

**מושבי יום שני, 10 ביולי 2017** (לחץ על מושב לצפייה בתקציריו)

10:30-12:00 מושבים מקבילים	חינוך והתנהגות סביבתית	מגמות ושינויים באוכלוסיית יונקים בישראל	שינוי אקלים במזרח התיכון	דמוגרפיה קיימות ובראות	פאנל: בין אקדמיה לחדשנות טכנולוגית (אין תקצירים)
13:00-15:00 מושבים מקבילים	תכנון בסביבה משתנה	ניצול מושכל של מקורות מים זמינים	מערכות אקולוגיות ורוחת האדם בישראל	תכנון ניהול ושיקום בתי גידול	פאנל: שינוי דפוסי צריכה באמצעות היכרות עם שקית האשפה
16:00-17:30 מושבים מקבילים	תכנון אורבני מותאם לילדים	אקולוגיה אקווטית	ניהול אשפה וטכנולוגיה סביבתית		פאנל: רכש ציבורי ירוק

**מושבי יום שלישי, 11 ביולי 2017** (לחץ על מושב לצפייה בתקציריו)

11:00- 12:30 מושבים מקבילים	מודלים אקו כלכליים של הים התיכון	חקלאות ואקלים	מדיניות וסביבה	ניטור לטווח ארוך – LTER	פאנל: ים המלח 2035 – דיון ומבט עתידי על התעשייה, סביבה, תעסוקה כלכלה בישראל בעוד 20 שנה (אין תקצירים)
13:30- 15:00 מושבים מקבילים	כלכלת סביבה	השפעות סביבתיות על קרקע וצומח	חקלאות מקיימת	פאנל: השפעתם של תהליכים חברתיים- קהילתיים על שימור, פיתוח וקיימות	פאנל: בנייה ירוקה – עלות מול תועלת
15:00- 16:00	מושב פוסטרים				
16:00- 17:30 מושבים מקבילים	פרוקי רגליים צמחים ומה שביניהם	צומח מעוצה בסביבה משתנה	אגרואקולוגיה	זיהום אוויר, קרקע ומים	פאנל: מקונפליקט לשותפות- בקעת בית נטופה כפרויקט אגני – רשות ניקוז קישון

## חינוך והתנהגות סביבתית

### הביטוס סביבתי: העברה בין דורית של התנהגות סביבתית

אופיר וינשל-שחר, האוניברסיטה העברית ירושלים

ד"ר איתי גרינשפן, פרופ' טלי כץ גרו, פרופ' פמידה הנדי

**רקע:** עלייתה של הסוגיה הסביבתית על סדר היום הציבורי הצמיחה, בין היתר, דיון על המנגנונים החברתיים דרכם פרטים רוכשים התנהגויות פרו-סביבתיות. מחקרים שבוצעו בשנים האחרונות החלו להצביע על קשר בין נטייה פרו-סביבתית בקרב ילדים לבין עמדות והתנהגויות סביבתיות של ההורים. אולם, מעט מאוד ידוע לנו על האופן בו מתרחשת אותה העברה בין דורית של התנהגות סביבתית. במחקר נתמקד בשני היבטים להעברה בין דורית של התנהגות סביבתית: מהם הדרכים להעברה בין דורית של התנהגות סביבתית בתוך המשפחה וכיצד הקשר מדינתי-תרבותי יכול להשפיע על העברה בין דורית בתוך המשפחה. מחקרנו עוסק בהעברה בין דורית של התנהגויות סביבתיות בקרב 3 דורות - סבים, הורים וילדיהם, ובהשוואה בין שלוש מדינות – ישראל, דרום קוריאה וארה"ב. למחקר שני שלבים: קבוצות מיקוד עם שלושה דורות מבני המשפחה וסקר מקוון בקרב הורים וילדים המתבסס על מדגם מייצג של האוכלוסייה. במסגרת הכנס הנוכחי נציג ממצאים שעלו מתוך הראיונות שבוצעו בקרב נציגים מבני אותה המשפחה בישראל.

**שיטות:** בין החודשים מאי 2016 למרץ 2017 קוימו 7 קבוצות מיקוד בישראל עם נציגים של שלושה דורות מבני אותה המשפחה. הקבוצות נבחרו על פי מגוון חתכים של מוצא, דת ואזור גיאוגרפי. בסה"כ רואיינו 26 אנשים. הראיונות היו חצי מובנים וכללו שאלות בהן הנוכחים התבקשו לתאר את דפוסי ההתנהגויות הסביבתיות ואת דפוסי העברה שלהם, תוך שימוש באסוציאציות, סיפור או תיאור חוויות שליליות וחיוביות.

**תוצאות:** אנו עושים שימוש במונח "הביטוס סביבתי" וטוענים כי עמדות סביבתיות העוברות במשפחה הן לא בהכרח תולדה של היענות לאידאולוגיות סביבתיות בלבד אלא תוצר של שילוב בין נטיות משפחתיות (לדוגמה חסכנות, צניעות וכו'), מקום וזמן. אנשים והתנהגויות בתוך המשפחה מונעים על ידי מערכת של שכר ועונש, תופעה של מחסור ושפע ומערכת ערכית הקשורה לדאגה לדורות הבאים, דאגות בריאותיות, שיקולים כלכליים, וגם דאגה לרווחת בעלי החיים.

**דיון ומסקנות:** הממצאים תורמים להבנת הגורמים המשפיעים על התנהגות סביבתית בין דורית ועל האופן בו היא מועברת. פרטים וקבוצות משנים את המוטיבציה שלהם ומתאימים אותה תוך התייחסות למערכת רגולטיבית, תרבותית-קוגניטיבית וערכית.

