחד האתגרים הציבוריים הגדולים בכל הקשור לשוקי האיכרים, הוא קירוב אוכלוסיות מוחלשות אשר אינן עונות להגדרה של "צרכנים מודעים", אשר צימצום דמי התיווך והוזלת מחירים של פירות וירקות יועיל להן במיוחד.

1.5 קירוב אוכלוסיות מוחלשות לשוקי איכרים

כאמור, לשוקי איכרים חשיבות קהילתית ובריאותית רבה. הם תורמים לבריאות חברי הקהילה ולפרנסת החקלאים הקטנים. אך למרות ההכרה בערכם הרב ובהשפעתם הברורה, מחקרים מראים כי יש צורך באסטרטגיות לקיום השווקים בקרב אוכלוסיות מעוטות יכולת (Young et al. 2011).

שוקי איכרים כמודל לרכישת אוכל בריא נמצאו כתורם משמעותית להסרת המחסום הכלכלי בצריכת פירות וירקות בקרב אוכלוסיות מעוטות יכולת. אך ניסיון שנעשה לאפיין את האוכלוסייה

הממוצעת האמריקאית הצורכת באופן קבוע בשוקי איכרים העלה כי מרבית הקונים בשוקי איכרים 88% הם ממעמד סוציו-אקונומי בינוני-גבוה ובעלי השכלה גבוהה (קולג' ומעלה). מרביתם בגילאי 35-54, 77% אינם ממוצא לטיני, ילידי-אמריקאי או אפריקאים-אמריקאים. מכאן עולה כמובן הצורך להנגיש ולקרב את שוקי האיכרים לאוכלוסיות שאינן קונות בהם באופן טבעי (Martinez et al. 2010) (ועל כך יורחב בפרק 3 בנושא תמריצים).

במחקר שבחן את שוק האיכרים כמודל המעודד צריכת מזון בריא וטרי נמנו המכשולים המונעים מאוכלוסיות מעוטות יכולת לצרוך את מזונם באופן קבוע בשוקי איכרים, אפילו בכאלה הנמצאים באזור מגוריהם. נמצא כי מחירי התוצרת החקלאית אינם מהווים מחסום, מאחר ששוקי איכרים נתפסים כחלופה זולה ביחס למרכולים ולמכולות. לעומת זאת, הופעתו של השוק בימים ובשעות ספציפיות מהווה מכשול. מתן אנפורמציה שוטפת ופרסום של מיקום, ימים ושעות פעילות, יוכל להסיר מכשול זה (Jilcott Pitts et al. 2017).

מכשול נוסף הוא חוסר היכולת של שוק איכרים לספק את כל צורכי משק הבית במהלך רכישה אחד. במחקר שנערך בקרב צרכנים בשוקי איכרים באזורים שתוארו כשכונות של מעמד סוציו-אקונומי נמוך, מנו משתתפי הסקר שעליו מבוסס המחקר את הסיבות לקנייה בשוק איכרים: תוצרת איכותית, מיקום נוח ואינטראקציה חברתית.

אותם מרואיינים מנו את הסיבות שלא לקנות בשוקי איכרים: מחסור במידע וחוסר היכולת לרכוש במקום אחד את כל מה שנדרש למשק הבית והצורך בהשלמת הקניה במקום אחר, היות שהשוק מציע רק פירות וירקות עונתיים, וההיצע איננו אחיד (Aucoin and Fry 2015).

אך עוד קודם לכן, המכשול העיקרי הוא העדרם של שוקים כאלה משכונות מוחלשות. מחקר מראה כי הסבירות להקמת חנויות או שוקי איכרים המוכרים תוצרת מגוונת ובריאה יותר מאשר ברשתות המזון הגדולות הולכת וקטנה בשכונות מוחלשות: ככל שההכנסה הממוצעת של אוכלוסיית השכונה יורדת כך יורדת הסבירות להימצאות שוק איכרים בקרבת מקום (Mack and Tong 2015).

מחקר שנעשה ע"י מכון המחקר לסוציולוגיה וכלכלה של אוניברסיטת קולומביה בניו יורק בשיתוף עם ארגון PPS (2013) הוצג בפני פורום מנהלי שוקי איכרים, קובעי מדיניות ומובילים קהילתיים. במחקר התייחסות לאופן שבו נכון לאפיין וליעל את מודל שוק האיכרים בעיר, כדי לשפר את הנגשתו לקבוצות באוכלוסייה המוגדרות "מוחלשות", איסוף המידע התבסס על סקרים וקבוצות מיקוד. המאמר המתאר את ההצעות מציין מספר נקודות להתייחסות בשלב תכנון שוק האיכרים כך שיהווה מוקד משיכה לאוכלוסיות מוחלשות (Project for Public Spaces 2013):

- מיקומו של שוק האיכרים יהיה באזור הנראה לעין בסמיכות לפונקציות מסחריות וציבוריות נוספות כגון בנקים, בתי ספר, פארקים, גני שעשועים ואף סופרמרקטים, כדי לאפשר קנייה מקיפה.
- ההגעה והגישה אל השוק יהיו נוחים מבחינת מקומות חניה, צירי תנועה לכלי רכב, אופניים, הולכי רגל ותחבורה ציבורית.
- ההשתלבות במרקם הסביבתי-קהילתי תהיה כך שתיתן גם מענה לפונקציות של תרבות ופנאי כגון הופעות והדגמות בישול, ירידי בריאות ופעולות המעודדות פעילות קהילתית. התכנון יהיה מבוסס על היכרות עם הקונים ולמידת הרגלי הצריכה הספציפיים של אוכלוסיית היעד וההכנסה החודשית ותדירות הקנייה של אוכלוסיית היעד, בכדי להבטיח שוק יציב יותר ותנודתי פחות.

- המאמר מסכם בהמלצה לערוך מעת לעת סקרים בשווקים קיימים, תוך התמקדות בהרגלי הצריכה הספציפיים בכל שוק בכדי לייעל את הגישה של אוכלוסיות היעד (Francis and Griffith 2011).

במחקר שסקר את הרגלי התזונה של אוכלוסיות ממעמד סוציו-אקונומי נמוך בארה"ב, הנמצאות בקבוצות סיכון לחלות בסוכרת, נמצא כי תזונתם מתבססת בעיקר על מזון מעובד ברובו, בעל ערכים תזונתיים נמוכים, וצריכתו הגבוהה נעוצה במחירו הנמוך. המאמר מסיק בין השאר, שנדרשת הנגשה פיזית של שוקי איכרים והחדרתם הפיזית תכנונית אל תוך השכונות המוגדרות כשכונות מוחלשות (Bryce et al. 2017).

לסיכום פרק זה, לשוק האיכרים איפיונים מרחביים פיזיים ומהותיים, הוא איננו מודל כלכלי במובן המקובל. ניתן למקם אותו במרקם האורבני באופן שישפר את נגישותו לאוכלוסיות מגוונות ואופן תכנונו והפעילויות שיכלול יוכלו לשרת את ציבורו בהיבטים חברתיים, תרבותיים ובריאותיים.

2. שווקי איכרים וצריכת פירות וירקות

2.1 שווקי איכרים והקשר לצריכה של פירות וירקות

ישנם פערים שונים בין אוכלוסיות שונות בסביבת המזון ולבין גישתם לתוצרי מזון טריים ובריאים. במחקר שנערך בקרב אוכלוסיה של מהגרים לטינים בארה"ב קליפורניה, כאשר שמו דגש על סביבת המזון, נמצאו שמונה גורמים המהווים מחסום לתזונה בריאה: (1) עלות המזון לעומת ההכנסה (מזון בריא יקר יותר ממזון מתחרה שאינו בריא), (2) תשתית תחבורה לא נאותה לעודפי ומחסי מזון, (3) שפה, (4) סטיגמה, (5) מצב ההגירה, (6) לא מספיק סיוע רשמי ולא רשמי במזון, (7) תנאי עבודה, (8) צרכים בסיסיים מתחרים ואילוץ עוני. כאשר, מבחינת המשתתפים, המחסום הגדול ביותר לתזונה בריאה היה המחיר הגבוה של המזון הבריא. מזאת, ניתן להסיק, ולפי מסקנות החוקרים, המחסומים לצריכת מזון בריא הם יותר מבניים ופחות התנהגותיים. כך, אותה משפחה ענייה, עקב מציאות חייה, צריכה לבחור בין תזונה בריאה לבין צרכים בסיסיים אחרים כמו דיו, תחבורה וכן הלאה (Chaufana, Constantino & Davis, 2012).

כך, במחקר שנערך בארה"ב, נמצא כי שווקי איכרים עשויים לעזור בעלייה של נגישות לפירות וירקות בקרב אוכלוסיות פגיעות. במחקר נבחנה האפקטיביות של שווקי איכרים בהפחתת מחסומים נתפסים ובשיפור צריכת מזון בקרב אוכלוסיות עירוניות מעוטות יכולת אשר בעלות גישה מוגבלת לסופר מרקטים גדולים. למרות שהשינוי בצריכת פירות וירקות היה מוגבל, הקמת שוק איכרים קושרה לירידה בתפיסה של חסמי גישה וזמינות של פירות וירקות (Spalding, Czarnecki, Hallman & Fitzgerald, 2012). כלומר, גישה לא הוגנת למזון בריא היא מנגנון אחד שבאמצעותו גורמים סוציו-אקונומיים משפיעים על התזונה ועל הבריאות של האוכלוסייה. כאשר ההכנסה יורדת, מזונות עתירי אנרגיה אשר דלים בויטמינים הפוכים להיות הדרך הטובה ביותר לספק קלוריות יומיות במחיר סביר. זאת, לעומת קבוצות אמידות יותר אשר בעלות יכולת לרכוש מזונות עשירים, באיכות גבוהה יותר ובמחיר גבוה יותר (Drewnowski, 2009).

בנוסף, נמצא כי ישנם מכשולים שונים בגישה לשוקי האיכרים, כאשר חלק מבין המכשולים הם; בעלות על רכב, גישה לתחבורה ציבורית, מכשולים להולכי רגל (פשע ובטחון תחבורתי רעוע). כל אלו בעלי פוטנציאל להעצמה של הפערים בגישה למזון קמעונאי. כלומר, המרחק הפיזי מהשוק מזון והביטחון הסביבתי בשכונה מהווים נטל ומכשול לתזונה בריאה ועלולים לכווץ את הסביבה הקמעונאית הנגישה לאותם פרטים. כך, באזורים בהם הגישה למוצרי מזון טריים ובריאים רחוקה, כלומר, הגישה למזון בריא מוגבלת, בתי האב צריכים להוציא יותר זמן וכסף כדי לצרוך תזונה מזינה ובריאה. לכן, בתי אב מוגבלי משאבים עלולים להחליף תזונה בריאה בתזונה שאינה בריאה (Bader, Purciel, Yousefzadeh & Neckerman, 2010). כלומר, בשכונות בהן האוכלוסייה ממעמד סוציו אקונומי נמוך, קיומו של שוק איכרים מהווה פוטנציאל להפחתת פערים בנגישות למזון מזין ובריא ואף מאפשר לאותה אוכלוסייה להמיר תזונה שאינה בריאה בתזונה בריאה. זאת, במידה והשוק נגיש פיזית לאותה אוכלוסיה והגישה אל השוק נתפסת כבטוחה. כלומר, גישה למזון מזין וזול חיונית להרגלי תזונה טובים (Sadler, Gilliland & Arku, 2011).

הקשר החיובי בין שווקי איכרים לבין צריכה של פירות וירקות בוסס על ידי מחקרים רבים ובאוכלוסיות שונות. כך, במחקר אשר נערך בארה"ב, נמצא כי אחוזים גבוהים של נשים אשר קונות בשווקי איכרים צרכו כחמש או יותר פירות וירקות ליום בהשוואה לאלו שלא רוכשות בשווקי איכרים. מסקנת החוקרים היא שאלו הרוכשות בשווקי איכרים היו בעלות סיכוי גבוה יותר לצרוך חמישה או יותר מנות של פירות וירקות על בסיס יומי (Jilcott Pitts et al. 2013). במחקר נוסף אשר בדק קשר בין שימוש בשווקי איכרים לבין צריכת פירות וירקות באוכלוסיות כפריות שונות בארה"ב, נמצא קשר חיובי בין צריכה של פירות וירקות לבין שימוש בשווקי איכרים. זאת, כאשר, במוצע 50% לערך מבין המשתתפים ציינו כי הם קונים לפחות כפעם בשבוע בשווקי איכרים (Jilcott)

(Pitts et al. 2014). כך, אלו המבקרים בשוקי איכרים למעשה צורכים יותר מנות של פירות וירקות מאלו אשר ממעטים לפקוד את השוק ואף מגיעים להמלצה הרשמית של צריכת 5 מנות פרי ביום (Wang et al. 2014).

מחקר נוסף, שנערך באלבמה, ארה"ב, מצא כי ההשפעה של שימוש בשווקי איכרים ודוכני מזון לצד הדרך מעלה את הצריכה של פירות וירקות, לפחות ל- 5 מנות יומיות ומעלה (Singleton et al. 2014). בנוסף, במחקר שבדק את הקשר בין תדירות הביקור בשווקי איכרים לבין צריכת פירות בארה"ב, נמצא כי נבדקים אשר ציינו כי הם קונים בשווקי איכרים מספר מועט של פעמים בשנה, דיווחו כי הם צורכים 4.4 מנות יומיות של פירות וירקות. זאת, לעומת, נבדקים אשר ציינו כי הם קונים בשווקי איכרים פעמיים בשבוע או יותר ודיווחו כי הם צורכים 5.5 מנות יומיות של פירות וירקות (Jilcott Pitts et al. 2017). כלומר, ניתן להסיק כי ככל שתדירות הביקורים בשוק האיכרים עולה, כך גם תעלה הצריכה היומית של פירות וירקות. למעשה, ההגעה והביקורים בשווקי האיכרים בעלי פוטנציאל להעלות את צריכת הפירות והירקות ומסייעים בתזונה איכותית ועשירה יותר באוכלוסיות מעוטות יכולת.

מכל הנאמר לעיל, ועל פי המחקרים השונים אשר בחנו את הקשר בין פירות וירקות, ניתן לראות כי קיימים פערים בין אוכלוסיות ממצב סוציו אקונומי נמוך לבין אוכלוסיות ממעמד גבוה יותר בהקשר לצריכת פירות וירקות. הפערים נמצאים בנגישות לפירות וירקות, בתפיסות לגבי הצריכה של פירות וירקות וכמובן ביחס ליכולת הכלכלית לצרוך פירות וירקות ומזון בריא. ניתן להסיק שכאשר מנגישים שווקי איכרים לאוכלוסיות מוחלשות, ומצמצמים פערי תיווך, ההנגשה והקיום של השוק למעשה מבטלים מחסומים נתפסים של צריכת פירות וירקות. בנוסף לכך, קיומו של השוק, במתכונת מאפשרת ונגישה, מעלה את תדירות הביקור בשוק וכן את צריכת הפירות והירקות, גם באוכלוסיות מוחלשות מעוטות יכולת. כלומר, הקמת שוק איכרים באוכלוסיות מוחלשות מהווה פוטנציאל לצמצום פערים בתזונה בריאה.

2.2 יתרונות של צריכת פירות וירקות

תוצרי לוואי חמצוניים של מטבוליזם תקין עלולים לגרום לנזק רב לדנ"א, לחלבון ולשומנים. נזק זה הוא תורם עיקרי להזדקנות ולמחלות ניוון של הזדקנות כגון סרטן, מחלות לב וכלי דם, ירידה במערכת החיסונית, תפקוד לקוי של המוח וקטרקט. נוגדני חמצון הוא שם קולקטיבי עבור מיקרונוטריינטים, ויטמינים, מינרלים, קרוטנואידים ופוליפנולים המגנים על הגוף מפני רדיקלים חופשיים מזיקים. נוגדי חמצון גוזרים רדיקלים חופשיים מתאי הגוף, מונעים ומצמצמים את הנזק שנגרם על ידי חמצון. לכן, צריכת מזון נמוכה של פירות וירקות, העשירים בנוגדני חמצון, מכפילה את הסיכון של רוב סוגי הסרטן, מחלות לב וקטרקט (Gotmare, 2015).

לכן, פירות וירקות מקודמים בכל העולם כבריאים, כאשר הקווים המנחים לדיאטה בשנת 2010 עבור אמריקאים הם לצרוך פירות וירקות כ- מחצית מהצלחת. פירות וירקות כוללים קבוצה מגוונת של מזונות צמחיים המשתנים בצורה מהותית מבחינת התוכן של האנרגיה והחומרים המזינים הנמצאים בהם. בנוסף, פירות וירקות מספקים סיבים תזונתיים וצריכת סיבים מקושרת לשכיחות נמוכה יותר של מחלות לב וכלי דם, והשמנת יתר. פירות וירקות אף מהווים מקור לויטמינים שונים (בעיקר C ו- A), מינרלים לתזונה (במיוחד אלקטרוליטים) ואף מקורות לפיטוכימיקלים, אשר מתפקדים כנוגדני חמצון, פיט ואסטרוגנים, סוכנים אנטי דלקתיים ומנגנונים אחרים המגנים על הגוף ותאייו. זאת, כאשר, בפירות וירקות קיים שוני רב מבחינת תוכן חומרי ההזנה ולכן האפקט הפיזיולוגי שונה בצריכה של פירות וירקות שונים. נהוג לחלק את הפירות והירקות לקבוצות צבע שונות, כאשר כל קבוצת צבע מכילה חומרי הזנה שונים המועילים לגוף האדם. לכן, הדעה הרווחת בהמלצה על צריכת פירות וירקות מתבססת בעיקר על התכונות התועלתיות שלהם לנו (Slavin 2012).

כאמור, תזונה נכונה נתפסת כהתנהגות חשובה למניעה ושליטה במחלות כרוניות. המכון לרפואה (IOM) מדווח כי 4 מתוך 10 הסיבות לתמותה קשורים לתזונה. כאשר, התערבויות תזונתיות התמקדו על הפחתת צריכת קלוריות, מיתון צריכת נתרן, העלאת צריכה של פירות וירקות והפחתת צריכת שומן רווי. כאשר, הצריכה המומלצת היא של לפחות 5 מנות (מנה מוגדרת כ- 100 גרם או כוס פרי/ירק) פירות וירקות ביום לאדם מקבוצות צבע שונות (Ma'at, Owens & Hughes, 2002).

מוערך כי בשנת 2013, בין 5.6 ל 7.8 מיליון בני אדם נפטרו בטרם עת בעולם כולו מסיבות שיכולות להיות מיוחסות לצריכת פירות וירקות מתחת ל 500 ו 800 גרם ליום. כלומר, נמצא קשר הפוך בין הצריכה של תפוחים ואגסים, פירות הדר, עלים ירוקים, ירקות ממשפחת הכרובים וסלטים לבין מחלות כלי דם ותמותה כללית. נמצא אף כי ישנו קשר הפוך בין הצריכה של ירקות צהובים-ירוקים וממשפחת הכרובים לבין סיכון כללי לסרטן. מכל אלו ניתן להסיק שצריכת פירות וירקות מקושרת לסיכון נמוך יותר למחלות לב, סוגי סרטן שונים וסיבות רבות למוות (Jilcott Pitts et al. 2013). נתון מפתיע אשר נמצא במחקר שנערך באוסטרליה הוא שאף צריכה של פירות שאינם טריים מסייעת במידה מסוימת בשיפור התזונה בילדים ומבוגרים. במחקר על פרטים הצורכים שימורי פירות וירקות על בסיס יומי לעומת כאלו שאינם צורכים, נמצא כי למרות שרמות הסוכר והנתרן היו מתואמות בין הצרכנים ללא צרכנים, צרכנים ילדים צרכו יותר אנרגיה מותאמת חלבון, ויטמין אי, סידן ומגנזיום. כלומר, המסקנות מהתוצאות הן שאכילת פירות וירקות הייתה קשורה עם צריכה גבוהה יותר של חומרים מזינים, תזונה באיכות גבוהה יותר ופחות השמנה ולחץ דם (Freedman & Fulgoni, 2016).

אמנם התועלות שבצריכת פירות וירקות תועדו במחקרים רבים, שאריות חומרי הדברה בתוצרת החקלאית מהווים דאגה ציבורית לבריאות הציבור. במחקר שנערך בקנדה, ניסו להעריך את הסיכונים והתועלות המקושרים עם צריכה כרונית של פירות וירקות המכילים שאריות חומרי הדברה. ממסקנות המחקר עולה כי הסיכונים הבריאותיים הכרוניים שנבדקו, כגון סרטן, היו נמוכים ואילו התועלות הבריאותיות של צריכת פירות וירקות עולות בהרבה על הסיכונים הנגרמים מהרכיבים הפעילים בחומרי הדברה. אולם, הסיכון המוערך איננו שולי ונשארה אי בהירות לגבי הנושא. לכן, ההפחתה של צריכת חומרים פעילים מפירות וירקות אשר הוכחו כגורמי סיכון מסרטנים ולא מסרטנים, בעוד ששומרים על כמות ומגוון של פירות וירקות בתזונה היא המצב הרצוי (Valcke et al. 2017).

במחקרים רבים נבחנה ההשפעה של צריכת פירות וירקות יחידו. למרות שהתועלת בתזונה הכוללת ירקות וסיבים תזונתיים נידונה בהרחבה בספרות המדעית, במחקר ארוך טווח שבחן נשים הסובלות ממשקל יתר, באופן מפתיע נמצא כי צריכה גבוהה יותר של ירקות קושרה עם עלייה גבוהה יותר במשקל. אולם, עולה מתוצאות המחקר כי צריכה בסיסית גבוה יותר של פירות, ולא ירקות או סיבים תזונתיים, על ידי נשים מבוגרות (מעל 45) הבעלות מדדי בי אם אי תקינים, בתחילת המחקר, מקושרת עם סיכון נמוך יותר למשקל יתר או השמנת יתר בעתיד (Rautiainen et al. 2015). בנוסף, נמצא כי צריכה גבוהה של פירות וירקות מקושרת בצורה עצמאית לצפיפות עצמות ולאחוזים נמוכים יותר של אוסטיאופורוזיס בנבדקים סיניים בעלי משקל נמוך בגיל העמידה. בעוד שצריכת הפירות נוטה להיות בעלת תרומה גבוהה יותר לקשר החיובי מאשר לירקות (Qiu et al. 2017).

באופן מפתיע, לפי הספרות המחקרית, מסתבר, שמעבר לתועלות הפיזיות, לתזונה העשירה בפירות וירקות, ישנו אפקט פסיכולוגי מועיל לאדם. במחקר שבדק את הקשר בין צריכה של פירות וירקות לבין רווחה נפשית ואושר, נמצא קשר חיובי בין העלאת צריכה של פירות וירקות לבין רמות אושר גבוהות יותר, סיפוק מהחיים ורווחה פסיכולוגית. המחקר מציע כי המוטיבציה לצריכת פירות וירקות מוחלשת עקב העובדה שההשפעה הפיזיולוגית של צריכת פירות וירקות מורגשת לאחר תקופה ארוכה, אבל כאשר השיפור הוא קצר טווח בפן הפסיכולוגי הדבר עלול להעלות את

המוטיבציה לצריכת פירות וירקות. כלומר, המוטיבציה של אנשים לאכול מזון בריא נחלשת על ידי העובדה כי היתרונות הבריאותיים הפיסיים מכך עשויים לקחת שנים, אבל שיפור הרווחה הפסיכולוגית מן הצריכה הגוברת של פירות וירקות קרובים יותר מיידית (Mujcic & Oswald, 2016). מחקר נוסף שבחן בצעירים בוגרים (ממוצע גילאי 19) האם צריכת פירות וירקות מקושרת עם מאפיינים אחרים חוץ מאשר וסיפוק מהחיים, מצא כי צריכת פירות וירקות מנבאת יותר שלוה אודינומית (מצב של סיפוק מלהיות מאושר, בריא ומשגשג), סקרנות ויצירתיות. צעירים בוגרים אשר אכלו יותר פירות וירקות דיווחו על רמות גבוהות יותר של שלוה אודינומית, יותר רגשות חזקים של סקרנות ויותר יצירתיות בהשוואה לאלו שאכלו פחות פירות וירקות. צריכה של פירות וירקות אף ניבאה אפקט חיובי גבוה יותר אצל הנבדקים. כלומר, המאמר מספק הוכחה לכך שצריכת פירות וירקות עשויה להיות קשורה למגוון רחב של מצבי רווחה שונים המעידים על פריחה אנושית בבגרות המוקדמת (Conner, Brookie, Richardson & Polak, 2015).

2.3 הקשר בין פירות וירקות למדדי BMI

מדד מסת הגוף (BMI – body mass index), הוא מדד אשר מעריך את משקלו של האדם על פי הדרגות הבאות: תת-משקל, משקל תקין, עודף משקל והשמנה. ה-BMI מחושב באמצעות משקלם וגובהם של הנבדקים לפי הנוסחה: המשקל בקילוגרמים חלקי הגובה במטרים בריבוע (Katz, 2013). על פי מדידה זו נהוג לחלק את הנבדקים לארבע רמות: תת-משקל (ציון נמוך מ-18.5), משקל תקין (ציון בין 18.5 ל-25), עודף משקל (ציון בין 25 ל-30), והשמנת יתר (ציון בין 30 ל-40) (Stokes, 2011). בתחילת שנות ה-80 מדד זה אומץ כתקן רפואי למדידת השמנה. בשנות ה-90 נקבע מדד מסת הגוף כתקן הבינלאומי בתחום, שגם ארגון הבריאות העולמי (WHO) משתמש בו. כיום הוא משמש כמדד המרכזי והפופולארי ביותר לחישוב השמנה, בו רופאים נעזרים כדי לזהות אנשים הסובלים מעודף משקל או מתת-משקל (ויקיפדיה מדד מסת הגוף, 2018).

הקשר בין צריכה גבוהה של פירות וירקות לבין מדדי BMI נמוכים הוצג על ידי מחקרים רבים וקיים באוכלוסיות שונות. כאמור, בסקר שנערך בארה"ב והשווה בין 7 העיירות בעלות הממוצע הגבוה ביותר של BMI, לעומת 7 עיירות בעלות ממוצע BMI הנמוך ביותר בקליפורניה, נמצא כי הנבדקים בעיירות בעלות הממוצע הנמוך ביותר צרכו בצורה משמעותית יותר פירות וירקות בהשוואה לנבדקים מהמדינות עם ממוצעי BMI הגבוהים ביותר (Goss & Grubbs, 2005). בנוסף, מחקר אשר בחן צריכת פירות וירקות והקשר למדדי BMI בארה"ב וצרפת, מצא כי בהתאמה לתדירות צריכת הפירות והירקות, לאלו הצורכים יותר פירות וירקות ישנו ממוצע BMI נמוך יותר. כאשר גיל, BMI וסטטוס השכלתי מקושרים בצורה חזקה עם תדירות הצריכה (Tamers, Agurs-Collins, 2009). כמו כן, נמצא קשר הפוך בין צריכת פירות וירקות לבין מדדי BMI בקרב סטודנטים. כלומר, נמצא כי צריכה גבוהה של פירות וירקות מקושרת עם מדדי BMI נמוכים, כאשר, באוכלוסיה אסיאתית הקשר חזק יותר בין BMI נמוך לבין צריכה גבוהה של פירות וירקות (Tam, Xi, Chan & Gouzoubachian, 2017). אף באוכלוסיה אמריקאית ממוצא פיליפיני נמצא קשר שלילי בין צריכה של פירות וירקות לבין מדדי BMI (Seráfica, Ceria-Ulep & Lane, 2015), ובקרב ילדים באתיופיה נמצא כי צריכה נמוכה של פירות וירקות היוותה מנבא משמעותי המקושר עם משקל יתר והשמנת יתר (Mekonnen, Tariku, Abebe, 2018).

אחד הקמפיינים התזונתיים הגדולים בעשור האחרון מפציר באמריקנים לצרוך יותר פירות וירקות מבחינת כמות ומגוון. בעקבות כך, מחקר שבדק את הקשר בין צריכת פירות וירקות לבין מדדי BMI, רצה לבחון האם אנשים בעלי משקל עודף אוכלים בצורה שונה מאנשים רזים? האם אלו בעלי משקל יתר בוחרים מזונות שונים או צורכים כמויות גדולות יותר של אוכל, או שניהם? החוקרים מצאו קשר הפוך בין צריכה של פירות בלבד לבין מדדי BMI אצל ילדים בוגרים ומבוגרים, אלו שאוכלים יותר מנות של פירות על בסיס יומי בעלי מדדי BMI נמוכים יותר. באופן מפתיע לא

נמצא קשר עקבי בין צריכה של ירקות לבין BMI, במיוחד אצל ילדים (Lin & Morrison, 2017). יכול להיות שהקשר בין צריכת ירקות לבין מדדי BMI סוכל על ידי האופן בו אנשים צורכים ירקות. כלומר, ניתן לצרוך ירקות בצורתן הגולמית, לאחר טיגון בשמן או אף בשילוב עם רטבים או שמנים אחרים. בסלט לדוגמה, כאשר מוסיפים רטבים ושמנים למעשה מבטלים את אפקט מועט הקלוריות שיש בצריכת הירקות. מעבר לכך, ככל הנראה הסיבה לקשר בין צריכת פירות בלבד לבין מדדי BMI נמוכים עלולה להיות מיוחסת לכך שאנשים צורכים פירות כתחליף לקינוח או כתחליף למזונות מתוקים אחרים בעלי ערך קלורי גבוה בהרבה. כך, נמצא כי בסיס של צריכת פירות בלבד, על ידי נשים בגיל העמידה ונשים מבוגרות, בעלות מדדי BMI תקינים מקושר עם סיכון נמוך יותר להשמנת יתר או עודף משקל (Rautiainen et al. 2015).

העדפת מזון משחקת תפקיד מרכזי בבחירת המזון והצריכה שלו. במחקר שנערך בקרב ילדים שחורים ממשפחות בעלות הכנסה נמוכה בארה"ב, נמצא קשר שלילי בין העדפה של פירות או ירקות לבין מדדי BMI. ילדים אשר דיווחו על העדפה נמוכה מאוד לפירות וירקות היו בסיכון של פי 5.5 להיות בעלי עודף משקל או בסיכון לעודף משקל בהשוואה לילדים אשר דיווחו על העדפה גבוהה לפירות וירקות. מאמינים שההעדפה לסוגי מזון שונים מתבססת בשלב מוקדם בחיים, כלומר, בילדות המוקדמת, ולכן צריך לקדם חינוך לתזונה בריאה מגיל גן כדי להפחית סיכון להשמנה אצל ילדים (Lakkakula, Zanovec, Silverman, Murphy & Tuuri, 2008).

אכן, ישנם מחקרים אשר מצאו קשר בין צריכה של פירות וירקות אצל ילדים לבין מדדי BMI, אולם מחקרים אחרים מציגים ממצאים אשר מטילים ספק בכך ואף סותרים זאת. במחקר ארוך טווח שנערך בקרב 1252 ילדים בגיל 6, ושוב כאשר היו בני 10, נמצא כי עלייה במדדי ה-BMI נוטה להיות לא משמעותית, באלו אשר צורכים יותר פירות בהשוואה לילדים אחרים. נטייה הפוכה, אך גם לא משמעותית, נצפתה בצריכה של ירקות ועלייה ב-BMI (Bayer, Nehring, Bolte & Von Kries, 2014). מחקר נוסף אשר נערך בקרב כ-15 אלף ילדים בני 9-14 בארה"ב על ידי שאלונים לדיווח עצמי, לא מצא קשר בין צריכה של פירות וירקות למדדי BMI. כלומר, לטענת החוקרים, אומנם ההמלצות לצריכה של פירות וירקות מבוססות, אבל לא צריכה להסתמך על האפקט החיובי לוויסות המשקל (Field, Gillman, Rosner, Rockett & Colditz, 2003). בהתאם לכך, במחקר אחר שנערך בקרב ילדים המתגוררים באזור כפרי המאופיין בהכנסה נמוכה, נמצא כי צריכת פירות וירקות איננה קשורה למדדי BMI או גישה לפירות וירקות. אך נמצא כי, לעומת צריכה של פירות וירקות, פעילות פיזית והתנהגות ישיבה משפיעים על המשקל של ילדים בסביבה הכפרית (Daly, Foote & Wadsworth, 2017). יכול להיות שהסיבה לממצאים נעוצה בכך שבאזורים כפריים ישנה יותר חקלאות וכך גם אולי יותר מודעות ונגישות לצריכת פירות וירקות. לכן, ככל הנראה, הדבר המבדיל בין הילדים בעלי השמנת יתר לבין אלו שלא היא רמת הפעילות הסובייקטיבית של אותו הילד. כלומר, ילד אשר מנהל אורח חיים פעלתני ותנועתי יותר, ישתמש ביותר אנרגיה, ינהל אורח חיים עם יותר פעילות פיזית וכך גם יהיה בעל משקל נמוך יותר.

במחקר שבחן את האפקט המגן של הדיאטה הים תיכונית על השמנת יתר. כאשר, דיאטה ים תיכונית מייצגת הרגלי תזונה בריאים הכוללים צריכה גבוהה של פירות וירקות טריים, שימוש בשמן זית כמקור עיקרי לשומן, רמות גבוהות של סיבים תזונתיים, נוגדני חמצון, מגנזיום וחומצות שומן שאינן רוויות. בנוסף, הדיאטה הים תיכונית מאופיינת ברמות נמוכות של מזונות עתירי אנרגיה אשר עשויים להיות חשובים במיוחד במניעת עלייה במשקל. רמות גבוהות של סיבים תזונתיים, אשר נמצאים לרוב בפירות וירקות, הוכחו כתורמים לתחושת השובע באמצעות מנגנונים הגורמים ללעיסה ממושכת ועיכול איטי יותר (Schroder, 2007). כלומר, התזונה הים תיכונית אשר בעלת אפקט "משביע" של סיבים תזונתיים, צריכת פירות וירקות מרובה ומיעוט שימוש במזונות עתירי קלוריות ככל הנראה יכולה לשמש כדיאטה יעילה למלחמה במגפת ההשמנה.

כאמור, הקשר בין צריכת פירות וירקות ל-BMI בוסס בחלק מן המחקרים ובחלקם לא, יכול להיות שהסיבה לכך נעוצה בעובדה שכאשר התזונה היומית של האדם כוללת כמחצית פירות וירקות משמע שחצי מהתזונה בהכרח בעלת רמה קלורית נמוכה יותר בהשוואה למוצרי מזון מהיר ומעובד. כלומר, כאשר אדם ממעט לצרוך פירות וירקות, אשר הערך הקלורי שלהם נמוך יחסית למוצרי מזון מעובדים או מזון מהיר, התזונה שלו תכלול יותר קלוריות. זאת, לעומת אדם אשר מרבה לצרוך פירות וירקות וכך חלק נכבד מהארוחות ומהתזונה היומית יהיו ברמה קלורית נמוכה יותר אך ברמה מזינה יותר. זאת אומרת, יכול להיות שצריכת פירות וירקות אינה גורמת לירידה במשקל כתוצאה מקשר סיבתי, אלא ככל הנראה הם "תופסים את מקומם" של מזונות פחות מזינים ובריאים בכיבה אשר עתירי קלוריות וכך גם גורמים לירידה במשקל. עם זאת, ניתן גם להסיק כי במידה ואדם יצרוך ירקות בעלי ערך גליקמי גבוה בלבד או בתוספת רטבים עתירי קלוריות, אותו אדם עדיין יהיה בעל פוטנציאל למדדי BMI גבוהים. אכן, נמצא כי צריכה של פירות וירקות מהווה גורם מגן להשמנת יתר, כאשר, צריכה נכונה של פירות מותאמת עם ירידה במשקל וסיכון נמוך יותר להשמנת יתר (Machado, Feferbaum, & Leone, 2016) ואף עשויה להפחית את הסיכון בטווח הרחוק להשמנת יתר ועלייה במשקל בנשים בגיל העמידה (He et al. 2004).

2.4 השלכות בריאותיות של מדדי BMI גבוהים

המהפכה התעשייתית הביאה עימה, בין השאר, את התפתחות חברת השפע כאשר תהליך זה הועצם עוד יותר בעידן הגלובליזציה, מה שגרם לזמינות מזון גבוהה בעולם המערבי (גור, 2009). השמנת יתר היא מצב שבו אגירת יתר של שומנים בגוף מנבאת סיכון לבריאות הכללית של האדם והיא קשורה קשר הדוק לתחלואה לבבית, לסוכרת ולמחלות נוספות (WHO, 2018). בנוסף, היא פוגעת באיכות החיים באופן ישיר ובאופן עקיף על ידי תחלואה נלווית וישנו קשר ישיר בין עודף משקל בגיל צעיר לבין סיכון לעודף משקל בגיל מבוגר (הלמ"ס והמשרד להגנת הסיבה, 2016). לפי ממצאי הדוח הרשמי של התוכנית הלאומית למדדי איכות לרפואת הקהילה בישראל, שסקר את נתוני השמנת היתר בישראל בין השנים 2011-2013, השמנת יתר קשורה למרבית הבעיות הרפואיות השכיחות ביותר בחברה המערבית, כאשר, הטיפול בהן גובה עלויות גבוהות מאוד (משרד הבריאות ושות. 2016).

השמנת יתר היא מחלה מורכבת הנובעת מצריכת אנרגיה מוגברת וירידה בהוצאות האנרגיה. מערכת העיכול ממלאת תפקיד מפתח בפתוגנזה של ההשמנה ומאפשרת חוסר איזון קלורי. שינויים הורמונאליים במערכת העיכול ועיכוב של מנגנונים המצמצמים את צריכת הקלוריות עלולים לגרום לעלייה במשקל. לא ברור אם תפקוד מערכת העיכול בהשמנת יתר הוא סיבה או ההשפעה של מחלה זו. השמנת יתר קשורה לעיתים קרובות עם סכרת מסוג 2 ומחלות לב וכלי דם. היא אף קשורה גם עם הפרעות במערכת העיכול, אשר שכיחות יותר נוכח סכרת סוג 2 ומחלות לב וכלי הדם, מחלות כגון מחלת ריפלוקס גסטרו-זאופאגאלי, קוליליטיאיסיס או סטאטוספטיסיס הקשורות ישירות למשקל הגוף ולשאפת הבטן (Acosta & Camilleri 2014). בנוסף, הסיכון לחלות בסוכרת עולה בצורה מונוטונית עם עלייה ב-BMI (Conway et al. 2018) וחולים בסוכרת סוג 2 עם השמנת יתר יהיו בעלי אפשרויות רבות לתוצאה גרועה באיכות החיים ואף בסיכון גבוה יותר לסיבוכים בסוכרת (Linlin et al. 2017).

בנוסף, כאשר עולה השמנת היתר, תדירות הפרעות נשימה דום נשימה בשינה ותסמונת התנשמות יתר כתוצאה מההשמנה עולות גם כן. נמצא גם כי ריווי החמצן בדם הנמוך ביותר, מדד אפניאה היפופניאה (מדד ירידה בזרימת האוויר) וזמן שינה עם רוויית חמצן בדם מתחת ל 90% היו גורמים הקשורים לתסמונת פיקוויק, הפרעה המאופיינת בהשמנת-יתר, נשימה שטחית, ישנוניות בשעות היום, דום נשימה בשינה ואי-ספיקת לב (Pihltili, Bingöl & Kiyani, 2017). כאמור, תסמונת דום חסימה נשימתי בשינה (OSAS) היא פתולוגיה שכיחה עם תוצאות שליליות על מחלות מטבוליות וכלי דם ביחידים הסובלים מהשמנת יתר. מערכת היחסים בין השמנת יתר לבין OSAS היא

מורכבת, רב תכליתית ודו כיוונית המובילה להשפעה הדדית שלילית של שתי הפתולוגיות. המחקר מראה כי עוררות הקשורה לאירועי נשימה והמיקום במהלך השינה, במיוחד בחולים שמנים, מחריפים את התוצאות של OSAS (Pop et al. 2013).

גם תפקוד בלוטת התריס מתואר לעיתים קרובות כשונה בהשמנת יתר, עם זאת, לא ברור אם השתנות בתפקוד בלוטת התריס היא הגורם או התוצאה של עודף שומן. מצד שני, מבנה בלוטת התריס נראה מושפע גם כן מעודף שומן. אולם, נראה כי השינויים הפונקציונאליים והמבניים משתפרים לאחר ירידה במשקל (Longhi & Radett, 2013). כמו כן, נמצא קשר חיובי בין מדד BMI לבין רמות ממוצעות של הורמון מגרה תירואיד של בלוטת התריס, כאשר רמות ההורמון עלו בצורה משמעותית ומגמתית בהתאם למדד BMI גבוה, דבר המעיד על פעילות לא תקינה של בלוטת התריס (Al-Musa, 2017). בנוסף, נמצא כי משקל עודף ($BMI > 25$) מעלה את הרגישות לסרטן אפיתיליאלי ממין של בלוטת התריס (DTC) אצל נשים. הממצאים מצביעים שעודף משקל והסיכון ל DTC מקושרים עם צריכה גבוהה של חלבונים ופחמימות ביחס לצריכה המומלצת על ידי ארגון הבריאות העולמי (Marcello et al. 2012). כלומר, הקשר בין מדדי BMI גבוהים לבין תחלואה המקושרת לבלוטת התריס בוסס מחקרית, אולם, ככל הנראה, ניתן לטפל בתחלואה על ידי שינוי הרגלי תזונה, לתזונה בריאה יותר והפחתת משקל.

כיום, השמנת יתר בילדות היא אחת מבעיות הבריאות הגדולות ביותר במדינות המפותחות. השמנת יתר מובילה לשינויים מטבוליים מרובים אשר מגבירים את הסיכון לפתח מחלות שונות (Longhi & Radett, 2013). כאשר אלו המשויכות להשמנת יתר בקרב ילדים הן סוכרת נעורים, יתר לחץ דם, בעיות לב, הפרעות אורטופדיות ועוד. מעבר לפגיעה הפיזיולוגית ישנה גם פגיעה נפשית, כאשר, לעיתים קרובות ילדים שמנים הם בעלי דימוי עצמי נמוך ונאלצים להתמודד עם בעיות חברתיות כגון בדידות ועקב כך עלולים ללקות בדיכאון. ילדים אשר סובלים מהשמנה עלולים להיאלץ להתמודד גם עם הפרעות קשב וריכוז ובעיות למידה. אף נמצא כי השמנה בגיל ההתבגרות היא גורם המנבא תחלואה יותר מהשמנה בגיל המבוגר (הכנסת, 2009). כך, במחקר שנערך בקרב ילדים ונוער (גילאי 0-18) באוסטרליה, נמצא כי לילדים אשר סבלו מהשמנת יתר היו יותר גורמי סיכון קרדיו-מטבוליים וגורמי סיכון גבוהים יותר למחלות כבד שומניות שאינן נובעות מאלכוהול. אף נמצא, כי אותם ילדים חווים יותר תוצאות פסיכולוגיות שליליות כמו דיכאון, הערכה עצמית נמוכה והראו תוצאות נמוכות יותר של איכות חיים הקשורה לבריאות (Sanders, Han, Baker & Cobley, 2015).

BMI גבוה אף עשוי להיות אחראי לכ- 4% מכלל מקרי הסרטן. ברחבי העולם, כמעט 500,000 מקרי סרטן חדשים היו קשורים ב-BMI גבוה, כאשר הקשר שנצפה היה חזק יותר בנשים בהשוואה לגברים. מדינות מפותחות הציגו את השיעור הגבוה ביותר של מקרי הסרטן הקשורים ל-BMI גבוה. צפון אמריקה הייתה אחראית לכ-רבע מכלל המקרים הללו. סרטן שד בגיל העמידה, סרטן המעי הגס והרחם היו אחראים ליותר מ-60% מכלל הממאיריות הקשורות ב-BMI גבוה בנשים (Arnold et al. 2015). מחקרים נוספים הראו כי השמנת יתר קשורה גם לסיכון מוגבר לסוגים שונים של סרטן, כולל המעי הגס, השד, אנדומטריום, הכבד, הכליות, הוושט, הקיבה, הלב, כיס המרה, לוקמיה, והוא יכול גם להוביל לטיפול גרוע יותר, ויותר תמותה מסרטן (Vucenik & Stains, 2012).

באופן ספציפי, השמנת יתר בנשים עולה גלובלית ונמצאה קשורה בסיכון מוגבר לתוצאות הריון שליליות. השמנת יתר אף נרשמה ב-10.5% ממקרי המוות של האם, עם שיעור גבוה יותר של מקרי מוות עקב יתר לחץ דם בהריון (27.5%), הפרעות במחזור הדם / לב וכלי דם (13.0%) ובסוכרת (4.3%) לעומת 21.9%, 6.9% ו-2.6% בהתאמה אצל נשים לא שמנות (Kanguru et al. 2017). BMI גבוה לפני ההריון אף נמצא קשור בסיכון מוגבר למומי לב מולדים, טרנספוזיציה של כלי הדם הגדולים וחדר ימני עם מוצא כפול. למעשה, עודף משקל, השמנה חולנית מועטה

והשמנה חולנית חמורה הגבירו את הסיכוי למומי לב מולדים ב- 16%, 15% ו- 31% בהתאמה ובהשוואה למשקל תקין (Gilboa et al. 2010). חוקרים מבלגיה מצאו קשר משמעותי בין ה-BMI של האם לפני ההיריון ותוחלת החיים הצפויה של היילוד. נמצא קשר בין BMI טרום הריוני גבוה ואורך טלומר קצר המהווה סמן לתוחלת חיים קצרה יותר. בהשוואה לתינוקות שנולדו לאמהות עם BMI בטווח הנורמאלי, תינוקות לאמהות עם BMI גבוה היו "מבוגרים" יותר ברמה התאית. כאשר, התקצרות של זוגות הבסיסים באורך הטלומר שנצפתה בעוברים שוות ערך לאובדן של 1.1-1.6 שנות חיים, כמו גם עלייה בסיכון למחלות כרוניות כגון סוכרת סוג 2 ומחלות לב בגיל הבגרות (Martens, Plusquin, Gyselaers, De Vivo & Nawrot, 2016).

בנוסף להשפעות השליליות של עלייה במשקל והשמנת יתר אשר תוארו לעיל, מדדי BMI גבוהים אף נקשרו עם יותר אבחונים של דלקות פרקים וליקויים חמורים בפעילויות אינסטרומנטליות של חיי היום יום בקרב קשישים (Boateng, Adams, Boateng, Luginaah & Taabazuing, 2017). השמנת יתר מהווה אף גורם סיכון סטטיסטי לפסוריאזיס, כאשר BMI גבוה מ- 27 מעלה את הסיכוי לפסוריאזיס ב- 32%, BMI גבוה מ- 28 ל- 43% ו- BMI 30 או יותר מעלה את הסיכון לפסוריאזיס ב- 71% (Danielsen, Wilsgaard, Olsen & Furberg, 2017). אולם, לא הכול אבוד, מחקר שנערך במשך 40 שנה על ידי "לימודי בריאות האחיות" (NHS) בארה"ב, מדגיש את תפקידם של גורמים תזונתיים ואורח חיים בהשמנה, במיוחד משקאות ממותקים, איכות דיאטה ירודה, חוסר פעילות גופנית, זמן מסך ממושך, משך שינה קצר או עבודה במשמרות, ומאפיינים סביבתיים מובנים. מחקרים על אינטראקציות בין גנים לאורח חיים הראו כי גורמים גנטיים מטים מראש יחידים להשמנת יתר, אך ניתן להפחית רגישות זו על ידי בחירה באורח חיים בריא (Hruby et al. 2016).

2.5 סקירת המצב בארץ, מי אלו הסובלים מ BMI לא תקין

כיום, השמנה מתוארת כמגפה כלל עולמית המתפשטת באוכלוסייה המערבית, כאשר שיעור הימצאות של השמנה הוכפל מ- 15% לפני שלושים שנה לשליש מהאוכלוסייה המערבית המבוגרת כיום (Catenacci, Hill & Wyatt, 2009). לפי דוח ה-OECD "מבט על בריאות" 2017 אשר סקר את נתוני עודף המשקל והשמנת היתר, נמצא כי 54% מהמבוגרים במדינות ה-OECD הם בעלי עודף משקל (כולל השמנת יתר), כאשר מתוכם כ- 19% עם השמנת יתר (בלבד). בהונגריה, ניו זילנד, מקסיקו ובארצות הברית יותר מ-30% מהמבוגרים בעלי השמנת יתר. בהשוואה לכלל המדינות ב-OECD ישראל מדורגת במקום ה-15 מתוך 43 המדינות. לפי הדוח כ- 53% מהישראלים נמצאים בעודף משקל, מתוכם 17% במצב השמנת יתר (OECD, 2017). זאת, כאשר בישראל, בקרב בוגרים, הממוצע גבוה מהממוצע ב-OECD, הפערים המשמעותיים ביותר שנצפו הם על בסיס גיל (צעירים ומבוגרים), מין (נשים וגברים), ומצב חברתי כלכלי. עוד נמצא כי ברוב קבוצות הגיל, שיעור עודף המשקל והשמנת היתר גבוהים יותר באוכלוסייה הערבית בהשוואה לאוכלוסייה היהודית (משרד הבריאות ושות. 2016).

מתוך הכנס השנתי ה-11 למדיניות בריאות (תל אביב, 2015), אשר סקר את הימצאות השמנת יתר בקרב מבוגרים בישראל, נמצאו, כאמור, פערים בהשמנת יתר על בסיס גיל, כאשר, שיעור השמנת היתר עולה עם הגיל מ- 10.9% בקרב בני 20-24 ועד 32.7% בקרב בני 60-64. נתון זה, ככל הנראה, עלול להיות מוסבר בעקבות הבדלים בקצב חילוף החומרים בין האוכלוסייה הצעירה לאוכלוסייה הבוגרת. בנוסף, נמצאו הבדלים בין נשים לבין גברים, כאשר אצל נשים נמצא שיעור גבוה יותר של השמנת יתר 23.4% לעומת גברים 21.5%. הפער הגדול ביותר נמצא בין אוכלוסייה ממעמד חברתי כלכלי נמוך לבין יתר האוכלוסייה, כאשר, האחוזים כמעט כפולים אצל נשים ממעמד שונה, הפער בין גברים ממעמדות שונים עומד על כ- 150%. כך, אצל נשים במעמד חברתי כלכלי נמוך שיעור השמנת היתר עומד על 40.3% ואצל גברים 29.7%. ביתר האוכלוסייה שיעור השמנת היתר בקרב נשים עומד על 21.4% ובקרב גברים על 20.7%. פערים אלו בין מעמדות, גילאים

ומגדר היו נפוצים בכל שנות המעקב. בהתאם לממצאים, השיעור הגבוה ביותר של השמנת יתר נמדד בקרב נשים מבוגרות ממעמד חברתי כלכלי נמוך. נתונים אלה מאפשרים איתור אוכלוסיות בסיכון ומהווים בסיס לגיבוש תוכנית התערבות והמשך מעקב (משרד הבריאות ומלמ"ב, 2015).

לפי ממצאי הדוח הרשמי של התוכנית הלאומית למדדי איכות לרפואת הקהילה בישראל, שסקר את נתוני השמנת היתר בישראל בין השנים 2013-2015, עולה כי שיעור הימצאות של השמנת יתר בקרב בני 20-74 נשאר יחסית ללא שינוי, כאשר בשנת 2011 השיעור עמד על 24.6% ובשנת 2015 אף ירד ל 24.1%. שיעור הימצאות של עודף משקל בקרב בני 20-64 גם נשאר יחסית ללא שינוי, כאשר בשנת 2013 עמד על 34.1% ובשנת 2015 נשאר ללא שינוי 34.2% (משרד הבריאות, 2016). לפי הדוח של המרכז הלאומי לבקרת מחלות עולה נתון מפתיע בקרב האוכלוסייה הבוגרת (+65), כאשר המגמות מתהפכות ואצל גברים נמצאו אחוזים גבוהים יותר של עודף משקל 41% בהשוואה לנשים 30% עם ממוצע של 35.5%. שיעור השמנת היתר אצל נשים וגברים בקרב האוכלוסייה הבוגרת עומד על 15%, נתון נמוך ביחס לכלל האוכלוסייה (ICDC, 2012). אמנם באוכלוסיות שונות שיעורי השמנת היתר נשארו ללא שינוי אך ישנן תמורות מבחינת כיווני הפערים בין קבוצות גיל שונות.

בדוח הממשלתי הראשון למדדי איכות חיים נטען כי יש קשר ישיר בין עודף משקל בגיל צעיר לבין סיכון לעודף משקל בגיל מבוגר. כלומר, יש סבירות גבוהה לכך שילדים הסובלים מבעיות השמנה יתפתחו למבוגרים הסובלים מאותן בעיות. זאת, כאשר, כ-10%-20% מהפעוטות השמנים יוותרו ילדים שמנים וכ-40% מהם יתפתחו למתבגרים שמנים. כ-75%-80% מהנערים השמנים ימשיכו כמבוגרים שמנים. על פי מדידות שנעשו בכיתות א, ג, ה, ז, ט בשנת 2012, יותר מרבע (27%) מתלמידי בתי ספר בישראל עד כיתה ט סבלו מהשמנת יתר או מעודף משקל. באותה שנה 21% מתלמידי כיתות א ו-30% מתלמידי כיתות ז סבלו מעודף משקל ומהשמנת יתר. שיעורים דומים נצפו בשנים 2011-2013. שיעורי התלמידים הסובלים מעודף משקל או מהשמנת יתר עולים מכיתה א עד כיתה ה, מתייצבים בין כיתה ה לכיתה ז ויורדים בכיתה ט. שיעור הילדים עם השמנת יתר נותר ללא שינוי בשנות המחקר ועמד בשנת 2014 על כ-9% בכיתות א ועל כ-13% בכיתות ז (מדינת ישראל, 2016).

דפוסי הגדילה של ילדים בדוויים בדרום וילדים חרדים שונים משאר האוכלוסייה. בקרב שתי האוכלוסיות, הן בכיתות א והן בכיתות ז, שיעורי הילדים הסובלים מעודף משקל או מהשמנת יתר נמוכים יותר באופן משמעותי מהשיעורים בקרב כלל אוכלוסיית הילדים בכיתות אלו. בשנת 2014 שיעור הילדים עם עודף משקל בכיתות א עמד רק על 14% בקרב ילדים חרדים ועל 11% בקרב ילדים בדוויים. בכיתות ז הייתה עלייה משמעותית בהשוואה לכיתות א, כאשר, השיעור עמד על 24% בקרב ילדים חרדים ועל 25% בקרב ילדים בדוויים. לשם השוואה, הנתונים בקרב כלל האוכלוסייה היו 21% בקרב סך תלמידי כיתות א ו-30% בקרב סך תלמידי כיתות ז (מדינת ישראל, 2016). ההבדלים בין האוכלוסיות, ככל הנראה, מקושרים למצב סוציו אקונומי והכנסה נמוכה. אולם, ישנו צורך במחקר נוסף על מנת לטעון לסיבה או להסבר לגבי הפערים בין האוכלוסיות ובכדי להבין לעומק את הסיבות שגורמות למדדים של BMI בקרב ילדים בדוויים וחרדים.

בהתאם לממצאים באוכלוסייה הבוגרת, בקרב בני הנוער הערבים נמצאו שיעורי עודף משקל והשמנה גבוהים מאלה שבקרב בני הנוער היהודים (הכנסת, 2009). אף נמצא כי שיעורי ההשמנה גבוהים יותר בקרב האוכלוסייה הערבית בעיקר בקרב ילדים בכיתות ז. שיעור הילדים עם עודף משקל בכיתות ז בקרב ערבים (39%) גבוה בהרבה מהשיעור בכלל אוכלוסיית הילדים בכיתות ז (30%). השיעור בקרב הילדים הערבים בכיתות א (24%) גבוה במעט מהשיעור בקרב ילדי כיתות א בכלל האוכלוסייה (21%). העלייה בשיעור התלמידים הסובלים מעודף משקל או מהשמנה בין כיתה א' לכיתה ז' בולטת ביותר באוכלוסייה הערבית. בין כיתה א' לכיתה ז' שיעור הילדים הערבים

והבדווים בדרום עם עודף משקל עלה באופן משמעותי יותר מאשר ביתר אוכלוסיות התלמידים, זאת, בעוד שהתלמידים הבדווים שמרו על מדדי BMI נמוכים ביחס לשאר האוכלוסייה (מדינת ישראל, 2016). העלייה הדרסטית בקרב תלמידים הסובלים ממדדי BMI גבוהים באוכלוסייה הערבית ובאוכלוסייה הבדווית יכולים להיות מיוחסים לנושאים שונים ומגוונים, אך נדרש מחקר נוסף בכדי לגלות את הסיבה לכך.

3.1 תמריצים לשוקי איכרים ככלי לקידום צריכת פירות וירקות ולצמצום התחלואה

3.1 אינטרס לאומי לעודד צריכת פירות וירקות בישראל

ע"פ דו"ח מבקר המדינה מ-2008 בנושא "מניעת השמנה", ישראל מתמודדת בשני העשורים האחרונים עם עלייה ניכרת בשיעור האנשים באוכלוסייה הסובלים מהשמנת יתר. השמנת יתר היא מחלה כרונית המוגדרת בעולם ובישראל כמגפה הפוגעת במערכות רבות בגוף, מקצרת את תוחלת החיים ופוגעת קשות באיכות החיים של מבוגרים וילדים. נלווית לה תחלואה כרונית מסכנת חיים - סוכרת, בעיות לב ועוד. הגורמים העיקריים לכך הם תזונה לא מאוזנת, צריכת קלוריות מוגברת וחוסר פעילות גופנית. לבעיה זו השלכות כלכליות כבדות. על פי הערכת משרד הבריאות, הנזק הכספי הישיר והעקיף שההשמנה גורמת למדינה ולאזרחיה מסתכם בכ-10 מיליארד ש"ח, שהם כשישית מכלל ההוצאה הלאומית על בריאות לשנת 2006. בדו"ח הוצגו נתונים קשים לגבי השמנת יתר בארץ לפי חתכי אוכלוסייה שונים, השפעתה על ילדים ונוער, על אחוזי הגיוס לצבא ועוד. השמנת יתר נפוצה יותר בשכבות חלשות מבחינת חברתית כלכלית.

הדו"ח (מבקר המדינה, 2008) מתריע על היעדר תכנית לאומית, לאחר שהוא סוקר פעולות שונות שנעשות במסגרת משרדי הממשלה השונים, מערכת הבריאות, קופות החולים, מערכת החינוך, הצבא, המשטרה, רשויות מקומיות, משרד התמ"ת, יצרני המזון ועוד. עיקר הפעולות שנזכרו הוא קביעת תקנות למיניהן, שלא נאכפות כראוי. הדו"ח הצביע על חוסר תאום בין הגורמים השונים

ויעילות נמוכה של הצעדים המועטים שננקטו עד כה. לעומת זאת, מדינות רבות בעולם איתרו את הבעיה כבר לפני שנים ופועלות בנחישות למלחמה בתופעה. הזכר חוסר מעקב במסגרת קופות החולים על מדד ה-BMI של מטופלים, והומלץ לקיים מעקב שוטף בנושא בקרב מבוגרים וילדים. הומלץ להתמקד בקהל היעד של ילדים ונוער שיש סיכוי להשפיע עליהם מגיל צעיר על הרגלי התזונה שלהם ולמנוע תחלואה בגיל מבוגר. הדו"ח מעלה צורך להציב את המלחמה בהשמנה כיעד לאומי ולקבוע מדיניות לאומית שתשמש בסיס לתוכנית מקיפה למאבק בהשמנה בתיאום בין כל הגורמים הרלבנטיים, במסגרתה יש להקצות תקציבים וכוח אדם לפעולות המיועדות למטרה זו.

בשל חשיבות הנושא בוצעה ביקורת נוספת כעבור שלוש שנים (מבקר המדינה, 2011), במטרה לבחון את הטיפול בליקויים שהועלו בדו"ח הראשון ואת יישום ההמלצות שהופנו בעקבותיהם למשרדי הממשלה השונים, מערכת הבריאות, קופות החולים, מערכת החינוך, הצבא, המשטרה, רשויות מקומיות, משרד התמ"ת, יצרני המזון ועוד. ממצאי דוח המעקב הציגו תמונה עגומה לפיה כמעט ולא חלה כל התקדמות בנושא, ההמלצות שהופנו ישירות לכל אחד מהגורמים לא יושמו, או יושמו באופן חלקי ומועט מאד. למעשה, לא נעשתה כל התקדמות בגיבוש תכנית לאומית למלחמה בהשמנת יתר למרות ממדי התופעה המחמירים.

הדו"ח השנתי "מצב המדינה 2017" של מרכז טאוב (צ'רניחובסקי, 2018) מצביע על התגברות האיזמים של השמנה וסוכרת על בריאות האוכלוסייה בישראל, באופן החורג מהממוצע במדינות אירופה. בדו"ח זה נטען כי אם ברצונה של הממשלה לטפל באופן יעיל בבעיות אלו, רצוי לשקול לייסד תכנית לאומית המשלבת את מרבית משרדי הממשלה, היות והנושא נוגע לחינוך, למחירי מזון ולהסדרה בתחומים שונים. בהקשר זה נטען במחקר נוסף מטעם מרכז טאוב כי "בעיה משמעותית הניצבת בפני הציבור היא העלות הגבוהה של סל מזון בריא שכולל כמות מספקת של פירות, ירקות, אגוזים ושמנים בריאים, העושה אותו בלתי ניתן להשגה עבור רבים" (בוורס וטשרניחובסקי, 2017).

בנייר עבודה מטעם המועצה הלאומית לביטחון תזונתי נטען כי ככל הנראה משקי בית המשתייכים לחמישון ההכנסות הנמוך בישראל אינם יכולים להרשות לעצמם לצרוך את מה שהוגדר כ"סל מזון בריא", וכי העלייה במחירי המזון בישראל משפיעה באופן שלילי על הרכב צריכת המזון במיוחד בקרב משפחות עניות. "עם ירידת ההכנסה לנפש נוטים משקי בית לשמור על רמת הוצאה יציבה יחסית על בשר ועופות, לחם ומוצרי בצק ושמנים צמחיים, אך נוטים לוותר על צריכת ביצים, חלב ומוצריו ובמיוחד על צריכת ירקות ופירות שהם הבסיס לתזונה נכונה" (אזרייבה וגולדשמידט, 2017).

במצגת מטעם חטיבת המחקר של משרד החקלאות בה נסקרו תכניות ממשלתיות להגדלת הצריכה של מזון בריא (2011) צוין כי לפירות וירקות תפקיד חשוב במיוחד בתזונה למניעת השמנת יתר והקטנת הסיכון לחלות במחלות שונות, וכי מחקרים רבים מצביעים על כך שהגדלת הצריכה של פירות וירקות יכולה להקטין את תופעת השמנת היתר, לחסוך למערכת הבריאות סכומים ניכרים ולשפר באופן מהותי את רווחת האוכלוסייה. ברבות ממדינות העולם וכן בישראל צריכת הפירות והירקות נמוכה מהכמות המינימאלית המומלצת ע"י ארגון הבריאות העולמי (כ-400 גר ביום), ומיושמות בהן בעשורים האחרונים תכניות לאומיות עתירות תקציב במטרה לקדם תזונה בריאה ולהקטין את העלויות הנגרמות למערכת הבריאות כתוצאה מתזונה לקויה. מצגת

נוספת של חטיבת המחקר של משרד החקלאות (קחל ושביט, 2012) מעלה צורך לשיפור הזמינות של פירות וירקות בקרב אוכלוסיות מוחלשות.

משרד הבריאות פרסם עוד בשנת 2005 תכנית ל"ישראל בריאה 2020" במטרה להתוות יעדים ומטרות למניעת תחלואה בישראל, להארכת תוחלת החיים ולהטמעת אורח חיים בריא בקרב האוכלוסייה בישראל. בהמשך לתוכנית זו קמו כעשרים תתי ועדות שהופקדו על הטיפול בנושאים השונים (Rosenberg et al. 2014). בדו"ח "התנהגויות בריאות - תזונה נבונה" המסכם את המלצת ועדה זו נקבע יעד לאומי של צריכה יומית של שלוש מנות ירק ושתי מנות פרי בקרב חמישים אחוזים מהאוכלוסייה (דר' לב, דר' רוזנברג, פרופ' שוחט, 2011). הדו"ח מעלה צורך לנסח וליישם אסטרטגיות שיטתיות ומקיפות להגברת צריכת פירות וירקות, וכן אמצעים חברתיים כגון אספקת מזון בריא לקבוצות נצרכות, הבטחת גישה למזון בריא לכלל האוכלוסייה, חינוך הציבור בכללותו לגבי היתרונות והסיכונים הבריאותיים שבצריכת יתר וחסר, ומעקב קפדני אחר בריאות הציבור.

במדינות רבות בעולם יש מגמת ירידה בצריכת פירות וירקות. במדינות האיחוד האירופאי כבר לפני עשור הסתמנה מגמת ירידה בצריכת פירות וירקות של חמישה אחוזים בפירות וחמישה עשר אחוזים בירקות (Freshfel Europe, 2008). גם בישראל מסתמנת ירידה של כעשרה אחוזים בהוצאה הממוצעת במשקי הבית בישראל על צריכת פירות וירקות בעשור האחרון, זאת על-פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (גרף 2 - הספקה לנפש של פירות וירקות מייצור מקומי לשוק המקומי - נספח עמ' 60), כפי שצוטטו במצגות חטיבת המחקר של משרד החקלאות (2012). דו"ח תמונת מצב כלכלית של ענף החקלאות המסכם את שנת 2016 (פאנוס, 2017) מראה המשך מגמה זו. לפי דו"ח זה ניתן לראות ירידה של כמעט שמונה עשרה אחוזים באספקה לנפש של פירות וירקות טריים. ע"פ נתוני הדו"ח בין השנים 2015 ל-2016 בלבד חלה ירידה במכר הכמותי של 7% בצריכת ירקות, ושל 3% ירידה בצריכת פירות בישראל. צריכת הפירות והירקות בכמות הגבוהה ביותר היא באזור המרכז. בפריפריה הצריכה פחותה באופן משמעותי. במרכז צורכים הכי הרבה פירות וירקות, אחריו הצפון, הדרום ובתחתית הרשימה אזור ירושלים.

ע"פ ממוצע רב שנתי שערך ארגון בריאות הציבור העולמי (World Health Organization) 2017 (WHO) בישראל זמינות גבוהה של פירות וירקות. היצע הפירות והירקות לנפש בק"ג הינו גבוה ביחס למדינות האיחוד האירופאי (גרף 1 - זמינות ממוצעת של פירות וירקות לאדם בשנה, בקילוגרם - נספח עמ' 60).

מהי אם כן הסיבה לכך שלמרות השפע היחסי של פירות וירקות בישראל הצריכה לנפש הולכת ופוחתת? על פי דברי מר דובי אמיתי, נשיא התאחדות האיכרים, כפי שצוטטו בראיון לגלובס (הראל כפיר, ד', 2012), רשתות השיווק גובות פערי תיווך גבוהים על התוצרת החקלאית, הרבה מעבר למקובל בעולם ובמדינות ה-OECD. לפי נתוני ההתאחדות ממוצע פערי התיווך על פירות וירקות בסופרמרקט הוא 51% ואף מגיע למאות אחוזים. במדינות ה-OECD פער התיווך מוגבל ללא יותר מ-45%.

ע"פ נתוני הלמ"ס המצוטטים בכתבה רב הצרכנים הישראלים קונים את הירקות והפירות ברשתות השיווק, ומגמה זו בעליה - בשנת 2003 שליש מהישראלים קנו ירקות ופירות בסופרמרקטים, בעוד שבשנת 2010 עלה שיעורם לחצי.

הישראלים ידועים כמי שהתפריט המשפחתי שלהם מבוסס לא מעט על פירות וירקות אולם משלמים על כך הרבה יותר ממה שמשלמים הצרכנים באירופה. מחירי הפירות בישראל התייקרו בין השנים 2005 ל-2011 ב-60%, לעומת 17% במדינות האיחוד האירופאי. גם מחיר הירקות באותה תקופה התייקר בישראל ב-29%, לעומת 20% במדינות האיחוד האירופאי.

נתונים אלו מקוממים במיוחד לאור דו"ח מבקר המדינה מ-2008 וממצאי המעקב מ-2011, לפיהם פירות וירקות הם מהתחומים החשובים הנכללים בסל הבסיסי שהכין משרד הבריאות, שמטרתו למלא את "הצורך המינימאלי בצריכה הולמת".

הטענה שפערי התיווך על פירות וירקות גבוהים ופוגעים בצריכת פירות וירקות עולה בבירור מסקירה משווה שערכה הלשכה משפטית של הכנסת (טייב, י' ונווה, ג', 2014), בה נדונו תופעות כמו "תמחור טורפני" בשוק הירקות והפירות בארץ, פערי תיווך גבוהים, והשפעתם לרעה על פרנסת החקלאים ועל צריכת פירות וירקות בישראל. דו"ח זה סוקר מודלים מהעולם להגבלת פערי התיווך, ומנגנונים להגברת השקיפות בנוגע לפערי המחירים האמורים. בין המנגנונים שהוזכרו כפתרון לבעיה זו היו פיקוח על פערי התיווך, חקיקה כנגד תמחור טורפני, ומודלים קמעונאיים כגון שווקי איכרים בהם המכירה מתבצעת ישירות מהחקלאי לצרכן, ללא פערי מחירים. ב-2014 הוגשה לכנסת הצעה לתיקון חוק בנושא הסדרת מכירה של תוצרת חקלאית שמטרתה להילחם במצב הקיים בו משווקים יכולים לייצר חזית אחידה מול החקלאים ולשלם להם מחירים נמוכים מצד אחד, אך למכור במחירים גבוהים לקמעונאים מצד שני (משרד החקלאות, 2014).

3.2 הצורך בתמריצים לקידום צריכת פירות וירקות ולקיום שווקי איכרים

בפרק הראשון של סקירת הספרות פורטו בהרחבה יתרונותיו הרבים של מודל שוק האיכרים ולצדם מגבלותיו. נזכיר בקצרה – שוק איכרים הוא מודל בעל יתרונות בריאותיים, קהילתיים, וסביבתיים רבים, השוק מקדם צדק חברתי הן כתורם לקיום חקלאות מקומית תוך צמצום פערי תיווך, והן בהנגשת מזון בריא לכולם, ולאוכלוסיות מעוטות יכולת בפרט (Project for Public Spaces, 2013).

מגבלותיו העיקריות הן מחסום כלכלי לאוכלוסיות מוחלשות לרכישת מזון בריא ואיכותי, בעיות מיקום ונגישות, צורך להשלמת קנייה במקומות נוספים, ובעיות במידע לגבי מיקום ומועדי פעילותו. לחקלאים קיים קושי להסתמך עליו כמקור פרנסה עיקרי משיקולי עונתיות והסתמכות על קהל מקומי מצומצם יחסית, הוצאות תפעול מכרסמות ברווח, והצורך להתחרות מול רשתות השיוק (Martinez et al. 2010). עיקר ערכו של שוק האיכרים כמודל קמעונאי אינו ערך כלכלי. למעשה, השוק מהווה התנגשות בין ערכי צדק חברתי וקפיטליזם. במחקר בן 18 חודש שנערך בשווקים בסן-פרנציסקו בקרב ספקים ולקוחות קבועים בשווקי איכרים כולם הדגישו את האתיקה על פני המניע הכלכלי, בהשוואה לחקלאות התעשייתית והשוק הקפיטליסטי. הספקים נדרשו לקרבן כלכלי, אסטרטגיה כלכלית נטו נוגדת את החשיבה השווינונית סביבתית, ומכשילה ארגונים שלא למטרת רווח הפועלים למטרות אלו. הצורך של החקלאים והספקים לדאוג לפרנסתם מתנגש לעיתים במטרה לקדם צדק חברתי (Alkon, 2008).

על מנת לפתח שווקי איכרים חדשים ולהרחיב את פעילותם ובכדי לסייע לשווקים קיימים לשרוד לאורך זמן יש לגבש אסטרטגיה ברמה המדינית, המקומית או הקהילתית ולהקצות תקציבים להפעלת המודל בדמות תמריצים ו/או תוכניות התערבות. במחקר מקיף מטעם חטיבת המחקר של משרד החקלאות בארה"ב נעשתה סקירה השוואתית בין סוגי שווקים שונים, נבחנו האתגרים איתם מתמודדים החקלאים, מערכות היחסים בינם לבין הצרכנים, תרומתם המשמעותית של השווקים במישורים רבים ומקומם המשמעותי של תוכניות תמריצים שונות (דוגמאות יפורטו בפרק הבא). נמצא כי מדיניות ממשלתית ותוכניות תמריצים הוכחו כבעלי השפעה קריטית על פתיחת שווקי איכרים חדשים, וסיוע לשווקים קיימים להתפתח ולשרוד לאורך זמן (Martinez et al. 2010).

2010). מחקר נוסף מטעם איגוד הבריאות העולמי (World Health Center) סקר תוכניות תמריצים והתערבויות בכל העולם והוכיח כי יש להן השפעה מיטיבה על קידום צריכת פירות וירקות (Pomerleau, Lock, Knai, et al. 2005). נמצא כי בין המשתתפים בקבוצות המחקר מי שנוטים לתחלואה היו אלו שהושפעו מההתערבויות בצורה הטובה ביותר.

נמצא כי דפוס הקניה בשווקי האיכרים הינו ייחודי, בשווקי איכרים על-פי רב קונים בתדירות גבוהה יותר, במיוחד כשהשוק נמצא במרחק של לא יותר ממייל אחד ממקום המגורים. התערבויות נדרשות בעיקר על-מנת להביא לשווקי איכרים קונה בפעם הראשונה, ובהמשך נדרשות התערבויות שונות ופחותות בכדי לשמר אותו כקונה קבוע. הודגשה גם חשיבותם של תקשורת, פרסום וחינוך תזונתי להצלחת שווקי איכרים (Freedman et al. 2013). במחקר זה נסקרו מועצות מקומיות שבחרו לטפל באתגרי הגישה למזון באמצעות הטמעה רחבת היקף של שווקי איכרים ותוכניות הטבות ותמריצים למטרות בריאותיות.

בנוסף הוכחה השפעה של תמריצים לשווקי איכרים על הגדלת צריכת פירות וירקות בקרב אוכלוסיות מוחלשות. תכנית תמריצים בת שמונה שבועות לצריכה בשווקי איכרים הראתה עליה בצריכת פירות וירקות ושיפור במדדים בריאותיים תלויי תזונה. התערבויות לקידום שווקי איכרים נמצאו כתורמות משמעותית להסרת הגורם הכלכלי בצריכת פירות וירקות אצל אוכלוסיות במעמד חברתי כלכלי נמוך, מה שמהווה גורם עיקרי באחוזים ניכרים של השמנת יתר ומחלות כרוניות בקרב אוכלוסיות אלו (Savoie Roskos, Gast, and Mclellan, 2016). ע"פ מחקר זה אוכלוסיות מעוטות יכולות נוטות לתזונה עם ערך קלורי גבוה ושומנים רבים, וצריכה מעטה של פירות וירקות. במחקר זה דווחה עליה משמעותית בכמות שווקי איכרים ברחבי ארה"ב כתוצאה מתוכנית התערבות ממשלתית רחבת היקף במסגרתה קודמו שווקי איכרים ככלי אסטרטגי לקידום צריכת מזון בריא ומקומי, ולמלחמה בהשמנת יתר. מחקר זה מצוין את הערך החינוכי שיש לקניה משותפת בשוק של הורים וילדיהם יחד, וחשיבות חשיפת הילדים למגוון ירקות ופירות, הכנתם וצריכתם.

במחקר נוסף (Racine et al, 2010) הוזכר מחסום עיקרי נוסף של אוכלוסיות מוחלשות לנגישות לשווקי איכרים שתוכניות התערבות נתנו לו מענה, נושא המרחק מהבית והעדר תחבורה ציבורית לשוק. תמריצים לפתיחת שווקי איכרים בשכונות מוחלשות אפשרו הגעה נוחה של התושבים לשוק, ותרמו לצריכת פירות וירקות בקרב האוכלוסייה המתגוררת בסמוך לשוק.

בארה"ב, אירופה ומדינות רבות נוספות בעולם מיושמות בעשורים האחרונים תוכניות תמריצים והתערבויות לעידוד תזונה בריאה, הכוללות תמריצים לעידוד צריכת פירות וירקות בשווקי איכרים. ע"פ פרסום משנת 2004 באתר ארגון הבריאות העולמי היו כבר אז 19 מדינות שונות שלהן תכנית לאומית להגדלת הצריכה של פירות וירקות (Pomerleau, Lock, Cile Knai, et al. 2005).

ע"פ דוח עדכני של ארגון ה-OECD (OECD, 2017) מיושמות ברב מדינות הארגון תוכניות התערבות ציבוריות להאטת מגפת השמנת היתר הכוללות קמפיינים נרחבים להעלאת מודעות, מדיניות מיסוי התומכת תזונה בריאה ומצמצמת צריכת מזונות עתירי סוכר ושומן, סימון מוצרים, חקיקה ותוכניות התערבות שונות. ישראל ע"פ דו"ח זה נמצאת קרוב לממוצע של מדינות הארגון,

אם כי הנתונים נשענים על דיווחים עצמיים של הנסקרים, בידיעה שכשהמידע מבוסס על מדדים הנתונים בד"כ גבוהים יותר.

3.3 סקירת מודלים מהעולם לתמריצים לקידום צריכת פירות וירקות ולשווקי איכרים

בארה"ב, אירופה ובעשרות מדינות אחרות בעולם מיושמות בעשורים האחרונים תכניות תמריצים לעידוד תזונה בריאה, הכוללות תמריצים לעידוד צריכת פירות וירקות בשווקי איכרים. תכניות ההתערבות ממומנות, על-פי רב, מתקציב משרד החקלאות. מקור התמריצים יכול להיות ציבורי או פרטי. על פי רב מדובר בתוכניות התערבות פדרליות במסגרת מדיניות ממשלתית, תכניות מטעם מועצות מקומיות ורשויות, או מטעם ארגונים וולנטריים למיניהם בתחומי קידום בריאות וקידום אוכלוסיות מוחלשות, ארגוני סיוע וקרנות מקומיות, או התארגנות של איגודים חקלאיים שונים (Martinez et al. 2010). להלן ריכוז דוגמאות בולטות לתוכניות תמריצים והתערבויות בהתבסס על מצגות סקירת התמריצים בעולם שפרסם משרד החקלאות ופיתוח הכפר בישראל ב-2011 וב-2012, אתר המחלקה לחקלאות ופיתוח הכפר של האיחוד האירופאי (Fruit and Vegetables: Producer organisations - Agriculture and rural development n.d), ואתר משרד החקלאות האמריקאי (USDA | Food and Nutrition Programs and Services | Food and Nutrition Service n.d):

מודלים לתמריצים לקידום צריכת פירות וירקות באוכלוסיות מוחלשות, תוך העדפת תוצרת מקומית:

- תכניות קופונים לקניית מזון עבור אוכלוסיות מעוטות יכולת, עם ערך מוגדל לקניית פירות וירקות, בחנויות שונות (סופרמרקטים, מכולות, שווקים) הבולטות ביניהם SNAP (Supplemental Nutrition Assistance Program)
- תקצוב ארוחות בריאות בבתי ספר וחלוקת פירות וירקות מתוצרת מקומית, בליווי תכנית לחינוך תזונתי, פיתוח גינות לגידול עצמי של פירות וירקות, והכשרה מיוחדת למורים בנושא.
- רכישה מוסדית מרוכזת של פירות וירקות מקומיים (צבא, בתי חולים, משטרה, ומוסדות ציבוריים, חברות ומעסיקים גדולים במשק וכד')
- העדפת רכישת פירות וירקות מחוות קטנות עד בינוניות
- חינוך תזונתי והסברה לציבור בכלל ולאוכלוסיות מעוטות יכולת בפרט, תוך שימוש באמצעי פרסום, מדיה ותקשורת שונים.
- הקמת אתרי אינטרנט עשירי תוכן לחינוך תזונתי כמו למשל: "5 a Day" לחינוך תזונתי בבריטניה (NHS 2015), "Fruits and Veggies More Matter" בארה"ב (Ruhs 2008), "les fruits et legumes frais Interfel" בצרפת (Organisation et al. 1992), ו-"fooddudes" באירלנד (n.d).

מודלים לתמריצים לקידום צריכת פירות וירקות ספציפית לשווקי איכרים:

- מענקי ממשלה לרשויות מקומיות לפתיחת שווקים
- השתתפות בעלויות תפעול של הרשות והחקלאי

- Community Food Security Initiative - בניית מערכות מזון מקומיות בקהילות מעוטות יכולת, בעיקר שווקי איכרים.
- הכפלת ערך השוברים בשווקים Double UP
- קופונים המיועדים לאוכלוסיות מוחלשות (נשים וילדים, זקנים) למימוש בשווקי איכרים בלבד
- The WIC (Weman, Infants & Children) Farmers' Market Nutrition Program ([FMNP](#))
Senior Farmers' Market Nutrition Program ([SFMNP](#))
מודלים לתמריצים שנועדו להקל על החקלאים להתמודד כלכלית עם אתגרי השווקים:
- תחרויות ממומנות בין שווקי איכרים עם תקציבי פרסום ברדיו, טלוויזיה שלטי חוצות ועיתונות.
- מודלים לגביית עלות התפעול לחקלאי בשוק בהתאמה לאחוז הרווח.
- הקמת מאגרי מידע בשילוב איגודים חקלאיים למיפוי קהלי יעד, ניתוח מחירים ונתוני היצע וביקוש בזמן אמת, ומיקומים פוטנציאליים של שווקים חדשים לדוגמא: "Farmers Market Coalition" בארה"ב (Coalition n.d).
- הפניית קרנות פרטיות וסוכנויות ממשלה של מדינות להשקעה בפיתוח חקלאות מקומית ושווקי איכרים.

כדוגמה להשפעתן מרחיקת הלכת של תוכניות התערבות ממשלתית לקידום שווקי איכרים ניתן להביא את תוצאות מדיניות התמריצים הנרחבת שיושמה ברחבי ארה"ב בעשורים האחרונים. מ-1994 ועד היום חל גידול של חמש מאות אחוזים במספר שווקי האיכרים (גרף 3 - גידול מספרי של שווקי איכרים בארה"ב - עמ' 61) כתוצאה מתוכנית תמריצים נרחבת של משרד החקלאות (USDA). ב-1994 היו 1755 שווקים ברחבי המדינה ובשנת 2017 עומד מספרם על 8687. כששים אחוזים מתקציב המשרד משמש למימון תוכניות תמריצים לעידוד צריכת פירות וירקות. מתוך חמישים מדינות בארה"ב ארבעים ושמונה מדינות לוקחות חלק בתוכניות אלה. משרד החקלאות האמריקאי מממן מאה אחוזים של התמריצים שניתנים לאוכלוסיות מעוטות יכולת לקנייה בשווקי איכרים, ושבעים אחוזים מעלויות התפעול של השווקים. המועצות המקומיות מממנות את יתר שלושים האחוזים (Racine, Vaughn, and Laditka 2010).

3.4 סקירת הנעשה בארץ בתחום שווקי איכרים ותמריצים לצריכת פירות וירקות

בארץ יש יחסית מעט שווקים וותיקים שפעילים עשרות שנים במרכזי הערים הגדולות כמו למשל שוק הכרמל בת"א, שוק מחנה יהודה בירושלים, שוק רמלה, שוק חיפה, שוק פתח-תקווה, שוק באר-שבע ועוד. שווקים אלו מציעים לצד תוצרת חקלאית גם מוצרים מיובאים, מוצרי מזון, כלי בית, הלבשה, הנעלה, חומרי ניקוי, קוסמטיקה ועוד. אלו אינם "שווקי איכרים" בהגדרתם, המוכרים הינם קמעונאים וסיטונאים, אולם פערי התיווך בהם בד"כ פחותים ביחס לרשתות השיווק. בעשור האחרון החל בישראל טרנד של שווקי איכרים בהשפעת מגמה רווחת בעולם כולו, רב השווקים החדשים שנפתחו בשנים האחרונות הוקמו במודל של שוק תיירותי שמהווה מקום בילוי במרכזי ערים גדולות ופונה לאוכלוסיות מבוססות מבחינת תמהיל המוצרים, ולא דווקא לאוכלוסיות

מעוטות יכולת (לאור, 2014). הדוגמאות הבולטות לסוג זה של "שווקי איכרים" הם "שוק הנמל" שהוקם ב-2008 ע"י מיכל אנסקי (גסטרונומית ועיתונאית אוכל) ושיר הלפרן (שפית ועיתונאית אוכל), שפועל במתחם מקורה של 1000 מ"ר בנמל ת"א, ששה ימים בשבוע (למעט יום א'), ומבוסס על מודל שוק "לה-בוקריה" מברצלונה. בשנים הבאות נפתחו שווקים דומים בערים נוספות בישראל: ירושלים, הרצליה, רעננה, חולון, באר שבע, ראשון לציון, גבעת שמואל, קיסריה, אשדוד ובת-ים. שווקים דומים נוספים שמהווים יותר "שוק קולינארי" הם "שוק האוכל בדיזינגוף סנטר" (מגר, 2017), "שרונה מרקט", "השוק האורגני במתחם התחנה" (צפובסקי, 2010) ועוד. למרות שהם מכנים עצמם "שווקי איכרים" מתחמים אלה מאוכלסים לרב במסעדות ומעדניות רבות, מציעים מוצרים מיובאים, ולא מגבילים עצמם לתוצרת חקלאית ו/או מקומית. כמות שווקי האיכרים מוערכת בפחות מ-100 בכל הארץ עד שנת 2016.

בקיץ 2016 במסגרת "מחאת החקלאים" נגד פערי התיווך הגבוהים, יצאו חקלאים רבים בישראל להפגנות ברחבי הארץ, פעמים רבות תוך חסימת צמתי תחבורה ופתחו בקמפיין תקשורתי נגד פערי התיווך והעושה לדבריהם של רשתות השיווק על התוצרת שהם מגדלים, המובילים להרס ענף החקלאות בישראל ולפגיעה אנושה בפרנסתם (דבר ראשון, 2016). במסגרת מחאה זו פתחו ברחבי המדינה עשרות משקים חקלאיים את שעריהם לציבור הרחב והציעו את התוצרת שלהם למכירה ישירות לצרכן ללא פערי תיווך, במעין שווקי איכרים מאולתרים (בדפי הפייסבוק של "ברק אומגה – התאגדות החקלאים" ושל "אופק ישראל" התפרסמו מדי שבוע מקומות בהם מתקיימת מכירה ישירה, כתובות וטלפונים ושעות פעילות).

שווקים אלה נאלצו להתמודד מול דרישות ותקנות משרד הבריאות, המחייב פיקוח ורישיון לעיסוק במזון. כמו כן נטען כלפי החקלאים שמכרו ישירות לצרכן שאין פיקוח על אריזת המזון, תנאי אחזקתו ושינועו, ומעקב אחר פגות התוקף שלו. טענות אלה הועלו כלפיהם פעמים רבות מצד סוחרים ויצרנים ממוסדים, החוששים בפגיעה בנתח השוק שלהם על ידי שוק האיכרים (ויקיפדיה, 2018).

משרד החקלאות ביצע סקירה של תכניות תמריצים לעידוד צריכת פירות וירקות שמתקיימות בכל העולם בעשורים האחרונים, ובן בחינה של הצעות ליישום שלהן בישראל (3), לאור נתוני הירידה בצריכת הפירות והירקות בישראל, וכן נתוני השמנת היתר בישראל. ריכוז המידע והמסקנות הוצג לשרת החקלאות ולמועצת המזון במצגת אינפורמטיבית שכלל סקירת הנעשה בזירת התמריצים בעיקר בארה"ב ומדינות האיחוד האירופאי. המצגת סקרה בהרחבה שתי תכניות עיקריות ובחנה כדאיות הטמעתן בישראל:

- תכנית "בולי מזון" שמתקיימת בארה"ב בלבד והיא תכנית סיוע פדרלית המספקת סיוע לאנשים ומשפחות בעלי הכנסות נמוכות או ללא הכנסה לרכישת מזון בריא ופירות וירקות בפרט. (על-פי הדו"ח "הוועדה הבין משרדית לבחינת הביטחון התזונתי" שהתכנסה ב-2008 "קברה את הנושא" בשל מספר סיבות; הטענה שחלוקת תלושי מזון מעבירה את האחריות מהמשפחה לממשלה, שאספקת מזון בלבד תגביל את חופש הבחירה של הפרט, סיכון לחוסר יעילות ובזבוז של מערך הספקת מזון ממשלתי, ומחשש לניצול לרעה של השיטה). הדו"ח התייחס לאפשרות שיוחלט בכל זאת ליישם את התוכנית בישראל, והציע

מודל על-פיו הוא אמור להישען מבחינת קביעת הזכאות להטבה על קריטריונים של המוסד לביטוח לאומי ולהיות מקוזז מקצבאות הביטוח הלאומי, ולא מתקציב משרד החקלאות כפי שנעשה במדינות אחרות בהן מיושמות תכניות התערבות.

- תכנית חלוקת פירות וירקות בבתי ספר, בליווי חינוך תזונתי, שמיושמות בעשרות מדינות בעולם, ובמסגרתן נהנים ילדים בבתי הספר המשתתפים בתוכנית מחלוקת פירות וירקות בבית הספר, ובחלקם גם מוצרי חלב, ללא תשלום.
- תכניות אלו מלוות בפרסום גנרי והספקת מידע לכלל האוכלוסייה בנושא תזונה בריאה וחשיבות צריכת פירות וירקות. הסברה אינטרנטית, פרסום בנושא בכלי המדיה השונים, הקניית ידע בגדר תכניות חינוך תזונתי ומעורבות הורים. הדו"ח המליץ לקדם תכניות מעין אלו גם בישראל.

מצגת נוספת של משרד החקלאות (קחל, 2012) חזרה על הנתונים ביתר פירוט והביאה דוגמאות קונקרטיות לתוכניות התערבות במדינות השונות, לפורמטים של אתרי אינטרנט להסברה תזונתית ועוד. לסיכום המליצה לקיים פיילוט לחלוקת פירות וירקות בבתי ספר בישראל לבחינת היתכנות יישום המודל אצלנו.

ב-2013 יצא לפועל פיילוט שיזם משרד החקלאות בשיתוף משרד החינוך והבריאות במסגרתו בוצעה חלוקת פירות וירקות חנם בבתי ספר יסודיים (כיתות א'-ו') בשני ישובים בארץ, בחולון ובטורעאן. הנתונים שפורטו כבסיס לנחיצות היוזמה היו נתוני הירידה בצריכת ירקות ופירות בישראל, נתוני השמנת היתר באוכלוסייה ובקרב ילדים ונוער בפרט, והעובדה שאוכלוסיות חלשות מבחינה כלכלית חברתית מוציאה הרבה פחות מההכנסה החודשית על פירות וירקות טריים (ללא תפוא). העשירון העליון הוציא בממוצע כ-77 ₪ לנפש בחודש לירקות ו-67 ₪ לפירות בעוד שהעשירות התחתון הוציא בממוצע כ-40 ₪ לחודש על ירקות וכ-23 ₪ על פירות. הפיילוט נמשך 4 חודשים בסוף שנת הלימודים 2012-2013. במסגרתו חולקו פעם בשבוע בשעת ארוחת העשר ובנוכחות מורה בכיתה פירות וירקות טריים לכ-5000 תלמידים.

סיכום הפיילוט ומסקנותיו פורסמו בדו"ח שהתפרסם ב-2014. למרות היקפו המצומצם ומשך הזמן המוגבל של הפיילוט, היו תוצאותיו חיוביות והראו שביעות רצון של התלמידים, המורים וההורים שהשתתפו בסקר, נכונות גבוהה להמשיך את תכנית ההתערבות בשנים הבאות. מעל 40% מהתלמידים הצהירו שהם צורכים יותר ירקות, וכ-45% שהם צורכים יותר פירות אחרי התוכנית. 80% מהתלמידים הצהירו על רצונם שירקות ופירות יכללו בארוחת העשר בשנה הבאה. למרות תוצאותיו החיוביות של הסקר לא היה יישום לתוכנית התערבות זו או לכל תכנית חלופית לעידוד צריכת פירות וירקות עד 2017.

מתווה "ישראל בריאה 2020" כלל המלצות לתזונה בריאה ולאורח חיים בריא, בצרוף צעדים מומלצים ותוכנית פעילות לקידום תזונה בריאה – "מהפכת התזונה". ע"פ דו"ח ועדת האסדרה (גינסבורג, 2016) שמסכם את פעילות הוועדות השונות בנושא עד אוג' 2016, אלו הנושאים שקודמו (רובם בגדר המלצות בלבד בשלב זה): המצלה לסימון במדבקות של מזונות עתירי סוכר, מלח ושומן טראנס, הגבלת פרסום ושיווק מזון מזיק עם דגש על פרסום ושיווק לילדים, תמריצים לקופות החולים להשגת יעדי ירידה במשקל בשנת 2008-2010 (לא מומשו), המלצה למיסוי על מזון מזיק, בחינת תמיכות ותמרוץ מחקר לעידוד ייצור מזון בריא, המלצות לקידום תזונה בריאה במשרדי ממשלה, צה"ל, משטרה ומעסיקים גדולים במשק, גובשה הצעה למשרד החינוך לתוכנית

חינוך תזונתי, בחינת עדכון רשימת המוצרים המצויים בפיקוח מחירים, המלצות להעשרת מזונות וכד'. לא נזכר בפעולות נושא עידוד צריכת פירות וירקות.

3.5 תכנית התמריצים של משרד החקלאות כבסיס למחקר זה

בסוף 2016 פרסם משרד החקלאות טיוטה להערות הציבור ל"נוהל השתתפות המדינה במימון שוק איכרים לשיווק ישיר של תוצרת חקלאית לשנים 2017-2019". במסמך זה צוין כי היוזמה באה עקב "ריבוי התארגנויות של חקלאים למכירה ישירה מהיצרן/חקלאי לצרכן באמצעות "שווקי איכרים" במטרה לקצר את שרשרת האספקה וכנגזרת להביא לצמצום פערי התיווך באופן שבסופו של יום יקל על יוקר המחיה של האזרחים". וכי משרד החקלאות עושה בכך צעד להסדרת יוזמות שוק האיכרים שהחלו לצוץ ברחבי הארץ במסגרת מחאת החקלאים שאפיינה את קיץ 2016. במסגרת תכנית זו רשויות מקומיות שיקימו בשטחן שוק איכרים יוכלו לזכות במענק של בין 330,000 ל-750,000 ₪, ובלבד שיתחייבו שלא לגבות מהחקלאי עלויות תפעול כלל (כלומר ללא תשלומי חשמל, ארנונה, שכירות וכד'). תמיכה גבוהה יותר תינתן לרשויות שיעדיפו מכירה של חקלאים על פני מכירה של סיטונאים. גובה המענק יהיה קשור לגודל השטח שתקצה הרשות ולכמות הדוכנים שיעמדו לרשות החקלאים באותו שוק, וגם לכמות ימי ושעות הפעילות, ולמגוון המוצרים. ע"פ הנוהל בשוק צריך שימכרו לפחות שמונה סוגי פירות ושמונה סוגי ירקות, במחיר שאינו עולה על המחיר הסיטונאי, שהוא על-פי רב נמוך ממחירי רשתות השיווק. תקציב התכנית לשלוש שנים עשרים מיליון ₪.

מטרותיו המוצהרות של הנוהל (משרד החקלאות, אוק' 2017) הינן הגדלת צריכת פירות וירקות מתוצרת מקומית וצמצום פערי התיווך. לא מוזכרת מטרה בריאותית לתוכנית התערבות זו למרות שלהבנתנו יש לה קשר מובהק לנושא. לקידום מודל שווקי האיכרים צפויות תועלות חברתיות, בריאותיות וחברתיות (וולפסון, 2018).

התאחדות האיכרים מעודדת חקלאים לקחת חלק ביוזמה ולהשתתף בשווקי האיכרים כפי שניתן לראות באתר האינטרנט של התאחדות האיכרים, שבתקופת מחאת החקלאים שימש במה לפרסום מקום ומועד ההתארגנויות בכל הארץ למכירת תוצרת חקלאית ישירות לצרכן. בעמוד הבית של אתר התאחדות האיכרים בישראל פורסם שהצטרפו ליוזמה עד כה 20 רשויות מקומיות ברחבי הארץ: אילת, ירוחם, בני עייש, רחובות, גוש עציון, רמת השרון, בנימינה, גני תקווה, יהוד, נתניה, בת-ים, מטה אשר, מעלות, חיפה, מוצקין, קרית ים, עמק המעיינות, מוא"ז גלבוע וקרני שומרון. לפיכך ניתן להניח שבשנים הקרובות יפתחו ברחבי הארץ שווקי איכרים חדשים שתואמים בהגדרתם את מהות שוק האיכרים כפי שתואר בפרק הראשון של סקירת הספרות, מה שיאפשר לקיים מחקר זה.

שאלת המחקר

האם יש הקשר בין הימצאות שוק איכרים בשכונה בישראל, לבין שינוי בהרגלי צריכת הפירות והירקות, ובהתאם שינוי מדד ה-BMI, של אוכלוסייתה?

שיטות מחקר

שאלונים להערכת שינוי בצריכת פירות וירקות + השוואת מדד BMI של משתתפי קבוצת מדגם, בצמדים של שכונות בעלות מאפיינים סוציאקונומיים נמוכים דומים, שבאחת מהן נפתח שוק איכרים ובאחרת לא.

- השוואה בין לפחות שלושה צמדים של שכונות בערים בהן ייפתח שוק איכרים בעקבות נוהל משרד החקלאות, שבאחת השכונות נפתח שוק איכרים ובאחרת לא. מפת השווקים שייפתחו תכתיב את הערים בהן ניתן לקיים את המחקר (רשימה נכון לפב' 2017 מפורטת בסעיף 3.5), אולם לדעתנו יש עדיפות לבחירת ערים מאזורים גאוגרפיים שונים בארץ (צפון / דרום / מרכז) או מאוכלוסיות שונות (מגזר יהודי חילוני / יהודי דתי / מגזר ערבי), על מנת לקבל נתונים מייצגים ככל האפשר.
- התמקדות באוכלוסיות מוחלשות שבהן אחוזי השמנת היתר גבוהים בעולם ובארץ. השמנת יתר בהתפלגות לערים בישראל בהתבסס על נתוני למ"ס (רותם, 2017), קופות החולים (סרולוביץ' 2016) ומש' הבריאות.
- קבוצת השוואה של כ-100 איש בדומה למודל של (Project for Public Spaces 2013), מעל גיל 18 (כפי שנעשה במחקרים שסקרנו)
- שאלונים למדידת שינוי בהרגלי צריכת פירות וירקות, על-בסיס דוגמה מהמחקר של (Savoie Roskos, Gast, and Mclellan 2016), עמ' 197.
- איסוף נתוני BMI מקופ"ח בשכונות שנבחרו, תוך הסתמכות על חובת ניטור ומעקב רציף של מדד BMI בקופות החולים ע"פ מתווה "לעתיד בריא 2020" (2011), וחוזר מנכ"ל משרד הבריאות מס' 21/11 (2011).
- השוואת נתונים (שאלונים ו-BMI) לפני ואחרי תכנית התמריצים של משרד החקלאות (סעיף 3.5), הצפויה להסתיים ב-2020.