**תרומת המחקר:** בהיבט החברתי, הבנת האופן בו התנהגות וערכים סביבתיים מועברים בתוך המשפחה יאפשרו לקובעי מדיניות ולאנשי חינוך סביבתי להבין עם אילו חסמים והזדמנויות עליהם להתמודד במטרה לקדם את ההתנהגות הפרו-סביבתית של האוכלוסייה בישראל, ואילו רגולציות ומאמצים חינוכיים יש וניתן לקדם בהתאמה לסוגים שונים של אוכלוסיות.

## קיימות חיונית בחינוך – הקשר בין אזרחות סביבתית לרווחה סובייקטיבית ותובנות להשפעה על התנהגות הסביבתית

ד"ר גל טל, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר דפנה גולדמן, ד"ר דורית קרת

**רקע:** קיימות חיונית הינה שדה מחקר חדש יחסית שנבנה מתוך גישות של פסיכולוגיה חיונית ופסיכולוגיה סביבתית. שדה זה ניתן ליישם בהיבטים שונים של מדיניות, ביניהם גם בחינוך לאזרחות סביבתית. הקיימות החיונית מבקשת לבסס את התפישה כי קידום התנהגות פרו-סביבתית צריכה להיעשות דרך שימוש בחוזקות של האדם – העלאת התקווה והעצמה לצד נטרול רגשות שליליים כמו פחד ואשמה ומחסומים כמו הרגלים ודעות קדומות, ובסופו של דבר הנאה מתוצאות ממשיות חיוניות (Verdugo, 2012; Kerret, Horkibi & Ronen, 2014). מטרת המחקר הייתה לבחון את הקשר בין מדדי רווחה סובייקטיבית על האזרחות הסביבתית של התלמידים.

**שיטות:** המחקר נערך במבנה של פרה-פוסט והשתתפו בו 213 תלמידים משכבות ה או ו משלושה בתי ספר המוסמכים כ"ירוקים" בהרצליה. באמצעות שאלון נבדקו רכיבי אזרחות סביבתית (ידע, עמדות והתנהגות); תחושת הרווחה הסובייקטיבית (תקווה, רגשות, שביעות רצון מבית הספר, שליטה עצמית); ומידת יישום תוכניות סביבתיות בבית ספרם. מבחני T, ANOVA, מתאמים ורגרסיות בוצעו ב- SPSS גרסה 21.

**תוצאות:** בניית מודל MIXED MODEL של השפעת רכיבי רווחה סובייקטיבית, כמשתנים בלתי תלויים, על ההתנהגות הסביבתית, כמשתנה תלוי, נמצא כי לשליטה עצמית ולתקווה השפעה מובהקת ( $t=23.206$ ,  $p<0.00$ ;  $t=18.305$ ,  $p<0.00$  בהתאמה). בנוסף לכך, בניית מודל רגרסיה של השפעה של השינוי שחל בציוני המשתנים השונים על השינוי שחל בציוני ההתנהגות הסביבתית בין שתי נקודות הזמן במחקר, נמצא, כי השינוי שחל בתקווה לצד השינוי שחל בעמדות הסביבתיות חזו 31.4% מהשונות של השינוי בהתנהגות הסביבתית. **דיון ומסקנות:** ממצאי המחקר מצביעים על קשר בין האזרחות הסביבתית לתחושת הרווחה

של התלמידים. מכאן, שניתן להשפיע על ההתנהגות הסביבתית בזמן יחסית קצר דרך התייחסות למדדים של רווחה סובייקטיבית לצד חיזוק עמדות סביבתיות והידע של התלמידים בנושא. לפיכך, בתוכניות חינוך סביבתי המעוניינות להשפיע על ההתנהגות הסביבתית מתבקש לשלב כלים המתייחסים לרווחה של התלמידים, למשל חיזוק תחושת התקווה, העצמה, תחושת מסוגלות להשפיע ולשנות ומתן חווית הצלחה.

---

## **שימוש בנושאים סוציו-מדעיים בחינוך סביבתי: פיתוח מיומנות קבלת החלטה על דילמות כלכליות-סביבתיות**

חגית שאשה-שרף ופרופ' טלי טל, הטכניון

**רקע:** במחקר זה, נבחנת הלמידה על כלכלה-סביבתית, במסגרות של חינוך סביבתי, כאשר היא נערכת על פי גישת ההוראה של נושאים סוציו-מדעיים. בגישה זו, תיאוריות כלכליות על נושאי סביבה נלמדות, הן על בסיס הקניית ידע מתוך מדע הכלכלה ומדעי הסביבה והן מתוך בחינה של היבטים נורמטיביים והשקפות אידאולוגיות. הפדגוגיה של נושאים סוציו-מדעיים מכוונת אל פיתוח כישורי חשיבה מסדר גבוה, כגון: קבלת החלטה והנמקה.

**שיטות:** פיתחנו יחידת לימוד בנושא "יצוא גז טבעי מישראל", שהעיסוק בה חושף את התלמידים לדילמה סוציו-מדעית על אופן הניצול והחלוקה של משאב טבע. מטרתנו היא לבחון את המאפיינים והתרומה של הלמידה לפיתוח של מיומנויות של קבלת החלטה והנמקה, באמצעות ניתוח תוכן איכותני-פרשני. הנתונים נאספים באמצעות שאלוני Pre/Post, דפי עבודה של הלומדים, תצפיות וראיונות. הניסוי הראשון נערך במסגרת השתלמות, בהשתתפותם של 20 מורים למדעי הסביבה. נערך ניתוח תוכן של 18 טקסטים שכתבו המשתתפים, בהם הסבירו ונמקו את דעותיהם, במענה לשאלונים.

**תוצאות:** בסוף ההשתלמות, מרבית המשתתפים שינו את דעותיהם ההתחלתיות, נקודות המבט שלהם על הדילמה והאופן שבו הם קיבלו החלטה על מדיניות יצוא גז טבעי. כמו כן, ניתוח התוכן מעלה טווח של נקודות מבט שונות על הדילמה ומאפשר אפיון של השינויים שחלו במהלך הלמידה.