השערה:

בשכונות שבהן יפתח שוק איכרים, ניתן יהיה להבחין בשיפור בהרגלי צריכת הפירות והירקות, ובהתאם לכך נוכל להבחין בשיפור ממדי BMI בקרב משתתפי קבוצות המדגם, ביחס למשתתפי קבוצות המדגם בשכונות הביקורת בהן לא נפתח שוק איכרים.

סיכום

שוק איכרים הינו מודל קמעונאי רב יתרונות מבחינה בריאותית, קהילתית וסביבתית. למיקומו חשיבות רבה במשיכת קהלים ספציפיים מעבר לאלה המוגדרים כ"צרכנים המודעים". הוכח כי כאשר שוק מעין זה מתוכנן נכון, בהסתמך על מודלים המנתחים את מיקומו במרקם האורבני, יש ביכולתו לתרום לשינוי הרגלי צריכת פירות וירקות וכפועל יוצא לשנות את מאפייני התזונה לבריאים יותר, בעיקר בקרב אוכלוסיות מוחלשות. לצד יתרונותיו הרבים, למודל שוק האיכרים מגבלות כלכליות ותפעוליות, לכן על מנת להתרחב ולהתקיים לאורך זמן הוא זקוק לתמריצים. בשני העשורים האחרונים בעולם וגם בישראל מגפת השמנת יתר ותחלואה נלווית, בעלת השלכות כלכליות כבדות. מדינות רבות בעולם מיישמות תכניות התערבות רחבות היקף ובכללן תמריצים לשווקי איכרים על מנת לקדם תזונה בריאה וצריכת ירקות ופירות. ההתערבויות נועדו לסייע בהנגשת ובהסרת המחסום הכלכלי לרכישת מזון בריא בקרב אוכלוסיות מוחלשות. קידום שווקי איכרים רלבנטי בישראל, לאור מגפת השמנת יתר, במיוחד בשל פערי התיווך במכירת תוצרת חקלאית (מחאת החקלאים). עד כה לא יושמו בארץ תכניות התערבות בנושא עידוד צריכת פירות וירקות, ולא קמה תכנית פעולה רחבה המסדירה מדיניות ממשלתית כוללת למניעת השמנת יתר. נעשו בחינות חוזרות ונשנות של הנושא מצד משרדי הממשלה השונים, בוצעו בעיקר הגבלות והמלצות שונות ומתווים לפעולה. ב-2016 בהמשך לתוכנית התערבות מטעם משרד החקלאות אנו צופים הקמת שווקי איכרים חדשים בפריסה ארצית, גם בקרב אוכלוסיות מוחלשות. יש לקוות שלמרות שמטרת התוכנית היא סיוע לחקלאים וצמצום פערי תיווך, תהיינה לה השלכות בריאותיות מיטיבות על האוכלוסייה. מסקירת הספרות עולה כי ראוי היה לשלב בתוכנית ההתערבות גם חינוך תזונתי והסברה בנושא חשיבות צריכת ירקות ופירות, שיתרמו לשגשוג שווקי האיכרים לאורך זמן ולהשפעתם המיטיבה על בריאות הציבור. לשם קידום תזונה בריאה נדרש שיתוף פעולה של משרדי הממשלה השונים, בעיקר משרד הבריאות ומשרד החקלאות. מטרת מחקר זה להצביע על הקשר בין הגדלת צריכת פירות וירקות מתוצרת מקומית למלחמה בהשמנת יתר בעיקר בקרב אוכלוסיות מעוטות יכולת, ולעודד תמריצים נוספים בעתיד.

רשימת מקורות

אופק ישראל. [דף פייסבוק]. אוחר ב-17 במרץ 2018 מתוך
[/https://he-il.facebook.com/Ofek.Israel.News](https://he-il.facebook.com/Ofek.Israel.News)

אזרייבה, ג', וגולדשמידט ר' (2017). מה אנחנו יודעים על בטחון תזונתי בישראל? המועצה
הלאומית לביטחון תזונתי [ניירות עבודה] 17-18. אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך
http://www.ortra.com/events/Portals/100/bitachon_web.pdf

בוורס, ל' וצ'רניחובסקי, ד'. (2 באפריל, 2017). חשיבה מחודשת על סדר העדיפויות של טיפולים
רפואיים בישראל. מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל. אוחר ב-17 במרץ,
2018 מתוך

<http://taubcenter.org.il/he/pr-healthcare-priorities>

ברק אומגה – התאחדות החקלאים. [דף פייסבוק]. אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך
[/https://he-il.facebook.com/barak.omega](https://he-il.facebook.com/barak.omega)

גור, א' (2009). מנהל המחלקה להפרעות אכילה במרכז הרפואי על שם חיים שיב"א, תל השומר.
בתוך ט. לביא (עורכת), הפרעות אכילה בישראל – קצה הקרחון? (מהד' עשרים ושש, עמ'
3-5). רחובות: מכון מחקר "תנובה".

גינסבורג, ג' (אוג' 2016) משרד הבריאות. דו"ח ועדת האסדרה לתזונה בריאה. שירות בריאות
הציבור. אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

https://www.health.gov.il/PublicationsFiles/HealthyDietCommittee_recommendation.pdf

דבר ראשון (4 דצמ' 2016). מחאת החקלאים: יעד לאומי ואינטרס לאומי [כתבה]. אוחר ב-17
במרץ, 2018 מתוך

<http://www.davar1.co.il/43722>

הראל כפיר, ד' (2012). "פערי התיווך של הירקות והפירות מגיעים עד 400%". גלובס. [כתבה]
אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

<https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1000808072>

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, המשרד להגנת הסביבה. (2016). לרגל יום הבריאות העולמי
נתוני בריאות מתוך הדוח הממשלתי הראשון למדדי איכות חיים. ירושלים: מדינת ישראל.
התאחדות האיכרים בישראל [אתר הבית]. אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

<https://www.ikarim.org.il/>

וולפסון, ע' (28 באוק' 2017). שוק איכרים: לא רק המחיר והאיכות - גם הערבות. YNET [כתבה]
אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

<https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5034781,00.html>

טייב י' ונווה, ג' (2014). ההסדרה המשפטית של "פערי תיווך" ומדיניות תמחור טורפני בשוק
החקלאי. הלשכה המשפטית של הכנסת. [סקירה משווה] אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

<http://main.knesset.gov.il/Activity/Info/LegalDepartmentSurveys/Survey041114.pdf>

f

לאור, י' (18 בנוב' 2014). טרנד: שווקי האיכרים משלטים על ישראל. אתר "וואלה" [כתבה]. אוחר
ב-17 במרץ, 2018 מתוך

<https://food.walla.co.il/item/2802669>

לב, ב', רוזנברג, א' ושוחט, ת' (נוב' 2011). התנהגויות בריאות, תזונה נבונה. היוזמה "לעתיד
בריא 2020", משרד הבריאות [דו"ח מקצועי]. אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

<https://www.health.gov.il/PublicationsFiles/nutrition-2020.pdf>

מבקר המדינה (2008). משרד הבריאות, מניעת השמנה [תקציר]. אוחר ב-17 במרץ, 2018
מתוך

http://www.mevaker.gov.il/he/Reports/Report_326/78c5a9f2-8f3d-4f5d-ae95-0f0d1b9735c0/part-121_doc.docx

מבקר המדינה (2011). משרד הבריאות, מניעת השמנה [תקציר - ממצאי מעקב]. אוחר ב-17
במרץ, 2018 מתוך

http://www.mevaker.gov.il/he/Reports/Report_149/7c32b4a5-1bf7-4d85-8dc6-feadb46063ad/7019.pdf

מג'ר, א' (יוני 2017) אי ירוק בעיר. The Marker Magazine [כתבה במגזין המודפס].

מדד מסת הגוף (פברואר, 2018). ויקיפדיה האנציקלופדיה החופשית. אוחר ב-17 במרץ, 2018
מתוך

https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%9E%D7%93%D7%93_%D7%9E%D7%A1%D7%AA_%D7%92%D7%95%D7%A3

מדינת ישראל. (2016). מדדי איכות חיים, קיימות וחוסן לאומי. ירושלים: מדינת ישראל.

משרד הבריאות (18 ביולי 2011). חובת תיעוד של גורמי סיכון ואורחות חיים בתיק הרפואי
הממוחשב [חוזר מנכ"ל מס' 21/11]. אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

https://www.health.gov.il/hozer/mk21_2011.pdf

משרד הבריאות, מועצת הבריאות, המכון הלאומי לחקר שרותי הבריאות ומדיניות הבריאות
בישראל. (2015). התוכנית הלאומית למדדי איכות לרפואת הקהילה בישראל – דו"ח
לשנים 2013-2015. ירושלים: מדינת ישראל.

משרד הבריאות, המכון הלאומי לחקר שרותי הבריאות ומדיניות הבריאות. (2015). הכנס השנתי
ה-11 למדיניות הבריאות – 20 שנים לחוק ביטוח בריאות ממלכתי. תל אביב מלון דן פנורמה.

משרד החקלאות ופיתוח הכפר, החטיבה למחקר כלכלה ואסטרטגיה. (2012). תוכניות
ממשלתיות להגדלת הצריכה של מזון בריא [מצגת] אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

http://www.moag.gov.il/yhidotmisrad/research_economy_strategy/publication/2012/documents/plan%20for%20fruit%20veg%20con%20schools%20and%20europe.pdf

משרד החקלאות ופיתוח הכפר (4 במרץ 2014). הצעת חוק ממשלתית להסדרת מכירה של
תוצרת חקלאית [פרסום] אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

http://www.moag.gov.il/yhidotmisrad/dovrut/publication/2014/Pages/hasdarat_me_chira_tozeret_haklait.aspx

משרד החקלאות ופיתוח הכפר, החטיבה למחקר כלכלה ואסטרטגיה (מאי 2014). פיילוט לעידוד צריכת ירקות ופירות בבתי ספר [דו"ח מחקר הערכה]. אוחרזר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

http://www.efsharibari.gov.il/files/870b7d8a016853b57c26030d86848309//uploaded_content/%D7%9C%D7%90%D7%9B%D7%95%D7%9C%20%D7%91%D7%A8%D7%99%D7%90/untitled%20folder/%D7%A4%D7%99%D7%99%D7%9C%D7%95%D7%98%20%D7%97%D7%9C%D7%95%D7%A7%D7%AA%20%D7%99%D7%A8%D7%A7%D7%95%D7%AA%20%D7%95%D7%A4%D7%99%D7%A8%D7%95%D7%AA%20%D7%98%D7%A8%D7%99%D7%99%D7%9D%20-%20%D7%93%D7%95%D7%97%20%D7%A1%D7%95%D7%A4%D7%99.pdf

משרד החקלאות ופיתוח הכפר (יוני 2017). נוהל השתתפות המדינה במימון שוק איכרים לשיווק ישיר של תוצרת חקלאית לשנים 2017-2019 [טיוטה להערות הציבור]. אוחרזר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

http://www.moag.gov.il/yhidotmisrad/research_economy_strategy/publication/2017/Pages/markets.aspx

משרד החקלאות ופיתוח הכפר (אוק' 2017). נוהל השתתפות המדינה במימון שוק איכרים לשיווק ישיר של תוצרת חקלאית לשנים 2017-2019. אוחרזר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

http://www.moag.gov.il/yhidotmisrad/research_economy_strategy/nehalem/Documents/farmers%20markets.pdf

סרולוביץ', ע' (דצמ' 2016). קופ"ח כללית. השמנת יתר בערים בישראל [תקציר תוצאות מחקר] אוחרזר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

https://www.clalit.co.il/he/lifestyle/nutrition/Pages/clalit_diet_study.aspx

טבלה מתוך מחקר זה הממפה את שיעורי השמנת היתר בערים בישראל:

<https://cdn.doctorsonly.co.il/2017/01/1-10-2017.docx>

פאנוס, ד' (דצמ' 2017). ענף החקלאות בישראל תמונת מצב כלכלית לשנת 2016. משרד החקלאות ופיתוח הכפר, החטיבה למחקר כלכלה ואסטרטגיה. אוחרזר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

http://www.moag.gov.il/yhidotmisrad/research_economy_strategy/publication/2017/Documents/calcala_chaklout_2016.pdf

צפובסקי, פ' (11 ביוני 2010). nrg. ראש בראש: השוק האורגני מול שוק האיכרים [כתבה]. אוחרזר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

<https://www.makorrishon.co.il/nrg/online/55/ART2/118/884.html>

צ'רניחובסקי, ד' (2018). התפתחויות עכשוויות במערכת הבריאות, מתוך דו"ח מצב המדינה 2017. מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל. אוחרזר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

http://taubcenter.org.il/wp-content/files_mf/developmentsinhealthcaresystemheb.pdf

קדוש, נ' (6 ביולי 2017). כלכליסט. "שוק האיכרים - פתרון המדינה למחירי פירות וירקות".

[כתבה] אוחר ב-16 למרץ 2018 מתוך

<https://www.calcalist.co.il/Ext/Comp/ArticleLayout/CdaArticlePrint1280/0,16492,3716607,00.html>

קחל, י' ושביט, ע'. (2012). תוכניות ממשלתיות להגדלת הצריכה של מזון בריא [מצגת]. משרד החקלאות ופיתוח הכפר, החטיבה למחקר כלכלה ואסטרטגיה. אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

http://www.moag.gov.il/yhidotmisrad/research_economy_strategy/publication/2012/documents/pres%20%20fr%20veg%20in%20schools.pdf

רותם, נ' ואחרים (2017). למ"ס. פני החברה בישראל, מבט על הערים הגדולות, בריאות (פרק 5, 184-200). אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

http://www.cbs.gov.il/publications14/rep_07/pdf/part05_h.pdf

שוק איכרים. (2 בפב' 2018). ויקיפדיה, האנציקלופדיה החופשית. אוחר ב-17 במרץ, 2018 מתוך

https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A9%D7%95%D7%A7_%D7%90%D7%99%D7%9B%D7%A8%D7%99%D7%9D#%D7%A9%D7%95%D7%A7%D7%99_%D7%90%D7%99%D7%9B%D7%A8%D7%99%D7%9D_%D7%91%D7%99%D7%A9%D7%A8%D7%90%D7%9C

שוק איכרים. מילוג, המילון העברי הראשון ברשת. אוחר ב-17 במרץ 2018 מתוך <https://milog.co.il/>

.....
Acosta, A., & Camilleri, M. (2014). Gastrointestinal morbidity in obesity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1311(1), 42–56. <https://doi.org/10.1111/nyas.12385>

African-American Women Participating in the Special Supplemental Nutrition Program for Women, Infants, and Children. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(3), 441–446. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.11.019>

Alkon, Alison Hope. 2008. "From Value to Values: Sustainable Consumption at Farmers Markets." *Agriculture and Human Values* 25(4): 487–98.

Al-Musa, H. M. (2017). Impact of Obesity on Serum Levels of Thyroid Hormones among Euthyroid Saudi Adults. *Journal of Thyroid Research*, 2017, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2017/5739806>

Arnold, M., Pandeya, N., Byrnes, G., Renehan, A. G., Stevens, G. A., Ezzati, M., ... Soerjomataram, I. (2015). Global burden of cancer attributable to high body-mass index in 2012: A population-based study. *The Lancet Oncology*, 16(1), 36–46. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)71123-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(14)71123-4)

- Aucoin, Martin, and Matthew Fry. 2015. "Growing Local Food Movements: Farmers' Markets as Nodes for Products and Community." *Geographical Bulletin - Gamma Theta Upsilon* 56(2): 61–78.
- Bader, M., Purciel, M., Yousefzadeh, P., & Neckerman, K. (2010). Disparities in Neighborhood Food Environments: Implications of Measurement Strategies. *Economic Geography*, 86(4), 409–430.
- Banerjee, Tridib. 2001. "The Future of Public Space: Beyond Invented Streets and Reinvented Places." *Journal of the American Planning Association* 67(1): 9–24.
- Based, An Issue-, Case Study, Mark Francis, and Lucas Griffl. 2011. "The Meaning and Design of Farmers' Markets as." *Landscape Journal*.
- Bayer, O., Nehring, I., Bolte, G., & Von Kries, R. (2014). Fruit and vegetable consumption and BMI change in primary school-age children: A cohort study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 68(2), 265–270. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.139>
- Besik, Deniz, and Anna Nagurney. 2017. "Quality in Competitive Fresh Produce Supply Chains with Application to Farmers' Markets." *Socio-Economic Planning Sciences* 60: 62–76.
- Boateng, G. O., Adams, E. A., Boateng, M. O., Luginaah, I. N., & Taabazuing, M. M. (2017). Obesity and the burden of health risks among the elderly in Ghana: A population study. *PLoS ONE*, 12(11), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186947>
- Bryce, Richard et al. 2017. "Participation in a Farmers' Market Fruit and Vegetable Prescription Program at a Federally Qualified Health Center Improves Hemoglobin A1C in Low Income Uncontrolled Diabetics." *Preventive Medicine Reports* 7: 176–79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmedr.2017.06.006>.
- Catenacci, V. A., Hill, J. O., & Wyatt, H. R. (2009). The obesity epidemic. *Clinics in Chest Medicine*, 30(3), 415–444. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ccm.2009.05.001>
- Chaufan, C., Constantino, S., & Davis, M. (2012). "It's a full time job being poor': Understanding barriers to diabetes prevention in immigrant communities in the

- USA. *Critical Public Health*, 22(2), 147–158.
<https://doi.org/10.1080/09581596.2011.630383>
- Coalition, Farmers Market. “Farmers Market Coalition.”
<http://www.farmersmarketcoalition.org/>.
- Conner, T. S., Brookie, K. L., Richardson, A. C., & Polak, M. A. (2015). On carrots and curiosity: Eating fruit and vegetables is associated with greater flourishing in daily life. *British Journal of Health Psychology*, 20(2), 413–427.
<https://doi.org/10.1111/bjhp.12113>
- Conway, B. N., Han, X., Munro, H. M., Gross, A. L., Shu, X. O., Hargreaves, M. K., ... Blot, W. J. (2018). The obesity epidemic and rising diabetes incidence in a low-income racially diverse southern US cohort. *PLoS ONE*, 13(1), 1–19.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190993>
- Cries, H A T Suburbia et al. “Our Vanishing ‘ Third Places .’” City: 6–10.
- Cui, Yue. 2013. “A Systematic Approach to Evaluate and Validate the Spatial Accuracy Offarmers Market Locations Using Multi-Geocoding Services.” *Applied Geography* 41: 87–95.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.03.016>.
- Daly, C. M., Foote, S. J., & Wadsworth, D. D. (2017). Physical Activity, Sedentary Behavior, Fruit and Vegetable Consumption and Access: What Influences Obesity in Rural Children? *Journal of Community Health*, 42(5), 968–973.
<https://doi.org/10.1007/s10900-017-0343-6>
- Danielsen, K., Wilsgaard, T., Olsen, A. O., & Furberg, A. S. (2017). Overweight and weight gain predict psoriasis development in a population-based cohort. *Acta Dermato-Venereologica*, 97(3), 332–339.
<https://doi.org/10.2340/00015555-2530>
- Drewnowski, A. (2009). Obesity, diets, and social inequalities. *Nutrition Reviews*, 67(SUPPL. 1), 536–539. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00157.x>
- Field, A. E., Gillman, M. W., Rosner, B., Rockett, H. R., & Colditz, G. A. (2003). Association between fruit and vegetable intake and change in body mass index among a large sample of children and adolescents in the United States.

International Journal of Obesity, 27(7), 821–826.
<https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802297>

Francis, Mark, and Lucas Griffith. 2011. "The Meaning and Design of Farmers' Markets as Public Space An Issue-Based Case Study." *Landscape Journal* 30(2): 261–79.
<http://lj.uwpress.org/content/30/2/261%5Cnhttp://lj.uwpress.org/content/30/2/261.full.pdf%5Cnhttp://lj.uwpress.org/content/30/2/261.short>.

Freedman, Darcy A. et al. 2013. "A Farmers' Market at a Federally Qualified Health Center Improves Fruit and Vegetable Intake among Low-Income Diabetics." *Preventive Medicine*.

Freedman, M. R., & Fulgoni, V. L. (2016). Canned Vegetable and Fruit Consumption Is Associated with Changes in Nutrient Intake and Higher Diet Quality in Children and Adults: National Health and Nutrition Examination Survey 2001-2010. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(6), 940–948. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.10.013>

Freedman, Darcy A. et al. 2017. "Farmers' Market Use Patterns Among Supplemental Nutrition Assistance Program Recipients With High Access to Farmers' Markets." *Journal of Nutrition Education and Behavior* 49(5): 397–404.e1. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneb.2017.01.007>.

Freshfel Europe (29 Jan, 2008) consumption monitor 2008 [report]

Retrieved March 17, 2018 from

http://www.abpm.org.br/portugues/mensagens/imprensa/0542009/consumption_monitor_2008.pdf

"Fruit and Vegetables: Producer Organisations - Agriculture and Rural Development." http://ec.europa.eu/agriculture/fruit-and-vegetables/producer-organisations/index_en.htm.

Gilboa, S. M., Correa, A., Botto, L. D., Rasmussen, S. A., Waller, D. K., Hobbs, C. A., ... Riehle-Colarusso, T. J. (2010). Association between prepregnancy body mass index and congenital heart defects. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 202(1), 51.e1--51.e10.
<https://doi.org/10.1016/j.ajog.2009.08.005>

Gotmare, S. R., & Dolas, A. S. (2015). THE HEALTH BENEFITS AND RISKS OF ANTIOXIDANTS. *Pharmacophore*, 6(1), 25–30.

- Gullette, D. L., & Lyons, M. A. (2005). Sexual Sensation Seeking , Compulsivity , and HIV Risk Behaviors in College Students Sexual Sensation Seeking , Compulsivity , and HIV Risk Behaviors in College Students. *Journal of Community Health Nursing*, 22(1), 47–60. <https://doi.org/10.1207/s15327655jchn2201>
- He, K., Hu, F. B., Colditz, G. A., Manson, J. E., Willett, W. C., & Liu, S. (2004). Changes in intake of fruits and vegetables in relation to risk of obesity and weight gain among middle-aged women. *International Journal of Obesity*, 28(12), 1569–1574. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802795>
- Hruby, A., Manson, J. A. E., Qi, L., Malik, V. S., Rimm, E. B., Sun, Q., ... Hu, F. B. (2016). Determinants and consequences of obesity. *American Journal of Public Health*, 106(9), 1656–1662. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303326>
- Israel Center for Disease Control ICDC. (2012). Israel National health Interview Survey (INHIS-2) 2007-2010, (July).
- Jilcott Pitts, S. B., Gustafson, A., Wu, Q., Mayo, M. L., Ward, R. K., McGuirt, J. T., ... Ammerman, A. S. (2014). Farmers' market use is associated with fruit and vegetable consumption in diverse southern rural communities. *Nutrition Journal*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-1>
- Jilcott Pitts, S. B., Wu, Q., McGuirt, J. T., Crawford, T. W., Keyserling, T. C., & Ammerman, A. S. (2013). Associations between access to farmers' markets and supermarkets, shopping patterns, fruit and vegetable consumption and health indicators among women of reproductive age in eastern North Carolina, USA. *Public Health Nutrition*, 16(11), 1944–1952. <https://doi.org/10.1017/S1368980013001389>
- Jilcott Pitts, S. B., Hinkley, J., Wu, Q., McGuirt, J. T., Lyonnais, M. J., Rafferty, A. P., ... Phillips, L. (2017). A possible dose-response association between distance to farmers' markets and roadside produce stands, frequency of shopping, fruit and vegetable consumption, and body mass index among customers in the Southern United States. *BMC Public Health*, 17(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3943-7>

- Jilcott Pitts, Stephanie B. et al. 2017. "A Possible Dose-Response Association between Distance to Farmers' Markets and Roadside Produce Stands, Frequency of Shopping, Fruit and Vegetable Consumption, and Body Mass Index among Customers in the Southern United States." *BMC Public Health* 17(1): 1–12.
- Kanguru, L., McCaw-Binns, A., Bell, J., Yonger-Coleman, N., Wilks, R., & Hussein, J. (2017). The burden of obesity in women of reproductive age and in pregnancy in a middle-income setting: A population based study from Jamaica. *PLoS ONE*, 12(12), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188677>
- Katz, B. (2013). Eating behavior and risks of eating disorders among adolescents in Israel. *Journal of Social-Educational Work*, 38, 9–30.
- Lakkakula, A. P., Zanovec, M., Silverman, L., Murphy, E., & Tuuri, G. (2008). Black Children with High Preferences for Fruits and Vegetables Are at Less Risk of Being at Risk of Overweight or Overweight. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(11), 1912–1915. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2008.08.019>
- Lyon, Phil, Viv Collie, Eva-Britt Kvarnbrink, and Anne Colquhoun. 2009. "Shopping at the Farmers' Market: Consumers and Their Perspectives." *Journal of Foodservice*.
- "Les Fruits et Légumes Frais." <http://www.lesfruitsetlegumesfrais.com/fruits-legumes/fruitsexotiques-et-tropicaux/grenade/print>. Retrieved March 17, 2018 from <https://www.lesfruitsetlegumesfrais.com>
- Lin, B. H., & Morrison, R. M. (2002). Higher fruit consumption linked with lower body mass index. *Weighing In on Obesity*, 25(3), 28–32.
- Linlin, F., Yaping, L., Jixiang, Y., Ying, L., Jie, Z., Fengjuan, S., ... Junli, W. (2017). The study on relationship between obesity and living quality or incidence of T2DM complication : 3 year Chinese cohort study. *2463 Biomed Res- India*, 28(6), 2462–2465.
- Longhi, S., & Radett, G. (2013). Thyroid Function and Obesity. *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*, 1(3), 40–44. <https://doi.org/10.4274/Jcrpe.856>

- Ma'at, I., Owens, M., & Hughes, M. (2002). REACH 2010 coalitions: reaching for ways to prevent cardiovascular disease and diabetes. *Journal of Women's Health* (15409996), 11(10), 829–839. <https://doi.org/10.1089/154099902762203678>
- Machado, R. H. V., Feferbaum, R., & Leone, C. (2016). Fruit intake and obesity: Fruit and vegetables consumption and obesity in Brazil. *Journal of Human Growth and Development*, 26(2), 243–252. <https://doi.org/10.7322/jhgd.119293>
- Mack, James, and Daoqin Tong. 2015. "Characterizing the Spatial and Temporal Patterns of Farmers' Market Visits." *Applied Geography* 63: 43–54.
- Marcello, M. A., Sampaio, A. C., Geloneze, B., Vasques, A. C. J., Assumpção, L. V. M., & Ward, L. S. (2012). Obesity and excess protein and carbohydrate consumption are risk factors for thyroid cancer. *Nutrition and Cancer*, 64(8), 1190–1195. <https://doi.org/10.1080/01635581.2012.721154>
- Martens, D. S., Plusquin, M., Gyselaers, W., De Vivo, I., & Nawrot, T. S. (2016). Maternal pre-pregnancy body mass index and newborn telomere length. *BMC Medicine*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12916-016-0689-0>
- Martinez, Steve et al. 2010. *Local Food Systems Concepts, Impacts, and Issues*. https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/46393/7054_err97_1_.pdf?v=42265.
- McNeill, Lisa, and Olivia Hale. 2016. "Who Shops at Local Farmers' Markets? Committed Loyals, Experiencers and Produce-Orientated Consumers." *Australasian Marketing Journal* 24(2): 135–40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ausmj.2016.01.003>.
- Mekonnen, T., Tariku, A., & Abebe, S. M. (2018). Overweight/obesity among school aged children in Bahir Dar City: cross sectional study. *Italian Journal of Pediatrics*, 44(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s13052-018-0452-6>
- Mujcic, R., & Oswald, A. J. (2016). Evolution of well-being and happiness after increases in consumption of fruit and vegetables. *American Journal of Public Health*, 106(8), 1504–1510. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303260>
- NHS. 2015. "Why 5 A DAY? - Live Well - NHS Choices." *Choices. Your health*,

your choices. Retrieved March 17, 2018 from
<https://www.nhs.uk/livewell/5aday/pages/5adayhome.aspx>

OECD. (2017). Health at a Glance 2017: Chartset. *European Observatory on Health Systems and Policies (2017)*. <https://doi.org/10.1787/eag-2017-en>

Organisation, Nutrition et al. 1992. "Food Dudes." : 1–10. Retrieved March 17, 2018 from <http://www.fooddudes.ie/main.html>

Pıhtılı, A., Bingöl, Z., & Kıyan, E. (2017). The predictors of obesity hypoventilation syndrome in obstructive sleep apnea. *Balkan Medical Journal*, 34(1), 41–46. <https://doi.org/10.4274/balkanmedj.2015.1797>

Pomerleau, Joceline, Karen Lock, Cé Cile Knai, and Martin Mckee. 2005. "Nutritional Epidemiology Interventions Designed to Increase Adult Fruit and Vegetable Intake Can Be Effective: A Systematic Review of the Literature 1–3." *J. Nutr* 135: 2486–95.

Pomerleau, Joceline, Karen Lock, Cécile Knai, and Martin McKee. 2005. "Effectiveness of Interventions and Programmes Promoting Fruit and Vegetable Intake." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9): 1689–99.

Pop, M. A., Drugan, T. C., Urda, A., Chatellain, P., Galmace, G., & Pop, C. M. (2013). Obesity - Important Risk Factor for Sleep Apnea Syndrome. *Applied Medical Informatics*, 33(3), 22–32. Retrieved from <http://ezproxy.net.ucf.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=91950687&site=ehost-live>

"Programs and Services | Food and Nutrition Service."
<http://www.fns.usda.gov/programs-and-services>.

Project for Public Spaces. 2008. "New Opportunities for Farmers, Communities and Consumers." Project for Public Spaces.

Project for Public Spaces. 2013. "Farmers Markets as a Strategy to Improve Access to Healthy Food for Low-Income Families and Communities."

Project for Public Spaces.. 2017. "Measuring the Impact of Public Markets and Farmers Markets on Local Economies." website PPS. <https://www.pps.org/reference/measuring-the-impact-of-public-markets-and-farmers-markets-on-local-economies/>.

- Qiu, R., Cao, W. T., Tian, H. Y., He, J., Chen, G. D., & Chen, Y. M. (2017). Greater intake of fruit and vegetables is associated with greater bone mineral density and lower osteoporosis risk in middle-aged and elderly adults. *PLoS ONE*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168906>
- Racine, Elizabeth F., Ashley Smith Vaughn, and Sarah B. Laditka. 2010. “Farmers’ Market Use among African-American Women Participating in the Special Supplemental Nutrition Program for Women, Infants, and Children.” *Journal of the American Dietetic Association* 110(3): 441–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jada.2009.11.019>.
- Rautiainen, S., Wang, L., Lee, I.-M., Manson, J. E., Buring, J. E., & Sesso, H. D. (2015). Higher Intake of Fruit, but Not Vegetables or Fiber, at Baseline Is Associated with Lower Risk of Becoming Overweight or Obese in Middle-Aged and Older Women of Normal BMI at Baseline. *Journal of Nutrition*, 145(5), 960–968. <https://doi.org/10.3945/jn.114.199158>
- Rosenberg E, Grotto I, Dweck T, Horev T, Cohen M, Lev B. 2014. “Healthy Israel 2020: Israel’s Blueprint for Health Promotion and Disease Prevention.” *No1 PublicHealthReviews* 3535.
- Ruhs, Barbara. 2008. “Fruits & Veggies More Matters : Fiesta Cuisine : Health Benefits of Fruits & Vegetables.” [file:///C:/Users/Steve/AppData/Local/Mendeley Ltd/Mendeley Desktop/Downloaded/Unknown - Unknown - Fruits & Veggies More Matters Fiesta Cuisine Health Benefits of Fruits & Vegetables.html](file:///C:/Users/Steve/AppData/Local/Mendeley%20Ltd/Mendeley%20Desktop/Downloaded/Unknown%20-%20Unknown%20-%20Fruits%20&%20Veggies%20More%20Matters%20Fiesta%20Cuisine%20Health%20Benefits%20of%20Fruits%20&%20Vegetables.html). Retrieved March 17, 2018 from <https://www.fruitsandveggiesmorematters.org/>
- Russell, I C. 2001. “Counting Farmers Markets.” *Geographical Review*.
- Sadler, R. C., Gilliland, J. A., & Arku, G. (2011). An application of the edge effect in measuring accessibility to multiple food retailer types in Southwestern Ontario, Canada. *International Journal of Health Geographics*, 10(May), 1–14. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-10-34>
- Sanders, R. H., Han, A., Baker, J. S., & Cobley, S. (2015). Childhood obesity and its physical and psychological co-morbidities: a systematic review of Australian children and adolescents. *European Journal of Pediatrics*, 174(6), 715–746. <https://doi.org/10.1007/s00431-015-2551-3>

- Savoie Roskos, Mateja R. 2017. "The Role of Farmers' Market Incentives on the Fruit and Vegetable Intake and Food Security Status of Supplemental Nutrition Assistance Program Participants." Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering.
- Schröder, H. (2007). Protective mechanisms of the Mediterranean diet in obesity and type 2 diabetes. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 18(3), 149–160. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2006.05.006>
- Seamon, David, and Christina Nordin. 1980. "Marketplace as Place Ballet: A Swedish Example." *Landscape* 24(3): 35–41. https://www.academia.edu/239042/Marketplace_as_Place_Ballet_A_Swedish_Example_1980_.
- Serafica, R. C., Ceria-Ulep, C. D., & Lane, S. H. (2015). Hapag Kainan: Dietary Consumption of Fat, Sugar, Fruits and Vegetables Among Filipino Americans. *Journal of Cultural Diversity*, 22(3), 95–104.
- Singleton, C. R., Baskin, M., Levitan, E. B., Sen, B., Affuso, E., & Affuso, O. (2014). Farm-to-Consumer Retail Outlet Use, Fruit and Vegetable Intake, and Obesity Status among WIC Program Participants in Alabama. *Am J Health Behav*, 40(4), 446–454. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5993/AJHB.40.4.6.447>
- Slavin, J., & Lloyd, B. (2012). Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Advances in Nutrition*, 3(4), 506–516. <https://doi.org/10.3945/an.112.002154.506>
- Spalding, B., Czarnecki, N., Hallman, W., & Fitzgerald, N. (2012). Can Farmers Markets Improve Access and Consumption of Fruits and Vegetables in Vulnerable Populations? *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 112(9, Supplement), A72. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jand.2012.06.253>
- Spilková, Jana, and Radim Perlín. 2013. "Farmers' Markets in Czechia: Risks and Possibilities." *Journal of Rural Studies* 32: 220–29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2013.07.001>.
- Stokes, A. (2011). Body-mass index and mortality among white adults. *New England Journal of Medicine*, 364(8), 782.
- Svenfelt, Åsa, and Annika Carlsson-Kanyama. 2010. "Farmers' Markets - Linking

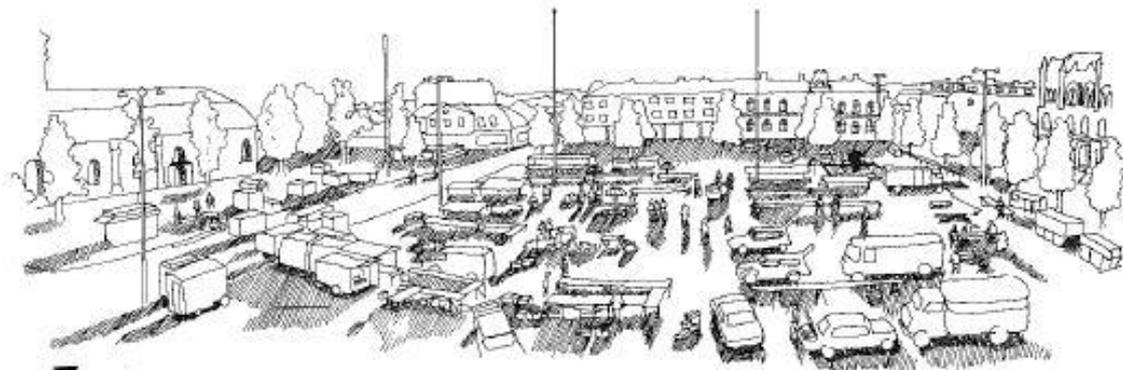
Food Consumption and the Ecology of Food Production?" Local Environment.

- Tam, C. F., Xi, E., Chan, V., & Gouzoubachian, A. (2017). AN INVERSE CORRELATION BETWEEN FRUIT AND VEGETABLE CONSUMPTION AND BMI AMON...: EBSCOhost. *College Student Journal*, 51(3), 407–423. Retrieved from <http://web.b.ebscohost.com.libproxy.wustl.edu/ehost/detail/detail?vid=0&sid=64f8d149-79db-46ee-bc86-9958684736fe%40sessionmgr4007&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRI#AN=125256422&db=a9h>
- Tamers, S. L., Agurs-Collins, T., Dodd, K. W., & Nebeling, L. (2009). US and France adult fruit and vegetable consumption patterns: An international comparison. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(1), 11–17. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2008.2>
- Tiemann, Thomas K. 2008. "Grower-Only Farmers' Markets: Public Spaces and Third Places." *Journal of Popular Culture* 41(3): 467–87.
- Valcke, M., Bourgault, M. H., Rochette, L., Normandin, L., Samuel, O., Belleville, D., ... Phaneuf, D. (2017). Human health risk assessment on the consumption of fruits and vegetables containing residual pesticides: A cancer and non-cancer risk/benefit perspective. *Environment International*, 108(August), 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.07.023>
- Vucenik, I., & Stains, J. P. (2012). Obesity and cancer risk: Evidence, mechanisms, and recommendations. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1271(1), 37–43. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06750.x>
- Wang, X., Ouyang, Y., Liu, J., Zhu, M., Zhao, G., Bao, W., & Hu, F. B. (2014). Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Bmj*, 349(jul29 3), 1–14. <https://doi.org/10.1136/bmj.g4490>
- Wolf, M. M., a. Spittler, and J. Ahern. 2005. "A Profile of Farmers' Market Consumers and the Perceived Advantages of Produce Sold at Farmers' Markets." *Journal of Food distribution research* 36(1): 192–201.

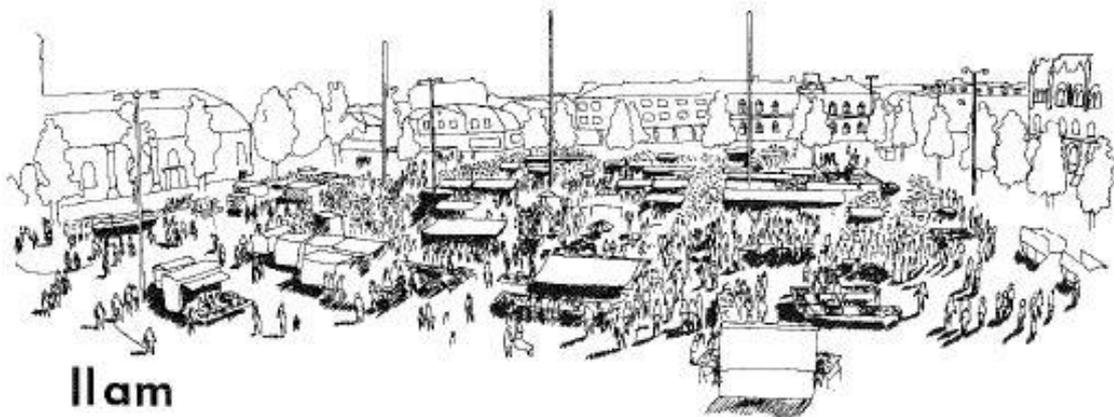
World Health Organization (WHO). EUROPEAN HEALTH INFORMATION GATEWAY, Average amount of fruits and vegetables available per person per year (kg), Retrieved March 17, 2018 from https://gateway.euro.who.int/en/indicators/hfa_446-3240-average-amount-of-fruits-and-vegetables-available-per-person-per-year-kg/visualizations/#id=19474

Young, Candace et al. 2011. "Farmers' Markets in Low Income Communities: Impact of Community Environment, Food Programs and Public Policy." *Community Development* 42(2): 208–20.

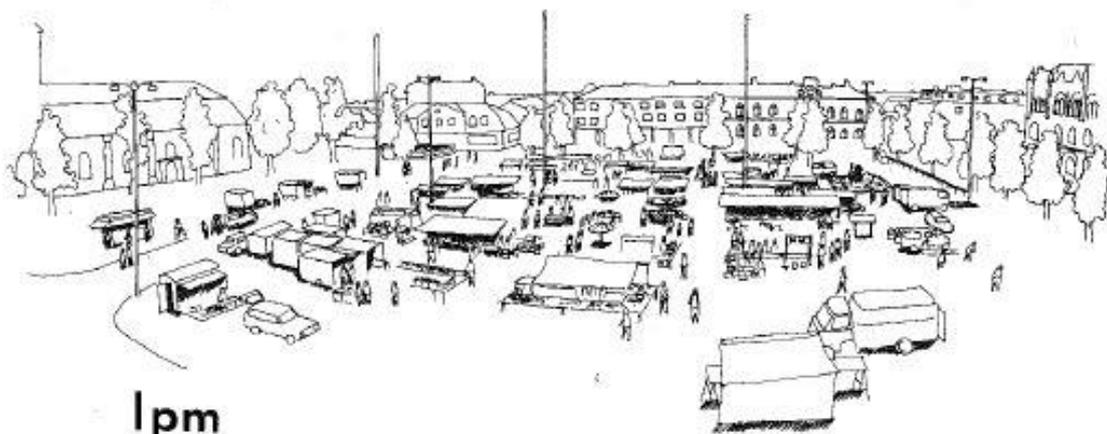
סכמה 1 - השוק כמרחב גמיש המשתנה לאורך שעות היום (Seamon and Nordin 1980)



7am

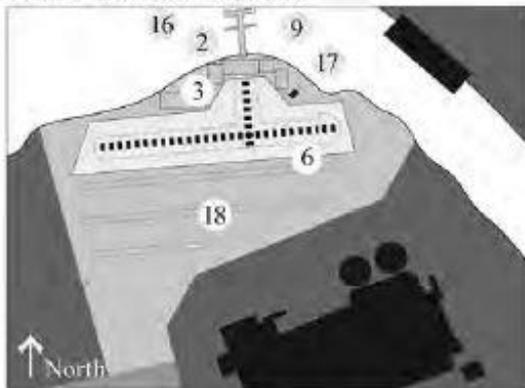


11am

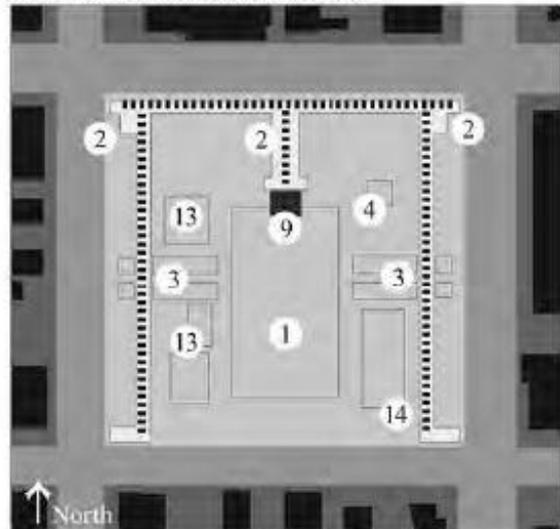


1pm

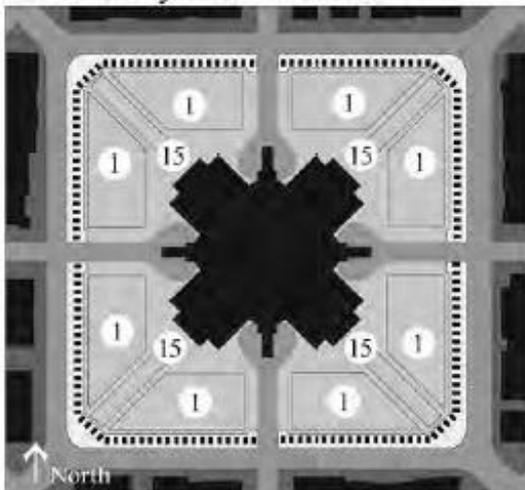
Ithaca Farmers' Market



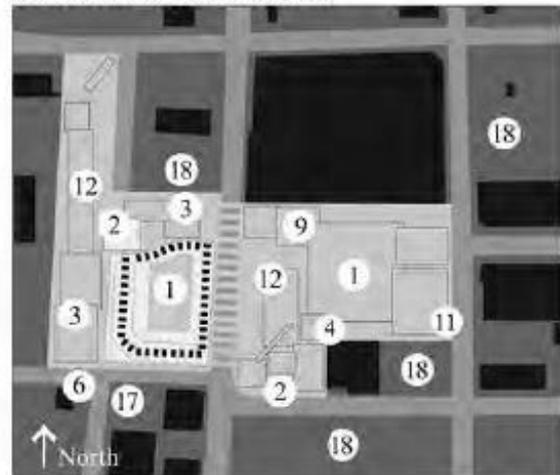
Downtown Farmers' Market



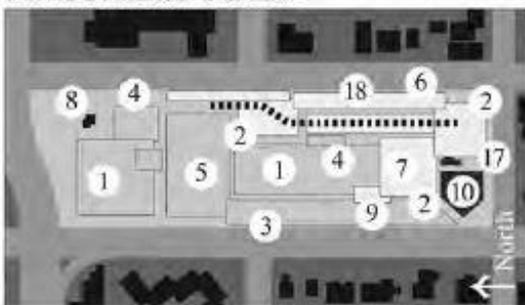
Dane County Farmers' Market



Durham Farmers' Market



Davis Farmers' Market

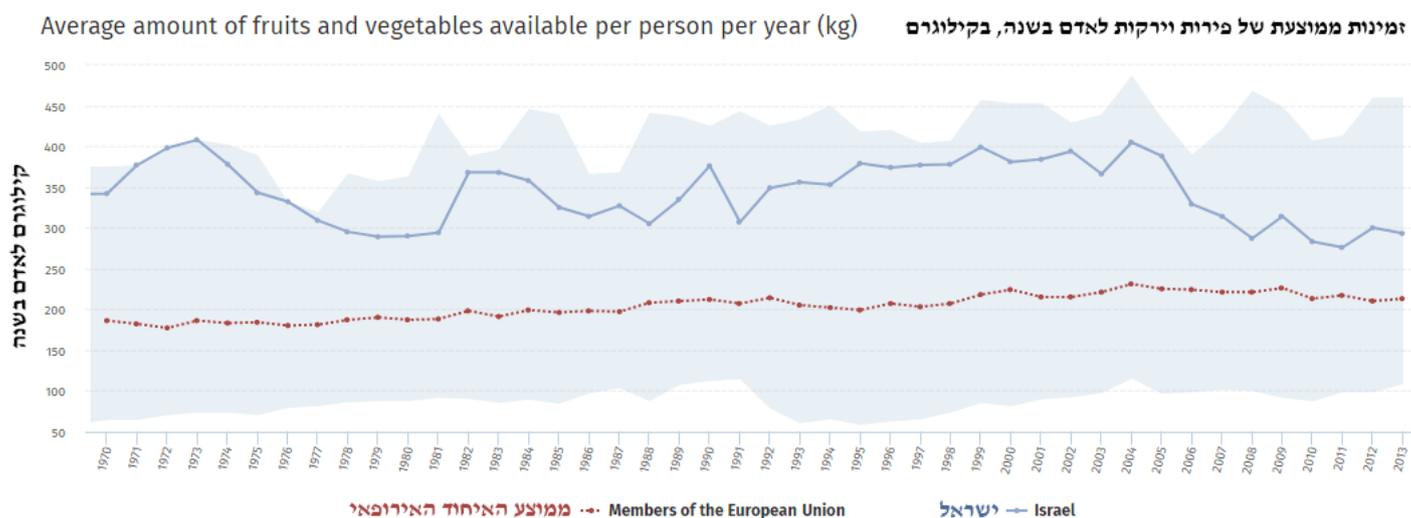


Legend

..... Promenade	1 Lawn	7 Fountain	13 Active Recreation
Working Market	2 Plaza	8 Restrooms	14 Dog Area
Market Landscape	3 Garden	9 Performance Space	15 Capital Pathway
Market Neighborhood	4 Play Area	10 Teen Center	16 Harbor
Street	5 Grove	11 Skate Park	17 Storage
Building	6 Pavilion	12 Nature Trail	18 Parking

Figure 7. The four realms of farmers' markets are depicted here for the five case studies. (Illustration by Griffith 2011).

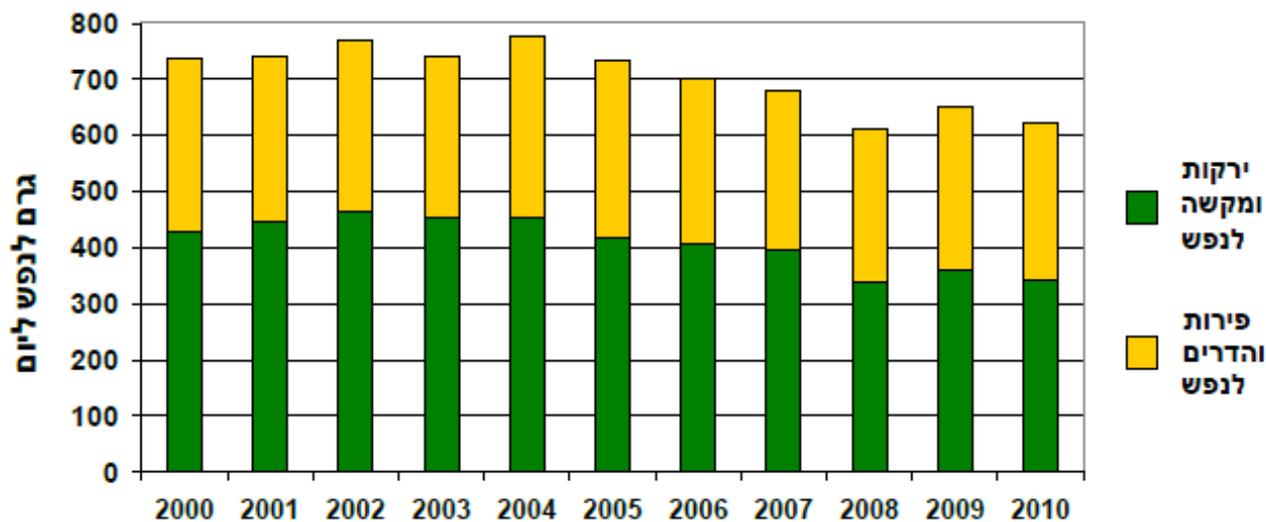
גרף 1 – זמינות ממוצעת של פירות וירקות לאדם בשנה, בקילוגרם



(מעובד מתוך נתוני ארגון הבריאות העולמי WHO על-פי אתר האינטרנט: www.who.int/en/)

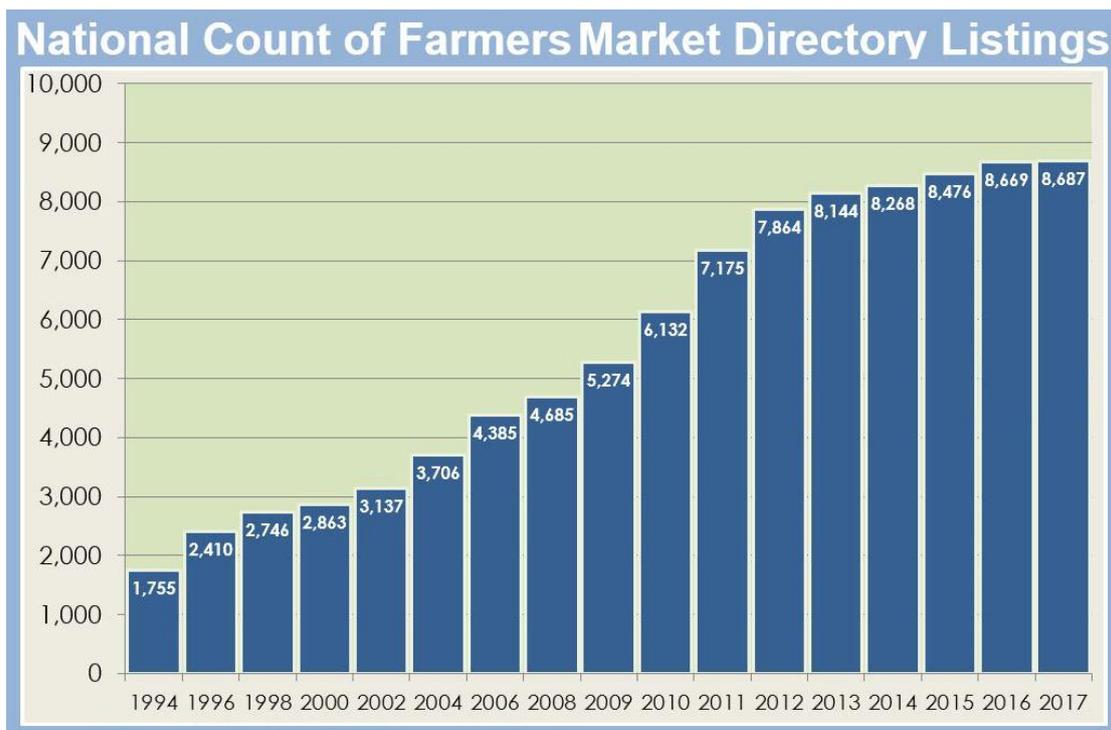
גרף 2 – הספקה לנפש של פירות וירקות מייצור מקומי לשוק המקומי

הספקה לנפש של פירות וירקות טריים מייצור מקומי לשוק המקומי



הערות: נתוני הירקות כוללים מקשה אך אינם כוללים תפוחי אדמה. נתוני ההפסקה כוללים הספקה ליו"ש. ההפסקה לנפש חושבה על-ידי חלוקה סך ההפסקה באוכלוסייה בישראל (מקור הנתונים: למ"ס)

(מעובד מתוך דו"ח מש' החקלאות "תוכניות להגדלת הצריכה של מזון בריא" 2011, ומבוסס על נתוני הלמ"ס)



("NationalCountofFMDirectory17" מעובד מאתר מש' החקלאות האמריקאי –
USDA-AMS-Marketing Services Division)

החינוך הסביבתי בנושא תזונה בת קיימא במערכת החינוך
בישראל והשפעתו בעיצוב עמדות ושינוי התנהגות על הרגלי
אכילה בקרב בני נוער

שם המנחה

גב' ריקי לוי

שמות המגישים

רימה גנאים 315368555

אולפת מסאלחה 028253615

אור יצקן 204568521

מרץ 2018

תוכן עניינים

תודות 171

תקציר 171

1. מבוא 171

- 1.1 תעשיית המזון 171
- 1.2 פירמידת המזון המערבית 173
- 1.3 מזון וסביבה 175
- 1.4 תזונה בת קיימא וחינוך סביבתי 175
- 1.5 פירמידת המזון הים תיכוני 176

2. מאפיינים התנהגותיים כלליים ותזונתיים אצל בני נוער 177

- 2.1 מאפיינים פיזיולוגיים 178
- 2.2 מאפיינים התנהגותיים 178
 - 2.2.1 שינויים תזונתיים 178
 - 2.2.2 שינויים בפעילות גופנית 179
 - 2.2.3 שינויים באורח חיים 179
- 2.3 המצב התזונתי בקרב בני הנוער בישראל 179
- 2.4 המלצות 180
 - 2.4.1 רכיבי מאקרו (אנרגיה, חלבונים, פחמימות ושומנים) – השוואה להמלצות 180
 - 2.4.2 חומצות שומן – השוואה להמלצות 181
 - 2.4.3 ויטמינים – השוואה להמלצות 182
 - 2.5 סקר ארגון הבריאות העולמי 183

3. החינוך הסביבתי והתזונתי 186

- 3.1 חינוך סביבתי 186
- 3.2 המשבר הסביבתי סקירת ספרות 186
- 3.3 החינוך הסביבתי בישראל – תמונת מצב 187
- 3.4 מחקרים העוסקים בחינוך הסביבתי בבתי הספר בישראל 188
- 3.5 שילוב לימודי סביבה כחינוך לקיימות ותזונה בת קיימא בחינוך לבריאות בתכנית הלימודים - בין תיאוריה למעשה 189
 - 3.5.1 קידום הבריאות במערכת החינוך 190
 - 3.5.2 חינוך לבריאות במערכת החינוך הפורמלית 190
 - 3.5.3 הנושאים למיקוד לצורך קידום הרגלי בריאות במערכת החינוך 190

4. מחקרים בחינוך הסביבתי בבתי ספר בעולם 191

5. סיכום 192

6. המחקר 192

- 6.1 שאלת המחקר 192
- 6.2 מטרת המחקר 193
- 6.3 תועלת המחקר 193
- 6.4 השערות המחקר 193

7. מתודולוגיה 193

- 7.1 אוכלוסיית המחקר 193
- 7.2 כלי המחקר 194
 - 7.2.1 ראיון עומק חצי מובנה 194
 - 7.2.2 שאלון 194
- 7.3 מגבלות המחקר 196

8. ביבליוגרפיה 197

9. נספחים 206

- 9.1 נספח מס' 1 206
- 9.2 נספח מס' 2 206
- 9.3 נספח מס' 3 207
- 9.4 נספח מס' 4 207

תודות

ברצוננו להביע את תודותינו לצוות הקורס "פרויקטים בחקר הסביבה" שבראשם עומד פרופ' אבי פרבולוצקי, אשר חשפו אותנו במהלך הקורס למגוון נושאים מרתקים בנושאי מזון וסביבה.

כמו כן, אנו מודים לגב' רבקה (ריקי) לוי על ההנחיה הצמודה החל מהחלוקה לקבוצות ועד לסיום כתיבת העבודה. אין לנו כל ספק כי הארותיך והערותיך ילוו אותנו במהלך דרכנו האקדמית בכלל ובכתיבת התזה בפרט.

תקציר

מזון ותזונה תופסים מקום מרכזי בכל היבטי הקיום האנושיים. על כן בשנות ה-90 מוקמו סוגי המזון על גבי פירמידת מזון, בהתאם לתזונה של אורח החיים המערבי שאומץ עקב התחזקות הגלובליזציה. במרוצת השנים החלו להבחין כי אורח החיים המודרני והפיתוח המואץ שאומץ במדינות המפותחות גורם להפרת האיזון בסביבה ופגיעה בבריאותה של הסביבה והפרט כאחד. בנוסף לכך, כיום העולם נתון במשבר אקולוגי ולכן נושאים סביבתיים פוגעניים יהפכו ליותר קריטיים בעתיד.

תקופת הנעורים הנה התקופה בה מתעצבים דפוסי ההתנהגות בכלל ודפוסי התזונה בפרט העשויים בסבירות רבה ללוות את המתבגרים במהלך חייהם. תקופה זו מתאפיינת אצל רבים באכילה לקויה בלתי מספקת ובלתי מגוונת, עקב השינויים הגופניים, ההתפתחותיים והחברתיים המתרחשים במהלך תקופה זו, העלולה לגרום לחסכים תזונתיים שונים שנוקיהם עלולים להתבטא בטווח הקצר ובטווח הארוך. בני נוער של ימינו מאמצים אורח חיים מערבי המאופיין בהרגלי אכילה לא נבונים. דבר זה עלול להוביל לסיכון בריאותם הפיזית והנפשית.

על כן בדקנו במחקר זה את ההשפעה של חינוך סביבתי ותזונתי על הרגלי הצריכה התזונתית, עיצוב העמדות ושינוי התנהגות בקרב בני הנוער בכל הנוגע לנושאי הסביבה והבריאות. זאת לנוכח המעבר שהחל בשנים האחרונות מפירמידת המזון המערבית לפירמידת המזון הים תיכונית וקידום החינוך לקיימות ולבריאות.

בשנות התשעים, ישראל, כמו מדינות רבות מפותחות בעולם, אימצה את החינוך לקיימות וחינוך לתזונה בת קיימא. אימוץ זה בא לידי ביטוי בשילובם של אלו במערכות החינוך הפורמליות כחלק בלתי נפרד ממקצועות הלימוד.

עקב כך, בשנים האחרונות, הושקעו אמצעים רבים לפיתוח תכניות לחינוך הסביבתי במערכת החינוך בישראל, אך נכון להיום לא נבחן מצב השפעת החינוך הסביבתי והתזונתי על התנהגות בני נוער. ממצא זה הוביל אותנו לשאלת המחקר שלנו: מהי השפעתו של החינוך הסביבתי בנושא תזונה בת קיימא במערכת החינוך בישראל על עיצוב עמדות ושינוי התנהגות בהרגלי האכילה של בני הנוער?

לשם בחינת שאלת המחקר, ייעשה במחקר שימוש בכלים איכותניים (כדוגמת ראיונות) וכמותיים (כדוגמת ראיונות מול הורים ותלמידים). זאת לנוכח המטרות היישומיות של המחקר שהנן התוויה של כיוון הפעילות הנחוצה בבתי הספר המשותיכים למערכת החינוך הפורמלית בישראל בחינוך הסביבתי והתזונתי וכן הרחבת הידע בתחומי הבריאות והקיימות בקרב בני הנוער בישראל.

מילות מפתח

תזונה בת קיימא, בני נוער, חינוך סביבתי, חינוך תזונתי

1. מבוא

1.1 תעשיית המזון

נושאי המזון והתזונה תופסים מקום מרכזי בכל היבטי הקיום האנושיים: בטקסים דתיים, חברתיים ותרבותיים, מחקרים מדעיים וכיו"ב (חביב, 2015). למרות זאת, רוב בני האדם אינם מהרהרים במזון אותו הם צורכים למעט התנאים הנדרשים לצורך הכנתו, בחירת מקום האכילה והשפעתו אודות המראה החיצוני שלנו.

מערכת המזון בעידן בגלובלי הובילה לשינויים מרחיקי לכת בדפוסי ייצור המזון וצריכתו ואלו בעלי יתרונות רבים לצד חסרונות. מחד גיסא, ניתן להבחין ביתרונותיה המובהקים של תעשיית ייצור המזון המודרנית אשר הפחיתה את העלויות של צריכת המזון, הגדילה את מגוון המזון הזמין ואפשרה סחר מזון בין מדינות שונות. יתר על כן, תעשייה זו אפשרה את צמיחתן של מערכות מזון מקומיות התורמות בפיתוח כלכלי מקומי וגורמות לעלייה באיכות התזונה של צרכני מערכות מזון אלו (Waltz & Christopher, 2011) ושל מערכות מזון גלובליות המוגדרות כמערכות הכוללות שילוב של ייצור, עיבוד ושיווק פריטי מזון ותוצרים חקלאיים מעבר לגבולות הלאומיים ע"י שווקים, אסדרות בין מדינות שונות וכיו"ב

(Andersen & Watson, 2011). מאידך גיסא, לריכוזיות הגבוהה של אספקת המזון הזמין והנגיש בתעשייה זו (Sanders, 1999) קיימים גם חסרונות.

בעבר, לפי הכלכלה המקומית שהייתה נפוצה, כאשר האדם היה צורך מוצר או מזון, הוא היה ניגש אל בעל המלאכה, וזה היה מספק לו את המוצר הנדרש. אחד מן המרכיבים הבסיסיים בפעילות זו הנו ההיכרות הישירה והאישית עם בעל המלאכה. באופן זה יכל הצרכן לדעת, אם היה חפץ בכך, מהיכן הגיע המוצר אותו רכש ומה הוא עבר בדרכו.

המהפכה החקלאית והתפתחותה של תעשיית המזון הובילה אותנו מליקוט וציד של הַחֶזֶר מְדִי (צריכת המזון באופן מידי) לאגירת מזון. בעקבות תהליך זה, אנו נמצאים בתהליך של התרחקות מתהליכי ייצור המזון. כחלק מתהליך זה מתרחש תהליך העיור, שהחל כבר מהמהפכה התעשייתית, בו בני האדם החלו להתיישב ביישובים עירוניים וערים. תהליך זה גרם בסופו של יום להתרחקות האדם מתהליכי ייצור המזון.

כיום המאפיין המרכזי של התרחקות זו הנו המעבר מרכישת המזון מבעלי המלאכה לקנייה ברשתות שיווק. עקב מעבר זה, השגת מידע אודות תהליכי ייצור המזון, עשויה להיות מלווה בטרחה לא קטנה בעולם בכלל, ובישראל בפרט, בה אין חוקי סימון המחייבים כיתוב על המוצר שמפרט מהיכן הגיע (צ'יזיק, 2016). הריחוק שנוצר במהלך השנים מתהליך ייצורו של המזון, מהווה הזדמנות ומעניק פתח למחלות ורעלים שונים שיכולים למצוא את מקומם במזון, העלולים לגרום נזק רב למספר לא מועט של צרכנים (Sanders, 1999)

התרחקות זו חיזקה את תהליך הגלובליזציה של סחר מזון, המאופיין ביתרונות לצד חסרונות. מחד גיסא התהליך הוביל להרחבת תעשיית עיבוד המזון והוספת כימיקלים לטובת שיפור המזון ושמירתו. מאידך גיסא, התוספת של אלו עלולה לגרום לבעיות סביבתיות ובריאותיות (רייספלד, קינן ומינץ, 2009).

בנוסף, תהליך זה גרם לכך שמזון שהגיע מזוהם ממדינת מקורו, עלול לגרום להתפרצויות של הרעלות מזון במדינות היעד שאליהם הגיע (Kafarstein et al., 1997; Herwaldt et al., 1997; Hutin et al., 1999).

לנוכח המציאות העכשווית של המאה ה-21, חוקרים רבים טוענים שעל בני האדם להכיר ולהיחשף ל"מרכיבי המזון והסביבה" לצורך שמירה על מוחם, גופם ומצב בריאותם (קניאל, 2006). יש לעשות זאת במיוחד במציאות בה הקשר בין המזון לסביבה מהווה תפקיד חשוב ודומיננטי בבחירת סוג המזון הנצרך, דפוסי האכילה וצריכת האנרגיה (Mattes & Foster, 2014).

ניתן לראות אפוא כי לתעשיית המזון בשווקים קיימת השפעה ניכרת על הצרכנים (Ahmed & Herforth, 2015).

בטרם הגעת המזון אל הצרכנים, הנחשבים ליעדו הסופי, עובר המזון מס' שלבים בתהליך ייצורו והכשרתו לכהה הראוי למאכל. בתום הכשרתו, ניתן לדעת את המינון המומלץ לצריכתו בהתאם להמלצות פירמידת המזון.

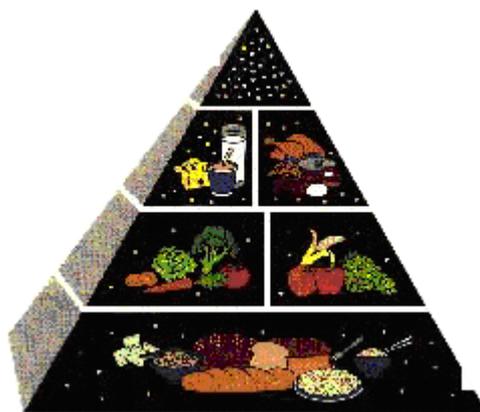
1.2 פירמידת המזון המערבית

את סוגי המזון נהוג למקם על גבי פירמידת מזון. פירמידת המזון הינה ייצוג חזותי של כמויות המזון אותן מומלץ לצרוך מכל קבוצת מזון (Samuel et al., 2009), אשר פורסמה לראשונה בשנת 1992 ע"י משרד החקלאות האמריקאי (USDA), בכדי לסייע בצריכת הכמויות המומלצות של כל אחת מששת קבוצות המזון (Sitzman, 2006) שמקורן מחמשת אבות המזון (Smith et al., 1987) ומכונה פירמידת המזון המערבית.

פירמידה זו הורכבה עפ"י התזונה של אורח החיים המערבי שאומץ עקב התחזקות הגלובליזציה, וקיימות בה ארבע קומות (שפון ואולנובסקי, 2014), והייתה בשימוש נרחב בתחום החינוך לבריאות במטרה לסייע לבני האדם, לצרוך מזון בריא ככל הניתן. זאת בשל החשש הקיים עד היום משיעורים גבוהים של השמנת יתר באוכלוסייה בכלל, ובקרב בני הנוער בפרט (CDC, 2016).

בבסיסה ממוקמים המאכלים אותם יש לצרוך במינון גבוה ובראשה ממוקמת קבוצת המאכלים אותה יש לצרוך במינון נמוך. ניתן להבחין כי את המזונות שמקורם מן הצומח, המונים בתוכם דגנים המלאים, ירקות, קטניות, פרות וזרעים יש לצרוך במינון גבוה ועל כן הם ממוקמים בתחתית הפירמידה (Haddad et al., 1999) ואילו המזונות שמקורם מן החי, המונים בתוכם את מוצרי הבשר, ביצים ומוצרי חלב (מישורי, 2014), יש לצרוך במינון נמוך עפ"י פירמידה זו ועל כן הם ממוקמים בחלק העליון.

להלן איור המציג את הפירמידה הנ"ל:



איור 1. פירמידת המזון המקורית כפי שהוצגה בשנת 1992. בבסיס הפירמידה ממוקמת קבוצת הלחם והדגנים, מעליה הפירות והירקות. לאחר מכן מוצרי החלב, בשר וקטניות ובקדקוד קבוצת השמנים והמתוקים.¹

במרוצת השנים החלו לעלות מס' ביקורות כנגד פירמידה זו, כאשר העיקריות שביניהן היו:

¹ <http://www.netogreen.co.il/categories5a71b13.aspx>.

1. הפירמידה הנ"ל לא שונתה במשך זמן רב בכדי לשקף את ההבנות שנרכשו עם השנים בנוגע להקשרים בין תזונה ובריאות. כך למשל בישראל נמצא כי קרוב ל- 1.8 מיליון אזרחים חיים באי ביטחון תזונתי, וביניהם 800,000 ילדים. חלקם סובלים מעודף משקל, סכרת והתחלואים הנובעים מהם, וחלקם אף לוקים בהשמנת יתר – תוצר של סביבת המזון שנגרם כתוצאה מאימוץ אורח החיים המערבי והתזונה המערבית (שפון ואולנובסקי, 2014).
2. לא נעשתה הבחנה והפרדה בין מזונות בריאים יותר ופחות בכל אחת מן הקומות. דוגמה לכך, היא בחוסר ההפרדה בין מאכלים, ובכללם לחמים הנצרכים בתדירות יומיומית, המוכנים מקמח לבן ומקמח מלא, שבתהליך עיבודו נשמרים מרבית הערכים התזונתיים להבדיל מהקמח הלבן ועל כן מומלץ לצרוכו בתדירות גבוהה יותר. יתר על כן, צריכת קמח מלא מקטינה את הסיכון לתחלואה ותמותה מהמחלות השכיחות בקרב אוכלוסיית העולם המערבי (מחלות לב, טרשת עורקים, סכרת וכו') (אתר משרד הבריאות, 2018)
3. דוגמה נוספת הנה בהעדר ההבחנה וההפרדה בפירמידת המזון המערבית בין מוצרי מזון המכילים שומן רווי בהשוואה לאלו המכילים שומן בלתי רווי. לצורך ההבחנה בין שני סוגי מזון אלו, יש להבין ראשית מהו שומן רווי ומהו שומן בלתי רווי. שומן רווי הינו שומן שמקורו בעיקר מן החי (ביצים, בשר, חלב וכו"ב) ומעט מן הצומח (שמן קוקוס ודקלים). צריכת שומן זה מגבירה את העלייה ברמות הכולסטרול הרע (LDL) בדם. אל שומן זה מצטרף גם שומן הטראנס, שומן שהיה במקורו שומן בלתי רווי, אך באופן תעשייתי הפך הוא לשומן רווי. השפעתו על הבריאות הנה שלילית וצריכתו מעודדת את הסיכוי לחלות בטרשת עורקים. השומן הבלתי רווי לעומתו הנו סוג שומן שמקורו בעיקר מן החי (אבוקדו, קנולה), וצריכה שלו מגבירה את הסיכוי לבריאות ואריכות ימים, וכן מפחיתה באופן משמעותי את הסיכוי להופעתן של מחלות שונות כגון טרשת עורקים וסרטן השד (רוזן, 2008). ניתן לראות אפוא כי קיימת עדיפות משמעותית לסוגי מזון המכילים קמח מלא ושומן בלתי רווי שלא באה לידי ביטוי בפירמידה.
4. חסרה התייחסות להשפעתה של הפעילות הגופנית על אורח החיים, כאשר ידוע כי השילוב בין תזונה נכונה ופעילות גופנית הוא המפתח לשמירה על הבריאות בכל גיל ובכל שלבי ההתפתחות במהלך גיל ההתבגרות. בנוסף, השילוב בין השניים תורם לבנייה ושמירה על עצמות ושרירים בריאים, מסייע בהפחתת הסיכונים לפיתוח השמנת יתר, מחלות כרוניות ותחושות דיכאון וחרדה (Matthys et al., 2009; Nelson et al., 2007)
5. עלייה ברמת החיים בעולם הובילה לעליה בצריכה של מזונות מן החי, שהמדרך האקולוגי שלהם גבוה בהרבה יותר מזה של המזון שמקורו מן הצומח (Eshel et al., 2014). לאור זאת, האו"ם וארגונים רבים נוספים החלו בשנים האחרונות לפעול למען צמצום צריכת המזון מן החי (Smith et al., 2014), מתוך הנחה שהדבר יבטיח יותר מזון לאוכלוסיית העולם שצפויה להגיע לכ-50 מיליארד בשנת 2050 (שפון ואולנובסקי, 2014).
6. ממחקרים שנעשו לאחרונה נמצא כי דפוסי תזונה מסוימים, כדוגמת התפריט הים תיכוני, המאופיין במזון צמחי עשיר (פרות, תפוחי אדמה, שעועית וכו'), ובצריכה מועטת של מוצרי חלב, דגים, עופות, ובשר אדום (Willett et al., 1995), גורמים למניעת התפתחותן של מחלות כרוניות. יתרה מכך, במחקרים אפידמיולוגיים שנערכו, עולה כי התפריט הים תיכוני הולם יותר מבחינת שימוש בחומרים מזינים (Serra-Majem et al., 2009). מעצם היותו של התפריט הים תיכוני דפוס תזונה צמחי בעיקרו, הכולל כמויות מתונות עד מעטות של מזון מן החי, מצטייר דפוס זה כדפוס בעל יכולת לתת מענה לבעיות הבריאותיות והסביבתיות ועל כן יש לעבור לפירמידת מזון שתהיה ברוח תזונה מסוג זה (De Boer et al., 2006; Duchin, 2005).

1.3 מזון וסביבה

במהלך דרכו של המזון אל הצלחת, עובר הוא שרשרת תהליכים, שבמהלכם נוצרת פסולת רבה. דוגמה לכך, ניתן לראות בארה"ב, המדינה המובילה בעולם בניצולם של משאבי הטבע (ספרא, 1991), כאשר בשנת 2009 יוצרו יותר מ-34 מיליון טונות של פסולת מזון בעלות של כ-43 מיליארד דולר (Webb & Kosseva, 2013). יתרה מכך, בארה"ב, חומר הגלם העיקרי בחקלאות המודרנית הנו דלק מאובנים. עקב כך, עלויות הייצור של היבול החקלאי עלולות לגדול באם עלויות הדלק יעלו ב-200-500% ותהליך הייצור יהיה לא כלכלי (Pimentel et al., 1973). יתר על כן, מדעי הסביבה והבריאות תרמו תובנות חדשות בנוגע ללחצים סביבתיים שמקורם בתהליכי ייצור המזון. אלו באים לידי ביטוי בשינויי האקלים, שימוש במים ופליטות חומרים רעילים וגזי חממה כדוגמת פחמן דו חמצני (CO_2), חנקן דו חמצני (NO_2) ומתאן (CH_4) האחראים להתחממות העולמית (UNEP, 2010) אשר גורמים נזק למערכות האקולוגיות השונות.

ניתן לראות אפוא כי התזונה המערבית פוגעת בנו, בכדור הארץ ובדורות הבאים (חביב, 2015) ועל כן, יש לפעול ליישום מערכות מזון בנות קיימא שיובילו לייצור של תזונה בת קיימא. צעד זה יוביל לירידה בפליטת גזי החממה וסיוע בסיפוק האנרגיה והמשאבים הנדרשים לצורך ייצורו, למטרות אחרות (Webb & Kosseva, 2013).

1.4 תזונה בת קיימא וחינוך סביבתי

בטרם נציג את פירמידת התזונה בת קיימא, יש להבין ראשית מהי תזונה זו. תזונה מסוג זה מהווה שילוב של "תזונה" ו"קיימות". מחד גיסא, עפ"י תזונה זו, יש לדאוג לאספקת מזון בריא עבור כל אדם (ביטחון תזונתי), ומאידך גיסא, לספק את המזון ממערכות המתנהלות לפי עקרונות הקיימות (שפון ואולנובסקי, 2014). הגדרה נוספת שעלתה שנה מאוחר יותר הרחיבה את ההגדרה שצוינה לעיל, כאשר לפיה, תזונה מקיימת הנה תזונה המבטיחה את הנגישות למזון בריא ואיכותי לדורות הבאים, תוך שמירה על פגיעה מינימלית ביצורים החיים החולקים יחד אתנו את כדור הארץ (חביב, 2015). עפ"י האו"ם, לדיאטות בנות קיימא קיימות השלכות סביבתיות מזעריות, והן יכולות לסייע בשמירה על אורח חיים בריא (FAO, 2010). זאת להבדיל מהמזון מן החי, שבתנאי גידול מסוימים של בע"ח (ריכוז בע"ח בשטח קטן מאוד), עלול לגרום לנזקי בריאות חמורים לצרכנים (מישורי, 2014).

בכדי לעבור לתזונה בת קיימא יש לפעול ליישום של חינוך סביבתי בקרב האוכלוסייה בכלל ובני הנוער בפרט (וורגן, 2010). ראשיתו של המושג חינוך סביבתי הוא בארה"ב בשנות ה-60 (טל, 2009) בניגוד לתנועות וזרמים קודמים, אשר שמו דגש על חינוך לטבע (אהבת הטבע) או על החשיבות של חינוך בשדה (ע"י טיולים, סיורים וכיו"ב), החינוך הסביבתי היה לראשון שקישר בין הידרדרות מצב הסביבה והמערכות האקולוגיות, לבין חינוך לאחריות כלפי הסביבה (פרומקין ובבלי, 2010).

בשנות ה-70 החלו להתנסח בפורמים בינלאומיים הגדרות לחינוך סביבתי, אשר רובן כללו מרכיבים הממשיכים להיות מרכזיים גם בימינו. אף על פי כן, בתכניות רבות הפועלות למען חינוך סביבתי, הדאגה לסביבה הביו-פיסית תופסת מקום מרכזי ודומיננטי, ואילו הסביבה האנושית והעירונית זוכה למקום שולי ורצסיבי.

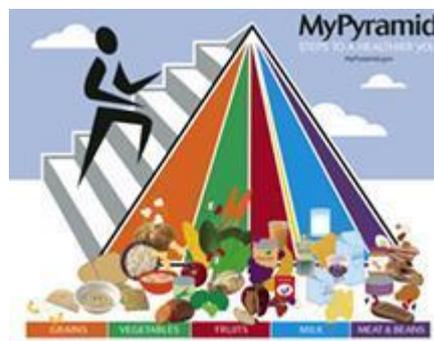
מכאן נוסחה ההגדרה הנוכחית של חינוך סביבתי – מעשה חינוכי הנעשה בין כותלי בית הספר או מחוצה להם, השואף להקנות ידע אודות הסביבה האנושית חברתית והסביבה הפיזית, לקדם אכפתיות וכבוד כלפי האדם, החברה והסביבה, כאשר מטרת העל הנה "פיתוח מיומנויות לפעולה למען הסביבה האנושית חברתית והפיזית" (טל, 2009).

ניתן לראות אפוא כי לאור האמור לעיל, קיים הצורך בחינוך סביבתי ובמעבר לתזונה בת קיימא.

1.5 פירמידת המזון הים תיכוני

לאחר 13 שנה מפרסום הפירמידה הראשונה ובעקבות הביקורות שעלו במהלך השנים כנגדה, בשנת 2005, הוצגה פירמידת מזון חדשה, המכונה MyPyramid ונקראת גם פירמידת המזון הים תיכונית, המהווה גישה מקיפה לתמיכה בפעילות גופנית ואכילה בריאה (Sitzman, 2006). בפירמידה זו, להבדיל מן מהפירמידה הישנה, קבוצות המזון השונות מתוארות ע"י פסים אנכיים בהירים, כאשר כל אחד מן הצבעים מייצג את אחת משש קבוצות המזון: דגנים (כתום), ירקות (ירוק), פירות (אדום) שומנים (צהוב), מוצרי חלב (כחול) ומוצרי בשר (סגול) (Goldie, 2005). פירמידה זו מציגה את היחס בו יש לצרוך את כל אחד מקבוצות המזון בתזונה בריאה המשלבת פעילות גופנית גבוה (Juzwiak et al., 2000) ששכיחותם עולה עם צריכה מוגברת של שומנים, מלח וכולסטרול (Lupton & Chapman, 1995) ובנויה בהתאם לצריכת הקלוריות היומית המומלצת (Sitzman, 2006). על כן, צריכת סוגי המזון השונים בהתאם למתואר לפירמידה, יכול להוביל למיגור תופעת הפרעות האכילה, הנפוצות בעיקר בקרב נערות ונשים צעירות בעולם המערבי (Hoek, 2006), בהן הלוקות במחלות אלו אינן נענות לצורך הבסיסי והאוניברסלי של האכילה ומייחסות לנושא המשקל והמראה החיצוני משקל רב (Stein, Latzer & Merrick, 2009). הפרעות אלו מסווגות עפ"י קריטריונים של משקל והרגלי אכילה לקויים (American Psychiatric Association, 2000; Wonderlich et al., 2007).

באיור מס' 2 ניתן לראות סקיצה של פירמידת המזון החדשה.



איור 2. פירמידת המזון החדשה כפי שהוצגה לראשונה בשנת 2005.²

² <http://www.purdue.edu/uns/html3month/2005/050714.Evers.guidelines.html> .

גרסה נוספת של הפירמידה, ניתן לראות באיור מס' 3, בה קיימת התייחסות לחשיבות הפעילות הגופנית כחלק בלתי נפרד מתזונה, דגש על צריכת מזון מקמח מלא ומיעוט בצריכת בשר אדום.



איור 3. גרסה נוספת של פירמידת המזון הים תיכונית.³

ראינו אפוא כי להשפעת הגלובליזציה על תעשיית המזון ישנן יתרונות לצד חסרונות. בין החסרונות הבולטים נמנים ההשפעות על הסביבה והבריאות. על כן יש לעבור לחינוך סביבתי ותזונה בת קיימא בקרב האוכלוסייה בכלל ובני הנוער בפרט המהווים את אוכלוסיית המחקר שלנו, שעל מאפייניהם והרגלי התזונה שלהם נדבר בפרק הבא.

גיל ההתבגרות הוא אחד המעברים הדינאמיים והמורכבים ביותר בתוחלת החיים (Story & M. et al., 2002), בה בני נוער חווים התפתחות פיזיולוגית, פסיכולוגית, חברתית וקוגניטיבית. כמו כן, חלים בה שינויים משמעותיים במערכת הציפיות מהם בבית הספר, במשפחה ובמערכת החברתית. בנוסף לכך, תקופה זו מהווה תקופת שינוי ועיצוב הדימוי העצמי וההערכה העצמית, כאשר תפיסה עצמית חיובית וחזקה מהווה בסיס יציב לחוויות התבגרות חיוביות (Rasmussen et al., 2006).

2. מאפיינים התנהגותיים כלליים ותזונתיים אצל בני נוער

גיל ההתבגרות היא שלב חיים בהתפתחותו של אדם. זוהי תקופת מעבר בין הילדות התלויה אל הבגרות, אשר מתחילה בגילאים 13 עד 19 שנים. גיל ההתבגרות הוא אחד המעברים הדינאמיים והמורכבים ביותר בתוחלת החיים (Story & M. et al., 2002), בה בני נוער חווים התפתחות פיזיולוגית, פסיכולוגית, חברתית וקוגניטיבית. כמו כן, חלים בה שינויים משמעותיים במערכת הציפיות מהם בבית הספר, במשפחה ובמערכת החברתית. בנוסף לכך, תקופה זו מהווה תקופת שינוי ועיצוב הדימוי העצמי וההערכה העצמית, כאשר תפיסה עצמית חיובית וחזקה מהווה בסיס יציב לחוויות התבגרות חיוביות (Rasmussen et al., 2006).

³ <http://www.magazine.isees.org.il/ArticlePage.aspx?ArticleId=593>.

2.1 מאפיינים פיזיולוגיים

גיל זה מאופיין בהתפתחות מינית ופיזית. ההתבגרות המינית מתרחשת בגילאים 9-16 אצל בנות ו-10-17 אצל בנים. ההתפתחות הפיזית מלווה בהפרשה מוגברת של הורמונים ושינויים פיזיים. מדובר בשינויים מאוד משמעותיים שמתרחשים בפרק זמן קצר יחסית. גיל ההתבגרות זוהה כאחד השלבים אשר עשויים לשחק תפקיד קריטי בהתפתחות תופעת עודף משקל, השמנת יתר ותחלואה אצל בני נוער עקב שינויים בשומן הגוף (Freedman et al., 2005; Dietz, 1997). כלומר, תקופה זו מלווה בעלייה ניכרת בגודלם ובמספרם של תאי השומן בנוסף לצמיחה מהירה בגובהם של בני נוער אשר לרוב מלווה בעלייה במשקל (James, 2004). בנים גדלים במשך זמן רב יותר, אך הצמיחה שלהם מתחילה מאוחר מזו של הבנות. בנות גדלות בקצב מהיר עד גיל 13, ובנים עד גיל 15. שינויים במבנה הגוף נבדלים לפי הגיל והמגדר. רוב המחקרים בתחום זה מראים כי לנערים מתבגרים יש יותר שומן באזור הבטן, בעיקר רקמת השומן הקרבי (שומן בין האיברים). בהשוואה לנערות מתבגרות אשר להם יש רקמות שומניות ושומן תת-עורי (שומן הנמצא מתחת לעור) (Demerath et al., 2007). ההבדלים בין המינים ברקמות השומן נגרמים עקב שינויים הורמונליים המתרחשים במהלך ההתבגרות (Goran et al., 2016). האסטרוגן בדרך כלל מניע את גדילת רקמות השומן בעיקר באופן פריפריאלי אצל נשים ואילו הטסטוסטרון אחראי בעיקר לעלייה במסה ללא שומן אצל גברים.

2.2 מאפיינים התנהגותיים

תחילתו של גיל ההתבגרות מאופיין במעבר מתלות בהורים לעצמאות וזהות עצמית. המתבגר מגלה פחות עניין בפעילויות ההורים, מתרחק מהם בהדרגה ומקדיש את רוב זמנו לפעילות עם בני גילו, ובהמשך משתלב בחברה השוויונית. הבשלות הפסיכולוגית של המתבגר כרוכה בתופעות של מרדות בסמכות ההורים, ועל כן נוצרים מתחים עם ההורים. מצבי הרוח המשתנים והבלתי צפויים תורמים גם הם למתחים אלה. השינויים הגופניים המהירים גורמים להתעסקות יתר של המתבגר בדימוי הגוף שלו ובהופעתו החיצונית. בתקופה זו יש שינויים בהרגלי הפעילות הפיזית, שינויים בהרגלי השינה וכן שינוי בהרגלי התזונה. ישנם מספר שינויים התנהגותיים אשר מתרחשים בגיל ההתבגרות ועלולים להשפיע על בריאות הגוף ואיכות החיים (Alberga et al., 2012).

2.2.1 שינויים תזונתיים

השמנת יתר נגרמת על ידי חוסר איזון בין צריכת האנרגיה (פחמימות, שומן וחלבון) לבין ניצולה (קצב מטבולי נמוך, השפעה תרמית של מזון ופעילות גופנית), היא מושפעת ללא הרף מהסביבה בה אנו חיים. בשנים בין 1977 ו-1996, הצריכה של מזון שאינו ביתי ובלתי מספק (fast food) עלתה באופן דרמטי (Nielsen et al., 2002). צריכת מזונות מהירים (Taveras et al., 2005) ומשקאות ממותקים (Malik et al., 2006) קשורה משמעותית לעלייה במשקל בני נוער. בשנים בין 1977 ל-2006 צריכת האנרגיה עלתה בכ-184 ק"ל ליום בקרב ילדים ונערים בארה"ב בגילאים בין 2-18 שנים (Piernas & Popkin, 2011). בקנדה למשל, נמצא כי צריכת הקלוריות היא הגבוהה ביותר במהלך גיל ההתבגרות כך שנערים מתבגרים צורכים מעל 2800 קלוריות לעומת 2,000 קלוריות אצל מתבגרות. בסקר שנערך ע"י מרכז הבריאות הקנדית נמצא כי דפוסי האכילה של בני הנוער אינם תואמים כלל את הכללים התזונתיים שנקבעו לצורך הדרכת הגיל המתבגר בכל הנוגע לתזונה בריאה ואיכות חיים טובה. יתרה מזאת, נמצא כי בני נוער צורכים מזון עתיר שומן ודל בוויטמינים, חלבונים ומינרלים. בנוסף לכך, הם מדלגים על ארוחות בוקר וצורכים ארוחות בלתי מוגוונות (Garriguet, 2004). מחקר נוסף שנערך בנורבגיה בו עקבו אחר נערים מגיל 14 עד 21, הראה ירידה בצריכת הפירות והירקות ועלייה בצריכה של משקאות מתוקים מוגזים.

ישנם מספר גורמים המשפיעים על צריכת המזון בקרב מתבגרים כגון: העדפות אישיות, פרסומות, אמצעי תקשורת, חוסר מודעות בנוגע לתזונה וסביבה, אכילה מחוץ לבית ואי גיוון בתפריט, דילוג על ארוחות, ארוחות בבית הספר, בילוי שעות ארוכות במחשב וטלוויזיה, הרגלי אכילה של חברים ומשפחות (Neumark-Sztainer et al., 1999). הארוחות המשפחתיות במהלך גיל ההתבגרות משפיעות באופן מובהק על איכות התזונה בקרב בני נוער. ילדים שמשותפים פחות בארוחות משפחתיות, חווים סיכון גבוה יותר לפתח עודף משקל. מתבגרים שהיו מעורבים יותר בהכנת הארוחות, צורכים ארוחות בריאות יותר (Larson et al., 2007). מחקר שנערך בארה"ב הראה כי בני נוער בגילאים 17 מבליים כ-15,000 עד 18,000 שעות צפייה בטלוויזיה לעומת 12,000 שעות בבית הספר. קיים קשר בין הצפייה בטלוויזיה לבין דפוסי צריכת מזון בקרב ילדים ובני נוער. מחקר זה הוכיח כי ילדים ובני נוער ממשפחה הצופה בטלוויזיה בתדירות גבוהה נוטים לצרוך פחות פירות וירקות ויותר חטיפים, פיצות ומשקאות ממותקים וזאת עקב הפרסומות אשר 70% מהן מתמקדות במזונות עתירי שומן וסוכר (Coon, et al., 2001). מחקר נוסף הראה כי 9% מבתי הספר היסודיים, וכ-48% מבתי הספר העל יסודיים מאפשרים צריכת מזון מהיר הנמצא במכוונות המאופיין בחוסר וויטמינים וחלבונים ועשיר בשמנים וסוכרים (Bollella et al., 1999).

יתרה מזאת, רבים חושבים שדילוג על ארוחות היא דרך פשוטה לירידה במשקל, דווקא אכילה בתדירות גבוהה לאורך היום, במנות קטנות כל פעם, מסייעת למניעת השמנה, וזאת לעומת אכילה של ארוחה גדולה אחת או שתיים במשך כל היום. כאשר מדלגים על ארוחה, מגיעים לארוחה הבאה מורעבים ואז, אוכלים וזוללים יותר ארוחות שאינן בריאותיות ועתירות סוכר ושומן.

מחקרים הראו כי העדפות המזון נבדלות ע"פ גיל ומין. נערים מעדיפים בדרך כלל ארוחות מזינות ומשביעות, בעוד שהנערות מעדיפות מזון קל כגון חטיפים (Larson et al., 2006). ברוב מדינות המערב, אוכלוסיות גדולות של ילדים ומתבגרים, אוכלים הרבה פחות מהכמות המומלצת של פירות וירקות. מספר מחקרים הראו שצריכת הפירות והירקות של ילדים נשמרת אחרי גיל ההתבגרות וכי העדפות המזון וההרגלי האכילה שנוצרו בילדות ובגיל ההתבגרות נוטים להישמר בבגרות כלומר יש סבירות גבוהה לכך שילדים ובני נוער הסובלים מבעיות השמנה יהפכו למבוגרים הסובלים מאותן בעיות. כ- 75%-80% מהנערים השמנים בישראל ימשיכו כמבוגרים שמנים (משרד הבריאות, 2009). נערות נוטות לקבל כמות גבוהה ותכופה יותר של פירות וירקות מאשר בנים, ודפוס מקביל נראה בקרב קבוצות הגיל הצעירות בהשוואה לקבוצות הגיל המבוגרות יותר (Rasmussen et al., 2006).

שיעורי ההשמנה בקרב ילדים קנדים ומתבגרים בגילאי 2-18 שנים עלתה בכ- 11% בשנת 1979 ל- 26% בשנת 2004. הדבר המדאיג הוא השכיחות הכפולה של בני נוער מתבגרים במדינות כמו קנדה אשר שיעור ההשמנה אצלם עלה מ- 14% בשנים 1979-1978 ל- 29% בשנת 2004. (Shields, 2006). בארצות הברית, כשליש מבני הנוער נחשבים כסובלים מעודף משקל (Ogden et al., 2010). כוח המשימה הבינלאומי למלחמה בהשמנה קבע בשנת 2004 כי כ- 1 מתוך 10 ילדים ומתבגרים נחשבים כסובלים מעודף משקל, בהיקף של 155 מיליון ברחבי העולם (Lobstein et al., 2004).

דפוסים אלו, המשתרשים כאמור בגיל ההתבגרות מובילים לבעיות בריאותיים וסיכונים רבים עקב השמנת יתר ועודף משקל. הנתונים מראים כי השמנה גורמת להתפתחות מחלות כרוניות קשות, כגון סוכרת נעורים, יתר לחץ דם, בעיות לב, תסמונות מטבוליות, פגיעה במערכת החיסון, פגיעה במערכת ההורמונלית, הפרעות אורטופדיות ועוד. מעבר לפגיעה פיזיולוגית יש גם פגיעה נפשית, לעתים קרובות ילדים ובני נוער שמנים הם בעלי דימוי עצמי נמוך, ונאלצים להתמודד עם בעיות חברתיות כמו בדידות, ועקב כך עלולים ללקות בדיכאון. בני נוער שסובלים מהשמנה עלולים להיאסף להתמודד גם עם הפרעות קשב וריכוז ועם בעיות למידה (Dietz, 1999) (שוחט, 2009; Reilly & Kelly, 2011).

2.2.2 שינויים בפעילות גופנית

במחקרים שערכו בקרב אוכלוסיית בני נוער, נראה כי כיום, בעקבות חוסר בפעילות גופנית וישיבה ממושכת מול המחשב והטלוויזיה, מספר רב של בני נוער סובלים מבעיות רפואיות שונות. לפעילות גופנית יש יתרונות רבים: היא מסייעת בשמירה על המשקל ובהורדת משקל, היא תורמת להרגשת פורקן גופני, משחררת, מונעת תחלואה ושומרת על בריאותנו ומשמשת גם ככלי חברתי. נמצא שתדירות הפעילות הגופנית וההשתתפות בחוגי ספורט פוחתת במהלך גיל ההתבגרות, בעיקר בקרב נערות בכ- 7.4% לעומת כ- 2.7% בקרב נערים. במעקב אחר דפוסי התנהגות מסוכנים אצל בני נוער שנערך ב-2009 בארצות הברית, נמצא כי רק שליש מתלמידי תיכון בגילאים של 9-12 השתתפו בשיעורי חינוך גופני יומי וכ- 81.6% מבני הנוער לא היו פעילים אפילו לזמן המינימלי המומלץ להם האורך 60 דקות ביום לאורך 7 ימים (Molnár & Livingstone, 2000). תוצאות הסקרים הראו כי צעירים פעילים פיזית יותר מאשר בני נוער, והתלמידים פעילים פיזית יותר מאשר תלמידות (Goran et al., 1999).

2.2.3 שינויים באורח חיים

בני-הנוער של ימינו, מבליים זמן רב יותר בפעילויות שלא דורשות תנועה, כגון ישיבה, שכיבה, משחק וידאו ומשחקי מחשב. בשנת 2004, נמצא כי הזמן המושקע מול הטלוויזיה עלה ל- 10 שעות בשבוע, אבל כאשר משחקי וידאו ומשחקי מחשב נכנסו למשוואה, נמצא כי מתבגרים מבליים כ- 20 שעות בשבוע מול הטלוויזיה (Shields, 2006). מחקר נוסף גילה כי חשיפה במשך שעות למסך (כלומר טלוויזיה, אינטרנט, משחקי וידאו) קשורה באופן מובהק לצריכת חטיפים לא בריאים.

בנוסף לכך, שינה נחשבת כגורם המשפיע על התזונה היומית בקרב בני נוער, מחקר גרמני שנערך לאחרונה הראה גם כי מתבגרים ישנים פחות מ- 9 שעות מהזמן הדרוש והמומלץ בשבוע. שינה יכולה להשפיע על הפרשת הורמונים חשובים בחילוף החומרים לצורך הפקת אנרגיה. מחקרים נוספים הראו גם כי הגבלת השינה יכולה להוביל לירידה ברמות של לפטיין וגללין מוגברת. הורמונים אלה מגבירים את תחושת השובע וגורמים להרזיה ולכן, רמות נמוכות של שני ההורמונים יובילו לתיאבון מוגבר וצריכת מזון גבוהה (Wren et al., 2001). הוצעו מספר גורמים במטרה להסביר את הקשר בין חוסר פעילות בקרב בני נוער לבין תוצאות בריאותיות שליליות כגון צמצום הזמן הפנוי לפעילות גופנית, הפחתת קצב חילוף החומרים בגוף, צריכת אנרגיה מוגברת והשפעת פרסומות מדיה המקדמות מזון ומשקאות לא בריאים (Shields, 2006).

2.3 המצב התזונתי בקרב בני הנוער בישראל

סקר מבי"ת צעיר (מצב הבריאות והתזונה), סקר לאומי על מצב הבריאות והתזונה בבני נוער מטעם משרד הבריאות ומשרד החינוך, בוצע עד כה פעם אחת בשנים 2003-2004 על מדגם ארצי של 6472 תלמידי כיתות ז'-יב', בני 12-18 שנים, הלומדים בבתי ספר ממלכתיים וממלכתיים דתיים ובבתי ספר במגזר הערבי, הדרוזי והבדואי. סיפק נתונים מדעיים מקיפים לגבי צריכת המזון והשתייה, הרגלי האכילה, הרגלים הקשורים בבריאות, מצב הבריאות, פעילות גופנית, ידע ועמדות בנושאי תזונה ומדדים אנתרופומטריים (מידת גוף האדם או חלקיו) בקרב בני נוער בישראל.

סקר מב"ת צעיר 2015-2016 שהתבצע בשיטה דומה לסקר הקודם נועד לספק נתונים עדכניים על מצב הבריאות והתזונה בקרב בני נוער בישראל.

מנתונים שפרסם משרד הבריאות לאחרונה, עולה כי יותר מ-62% מהישראלים סובלים מעודף משקל. כיום, אחוזי ההשמנה בישראל בקרב בני נוער עומדים על כ-17% בקרב הבנות וכ-20% בקרב הבנים. ישראל נמנית על עשר המדינות המובילות בקצב העלייה במשקל (WHO, 2015). נתונים אלה מעלים את הצורך לעסוק בביורור הרגלי אכילה והרגלי פעילות גופנית בקרב ילדים ובני נוער. בשל הסכנות שצפויות מאי שמירה על אורח חיים בריא ובשל ההשלכות הרבות שיש לכך, הוחלט במערכת החינוך להפעיל בשנת תשע"ב מגוון תכניות ואירועים ללמידת הנושא ולהטמעתו בקרב תלמידים ובני נוער בדגש על נושא התזונה הנכונה ואת חשיבות הפעילות הגופנית. הגברת המודעות לאורח חיים בריא: צריכת מזון בריא והקפדה על פעילות גופנית, חשובה במיוחד אצל בני הנוער בגיל ההתבגרות, עת מתעצבת זהותם ונבנים דפוסי חייהם. בישראל, כמו במדינות אחרות בעולם המערבי דוגמת דנמרק, הונגריה, ארצות הברית ועוד מכירים בחשיבות הנושא ומתעוררות יוזמות לחקיקת חוקים שיסייעו בקידום אורח חיים בריא וצריכת תזונה נכונה (סקר מב"ת צעיר, 2003-2004).

להלן תוצאות סקר משרד הבריאות, מב"ת צעיר 2015-2016 בהשוואה לסקר מב"ת צעיר 2003-2004:

הפרש (%)	אחוז התלמידים בשנת 2015-2016 (%)	אחוז התלמידים בשנת 2003-2004 (%)	מאפיינים התנהגותיים והרגלי אכילה בקרב תלמידים מתבגרים
4.9+	19.5	14.6	תלמידים בעלי עודף משקל
3.9+	10.7	6.8	תלמידים בעלי השמנת יתר
2.2-	18.4	20.6	שומרים על דיאטה לשמירה או לירידה במשקל
1.95+	4.4	2.45	לא אוכלים ארוחת צהריים (המנה העיקרית)
3.4+	34.2	30.8	אכילת מזון מהיר יותר מפעם אחת בשבוע
5.15-	37.3	42.45	עוסקים בפעילות גופנית לפחות שעה ביום בממוצע
34.3+	84.3	50	משתמשים במסכים (מחשבים, טלפונים חכמים..) מעל שעתיים ביום
5.8-	41.6	47.4	קוראים לעיתים קרובות את תוויות המזון על גבי אריזות המזון והשתייה
2.7+	12.2	9.5	סובלים מחוסר ברזל
2.1+	9.4	7.3	נוטלים תוספי תזונה (ויטמינים, מינרלים ועוד) בחודש האחרון
1.3-	79.3	80.6	שינה על פי ההמלצות (7-11 שעות ביממה)
	6.1	לא נבדק	תלמידים אשר הלכו לישון רעבים בשבוע האחרון
	23.2	לא נבדק	צריכת מזון לא בריא בשעות הלימודים בתדירות של 3 פעמים בשבוע לפחות
	7.6	לא נבדק	נמנעים מאכילת בשר ועוף
	38.3	לא נבדק	אכילת ארוחה עיקרית מול מסך לפחות ארבע פעמים בשבוע

עלייה מסומנת ב- (+), ירידה מסומנת ב- (-)

2.4 המלצות

2.4.1 רכיבי מאקרו (אנרגיה, חלבונים, פחמימות ושמונים) – השוואה להמלצות

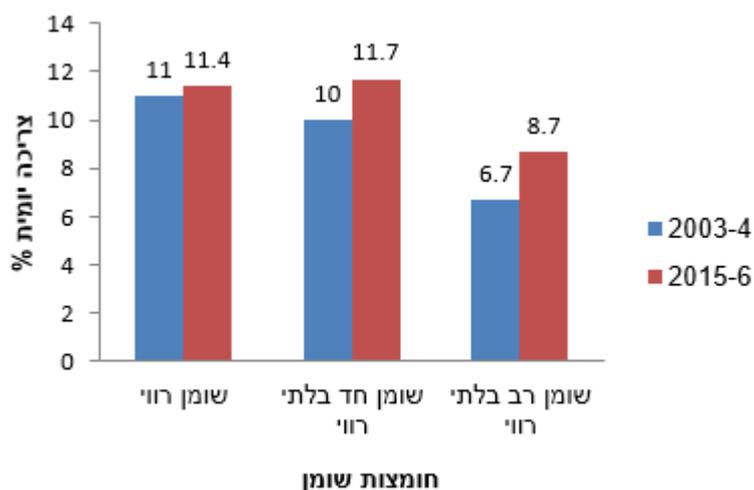
הצריכה היומית של קלוריות מחלבון מסך הקלוריות בקרב התלמידים הינה 12.3% (12.7% בבנים ו-12% בבנות). על פי ה- (DRI dietary reference intake), המהווה ערך שנקבע בארה"ב על ידי ועדת מומחים מיוחדת שמציין

את המינון המומלץ והאופטימאלי בכדי לשמור על הבריאות, הכמות החלבונית המומלצת לבני נוער תהווה בין 10-30% מכלל הקלוריות הימיות. מהסקר הנוכחי עולה כי כל הקבוצות הנבדקות עומדות בטווח המלצת ה-DRI. בסקר 2003-2004 הייתה הצריכה היומית 12.7% (13% בבנים ו-12.5% בבנות). הצריכה היומית של קלוריות מפחמימות מסך הקלוריות בקרב התלמידים הינה 55.8% (55.3% בבנים ו-56.2% בבנות), על פי ה-DRI כמות הפחמימות המומלצת לבני נוער תהווה בין 45-65% מכלל הקלוריות הימיות. מהסקר הנוכחי עולה כי כל תתי הקבוצות הנבדקות עומדות בהמלצת ה-DRI. בסקר 2003-2004 הייתה הצריכה היומית 56.9% (56.3% בבנים ו-57.3% בבנות). אחוז התלמידים הצורכים סיבים תזונתיים בהתאם להמלצות של ה-DRI (31-38%) הינו 34.7% (21.5% בבנים ו-45.9% בבנות). בסקר 2003-2004 הצריכה היומית נמוכה 23.7% (16% בבנים ו-28.9% בבנות). הצריכה היומית של קלוריות משומן מסך הקלוריות בקרב התלמידים הינה 31.9% (31.9% בבנים ו-31.8% בבנות) מהסקר הנוכחי עולה כי כל תתי הקבוצות הנבדקות עומדות בהמלצת ה-DRI השווה ל-25-35% מכלל הקלוריות הימיות. בסקר 2003-2004 הייתה הצריכה היומית 30.4% (30.6% בבנים ו-30.2% בבנות) (סקר משרד הבריאות, 2015-2016), ראה נספחים 1 ו-2.

2.4.2 חומצות שומן – השוואה להמלצות

השומן הרווי מקורו בשומן בעלי החיים, והוכח שהוא המזיק לבריאות הלב. לדוגמה: חמאה, גבינות שמנות, שמנת, ובשר שמן. הצריכה היומית של קלוריות משומן רווי מסך הקלוריות בקרב התלמידים הינה 11.4% (11.5% בבנים ו-11.3% בבנות), משרד הבריאות ממליץ כי אחוז הקלוריות משומן רווי לא יעלה על 10% מסך הצריכה הקלורית היומית. מהסקר הנוכחי עולה כי התלמידים בישראל צורכים בממוצע שומן רווי מעט מעל ההמלצות. בסקר מבי"ת צעיר 2003-2004 הצריכה הינה דומה 11.0%. לעומת זאת, שומן לא רווי מקורו מהצומח, כמו: שמנים צמחיים (סויה וקנולה), אגוזים, שקדים, טחינה, אבוקדו, מרגרינה רכה. צריכת שומן לא רווי דווקא יכולה להועיל לבריאות הלב. הצריכה היומית של קלוריות משומן חד בלתי רווי מסך הקלוריות בקרב התלמידים הינה 11.7% (11.6% בבנים ו-11.7% בבנות), משרד הבריאות ממליץ כי אחוז הקלוריות משומן חד בלתי רווי לא יעלה על 10% מסך הצריכה הקלורית היומית. מהסקר הנוכחי עולה כי כל תתי הקבוצות הנבדקות צורכים בממוצע מעל ההמלצות. בסקר מבי"ת צעיר 2003-2004, הצריכה הינה נמוכה השווה ל-10%. הצריכה היומית של קלוריות משומן רב בלתי רווי (אומגה 3 ו-6 אשר חיוניים והכרחיים לגוף) מסך הקלוריות בקרב התלמידים הינה 8.7% (8.8% בבנים ו-8.7% בבנות), משרד הבריאות ממליץ כי אחוז הקלוריות משומן רב בלתי רווי לא יעלה על 10% מסך הצריכה הקלורית היומית מהסקר הנוכחי עולה כי כל תתי הקבוצות הנבדקות עומדות בהמלצות, בסקר מבי"ת צעיר 2003-2004, הצריכה היומית הינה 6.7% (סקר משרד הבריאות, 2015-2016), ראה נספח מס' 3.

הצריכה היומית של חומצות שומן בקרב בני נוער בהשוואה לסקר 2003-2004



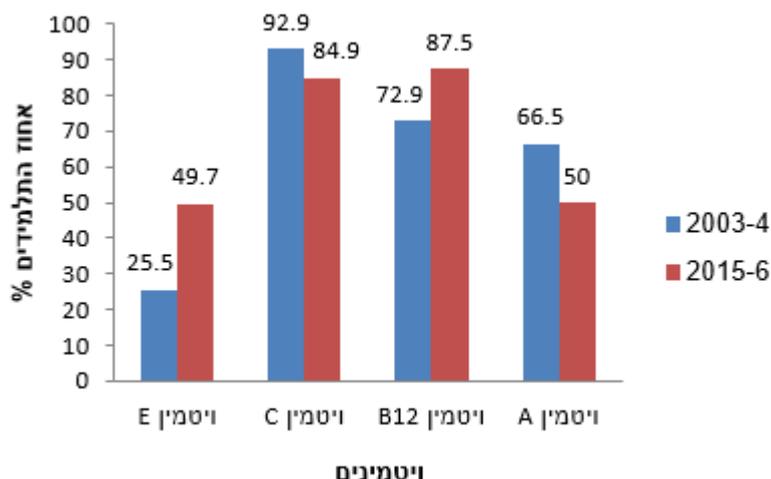
בגרף לעיל, ניתן לראות כי ישנה עלייה בצריכת שומן רווי ושומן בלתי רווי בשנת 2015-2016 לעומת הצריכה בשנת 2003-2004. הצריכה היומית של שומן רווי עלתה בכ-0.4%, הצריכה היומית של שומן חד בלתי רווי עלתה בכ-1.7%.

והצריכה היומית של שומן רב בלתי רווי עלתה בכ- 2%. דבר זה מעיד על כך כי חלה עלייה בצריכת מזון ושומנים החיוניים לגוף אשר מקורם מהצומח אך עדיין צריכה זו דומה וקרובה מאוד לצריכת שומן רווי.

2.4.3 ויטמינים – השוואה להמלצות

כמחצית (49.7%) מהתלמידים צורכים ויטמין E בהתאם להמלצות (12 מ"ג ליום) (48.4% מהבנים ו-50.8% מהבנות) לעומת 25.5% בסקר 2003-2004. ויטמין זה בעל תפקיד חשוב בהגנה כנגד הזדקנות תאים, זיהום אויר, מחלות לב וסרטן, סוכרת, דלקות. אחוז התלמידים הצורכים ויטמין C בהתאם להמלצות (63 מ"ג ליום אצל בנים ו-56 מ"ג אצל בנות) הינו 84.9% (80.8% מהבנים ו-88.3% מהבנות) לעומת 92.9% בסקר 2003-2004. ויטמין זה מסייע ביצירת רקמות ועצמות, שומר על נימי הדם והשיניים, מחזק את המערכת החיסונית נגד דלקות. אחוז התלמידים הצורכים ויטמין B12 בהתאם להמלצות (2 מיקרוגרם ליום) הינו 87.5% (91.9% מהבנים ו-83.9% מהבנות) לעומת 72.9% בסקר 2003-2004. ויטמין זה אחראי על גדילה ופעולת העצבים ויצירת כדוריות הדם האדומות. כמחצית (50%) מהתלמידים צורכים ויטמין A בהתאם להמלצות (630 מיקרוגרם ליום אצל בנים ו-485 מיקרוגרם ליום אצל בנות) (40.6% מהבנים ו-58% מהבנות) לעומת 66.5% בסקר 2003-2004, ויטמין זה מסייע למערכת החיסונית, חיוני לתהליך הגדילה, מסייע בבניית עצמות ושיניים. ואחוז התלמידים הצורכים ויטמין D בהתאם להמלצות (5 מיקרוגרם ליום) הינו 55.8% (61.2% מהבנים ו-51.2% מהבנות), ויטמין זה מסייע בספיגה תקינה של סידן וזרחן מהמזון ועוזר בבניית העצמות והשיניים. (לא היה מידע על ויטמין זה בסקר 2003-4) (סקר משרד הבריאות, 2015-2016), ראה נספח מס' 4.

אחוז התלמידים הצורכים ויטמינים שונים בהשוואה לסקר 2003-2004



בגרף לעיל, ניתן לראות כי אחוז התלמידים הצורכים ויטמים E עלה בכ- 24.2% לאורך השנים. דבר זה מעיד על עלייה בצריכת דגנים מלאים ואגוזים. אחוז התלמידים הצורכים ויטמים C ירדה בכ- 8% לאורך השנים, המעיד על ירידה בצריכת פירות וירקות צבעוניים, כך גם לגבי ויטמין A אשר אחוז התלמידים הצורכים אותו ירדה בכ- 16.5%. ניתן לראות כי אחוז התלמידים הצורכים B12 עלתה בכ- 14.6% המעיד על עלייה בצריכת בשר מן החי, ביצים ודגים בהשוואה לשנים 2003-2004. לכן, באופן כללי העלייה הינה בצריכת ויטמין E וויטמין B12 לאורך השנים בקרב בני נוער, אך עדיין אחוז התלמידים הצורכים ויטמין B12 גדול באופן מובהק מאחוז התלמידים הצורכים ויטמין E.

2.5 סקר ארגון הבריאות העולמי

בשנים 2005–2006 נערך סקר בריאות העולמי בקרב בני נוער (Inequalities in young people's Health: HBSC international report from the 2005/2006 Survey) מטעם ארגון הבריאות העולמי, בשיתוף עם 41 מדינות וישראל בכללן. בסקר נבדקו היבטים רבים של בריאות בקרב בני נוער בני 11–15, ונכללו בו נתונים דמוגרפים וסוציו-אקונומיים, ונתונים על התנהגויות בריאות, על התנהגויות סיכון, על דימוי עצמי, הרגלי אכילה וכו'.

טבלה 1 מפורטים שיעורי בני הנוער (לפי גיל) בארץ הסובלים מבעיות השמנת יתר ועודף משקל, והממוצע העולמי:

השמנת יתר ועודף משקל בקרב בני נוער ישראלים בהשוואה לממוצע הבין לאומי (%)						
הממוצע העולמי			ישראל			
סה"כ	בנות	בנים	סה"כ	בנות	בנים	
14	12	16	11	9	13	בני 11
13	10	16	13	10	15	בני 13
13	10	17	13	8	17	בני 15

בהשוואה לשאר המדינות שהשתתפו בסקר (כאמור, 41 מדינות), בקבוצת הגיל 11, ישראל מדורגת בשליש התחתון של הרשימה. בקבוצת הגיל 13–15 ישראל מדורגת באמצע הרשימה. בכל הגילים, שיעור ההשמנה בישראל נמוך מהשיעורים במדינות כגון ארה"ב, מלטה, קנדה, פינלנד, יוון, ספרד ועוד. בבדיקה בישראל לא נמצא קשר בין המעמד הסוציו-אקונומי של המשפחה ובין השמנה בקרב בני הנוער שהשתתפו בסקר.

כאמור לעיל, בסקר נבחנו גם התנהגויות הקשורות לבריאות, ובהן הרגלי אכילה ופעילות גופנית. להלן כמה נתונים בתחום הרגלי האכילה של בני נוער:

צריכה יומית של פירות: פחות ממחצית מבני הנוער בישראל צורכים פירות. בכל קבוצות הגיל, שיעורי צריכת פירות בקרב המתבגרים הישראלים גבוהים מהשיעורים הממוצעים של צריכת פירות בקרב המתבגרים במדינות המשתתפות האחרות (טבלה 2). בכל קבוצות הגיל בנות צורכות יותר פירות מבנים, באופן מובהק. עם זאת, עורכי המחקר מציינים כי במדינה כמו ישראל, שהפירות בה נגישים בכל עונות השנה, הציפייה הייתה לצריכת פירות גדולה יותר.

צריכה יומית של פירות (%)						
הממוצע העולמי			ישראל			
סה"כ	בנות	בנים	סה"כ	בנות	בנים	
41	45	37	48	50	46	בני 11
35	39	31	39	42	36	בני 13
30	34	25	34	37	31	בני 15

צריכה יומית של משקאות קלים: בקרב בני הנוער הישראלים נמצאו שיעורים גבוהים של צריכת משקאות קלים (עתירי סוכר, צבעי מאכל וחומרים משמרים), נמצא כי כ-42% מכלל בני הנוער הישראלים בקבוצת הגיל 11–15 דיווחו על צריכת משקאות קלים לפחות פעם ביום. לצורך השוואה, הממוצע הבין-לאומי של צריכת משקאות קלים בקבוצת גיל זו הוא 26% (טבלה 3).

צריכה יומית של משקאות קלים (%)		
הממוצע העולמי	ישראל	

סה"כ	בנות	בנים	סה"כ	בנות	בנים	
22	20	24	41	41	41	בני 11
27	24	29	41	39	43	בני 13
28	25	32	43	41	45	בני 15

ארוחת בוקר לפני היציאה לבית ספר : שיעור בני הנוער הישראליים שאוכלים ארוחת בוקר נמוך מהמוצע העולמי. נמצא כי רק מחצית מבני הנוער בגיל 11 דיווחו שהם אוכלים ארוחת בוקר לפני שהם יוצאים לבית-הספר. בקרב המתבגרים בגיל 13 שיעור האוכלים ארוחת בוקר יורד בהשוואה לגיל 11, ובקרב בני הנוער בגיל 15 שיעור האוכלים ארוחת בוקר יורד עוד יותר. בגיל 13 ובגיל 15 נמצא כי שיעור הבנים שאוכלים ארוחת בוקר גבוה באופן מובהק משיעור הבנות. שיעורי בני הנוער הישראליים שאוכלים ארוחת בוקר בבית נמוכים במידה ניכרת משיעורי הממוצע הבינ-לאומי בכל קבוצות הגיל (טבלה 4).

בני נוער שאוכלים ארוחת בוקר לפני היציאה לבית ספר (%)						
הממוצע העולמי			ישראל			
סה"כ	בנות	בנים	סה"כ	בנות	בנים	
69	68	70	54	52	56	בני 11
59	54	65	45	38	51	בני 13
55	50	60	39	35	43	בני 15

פעילות גופנית בקרב בני נוער : מטבלה 5 עולה כי שיעור בני הנוער בישראל העוסקים בפעילות גופנית נמוך. כמו כן נמצא כי עם העלייה בגיל פוחתת המעורבות של בני נוער בפעילות גופנית.

פעילות גופנית (לפחות שעה אחת ביום) (%)						
הממוצע העולמי			ישראל			
סה"כ	בנות	בנים	סה"כ	בנות	בנים	
26	22	30	22	15	30	בני 11
20	15	25	13	12	24	בני 13
16	12	20	10	6	13	בני 15

שיעור צפייה בטלוויזיה : מטבלה 6, עולה כי בכל קבוצות הגיל שיעורים גבוהים מאוד של צפייה בטלוויזיה בקרב בני הנוער הישראליים. שיעורים אלה גבוהים גם בהשוואה לממוצע הבינ-לאומי.

צפייה בטלוויזיה (לפחות שעתיים ביום) (%)						
הממוצע העולמי			ישראל			
סה"כ	בנות	בנים	סה"כ	בנות	בנים	
61	60	63	75	78	72	בני 11

70	69	70	80	85	75	בני 13
68	67	69	76	74	78	בני 15

מנתוני הסקר עולה כי לבני נוער ישראלים הרגלי אכילה שעלולים לפגוע בבריאותם. ניתן להסיק כי בני הנוער בארץ צורכים כמות קטנה יחסית של פירות, ולעומתה כמות גדולה של משקאות ממותקים, ועל-פי רוב מדלגים על ארוחת הבוקר, הנחשבת לחשובה בארוחות היומיות ולמקור העיקרי לאנרגיה לכל היום. מחקרים רבים מראים שהרגלי אכילה לא בריאים הם בין הגורמים הישירים להשמנה בקרב בני נוער, לבעיות קשב וריכוז, להפרעות בשינה, לפיגור בגדילה, לעיכוב בהבשלה המינית. מכאן נובעת חשיבותם של החינוך הסביבתי והתזונתי אשר מהווים חלק משמעותי בתחום קידום הבריאות. הקשר שבין תזונה, בריאות וסביבה הולכים ומתעצמים בשל חשיבות השמירה על תזונה נכונה כתהליך מונע מחלות בהווה ובעתיד עליהם נדבר בפרק הבא.

3. החינוך הסביבתי והתזונתי

3.1 חינוך סביבתי

לאור האמור לעיל, עולה כי קיים הצורך בחינוך סביבתי בכלל ובמערכת החינוך בישראל בפרט. חינוך סביבתי הינו מושג אשר הופיע לראשונה בשנות ה-60 בארה"ב. בניגוד למה שהיה מקובל עד אז, קרי חינוך לטבע ואהבת הטבע, החינוך הסביבתי יצר לראשונה קשר הכרחי בין הידרדרות מצב הסביבה במאה ה-20 לבין חינוך ללקיחת אחריות סביבתית. המושג התייחס למרכיבים כמו פיתוח מודעות לפגיעה בסביבה. פיתוח עמדות חיוביות כלפי הסביבה וכוננות לפעול למען הסביבה (Hart, 2007).

החינוך הסביבתי מהווה שם כולל לארגונים ולתפיסות לפיהם עלינו ללמד אודות תפקודי הסביבה הטבעית וכיצד בני אדם יכולים להתנהל עפ"י עקרונות הקיימות, מתוך הבנה שהאדם הוא חלק ממערכת אקולוגית. חינוך זה בא לידי ביטוי בתכניות לימוד בתוך מערכת החינוך עצמה, וכן באופן רחב יותר בפעילויות ציבוריות, קמפיינים ופרסומים אחרים הקשורים לאיכות הסביבה, הטבע והקשר בין האדם לסביבתו ועל רקע המשבר הסביבתי התהוו תנועות מחאה וארגוני סביבה רבים, כדוגמת גרינפיס בעולם, החברה להגנת הטבע בישראל, ועוד. החינוך הסביבתי מייצג את השאיפה של ארגונים אלו לשנות את המדיניות הציבורית בסוגיות סביבת מקומיות ועולמיות באמצעות החינוך הפורמלי והלא-פורמלי (דוניץ ופלד, 2004).

על-פי דויד אור, מההוגים הבולטים של החינוך הסביבתי; כל חינוך הוא חינוך סביבתי. על-פי מה שנבחר להיכלל או שלא להיכלל בלימודים, הוא חינוך הבא לתת מענה להמשך קיומו של המין האנושי ולעמידתו מול הבעיות הקיומיות על פני דור הארץ (Or, 2004).

אי לכך, כל מעשה חינוכי, הנעשה בבית הספר ומחוצה לו, ושואף להקנות ידע על הסביבה הפיסית והאנושית- חברתית, לקדם אכפתיות וכבוד לסביבה, לאדם ולחברה. מטרת החינוך הסביבתי היא לפתח אוכלוסייה עולמית המודעת לסביבה ולבעיות הקשורות בה, שיש לה ידע, מיומנות, גישה, מוטיבציה ומחויבות לפעול כיחידים או בקבוצות למציאת פתרונות לבעיות סביבתיות קיימות ולפתרון בעיות עתידיות. חינוך סביבתי אינו תומך בנקודת מבט מסוימת או בדרך פעולה מסוימת. במקום זאת, חינוך סביבתי מלמד אנשים כיצד לשקול את הצדדים השונים של הנושא באמצעות חשיבה ביקורתית וזה משפר את פתרון הבעיות שלהם ואת כישורי קבלת ההחלטות. הוא מטפח תלמידים חושבים ומוסריים; תלמידים שעוסקים בשאלות מהותיות על החיים ועל הדרך שבה ראוי לחיותם; תלמידים בעלי רגישות וצניעות – מידות טובות הכרחיות לשיקום יחסינו עם העולם; תלמידים שאינם חוששים לעסוק בשאלות של חוסר צדק ועוול ולחפש דרכים לתקנם, שמאמינים שיש להם אחריות להשאיר לילדיהם עולם טוב יותר מהעולם שקיבלו לידיהם; תלמידים שמבינים שלא קיבלנו את העולם בירושה מהורינו, אלא כפיקדון מילדינו. החינוך הסביבתי צריך להיות יסוד מרכזי שסביבו מאורגנת מערכת החינוך כולה. (וינגר, 2008).

3.2 המשבר הסביבתי סקירת ספרות

ההתעוררות החברתית והסביבתית שאפיינה את העולם המערבי בשנות ה-1960, הגבירה את המודעות לנוקמים הסביבתיים הנגרמים בעולם המתועש. במקביל גבר הצורך בהבנת מורכבותם של יחסי הגומלין בין האדם והסביבה, במטרה לשפר את איכות חיי האדם בעולם של טכנולוגיה מתפתחת. כתוצאה מכך עלתה ההכרה בחשיבותו של חינוך סביבתי. (Zoller & Keiny, 1991).

במאמרו משנת 1969, הגדיר ביל סטאפ (Stapp, et al., 1969) את החינוך הסביבתי לראשונה, כמכוון ליצירת חברה אשר אזרחיה הם בעלי ידע על הסביבה הביופיסית והבעיות איתן היא מתמודדת, בעלי מודעות לפתרונות אפשריים לבעיות אלו ורצון לפעול למען הפתרון של אותן בעיות. בכינוס של האיגוד הבינלאומי להגנת הטבע (IUCN) והארגון לחינוך, מדע ותרבות של האו"ם (UNESCO), אשר נערך ב-1970 בנבאדה בארה"ב, גובשה הגדרה בסיסית לחינוך סביבתי אשר קבעה כי "חינוך סביבתי הוא תהליך אשר מטרתו פיתוח של מיומנויות וערכים, הנדרשים לשם הכרה והבנה של יחסי הגומלין בין האדם וסביבתו התרבותית והטבעית". לפי הגדרה זו, החינוך הסביבתי מכיר בצורך בקבלת החלטות וגיבוש קוד מוסרי בנוגע לסוגיות סביבתיות (Palmer, 2003). בשנים שלאחר מכן הוביל העניין הגובר והולך

בחינוך הסביבתי, בדרגים שונים, לגיבוש תכנית בינלאומית לחינוך סביבתי אשר הוצגה בכינוס שנערך בבלגרד בשנת 1975 (טל, פלד ואברמוביץ, 2010). הסעיף הקודם עסק בהגדרה של מהו חינוך סביבתי, חשבי, למה כאן את שוב עוסקת בהגדרות של חינוך סביבתי כשהסעיף מדבר על התפקיד של חינוך סביבתי?

לאחר מכן, ועידת "טביליסי" ועידה שאורגנה על - ידי האו"ם האו"ם בטביליסי ב-1977 כדי להמשיך ולקדם את החינוך הסביבתי בעולם והציבה שלוש מטרות לחינוך הסביבתי: 1- עידוד הבנה ועניין בנוגע לקשרי הגומלין בין מערכות כלכליות, חברתיות, פוליטיות ואקולוגיות בסביבה העירונית והכפרית. 2- סיפוק הזדמנות לכל אדם לרכוש ידע, ערכים, גישה חיובית, מחויבות ומיומנויות לשמירה על הסביבה ולשיפורה. 3- יצירת שינוי בהתנהגות בקרב פרטים, קבוצות והחברה בכללה בנוגע לסביבה. ועידת טביליסי קידמה את ההכרה בחשיבות החינוך הסביבתי והביאה לעלייה במספר התוכניות לחינוך סביבתי בעולם, אולם לא הסירה את הערפל בנוגע למטרות החינוך הסביבתי ולגישות החינוכיות הדרושות להגשמתן. הוועידה אמנם הצביעה על הקשר שבין ההיבטים המדעיים והערכיים-חברתיים בתחום הסביבתי, אך עשתה זאת בקווים כלליים ומעורפלים למדי. בשנת 1992 נערכה בברזיל ועידה בינלאומית שכונתה "פסגת כדור הארץ", ובה התחייבו מדינות העולם לשנות את דגם הפיתוח הישן ולצאת לדרך חדשה של "פיתוח בר קיימא" (sustainable development) - פיתוח המספק את צורכי הדור הנוכחי בלי לפגוע ביכולתם של הדורות הבאים לספק את צורכיהם. ראשי הממשלה והנשיאים של רוב מדינות העולם הגיעו בעצמם לוועידה כדי להפגין את מחויבותם לנושא. זו הייתה ההתכנסות הגדולה ביותר אי-פעם של מנהיגי העולם. אף שכל כך הרבה נעשה מאז בתחום הסביבתי, עולם כמנהגו נוהג: קצב ההידרדרות הסביבתית החמיר, קצב הצטברות גזי החממה באטמוספירה הואץ וטביעת הרגל האקולוגית של העולם גדלה (אטנגר, 1996). ועוד מספר ועידות וכנסים בינלאומיים שהתקיימו בעשורים האחרונים כהכרה בחשיבות החינוך הסביבתי ולשם המעבר לחברה בת קיימא.

3.3 החינוך הסביבתי בישראל – תמונת מצב

בשנים האחרונות חלה התקדמות משמעותית בחינוך הסביבתי במערכת החינוך בישראל. משרד החינוך מפתח תכניות חדשות כל העת והמשרד להגנת הסביבה נרתם גם הוא לנושא. בתחילת דרכה של מערכת החינוך נקרא המקצוע "טבע". במהלך השנים עבר כמה וכמה שינויים, ביניהם נקרא גם "מדע", "מב"ט" (מדע, טכנולוגיה וחברה) וכיום לימודי הסביבה נלמדים במסגרת רב תחומית בתחומי המדע, הכלכלה והחברה (שגיאה ועמיתיו, 2008).

בשנות ה-80 החלו בתי ספר להביע ייחודיות על ידי טיפוח גישות ותוכניות לימוד מקומיות בנושא החינוך הסביבתי. בשנות ה-90 היו אלה ארגונים סביבתיים שהחלו להציע תכניות לימוד בתחום החינוך הסביבתי והמשרד להגנת הסביבה עם הקמתו, היווה גורם לפיתוח ותמיכה בתכניות לימוד ופרוייקטים בתחום זה בכל הארץ. פסגת כדור הארץ בריו, ב-1992, היוותה גם היא קרש קפיצה לעיסוק בחינוך הסביבתי במערכת החינוך. ולקראת פסגת כדור הארץ ביוהנסבורג ב-2002, פיתח המשרד להגנת הסביבה, בשיתוף עם משרד החינוך וגופים נוספים את המודל להסמכת בתי ספר ירוקים בישראל. מודל זה הוביל לשינוי אמתי בחינוך לקיימות בבתי ספר ובמוסדות חינוך נוספים, כמו גני ילדים, מתנ"סים וקמפוסים אוניברסיטאיים. מטרת המודל הייתה לפתח שיטה להטמעת עקרונות פיתוח בר קיימא בתוך בתי הספר ומוסדות החינוך (www.sviva.gov.il).

כמו כן, מתרחש תהליך שבו בית הספר עצמו עובר להתנהל באופן בר קיימא, מנצל את משאביו תוך חיטון ויעילות, ושואף להשפיע על הקהילה שבתוכה הוא פועל. ניסוח- לא נכון דקדוקית להתחיל משפט ביש יש בתי ספר, המפעילים תכניות לחינוך סביבתי בכוחות עצמם, תוך הישענות על עזרה ומשאבים מקומיים וקהילתיים ועל מורי בית הספר. בתי ספר רבים נעזרים בתכניות של המשרד להגנת הסביבה (תהליך הסמכה לבית ספר ירוק) ושל גופים סביבתיים, כמו החברה להגנת הטבע (ילדים מובילי שינוי), הרשת הירוקה וקרן קר"ב, הקרן הקיימת לישראל ורשות הטבע והגנים (פרויקט ידד החולות, פרויקט קש"ר). כל זה מצביע על המגמה של עלייה במספר והיקף התכניות, המעידה על החשיבות, שבתי ספר וקהילות מייחסים לחינוך סביבתי. גם במשרד החינוך נערכים בשנים האחרונות להרחבת החינוך הסביבתי באמצעות פרסום חוזרי מנכ"ל דו"חות פנימיים, ועדות לקידום החינוך הסביבתי, השתלמויות מורים וכנסים בהם תלמידים לוקחים חלק מרכזי (טל, 2004).

בשנת 2011 פורסמה לראשונה תכנית לימודים המשותפת למשרד החינוך ולמשרד להגנת הסביבה בנושא קיימות: "חינוך לקיימות לארוג חיים בצוותא". תכנית לימודים זו מיועדת לתלמידי כיתה א'-ו' בבתי ספר יסודיים ממלכתיים דתיים. במסגרת תכנית זו החינוך לקיימות יילמד כנושא חובה במסגרת תכנית לימודים בית ספרית אינטגרטיבית שתעסוק בתכנים ובסוגיות סביבתיות – חברתיות ולה תוקצה שעת לימודים שבועית (30 שעות לימוד בכל כיתה). התכנית משלבת רעיונות, עקרונות, מושגים ותכנים מתחום החינוך לקיימות במטרה להוביל להטמעת ערכים, הבניית התנהגויות ולעשייה פעילה למען הסביבה ברמה האישית והחברתית. הגישה החינוכית שביסוד תכנית הלימודים הינה

לחזק את הקשר בין למידת חקר תוך בית ספרית, לבין מעורבות ואזרחות פעילה (חינוך לקיימות לארוג חיים בצוותא, 2012).

3.4 מחקרים העוסקים בחינוך הסביבתי בבתי הספר בישראל

מחקר בדבר האוריינות הסביבתית במערכת החינוך בישראל (אוריינות סביבתית היא מטרת העל של החינוך הסביבתי וליתר דיוק החינוך לקיימות), שנערך על ידי צוות חוקרים מאוניברסיטת בן-גוריון וממכון הערבה ללימודי הסביבה בשנים 2004-2007. המחקר בחן את הידע, העמדות וההתנהגות של 7365 תלמידים בכיתות ו' ו"ב ב-182 בתי ספר ברחבי ישראל. התוצאות הן פרי הניתוח של שאלון שפותח בעזרת ועדת היגוי ומולא על ידי התלמידים בחודשים פברואר-יוני 2006 (אוריינות סביבתית במערכת החינוך, 2007).

מטרת המחקר היא: הערכת האוריינות הסביבתית של תלמידים המסיימים את החינוך היסודי והערכת האוריינות הסביבתית של תלמידים בתוכניות החינוך הסביבתי המיוחדות בארץ. במחקר השתתפו 7635 תלמידים, 4674 בכיתות ו' ו-2961 בכיתה י"ב.

תוצאות ממדי האוריינות בכיתות ו'

כתה ו'	ציון	סטיית תקן
ידע	46.2	17.35
עמדות	72.5	17.93
התנהגות	39.6	32.32

תוצאות ממדי האוריינות בכיתות י"ב

כתה י"ב	ציון	סטיית תקן
ידע	62.1	19.38
עמדות	63.9	15.08
התנהגות	27.2	21.59

תוצאות המחקר: ממצאי המחקר מעידים כי למעשה, בקרב תלמידי בתי הספר בישראל, אין קשר בין ידע לבין התנהגות סביבתית.

מחקר נוסף גדול שנערך בארץ על ידי בן חור ובר בשנת 1996, בעקבות "שנת איכות הסביבה" במערכת החינוך, התמקד בהערכת הידע בנושאים סביבתיים ופחות באוריינות סביבתית. מדגם ארצי זה אשר היה למקיף ביותר בזמנו, נערך בבתי ספר יסודיים וחיטובות ביניים, וכלל את כל המחוזות השונים במשרד החינוך. נבדקו הן ידע והן מודעות לבעיות סביבה. בן חור ובר (1996) דיווחו כי ככל שבית הספר עסק באופן רחב ומעמיק יותר בנושא איכות הסביבה, כך העריכו התלמידים את הנושא כחשוב ומעניין. בשנת 2006 ערכו שגיא וחובי (2008) מחקר שהינו סקר ארצי הערך על מדגם

מייצג של תלמידים הן בכיתות ו' והן בכיתות י"ב. סקר זה מוכר בספרות המקצועית כסקר לאומי ארצי מקיף לבדיקת האוריינות הסביבתית, הכוללת ידע, עמדות והתנהגות. מאגר הנתונים שהצטבר במחקר זה נחשב ברוחב ובעומק הנתונים שלו בולט בישראל ובין הגדולים בעולם. במחקר זה מצאו החוקרים כי במקרים רבים הידע הסביבתי של התלמידים לקוי וכך גם ההתנהגות כלפי הסביבה, אך העמדות ביחס לסביבה חיוביות. עוד נמצא במחקר זה כי ידע בנושאי סביבה אינו קשור להתנהגות סביבתית. במחקרים של דורית וטל (2000) (Dori & Tal) נמצא קשר ברור בין רכישת ידע במהלך פעילות חינוכית לבין עלייה בעמדות חיוביות כלפי הסביבה.

3.5 שילוב לימודי סביבה כחינוך לקיימות ותזונה בת קיימא בחינוך לבריאות

בתכנית הלימודים - בין תיאוריה למעשה

כפי שהראנו, בעשור האחרון עלתה המודעות הציבורית לנושאים סביבתיים חברתיים בחברה האזרחית; משרד - החינוך רואה בחינוך לקיימות יעד מרכזי והציב לעצמו כמטרה להביא להטמעת וליישום החינוך לקיימות במערכת החינוך הפורמלית בישראל. החל משנת 2002, צוות ארצי לחינוך לקיימות מטעם משרד החינוך החל לעבוד בשיתוף פעולה מלא עם צוות המשרד להגנת הסביבה והארגונים הירוקים – ה"רשת הירוקה"⁴ והחברה להגנת הטבע. הקווים המנחים של תכנית לימודים מדברים לא רק על הקניית ידע ומיומנויות, אלא גם על חינוך לשמירה על הסביבה ולטיפוחה, המחייב פיתוח הבנה, מודעות, אחריות הטובות יתורגמו על ידי המורים והמורות לפעילויות מתאימות (חינוך לקיימות, ח.ת.).

לפיכך בגלל שמשך החינוך רואה בחינוך לקיימות יעד מרכזי ניתן להבחין בשינוי בשנים האחרונות במערכת החינוך הפורמלית, בשנים האחרונות. בשנת 2011 הודיע שר החינוך לשעבר, גדעון סער, כי הנושא המרכזי לשנת לימודים זו יהיה אורח חיים בריא, מתוך ההנחה כי הקניית ההרגלים מגיל צעיר תבטיח הפיכתם לדפוסיים קבועים וליצירת אורח חיים המקדם בריאות. דבר זה הוחלט בין היתר לנוכח העבודה כי לאורח חיים בריא קיים חשיבות רבה במכלול היבטים: תזונה נכונה, פעילות ספורטיבית, קידום בריאות (מניעת מחלות), מניעת השמנה, שמירה על היגיינה אישית, חיזוק הדימוי העצמי וטיפוח הגוף (הפיקוח על בריאות, 2011). יש לציין כי להקפדה על סביבה נקייה ואסתטית, קיימת גם השפעה על אורח חיים בריא, וזאת לנוכח יחסי הגומלין ההדוקים בין בריאות הסביבה ובריאות האדם, כאשר ההבנה כי לסביבה קיימת השפעה על הבריאות, תרמה לעלייה בתנאי התברואה בסביבות מגורים ובסביבה הרפואית. זאת ניתן לראות ממחקרים שנעשו כי על אף פערי הידע הקיימים בנוגע להבנת האופן בו משפיעה הסביבה על הבריאות של אוכלוסיות בכלל ותתי-אוכלוסיות בפרט, השיפור הסביבתי תרם לבריאות האוכלוסייה, הארכת תוחלת החיים וירידה בתמותת התינוקות (ברמן, קרקיס ורייכר, 2014)

בשנת 2013, התעצם נושא קידום בריאות במערכת החינוך, אשר מטרתו, תזונה מאוזנת, מגוונת ומותאמת, כלומר - העדפת מזון ובחירה מושכלת בחברת השפע, העדפת שתיית מים על משקאות ממותקים, עידוד אכילת פירות וירקות, הימנעות ממאכלים עתירי שומן ועתירי סוכר, הפחתת שעות מסך ועידוד פעילות גופנית משמע הבנת הקשרים בין תזונה ובריאות, היגיינה אישית וסביבתית, אימוץ התנהגויות אחראיות לשמירה על ההיגיינה האישית, טיפוח הגוף, נזקי החשיפה לשמש, הקפדה על סביבה נקייה ואסתטית, מכיוון שבעיות בריאות אצל ילדים עלולות לפגוע ביכולות למידתם, בהשתתפותם במסגרת הלימודים ובהפקת המיטב ממנה לתועלתם הם ולתועלת החברה (הפיקוח על הבריאות, 2016). אין ספק, שבעיות בריאות של התלמיד יכולה לפגוע ביכולות הלמידה שלו, ועלולה גם לגרום לליקויים בהתפתחות במהלך החיים. לכן קיימת חשיבות רבה בשמירה על הבריאות דרך החינוך הסביבתי והתזונתי.

אי לכך, החזון של מערכת החינוך הוא לאפשר את קידום הבריאות שבראשה עומד נושא התזונה בת קיימא אשר אפשר לכל התלמידים לממש את היכולות הלימודיות, התפקודיות והחברתיות שלהם. בכך, המדינה תממש את חובתה הממלכתית של בריאות התלמידים בסטנדרטים מיטביים. חזון זה מבוסס על ערכים עקרוניים: בריאות כזכות בסיסית של כל תלמידה ותלמיד, הוגנות, צדק חברתי, שותפות, כבוד האדם, סובלנות, אחריות אישית, הדדיות מוסדית וארגונית. בית ספר מקדם בריאות הוא מהות חינוכית המאופיינת בתפיסה מיוחדת. הוא בנוי על מודל חברתי בתחום

ארגון שבין חבריו נמנים מחנכים, מנהיגים סוכני שינוי וכן פעילים סביבתיים חברתיים, הפועל בשיתוף עם משרדי ממשלה,⁴ רשויות מקומיות ומוסדות חינוך, אשר מטרתו להוביל את החינוך לקיימות במערכת החינוך ולהעניק ידע וכלים שיובילו את אנשי הקהילה לפעול למען הסביבה.

הבריאות אשר מדגיש את המבנה הארגוני של בית-הספר תוך מיצוי פיתוח הפרט, איכות חייו ובריאותו, ותרומה לאורח החיים ואיכותם של כלל השייכים לקהילת בית-הספר (מפמ"ר חינוך לבריאות, 2016).

3.5.1 קידום הבריאות במערכת החינוך

בריאות במערכת החינוך היא תחום המשתף את ההורים בתהליך החינוכי תוך העצמתם בלקיחת אחריות על בריאותם ובריאות ילדיהם. תהליך המשלב התנהגות בריאותית, מקצועות ותחומי דעת ומאפשר לעצב את סביבת בית הספר והגן כסביבה מקדמת בריאות. תהליך להטמעת המודעות לבריאות כערך וכזכות בסיסית של האדם למען צדק חברתי, בקרב תלמידים הורים וצוות בית-הספר וכחלק בלתי נפרד מן הקהילה על מאפייניה הייחודיים.

עקרון הבחירה הנכונה הוא ערך בסיסי בבניית התפריט היומי. על התלמיד לבחור את מזונו על פי צרכיו, העדפותיו וטעמו האישי מתוך היצע של מזון מומלץ ובריא, על פי ההנחיות התזונתיות המקצועיות של הגורמים המוסמכים. עקרונות נוספים לבניית התפריט: הכרת מקורות המזון, השתתפות בחוויות גידול ירקות ופרות והתייחסות לשאריות מזון, לאשפה ולקיימות. דפוסי אכילה נכונים בגיל הילדות ובתקופת ההתבגרות מקדמים בריאות מיטבית, גדילה תקינה והתפתחות אינטלקטואלית רציפה ומסייעים במניעת בעיות בריאות כגון מחסור בברזל ובסידן, אנמיה, עודף משקל, השמנה והפרעות אכילה. לטווח הארוך תזונה מגוונת ומותאמת מונעת תחלואה כגון מחלות לב וכלי דם, סוכרת, סרטן ועוד (הפיקוח על הבריאות, 2018).

3.5.2 חינוך לבריאות במערכת החינוך הפורמלית

משרד הבריאות, בשיתוף משרד החינוך, מפעיל משנת 2011 את תכנית "בית ספר מקדם בריאות". בתי ספר המעוניינים להשתתף בתוכנית מקבלים על עצמם מחויבות לגישה חינוכית שבה משלבים השגת יעדים חינוכיים (משרד הבריאות, 2018).

מערכת החינוך נרתמת לעשייה חינוכית מעמיקה ומשמעותית, שמטרתה עיצוב התנהגות בריאה בקרב תלמידים, מנהלים, מורים, גננות והורים, ובמסגרת התכנית "אפשרי בריא" (התכנית הלאומית לחיים פעילים ובריאים בגני הילדים ובבתי הספר), הגדרת יעד רב שנתי משותף עם משרד הבריאות בו עד שנת 2020 יפעלו כל מוסדות החינוך כמקדמי בריאות (הפיקוח על הבריאות, 2017).

מוסד חינוכי מקדם בריאות מחזק באופן קבוע ורציף את יכולותיו בתחום ופועל כל העת בנושא. מוסד כזה מטמיע את תחום הבריאות באופנים שונים: הוא מכיר בצורך לעסוק בנושא הבריאות כמדיניות, בונה תכנית רצף רב-שנתית הכוללת מטרות, תכנים, פעילויות, מעקב והערכה ומיישם אותה כחלק מאורח החיים במוסד. לסביבה הבית-ספרית השפעה מובהקת על השיפור ועל העיצוב של הרגלי האכילה. בגיל צעיר מחנכי הכיתה נמצאים עם התלמידים מרבית היום, גם בזמן הארוחות. הם יכולים לסייע בהטמעת המסרים התזונתיים הנלמדים ובהצגת דוגמה אישית ליישומם (חוזר מנכ"ל תשעב/3(א), 2011).

3.5.3 הנושאים למיקוד לצורך קידום הרגלי בריאות במערכת החינוך

שיפור התנהגות תזונתית מאוזנת: העדפת שתיית מים, צריכת ירקות ופירות צריכת דגנים מלאים וקטניות, הפחתת צריכת חטיפים וממתקים, אכילת ארוחת בוקר מדי יום, אכילת ארוחה משפחתית ביום. כל זה בהתאם לחוק, לתקנות ולהמלצות בחוזר המנכ"ל.

העלאת היקף ביצוע הפעילות הגופנית: הרחבת ביצוע הפעילות הגופנית החופשית במסגרת יום הלימודים להיקף של 90 דקות בשבוע בנוסף לשיעורי החינוך הגופני וזאת ב: משחקי כדור, ריקודי עם וריקודי שורות, זומבה, תחרויות, הפסקות פעילות וכד'.

שיפור אופי פעילות פנאי: צמצום משך זמן מסך (טלפון נייד, טלוויזיה ומחשב) עד שעתיים ביום. הגברת הפעילות הגופנית בפנאי: הליכה ברגל, רכיבה על אופניים, שחייה ומשחקי כדור.

לחינוך הסביבתי והתזונתי בבתי הספר ישנן מספר מטרות משותפות העולות מן התכניות שהוזכרו לעיל. הראשונה הנה חינוך וחשיפת התלמידים על מהו "טיב מזון". המטרה השנייה הנה חשיפתם להרגלי אכילה בריאה. מטרה נוספת הנה שילוב החינוך הסביבתי והתזונתי כחלק בלתי נפרד מתכנית הלימוד. המטרה הבאה הנה חשיפת הלומד להיבט הסביבתי

והסיכונים הכרוכים בכלי פלסטיק. המטרה החמישית הנה הקניית ידע על הסביבה: מושגים, עקרונות, תופעות, תהליכים וכיו"ב. המטרה השישית הנה פיתוח מודעות לפגיעה בסביבה ובבריאותו של הלומד. מטרה נוספת הנה הקניית מיומנויות למידה ופעולה, פתרון בעיות וקבלת החלטות בנושאים סביבתיים ותזונתיים. המטרה הבאה הנה פיתוח עמדות חיוביות כלפי שמירת הסביבה ותזונה בת קיימא. המטרה התשיעית הנה גילוי נכונות בקרב הלומדים לפעול למען הסביבה והתזונה, והמטרה האחרונה הנה דיון בבעיות סביבתיות שגורמות לסיכונים בריאותיים מיותרים.

אי לכך, החינוך הסביבתי משתלב יחד עם החינוך התזונתי והמטרות משותפות, לצייד את התלמידים בכלים משמעותיים לחיים, כמו, ידע, מיומנויות, ולקייח אחריות אישית על הבריאות ואיכות הסביבה והרווחה האישית. זהו מהלך כולל שמביא אתו אתגרים גדולים אך בו זמנית מהווה את המפתח להתפתחות תקינה, בריאות טובה, ותועלות סביבתיות, חברתיות וכלכליות (חינוך לקיימות, 2018).

4. מחקרים בחינוך הסביבתי בבתי ספר בעולם

בעולם נערכו מחקרים שמעריכם אוריינות סביבתית או מרכיבים מסוימים שלה, תכנית בינלאומית העוסקת בחינוך הסביבתי בבתי ספר בעולם היא ה-Eco - Schools שהחלה בשנת 1994. נכון לשנת 2018, התכנית מתקיימת ב- 73 מדינות ברחבי העולם, הפרויקט מופעל ע"י קרן לחינוך סביבתי – מוכר על ידי אונסק"ו כמנהיג עולמי בתחומי החינוך הסביבתי וחינוך לפיתוח בר קיימא וגופים לא ממשלתיים נוספים. מטרת הפרויקט היא להפוך את החשיבה הסביבתית לדרך חיים עבור התלמידים, המורים וההנהלה, וזאת ע"י אימוץ מערכת ניהול סביבתי ופעילויות שונות בנושאי סביבה עם התלמידים (Eco-Schools Programme, n.d.).

מחקר גדול שנערך ע"י Mogensen & mayer, בדק את התפתחות התכנית הבינלאומית של Eco - School ב- 13 מדינות. בתי הספר במחקר התבקשו לתעד ולדווח על התוצאות שהשיגו. מרבית בתי הספר דיווחו על קשיים בתהליך. מסקנות החוקרים היא שקל מאוד לשקוע למצב של אקטיביזם ללא תוכן ולהצטרף לתכנית מסוג זה בשל יוקרתה, ולא כי בית הספר באמת מאמין בעשייה הסביבתית. הסיכון הוא שתכנית כמו Eco - School תתמקד רק בתוצאות טכניות שניתן למדוד, כלומר התכנית תוגבל רק לשיפור פיזי בלבד בסביבת בית הספר ותחסר את תפישת השפעותיה החינוכיות (Mogensen & mayer, 2005).

מחקר חשוב נוסף, שנערך ע"י Boeve-de Pauw & Van Petegem, בדק תלמידי כיתות ו' ב- 59 בתי ספר בבולגיה - 39 בתי ספר הנמצאים בתכנית של Eco - School ו- 21 בתי ספר שלא נמצאים בתכנית. במחקר השתתפו 1287 תלמידים. מטרת המחקר הייתה להבין אם התלמידים הלומדים ב-Eco - School בקיאים יותר על טבע וסביבה, בעלי עמדות פרו-סביבתיות ובעלי השפעה סביבתית גדולה יותר מתלמידים אחרים (Boeve-de Pauw & Van Petegem, 2010).

המחקר מצא כי אכן תלמידים הלומדים ב-Eco-School יודעים יותר על הטבע והסביבה, ובעלי עמדות פחות נצלניות כלפי הסביבה, אך בעלי אותן עמדות כלפי שימור הסביבה ואותה מוטיבציה להשפיע על הסביבה כמו תלמידים אשר לומדים ב-Eco-School.

מחקר נוסף אשר נערך ברפובליקה הצ'כית על ידי Cincera & Kraihanzl בדק מה משפיע על יכולת הפעולה של תלמידים בנושא של התנהגות פרו- סביבתית. המחקר בדק 1219 תלמידי כיתות ז'-ט' ב-33 בתי ספר הנמצאים בתכנית של Eco-School ו- 38 בתי ספר שלא נמצאים בתכנית. נמצא כי לא קיים הבדלים בין בתי ספר בהשפעה על התלמידים לפעול למען הסביבה. ההשפעה על יכולת פעולתו של התלמיד תלויה בהשתתפותו בלקייח החלטות בבית הספר ולא בהשתתפות בית ספרו בתכנית זו או אחרת (Cincera & Kraihanzl, 2013).

מחקר אחר שנערך בנושא של חינוך תזונתי בעולם, נערך ע"י DCA – Danish Centre for Food and Agriculture, משרד דני למזון וחקלאות בדנמרק, ונקרא: "התחל הרגלי אכילה בריאים בבית הספר". מין המחקר עולה כי, צריכת מזון מהיר ומאכלים בעלי ערכים תזונתיים נמוכים יכולים להוביל לתת תזונה והשמנת יתר - ואף פוגעים; בבריאות הגוף והנפש. עקב כך, החלו מסי' בתי ספר בדנמרק לפעול למען עידוד הרגלי אכילה בריאים בקרב תלמידי בתי הספר. ילדים בריאים ובהירים עם יכולות למידה טובות יותר הם הגמול כאשר הרגלי אכילה טובים מוצגים בצורה מובנית בבית הספר. מחקר זה מראה כי כמחצית מבתי הספר במדינה נקטו צעדים לקידום הרגלי אכילה בריאים, אבל זה דורש מסירות קיצונית, תמיכה כלכלית (האנסן, 2015).

מטרת המחקר הייתה לקבל סקירה כללית אודות מספר הרשויות המקומיות ובתי הספר הדניים המתמקדים בהנאה בריאה של מזון ובאוכל, וכן קבלת סקירה אודות יוזמות אשר ניתן להשתמש בהם כדי לפתח ולהכניס תרבות מזון בריא

בבית הספר בדנמרק. ממצאי המחקר בבית הספר. רוב בתי הספר נקטו צעדים או יוזמות המקדמים הרגלי מזון בריאים בבית הספר. רק יותר ממחצית (53.3%) מבתי הספר פועלים במפורש לקראת שילוב מדיניות ופעולות קונקרטיים הקשורות לקידום מזון ואוכל בריאים, וכך גם לגבי שליש (32%) בלבד מהרשויות המקומיות במדינה.

5. סיכום

לסיכום חלק זה ניתן לומר כי החיים בתקופה המודרנית בכלל וחייהם של ילדים וילדות רבים בפרט מושפעים מאימוץ אורח החיים המערבי המאופיין באורח חיים פסיבי הממעט בתנועה מרובה ופעילות גופנית התורמת כאמור לשמירה על הבריאות ומסייעת בהפחתת מחלות כרוניות ותחושות דיכאון וחרדה (Nelson et al., 2007; Matthys et al., 2009). בנוסף, אורח החיים המערבי הוביל לאימוץ פירמידת המזון המערבית, שכפי שניתן להבחין בביקורות שעלו נגדה לאורך השנים לא נעשו בה הבחנות בין מזונות בריאים יותר ופחות. דברים אלו הובילו לאימוץ הרגלי אכילה לא בריאים, העלולים לעודד סיכונים בריאותיים הכוללים סכרת נעורים, השמנת יתר וכן ניתוק חברתי וסביבתי (Reilly & Kelly, 2011) ולפגיעה בסביבה ע"י הנעת לחצים סביבתיים, פליטות רעלים וגזי חממה (כמו פד"ח, חנקן דו חמצני ומתאן) האחראים להתחממות העולמית (UNEP, 2010). לנוכח הדברים שנאמרו לעיל ולאור מחקרים שנעשו בנושא, נמצא כי דפוסי תזונה מסוימים, כדוגמת התפריט הים תיכוני, מסייע במניעת מחלות כרוניות והולם יותר מבחינת שימוש בחומרים מזינים (Serra-Majem, et al., 2009). מאחר שתפריט זה מורכב/ נשען על תזונה צמחית בעיקרו, להבדיל מהתפריט המערבי, עלה כי דפוס זה יכול לתת מענה לבעיות הבריאותיות והסביבתיות (De Boer et al., 2006; Duchin, 2005) ועל כן יש לאמץ אורח החיים הכולל תזונה מסוג זה. לצורך כך עולה הצורך בחינוך סביבתי שיוביל ליישום מערכות מזון בנות קיימא בקרב האוכלוסייה בכלל ובקרב בני הנוער, המהווים את אוכלוסיית המחקר שלנו, בפרט. לצורך הטמעת החינוך הסביבתי, החלו להתגבש בדרגים שונים תכניות בינלאומיות לחינוך סביבתי, אשר הוצגו בכינוסים שונים החל מאמצע שנות ה-70 (ועידת שטוקהולם, טביליסי, ברונטלנד ועוד).

החל מתחילת שנות ה-2000, המשרד להגנת הסביבה, בשיתוף עם משרד החינוך החל לפתח מודל בתי ספר ירוקים בישראל. מודל זה גרר שינוי משמעותי בחינוך לקיימות הן במסגרות החינוך הפורמליות והן בבלתי פורמליות, כאשר מטרתו הייתה לפתח שיטה להטמעת עקרונות פיתוח בר קיימא ומתן דגש על תכניות לימודים המשלבים תכנים סביבתיים (טל, 2004). מחינוך זה, החינוך הסביבתי, נגזר הצורך לחינוך לבריאות האדם ותזונה בת קיימא, שהרי הדברים שזורים יחדיו. לא ניתן לחנך לסביבה תוך צריכת מזון המהווה סכנה הן עבור הסביבה והן עבור בריאות האדם (טל, 2009). על כן, לא די בכך שבתי הספר יחנכו את תלמידיהם לערכים אלו, אלא עליהם לחנכם ולהדריך באמצעים העומדים לרשותם לביצוע פעולות ממשיות שמטרתן קידום אורח חיים בריא תוך עידוד לעשייה פעילה ומקיימת למען החברה והסביבה.

עפ"י המחקר האחרון שנעשה בארץ, מחקר שבדק את השפעת החינוך הסביבתי בבתי ספר שהוסמכו כבתי ספר ירוקים לבין בתי ספר שאינם מוסמכים, האוריינות הסביבתית של התלמידים והביצועים הסביבתיים של בית הספר היו גבוהים יותר בבתי הספר שעברו הסמכה ירוקה. למרות זאת, הרווחים החינוכיים מפגרים אחרי ההישגים בביצועים הסביבתיים של בתי הספר. מחזור נתפס כאמצעי החשוב ביותר להתנהגות אחראית על הסביבה ותלמידים אינם מתייחסים בין הצריכה החומרית האישית שלהם לבין ההשלכות הסביבתיות שלה (וייס ועמיתיו, 2018). ניתן לראות אפוא כי קיים פער בין הנלמד בנושא הסביבה והתזונה במערכות החינוך הפורמליות לבין התנהגותם של בני הנוער בפועל, על כן עולה שאלת המחקר שלנו, כיצד החינוך הסביבתי בנושא תזונה בת קיימא במערכת החינוך בישראל משפיע על עיצוב עמדות ושינוי התנהגות על הרגלי אכילה בקרב בני נוער?.

6. המחקר

6.1 שאלת המחקר

האם החינוך הסביבתי בנושא תזונה בת קיימא במערכת החינוך בישראל משפיע בעיצוב עמדות ושינוי התנהגות על הרגלי אכילה בקרב בני נוער?

6.2 מטרת המחקר

השפעת החינוך הסביבתי והתזונתי בישראל במערכת החינוך בישראל על עמדותיהם ודפוסי התנהגות אכילה של בני הנוער.

6.3 תועלת המחקר

המחקר הנוכחי יכול לשפוך אור על המצב הקיים כיום בבתי ספר מקדמי חינוך סביבתי ותזונתי במערכת החינוך בישראל, ולעמוד על טיבן של פעילויות ותכניות המיושמות בבתי ספר בהשוואה לבתי ספר שאינם מקדמי חינוך סביבתי ותזונתי. מידע זה יכול להתוות את כיוון הפעילות הנחוצה במערכת החינוך בכדי להגיע להצלחה מרבית בשיפור בתי ספר מכל הסוגים, ושיפור איכות חייהם של התלמידים הלומדים בו. יתר על כן, הממצאים שיעלו ממחקר זה יוכלו לסייע בהמלצות להקמת בתי ספר מקדמי חינוך תזונתי וסביבתי רחבות היקף במטרה להרחיב את הידע בתחום קידום בריאות וקיימות בקרב בני נוער בבתי ספר בישראל. חינוך זה יוביל לצמצום מזון ומעבר לתזונה בת קיימא שיקטינו את טביעת הרגל האקולוגית, כאשר לרשות הלומדים יעמדו הכלים שבסיועם יוכלו להוביל לצמצום טביעת הרגל האקולוגית מתוך כבוד ואחריות לכדור הארץ ולכלל החיים עליו. באופן זה ניתן יהיה לצמצם את הפער בין המצוי לבין הרצוי בנושא.

6.4 השערות המחקר

השערה מרכזית:

חינוך סביבתי וחינוך תזונתי במערכת החינוך בישראל משפיעים באופן מובהק על עמדותיהם ודפוסי התנהגות אכילה של בני נוער.

השערות ספציפיות:

- קיים הבדל משמעותי בין בני הנוער הלומדים בבתי ספר מקדמי תכניות לחינוך בריאות לעומת בני נוער הלומדים בבתי ספר שאינם מקדמי בריאות בכל הקשור להרגלי תזונה, הרגלי פעילות גופנית ושעות פנאי.
- קיים הבדל מובהק בהרגלי תזונה, פעילות גופנית ושעות פנאי כתלות במגדר, גיל ומידת טיפוח של בית הספר בהיקשר לקידום חינוך תזונתי.
- קיים הבדל משמעותי באורח חיים מקיים, מעורבות קהילתית ופעילות שמקדמת שינוי בתודעה והתנהגות כלפי הסביבה כתלות במגדר, גיל ומידת טיפוח של בית הספר בהיקשר לקידום חינוך סביבתי.
- קיים פער בין העמדות וההתנהגות של התלמידים.

7. מתודולוגיה

המחקר יעשה שימוש בשיטת mixed model design גישה המשלבת רכיבים איכותניים ורכיבים כמותיים לבדיקת המשתנים השונים. השימוש בשיטה זו יאפשר לתקף את הממצאים על ידי כלים שונים לבדיקת שאלת מחקר. הרכיב הכמותי הכולל בתוכו שאלונים יאפשר נגישות לאוכלוסייה רחבה יותר של בני נוער, והרכיב איכותני הכולל בתוכו ראיונות מול מורים והורים יסייע בבדיקת ההעמדות וההתנהגות של בני הנוער בפועל.

7.1 אוכלוסיית המחקר

- תלמידים בכתות ז-ט.

- בתי ספר שנחשפו לחינוך הסביבתי והתזונתי אשר קיבלו הסמכה ירוקה ומקדמי בריאות
- בתי ספר שלא נחשפו כלל לנושא
- מדגם מייצג מכל המחוזות בארץ
- בחירת בתי ספר תהיה עם מדד טיפוח דומה

7.2 כלי המחקר

1. ראיון עומק חצי מובנה
2. שאלון, לפי סולם ליקרט וגם שאלות פתוחות.
3. מסמכים, פרוטוקולים, ישיבות, יומן, דו"חות, תמונות.
4. תצפית: איסוף נתונים ומידע ע"י התנהגויות הפרטים בסביבה מחקרית

7.2.1 ראיון עומק חצי מובנה

1. ספר לי על עצמך בבקשה (שם, גיל, מקום מגורים ובית ספר בו הנך לומד).
2. תאר לי את התפריט היומי שלך.
3. האם בית הספר בו הנך לומד מקדם חינוך סביבתי? תזונתי?.
4. תוכל לפרט כיצד?.
5. האם הנך מאמץ אורח חיים מקיים?.
6. אם כן, באיזה אופן?.
7. באיזו מידה בית הספר של השפיע על אורח החיים שלך בהיבט הסביבתי/תזונתי?.

7.2.2 שאלון

שלום רב.

לפניך מס' היגדים בעזרתם אנו מעוניינים לדעת האם חינוך סביבתי ותזונתי במערכת החינוך בישראל משפיע על עמדותיהם ודפוסי התנהגות האכילה של בני נוער.
הנך מתבקש לבחור את התשובה המשקפת באופן הטוב ביותר את דעתך.
השאלון הנו אנונימי וממצאיו מיועדים לצורך מחקר זה בלבד.
כמו כן, השאלון מנוסח בלשון זכר, אך מיועד לשני המינים כאחד.

	מסכים בהחלט	מסכים	לא בטוח	מתנגד	מתנגד בהחלט	
1.	5	4	3	2	1	המזון אותו אני אוכל רוב הזמן הנו מזון בריא (מזון אשר גופנו מסוגל לקלוט ולהפיק ממנו תועלת מרבית מבלי שייגרם לו נזק).
2.	5	4	3	2	1	המזון אותו אני אוכל רוב הזמן הנו מזון מקיים (מזון נקי מרעלים ומקומי ככל הניתן, אשר בריא לאדם ולסביבה ונגיש)

1	2	3	4	5	3. אני אוכל פירות כל יום
1	2	3	4	5	4. אני אוכל ממתקים כל יום
1	2	3	4	5	5. אני צורך מזון מהיר מעל פעמיים בשבוע
1	2	3	4	5	6. אני מאמץ אורח חיים מקיים
1	2	3	4	5	7. אני עושה פעילות גופנית בשעות הפנאי שלי
1	2	3	4	5	8. מוצרי המזון הנמכרים בקיוסק/מזנון של בית הספר שלי אינם בריאים
1	2	3	4	5	9. מוצרי המזון הנמכרים בקיוסק/מזנון של בית הספר שלי אינם מקיימים
1	2	3	4	5	10. בית הספר בו אני לומד מעודד לימודי סביבה
1	2	3	4	5	11. בית הספר בו אני לומד מעודד לימודי תזונה ובריאות
1	2	3	4	5	12. בית הספר שלי קושר בין לימודי סביבה לתזונה
1	2	3	4	5	13. הרגלי האכילה שלי השתנו בעקבות לימודי במסגרת הבית ספרית
1	2	3	4	5	14. אני מודע לנושאי תזונה כגון הרגלי אכילה, תפריט אישי ועוד.
1	2	3	4	5	15. אני מודע לנושאי סביבה וקיימות כגון איכות הסביבה, הפרדת פסולת ומחזור.
1	2	3	4	5	16. אני מודע לזמן התכלות החומרים האורגניים לעומת חומרים סינתטיים
1	2	3	4	5	17. אני מסכים עם חוק הפיקדון על מכלי משקה
1	2	3	4	5	18. אני מודע שצמצום כמות המוצרים שאני קונה, תאפשר להפחית את כמות הפסולת שאני משליך
1	2	3	4	5	19. אני מודע לחוק הסדרת הטיפול באריזות משנת

					שטרתו לצמצם את פסולת האריזות	
1	2	3	4	5	במידה וקיים קומפוסטר בבית ספרך האם אתה מקפיד על השלכת פסולת אורגנית למתקן.	20.
1	2	3	4	5	שימוש בחומרי הדברה ודישון פוגע בבריאות שלנו ומזהמים את הסביבה	21.

7.3 מגבלות המחקר

- לא ניתן להגיע לכל בתי הספר בארץ
- בארץ קיים מגוון ומספר גדול של מגזרים, שעלולים להשפיע על תוצאות המחקר.
- מידת האוריינות הסביבתית או מידת החשיפה לחינוך הסביבתי ותזונה בת קיימא משתנה בין בתי הספר שמקיימים את החינוך.
- מס' השעות המוקצות בבתי הספר לחינוך סביבתי ותזונתי דינמי, ומשתנה בהתאם לחזון בית הספר ונסיבות נוספות.
- בתי ספר שעוסקים בחינוך הסביבתי ותזונה בת קיימא בהובלת סגל ההוראה בבית הספר, לעומת אלו העובדים בשיתוף עם ארגונים ירוקים וסביבתיים ובריאותיים.
- לא ניתן לשאול שאלות על רקע סוציו - אקונומי ברמת הפרט, אלא רק ניתן להשיג את מדד הטיפוח הבית ספרי וזה ברמת הכלל.
- צריך "אישור מדעני" לצורך ראיון התלמידים והעברת השאלונים.

8. ביבליוגרפיה

- Ahmed, S., & Herforth, A. (2015). The food environment, its effects on dietary consumption, and potential for measurement within agriculture-nutrition interventions, 7(3), 505–520. .1
- Aikenhead, G. (2005). Science education for everyday life: Evidence based practice. New .2
- Aikenhead, G. (2005). Science education for everyday life: Evidence based practice. New .3
- Alberga, A. S., Sigal, R. J., Goldfield, G., Prud'Homme, D., & Kenny, G. P. (2012). .4
Overweight and obese teenagers: why is adolescence a critical period?. *Pediatric obesity*,
7(4), 261-273.
- American association (2006) . Practice for the Treatment of with eating Disorders (3 rd .5
ed .). Washington , DC : American Psychiatric association .
- Andersen, P. P., & Watson D., D. (2011). Food policy for developing countries: The role .6
of government in global, national, and local food systems. USA: Cornell University
Press. Retrieved from link
- Anderson, C. W. (2004). Science education research, environmental literacy, and our .7
Association for Research in Science Teaching. Vancouver, April. 2004
- Bechtel, R.B. (1997) *Environment and Behavior Research: An Introduction*. California: .8
Sage Publications.
- BL, H., & ML, A. (1997). An outbreak in 1996 of cyclosporiasis associated with .9
imported raspberries. *The Cyclospora Working Group*, 336(22), 1548–1556.
- Blum, A. (1994). Integrated and general science, in: *The International Encyclopedia of* .10
Education, 2nd ed., Oxford, Pergamon Press, pp. 2897-2903.
- Boeve-de Pauw, J., Van Petegem, P. (2010). The effect of Flemish Eco-Schools on Student .11
Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. *International Journal of Science*
Education, 33(11), 1513-1538.
- Bollella, M. C., Spark, A., Boccia, L. A., Nicklas, T. A., Pittman, B. P., & Williams, C. .12
L. (1999). Nutrient intake of Head Start children: home vs. school. *Journal of the*
American College of Nutrition, 18(2), 108-114.
- Bonnett, M. (2006). Education for sustainability as a frame of mind. *Environmental* .13
Books; Schumacher Briefings.

- Bybee, R. Y. (1993). Reforming science education, social perspectives and personal .14
Reflections (Ways of Knowing in Science Series, 1). Retrieved from [link](#).
- Cincera, J., Krajhanzl, J.(2013). Eco-Schools: What factors influence pupils' action .15
competence for pro-environmental behaviour?. *Journal of Cleaner Production*, 61, 117-
121.
- Coon, K. A., Goldberg, J., Rogers, B. L., & Tucker, K. L. (2001). Relationships between .16
use of television during meals and children's food consumption patterns. *Pediatrics*,
107(1), e7-e7.
- Demerath, E. W., Sun, S. S., Rogers, N., Lee, M., Reed, D., Choh, A. C. & Towne, B. .17
(2007). Anatomical patterning of visceral adipose tissue: race, sex, and age variation.
Obesity, 15(12), 2984-2993.
- Dietz, W. H. (1997). Periods of risk in childhood for the development of adult obesity— .18
what do we need to learn?. *The Journal of nutrition*, 127(9), 1884S-1886S.
- Eshel, G., Shepon, A., Makov, T., & Milo, R. (2014). Land, irrigation water, greenhouse .19
gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United
States, 111(33), 11996–12001. <https://doi.org/10.1073/pnas.1402183111>
for mutual benefit. Keynote address presented at the European Research in Science .20
- Freedman, D. S., Khan, L. K., Serdula, M. K., Dietz, W. H., Srinivasan, S. R., & .21
Berenson, G. S. (2005). The relation of childhood BMI to adult adiposity: the Bogalusa
Heart Study. *Pediatrics*, 115(1), 22-27.
- Garriguet, D. (2004). Overview of Canadians' eating habits. *Health Rep*, 2, 82-620. .22
- Goldman, D., Ayalon, O., Baum, D., & Weiss, B. (2018). Influence of 'green school .23
certification' on students' environmental literacy and adoption of sustainable practice by
schools, *I83*, 1300–1313. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.176>.
- Goldman, D., Yavetz, B., Peer, S. (2006). Environmental literacy in teacher training in .24
Israel: Environmental behavior of new students. *The Journal of Environmental Education*,
38(1), 3-22.
- Goran, M. I., & Sothorn, M. S. (Eds.). (2016). Handbook of pediatric obesity: Etiology, .25
pathophysiology, and prevention. CRC Press.

- Goran, M. I., Reynolds, K. D., & Lindquist, C. H. (1999). Role of physical activity in the prevention of obesity in children. *International Journal of Obesity & Related Metabolic Disorders*, 23. .26
- Gough, A. (2002). Mutualism: a different agenda for environmental and science education. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690210136611> .27
- Gough, A. (2007). Beyond convergence: Reconstructing science/environmental education. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.135.1256&rep=rep1&type=pdf> .28
- Haddad, E. H., Sabaté, J., & Whitten, C. G. (1999). Vegetarian food guide pyramid: a conceptual framework, 70(3), 615–619. <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.3.615s> .29
- Hart, P. (2007). Environmental Education. In: Abel, S. K., & Lederman, N. G. (Eds). *Handbook of Research on Science Education*, pp. 689-726. .30
- Hart, P. (2007). Environmental Education. In: Abel, S. K., & Lederman, N. G. (Eds). .31
- Hertwich, E. (2010). *Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials*. France: United Nations Environment Programme. Retrieved from link .32
- Hoek H (2006) . Incidence , Prevalence and mortality of anorexia nervosa and Other eating Disorders . *Current Opinion in Psychiatry* , 19 , 389-394 . .33
- World Health Organization, *Inequalities in young people's health: HBSC international report from the 2005/2006 Survey*, Retrieved from <http://www.euro.who.int/datapublications/Publications/Catalogue/20080616> .34
- INTERNATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM BIODIVERSITY AND SUSTAINABLE DIETS UNITED AGAINST HUNGER. (2010). Retrieved from <http://www.fao.org/ag/humannutrition/23781-0e8d8dc364ee46865d5841c48976e9980.pdf> .35
- IUCN, UNEP, WWF (1980). *World conservation strategy: Living resource conservation for sustainable development*. IUCN: Gland, Switzerland. .36
- James, P. T. (2004). Obesity: the worldwide epidemic. *Clinics in dermatology*, 22(4), 276-280. .37

- Jeep, L., Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for school health .38
 programs to promote lifelong healthy eating. *MMWR.*, 45 (1996), pp. 1-37.
- Juzwiak, C., Paschoal, V., & Lopez, F. (2000). Nutrition and physical activity, 76(3), .39
 349–358.
- Käferstein, F. K., Motarjemi, Y., & Bettcher, D. W. (1997). Foodborne disease control: a .40
 transnational challenge., 3(4), 503–510. <https://doi.org/10.3201/eid0304.970414>
- Kosseva, M., & Webb, C. (2013). Food Industry Wastes: Assessment and Recuperation .41
 of Commodities. United State of America: MPS Limited. Retrieved from link.
- Krebs, S. S., Smiciklas, W. H., Guthrie, H., & Krebs, S. J. (1987). The effects of variety .42
 in food choices on dietary quality., 87(7), 897–903.
- L. Waltz, C. (2011). Local Food Systems: Background and Issues (Agriculture Issues and .43
 Policies). UK: Nova Science Pub Inc.
- Larson, N. I., Neumark-Sztainer, D., Hannan, P. J., & Story, M. (2007). Family meals .44
 during adolescence are associated with higher diet quality and healthful meal patterns
 during young adulthood. *Journal of the American Dietetic Association*, 107(9), 1502-
 1510.
- Larson, N. I., Perry, C. L., Story, M., & Neumark-Sztainer, D. (2006). Food preparation .45
 by young adults is associated with better diet quality. *Journal of the American dietetic
 association*, 106(12), 2001-2007.
- Lobstein, T., Baur, L., & Uauy, R. (2004). Obesity in children and young people: a crisis .46
 in public health. *Obesity reviews*, 5(s1), 4-85.
- Lupton, D., & Chapman, S. (1995). ‘A healthy lifestyle might be the death of you’: .47
 discourses on diet, cholesterol control and heart disease in the press and among the lay
 public, 17(4), 477–494. <https://doi.org/10.1111/1467-9566.ep10932547>
- Malik, V. S., Schulze, M. B., & Hu, F. B. (2006). Intake of sugar-sweetened beverages .48
 and weight gain: a systematic review. *The American journal of clinical nutrition*, 84(2),
 274-288.
- Mattes, R., & Foster, G. D. (2014). Food environment and obesity. .49
<https://doi.org/10.1002/oby.20922>

- Matthys C, Pynaert I, De Keyzer W, De Henauw S. (2007). Validity and reproducibility .50
of an adolescent web-based food frequency questionnaire. *J Am Diet Assoc.* 107(4), 605-
610.
- Mettler, S., Mannhart, C., & Colombani, P. C. (2009). Development and Validation of a .51
Food Pyramid for Swiss Athletes, 19, 504–518.
- Molnár, D., & Livingstone, B. (2000). Physical activity in relation to overweight and .52
obesity in children and adolescents. *European journal of pediatrics*, 159(13), S45-S55.
- Mogensen, F., Mayer, M. (2005). ECO-schools: Trends and divergences. A .53
comparative study on ECO-school development processes in 13 countries. Vienna: .1
Austrian Ministry of Education, Science and Culture. .2
- Nelson MC, Lytle LA. (2009). Development and evaluation of a brief screener to estimate .54
fast-food and beverage consumption among adolescents. *J Am Diet Assoc.* 109(4),730-734
- Neumark-Sztainer, D., Story, M., Perry, C., & Casey, M. A. (1999). Factors influencing .55
food choices of adolescents: findings from focus-group discussions with adolescents.
Journal of the American dietetic association, 99(8), 929-937.
- Nielsen, S. J., Siega-Riz, A. M., & Popkin, B. M. (2002). Trends in energy intake in US .56
between 1977 and 1996: similar shifts seen across age groups. *Obesity*, 10(5), 370-378.
- Ogden, C. L., Carroll, M. D., Curtin, L. R., Lamb, M. M., & Flegal, K. M. (2010). .57
Prevalence of high body mass index in US children and adolescents, 2007-2008. *Jama*,
303(3), 242-249.
- Ogden, C. L., Carroll, M. D., Fryar, C. D., & Flegal, K. M. (2015). Prevalence of Obesity .58
Among Adults and Youth: United States, 2011–2014, 19. Retrieved from
<https://www.cdc.gov/nchs/data/databriefs/db219.pdf>
- Palmer, J. (2002). Environmental education in the 21st century: Theory, practice, .59
progress and promise. Routledge.
- Perno Goldie, M. (2005). The new food pyramid. [https://doi.org/10.1111/j.1601-
5037.2005.00142.x](https://doi.org/10.1111/j.1601- .60
5037.2005.00142.x)
- Piernas, C., & Popkin, B. M. (2011). Increased portion sizes from energy-dense foods .61
affect total energy intake at eating occasions in US children and adolescents: patterns and
trends by age group and sociodemographic characteristics, 1977–2006. *The American
journal of clinical nutrition*, 94(5), 1324-1332.

- Pimentel, D., Hurd, L., Bellotti, A., Forster, M., Oka, I., Sholes, O., & Whitman, R. (1973). Food production and the energy crisis, 182(4111), 9–433. <https://doi.org/10.1126/science.182.4111.443> .62
- Rasmussen, M., Krølner, R., Klepp, K. I., Lytle, L., Brug, J., Bere, E., & Due, P. (2006). Determinants of fruit and vegetable consumption among children and adolescents: a review of the literature. Part I: quantitative studies. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 3(1), 22. .63
- Reilly, J. J., & Kelly, J. (2011). Long-term impact of overweight and obesity in childhood and adolescence on morbidity and premature mortality in adulthood: systematic review. *International journal of obesity*, 35(7), 891-898. .64
- Rickinson, (2001) M. *Environmental Education Research*, 7, 207-320. .65
- Roth, C.E. (1992). Environmental literacy: Its roots, evaluation, and directions in the 1990s. .66
- Roth, C.E. (1992). Environmental literacy: Its roots, evolution and directions in the 1990s. Columbus OH: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education. *Social Issues*, 56, 425±442. .67
- Sanders, T. A. . (1999). Food production and food safety, 318(7199), 1689–1693. .68
- Sauvé, L. (2005). Environmental education: possibilities and constraints. Retrieved from: http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n2/en_a12v31n2.pdf. .1 .69
- Shields, M. (2006). Overweight and obesity among children and youth. *Health reports*, 17(3), 27. .70
- Sitzman, K. (2006). The New Food Pyramid, 54(1), 48. .71
- Smith P, Bustamante M, Ahammad H, et al. (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, et al. (Eds). *Climate Change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK) and New York (NY): Cambridge University Press. .72
- Smyth, J. (1995). Environment and education: a view of changing scene. *Environmental Education Research*, 1, 3-20. .73
- Stein d , Latzer y , & Merrick y . (2009) . *eating Disorders : From Etiology to Treatment* . International Journal of Child and adolescent Health , 2 , 139-151. .74

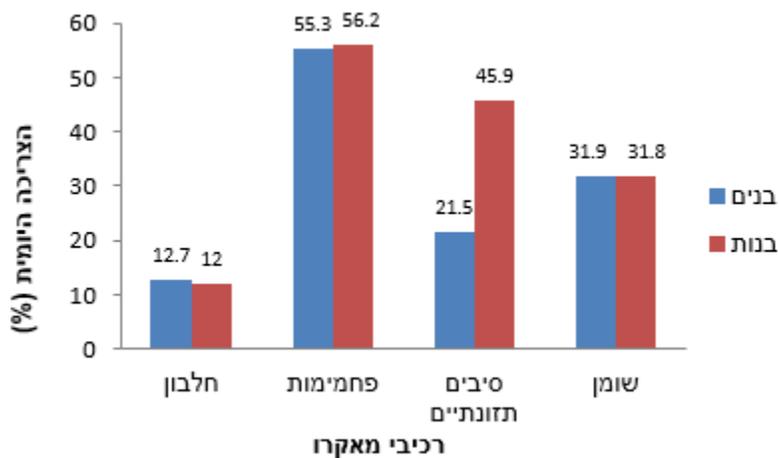
- Sterling, S. (2002). Sustainable education: Revisioning learning and change. Bristol: Green Book; Schumacher Briefings. .75
- Story, M., Neumark-Sztainer, D., & French, S. (2002). Individual and environmental influences on adolescent eating behaviors. *Journal of the American Dietetic Association*, 102(3), S40-S51. .76
- Taveras, E. M., Berkey, C. S., Rifas-Shiman, S. L., Ludwig, D. S., Rockett, H. R., Field, A. E., ... & Gillman, M. W. (2005). Association of consumption of fried food away from home with body mass index and diet quality in older children and adolescents. *Pediatrics*, 116(4), e518-e524. .77
- UNESCO-UNEP (1976). The Belgrade Charter. *Connect*, 1(1), 1-9. .78
- UNESCO-UNEP (1978). The Tbilisi Declaration. *Connect*, 3(1), 1-8. .79
- Willett, W. C., Sacks, F., Trichopoulou, A., Drescher, G., Ferro-Luzzi, A., Helsing, E., & Trichopoulos, D. (1995). Mediterranean diet pyramid: a cultural model for healthy eating, 61(6). <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.6.1402S> .80
- Wonderlich S , Joiner tj , Keel p , Williamson d , & Crosby r (2007) . eating Disorder diagnoses : Empirical Approaches to classification . *American Psychologist* , 62 , 167-180. .81
- World Health Organization. (2015). World health statistics 2015. World Health Organization. .82
- Wren, A. M., Seal, L. J., Cohen, M. A., Brynes, A. E., Frost, G. S., Murphy, K. G., & Bloom, S. R. (2001). Ghrelin enhances appetite and increases food intake in humans. .83
- Y. J., H., V, P., EH, C., OV, N., J, W., IT, W.,MS, M. (1999). A multistate, foodborne outbreak of hepatitis A. *National Hepatitis A Investigation Team*, 340(8), 595–602. .84
- .85 אטינגר, ל' (2007). מה בין חינוך סביבתי לחינוך לקיימות? ביטחון הכדור בידינו, 10 .
- .86 ברמן, ת', קרקיס, א' ורייכר, ש' (2014). בריאות וסביבה בישראל 2014. אוצר מתוך אתר משרד הבריאות https://www.health.gov.il/PublicationsFiles/BSV_sviva2014H.pdf.
- .87 בלום, א' (עורך) (1997 א). כאוויר לנשימה, האוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה והמרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי ע"ש עמוס דה שליט, ירושלים.
- .88 גולדמן, ד', יעבץ, ב ופאר, ש' (2008). "אוריינות סביבתית של מתכשרים להוראה: השוואה בין סטודנטים בתחילת הלימודים ולקראת סיום הלימודים", מכון מופ"ת.
- .89 דה – שליט, א' (2004). אדום – ירוק: צדק ואיכות סביבה, הוצאת בבל (סביבה ישראלית), מרכז השל.

90. דוניץ, ד' ופלד, א' (2003). שינוי מדיניות בחינוך הסביבתי: חינוך לקיימות. בתוך: פרומקין, ר'. חנין, ד', ואידלמן, ע' (עורכים). סימני חיים. תל אביב: הוצאת בבל.. דוניץ, ד' ופלד, א' (2004). שינוי מדיניות בחינוך הסביבתי: חינוך לקיימות. 'סימני חיים' כתב עת בעריכת רון פרומקין, דב חנין ואחרים, תל אביב: הוצאת בבל
91. דיויד, א' (1999). "לחשוב מחדש על חינוך", Ecologist The, Education Rethinking, Orr David " 1999 May, תרגום: מיכל שמאי.
92. דוניץ, ד' (2008). "על חינוך, סביבה וחתימה לחברה בת קיימא - רשימות מהרשת הירוקה", אאוריקה 18, למדע, אוניברסיטת תל-אביב, 2004.
93. היתרונות התזונתיים ללחם מקמח מלא (ח.ת.). אוחזר מתוך אתר משרד הבריאות: https://www.health.gov.il/Subjects/FoodAndNutrition/Nutrition/Adequate_nutrition/Page.s/whole_wheat_bread.aspx
94. וונגר, א' (2008). "חינוך סביבתי הומניסטי", פורסם בכתב העת "הד החינוך", אוקטובר, 2008
95. וייסבלאי, א' וויניגר, א' (2015). תזונה במערכת החינוך. אוחזר מתוך אתר הכנסת: <https://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m03742.pdf>
96. חביב, ח' (2015). תזונה מקיימת. הד החינוך, 4, 46-50.
97. יישום החינוך לפיתוח בר קיימא במערכת החינוך (2004). אוחזר מתוך משרד החינוך התרבות והספורט: קישור.
98. טל, ט' (2009). חינוך סביבתי וחינוך לקיימות. אוחזר מתוך אוניברסיטת תל אביב: <http://primage.tau.ac.il/libraries/brender/books/3259534.pdf>
99. ליה א' (2007). "מה בין חינוך סביבתי לחינוך לקיימות", "הכדור בידינו", ביטחון לחינוך סביבתי- חברתי, 10.
100. ליה א' (2008). מתרבות קיימת לתרבות של קיימות, חינוך לקיימות: חזון ומעשה, 439-448.
101. מישורי, ד' (2014). אתיקה, דיאטה וקיימות – המפגש בין צמחונות לאקולוגיה. אקולוגיה וסביבה, 4, 319-327.
102. משרד החינוך התרבות והספורט (התשנ"ו1996/ג). הוראת לימודי הסביבה בבית הספר היסודי – מדריך למורה.
103. הפיקוח על הוראת מדעי הסביבה - תכנית הלימודים תשע"ח (2017). אוחזר מתוך משרד החינוך: http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/MadaeHasvivva/Toch.nitLimudimChadash
104. וורגן, י' (2010). חינוך סביבתי במערכת החינוך. אוחזר מתוך אתר הכנסת: <https://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m02578.pdf>
105. ספרא, ד' (1991). ארצות הברית - גיאוגרפיה בת-זמננו. ישראל: הוצאת משלב.

106. פרומקין, ת' ובבלי, א' (2010). המערכות האקולוגיות - הבסיס לקיומנו. אוחזר מתוך המשרד להגנת הסביבה :
<http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DocLib2/Publications/P0501-P0600/P0543/P0543-b.pdf>
107. צ'יזיק, א' (2016). מאיפה השמן בסלט שלי? כלכלה מקומית מול כלכלה מודרנית. אקולוגיה וסביבה, 2, 166-167.
108. קניאל, ש' (2006). חינוך לחשיבה : חינוך קוגניטיבי לשליטה על התודעה. תל אביב: הוצאת רמות.
109. רוזן, ג' (2008). מהו שומן טוב?. אוחזר מתוך רמב"ם :
<https://www.rambam.org.il/RambamInfo/ADAMMagazine/Issueno11042008/Pages/WhatIsGoodFat.aspx>
110. רייספלד, ס', קינן, נ' ומינץ, ר' (2009). עולם התזונה בצמחים, בבעלי חיים ובבני אדם. תל אביב: הוצאת מט"ח.
111. שגיא, ס' (2008). טכנולוגיות חדשות בתעשיית המזון. מכון תנובה למחקר 18-20, 23. Review.
112. שפון, א' ואולנובסקי, ח' (2014). מהשדה אל הצלחת - תזונה בת־קיימא בישראל. 5 (3), 286-287.

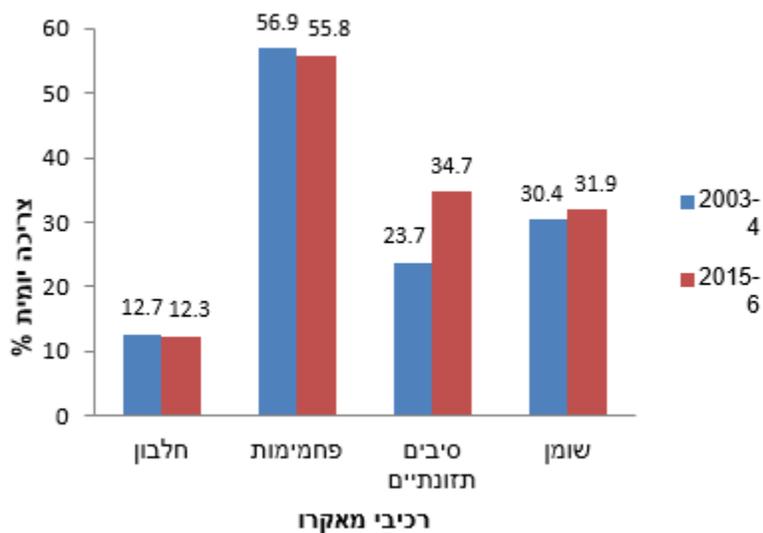
9. נספחים

9.1 נספח מס' 1



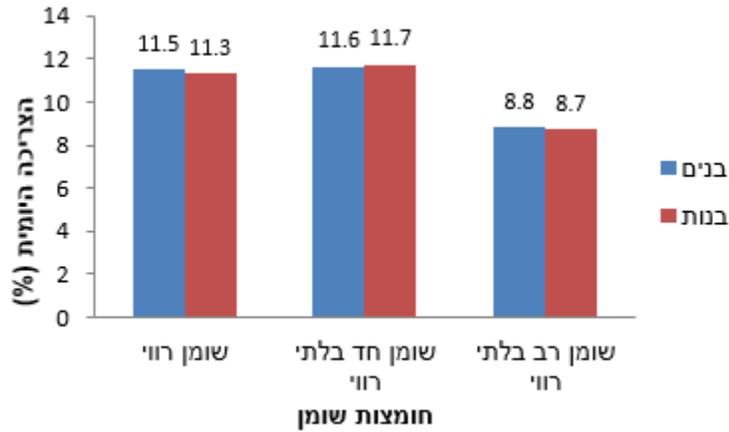
השוואת הצריכה היומית של רכיבי המאקרו בין בנים לבנות

9.2 נספח מס' 2



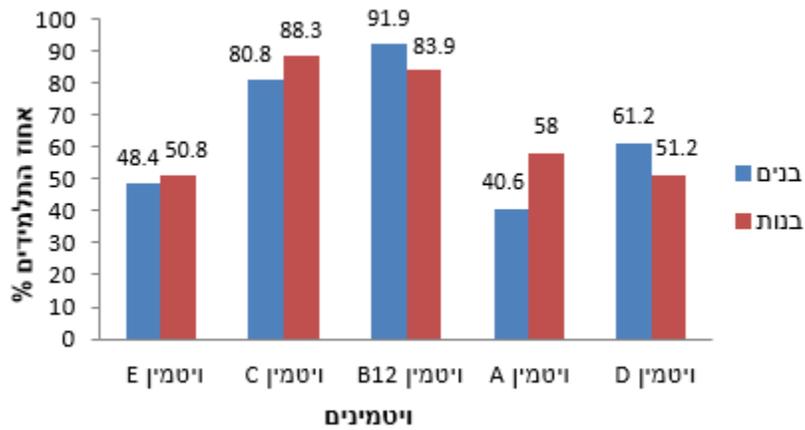
הצריכה היומית של רכיבי המאקרו שעלו בסקר 2015-2016 בהשוואה לסקר 2003-2004

9.3 נספח מס' 3



הצריכה היומית של חומצות שומן בקרב בני נוער בהשוואה בין בנים ובנות

9.4 נספח מס' 4



אחוז התלמידים הצורכים ויטמינים שונים בהשוואה בין בנים ובנות

קורס פרויקטים בחקר הסביבה

אסטרטגיות לצמצום בזבז מזון

בתעשיית ההסעדה

אנג'ל זוסמן, נגה מוסטובוי וניר חכים

בהנחיית רינה מגן

הקדמה

מזון מהווה את אחד הצרכים הבסיסיים ביותר עבור הקיום האנושי. מערכות ייצור המזון נשענות על משאבי טבע רבים – קרקע, מים ואנרגיה אשר זמינותם הולכת ופוחתת עקב גידול באוכלוסייה, הידלדלות המשאבים וירידה באיכותם. במקביל, על פי הערכות של ארגון המזון והחקלאות של האו"ם, כשליש מהמזון המיועד להזנת בני אדם (המסתכם בכ-1.3 מיליארד טון) מתבזבז ונזרק מדי שנה. הארגון הגדיר את המזון המבזבז כמזון שיוצר עבור הזנת בני אדם אך הלך לאיבוד בדרך זו או אחרת באחד משלבי מהלך החיים שלו. כמות מזון זו שווה בערך ליותר מחצי מתוצרת הדגנים העולמית ולמעשה יכולה להאכיל יותר ממיליארד אנשים (FAO, 2018).

בהתאם, במדינת ישראל כ-4.2 מיליון טון של מזון נאבד בשנה. כמות זו מהווה כ-33% מהיקף ייצור המזון בישראל, בשווי של 5.19 מיליארד שקלים (דו"ח אובדן מזון, לקט ישראל, 2016). מדי שנה במדינות מפותחות מסתכם האובדן בכ-680 מיליארד דולר ובמדינות מתפתחות בכ-310 מיליארד דולר (FAO, 2018).

צריכת המזון העולמית הינה אחד הגורמים המרכזיים להתחממות הגלובאלית, בין אם באופן ישיר ובין אם באופן עקיף (Carlsson-Kanyama, 1998). לפיכך בזבז המזון הינה תופעה גלובאלית, בעייתית בקנה מידה רחב ממדים. מלבד האלמנט הכספי המתבזבז, תהליכי ייצור המזון תורמים בצורה משמעותית להתחממות הגלובאלית, כאשר 95% מהפסולת נטמנת באתרי הטמנה ומומרת, בסופו של דבר, לגזי מתאן, פחמן דו-חמצני וגזים אחרים אשר תורמים לגידול באפקט החממה (Melikoglu, Lin & Webb, 2013). בנוסף, צריכה מופרזת ומיותרת של מים ודלק פוסילי בתהליכי ייצור המזון תורמים גם הם להתחממות הגלובאלית (Dore & Chow, 2009). Hall, Guo, (2009) בשכלול כל הנתונים, ייצור המזון העולמי אחראי לכ-20% מסך פליטת גזי החממה בכדור הארץ (Hertwich & Peters, 2009).

בנוסף לכך, הדרישה הגלובאלית למזון נמצאת במגמת עלייה עקב גידול באוכלוסייה, צמיחה כלכלית ועיור. אחת הדרכים להתמודד עם העלייה בביקוש היא צמצום בזבז המזון אשר יכול לתת מענה לביקוש העולה ולהקל באופן משמעותי על מערכת ייצור המזון העולמית (Halloran, Clement, Kornum, Bucatariu & Magid, 2014) ואכן נמצא שצמצום בזבז המזון במדינות מפותחות חיוני על מנת לספק בטחון תזונתי ל-9 מיליארד בני אדם (Foley, Ramankutty, Brauman, Cassidy, Gerber, Johnston & Balzer, 2011). בעקבות אתגרים אלו חלה עלייה במודעות העולמית כלפי תופעת בזבז המזון והיא קיבלה את ביטוייה באסיפת האו"ם בנושא פיתוח בר-קיימא שהתקיימה בריו בשנת 2012 אשר הכירה בתופעה כבעיה גלובאלית משמעותית, ושמה לעצמה למטרה להתמודד עמה. בהתאמה, נושא בזבז המזון הופך

למרכזי יותר ויותר באקדמיה ובשיח אצל קובעי המדיניות עקב השפעתו הכלכלית-חברתית-סביבתית (Gustavsson, Cederberg, Sonesson, van Otterdijk & Meybeck, 2011).