**דיון ומסקנות:** הדיון חושף את המאפיינים הייחודיים של הלמידה על נושא כלכלי-סביבתי בגישת הפדגוגיה הסוציו-מדעית. מאפייין אחד הוא שינוי עמדות, שחל לעבר עמדות מאוזנות יותר, אך התרחש באופן אינדיבידואלי וייחודי לכל משתתף. כמו כן, המחקר מאיר את העיסוק בהיבטים חברתיים, כחלק מהעיסוק בבעיה כלכלית-סביבתית, הלקוחה מן "העולם האמיתי".

**תרומת המחקר:** המחקר מוסיף לניסיון המעשי ולידע התיאורטי בשלושה תחומים: חינוך

סביבתי, כלכלה-סביבתית והפדגוגיה של נושאים סוציו-מדעיים. בסופו, המחקר עשוי להניב המלצות פדגוגיות, העשויות לסייע למורים ממדעי הסביבה לעסוק בנושאים כלכליים-סביבתיים. תלמידי מדעי הסביבה, אשר ילמדו בגישה המוצעת במחקר, עשויים לפתח באמצעותה יכולות גבוהות של הנמקה וקבלת החלטות על נושאים סביבתיים. תלמידים אלו נדרשים לקבל החלטות בעלות משמעויות סביבתיות מורכבות, בצורה אוטונומית, בהיותם צרכנים, בעלי מקצוע ואזרחי המחר של החברה הישראלית.

---

## **תפיסות נוף, טבע וסביבה אצל מבקרים ותושבים בהר הנגב**

ד"ר מירי צלוק, אוניברסיטת בן גוריון

פרופ' דניאל אורנשטיין, ד"ר עידן פורת

**רקע:** הערך האסטתי של הנוף הוא אחד משרותי המערכת האקולוגית התרבותיים המרכזיים בכלל, ובמדבר בפרט. בנופי המדבר הפתוחים, החוויה האסטטית עלולה להפגע מפיתוח אנושי. בנוסף, בסביבה המדברית קיים מתח חברתי מתמיד בין חזון 'הפרחת השממה' והפיכתה לירוקה ומיושבת לבין חזון שימור המדבר בצורתו ה'טבעית'. לפיכך, הבנה של תפיסת ערכיות הנוף בעיני הציבור וכיצד פיתוח משפיע על שרותי מערכת האקולוגית האסטתיים מרכזית לניהול הנוף ושימור האסטטיקה הנופית של האזור. מטרת המחקר היא להבין מה הן תפיסות הנוף המדברי של קבוצות שונות בציבור, וכיצד סוגי פיתוח שונים משפיעים על שרותי המערכת האקולוגית הנופיים של הר הנגב.

**שיטות:** יצרנו אלבום צילומים המייצגים רמות וסוגי פיתוח שונים בהר הנגב – תשתיות, כגון כבישים וקווי חשמל, התיישבות וחקלאות. סקרנו כ-400 נשאלים, המייצגים מגוון בעלי עניין בהר הנגב לגבי הנופים אותם הם מעדיפים, הנתונים הדמוגרפיים והערכים הסביבתיים שלהם. בעזרת ניתוח רב-משטני בדקנו עד כמה מידת וסוג הפיתוח משפיעים על תפיסות הנוף של האנשים ומה ההשפעה היחסית של ערכים סביבתיים לעומת משתנים סוציו-דמוגרפיים על תפיסת אלו.

**תוצאות:** פיתוח בהר הנגב מוריד מיכולתו לספק שרותי מערכת אקולוגית תרבותיים. צילומים עם בתים או תשתיות קיבלו את הציונים הנמוכים ביותר, בעוד שתמונות עם טבע לא מופר ויצרנות ראשונית גבוהה קיבלו העדפה גבוהה יותר. גיל הנשאלים השפיע על העדפותיהם – צעירים העדיפו סביבה מדברית יותר ומפותחת פחות. אנשים עם תפיסה סביבתית אקולוגית ("ביוצנטרית") העדיפו נוף טבעי ולא מופר והביעו עמדות שליליות לגבי חקלאות בהר הנגב, בעוד שאנשים השומרים על הסביבה לטובתם האישית, היו סובלניים יותר כלפי תשתיות.

תושבים מקומיים העדיפו סביבה צחיחה יותר מתיירים, אך היו סובלניים יותר כלפי פיתוח אנושי.

**דין ומסקנות:** תכנון מושכל ובר קיימא מתחשב בצרכים אקולוגיים ובמגוון בעלי העניין בשטח. תוצאות המחקר מציגים הבדלים בתפיסות הציבור לגבי ההשפעה האסטטית של פיתוח על הנוף המדברי. ערכים סביבתיים כמו גם גורמים דמוגרפיים משפיעים על התפיסה הנופית של הנשאלים בנוגע לאופי הפיתוח הרצוי. תובנות אלו תורמות מידע הכרחי למדיניות פיתוח ותכנון סביבתי מושכל בהר הנגב.