בזבז מזון לאורך שלבי מערכת הייצור

מהלך החיים של המזון כולל שלבים רבים ומורכבים. השלבים המרכזיים ניתנים לחלוקה גסה באופן הבא - שלב הייצור, השלב המסחרי/קמעונאי ושלב הצריכה. בכל שלב ושלב במחזור החיים של המזון נפליטים גזי חממה התורמים להתחממות הגלובאלית ולפגיעה בסביבה (Garnett, 2011). נוסף לכך כ-92% מטביעת הרגל האקולוגית של השימוש במים מקורה בחקלאות (UNEP, 2012).

בכל שלב ושלב במערכת ייצור המזון ישנו בזבז של מזון אכיל. החל מתבואה שנותרת בשדות ולא נקצרת, דרך אובדן בתהליכי שינוע, אובדן בתהליכי אריזה ושיווק, אחסון לקוי ועד צריכה בזבזנית (Parfitt, Barthel & Macnaughton, 2010). לכן, התנהלות נכונה בצמצום בזבז המזון צריכה לממש גישה הוליסטית אשר משקפת מודעות והבנה מערכתית כוללת של כל אחד מהשלבים והגורמים השונים שלוקחים חלק במערך חיי המזון (Heikkilä, Reinikainen, Katajajuuri, Silvennoinen, Hartikainen, 2016).

בערך שני שלישי מהמזון שמתבזבז מגיע ממדינות מפותחות והשליש הנותר ממדינות מתפתחות. במדינות מתפתחות מרבית בזבז המזון מתרחש בשלבי הגידול והעיבוד, כאשר במדינות מפותחות כמות בזבז המזון בשלבים אלה זניחה ומרביתה מתרחשת בשלב הצרכני. למעשה, הצרכנים במדינות מפותחות מהווים את הגורם המרכזי בבזבז מזון, יותר מהיצרנים, המפיצים, הקמעונאים וענפי הסעדה השונים (Griffin, Sobal & Lyson, 2009). מדדים מראים שישנה מגמה ברורה המראה כי בזבז מזון בשלב הצריכה גדל ככל שהמדינה מפותחת יותר. כך למשל, 40% מהמזון במדינות מפותחות מתבזבז בשלב הצריכה, לעומת מדינות מתפתחות בהן 40% מתבזבז בשלבי הגידול והעיבוד ורק אחוזים בודדים בשלבי הצריכה. לשם ההמחשה, צרכנים במדינות מפותחות מבזבזים מזון בכמות השווה כמעט לכל תוצרת המזון של מדינות אפריקה שמדרום לסהרה (FAO, 2018).

במדינות מפותחות בזבז מזון הוא תוצר של מספר אלמנטים הפועלים במקביל ומחזקים אחד את השני. מצד אחד, צמיחה ברמת החיים וברוחה הכלכלית מאפשרת לאוכלוסיות מסוימות לבזבז מזון כי הן יכולות להרשות זאת לעצמן. מצד שני, האופן שבו המזון משווק ונארז נעשה

באופן המושך את האנשים לקנות יותר ממה שהם צריכים (Melikoglu, Lin & Webb, 2013). כלומר, מודעות (או חוסר מודעות) משחקת תפקיד מרכזי בהיקף התופעה - ישנו אלמנט של הסתרה באופן שבו מזון נארז ונמכר במדינות מפותחות על מנת למקסם רווחים כלכליים.

לכן, מודעות והתנהגות צרכנית משחקת תפקיד מרכזי בצמצום בזבז המזון במדינות מפותחות (Joerissen, Priefer & Brautigam, 2015) ומהווה גם גורם משמעותי בצמצום הפגיעה בסביבה. בפינלנד למשל, עקב חוסר מודעות להשלכות של בזבז מזון, מתבזבים בכל שנה 130 מיליון ק"ג של מזון אכיל בבישול ובזריקת שאריות, כנגזרת מדפוסי התנהלות והתנהגות של משקי הבית. פליטת גזי החממה של כמות זו שוות ערך לכמות פליטת פחמן דו-חמצני של 100,000 מכוניות בשנה. בתעשיית ההסעדה בין 7% ל-28% מהמזון שבושל נזרק וכמות מזון זו נאמדת בכ-80 מיליון ק"ג בבמוצע בשנה (Katajajuuri, Silvennoinen, Hartikainen, Heikkilä & Reinikainen, 2014).

בזבז מזון בשלב הצריכה

בארה"ב כמות בזבז המזון בשלב הצריכה, אשר כוללת את התנהלות משק הבית ותעשיית ההסעדה יחדיו, עומדת על ממוצע של 39 מילארד ק"ג לשנה (Gunders, 2012). בתעשיית ההסעדה בלבד אשר כוללת מלונות, מסעדות, מסעדות מזון מהיר, פאבים וכו' כמות בזבז המזון עומדת על 3.4 מיליון טון בממוצע בשנה, לכל מדינה במערב אירופה (Wrap, 2011). במילים אחרות, במדינות מפותחות בין 20-40% מהמזון בתעשיית ההסעדה מתבזבז עקב התנהלות צרכנית. מלבד הפגיעה הסביבתית מעצם בזבז המזון לכשעצמו, גם הטיפול באותו מזון מבזבז גורר עימו פגיעה בסביבה והוצאות כלכליות משמעותיות. אלו באים לידי ביטוי בשינוע של הפסולת, שימוש בכח אדם, פרקטיקות של הטמנה ועוד (Todd & Hawkins, 2001).

עם זאת, רוב המחקרים שבוחנים את בזבז המזון בשלב הצריכה מתמקדים ברמת משק הבית ופחות בתעשיית ההסעדה. ניתן לקשור זאת לכך שכמות בזבז המזון בתעשיית ההסעדה קטנה יותר מזו של משקי הבית וגם עקב ההבנה המאוחרת יחסית אודות בזבז מזון כבעיה משמעותית ודחופה (Betz, Buchli, Göbel, & Müller, 2015). בנוסף, רוב המחקר בתחום נעשה בפרספקטיבה הנדסית וטכנולוגית, אך בשנים האחרונות חלה עליה במחקר בתחום שמגיע מדיסציפלינות אחרות כגון פסיכולוגיה ומדעי ההתנהגות (Evans, Campbell, & Murcott, 2013) אשר מצביעות על ההתנהגות האנושית כגורם מרכזי בתופעה.

הסיבות לבזבז מזון בתעשיית ההסעדה אשר נסובות סביב הצרכן עצמו מתנקזות לכך שהוא קונה יותר ממה שהוא צריך. כלומר, הצרכן "קונה עם העיניים" וממלא את הצלחת שלו מעבר למה שהוא מסוגל

לאכול בפועל באותו הרגע. ניתן לקשור תופעה זו למספר אלמנטים. ראשית, מחקר בארה"ב הצביע על כך שהמודל העסקי לפיו פועלת המסעדה משפיע על כמות בזבז המזון בפערים של בין 5 ל-50% (Jones 2005), כך למשל, מסעדות בסגנון בופה גורמות לבזבז מזון רב יותר. מחקרים אשר בחנו שילוט אינפורמטיבי ואמצעי דחיפה כפרקטיקות לצמצום בזבז המזון בקרב הצרכנים נמצאו יעילות (Kallbekken & Sælen, 2013). כלומר, הסיבות לבזבז הן חוסר מודעות צרכנית ומודלים עיסקיים אשר מייצרים נטייה לצריכה מופרזת.

גם כאשר בוחנים את התנהלות צריכת המזון ברמת משק הבית ישנם גורמים משיקים שניתן לקשור למערך הכולל של בזבז המזון בשלב הצרכני. מחזור חיי המזון ברמת משק הבית מוגדר החל מרגע תכנון הרכישה עבור אינדיבידואל או התא המשפחתי, דרך כניסתו לבית ואחסונו, שלבי ההכנה והבישול, ההגשה, האכילה ועד שלב הזריקה. הסיבות העיקריות לבזבז המזון בשלב זה הם תוקף שפג, עובש שהצטבר, מזון ששהה במקרר יותר מדי זמן, שאריות מזון שלא נראו טוב או שטעמם לא היה טוב ותכנון לקוי של קנייה מופרזת (Gaiani, Caldeira, Adorno, Segre & Vittuari, 2018). ממצאים אלו נשענים על מספר פרופילים בזבז מזון המשקפים את אותן הסיבות העיקריות לבזבז המזון בשלב הצריכה. בהתאמה, פרופילים אלו יכולים לשפוך אור אודות אסטרטגיות לצמצום הבזבז. כך למשל, אחת הסיבות העיקריות היא קנייה ולא בישול בכמות מופרזת. ניתן להקביל תופעה זו לסוּעד בקפיטריה אשר ממלא את הצלחת שלו יותר ממה שהוא צריך או יכול לאכול. העלאת מודעות דרך מתן דגש על נתונים אודות ההספק של כמות המוצר בצורת המכירה שלו יכולה לתקוף את הבעיה. במילים אחרות, העברת אינפורמציה אודות הכמות יכולה לצמצם צריכה מופרזת מפני שהסיבות לבזבז מתנקזות לקניית מזון בכמות גבוהה ממה שנצרך בפועל.

ראיונות עומק, שאלונים וניסויים אודות ההרגלים היומיומיים של צרכניים בנוגע למזון (קנייה, בישול, אכילה וכו') בחנו עד כמה ההתנהלות הצרכנית משמעותית בבחינת סך המזון מבזבז. גם כאן, מבין הנתונים שנאספו נמצאו מספר הרגלים צרכניים אשר עולים בקנה אחד עם מחקרים קודמים ונמצאים בקשר ישיר לבזבז מזון. ההרגלים המרכזיים ביותר שנמצאו הם אחסון לקוי, בישול בכמויות גבוהות ממה שנצרך וקנייה מופרזת של מזון. בנוסף, בזבז מזון קשור בהתנהלות כוללת ברמת משק הבית יותר מאשר פעולה יחדנית של אינדיבידואל. בניסוי שערכו מצאו שככל שהנחקרים מודעים לבעייתיות בבזבז המזון כך רמת תכנון הכנת המזון שלהם עולה. מצד אחד, לא מכינים יותר ממה שאוכלים ומצד שני לא קונים יותר ממה שצורכים (גם ישנו בזבז מופחת של אוכל המתקלקל בשלבי האחסון). כלומר, חשיפה למידע אודות תופעת בזבז המזון עומדת בקשר חיובי עם צמצום הבזבז דרך שינויים בהרגלי הצריכה (Romani, Grappi, Bagozzi & Barone, 2018). הדגש הוא שבזבז מזון היא תופעה שמתרחשת כחלק ממערך רחב ומרוכז

של פרקטיקות שונות, כך שכדי לצמצם את הבעיה יש להעמיק את הידע בנושא ולהגביר את המודעות הצרכנית.

הטענה שבזבז מזון היא נגזרת של מארג רחב ומורכב של פרקטיקות מתיישבת עם מחקר שעסק בהתנהגות צרכנית וביצע ניתוח כמותי נרחב. נמצא שאנשים בעלי יכולות וידע בנושא ביכול מנהלים טוב יותר את כמויות הצריכה, האחסון והבזבז של המזון שלהם. או לחילופין, אנשים שלא מתמצאים בפרקטיקות של מטבח נוטים בסופו של דבר לבזבז יותר מזון (Lyndhurst, 2007). ניתן לטעון שגם כאן תופעת בזבז המזון מתנקזת לנושא המודעות (אמנם, לא סביב מודעות סביבתית). כלומר, ישנן מוטיבציות משמעותיות ומגוונות להתמודד עם בעיית בזבז המזון ובהתאמה נדמה שישנן פרקטיקות רבות ושונות שאפשר ליישם.

בדנמרק נעשה מחקר אשר סקר את הסיבות המרכזיות לבזבז המזון במדינה ואת הדרכים בהן הסוכנים השונים מנסים להתמודד עמן על מנת לנסות לייצר ידע חדש שיכול לתרום לצמצום התופעה. נעשתה חלוקה לשישה קטגוריות, או סוכנים, שלוקחים חלק בתהליך: יצרני המזון, מעבדי המזון, קמעונאי המזון, מטבחים מסחריים, צרכנים פרטיים ומעבדי פסולת המזון. לכל קטגוריה הציגו את הדרכים שבהם הסוכנים מנסים לצמצם את בזבז המזון ואת הבעייתיות העולה מכך, בכל שלב בתהליך הייצור והצריכה. המחקר הציע לבסוף לבצע אינטגרציה של מידע בין כל השלבים השונים אשר תתרום בסופו של דבר להבנה מערכתית של התופעה ולשיתוף פעולה בין השלבים כך שצמצום הבזבז יתבצע באופן האופטימלי ביותר.

כאשר בחנו את בזבז המזון במטבחים מסחריים ובתעשיית ההסעדה נמצא שהתופעה מתרחשת בעיקר בגלל חוסר היכולת לנבא את כמות הצריכה של הלקוחות, כלומר נוצר מצב של הכנה מופרזת של אוכל שעולה על כמות הצריכה בפועל של הלקוחות. תופעה זו מתרחשת בעיקר במסעדות בסגנון בופה. הדרכים שבהם הגורמים הרלוונטיים פעלו לצמצום התופעה כוללים מעבר למודל של כמויות מזון מדודות וזניחת מודל הבופה. בנוסף, החילו רגולציה של העברת המזון הנותר לנזקקים. בקטגוריית הצרכנים הפרטיים הסיבה המרכזית לבזבז מזון היא האופן שבו אורזים ומציגים את האוכל. נמצא כי הצרכן הפרטי נוטה לקנות אוכל לפי תצוגת האריזה ופחות לפי הצרכים שלו. תופעה זו היא נגזרת של אסטרטגיות שיווקיות שנועדו למקסם רווחים ממכירות אך בסופו של דבר יוצרת צריכה מופרזת של מזון שלא נאכל ומתבזבז. הדרך שבה מנסים להתמודד עם התופעה היא ניסיון להימנע מאריזות ככל האפשר (למשל, לא למכור עגבניות באריזות של 6). בנוסף, לארוז ולהציג בצורה יותר אחראית את המזון באופן שישקף את הכמות בפועל (Halloran, Clement, Kornum, Bucatariu & Magid, 2014). עם זאת, לא נמצא במחקר ניסיון לצמצם את בזבז המזון בשלבים הצרכניים דרך שילוט ואמצעי דחיפה שפונים ישירות לתודעת הצרכן, אלא יותר מיקוד באסטרטגיות שיווקיות שונות. בנוסף, האסטרטגיות לצמצום הבזבז במסעדות לא שמות דגש על הרגלי הצרכניים אלא מתמקדות רק במסעדות עצמן.

במחקר שנערך בבריטניה ביצעו ראיונות עם 15 משקי בית על מנת להבין לעומק את הרגשות והמחשבות אודות ההתנהגות הצרכנית שלהם כלפי מזון. המחקר הניח שדרך הבנה מעמיקה של הלכי הרוח באותם משקי בית אפשר יהיה להתמודד בצורה טובה יותר עם תופעת בזבז המזון. בניתוח הממצאים נעשתה חלוקה לשתי קטגוריות מרכזיות: מוטיבציות ומחסומים. המוטיבציות של הנחקרים נבעו ממספר סיבות שהעיקריות בהן היו כלכליות ופרקטיות. רוב הנחקרים תפסו את התופעה, בסופו של דבר, כבזבז של כסף ומשאב בעל ערך, ודאגתם מהעניין שיקפה את המוטיבציה שלהם לנסות ולצמצם את הבזבז. עם זאת, חשוב לציין שבמחקר זה האספקט הסביבתי לא נמצא כמוטיבציה לצמצום הבזבז בקרב הנחקרים. המחסומים העיקריים בניסיון להפחית בזבז היו הרצון לספק מזון איכותי, טרי ובשפע לבני המשפחה – מה שגורם למשקי בית רבים לקנות בכמויות גדולות מהצריך ולזרוק מזון שלא טרי לחלוטין.

מחסום נוסף היה הנטייה להימנע מאי נוחות שקשורה בהתנהלות נכונה עם מזון. כלומר, צרכנים קונים בכמויות גדולות כדי להימנע מלהגיע לסופרמרקט בתדירות גבוהה. עוד אלמנט שקשור באי נוחות הוא הזריקה של מזון מחשש להרעלה עקב חוסר טריות. אלמנט זה קשור בחוסר מודעות לגבי אחסון וחיי המוצר של המזונות השונים. נתון חשוב שעלה מהמחקר הראה שרוב האנשים לא היו מודעים להשפעות השליליות המשמעותיות של בזבז מזון. אמנם היו נחקרים שתפסו את הבעיה כחמורה, אך הרוב חשבו שזו תופעה בלתי נמנעת ולכן אין טעם לנסות ולהתמודד איתה. בנוסף, נחקרים רבים חשו שהם לא מבזבזים כמות מזון באופן שתורם להרחבת הבעיה – הנחקרים היו חסרי מודעות לגבי היקף התופעה והחלק שהם לוקחים בה דרך ההתנהלות היומיומית שלהם (Graham-Rowe, Jessop & Sparks, 2014).

מחקר זה מצביע על מגמה חשובה שתואמת מחקר אחר בתחום: ככל שמשק הבית קטן יותר כך כמות המזון המבזבז קטנה יותר. הפרקטיקות היומיומיות סביב צריכת המזון נעשות יותר מורכבות ככל שיותר אנשים נלקחים בחשבון בתהליך. כמות המזון המתבזבז גדלה עקב חוסר יכולת לנבא את הכמות הדרושה בשלבים השונים ברמת משק הבית. בנוסף, האלמנט של האחריות האישית מטשטש מפני שההתנהלות אינה ברמת האינדיבידואל. בתעשיית ההסעדה בין 4% ל-7% מהמזון המבזבז הינו משאריות שהאינדיבידואל לא צרך, לעומת כמות מקבילה של 13%-14% כאשר הצריכה נעשתה במסגרת של משק בית (Katajajuuri, Silvennoinen, Hartikainen, Heikkilä & Reinikainen, 2014).

התנהלות במסגרת אינדיבידואלית פחות מורכבת ובהתאמה גוררת פחות בזבז מזון. לכן פרקטיקות אשר תוקפות את הבעיה ברמות של צריכה אינדיבידואלית חד פעמית טומנות בחובן פוטנציאל רב בניסיון לצמצם בזבז מזון.

כיוון שצריכת המזון הנעשית מחוץ לבית גדלה באופן ניכר בעשורים האחרונים (Lachat et al., 2005) כדאי לבחון את אופי בזבז המזון המתבצע במסעדות או קפיטריות. בכך שנתמקד במקומות המאפשרים הגשה עצמית נוכל לבחון באופן פרטני את הפרט הסועד והשפעת האסטרטגיות השונות על אופן התנהגותו בהקשר של בזבז מזון.

המחקר מבקש לבחון את השפעת השימוש באמצעי דחיפה והגברת המודעות על כמות המזון המבזבז במקומות בהם מתבצעת הגשה עצמית, כגון מלון, חדר אוכל או קייטרינג. במקומות אלו בהם אין הגבלה על כמות המזון, פוטנציאל הבזבז הינו רב. מנגד יכולת צמצום המזון הינה משמעותית, בשל האינטרס הסביבתי והכלכלי המשותף להפחית את בזבז המזון – רווחיות רבה יותר לעסק והקטנת טביעת הרגל הסביבתית של הלקוח. בחרנו להתמקד בשאלה זו כיוון שניתן, באמצעים פשוטים, להפחית את בזבז המזון בתחום זה באופן ניכר ובעלות נמוכה לצמצום בעיית בזבז המזון העולמית.

כלים לשינוי התנהגות

בעולם של היום ישנם גורמים רבים המהווים איום על הסביבה הטבעית ועל המשאבים שלה, בניהם, התחממות גלובלית, זיהום אויר, מחסור במים מתוקים, מפגעי רעש, בזבז מזון וצמצום המגוון הביולוגי. כאשר מרבית מבעיות אלו מקורם בהתנהגות האנושית (Vlek & Steg, 2007; Koger & Winter, 2011; Gardner & Stern, 1996), ישנה חשיבות רבה לבחינת השיטות המאפשרות השפעה רבה יותר על התנהגות בני האדם, בכדי להפחית ככל הניתן את ההשפעה השלילית של האדם על סביבתו.

הנושא של שינוי התנהגות הינו תחום נחקר בעל חשיבות רבה ומוקד התעניינות נרחב בתחומים רבים, כגון, פסיכולוגיה, כלכלה, בריאות התנהגות צרכנית ועוד. חוקרים רבים מאסכולות שונות מבקשים לדעת כיצד ניתן להשפיע על ההתנהגות האנושית ולכוונה בהתאם לאינטרסים השונים.

בעקבות ההתעניינות הרבה החלו חוקרים רבים מתחום הפסיכולוגיה החברתית, לפתח תאוריות ולנסות להבין אילו מנגנונים פנימיים פועלים כאשר הפרט בוחר בהתנהגות אחת על פני השנייה והאם לשנות את התנהגותו או לא. החלו להתפתח מודלים שונים, המבקשים לבדוק את הקשר בין עמדות והתנהגות אשר הושפעו רבות ממצאיו של Wicker (1969), שגילה כי עמדות כלליות (כגון האם X הוא טוב/ רע) מנבאות באופן חלש התנהגות ספציפית. הדבר הוביל את חוקרי העמדות – התנהגות לחפש אילו גורמים פנימיים נוספים המשולבים עם עמדות עשויים להשפיע על התנהגות.

Fishbein & Ajzen (1975) פיתחו את התאוריה של הצדקת התנהגות (TRB), המציעה כי יש לבחון שני גורמים נוספים העשויים להשפיע על בחירת התנהגות. תחילה יש לקחת בחשבון נורמות סובייקטיביות (למשל, רוב האנשים שחשובים לי חושבים שאני צריך/ לא צריך לעשות פעולה מסויימת), כאשר אלו, בשילוב עם עמדות, מבטאות את הגורמים הפנימיים והחברתיים העשויים להשפיע על ההתנהגות. שנית, הם מציעים כי עמדות ונורמות סובייקטיביות משפיעות על התנהגות על ידי כך שהם מגבירים את היווצרות הכוונה לפעולה. כלומר, לפי תאוריית ה TRB הכוונה לפעולה היא המנבא החזק ביותר להתנהגות.

שאלות שהחלישו את תאוריית ה TRB הובילו את Ajzen (1985, 1991) להוסיף את האלמנט של שליטה נתפסת של ההתנהגות (למשל כמה קל/ קשה יהיה עבורי לצבע פעולה מסויימת), כמנבא של כוונה להתנהגות, לצד עמדות ונורמות סובייקטיביות. תאוריה זו נקראת התאוריה של התנהגות מתוכננת (TPB), גם היא ממקמת את הכוונה להתנהגות כגורם החזק ביותר המשפיע על ההתנהגות עצמה, אולם, היא מציעה כי כאשר השליטה הנתפסת משקפת את מידת השליטה האמתית על הביצוע, היא יכולה לנבא התנהגות ו/או להוות גורם ממתן בין כוונה להתנהגות (Ajzen & Madden, 1986; Sheeran, Trafimow, & Armitage, 2003).

תאוריה נוספת הנקראת מודל התנהגות בין אישית (MIP) של Triandis (1980) שמה גם היא את הכוונה להתנהגות כגורם מפתח לניבוי ההתנהגות עצמה, אך היא מניחה שיש גורם נוסף העשוי להשפיע כגורם ממתן בין כוונת התנהגות להתנהגות עצמה והוא עד כמה ההתנהגות שגרתית בחיי הפרט. כלומר כאשר התנהגות מסוימת מתבצעת באופן תדיר היא נשלטת על ידי הרגלים וכתוצאה מכך מחלישה את הכוונה להתנהגות. ייתכן כי השלכת מזון הינה פעולה הנעשית באופן אוטומטי ועל כן ישנה חשיבות להעביר מסר בעל תוכן שישפיע בעוצמה חזקה על הכוונה להתנהגות ועל מנגנונים פנימיים וחיצוניים בכדי להחליש ולבטל את האפקט של האוטומטיזציה, או לחלופין לייצר תגובה אוטומטית חזקה יותר.

תובנות ביחס לאופי התנהגות האדם מסייעות לקובעי מדיניות להבין טוב יותר את מניעי האדם ואת הגורמים המשפיעים על התנהגותו ובכך להגדיר מדיניות אפקטיבית ויעילה יותר בכדי לקדם התנהגות חיובית ומקיימת. מתן מידע והעלאת המודעות הינו הכלי הרווח יותר עבור קובעי המדיניות, המסתמכים על המודל הרציונאלי ועל יכולת ההבנה וניתוח המידע של האינדיבידואל (Lehner et al, 2015).

הנחות אלו על טבע האדם עמדו למבחן בידי פסיכולוגים קוגניטיביים וחברתיים ואף כלכלנים, כאשר טברסקי וכהנמן (1974) הם הידועים שבהם. עבודתם הראתה כי התנהגות האדם אינה רציונאלית במלואה והיא נתונה להטיה קוגניטיבית, תוך הסתמכות על קיצורים מחשבתיים, הרגלים ודעות קודמות.

זוכה פרס נובל דניאל כהנמן (2011) הגדיר שתי מערכות חשיבה – המערכת המהירה, שהינה אוטומטית ואינטואיטיבית, והמערכת האיטית, שהינה מודעת ושקולה. ברוב הפעולות היומיומיות המערכת המהירה שולטת, כך שבחירות רבות מתבצעות באופן כמעט אוטומטי. כל הפעלה של המערכת השנייה, דורשת משאבים רבים יותר, ולכן היא באה לכדי שימוש רק בקבלת החלטות משמעותיות יותר בחיינו. קבלת ההחלטות במערכת הראשונה, כדי שתעשה באופן מהיר ואוטומטי, דורשת שימוש בהכללות, קיצורי דרך מנטליים והטיות קוגניטיביות.

רוב הכלים הקיימים קיום בתחום שינוי ההתנהגות מבקשים להשפיע על המערכת השנייה, בהנחה כי התנהגות מסוימת מתבצעת בשל מחסור בידע או הבנה. קמפיינים להעלאת המודעות, שימוש בתוויות, עלוני מידע ואמצעים דומים, משמשים כדי לצמצם את הפער המוגדר כ-פער יחס-התנהגות (Mont et al, 2014). אך אמצעים אלו אינם יעילים עבור קבלת החלטות מסוג 1, הנעשות באופן יומיומי ואוטומטי בידי אנשים רבים, והן בעלות אפקט מצטבר דרמטי כשזה נוגע לבעיות סביבתיות, בעיקרן בזבז מזון. לדוגמא מחקר שנערך בשבדיה והציג כי על אף שכ-80% מהאוכלוסייה מודאגת מנושאים סביבתיים, רק 10-15% מגדירים עצמם כרוכשים של מוצרים ירוקים (Ekoweb, 2013). הפער בין התפיסה של האדם ובין ההתנהגות נחקר באופן נרחב בכלים שונים, ונמצאו שלל הסברים לקיומו, בהם כוחו של הרגל, נורמות חברתיות קיימות, השפעות סביבתיות והקושי בקבלת החלטות משמעותיות. הכלכלה ההתנהגותית

מאתגרת את הכלכלה המסורתית ומניחה כי אנשים אינם פועלים תמיד באופן רציונלי או הגיוני (Kahneman, 2011). כדי לשנות התנהגות יש לעיתים להתמקד במערכת הבחירה הראשונה, המהירה והאוטומטית. עבור מערכת זו, מידע רב אינו הכרחי ואף לא שינוי בתפיסות של האדם או מודעות. במקרים אחרים יש להתמקד במערכת הבחירה השנייה, הנשענת על עיבוד מידע מעמיק יותר, מסרים רב ממדיים ושינוי מערכת האמונות של האינדיבידואל.

בעבודה אנו מבקשים לבחון בצורה פרטנית יותר את השפעותיהן של התערבויות קוגניטיביות הן בצורה של העלאת המודעות והן בצורה של אמצעי דחיפה, בכדי להגדיר את יעילותן במזעור השפעת האדם על סביבתו.

העברת מידע ככלי לשינוי התנהגות

לא רק המרכיבים האנושיים והפנימיים הם אלו אשר משפיעים על התנהגות הפרט, נראה כי גם לאופן העברת המסר ולטיבו ישנה השפעה על ההתנהגות. בין המובילים בתחום שבחנו את הפסיכולוגיה של קבלת החלטות ואופן העברת מסר (מסגור) היו Tversky & Kahneman (1981). הם גילו כי אופן העברת המסר והתוכן שלו משפיעים רבות על קבלת ההחלטות של הפרט, וכיוצא בזה על התנהגותו. כאשר הפרט ניצב מול בעיית החלטה ויש לו הוא העדפה ברורה, 1. עשויה להיות לו העדפה אחרת כאשר אותה הבעיה ממוסגרת באופן שונה. 2. לרוב הם אינם מודעים לאפשרות של מסגור שונה ולפוטנציאל ההשפעה שלו על מידת האטרקטיביות של אפשרויות הבחירה השונות. 3. היו רוצים להאמין שההעדפה שלהם אינה תלויה באופן המסגור אך, 4. אך לרוב אינם בטוחים כיצד לפתור מצב של חוסר הלימה, כאשר מסגור שונה משפיע על קבלת ההחלטה שלהם. כמו כן, הם מצאו כי מסגור תוצאות במונחים של עושר ורווחה כלליים, לעומת הצגת הדברים באופן של רווח או הפסד ספציפיים, עשוי להחליש את התגובה הרגשית של הפרט לבעיה, וכתוצאה מזה להוביל להתנהגות חלשה. בנוסף, הם הדגישו את החשיבות של הצגת המסר כמכוון הפסד או כמכוון רווח, על כן ישנה חשיבות רבה לאופי המסר והתוכן שלו. בהמשך, הם חידדו את התאוריה שלהם וטענו כי בני אדם נמנעים מלקחת סיכונים, כאשר ישנו דגש על הרווחים, אך מוכנים לקחת סיכון כאשר הגורם הבולט במסר הוא הפסד (Tversky & Kahneman, 1992).

Bamberg & Möser (2007) ערכו מטה-אנליזה על מחקרים אמפיריים שבדקו את הגורמים הפסיכו-חברתיים המשפיעים על התנהגות סביבתית בין השנים 1995-2006. הם השתמשו בנתונים של 46 מחקרים אשר דיווחו תוצאות עבור 57 מדגמים בלתי תלויים. הם הסתמכו על תאוריית ה TPB ומצאו כי יכולת הניבוי של שליטה נתפסת של התנהגות, עמדות ונורמות מוסריות על הכוונה להתנהגות הינה שווה, כך שלושתם יחדיו מסבירים 52% מהכוונה להתנהגות. בנוסף, תוצאות המחקר של Bamberg & Möser (2007), מדגישות את החשיבות של מודעות וידע בנוגע לבעיות סביבתיות כגורם בלתי ישיר חשוב הקובע

התנהגות פרו- סביבתית. מודעות / ידע נמצאו לא רק כקשורים לגורמים פנימיים כגון אחראיות, נורמות חברתיות ותחושות אשמה, אלא גם כמשפיעים באופן ישיר על מידת השליטה הנתפסת של ההתנהגות כמו גם על העמדות כלפי בחירת התנהגות פרו- סביבתית.

Rothman & Salovey (1997) טענו כי תוכן המסר משפיע על קבלת החלטות כך שבתחום הבריאות למשל, התנהגות מונעת של הבחנת מחלות (למשל בדיקות רפואיות באופן תדיר) מתגברת כאשר מסגור המסר הוא בצורת הפסד (שלילי), לעומת התנהגות המשמרת בריאות (למשל תזונה נכונה) המתגברת כאשר מסגור המסר הוא בצורת רווח (חיובי).

בתחום הבריאות למשל ישנה חשיבות רבה לבחינת האופן בו מניעים אנשים לפעולה כמו גם החשיבות של מתן אינפורמציה. ניתן לראות זאת בפליירים המכילים מידע כיצד ניתן למנוע מחלות או להתמודד עמן, בפרסומות המעודדות ביקורים אצל רופאים, בדיקות שגרתיות ועוד. במחקר שביקש לבדוק כיצד העברת מידע בנוגע לחשיבותו של חיסון מסוים ישפיע על נבדקים, נעזרו ב TPB, יצרו מסר המעביר אינפורמציה בנוגע למחלה תוך שימת דגש על גורמים פנימיים וחיצוניים ובשילוב של מעט הפחדה דרך הסברה של ההשלכות היכולות להיגרם מאי התחסנות. נמצא כי המסר הגביר את המודעות והעלה את מספר המתחסנים (LaVela, Cameron, Priebe & Weaver, 2008). בנוסף, במטה אנליזה שביקשה לבחון את ההשפעות על שינוי התנהגות בקרב חולי ולא חולי איידס (HIV), נראה כי למידע בנוגע למחלה והשפעותיה ישנה חשיבות גבוהה בשינוי התנהגות הפרט (למשל שימוש בקונדומים). ההשפעה של המידע פעלה לשינוי התנהגות רק כאשר לנבדקים ניתן גם מידע בנוגע לאופן בו עליהם לפעול. כמו כן לאופן מסגור המידע, כלומר אופי המסר, ישנה גם חשיבות רבה, כך שמסר חיובי השפיע יותר על שינוי ההתנהגות מאשר מסר שלילי, המכיל הפחדה (Albarracín, Gillette, Earl, Glasman, Durantini & Ho, 2005), ייתכן כי גם במקרים בהם מבקשים לצמצם את בזבוז המזון ישנה חשיבות לא רק לאינפורמציה בנוגע להשלכות וצורת ההצגה שלה, אלא גם למידע המסביר כיצד ניתן לנהוג אחרת.

שימוש בהעלאת המודעות בנושאי סביבה

שינויים בהתנהגות האנושית הינם המפתח להפחתת האיומים על הסביבה שכן, גם אלמנטים טכנולוגיים שייעודם הקלה על ההשלכות הסביבתיות כגון, מוצרים חסכוניים בחשמל, בידוד בבית ומוצרים להפחתת צריכת מים, מאבדים את יעילותם אם הם נצרכים באופן בזבזני על ידי בני אדם (Midden, Kaiser & Teddy McCalley, 2007).

למתן אינפורמציה והגברת המודעות בנוגע לנושאים רבים אכן ישנה השפעה על ההתנהגות הסביבתית. מטרתן של אסטרטגיות להעברת מידע הינן לשנות תפיסה, מוטיבציה, ידע ונורמות מבלי לשנות את

ההקשר החיצוני שבו בחירת ההתנהגות מתבצעת. הן מגבירות את הידע והמודעות של הפרט בנוגע לסוגיות סביבתיות ובנוגע להשפעה של התנהגותו על הסביבה ו/ או מגבירה את הידע על התנהגויות אלטרנטיביות והיתרונות והחסרונות שלהם. ההשערה הרווחת היא כי מידע חדש מוביל לשינוי עמדות אשר בתורן משפיעות על ההתנהגות (Steg, & Vlek, 2009).

העברת ידע יכול להתרחש בצורות רבות, כמו שלטים, פליירים, הרצאות סמינרים ועוד דרכים המשלבות בניהן חינוך והגברת מודעות. נראה כי חינוך סביבתי הינו גורם יעיל בשינוי התנהגות. מחקר שבחן את הקשר בין מצב סוציו-אקונומי של מדינה להתנהגות סביבתית, מצא כי הגורמים, חינוך סביבתי, תחושת רווחה של הפרט ובמידה פחותה יותר, צפיפות אוכלוסין, מהוות את ההשפעה החזקה ביותר על התנהגות הפרט, כך שיתנהג בצורה מקיימת וסביבתית יותר, זאת ללא תלות במצבה הכלכלי של המדינה (Duroy, 2005).

במחקר אשר ביקש לבדוק את צריכת החשמל בקרב דיירים בבנייני מגורים, לפני ואחרי התערבות של מתן אינפורמציה באופן קבוע, בנוגע לצריכת חשמל והחשיבות של חיסכון בחשמל, ובהשוואה לקבוצת ביקורת, נמצא כי ההתערבות אכן השפיעה, כך שצריכת החשמל של הדיירים ירדה (Kang, Cho & Kim, 2012).

במחקר שערכו Hungerford & Volk (1990), נמצא כי על אף הטענה הרווחת כי הגברת מודעות ומתן מידע יובלו לשינוי התנהגות, הדבר אינו נכון כאשר מדובר באחריות סביבתית התנהגותית כללית. הם מצאו כי בנוסף לחשיבותה של העלאת מודעות ומתן מידע וחינוך בנוגע לנושאים סביבתיים, בכדי ליצור שינוי התנהגותי, יש לשים דגש על נושא ספציפי ועליו לספק מידע והנחיות התנהגותיות. זאת כיוון שבשביל שהפרט יתנהג בצורה יותר מקיימת עליו לקבל את ההזדמנות לפתח תחושת "בעלות" והעצמה בנוגע לנושא המוצג, דבר אשר יניע אותו לשינוי התנהגות.

מחקר נוסף, הדומה ומספק משענת והכוונה למחקר הנוכחי, בחן את העלאת המודעות בקרב סטודנטים, בנושא של צריכת מזון באוניברסיטה על ידי שלטים עם תכנים אינפורמטיביים ואמצעי דחיפה בנושא של בזבז מזון, ומצא כי אכן לאחר תליית השלטים, נראתה ירידה של 15% במזון הנזרק. נראה כי השילוט והמידע על גביו, עורר את המודעות לנושא של בזבז מזון בקרב הסטודנטים ושינה את התנהגותם כך שזרקו פחות מזון (Whitehair, Shanklin & Brannon, 2013).

אמצעי דחיפה ככלי לשינוי התנהגות

המושג 'ארכיטקטורת הבחירה', שהוגדר על ידי Sunstein and Thaler (2008), מגדיר את חשיבות הסביבה והמרחב בו מקבל האדם את החלטותיו. כל שינוי בסביבה זו, בין אם באופן פיזי או חברתי, יגדיל

את הסיכויים שהתנהגות מסוימת תועדף על התנהגות אחרת. על ידי שינוי מבנה החנות, או סידור מנות האוכל באופן מסוים ישנה השפעה ברורה על התנהגות ובחירת הצרכנים (Sunstein and Thaler, 2008). השפעות הסביבה או אלמנטים של ארכיטקטורת התנהגות מכונים 'אמצעי דחיפה' (Mont et al, 2014), אמצעים המושתתים לפי מספר רב של תובנות פסיכולוגיות קוגניטיביות וחברתיות, לרבות כלכלה התנהגותית. אמצעי דחיפה מבקשים, כפי ששמם מרמז, לדחוף אנשים בכיוון מסוים, זאת כדי שיקבלו החלטות ספציפיות מבלי לפגוע ביכולת הבחירה שלהם. מטרת אמצעי הדחיפה היא להדריך ולאפשר לאדם לבצע בחירות הנכונות עבורו או טובות לו יותר, באופן כמעט אוטומטי בעזרת שינוי התשתית או הסביבה בו הוא פועל. אמצעי הדחיפה אינם מבקשים לשנות את ערכיו של האדם או לעורר מודעות, אלא מתמקדים דווקא בהתנהגות מאפשרת, כזאת הדוחפת לקבל החלטות התורמות לחיי האינדיבידואל או החברה בה הוא חי. מילת המפתח הינה שינוי התנהגות בצורה שאינה אוסרת, מגבילה אפשרויות או מספקת תמריצים כלכליים. אמצעי דחיפה מוגדר ככלי פשוט, קל וזול המכוון את האדם אל עבר הבחירה ה"נכונה" אך מותיר בידיו את יכולת הבחירה החופשית (Sunstein and Thaler, 2008).

הגדרה נוספת שהגדיר החוקר Hansen (2014) מגדירה את אמצעי הדחיפה כניסיון להשפיע על יכולת השיפוט, בחירה או התנהגות של האדם בדרך צפויה, שמתאפשרת בעזרת שימוש בהטיות קוגניטיביות. כחלק מהשימוש בכלי, אין האנשים מודעים להשפעות המופעלות עליהם ולשינוי המתרחש בסביבתם. הכלי מתמקד בשינוי לא מכוון של אלמנטים בבחירה האינדיבידואלית של האדם (House of Lords, 2011). אמצעי הדחיפה כוללים שימוש בברירת מחדל, אזהרות בצורות שונות, שינוי מאפיינים או סדר בסביבה, תזכורת הנוגעת לבחירות של האנשים, התמקדות בנורמות חברתיות ומסגור פסיכולוגי מתאים.

ישנו דיון מה נחשב כאמצעי דחיפה. זוהי כמעט מוסכמה שאמצעי דחיפה אינם כוללים – חוקים, מסים, סובסידיות או חרמות. חוקרים רבים דוחים כל התערבות גלויה מההגדרה של אמצעי דחיפה. אספקת מידע יכולה לשמש כאמצעי דחיפה, כל עוד המטרה אינה להעשיר במידע, אלא דווקא לפשט ולהקטין בצורה שתאפשר קבלת החלטות מתאימות, כמו לדוגמא בנושאי בנקאות (Olander and Thogerese, 2014).

כאמור אמצעי הדחיפה פונים אל מערכת קבלת ההחלטות המהירה, מערכת 1 (Kahneman, 2011), מערכת שמאופיינת בחשיבה אוטומטית ואינטואיטיבית. בשל ההסתכמות של המערכת על קיצורי דרך מנטליים, דעות קדומות והטיות לא פעם מקבל האדם החלטות שאינן משרתות את טובתו האישית או אף פוגעות בו. הסיבות לכך כוללות בין היתר – עומס מידע, עצלנות, היעדר משמעת עצמית, השפעות חיצוניות שליליות או דחיינות (Reisch and Gwozdz, 2013). על פי Sunstein and Thaler (2008) אמצעי דחיפה עובדים כיוון שהם פועלים לתקן הטיות ושגיאות בהתנהגות האנושית, אשר מתרחשות בעיקר בסיטואציות בהן האדם אינו עושה שימוש במאמץ קוגניטיבי. לפיכך, אמצעים אלו מתאימים במקרים

הבאים: בחירות מתוך הרגל, בחירות בעלות השפעה מושהית, בחירות מסבכות או לא שכיחות אשר לא מאפשרות לימוד של הבעיה, העדר משוב על הבחירה וכאשר היחס בין הבחירה לתוצאה הוא בעל משמעות לא ברורה. ניתן לומר כי אמצעי הדחיפה מתאימים למקרים בהם לא ניתן להפנות אנרגיה לתהליך החשיבתי, או שהאנרגיה הנדרשת היא רבה מדי. בתהליכי היום יום של האדם מדובר במספר גבוה של החלטות הנופלות תחת קטגוריה זאת, על פי Verplanken and Wood (2006) כ-45% מהחלטות שמקבל האדם ביום יום נעשות ללא חשיבה מעמיקה, לדוגמה כיבוי אורות לפני היציאה מהבית, הדלקת מזגן, זריקת אוכל לזבל וכו'. לפיכך אמצעי הדחיפה יכולים לתת מענה למגוון רחב של החלטות והתנהגויות אנושיות.

השימוש באמצעי דחיפה ככלי התפתח לאורך השנים בתחום השיווק וקידום המכירות, אך שם נעשה בהם שימוש בכדי להשפיע על התנהגות אנושית למטרות רווח ולא למען קידום ורווחת האינדיבידואל. כיום עם ההבנה הגוברת של מנגנוני הבחירה וההתנהגות של האדם, ממשלות ומקבלי החלטות עוברות לשימוש בכלים אלו כדי לנהל ולהכווין את התנהגות התושבים בנושאים שונים (Mont et al, 2014). הכלי יושם בהצלחה בנושאי מדיניות רבים, לדוגמה במדיניות הפנסיונית בה ברירת המחדל מגדירה הרשמה לתכנית חסכון פנסיונית, המעודדת חסכון רב יותר בקרב העובדים (Felsen, 2013). לרוב מקבלי החלטות עושים שימוש באמצעי הדחיפה בשני המקרים הבאים (Reisch and Oehler, 2009):

1. כדי לנטרל את ההשפעה השלילית של מסרים אחרים, דוגמת פרסומות, המבקשים להשפיע על התנהגות האדם, ולהפחית התנהגות לא רצויה.
2. לעודד התנהגויות מסוימות ובכך להגביר התנהגות רצויה.

אמצעי דחיפה בשירות המדיניות הסביבתית

לאחרונה גובר השימוש באמצעי הדחיפה על ידני מקבלי ההחלטות בעולם ככלי מרכזי במדיניות הסביבתית. הסיבה המרכזית לכך היא ההבנה ששינוי התנהגות האזרחים הינו מהותי להצלחת אסטרטגיות סביבתיות של המדינה, בנושאים כגון שינוי האקלים, חסכון במשאבים ופגיעה בסביבה, בהם לסך כל ההתנהגויות האנושיות ישנה השפעה מכרעת (European Commission, 2012). על פי הדוח של ה-EU בשנת 2002 אוכלוסיית האיחוד האירופאי, המהווה 7% מאוכלוסיית העולם, הייתה אחראית ל-17% מטביעת הרגל האקולוגית העולמית.

נוסף לכך הנושא הסביבתי מתאים בדיוק לאפיון בו מתמקדים אמצעי הדחיפה – בעיה מסובכת, הדורשת משאבים קוגניטיביים רבים עבורה לא מתקיים משוב מיידי לבחירות שנעשו, או שהיחס בין הפעולה לתוצאה אינו ידוע או ברור. בפעולות היום יומיות של האדם מתבצעות אינספור פעולות בעלות השפעה על הסביבה

– נסיעה ברכב פרטי, שימוש במכשירים זוללי חשמל, השלכת פסולת וכו', כאשר עבור כל פעולה שכזאת ישנו קושי מובן בקשירה בין הפעולה, דוגמת נסיעה ברכב פרטי ובין תוצאה אפשרית עתידית ולא ברורה דיה דוגמת התחממות כדור הארץ. זהו הדין עבור בחירות רבות בתחום הסביבה אשר נעשות באופן אוטומטי בשל הקושי הקוגניטיבי שהן מציבות.

סיבה נוספת לשימוש הנרחב היא הגדרתם כבחירה מאפשרת, כזאת שאינה נכפית או אוסרת, כאשר לא ניתן או רצוי לעשות שימוש באמצעים משפטיים או כלכליים.

בשל סיבות אלו הפכו אמצעי דחיפה לכלים מרכזיים בסקטורים סביבתיים רבים, בעיקר בשלושת הנושאים המרכזיים האחראים על מרבית הצריכה במדינות מתפתחות – דיור, תחבורה ומזון (Lehner et al, 2016).

בסקירה הספרותית שנערכה עבור מועצת השרים הנורדית (Nielsen et al, 2017) נותחו למעלה מ-30 מחקרים העוסקים בשימוש באמצעי דחיפה. בעזרת הממצעים סווגו אמצעי הדחיפה על פי ארבע הקטגוריות הבאות:

1. פשוט ומסגור מידע
2. שינויים בסביבה הפיזית
3. שימוש בברירת מחדל "ירוקה"
4. שימוש בנורמות חברתיות

הקטגוריה הראשונה עוסקת בפשוט ומסגור מידע, ומתבססת על החשיבות של אופן הצגת המידע בקבלת החלטות. כאשר המידע נגיע, פשוט וזמין, מוצג בדרך שאינה מעמיסה על דרך החשיבה ומערכת קבלת ההחלטות של האינדיבידואל, בצורה שתאפשר להתמודד עם נושאים מורכבים או מסובכים. בנוסף יש למסגרת את המסר בצורה שמפעילה ערכים או גישות שונות באינדיבידואל, כמו לדוגמה מיתוג מוצר בצבעי כחול-לבן לעידוד קניית צריכה מקומית. משוב, הינה דרך נוספת לפשוט ומסגור מידע, ומאפשרת לאנשים להבין את התוצאה של התהליכים אותם הם מבצעים. כמו לדוגמה במחקר שנערך על ידי Lynham et al (2016) התגלה כי הצגת מידע שוטף של תצרוכת החשמל בתוך הבית, הפחיתה את צריכת החשמל הממוצעת בכ-11%. זוהי אסטרטגית אמצעי הדחיפה בה נעשה השימוש הנרחב ביותר.

קטגורית הסביבה הפיזית, מתמקדת בביצוע שינוי באובייקט או במרחב של האדם, בצורה המשפיעה על התנהגותו. דוגמה טובה לכך היא מיקום מוצרים במדפי הסופר, כאשר המוצרים הנמכרים ביותר נמצאים בגובה העין של הקונים (Lehner et al, 2016). דוגמה נוספת היא הפחתת גודל הצלחות במלונות עם

הגשה עצמית, כפי שבחנו Kallbekken et al (2013). הקטנת גודל הצלחת מ-24 ל-21 סנטימטר צמצמה את בזבוז המזון בכ-19.5%, בהשוואה לקבוצת הביקורת.

שינוי ברירת המחדל הקיימת, לאחת "ירוקה" מאפשרת לאנשים לפעול בצורה סביבתית מבלי לעשות דבר. אמצעי דחיפה אלו נשענים על ההתנהגות האנושית המעדיפה את המוכר והקיים, הדורשת השקעה מועטה ביותר של אנרגיה והמקבלת בהשלמה את האופציה המוצגת. ניסוי שבחן זאת הציג בפני צרכני החשמל בגרמניה שלוש אופציות למקור החשמל, כאשר עובר האופציה הירוקה לא היה צורך להשיב או לעשות דבר. לאחר חודשיים 94% מהלקוחות נותרו בתכנית החשמל הירוקה, שהוצגה כתכנית ברירת המחדל (Pichert & Katsikopoulos, 2008).

שימוש בנורמות חברתיות מסייעות להכווין אנשים לפעולה על פי התפיסה החברתית והקהילתית שלהם. כיוון שהאדם הוא יצור חברתי המושפע באופן עז מנורמות חברתיות, ניתן לעשות שימוש במסרים אלו כדי להגדיש ולכוון אל עבר ההתנהגות הרצויה. כדי שההתערבות תעבוד יש צורך להדגיש את הנורמה החברתית באופן ברור. בניסוי שנערך בנושא נשלחו לצרכני החשמל דו"ח המשווה בין צריכת החשמל והגז שלהם לזו הקודמת שלהם וגם לזו של בתים בעלי סדר גודל דומה. בתי אב "בזבזניים" שקיבלו את הדו"ח הקטינו לאורך זמן את צריכת החשמל והגז לעומת בתי אב "חסכניים" שהעלו את צריכתם (Ayres et al, 2012).

במקרים רבים מתקיימים נעשה שילוב בין אמצעי הדחיפה ובין כלי מדיניות אחרים החולקים את אותה המטרה. אמצעי הדחיפה לעיתים משמשים ככלי משלים המגביר את האפקטיביות של המדיניות הנבחרת (Sunstein and Thaler, 2008).

צמצום בזבוז מזון בעזרת אמצעי דחיפה

בתחום הסביבתי העוסק במזון, הכולל בין היתר – אכילה בריאה, השמנת יתר, בזבוז מזון ומשאבים, נעשה שימוש נרחב באמצעי דחיפה המבקשים לקדם התנהגות בריאה, מקיימת ובזבזנית פחות (Lehner et al, 2016). לאמצעי דחיפה יש פוטנציאל גבוהה לשינוי התנהגותי בתחום זה בו מרבית ההחלטות נעשות אוטומטית ומתוך הרגל, בתהליכי חשיבה מהירים ללא מחשבה מעמיקה. בנוסף על כך, מסעדות ומקומות אכילה ציבוריים, כגון בתי חולים ובתי ספר, מאפשרים סביבה נוחה להשפעה על אוכלוסיות רבות. המרחב הביתי הרבה פחות זמין להתערבות ולכן ההשפעה על הצריכה נעשית בצורה שאינה ישירה.

לאמצעי דחיפה ישנם פוטנציאל גבוה במיוחד בתחום זה בשל הרווח או החיסכון הכלכלי שהם מאפשרים בעסקי ההסעדה. אמצעי דחיפה שהינם זולים ופשוטים יכולים ביחד עם צמצום בזבוז להקטין את העלויות

והמשאבים המושקעים מצד עסקי ההסעדה, כך שפתרונות מסוג זה מאפשרות רווח כפול ממנו נהנים כל הצדדים.

אמצעי הדחיפה הדומיננטיים בתחום בזבז המזון משתייכים לשתי הקטגוריות הבאות: שינוי בסביבה הפיזית ומסגור ופשוט של מידע (Nielsen et al, 2017).

הפופולריות של אמצעי הדחיפה הפיזיים היא בשל ההשפעה הנרחבת שיש לנראות, לתצוגה ולחוויה של מזון על התנהגות הצריכה שלנו. הביטוי "לאכול עם העיניים" מבטא בצורה הטובה ביותר את הקשר הפיזי ההדוק של מזון עם מערכת קבלת החלטות של האדם. נוסף לכך הקושי בהערכת כמות הנחשבת לנורמלית, הערכה הנעשית באופן יחסי ולרוב מוטעה ומניעה לקבלת החלטות שגויות (Lehner et al, 2016).

נוסף על כך נעשה שימוש באמצעי דחיפה מסוג 'פשוט ומסגור מידע' המאפשרים לפשט את המסר העובר על הצרכן ולהשפיע על התנהגותו האוטומטית. דוגמא נפוצה לכך היא התוויות על גבי אריזות מזון המבקשות להשפיע בתהליך הרכישה, צריכה והשלכה של המוצר. מסרים פשוטים בנושא בסביבת צריכת המזון או בתהליך הקנייה יכולים להשפיע על אופי הצריכה והבזבז של המזון (Lehner et al, 2016). לעיתים מדגישים המסרים נורמות חברתיות והגדרת התנהגות נורמלית ביחס למזון, כדי לגרום לאנשים לבזבז פחות.

מחקר מקיף בנושא שבחן מספר אסטרטגיות של אמצעי דחיפה נערך בידי החוקרים השבדים Kallbekken ו-Sælen (2013). החוקרים בחנו את השפעת השימוש באמצעי דחיפה על שינוי בהתנהגות מבזבזת מזון. בניסוי שנערך במלון הם השתמשו בשני אמצעי דחיפה – הקטנת גודל הצלחת ושימוש בשלט המעודד להימנע מהעמסת יתר של הצלחת.

הקטנת גודל הצלחת, היווה אמצעי דחיפה פיזי, ביחס אליה מגדיר לעצמו הסועד מהו גודל מנה הנחשב ל'נורמלי'. בניסוי הקטינו החוקרים את גודל הצלחת מקוטר של 24 סנטימטר לקוטר של 21 סנטימטר.

שימוש בשלט היווה אמצעי דחיפה מסוג פשוט ומסגור מידע, אשר עושה שימוש בנורמות חברתיות. על השלט הופיע המסר: 'Welcome back! Again and again! Visit our buffet many times. That's better than taking a lot once.' המתריע בפני הסועדים מהי ההתנהגות המקובלת חברתית: לשוב ולקחת מזון מהמזנון מספר רב של פעמים, ככל שיחפצו, אך לא לקחת יותר מדי בבת אחת, מה שיוביל לבזבז מזון. השלט הוצג בקפיטריה בשפות שונות.

הניסוי נערך ב-52 מסעדות של מלונות, כאשר 7 מלונות עשו שימוש באמצעי הראשון, 7 בשני ושאר המלונות שימשו כקבוצת ביקורת. הממצאים הורו ששתי השיטות סייעו בהפחתת בזבז מזון, כאשר שימוש באמצעי הפיזי הפחית את שיעור בזבז המזון ב-19.5% והשימוש בשלט הפחית ב-20%. הנתונים הראו כי הקטנת הצלחת ב-1 סנטימטר הפחית את בזבז המזון ב-2.5 קילוגרם. הניסוי הוכיח כי אמצעי דחיפה יכולים להיות יעילים בהפחתת בזבז מזון במלונות.

שאלות המחקר

המחקר המוצע מבקש לענות על שאלות המחקר הבאות:

האם שילוט אינפורמטיבי ואמצעי דחיפה בנוגע לבזבז מזון משפיעים על שינוי בהתנהגות?

- איזו מבין האסטרטגיות יעילה יותר בהפחתת בזבז מזון?
- לאיזו מבין האסטרטגיות השפעה ארוכת טווח רבה יותר?

מטרות המחקר

מטרת המחקר לבחון באיזו מידה, אם בכלל, ישפיעו שלטים בעלי אינפורמציה בנוגע לבזבז מזון, תחילה על המודעות והידע של הסועדים בתחום בזבז המזון, ושנית, על ההנעה להפחתת הבזבז וזריקת מזון בתום הארוחה.

ברצוננו לבחון האם העברת אינפורמציה והגברת המודעות בנוגע לבזבז מזון הינה משמעותית לשינוי הרגלים והתנהגות, והאם היא יכולה להוות גורם אפשרי להפחתת בזבז המזון בקרב הנחשפים למידע.

בירור שאלה זו יאפשר לנו למצוא את הכלים הנכונים ביותר להנעת שינוי התנהגות בקרב הסועדים, כך שיזרקו פחות מזון בתום ארוחתם, דבר אשר יאפשר הפחתה של בזבז המזון הנחוה ברמה המקומית והעולמית. כמו כן, במידה ותימצא דרך יעילה לשינוי התנהגות על ידי העברת מידע, ניתן יהיה ליישם את הדבר גם למוקדים נוספים, כגון קפיטריות בבתי חולים, בבתי מלון ועוד.

השערות

אמצעי דחיפה, הכולל שימוש בשלט המבקש להפחית כמות המזון אשר הסועד מניח בצלחתו, והעלאת המודעות צפויים להיות אמצעים אפקטיביים בצמצום כמות המזון המבזבזת בקפיטריה בקמפוס, בהשוואה לקפיטריה בה לא ננקטים אמצעים אלו, זאת לאור הסקירה הספרותית המראה כי מידע חדש עשוי להשפיע על עמדות, אשר בתורן משפיעות על התנהגות ושינויים בסביבה ובמרחב קבלת ההחלטות מגבירה את הסיכויים לשינוי התנהגות ובחירת התנהגות אלטרנטיבית (Steg & Vlek, 2009; Sunstein & Thaler, 2008).

בהשוואה בניהם אסטרטגיות של אמצעי דחיפה יהיו חזקות יותר בשינוי ההתנהגות לעומת אסטרטגיות של שילוט אינפורמטיבי. השערה זו מתבססת על מחקרם של Whitehair, Shanklin & Brannon (2013), אשר ביקשו לבדוק את השפעתם של שני סוגי ההתערבויות על הפחתת בזבז המזון. הם בדקו את ההשפעה של אמצעי דחיפה, ולאחר מכן הוסיפו התערבות של שילוט אינפורמטיבי, כאשר הוספה זו

לא הפחיתה את כמות האוכל המתבזבז. בעקבות כך אנו משערים כי בנושא זה, להתערבות אמצעי דחיפה תהיה השפעה חזקה יותר משילוט אינפורמטיבי.

בבחינת השפעה ארוכת טווח, לשילוט אינפורמטיבי תהיה השפעה חזקה יותר לאורך זמן, לעומת אמצעי דחיפה, כיוון שאסטרטגיות אינפורמטיביות מיועדות לשנות תפיסה, נורמות ועמדות, כך ששינוי בבחירת ההתנהגות יושבת על מערכות יציבות וחזקות ושינויים בהן הינן יותר יציבות לאורך זמן (Steg & Vlek, 2009; Kahneman, 2011), זאת לעומת אמצעי דחיפה, אשר פועלים על המערכת האוטומטית ומטרתן לכוון את הפרט לבצע בחירה באופן כמעט אוטומטי על ידי שינוי התשתית או הסביבה בה הוא פועל (Mont et al, 2014). על כן, ייתכן כי בעת הסרת אמצעי הדחיפה הפרט יחזור להתנהגותו הקודמת, שכן הגורם החיצוני המעורר את התגובה האוטומטית כבר לא מספק הדרכה ותזכורת וההתנהגות עדיין לא טבועה בהרגליו של הפרט.

שיטות

המחקר המתוכנן ייערך בשלוש קפיטריות המגישות מזון, במתחם אוניברסיטת תל אביב. קהל היעד העיקרי של הקפיטריות הינו סטודנטים הלומדים בקמפוס. הקפיטריות המשתתפות במחקר מאפשרות הגשה עצמית של המזון, בסגנון 'בופה', כך שהסועדים הם האחראיים על כמות המזון הנמצאת בצלחת. הקפיטריות ממוקמות במרחק העולה על 20 דקות זמן, כדי למנוע שיבוש בנתוני המחקר.

בכל אחת מהקפיטריות יתבצע המחקר בשלושת השלבים הבאים:

- בשלב הראשון יוצבו פחים המיועדים לאיסוף שאריות מזון בקפיטריה, כך שיתאפשר לבחון את דפוסי השלכת המזון הקיימים בכל קפיטריה הנבדקת.
- בשלב השני תתבצע התערבות בדוגמת שלטים, בקפיטריה האחת שימוש בשלט אינפורמטיבי מעורר מודעות להפחתת בזבז מזון, ובקפיטריה השנייה שלט טקסט פשוט המכוון להתנהגות (אמצעי דחיפה) והם יוצגו בקפיטריה לתקופה של חודשיים. בקפיטריה השלישית לא תתבצע התערבות והיא תשמש כבקרה.
- בשלב השלישי יוסרו השלטים, במשך חודש, לאחר תקופה זו יתבצעו שוב מדידות בשלושת הקפיטריות במשך חודש, לבדיקת השפעת ההתערבות בטווח הארוך.

איסוף מידע

איסוף המידע יתבצע באופן כמותי. תבצע שקילה של שאריות המזון בכל סוף יום במשך הזמן המצוין בכל שלב.

כדי לקבוע את כמות המזון המתבזבז בכל קפיטריה תתבצע שקילה כמותית של שאריות המזון בסוף כל יום. כדי להפריד את שאריות המזון משאר הפסולת יוקצה פח מיוחד בכל קפיטריה בצבע המבדיל אותו משאר הפחים עם שלט מתאים המגדיר אותו כפח לשאריות מזון בלבד. עובדי הקפיטריה יעברו הכשרה קצרה בה יתבקשו להורות לסועדים לזרוק את שאריות המזון לפח זה בלבד.

בסוף כל יום שקית שאריות האוכל תיאסף תישקל בעזרת משקל אלקטרוני ויתבצע רישום מפורט. כדי לכייל את משקל המזון המבזבז ולהתאימו למספר הסועדים אשר פקדו כל קפיטריה יאספו נתוני קופה בסוף כל יום. 'סועד' יוגדר כמי שהזמין לפחות פריט מזון אחד.

חומרים וכלים

המחקר יעשה שימוש בחומרים ובכלים הבאים:

- פחים ייעודיים בצבע חום עם שלט "פח לשאריות מזון בלבד"
- משקל אלקטרוני
- מצלמה לתיעד
- שלט עם מסר טקסט פשוט המבקש להפחית את בזבז המזון
- שלט אינפורמטיבי ומפורט המבקש לעורר מודעות להפחתת מזון

לסיכום

בזבז מזון הינה תופעה חמורה בעלת השלכות סביבתיות רבות, הכוללות בין היתר - זיהום אויר, הגברת פליטות גזי חממה, בזבז משאבי מים וקרקע ועוד. מזון הינו גורם בסיסי בהישרדות המין האנושי, אך כך גם משאבי הטבע ההולכים ואוזלים, ועל כן חייבים להתמודד עם תופעת בזבז המזון ולצמצמה ככל הניתן. בבעיה מסוג זה הישענות על פתרונות טכנולוגיים אינה מספיקה ויש לנסות לפתור אותה על ידי התמודדות עם הגורם האנושי. האדם הינו יצור מורכב ומסובך, המקבל החלטות ומבצע בחירות בעזרת מערכות רבות הפועלות יחד.

בשל ההשפעה העצומה שיש להתנהגות האנושית על מרכיבי הסביבה הטבעית ומשאביה חשוב להמשיך לחקור ולהבין את מערכת ההתנהגות האנושית וכיצד ניתן להשפיע עליה בצורה האפקטיבית ביותר, בכדי להכווין את האנשים להתנהגות מקיימת וסביבתית יותר. הכלים שהועלו במסגרת העבודה מאפשרים להשפיע על מערכות שונות של קבלת החלטות, וייתכן שאף מדובר בכלים משלימים אשר שילובם יכול להוביל לתוצאות טובות ומקיפות בשינוי ההתנהגות. יש צורך במחקר נוסף בתחום הבוחן זאת ומציע לשלב מספר כלים על מנת למקסם את השפעה האפשרית, כיוון שאנו מאמינים כי הפתרון האמיתי לבעיות הסביבה טמון בהון האנושי ובכוחו היכולת להטות את הכף לחיים בעולם בר קיימא ובר המשכיות עבור הדורות הבאים.

ביבליוגרפיה

1. Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In *Action control* (pp. 11-39). Springer Berlin Heidelberg.
2. Ajzen, I., & Madden, T. J. (1986). Prediction of goal-directed behavior: Attitudes, intentions and perceived behavioral control. *Journal of Personality and Social Psychology*, 22, 453–474.
3. Albarracín, D., Gillette, J. C., Earl, A. N., Glasman, L. R., Durantini, M. R., & Ho, M. H. (2005). A test of major assumptions about behavior change: a comprehensive look at the effects of passive and active HIV-prevention interventions since the beginning of the epidemic. *Psychological bulletin*, 131(6), 856.
4. Ayres, I., Raseman, S., & Shih, A. (2013). Evidence from Two Large Field Experiments that Peer Comparison Feedback Can Reduce Residential Energy Usage. *The Journal of Law, Economics, & Organization*, 29(5), 992–1022. <https://doi.org/10.1093/jleo/ews020>
5. Bamberg, S., & Möser, G. (2007). Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour. *Journal of environmental psychology*, 27(1), 14-25.
6. Betz, A., Buchli, J., Göbel, C., & Müller, C. (2015). Food waste in the Swiss food service industry—Magnitude and potential for reduction. *Waste Management*, 35, 218-226.
7. Carlsson-Kanyama, A. (1998). Climate change and dietary choices—how can emissions of greenhouse gases from food consumption be reduced?. *Food policy*, 23(3-4), 277-293.
8. Duroy, Q. M. (2005). The determinants of environmental awareness and behavior. *Journal of Environment and Development*.
9. European Commission. (2012). *FUTURE BRIEF: Green Behaviour*. Bristol.
10. Evans, D., Campbell, H., & Murcott, A. (2013). *Waste matters: new perspectives of food and society*. Wiley-Blackwell.

11. Felsen, G., Castelo, N., & Reiner, P. B. (2013). Decisional enhancement and autonomy: public attitudes towards overt and covert nudges. *Judgment and Decision Making*, 8(3), 202–213.
12. Filimonau, V., Lemmer, C., Marshall, D., & Bejjani, G. (2017). “Nudging” as an architect of more responsible consumer choice in food service provision: The role of restaurant menu design. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.010>
13. Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison Wesley.
14. Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... & Balzer, C. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337.
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/en/> (2018).
16. Friis, R., Skov, L. R., Olsen, A., Appleton, K. M., Saulais, L., Dinnella, C., ... Perez-Cueto, F. J. A. (2017). Comparison of three nudge interventions (priming, default option, and perceived variety) to promote vegetable consumption in a self-service buffet setting. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176028>
17. Gaiani, S., Caldeira, S., Adorno, V., Segrè, A., & Vittuari, M. (2017). Food wasters: Profiling consumers' attitude to waste food in Italy. *Waste Management*.
18. Gardner, G. T., & Stern, P. C. (1996). *Environmental problems and human behavior*. Allyn & Bacon.
19. Garnett, T. (2011). Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? *Food policy*, 36, S23-S32.
20. Graham-Rowe, E., Jessop, D. C., & Sparks, P. (2014). Identifying motivations and barriers to minimising household food waste. *Resources, conservation and recycling*, 84, 15-23.

21. Griffin, M., Sobal, J., & Lyson, T. A. (2009). An analysis of a community food waste stream. *Agriculture and Human Values*, 26(1-2), 67-81.
22. Gunders, D. (2012). Natural Resources Defense Council. *Wasted: How America is losing up to, 40*, 12-06.
23. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global Food Losses and Food Waste: Extent. *Causes and Prevention*, 29.
24. Hall, K. D., Guo, J., Dore, M., & Chow, C. C. (2009). The progressive increase of food waste in America and its environmental impact. *PloS one*, 4(11), e7940.
25. Halloran, A., Clement, J., Kornum, N., Bucatariu, C., & Magid, J. (2014). Addressing food waste reduction in Denmark. *Food Policy*, 49, 294-301.
26. Hansen, P. G., Skov, L. R., & Skov, K. L. (2016). Making Healthy Choices Easier: Regulation versus Nudging. *Annual Review of Public Health*. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032315-021537>
27. Heikkilä, L., Reinikainen, A., Katajajuuri, J. M., Silvennoinen, K., & Hartikainen, H. (2016). Elements affecting food waste in the food service sector. *Waste Management*, 56, 446-453.
28. Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental science & technology*, 43(16), 6414-6420.
29. House of Lords. (2011). Behaviour Change, the House of Lords.
30. Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The journal of environmental education*, 21(3), 8-21.
31. Jones, T. W. (2004). Using contemporary archaeology and applied Anthropology to understand Food Loss in the American Food System. *Tucson: Université d'Arizona Bureau of Applied Research in Anthropology*.

32. Jörissen, J., Priefer, C., & Bräutigam, K. R. (2015). Food waste generation at household level: results of a survey among employees of two European research centers in Italy and Germany. *Sustainability*, 7(3), 2695-2715.
33. Juvan, E., Grün, B., & Dolnicar, S. (2018). Biting off more than we can chew. *Journal of Travel Research*, 57(2), 232–242.
<https://doi.org/10.1177/0047287516688321>
34. Kallbekken, S., & Sælen, H. (2013). “Nudging” hotel guests to reduce food waste as a win-win environmental measure. *Economics Letters*.
<https://doi.org/10.1016/j.econlet.2013.03.019>
Vlek, C., & Steg, L. (2007). Human Behavior and Environmental Sustainability: Problems, Driving Forces, and Research Topics. *Journal of social issues*, 63(1), 1-19.
35. Kallbekken, S., Sælen, H., & Hermansen, E. (2013). Bridging the Energy Efficiency Gap: A Field Experiment on Lifetime Energy Costs and Household Appliances. *Journal of Consumer Policy*, 36(1), 1–16.
<https://doi.org/10.1007/s10603-012-9211-z>
36. Kang, N. N., Cho, S. H., & Kim, J. T. (2012). The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior. *Energy and Buildings*, 46, 112-122.
37. Katajajuuri, J. M., Silvennoinen, K., Hartikainen, H., Heikkilä, L., & Reinikainen, A. (2014). Food waste in the Finnish food chain. *Journal of Cleaner Production*, 73, 322-329.
38. Koger, S. M., & Winter, D. D. (2011). *The psychology of environmental problems: Psychology for sustainability*. Psychology press.
39. Küng, J., Hilty, L., & Saner, P. (2015). Identifying and evaluating plate waste reduction potentials at a Swiss university canteen. University of Zurich.
40. LaVela, S. L., Cameron, K. A., Priebe, M., & Weaver, F. M. (2008). Development and testing of a vaccination message targeted to persons with spinal cord injuries and disorders. *The journal of spinal cord medicine*, 31(1), 44-52.

41. Lehner, M., Mont, O., & Heiskanen, E. (2016). Nudging e A promising tool for sustainable consumption behaviour? *Journal of Cleaner Production*, 134, 166–177. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.086>
42. Lyndhurst, B., Cox, J., & Downing, P. (2007). Food behaviour consumer research: quantitative phase. *WRAP: Banbury, UK*.
43. Lynham, J., Nitta, K., Saijo, T., & Tarui, N. (2016). Why does real-time information reduce energy consumption? *Energy Economics*, 54, 173.
44. Marteau, T. M., Ogilvie, D., Roland, M., Suhrcke, M., & Kelly, M. P. (2011). Judging nudging: Can nudging improve population health? *BMJ*. <https://doi.org/10.1136/bmj.d228>
45. Melikoglu, M., Lin, C., & Webb, C. (2013). Analysing global food waste problem: pinpointing the facts and estimating the energy content. *Open Engineering*, 3(2), 157-164.
46. Midden, C. J., Kaiser, F. G., & Teddy McCalley, L. (2007). Technology's four roles in understanding individuals' conservation of natural resources. *Journal of Social Issues*, 63(1), 155-174.
47. Miroso, M., Munro, H., Mangan-Walker, E., & Pearson, D. (2016). Reducing waste of food left on plates. *British Food Journal*, 118(9), 2326–2343. <https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2015-0460>
48. Mont, O., Lehner, M., & Heiskanen, E. (2014). Nudging A tool for sustainable behaviour? Stockholm: Naturvårdsverket.
49. Nielsen, Anne Sofie Elberg ; Sand, Henrik ; Sørensen, Pernille ; Knutsson, Mikael ; Martinsson, Peter ; Persson, Emil ; Wollbrant, C. (2017). Nudging and pro-environmental behaviour. TemaNord : Copenhagen: Nordisk Ministerråd. <https://doi.org/10.6027/TN2016-553>
50. Ölander, F., & Thøgersen, J. (2014). Informing Versus Nudging in Environmental Policy. *Journal of Consumer Policy*, 37(3), 341–356. <https://doi.org/10.1007/s10603-014-9256-2>
51. Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to

2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 3065-3081.
52. Reisch Lucia, & Gwozdz, W. (2013). Smart Defaults and Soft Nudges: How Insights from Behavioral Economics can Inform Effective Nutrition Policy. In K. B. Joachim Scholderer (Ed.), *Marketing, Food and the Consumer: Festschrift in Honour of Klaus G. Grunert* (pp. 189–200). Harlow: Pearson Education Ltd.
53. Reisch, L. A., & Oehler, A. (2009). Behavioral Economics: Eine neue Grundlage für die Verbraucherpolitik? *Vierteljahrshefte Zur Wirtschaftsforschung*, 78(3), 30–43. <https://doi.org/10.3790/vjh.78.3.30>
54. Romani, S., Grappi, S., Bagozzi, R. P., & Barone, A. M. (2018). Domestic food practices: A study of food management behaviors and the role of food preparation planning in reducing waste. *Appetite*, 121, 215-227.
55. Rothman, A. J., & Salovey, P. (1997). Shaping perceptions to motivate healthy behavior: the role of message framing. *Psychological bulletin*, 121(1), 3.
56. Sheeran, P., Trafimow, D., & Armitage, C. J. (2003). Predicting behaviour from perceived behavioural control: Tests of the accuracy assumption of the theory of planned behaviour. *British Journal of Social Psychology*, 42, 393–410.
57. Steg, L., & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *Journal of environmental psychology*, 29(3), 309-317.
58. Sunstein, C. R. (2014). *Why Nudge? : The Politics of Libertarian Paternalism*. New Haven: Yale University Press. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tau/detail.action?docID=3421412>.
59. Suter, G. (2008). Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness: By Richard H. Thaler, Cass R. Sunstein. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 4(4), 525–526. <https://doi.org/10.1002/ieam.5630040426>

60. Todd, M., & Hawkins, R. (2001). *Waste counts: A handbook for accommodation operators*. Oxford Brookes University, Centre for Environmental Studies in the Hospitality Industry, Department of Hospitality, Leisure & Tourism Management, Business School.
61. Triandis, H. C. (1980). Values, attitudes, and interpersonal behavior. In H. E. Howe, Jr. & M. Page (Eds.), *Nebraska symposium of motivation* (Vol. 27, pp. 195–259). Lincoln: University of Nebraska Press.
62. Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211(4481), 453-458.
63. Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and uncertainty*, 5(4), 297-323.
64. UNEP, 2012. *Global environment outlook 5 – summary for policy makers*. UNEP, Nairobi.
65. Verplanken, B., & Wood, W. (2006). Interventions to Break and Create Consumer Habits. *Journal of Public Policy & Marketing*, 25(1), 90–103. <https://doi.org/10.1509/jppm.25.1.90>
66. Warp, 2011. *The Consumption of Waste Disposed by UK Hospitality*, pp. 129.
67. Whitehair, K. J., Shanklin, C. W., & Brannon, L. A. (2013). Written messages improve edible Food waste behaviors in a university dining facility. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113(1), 63-69.
68. Wicker, A. W. (1969). Attitudes versus actions: The relationship of verbal and overt behavioral responses to attitude objects. *Journal of Social Issues*, 25, 41–78.
69. אובדן מזון והצלת מזון בישראל – היבטים כלכליים, חברתיים, סביבתיים, לקט ישראל, 2016.

האם ניתן לגדל תפוח אדמה על אדמת מאדים?



מנחה:

עידית מלמד-חבין

מגישים:

ג'ודי לקס 060467297, דניאל צחור 200823920, ברק בנדר 039796651

קורס פרויקטים בחקר הסביבה

1	_____	1. תקציר
2-15	_____	2. מבוא
??-16	_____	3. מטרות המחקר
16-33		3.1 מטרת המחקר
16-1		3.2 תרומת המחקר וחשיבותו
16-17		3.3 המוטיבציה לחקר היתכנות חקלאות על כוכב לכת מאדים
??-16	_____	4. סקירת ספרות
17-18		4.1 תנאי הסביבה במאדים
15-15		4.1.1 מאדים – תנאי הכוכב האדום
		4.1.2 השפעות תנאי הסביבה במאדים על אורגניזמים וצמחים
		15-15
		4.2 תפוח אדמה – המוטיבציה לבחירה בו כמועמד מתאים
17-18		4.2.1 מידע על תפו"א
17-18		4.2.2 דמות מדמה לאדמת מאדים
17-18		4.2.3 סקירת גידולי תפו"א בסביבה דומה למאדים
17-18		4.3 חקלאות בת קיימא
17-18		4.3.1 בחירת האדמה המתאימה ביותר לגידול תפוח אדמה
17-18		4.3.2 החיידקים המתאימים להעשרת המשאבים הדרושים לקיום חיים במאדים
17-18		4.3.3 מבט לעתיד - האם יתאפשרו חיים על פני מאדים וכיצד
??-16	_____	5. שאלות המחקר
??-16	_____	6. שיטות המחקר

7. השערות המחקר _____ ??-16
8. תוצאות סקירת נתונים _____ ??-16
9. מסקנות ודין _____ ??-16
10. ביבליוגרפיה _____ ??-16

1. תקציר

מטרת המחקר שלנו היא להביא לפריצות דרך נוספות בדרך להצלחת ביסוס ההיתכנות לגדל מזון על פני כוכב הלכת מאדים. בעבודתנו אנו מתרכזים בתפוח אדמה כצמח בעל מאפיינים חשובים כמועמד מוביל להיות הצמח הראשון שיהיה זה שיצליח לגדל בתנאי קיצון משמעותיים ויהווה בסיס לגידולים נוספים ושונים. במחקרנו נבחן כיצד לקיים חקלאות בת קיימא שתבצע שימוש נכון וחוזר במשאבים על מנת לנצלם לטובת מחזורי הגידול הבאים.

על מנת לקדם את המחקר בתחום ביקשנו להבין מהם פערי הידע בתחום ועל ראשית סקרנו את הידע הקיים בנושא, הדרוש לנו להבין מהם התנאים איתם יהיה עלינו להתמודד ומהם האתגרים שלפנינו. לעניין זה ישנן 3 מוקדים מרכזיים – תנאי הסביבה במאדים והשוני מאלו שבכדור הארץ, מאפייני גידול תפוח"א – דרישות ועמידות וכן חקלאות בת קיימא לבסיסו גידולי מזון על מאדים כדבר שאיננו חד פעמי.

לבסוף, הצענו מס' כיווני מחקר חדשניים שיצעידו את הידע בנושא קדימה ויוכלו להועיל ולקדם את המחקר בתחום, בכדי לבצע מערכי ניסויים מהם נוכל להסיק מסקנות ולבחור את הזנים המתאימים ביותר למעבר למאדים.

מרגע שהתבססה יכולת המין האנושי להגיע ליעדים בחלל, היה זה חלום מרתק להגיע לכוכב הלכת מאדים. יש אומרים כי לאחר נחיתתם של ניל ארמסטרונג ובאז אולדרין על הירח במשימת אפולו 11 בשנת 1969 היתה תחושה כי יעברו שנים בודדות והאדם יכבוש את מאדים, כוכב הלכת הנגיש ביותר במע' השמש, המרוחק כ-225 מיליון ק"מ בממוצע מכדור הארץ.

עם זאת, מאז חלפו כבר כמה עשורים והדבר עדיין לא נעשה. אולם הידע שצברנו בעבור השנים הוא רחב – ומגיע מתצפיות, חלליות שנעו במסלול סביב מאדים וכן גשושיות שנחתו עליו ואף הביאו חזרה דגימות קרקע, כגון וייקינג ופאת'פינדר.

לאחרונה, ובמיוחד לאחר שבשנת 2015 נמצאו הוכחות לכך שמים במצב נוזלי נעים על פני מאדים – תגלית חיונית עבור המאמץ ליישב את הכוכב בבני אדם, נראה שהשאיפה להנחית בני אדם על מאדים תופסת תאוצה, הן ע"י מיזמים ממשלתיים כמו בהובלת נאס"א שמשקיעה בכך משאבים אדירים³⁹ והן ע"י יוזמות פרטיות.

כאשר בני האדם יתיישבו על מאדים הם יצטרכו, מטבע הדברים, אספקה שוטפת של מזון. למרות שניתן להטיס מזון למאדים – הרי שמדובר יהיה בכמויות קטנות. על מנת לבסס חברה שיכולה להתקיים ללא תלות במשלוחים המגיעים מכדור הארץ – עלינו למצוא דרך לגדל מזון על פני הכוכב עצמו, תוך שימוש מקסימלי במשאבים המקומיים העומדים לרשותנו.

אנו יודעים ממחקרים קודמים⁴⁰ כי למרות שבמדובר בקרקע בעייתית מבחינת מאפיינים – ישנם ניסויים שהצליחו לגדל צמחים באדמה המדמה אדמה זו, בקנה מידה קטן. בנוסף, כבר כיום מגדלים בתחנות חלל מיני גידולים למזון במעבדת Veggie בהצלחה רבה. עם זאת, ישנן עדיין שאלות רבות שנותרו פתוחות בנוגע למידת הייצוג האמיתית של אדמות מדמה אלו לאדמת מאדים, מבחינת כושר נשיאת מים ומאפיינים נוספים.

קידום מחקר ופיתוח בתחום גידולי מזון במאדים יאפשר פיתוח מערכות שיתמכו במסעות לכוכבי לכת מרוחקים וכן יהיו אחד מהתנאים הנדרשים לפיצוח על מנת לבסס את היכולת של המין האנושי לאייש את מאדים - בדגש על מע' בנות קיימא.

המוטיבציה לחקור את מאדים ולאייש את הכוכב מובילה למחקר משמעותי של גידולי מזון בתנאי קיצון. מחקרים אלו עשויים להביא לפריצות דרך שהחשיבות שלהן גדולה, לא רק בכוכב האדום, אלא גם בכדור הארץ, לנוכח האתגרים העומדים לפנינו מבחינת שינויי אקלים ואוכלוסיית כדור"א הגדלה.

פריצות דרך במחקרים שיובילו לתפוקות גדולות יותר של מזון בתנאים קיצוניים – לחות נמוכה, חום, הבדלי טמפרטורות קיצוניים, קרקע דלילה בניוטריאנטים וכו' – עשויה להביא תועלת רבה לחקלאות שנמצאת כבר כיום בהתמודדות עם אקלים מתחמם, דלדול קרקעות ועוד.

3. מטרת המחקר

3.1 מטרת המחקר

מחקרנו בא לבחון את היכולת לקיים מערכת מקיימת להזנת בני האדם על פני כוכב הלכת מאדים תוך שימוש בתפוחי אדמה כמקרה בוחן. הסיבה לבחירה בתפוחי אדמה היא עובדת היותם צמח עמיד במיוחד, שמצליח לגדול בתנאי סביבה וקרקע שונים ובאמתחתנו אלפי מינים שונים של תפוחי אדמה שניתן לבצע בהם הכלאות ליצירת הזן המתאים ביותר לצורך משימתנו. בנוסף, תפוחי אדמה הוא בעל ערכים תזונתיים גבוהים ויצרנות גבוהה מבחינת שימוש במשאבי מים וקרקע. כל זאת הובילו אותנו (ואת נאס"א) לבחור בו כמועמד המתאים ביותר למשימתנו.

3.2 תרומת המחקר וחשיבותו

- מחקר לקידום חזית המדע בידע על פלנטות אחרות
- קידום מחקר ופיתוח מערכות המאפשרות קיום חיים בכוכבי לכת אחרים ומערכות בנות קיימות המשתמשות באופן מקיים ומיטבי במשאבים.
- ביסוס היכולת לבצע ממסעות ממושכים בחלל מבחינת אספקת מזון לאסטרונוטים.
- ביסוס היכולת לאייש כוכבי לכת נוספים באמצעות חקלאות ברת קיימא.
- הצעות לכיווני מחקר נוספים היכולים להעשיר תחומים רבים: חקלאות, התמודדות עם תנאי סביבה קשים לגידולים, התמודדות עם מזהמים, אנרגיה ירוקה וכו', למען שיפור תנאי המחיה והורדת הפגיעה במשאבים בכדה"א.

3.3 המוטיבציה לחקר היתכנות חקלאות על כוכב לכת מאדים

ע"פ הדוח של הפאנל הממשלתי לשינויי אקלים (IPCC – Intergovernmental Panel for Climate Change) סבירות גבוהה היא שהחיים על פני כדור הארץ, צפויים להפוך למאתגרים במיוחד בעתיד הלא רחוק.²⁵ בתוך כמה עשרות שנים בלבד, חלקים מכדה"א צפויים להיות בלתי אפשריים ליישוב בשל שינויי האקלים הנובעים מההתחממות הגלובלית.

המדידות האחרונות מראות כי החל משנת 1998 כדה"א מתחמם פי 2 יותר מהר ממה שצפו המדענים²⁸ ולאחרונה התנתק הקרחון הגדול ביותר שנצפה מאז החלו תצפיות – לארסן C - מאנטרקטיקה, קרחון בגודל של שלישי ממדינת ישראל שצף במימי האוקיינוס הדרומי.

אזור הקוטב הצפוני מתחמם והאדמה הקפואה, הקרויה תרמה-פרוסט, החלה להפשיר. מצב זה העלה לאחרונה שאלה חדשה שלא דנו בה עד כה - ההשלכות האפשריות שייגרמו כתוצאה מהפשרת התרמה-פרוסט: אדמה זו כולאת בתוכה 1.8 טריליון טון של פחמן, יותר מפי 2 ממה שיש כרגע בכל האטמוספירה. ההפשרה גורמת לשחרור הפחמן הכלוא בצורת מתאן, שהינו גז חממה יעיל פי 23 מגז הפחמן הדו חמצני בחימום האטמוספירה.

שינויי האקלים יביאו להתחממות הקטבים ולהפשרת הקרחונים בקטבים. הקרח המופשר שאיננו קרח ימי (הנמצא באנטרקטיקה) יביא לתוספת מים משמעותית לאוקיינוס ובכך צפוי להביא לעליית מפלס האוקיינוס. עלייה זו צפויה, בהיעדר מחסומים מלאכותיים לחסימת המים, להציף ערים השוכנות קרוב לאוקיינוס – ובתוך כך, ערים כגון מיאמי ובנגלדש צפויות להיות שקועות מתחת למים בתוך כמאה שנים. לאור העובדה שרוב אוכלוסיית העולם מתגוררת לצד החופים – וכן כ-600 מיליון איש גרים במרחק של עד 10 מטרים מהים – מדובר בבעיה משמעותית.

על פי דו"ח IPCC היעד לצמצום פליטות הפחמן הדו חמצני עליו ישנה הסכמת המדינות המשתתפות בהסכם אמור להביא למקסימום התחממות גלובלית של 2 מעלות צלסיוס בלבד. עם זאת, ישנה וודאות נמוכה לכך שיעד זה אכן יושג. הצפי העליון של התחזיות עומד על 8 מעלות וזה בלי לקחת בחשבון את סוגיית הפשרת התרמה-פרוסט, ירידה באלבדו (כמות החזר קרינת השמש לחלל שתלוי בצבע המשטח – ככל שהוא בהיר יותר – ההחזר גבוה יותר).

גרף מס - 1 גובה מפלס הים במטרים עד כה ותחזית לעתיד לפי מודלים שונים. מקור IPCC :

הקרחונים הבהירים שהולכים ונעלמים מורידים את האלבדו ולכן יותר קרינת שמש נספגת בכדה"א) ותוספת כיסוי העננים שתגביר

את אפקט החממה²⁵.

למרות שרובנו מכירים את ההכחדה האחרונה בלבד המפורסמת בשל הכחדת הדינוזאורים וככל הנראה נגרמה עקב פגיעת אסטרואיד בכדה"א, לפני הכחדה זו היו עוד 4 הכחדות מאסיביות כאשר ככל הידוע לנו עד כה – כולן נגרמו בשל שינויי אקלים שנגרמו בשל גזי חממה. הקיצוני שבהם התרחש לפני 252 מיליון שנים כאשר פחמן דו חמצני חימם את כדה"א ב-5 מעלות והוביל להכחדה של 97% מהחי והצומח. בכדי לסבר את האוזן – כיום אנחנו מוסיפים פחמן דו חמצני לאטמוספירה בקצב מוגבר עוד יותר מהקצב שהיה בתקופה ההכחדה היא.

גרף מס - 2' תחזיות הטמפרטורה הגלובלית הממוצעת לפי מודלים שונים. מקור IPCC:

לשינויי האקלים וההתחממות הגלובלית ישנן כמה

השלכות, ביניהן חום בלתי נסבל לגוף האנושי ולחי, עליית מפלס האוקיינוסים, הגירה מאסיבית ממדינות הסובלות מבצורות, עליית מפלס הים וכדומה, מזג אוויר קיצוני, עליית חומציות האוקיינוסים והלבנת אלמוגים, כריתת יערות, צמצום בייבול המזון, מגיפות וקונפליקטים בין מדינות.²⁵

החל מ-1980 ישנן עדויות לגידול של כ-50 סדרי גודל באירועי החום הקיצוניים על פני כדה"א. הקייצים החמים ביותר באירופה התרחשו כולם בשנים האחרונות ובקרוב, לפי דו"ח ה-IPCC, יהיו ימים בהם יהיה מסוכן להסתובב בחוץ בשל החום. גם אם נגיע ליעד הנכסף של 2 מעלות התחממות בלבד, ערים כמו קולקטוה וקראצ'י בהן גרים מיליוני אנשים – יהיו לא ראויות למחיה עבור בני אדם.

השפעת ההתחממות הגלובלית על המזון עלולה להיות משמעותית. כלל האצבע מורה על כך שתפוקת היבול צונחת ב-10% על כל מעלה אחת של התחממות, יש גם הערכות שנעות בין 15%-ל-17%. המשמעות היא שכאשר

האוכלוסיה תהיה גדולה יותר ב-50% – נוכל לספק רק כ-50% פחות מזון מהיום. כמובן שאם מסתכלים על אכילת חלבונים מן החי המצב מחמיר שכן על כל קלוריה אחת של בשר המבורגר, יש להשקיע 16 קלוריות של דגנים.

אמנם ההתחממות הגלובלית עשויה להביא לכך שהתנאים באיזורים חדשים בעולם יתאימו כעת מבחינה אקלימית לגידול דגנים, אך חשוב להבין שהקרקע חסרה בכל הניוטריאנטים החשובים לכך וייקח פרק זמן של עשרות שנים להתאימה לדרישות הגידולים.

גרף מס-3' פחמן דו חמצני באטמוספירה
(חלקיקים למיליון) (מדידות ותחזיות מודלים שונים).
מקור IPCC:

יש לקחת בחשבון את נושא הבצורת גם כן – כשאנו עדים לתופעת המידבור (תופעה בה שטחים הופכים צחיחים יותר ויותר) ההולכת וגדלה. ע"פ מחקר שנעשה לאחרונה בנאס"א²⁹ – במידה ופליטות גזי החממה ימשיכו לעלות ללא שינוי מהמגמה הנוכחית, קיימת סבירות של 80% לבצורות שיימשכו עשרות שנים בדרום-מערב ומרכז ארה"ב בין השנים 2050 ו-2099. התחזיות צופות שעד 2080 אירופה, המזרח התיכון, איזורים באוסטרליה, אפריקה, דרום אמריקה וחלקים מסין יהיו במצב קבוע של בצורת. כל המקומות הללו הם איזורי הייצור המרכזיים של המזון בעולם. זוהי דאגה נוספת שיש להתחשב בה לאור העובדה שכבר כיום אנחנו מצויים בעולם בו ישנו רעב בהיקף משמעותי – דו"ח האו"ם משנת 2017 מציין כי למעלה מ-800 מיליון אנשים שנמצאים במצב של תת תזונה ברחבי העולם ומספר זה במגמת עליה.³⁰

נושא נוסף ומטריד בעניין הפשרת התרמה-פרוסט בקוטב הוא הפשרת חיידקים ומחלות שנעלמו מזמן מהעולם כגון דבר, אבעבועות שחורות ואנתרקס. מגיפות אלו יהיו חדשות לאדם ולחי ובמקרה שיש גם אדפטציות שפוגעות גם בצמחים – האדם, החי והצומח יצטרכו להתמודד עם מחלות שהם אינם מכירים.

גם בצד הכלכלי יהיו השלכות מרחיקות לכת. מאנליזות שבוצעו באוניברסיטת MIT³¹ נמצא כי כל מעלה אחת של התחממות גורמת לעלות של 1.3% בGDP (תוצר לאומי גולמי) – הנובעת בשל הפסדים הכרוכים בעליית מחירי המזון, סופות, עלות אנרגיה וכו').

הכחדת המין האנושי היא בלתי סבירה לטענת החוקרים קרפנטר ובישופ²⁶ בהתחשב ברמת האינטליגנציה שלנו והיכולת היוצאת דופן להסתגלות, החוסן, התושייה והיצירתיות של המין האנושי. לכן, הכחדה מלאה תתקיים רק בהנתן סדרה של אירועים מרכזיים שיכולים להוביל להשמדת מינים מאסיבית. דוגמה לאירועים מרכזיים כאלה יכולה לכלול מגיפה קטלנית שאיננה בשליטה, שלאחריה פגישה של אסטרואיד. 2 התרחישים הללו אינם בלתי סבירים וזו אחת הסיבות שהובילו את פרופ' סטיבן הוקינג, פיזיקאי תיאורטיקן מאוניברסיטת קיימברידג', לומר כי הישרדות האדם חייב להסתמך על למידה כיצד כדי ליישב עולמות אחרים וכי "למען הישרדות המין האנושי - חשוב לגזע האנושי להתפשט לחלל.²⁷

כל ההשלכות הללו הן אלו שהובילו את הפיסיקאי סטיבן הוקינג לומר שעלינו להתחיל ליישב פלנטות אחרות אם ברצוננו לשרוד כמין אנושי ומה שהניע את אלון מאסק להשיק את תכניתו ליישב את מאדים תוך 100-40 שנים.

מחקר של גידולים חקלאיים בתנאים קיצוניים עשוי להוביל לידע נרחב כיצד להתמודד עם ההשלכות מבחינת כל הפרמטרים החשובים לחקלאות כאשר אלו ישתנו עם הזמן. בנוסף, בשל ההגירות הצפויות בעתיד וצמצום שטחי החקלאות והפריון – חשוב שנמצא עוד מקורות לגידולים חקלאיים, זאת על מנת להצליח לספק את הדרישות ההולכות והגוברות של אוכלוסיית העולם הגדלה. אחד הפרמטרים שיהיו מהותיים בהצלחת המעבר של המין האנושי לאכלוס כוכב הלכת מאדים, תלויה ביכולתנו, בין היתר, לקיים גידולים חקלאיים באופן בר קיימא שיוכל לכלכל את תושבי הכוכב החדש.

מחקרנו מבקש לבחון כיצד ניתן יהיה לגדל זרעי תפוז"א להם יש חשיבות מבחינת תזונתית והם בעלי עמידות גבוהה בתנאים קיצוניים, בפלנטה החדשה – מאדים.

4. סקירת ספרות

4.1 תנאי הסביבה במאדים

4.1.1 תנאי הכוכב האדום

מאדים הינו הכוכב הרביעי מהשמש והכוכב השני הקטן ביותר לאחר מרקורי. מאדים נקרא ונראה אדום מרחוק, בגלל תחמוצות הברזל הרבות שנמצאות בכמויות גדולות על פני הכוכב. מאדים הינו כוכב מוצק (בשונה מכוכבי גז), ובעל אטמוספירה דקה במיוחד. הוא דומה מאד לירח שלנו בשל מכתשיו הרבים, אך בעל דמיון רב גם לכדור"א, שכן יש בו הרים, גבעות, ערוצי נחלים, עמקים, וקטבים קפואים. [1][2]

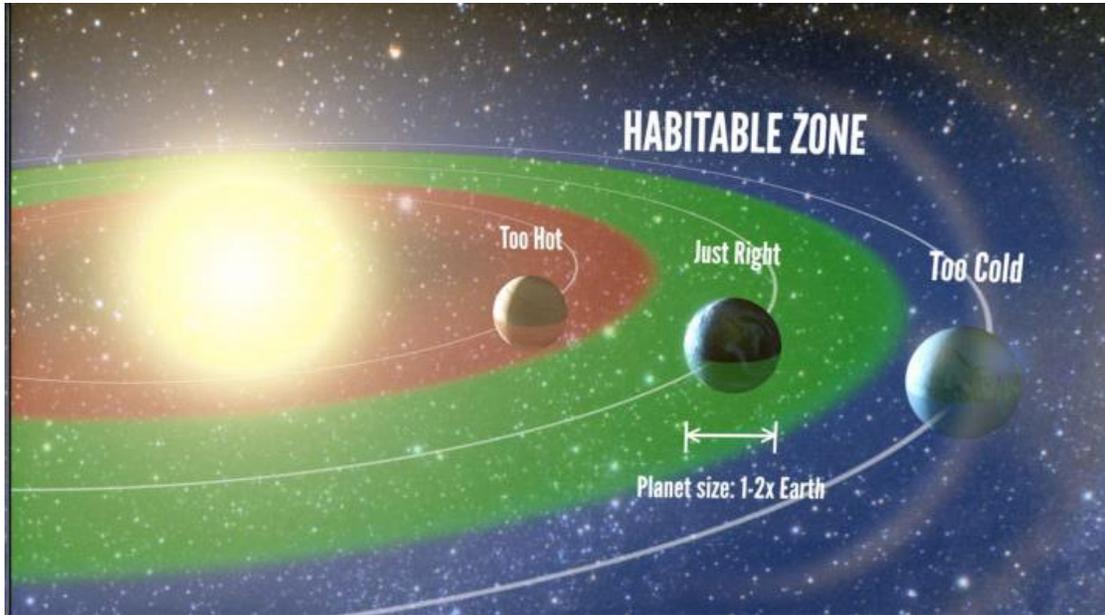
בדומה לכדור"א, גם למאדים יש עונות, בשל הטייתו ביחס לציר סיבוב סביב השמש. מאפיין נוסף הינו הר געש הגבוה ביותר במערכת השמש שלנו (Olympus Mons), שהינו גם ההר השני הכי גבוה בה.

כמו כן יש בו את אחד הקניונים הגדולים ביותר במערכת השמש (Valles Marineris).