---

## **"אבל בבוקר, כשיש פועלי ניקיון אז השכונה נראת ממש יפה" - השפעת השלטון המקומי על ההתנהגות הסביבתית של תושבי העיר**

שרון מרק, אוניברסיטת תל אביב  
פרופ' יצחק אומר, ד"ר נורית אלפסי

**רקע:** מחקר זה שילב בין פן אובייקטיבי לסובייקטיבי, ובחן את פניה של המודעות הסביבתית של הפרט לאור השפעת הממסד בקרב קבוצת חברתיות בעיר אשדוד כמו גם לאור תפיסת שכונת המגורים מההבטים הפיזי והחברתי. שילוב היבטים סובייקטיביים עם ניתוח מרחבי של העיר ושל שכונת המגורים שהאדם פועל בה, חיוני להבנת הקשר בין התנהגות האדם לסביבה. **שיטות:** לבחינת יחסה לסביבה של תושבים התקיימו 60 ראיונות עומק חצי-מובנים בקרב תושבים משלוש שכונות שונות בעיר. נבחנו קונפליקטים מרחביים וסביבתיים בין תושבי העיר באמצעות ידיעות מהעיתונות הכתובה והדיגיטלית המקומית והארצית. בנושא עמדות והתנהגות סביבתית, נבחנו תלונות תושבי הרובע אשר הגיעו למוקד העירוני ולמוקד הסביבה בדגש נושאים סביבתיים ותברואתיים. נותח סקר בו השתתפו מעל 6,000 תושבים בנוגע לעמדותיהם ולהתנהגותם בנושא מיחזור. סווגו האתגרים, המטרדים והמפגעים הסביבתיים במרחב הגיאוגרפי והחברתי העירוני.

**תוצאות:** השלטון המקומי נתפס כמנוכר ובלתי נגיש בעיני התושבים. ניכור זה כמרכיב של זהות אזרחית, עשוי לבלום פעולה פרו-סביבתית. בנוסף, אין בידי התושבים את הכלים הדמוקרטים והידע לפעול ולקדם מהלכים סביבתיים עירוניים. מצב זה מביא למירמור ולאדישות כוללת כלפי המרחב הציבורי, כלפי השכנים וכלפי סוגיות תרבות ופנאי בפרקטיקה השכונתית.

בנושאי צדק סביבתי נפקד מקומם של אלו הן במימוש מדיניות סביבתית באשדוד בפועל והן בתכניות התערבות בעיר. כך, מתעצמים הפערים התפיסתיים בין קבוצות חברתיות בעיר, והמצב הסביבתי-תברואתי של שכונות מגורים בעיר כפונקציה של מצב סוציאקונומי גרידא.

**דיון ומסקנות:** חזון ומדיניות מקומיים הם התשתית לביסוסה של מודעות סביבתית. לרשות המקומית תפקיד ביצירת שינוי תודעתי והתנהגותי: באפשרות הרשות לזהות את החסמים שבסמכותה להסיר או למזער באמצעות הכלים העומדים לרשותה כגון תקנות מקומיות בנושאי שמירה על ניקיון המרחב הציבורי, הנחת תשתית לפינוי פסולת ומיחזור, רווחה וצימצום אי-צדק סביבתי, דיאלוג אמיתי עם הציבור ושיתופו בקבלת החלטות, תכניות התערבות והסברה ועוד. השוני בין הקבוצות החברתיות בשדה המחקר הנוכחי, מדגיש את הצורך במיפוי יסודי של הצרכים והדרישות של כל קבוצה, זאת משום שלכל קבוצה יש מאפיינים, צרכים ומטרות משלה, ולפיכך דרושה מדיניות המתאימה באופן ייחודי לכל קבוצה.

**תרומת המחקר:** ישראל, בדומה לאשדוד, הינה מדינת הגירה ובה מגוון של קבוצות תרבותיות ומגוון אתני רחב. הבדלים תרבותיים מתורגמים להבדלים בחלוקת משאבי טבע ותקציבים, בחשיפה לזיהום ובהשתתפות בעיצוב מדיניות ובקבלת החלטות. תפיסותיהם של אזרחים באשר לסביבה תלויה בהקשר התרבותי. מפגש בין-תרבותי בהקשר הסביבתי הוא בהכרח מפגש בין נורמות לערכים כמו גם בין תפיסות ועמדות סביבתיות. בפני קובעי המדיניות הסביבתית אתגר כפול: מחד הבטחה לשוויון הזדמנויות; מנגד הכרה בקבוצות התרבותיות השונות והקצאת משאבים לצרכיהן. מכאן, לחיזוק הקשר שבין תחושת השייכות למקום ולבין זהות חברתית תוך שינוי ההתנהגות סביבתית יש לפתח תוכניות התערבות בהקשר של מערכת יחסים בין אדם לאדם בקהילה ובין האדם לסביבתו.

---

## **כיצד המפגש עם צפר משפיע על פיתוחן של מיומנויות של תצפית מדעית ועמדות כלפי ציפורים בקרב תלמידים בבית הספר היסודי מחברה הבדואית?**

ד"ר וויסאם סידאוי, אוניברסיטת בן גוריון, פרופ' אורית בן צבי - אסרף

פרופ' מייקל רייס

**רקע:** מיומנויות של תצפית מדעית הינה מיומנות בסיסית לצורך פיתוח הבנה מעמיקה של הטבע. עריכת תצפית מדעית נראית לכאורה פשוטה "Looking at things". לעומת זאת, עשויה להתברר כפעילות מאוד מורכבת, הדורשת ידע דיסציפלינרי, הבנה של תופעות ויכולת הבחנה – "Noticing".

מחקר זה עוסק באפיון השינוי החל בתפיסות התלמידים כלפי ההתבוננות בציפורים בעקבות סיור של התנסות בתצפית מדעית בסביבה הטבעית עם מומחה (צפר). סיור זה הוא חלק מתכנית לימודים המופעלת על ידי החברה להגנת הטבע. במחקר זה השתתפו (51) תלמידי מבית ספר יסודי הגרים בכפרים הבדואים הלא מוכרים בישראל. יש לציין שלרשותם של

התלמידים הבדואים עדיין עומדות הזדמנויות לבילוי מחוץ לבית ובכך מתאפשר להם לבוא במגע ישיר וספונטאני עם הציפורים בטבע. חלקם צדים ציפורים ומשתמשים בהם כחיית מחמד או למאכל (בעיקר יונים).

**שיטות:** איסוף הנתונים במחקר זה נערך על ידי ראיונות עומק לפני ואחרי השתתפות התלמידים בתכנית התערבות, אשר כללה - שעתיים הכנה לסיור, ארבע שעות מפגש עם הצפר והתנסות בתצפית מדעית בציפורים וארבע שעות ארגון ועיבוד מידע בעקבות הסיור. ניתוח נתוני הראיונות התבסס בעיקר על שלושה קריטריונים: תוכן, מספר ודיוק. בקשר לתוכן המדעי הנתונים קוטלגו לחמישה קטגוריות של מאפייני הגוף, תפקוד והתנהגות, התאמת מבנה לתפקוד, סביבת מחיה ומחזור החיים. בנוסף בחנו היבטים של ביטוי לעבודת הצפר וחשיבות השמירה על הציפורים בסביבה הטבעית.

**תוצאות:** הממצאים הראו כי שהשינוי התפישתי היה משמעותי עבור היבטים ייחודיים כגון מאפייני הגוף, תפקוד והתנהגות הציפורים. יחד עם זאת היבטים מופשטים יותר כגון מחזור החיים והתאמת מבנה לתפקוד היו מועטים. בנוסף לזה, התלמידים גילו עניין בעבודת הצפר ובעולם הציפורים הן בהקשר לנתונים ולשימוש בכלים מדעיים בעבודתו והן ביחס לחשיבות שחרור הציפורים לטבע והימנעות מהפגיעה בהן.

**דיון ומסקנות:** יש לציין שלרוב התלמידים התנסו בפעם הראשונה בחייהם בצפייה במשקפת או בטלסקופ והמושגים המדעיים היו זרים להם. לאור התעניינות של התלמידים, מחקר זה ממליץ שתכנית ההתערבות בציפורים תהיה ארוכת טווח על מנת לאפשר ללומדים לפתח באופן הדרגתי מיומנות של תצפית.

---



## מגמות ושינויים באוכלוסיית יונקים בישראל

### הנגשת נתוני נוכחות (only data-presence) של תצפיות בחיות בר לצורכי

#### ממשק ומחקר

איל ונונו

**רקע:** מידע ציבורי מנוצל למטרות שמירת טבע בארץ במסגרת פעולות חינוך והסברה, אשר היכולת לווסת ולבקר את השפעתם מוגבלת ביותר. תרגום הפעילות למישור המעשי מותנה בפיתוח שיטות איסוף ועיבוד ממצאים המתקבלים כנתוני נוכחות (only data-presence). במסגרת עבודה זו פותחו יישומי סלולר לתיעוד תצפיות בחיות בר והוטמעו במערכת PPGIS קיימת (מן השדה), על מנת להרחיב את אפשרויות השימוש במידע המדווח על ידי הציבור.

**שיטות:** פיתחנו יישומי סלולר לאיסוף מידע מהשדה המותאמים לשימוש בידי חובבים. הם מותקנים על גבי טלפונים ניידים, ומופעלים במקביל מנקודות רבות הפזורות במרחב. ערכנו פעילויות איסוף על פי פרוטוקולים שונים המתעדים נוכחות חיות בר, זמני פעילות של הסוקרים והיעדר ממצאים. נאספו מידע טקסטואלי, תצלומים, הקלטות שמע ונתוני מיקום אשר נדגמו על ידי HTML5 Geolocation API. הם הועברו למערכת הבקרה באמצעות רשתות הסלולר. המידע המאורגן באמצעות CMS אוסון במסדי נתונים (MySQL) וכן במאגר שאינו ניתן לעריכה (immutable database). השווינו את הנתונים לאלו המופקים ממידע המתקבל בעמותת מן השדה כדיווחי נוכחות מובהקים.

**תוצאות:** תוצאות העבודה מעידות כי באמצעות יישומי הסלולר שפותחו, המתעדים את המיקומים וזמני הפעילות של הסוקרים, ניתן לעבד נתוני נוכחות לכדי מידע שימושי למטרות ממשק ומחקר. ריבוי נקודות דגימה מספק אינדיקציה בדבר גורמים המשפיעים על תנועת בעלי חיים, חושף את רמת המורכבות שלה ושל שכיחות המינים. כלים מעולם ה-Big Data מספקים משוב מידי המאפשר זיהוי ומתן מענה מהיר למפגעים סביבתיים.

**דיון ומסקנות:** נוכחנו כי היישומים שפותחו הרחיבו את אפשרויות השימוש במידע מסוג נתוני נוכחות, ובמקביל מדגישים את מגבלות השימוש הרווח בהם כיום, בפרט בהתייחס לניטור מינים פולשים. מניתוח התוצאות הסקנו כי באמצעות יישומי סלולר ניתן לנצל מידע ציבורי למטרות ממשק ומחקר, כפי שנעשה בתחומי ידע אחרים. הדבר חיוני ומתבקש בשל צפיפות האוכלוסייה והאיומים על מגוון המינים בישראל. השיטות והיישומים שפותחו מאפשרים זאת. **תרומת המחקר:** החשיבות של עבודה זו גולשת אל מעבר למחקר המדעי והקהילה האקדמית, שכן היא מערבת את הציבור בעשייה באופן ישיר, ולכך תיתכן השפעה רחבה ביותר: החל משינוי התנהגות של פרטים וכלה בעיצוב מדיניות ממשק וניהול שטחים על ידי

הרשויות. מערכת זו מקנה משמעויות חדשות למידע ציבורי בנושא מגוון המינים. בהתחשב בתשתיות התקשורת הקיימות וריבוי מכשירי הטלפון הניידים, הוא בעל חשיבות יתרה. שימוש נרחב ביישומי הסלולר שפותחו יספק נפחי מידע אדירים, אשר באמצעות כלים מעולם ה-Big Data ניתנים לראשונה לניהול ובקרה.