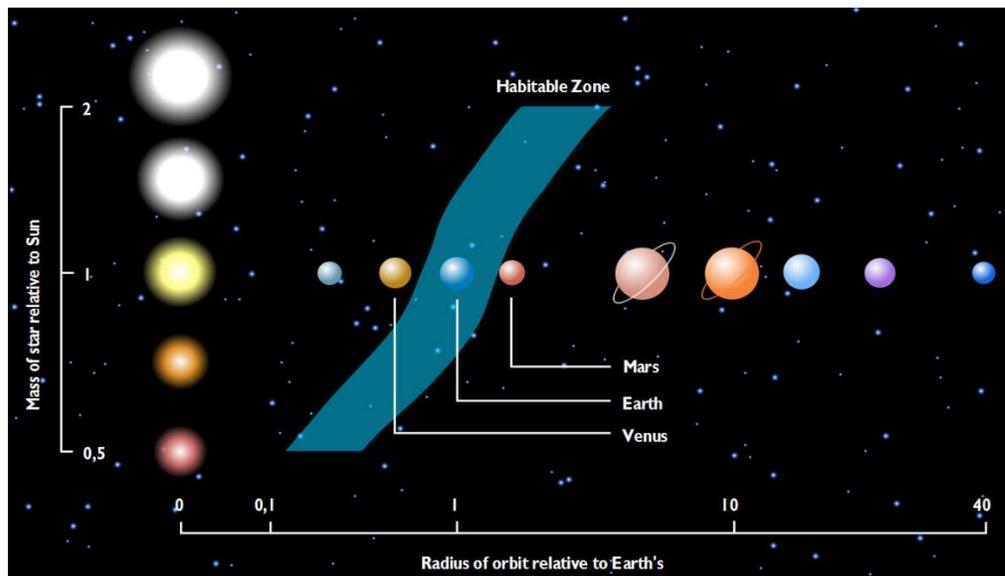
למאדים יש שני ירחים, פובוס ודמיוס, והם בעלי צורה לא ספרית ולא אחידה. [3] יש הסבורים שאלו מטאורים שנקלעו בשדה הכבידה של הכוכב.

תנאי הסביבה במאדים

המרחק של כדור הארץ מהשמש, נחשב לאחד הפרמטרים החשובים ביותר להמצאות החיים בו. כדור הארץ נמצא במה שנקרא על ידי מדענים "אזור הזהב" (Goldilocks Zone), שבו לא חם או קר מדי בכדי שמים, כפי שמדענים רבים מעריכים שהם הסיבה לקיום החיים, יהיו נזליים.



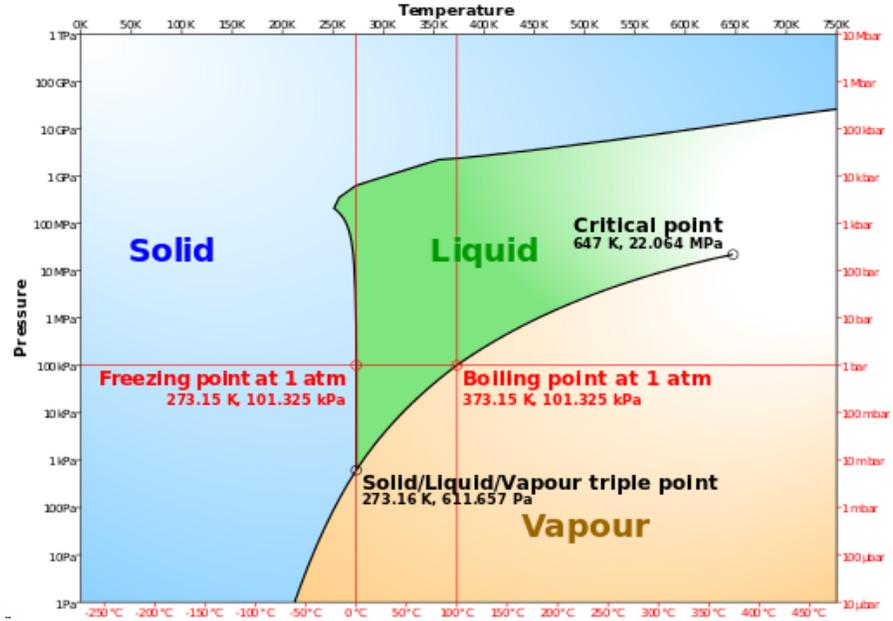
איור מס' 1 - איזור הזהב בו מים נמצאים במצב נוזל, מקור: NASA



איור מס' 2 - אזור הזהב במערכת השמש שלנו

Space.com ©

בנוסף לטמפרטורה, כפי שנית לראות בתרשים, גם ללחץ האטמוספרי יש השפעה על מצב הצבירה של המים, ולכן בשל הלחץ האטמוספרי הנמוך במאדים, שהינו כ-1% בלבד מהלחץ האטמוספרי של כדור"א, מים נוזליים לא יכולים להימצא על פני הכוכב,



איור מס' 3 - דיאגרמת פאזות של מים, מוצגים מצבי הצבירה של מים בהתאם ללחץ והטמפרטורה

בשנת 2016 דיווחה נאסא שמצאה מצבור תת קרקעי של מים קפואים בגזרת Utopia Planitia, בעל נפח של כ 12,000 קוב (שווה ערך לאגם גדול בכדור הארץ). [7] עם זאת, ייתכן וימצאו מים נוזליים במאדים בעמקים הנמוכים מאד, ולמשך תקופות קצרות, בשל הלחץ המוגבר שם.

בנוסף לכך, גם הקטבים של מאדים, מורכבים בעיקרם ממים על פי המידע שיש בידנו כעת. [4][5] במידה והיה ניתן להמיס את הקוטב הדרומי של מאדים, הקרח המומס היה מכסה את כל פניו של הכוכב במים בעומק של 11 מטרים. [6]

נתונים טכניים:

קוטרו של מאדים הוא כמחצית קוטרו של כדה"א.
 שטח פניו של מאדים מעט קטן יותר משל כל שטח האדמה בכדה"א.
 צפיפותו של מאדים נמוכה משל כדה"א, בשל ניפחו הנמוך בכ 1/6 מזה של כדה"א, וכ 1/9 ממסתו.
 כוח הכבידה בו הינו כ-38% מכוח הכבידה אשר בכדה"א.
 נתונים מלאים ניתן לראות בטבלה 1, המתארת את מאפייני הכוכב:

Surface pressure	Axial tilt	Sidereal rotation period	Surface gravity	Mean density	Mass	Volume	Surface area	Polar radius	Mean radius
0.636 (0.4–0.87) kPa 0.00628 atm	25.19° to its orbital plane	1.025957 d 24h 37m 22s	3.711 m/s ² 0.376 g (earth)	3.9335± 0.0004 g/cm ³	6.4171 ×10 ²³ kg 0.107 Earths	1.6318× 10 ¹¹ km ³ 0.151 Earths	144,798,5 00 km ² 0.284 Earths	3,376.2 ±0.1 km 0.531 Earths	3,389.5 ±0.2 km Equatorial radius 3,396.2 ±0.1 km 0.533 Earths

טבלה מס' 1 - מאפיינים טכניים של כוכב מאדים

אטמוספירה:

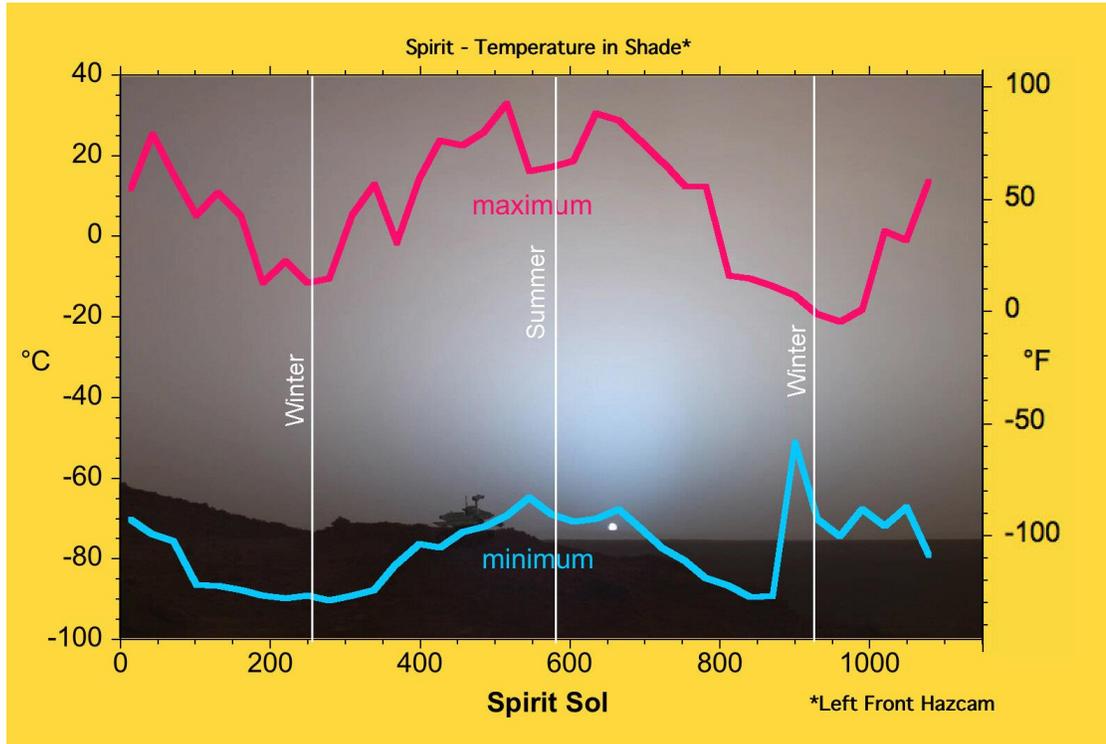
מאדים איבד את האטמוספירה שלו לפני כ-4 ביליון שנה, ככל הנראה בגלל פגיעה מסיבית של מטאורים, מה שאיפשר לרוחות הסולאריות, ל"קרוע" אטומים מהיונוספירה של מאדים, ובכך הורידו את צפיפותה עד שנעלמה כמעט קליל. [8][9]

בטבלה מס' 2 מתואר הרכב האטמוספירה של מאדים (לפי נפח):

carbon dioxide	argon	nitrogen	oxygen	carbon monoxide
95.97%	1.93%	1.89%	0.146%	0.0557%

בטבלה מס' 3 מתוארות טמפרטורות ממוצעות במאדים (ע"פ הגששית "ספיריט", בצל - איור #):

חורף		קיץ	
מקסימום	מינימום	מקסימום	מינימום
-15	-90	35	-70

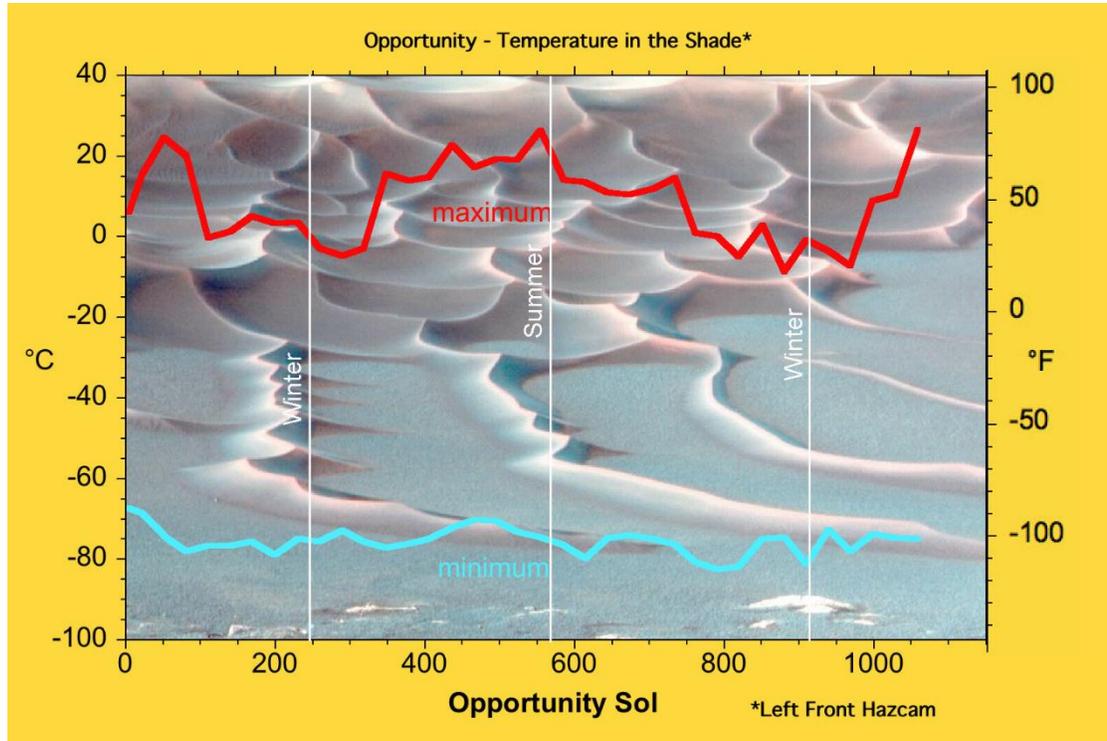


© Nasa.gov

גרף מס' 4 - בגרף זה ניתן לראות את יחס הטמפרטורות לפי מחזורי השמש בכוכב, ע"פ מדידות הגששית "Spirit" בצל ,

בטבלה מס' 4 מתוארות טמפרטורות ממוצעות במאדים (ע"פ הגששית "אופרטוניטי", בצל - איור #) :

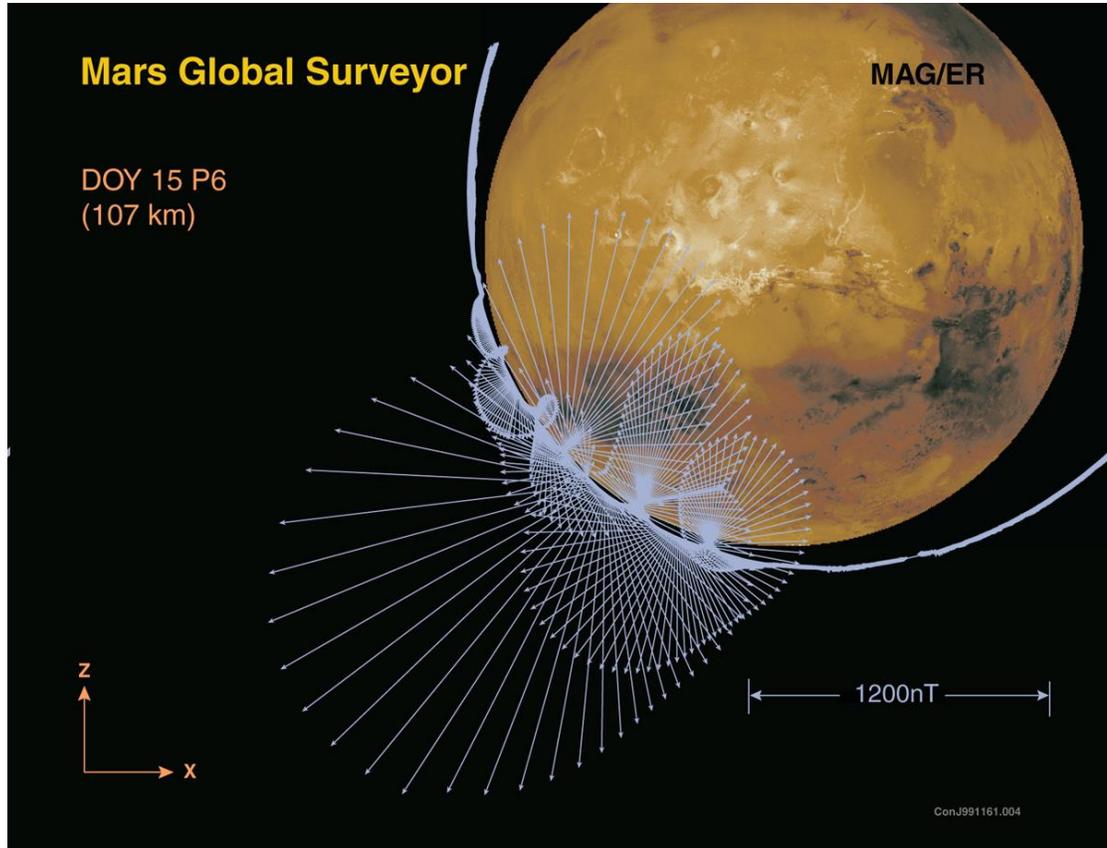
חורף		קיץ	
מקסימום	מינימום	מקסימום	מינימום
0	-80	30	-80



© Nasa.gov

גרף מס' 5 - בגרף זה ניתן לראות את יחס הטמפרטורות לפי מחזורי השמש בכוכב, ע"פ מדידות הגששית "Opportunity", בצל.

הקרקה על פני מאדים מורכבת בעיקרה מקרקע בזלתית מגמתית, אולם סוג זה של בזלת הינו עשיר בסיליקון, פרמטר לא אופייני לקרקע מסוג זה בכדה"א. למרות שכל המדידות מצביעות על כך שלמאדים אין שדה מגנטי, מחקרים מצאו שחלקים ממעטפת הכוכב הינה ממוגנטת (איור #10).



© Nasa.gov

איור מס' 4 - חללית נאס"א מודדת את עוצמת השדה המגנטי של מאדים עם התקדמותה סביב הכוכב.

עוד ניתן לראות באיור שלמאדים אין שדה מגנטי גלובלי.

לפי השערות, מאדים איבד את השדה המגנטי שלו לפני 4 ביליון שנים, אז גם נפסקו רוב הפעילויות הטקטוניות שלו. [6][11]

כתוצאה ממיקומו של מאדים במערכת השמש, כעת ובעת היווצרו, נמצאים על פני הכוכב, יסודות כגון כלור גופרית וזרחן. יסודות אלו בעלי נקודת רתיחה נמוכה יחסית. עובדה זו מסבירה את הכמויות הגדולות בו הם נמצאים, יחסית לכדה"א (בשל הבדלי הטמפ' בין כדה"א למאדים).

גודל ממוצע של חלקיק "אבק" מאדימי הינו כ 1.5 מיקרון. [12]



© Nasa.gov

איור מס' 5 – תמונת שקיעה במאדים בצל האבק

האטמוספירה במאדים נותחה לראשונה על ידי הגשש ויקינג בשנת 1976, באמצעות גלאי המסות שלו (Mass Spectrometer), ומצא, שהינה מורכבת משפע של: $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{N}_2, \text{O}_2$ וגם גזים אצילים [48][49]. בנוסף, נמצאו גם איזוטופים של: מימן, פחמן, חמצן, זרחן, ארגון, קריפטון וקסנון. יש לציין שבראיה לאחור, במדידות של ויקינג נמצאו אי דיוקים רבים לאור ההתפתחויות הטכנולוגיות הנוכחיות. לעומת זאת, המדידות שנעשו על ידי גשש הפיניקס, היו מדויקות יותר, בתחום האיזוטופים של החמצן והפחמן ויחסם בפחמן הדו חמצני שנמצא בשפע שם.

המידע שנאסף על הגששית מראה שהאדמה במאדים היא מעט "בסיסית", ומכילה יסודות כגון: מגנזיום, סודיום, פוטאסיום, וכלור. חומרים אלו נמצאים גם באדמת כדה"א, והינם חיוניים לגידול צמחים. ניסויים שנעשו על ידי "פיניקס" מראים שה pH של האדמה בה הוא דגם הינה 7.7, ומכילה 0.6% מלח פרכלוראט.

פרכלוראטים הינם מלחים הרעילים מאד לבני אדם, ומחקרים מצאו קשר בין הימצאותם, לתפקוד הורמונלי לקוי המשבש את חילוף החומרים בגוף. בתעשייה משמשים כאלמנטי חמצון לדלק מוצק (בתחמושת, מטוסים, חלליות וכו').

[28]

4.1.2 השפעות תנאי הסביבה במאדים על אורגניזמים וצמחים:

כפי שהזכרנו בהקדמה, מכון שעל פני המאדים, לא ניתן למצוא מים נוזליים בעיקר בשל הלחץ האטמוספרי הנמוך, צמחים או יצורים חיים אחרים לא יוכלו לשרוד בתנאים אלו (ע"פ כדה"א לא היו מתקיימים החיים ללא מים נוזליים). בנוסף, בעיה נוספת שיש לפתור, הינם מליחותם וחומציותם הגבוהה של המים הקפואים שנמצאו במאדים.

בנוסף, בשל החסר במגנטו-ספירה של הכוכב, האטמוספירה הדלילה ביותר, מעבר חום מגוף לגוף הוא איטי ביותר, וההפצצות החוזרות והנשנות של הרוחות הסולאריות יגרמו לנזק בלתי הפיך לרקמות היצורים החיים, בנוסף לקרינה האולטרה סגולית המסוגלת לגרום לכוויות קשות ולעיוורון. דבר נוסף שיקשה את החיים על המאדים, הינו התנודתיות הגבוהה של הטמפרטורות בכוכב, בעונות, וההפרשים העצומים בין היום ללילה.

לכן, על מנת לתמוך בחיים במאדים אנו צריכים:

1. להגן עליהם באמצעות "תא לחץ גבוה" על מנת שהמים בו יהיה נוזליים.
2. לסנן את המלחים מהמים, ולווסת את חומציותם.
3. להגן על היצורים / צמחים מפני הקרינה הקוסמית והאולטרה סגולית.
4. לדאוג לאספקה מתאימה של חמצן. (ניתן למימוש על ידי הפרדתו מהפיקלורט).
5. ייצוב תחום הטמפרטורות בתא.

3.2. תפוח אדמה – המוטיבציה לבחירה בו כמועמד מתאים

3.2.1. תפוח אדמה – מידע כללי

שונות מינים ואזורי גידול

תפוחי אדמה הם גידולים בעלי שונות רבה מאוד, עם אלפי מינים קיימים שונים בעלי יכולת להסתגל באזורים שונים בעולם, החל מצפונית לקווי הרוחב של החוג הארקטי ועד לאזורים טרופיים. תפוחי אדמה יכול לשרוד החל מגובה פני הים ועד לגובה של 4 ק"ג, כולל באזורים המאופיינים בתנאי מזג אוויר וקרקע קיצוניים.³² ניתן למצוא זני פרא של תפוחי אדמה שלא עברו ביות באזורים קיצוניים אף יותר, כולל אזורים צחיחים מאוד, בעלי קרקע מלוחה ובאזורים עם נטייה לכפור. סביר להניח שניתן יהיה להיעזר בהם על מנת להרכיב זנים חדשים בעלי יכולת עמידות בתנאים שונים.³³ תפוחי אדמה הם גם מאוד יעילים מבחינת יצרנות ביחס לצריכת קרקע ומים. יחסית לרוב גידולי המזון האחרים ובעלי יתרונות תזונתיים, עתירים בעמילן מתעכל, חלבונים, סיבים תזונתיים, ויטמין C, B6, K, Mg, וברזל. זו הסיבה שתפוח האדמה נחשב לגידול חקלאי מבטיח שמשתמשים בו לניסויי הגידול של נאס"א בגידולי חלל מזה מספר שנים.³⁴

מקור תפוח האדמה הוא מהרי האנדים³⁵. המידע הקדום ביותר לגבי תפוחי אדמה ידוע לנו מלפני 8000 שנים, ליד נהר טיטיקקה אשר נמצא בגובה של 3800 מטר מעל פני הים באזור ההררי של דרום אמריקה, בין בוליביה לפרו. שם, ע"פ מחקרים, בויתו תפוחי האדמה הראשונים. בפועל, מה שאנחנו מכירים כ"תפוח אדמה" הוא בעצם מס' מינים מצומצם מאוד מתוך כ-5000 מינים שונים של תפוחי אדמה גדלים באזור האנדים.³⁶

צמחי תפוא"א גדלים לגובה של עד 100 ס"מ ומייצרים פקעות הקרויות תפוח אדמה. הפקעות עשיר במיוחד בעמילן כך שהם נחשבים לגידול החקלאי ה-4 בחשיבותו בעולם, אחרי תירס, חיטה ואורז.³⁶

כאשר הצמח גדל העלים שלו מייצרים עמילן המועבר לחלק התחתון של הצמח. האזור הולך ומפתח עד 20 פקעות קרוב לפני הקרקע. כמות הפקעות שמגיעות למצב בשל תלוי במצב הקרקע, הלחות והניוטריאנטים הזמינים. פקעות משתנות בגודל ובצורה אך בממוצע פקעת שוקלת כ- 300 גרם.

כאשר הצמח סיים את גדילתו הפקעות הנותרות מתנתקות מהצמח וכל פקעת מייצרת בין 10-2 "עיניים" מהם יתחילו לצמוח צמחים חדשים.

איור מס - 6 'תיאור חלקי צמח תפוא"א. מקור: IPO :

צמח תפוא"א גדל מפקעות תפוא"א או אפילו מחתיכות של תפוא"א במסה של 30-40 גרם שנשתלים בעומק של 5-10 ס"מ, אך יש חשיבות לכך שעומק הקרקע יהיה לפחות 40 ס"מ. ככלל, ניתן לשתול כ-2 טון פקעות בכל 1 הקטאר קרקע מתאימה.

ניתן לאפיין 3 סוגים של תפוא"א מבחינת בשלות – סוג 'מהיר' (90-120 יום), סוג 'בינוני' (120-150 יום) וסוג 'איטי' (150-180 יום). הסוג המהיר נזקק לבין 15-17 שעות של אור יום בעוד שהאחרים זקוקים לפחות.

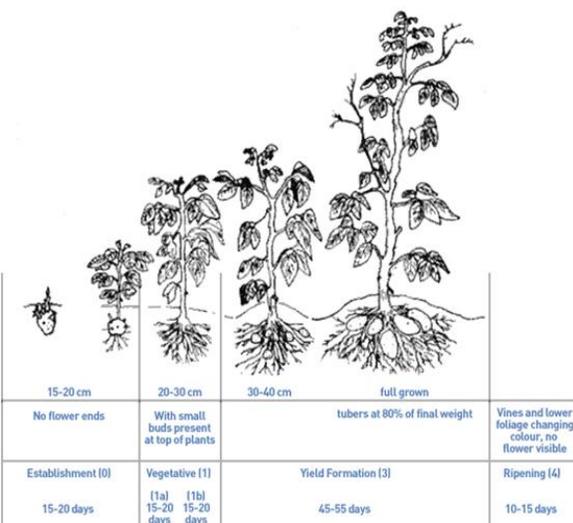
מחזורי גידול, תפוקות ודרישות הצמח

תפוחי אדמה גדלים במחזורים של 3 שנים ויותר, יחד עם גידולים אחרים כגון תירס, שעועית ואספסת, על מנת לשמור על פרודוקטיביות גבוהה של הקרקע, סילוק מזיקים ועשבים שוטים וטיפול במחלות. הצמחים רגישים לטפילים ומחלות ולכן חקלאים נמנעים משתילה מחודשת שלהם שנה אחר שנה על אותו שטח.

גידולי תפוא"א נפוצים בכל העולם אך יש להם העדפה לטמפרטורות מסוימות והדבר משפיע על תפוקת הגידול - הטמפרטורה הממוצעת האופטימלית עבור גידולי תפוא"א במהלך היום היא 18-20 מעלות צלסיוס. עם זאת, ישנה חשיבות לכך שבלילה הטמפרטורות ירדו עבור שגשוג הפקעות. אדמה אופטימלית לגדילת פקעות תהיה בטמפרטורה של 15-18 מעלות צלסיוס. ישנה השפעה משמעותית המתבטאת בהאטה בקצב הגדילה של הפקעות בטמפרטורות של מתחת ל-10 מעלות צלסיוס ומעל ל-30 מעלות צלסיוס. בנוסף, גידול בתנאי קור מוביל לנביטה איטית. תפוא"א גדל ביותר מ-100 מדינות כיום. הוא מוכר כצמח של מזג אוויר קריר. גידולי תפוא"א מאופיינים כבעלי יכולת הסתגלות גבוהה מאוד שישגשגו גם בתנאים שאינם אידיאליים.

דווקא מבחינת דשנים מדובר בגידול בעל דרישות גבוהות יחסית לרמת נוטריאנטים גבוהה. הנוטריאנטים הם חומרי הזנה שגם מאפשרים גדילה של תפוחי אדמה עם דופן תא עבה מה שמגביר עמידות למחלות. בדר"כ תפוחי אדמה דורשים יותר חנקן בחודשיים הראשונים לגדילתם ולאחר מכן עד לשבועיים לפני הקציר דורשים יותר אשלגן (דבר המשפיע על צורתם). לצורך גידול תפוחי אדמה יש צורך להעשיר את הקרקע ב-80-120 ק"ג של חנקן (N) להקטאר (10 דונם), 50-80 ק"ג זרחן (P) להקטאר ו-125-160 ק"ג אשלגן (K) להקטאר. כמות הצורך בשימוש בדשנים כימיים תלוי בהרכב הקרקע. קרקע געשית לדוגמה, בדר"כ דלה בזרחן וכאשר מדובר על דרישה גדולה לייצור- יש צורך בהרבה דישון. עם זאת, תפוחי אדמה מפיק תועלת גבוהה מזבל אורגני במהלך הזריעה.

על מנת לקבל תפוקות גבוהות דרישות המים לגידול צמח תפוחי אדמה במהלך 120-150 יום הם 500-700 מ"מ, תלוי באקלים המקומי.



איור מס - 7 'תיאור שלבי צמיחת תפוחי אדמה. מקור: IPO :

תפוחי אדמה הוא צמח יחסית רגיש למחסור בקרקע או מים. על מנת לקבל תפוקות אופטימליות הקרקע והמים צריכים לא להדלל מעל ל-30-50%. מחסור במים במהלך התחלת הפקעות הוא הבעייתי ביותר מבחינת ההשפעה על כמות התפוקות. עם זאת, סוגים שונים של תפוחי אדמה מגיבים אחרת למחסור במים. על הקרקע להיות בלחות גבוהה, כל זמן שזה לא גורם לטמפרטורה לרדת מתחת ל-15 מעלות. בנוסף, יש לשים לב אם הקרקע לא מספיק מאווררת, מה שעלול לקרות בקרקע רטובה וכבדה. תפוחי אדמה גדלים בצורה מיטבית באזורים ללא גשם - עם השקיה בלבד. עם זאת, צריכת המים של תפוחי אדמה למים גדלה עם התפתחות הגידול והיא עומדת על 4 מ"ל/10 דונם.

תנאים סובטרופיים יביאו לתפוקות ייצור תפוחי אדמה מקסימליים שכן מדובר בתנאים אופטימליים ותפוקות אלו צפויות להיות 25-30 טון פקעות להקטאר. בתנאים טרופיים, אופטימליים פחות עבור תפוחי אדמה נגיע לתפוקות של 15-25 טון להקטאר.

תפוחי אדמה יכול לגדול בכמעט כל סוג של אדמה, פרט לאדמה מלוחה או בסיסית. ככלל, אדמה אורירית (פחות מ-25% חרסית, ללא אבנים) שלא תהיה בעלת התנגדות גבוהה לגדילת הפקעות היא עדיפה ותאפשר התארכות שורשים וחלחול מים לתת-הקרקע. PH של 5.2-6.4 הוא אידיאלי.

קצירה, אכסון ושתייה מחדש

הדרך הפשוטה לדעת שצמח תפוז"א הגיע לבגרות היא כאשר העלים שלו מתחילים להצהיב והפקעות מופרדות בקלות מהצמח. לאחר הקצירה של תפוחי האדמה, יש לשמור אותם בתנאים שימנעו מהם להתיירקק (הצטברות כלורופיל מתחת לקליפה, הקשור לחומר הקרוי סולנין שהוא חומר בסיסי ורעיל) ולמניעת איבוד משקל ואיכות. יש לשמור את הפקעות בטמפרטורה של 6-8 מעלות צלסיוס, בחושך, במקום מאוורר ולח (80%-95%).

במידה ורוצים לשתול פקעות מחדש - יש להקפיד לשמור אותן באור דיפוזיבי (ללא קרינה ישירה מהשמש) כדי לשמור על יכולת הנביטה שלהם ולעודד התפתחות נבטים חדשים.

4.2.2 סקירת אדמות מדמה למחקר מדעי של גידולי חקלאות על מאדים

לצורך מחקר מדעי הנוגע לקרקע מאדים, פותחה קרקע המדמה את קרקע המאדים³⁷. הקרקע הקרויה JSC MARS-1 היא שילוב של חומר טבעי עם אפר געשי. הקרקע דומה מבחינת פרמטרים כגון ספקטרום ההחזרה, הרכב מינרלים, הרכב כימי, גודל גרגירים, צפיפות, נקבוביות והתכונות המגנטיות של הקרקע המחומצנת של מאדים.

המדמה (חומר מדמה) מוצע בכמויות מוגבלות לצורכי מחקר, ללא עלות. לאור העובדה שלפנינו משימות רבות הכוללות שליחת חלליות למאדים - הגדלת היקף המחקר לגבי התנאים במאדים היא חשובה. המדמה בחלקו מגיע מאפר געשי מסביבת הרי הגעש Mauna Kea Pu'u Nenei בהוואי שנמצאו מתאימים באופן מפתיע. בגרף ניתן לראות את ספקטרום ההחזרה של קרקע המדמה אל מול קרקע מאדים, דבר המצביע על דמיון רב בין השתיים.

בטבלה הבאה ניתן לראות את ההרכב הכימי של המדמה אל מול דגימות הקרקע שהביאו הגשושיות וייקינג ופאת'פינדר שנחתו על מאדים. הדגימות שהגיעו מצביעות על כך שיש סיכוי כי הרכב הריגוליטי (קרקע מאדים) כמעט ולא משתנה על פני הפלנטה, ככל הנראה כתוצאה מתפוצה ע"י רוחות.

גרף מס - 6' ספקטרום ההחזרה של קרקע מדמה מול קרקע ממאדים. מקור:

Table 1. Chemical Compositions.

	VL-1	VL-2	Pathfinder	JSC Mars-1	
Oxide	Wt%*	Wt%*	Wt%**	Wt%***	Wt%****
SiO ₂	43	43	44.0	34.5	43.5
Al ₂ O ₃	7.3	7	7.5	18.5	23.3
TiO ₂	0.66	0.56	1.1	3.0	3.8
Fe ₂ O ₃	18.5	17.8	16.5	12.4	15.6
MnO	n.a.	n.a.	n.a.	0.2	0.3
CaO	5.9	5.7	5.6	4.9	6.2
MgO	6	6	7.0	2.7	3.4
K ₂ O	<0.15	<0.15	0.3	0.5	0.6
Na ₂ O	n.a.	n.a.	2.1	1.9	2.4
P ₂ O ₅	n.a.	n.a.	n.a.	0.7	0.9
SO ₃	6.6	8.1	4.9	n.a.	n.a.
Cl	0.7	0.5	0.5	n.a.	n.a.
LOI	n.a.	n.a.	n.a.	21.8	n.a.
Total	89	89	89.5	101.1	100.0

n.a. Not analyzed; all iron calculated as Fe₂O₃.
 LOI (loss on ignition) weight loss after 2 hours at 900°C; includes H₂O and SO₂.
 * Viking landers 1 and 2 XRF (mean of 3; *Banin et al. [1992]*).
 ** Pathfinder APXS (mean of 5, normal to 44 wt% SiO₂; *Rieder et al. [1997]*).
 *** XRF.
 **** XRF (volatile-free, normalized).

טבלה מס - 4' השוואת הרכב כימי בין אדמת הסימולנט JSC מול אדמת מאדים מהגשושיות וייקינג (1-2) ופאת'פינדר .
מקור??:

בשנת 2011 הוצע כי אדמת מדבר "לה ג'ויה" בפרו עשויה גם היא לתת מענה כאדמת מדמה למאדים בשל תנאי

הצחיחות הקשים במקום ומאפיינים נוספים של הקרקע³⁸. במחקר נמצא כי באזור הקרוי "ים הקוורץ" במדבר "לה ג'ויה" ישנה אדמה בעלת מאפיינים דומים לאלו שנמצאו על פני השטח של מאדים. אזור זה מאופיין כאזור צחיח במיוחד וכזה שנשאר כך במשך מיליוני שנים, בעל ריכוז נמוך של חומר אורגני וללא מיקרו אורגניזמים בכלל. הקרבה של המדבר לשרשרת הרים וולקניים ותכונות גי'אומורפולוגיות נוספות אפשרו היווצרות של מרכיבים כימיים אקזוטיים, כולל תחמוצת הברזל (המצויה באדמת מאדים).

תוצאות המחקר שמציע את אדמת מדבר "לה ג'ויה" כמדמה מתאים למאדים הן תוצאה של איסוף נתונים מהאזור בכמה שיטות:

- i. דגימות קרקע – כפי שניתן לראות באיור נבחרו מס' מקומות במדבר מהם נלקחו דגימות קרקע לניתוח. אזורים אלו נבחרו בשל רמת הצחיחות הקיצונית שלהם והיחס בין אידי למשקעים הוא נמוך במיוחד במקומות אלו – פחות מ0.05. סך שטח הדגימה הכולל היה 0.04 קמ"ר ממנו נלקחו 9 דגימות שונות.
- ii. נתונים מטאורולוגיים – החוקרים הניחו באזור חיישנים מטאורולוגיים על מנת למדוד את הטמפ' החיצונית, טמפ' הקרקע, הלחות היחסית וכמות משקעים.

- III. מדידות מבנה פיסי וחומציות הקרקע – בוצעו באופן פיסי בשטח ע"י איסוף דגימות ומדידת התפלגות גודל החלקיקים, צפיפות הקרקע ורמת חומציות (PH)
- IV. מדידת כמות החומר האורגני – בוצע ע"י שיטות שבוצעו באופן דומה לאלו שבוצעו ע"י החללית וייקינג

מידת הדמיון בין אדמת מדבר לה ג'ויה ואדמת מאדים:

האזור שנבדק דומה לקרקע מאדים בפרמטרים של קרקע יבשה במיוחד, תכונות פיזיות דומות של גודל גרגירים, רמות נמוכות מאוד של חומר אורגני, פעילות חמצון הנגרמת ע"י תהליכים תרמיים ורמות נמוכות באופן קיצוני של מיקרואורגניזמים.

למרות שמקור הקרקע הקיימת במדבר לה ג'ויה איננה בזלתית כמו במקרה של אדמת מאדים או מדמים אחרים מאזורי הרי געש – יש לאדמה זו תכונות דומות מאוד מבחינת גודל גרגירים ולכן היא בחירה מוצלחת יחסית להדמיית אדמת מאדים מבחינת מחקר.

4.2.3 גידול תפוא"א בתנאי קרקע קיצוניים בכדה"א

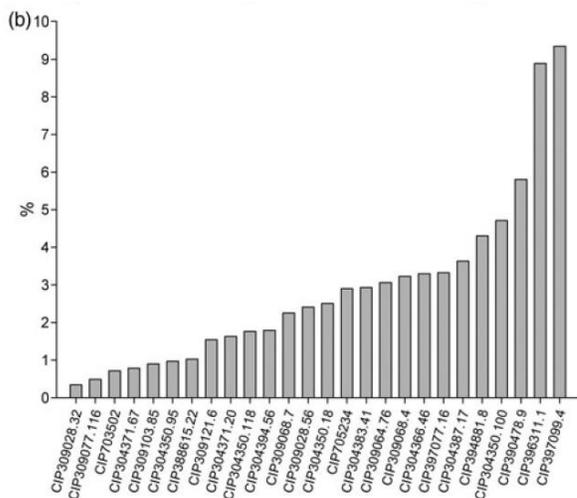
במחקר שהתפרסם בסוף שנת 2017 פורסמו ממצאים חדשים המצביעים על כך שאכן ניתן לגדל תפוחי אדמה באדמה בעלת מאפיינים קיצוניים³⁹. בפרק הקודם סקרנו את אדמת המדמה ממדבר "לה ג'ויה" שבדרום פרו שהוצעה כאדמה בעלת מאפיינים מתאימים בעלי דמיון לאדמת מאדים. כאמור, תפוא"א הינו גידול וורסטילי במיוחד בעלי אלפי מינים קיימים שמשגשג באזורים שונים ובתנאי קיצון בכדה"א. זו הסיבה שבעטיה החוקרים החליטו כי לתפוא"א ישנו סיכוי לגדול בתנאי קיצון ואף בחלל. מטרת המחקר היתה לבחון מהם תנאי הקיצון המקסימליים בהם יצליחו לנבוט צמחי תפוא"א.

מתוך אלפי המינים הקיימים נבחרו 65 מינים שהורכבו מ-38 שיבטים מתקדמים שתוכננו כך שיהיו עמידים לתנאי עקה, 22 זנים מקומיים עמידים במיוחד לתנאי בצורת ו-5 זנים משופרים.

הקרקע שבה גודלו תפוחי האדמה היתה קרקע שנאספה ממדבר "לה ג'ויה" בעלת חומציות נייטרלית (PH 6.7) ובעלת מוליכות חשמלית גבוהה.

תנאי הגידול בוצעו במקביל גם באדמת ביקורת רגילה והאדמות דושנו באופן זהה.

במהלך ימי הניסוי (134 ימים) הטמפל נעה בין 19.4 מ"צ ביום ל-15.2 מ"צ בלילה, לחות יחסית שבין 72-95% ולחץ אטמוספרי של 984 מיליבר.



גרף מס - 8 גודל פקעות תפוא"א באדמת דמוית מאדים יחסית לתפוא"א בקב' ביקורת. מקור: 39:

מליחות קרקע היא פרמטר משמעותי כאשר נבקש לגדל תפוא"א על מאדים. אולם, תחת תנאים מבוקרים ומוגנים מהסביבה, יחד עם תנאי אטמוספירה ולחץ מתאימים בשילוב שיטת גידול מתאימה ובחירת זנים מובחרים ועמידים – נראה כי לפחות 2 עמידים הצליחו לשגשג ולהניב תפוקה של 9%-10% בתנאי קיצון באדמה מדמת אדמת מאדים לעומת תפוקת או הזן בתנאי רגילים.

בניסוי זה לא הועלתה רמת הפחמן הדו חמצני כדי לדמות את התנאים שבמאדים. אולם, במחקרים קודמים נמצא⁴¹ כי רמות מוגברות של פד"ח גורמות לגדילה מהירה יותר של הצמחים ושל הביומסה. הדבר מתבטא בכמות גדולה יותר של ענפים ועלים, אורך גדול יותר של הצמח, מערכת שורשים גדולה יותר. לחשיפה לרמות גבוהות של פד"ח ישנה חשיבות רבה בעיקר בשלבים המוקדמים של צמיחת היבול. בנוסף, רמת פד"ח גבוהה מביאה לסגירה מהירה יותר של הסטומטה (שכן הצמח משיג מהר יותר את הדרישה שלו לפד"ח) וכתוצאה מכך מפסיד פחות לחות כתוצאה מאידוי. ההשפעה היא כמובן שהצמח מייצר פחות חמצן בשל כך.

4.3 חקלאות בת קיימא

חקלאות בת קיימא

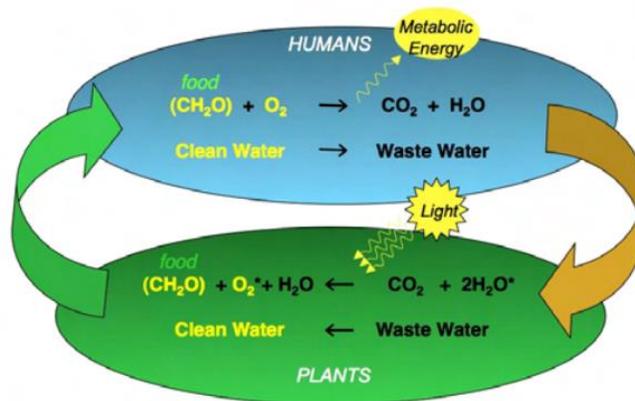
חקלאות בת קיימא הינה כינוי כולל לשיטות עבודה בתחום החקלאות אשר מתבססות על עקרונות ברי קיימא, בבסיסם רעיון הבנת מערכת הגידול במלואה - מערכות היחסים בין האורגניזמים השונים לבין עצמם ולסביבה הדוממת כך שתתקיים לאורך זמן (42).

חקלאות בת קיימא שואפת למערכת אשר תקיים את התנאים הבאים:

1. התבססות על משאבים מתחדשים - הפחתת תלות בחומרים מתכלים כגון דשנים ובחומרי הדברה. דוגמאות למשאבים מתחדשים - קרקע, מים, יערות ובעלי חיים.
2. השתלבות במחזורים אקולוגיים כמו מחזור החנקן, מחזור הזרחן, מחזור המים וכו'.
3. מניעת זיהום - מניעת זיהום המערכת האקולוגית (קרקע, מים וכו') ושמירה על מזון בטוח מזיהומים.
4. שמירה על איכות הקרקע - מניעת סחף קרקע ע"י שמירת על הצמחייה (בעיקר יערות).

5. שימור אנרגיה - שימוש באנרגיה מתחדשת. אנרגיה מתחדשת היא כזו שמקורה בתהליכי טבע מתמשכים שאינם מתכלים כדוגמת אנרגיה סולרית וגלגולי האנרגיה הרבים שלה על פני כדה"א - אנרגיית רוח, גלים. מקורות נוספים הם - אנרגיה גאותרמית כתוצאה מהפעילות הגאותרמית של כדה"א ואנרגיית גאות ושפל כתוצאה מכוחות המשיכה שבין כדה"א והירח.
6. שמירה על המערכת האקולוגית - הימנעות מפגיעה במערכת האקולוגית ושמירה עליה כך שתמשיך לקיים את שירותיה ללא הפרעה. דוגמאות לשיטות שמירה על המערכת האקולוגית - שמירה על הקרקע מסחף (שמירת הצמחייה), הגנה מפני הצפות, החדרת מי גשם למי התהום ועוד.

בבסיס העקרונות הנ"ל נמצא עקרון שילוב המשתנים השונים במערכת האקולוגית - ראייה הוליסטית של המערכת ככוללת את בעלי החיים, הגורמים הדוממים והצמחייה. מערכת בת קיימא הינה הכרחית עבור קיום מתמשך של האדם ע"ג מאדים. מערכת זו תנצל בצורה מיטבית את המשאבים הזמינים במאדים ועם הזמן תתפתח עד לרמה שלא תצטרך התערבות חיצונית ותקיים את עצמה. רעיונות למערכות אקולוגיות סגורות עבור "תמיכה באדם" (גידול מזון) הועלו בשנות ה-50 ע"י Myers ואחרים שהשתמשו באצות, לדוגמה *Chlorella pyrenoidosa*, המסוגלות למחזר חמצן J Myers (1954) עצם הרעיון התחיל בהשוואה בין תהליך הנשימה שמבצעים צמחים ומיני מיקרואורגניזמים שונים - פוטוסינתזה (תהליך הפקת אנרגיה) לבין הנשימה התאית של בני אדם ויצורים אחרים המשתמשים בחמצן.



איור מס' 10 - תיאור סכמתי המציג את הקשר בין תהליכי נשימת הצמחים בעזרת קרינה (פוטוסינתזה) ושל בני האדם. בנוסף, מוזכרים מי שפכים לאחר צריכת אדם שניתן לנקות אותם בעזרת טיפול צמחים ומיקרואורגניזמים. לקוח מתוך מאמרו של R.M. Wheeler, Nasa. "PLANTS FOR HUMAN LIFE SUPPORT IN SPACE: FROM MYERS TO MARS".

נמצא כי יש צורך בשטח של 50 מטרים רבועים של *Chlorella* כדי להפיק מספיק חמצן לאדם אחד. במחקרים שלאחר מכן התמקדו בזני ציאנובקטריה ע"י Taub, 1966, Miller and Ward, 1974, אך הבינו שגידולי אצות לא כדאיים מכמה סיבות:

1. אינם מספקים מספיק ביו-מסה.
2. ספקו ביו-מסה שאינה מקור אנרגיה לאדם - אצות הכילו יותר מידי חומר שאין לעכלו.
3. ספקו תזונה לא מאוזנת - אצות היו עשירות מידי בחלבונים.
4. אצות מסוימות ייצרו בתהליך הפקת האנרגיה שלהן רעלנים הפוגעים באדם.

ניסויים דומים התקיימו בנאס"א משנות ה-80' בהם ניתן דגש על חממות ושינויי תנאי האטמוספירה וההארה אליהם חשופים הגידולים. הוקם מתקן מחקר כמו BioSphere 2 באריזונה, ארה"ב, בתוכו התקיים מחקר בו צוות של שמונה אנשים חי בשטח של שני דונמים והצמחייה שגדלה בו תמכה ב-80% מצרכיהם התזונתיים של אנשי הצוות למשך שנתיים (2200 קלוריות, 73 גרם חלבון, 32 גרם שומן לאדם ליום במשך שנתיים) (Silverstone, M Nelson, 1996). מדובר במערכת אקולוגית בת קיימא, בה מגדלים גידולים על קרקע המחוברת לאגן ירוק עבור מחזור נוטריאנטים משפכי

מתקני מחקר דומים הוקמו עבור מחקר מחיה בתנאי מאדים בהוואי - HI-SEAS, יוטה - Mars desert Research Station, בקנדה - Flashline Mars Arctic Research Station ובישראל ואוסטריה – פרויקט D-MARS.

מחזור נוטריאנטים-

החזרה של נוטריאנטים לקרקע מבוצעת ע"י שילוב של כמה תהליכים - החזרה של מים אשר חלחלו לעומק קרקע, החזרת מים שעברו באגנים ירוקים ופירוק חומר אורגני מת בעזרת תהליכי קומפוסט (M Nelson, 1997).

ניתן להקים מערכת אגן ירוק למחזור פסולת מצוות של ארבעה אנשים בגודל של 4-8 מטרים רבועים (Nelson 2001, 2002). מערכות האגנים הירוקים מפרקות חומר אורגני לנוטריאנטים שניתן להעבירם חזרה לשימוש חוזר, כדוגמת דישון קרקע.

אגנים ירוקים (43) היא שיטה ירוקה לטיפול בשפכים (סניטריים, תעשייתיים, חקלאיים או לליטוש קולחים, מים לאחר טיפול ראשוני כלשהוא). בה מוזרמים מים מזוהמים דרך מצע גן הכולל צמחים ע"ג קרקע חולית. הטיהור מתבצע באמצעות:

1. תוואי הקרקע - החול בקרקע מתפקד כסנן.
2. מיקרואורגניזמים המתפתחים ע"ג שורשי הצמחים שמפרקים חומרים אורגניים במים.
3. קליטת חומרים מזהמים ע"י הצמחים.
4. שיקוע של תרכובות.

אסטרטגיות ניהול קרקע-

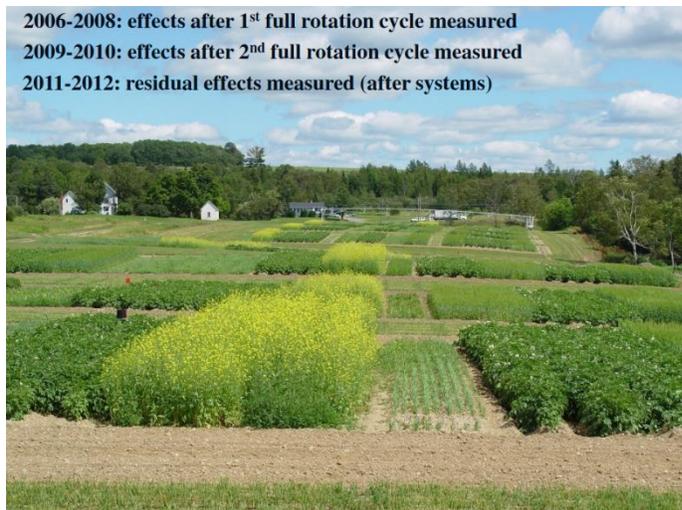
אסטרטגיות ניהול קרקע הן תכניות גידול שיטתי של סוגי גידולים שונים המתבססות על צרכים משאבים שונים לגידולים שונים למען מטרות שונות כדוגמת העשרת הקרקע, שימור הקרקע ודיכוי מחלות לגידולים.

לדוגמה, במערכת העשורת הקרקע - הרעיון הוא להקים מערכת חקלאית מקיימת - שימוש יכולות הפקת משאבים של צמחים מסוימים כדי להעשיר את הקרקע ולתמוך בגידול גידולים אחרים הדורשים יותר משאבים.

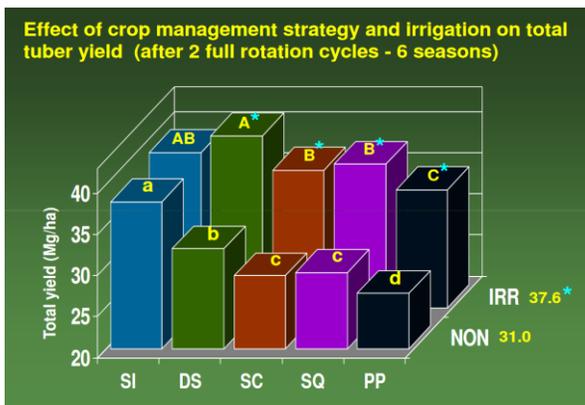
בעבודה של Larkin, RP, et al (2015) - נבדקו מערכות הגידול הבאות, במחזורים של שלוש שנים:

1. PP - מערכת גידול תפוח אדמה מתמשכת. זוהי מערכת נקודת הייחוס. מולה המערכות הבאות:
2. SQ - סטטוס קוו, גידול שעורה ולאחריה תפוח אדמה
3. SC - מערכת שמטרתה לשמר את קרקע ומתחילה בגידול שעורה, איטן, קש ותפוח אדמה
4. SI - מערכת שמטרתה לשפר את הקרקע (הוספת נוטריאנטים בעיקר) - גידול איטן ושימוש בקומפוסט
5. DS - מערכת שמטרתה דיכוי מחלות (קרקע בריאה לא מאפשרת התפתחות של פתוגנים, מונעת הצטברות רעלים) - גידול לפתית, שיפון ותפוח אדמה

בניסוי הנ"ל בדקו את ההבדלים בין גידולים שונים, המחזוריות ביניהם והשפעת השקיה (IRR) או ללא השקיה (NON) מה שיכול להצביע על מערכת יותר מקיימת ופחות תלויה בהשפעות חיצוניות.



איור מס' 11 - תצלום אזור המחקר של Larkin et al. מקור: (44)



להלן תוצאות העבודה:

גרף מס' 10 - תוצאות עבודתם של Larkin et al, ניצולת הגידול של פקעות תפוח אדמה למול שטח, בהשוואה בין מערכות הגידול השונות ובהשקיה (IRR) או ללא השקיה (NON). מקור: (44)

מגרף מס' 10 ניתן לראות כי מערכת שיפור הקרקע, SI, עם איטן וקומפוסט הניבה בלי השקיה את כמות גידולי תפוחי האדמה הגדולה ביותר. במקרה של השקיה היא עומדת בצמוד למערכת דיכוי המחלות DS - עובדה זו יכולה להצביע על הנקודות הבאות:

- חשיבות גידול דגנים לפני תפוח אדמה שכן ייתכן והם שמניב את המשאבים (נוטריאנטים) הדרושים לגידול מיטבי של תפוח אדמה.
- שלפית ושיפון (דגנים בכלל) מעודדים קרקע בריאה בה גורמים מזיקים לא מתפתחים.
- תלות נמוכה לגידולי תפוח אדמה בהשקיה.

Effect of Crop Management Strategy on Selected Soil Physical Properties (after 2 full rotation cycles – 6 years)			
Cropping System	Soil Moisture (%)	Water stable aggregates (%)	Bulk Density (g/cm ³)
SI	34.1 a	69.0 a	0.763 c
SC	28.1 b	69.7 a	0.856 b
DS	25.6 c	63.6 b	0.893 a
SQ	25.2 c	50.5 c	0.893 a
PP	22.9 d	45.7 d	0.904 a

טבלה מס' 6 - תוצאות עבודתם של Larkin et al, השוואה בין אחוז המים בקרקע ואזוריות הקרקע. יותר מים בקרקע מעודדים גידולים ואזוריותה מאפשר התפחות שורשים (במיוחד חשוב לצמח עם פקעות כמו תפוח אדמה). מקור: (44)

מטבלה מס' 6 ניתן לראות כי מערכת שיפור הקרקע, SI, עם איטן וקומפוסט העשירה את הקרקע ביותר מים (או שמרה על יותר מים בקרקע).

Effect of Management Strategy on Soil Chemical/Biological Properties					
Cropping System	Total C (%)	Total N (%)	Active C (mg C /kg soil)	CEC (meq/100 g)	Microbial biomass C (mg C /kg soil)
SI	3.9 a	0.35 a	562 a	9.0 a	135.6 a
SC	2.3 bc	0.22 b	337 cd	5.3 b	99.0 b
DS	2.3 bc	0.22 b	346 bc	5.2 b	101.8 b
SQ	2.4 b	0.23 b	363 b	5.8 b	101.7 b
PP	2.2 c	0.21 b	318 d	5.9 b	84.7 c

טבלה מס' 7 - תוצאות עבודתם של Larkin et al, השוואה בין כמויות הפחמן (C), חנקן (N) ופעילות מיקרוביולוגית לפי מסה של מיקרואורגניזמים במערכות הגידול השונות. מקור: (44)

מטבלה מס' 7 ניתן לראות שמערכת שיפור הקרקע, SI, גידול איטן וקומפוסט נמצאה כיעילה ביותר בגידול תפוח אדמה, העשירה את הקרקע בצורה ניכרת בכמות הפחמן, חנקן והלחות.

5. 3.4.1 בחירת האדמה המתאימה ביותר לגידול תפוחי אדמה 17-18

משרד החקלאות האמריקאי (USDA) מגדיר קרקע בריאה כבעלת המאפיינים הבאים:

1. עשירה בחומר אורגני
2. עשירה בנוטריאנטים (זרחן, חנקן, אשלגן, סידן, מגנזיום, נתרן)
3. בעלת מבנה פריך
4. יכולות אגירה וחלחול גבוהות..
5. עמוקה דיה בכדי לאפשר גדילת שורשים ארוכים
6. בעלת מגוון רחב של אוכלוסיות מיקרואורגניזמים
7. בעלת כמות אוכלוסיות מצומצמת של פתוגנים
8. עמידה בדגרדציה
9. כושר התאוששות גבוה

משתני הקרקע המשפיעים ביותר על גידול תפוחי אדמה:

1. פרופיל הקרקע - תפוחי אדמה רגישים לדחיסות שכבת קרקע.



איור מס' 11 – תמונת חתך קרקע ושורשי גידול תפוח אדמה. ניתן לראות את שכבות הקרקע השונות soil surface – העליונה, פני קרקע של האדמה; cultivated layer – האמצעית, שכבה מעובדת; subsoil – התחתונה, דלה בשורשים.

בקרקע דחוסה ניתן לראות הרבה שורשים בשכבות עליונות ובשכבות התחתונות מעט שורשים מצליחים לצאת.

2. מרקם - מרקם הקרקע משפיע על תכונות הקרקע - בעיקר על תנועת המים (יכולת חדירת וחלחול המים לתת קרקע) וגדילת עשבים. בנוסף נקבוביות הקרקע משפיעה על יכולת חדירת מזהמים כמו קוטלי עשבים לשכבות הקרקע בהן גדלים העשבים.

3. מבנה - גודל, צורה ויציבות מבנה חלקיקי הקרקע שמוחזקים יחד. ניתן להשפיע על תכונות אלו רק בין גידולים. שכבות דחוסות יכולות להיווצר מהצטברות של סידן קרבונאט, תרכובות סיליקה ותחמוצות ברזל, מגנזיום ואלומיניום שגורמות להתלכדות לצבר (אגרגציה) של חלקיקי קרקע. מצד אחד שכבות אלו עמידות לרוח וסחף אך לעיתים אינן חדירות ולא מאפשרות חלחול מים לתהום.

4. כמות החומר האורגני בקרקע - החומר האורגני בקרקע משפיע על טיב הקרקע בגלל הפעולות הבאות-

- a. החומר האורגני בקרקע מגביר התאגדות של חלקיקי קרקע ומוריד אירוזיה.
- b. במקביל גם מגביר את החללים בין חלקיקי קרקע ובעקבות זאת שורשים יכולים להתפתח מטה, קל יותר לעבד את הקרקע, מים ואוויר יכולים לחדור ולמלא את הקרקע.
- c. החומר האורגני בקרקע מהווה צורת אחסון של פחמן מהאטמוספירה.
- d. מהווה מקור מזון למיקרואורגניזמים בקרקע.
- e. אגירת נוטריאנטים והפחתת הצורך בשימוש בדשנים - החומר האורגני מתפרק, בסופו של דבר, בפעילות מיקרוביאלית לחנקות (NO_3^-) ואמון (NH_4^+) הנוטריאנטים ומוכרים כדשן.

4.3.2 החיידקים המתאימים להעשרת המשאבים הדרושים לקיום חיים במאדים 17-18

בדומה להתפתחות החיים על גבי כדה"א, נרצה לתמוך בקיום והישרדותם של חיידקים על גבי מאדים. שרידותם של חיידקים בחלל תלויה ב-

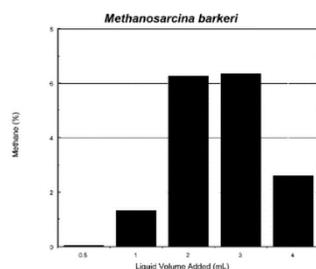
- קרינה באורכי גל 260 ו-280 nm. החומר התורשתי DNA מתפרק באורך גל 260 nm וחלבונים רבים בולעים ומתפרקים באורך גל 280 nm.
- ואקום - גורם לתנאי יובש אשר מעודדים תהליכי פירוק בלתי הפיכים של חלבונים וחומר תורשתי. בשל התנאים הקשים השוררים במאדים – ללא אטמוספירה, כוח כבידה, קרינה וואקום מסכנים את החיידקים לא רק במסעם בחלל אלא גם על גבי כוכב הלכת מאדים עצמו.

זני חיידקים אשר יכולים להשתתף במחזור משאבים ע"ג מאדים

להלן כמה הצעות לזני חיידקים אשר יכולים לתרום לקיום חיים ע"ג מאדים -

- מתאנוגנים - מיקרואורגניזמים כימוטרופים - כימוטרופים הינם יצורים אשר מפיקים אנרגיה לתהליכי הנשימה שלהם מתרכובות כימיות, בעיקר מפירוק תרכובות. אחד ממיני הכימוטרופיים הוא מתאנוגנים אשר מייצרים מתאן, החומר האורגני הבסיסי ביותר והכרחי לקיום חיים (סוכרים, חומר בנייה של גופי יצורים חיים), ע"י תגובת מולקולת מימן ופחמן דו-חמצני (להלן: "פד"ח"). הדעה הרווחת היא שהמתאנוגנים היו היצרנים הראשוניים הראשונים שהתפתחו בכדה"א ותרמו להתפתחות החיים.

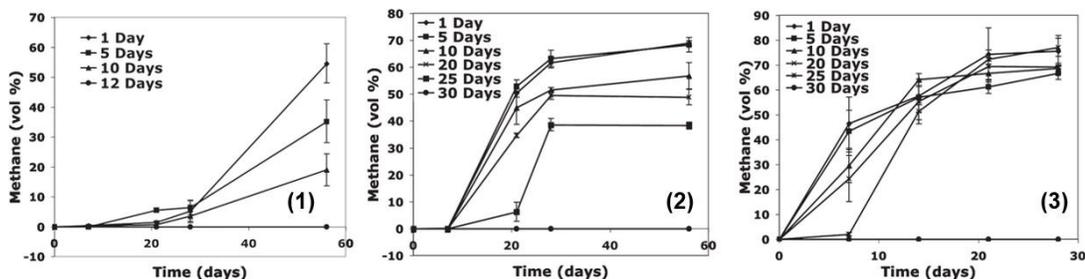
במאמרם של Karl et al, 2003, עולה השערה שניתן לגדל מתאנוגנים במאדים. פד"ח יש בשפע באטמוספירת מאדים ומימן קיים במאדים בסבירות בשל פעילויות געשיות, הידרותרמיות או פירוק של מים ע"י מיקרואורגניזמים נוספים (זאת בנוכחות זרזים כמו תחמוצות ברזל וסילקון (סיליקה) - הנפוצים מאוד בקרקע מאדים.



גרף מס' 13 - תוצאות עבודת Karl et al, 2003 - כמות המתאן שחיידק Methanosarcina barkei

מייצר כתלות בכמות המים אליה נחשף. **מקור:**

בגרף מס' 13 נראית ירידה מסוימת בכמות המתאן בכמות מים גבוהה יותר כך שהחיידק M. barkeri יכול להתאים למערכות דלות במים.

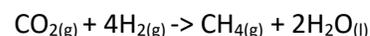


גרפים מס' 1, 3-14, תוצאות ניסוי נוסף של קבוצת Karl et al משנת 2006 - ייצור המתאן כפונק' של ימים לאחר 1, 5, 10, 25, 30 ימים בתנאי ואקום בין שלושה סוגי מתאנוגנים - משמאל 1 לימין 3 - M.barkeri, M. formicicum, M. wolfeii. מקור:

בגרף מס' 14 - עבודה נוספת של הקבוצה משנת 2006, נמצא כי זן M.barkeri הצליח לשרוד בתנאי ואקום במשך 10 ימים ולאחר 21 ימים מתקופת השהייה בואקום התחיל לייצר מתאן (סימן לחיים). בעוד הזנים הנוספים M. formicicum ו-M. wolfeii הצליחו לשרוד 25 ימים בתנאי ואקום - ל-M. formicicum לקחו 21 ימים לאחר תקופת הוואקום בכדי ולייצר מתאן. ל-M. wolfeii לקחו 7 ימים לאחר תקופת הוואקום בכדי לייצר מתאן.

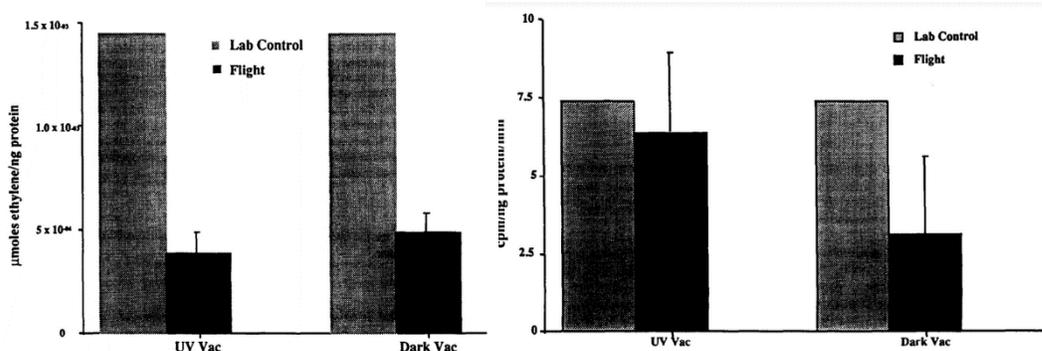
מתוצאות עלו עולים M.wolfeii ו-M. formicicum שיותר עמידים לוואקום והחשיבות בכך היא שהם בעצם יכולים לשרוד על פני מאדים. ההשערה היא שזהו רמז לכך שחיידקים דומים נמצאו על גבי מאדים, הצליחו להפיק שם מתאן ומים - זה מקור המים שמתחת לפני השטח במאדים. כמו כן, הטמפרטורה המשתנה במאדים גם משחקת פה תפקיד וייתכן שבשל טמפרטורות קרות במהלך יום במאדים החיידקים הנ"ל יצליחו לשרוד יותר זמן.

מתאנוגנים משתמשים בפד"ח ומימן מולקולורי לייצור מתאן ומים. לפי הנוסחה -



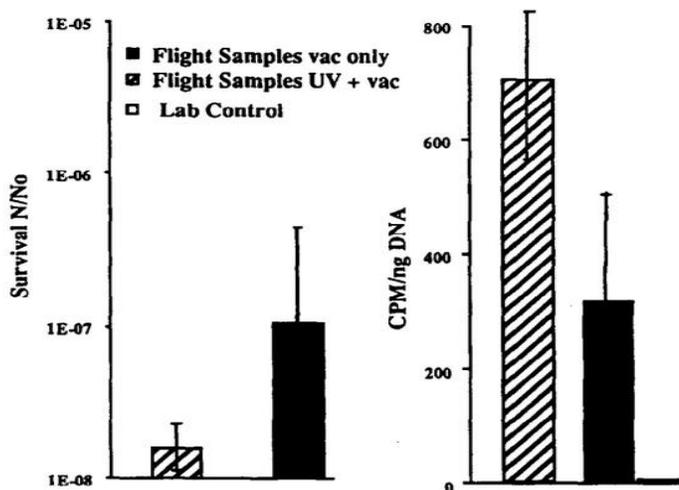
- אקסטרמופיליים - אורגניזמים המסוגלים לשרוד בתנאים קיצוניים כמו אלו ששררו בתחילת החיים על פני כדור"א. כדוגמת - חזזיות, אצות מסוימות והרבה זני חיידקים. חיידקים כגון *Deinococcus radiodurans* העמיד בקרינה פי 500 מאדם מסוגל לשרוד בתנאי חום, קור, יובש ואקום וחומצה.
- אוסמופיליים - מיקרואורגניזמים המותאמים לתנאי לחץ אוסמוטי (מימי) גבוה כמו ריכוזי סוכרים גבוהים. אוסמופיליים מפרקים תרכובות סוכר לאלכוהולים וחומצות אמינו וכך מורידים את ריכוזם. שמרים הם דוגמה למיקרואורגניזם אוסמופילי.
- הלופיליים - מיקרואורגניזמים המותאמים לסביבות בריכוזים מלח גבוהים. חיידקים אלו יוכלו, בסבירות, לשרוד בקרקע מאדים העשירה בפרכלוראט, מלח רעיל.
- קיימים גם חיידקים אשר מבצעים פוטוסינתזה (בדומה לצמחים) - בעלי כלורופיל וכך משתמשים באנרגיית השמש, ומשתמשים בפד"ח ומים מהסביבה בכדי לייצר גלוקוז (תרכובת הסוכר הפשוט ביותר) וחמצן. דוגמה לחיידקי פוטוסינתזה - ציאנובקטריה.

במאמרו של Mancinelli משנת 1998 הוצעו שני זנים של מיקרואורגניזמים אשר יהיו עמידים לתנאי קרינה קשים בדומה לחלל ולואקום. זן של ציאנובקטריה *Synechococcus* זן הלופילי *Haloarcula*.



גרף מס' 15 - כמות החלבון (צד ימין) והאתילן (צד שמאל) כאינדיקציה לכמות הפחמן (כמה נשם) שקיבעה ציאנובקטריה *Synechococcus* כתלות בחשיפה לקרינת UV ולואקום או רק לואקום. **מקור:**

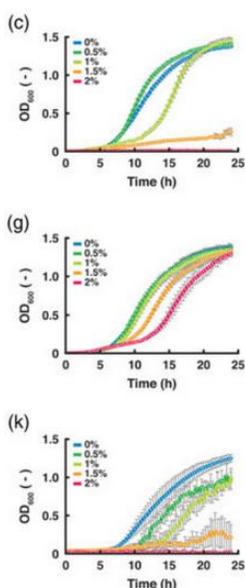
ניתן לראות מהגרפים הנ"ל שזן *Synechococcus* נשאר פרטים המבצעים קיבועי פחמן וחנוקן וממשיכים לחיות גם בתנאי קרינה וואקום קשים. נראה כי תנאי הקרינה הם גורמי הרס התאים הגדול ביותר.



גרף מס' 15 - גודל האוכלוסיה (מספר פרטים ששרדו N חלקי מספר הפרטים ההתחלתי ON) משמאל וכמות ה-DNA שנוצר (גם אינדיקציה לכמות הפרטים) מחיידק *Haloarcula* כתלות בחשיפה לקרינת UV וואקום או רק לואקום. **מקור:**

בדומה - הלופיל *Haloarcula* מצליח לייצר DNA וכמות הפרטים פוחתת עם הקרנה אך עדיין קיימת. משמעות הדבר שמצליח לשרוד ואפילו ממשיך לגדול ליותר פרטים.

במאמר של Matsubara et al משנת 2017 בודדו זנים הלופיליים מ-big soda lake שבמדינת נוואדה, ארצות הברית.



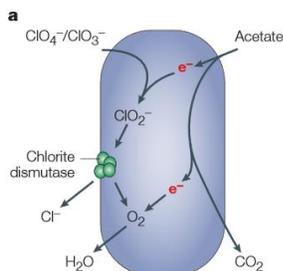
גרף מס' 16 (C, K, G) - גרפי גידול של זן *Halomonas* אשר בודד מאגם Big salt lake בנוואדה, ארה"ב, כתלות בכמויות (0%-2% לפי הצבעים) של מלח פרכלוראט ובזמן. הגרפים השונים מציגים עבור גדילת זן *Halomonas* בתוך תמיסות פרכלוראט שונות - C עם מגנזיום פרכלוראט, G עם נתון פרכלוראט, K עם סידן פרכלוראט. **מקור:**

מגרף מס' 16 נראה כי זן *Halomonas salifodinae* שרד בריכוזי מלח של 20% ובריכוז 1% מלחי פרכלוראט.

במאמר של Oren משנת 2013 מציינים זנים הלופיליים נוספים היכולים לשרוד בתנאי קרינה וואקום קשים - *Halococcus dombrowski*, *alobacterium* strain NRC-1, *Halorubrum chaoviator*, *Haloferax mediterranei* אשר מסוגל לפרק פרכלוראט ובעצם להשתמש בפרכלוראט כמקור אנרגיה, להוריד את כמותו בקרקע ולאפשר גידול חיים.

במאמרם של Bender, Coates, Achenbach et al משנת 2004 נמצאה עדות לגן המקודד לאנזים ('cld') מפרק פרכלוראט לכלורית ולאחר מכן לכלוריד וחמצן אטמוספרי. משמעות הדבר היא במחזור פרכלוראט הרעיל באדמת

מאדים לחמצן הנחוץ לחיים ולכלוריד המסייע בשמירת החומציות בגוף, עבודה תקינה של תהליכי חילוף החומרים בגוף ועוד.



מאדים וכיצד

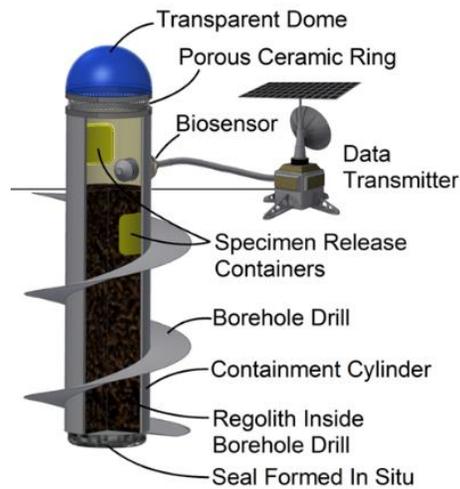
מבט לעתיד - האם יתאפשרו חיים על פני

לפי הכתוב מעלה נראה כי ניתן לייצר חיים על מאדים אך נדרשת הגנה מהקרינה והטמפרטורות הקיצוניות. בנוגע למשתני מאדים כמו הרכב הקרקע, אטמוספירה והלחץ ניתן להתמודד ואפילו להשתמש בהם בכדי להקים מושבות חיידקים אשר יעזרו לגידול גידולים מזינים כפי שסקרנו, תפוח אדמה בפרט. נכון לכתיבת שורות אלו האפשרות למצוא מים נוזליים ולהיות מוגנים מהקרינה והטמפרטורות הקיצוניות של מאדים הם לבנות מעין 'חממות' בבטן מאדים או על פני השטח עם ההגנות המתאימות.

האם אי פעם יתאפשרו חיים על מאדים?

בסקירתו של M.J fogg משנת 1998 עולה המושג "אקויופואסיס" (Ecopoiesis), אשר Hayes התווה בשנת 1990. "אקויופואסיס" - יצירה מלאכותית של מערכת אקולוגית בת קיימא על פני כוכב לכת ללא חיים. Fogg הגדיר אקויופואסיס כ"הנדסת כוכב" - רצף פעולות הנדסיות שמטרתן להפוך כוכב לכת שלא מתקיימים בו יצורים חיים עד שיתכנו בו חיים. השלב הראשון באקויופואסיס הוא זריעת ושגשוג מיקרואורגניזמים.

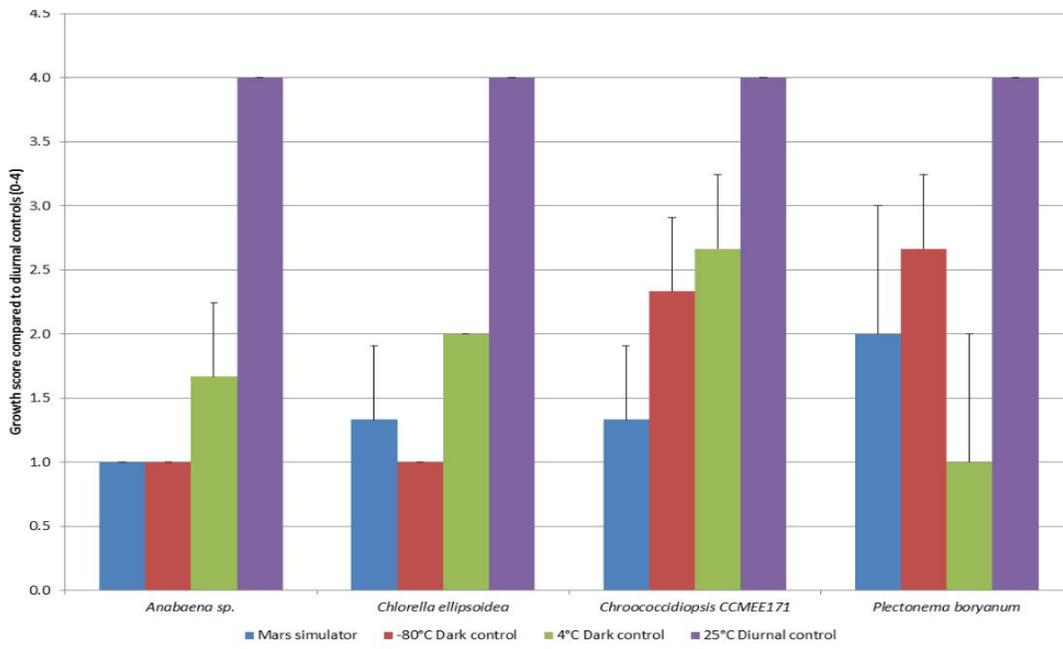
משנת 2014 נאס"א מפתחת מערכת אקויופואסיס (Mars Ecopoiesis Test Bed) אשר תונח ע"ג קרקעת מאדים. מערכת בדיקה להיתכנות חיים ע"ג מאדים בשימוש המשאבים שיש במאדים כמו שהם.



איור מס' 12 - מערכת Mars Ecopoiesis Test Bed, מקור: NASA

המערכת מונחת ע"ג קרקע מאדים וחודרת פנימה לתת הקרקע כדי לבוא במגע עם מים קפואים, חלקה העליון שקוף ומאפשר לקרינת השמש לחדור ולאפשר לחיידקים אקסטרמופיליים או ציאנובקטריה לבצע פוטוסינתזה ולייצר חמצן.

במסגרת עבודה זו ביצעו גם ניסויים לבחינת חיידקים עמידים בתנאי דמויים מאדים איתם יוכלו להמשיך ולאפיין את יעילות המערכת, 100% פד"ח בלחץ בין 3-10 מיליבאר (כשהלחץ על פני מאדים הוא 7 מיליבאר), עם 1 מ"ל מים, במשך חמישה שבועות ועל גבי ארבעה מצעים - אדמת דמוית מאדים, אדמת כדה"א בטמפ' מינוס 80 מ"צ, אדמת כדה"א בארבע מ"צ ובבקרה - תאורה יומית בטמפ' 25 מ"צ.



גרף מס' 16 - פרמטר גדילת ציאנובקטריה מזנים שונים Anabena
Bacillus subtilis sp, Chroococciopsis CCMEE171, Plectonema boryanum
כתלות
במדיום (קרקע) הניסוי. **מקור:**

נמצא כי הזנים הנ"ל מצליחים לשרוד בתנאים דמויי מאדים.

הקמת מערכת אקולוגית בת קיימא על פני כוכב לכת ללא חיים - לדוגמה, מאדים:

עבור הקמת מערכת אקולוגית בת קיימא על פני כוכב לכת ללא חיים חייבים להתקיים ארבעת העקרונות הבאים:

1. הטמפרטורה על פני הקרקע במאדים צריכה לעלות עד לפחות 0 מעלות צלזיוס (גם לאפשר מים במצב צבירה נוזלי) - ניתן בעזרת הגברת אפקט החממה.
2. מסת האטמוספירה צריכה לעלות.
3. מים צריכים להיות במצב צבירה נוזלי.
4. יש להקטין את עוצמות קרינת UV וקוסמיות.
5. הרכב האטמוספירה צריך לכלול בתוכו חמצן וחנקן בכמויות המאפשרות חיים.

הגברת אפקט החממה-

פד"ח הינו גז בולע את קרינת השמש באורכי הגל הארוכים שלה בכך שומר אנרגיה בתוך הביוספירה ופני כדה"א מתחממים. קיום פד"ח באטמוספירת מאדים אוגר חום מסוים. בשל העובדה כי צריך להוסיף עוד חום בכדי לעלות את הטמפ' על פני מאדים לפחות ל-0 מעלות צלזיוס. הוספת גזי חממה על פני מאדים יקלטו את אנרגיית השמש מה שיגרום להתחממות. במידה ותהיה משמעותית יוכל פד"ח הכלוא בקטבי מאדים להשתחרר לאטמוספירה ויותר חום יאגר על פני מאדים וכן הלאה. לאחר ההגעה לשיווי משקל, מניחים כי כמות הפד"ח שתתווסף תהיה כה גדולה כך שתיווצר שכבת אטמוספירה עבה יותר שתוכל גם להגן מקרינה קוסמית.

הצעות לשחרור גזי חממה על פני מאדים:

- מים קפואים כלואים בקטבי מאדים ומים מתפקדים כגז חממה בצורה משמעותית יותר מפד"ח. אדי מים באטמוספירה יכולים להביא גם לביסוס יצרנים ראשוניים כגון צמחים וחיידקים כימוטרופיים.
- חימום את קרקע מאדים והוצאת הפד"ח כלוא.
- שימוש השתמש בגזי CFC להגביר את אפקט החממה, אך ללא שכבת אוזון המגינה מקרינה באורכי גל 200-300 nm תרכובות אלו יתפרקו. הצעה אחרת להשתמש בתרכובות דומות, פרפלוואוריות שאינן מתפרקות מקרינה בטווח אורכי הגל הנ"ל.
- הקמת תחנת חלל עם מראות ברדיוס 125 ק"מ, הנמצאות 214 אלף ק"מ מאחורי מאדים בכדי לרכז את קרינת השמש עליו כך שלפי חישובים ניתן יהיה להמיס את קטבי מאדים ולהעלות את הטמפרטורה ב-5 מעלות קלווין. מראות אלו דורשות 200 אלף טון של אלומיניום, כמות ייצור יומית של אלומיניום בכדה"א.

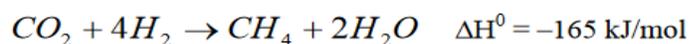
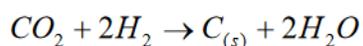
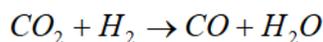
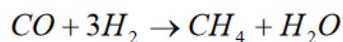
הקטנת האלבדו-

הקטנת האלבדו של פני הקרקע של מאדים תאפשר גם ניצול מיטבי יותר של הקרינה ותשמור את החום על פני מאדים. ניתן להקטין אלבדו בעזרת השיטות הבאות:

- העברת חומר בולע קרינה מפני ירחיו של מאדים ופיזורו על פני מאדים.
- הוספת אורגניזמים, אקסטרמופילים - כמו חזזיות, אצות וחיידקים כמו *Deinococcus radiodurans* שבולעים יותר קרינה על פני הקרקע ומחממים את האטמוספירה. במידה והאצות יתפתחו הן ייצרו בתהליך הנשימה שלהן חמצן ולאחר זמן מה תהיה כמות מספקת של חמצן ע"ג מאדים שתאפשר התפתחות צמחיה ולאחר מכן בע"ח ואדם.

יצירת מים-

- במידה וקיימים מים בתת הקרקע של מאדים ניתן לקדוח ולהפיק אותם.
- כל פעולה להעלות את הטמפ' על פני מאדים תאפשר הפיכתם של המים המצויים במצב צבירה של קרח בקטבי מאדים למים נוזליים.
- יצירת מים באמצעות חיידקים - מתאנוגנים יוצרים בנוכחות פד"ח (96% ממנו מרכיב את האטמוספירה במאדים) ומימן מולקולרי מתאן ומים. ניתן לשלבם בתת הקרקע על מאדים או אפילו על פני הקרקע (הזנים שעמידים לקרינה, כפי שדנו בהם בפרק 3.4.2) ולהעשיר את מאדים במים. במידה והטמפרטורה על פני מאדים תעלה המים יוכלו להישאר כמים נוזליים גם על פני הקרקע וגם בתת הקרקע.
- יצירת מים באמצעות תהליכים כימיים - תגובת Sabatier. מדובר בתגובה זזה ליצירת מתאן ע"י מתאנוגנים רק בנוכחות זרז ניקל או תחמוצת אלומיניום (שיש בקרקע מאדים).. הרעיון הוא הידרוליזה למים ע"ג תחנות החלל לחמצן ומימן. חמצן ישמש את האדם לנשימה ופד"ח יפלט. מהפד"ח והמימן ניתן ליצור שוב מים ומתאן. ניתן גם לשרוף את המתאן ולקבל גרפיט ומימן. המימן חוזר לתגובה עם פד"ח ומתקבלים שוב מים. לפי התגובות הבאות:



5. שאלות המחקר

שאלה מרכזית - האם ניתן לגדל תפוח אדמה על אדמת מאדים?

תת שאלה 1 – האם ניתן לגדל תפוחי אדמה באדמת דמוית מאדים?

תת שאלה 2 – האם ניתן לגדל תפוחי אדמה בתנאי כבידה דמוית מאדים?

תת שאלה 3 – האם ניתן לגדל תפוחי אדמה בתנאי אטמוספירה דמוית מאדים?

6. השערות המחקר

לאור העולה בסקירת הספרות אנו מעריכים כי:

- בנוגע להשערת מחקר 1:
 - ניתן לגדל תפוחי אדמה באדמת דמוית מאדים, כשהפרמטר היחיד הנבדק הוא יכולת הנביטה והגידול באדמה עצמה.
- בנוגע להשערת מחקר 2:
 - ניכר כי תנאי כבידה אינם תנאי הכרחי לגידולים להתפתח ועל כך ייתכנו גידולים על מאדים בו הכבידה היא 0.7% מכבידת כדה"א.
- בנוגע להשערת מחקר 3:
 - באטמוספירה הנוכחית של מאדים, על הרכבי הגזים שיש בה כרגע, לא יתכנו חיי בע"ח ואדם הנושמים בנשימה תאית (שימוש בחמצן).
 - ניתן יהיה לגדל גידולי תפוח"א על מאדים, תוך ניצול הפד"ח באטמוספירה והשלמת חסרים כגון חמצן וחנקן שאינם מצויים באטמוספירה, בתהליכי כימיים שונים.
 - בדומה לחיים על פני כדה"א, בשילוב תהליך הנשימה של צמחים המייצרים חמצן מפד"ח, ניתן לקיים את היצורים החיים הנושמים בנשימה תאית חמצן ופולטים פד"ח.

7. שיטות המחקר

בכדי להוכיח את השערתנו, שניתן לגדל תפוחי אדמה על אדמת מאדים, נרצה לבחון את המשתנים הבאים:

1. השפעת הרכב קרקע דמוית מאדים על יכולת הגידול של תפוחי אדמה
2. השפעת תנאי כבידה נמוכים דמויי מאדים על יכולת הגידול של תפוחי אדמה
3. השפעת תנאי האטמוספירה דמויי מאדים על יכולת הגידול של תפוחי אדמה

בשל כך, נציע לבצע את הניסויים הבאים:

1. ניסוי מס' 1 – בחינת הרכב קרקע דמוית מאדים על יכולת הגדילה של תפוחי אדמה

- a. מטרה – בחינה האם תפוחי אדמה יכולים לגדול באדמה דמוית מאדים. השוואה בין אדמות מדמה?
מתווה – ניסיון לגדל תפוח אדמה בדגימות מדמה שונות בהרכבי קרקע שונים. מספר דגימות מדמה (מדבר לה ג'ויה, דרום פרו – סוג 1 או מדמה מהרי געש הוואי – סוג 2) אדמת מאדים עם שלושה הרכבים שונים של המזהמים העיקריים במאדים (פרכלוראט וכו').
- c. מהלך –
 - i. קבוצת ביקורת - גידול בתנאים האופטימליים בכדה"א, לפי סקירת הספרות ניתן לראות שאדמה X הניבה את התנאים האופטימליים לגידול תפוח אדמה.
 - ii. הניסוי יכלול שתי קבוצות מדמים, לכל מדמה שלושה דגמים בהם יהיו ריכוזים שונים של פרכלוראט (0.2, 0.4, 0.6 אחוזים). לכל דגם שלוש חזרות.
 - iii. כל אדמה תועבר לכלי ייעודי המתאים לנפח האדמה, סה"כ 18 דגמים.
 - iv. שתילת שתילי תפוחי אדמה מאותו הזן, בני אותו הגיל, בערך באותו הגודל במרכז כל אחד מהכלים הייעודיים.
 - v. תנאי הארה וטמפ' – סטנדרטיים, שמש כדה"א.
- d. בדיקת התוצאות בשיטות הבאות -
 - i. תבוצע השוואה בין השתילים משתי קבוצות המדמים לבין קבוצת הביקורת, כאשר הגידול בקבוצת הביקורת ככה"נ יהיה משמעותי יותר ויהווה 100% גדילה.
 - ii. מעקב צילום בשעה קבועה בכל יום ולמשך חודשיים. בסוף החודשיים ימדדו מימדי הגידול - נפח הפקעת, מסה כוללת, אורך ומספר עלים.
 - iii. בתום החודשיים ערכו התזונתיים - כלורופיל, חלבונים ונוטריאנטים בשיטות אנליטיות מתאימות.

2. ניסוי מס' 2 – השפעת תנאי הכבידה הנמוכים במאדים על יכולת הגדילה של תפוחי אדמה

a. מטרה – בחינה האם תנאי כבידה נמוכים כמו שקיימים במאדים משפיעים על יכולת הגדילה של תפוחי אדמה.

b. מתווה – בחינת השפעת סביבה ללא כבידה (תחנת חלל), על יכולת הגדילה של הצמח.

c. מהלך –

i. לאחר תוצאות ניסוי 1, נבצע ניסוי דומה בתנאי תחנת החלל הבינלאומית.

ii. הניסוי יכלול שלושה שתילים הנמצאים בתוך 'כריות שתילים' (ראו תמונה מס' XX, יתכן

שיידרש פיתוח כרית כזו לתפוחי אדמה). שתילי תפוח האדמה יהיו מאותו הזן, בני אותו

הגיל, בערך באותו הגודל.

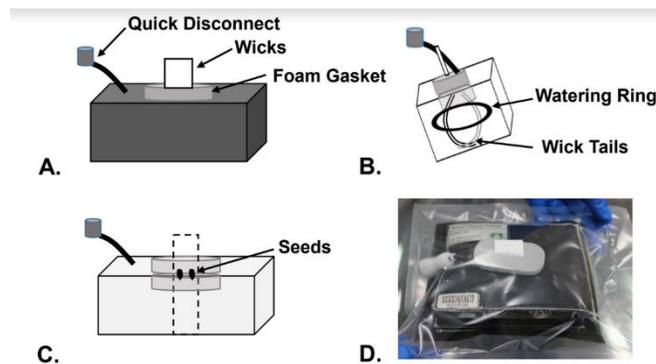


Figure 3. A. Schematic side view of a plant pillow. B. Schematic end cross sectional view of plant pillow. C. Schematic cut away side view of plant pillow showing seed placement. D. Photo of a planted pillow prepared for flight.

איור מס' 13 - כריות שתילים מתוצרת ORBITEC ובשימוש תחנת החלל הבינלאומית ISS. בכריות שתילים אלו מוכנסים זרעי

הגידול (C) והתארכות השורשים נמצאת בתוך הכרית ומושרית במים ונוטריאנטים. מקור: Massa et al. -- Veggie Plant

Pillow Preparation, Gravitational and Space Research Volume 5(1), July 2017.

iii. השתילים יחשפו לאותה כמות נוטריאנטים, מים, אור ואטמוספירה, של כדה"א.

d. בדיקת התוצאות בשיטות הבאות -

i. תבוצע השוואה בין השתילים לבין קבוצת הביקורת (כבידת כדה"א), כאשר הגידול

בקבוצת הביקורת ככה"נ יהיה משמעותי יותר ויהווה 100% גדילה.

ii. מעקב צילום בשעה קבועה בכל יום ולמשך חודשיים. בסוף החודשיים ימדדו מימדי הגידול

- נפח הפקעת, מסה כוללת, אורך ומספר עלים.

iii. בסוף החודשיים ערכיו התזונתיים - כלורופיל, חלבונים ונוטריאנטים בשיטות אנליטיות

מתאימות.

3. ניסוי מס' 3 - השפעת תנאי אטמוספירה דמויי מאדים על יכולת הגידול של תפוחי אדמה

a. מטרה – בחינת השפעת תנאי קרינה ואטמוספירה דמויי מאדים על יכולת הגידול של תפוחי אדמה

b. מתווה – גידול תפוחי אדמה בתנאי אטמוספירה דמויי מאדים (95% פד"ח, 1.9% ארגון, 1.9%

חנקן, 0.1% חמצן, 0.05% CO).

c. מהלך -

- a. גידולי תפוחי אדמה בני אותו הגיל, גודל זון בשלוש כוסיות זהות, בתוך קרקע בהרכב זהה.
- b. קבוצת ביקורת - הכנסת ארבעה כוסיות זהות, בתוך קרקע בהרכב זהה לתא סגור המחולל את הרכב האטמוספירה שבכדה"א - חנקן 78.08%, חמצן 20.90%, ארגון 0.90%, פד"ח 0.03%.
- c. הכנסתן מערכת אטומה (כדוגמא ראו את מערכת מחוללת האטמוספירה של מאדים במכון חקר החלל בקראץ, אוסטרליה - תמונה מס' X) המחוללת את הרכב הגזים הבא (הרכב האטמוספירה של מאדים) - 95% פד"ח, 1.90% ארגון, 1.90% חנקן, 0.10%



חמצן, 0.05% CO.

איור מס' 14 – תמונת מערכת ניסוי מחוללת הרכב אטמוספירה של מאדים הממוקמת במרכז למחקר חלל הספרדי [Centro de Astrobiología](#) בספרד. במערכת ניתן לשלוט על הרכב הגזים (אטמוספירה), לחץ, טמפרטורה, לקיים סימולציות של סופות רוחות ושל אבק מאדים (חלקיקי תחמוצות הנפוצות ע"ג קרקעת מאדים). מקור: <https://cab.inta-csic.es/remis/facilities/mars-simulation-chamber/>

d. בדיקת התוצאות בשיטות הבאות -

- a. תבוצע השוואה בין השתילים לבין קבוצת הביקורת (הרכב אטמוספירה של כדה"א), כאשר הגידול בקבוצת הביקורת ככה"נ יהיה משמעותי יותר ויהווה 100% גדילה.
- b. מעקב צילום בשעה קבועה בכל יום ולמשך חודשיים. בסוף החודשיים ימדדו מימדי הגידול - נפח הפקעת, מסה כוללת, אורך ומספר עלים.

c. בסוף החודשיים ערכיו התזונתיים - כלורופיל, חלבונים ונוטריאנטים בשיטות אנליטיות מתאימות.

4. הצעות לניסויי המשך -

לאחר הניסויים שלנו, נציע להמשיך את המחקר ולבדוק כיוונים ומשתנים נוספים -

- המשך לניסויים אשר הוצעו בסעיף הקודם –
 - השוואה בין זני תפוחי אדמה עמידים לתנאי סביבה קשים כמו במאדים -
 - אטמוספירה עשירה בפד"ח
 - גרוויטציה ולחץ נמוכים
 - שדה מגנטי חזק

לאחר מכן ניתן לשלב את הניסויים ולבצע ניסוי על זן תפוח האדמה שגדל בצורה המיטבית בכל הניסויים הנ"ל ולשלב את כל תנאי הסביבה הללו ולבדוק אז האם הזן יניב את אותן תוצאות ויגדל באותה צורה.

- בנוסף, ישנו פער בקיום ניסויים בתת קרקע של מאדים - מרבית המחקרים, כפי שניתן לראות מסקר הספרות, מבוצעים בתחנות חלל. הצעתנו ראשית כל לבדוק מהם התנאים השוררים מתחת לפני השטח במאדים. שליחת גשושיות נאס"א כמו Phoenix, המסוגלת לקדוח בקרקע מאדים, לדגום ולמפות את התת קרקע. אם יימצא שתת הקרקע עשירה במים, מוגנת מקרינת השמש ניתן ביתר קלות לקיים שם חיים.
- מציעים גם לבחון את האפשרות לפיתוח מערכות מחזור משאבים מקיימות -
 - בשילוב תולעים אדומות המאפשרות קומפוסט.
 - ביצוע מו"פ בנושא הנדסה גנטית - שימוש במיקרואורגניזמים עמידים לתנאי הסביבה הקשים ולהקנות להם את היכולת למחזר משאבים (פירוק פרכלוראט רעיל וכו').

8. תוצאות סקירת נתונים

1. ניסוי מס' 1 - בחינת הרכב קרקע דמויית מאדים על יכולת הגדילה של תפוחי אדמה מתוך סקר הספרות בסבירות גבוהה שגדילת תפוחי אדמה באדמת מדמה... היא אפשרית ותפוח אדמה יגדול עד כדי לפחות 10% בהשוואה לאדמת כדה"א.

2. ניסוי מס' 2 – השפעת תנאי הכבידה הנמוכים במאדים על יכולת הגדילה של תפוחי אדמה מתוך סקר הספרות ותוצאות גידול צמחים על פני תחנת החלל הבין לאומית, נמצא שלתנאי הכבידה במאדים תהיה השפעה פחותה על יכולת הגדילה של תפוחי האדמה.

3. ניסוי מס' 3 – השפעת תנאי אטמוספירה דמויי מאדים על יכולת הגידול של תפוחי אדמה מתוך סקר הספרות בסבירות גבוהה שהרכב אטמוספירה עשיר בפד"ח יעזור להתפתחות הצמח. במאמר של (Wittwer, 1992), נמצא כי ריכוז גבוה של פד"ח גורם לסגירת הפיוניות של הצמחים וכך מקטין את איבוד המים בטרנספירציה. עם זאת, כמות הפד"ח היא גבוהה משמעותית ממה שנדרש לצמח, על כן יש לאזן את הרכב הגזים כך שיכיל הרכב אופטימלי עבור הצמח בתנאי מעבדה.

9. ביבליוגרפיה

1. Zubrin, Robert; Wagner, Richard (1997). The Case for Mars: The Plan to Settle the Red Planet and Why We Must. New York: Touchstone. ISBN 978-0-684-83550-1. OCLC 489144963.
2. "The Lure of Hematite". Science@NASA. NASA. March 28, 2001. Archived from the original on January 14, 2010.
3. Adler, M.; Owen, W.; Riedel, J. (June 2012). Use of MRO Optical Navigation Camera to Prepare for Mars Sample Return (PDF). Concepts and Approaches for Mars Exploration. June 12–14, 2012. Houston, Texas. 4337. Bibcode:2012LPICo1679.4337A.
4. Byrne, Shane; Ingersoll, Andrew P. (2003). "A Sublimation Model for Martian South Polar Ice Features". Science. 299 (5609): 1051–1053. Bibcode:2003Sci...299.1051B. doi:10.1126/science.1080148. PMID 12586939.
5. Kostama, V.-P.; Kreslavsky, M. A.; Head, J. W. (June 3, 2006). "Recent high-latitude icy mantle in the northern plains of Mars: Characteristics and ages of emplacement". Geophysical Research Letters. 33 (11): L11201. Bibcode:2006GeoRL..3311201K. doi:10.1029/2006GL025946. Retrieved August 12, 2007. 'Martian high-latitude zones are covered with a smooth, layered ice-rich mantle'.
6. "Mars' South Pole Ice Deep and Wide". NASA. March 15, 2007.
7. "Mars Ice Deposit Holds as Much Water as Lake Superior". NASA. November 22, 2016.[Link](#).
8. Philips, Tony (2001). "The Solar Wind at Mars". Science@NASA.

- Lundin, R; et al. (2004). "Solar Wind-Induced Atmospheric Erosion at Mars: First Results from ASPERA-3 on Mars Express". *Science*. 305 (5692): 1933–1936. Bibcode:2004Sci...305.1933L. doi:10.1126/science.1101860. PMID 15448263. .9
- (Neal-Jones, Nancy; O'Carroll, Cynthia. "New Map Provides More Evidence Mars Once Like Earth". NASA/Goddard Space Flight Center 2005). .10
- "Multiple Asteroid Strikes May Have Killed Mars's Magnetic Field". *Wired*. January 20, 2011. .11
- Lemmon, M. T.; et al. (2004). "Atmospheric Imaging Results from Mars Rovers". *Science*. 306 (5702): 1753–1756. Bibcode:2004Sci...306.1753L. doi:10.1126/science.1104474. PMID 15576613. .12
- CO2 - Wittwer (1992) .13
- M. R. Hender (2007). "Suitability of Martian Environmental Conditions for Crop Growth on Mars". *J. Agronomy & Crop Science* 193, 366–372 (2007). doi:10.1111/j.1439-037X.2007.00271.x .14
- Jack E. Myers, Allan H. Brown. *Gas Regeneration and Food Production in a Closed Ecological System*, 1961 .15
- Nelson, M. "Nutrient recycling systems of Biosphere 2: litterfall, decomposition and wastewater recycling, results from the 1991–93 closure experiment". *Life Support and Biosphere Science* 4 (3/4), 145–153,1997. .16
- M. Nelson, et al. "Integration of lessons from recent research for "Earth to Mars" life support systems. *Advances in Space research* 41, 2008, p 675-683. .17
- Larkin, RP. 2015. *Soil Health Paradigms and Implications for Disease Management*. *Annu. Rev. Phytopath.* 53:199-221 .18
- Karl, T.A et al, 2003. "GROWTH OF METHANOGENS ON A MARS SOIL SIMULANT". [Orig Life Evol Biosph.](#) 2004 Dec;34(6):615-26 .19
- Karl, T.A et al, 2006. "Survival of Methanogens During Desiccation: Implications for Life on Mars". *Astrobiology* 6(4):546-51 .20
- Mancinelli et al, 1998. "BIOPAN-SURVIVAL I: EXPOSURE OF THE OSMOPHILES SYNECHOCOCCUS SP. (NAGELI) AND HALOARCULA SP. TO THE SPACE ENVIRONMENT". *Adv. Space Res.* Vol. 22, No. 3, pp. 327-334. 1998 .21
- Matsubara et al, 2017. "Earth analogues for past and future life on Mars: isolation of perchlorate resistant halophiles from Big Soda Lake". *International Journal of Astrobiology* 16 (3): 218–228 (2017) doi:10.1017/S1473550416000458 .22

- Oren et al, 2014. "Perchlorate and halophilic prokaryotes: implications for possible halophilic life on Mars". *Extremophiles* (2014) 18:75–80, DOI 10.1007/s00792-013-0594-9 .23
- Bender, Coates, et al. 2004. "Metabolic Primers for Detection of (Per)chlorate-Reducing Bacteria in the Environment and Phylogenetic Analysis of cld Gene Sequences". *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*, Sept. 2004, p. 5651–5658. https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/2014_phase_i_eugene_boland_mars_eco_poiesis_testbed.pdf ? .24
- De Vera, et al, (2012). "Lichens as survivors in space and on Mars. *Fungal Ecol* 2012, 5, 472-479. .26
<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20120016419.pdf> .27
- "Perchlorate: Health and Environmental Impacts of Unregulated Exposure". United States Congress. Retrieved 15 April 2012. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/> .28
- The seventh mass extinction: Human-caused events contribute to a fatal consequence P.A. Carpenter a, *, P.C. Bishop b http://www.theregister.co.uk/2006/06/14/hawkings_leave_earth/ .29
- A Satellite-Derived Lower-Tropospheric Atmospheric Temperature Dataset Using an Optimized Adjustment for Diurnal Effects <https://www.nasa.gov/press/2015/february/nasa-study-finds-carbon-emissions-could-dramatically-increase-risk-of-us> .30
- <https://news.un.org/en/story/2017/09/564972-global-hunger-rising-again-driven-conflict-and-climate-change-un-report> .31
- <http://news.mit.edu/2012/the-economic-cost-of-increased-temperatures-0807> .32
- <http://nymag.com/daily/intelligencer/2017/07/climate-change-earth-too-hot-for-humans.html>,
<http://nymag.com/daily/intelligencer/2017/07/climate-change-earth-too-hot-for-humans-annotated.html> .33
- Zimmerer, K.S. (1998). The ecogeography of Andean potatoes. *BioScience* 48, 445–454 .36
- Vasquez-Robinet, C. et al. (2008). Physiological and molecular adaptations to drought in Andean potato genotypes. *J. Exp. Bot.* 59, 2109–2123, Martinez, C.A., Loureiro, M.E., Oliva, M.A. & Maestri, M. (2001). Differential responses of superoxide dismutase in freezing resistant *Solanum curtilobum* and freezing sensitive *Solanum tuberosum* subjected to oxidative and water stress. *Plant Sci.* 160, 505–515., Schafleitner, R. et al. (2007). Field screening for variation of drought

tolerance in *Solanum tuberosum* L. by agronomical, physiological and genetic analysis. *Potato Res.* 50, 71–85.

Extreme salinity as a challenge to grow potatoes under Mars-like soil conditions: targeting promising genotypes .38
<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/potato/en/> .39
<http://www.fao.org/potato-2008/en/potato/index.html> .40

Martian Soil Simulant Available for Scientific, Educational Study .41

Multidisciplinary approach of the hyperarid desert of Pampas de La Joya in southern Peru as a new Mars-like soil analog Julio E. Valdivia-Silva a,b,† , Rafael Navarro-González a , Fernando Ortega-Gutierrez c , Lauren E. Fletcher b , Saúl Pérez-Montañón d , Renee Condori-Apaza b , Christopher P. McKay b .42

Extreme salinity as a challenge to grow potatoes under Mars-like soil conditions: targeting promising genotypes .43

Can Plants Grow on Mars and the Moon: A Growth Experiment on Mars and Moon Soil Simulants .44

Suitability of Martian Environmental Conditions for Crop Growth on Mars .45
<http://www.pinat-hay.com/kaimut.htm> .46
<http://wetland.maabarot.org.il/system.htm> .47

Forgot, Francois. "Alien Weather at the Poles of Mars" (PDF). *Science*. Retrieved 25 February 2007. .48

Mahaffy, P. R.; Benna, M.; Elrod, M.; Bougher, S. W. (2015). Jakosky, B., ed. EARLY COMPOSITION, STRUCTURE, AND ISOTOPE MEASUREMENTS IN THE UPPER ATMOSPHERE OF MARS FROM MAVEN'S NEUTRAL GAS AND ION MASS SPECTROMETER (NGIMS). .49

פסולת מזון: חומר גלם מתכלה בשימוש מדפסות תלת-ממד

מיכל סקורניק (300967874)

נורית בר שי (25574997)

ספיר גולדווסר (200031268)

פרופ' אבי פרבולוצקי
מנחה: ריקי לוי

קורס: פרויקטים בחקר הסביבה
נושא: מזון וסביבה

ביה"ס ללימודי סביבה ע"ש פורטר, אוניברסיטת תל אביב
מרץ 2018

287 תקציר

287 מבוא

288 סקירת ספרות

288	טכנולוגיית ההדפסה התלת מימדית	1.
288	ראשית הטכנולוגיה	.1.1
290	מטכנולוגיה לענף ייצור חדש	.1.2
292	פרויקט RepRap – תחילתו של עידן	.1.3
293	המדפסת הביתית הראשונה MakerBot	
294	חשיבות נושא חומרי הגלם בענף ההדפסות התלת ממדיות	.1.4
295	הדפסה בשיטת סטיראולוגרפיה (SLA)	
295	DLP	
295	הדפסה בשיטת ריבוד חומר מותך FDM (Fused Deposition Modeling)	
296	חומרי הגלם הנפוצים בשימוש מדפסות ביתיות	.1.5
296	מיזמים למיחזור פלסטיק כחומר גלם	
296	פלסטיק	2.
296	רקע	.2.1
297	השפעת הפלסטיק על גוף האדם ובעלי החיים	.2.2
298	הגדרת המושג "ביו-פלסטיק"	.2.3
301	ניתוח מחזור חיים	.2.4
	מסקנות עיקריות מניתוח מחזור חיים של פלסטיק ממקור מתחדש בהשוואה לפלסטיק ממקור לא מתחדש	.2.5
	306	
306	מהו התחליף המועדף להחלפת הפלסטיק המסורתית?	.2.6
306	פסולת מזון אורגני כתחליף ליצירת ביו-פלסטיק מתכלה	.2.7
307	פסולת מזון כחומר גלם	3.
307	שרשרת המזון בטבע	.3.1
307	פסולת ואובדן מזון: מפסולת לאספקה Food Waste & Food Loss	.3.2
312	פסולת כחומר גלם Transforming Waste into Supply	.3.3
318	שארי מזון כחומר גלם בידי מעצבים - מקרי בוחן	3.4.

322 מטרות המחקר

323 אוכלוסיית מחקר

323 שיטות המחקר

323 כלי המחקר

324 סיכום

325 מקורות

תקציר

תחום ההדפסות התלת ממדיות נעשה לטכנולוגיה נפוצה בענפי ייצור שונים וכן בקרב מעצבים ו"מייקרים" בזכות היכולת ליצור דגמים מורכבים אשר מותאמים באופן אישי ללא תלות בפס ייצור בזמינות מידית ובעלות נמוכה. (Berman, 2012) מבחינה סביבתית, למהפכת ההדפסה התלת מימדית הפוטנציאל להקטנת שרשראות ייצור חוצות יבשות וייצור עצמי, הפחתת בזבז משאבי טבע מחד ויעילות אנרגטית מאידך. בנוסף, שימוש בחומרי גלם זמינים ונגישים לכל ממקור שארי מזון כתחליף לחומרי גלם סינתטיים ממקור פוסילי, מאפשר אורח חיים בר קיימא, תוך הפחתת טביעת אצבע אקולוגית הן מפליטות גזי חממה והן מזיהומי קרקע ומים.

קהילת המייקרים נחשבת לקהילה משמעותית בהנעה וקידום של טכנולוגיית ההדפסה התלת מימדית והכנסתה לשימוש בקרב משתמשים ביתיים (Anderson, 2014). השפעת המייקרים ניכרת הן התחום פיתוח הטכנולוגיה והן תחום חומרי הגלם. מתוך קהילה זאת צמחו מיזמים טכנולוגיים רבים. בעבודה זאת נבחן האם קהילת המייקרים יכולה להשפיע על הפיכת הענף לידידותי יותר לסביבה.

מבוא

בשנים האחרונות, תחום הדפסות התלת מימד התפתח לטכנולוגיה נפוצה בענפי ייצור שונים וכן בקרב מעצבים ותנועת המייקרים (Maker Movement), עם יכולת ייצור דגמים מורכבים המותאמים באופן אישי ללא תלות בפס ייצור המוני, השכיח מאז המהפכה התעשייתית, המאופיינת בעליות ייצור נמוכות המאפשרות נגישות וזמינות לכל צרכן.

בתחילת שנות ה-2000 תחום טכנולוגית הדפסות התלת ממד נתפסה כמהפכה התעשייתית הבאה.

הנשיא האמריקאי ברק אובמה הכריז כי "לטכנולוגיית הדפסה תלת מימד יש את הפוטנציאל לחולל מהפכה בכל תחום של חיינו" (Obama, 2009). החזון כי טכנולוגית הדפסות התלת ממד תחדור לכל משק בית, תשמש את הצרכן הפרטי כמעט בכל תחום בחיי היום יום. החל מייצור מזון מודפס ומהונדס על פי צרכים מותאמים אישית ועד ייצור רהיטים וטקסטיל המותאמים אישית ללא צורך בתלות שרשרת אספקה חוצת יבשות.

כאשר בוחנים את היצע חומרי הגלם (פילמנטים) הזמינים כיום בשימוש מדפסות תלת ממד ביתיות המשמשות צרכנים פרטיים, טווח המחירים עבור צרכנים אלה עדיין יקר (\$200-\$2000). בנוסף, מרבית הפילמנטים בשימוש הטכנולוגיה עשויים מפולימריים סינתטיים, ממקור פוסילי לא מתחדש.

לאחרונה מודעות סביבתית לחומרים מתחדשים ברי קיימא ומחירים זולים יותר, איפשרו לייצר חומרי גלם מביופולימרים מתחדשים, כגון PLA (Polylactic Acid) המופק מתירס או קני סוכר, אשר הפך אותו לפילמנט נגיש וזול הכי נמכר כיום.

בבחינת מחזור החיים של פלסטיק ממקורות מתחדשים (PLA) ולא מתחדשים (פוסיליים) אנו עדים לנזק הסביבתי העצום לקרקע, למקורות מים, ולאטמוספירה כחלק מתהליך ההפקה, ייצור וסוף חיים. גם בבחינת ההשפעות הסביבתיות של פסולת ושאריו מזון אנו רואים נזקים סביבתיים אשר משאירים טביעת אצבע אקולוגית ניכרת.

למעשה פסולת ושאריו מזון אורגנים הנגישים לכל אדם פרטי במשק הבית, יכולים לשמש כחומרי גלם מתכלים, מתחדשים, וברי-קיימא כתחליף לחומרי גלם מסורתיים הנמצאים בשימוש מדפסות התלת ממד היום. ועל ידי כך להפחית ואף למנוע נזקים סביבתיים.

בעקבות מודעות ואחריות סביבתית והתפתחויות בתחום הביוטכנולוגיה, בשנים האחרונות מעצבים ומייקרים עושים שימוש רחב יותר בחומרי גלם מביו-פולימרים ממקורות מתחדשים ומתכלים הנמצאים בסביבותינו ונגישים לכל אדם. מודל עיצובי זה, מאפיין כלכלה מעגלית, בה חומר הגלם האורגני מתכלה והופך לאבני הבניין עבור הדור הבא של המוצרים.

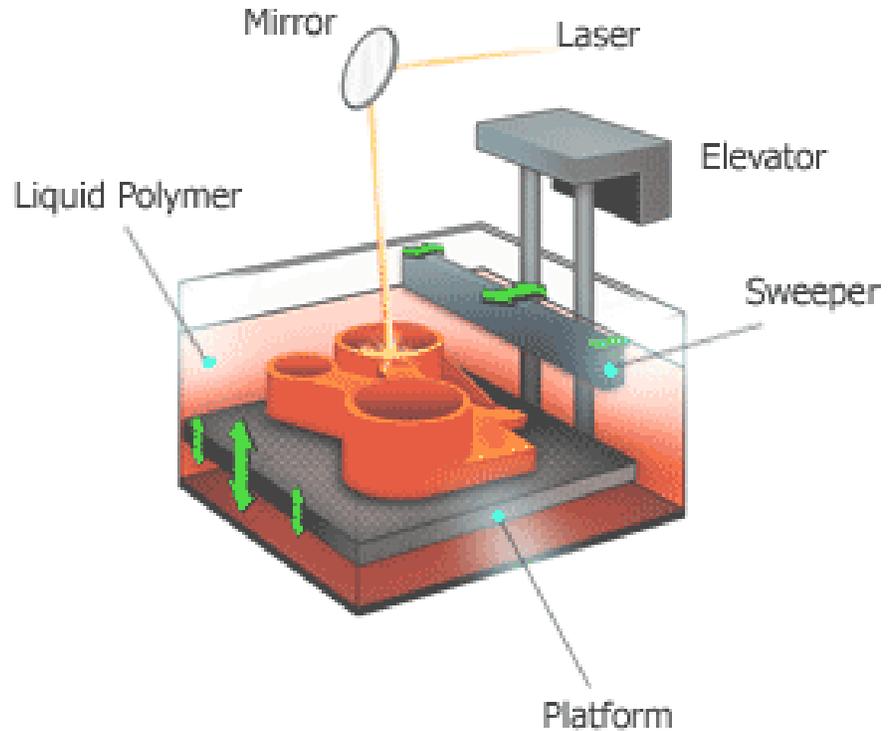
התפתחויות בתחום הביו-חומרים בקרב מעצבים ומייקרים, מהווה פוטנציאל לשימוש בחומרים אלה בתחום הדפסות תלת ממד וכן מהווה את הפוטנציאל לאפשר מחזור של פסולת ושאריות מזון אורגני ולהשמיש אותו כחומר גלם חדש לייצור הפצים ויישומים חדשניים כפי שנבחן בעבודה זו. (Van Dyk, 2013).

סקירת ספרות

1. טכנולוגיית ההדפסה התלת מימדית

1.1. ראשית הטכנולוגיה

הרעיון של הדפסה תלת מימדית החל במוחו של המהנדס צ'רלס הול ב-1986 כאשר השתמש במנורות אולטרה להקשחת ציור שיצר על שולחן קפה, באמצעות ההשראה הזאת צ'ארלס המציא תהליך להדפסה של אובייקטים תלת ממדיים אשר קיבל את השם סטריאו ליטוגרפיה – וכיום משמש כאחת משיטות ההדפסה העיקריות. (Wohlers, T. 2012)



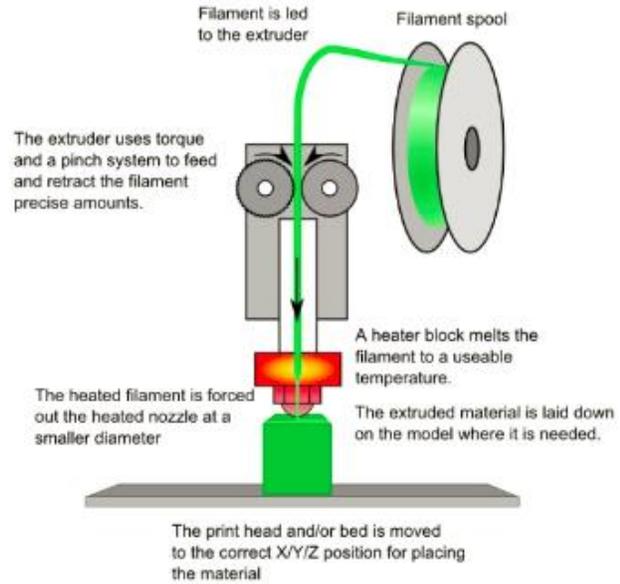
תרשים 1.1 Stereolithography Process (SLA)

עיקרון העבודה של השיטה הינה מיצוק נוזלים פולימריים ע"פ תמונה כלשהי וייצור של חלקים על ידי הוספת שכבת חומר פלסטי נוזלי, שרף, שכבה אחת בכל פעם, הקשיית השרף באמצעות קרן לייזר וכך שכבה אחר שכבה ניבנה חלק.

בשנת 1986, לאחר שרשם פטנט על הטכנולוגיה, ייסד האל את חברת D Systems³ להדפסות תלת מימדיות שממוקמת בעיר וואלנסיה, קליפורניה ארה"ב.

בנובמבר 1987 הציגה החברה את המדפסת התלת מימדית הראשונה בתערוכת הנדסה בדיטרויט. בעקבות החשיפה חברות אחרות החלו בפיתוח שיטות אחרות להדפסה תלת מימדית וחל שיפור מתמיד בדיוק ובמהירות ההדפסה.

ב-1988 סקוט קראמפ, המציא שיטה שנקראת Fused Deposition Modeling (FDM) שכיום הינה השיטה הנפוצה ביותר להדפסה תלת מימדית. (Gibson et al., 2010)



תרשים 1.2 Fused Deposition Modeling (FDM)

בשיטת ה-FDM חוט פלסטיק מועבר דרך ראש הזרקה מחומם שמוציא חוט דקיק ומצייר איתו שכבה אחר שכבה. על העיקרון של שיטה זאת ייסד קראמפ ביחד עם אשתו את חברת **Stratasys**.

Stratasys ו-3 D SYSTEMS גדלו להיות החברות המשפיעות והמעצבות של תעשיית מדפסות תלת המימד ותחום הדיגום המהיר (Matias& Rao,2015)



תרשים 1.3 מדפסת בטכנולוגיית FDM של חברת Stratasys

1.2. מטכנולוגיה לענף ייצור חדש

הביטוי דיגום מהיר (rapid prototyping) מתייחס לתהליך של עיצוב מודל תלת ממדי באמצעות תוכנה ממוחשבת תיב"ם (cad) וייצור של אב טיפוס ראשוני, לרוב מפלסטיק באמצעות טכנולוגיה של הדפסה תלת מימדית, האב טיפוס הראשוני נהיה לרוב הבסיס לדגם סופי של מוצר. דיגום מהיר מפחית עלויות ייצור ע"י כך שהוא מקטין סיכוני

פיתוח ומאפשר למעצבים ומהנדסים לתכנן באופן יותר מדויק ומוחשי אבות טיפוס של מוצרים, וכן לאפשר מספר סבבים של ניסיונות ואיסוף פידבקים ללא פיתוח מוצר מוגמר. (Pham&Gault,1998)

במהלך שנות ה-90 ובתחילת שנות ה-2000, טכנולוגיות נלוות למדפסות התלת מימד החלו לצמוח. כאשר המיקוד היה עבור עולם הייצור והתעשייה. חידושים טכנולוגיים התאפשרו בעולם ההנדסי המכני בעקבות היוולדות התחום של "דיגום מהיר", ועולם המיכון התעשייתי התרכז בקיצור תהליכי יצור ע"י קיצור תהליכי "יציקות", טרמינולוגיה שצמחה בשנים האלו מתייחסות למושגים Rapid Tooling (RT), Rapid Casting and Rapid Additive Manufacturing (RM). והתחום של מדפסות תלת מימד התרחב לענף יותר רחבי שקיבל את השם manufacture - "ייצור בהוספה" (Rosochowski&Matuszak,2000)

בתחילת שנות ה-2000 כאשר תעשיית הדפסות התלת מימד החלה להתרחב מעבר לתחום הדיגום המהיר החלו להתייחס לתחום המדפסות התלת מימדיות כמדע בדיוני שהולך ונהיה מציאות ובתקשורת החלו לדבר על המהפכה שהתחום יכניס אל עולם הייצור והמסחר "כל בן אדם יוכל להזמין artefact ממחסן וירטואלי או פשוט לדמיין אחד, תוך כמה דקות הדימיון של כל אדם יוכל ליצר חפצים מוחשיים, צעצועים חדשים, חלקי חילוף למכוניות, שתלים מותאמים אישית למטרות רפואיות, כל דבר שאדם יכול לחשוב עליו יהפוך לבר המצאה בלחיצה על כפתור באמצעות מחשב המחובר למדפסת אשר מדפיס אובייקטים חומריים" (אקונומיסט 2001)

טכנולוגיות נוספות אשר קידמו תהליכי מיכון וייצור החלו לצמוח לדוגמה LOM - טכנולוגיה שמאפשרת יצירת דגמי אבות טיפוס באמצעות חיתוך לייזר בעלויות נמוכות.

שימושי הטכנולוגיה החלו להתפשט מתעשיית אבות-הטיפוס לתחומים נוספים: יצירת מוצרים סופיים, במיוחד מהסוג שלא משתלם ליצור בייצור סדרתי. חלקי חילוף ייחודיים למוצרים בעלי ערך גבוה לדוגמה מכוניות יוקרה. בתעשיית הקולנוע והאפקטים, הטכנולוגיה נכנסה לשימוש על מנת לייצר פסלונים בדמות שחקנים/דמויות על מנת לבחון זוויות צילום ותאורה.

בחלק מהיישומים של הטכנולוגיה המוצר הסופי שונה מקודמו לדוגמה, בייצור לשימוש רפואי פרוטזות, שיניים תותבות או מכשירי שמיעה. ניתן ליצור את כל אלו בהתאמה מושלמת ללקוח, באמצעות סריקה תלת-ממדית של השיניים והחניכיים, של האזור הקטוע, או של האוזן. גם כאן, בניגוד לייצור סדרתי, הדפסת תלת ממד מאפשרת ליצור חלקים בעלי מורכבות ומגוון אדירים ללא שום ייקור של התהליך, מכיוון שהמעבר מהקובץ הדיגיטלי לחלק הפיסי הינו אוטומטי לגמרי ואינו דורש כמעט התערבות של מפעיל אנושי.

בשנים אלו החלה להיווצר הבדלה בין שני סוגי מיכון:

מדפסות תלת מימד "ברמה גבוהה" (HIGH HAND) - מערכות יקרות, בתכנון הנדסי מורכב וחלקים מורכבים ויקרים, מדפסות אלו רק כיום מתחילות להראות את התוצאות שלהם עבור תעשיות יצרניות בתחומים של אווירונטיקה, מכשור רפואי ותכשיטנות, לאחר של השקעה של שנים במחקר ופיתוח.

מדפסות תלת מימד שנחשבות בטווח מחירים "בינוני" ועדיין מיועדות לצרכים תעשייתיים, אך במדפסות אלו הדגש בפיתוח היה על פיתוח סביבת ממשק המשתמש להנגשת הטכנולוגיה למשתמש, במדפסות אלו קיימת תחרותיות שהולכת וגוברת בין חברות שונות שמביאה לשיפור מתמיד של איכויות ומהירות ההדפסה.

אך המחיר נשאר בסדרי גודל של עשרות אלפים - למאות אלפי דולרים עבור מכונה ובגודל של מקרר לפחות. לפני כעשור, פטנטים הקשורים לטכנולוגית ההדפסה התלת מימדית החלו להשתחרר מידי החברות השולטות בשוק, ופירמות חדשות, בעיקר במתכנות של חברות הזנק החלו להיכנס אל שוק מדפסות התלת מימד.

ב-2007 יצאה לשוק לראשונה מדפסת בעלות של פחות מ-10,000 זאת הייתה אמורה להיות יריית הפתיחה להרחבת קהל המשתמשים של מדפסות תלת המימד מעבר לשימוש ההמונים משימוש ששמור ליצרנים ותעשייה, בשנה

זאת יצא לדרך פרויקט Rep Rap

1.3. פרויקט RepRap – תחילתו של עידן

בשנת 2007 עם היווסדו של פרויקט RepRap, החל שינויי בתפוצה של טכנולוגית ההדפסה התלת מימדית.

ד"ר גורדון, החל את פרויקט RepRap כפרויקט קהילתי לפיתוח מדפסת תלת מימד שמסוגלת להדפיס את עצמה והכל בקוד פתוח מטרת הפרויקט להפוך את טכנולוגיית ההדפסה התלת מימדית נגישה לקהל הרחב. (Jones at all,2011)

כדי להבין את המשמעות של פרויקט קהילתי בקוד פתוח, צריך להבחין ולהזכיר שינויים טכנולוגיים נוספים שקרו בעולם התוכנה באותה תקופה ולהבין את המשמעות של המושג "טכנולוגיית מקור פתוח".

ראשי התיבות OSAT מתייחסות לטכנולוגיות שמספקות תשתית לפיתוח בר קיימא ומעוצבות באותו אופן של יישומים מעולם התוכנה אשר מאפשרים סביבת קוד פתוח. (Buitenhuis,2010)

קוד פתוח (Open Source) הוא תוכנה שקוד המקור שלה פתוח ונגיש להפצה לקהילת מפתחים. ניתן ומותר לערוך וליצור גרסאות חדשות של התוכנה, כשהכל בחינם וללא תשלום עבור התוכנה או רישיון השימוש בה. בראשית שנות השמונים ייסד ריצ'ארד סטולמן תנועה טכנולוגית-חברתית בשם 'תכנה חפשית' (Free Software) שהולידה מאוחר יותר את יוזמת קוד פתוח (Open Source) ואת תנועת הקוד הפתוח-תנועה המאגדת קהילה של מתכנתים והאקרים סביב מטרה משותפת לפתח תוכנות מחשבים טובות יותר.

לטענת סטולמן ותומכי באמצעות קוד-פתוח ניתן היה ליצור תוכנות ברמה גבוהה, כמו לינוקס, מערכת הפעלה שנכתבה בתחילה על ידי מפתח יחיד בשם לינוס טורוולדס, שפתח אותה בשלב מסוים לאלפי מהנדסים, מתכנתים ומפתחים מכל קצווי העולם. כולם עבדו כדי לפתח אותה במשותף, ללא משכורת ודרך האינטרנט, מבלי שנפגשו מעולם.

כאשר השוו תוכנת קוד פתוח דוגמת לינוקס (מערכת הפעלה) למערכת סגורה אשר שייכת לחברת ענק לדוגמא מיקרוסופט, הופתעו מומחים לגלות שהתוכנה אשר פותחה ע"י מתנדבים בקוד פתוח היא משובחת יותר מתוכנה אשר פותחה ע"י מספר מצומצם של מפתחים באחת מהחברות המשפיעות והחזקות בעולם התוכנה- מיקרוסופט.

(Bonaccorsi & Rossi, 2003) מומחה בשם ראימונד כתב שהאמין תמיד שהתוכנות החשובות, כמו מערכות הפעלה למשל, יש לבנות כקתדרלות, בזהירות ועל ידי "קוסמים בודדים או קבוצות קוסמים" העובדים בבדידות מזהרת, מבלי לפרסם דבר לפני שהגרסה הסופית מוכנה. אבל אז הופתע לגלות שהקוד הפתוח נהג ההיפך מבניית קתדרלה והצליח. כמו בזאר גדול ורועש, עם עמדות וגישות שונות של מפתחים רבים ומגוונים, הצמיח הקוד הפתוח מערכת הפעלה עקבית ויציבה כמו לינוקס, תוכנה שלמראית עין יכולה הייתה לצמוח רק על ידי נסים. דפדפן האינטרנט מוזילה פיירפוקס, חבילת האופיס "אופן אופיס", אנדרואיד וכרום OS, מערכות ההפעלה שנולדו מלינוקס ועוד אלפי תוכנות קוד פתוח אחרות שהבשילו, כולן נכתבו בקוד פתוח. עשרות אלפי פרויקטים אחרים של קוד פתוח נמצאים גם הם בשלבי פיתוח שונים.

כל אלה הפכו את תנועת הקוד הפתוח לאחד הכוחות החזקים בעולם המחשבים של ימינו. התנועה נתנה השראה לפרויקטים נוספים של שיתוף פעולה גלובלי, כמו ויקיפדיה שנכתבת על ידי כותבים מכל רחבי העולם, אתרי תוכן גולשים רבים ועוד. (Aragona, F. 2005) אז כיצד ניתן לנצל את הכוח הרב של ההמון בהקשרים טכנולוגיים נוספים?

בהמשך לתנועת הקוד הפתוח ולשינויים החיוביים שהביאה איתה בהקשר של פיתוח תוכנה, ובעקבות יציאתו לשוק של הבקר החשמלי ARUDIUNO נולד מושג חדש בשם "Maker" שהפך לאחד המושגים הנקשרים להדפסה תלת מימדית.

מייקר (Makers) וט'ניקר (thinkers) בעברית "תחביבנים", הם בעלי מלאכה מודרניים המייצרים מוצרים בעצמם, בדרך אבולוציונית, מקושרת ומשתפת. במובן הרחב של המושג אפשר להגדיר מייקר כאדם סקרן, יצירתי ובעל מוח חוקר, שאוהב לעשות דברים בעצמו, במקום לקנות אותם בחנות, כשהוא משתמש לשם כך ביצירתיות, הידע והיוזמה שלו. ה"מייקרים" בעצם היו הסנוניות הראשונות לרכישה ולשימוש במדפסות תלת מימד לא תעשייתיות והניעו את התקדמות השוק לכיוון מדפסות תלת מימד ביתיות. כריס אנדרסן בספרו Makers: The New Industrial Revolution אומר כי " בחזרה לעתיד, היום אנחנו רואים חזרה לסוג חדש של מהפכת פועלים (cottage industry)". "שנית טכנולוגיה חדשה נותנת ליחידים את הכח לשנות אופני ייצור, ומאפשרת יזמות והפצת חדשנות מהיסוד ללא תלות בתאגידים. בדיוק כמו שהאינטרנט חולל מהפכה בהקשר של צריכה חופשית וייצור תרבות ומוצרים ואפשר לסטודנט תפרן ליצור אימפריה ולהיטים הישר מחדר השינה שלו." (Anderson, 2014)

המדפסת הביתית הראשונה MakerBot

בינואר 2009 חברה בשם "MAKER BOT" נוסדה בברוקלין בידי אדם מאייר, ברי פרטיס וזכרי סמית'. השלושה היו חברים פעילים במיזם שנקרא **NYC Resistor**, שהיווה חלל עבודה שיתופי לקהילת המייקרים בניו יורק. סמית' היה גם פעיל במיזם הריפ ראפ הקהילתי

בגלגול הראשוני מייקרבוט הוקמה כעמותה ללא מטרת רווח עם מטרה לייצר מדפסות תלת מימד ביתיות על בסיס הפעילות והידע שנצבר בפרויקט RepRap.

מייקר בוט עשתה מאמצים להבדיל את עצמה מפרוייקט ריפ ראפ ע"י שיפור רכיבי התוכנה והחומרה של המדפסת ושיפור הממשק.

מהלכים אשר הנגישו את הטכנולוגיה לקהלים חדשים, ב-2011 קיבלה החברה השקעה של כ-10 מיליון דולר, ועברה שינוי מהתנהלות בקוד פתוח להתנהלות בקוד סגור, מהלך זה הוביל לפרישתם של שניים מהמייסדים.

ב-2013 נרכשה החברה בסכום של 450 מיליון דולר ע"י "סטארטיס", אחת החברות הגדולות אשר שולטות בתעשיית המדפסות התלת מימדיות לשימוש תעשייתי

פעילות מייקרבוט העלתה את טכנולוגיית ההדפסה התלת מימדית לתודעה הציבורית והחלו אזכורים בעיתונות אשר כינו את הטכנולוגיה כבסיס למהפכה תעשייתית הבאה.

(West& Kuk ,2014)

1.4. חשיבות נושא חומרי הגלם בענף ההדפסות התלת ממדיות

כפי שהזכרנו קודם הדפסה תלת מימדית הינה טכנולוגיית ייצור דיגיטלית אשר משתמשת בכלים דיגיטליים (תכנון ממוחשב) ומאפשרות מידול וייצור זמין ומהיר בקנה מידה משתנה.

טכנולוגיות הייצור הדיגיטליות מאפשרות שילובים צורניים חדשים ושימוש במנעד רחב של חומרים באופן שלא התאפשר קודם לכן. להבדיל מחיתוך לייזר ו-CNC, טכנולוגיות הדפסה תלת מימדית לרוב מבוססת על הוספת חומר ולא החסרת חומר, זאת באמצעות ריבוד של החומר בשכבות, או בשפה פשוטה, יצירת שכבות של חומר אחת מעל השנייה ליצירת אובייקט תלת ממדי. (Lipson & Kurman,2013).

הקשר בין סוג המדפסת התלת מימדית לחומר המשמש אותה הוא הדוק במיוחד, כאשר כל מדפסת עובדת בשיטת הדפסה מסויימת המתאימה לקבוצת חומרים ספציפית. כמו כן, מאפייני החומר המודפס (התוצר) מושפעים ישירות משיטת ההדפסה.

חומר אחד יכול להתקיים במגוון רחב של תצורות, מבנים ומצבי צבירה, כך גם החומרים המשמשים להדפסות תלת מימד. חומר הגלם המודפס יכול להיות נוזלי, משחתי, אבקתי ולעיתים מוצק אשר יותך על מנת לקבל את צורתו מחדש. בתהליך ההדפסה עצמו, החומר מתמצק או נקשר על מנת להפוך לאובייקט תלת מימדי, זאת באמצעות שיטות שונות, לדוגמה: על ידי מקור אור (בפוטופולימרים), על ידי חומר מקשר (דבק) או על ידי ייבוש באוויר.

מבחינה כלכלית - התהליך המכני שמבוסס על החסרה של חומר עדיין אינו מגיע לרף מחיר משתלם במקרה של מתכות וחומרים קרמיים, ועל כן מרבית התעשייה מתבססת היום על חומרים פולימריים. (Singh at all ,2017)

כיום יש ריבוי טכנולוגיות שכולן מתבססות על חיבור בין אופי ומבנה של חומר גלם מסוים, לאופן המיצוק שלו בתהליך ההדפסה.

אם נתבסס רק על הפרמטרים שהזכרנו קודם, נגלה במהירות שיש לא מעט דרכים אופציונליות למצק חומרים שונים. ברמה המעשית, בתכנון המדפסת עצמה, הדבר אף יותר מורכב ולכל אחת מהדרכים הללו יהיו פרמטרים נוספים שיש לקחת בחשבון הקשורים לתרכובות החומרים ולאפשרויות הטכנולוגיות לביצוע התהליך.

מסיבות אלו ועוד, מידי שנה יוצאות לשוק מגוון רחב של מדפסות הנבדלות זו מזו בפטנטים השונים למיצוק חומרים באמצעות הדפסה, ופעמים רבות פטנטים אלו שונים אחד מהשני רק במעט.

מפאת התחרות בין שלל החברות ישנם המון שמות שונים לטכנולוגיות אשר בבסיסן מאוד דומות.

נסווג סוגים שונים של מדפסות לקבוצות עיקריות על פי עקרון פעולה: (קימל, 2017)

הדפסה בשיטת סטיראולוגרפיה (SLA)

שיטת ההדפסה המסחרית והוותיקה ביותר. בשיטה חומר הגלם מגיעה בצורה נוזלית (resin) צמיגית מסוג פוטופולימר. בשיטה משתמשים בקרן לייזר כדי למצק את הפוטופולימר שיכבה אחר שיכבה. התוצאה המתקבלת היא של מודל מאוד מדוייק ובעל פרטים ברורים מחומר גלם תרמוסטי. בשיטה זו ניתן לקבל חלקים ברמת שקיפות יפה או מודלים גמישים אבל התכונות המכניות של המודל אינן טובות והוא מושפע לאורך זמן מתנאי הסביבה כגון לחות, חום או אור. בעיקרון הפעולה משתמשים בעיקר לאבות טיפוס וגם בתחום רפואת השיניים ואביזרי השמיעה. עם השנים התפתחו מספר שיטות דומות במקביל לסטיראולוגרפיה.

DLP

שימוש במקרן אור מסוג DLP במקום הלייזר למיצוק הנוזל שיכבה אחר אחר שכבה על ידי הקרנת תמונה דו מימדית בוהקת על שכבת הנוזל. השימוש במקרן מוזיל את עלות ההדפסה ומאפשר להאיץ את התהליך על חשבון דיוק ואיכות התוצר.

הדפסה בשיטת ריבוד חומר מותך (Fused Deposition Modeling)

כמו השם, בתהליך זה חומר מוזן לגוף חימום, מותך ומשוחל דרך ראש ההדפסה שכבה אחרי שכבה (ריבוד) ומתמצק שוב כשהוא מתקרר. לכן בשיטה זו משתמשים בפולימרים תרמופלסטים שלרוב מגיעים בצורת סליל ומותכים בתהליך ההדפסה ליצירת הצורה החדשה.

מדפסת ביתית לרוב עובדת על עיקרון של הדפסת שכבות דו מימדיות אחת על השנייה עד ליצירת גובה וקבלת מודל תלת מימדי. טכנולוגיה זאת נקראת FDM המדפסת צורכת חוט פלסטיק אותו היא ממיסה בתוך ראש ההדפסה המסוגל לנוע על שלושה צירים, כשהראש מגיע לנקודה הנכונה הפלסטיק המותך נלחץ החוצה בכמות מדודה דרך דיזה ומייצר נקודה על משטח ההדפסה.

נקודת ההתחלה לכל תהליך הדפסה תלת מימדי הוא קובץ מודל דיגיטלי, שמיוצר באמצעות מגוון תוכנות לעיצוב ותכנון מודלים תלת מימדיים (קבצי CAD). כיום ישנם עורכים דיגיטליים אשר מסוגלים ליצור קובץ תלת מימדי באמצעות סריקה ועיבוד אובייקטים דו מימדים. לאחר שהמודל התלת מימדי מוכן בצורה דיגיטלית הוא "נחתך"

לשכבות והופך לקובץ הנקרא ע"י מדפסת תלת מימדית. החומר שמעובד באמצעות המדפסת יוצא בשכבות לפי העיצוב של הקובץ.

בעבודה זאת נתרכז בשיטת השיחול השיטה הנפוצה ביותר בה משתמשים כיום במדפסות תלת מימדיות לשימוש ביתי

1.5. חומרי הגלם הנפוצים בשימוש מדפסות ביתיות

חומרים פולימריים מסוג ABS וחומרים פולימריים סינתטיים מסוג PLA הם החומרים השולטים כיום בשוק חומרי המילוי למדפסות תלת מימד ביתיות.

על המשמעות של שימוש בפלסטיק בתחום הייצור נרחיב בפרק השני בהרחבה, אך לפני שנסקור באופן מלא את המשמעות של שימוש בפלסטיק ניתן דוגמא למיזמים סביבתיים שמיישמים מחזור פלסטיק כחומר גלם

מיזמים למיחזור פלסטיק כחומר גלם

בשנים האחרונות ניתן לראות ניסיונות לפיתוח חומרי גלם יותר סביבתיים. מאמר אשר פורסם בירחון לפיתוח קיימות מציע פיתוח של תו תקן מוסרי ("ethical product standard") לחומרי גלם למדפסות תלת מימד על בסיס שילוב של תקנים ירוקים ותקנים לסחר הוגן הקיימים בעולם כיום במסגרת המאמר מוצג מקרה הבוחן של "פרוטופרינט" (protoprint) כמיזם חברתי אשר נועד לחזק את אוכלוסיות "אוספי הזבל" בהודו אשר מתקיימים מהפרדה ומיון של זבל, המיזם פיתח מודל לעסק חברתי לייצור חומר גלם למדפסות תלת מימד משאריות פלסטיק ממיינות במחיר תחרותי בהשוואה לחומרי גלם מבוססי פולימריים. מטרת המיזם לשווק את חומר המילוי כמוצר "סחר הוגן" בכל העולם ולאפשר הכנסה של רווחים ישירות לקהילות אוספי הזבל. (Feeley at all,2014)

2. פלסטיק

2.1. רקע

אין שום חומר על פני כדור הארץ שהוא מוערך כל כך בשימושיות שלו ובו זמנית מושמץ כמו פלסטיק. יש לנו רגשות מעורבים ביחס לפלסטיק ולעולם לא החלטנו סופית האם הפלסטיק הוא הטוב, הרע או המכוער. הגידול המהיר בייצור הפלסטיק היא תופעה המאפיינת את המאה העשרים. פלסטיק הוא כל כך יעיל ומועיל שלא ניתן שלא להעריך אותו. מעבר לכך שהפלסטיק הוא בדרך כלל זול משמעותית מהאלטרנטיבות הקיימות הוא גם מציע מאפיינים ברמת החומר שעושים אותם עמידים ומתאימים למגוון של שימושים. באזורים הסובלים מבצורת באפריקה דליים העשויים מפלסטיק המאופיין כחומר קל הפכו להיות הרכוש הכי חשוב למשפחות החיות בתנאי בצורת. דליים אלה המיוצרים מפלסטיק מקנים לדלי תכונה של קלות ומשמשים כחלופה למכלים העשויים מאבן וחמר. חלופה זו מאפשרת להביא מים מבארות מרוחקות הנמצאות במרחק רב בתקופות בהם יש מחסור חמור במים. המחיר הזול של הפלסטיק והרבגוניות שלו מאפשרת מנעד חסר תקדים של אפליקציות שימושיות.

תקופות מסוימות בחיי האנושות מתוארות על פי השרידים שנמצאו באותה התקופה ושימשו את בני האדם שחיו בתקופה זו. כמו תקופת האבן, הברונזה, נחושת, ברזל ופלדה. היום כמות הפלסטיק המיוצרת בעולם כולו עולה על כמות הפלדה וממשיכה לעלות בצורה ניכרת, דבר אשר מצביע על כך שנכנסו לתקופת הפלסטיק של האנושות E.S (stevens., 2002).

הדרישה לפלסטיק כיום עומדת על 245 מיליון טון בשנה (Andrady, 2011). הפלסטיק הטבעי הינו פולימר אורגני מבוסס פחמן המורכב מחזרות של מונומרים, והוא בעל משקל מולקולרי גבוה ולכן אינו מתפרק בקלות. לפלסטיק הסינטטי מוסיפים קבוצות כימיות שונות המקנות לו את תכונותיו המגוונות. אזורים הסובלים מזיהום פלסטיק נמצאים בכל העולם. הם נמצאים באוקיאנוסים, מטמנות לפסולת, אתרים לסילוק פסולת וגינות בתים (der-Wal, H., 2011, Huerta, E., Torres, A., 2011). אריזות פלסטיק מהוות כ-37% מכלל פסולת הפלסטיק. פוליאיתילן בצפיפות נמוכה הוא הפולימר הכי נפוץ בעולם (Jambeck, J. R. et al., 2015) אשר מוערך כי מדי שנה הוא מצטבר בכמויות של 25 מיליון טון (Pauly, J. L. et al. Cancer Epidem. B. 7, 419–428., 1998). כ-6.4 מיליון טון של פסולת מושלכים מידי שנה לים, כאשר 60%-80% מהפסולת הזו היא פלסטיק (Baulch and Perry, 2014), 80% מהפלסטיק מקורו בפסולת חופית ו-18% בציד דייג (Andrady, 2011).

2.2. השפעת הפלסטיק על גוף האדם ובעלי החיים

יותר ויותר עדויות נאספות הודות השפעת הפלסטיק על בריאות האדם. שימוש בטווח רחב של כימיקלים במהלך ייצור הפלסטיק ידועים כרעילים. ניטור ביולוגי באמצעות מדידת ריכוזים של מזהמים סביבתיים ברקמות של בני האדם מאפשר ניטור רחב של מזהמים שונים ממגוון מקורות. שיטה זו הראתה כי כימיקלים המשתתפים בתהליך התעשייתי לייצור פלסטיק נוכחים ברקמות של אוכלוסיית בני האדם וכן ניסויים שנעשו בחיות מודל מוכיחים כי לנוכחות חומרים אלה השפעה חמורה על בריאות האדם (Talsness et al., 2009). ובפרט, פגיעה במערכת הרבייה (e.g. Swan et al. 2005; Swan 2008; Lang et al. 2008).

לבני האדם השפעות רבות המסכנת את בעלי החיים הימיים, ביניהם, ניצול יתר של משאבים, התחממות גלובלית, הבאת מינים זרים שגורמים לדחיקה ביולוגית של מינים מקומיים ועוד. אחת ההשפעות העיקריות והמשמעותיות ביותר של האדם על בעלי החיים הימיים הוא זיהום באמצעות פסולת פלסטיק (Irish, K.E., Norse, E.A., 1996, Ormond, R.F.G., Gage, J.D., Angel, M.V., 1997, Snelgrove, P.V.R., 1999. Tickel, C., 1997, Beatley, T., 1991).

ישנן שתי השפעות עיקריות של פסולת הפלסטיק על הפאונה הימית: הראשונה היא בליעת הפלסטיק, הגורמת לסתימת הקיבה שמובילה למוות מרעב וההשפעה השנייה היא הסתבכות בפלסטיק, בעיקר ב-ghost net, שיכולה לגרום לפציעות פיזיות או למנוע מבעל החיים לעלות לפני המים לנשום, וכתוצאה מכך למות מטביעה (Baulch and Perry, 2014).

השפעה נוספת של הפלסטיק על בעלי החיים הימיים מתרחשת כתוצאה מדגרדציה (פירוק) של פלסטיק.

הפלסטיק עובר דגרדציה אשר מקטינה באופן דרסטי את משקלו המולקולרי. בסביבה הימית הפלסטיק עובר בעיקר פוטו-דגרדציה אשר יעילה יותר בחוף מאשר בים, וזאת בגלל התנאים השוררים בחוף: טמפרטורה גבוהה ואספקה קבועה של חמצן, הדרוש לתהליך. הדגרדציה מתרחשת בשכבה העליונה, החשופה לשמש, של הפלסטיק והופכת אותה לרכה ושבירה (תמונה 1). מהשכבה השבירה הזו נפרדים חלקיקי הפלסטיק הקטנים הנקראים "מיקרו-פלסטיק" (Andrady, 2011).

אחד מאותם מיקרו-פלסטיק הוא ה-polychlorinated biphenyl's (PCB's). קיימות 209 תרכובות שונות של PCB's, כאשר 113 מתוכם הגיעו לסביבה (Rios et al., 2007). ה-PCB's יציב כימית, לא דליק ומבודד-תכונות ההופכות אותו לחומר תעשייתי מבוקש. ה-PCB's חודר למים, לאדמה, לסדימנט ולאוויר. בתור אירוסולים הוא מגיע לאזורים המרוחקים מאזור המוצא שלו, ולכן מוצאים PCB's בכל העולם (Callahan et al., 1979). הוא נאסר לייצור בשנת 1979 על-ידי הקונגרס האמריקאי, ובשנת 2001 על-ידי ועידת שטוקהולם. עם זאת יותר ממחצית ה-PCB's שיוצר עדיין בשימוש, בעיקר במוצרי אלקטרוניקה ישנים ומוצרי אכסון (Rios et al., 2007). מיקרו-פלסטיק מהווה בעיה בעקבות גודלו הקטן אשר חופף לגודל הטרף המועדף של הרבה חיות ימיות להן דרכי הזנה מגוונות אשר נמצאות בבסיס שרשרת המזון, דבר המאפשר למיקרו-פלסטיק להיעכל יחד עם מזון רגיל או במקומו. מחקרי שדה שנעשו חשפו נוכחות של מיקרו-פלסטיק במעינים או ברקמות של מאות מינים ימיים ובתוכם מיני פלנקטון כמו קופיפודים ולארוות של דגים החיים בפני הים וכמו כן, נוכחות של מיקרו-פלסטיק נמצאה בתולעים החיות בקרקעית הים. בנוסף, מיקרו-פלסטיק נמצאו במעינים של חיות ימיות גדולות כמו צבי ים ובצואה של כלבי ים ויונקים ימיים אחרים. מקורו של המיקרו-פלסטיק לא ידוע, הוא יכול להגיע מעיכול ישיר או על ידי צריכה של טרף מזהם. אך בניסוי מעבדה שנעשו הוכח כי המיקרו-פלסטיק יכול לעבור בשרשרת המזון מנטרף לטורף (Current Biology magazine, 2017).

2.2.1. תמונה 1: פוליאיתילן שעבר בלייה במכשיר weatherometer במשך 800 שעות



(Andrady, 2011)

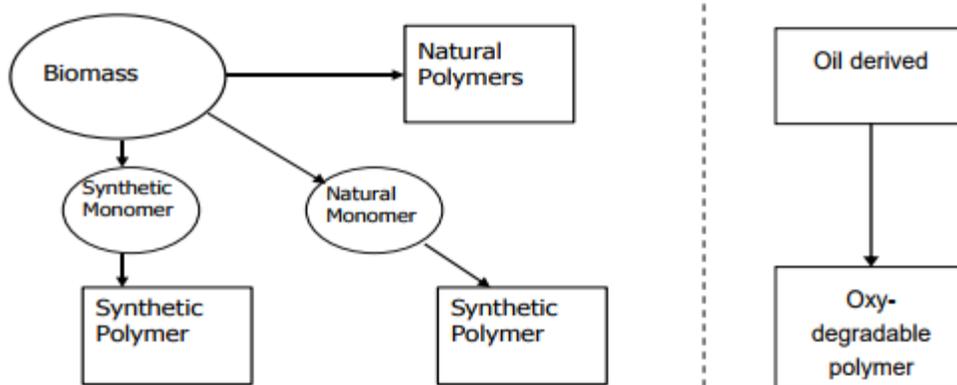
2.3. הגדרת המושג "ביו-פלסטיק"

השימוש בצמד המילים "ביו-פלסטיק" הוא מבלבל. ביו-פלסטיק יכול להיות פלסטיק שמקורו במאובנים או פלסטיק ממקור ביולוגי כדוגמת פלסטיק המסונטז מביומסה או ממקור מתחדש. ביומסה מתחדשת, היא ביומסה הנאספת

ממקור אשר יכול להתחדש בטבעיות בתוך ציר הזמן האנושי. בשונה מנפט אשר לוקח לו מיליוני שנים להיווצר. לדוגמה כבול, חומר דחוס ורקוב חלקית של צמחים ותאית המצוי בטבע היכן שרוכזה אדמת סחף או ביצות. החום והלחץ שבהם היה נתון החומר לא היו גבוהים מספיק ליצירת פחם, והחומרים האורגניים שבו לא התפרקו עד תום בשל מחסור בחמצן. הכבול הוא חומר חומצי שמשמש לעיתים כדשן, וניתן להשתמש בו כחומר דלק. הכבול אינו נחשב ממקור מתחדש בעקבות קצב ההיווצרות האיטי שלו (Martien van den Oever et al.,2017). לדוגמה, חומרים כמו פוליקפרולקטון (PCL) ופוליבוטילן סוקסינט (PBS) הם חומרים המבוססים על נפט. חומרים אלה יכולים לעבור ביוגרדציה על ידי מיקרואורגניזמים. מצד שני, חומרים כמו פוליהידרוקסיבוטיראט (PHB), פולילקטית (PLA) ותערובת עמילן מיוצרים מביומסה או ממקור מתחדש ולפיכך הם מתכלים. יוצאים מן הכלל הם פוליאיתן (PE) ונילון 11 (NY11) אשר יכולים להגיע ממקור מתחדש או מביומסה אך הם אינם מתכלים.

2.3.1 תרשים 1: שתי משפחות הפולימרים וחומרי הגלם הדרושים ליצורם

(Wrap



information sheet., 2008)

כפי שנראה בתרשים מס' 1, גם מתוצרי הנפט ניתן לייצר פולימרים הניתנים לפירוק ביולוגי. מהביו-מסה מאידך, ניתן להפיק ביו פולימרים בשלוש דרכים:

- ביו-מסה ממנה מיוצר פולימר טבעי
- ביו-מסה, ממנה מיוצר מונומר טבעי וממנו מיוצר פולימר סינתטי
- ביו-מסה, ממנה מיוצר מונומר סינתטי וממנו פולימר סינתטי

2.3.1 דוגמאות למוצרים הניתנים לייצור מביו-פלסטיק מתכלה וליתרונות בשימוש בחומר זה

יריעות לחקלאות: במגוון ענפי חקלאות נעשה שימוש ביריעות המוצמדות לקרקע. יריעות אלה מונעות אידוי מים ונביטה של עשבים. בשימוש בביו-פלסטיק מתכלה ניתן להפיק תועלת על ידי כך שנחסך הצורך באיסוף היריעות והפנייתן למטמנות לאחר השימוש. בנוסף מסייעות היריעות בדישון וטיוב הקרקע החקלאית עם פירוקן.

שקיות אשפה: השימוש בשקיות עשויות מביו-פלסטיק מתכלה לאצירת פסולת אורגנית ביתית יכול לסייע רבות בהליך הטיפול בזרם הפסולת האורגנית. שקיות הניילון הרגילות מהוות גורם מפריע המקשה על הליך הקומפוסטציה שכן יש צורך בפתיחת השקיות והוצאת התכולה. שקיות מביו-פלסטיק מתכלה מאפשרות לטפל בפסולת האורגנית ללא צורך בהפרדת השקית ולחסון מיון ושאריו המזהמים.

מוצרי אריזה: ניתן לארוז מוצרי מזון טריים באריזות עשויות מביו-פלסטיק מתכלה. למוצרים אלה חיי מדף קצרים. במידה ופג תוקפם, ניתן להשליכם לזרם הפסולת האורגנית ללא כל מיון או הפרדה. כך נמנע את זיהום הזרם האורגני בשיירי אריזה ואת זיהום הזרם היבש בשיירי מזון.

נייר מצופה: מוצרי נייר רבים מצופים בשכבת פלסטיק דקיקה המקנה להם הגנה וגמישות. כך למשל, עטיפות הנייר למוצרי המזון במעדנייה, עטיפות מזון מהיר ומשלוחים, כוסות חד פעמיות ועוד. כולן מכילות שכבת פוליאיתילן בצפיפות נמוכה. החומר הרב שכבתי הוא קשה מחזור והשימוש בביו-פלסטיק מתכלה יכול להיות יתרון (Nolan-) ITU, 2002.

ביו-פלסטיק מתכלה נראה כפתרון מצוין לבעיית הפלסטיק העולמית משום שהוא ידידותי לסביבה. חומרים אלה מציעים יתרונות כמו העלאה בפוריות האדמה, הצטברות נמוכה של פלסטיק מגושם בסביבה והפחתה כלכלית בניהול הפסולת. בנוסף, פלסטיק מתכלה יכולים להתמחזר למטבוליטים מועילים (מונומרים ואוליגומרים) באמצעות מיקרואורגניזמים ואינזימים (Tokiwa, Y., 2002).

2.3.2. ביודגרדציה מיקרוביאלית של ביו-פלסטיק

כאשר מדובר בביודגרדציה מיקרוביאלית של ביו-פלסטיק יש להתייחס לכך משני כיוונים: כיוון אחד מבוסס על מאפיינים מיקרוביאלים והכיוון האחר מבוסס על מאפייניו של הפלסטיק. מאפיינים מיקרוביאלים מרמזים על תפוצה וסוג המיקרואורגניזם ובנוסף על תנאי הגידול (כמו PH, טמפרטורה, תכולת לחות, חמצן, נוטרינטיים ועוד). שאלה מעניינת היא 'אילו מאפיינים של פלסטיק עשויים לקדם ביעילות דגרדציה של פלסטיק?' בדרך כלל ההסתכלות היא על ההרכב הכימי. חוץ מהסתכלות על ההרכב הכימי יש לקחת בחשבון את המבנה הפיזיקלי שלהם כפולימרים אגרגטים. בנוסף, יש לקחת בחשבון את מצב פני השטח, האם הוא בעל תכונות הידרופיליות או הידרופוביות. כמו כן, יש להסתכל על המבנה הראשוני, המבנה הכימי והמשקל המולקולרי. יש גם להסתכל על טמפרטורת ההתכה, המבנה הקריסטלי, משקל מולקולרי ועוד. כל אלה הן תכונות העשויות להשפיע על מכניזם הביודגרדציה של הפלסטיק (Tokiwa, Y et al., 1976)

הביודגרדציה האנזימתית של הפלסטיק מתבצעת באמצעות הידרוליזה. תהליך זה מתרחש בשני שלבים: הראשון, האנזים קושר את הסובסטרט הפולימרי. לאחר מכן הוא מבצע תהליך של הידרוליזה, פירוק המולקולה באמצעות

השקעת מולקולות מים. בתהליך זה הפולימר מתפרק לאוליגומרים, דימרים ומונומרים בעלי משקל מולקולרי נמוך ולבסוף מבוצע פירוק לפחמן דו חמצני ומים (Yutaka Tokiwa et al., 2009).

2.3.3 צריכה עולמית של ביו-פלסטיק מתכלים

הצריכה העולמית של ביו-פלסטיק מתכלים גדלה מאד בין השנים 1996 ל-2001. ב-1996 צריכת פולימרים מתכלים הוערכה בכ-14 מיליון ק"ג ואילו ב-2001 מוערך כי השימוש בפולימרים מתכלים עלה לכדי 68 מיליון ק"ג. חומרים אלה כוללים בתוכם מוצרים כמו שקיות אשפה, אריזות, נייר לימינציה, מיכלי מזון ועוד.

2.3.3.1 תרשים 2: התפלגות צריכת ביו-פלסטיק מתכלה באירופה על פי שימוש.

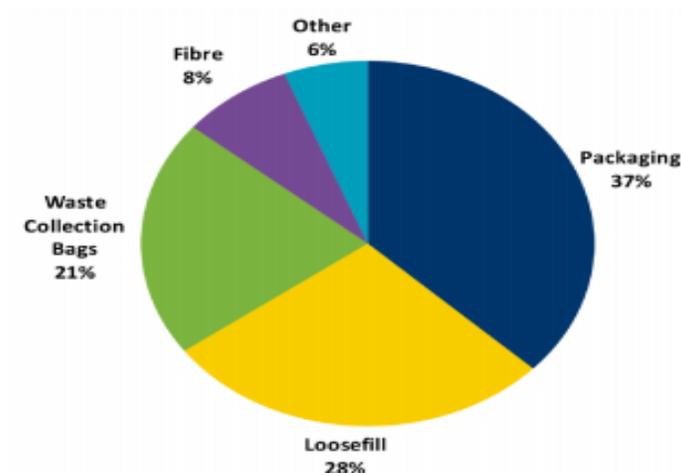


Fig 1- Bioplastics in Europe by use

(European Commission, 2011)

2.4. ניתוח מחזור חיים

הגורם המכריע בהערכת היישומיות של הביו-פלסטיק היא השפעתו על הסביבה לאורך כל מסלול מחזור החיים שלו, החל מההפקה, ממשיך בייצור ועד לסוף חייו. בחינה של השפעות אלה נקראת גם ניתוח מחזור חיים. ניתוח מחזור החיים עוסק במציאת השפעות מכרעות שניתן להעריך את השפעתן על הסביבה.

בבואנו להעריך מהן ההשלכות הסביבתיות הכרוכות בשימוש בסוגי הפלסטיק המתכלה השונים, יש לתת את הדעת למספר שלבים אשר להם השפעה מכרעת על היקף ההשלכות ואופיין:

הפקת חומרי הגלם: מהם חומרי הגלם מהם מייצרים את הביו-פלסטיק, מהן ההשלכות הסביבתיות הנגזרות מהליך הפקת החומרים?

הליך הייצור: כמה אנרגיה יש להשקיע בתהליך, מהו היקף הפליטות לסביבה (אוויר, שפכים) והרכבן?

סוף חיים: כיצד מתפרק החומר, מהו קצב הפירוק, מהם תנאי הפירוק הנדרשים ומהי איכות החומר המתקבל, אילו חומרים נפליטים לסביבה כתוצאה מהפירוק?

2.4.1. המדדים המשמעותיים ביותר לבחינת ההשפעות הסביבתית

2.4.1.1. ייצור אנרגיה: על מנת להניע את תהליכי ההפקה והייצור דרושה אנרגיה. אנרגיה זו מקורה בדלקים ממקור לא מתחדש, מבוססי נפט. יחידת המדידה של גורם זה היא ק"ג של מגה ג'אול (MJ).

2.4.1.2. התחממות גלובלית: בבחינת גורם זה, יש לקחת בחשבון את השפעות הפליטה של כל אחד מהגזי חממה הנפלטים לאוויר שהוא בעל השפעה שלילית על ההתחממות הגלובלית. יחידת המדידה של גורם זה היא ק"ג של פחמן דו חמצני (CO₂), שהיא שוות ערך לק"ג אחד של פליטות.

טבלאות 1 ו-2 מציגות אוסף של ניתוח מחזורי חיים המובא מהספרות (Patel, 2002, 2005), כל ניתוח מחזור חיים מאפיין ועורך השוואה על פי ההשפעה הסביבתית של מגוון ביו-פלסטיקים. ביו-פלסטיק ממקור מתחדש; עמילן תרמופלסטי (TPS), פולילקטיק אסיד (PLA), polyhydroxyalkanoates (PHA) וביו-פלסטיק ממקור לא מתחדש בעלי צפיפות נמוכה וגבוהה; פוליאיתילן, ניילון 6, פוליאיתילן טרפתאלט (PET), פוליטירן (PS), אלכוהול פוליויניל (PVOH) ופוליקפרולקטון (PCL). ניתוחי מחזורי חיים הללו עוסקים בהשפעות הסביבתיות המשמעותיות והחשובות ביותר משלב ההפקה ועד לשלב סוף חיים.

2.4.1.3. טבלה 1: האנרגיה הנדרשת ממקור לא מתחדש (פוסילי) ופליטות פחמן דו חמצני (CO₂) בניתוח מחזור חיים של פלסטיק ממקור מתחדש ופלסטיק ממקור לא מתחדש.

Type of plastic	Energy requirement, MJ/kg	Global warming, kg CO ₂ eq/kg
From non-renewable sources		
HDPE	80.0	4.84
LDPE	80.6	5.04
Nylon 6	120.0	7.64
PET	77.0	4.93
PS	87.0	5.98
PVOH	102.0	2.70
PCL	83.0	3.10
From renewable sources		
TPS	25.4	1.14
TPS + 15% PVOH	24.9	1.73
TPS + 60% PCL	52.3	3.60
PLA	57.0	3.84
PHA	57.0	Not Available

(F. Gironi & V. Piemonte 2011)

2.4.1.4. חומציות (acidification): הגופרית הדו-חמצנית היא גז רעיל בעל ריח מגרה חזק המהווה את אחד ממזהמי האוויר הנפוצים, והקשים, בעיקר בשל התרכבותה באטמוספירה עם חמצן ומים לקבלת חומצה גופרתית,

המהווה את אחד מהמרכיבים של הגשם החומצי. מדד זה עוסק בפוטנציאל החומציות הנפלט לאוויר. יחידת המדידה של גורם זה היא ק"ג של גופרית דו חמצנית (SO₂), שהיא שוות ערך לק"ג אחד של פליטות.

2.4.1.5. אאוטריפיקציה: אאוטריפיקציה הנו תהליך הנגרם מהצטברות נוטריינטים בגוף המים הגורמים למצב שבו התוצרת הביולוגית עולה באופן משמעותי ומפרה את האיזון הטבעי הקיים בגוף המים. נוטריינטים אלו גורמים לפריחת אצות. כאשר אצות אלה מתות הן שוקעות בקרקעית גוף המים ושם מפורקות בקטריאלית תוך כדי צריכת חמצן מומס. כאשר ריכוז החמצן המומס יורד נוצרים אזורים אנוקסים, חסרי חמצן ברמה שאינה מאפשרת לדגים להתקיים דבר אשר מוביל לתמותת דגים. מדד זה עוסק בפוטנציאל האאוטריפיקציה כתוצאה מפליטות מזהמים לאוויר, למים ולאדמה. יחידות המידה של גורם זה היא ק"ג פוספט, שהיא שוות ערך לק"ג של פליטות.

2.4.1.6. טבלה 2: אאוטריפיקציה ופוטנציאל ההחמצה (acidification) הנפליטים בניתוח מחזור חיים של פלסטיק ממקור מתחדש ופלסטיק ממקור לא מתחדש

Type of plastic	Acidification ^a	Eutrophication ^b
Pellets		
LDPE (1 kg)	17.4	1.1
TPS (1 kg)	10.9	4.7
Starch foam (1 kg)	20.8	2.8
Starch film (1 kg)	10.4	1.1
Loose fills		
Starch foam (1 m ³ = 10 kg)	276.0	39.0
PS foam (1 m ³ = 4 kg)	85.0	8.0
Films and bags		
TPS (100 m ²)	239.0	103.0
Starch-polyester (100 m ²)	26.5	2.8
PE (100 m ²)	236.0	15.0

^a(g SO₂ eq).

^b(g PO₄³ eq).

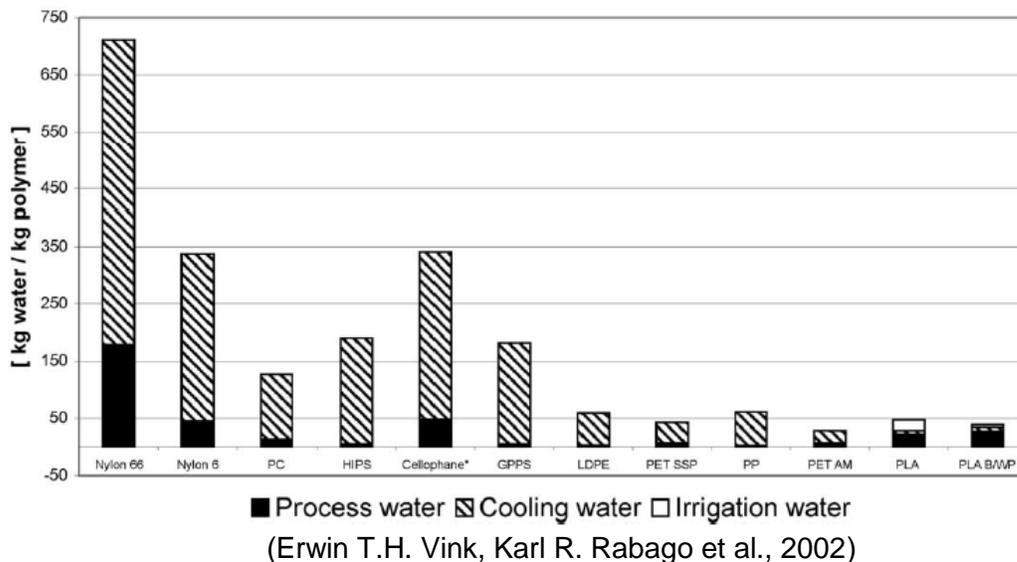
(F. Gironi & V. Piemonte 2011)

המידע המוצג בטבלאות 1 ו-2 מראה כיצד תהליך הייצור והשימוש בביו-פלסטיק ממקור מתחדש הוא בעל יתרונות רבים יותר בהשוואה לפלסטיק מסורתי מבוסס נפט כאשר אנו מסתכלים על מדדים של פליטות גזי חממה ודרישת אנרגיה ממקור לא מתחדש. אך מצד שני, לביו-פלסטיק ממקור מתחדש יש השפעה משמעותית על הסביבה כאשר מסתכלים על מדד החומציות של האדמה ואוטריפיקציה. מדדים גבוהים אלה נובעים כתוצאה משימוש בדשנים וכימיקלים אשר נמצאים בשימוש בשלב עיבוד האדמות החקלאיות על מנת להפיק את חומרי הגלם מהם מופק הביו-פלסטיק ממקור מתחדש. בנוסף, יש להדגיש שנוכחות של קו-פולימרים (פולימרים המורכבים מלפחות שני סוגי מולקולה שונים) (טבלה 1), המורכבים משילוב של פולימרים ממקור מתחדש ופולימרים ממקור לא מתחדש שומרים

על אחוז פליטות פחמן דו חמצני ודרישת אנרגיה ממקור לא מתחדש יחסית בנורמה בהשוואה לכמות פליטות פחמן דו חמצני ודרישת אנרגיה של ביו-פולימרים ממקור מתחדש וערכים נמוכים מאלו הדרושים להפקת אנרגיה ופליטות פחמן דו חמצני של ביו פולימרים ממקור לא מתחדש (F. Gironi & V. Piemonte 2011)

2.4.1.7. צריכת מים: היקף צריכת המים (מי תהליך, מי קירור ומי השקיה) הנדרשים לשם הפקה וייצור פולימרים מסוגים שונים. יחידות המדידה של גורם זה הם ק"ג מים לק"ג פולימר.

2.4.1.8. גרף 1: היקף צריכת המים למטרות שונות בהליך ההפקה והיצור של פולימרים מבוססי נפט ושני פולימרים ממקור מתחדש (PLA ו-PLA BMP).



גרף 1 מציג מחקר השוואתי אשר בדק את היקף צריכת המים הנדרשים לשם הפקה וייצור פולימרים מסוגים שונים. מחקר זה הציג תוצאות ניתוח מחזור חיים לשני פולימרים ממקור מתחדש, מבוססי PLA בהשוואה לתוצאות ניתוחי מחזור חיים של פלסטיקים ממקור לא מתחדש, מבוססי נפט. גרף מס' 1 מציג את היקף צריכת המים (מי תהליך, מי קירור ומי השקיה) למטרות שונות בהליך ההפקה והיצור של הפולימרים השונים. ניתן לראות כי במקרה זה, הליך ההפקה וייצור ה-PLA צורך ברוב המקרים פחות מים מהליך ההפקה וייצור הפולימרים המתחרים. החיסכון העיקרי הוא במי קירור. בשני הפולימרים מבוססי ה-PLA, השימוש במי קירור הוא מועט בהשוואה לפולימרים ממקור לא מתחדש.

(Erwin T.H. Vink, Karl R. Rabago et al., 2002)

2.4.1.9. סוף חיים: מדד זה בוחן כיצד מתפרק החומר, מהו קצב הפירוק, מהם תנאי הפירוק הנדרשים ומהי איכות החומר המתקבל ואילו חומרים נפלטים לסביבה כתוצאה מהפירוק.

ניתן להצביע על מספר אפשרויות לטיפול מוסדר במוצרי פלסטיק: מיחזור, הטמנה, עיכול אנאירובי וקומפוסטציה. במדינות ורשויות שונות מוצעים פתרונות שונים לטיפול בפסולת מסוגים מגוונים. קשה לחזות כיצד יתנהגו הצרכנים לאחר השימוש במוצרים, לאן יעשו מוצרים אלה את דרכם וכיצד יטופלו. חשוב להדגיש כי מחקרים רבים זיהו שלב זה, כשלב משמעותי ביותר, אשר בו יכולה לבוא עדיפותו הסביבתית של ביו-פלסטיק אחד על פני ביו-פלסטיק אחר ולהקנות לו יתרון על מוצרים המקבילים לו. חלק ממוצרי הביו-פלסטיק ימצאו כעדיפים רק במידה ויזכו לטיפול מיטבי בסוף מחזור חייהם.

הטבלה הבאה מציגה ערכים שונים המבטאים את היקף פליטות גזי החממה מחומרים שונים בהתאם לשיטת הטיפול. הערכים השונים מבטאים פליטות גזי חממה בטון ביחס לטון של חומר. בטבלה זו אין מידע הודות פלסטיק ממקור מחדש, אך ניתן לייחס לו תכונות הדומות לאלה של הפסולת האורגנית.

2.4.1.10. טבלה 3: פליטות וחיסכון בפליטות גזי חממה בהתאם לשיטות הטיפול והחומר המטופל

מיחזור: (ק"ג ש"ע פד"ח / טון פסולת ממוחזרת)							
תהליך	חומר	פליטות Co2 אנרגיה	פליטות Co2 לשינוע	חיסכון מהחלפת מוצרים בתוליים	סה"כ		
מיחזור	נייר וקרטון	24	10	-634	-600		
מיחזור	פלסטיק PET	24	15	-1800	-1761		
קומפוסטציה ועיכול אנאירובי: (ק"ג ש"ע פד"ח / טון פסולת מטופלת)							
תהליך	חומר	פליטות שינוע ומיכון	פליטות חנקן תת חמצני	חיסכון מהחלפת דשנים כימיים	חיסכון מקיבוע פחמן	חיסכון מיצור חשמל	סה"כ
קומפוסטציה	אורגני רקבובי	21	7	-25	-22		-19
עיכול אנאירובי	אורגני רקבובי	8		-36	-22	-108	-158
הטמנה: (ק"ג ש"ע פ"פ / טון פסולת מטמנת)							
תהליך	חומר	פליטות שינוע ומיכון	פליטות מתאן	חיסכון מקיבוע פחמן	חיסכון מהשבת אנרגיה	סה"כ	
הטמנה	נייר וקרטון	8	1032	-787	-53	200	
הטמנה	אורגני רקבובי	8	1025	-272	-53	708	
הטמנה	פלסטיק PET	8	0	0	0	8	

(אדם טבע ודין, 2010)

מהטבלה ניתן להסיק כי בתהליך מיחזור מוצרי פלסטיק ממקור לא מתחדש מבוסס נפט (PET), ניתן להביא לחיסכון מרבי בפליטות של גזי חממה. חיסכון זה נזקק לזכותו של הפלסטיק לאור החיסכון ביחידת ייצור נוספות. הליך העיכול האנאירובי של פסולת אורגנית חסכוני יותר בפליטת גזי חממה יחסית לקומפוסטציה. עיקר החיסכון מיוחס לחשמל הניתן להפקה בהליך העיכול. כמו כן, ניתן לראות על פי הטבלה כי הטמנת פסולת אורגנית מביאה למרב הפליטות בגזי חממה בעוד שהטמנת פלסטיק ממקור לא מתחדש מבוסס נפט אינה כרוכה בפליטות של ממש (אדם טבע ודין, 2010).

2.5. מסקנות עיקריות מניתוח מחזור חיים של פלסטיק ממקור מתחדש בהשוואה לפלסטיק ממקור לא

מתחדש

מרבית המחקרים מצביעים על כך שבראייה הכוללת, למוצרי הביו-פלסטיק ממקור מתחדש עדיפות סביבתית על הפלסטיק ממקור לא מתחדש.

יתרונו של הביו-פלסטיק ממקור מתחדש ניכר בעיקר בתחומי ההשפעה הסביבתית של פליטות גזי חממה וצריכת אנרגיה בהליך ההפקה והיצור. חיסרון המיוחס לביו-פלסטיק ממקור מתחדש בניתוח מחזור החיים ניכר במדדי הרעילות והאאוטרופיקציה. נחיתות זו מיוחסת בעיקר לשלב הגידול החקלאי בו נעשה שימוש בדשנים וחומרי הדברה. במקטע סוף החיים, החיסכון בפליטות גזי חממה המתקבל ממחזור פלסטיק ממקור לא מתחדש גדול באופן ניכר מיצור קומפוסט או הטמנת הפלסטיק ממקור מתחדש. מאותה ההסיבה, ניכר יתרון לחלופות מחזור הביו-פולימרים ממקור מתחדש על פני הטמנתם או יצור קומפוסט.

2.6. מהו התחליף המועדף להחלפת הפלסטיק המסורתי?

פלסטיק ממקור מתחדש מקורו מתירס, סויה, חיטה או קני סוכר. דבר זה מעלה את אפשרות לקונפליקט בין ייצור מזון לצורך האכלת בני אדם אל מול יצירת ביו-פלסטיק. כיום, האדמה הדרושה ליצור ביו-פלסטיק מתוצרי חקלאות מהווה כ-0.02% מהקרקע שראויה לעיבוד. במידה ויחליפו את כל הפלסטיק המבוסס על נפט לפלסטיק המבוסס על תוצרים חקלאיים, הדרישה לגידולים אלה תהווה כ-5% מהביומסה המיוצרת ונקצרת מדי שנה (Martien van den Oever et al., 2017) דבר אשר עשוי לגרום לתחרות על אדמה בין תוצרים חקלאיים שמיוצרים למטרת מזון לבין תוצרים חקלאיים שמיוצרים למטרת יצירת ביו-פלסטיק, דבר זה עשוי לגרום להעלאת מחיר המזון. בנוסף, כפי שראינו, שימוש מואץ בדשנים ומים הם בעלי השפעה מכרעת על הסביבה. בעקבות דברים אלו עולה האפשרות להשתמש בחומרי גלם ממקור אחר ליצירת ביו-פלסטיק. פתרון נוסף ויעיל אשר נבחן בעבודתנו הינו שימוש בפסולת ממזון לייצור פלסטיק מתכלה (European Commission, 2011).

2.7. פסולת מזון אורגני כתחליף ליצירת ביו-פלסטיק מתכלה

שימוש בפסולת מזון אורגני ליצירת פלסטיק מתכלה תאפשר צמצום רב בהיקף פליטות גזי החממה והאנרגיה הנדרשת לייצור פלסטיק ממקור מתחדש המבוסס על גידולים חקלאיים או פלסטיק ממקור לא מתחדש מבוסס נפט. חיסכון נוסף ניכר בתופעות כמו אוטריפיקציה והחמצה אשר קורות בעקבות שימוש בדשנים וכימיקלים אשר מזהמים את המים, האדמה והאוויר. דשנים וכימיקלים אלה נמצאים בשימוש בשלב עיבוד האדמות החקלאיות על מנת להפיק את חומרי הגלם ליצור פלסטיק ממקור מתחדש המבוסס על גידולים חקלאיים. על ידי שימוש בפסולת מזון אורגני ליצירת פלסטיק מתכלה ניתן לחסוך בכמות המים הנצרכת בתהליך ההפקה והייצור של פלסטיק ממקור מתחדש או ממקור לא מתחדש. יתרון משמעותי ניתן למצוא במקטע סוף חיים. במקום הטמנה, קומפוסטציה או עיכול אנאירובי של פסולת אורגנית, ניתן להשתמש ולמחזר את הפסולת ליצירת פולימרים מתכלים ועל ידי כך לחסוך את הפליטות האופייניות לשיטות טיפול אלה. כמו כן, ניתן לחסוך את שטחי האדמה המוקצים לגידול חומרי הגלם ליצירת הפולימרים ממקור מתחדש.

3. פסולת מזון כחומר גלם

3.1. שרשרת המזון בטבע

בטבע לא קיים מושג של בזבז פסולת. בסביבה הטבעית של מערכות הטבע פסולת אינה פסולת אלא מקור אנרגיה - מזון לאורגניזם אחר. כלומר, גלגול אנרגיה וחומר במערכת האקולוגית. מעבר של אנרגיה וחומרים דרך המרכיבים הביזמים והאביוטים. החל מיצרנים ראשוניים אוטוטרופים, כצמחים, ועד יצרנים משניים הטרוטרופים, הרביבורים אוכלי צמחים, או קרניבורים אוכלי בעלי חיים אחרים וטורפים. ולבסוף אוכלי רקב ומפרקים הניזונים מחומר אורגני מת. אלה הם מיקרואורגניזמים, בעיקר חיידקים ופטריית המסוגלים לפרק חזרה אלמנטים טבעיים לרכיבים הבסיסים כמו פחמן, מימן וחמצן.

במאמרו "מסע אקו-פילוסופי", דר דניאל מישורי משעתק את רעיון המחזור המעגלי של חומרי הגלם בטבע לחזון האקולוגי: אפשר להציג את החזון האקולוגי כ"חברה בלי פסולת". במקום תהליך ייצור ליניארי של כריית משאבים, ייצור מוצרים והשלכתם המהירה כפסולת לאתרי הטמנה, מוצע מודל חלופי של כלכלה מעגלית, שבה פסולת הופכת ל"מזון" עבור הדור הבא של המוצרים. מודל זה דורש שינוי טכנולוגי, שימוש בחומרים לא רעילים, תכנון מראש של מוצרים כדי שכל חלק בהם יתוכנן בצורה שתאפשר להם לעבור בהמשך תהליכי מחזור, ממש כמו ביערות הגשם - שם לעולם אין משהו "מיותר", אין פסולת (מישורי, ד. 2008. מסע אקו-פילוסופי). בשנת 1935 טבע האקולוג הבריטי ארתור טנסלי מושג חלופי: המערכת האקולוגית (Willis, A.J., Forum. Ecosystem, 1997). לדעתו אין באמת "קהילה" בטבע, אלא רק מעברים מורכבים של חומר ואנרגיה שמתחילים בפוטוסינתזה, קליטת אנרגיית השמש ואחר כך בגלגולי אנרגיה זו בשרשרת המזון בטבע - תהליך אינסופי הנע במעגלים ובמחזוריות. כאשר אנו מנסים למצוא פתרונות ברי-קיימא לבעיית פסולת מזון, ראשית עלינו לחשוב על תהליכים כלכליים, תרבותיים ומדיניים היכולים מחד ליצור מתווה לשינוי תפיסתי, ומאידך ליישם דרכי פעולה חדשות הן בפן המדיני, חוקתי, אדמנסטראטיבי ותעשייתי והן בפן האישי והפרטי. תהליכים היוצרים קשרים חדשים המטשטשים את הגבולות בין תפקיד היצרן והצרכן ומקיימים מערכות מחזוריות (EPA, LCA, 2010). אם כן, במקום מערכת כלכלה פתוחה "Cradle to Grave", שבסופה תוצר הפסולת נזרק ולכן בלתי שמיש, ניתן לאמץ מערכת כלכלה מעגלית "Cradle to Cradle", שבה הפסולת הופכת לחומר גלם במעגל סגור (McDonough, W., & Braungart, M. Cradle to Cradle, 2010). כלומר יצירת הזדמנויות לכלכלה סביבתית המיישמת מערכות אקולוגיות ברות-קיימא, עם יכולת להשמיש חומרים מתחדשים ומתכלים.

3.2. פסולת ואובדן מזון: מפסולת לאספקה Food Waste & Food Loss

3.2.1 מהי פסולת מזון? הגדרה

Food Waste Definition

ההגדרה של בזבז ופסולת מזון אינה אחידה ובמדינות שונות ההבחנה ניתנת לפרושים שונים. על פי הסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית, פסולת מזון מוגדר כבזבז או אובדן מזון אשר "לא נאכל, או פסולת שאריות מזון מבתי מגורים (פרטיים) ומוסדות מסחריים כגון חנויות מכולת, מסעדות ודוכנים, קפטריית ומטבחים מוסדיים, וממקורות

תעשייתיים כמו חדרי אוכל של עובדים. בשנת 2013 עודכנה הגדרה זו כ"שאריות אורגניות הנוצרות על ידי טיפול, אחסון, מכירה, הכנה, בישול, והגשה של מזון, המכונה בדרך כלל אשפה (EPA, 2013).

פסולת מזון היא חלק מאבדן המזון, אך יש להבחין בין השניים. במסגרת יוזמת האו"ם לשמירת מזון ב-2014, ארגונים ביניהם ארגון המזון והחקלאות של האו"ם (UN Food and Agricultural Organisation, FAO) והסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית (US Environmental Protection Agency, EPA) הסכימו על ההגדרות ביניהם. אובדן מזון: מוגדר כהפחתה בכמות או באיכות המזון. אובדן המזון מתקיים לרב בשלבי הייצור וההפצה של שרשרת אספקת המזון ומהווה בעיקר פונקציה של מערכת ייצור המזון ואספקתו או במסגרתו המוסדית והמשפטית. פסולת מזון: כחלק מאבדן המזון, מוגדר כתהליך פיזי מזון במהלך שרשרת אספקת המזון אשר התאים בשלב מסוים לאכילה, או אשר התקלקל או פג, עקב התנהגות כלכלית, ניהול מלאי קלוקל או הזנקה (FAO, 2014).

בנוסף, מזון המנוטר למחזורי אספקה אחרים כמו מזון לבעלי חיים, קומפוסט או ביו-אנרגיה נחשבים גם הם לפסולת או אובדן מזון. לעומתם חלקים מצמחים וחיות המיוצרים לצורכי מזון ומכילים "שאריות שאינם מזון" אינם בהכרח מוגדרים כאובדן מזון ופסולת. אלה חלקים לא אכילים המכונים לפעמים "פסולת מזון בלתי נמנע". מה שהביא לביקורת על הכללת שאריות שיושמו למוצרים שאינם יועדו לאכילה כגון מזון לבעלי חיים, דשן או ביומסה, משום שטענו כי בהגדרה שארי מזון אלה אינם מבוזזים ולכן מדד אובדן ופסולת מזון אינו מדויק (Bellemare, et al., 2017). במאמר זה נתייחס הן לשאריות שאינם מזון למאכל אדם והן לפסולת מזון בלתי נמנע בשלב הצרכן במשק הבית במדינות מפותחות ונבדוק כיצד ניתן למצוא פתרונות ברי-קיימא שאינם מיושמים באופן פרודורלי היום

בפרט ע"פ דוחות האו"ם מ-2011 (Gustavson, et al., FAO 2011) ודו"ח הסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית מ-2012 (EPA, 2012) המשמשים עד היום להערכות עבור אומדנים אלו.

3.2.2 אומדן בזבז המזון בעולם Food Waste Worldwide

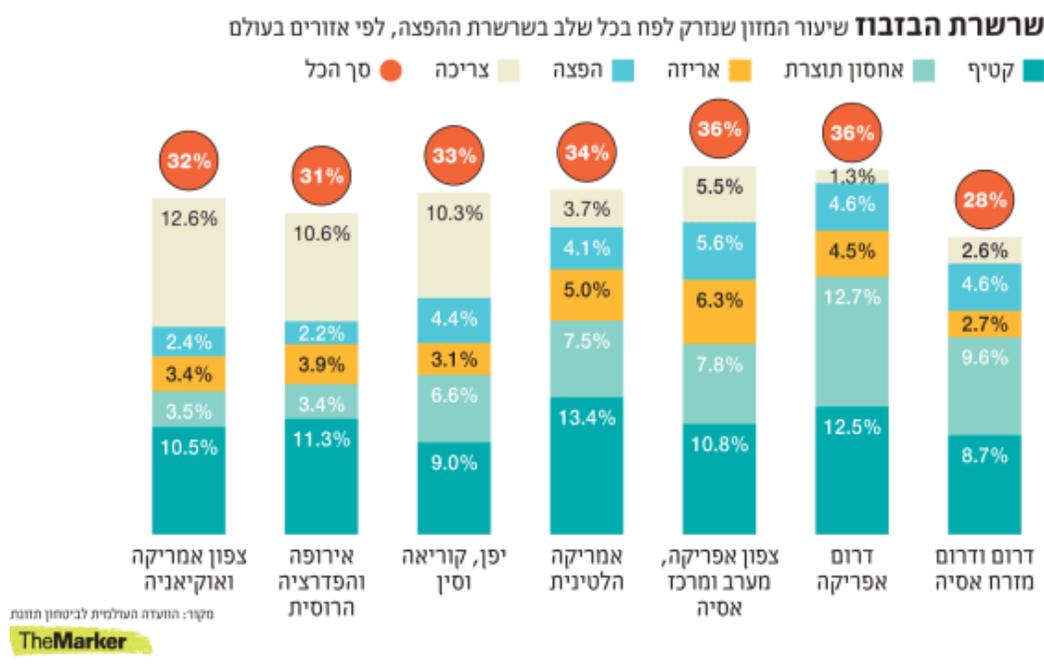
דו"ח ראשוני של ארגון המזון והחקלאות של האו"ם מ-2011 מראה כי שליש מכלל המזון בעולם מבוזבז ועומד בסך כ-1.3 מיליארד טון לשנה (940 מיליארד דולר לשנה) (FAO, 2011). על פי דו"ח של המועצה להגנת הטבע, בארה"ב, (Natural Resources Defense Council, NRDC) מ-2012, כ-40% מהמזון הבטוח למאכל אדם, נזרק כפסולת ע"י האמריקאים (Gunders, et al., NRDC 2012).

בישראל, בזבז ואובדן המזון הנו מפגע סביבתי (דו"ח מבקר המדינה, 2015) על פי אומדני דו"ח אובדן המזון הלאומי 2016, שנערך על ידי לקט ישראל ו-BDO זיו האפט, סך היקף אובדן המזון בישראל עומד על 2.4 מיליון טון, בשווי של 19.5 מיליארד ש"ח, כ-33% מהיקף ייצור המזון בישראל. מתוכם, אובדן של מזון בר-הצלה, כלומר מזון הראוי למאכל, בהיקף של כ-2.1 מיליון טון ובשווי של 8 מיליארד ש"ח (חן הרצוג, נדב כספי, אפרת גולד. [הדוח הלאומי 2015](#)). אם נתבונן על כלל המוצרים שאנו זורקים כפסול, נראה כי ע"פ דו"ח של הסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית מ-2016, מזון עדיין נאמד בקנה מידה גדול יחסית ובשנים האחרונות מגמה זו רק הולכת ומחמירה (Facts Sheets, EPA, MSW, 2016).

3.2.3 Food Waste along the Food Supply Chain בזבז מזון בשרשרת אספקת המזון

הגורמים לבזבז או אובדן מזון הם רבים, ומתרחשים בכל אחד מהשלבים של שרשרת אספקת המזון: שלב הייצור והקטיף, בו מעורבים בעיקר המגדלים; שלב העיבוד, האחסון והאריזה, בו מעורבים בעיקר המעבדים; שלב הקמעונאות וההפצה, בו מעורבים בעיקר הסוחרים; ושלב הצריכה בו מעורבים הצרכנים הן במגזר הפרטי כחלק ממשק הבית והן במגזר הציבורי כחלק מהפירמות וספקי השרותים (Bellemare, 2017, Quested, 2013). מירב אובדן המזון במדינות מתפתחות בעלות הכנסה נמוכה, מתרחש במהלך הייצור, בעוד שבמדינות מפותחות מרב המזון מבזבז בשלב הצריכה. כך שכמות המזון השנתי המבזבז ברמת הצרכן במדינות המפותחות (222 מיליון טון לשנה) שווה לייצור נטו של מזון במדינות מתפתחות (230 מיליון טון לשנה) (Gustavson, FAO, 2011).

3.1 תרשים



תרשים 3.1: שרשרת בזבז המזון ע"פ דו"ח הוועדה העולמית לביטחון מזון (EPA, 2012) ודו"ח ארגון המזון והחקלאות של האו"ם (Gustavson, FAO 2011). אינפוגרפיקה: דה מרקר, 2015

Household Food Waste

3.2.4 פסולת ביתית

כמו כן, הדו"ח האו"ם (Gustavson, FAO 2011) מצביע כי כ-25% מכלל המזון, למעשה מבזבז במדינות מפותחות בשלב הצריכה. כלומר, על כל ארבע שקיות מזון שאנו רוכשים, אנו למעשה משליחים לפחות שקית מזון

אחת לפסולת. מרב פסולת ושאר המזון המבזבז במגזר משק הבית, ברמת הצרכן במדינות מפותחות, היא בעיקר מזון ממקור אורגני. בראש ובראשונה פרות וירקות עם בזבז של 52%, ומאכלי ים העומדים על בזבז של 50%. שאר מוצרי המזון הנם דגנים ומאפים למיניהם (38%), מוצרי בשר (22%), ומוצרי חלב (20%) (EPA, 2012). צרכנים אחראים במישרין ובעקיפין לבזבז ואובדן מזון רב מאד הן במרחב הקמעונאי, פסילת קנייה בשל נראות אסתטית או קירוב לתאריכי תפוגה, והן במרחב הפרטי במשק הבית. לרב הגורמים במרחב הפרטי הנם חוסר הבנה או אי ודאיות לגבי טריות המוצר ותאריכי "פג תוקף", עודף קנייה מוגזם ולא מנוצל המונע לעתים מתרבות צריכה המעודדת גם ע"י מערכות חברתיות - כלכליות, תקלות במהלך הכנה ובישול המזון, כגון שרפה, שבירה ומעכה, או הכנה מופרזת של מזון. בנוסף, הגשת יתר וחוסר רצון לצרוך שאריות, וכן מטעמים היגיניים, כגון ריקבון לאחר אחסון ארוך מדי או אחסון לא מתאים ויתר על כן, חוסר במחזור והפרדת המזון, הנם גורמים עיקריים לבזבז שאריים ומזון בלתי נמנע במשק הבית (Jörissen, et al., 2015). נמצא כי גורמים אלה אינם באים באופן ישיר למצב הסוציו-אקונומי של האדם הפרטי או המשפחה ולרב נובעים בפרקטיקות תרבותיות כגון הכנסת אורחים, זהות "האם הטובה", נראות לשפע וגודש, ומזון הנחשב כמדד לעושר ונדיבות (Porpino, et al., 2015). בנוסף, בישראל חלק מהגורמים העיקריים לפסולת מזון הן מטעמי כשרות, כולל תרומות ומעשרות, איסור ערלה, וכן בחג הפסח כשרות לחג וביעור חמץ גורמים לנזק סביבתי וכלכלי רב (דו"ח מבקר המדינה, 2015). ב-2017 גיבש האו"ם עקרונות ברי קיימא וקבע לו כיעד להפחית את שיעור אובדן ובזבז המזון בכ 50% עד שנת 2030 (FAO, 2017). ע"י נקיטת הסדרים מדיניים וכן ע"י חינוך הציבור, הספקים ונותני השרותים. בארץ, משרד החקלאות גיבש תוכנית להפחתת עודפי-גידול ולצמצום אובדן התוצרת, וכן להסדרת נושא השמדת תוצרת חקלאית בישראל, כולל השמדה מטעמי כשרות.

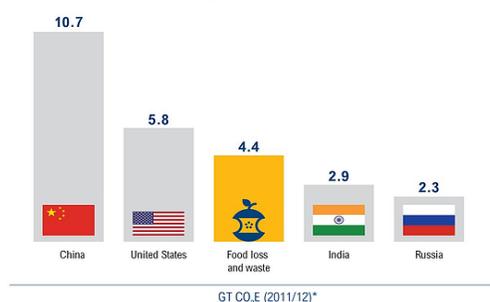
Food Waste Footprint

3.2.5 טביעת אצבע אקולוגית של פסולת מזון

בעוד שמרב המאמצים לצמצם את בעיית בזבז המזון בעולם, בשל חשש לרעב המוני ומכך לקריסת כלל המערכות בעולם (Chen, et al., 2017), כ-21% משארי המזון (EPA, 2012), ניזרק למזבלות פסולת ולאטרי הטמנה, בהם תהליך הקומפוסט קורה לרב בתנאים אנאירובים, כלומר ללא חמצן, בתהליך מחזור איטי מאד העורך כלמעלה מ-25 שנה. תהליך זה גורם ליצירה ושחרור גז החממה מתאן (CH₄) לאוויר בכמויות הגדולות פי 20 יותר מפליטת פחמן דו-חמצני (CO₂), וכן אפשרות זליגה פוטנציאלית של חומרים מסוכנים למי תהום (EPA, 2017; Andrews, et al., 2012). בנוסף, מדו"ח האו"ם ב-2015 (FAO, 2015), פליטת פחמן דו-חמצני, כתוצאה מפסולת מזון, נאמדת על 4.4 ג'גה טון לשנה, עם טביעת אצבע אקולוגית בסדר גודל של מדינה, שלישית בגודלה אחרי ארצות הברית (5.8 Gt) וסין (10.7 Gt). משמע כי בזבז מזון תורם כ-8.2% מכלל פלטות CO₂ בעולם להתחממות כדור הארץ וכמעט שווה ערך לפליטות CO₂ מכלי תחבורה (10%). מדד זה נאמד על כשליש מכלל הפלטות השנתיות של גזי החממה בעולם ממקור דלקים פוסיליים, המאיץ את שינויי האקלים העולמי וגורם נזק סביבתי עצום הן לקרקע והן לאטמוספירה. בנוסף, ע"פ הדו"ח גזי החממה מפסולת מזון הגבוהה ביותר מתרחשת בשלב הצריכה (37% מסך הכל).