---

## מגמות באוכלוסיות היונקים ביהודה ושומרון, ניתוח 18 שנים של ספירות יונקים

ד"ר עומרי שליו, ד"ר גיא רותם, ד"ר עמוס סבח, רשות הטבע והגנים

**רקע:** רשות הטבע והגנים מבצעת ניטור שנתי של יונקים בספירות חתך (distance sampling) בשני אתרים לאורך בקע ים המלח והירדן. במחקר זה בחנו את המגמות באוכלוסיות היונקים השונות תוך התמקדות במצב אוכלוסיית הצבאים, השועלים והתנים, בשני האזורים. ניתוח זה מאפשר הבנת המגמות באוכלוסיות בעלות עניין לשימור והשוואה בין המגמות באזור המדברי של בקעת ים המלח והאזור הערבותי של בקעת הירדן.

**שיטות:** איסוף הנתונים התבצע בספירות חתך רכובות במדבר יהודה ובקעת הירדן באביב והסתיו, בין השנים 1998-2015. הנתונים נותחו בעזרת תוכנת Distance 6.2 לקבלת צפיפות יחסית של המינים לפי שנה, עונה ואזור. תוצאות אלה מאפשרות לבצע ניתוח קצבי גידול לאורך השנים, בין שנים לקבלת קצב גידול רגעי והשוואה בין המינים והאזורים.

**תוצאות:** התוצאות מצביעות כי הצבאים בבקעת ים המלח ובקעת הירדן הינן אוכלוסיות יציבות. אוכלוסיית ים המלח הראתה ירידה קלה בעוד אוכלוסיית בקעת הירדן הראתה הבדלים עונתיים עם ירידה בצפיפות האוכלוסייה בסתיו ועלייה באביב. הצבאים בים המלח חוו ירידה משמעותית בין השנים 2006-2010, אך האוכלוסייה התאוששה מאז. אוכלוסיית בקעת הירדן חוותה עלייה משמעותית בין השנים 2005-2008, עם התרסקות ולאחר מכן התייצבות ברמת צפיפות דומה למצב בעבר. מגמות אלה יכולות להעיד על יציבות כללית של האוכלוסייה, עם השפעות משמעותיות על אזורי המחיה ועונתיות על הצבאים. אוכלוסיית השועלים נמצאת בירידה קלה במדבר יהודה ועלייה משמעותית בבקעת הירדן ואילו אוכלוסיית התנים במדבר יהודה נמצאת בעלייה.

**דיון ומסקנות:** ניתוח הנתונים מאפשר הבנה של מצב האוכלוסיות השונות של יונקים גדולים במרחב יהודה ושומרון, תוך לימוד מגבלות שיטת הניטור וטיוב המאמץ הנדרש לשימור. הבדלים בין קצבי הגידול הרגועים לכלליים עלולים להראות על מאמצי דיגום שונים וספירות חסר בשנים מסוימות. נמצא כי ישנם הבדלים במגמות של האוכלוסיות השונות באזורים

השונים, בעיקר של אוכלוסיות הטורפים. עלייה בצפיפות אוכלוסיית התנים הינה מדאיגה לאור העובדה כי מין זה נחשב למין מתפרץ ומלווה אדם. עלייה זו עלולה להעיד על הפרעות רבות יותר באזור ופגיעה בבעלי חיים שנטרפים על-ידי מין זה.

**תרומת המחקר:** למחקר זה מנתח מידע אשר נאסף על-ידי רשות הטבע והגנים מתוך מטרה להוות כלי לקביעת מדיניות שימור של יונקים גדולים והבנת תהליכים העוברים על מערכות אקולוגיות. זהו כלי ראשון במעלה בעת קביעת ממשק השימור של השטחים הטבעיים ומיני הדגל בישראל

---

## **ניטור ארוך טווח של אוכלוסיית הצבי הארץ-ישראלי ברמת הנדיב – סיכום 30 שנה ותובנות להמשך הדרך**

אמיר ארנון, פרופ' אבי פרבולוצקי, ליאת הדר

**רקע:** אומדן אמין של גודל האוכלוסייה, או לפחות של מגמות השינויים בגודלה לאורך זמן, הוא תנאי הכרחי בניהול אוכלוסיות. באזורי שיחיה ועצים עם ראות נמוכה, ובמיוחד כאשר עוסקים בבעלי חיים ביישנים כצבאים, לא ניתן לבצע ספירות כוללות ויש צורך לבצע אומדנים המסתמכים על סקרים ומודלים סטטיסטיים. אוכלוסיית הצבאים ברמת הנדיב נוטרה מראשית המחקר בפארק.

**שיטות:** מאז 1988 נערכו ברמת הנדיב סקרים רכובים, כשבכל תצפית בצבי נרשמו מיקומו, הזווית והגיל. סקרים אלו התבצעו במסלולים משתנים עד 2003, ומאז ועד היום נשמרו מסלול קבוע ותדירות של ארבע פעמים בחודש: בזריחה ולפני השקיעה, בתחילת כל חודש ובסופו. הנתונים שנאספו נותחו בשיטת Distance Sampling, תוך הוספת מורכבויות למודל הבסיסי הנובעת משינויים בתנאי האיתור (Detectability) לאורך המסלול. שני ניתוחים, שהשתמשו בהנחות עבודה שונות, בוצעו במהלך התקופה, עבור התקופות 2003-2009, ו-2015-2004. ב-2016 הושקע מאמץ נוסף והצבנו 50 מצלמות תנועה על תחנות ריח של צבאים במשך כחודשיים. בתמונות רבות ניתן היה לזהות פרטנית צבאים שונים – על סמך הבדלים במבנה הקרניים ו/או סימנים אחרים.

**תוצאות:** בשני הניתוחים המקיפים נמצאה מגמת ירידה כללית ומתונה בגודל האוכלוסייה בשנים 2004-2008. הניתוח הארוך יותר הצביע על רמה יציבה עד 2012 ועלייה משמעותית ב-2014. יחד עם זאת, היו הבדלים ניכרים בהערכות בין שני הניתוחים, ואפילו כיווני מגמה שונים בין שנים עוקבות.