תרשים 3.2

If Food Loss and Waste Were its own Country, it Would Be the Third-Largest Greenhouse Gas Emitter

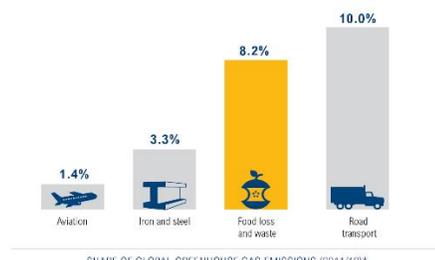


* Figures reflect all six anthropogenic greenhouse gas emissions, including those from land use, land-use change, and forestry (LULUCF). Country data is for 2012 while the food loss and waste data is for 2011 (the most recent data available). To avoid double counting, the food loss and waste emissions figure should not be added to the country figures.

Source: CAIT, 2015; FAO, 2015. Food waste footprint & climate change. Rome: FAO.

WORLD RESOURCES INSTITUTE

Greenhouse Gas Emissions from Food Loss and Waste Approach the Levels from Road Transport



* Sector data is for 2012 while the food loss and waste data is for 2011 (the most recent available). Since the food loss and waste data comes from a different source than the other sectors, it should not be added to the sector figures to avoid double counting.

Source: International Energy Agency (IEA), 2014. CO₂ emissions from fuel combustion (2014 edition). Paris: OECD/IEA, MSW, 2014.

Strategies to reduce emissions and environmental gains by reducing food waste.

Banbury, UK: WRAP; FAO, 2015. Food waste footprint & climate change. Rome: FAO.

WORLD RESOURCES INSTITUTE

תרשים 3.2: טביעת אצבע של פליטת גזי חממה כתוצאה מפסולת מזון ע"פ דו"ח האו"ם (FAO, 2015).

אינפוגרפיה: World Resource Institute

בנוסף לבזבז המזון עצמו כמפגע סביבתי, קיים גם בזבז של מים, חשמל, משאבי טבע, כוח אדם, וכן השפעות עקיפות על אובדן שטחי אדמה וחקלאות ומכך גם כריתת יערות (FAO, 2013; EPA, MSW, 2016; Facts and Figures Sheets).

Food Waste Applications

3.2.6 שימושיים מפסולת אורגנית

בעוד שכחמישית מכלל הפסולת נשלחת להטמנה חלקים ניכרים אחרים מהפסולת ושארית מזון חוזרים לשרשרת מארג המזון. כ-23.3% מהמזון המיועד לפסולת נאסף לפעילויות להצלת ותרומת מזון (EPA, MSW, 2016), בארץ, ארגון לקט ישראל, שקם ב-2003, שם לעצמו כמטרה להציל עודפי מזון, ולהפיצו בקרב נזקקים. חלקים ניכרים נוספים מפסולת המזון, מיושמים בשימושים שאינם לצורכי אכילה או מוצרי מזון לאדם (Lin, et al., 2013), כגון קומפוסט לייצור דשנים (24.6%), מזון לבעלי חיים (26.2%), ואף שימושים שונים לייצור אנרגיות מתחדשות כגון דלקים, שמנים וגזים (10.3%) כחלק מעקרון כלכלה מעגלית ברת קיימא (Finnveden, et al., 2005).

בשנים האחרונות ננקטו צעדים רבים להפחית ולצמצם את בעיית פסולת המזון במיוחד במדינות מערביות. ב-2016 הסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית פרסמה דו"ח עם סדר עדיפות לטיפול ב**שאריות מזון** שהשפיע על ערים רבות בעולם (EPA, 2016). בעיר ניו יורק למשל, פסולת מזון אורגנית ממסעדות פסקה להשלח למזבלות ומטמנות החל משנת 2015, אם כי התייחסות לפסולת אורגנית במשק הבית שאינה למאכל אדם עדיין לא קיבלה התייחסות הולמת.

3.3. פסולת כחומר גלם Transforming Waste into Supply

שימוש נוסף, שלא נחקר די, אם כי מקבל יותר התעניינות בעת האחרונה, הוא שימוש בשארי מזון או תוצרי מזון כחומר גלם אורגני מתחדש, מתכלה, בר-קיימא, כתחליף לחומרים תעשייתיים מבוססי נפט. אלה הם חומרים אורגנים, ביו-פלסטיים, מבוססים ביומאסה, ובעיקר חומרי גלם משארי מזון המצויים בשפע ונגישים לכל אדם ואדם (Ravindran, 2016; Van Dyk, 2013; Galanakis, 2012; Tuck, 2012; Hebel, 2014). חלק ניכר ממצרכי המזון האורגני שאנו רוכשים נפסלים לחלוטין, אלה הם חלקים במזון שאין לנו רצון לאכול אותם או שאינם ניתנים לעיכול, כגון קליפות, עורות, עלים, גבעולים, וסיבים למיניהם (Plazzotta, 2017). נמצא כי עד כ-40% ממצרכים שאנו חותכים לסלט נפסלים ונשלחים לאשפה. בעוד הבעיה מנותרת לניהול יעיל יותר של פרות וירקות, (fruit and vegetable waste (FVW)), חלקים רבים משארי מזון אלו ניתן לשוב ולהשמיש לצרכים אחרים, למשל כחומר גלם ביו פלסטי מבוסס תאית, עמילן, כייטין, וכדומה.

עוד משחר ההיסטוריה האדם עשה שימוש בפולימרים טבעיים מצמחים, כמו כותנה, עץ, ושרפים, ומבעלי חיים כמו צמר, פרווה, עורות ועצמות וכן מחלבונים מהחי והצומח ששימשו כדבקים. חומרים אלו שימשו את האדם להפיק חומרי גלם ללבוש, לבנייה ולאורנמנטים שונים. עם המהפכה התעשייתית יצור חומרים בפס יצור המוני וכן יצור חומרים סינתטיים כתחליף זול ונגיש יותר, תפסו את מקומם של חומרים אורגנים בייצור המקומי והפרטי והתרחבו מפתרונות בשימוש אישי, לפתרונות בשימושים מסחרים בעלויות נמוכות יותר ומשאבי כח אדם קטן יותר, מה שגרם לתעשיות הזעירות להצטמצם ואף לחדול במקרים רבים.

3.3.1 - חומרים מתכלים בשרות מעצבים ומייקרים

בשנים האחרונות עם התפתחויות ביוטכנולוגיות והיכולת שלנו לסנטז את הגנום ויסודות הטבלה המחזורית (Oxman, 2016), אנו יודעים לפרק ולהרכיב מחדש מולקולות לשימוש האדם. מייצור תרופות, ומנגנונים ביורפואיים ועד למזון ומצרכים יומיומיים כגון בגדים וחומרי ניקוי למיניהם. כפי שאמרה פרופ' סוזן לינדקוויסט: "לפני 10,000 שנה, בני האדם החלו לביית צמחים ובעלי חיים, עכשיו הגיע הזמן לביית מולקולות" (Lindquist, S., 2003).

אנו עדים למעבר מייצור תעשייתי והמוני לעיצוב וייצור ע"י צרכנים ומייקרים, עם מודעות לניצול ייתר של משאבי הטבע, במיוחד חומרים מבוססים דלקים, כמו גם לזיהום סביבתי ויצור חומרים סינתטיים שאינם מתכלים. בנוסף, הצפי לגידול אוכלוסין עולמי עד 2050 (UN, Revision 2008) יביא לביקוש הולך וגדל של משאבים וחומרי גלם ברי קיימא. (Hermann, B. G., 2010).

המהפכה הביוטכנולוגית לצד מהפכת החומרים הביולוגיים אפשרו למיזוג חדש של תחום העיצוב עם ביולוגיה וטכנולוגיה והיוו השראה ומחשבה מחודשת לפוטנציאל להחליף את הייצור התעשייתי והמשאבים שאנו חופרים מהקרקע עם משאבים מתחדשים ואף לייצר חומרים חדשים שניתן "לגדל" במעבדה. יחד עם מודעות ואחריות סביבתית, מעצבים ומייקרים החלו להתעניין לא רק במוצר עצמו אלא גם בחומרי הגלם ממנו עשוי. כאשר מעצבים ומייקרים חיפשו פתרונות ברי קיימא, הם פנו לביולוגיה ולמשאבים זמינים, מתחדשים וידידותיים לסביבה. החל

מסנטוז מחדש של חומרים ביולוגים, ועד שימוש בפסולת כחומרי גלם זמינים וזולים לערי העתיד שלנו. ערים הפועלות על פי מודל של כלכלה מעגלית ושאינן עושות הבחנה בין צרכן לייצרן, בין פסולת לאספקה. (Mitch Joachim, 2010)

3.3.2 - חומרים מבוססי פטריות FUNGI

אנחנו מתחילים לחשוב על חלבונים כעל חומרי גלם תעשייתיים ממש באותו אופן שאנו חושבים על חומרים אחרים כמו מתכות, זכוכית או פלסטיק. פטריות ותפטיר פטריות (מסייליה Mycelium) הפך לחומר גלם מבוקש בעשור האחרון. אם לייצור תעשייתי של חומרי אריזה מתכלים, כתחליף לקלקר (Styrofoam), ייצור חומרים סיביים ורכים כתחליף לעור ולקטיפה, ועד ייצור חומרים קשים ועמידים לאש ולמים כקירות מבודדים לבניינים ואף לריהוט. זהו חומר ביולוגי מתחדש, מתכלה ובר קיימא, היכול להישמר בצורתו או להיות מושלך ולהתפרק ע"י מקרואורגניזם לאחר גמר השימוש בו. תפטיר יכול להוות כתחליף לחומרים פלסטיים סינתטיים, ולעץ, ובכך להפחית את כריתת היערות, או לעורות וחומרים שמקורם בגוף של בעלי חיים ובכך להפחית את סבלם וניצולם. יתר על כן זהו חומר המאופיין בכוח מכני עצום בשל המטריצה הסיבית והמסועפת המרכיבה אותו. הוא קל במשקל, עמיד באש, ובעל תכונות מכניות ופיזיות אופייניות לצמחים ובע"ח גם יחד. התפטיר גדל לתוך כל צורה עם קשת תכונות רחבה מאד החל מגמישות החומר ומרקמו, ועד צפיפות החומר ומבנה הניתנים למניפולציה ע"י שינויים במצע הגידול, בזן הפטרייה ובתנאים הסביבתיים כגון לחות וטמפרטורה (Stamets, P., 2005).

תמונה 3.1



a.

b.

c.

d.

תמונה 3.1: מוצרים מבוססים תפטיר פטריה (מסייליה)

a. Philip Ross Mycotecture; b. Eric Klarenbeek 3D Printing; c. Maurizio Montalti Officina Corpuscoli; d. Philip Ross Mycoworks mycelium leather

Mycoworks, Philip Ross

חלוץ בתחום, האמן והיזם האמריקאי פיליפ רוס (Phill Ross) הגדיר מחדש את השימוש בחומרים ביולוגים כשהחל לייצר עם תפטיר פטריות ליפני כיותר מ-20 שנה (Travaglini, et al., 2014; Travaglini, et al., 2013). רוס חקר את השימוש במסייליום (mycelium) לייצור חומרים מוצקים וקשים לתעשיית הבנייה, כולל אריחי רצפות, לבנים, בידוד קירות ורהטים עם Mycotecture וכן לאחרונה החל לייצר חומרים סיביים ורכים, המגדירים מחדש את ייצור הטקסטיל ובמיוחד עור מגידול מסייליום במעבדה כתחליף לבדים סינתטיים או עור עשוי עור חיה (Mycoworks). רוס סלל את הדרך והווה השראה למעצבים למעצבים, יוצרים, מייקרים בכל רחבי העולם, ואף לחברות מסחריות, לעבוד עם פטריות כחומר גלם ורסטילי. עבודותיו והחברה שהקים הנה עדות לכך שמעצבים מהווים השראה לא רק לתרבות ולתעשייה, אלא גם הופכים להיות חלק ממנה ואף מובילים אותה, תוך שילוב של קהילה השפעה על תנועות חברתיות, תרבותיות וכלכליות.

Officina Corpuscoli, Maurizio Montalti

המעצב איטלקי החי בהולנד מאוריציו מונטאלטי, ייסד סטודיו (Officina Corpuscoli) בשנת 2010 באמסטרדם. הסטודיו פועל כחלק ממחקר ומעבדה עם חומרים ביולוגים בדגש על גידול פטריות. מונטאלטי הפך את המחקר שלו כמעצב וכמחנך למודל עסקי וייסד את החברה מוגו (MOGU), המפתחת חומרים תעשייתיים מבוססי מייסיליה.

לאחרונה הכריז הסטודיו על שיתוף פעולה עם סוכנות החלל האירופית ESA, לפיתוח פרויקט עתידני בניסיון לבנות מבני ארכיטקטורה מבוססי פטריות למשטחי כוכבי לכת מחוץ לכדור הארץ.

Eric Klarenbeek Mycelium Chair

מדפסות התלת ממד אפשרה יכולות לייצר מוצרים אישיים וזולים יחסית שלא עוד בפס יצור המוני. עם חיפוש אחר חומרי גלם ברי קיימא, המעצב ההולנדי אריק קלארנביק, פיתח רעיונות יישומים חדשים עם תפטיר פטריה ומצעים אשר הודפסו בתלת ממד לכדי סדרה של כסאות ומוצרים מבוססי מיסיליה (Klarenbeek, The Mycelium Project, 2014). אלה הם ניסויים חלוציים בשימוש הדפסות תלת ממד המשלבים חומר ביולוגי חי ומצעי גידול שונים מפסולת אורגנית לכדי ייצור רהיטים ופרטי עיצוב שונים ושימוש בחומרים סביבתיים כתחליף לפלסטיק.

Ecovative

כמו כן, אנו עדים לחברות מסחריות כמו החברה האמריקאית אקו-וייטיב (Ecovative), שנוסדה בשנת 2007 על ידי אבן בייר (Eben Bayer) וגאווין מקינטייר (Gavin McIntyre). חלוצה בתחומה, החברה מגדלת אריזות מתכלות וידידותיות לסביבה על ידי ערבוב פסולת אורגנית ומסייליה מפטריות, כתחליף לייצור אריזות מבוססות קלקר וחומרים סינתטיים אחרים. בשנים האחרונות התרחב פס הייצור של החברה והם מגדלים חומרי טקסטיל מבוססי פטריות. כמו כן החברה עושה שיתופי פעולה עם אדריכלים כמו (Teraform One, Mycoform), דוד בנג'מין (Benjamin, David) ומעצבים כמו דניאל טרוף (Trofe, Danielle), ואריק קלארנביק (Klarenbeek, Eric), שייסד מאוחר יותר בשיתוף פעולה עם חברת בת אירופאית קראון (KROWN Design) החוקרת עיצוב מבוסס חומרים לגידול מסייליה, שבסיסה בהולנד. מלבד העסק המסחרי, פיתחה Ecovative פרויקטים קהילתיים וחינוכים לציבור הרחב. כמו כן, בהשראת תנועת המייקרים והקוד הפתוח, פיתחו ערכות לגדול עצמי (Ecovative, GIY), המזמין את הציבור הרחב לגדל מוצרים עצמיים בבית. החברה אף הקימה מרכז חינוכי אינטרנטי התומך ומספק חומרים מקוונים וסדנאות (Ecovative, Education Center). לאחרונה הרחיבה החברה את הממשק הציבורי ופתחו את הפרוייקט (Ecovative, Grow.bio). משאב קהילתי חברתי מקוון לגידול חומרים ביולוגים נוספים, כולל פטריות, חיידקים, אצות ושמרים.

3.3.3 - חומרים רכים מבוססים מיקרואורגניזם

כחלק מהמהפכה הביוטכנולוגית, אנו עדים לשימוש בחיידקים, שמרים ומיקרואורגניזמים שונים בכדי לייצר חומרים ומוצרים חדשים ממקורות טבעיים או מסונטזים (Kuldell, Natalie, 2015). מעצבים ומייקרים מאמצים טכנולוגיות מעבדה ומייצרים אסתטיקה חדשה וחומרים ביולוגיים בעלי תכונות טובות ומשופרות יותר.

תמונה 3.2



a1.



a2.



b.



c.

תמונה 3.2: מוצרים מבוססים אצטובקטור צלולוס (Acetobacter Cellulose)

a1. Suzanne Lee BioCuture coat a2. BioCuture Shoe b. Ali Schachtschneider, Vivorium
c. Terreform ONE & Genspace Gen2Seat

תאית מקרוביאלית **Acetobacter** - באמצעות תהליך פרמנטציה

המעצבת הבריטית סוזאן לי (Suzanne Lee), חלוצה בשימוש צלולוזה צמחית המכונה SCOBY, ליצירת חומרים דמויי טקסטיל ובדי עור צמחיים. ה-SCOBY הנו תרבית סימביוטית של חיידקים ושומר הנוצר בתהליך תסיסה במשקה תה מתוק הנקרא קומבוצ'ה. זוהי שכבה תאית מוצקה הנוצרת בין ממשק הנוזל לאוויר, על ידי התרבית המעורבת, המורכבת מחיידק *Acetobacter .ssp* ושומר מזן *Saccharomyces ssp*. לי גידלה את התרבית במכלים גדולים ולאחר מכן ייבשה אותה לכדי יריעות טקסטיל, מהם יצרה בגדים דמויי עור, נעליים ומוצרים נוספים מבוססי תאית אצטובקטור. הפרויקט שלה (Lee, Suzanne, BioCuture), היווה השראה בגידול חומרים מבוססי SCOBY ומעצבים נוספים החלו בגידול ועיצוב חומרים מבוססים תאית מיקרוביאלית בעבודתם. מהרחבת הגוף ע"י יצירת שכבת SCOBY כעור שני בעבודת הגמר של אלי שכתשניידר (Schachtschneider, Vivorium) כסטודנטית ב-Parsons, או ע"י יצירת כיסא עתידני מתכלה, שבסיסו עשוי ממסיליה והציפוי עשוי מהתאית (Terreform One, et al., Gen2Seat) שיתוף פעולה בין צוות של חברת הארכיטקטורה Terreform ONE והמעבדה הביוטכנולוגית הקהילתית הראשונה ג'נספייס (Genspace), אשר הוקמה ב-2009 ואפשרה למעצבים, מייקרים וכל אדם ללא רקע ביולוגי, גישה לעבודה ומחקר אישי.

3.3.4 - חומרים קשיחים לבניין מבוססים מיקרואורגניזמים

מגידול מסייליה כייסודות אבני בניין ועד חומרי בניין מבוססי מיקרואורגניזם, מעצבים וחוקרים עושים שימוש בחיידקים בכדי ל"רפא" ולייצר חומרי בניין חכמים.

תמונה 3.3



a.

b.

c.

תמונה 3.3: מוצרים מבוססים מיקרואורגניזם לריפוי והפקת אבני בניין

a. BioMASON sand brick b. Henk Jonkers & Eric Schlangen BioConcrete; c. Ecovative mycelium MycoTiles

™BioConcrete

החוקרים הנק יונקס (Henk Jonkers), ואריק שלנג (Eric Schlangen) מאוניברסיטת דלפט, בהולנד, השתמשו בחיידקים לריפוי עצמי ותיקון של סדקים בבטון (Jonkers, H. M., & Schlangen, E., 2008). המדענים יישמו מרכיבים ביו-כימיים דו-רכיבים מחיידקים המייצרים נבגים קלציטים יחד עם סידן לקטט. לאחר מכן חיידקים האחראים להיווצרות סידן פחמתי יצרו מבנים לסגירה וריפוי הסדקים בבטון.

BioMASON

טכנולוגיה דומה שימשה מאוחר יותר על ידי האדריכלית האמריקאית ג'ינג'ר קרייג דוסייה (Ginger Krieg Dosier), אשר עושה שימוש בחיידקים הסופחים משקעים קלציטים בחול, מקשים אותו ומייצרים לבני בניין עם תכונות דמויי אבן חול. קרייג דוסייה רשמה פטנט על הרעיון והקימה חברה ביוטכנולוגית (Ginger Krieg Dosier, G). BioMASON בשנת 2012. החברה מגדלת בטון-ביולוגי BioCement™, לבנת בניין שניתן לייצר בכל מקום בעולם, בתהליך פשוט מהיר וזול, בטמפרטורות הסביבה באמצעות חומרים זמינים במקום, ללא צורך בחשמל או שימוש באנרגיות דלקים לשרפת לבנים, כפי שנעשה באופן מסורתי כדי ליצור לבנים מבוססי מיקרואורגניזם, BioMASON מאפשר חיסכון בעלויות האנרגיה וכן צמצום פליטות פחמן.

D Printing Corals3

אלמוגים בהדפסה תלת ממדית

שימוש במדפסות תלת ממד בשילוב טכנולוגיות ביו-כימיות, אפשרו יישומים עיצוביים חדשניים מבוססים חומרים ביולוגיים. המעצב האיטלקי אנריקו דיני (Enrico Dini) בנה את ה D-Shape מדפסת תלת ממד (Cesaretti, G., Dini, E., et al., 2014) באמצעותה יצר שכבות חול מודפסות לכדי שונית אלמוגים בגודל טבעי אשר הוחזרה לאוקיינוס כדי למנוע שחיקת אלמוגים וסחף חופי (Frau, L., Dini, E., et al., 2016) או להדפסת בתי גידול על הירח מחומרים מקומיים כמו אדמת הירח רגולית (Cesaretti, G., Dini, E., et al., 2014).

Pembient

קרן קרנף בהדפסת תלת ממד

הדפסות תלת ממד אפשרו אף שילוב ביוטכנולוגיות חדשניות להצלת חיות בסכנת הכחדה בשל סחר באיבריהם. הקרנף השחור המערבי הוכרז כחיה נכחדת עם רק כ 5,000 קרנפים שחורים שנותרו בעולם בעיקר בשל ציד לצורך סחר בקרניהם. פמביינט (*Pembient*), חברה שבסיסה בסיאטל, מגדלת קרן קרנף שחור ושנהב פילים במעבדה, באמצעות שילוב של טכניקות הדפסה תלת מימדית, הנדסת רקמות והנדסה גנטית. החברה גם שיתפה פעולה עם חוקרים מאוניברסיטת וושינגטון וכן בשנת 2015 יצאו בקמפיין גיוס קהל (Pembient, Black Rhino Genome Project), כדי לרשום את הגנום כולו של הקרנף השחור וכן להעלות את המודעות הסביבתית לציבור הרחב.

Algallab

אצות מודפסות בתלת ממד

בהמשך לניסויים בהדפסות תלת ממד עם תפטיר פטריה (Klarenbeek, Mycelium Chair), המעצב אריק קלארנביק המשיך לחקור חומרים ביולוגיים ובשנת 2017 משתף פעולה עם מרטה דרוס (Maartje Dros) בפרוייקט המקדם משאבים מקומיים וסביבתנות כחלק מ, Atelier LUMA, בארל, דרום צרפת (Klarenbeek, E. Dros, M., 2017, Algallab). המעצבים שילבו חומרים ביולוגיים זמינים למקום גאוגרפי ותרבותי בטכנולוגיית הדפסה תלת-ממדית. הפרוייקט נעשה בשיתוף הקהילה המקומית, כמו גם עם המוזיאון האזורי Departemental Arles. ובשיתוף פעולה עם מדענים וחוקרים מאלגה סאנגה, דנבוס, ואגנינגן ואוניברסיטת ביוגזד בברדה . אוסף כלי הזכוכית הייחודי של המוזיאון העניק השראה רבה למעצבים אשר שיחזרו אובייקטים עתיקים עשויים מזכוכית מאוסף המוזיאון, לכדי כלים מודפסים מאצות מקומיות שמצאו על גדות הנהר סמוך לעיר. הם אספו את האצות והפיקו ממנו חומר אותו הדפיסו לכדי אובייקטים מחומרים מתכלים ומתחדשים, כחלופה לחומרים פלסטיק המצויים בדרך כלל בשימוש מדפסות תלת ממד.

3.4. שארי מזון כחומר גלם בידי מעצבים - מקרי בוחן

על רקע תנועות המייקרים, ה BioDesign and Do It Yourself Biology (DIYBio), Citizen Science וה BioDesign מרחבי הפעולה והטכנולוגיות לצד מודעות חברתית וסביבתית הפכו שיטות עבודה אלה לזמינות ונגישות יותר. היום אנו יודעים ליצור פרופיל גנומי ופיזו-כימי לחומרים שלנו. מורכבות הייצור והפקת חומרים אורגנים מתכלים ומתחדשים, נגישים בעיקר בשימוש תעשייתי ולכן פוטנציאל לשימוש ביתי לא מנוצל די, למרות שלמעשה חומרי גלם אלו נמצאים בכל בית. מעצבים ומייקרים הפוגשים ב"שארי פסולת", משנים ומחדשים את תהליכי הייצור ותוצרי

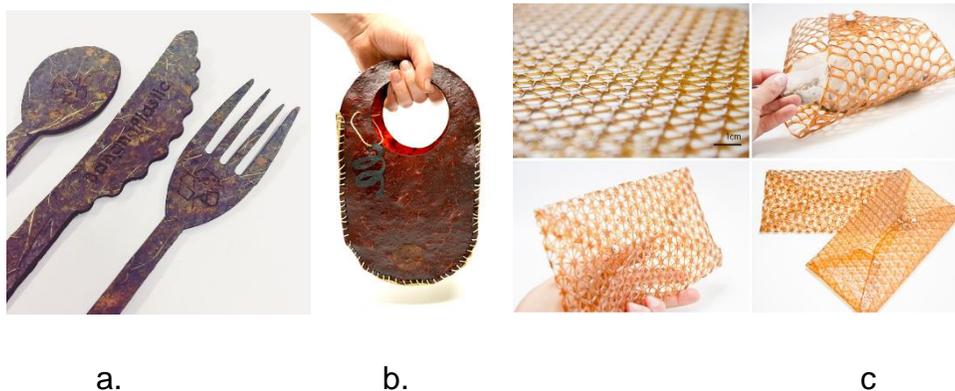
הלוואי ומייצגים את האתוס של הכלכלה המעגלית בעבודתם. הבנתם את מושגי הכלכלה המעגלית ותוצריה מעמיקה את התפוקה הפיזית המשתנה שלהם, מאפשר פרספקטיבה רחבה כיצד עיצוב יכול לתרום ולהיות גורם פעיל ומשפיע בכלכלה מעגלית, עם כוונות לעצב וליצור לא רק לשם ביצוע, אלא כ'שירות' לקהילה. בתרומתם, מעצבים ומייקרים משנים עמדות בקהילות ובשווקים, תומכים בחינוך עיצוב מוצר וצרכנות, וכן ביצירת מקורות קוד פתוח העומדים לרשות התעשייה. בנוסף, על ידי עידוד אזרחים וצרכנים למודעות ליצירתיות ולשיתופיות עם הקהילה בתוצר הסופי או בייצור חומרי הגלם, הם הופכים גם ליצרנים מקומיים וגם גלובליים. במחקר זה אנו נתמקד במקרי בוחן של חומרי גלם משארי מזון או תוצרי לאוי מפסולת מזון בלתי נמנע הכוללות קליפות של ירקות ופרות או קליפות ושריון של מאכלי ים.

פרדיגמה חדשה זו אינה באה לעודד בזבז מזון נוסף לצורך ייצור חומרי גלם, אלא לעודד שימוש בשארי מזון או תוצרי לאוי משארי ממזון בלתי נמנע.

האם אם כן, גם הצרכן יכול להשמיש טכניקות בטכנולוגיות דומות ברמת המשתמש הפרטי - המייקר - במרחב הביתי ובמרחב הקהילתי?

שארי מזון כגון קליפות מירקות ופרות וכן מבעלי חיים למשל מכילים פולימרים חשובים היכולים לשמש כמרכיבים עיקרים בייצור ביו פלסטיקים כגון עמילנים, צלולוס, כייטין וליגנין (Erik, L., 2009).

תמונה 3.5



תמונה 3.5: מקרי בוחן מוצרים מבוססים קליפות משארי מזון ופולימרים מודפסים במדפסות תלת ממד

- a. Lizzie Hall Banana Lab, BioPlastic Utensils b. Lizzie Hall Banana Lab, Red Banana Bag c. Mediated Matter Group, MIT Media Lab, shrimp shell chitosan

3.4.1 ביופלסטיק מקליפות של בננה

קליפות פירות וירקות מהווים אחוז ניכר משארי המזון הנפסל (Plazzotta, et al., 2017) אם כי מרכיבים חומרים היכולים להיות מיושמים כחומר גלם, ביניהם קליפות פרי הדר (Lin, C. S. K., et al., 2013), קליפות תפוחי אדמה (Mahmood, A. U., 1998) כמו גם קליפות בננה. גידולי הבננה הם השניים בגודלם (16%) לאחר גידולי פרות הדר (23%), מכלל הפירות בעולם. זהו גידול פרי טרופי הנפוץ ביותר עם הפקה שנתית ממוצעת מעל 165 טון בשנה (FAOSTAT, FAO, 2011) ומטופח במעל ל 130 מדינות בעולם.

קליפת הבננה מכילה פולמרים שלא ניתן לעיכול על ידי האדם, אם כי יכולים להכיל מרכיבים חשובים להפקת חומרים (Wachirasiri, P, 2009). הקליפה מכילה כ-8.4% צלולוס ובין 1.2% - 11% עמילן בזנים שונים של בנות (FAO, 2011; FAOSTAT, D., 2010; Mohapatra, D., 2010) ועד 40% בקליפות פלנטיין (Emaga, T. H., 2011), פולימרים חשובים כחומרי גלם ביצירת ביו פלסטיקים (Aslihan A., 2009).

Elif Bilgin *Going Bananas* Google Science Fair Award

כחלק ממגמה הולכת וגוברת בקרב יוצרים ומייקרים למודעות ועיצוב סביבתי, קיימת חשיבות רבה יותר לחומרי הגלם מהם עשויים המוצרים שלנו. ב-2013 אליף בילגין (Elif Bilgin) בת ה-16 מטורקיה זכתה בפרס של Google Science Fair לשנת 2013. אליף יצרה ביו פלסטיק מקליפות של בננה באמצעים שמצאה בביתה.

היא חקרה את מרכיבי קליפת הבננה ולאחר מספר ניסויים הפיקה ביופלסטיק ואף שלבה פולמרים נוספים ממנו לעכב דגרדציה של החומר. בנוסף, פתחה פרוטוקול ושתפה עם הקהל הרחב על אתר התחרות (Bilgin, E., 2013, Google Science Fair).

Lizzie Hall Banana Lab

כחלק ממגמת "אסוף, צור, מחזר" *"Collect, Create, Compost"* אשר סללה את הדרך לחדשנות סביבתית. יותר ויותר יוצרים עושים שימוש בחומרים מתכלים על בסיס צמחי ובעיקר בשארי מזון כפירות וירקות המצויים בסביבתם. המעצבת הבריטית ליזי הול (Lizzie Hall), הפיקה חומר גלם ביו-פלסטי מקליפות של בננה ממנו יצרה סדרת עבודות מבוססות חומרי גלם מתכלים ומתמחזרים (Hall, L., 2017, Banan Lab). בתהליך העבודה שלה, הול פיתחה טכניקות להפקת חומרי גלם משארי קליפות בננה, כתחליף לחומרי טקסטיל ועור. ה"עור הצמחי" שיצרה הנו בעל כח מכני חזק, בשל הסיבים המרכיבים אותו, גמישות וורסטיליות צורנית רבה. עם יכולת להתאים את צורתו וקושיותו על ידי שימוש בטכניקות יציקה ומתיחה לכדי אובייקטים רכים כגון תיקים, ועד כלים קשים כגון

כערות, כדים, וכלי בית. בנוסף, שימוש בטכנולוגיה עכשווית כגון חיתוך בליזר או שימוש במדפסת תלת ממד מאפשר פיתוח מוצרים מורכבים יותר ושליטה רבה יותר בפונקציה ובצורה הנחפצת, כמו גם ייצור יחודי ואישי ללא תוספת בעלויות. בנוסף, פיתוח הול פרטוקול אותו משתפת עם הציבור הרחב כחלק מתנועת ה"עשה זאת בעצמך" ומגמות הקוד הפתוח. הציבור מוזמן ליישם את הפרוטוקול עם אצמעים זמינים המצויים בבית. ע"י אימוץ שיטות עבודה כחלק ממגמה של כללה מעגלית, העושה שימוש טוטאלי בשארים, יוצרים מאפשרים לצרכן להיות שותף לא רק בעשייה עצמה של המוצר אלא גם בצריכה מודעת יותר ולקיחת אחריות סביבתית כחלק מהמעגל הכלכלי. בתום השימוש הצרכן מוזמן להשליח את המוצרים שצרך חזרה לטבע, לתהליך של התכלות ומחזור, ובכך הופך להיות שותף פעיל.

עיצוב מעגלי, כחלק מכלכלה מעגלית, יכולה כך להשפיע על תפיסת הצרכן לגבי זמן מדף ותכלית השימוש באובייקטים כפי שמובנים על ידי החברה המערבית. הדיכוטומיה בתפיסתנו את המוצרים שלנו, מחייבת שינוי קריטי. למשל כלים חד פעמיים שנועדו הרי לשמש לזמן קצר מאד, עשויים מחומרי גלם שאינם מתכלים בקלות ומהווים מפגע סביבתי. על ידי עיצוב עם "חומרים בריאים" וברי קיימא, מעצבים ומייקרים מובילים את החברה שלנו לחיות בסביבה בריאה יותר.

חלק ממגמה זו עדיין מתבצעת בסטודיו ולא באופן מסחרי ותעשייתי. על מנת להפוך מגמה זו לחלק אינטגרלי מהתנהלות יומיומית של הציבור הרחב אנו מעוניינים לחקור כיצד ניתן להשמיש מגמות אלה בקהילה. וכיצד קבוצות מייקרים למשל, יכולים לשמש כמרכז לאיסוף פסולת מצד אחד וכמרכז ידע לחינוך ומפגש מצד שני.

3.4.2 כייטין כחומר גלם בהדפסה תלת ממדית

פולימר נוסף הכייטין והציטוזן הם ביופולימרים טבעיים בעל חוזק מכני רב מאד מצד אחד וגמישות מצד שני (Abdulkarim, A., 2013). ניתן למצוא אותם בדפנות תא פטריות ובשלד החיצוני של פרוקי רגליים, חרקים, סרטנאים, לובסטרים, שרימפסים וצדפות. הכייטין הוא הפולימר האורגני השכיח ביותר אחרי תאית, מבין הפולמרים המצויים על פני כדור הארץ. הוא בלתי מסיס ובלתי ניתן לעיכול, ולכן נשלח כפסולת בכמויות בין 6-8 מיליון טון בשנה (FAO, 2014). עם פוטנציאל אדיר כחומר גלם בר קיימא (Kurita, K., 2001; Fernandez, J. G., & Ingber, D. E., 2013)

הדפסה תלת ממדית רבת שיחול מכייטין Mediated Matter Group, MIT MediaLab

גם מעצבים באקדמיה החלו לחקור חומרים חדשים ואחת המעבדות המובילות בתחום זה היא מעבדת החומרים של MIT והמעצבת הישראלית נרי אוקסמן העומדת בראשה. הקבוצה שמה לה כאתגר לפתח הן חומרים חדשים והן כלים חדשים ליישומם. הקבוצה ישמה חומרים ממקורות טבעיים ומתכלים להדפסות תלת ממד מבוססים כייטין (Chitin). לצד חקר פולימרים נוספים (Oxman, 2014-2015, Water-based Digital Fabrication) לצד חקר פולימרים נוספים (Chitosan) מקליפות שרימפס ויצרו פרטוקול, ששימש בעבר לאפליקציות (Platform).

בירפואיות (Tajik, H., et al., 2008), או כחומר גלם ביופולסטי (Fernandez J. G., et al., 2014) והשמישה אותו להדפסות תלת ממד.

הקבוצה פיתחה מערכת רובוטית להדפסות תלת ממד רבת-שיחול (multi nozzle extrusion system) שבכל אחד מהאקסטרודרים חומרים שונים כגון ציטוזן, תאית ונתרן אלגינאט. המנגנון עוצב כך ששילוב החומרים המודפסים יתקשה במגע עם אוויר ויתמוסס ויתכלה במים. בנוסף, הצליחו חברי הקבוצה לשלוט בצורה ובמרקם על ידי מניפולציה של הטמפרטורה, זמן התקררות וזרימת אוויר במיכל ההדפסה (Mogas-Soldevila, et al., 2015; Soldevilaa, L. M., et al., 2015). כחומר מתכלה, לא מזהם וידידותי לסביבה, וכתחליף לחומרים הקיימים בתעשייה (Fernandez J. G., et al., 2013).

3.4.3 "עיצוב מעגלי" - סיכום

ללא שימוש בדבקים סינתטיים ובדבקים בכלל, מעצבים ומייקרים, מפתחים, מפיקים ומייצרים חומרים חדשים מפולימרים שניתן להפיק מחומרים המצויים בשארי מזון מפסולת מזון. אלה הם ביופולסטיקים שניתן למחזר ולכלות על ידי השלחתם לטבע בתום השימוש בהם. חומרים אשר מסייעים בהפחתת פליטת גזי חממה על ידי יעודם למוצרים במקום השלחתם לאשפה. בכך יוצרים "עיצוב-מעגלי" לאובייקטים שאינם מיועדים לחיות לעד. תפיסה חשיבתית סביבתית המשפיעה הן על התעשייה והן על תרבות הצריכה והשימוש של הצרכן.

השערת המחקר

השערת המחקר שלנו היא שאוכלוסיית הנבדקים, המייקרים, יתגלו כבעלי מודעות סביבתית גבוהה ואופי יצרני ויעדיפו להשתמש בחומרי גלם ברי קיימא בהפקה עצמית מאשר בחומרים ברי קיימא אשר יוצרו בתהליך תעשייתי גם אם המהלך אינו משתלם כלכלית.

מטרות המחקר

המטרה העיקרית של הצעת המחקר הוא להבין כיצד אוכלוסיית ה"מייקרים" יכולה להוביל ולהשפיע על מגמות בתחום פיתוח ושימוש בחומרי גלם אורגנים ברי קיימא, זמינים ונגישים לכל, ממקור שארי מזון ולהשמיש אותם כחלק מטכנולוגיית הדפסות התלת ממד.

מתוך כך המחקר שואף להבין מהם הטכנולוגיות הקיימות בתחום הדפסות התלת ממד, מהם חומרי הגלם הקיימים בתחום הדפסות התלת ממד ואילו תחליפים לחומרי ברי קיימא גלם אפשריים. בנוסף, המחקר מציע לבחון אפשרות של שימוש בחומרי גלם משארי מזון לשימוש במדפסות תלת ממד כפתרון.

המחקר יסקור חומרים ביולוגים על ידי מעצבים ומייקרים וכן יבחן שארי מזון כקליפות מן הצומח, כגון ירקות ופרות וקליפות שריון מן החי, כגון קליפות שרימפס ומאכלי ים כחומר גלם פוטנציאלי.

אוכלוסיית מחקר

המחקר יבחן עמדות ודעות כלפי שימוש בשארי מזון בתהליך העבודה עם מדפסות תלת ממד ביתיות בקרב מדגם גדול של מייקרים. נתמקד באוכלוסייה של מעצבים, מהנדסים ויוצרים עצמאיים המזדהים באופן מוצהר עם ערכים של תנועת המייקרים העולמית ועושים שימוש במרחבי מייקרים שיתופיים ב-3 אזורים גאוגרפיים שונים בישראל (ירוחם, ירושלים, בת ים). בחלק הכמותי נשתף לפחות 100 מייקרים: מייקרים הלוקחים חלק בפרוייקטים סביבתיים ומייקרים שאינם לוקחים חלק פעיל בפרוייקטים סביבתיים. החלק האיכותני של המחקר יתמקד באוכלוסיית המייקרים אשר פועלים בתחומי יצירת חומרים ומתוכם יבחרו 5 יוצרים לחלק האיכותני.

שיטות המחקר

מחקר יבוצע בשיטות מחקר נטורליסטיות הנהוגות במחקר האיכותני תוך שילוב של שיטות מחקר כמותיות לאיסוף מידע ולתיקוף הממצאים (תיקוף פנימי וחיצוני), כדי לתת תמונה שלמה ככל האפשר של המציאות. באמצעות שילוב זה יכולות שיטות המחקר הנטורליסטיות לשמש להעמקת ההבנה של ממצא שעלה במחקר הכמותי. על בסיס סדרת מחקרים (Moilanen, Jarkko, 2013) שנבדקו ברמה עולמית ומאפיינים את מרבית המשתמשים במדפסות תלת ממד ביתיות כאנשים אשר משתייכים אל תנועת המייקרים העולמית נבצע את המחקר על אוכלוסייה דומה בישראל ונפנה לאוכלוסיות אשר עושות שימוש בחללי מייקרים (IMPACT LABS, FABLABS).

כלי המחקר

הכלים לאיסוף הנתונים יכללו כאמור, כלים איכותניים וכמותיים. הכלים האיכותניים יהיו ראיונות עם יוצרים המגדירים את עצמם כמייקרים. הראיונות יהיו פתוחים מסוג מובנים למחצה (צבר בן-יהושע, 2001). בראיונות מסוג זה, ניסוח השאלות המרכזיות נעשה מראש, אך רצף הצגתן אינו נקבע מראש ויש מקום במהלך הראיון להוסיף שאלות על פי ההקשר, כאשר לעיתים תשובות המראיין מובילות לשאלות

בראיונות יוצגו ארבע שאלות כלליות:

1. מהי חשיבות מעורבותך בתהליך בניית המדפסת ויצירת חומרי הגלם כחלק מתהליך היצירה הכולל שלך כממציא?

2. האם שיקולים סביבתיים נלקחים בחשבון כאשר אתה בוחר חומר גלם להדפסה תלת ממדית? מהם?
3. מהם תחומי היישום והמוצרים בהם חומר גלם מבוסס על שארי מזון יכולים להשתלב לדעתך?
4. אילו חומרי גלם מסביבתך הקרובה יכולים לשמש אותך בעבודתך? אילו תכונות היית מחפש בחומרי גלם כתחליף ביו פלסטי?

הכלי הכמותי הוא שאלון שכולל שאלות משלושה סוגים:

בחלק הראשון יובאו היגדים אשר יציגו עמדות הנוגעות לחשיבות מעורבות היוצר בתהליך המלא של פיתוח מוצר ומעורבות היוצר בפיתוח עצמאי של חומרי הגלם אתם הוא עובד ובנוסף יבדקו היגדים שבודקים את מידת שיתוף הפעולה להכנסת תהליך נוסף לשרשרת הייצור העצמאית של היוצר השאלון יוערך על פי סולם ליקרט (Likeret scale) בן 5 דרגות.

המשיבים יתבקשו גם להשלים פרטים על סוג הניסיון שלהם עם פיתוח חומרים חדשים.

בחלק השני יובאו היגדים אשר באים לבחון מהי מידת החשיבות של בחירת חומרים מתכלים בתהליך יצירת המוצר הסופי עבור היוצרים ואת עמדותיהם כלפי תהליכי מחזור. השאלון יוערך על פי סולם ליקרט (Likeret scale) בן 5 דרגות.

סיכום

בעידן בו אנו חיים כשהטכנולוגיה לא מפסיקה להתפתח ולהמציא את עצמה מחדש אנו מחויבים לעשות ככל שניתן על מנת להגן על כדור הארץ ולפתח שיטות נוספות להתייעלות סביבתית. התייעלות סביבתית מהסוג שהצגנו בעבודה זו עשויה להוביל לצמצום זיהומים סביבתיים רבים להם אנו עדים כיום במטרה להשאיר לדורות הבאים עולם טוב יותר. החזון שלנו הוא שלכל משפחה תהייה מדפסת תלת ממד ביתית ובאמצעות שימוש בפסולת המיוצרת בביתה לתכנן ולייצר פריטים המותאמים לצרכיה הבסיסים ועל ידי כך להפחית את הפגיעות הסביבתיות.

Abdulkarim, A., Isa, M. T., Abdulsalam, S., Muhammad, A. J., & Ameh, A. O. (2013). Extraction and characterisation of chitin and chitosan from mussel shell. *Extraction*, 3(2).

Andrady, Anthony L. "Microplastics in the marine environment." *Marine Pollution Bulletin* 62.8 (2011): 1596-1605

Andrews, W. J., Masoner, J. R., & Cozzarelli, I. M. (2012). Emerging contaminants at a closed and an operating landfill in Oklahoma. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 32(1), 120-130..

Aragona, F. (2005). Open sourcing appropriate technology part I. *Agricultural Innovations*. (Nov 17, 2005). <http://agroinnovations.com/blog/2005/11/17/open-sourcing-appropriate-technology-part-i/>. Accessed Dec 19 2011.

Aslihan Arikan, (2009). Bioplastics. *The Packaging Bulletin*, January

Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C. & Barlaz, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Phil. Trans. R. Soc. B* **364**, 1985–1998 (2009).

Baulch, Sarah, and Clare Perry. "Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans." *Marine pollution bulletin* 80.1 (2014): 210-221.

Beatley, T., 1991. Protecting biodiversity in coastal environments: introduction and overview. *Coastal Management* 19, 1–19.

Bellemare, M. F., Çakir, M., Peterson, H. H., Novak, L., & Rudi, J. (2017). on the Measurement of Food Waste. *American Journal of Agricultural Economics*, 99(5), 1148-

1158.

Benjamin, David , Retrieved from, <http://thelivingnewyork.com/hy-fi.htm>

Bilgin, Elif, (2013). Google Science Fair 2013, Retrieved From, <https://www.googlesciencefair.com/en/projects/ahJzfnNjaWVuY2VmYWlyLTlwMTJyRAsSC1Byb2pY3RTaXRlljNhaEp6Zm5OamFXVnVZMIZtWVdseUxUSXdNVEp5RUFzU0IxQnliMnBsWTNRWW9ZR0tBUXcM>

Bonaccorsi, A., & Rossi, C. (2003). Why open source software can succeed. *Research Policy*, 32, 1243–1258.

Buenrostro, O. & Bocco, G. Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives. *Resources, Conservation and Recycling*. **39**, 251–263 (2003).

Buitenhuis, A. J., Zelenika, I., & Pearce, J. M. (2010). Open design-based strategies to enhance appropriate technology development. In: *Proceedings of the 14th Annual National Collegiate Inventors and Innovators Alliance Conference: Open*, 1–12.

Carstens, L. A., D. A. Barsotti, and J. R. Allen. "Exposure of infant rhesus macaques (*Macaca mulatta*) to polychlorinated biphenyl (PCB)." *Animals as monitors of environmental pollutants/sponsored by Northeastern Research Center for Wildlife Diseases, University of Connecticut, Registry of Comparative of Lab Animal Resources, National Academy of Sciences* (1979).

Cesaretti, G., Dini, E., De Kestelier, X., Colla, V., & Pambaguian, L. (2014). Building components for an outpost on the Lunar soil by means of a novel 3D printing technology. *Acta Astronautica*, 93, 430-450.

Chen, H., Jiang, W., Yang, Y., Yang, Y., & Man, X. (2017). State of the art on food waste research: a bibliometrics study from 1997 to 2014. *Journal of cleaner production*, 140, 840-846.

Chris, A. (2012). *Makers: The new industrial revolution*. *New York: Crown Business*.

Current Biology magazine 27, R431–R510,. 2017

E. Vink Responsible Innovation: Reducing the Environmental Footprint

E.S stevens Green Plastics: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics, 2002

Ecovative, Education Center. Retrieved from:

<https://www.ecovatedesign.com/education-center?ref=footer>

Ecovative, Grow It Yourself Kits, GIY, Retrieved from,

<https://shop.ecovatedesign.com/collections/grow-it-yourself>

Ecovative, Grow.bio. Retrieved from, <https://grow.bio/?ref=lpproject>

Emaga, T. H., Bindelle, J., Agneesens, R., Buldgen, A., Wathelet, B., & Paquot, M. (2011). Ripening influences banana and plantain peels composition and energy content. Tropical animal health and production, 43(1), 171-177.

EPA, US Environmental Protection Agency. (2010), [Defining Life Cycle Assessment \(LCA\)](#)

EPA, US Environmental Protection Agency. (2012), Annual Report.

EPA, US Environmental Protection Agency. (2013), ["Terms of Environment: Glossary, Abbreviations and Acronyms \(Glossary F\)"](#).

EPA, US Environmental Protection Agency. (2016), Municipal Solid Waste (MSW) in the United States, 2014: Advancing Sustainable Materials Management, Facts Sheets. MSW Characterization Reports. Derived from: <http://epa.gov>.

EPA, US Environmental Protection Agency. (2016), Municipal Solid Waste (MSW) in the United States, 2014: Advancing Sustainable Materials Management, Facts and Figures.

MSW Characterization Reports.

EPA, US Environmental Protection Agency. (2016), Sustainable Management of Food Program. Food Waste Estimate and Program

EPA, US Environmental Protection Agency. (2017), Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2015.

Erik, L. (2009). Industrial Plastics: Theory and Applications. 5th Edition. 2009. Pages 94-105

Erwin T.H. Vink, Karl R. Rabago, David A. Glassner and Patrick R. Gruber., 2003, Applications of life cycle assessment to NatureWorks polylactide (PLA) production

European commission,.2011, Plastic waste: redesign and biodegradable.

Evocative Design. (2014, May 14). Mushroom Materials. Retrieved from <http://www.ecovatedesign.com>

F. Gironi & V. Piemonte (2011) Bioplastics and Petroleum-based Plastics:

FAO, (2014) Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture

FAO, F. (2011). Food and Agricultural Organization of the United Nations (2004). Statistical yearbook

FAO, UN Food and Agricultural Organisation. (2013), Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources. Derived from: <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>

FAO, UN Food and Agricultural Organisation. (2014), Technical Platform on the Measurement and Reduction of Food Loss and Waste. Derived from, <http://www.fao.org/platform-food-loss-waste/en/>

FAO, UN Food and Agricultural Organisation. (2015), Food wastage footprint & Climate Change. Derived from: <http://www.fao.org/3/a-bb144e.pdf>

FAO, UN Food and Agricultural Organisation. (2017), Progress towards the Sustainable Development Goals. Report of the Secretary-General, [E/2017/66](#)

Feeley, S. R., Wijnen, B., & Pearce, J. M. (2014). Evaluation of potential fair trade standards for an ethical 3-D printing filament. *Journal of Sustainable Development*, 7(5), 1.

Fernandez, J. G., & Ingber, D. E. (2013). Bioinspired chitinous material solutions for environmental sustainability and medicine. *Advanced Functional Materials*, 23(36), 4454-4466.

Fernandez, J. G., & Ingber, D. E. (2014). Manufacturing of Large-Scale Functional Objects Using Biodegradable Chitosan Bioplastic. *Macromolecular Materials and Engineering*, 299(8), 932-938.

Finnveden, G., Johansson, J., Lind, P., & Moberg, Å. (2005). Life cycle assessment of energy from solid waste—part 1: general methodology and results. *Journal of Cleaner Production*, 13(3), 213-229.

Frau, L., Marzeddu, A., Dini, E., Gracia, V., Gironella, X., Erioli, A., ... & Sánchez-Arcilla, A. (2016). Effects of Ultra-Porous 3D Printed Reefs on Wave Kinematics. *Journal of Coastal Research*, 75(sp1), 851-855.

Galanakis, C. M. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology*, 26(2), 68-87.

Genspace, Retrieved from, <https://www.genspace.org>

Gibson , I., D. W. Rosen, & B. Stucker. (2010). Additive Manufacturing Technologies - Rapid Prototyping. New York, NY, 10013: Springer Science+Business Media.

Gunders, D. (2012). Wasted: How America is losing up to 40 percent of its food from farm to fork to landfill. Natural Resources Defense Council, 26.

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste(pp. 1-38). Rome: FAO.

Hall, Lizzie, 2017, Banan Lab, Retrieved from,
<http://degreeshow.mmu.ac.uk/2017/ElizabethHall/>

Hebel, D. E., Wisniewska, M. H., & Heisel, F. (2014). Building from waste: recovered materials in architecture and construction. Birkhäuser.

Hermann, B. G. (2010). Opportunities for biomaterials: economic, environmental and policy aspects along their life cycle. Utrecht University.

Hopewell, J., Dvorak, R. & Kosior, E., 2009. Plastics recycling: challenges and opportunities

Irish, K.E., Norse, E.A., 1996. Scant emphasis on marine biodiversity. Conservation Biology 10, 680.

Jambeck, J. R. *et al.* Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* **347**, 768–771 (2015).

Jones, R., Haufe, P., Sells, E., Iravani, P., Olliver, V., Palmer, C., & Bowyer, A. (2011). RepRap—the replicating rapid prototyper. *Robotica*, 29(1), 177-191.

Jonkers, H. M., & Schlangen, E. (2008). Development of a bacteria-based self healing concrete. In Proc. int. FIB symposium (Vol. 1, pp. 425-430).

Jörissen, J., Prierer, C., & Bräutigam, K. R. (2015). Food waste generation at household level: results of a survey among employees of two European research centers in Italy and Germany. *Sustainability*, 7(3), 2695-2715.

Klarenbeek, E. Dros, M., (2017) AlgalLab, Retrieved from, <http://www.ericklarenbeek.com>

Klarenbeek, Eric , Retrieved from, <http://www.ericklarenbeek.com>

Klarenbeek, Eric, The Mycelium Project (2014), Veiled Lady and Mycelium Chair, Retrieved from <http://www.ericklarenbeek.com>

Krieg Dosier, Ginger, BioMASON, Retrieved from, <https://biomason.com>

KROWN Design, Retrieved from, <https://www.krown-design.com>

Kuldell, Natalie , (2015), Derived from: We can Use cells as tiny factories, and DNA as a programming language that can control living systems, Massachusetts Institute of Technology, BioBuilder Educational Foundation

Kurita, K. (2001). Controlled functionalization of the polysaccharide chitin. *Progress in polymer science*, 26(9), 1921-1971.

Lang, I. A., Galloway, T. S., Scarlett, A., Henley, W. E., Depledge, M., Wallace, R. B. & Melzer, D. 2008 Association of urinary bisphenol A concentration with medical disorders and laboratory abnormalities in adults. *J. Am. Med. Assoc.* 300, 1303 –1310.

Lee, Suzanne , BioCulture, Retrieved from, <http://biocouture.co.uk>

Lin, C. S. K., Pfaltzgraff, L. A., Herrero-Davila, L., Mubofu, E. B., Abderrahim, S., Clark, J. H., ... & Thankappan, S. (2013). Food waste as a valuable resource for the production of chemicals, materials and fuels. *Current situation and global perspective.*

Energy & Environmental Science, 6(2), 426-464.

Lindquist, S. (2003). Presentation at the Third Multidisciplinary Workshop: Self-assembly of Peptides. Proteins in Biology, Engineering and Medicine, Crete, Greece, 8(01).

Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The new world of 3D printing*. John Wiley & Sons.

M. Crank, M. Patel, F. Marscheider-Weidemann, J. Schleich, B.Hüsing, G. Angerer
Techno-Economic Feasibility of Large-Scale Production of Bio-Based Polymers in Europe., 2005

Mahmood, A. U., Greenman, J., & Scragg, A. H. (1998). Orange and potato peel extracts: Analysis and use as *Bacillus* substrates for the production of extracellular enzymes in continuous culture. *Enzyme and microbial technology*, 22(2), 130-137.

Martien van den Oever, Karin Molenveld, Maarten van der Zee, Harriëtte Bos, Bio-based and biodegradable plastics – Facts and Figures., 2017

Matias, E., & Rao, B. (2015, August). 3D printing: On its historical evolution and the implications for business. In *Management of Engineering and Technology (PICMET), 2015 Portland International Conference on* (pp. 551-558). IEEE.

McDonough, W., & Braungart, M. (2010). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North point press

Mitch Joachim. (2010), *The Future City makes no distinction between waste and supply*,
Rapid Re(f)use

Mogas-Soldevila, L., & Oxman, N. (2015). Water-based Engineering & Fabrication: Large-Scale Additive Manufacturing of Biomaterials. MRS Online Proceedings Library Archive, 1800.

Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: an overview.

mycoplast MOGU S.r.l, Retrieved from, <https://www.mogu.bio/>

Mycoworks, Retrieved from: <http://www.mycoworks.com>

Officina Corpuscoli, Retrieved from: <http://www.corpuscoli.com>

Ormond, R.F.G., Gage, J.D., Angel, M.V., 1997. Marine biodiversity: patterns and processes. Cambridge University Press, Cambridge.

Oxman, Neri, (2014-2015), Water-based Digital Fabrication Platform, Mediated Matter Group, MIT MediaLab, Retrieved from, <http://matter.media.mit.edu/environments/details/water-based-digital-fabrication-platform>

Oxman Neri , (2016), MIT Media Lab Assoc. Prof., Surface magazine

Patel Martin., 2003, Life-cycle Assessment of Bio-based Polymers and Natural Fiber Composites

Pauly, J. L. *et al. Cancer Epidem. Biomarkers Prev.* **7**, 419–428 (1998)

Pembient, Black Rhino Genome Project, Retrieved from, <https://experiment.com/projects/sequencing-the-black-rhinoceros-genome>

Pembient, Retrieved from, <https://www.pembient.com/>

Pham, D., & R. Gault. (1998). A Comparison of Rapid Prototyping Technologies. International Journal of Machine Tools & Manufacture Design, Research, and Application . Cardiff, United Kingdom.

Plazzotta, S., Manzocco, L., & Nicoli, M. C. (2017). Fruit and vegetable waste management and the challenge of fresh-cut salad. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 51-59.

Porpino, G., Parente, J., & Wansink, B. (2015). Food waste paradox: antecedents of food disposal in low income households. *International journal of consumer studies*, 39(6), 619-629.

Quested, T. E., Marsh, E., Stunell, D., & Parry, A. D. (2013). Spaghetti soup: The complex world of food waste behaviours. *Resources, Conservation and Recycling*, 79, 43-51.

Ramani Naryan,. 2003. Environmental Footprint/Profile of Biobased, Biodegradable Products

Ravindran, R., & Jaiswal, A. K. (2016). Exploitation of food industry waste for high-value products. *Trends in Biotechnology*, 34(1), 58-69.

Rios, Lorena M., Charles Moore, and Patrick R. Jones. "Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment." *Marine Pollution Bulletin* 54.8 (2007): 1230-1237.

Rosochowski, A., & Matuszak, A. (2000). Rapid tooling: the state of the art. *Journal of materials processing technology*, 106(1), 191-198.

Schachtschneider, Ali , Vivorium, 2016 Retrieved from
<http://www.alischachtschneider.com/vivorium.htm>

Singh, S., Ramakrishna, S., & Singh, R. (2017). Material issues in additive manufacturing: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, 25, 185-200.

Snelgrove, P.V.R., 1999. Getting to the bottom of marine biodiversity: sedimentary habitats. *BioScience* 49, 129–138.

Soldevilaa, L. M., Royoa, J. D., & Oxmana, N. (2015). Form follows flow: a material-driven computational workflow for digital fabrication of large-scale hierarchically structured objects. In *Proceedings of the 35th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA 15)* (pp. 1-7).

Stamets, P. (2005). *Mycelium running: how mushrooms can help save the world*. Random House Digital, Inc.

Strengths and Weaknesses, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 33:21, 1949-195

Swan, S. H. 2008 Environmental phthalate exposure in relation to reproductive outcomes and other health endpoints in humans. *Environ. Res.* 108, 177 –184.

Swan, S. H. et al. 2005 Decrease in anogenital distance among male infants with prenatal phthalate exposure. *Environ. Health Perspect.* 113, 1056–1061.

Tabone, M.D., Cregg, J.J., Beckman, E.J. & Landis, A.E., 2010, *Sustainability Metrics: Life Cycle Assessment and Green Design in Polymers*

Tajik, H., Moradi, M., Rohani, S. M. R., Erfani, A. M., & Jalali, F. S. S. (2008). Preparation of chitosan from brine shrimp (*Artemia urmiana*) cyst shells and effects of different chemical processing sequences on the physicochemical and functional properties of the product. *Molecules*, 13(6), 1263-1274.

Talsness, C. E., Andrade, A. J. M., Kuriyama, S. N., Taylor, J. A. & vom Saal, F. S. 2009 Components of plastic: experimental studies in animals and relevance for human health. *Phil. Trans. R. Soc. B* 364, 2079–2096.

Terreform One, Genspace, Gen2Seat, Retrieved from: http://www.terreform.org/projects_habitat_gen2seat.html

Terreform One, Mycoform, Retrieved from: http://www.terreform.org/projects_mycoform_surface.html

Tickel, C., 1997. The value of biodiversity. In: Ormond, R.F.G., Gage, J.D., Angel, M.V. (Eds.), *Marine Biodiversity: Patterns and Processes*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. xiii–xxii.

Tokiwa, Y. Biodegradation of polycarbonates. In *Miscellaneous Biopolymers and Biodegradation of Polymers*; Matsumura, S., Steinbuchel, A., Eds.; WILEH-VCH Verlag GmbH: Weinheim, Germany, 2002; Volume 9, pp. 417-422.

Tokiwa, Y.; Ando, T.; Suzuki T. Degradation of polycaprolactone by a fungus. *J. Ferm. Technol.* 1976, 54, 603-608

Travaglini, S., Dharan, C., & Ross, P. G. (2014). Mycology matrix sandwich composites flexural characterization. In *Proceedings of the American Society for Composites* (pp. 8-10).

Travaglini, S., Noble, J., Ross, P. G., & Dharan, C. K. H. (2013, May). Mycology matrix composites. In *Proceedings of the American Society for Composites–28th Technical Conference, State College, PA, Sept. Sept* (Vol. 9, No. 11, pp. 1-20).

Trofe, Danielle , Retrieved from, <http://danielletrofe.com>

Tuck, C. O., Pérez, E., Horváth, I. T., Sheldon, R. A., & Poliakoff, M. (2012). Valorization of biomass: deriving more value from waste. *Science*, 337(6095), 695-699.

UN, (2008), *World Population Prospects: The 2008 Revision*

Van der-Wal, H., Huerta, E., Torres, A. Estrategia integral de producción, generación de ingresos y conservación de la biodiversidad en huertos familiares en Tabasco. *SERNAPAM*, Mexico (2011).

Van Dyk, J. S., Gama, R., Morrison, D., Swart, S., & Pletschke, B. I. (2013). Food processing waste: Problems, current management and prospects for utilisation of the lignocellulose component through enzyme synergistic degradation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 521-531.

Wachirasiri, P., Julakarangka, S., & Wanlapa, S. (2009). The effects of banana peel preparations on the properties of banana peel dietary fibre concentrate. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 31(6).

West, J., & Kuk, G. (2014). Proprietary benefits from open communities: How MakerBot leveraged Thingiverse in 3D printing.

Willis, A.J. (1997). *Forum. Functional Ecology. The Ecosystem: An Evolving Concept Viewed Historically* . 11(2), 268–271
with NatureWorks® Biopolymer, 2008

Wohlers, T. (2012). Stereolithography—A historical perspective. *Virtual and Physical Prototyping*, 7(3), 179-179.

WRAP 2009 Biopolymer packaging in UK grocery market, p. 4. Banbury, UK: WRAP

Wrap information sheet, 2008, Biopolymer packing in the UK grocery market Impacts.

WRAP, Waste & Resources Action Programme. (2015), WRAP and the circular economy.

Derived from: <http://www.wrap.org.uk/content/wrap-and-circular-economy>

Yutaka Tokiwa, Buenaventurada P. Calabia, Charles U. Ugwu and Seiichi Aiba,
Biodegradability of

ג65דוח שנתי. סביבתיות וכלכליות, אבדן מזון השלכות חברתיות. 2015ה "התשע. ח. מבקר המדינה"דו

חן הרצוג, נדב כספי, אפרת גולד. הדוח הלאומי 2015. אובדן מזון והצלת מזון בישראל- היבטים כלכליים,

זיו האפט BDO חברתיים, סביבתיים. לקט ישראל

מישורי ד., (2008) הד חינוך, מסע אקו-פילוסופי



תופעת העלמות הדבורים
ומציאת פתרון ביולוגי טבעי
למיגור אקרית הוורואה
Varroa Destructor

מגישים :

ירון פיינגרס 040078032

ענבל אילון 022437784

רונית אוורבוך 057752909

מנחים :

פרופ' אבי פרבולוצקי

עידית מלמד-חבין

קורס פרויקטים בחקר הסביבה-תשע"ח

בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר

מרץ- 2018

רשימת קיצורים 339

340 תודות

341 תקציר

342 מטרת המחקר

342 תרומת המחקר

342 השערת המחקר

343 סקירת ספרות

343 תופעת היעלמות הדבורים
346 אקרית ההורואה *Varroa destructor*
359 התגוננות דבורת הדבש מפני אקרית הורואה
361 התנהגות הדבורים - איסוף וייצור הפרופוליס
374 החומר הפעיל ADH3 בפרופוליס
376 התנאים הסביבתיים בישראל והקשר ביניהם לאיכות הפרופוליס בכוורות דבורת הדבש

378 מטרת המחקר

378 שאלות המחקר

378 השערת המחקר

379 שיטות מחקר

379 ניסוי 1
380 ניסוי 2
381 ניסוי 3

387 מסקנות ודיון

388 ביבליוגרפיה

רשימת קיצורים

CCD - Colony collapse Disorder

ADH3 - Acyl dihydroflavonols-3

Varroa - Varroa Destructor Parasite

תודות

תודה מיוחדת לעידית מלמד-חבין שהאירה את תחילת הדרך והובילה אותנו לשאול שאלות לחקור ולהציג את העבודה על נושא מרתק וחשוב זה.

תודות לפרופ' אבי פרבולוצקי ולצוות הקורס שארגן וליקט מגוון רחב של נושאים ומרצים וייצר מקום להתהוות הקבוצה שלנו והוביל אותנו לנושא מחקר הדבורים.

תודות לפרופ' מארלה ספיבק מאוניברסיטת מיניסוטה שסייעה לנו עם הידע והמחקרים שלה ושל הצוות באוניברסיטת מיניסוטה בנושא הדבורים.

תקציר

עבודה זו מתמקדת בדבורת הדבש, אחת מהחוליות החשובות בשרשרת המזון ומאירה את הצורך להירתם לפתרון בעיית העלמות הדבורים המסכנת את עתיד החקלאות בעולם. חשיבותן הרבה של הדבורים עבור האנושות וחשיבותן המכרעת בתפקיד האבקה הובילו לריבוי מחקרים המנסים לשפר את מעמדו ועמידותו של מין זה.

תופעת העלמות הדבורים וקריסת כוורות בעולם הידועה כ (Colony Collapse Disorder CCD) גדלה משנה לשנה ומקורה מסיבות רבות, כאשר אחת הסיבות לכך היא אקרית הוורואה. במחקר זה אנו שואפים להציג את בעיית העלמות הדבורים ואת הצורך ההכרחי לטפל בבעיה חמורה זו. נציג את אקרית הוורואה, את השפעתה והאיום שהיא מהווה על קיום הדבורים, את תפקידו החשוב של שרף צמחים והפרופוליס להגנה מפני מחלות ומזיקים ואת האפשרויות לשיטת טיפול אקולוגית במיגור הטפיל.

שאלות המחקר והשערותינו יבדקו את אחד המרכיבים הפעילים בפרופוליס כנגד אקרית הוורואה, אשר סברנו כי יכול להיות יעיל כנגד הוורואה. מחקרנו יבדוק שילוב של מגוון צמחים בעלי ריכוז ADH3

גבוה כחומר הגנה יעיל נגד מספר פתוגנים. ננסה לאפיין צמחים שיוכלו לספק שרף בעל ריכוז גבוה של ADH3, בתנאי סביבה שיאפשרו לדבורים בישראל ליצר פרופוליס איכותי ואפקטיבי במטרה לשפר את בריאות הכוורת.

מטרות המחקר

מחקרנו בא לבחון השפעת מיני צמחייה שונים על ההרכב הכימי של הפרופוליס המיוצר על ידי דבורת הדבש *Apis mellifera* ככלי לשיפור בריאותן של מושבות דבורת הדבש.

המחקר יתמקד בחיפוש צמחייה באקלים ים תיכוני שתגדיל את ריכוז ה-ADH3 3-Acyl dihydroflavonols ויבדוק את יעילותו כנגד האקרית *Varroa destructor* הפוגעת במושבות דבורים ונחשבת לאחד הגורמים לתופעת ה-Colony Collapse Disorder CCD שנמצאה כגורם המשמעותי להתדלדלות מתמשכת באוכלוסיית הדבורים בעולם.

תרומת המחקר

אוכלוסיית דבורת הדבש חשופה לפגיעות מצד גורמים שונים: טפילים, חומרי הדברה, וירוסים ותת-תזונה. מחקר זה בא לבדוק כיצד ניתן להשפיע לטובה על המערכת החיסונית ו/או להחליש השפעתם של פתוגנים הפוגעים במושבות של דבורת הדבש, במטרה לאפשר למושבות לשרוד בפני אתגרים בריאותיים אלו (Simone-Finstrom et al., 2017).

כמו כן, המחקר בוחן שינויים אפשריים במארג הצומח בסביבות גידול של מושבות דבורת הדבש באקלים ים תיכוני, באופן שיאפשר להן בריאות מיטבית ושרידות לארוך זמן.

השערות המחקר

בדרכה הטבעית במשך אלפי שנים פיתחה דבורת הדבש התייעלות היגיינית מפני מחלות ומזיקים. מחקרים מראים שאיסוף שרף ויצור הפרופוליס, האנטיביוטיקה של הכוורת, מייעל את התגוננות הכוורת בפני אקרית הוורואה (Simone-Finstrom et al, 2009).

תרכובת הפרופוליס מיוצרת משרף שמקורו ממגוון צמחים המעורבב יחד עם הפרשות מהדבורים. ההרכב המגוון של תרכובת הפרופוליס עדיין נחקר באזורים שונים בעולם. מחקרנו שואף לחקור את תרכובת הפרופוליס במטרה לגלות ולאפשר לדבורת הדבש מקורות שרף איכותיים לייצור פרופוליס יעיל בפני אקרית הוורואה.

על סמך האמור אנו משערים שצמחים הגדלים בסביבתנו בעלי הרכב החומר ADH3 יסייעו להתמודדות עם אקרית הוורואה וכתוצאה מכך יסייעו לטפל בעיית העלמות הדבורים.

סקירת ספרות

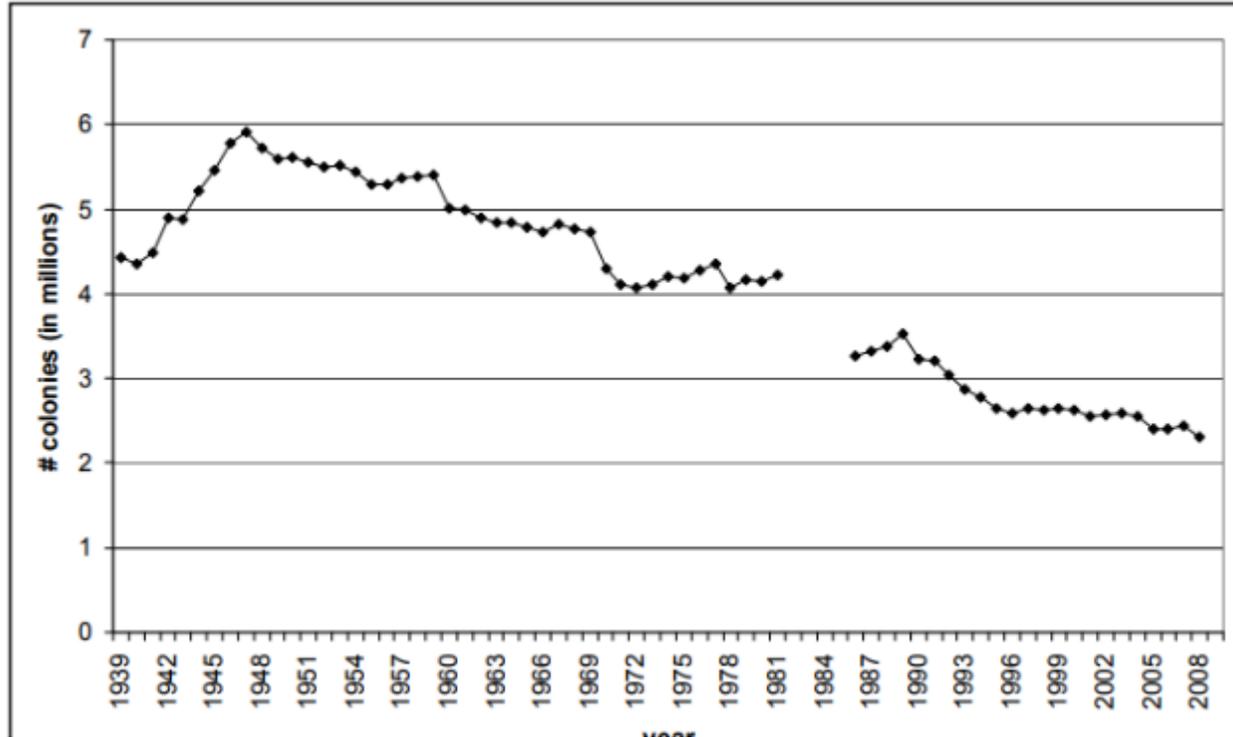
תופעת היעלמות הדבורים

דבורת הדבש המערבית *Apis mellifera* (איור 1), הנה המין החשוב ביותר המתפקד כמאביק בחקלאות. כ 39 מתוך 57 הגידולים החקלאיים העיקריים למזון מצריכים האבקה לצורכי התרבות והפצה משתמשים בשירותי דבורת הדבש כמאביקה (שירותי האבקה). תפקידה של דבורת הדבש בשרשרת אספקת המזון של המין האנושי מכריע (Williams et al., 2010).



איור 1 - דבורת הדבש המערבית - מקור: National Geographic

מאז אמצע המאה ה 20 נרשמה ירידה גדולה ומתמדת באוכלוסיית דבורת הדבש ותופעה שבה מושבות שלמות של דבורים מתות או נוטשות את הכוורת ונעלמות (Williams et al., 2010). תופעה זו זכתה לשם (Colony Collpase Disorder CCD), שם כללי לשלל תופעות המתארות את היעלמות דבורת הדבש. מדידות סטטיסטיות שנערכו בארה"ב מאז תחילת המאה ה- 20 בקרב כוורות דבש מנוהלות (מגדלי דבורים) מצאו שמספר הכוורות המנוהלות הגיע לשיא של כ 6 מליון בשנת 1947 ומאז נמצא בירידה מתמדת (איור 2).

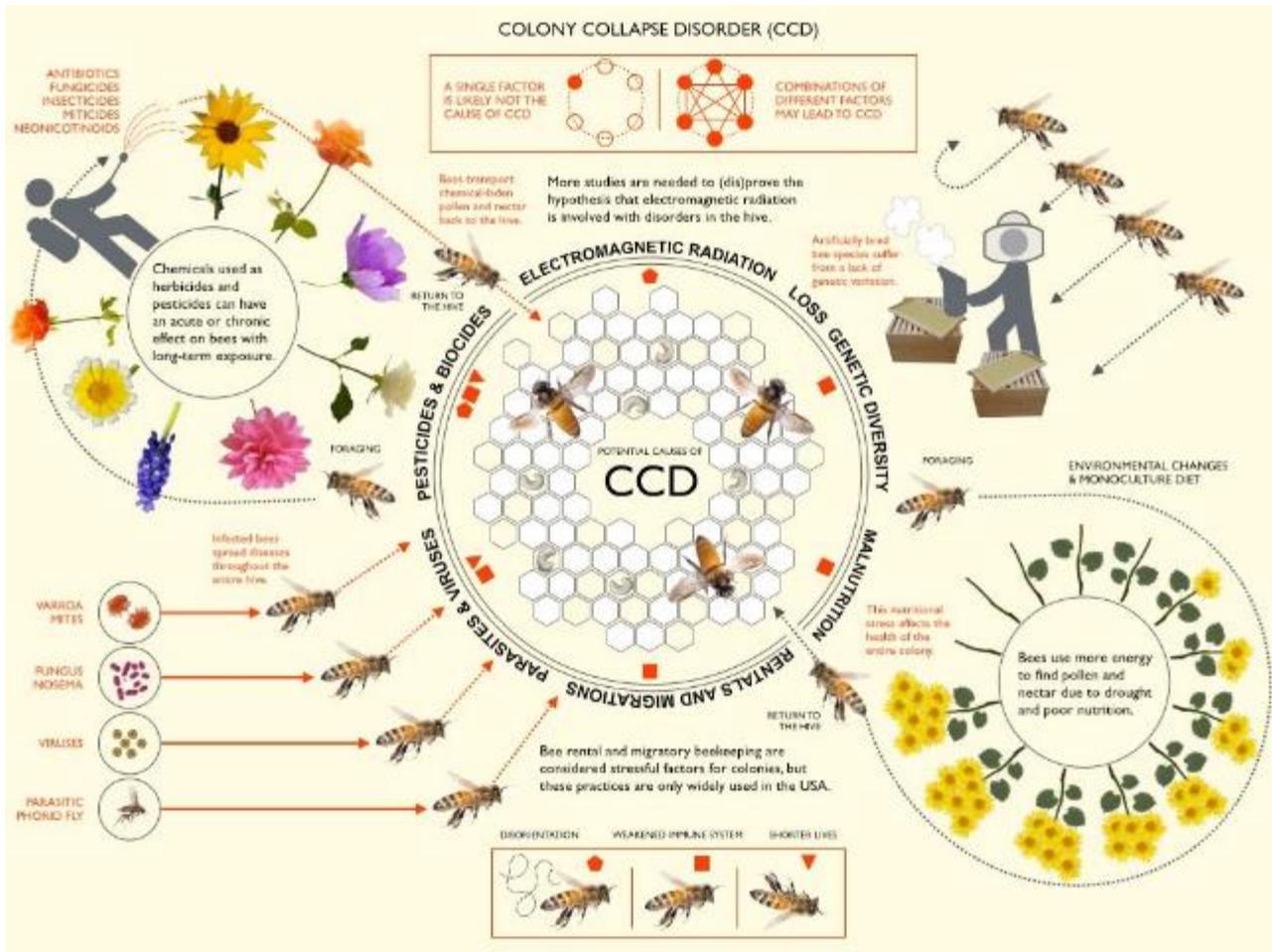


איור 2 - מספר מושבות דבורת דבש יצרניות בארה"ב (NASS 2009), הנתונים בשנים 1982-1985 חסרים. לצורך הנתונים בגרף זה:
 1. נאספו נתונים מיצרני דבש בעלי 5 כוורות או יותר. 2. כוורות שמייצרות דבש ביותר ממדינה אחת נספרו בכל אחת מהמדינות.
 בסה"כ מספר הכוורות המנוהלות בארה"ב ירד מאז שנות ה 40 במאה ה 20 מכ 6 מיליון (שיא) לכ 2.5 מיליון

להסבר תופעת ה CCD נחקרו גורמים רבים ונמצאו מספר סיבות המתארות את התופעה. אחת הסיבות העיקריות הנה טפילים ווירוסים שונים כגון ה *Varroa Destructor Parasite* (אקרית הוורואה)

(Guzman-Novoa et al., 2010) ווירוס ה *Nosema* (Paxton et al., 2010), הגורמים להחלשת המערכת החיסונית של דבורת הדבש.

גורמי עקה נוספים שנמצאו כבעלי קשר לתופעת ה CCD הם ריסוס בחומרי הדברה, (Frazier et al., 2008) הנדסה גנטית (Latham et al., 2008) ואף גורמים כגון השפעות קרינה אלקטרומגנטית ממכשירים סלולריים (Kumar et al., 2011). תרשים 3 מדגים בצורה סכמתית את הגורמים הללו.



איור 3 - גורמים שונים לתופעת ה CCD מקור - The Ohio State University Pressbook

קישור : <https://osu.pb.unizin.org/sciencebites/chapter/the-mysterious-case-of-colony-collapse-disorder/>

לאור חשיבותה המכרעת של דבורת הדבש כמאבקה ראשית בשרשרת, נערכו מחקרים רבים בניסיון להסביר ולמצוא דרכי טיפול יעילות להקטנת היקף תופעת ה CCD. בעבודה זו נתמקד בהשפעתה של אקרית הוורואה על בריאותן של כוורות דבורים ונציע שיטת התמודדות אקולוגית כנגד הטפיל.

אקרית הוורואה *Varroa destructor*

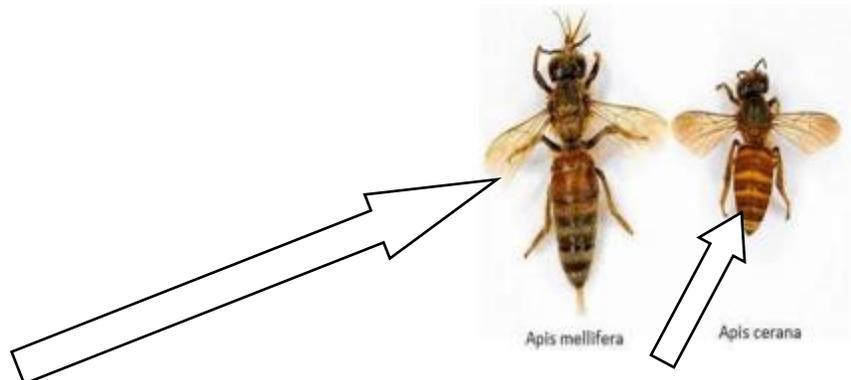
אקרית הוורואה *Varroa destructor* (איור 4) הנה אקטופרזיט המתקיים על צדו החיצוני של הפונדקאי, של דבורת הדבש מהסוג *Apis* ומהווה את אחד הגורמים העיקריים לתופעת התמוטטות המושבה של הדבורים בארץ ובעולם (Rosenkranz et al., 2010).

אקרית הוורואה מהמין (*V. destructor* (איור 4) תוארה לראשונה כאקטופרזיט של דבורת הדבש האסייתית *Apis cerana* באינדונזיה, (Oudemans, 1904). בסוג *Varroa* יש ארבעה מינים: *Varroa jacobsoni*, *Varroa destructor*, *Varroa eindereri*, כאשר המין *V. destructor* הינו המקור למחלה "Varroosis" התוקפת את הדבורים ואחראי להפצה של וירוסים נוספים (Anderson and Trueman, 2000, Rosenkranz et al., 2010, Warritt et al., 2006).



איור 4 אקרית הוורואה דבורת הדבש *A. mellifera* מוטפלת באקרית הוורואה *V. destructor* <https://www.facebook.com/UFHoneyBeeLab>

מקור הוורואה במזרח אסיה, שם היא טפילה מקורית של דבורת הדבש האסייתית (איור 5) *Apis cerana* (Mortiz 1985, Peng et al., 1987)

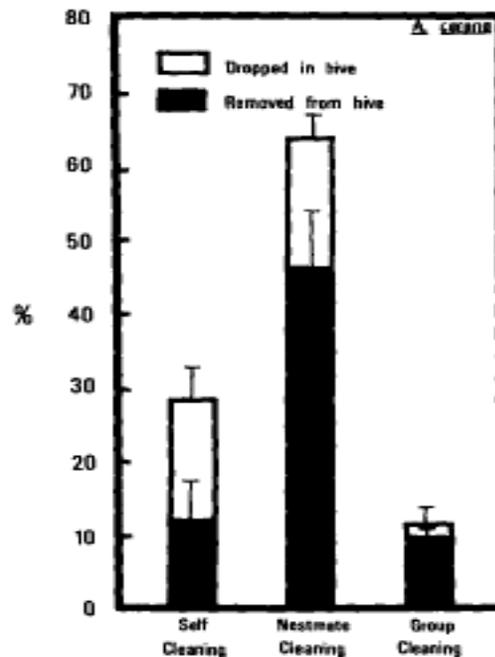


איור 5 - דבורת הדבש האסייתית *Apis cerana* הקטנה ודבורת הדבש האירופאית *Apis mellifera* הגדולה (מקור: bugguide.net)

דבורת הדבש האסייתית והוורואה מקיימים יחסי טפיל-פונדקאי יציבים לכן הוורואה אינה מהווה סכנת קיום עבורה יחסים אלו קשורים לעילות הניקוי בהן משתמשות הדבורים האסייתיות. יעילות זו מתבטאת בהצלחת

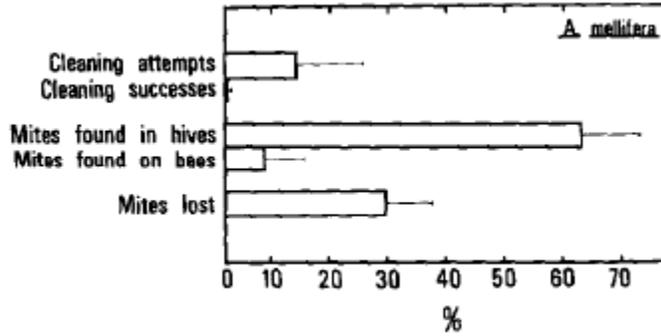
הדבורים לסלק כ 95% מהטפילים שנמצאים הן על גופן והן בתאי הרבייה, בהשוואה לדבורת הדבש האירופאית. בניסוי שערכו לבדיקת יעילות הניקוי של הוורואה על ידי דבורת הדבש האסייתית בהשוואה לדבורת הדבש האירופאית נמצאו הבדלים ניכרים באופן ההתנהגות בין שתי הקבוצות ובין סוגי התנהגות הניקוי של הדבורים. בניסוי זה חלקו את הדבורים לשלוש קבוצות התנהגות ניקוי: עצמי, חברתי וקבוצתי ומצאו שניקוי חברתי הוא היעיל ביותר עבור דבורת הדבש האסייתית. (איור 6,7).

(Peng et al., 1987, Mortiz, 1985)



איור 6 - יעילות עבודת הניקוי של דבורת הדבש האסייתית בהרחקת אקרית הוורואה מגוף הדבורה ומהכוורת הן כפרט בודד והן בעבודה קבוצתית. ציר ה Y אחוז אקריות הוורואה שהורחקו או הופלו מהכוורת ב 15 הדקות הראשונות של הניסוי, ציר ה X קבוצות הטיפול השונות של הדבורים. הפרמטרים שנבדקו אחוז האקריות שנורקו בתוך הכוורת למטה (עמודה לבנה) ואחוז האקריות שהורחקו מהכוורת (עמודה שחורה). דבורת הדבש האסייתית נבדקה בשלושה סוגי התנהגות ניקוי: ניקוי אישי (self Cleaning), ניקוי חברים (Nestmate Cleaning) וניקוי קבוצתי (Group Cleaning), נתן לראות שיעילות הניקוי של הדבורה באופן עצמאי הצליחה ב 20% מהמקרים למצוא את האקרית ולסלק אותה מהגוף בעוד שהדבורים החברות (קבוצה של עד 6 דבורים יחד) הייתה הקבוצה עם היעילות הגבוה ביותר, כ 46% מהאקריות נמצאו והורחקו מהדבורה הנגועה. קבוצת מנקות מ 6 דבורים ויותר יעילות הניקוי נמצאה כנמוכה ביותר, רק 10.5% מהאקריות נמצאו והורחקו (Peng et al., 1987)

יעילות עבודת הניקוי של דבורת הדבש האירופאית



איור 7 יעילות עבודת הניקוי של דבורת הדבש האירופאית *A. mellifera* ציר ה Y קבוצות המדגם, החוקרים השוו בין מספר פרמטרים שונים הקשורים להדבקה באקרית הוורואה ציר ה X מייצג %. 70% אקריות נמצאו בכורת 10% על הדבורים ו 30% נעלמו ולא נמצאו כלל הם כנראה הסתתרו על הדבורים (Peng et al., 1987)

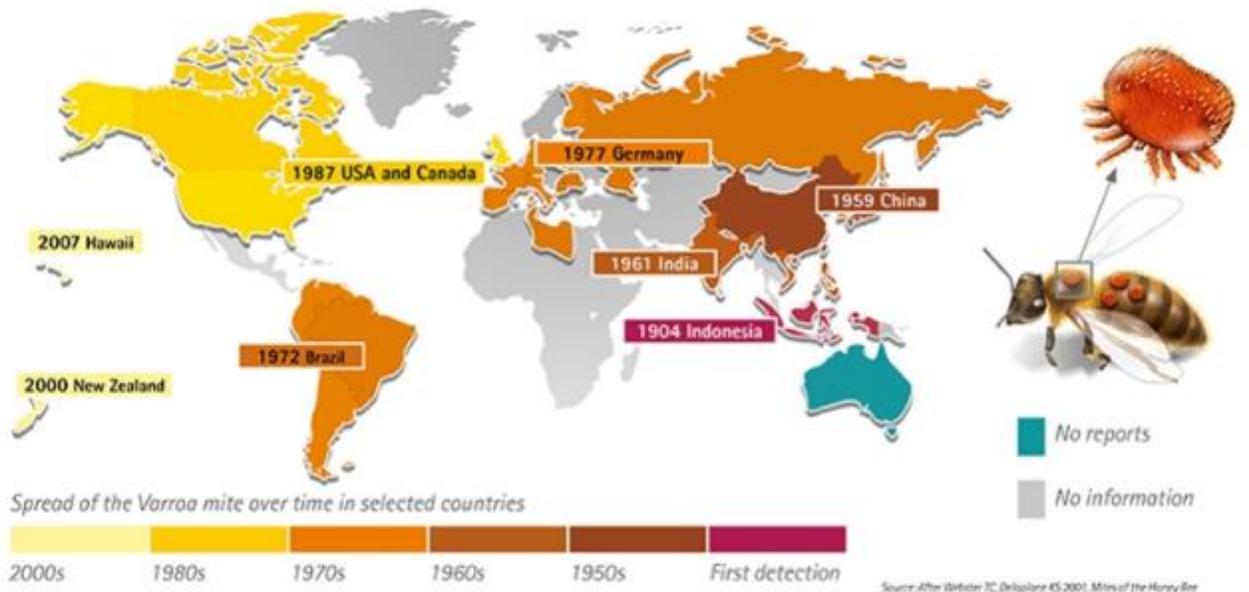
בנוסף Peng ועמיתיו הראו שדבורת הדבש האסייתית בעלת תכונות התנהגותיות נוספות המאפשרות שיווי משקל אדפטיבי עם אקרית הוורואה. במחקר שנעשה על ידם הם הראו כי דבורת הדבש האסייתית בעלת איבר חושי המצוי באנטנות המשמש עבורה בפעולת סריקת הגוף למציאת גופים זרים, פעולה הדומה להברשה. כאשר אקרית הוורואה מתיישבת על גוף הדבורה ומנקבת חור ברקמת העור למציצת ההמולימפה ממנו היא ניזונה (זהו חומר נוזלי הנמצא בגוף הדבורה וממנו ניזונה האקרית מעושר בסוכר ותפקידו העברת מזון למוח ולשאר אזורי הגוף, בנוסף הרחקת פסולת ופינוי CO₂) הדבורה חשה רעד בגופה המסמן על הימצאות גוף זר על גופה. רעידה זו גורמת לדבורה לנסות ולהתנער מהאקרית אך אם אינה מצליחה היא מבצעת ריקוד ומעוררת את תגובתן של הדבורים בכורת לבוא לעזרתה. הן סורקות את גוף הדבורה בעזרת המחושים עד אשר מוצאות את האקרית, הן תוקפות וגורמות לפגיעה בוורואה בעזרת המנדיבולות (הצבטות) החזקות וכתוצאה מכך לרוב האקרית נופלת ומתה. התנהגות זו של דבורת הדבש האסייתית מאפשרת לשמור על שווי משקל בין מספר פרטי אקרית הוורואה שתוקפת את הדבורה ולכן הפגיעה של אקרית הוורואה בדבורת הדבש האסייתית אינה גורמת לתמותת הדבורים והיעלמותן כמו הפגיעה בדבורת הדבש האירופאית (Peng et al, 1987).

התפשטות אקרית הוורואה *V. destructor* בעולם

לראשונה זוהתה אקרית הוורואה ב 1904 באינדונזיה שבמזרח אסיה ומשם הוורואה התפשטה בעולם ככול הנראה בעקבות העברת כוורות או מלכות דבורים נגועות בוורואה לאזור מזרח רוסיה מהאזורים הנגועים בסין והודו באמצע המאה הקודמת. בשנות השמונים של המאה הקודמת ההפצה בכל אירופה הייתה קצרה ומהירה. יבשת אמריקה וקנדה, הוטפלו בוורואה ככול הנראה גם כתוצאה מהעברה של דבורים מאירופה (2010 Rosenkranz et al.,). כיום הוורואה נמצאת כמעט בכל העולם מלבד אוסטרליה וצפון סקנדינביה (Dahle, 2015) (איור 8). נמצא כי יחסי טפיל פונדקאי בדבורת הדבש *A. mellifera* אינם בשיווי משקל בשונה מדבורת הדבש האסייתית. מכאן שכוורות של דבורת הדבש *A. mellifera* המודבקות בוורואה מוחלשות ועלולות להגיע למצב של מוות תוך כשלוש שנים במידה ולא טופלו (Zachary Huang, 2012). בשנת 1984 הוורואה הגיעה לראשונה לישראל ותקפה את דבורת הבר הסורית ובהמשך את הכוורות המסחריות. מאז מהווה הוורואה את אחד הגורמים העיקריים להיעלמות הדבורים וקריסת הכוורת גם בישראל (משרד החקלאות ופיתוח הכפר שירות ההדרכה והמקצוע <http://shaham.moag.gov.il>).

בעקבות הירידה בכמות הדבורים במהלך השנים האחרונות בעולם קיימת הסברה שאקרית הוורואה אחראית לתופעת התמוטטות והעלמותן של הדבורים (Stokstad, 2007).

מפת התפשטות אקרית הוורואה בעולם לפי השנים (מקור המידע מדיווחים).



איור 8 : מפת התפשטות אקרית הוורואה *Varroa destructor* על דבורת הדבש *Apis mellifera* בעולם לאורך השנים. הצבעים במפה מתארים את התפשטות אקרית הוורואה מאז תחילת המאה ה-20 בעולם, הצבע האדום תחילת המאה וככול שמתקדמים בשנים הצבע הולך ונהיה בהיר עד לצהוב סוף המאה ה-20. הצבע הכחול מציין את העובדה שאזור זה אינו נגוע באקרית הוורואה, ביבשת אוסטרליה

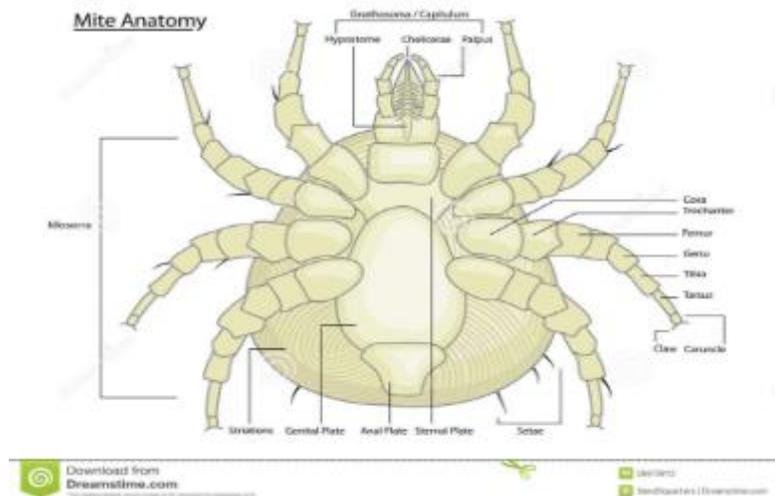
צבע אפור אזור שאין דיווחים (מערב אפריקה). בתחילת המאה- 20 אקרית הוורואה נמצאה במזרח אסיה ומשם התפשטה לכוון דרום אסיה, דרך סין והודו מאמצע המאה הקודמת אקרית הוורואה התפשטה לכיוון אירופה, יבשת אמריקה הצפונית, קנדה ולדרום אמריקה, ישראל הודבקה ב 1984. הנתונים מבוססים על פי דיווחים מכל מדינה, כיום אפשר לראות שאוסטרליה היבשת היחידה שאינה מוטפלת הוורואה, משנות ה 2000 סבורים שגם במדבר סהרה קיימת הדבקה של אקרית הוורואה.

מקור התמונה www.magazine.bayer.com/img/Varroa-Milbe/

מחזור החיים של אקרית הוורואה

מחזור החיים של אקרית הוורואה מחולק לשני שלבים, השלב הראשון: השיחור -פורטי (Phoretic) השלב החופשי. השלב השני: שלב הרבייה המתבצע בתוך תא זחל הדבורה.

שלב הפורטי השלב החופשי: בשלב זה הוורואה נישאת על גבי הדבורה ומופצת אל מחוץ לכוורת בין הדבורים או שהיא מסתובבת חופשיה בכוורת בחיפוש אחר תא זחל רגע לפני חתימתו בשעווה (Kuenene and Calderone, 1997). אקרית הוורואה נצמדת לדבורה ומוצצת את ההמולימפה שלה המשמש עבורה מזון (1982 Tewartson and Engels). השלב הפורטי אורך כ 5-11 יום, בהתאם למצב בקיעת זחלי הדבורים בכוורת. הוורואה מסוגלת להתקיים בשלב הפורטי עד 6 חודשים ללא רבייה, תופעה זו נפוצה באזורים קרים היכן שהדבורים אינן מתרבות בעונה הקרה. בשלב החופשי הוורואה עוברת בין הדבורים ומדביקה אותן (Zachary Huang, 2012). השלב הפורטי מאופיין בהתמצאות והעדפת הפונדקאית האופטימלית שתאפשר לוורואה להתרבות. במחקרים שנערכו בהעדפת הפונדקאית (Kraus, 1993) נמצא שיש לוורואה יכולת לזהות את גיל הדבורה ותפקידה בכוורת בעזרת סמנים כימים.



איור 9 : אקרית הוורואה מבנה אנטומי מבנה סכמטי של אברי הגוף. ניתן לראות את הכליצרות בחלק הקדמי של הראש. ואת הרגלים עם הטפרים אתם האקרית נאחזת בשערות הדבורה.

איור 9 ב: מבנה הכליצרה, איבר הנמצא בקדמת גוף האקרית בעזרתו היא מנקבת ברקמה הדקה של דבורת הדבש דרכה היא מוצצת את ההמולימפה (ממנו היא ניזונה), הנוזל התוך גופי של הדבורה.



בתום השלב הפורטי עוברת אקרית הוורואה לשלב השני במחזור החיים **שלב הרבייה** המתקיים בתוך תא זחל הדבורה רגע לפני חתימתו בשעווה ומתוזמן היטב עם שלבי התפתחות זחל הדבורה (איור 10). הוורואה המייסדת פולשת לתא הזחל ומתמקמת על עיסת המזון עליו ממוקם הזחל. הזחל מכלה את מזונו לאחר כ-5 שעות ומתחיל לטוות קורים לשלב הגולם. בשלב זה הוורואה המייסדת נצמדת לזחל באמצעות גפי הפה ומתחילה למצוץ את ההמולימפה שלו, המשמש עבורה ועבור הצאצאים בהמשך כמזון (Rosenkranz et al., 2009). לאחר כ-70 שעות הוורואה מטילה את הביצה הראשונה, ממנה יבקע פרט זכרי האחראי על הפריית הנקבות אשר יבקעו מהביצים הבאות (Zachary Huang, 2012). הטלת הביצים הבאות נעשית בהפרשים של כל 30 שעות לערך (Rehm and Ritter, 1989).

מרגע הטלת הביצה הוורואה מתפתחת בארבעה שלבים (Ifantidis, 1983) (איור 11) :

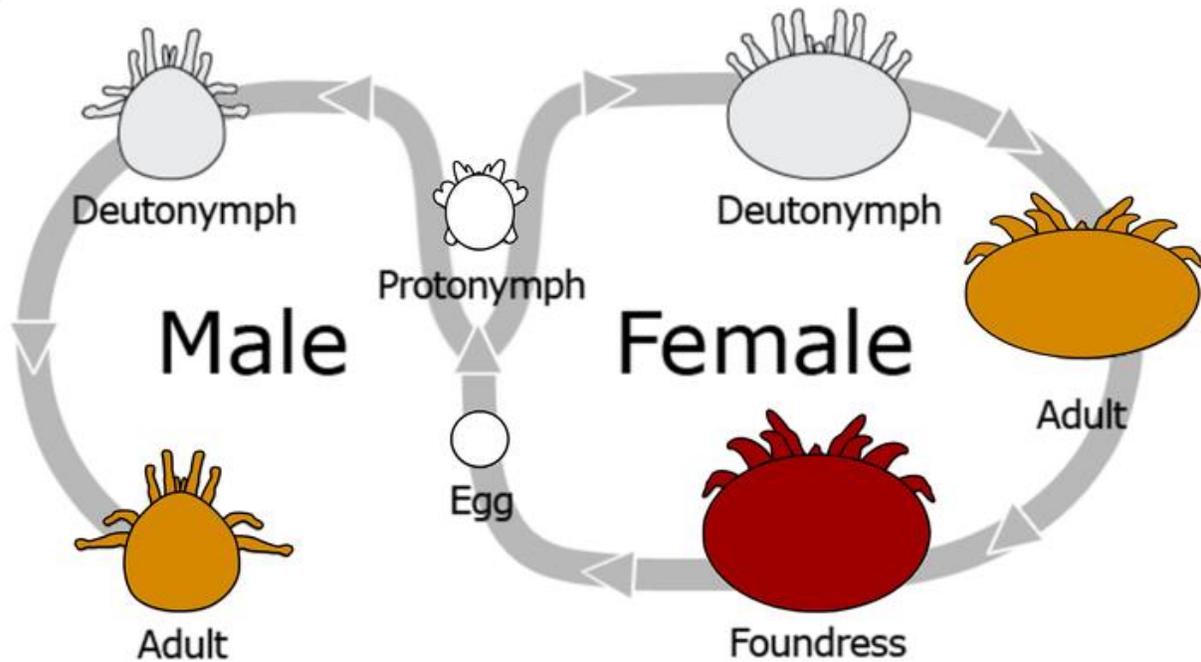
1-ביצה, 2-נימפה ראשונה-שלב זה מכונה פרוטונימפה, משלב זה הביצה הראשונה שבוקעת הנה נימפה זכר, והביצים הבאות הן נימפות נקביות. 3-בשלב הנימפה השנייה-שלב הדאוטונימפה, הנקבה גדולה יותר ביחס לזכר באותו השלב, צבע הנימפה חלבי עבור שני המינים. 4.שלב הבוגר, הנקבה גדולה יותר מהזכר, כפי שניתן לראות באיור 4, שני המינים צבעם חום. הנקבה המייסדת האם צבעה אדום בעלת צורה אליפטית אורכה 1.77-1 מ"מ ורוחבה 1.99-5 מ"מ (Peng et al., 1987), גודל האקרית והמבנה הקטן והפחוס מותאם למיקום היצמדות

האקרית לדבורת הדבש. גוף האקרית בנוי מקטיקולה (מעטפת לא תאית מעל שכבת האפידרמיס (העור), הבנויה מחלבונים ותפקידה להוות שכבת הגנה קשיחה לגוף בעל החיים) קשיחה שמקשה על הדבורים לתקוף ולהרוג אותה (איור 9, מבנה גוף האקרית).



www.research.bayer.com

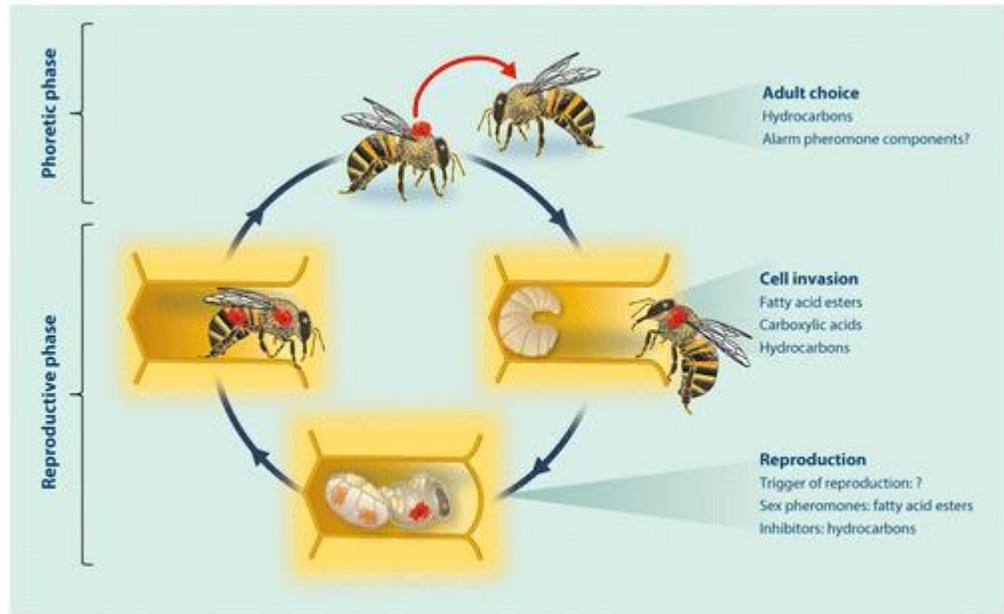
איור 10: רביית הוורואה בתא זחל דבורת הדבש, מתוזמן היטב עם שלבי התפתחות הזחל. תחילה הדבורה מטילה ביצה ממנה יבקע זחל הדבורה, הוורואה הנמצאת על גבי הדבורה מזהה תא הטלה רגע לפני חתימתו בדונג נכנסת פנימה ומתמקמת בתא. כאשר הזחל מתחיל לטוות את קורי הגולם הוורואה נצמדת לזחל ומנקבת חור משם היא ניזונה. מטילה את הביצים וכאשר הזחל משלים את התפתחותו לפרט דבורה בוגר גם הוורואות משלימות את התפתחותן ומגיחות על גבי הדבורה מהתא ועוברות לשלב הפרטי- החופשי.



alisonmcafeeblogs.wordpress.com

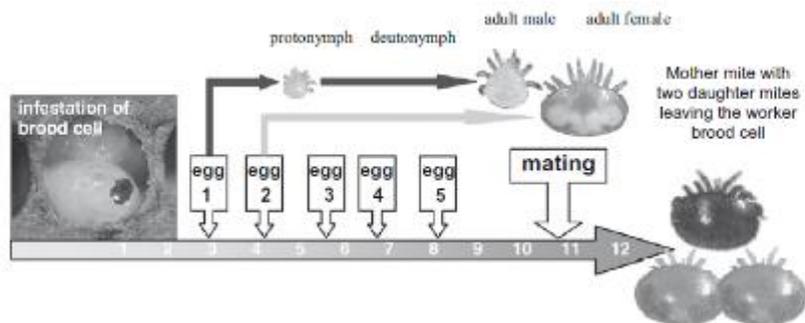
איור 11. שלבי ההתפתחות של אקרית הוורואה בתוך תא זחל הדבורה: תחילה האם המייסדת (Foundress) בעלת צבע אדום חום, מטילה ביצה (Egg) מהביצה תחילה בוקעת – נימפה ראשונה פרוטונימפה (Protonymph) לאחר השלב הראשון הנימפה עוברת התנשלות לשלב הבא – דוטינונימפה (Deutonymph), הביצה הראשונה הנה הזכר הוא קטן יחסית לנקבה וצבעו לבן אפור, מהביצים הבאות בוקעות הנקבות צבען אפור הן גדולות יותר מהזכר – בשלב הבא הפרט הבוגר (Adult), הנקבה גדולה יותר יחסית לזכר וצבעה חום. בהגיען לשלב הבוגר, הזכר מפרה את הנקבות והנקבות המזווגות מגיחות מהתא יחד עם הדבורה הבוגרת צבע האקרית הופך לאדום והיא עוברת לשלב הפרטי- החופשי.

הדבורים העמלות הבוגרות מגיחות מהתא לאחר 11 יום, והדבורים הזכריים מגיחים לאחר 14 יום ואתם עוזבות נקבות הוורואה המזווגות יחד עם האם המייסדת (איור 11). נקבת הוורואה מגיעה לבגרות מינית לאחר 6 ימים, ומיד עם הגיען לשלב הבגרות הן מופרות על ידי הזכר (Mortiz, 1985) (איור 13). מרבית הנימפות לא מספיקות להתפתח ולהגיע לבגרות והן מתות בתא זמן קצר לאחר שהדבורה הבוגרת מגיחה מהתא מרעב ומהתייבשות. זו הסיבה שלא מוצאים זכרים ונימפות בכוורת (Zachary Huang, 2012) איור 12.



AR Nazzi F, Le Conte Y. 2016. Annu. Rev. Entomol. 61:417–32

איור 12. דבורה בוגרת מוטפלת בוורואה מטפלת בתא זחל, הוורואה חודרת לתא עוברת לשלב הרבייה מתרבה ומגיחה על גבי הדבורה החוצה ועוברת לשלב הפרטי.



איור 13: מחזור הרבייה של אקרית הוורואה *V. destructor*, בתוך תא רבייה של דבורת הדבש העמלה על פי הרצף הרבייתי של אקרית הוורואה הצעירה המתזמן היטב עם התפתחות זחל הדבורה. אקרית הוורואה נכנסת לתא הזחל לפני שנחתם בשעווה ו 60 שעות לאחר מכן הנקבה המייסדת מטילה ביצה ראשונה ולאחר מכן האינטרוולים של 30 שעות לערך מטילה עוד ביצים. ביום השלישי בוקעת הביצה הראשונה ואחר מכן שאר הביצים, ביום ה 11 הזכר מפרה את הנקבות הבוגרות וביום ה 12 הם מגיחים החוצה על גבי הדבורה (Rosenkranz et al., 2010).



איור 14. אקרית וורואה צמודות לזחל הדבורה בשלב הגולם בתוך תא הרבייה לפני בקיעת הפרט הבוגר של הדבורה.

מקור <http://cookevillebeekeepers.com>

דרכי ההפצה של הוורואה

ההפצה של אקרית הוורואה בין הכוורות תלויה בדבורה הפונדקאית. ההפצה יכולה להיות בין הדבורים באותה הכוורת ובין דבורים מכוורות שונות. במחקרים שנעשו נמצא שמועד ההפצה תלוי גם בעונות השנה: הפצה נמוכה באביב וגבוה בקיץ עד הסתיו כאשר הדבורים העמלות יוצאות לשחר אחרי צוף ואבקנים וכך הן מפיצות את הוורואה בשטחים נרחבים מחוץ לכוורת (Sakofski et al., 1990, Rosenkranz, 2010). ההפצה יכולה להתרחש במספר דרכים:

1. **שוד** - כוורת הנגועה בוורואה נחלשת ובשל כך קשה לה להגן על עצמה. היא עלולה לעבור השתלטות על ידי כוורת בריאה וחזקה (תופעה המכונה שוד כוורות). בזמן שהכוורת נשדדת על ידי דבורים מכוורת אחרת כ- 35% מהאקריות עוברות לכוורת השודדת או על גבי הדבורים השודדות או על גבי הדבורים הנשדדות

שמצטרפות לכוורת החזקה השודדת. שוד כוורות לרוב מתרחש בסוף הקיץ כאשר הפריחה מסתיימת ואין כמעט צוף (Kralj and Fuchs, 2006).

2. **בעיות בניווט לכוורת**: אחת התופעות הנפוצות בקרב דבורים נגועות בוורואה היא ירידה בכושר הניווט ככל הנראה בעקבות הדבקה בוירוס אותו מעבירה אקרית הוורואה. הדבורים הפגועות נשארות באזורים פתוחים ודבורים אחרות שיבואו במגע ידבקו באקרית הוורואה, (Kralj and Fuchs., 2006).

3. **התנחלות**: תופעה המתרחשת כאשר אקרית הוורואה מתמקמת בכוורת האם ומסתובבת חופשיה בכוורת חלקן של האקריות נמצאות על גבי הדבורים הבוגרות וחלקן בתוך התאים החתומים, ובכך הן מפיצות עצמן בתוך הכוורת (Wilde et al., 2005).

פגיעת אקרית הוורואה בדבורים

אקרית הוורואה פוגעת בדבורת הדבש הן ברמת הפרט והן ברמת המושבה. פגיעה ברמת הפרט מתרחשת כאשר הוורואה נטפלת לזחלים במהלך ההתפתחות בתא, הטפלות זו בשלב ראשוני של ההתפתחות, גורם לפגיעה גופנית ופיזיולוגית הבאים לידי ביטוי בשלבים הבוגרים של הדבורה. השלכות פגיעה זו גורמת לדבורים לאבד ממשקל גופן, ולקיצור תוחלת החיים של הדבורה. כתוצאה מכך הסיכויים להגיע לשלב בגרות הרבייה קטנה

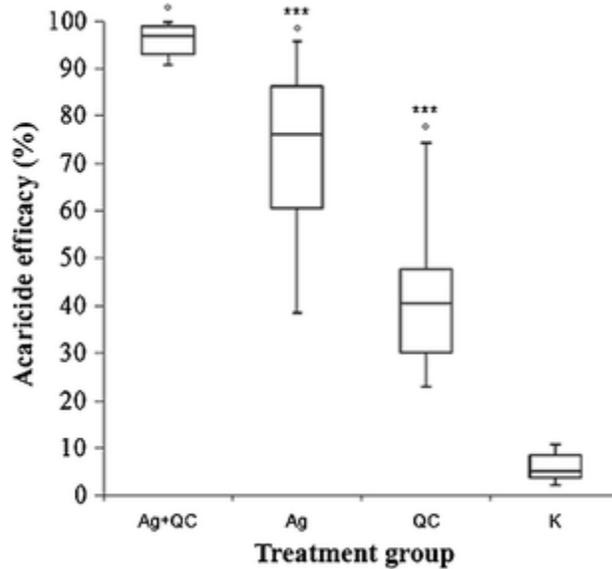
(Kraij et al., 2007). פגיעה ברמת המושבה מתבטאת בכמות הנחילים העוזבים את הכוורת על מנת להקים מושבה חדשה, ובמספר מועט של דבורים בכוורת אשר גורמת לתוצרי כוורת מועטים.

הוורואה ידועה כווקטור להפצת וירוסים בין הדבורים ובין הכוורות לדוגמה: (KBV) Kashmir bee virus ווירוס קשמיר, (ABPV) Acute bee paralysis virus, (SBV) Sacbrood virus, וירוס משתק אקוטי, (IAPV) Israel acute paralysis virus וירוס משתק ישראלי, (DWF) Deformed wing virus וירוס שגורם לעיוות בכנפיים והמחלה העיקרית מכונה (Boecking and Genersch, 2008), Varroosis, ווירוסים אלו פוגעים בדבורים וגורמים במרבית המקרים למותם, (Boecking and Genersch, 2008).

הסברה הרווחת כיום היא שתופעת התמוטטות הכוורת היא תוצאה של הדבקות הדבורים בוירוסים שונים המעוברים על ידי אקרית הוורואה וגורמים להתפתחות וירוסים נוספים חדשים ואף אלימים יותר כגורם עיקרי (Rosenkranz, 2012) בשילוב עם שאר הגורמים שסקרנו בעבודה זו והם: שימוש בחומרי הדברה בגידולים החקלאיים שינויים במגוון הצמחים Monoculture גידולים אחידים, חוסר מגוון של צמחים, התפתחות והתפשטות האדם על שטחים.

הדברת אקרית הוורואה

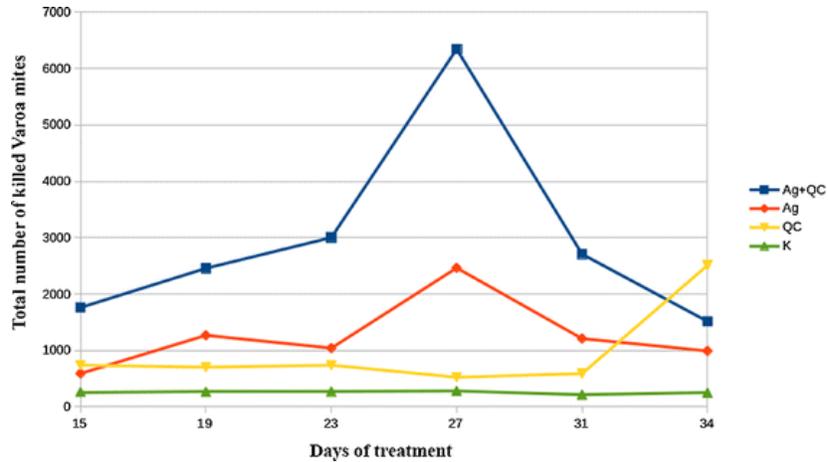
במהלך השנים מאז הודבקו הדבורים באקרית הוורואה נעשה שימוש בחומרי הדברה מסוגים שונים. מאחר שאין טיפול בכוורת דבורים המוכח בעל יעילות גובהה נגד אקרית הוורואה קיימת סכנה שדבורים נגועות ידביקו כוורות נוספות ויגרמו להיעלמותן ותמותתן. לשם כך בעולם ובארץ נוסו מספר תכשירי הדברה סינתטיים כמו פלוולינט, קומפוס ואימיטראז. חומרים אלו יעילים ברמה של 95% הצלחה אך לאחר כ 5 שנים הוורואה מפתחת עמידות והם אינם יעילים עוד. בנוסף לכך שימוש בחומרים סינתטיים עלול לפגוע בבריאות הדבורה ולהשאיר שאריות רעילות בתוצרי הכוורת (משרד החקלאות), לכן שימוש בחומרים טבעיים וידידותיים מומלצים, כמו חומצה פורמית המיוצרת על ידי נמלים ומשמשת להגנה וסימון הדרך. הריח שהחומצה משאירה גורמת לאקרית הוורואה לעזוב את הכוורת. חומר טבעי נוסף שניתן להשתמש בו כנגד אקרית הוורואה הוא חומצה אוקסלית הנמצאת בריכוז גבוה בחמצים Oxalis ומכאן מקור שמה. שימוש בחומצה אוקסלית עוזר להוריד את רמת הוורואה בכוורת באזורים עם טמפרטורה נמוכה (Charriere and Imdorf, 2002) לרוב השימוש נעשה על ידי החדרת מקלות או בדים הטבולים בחומצה לכוורת ואפקט נידוף הריח גורם לפגיעה בוורואה. בארץ משרד החקלאות ממליץ לעשות שימוש בחומרים השונים לפי חודשי השנה בהתאם למצב אוכלוסיית הדבורים בכוורת בעונות השונות: ינואר: אפיגרד המכיל טימול גיל, מאי: MAQS חומצה פורמית בעלת יעילות של 40%, אוגוסט: אפיגרד ביעילות של 70%, נובמבר: טיפול בחומצה אוקסלית כאשר אין וולדים בכוורת (סיכום מפגש עם רנדי אוליבר בישראל 2011, משרד החקלאות המחלקה לדבורים). החשש מהמצאות שאריות של חומרי הדברה בדבש או פגיעה בדבורים משפיע על בחירת דרך הטיפול ולכן בחירת הטיפול היעילה ביותר חשובה מאוד (משרד החקלאות). הדברה בחומר זה בכל הכוורות ימנע מהוורואה לפתח עמידות לחומרי ההדברה (משרד החקלאות ופיתוח הכפר שירות ההדרכה והמקצוע האגף לבעלי חיים, המחלקה לדבורים סיון תשס"ט, יוני 2009). מאחר ואקרית הוורואה ידועה ביכולת הסתגלות ועמידות לחומרים כימיים (Ritter, 1988, and Roth). נערכו מחקרים שבדקו את עמידות הוורואה לחומצות שונות ונמצא כי שימוש בחומצה פורמית, חומצה אקסלית חומצת חלב וטימול (חומר הממוצה מצמח הקורנית ומכיל ריכוז גבוה של חומרים אנטי ספטים אנטי בקטריליות ואנטי פטריות המשמש חומר חיטוי) בעלי סיכויים נמוכים להימצאות שאריות מהם במוצרי הדבורים בנוסף האקריות אינן מצליחות לפתח עמידות אליהם (Rosenkranz et al., 2010). שימוש בחומצה פורמית, מאפשר פגיעה באקרית גם בתוך תא הוולד (Fries, 1991) ושימוש בטימול אינו יעיל על האקריות בשלב הרבייתי בתוך תא הוולד (Rosenkranz et al, 2010). במחקר שבדק את יעילות השימוש בתכשיר הטבעי "אפיגארד" Apigard הממוצה משמן הקורנית ומשמש כחומר חיטוי, החומר מגיע כגיל המוכנס לכוורת הדבורים ובעזרת עבודת הפועלות אשר מזיזות את הגיל במהלך הניקיון הן מפזרות את החומר בכוורת, הגיל נדבק לדבורה על הגוף והחומר משתחרר בנדוף. נמצא שיעילות החומר טובה בטמפרטורה גבוהה מ 15 מעלות (www.vita-europe.com). המחקר בדק את יעילות האפיגרד בשילוב עם טכניקת לכידת מלכות בכוורת על מנת לעצור את הטלת הביצים, ומצא כי יעילות תמותת האקריות הייתה גבוהה כאשר שילבו טיפול באפיגארד ובטכניקת לכידת המלכות 96.8% הצלחה בפגיעה באקרית בהשוואה לטיפול באפיגארד בלבד 76.1%, ובטיפול של לכידת מלכות בלבד הפגיעה באקרית הייתה 40.6%, בקבוצת הביקורת K רק 5.2% מהאקריות נפגעו (Giacmell et al, 2016) (איור 15).



איור 15 : באיור זה ניתן לראות את תוצאות הניסוי של יעילות הטיפול בכורת נגועה בוורואה בשימוש באפיגארד וטכניקת לכידת מלכות. ציר ה X קבוצות הטיפול : Ag-QC (אפיגארד+מלכות, Ag (אפיגארד), QC (מלכות), K ביקורת. ציר ה Y אחוז יעילות פגיעה באקרית.) (Giacmell et al., 2016).

קבוצת הטיפול אפיגארד+לכידת מלכות הראה אחוזי הצלחה מובהקים ($P < 0.001$), ובטיפול אפיגארד לבד ולכידת מלכות לבד לא היה הבדל סטטיסטי בין אחוזי ההצלחה ($P = 0.072$), מחקר זה הראה ששילוב של אפיגארד שהינו חומר טבעי עם טכניקת לכידת מלכות מאפשר שמירה על כמות סבירה של אקריות בכורת מבלי לפגוע בדבורים ובמוצריהם (Giacmell et al., 2016).

באיור 16 ניתן לראות את כמות תמותת האקריות לאורך ימי הניסוי, כתלות בצורת הטיפול שנקטו. ככול שמתקדמים בימים מספר האקריות המתות הולך וגדל כאשר שיא התמותה עבור הטיפול Ag-Cg מגיע לאחר 27 ימים יותר מ 6000 אקריות מתות, ובטיפול ב Ag בלבד התמותה המירבית גם ביום ה 27 כ 2500 אקריות מתות. בעוד שבטיפול ב Qc ניתן לראות כי הכמות המרבית מגיעה רק לאחר 34 ימי טיפול. ובטיפול הביקורת, מספר האקריות המתות נשאר קבוע לאורך כל ימי הניסוי. הניסוי הוכיח שטיפול משולב של Ag+Qc יגרום לתמותה המירבית של אקרית הוורואה.



איור 16: דינמיקת פגיעה באקרית הוורואה לאורך ימי הטיפול. ציר ה X ימי הטיפול ציר ה Y מספר האקריות המתות. 4 טיפולים AP+QC צבע כחול AG צבע כתום QC צבע צהוב K ביקורת. קבוצת הטיפול המשולבת של AG+QC מקבלים את מספר האקריות המתות המיירבי מעל 6000 אקריות ביום ה 27 של הניסוי (Giacmell. et al., 2016).

לכן חיפוש אחר חומרים טבעיים שאינם פוגעים בדבורים ואינם רעלים או נשאים במוצרי הדבורים חשוב על מנת לשמור על אוכלוסיית דבורים בריאה וחזקה ולמנוע את תופעת CCD- Colony Collapse Disorder הפרעת התמוטטות המושבה, הקשורה להמצאות אקרית הוורואה *Varroa destructor*.

התגוננות דבורת הדבש מפני אקרית הוורואה

דבורת הדבש ידועה כחרק חברתי החיה באוכלוסיות גדולות ומשתפת פעולה עם אוכלוסיית הדבורים למען איסוף מזון, רבייה והגנת הכוורת. דבורה יחידנית פועלת ומשקיעה למען כלל אוכלוסיית הכוורת כאשר במקביל חברי הכוורת מתנהגים ופועלים למען כל דבורה. אוכלוסיית דבורים יכולה להגיע ל-40 עד 50 אלף דבורים בכוורת ואף על פי הגודל, שיתוף הפעולה בין הדבורים למטרת הגנה מפני פולשים, עובד באופן יעיל ללא מנהל יחידני. הכוורת מתנהלת בעזרת העברת מסרים, חלוקת תפקידים ושיתוף פעולה בין הדבורים למלכה ובין הדבורים לבין עצמן (Simone-Finstrom et al., 2009). בזכות ההתנהגות החברתית, דבורת הדבש פיתחה דרך משלה להתמודד עם אקרית הוורואה על ידי שימור ההיגיינה בכוורת.

מחייה בקבוצה צפופה יכולה להגדיל את סיכוני ההדבקות במחלות ביתר קלות בכוורת, ובכך לעודד את תופעת ה-Colony Collapse Disorder וקריסת הכוורת. ההתנהגות השיתופית של דבורת הדבש היא חשובה במיוחד כאשר היא מוכוונת לפעולות הדבורים למען חיטוי וחיסון הכוורת. דבורת הדבש משתמשת בפרופוליס, המורכב מחומרים בעלי תכונות אנטי בקטריאליות, לשימור ההיגיינה בכוורת ועוזרת לדבורים להתמודד עם חיידקים, וירוסים ומזיקים (Cremer et al., 2007). במחקרים שונים נמצא כי תרכובת הפרופוליס מעודדת התחסנות קולקטיבית בכוורת ואכן מסייעת לדבורים להתמודד נגד אקרית הוורואה (Nicodemo et al., 2013).

תרכובת הפרופוליס



איור 17 : הפרופוליס בכוורת Source: Unbelievable Health

הפרופוליס, הנקרא גם "דבק הדבורים", הוא מושג כללי לתרכובת המורכבת בעיקר משרף צמחים בשילוב עם חומרים המופרשים מהדבורים (Burdock, 1998). מחקרים רבים הראו שתרכובת הפרופוליס מהווה חומר יעיל ליצירת מערכת חיסון לדבורים מפני פתוגניים ומזיקים. ניתן לומר שהפרופוליס הוא האנטיביוטיקה של

הדבורים בכוורת (Simone-Finstrom et al., 2017). תרכובת הפרופוליס המתאפיינת כחומר יעיל לסילוק רעלים ועידוד נוגדני חמצון עוזרת לחסן ולהאריך את חיי אוכלוסיית הדבורים וכמו כן להגן על התפתחות הדור הבא והישרדות הכוורת ככלל (Simone-Finstrom et al., 2009).

תערובת הפרופוליס משתנה בהרכביה ויכולה להגיע לעד כ- 300 חומרים שונים, הרכב התערובת תלוי בתכונות ומשאבי הצמחים שמהם אוספות הדבורים את השרף (Drescher et al., 2017). הרכבה הכללי מכיל 50% שרף צמחים, 30% שעוות דבורים, 10% שמנים ארומטיים, 5% אבקה שנאספה מצמחים ו-5% שאריות חומרים אורגניים שונים נוספים (Burdock, 1998). מקור תכונותיו והפעילות הביולוגית של הפרופוליס הוא ממבחר של תערובות מימיות של חומרים פולים וארומטיים בעלי תכונות חיסוניות הפועלים כמגנים אנטי-מיקרובים, אנטי-בקטריאליים ואנטי-ווירליים (Drescher et al., 2017).

ניתן למצוא את תרכובת הפרופוליס בגוונים שונים מצהוב בהיר, ירוק אדום ועד לחום כהה וזאת בהתאם לצבע השרף שמגיע לכוורת. המגוון הרחב של החומרים שמרכיבים את התרכובת, מקשה על סיווג מרכיבי הצמחייה שממנה נאסף השרף. באזורים גאוגרפיים שונים אף לא התאפשר לגלות את מקור סוגי השרף בתערובת תרכובות הפרופוליס (Wilson et al., 2013).

סוגי השרף עניין אותנו במחקר זה מאחר ואנו שואפים לזהות את הצמחים שיספקו שרף לתרכובת פרופוליס מיטבית כנגד טפיל הוורואה.

סוגי שרף לייצור הפרופוליס

השרף שנאסף על ידי הדבורים מגיע ממגוון רחב של צמחים. באזורי אקלים ממוזג, המאופיין בארבע עונות, נמצא כי הדבורים אוספות את השרף בעיקר מצמח הצפצפה (*Populous spp*). באזורים טרופיים נמצא כי השרף נאסף ממקורות של פרחי כלוזה (*Celosia spp*) ושיחי היביסקוס (Simone-Finstrom et al., 2012). במחקר שבדק 8 סוגי פרופוליס שונים (פרופוליס אדום, ירוק, וחום) מאזורים שונים בברזיל, הוסק שפרופוליס אדום מאזורים בצפון מזרח ברזיל הראה את הפוטנציאל הביולוגי הכי גבוה נגד בקטריה וכמו כן הכיל הכי הרבה מרכיבי נוגדני חמצון (Righi et al., 2013). במחקר אחר נצפה איסוף שרף בצבע אדום משיחי פרחים ותרכובת הפרופוליס שהכילה מרכיבים מצמח (*Dalbergia ecastophyllum (L) Taub. (Leguminosae)*) הראתה רמה אנטי בקטריאלית גבוהה (Daugusch, et al., 2007).

קשה לאמוד את הרכבו הכימי המורכב של הפרופוליס מאחר שהתרכובת תלויה במיקום גאוגרפי, מקור סוגי הירק והעונותיות של הצמחים שממנו נלקח השרף. צמח מקומי מדרום מזרח ברזיל *Baccarin* (*Asteraceae*), *DC dracunculifolia*, נחשב למקור בוטני חשוב עבור ייצור הפרופוליס הירוק. במחקר אחר העריכו את תכונותיו הביולוגיות של הפרופוליס נגד חומציות, מיקרובים, דלקתיות ומזיקים והסיקו שהמאפיינים העיקריים שמקנים את התכונות החיסוניות של תרכובת הפרופוליס הם פלבנוואידים, חומצות

פנוליות, פחמימנים וסוגי טרפנים שונים המצויים בשמנים ובשרפים של עצי מחט ועוד מגוון צמחים (2015), (Machado et al).

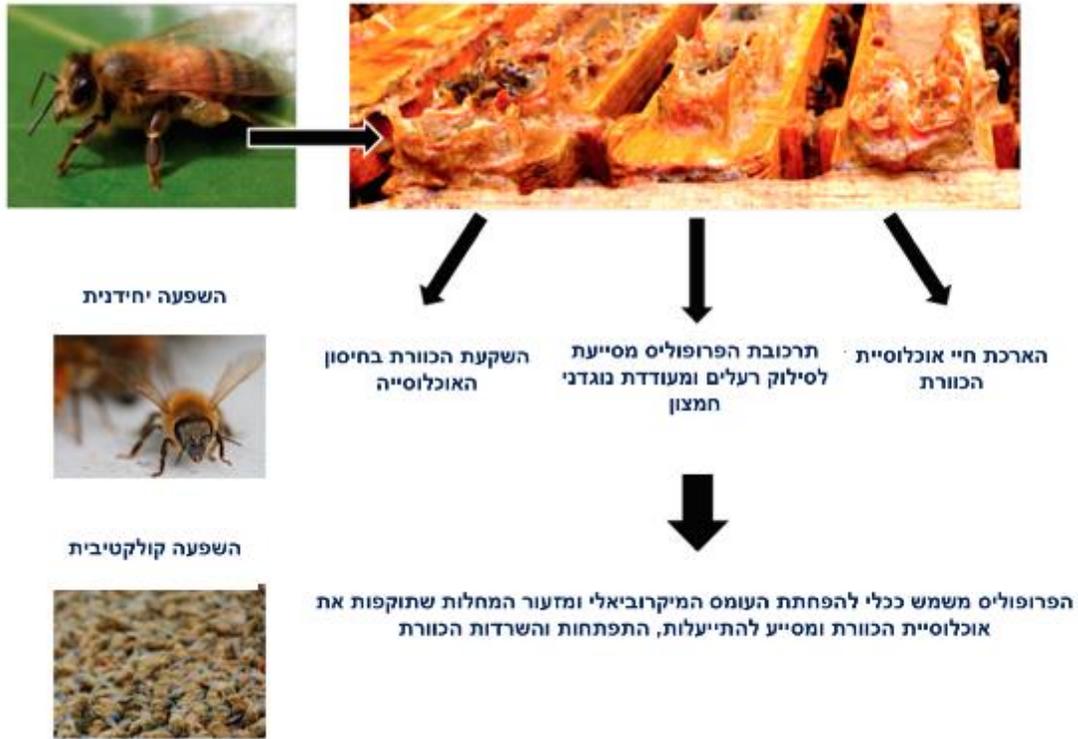
התנהגות הדבורים - איסוף וייצור הפרופוליס

העברת מסרים

הדבורים מתקשרות את הצורך באיסוף שרף כשהן חשות בסכנה בריאותית. מסרים מועברים בקרב הדבורים בעקבות כניסת מיקרובים, מזיקים, זרמי אויר או חזירת אור שמש המאיימים על בריאות הכוורת. דבורה יחידנית שמרגישה שיש צורך בהגנה אנטיביוטית בכוורת שולחת סימנים כמו ריקוד ורעידה על מנת לגייס את חברי הכוורת לצאת לאיסוף שרף. מאחר ופנים הקן חשוך ואטום מפני כניסת אור, האנטנות של הדבורים משמשות ככלי תקשורת להעברת הודעות ואינפורמציה. אספני ופועלי השרף נצפו מחדירים את האנטנות לתוך מרווחים במקומות שונים בארכיטקטורה של הקן בכדי לבדוק אם יש חוסר בפרופוליס ואם יש צורך בגיוס הבאת שרף נוסף על מנת להשלים את החסר (Simone-Finstrom et al., 2009).

מערכת חברתית לאיסוף השרף

הדבורים ממנות מספר קטן של אספניות שרף מאחר ואיסוף השרף דורש הרבה אנרגיה וזמן. אספניות השרף בוחרות באופן סלקטיבי את הצמחים ומביאות את השרף לכוורת. איור 18, המופיע מטה, מדגים את המערכת החברתית והתנהלות הדבורים בתהליך איסוף השרף. משמאל הדבורה היחידנית שיוצאת מהכוורת לאיסוף שרף מצמחייה, השרף שנאסף מגיע לכוורת, שם חברות הכוורת עוזרות לדבורה להוריד את השרף משקי האיסוף ומכינות את תרכובת הפרופוליס. הכוורת משקיעה בהכנת החומר האנטי בקטריאלי הרבה מאמץ על מנת לייצר הגנה חיסונית לכוורת (Simone-Finstrom et al., 2009).



איור 18 : מערכת חברתית ליצירת הפרופוליס בכוורת (Simone-Finstrom et al., 2009)

שימוש הדבורים בפרופוליס להגנה

הדבורים משתמשות בתרכובת האנטי בקטריאלית לדיפון הקן, לתיקון סדקים ולעטיפת פגרים כמנגנון לחיסון הכוורת. במחקרים רבים, כוורות בעולם הראו תוצאות חיוביות כנגד פתוגניים ומחלות כתוצאה מנוכחות הפרופוליס בכוורת (Cremer et al., 2007).

דיפון הקן

דיפון הקן בתרכובת הפרופוליס משמש עבור הדבורים כמעטפת אנטיביוטית שמגנה על אוכלוסיית הדבורים מפני רטיבות, ריקבון פטרייתי ובקטריה שעלולים להיווצר על דפנות הכוורת. כשאוכלוסיית דבורים מתמקמת בשטח עץ חלול היא מגייסת לעבודה את הדבורים לרפד את דפנות חלל הכוורת ואת הכניסה לכוורת בשכבת פרופוליס (Simone-Finstrom et al., 2017). מגע תמידי עם הריפוד האנטי-בקטריאלי עוזר לחסן ולהגן על הדבורים מפני מחלות ווירוסים. אוכלוסיות דבורים מצפות את קירות הכוורת בשכבת פרופוליס בעובי בין 0.3 עד ל-0.5 מילימטר ובאופן בלתי פוסק נצפה כי הדבורים הוסיפו עוד ועוד שכבות של תרכובת פרופוליס על גבי דפנות הכוורת. הוספת השכבות נועדה לחדש את טריות הריפוד האנטיביוטי בקן מעונה לעונה. בניסוי זה הסתבר שיצירת שכבות הפרופוליס והתמדת הדבורים לרפד את הכוורת בחומר האנטי בקטריאלי השפיעה באופן חיובי על רמת החסינות של אוכלוסיית הכוורת (Simone-Finstrom et al., 2009).

תיקון סדקים

השימוש בתרכובת הפרופוליס לתיקון סדקים בכוורת נועד למנוע כניסת רוחות ולאזן ולשמר טמפרטורה ולחות קבועה בכוורת. איזון הטמפרטורה ושימור הלחות עוזר להפחית את החשיפה למיקרואורגניזם שונים ומגן על הכוורת מפני בקטריה ווירוסים (Simone-Finstrom et al., 2009).

עטיפת פגרים

במטרה לשמור על היגיינת הכוורת משתמשות הדבורים ב"דבק הדבורים" לעטוף פגרים בכוורת. פגרים המצטברים כתוצאה מתמותת דבורים ומזיקים נעטפים על ידי הדבורים בתרכובת הפרופוליס ואז במידת היכולת מפונים לאזור מחוץ לכוורת. כשלא התאפשר להרחיק את הפגרים אל מחוץ לכוורת, חשפו הדבורים את הפגרים לקרני אולטרה סגולות במטרה להשמיד זיהומים. פעולות אלו נועדו אף הם לשימור ההיגיינה הקולקטיבית וחיסון הכוורת מפני חיידקים שעלולים היו להגיע מהפגרים לולא היו נעטפים בתרכובת הפרופוליס

(Cremer et al., 2007).

מניעת כניסת דבורים נגועות ומזיקים

פתח הכוורת מרופד ב"דבק הדבורים" כאמצעי למנוע ממזיקים לפלוש לכוורת. כמו כן כניסת דבורים נגועות, בדרכם חזרה לקן לאחר איסוף צוף, נעצרת באמצעות הצבת שומרים בפתח הכוורת. השומרים תוקפים או

דוחים פיזית את הדבורים הנגועות ו/או את המזיקים על מנת לשמור על היגיינה בכוורת. ריפוד פתח הכוורת בתרכובת הפרופוליס הדביקה, עוזרת לשומרי הפתח להקשות על כניסת מזיקים לכוורת (Cremer et al., 2007).

תהליך איסוף השרף

איסוף מהצמח

איסוף השרף מתואר בארבעה שלבים :

השלב הראשון - הוא איסוף שרף בעזרת הלסת.

השלב השני - העברת השרף לרגליים הקדמיות

השלב השלישי - העברת השרף מהרגליים הקדמיות לרגליים האמצעיות.

השלב הרביעי - העברת השרף מהרגליים האמצעיות לשקי האיסוף שברגליים האחוריות.

לאחר סיום סיבוב של ארבעת השלבים הדבורה מתעופפת לכמה שניות מסביב לצמח ואז נוחתת על הצמח שוב למלא את שקיה פעם נוספת. מילוי השקים לוקח בין חמש עשרה דקות לשעה תלוי במזג האוויר. תהליך זה נמשך עד ששני השקים מתמלאים ורק אז הדבורה חוזרת לכוורת (Simone-Finstrom et al., 2009).

הורדת השרף והכנת תרכובת הפרופוליס

אספנית השרף מגיעה עם שקי שרף מלאים אך אינה יכולה להוריד את השרף בעצמה, אלא נאלצת להסתמך על חבריה לכוורת. בהגיעה לכוורת היא נכנסת פנימה לאזור שבו נדרש פרופוליס לציפוי או תיקון, ושם פועלות הפרופוליס עוזרים לה להסיר את השרף משקי האיסוף. הדבורים בכוורת לועסות את חתיכות השרף שהוסר משקי האיסוף, השרף מתערבב עם אנזימי רוק, החומר הלעוס נפלט החוצה ואז הוא מעורבב שוב עם שעות דבורים. בתום תהליך הערבוב נוצרת תערובת הפרופוליס (Burdock, 1998). פועלות הפרופוליס מורחות את החומר החיסוני על דפנות הכוורת או לחלופין מעבירות את תרכובת הפרופוליס לאחסון. באיור מספר 19 נראית אספנית שרף על עץ עם שלל שרף (אדום) שאספה בשקי האיסוף. כשתגיע לכוורת תכנס פנימה למיקום הנחת הפרופוליס ושם פועלי הפרופוליס ישתמשו בשרף ליצירת תרכובת עבור ריפוד הכוורת (Simone-Finstrom et al., 2009).

איסוף השרף הוא תהליך שדורש אנרגיה רבה מדבורת הדבש בעיקר במצבים בהם מגוון הצמחים בקרבת הכוורת מוגבל כתוצאה מגידולים בשיטת מונו-קולטורה או כתוצאה ממדבריות צמחיה כתוצאה מהתחממות אזורית (Simone-Finstrom et al., 2009). חוסר במגוון צמחיה לליקוט שרף איכותי בקרבת הכוורת, עלול לאלץ

את הדבורים לצאת למרחקים גדולים יותר וליתר מאמץ דבר החושף את הכוורת ביתר קלות לפלישת אקרית הוורואה.



איור 19 אספנית שרף על עץ עם שלל שרף (אדום) שאספה בשקי האיסוף. כשתגיע לכוורת תכנס פנימה למיקום הנחת הפרופוליס ושם פועלי הפרופוליס ישתמשו בשרף ליצירת תרכובת עבור ריפוד הכוורת. האספנית חייבת לחכות עד שחבריה הדבורים יורידו את השרף מרגליה האחוריות (היכן שנמצאים שקי האיסוף) תהליך שיכול לארוך שעות (Simone-Finstrom et al., 2009).

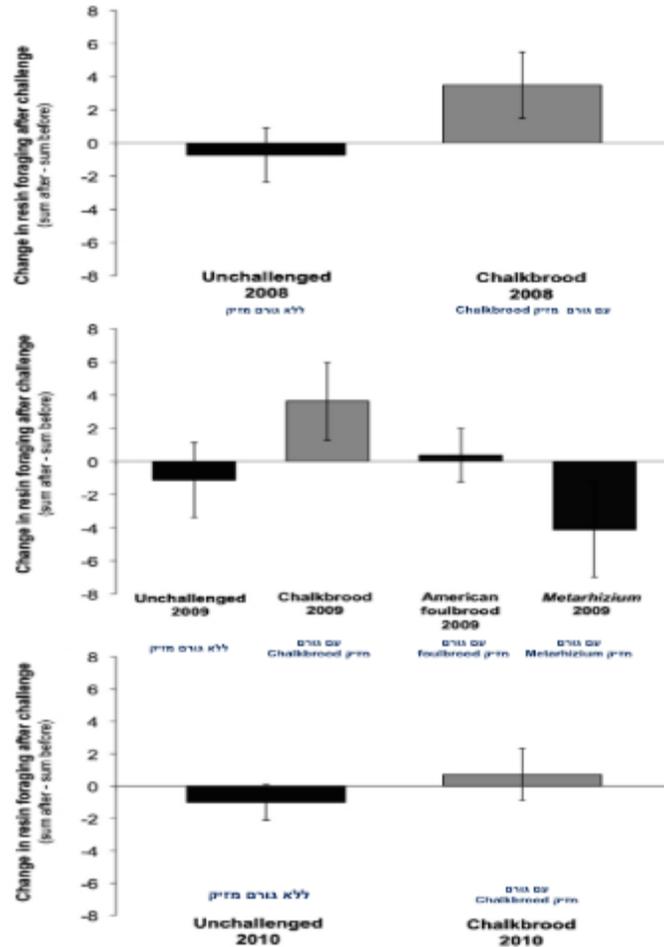
בחירת השרף

נגישות הדבורים לשרף ובחירה סלקטיבית של סוג הצמח מתווים את איכות הפרופוליס. במחקרו של וילסון למשל בחרו הדבורים בשני סוגי עצי צפצפה מזנים אמריקאים מסוג צפצפה משולשת וצפצפה באסלאמית (*Populus deltoides*, *P. balsamifera*) תוך כדי התעלמות מצמחים אחרים שגדלו בסמוך למרות שהצמחים האחרים יכלו להתאים לאספני השרף (Wilson et al., 2013). במחקר אחר, נצפו אספניות השרף ניגשות לצמחים שאותם בחנו הדבורים בעזרת השימוש באנטנות, המחקר הראה שהדבורים העדיפו דווקא את הצמח *Beccharis dracunculifolia* ממין נקבה כמקור לאיסוף שרף (Teixeira et al., 2005) מקור הצמחים הוא ערך חשוב להערכת טיב הפרופוליס כחומר הגנה בפני אקרית הוורואה. נושא בחירת הצמח לאיסוף השרף על ידי דבורת הדבש עדיין נחקר. מחקרנו מעוניין לבחון את סוגי צמחים עם הרכב ה-3HFV מאחר שאנו משערים שהרכב זה ימקסם את איכות הפרופוליס בכוורת.

השפעת כמות הפרופוליס

מחקרים מראים שכוורות שבהן נבנתה מעטפת פרופוליס איכותי, הראו דרגת חסינות אנטי בקטריאלית טובה שעזרה לכוורת להתגבר על קשיי הישרדות (Borba et al., 2015). גם מחקרם של פינסטון וספיבק הצביע על ריפוי עצמי וחסון הכוורת בעזרת השימוש בפרופוליס. לדוגמה, בניסוי נצפה שכשטפיל פטרייתי הופיע בכוורת,

מושבת הדבורים הגיבה באופן קולקטיבי והגדילה את מספר אספניות השרף לצורך ייצור פרופוליס (Simone-Finstrom et al., 2012). במחקר זה עקבו החוקרים במשך 3 שנים על שינויים בהרגלי איסוף השרף של הדבורים כשמחלת ה Chalkbrood ועוד מחלות כמו American foulbrood ו Metarhizium שתקפו את הכוורת. במחקר נמדדו תגובות איסוף השרף לפני ואחרי הכנסת פטריות ומזיקים לכוורת. בגרף שבאיור 20 ניתן לראות כי כאשר נכחו חיידקים ומזיקים בכוורת הגבירו הדבורים את איסוף השרף ולכן ניתן לשער שאיסוף השרף מתוגבר בשעת מצוקה בריאותית (Simone-Finstrom et al., 2012).



איור 20 מציג את השינוי לפני ואחרי הכנסת חיידקים. כשהכוורת לא הייתה מאותגרת ונקיה ממחלות ומזיקים איסוף השרף היה שלילי, נתון ראשון בשלושת השנים המופיע משמאל (בשחור), כשהוצגו חיידקים של מחלת ה Chalkbrood ומחלות נוספות עלתה פעילות איסוף השרף באופן חיובי בכל שלושת שנות הניסוי.

Xה : A=2008, B=2009, C=2010

ציר ה Y מציין את כמות איסוף הפרופוליס

מחקרים נוספים הראו שכאשר דבורים אספו כמויות שרף גדולות והגדילו את ייצור הפרופוליס, רמת היגיינה בכוורת הייתה גבוהה והישגי ההתמודדות מפני אקרית הוורואה היו טובים (Nicodemo et al., 2013) כפי שמראה איור 21 בריאות הכוורת בזכות הפרופוליס משפיעה באופן משמעותי על ההגנה מפני אקרית הוורואה. הכוורת ללא הגנה טובה של פרופוליס משמאל נחשפה בקלות לאקרית בעוד שהכוורת מימין בזכות הפרופוליס בריאה ונקיה מאקרית הוורואה. מחקרו של ניקודמו הראה הצלחה בהתמודדות הכוורת עם מחלות כמו chalkbrood

הוורואה וסייעה בטיפול היגייני יעיל בדבורים הצעירות ובשאר הכוורת

כוורת נגועה באקרית הוורואה מרופדת באיכות פרופוליס לא טובה

Credit: Zachary Huang Photo.google.com

ווירוסים שהגיעו לכוורת דרך אקרית בביצי הדבורים, בזחלי הדבורים, (Nicodemo et al., 2013).



כוורת בריאה עם ביצי דבורים מימין והתפתחות זחלים (לארבה) משמאל מרופדת באיכות פרופוליס טובה

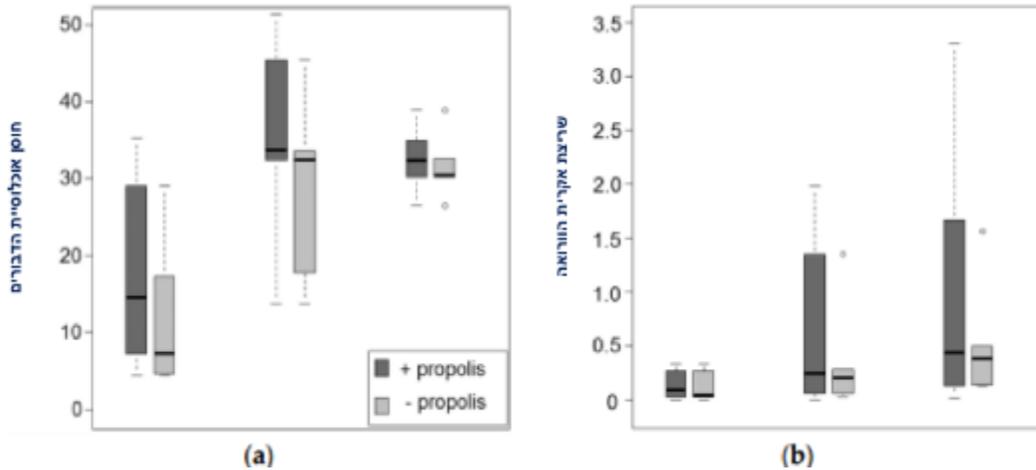
[https://en.wikipedia.org/wiki/Brood_\(honey_bee\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Brood_(honey_bee))

איור 21 ההבדל בין ריפוד חיסוני יעיל ולא יעיל

מחקרו של דרסצר מציין שלפחות שבעה ווירוסים שונים מועברים על ידי אקרית הוורואה ולכן לדעתו כמות תרכובת הפרופוליס משפיעה רבות על הישרדות הדבורים. מחקרו התנהל בסביבה טבעית של הדבורים, בשדה מרעה ועצים בחבל סקסוני בגרמניה ובקרבת גידולים כגון לפתית, דגנים, סלק סוכר, ותפוח אדמה. הניסוי בוצע בין חדשי הקיץ עד תחילת הסתו. במחקר אספו החוקרים פרופוליס שנוצר באופן טבעי על ידי דבורים בכוורת והשתמשו בתרכובת הפרופוליס במינונים שונים.

בתוצאות הניסוי המוצג באיור 22 הונחו 5 זוגות של כוורות, כשבכל זוג כוורות, האחת הכילה כמות גדולה של פרופוליס והשנייה כמות מופחתת של פרופוליס. החוקרים בדקו את השפעת הפרופוליס כנגד מזיקים ווירוסים,

וכמו כן את רמת חסינות הכוורת. הכוורות עם כמות הפרופוליס הגדולה יותר, במחקרו של דרסצר, הראו חסינות גבוה מפני מחלות ווירוסים הן בהערכת חוסן הכוורת והן במדידת כמות נפילת אקרית הוורואה. באיור 22 נוכל לראות שככל שכמות הפרופוליס עלתה הן עלתה רמת החסינות של הכוורת ותמותת אקרית הוורואה (Drescher et al., 2017).



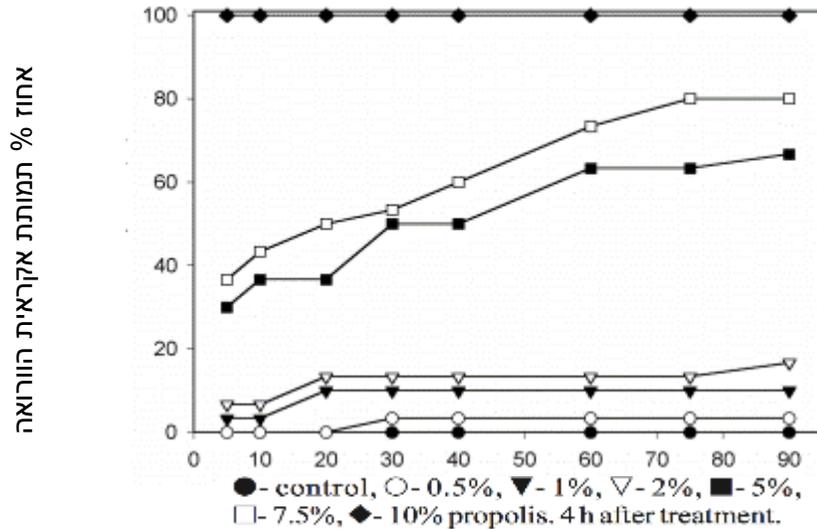
איור 22 הגרף משמאל (a) מציג את השפעת כמות הפרופוליס על חוסן הכוורת, ציר ה Y מייצג את חוסן אוכלוסיית הדבורים. המלבנים הכהים מייצגים כמות גבוה של פרופוליס בכוורת לעומת המלבנים הבהירים שמראים כמות מופחתת של פרופוליס בכוורת. הגרף מימין (b) מציג את השפעת כמויות הפרופוליס כנגד אקרית הוורואה בכוורת, המלבנים הכהים מייצגים את הכוורת עם כמות פרופוליס גבוה לעומת המלבנים הבהירים שמראים כמות מופחתת. ציר ה Y מייצג נפילת האקרית וחוסן הכוורת (Drescher et al., 2017).

השפעת הפרופוליס על אקרית הוורואה

מחקרו של גארדו בדק את השפעת תרכובת הפרופוליס על אקרית הוורואה. בניסוי זה השתמשו בתמיסות שהורכבו מפרופוליס ו 70% אתנול. במחקר הציבו מגשים עם תמיסות בריכוזים שונים וכל מגש הכיל אחוז ריכוז תמיסה מסויים ושש אקריות וורואה. אקריות הוורואה נחשפו לריכוזי הפרופוליס בתווכי זמן שונים בטמפרטורה של 30 מעלות צלזיוס. לאחר חשיפה של ארבע שעות, הפרופוליס עם ריכוז של 10% תמיסה הראה 100% תמותה בקרב אקרית הוורואה (Garedew et al., 2002).

הגרף המופיע מטה באיור 32 מראה השוואה בין תרכובות פרופוליס שונים באורכי זמן שונים, ציר ה X, לבין אחוזי התמותה של אקרית הוורואה, ציר ה Y. במגשי הניסוי, נבחנו תגובות של 6 אקריות וורואה לכל מגש, המגשים הכילו תמהילי תרכובת הפרופוליס בריכוזים של: 0.5%, 1%, 5%, 7.5%, 10%. אקריות הוורואה שהו במגשים עד ל 4 שעות, בוצעו 5 ניסיונות n=5 לכל אחד מתמהילי התרכובת. תוצאות הניסוי הראו 100%

אחוז תמותה של אקרית הוורואה לאחר שהות של ארבע שעות בתמיסת ריכוז של פרופוליס ואתנול בריכוז של 10% (Garedew et al., 2002), ריכוז גבוה של תמיסת הפרופוליס השפיע באופן חיובי על תמותת הוורואה.



איור מספר 23 (Garedew et al., 2002).

ציר X - זמן שהיית אקרית הוורואה בתמיסת הפרופוליס בין 0-90 דקות, ציר y מראה את אחוז תמותת הוורואה. השפעה על תמותת אקרית הוורואה עלתה עם הגדלת ריכוז תמיסת הפרופוליס. הקווים השונים מציינים את אחוז ריכוז תמיסת הפרופוליס, ריכוז תמיסת פרופוליס של 10% תמיסה השיג תוצאה של 100% תמותה בקרב אקרית הוורואה.

השפעת הפרופוליס על בריאות הכוורת

במחקרים שונים נבדקה השפעת הפרופוליס על בריאות הכוורת. מחקרם של פינסטרום, בורבה, וילסון וספיבק הראה הבדלים בין מצב בריאות הדבורים ששהו בתיבות ללא מעטפת פרופוליס לבין אלו ששהו בתיבות עם מעטפת פרופוליס. כשהדבורים נמצאות במצוקה הן מגבירות פעילות גנטית חיסונית, פעילות זו מתבטאת כאשר דבורים בוגרות מפרישות מרכיב אנטי מקרובי מגופם, לאוכל של הזחלים כדי לעזור להם להתמודד עם מחלות וזיהומים. כשרמת פעילות זו בקרב הדבורים הבוגרות עולה, ניתן להסיק שבריאות האוכלוסייה מוחלשת מאחר שהדבורים מרגישות את הצורך להגן על הדור החדש מפני זיהומים ומחלות. בניסוי זה נבחנה בריאות הדבורים בקופסאות מעץ כשחלקם צופו בפרופוליס וחלקם לא צופו בפרופוליס. תוצאות הניסוי הראו שהתיבות עם דיפון הפרופוליס הראו רמה נמוכה בביטוי גנים חיסוניים, ולכן ניתן היה להסיק כי הדבורים ששהו בקרבת הפרופוליס

הרגישו מוגנות על ידי הפרופוליס והראו פחות מצוקה ופחות צורך להפריש את המרכיב האנטי מקרובי מגופם (Simone-Finstrom, et al., 2017).

באיור 24 למטה (ניסוי A), מופיעות שתי תיבות עץ שנבנו לשמש ככוורות לאכלוס הדבורים בניסוי. את הקופסה מימין, הכהה מבין השניים, ציפו החוקרים בתרכובת פרופוליס ואת הקופסה הבהירה משמאל ציפו החוקרים ב 70% אתנול. חשוב לציין שבשונה מחלל עץ בטבע, דופן הקופסה הנו שטוח ובכך מקשה על ריפוד עבה ואיכותי של דפנות הקופסה בתרכובת פרופוליס. לכן, בניסוי אחר, בחרו החוקרים להשתמש במלכודות פרופוליס על מנת לאפשר לדבורים לאגור שכבות פרופוליס על דפנות הקופסאות השטוחות.



איור 24 ניסוי A

מציג את תיבות העץ שבהם השתמשו לאכלוס הדבורים. קופסת העץ המופיעה משמאל רופדה ב 70% אתנול וקופסת העץ המופיעה מימין (הכהה מבין השניים) רופדה בתרכובת פרופוליס.

התמונה באדיבות Simone-Finstrom

בניסוי B (בשונה מניסוי A) הנראה באיור 24, השתמשו החוקרים במלכודות פרופוליס כדי לאפשר לדבורים לאגור מעטפת פרופוליס עבה ואיכותית על גבי דפנות הקופסאות השטוחות בניסוי (ראה איור למטה – מלכודות בשחור). בניסוי זה השתתפו 24 אוכלוסיות דבורים כאשר 12 אוכלוסיות הוחזקו בקופסאות ללא דיפון של תרכובת פרופוליס ו-12 אוכלוסיות הוחזקו בקופסאות עם דיפון של תרכובת פרופוליס. הדבורים הניחו את הפרופוליס על גבי דפנות הקופסה מעץ בעזרת מלכודות פרופוליס שהוצבו בקופסאות.

בניסוי זה לאחר שנתיים, נצפה שהדבורים בקרבת הפרופוליס הראו פעילות נמוכה של ייצור הפרשת מרכיב אנטי בקטריאלי מגופם, בהשוואה לקבוצת הדבורים ששהתה בקופסאות ללא הפרופוליס. ניתן להבין שתרכובת הפרופוליס בכורת סיפקה הגנה טובה ולדבורים לא היה צורך גנטי להגביר את ההפרשה החיסונית מגופם. חשוב לציין שבניסוי זה, בשנה השנייה, התאפשר לדבורים להוסיף שכבה טרייה של פרופוליס בזכות שיטת המלכודות שעזרו לדבורים לאגור ביעילות את הפרופוליס על הדפנות השטוחות (Simone-Finstrom et al., 2017). כנראה באיור 25 הציבו החוקרים מלכודות בצבע שחור על מנת לעזור לדבורים לאגור פרופוליס על דפנות הקופסאות. בנוסף, בקרב אוכלוסיות הדבורים ששהו בקופסאות עם הפרופוליס נצפה אחוז גבוה של חלבון (Vitellogenin) Vg בדם בהשוואה לאוכלוסיות הדבורים שהיו בקופסאות ללא פרופוליס במהלך השנתיים. ערכים גבוהים של חלבון (Vitellogenin) Vg מצביעים על רמת תזונה טובה ועקב כך סיכויי הישרדות טובים בעונת החורף שבה חשופות הדבורים לקשיי הישרדות. כמו כן, ערכי החלבון מצביעים על חיסכון הדבורים באנרגיה. חיסכון באנרגיה מסייע לחיזוק המערכת החיסונית שלה הן זקוקות במשך עונת ליקוט המזון, באביב ובקיץ, כאשר הן חשופות למזיקים ובקטריה. המחקר מדגיש את חשיבות תרכובת הפרופוליס להעלאת ערכי החלבון בקרב אוכלוסיית הדבורים (Simone-Finstrom et al., 2017).

קופסת פרופוליס עם
מלכודות



קופסת פרופוליס לאחר
הסרת המלכודות



איור 25 ניסוי B -בתיבה משמאל הניחו מלכודות פרופוליס (רשתות בצבע שחור) על מנת לאפשר לדבורים לאסוף פרופוליס על גבי הרשת השחורה, מימין נראית התיבה לאחר איסוף הפרופוליס ולאחר הורדת המלכודות. שיטה זו אפשרה לדבורים להוסיף שכבה נוספת של תרכובת פרופוליס בשנה השנייה של הניסוי ובכך לחזק את חוסן שטח המחיה של אוכלוסיית הכוורת.

(Simone-Finstrom et al., 2017).

בכוורות מסחריות דבורים לא יוצרות באופן טבעי את מעטפת הפרופוליס מאחר שהכוורות מסחריות מתיבות עץ עשויות משטח פנים חלק שבהן קשה להדביק את חומר הפרופוליס על דפנות הקופסה. בכוורות אלו עיקר השימוש בפרופוליס מיועד למילוי סדקים בלבד (Borba et al., 2015). נשאלת השאלה האם ציפוי כוורת מסחרית בפרופוליס איכותי יעזור לאוכלוסיות הדבורים להתמודד טוב יותר מול אקרית הוורואה. חשוב לציין שהפרופוליס אינו אהוד בקרב דבוראים בגלל סרבול ההתעסקות עם החומר הדביק ולכן בכוורות מסחריות בחרו הדבוראים בארה"ב בשיטות שמובילות את הדבורים לייצר פחות פרופוליס (Simone-Finstrom et al., 2009).

ניסויים נוספים - דבורת הדבש באזור המזרח התיכון

מחקר שנערך בירדן בחן את הישרדות דבורת הדבש מסוג *Apis mellifera syriaca*. המחקר ציין שבכוורת של דבורת הדבש מזן זה, איכות ההיגיינה הייתה גבוהה ונוכחות אקרית הוורואה הייתה נמוכה בהשוואה לזנים אחרים של דבורים במזרח התיכון (Haddad et al., 2016). המחקר התמקד בהרכב הגנטי של הדבורים ולא בחן את השפעת הפרופוליס והקשר לרמה החיסונית הגבוהה שנצפתה בקרב אוכלוסיית הדבורים מסוג *Apis mellifera syriaca*. מאחר ודבורת הדבש מסוג זה הראתה הסתגלות טובה לתנאים הסביבתיים באזורנו והתנגדות טובה לטפיל הוורואה יהיה מעניין לבדוק את תרכובת הפרופוליס.

מחקרנו מעוניין לבדוק צמחיה מגוונת באזורים גאוגרפיים שונים בתנאי אקלים שונים בישראל על מנת למצוא את התנאים הסביבתיים האופטימליים ליצור שרף באיכות גבוהה עבור הדבורים.

משתמע מהחומר הנקרא שתרכובת הפרופוליס משתנה בהתאם לסוגי השרף. איכות מרכיבי השרף הנה קריטית לייצור פרופוליס איכותי שימגר את אקרית הוורואה. במחקרנו אנו מקווים למצוא את מגוון הצמחים באזורנו שיתנו מענה אופטימלי לסוג השרף שיוכל לתרום בהרכבו להגנה טובה עבור הדבורים מפני אקרית הוורואה.

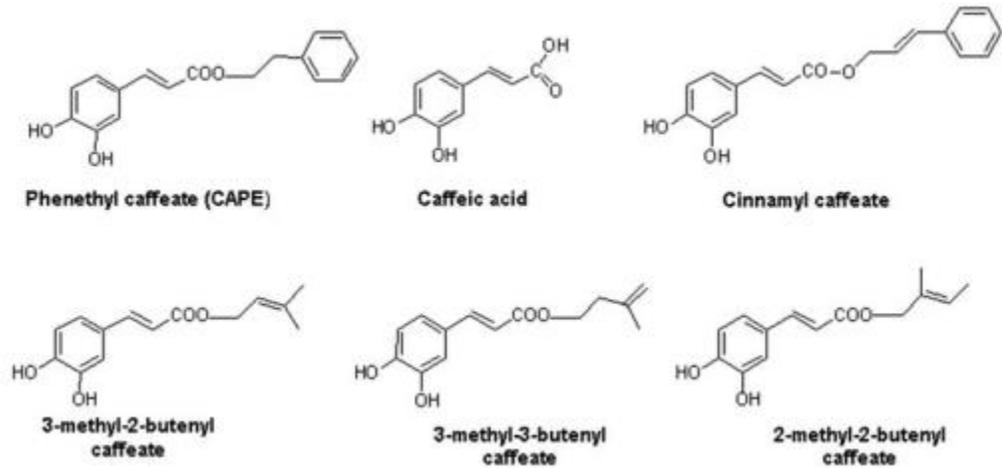
החומרים הפעילים בפרופוליס ויעילותו של ADH3

לצורך שמירה על בריאות הכוורת והתגוננות מפני פתוגנים שונים, נמצא שדבורת הדבש אוספת שרף המשמש להכנת פרופוליס בכוורת ומגבירת את חסינותה מפני מזיקים (Simone-Finstrom and Spivak, 2012).

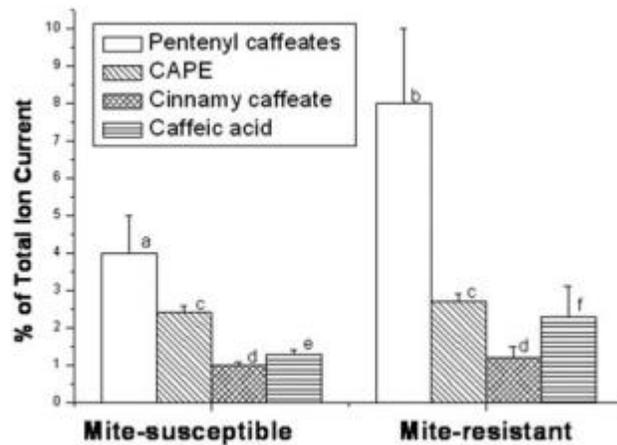
בסדרת מחקרים שנערכו לאחרונה, ניסו מדענים לבדוד תרכובות בפרופוליס ולקשור בין ובין יעילות כנגד פתוגניים מסוימים ונמצאו מספר חומרים בעלי קשר חיובי לבריאות כוורת.

מחקר שנערך באזור אביגנון ערך השוואה בין כוורת שנמצאו עמידות לוורואה לעומת כאלו נגועות, ונמצא שהדבורים בכוורת העמידות אספו יותר שרף וכן שהוא הכיל תרכובות ממשפחות ה Caffeic Acid and

Pentenyl Caffeates (איורים 26,27). החוקרים הסיקו שיש קשר בין תרכובות אלו לעמידות כוורות דבורים כנגד וורואה אך ציינו שישנו צורך במחקר נוסף בנושא. (Popova et al., 2014).



איור 26 תרכובות שנמצאו בפרופוליס של כוורות עמידות לוורואה (Popova et al., 2014)

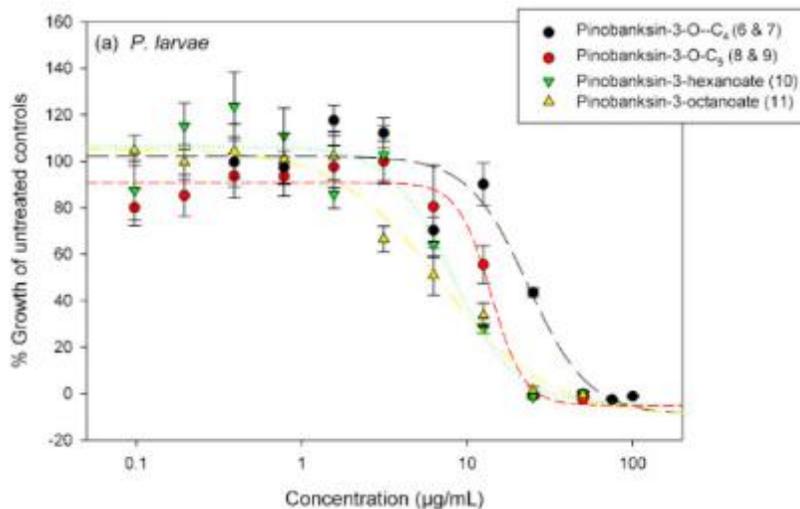


איור 27 ציר ה-X ימין (כוורות עמידות) שמאל – כוורות נגועות, ציר ה-Y, % ריכוז החומר הנבדק. באיור מוצגות 4 תרכובות וריכוזן בכוורות נגועות ולא נגועות באזור אביגנון, צרפת (Popova et al., 2014)

מחקר נוסף שנערך בצפון אמריקה התמקד בחומרים ממשפחת ה-Flavonoids הנפוצים בשרף צמחים ממשפחת ה-Populos וכן בפרחים ממשפחת ה-Daisys. בפרט המחקר התמקד בהשפעתן של תרכובות שונות המכילות

Wilson et al., 2017) (איור 28).
 Acyl Dihydroflavonols 3 – ADH3, כאשר תרכובות שונות נמצאו יעילות כנגד פתוגנים שונים (Wilson et al., 2017).

חומר זה הינו פולימר ממשפחת ההידרוקסינים והוא נמצא בריכוז שונה בפרופוליס של כוורת בריאות. במחקר זה מציינים החוקרים שהקשר בין פרופוליס ופתוגנים שונים, ביניהם הוורואה מוגבל ושישנו פער מחקרי בנושא.



איור 28 תרכובות שונות המכילות ADH3 ויעילותן כנגד פתוגנים שונים, בגרף מתוארת השפעת ריכוזים שונים של תרכובות שונות על קצב הגידול של הפתוגן *P.larvae* (Wilson et al., 2017).

מצאנו כי יש פער ספרות גדול בנושא הקשר בין ADH3 והשפעתו הישירה על הוורואה בכוורת הדבורים, ובכך מתמקד מחקרנו.

התנאים הסביבתיים בישראל והקשר ביניהם לאיכות הפרופוליס בכוורת דבורת הדבש

איכות פעילות הפרופוליס כאמצעי הגנה תלוי בסוגי הצמחים מהם נאסף השרף על ידי דבורת הדבש. ממחקר שנערך בנוודה בצפון אמריקה, אזור המאופיין באקלים חם ויבש בקיץ עם ממוצע טמפרטורה של 29-30 מעלות

בין יוני לספטמבר (Weather-spark.com). נבדקו שישה מינים של צפצפה (*Populus*) שונים, ונמצא כי איכות הפרופוליס שהוכן היה יעיל נגד *P. larvae* פתוגן שתוקף כוורות דבורים באמריקה (Wilson et al., 2017) צמחים המייצרים שרף:

מחטניים, נפוצים בחצי הכדור הצפוני את המחטניים ניתן למצוא בטווחי אקלים גדול מהאזורים: אירופה, אסיה אזור אגן הים התיכוני ובאמריקה וקנדה

עצי ארז הגדלים במערב הים התיכון, צפון אפריקה ובהרי ההימליה.

הסוג *Larix*, עץ מחטני שגדל בתנאי מזג אוויר קיצוניים בחלק הצפוני של כדור"א

עצי ברוש.



איור 29 קלואיזה ורודה Clusiaceae משפחה, *Cluisa* spp אחד ממני הצמחים הגדלים באזורים הטרופים וסוב טרופים ומשמשים את הדבורים לאיסוף השרף

חשוב להבין כיצד אפשר לייעל את מארג ההתנהגות החיסונית של הדבורים על ידי ייעול מרכיבי מעטפת הפרופוליס המשמשת כאמצעי הגנה קולקטיבי וחסין בפני איומי הישרדות (Simone – Finstrom et al., 2017).

מטרת המחקר

1. בדיקת יעילות החומר ADH3 כנגד אקרית הוורואה.
2. בדיקת התנאים הסביבתיים והפיטוגאוגרפים המיטיבים עם יצור שרף עשיר בחומר הפעיל ADH3.
3. זיהוי סוגי צמחים הגדלים באקלים ישראל היכולים להוות מקור אופטימלי לשרף עשיר ב ADH3.

שאלות המחקר

1. האם קיים קשר בין הריכוז החומר ADH3 בכוורת ותמותת אקרית הוורואה.
2. מאילו צמחים ניתן להפיק ריכוז גבוה של ADH3?
3. באילו תנאי סביבה ימצא ריכוז ADH3 גבוה בפרופוליס ממגוון צמחים אותם מצאנו בשאלה 2?

השערת המחקר

מגוון צמחים המכילים ריכוז ADH3 גבוה בשרף עשוי להיות בעל השפעה חיובית סינרגטית על ריכוז החומר בפרופוליס אשר תייצר דבורת הדבש הניזונה מהם. פרופוליס זה עשוי להיות יעיל בהגנה על כוורת הדבורים בפני אקרית הוורואה. אנו מניחים כי שתילה מכוונת של צמחים מסוג זה עשויה לתרום למיגור טפיל ה *Varroa Destructor*.

שיטות מחקר

המחקר הנו מחקר כמותי. לשם כך תוכננו 3 ניסויים שמטרתם לבדוק קשר בין פרמטרים סביבתיים שונים והשפעתם על איכות הפרופוליס כחומר מדביר אקולוגי טבעי נגד אקרית הוורואה.

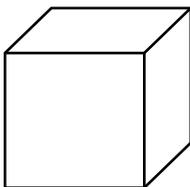
בכדי לבחון את שאלת המחקר מהי יעילות הפרופוליס כנגד הוורואה? נערך הניסוי הבא:

ניסוי 1

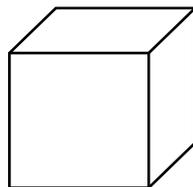
הניסוי בא לבדוק את יעילות החומר ADH3 כנגד אקרית הוורואה.

מהלך הניסוי:

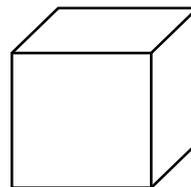
יוצבו 4 כוורות דבורים נקיות מוורואה ממקור זהה ובעלות כמות דבורים שווה. הכוורות יוצבו בתנאים סביבתיים זהים. כל כוורת תטופל בפרופוליס המכיל ריכוז שונה של החומר הפעיל ADH3 על ידי מריחת הפרופוליס בכוורת.



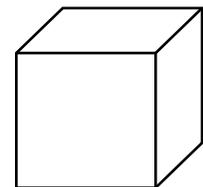
טיפול-4 ביקורת



טיפול-3 80%



טיפול-2 40%



טיפול-1 20%

טיפול-1

פרופוליס המכיל ADH3 בריכוז של 20%

טיפול-2

פרופוליס המכיל ADH3 בריכוז של 40%

טיפול-3

פרופוליס המכיל ADH3 בריכוז של 80%

טיפול-4

פרופוליס שבו הוחלף החומר הפעיל ADH3 במי סוכר – ביקורת

לכל טיפול יוכנסו 100 אקריות וורואה, ובמהלך 6 שבועות יספרו האקריות המתות בכל שבוע.

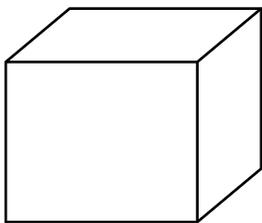
ניסוי 2

הניסוי בא לבחון את שאלת המחקר אילו צמחים מעודדים ייצור פרופוליס בעל ריכוז גבוה של ADH3?

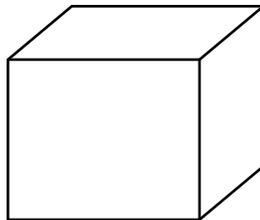
מהלך הניסוי:

בחלקה גדולה יוצבו שלוש כוורות המופרדות ברשת כך שהדבורים לא יכולות לעבור מכוורת אחת לשנייה, לכל כוורת יוכנסו 100 דבורים עמלות שתפקידן להכין פרופוליס, בכל מרחב יגודלו מגוון צמחים שונה וריכוז ה ADH3 בפרופוליס המיוצר בכל כוורת ייבדק בכל חודש במהלך 6 חודשים.

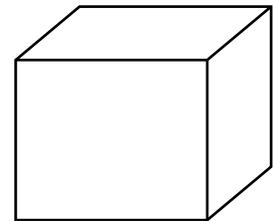
כוורת מספר 3



כוורת מספר 2



כוורת מספר 1



בכל כוורת/ טיפול מגוון הצמחים שונה. בכל סביבה יועדפו עצים ממשפחת ה COTTON WOOD כגון עץ הצפצפה ולפרחים ממשפחת ה DAISY שנמצאו כמכילים שרף בעל ריכוז גבוה של FLAVONOIDS.

ניסוי 3

בניסוי נבחן את הקשר בין מגוון צמחים ותנאי הסביבה המיטיבים ליצור החומר ADH3 בריכוז גבוה בפרופוליס, לצורך כך ייבנו שלוש סביבות המדמות צמחייה מאזורים אקלימיים שונים המאפיינים את ארץ ישראל: סביבת מישור החוף, רמת הגולן והערבה.

המשתנים אותם נבחן: טמפרטורה, לחות ושעות אור על מגוון הצמחים אותם זהנו כבעלי ריכוז גבוה של ADH3.

מהלך הניסוי:

ייבנו 3 אזורים המדמים את האזורים האקלימיים כפי שצוין (מישור החוף, רמת הגולן והערבה) כל טיפול יגודר ברשת שלא תאפשר לדבורים לצאת מאזור הטיפול.

הניסוי יערך בתנאי סביבה מבוקרים ובסביבת צומח המעודדת יצירת ADH3 בהתאם לתוצאות ניסוי 2.

טמפרטורה:

כוורת א טמפ' 13 מעלות

כוורת ב טמפ, 25 מעלות

כוורת ג טמפ' 37 מעלות

לחות:

כוורת א 30%

כוורת ב 80%

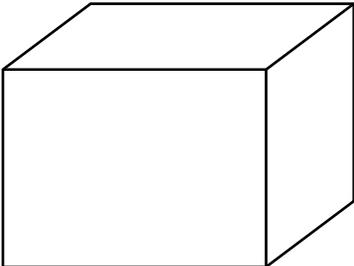
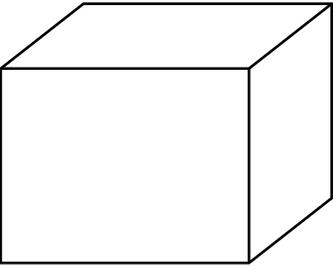
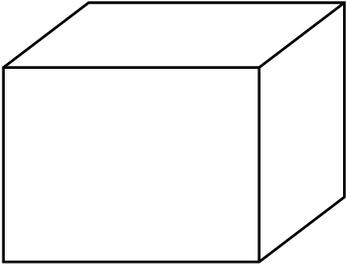
כוורת ג 15%

שעות אור:

כוורת א 6 שעות אור

כוורת ב 10 שעות אור

כוורת ג 14 שעות אור

<p>טיפול מספר - 3</p> 	<p>טיפול מספר - 2</p> 	<p>טיפול מספר - 1</p> 
<p>37 מעלות</p>	<p>25 מעלות</p>	<p>13 מעלות</p>

לחות יחסית 15%	לחות יחסית 80%	לחות יחסית 30%
14 שעות אור	10 שעות אור	6 שעות אור

תוצאות / סקירת נתונים

תוצאות ניסוי 1:

נצפה לראות מתאם גבוה בין תמותת טפיל הוורואה וירידה בגודל אוכלוסיית הטפיל בכורות בהן ריכוז הפרופוליס גבוה.

שבוע	טיפול 1 מס' מתים	טיפול 2 מס' מתים	טיפול 3 מס' מתים	טיפול 4 מס' מתים
שבוע 1				
שבוע 2				
שבוע 3				
שבוע 4				
שבוע 5				
שבוע 6				

ניסוי זה מראה את חשיבות השימוש בפרופוליס בכמות גדולה בכורות כחומר יעיל כנגד אקרית הוורואה, ובשמירה על בריאות הדבורים.

תוצאות ניסוי 2 :

בניסוי זה נצפה לקבל ריכוזים של החומר ADH3 בטיפולים השונים בהתאם למגוון הצמחים בכל טיפול. כאשר המצאות של מגוון צמחים המאפשרים ייצור פרופוליס עם ריכוז גבוה של ADH3 יאפשר לדבורים לשמור על בריאות הכוורת כנגד אקרית הוורואה.

ריכוז ה ADH3 בפרופוליס	כוורת מס' 1	כוורת מס' 2	כוורת מס' 3
חודש 1			
חודש 2			
חודש 3			
חודש 4			
חודש 5			
חודש 6			

תוצאות ניסוי 3 :

נצפה לראות שבסביבה המדמה את אקלים מישור החוף ימדד ריכוז ה ADH3 הגבוה ביותר בפרופוליס המיוצר על ידי דבורת הדבש. אקלים זה מדמה אקלים הקרוב לאזורים טרופים שבהם נמצא פרופוליס עם אחוז גבוה של החומר ADH3.

התנאים האביוטים	טיפול מס' 1	טיפול מס' 2	טיפול מס' 3
°טמפרטורה 13° לחות יחסית 30%			

			שעות אור 6
			טמפרטורה 25° לחות יחסית 80% שעות אור 10
			טמפרטורה 37° לחות יחסית 15% שעות אור 14

בניסוי, יבדקו פרמטרים א-ביוטים המדמים תנאי גידול שונים, בתנאי טמפרטורה ולחות גבוהים, 10 שעות אור, היינו מצפים לראות את איכות הפרופוליס כיעיל ביותר נגד אקרית הוורואה, בדומה לאזורים טרופיים שבהם בוצעו ניסויים דומים.

מסקנות ודיון

מטרתה של עבודה זו לחקור מהו מגוון הצמחים אשר ניתן לגדל בתנאים א-ביוטיים המדמים אקלים ים תיכוני אשר יאפשר לדבורים לייצר פרופוליס יעיל לשמירה על בריאות הכוורת. תוצאות הניסויים יאששו או יפסלו את ההנחה שפרופוליס עם ריכוז גבוה של החומר ADH3 שכבר נחקר ונמצא כיעיל נגד מחלות ווירוסים שתוקפים את דבורת הדבש, יקנו לדבורת הדבש הגנה גם נגד אקרית הוורואה.

הניסויים אותם תכננו מאפשרים לבדוק את הקשר בין ADH3, צמחים שונים, ותנאים סביבתיים שונים לטיב הפרופוליס והשפעתו על הוורואה.

ניסוי מספר 1, מטרתו הייתה למצוא מהו הריכוז האופטימלי אותו צריכות הדבורים על מנת להכין פרופוליס בעל יעילות הגנתית גבוהה.

ניסוי מספר 2, מטרתו לאפיין את מגוון הצמחים האידאלי ליצור פרופוליס בעל ריכוז גבוה של החומר ADH3.

ניסוי מספר 3, מטרתו לבדוק פרמטרים אביוטיים המדמים תנאי גידול שונים באזורים שונים בארץ ישראל. תוצאותיו יאפשרו לכוון את גידול הדבורים באזורים בהם ניתן לגדל צמחים מתאימים ליצור פרופוליס עם ריכוז גבוה של ADH3, ולהגדיל בכך את עמידות הכוורות.

באופן דומה למחקרים שצוטטו, אנו משערים שבאקלים המדמה אזורים טרופים עם לחות גבוהה וטמפרטורה ממוצעת של כ-30 מעלות, ניתן למצוא מגוון גדול של צמחים המכילים ריכוז גבוה של ADH3, מכאן נסיק כי האקלים במישור החוף מתאים לגידול דבורים.

אחת המסקנות העיקריות מעבודתנו, הינה שמגוון רחב של צמחים הינו בעל קשר סינרגטי לעמידותן של כוורות דבורים בפני מזיקים ובפרט בפני אקרית הוורואה. אנו סבורים שהסיבה לכך נעוצה בעובדה ששרף של צמחים שונים מכיל תרכובות שונות האחראיות כל אחת למיגור טפילים שונים. שילוב מאוזן של תרכובות אלו עשוי להביא לבריאות הכוורות בסביבה.

מחקרנו זה בא לנסות למצוא פתרון טבעי להדברת אקרית הוורואה הידועה כאחד הגורמים העיקריים לתופעת התמוטטות והעלמות מושבות הדבורים, בארץ ובעולם. מציאת פתרון טבעי חשובה על מנת לשמור על בריאות הדבורים שאחראיות להאבקת הצמחים כמקור המזון של האנושות. לכן ישנה חשיבות רבה במציאת פתרון יעיל ובטוח לבעיה זו.

אנו מקווים שהניסויים אותם הצענו יוכלו לעזור ולשפוך אור לכיווני מחקר נוספים בתחום.

Anderson, D.L., Trueman, J.W.H. (2000). *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Exp. Appl. Acarol.* 24, 165–189.

Bilikova, K., Popova, M., Trusheva, B., & Bankova, V. (2013). New anti-Paenibacillus larvae substances purified from propolis. *Apidologie*, 44(3), 278-285.

Boecking O, Genersch E (2008) Varroosis – the ongoing crisis in bee keeping. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 3: 221-228.

Bonamigo, T., Campos, J. F., Oliveira, A. S., Torquato, H. F. V., Balestieri, J. B. P., Cardoso, C. A. L., & dos Santos, E. L. (2017). Antioxidant and cytotoxic activity of propolis of *Plebeia droryana* and *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae) from the Brazilian Cerrado biome. *PLoS one*, 12(9), e0183983.

Borba Renata S., Klyczek Karen K., Mogen Kim L. and Spivak Marla, (2015), Seasonal Benefits of a Natural Propolis Envelope to Honey Bee Immunity and Colony Health, *The Company of Biologists, Journal of Experimental Biology* (2015) 218, 3689-3699 doi: 10.1242/jeb.127324.

Burdock G.A., (1998), Review of the Biological Properties and Toxicity of Bee Propolis (propolis), *Food and Chemical Toxicology* (1998) Volume 36, Issue 4, Pages 347-363.

Calderone NW, Kuenen LPS (2003) Differential tending of worker and drone larvae of the honey bee, *Apis mellifera*, during the 60 hours prior to cell capping. *Apidologie* 34: 543-552.

Charrière J.D., Imdorf A. (2002) Oxalic acid treatment by trickling against *Varroa destructor*: recommendations for use in central Europe and under temperate climate conditions, *Bee World* 83, 51–60.

Cremer S., Armitage S.A., Schmid-Hempel P., (2007) Social immunity. *Current Biology* Aug 21, 17(16): R693-702.

Dahle B (2015) The role of *Varroa destructor* for honey bee colony losses in Norway. *Journal of Apicultural Research* 49: 124-125.

Damiani, N., Fernández, N. J., Maldonado, L. M., Álvarez, A. R., Eguaras, M. J., & Marcangeli, J. A. (2010). Bioactivity of Propolis from Different Geographical Origins on *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Parasitology research*, 107(1), 31-37.

Daugusch Andreas, Moraes Cleber S., Fort Patricia, and Park Yong K., (2007), Brazilian Red Propolis—Chemical Composition and Botanical Origin, *Evidence- Based Complementary and Alternative Medicine.*, 5(4): 435–441. Published online 2007 Jul 7. doi: 10.1093/ecam/nem057.

De Ruijter, A. (1987). Reproduction of *Varroa jacobsoni* during successive brood cycles of the honeybee. *Apidologie*, 18(4), 321-326.

Dietemann, V., Pflugfelder, J., Anderson, D., Charrière, J. D., Chejanovsky, N., Dainat, B., ... & Gallmann, P. (2012). *Varroa destructor*: research avenues towards sustainable control. *Journal of Apicultural Research*, 51(1), 125-132.

Drescher N., Klein A.M., Neumann P., Yañez O., Leonhardt S.D., (2017), Inside Honeybee Hives: Impact of Natural Propolis on the Ectoparasitic Mite *Varroa Destructor* and Viruses, *Insects*, Feb 6; 8(1). pii: E15. doi: 10.3390/insects8010015.

Duay P, Jong D, W Engels (2002) Weight loss in drone pupa (*Apis mellifera*) multiply infested by *Varroa destructor* mites. *Apidologie* 34: 61-65.

Frazier, M., Mullin, C., Frazier, J., & Ashcraft, S. (2008). What have pesticides got to do with it?. *American Bee Journal*, 148(6), 521-524.

Fries I (1991) Treatment of sealed honey bee brood with formic acid for control of *Varroa jacobsoni*. *Am Bee J* 131, 313-314

Garedew Assegid , Lamprecht Ingolf, Schmolz Erik and Schricker Burkhard, (2002), The Varroacidal Action of Propolis: a Laboratory Assay, *Apidologie*, Volume 33, Number 1, January-February 2002, Pages 41-50.

Garedew, A., Schmolz, E., Schricker, B., & Lamprecht, I. (2002). Microcalorimetric Investigation of The Action of Propolis on *Varroa Destructor* Mites. *Thermochimica acta* 382(1) 211-220.

Genersch E, von der Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Büchler R, Berg S, Ritter W, Mühlen W, Gisder S, Meixner M, Liebig G, Rosenkranz P (2010) The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie* 41: 332-352.

Giacomelli, A., Pietropaoli, M., Carvelli, A. et al. *Apidologie* (2016) 47: 606. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0408-4>.

Guzmán-Novoa, E., Eccles, L., Calvete, Y., McGowan, J., Kelly, P. G., & Correa-Benítez, A. (2010). *Varroa destructor* is the main culprit for the death and reduced populations of overwintered honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Ontario, Canada. *Apidologie*, 41(4), 443-450.

Haddad Nizar Jamal, Batainh Ahmed, Saini Deepti, Migdadi Osama, Aiyaz Mohamed, Manchiganti Rushiraj, Krishnamurthy Venkatesh, Al-Shagour Banan, Brake Mohammad, Bourgeois Lelania, De Guzman Lilia, Rinderer Thomas, Hamouri Zayed Mahoud., (2016), Evaluation of *Apis mellifera syriaca* Levant Region Honey Bee Conservation Using Comparative Genome Hybridization. *Genetica*, DOI 10.1007/s10709-016-9897-y.

Huang Z (2012) *Varroa* mite reproductive biology. *American Bee Journal* 152: 981-985.

Koes, R. E., Quattrocchio, F., & Mol, J.N. (1994). The flavonoid biosynthetic pathway in plants: function and evolution. *BioEssays*, 16(2), 123-132.

Kralj J, Fuchs S (2006) Parasitic *Varroa destructor* mites influence flight duration and homing ability of infested *Apis mellifera* forages. *Apidologie* 37: 577-587.

Kralj J, Brockmann A, Fuchs S, Tautz J (2007) The parasitic mite *Varroa destructor* non-associative learning in honey bee foragers, *Apis mellifera* L. *Journal of Comparative Physiology A Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 193: 363-370.

Kraus B (1993) Preferences of *Varroa jacobsoni* for honey bees (*Apis mellifera* L.) of different ages. *Journal of Apicultural Research* 32: 57-64.

Kumar, N. R., Sangwan, S., & Badotra, P. (2011). Exposure to cell phone radiations produces biochemical changes in worker honey bees. *Toxicology international*, 18(1), 70.

Latham, J., Wilson, A., Bamberger, M., Oswald, R. E., Campbell, T. C., & O'Brien, R. (2008) Bee Learning Behaviour Affected by GMO Toxin.

Machado B.A., Barreto Gde A., Costa A.S., [Costa SS](#), [Silva RP](#), [da Silva DE](#), [Brandão HN](#), [da Rocha JL](#), [Nunes SB](#), [Umsza-Guez MA](#), [Padilha FF](#), (2015), *PLoS One*. Aug 7; 10 (8): e0134489. doi: 10.1371/journal.pone.0134489. eCollection 2015.

Moritz, R. F. (1985). Heritability of the postcapping stage in *Apis mellifera* and its relation to varroaosis resistance. *Journal of Heredity*, 76(4), 267-270.

[Nicodemo D](#), [De Jong D](#), Couto R.H., [Malheiros E.B.](#), (2013), Honey Bee Lines Selected for High Propolis Production Also Have Superior Hygienic Behavior and Increased Honey and Pollen Stores. *GMR Genetics Molecular Research*, Dec 19; 12(4): 6931-8. doi: 10.4238.

Paxton, R. J. (2010). Does infection by *Nosema ceranae* cause “Colony Collapse Disorder” in honey bees (*Apis mellifera*)?. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 80-84.

Popova, M., Reyes, M., Le Conte, Y., & Bankova, V. (2014). Propolis chemical composition and honeybee resistance against *Varroa destructor*. *Natural product research*, 28(11), 788-79.

Rehm, S.M., Ritter, W., 1989. Sequence of the sexes in the offspring of *Varroa jacobsoni* and resulting consequences for the calculation of the developmental period. *Apidologie* 20, 339–343.

Righi, A. A. Negri G., and Salatino A., (2013), Comparative Chemistry of Propolis from Eight Brazilian Localities, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 267878. Published online 2013 Apr 15. doi: 10.1155/2013/267878.

Rinkevich, F. D., Danka, R. G., & Healy, K. B. (2017). Influence of *Varroa* Mite (*Varroa destructor*) Management Practices on Insecticide Sensitivity in the Honey Bee (*Apis mellifera*) *Insects* 8 (1) 9.

Ritter W, Roth H (1988) Experiments with mite resistance to varroacidal substances in the laboratory. In: European Research on Varroa Control (R Cavalloro, ed), Balkema, Rotterdam, 157-160 .

Rosenkranz P, Aumeier P, Ziegelmann B (2010) Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology* 103 Supplement 1: S96-S119.

Sakofski F, Koeniger N, Fuchs S (1990) Seasonality of honey bee colony invasion by *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie* 21: 547-550.

[Simone-Finstrom M.](#), [Evans JD](#), [Spivak M.](#) (2009), Resin Collection and Social Immunity in Honey Bees, *Evolution*, Nov ; 63(11): 3016-22. doi: 10.1111/j.1558-5646.2009.00772.x.

Simone-Finstrom Michael D. and Marla Spivak, (2012), Increased Resin Collection After Parasite Challenge: A Case of Self-Medication in Honey Bees? *PLoS One*. 2012; 7(3): e34601. Published online 2012 Mar 29. doi: 10.1371/journal.pone.0034601.

[Simone-Finstrom M.](#), [Borba R.S.](#), [Wilson M.](#), [Spivak M.](#), (2017), Propolis Counteracts Some Threats to Honey Bee Health., *Insects*, Apr 29; 8(2). pii: E46. doi: 10.3390/insects8020046.

Stokstad Erik, (2007) *Science* 18 May: Vol. 316, Issue 5827, pp. 970-972 DOI: 10.1126 / science.316.5827.970.

Teixeira E.W., Negri G., Meira R.M., Message D., [Salatino A.](#), (2005), Plant Origin of Green Propolis: Bee Behavior, Plant Anatomy and Chemistry. [Evidence-Based Complementary Alternative Medicine](#). Mar; 2(1): 85–92. Published online 2005 Jan 6. doi: [10.1093/ecam/neh055](#).

Tewarson, N.C., Engels, W., 1982. Undigested uptake of non-host proteins by *Varroa jacobsoni*. J. Apicult. Res. 21, 222–225.

Wilde J, Fuchs S, Bratkowski J, Siuda M (2005) Distribution of *Varroa destructor* between swarms and colonies. Journal of Apicultural Research 44: 190-194.

Williams, G. R., Tarpy, D. R et al. (2010), Colony Collapse Disorder in Context. *Bioessays*, 32: 845–846. doi: 10.1002/bies.201000075)

Wilson, M.B., Spivak M., Hegeman A.D., Rendahl A., Cohen J.D., (2013), Metabolomics Reveals the Origins of Antimicrobial Plant Resins Collected by Honey Bees, *PLoS One.*, Oct 18; 8(10): e77512. doi: 10.1371/journal.pone.0077512.

Wilson, M.B., Brinkman, D., Spivak, M., Gardner, G., & Cohen, J. D. (2015). Regional Variation in Composition and Antimicrobial Activity of U.S. Propolis against *Paenibacillus* larvae and *Ascosphaera api* *Journal of invertebrate pathology*, *124*, 44-50..

Wilson, M. B., Pawlus, A. D., Brinkman, D., Gardner, G., Hegeman, A. D., Spivak, M., & Cohen, J. (2017) 3 Acyl dihydroflavonols from Poplar Resins Collected by Honey Bees are Active Against the Bee Pathogens *Paenibacillus* larvae and *Ascosphaera apis*, *Phytochemistry*, *138*, 83-92.

Ying-Shin Peng, Yuenzhen Fang, Shaoyu Xu, Lisheng Ge, The resistance mechanism of the Asian honey bee, *Apis cerana* Fabr., to an ectoparasitic mite, *Varroa jacobsoni* Oudemans, In *Journal of Invertebrate Pathology*, Volume 49, Issue 1, 1987, Pages 54-60, ISSN 0022-2011, [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(87\)90125-X](https://doi.org/10.1016/0022-2011(87)90125-X).

משרד החקלאות ופיתוח הכפר שירות ההדרכה והמקצוע האגף לבעלי חיים, המחלקה לדבורים סיוון תשס"ט,
יוני 2009