בניתוח הנתונים מ-2016 זיהינו באמצעות התמונות 60 פרטים. בנוסף, זוהו בסיוורים בשטח

פרטים בודדים שלא הצטלמו. גודל האוכלוסייה המינימלי הוא כ-65 פרטים, והוא גדול ב-30% מהערכת DS ל-2015.

**דין ומסקנות:** ניטור הגודל והמגמות של אוכלוסיית צבאים בשטח סבוך ומגוון כרמת הנדיב מאתגר מאוד. מודלים סטטיסטיים מספקים הערכות, אך ללא נתונים לאימות וכיול השיטה, קשה להעריך את אמינותם.

מאידך, נתונים אמינים מאוד דורשים השקעה רבה של משאבי כסף וזמן, ולא ניתן לבצע אותם באופן רציף. התקדמות טכנולוגית בשיטות הצילום ובפענוח התמונות עשויה להקטין את המאמץ הנדרש, אך כרגע נראה שהאיזון הנכון הוא קיום של סקרים רציפים לאורך השנים, לצד מאמץ משמעותי לקבלת אימות אחת לכמה שנים.

**תרומת המחקר:** אוכלוסיית הצבי הישראלי ברמת הנדיב עומדת בפני סכנת בידוד עקב לחצי פיתוח כבדים סביב הפארק. לימוד ארוך טווח של כיוונים ומגמות בגודלה תורמים לבניית בסיס ידע חשוב ומסייעים בקבלת החלטות על קישוריות נופית כחלק ממערך התכנון. בזכות התנאים הייחודיים של ניטור רציף לאורך שנים רבות, מקרה זה יכול לשמש מקרה מבחן למקומות אחרים בישראל, בהם אוכלוסיות של הצבי הא"י סובלות מקיטוע של בתי גידול ובידוד, עכשוויים או עתידיים.

---

## על הסף: מה קורה עם הצבי הנדיר ביותר בישראל

ד"ר טל פולק, ערן היימס, זוהר בן שיטריט, ד"ר בני שלמון, עודד סהר, ד"ר אסף צוער, ד"ר נעם לידר

**רקע:** בשנות השישים התגלתה אוכלוסייה קטנה (כמה עשרות פרטים) של צבי השיטים (*Gazella gazella acaciae*) באזור יטבתה על ידי גיורא אילני. מאז גילויה ידעה אוכלוסיית צבי השיטים עליות ומורדות אך גם בשיאה לא עברה האוכלוסייה את המאה פרטים ובזמני שפל אף ירדה לעשרה פרטים בלבד. בהתחלה הוגדר צבי השיטים כתת מין של צבי ישראלי אך עבודות גנטיות שבוצעו בשנים האחרונות הראו שמדובר במין נפרד וככל הנראה אנדמי לישראל. כיום מונה אוכלוסיית צבי השיטים כעשרים פרטים וחיה בגדרה סגורה להגנה מטריפה בשמורת יטבתה מערבית לחי בר יטבתה.

**שיטות:** רשות הטבע והגנים (רט"ג) עושה מאמצים רבים להבטיח את שרידותו של צבי השיטים, כולל ספירות שנתיות, בחינת כושר הנשיאה של המזון בגדרה והוצאה יזומה של צביי נגב הכלואים גם הם בגדרה ועלולים לגרום לדחיקה תחרותית. המטרה של הרט"ג הוא

להרבות את האוכלוסייה הקיימת במידה שתאפשר יצירה של שני גרעיני רבייה לפחות ושחרור לבר של שתי אוכלוסיות לפחות.

**תוצאות:** המכשול העיקרי בהצלחת התוכנית היא הגידול האיטי של האוכלוסייה וזאת למרות פוטנציאל רבייתי גבוה (נקבות צבי השיטים מתעברות כפעמיים בשנה). הדבר יכול להצביע על בעיה בשרידות המין אך הסיבה לכך עדיין אינה ידועה. אחת ההשערות היא התחרות על מזון עם צבי הנגב הכלוא בגדרה וזאת למרות שנראה שקיימת הפרדה חלקית בתזונת שני המינים. סיבה אפשרית נוספת הינה טריפה ואולי אף רגישות מוגברת (מזאת של צבי הנגב) לטריפה על ידי זאבים ותנים הנמשכים לאזורי החקלאות באזור. לבסוף, המין חווה מספר אירועי צוואר בקבוק גנטי בעבר ובהווה היכולים גם הם להשפיע על שרידות המין.

**דין ומסקנות:** מטרת ההרצאה היא להציג את תוכנית ההשבה לטבע של צבי השיטים ולדון בפערי הידע הקיימים היום בהבנה שלנו על הביולוגיה, הפיזיולוגיה, הגנטיקה וההתנהגות של צבי השיטים. השלמת פערי הידע חשובה להצלחת תוכנית ההשבה של המין בעיקר לאור הגידול האיטי של האוכלוסייה והתנודתיות הרבה בגודל האוכלוסייה לאורך השנים.

---

## הראם הלבן בישראל – מצב קיים ועתידו

יונתן תיכון, עומרי שליו, ד"ר גיא רותם, ד"ר טל פולק

**רקע:** הראם הלבן (*Oryx leucryx*) נכחד מהטבע הישראלי בסוף המאה ה-19. בשנת 1978 החלה תוכנית השבתם לטבע עם הבאתם של 8 פרטים ליצירת גרעין רבייה. משנת 1997, עם הגעת גרעין הרבייה ל 80 פרטים, החלה רשות הטבע והגנים החלה בתוכנית השחרורים אל הטבע. לאחר 20 שנות שחרורים נתבקשנו לבצע (1) הערכת מצב של תוכנית השחרורים – איסוף המידע הקיים בארץ, הערכת מצב האוכלוסיות בטבע, אוכלוסיית הרבייה, אופן השחרורים, אתרי השחרור, גודל האוכלוסייה הרצוי; (2) ולהציע את אופן המשכת התוכנית – ניהול גרעין הרבייה, תוכנית שחרורים, מציאת מקומות שחרור ותוכנית ניטור.

**שיטות:** איסוף הנתונים נעשה על בסיס מידע קיים אשר נאסף על-ידי רט"ג וסטודנטים של פרופ' דיוד זלץ מאוניברסיטת בן-גוריון, בנוסף למידע קיים מתוכניות שחרורים של מין זה בעולם. על בסיס נתונים אלה הוערכה גודל האוכלוסייה בטבע ובשבי, תפוצתם בישראל, טבלאות חיים והפערים במידע הקיים. analysis Population viability נעשה בעזרת תוכנת RAMAS EcoLab 2.0. על בסיס ממצאים אלה הוצעה תוכנית להמשך שחרורים, ניהול גרעין הרבייה ותוכנית ניטור.

**תוצאות:** בישראל קיימות 3 אוכלוסיות של ראם לבן בטבע המתקיימות באתרי השחרור

המקוריים – עין שחק, נחל פארן ונחל קצב. אוכלוסיית גרעין הרבייה עומדת על 113 פרטים והיא בעלת גידול חיובי. לפי המידע הקיים גודל האוכלוסייה בטבע מוערך ב-100-80 פרטים. האוכלוסייה בעין שחק הינה האוכלוסייה הגדולה ביותר ואנו מעריכים כי יש בה גידול חיובי. טבלאות החיים מראים כי השרידות והפוריות של פרטים בטבע נמוכים מפרטים בשבי ואף נמוכים מההערכה הראשונית. אם זאת, ניתוח חיוניות האוכלוסייה מראה כי גודל האוכלוסייה המינימלי הרצוי למניעת היכחדות האוכלוסייה בטבע עומד על 100 פרטים.

**דין ומסקנות:** לתוכניות השבה חשיבות רבה במאמצי השימור של מינים בסכנת הכחדה והחזרה של תפקודים אקולוגיים אשר נכחדו מהמערכת. תוכנית ההשבה של הראם הלבן הינה בת 20 שנה והצליחה לייצר אוכלוסייה של מין זה בטבע. לאחר פרק זמן זה ישנה חשיבות לנתח את כלל המידע הקיים ולבצע הערכה מחודשת של התוכנית תוך המלצה על אופן המשכתה.

**תרומת המחקר:** מחקר זה מהווה סיכום של 20 שנות תוכנית השבה של מין בעל חשיבות רבה למערכת האקולוגית המדברית ולשימור של מינים בסיכון. הסיכום מאפשר הבנת התמונה הכוללת של המידע הקיים, הפערים במידע ודרכי פעולה להמשכת תוכנית ההשבה. מסמך זה מהווה בסיס לקביעת מדיניות של רשות הטבע והגנים בנושא הראם הלבן בישראל. בנוסף, מסמך זה מהווה מקרה בוחן של תוכנית השבה, תוך הבנת ההצלחות והאתגרים שבתוכנית כזו.

---

## **מעברי יונקים בינוניים לאורך גדר הגבול שבין ישראל למצרים**

ד"ר אסף צוער, מארק כץ, פרופ' עופר עובדיה

**רקע:** גדרות הן גורם משמעותי בקיטוע אוכלוסיות בעלי חיים בכל רחבי העולם. בעשור האחרון, נבנות גדרות לאורך גבולות ישראל. דבר המחייב פתרון מצד רשות הטבע והגנים לצמצום בעיה זו.

בשנת 2012 החליטה ממשלת ישראל על בניית גדר הפרדה לאורך הגבול עם מצרים אשר תמנע מעבר אנשים, וכפועל יוצא מכך, גרמה לקיטוע של אוכלוסיות משני צדי הגבול. רט"ג ביחד עם משרד הביטחון שיבצו מעברי בעלי חיים לאורך גדר גבול מצרים על מנת לאפשר מעבר של חיות בר בגודל בינוני. במסגרת פרויקט "צבא ההגנה לטבע" ובשיתוף חטיבת "שגיא", בוצע מחקר אשר מטרתו לאתר את הגורמים העיקריים המשפיעים על כמות ועוצמת השימוש במעברים.

השאלות שנשאלו במחקר זה:

(1) אלו מינים משתמשים במעברים?

(2) האם פעילות אנושית משפיעה על עוצמת השימוש במעברים?

(3) מהם המשתתפים הסביבתיים המשפיעים על כמות ועוצמת התנועה במעברים?

(4) האם יש הבדל בשימוש המעבר בין חיות בר למינים מלווי אדם?

**שיטות:** במחקר זה צולמו בסך הכול 67,585 תמונות מ-36 מעברים שונים ובמשך שלוש עונות דיגום (4,693 ימי מצלמה). המינים שזוהו במצלמות (לפי סדר יורד בנוכחות): שועל מצוי, כלב, דורבן, תן, צבוע, ארנבת, פרא, זאב, חתול, קרקל, יעל, גירית דבש, גמל, חזיר בר וצבי נגב. כל מעבר קיבל אפיון לקושי השימוש בו, המרחק הקצר ביותר מישוב או בסיס, מרחק ממקור צמחייה או מים והמרחק מהמעבר הקרוב ביותר.

**תוצאות:** מתוך כלל המינים שצולמו, שבעה תועדו משתמשים במעבר (שועל מצוי, כלב, חתול, תן, זאב, דורבן וארנבת). במחקר זה, מצאנו עדויות עקיפות לכך שקרקל משתמש במעברים לצייד שועלים.

**דיון ומסקנות:** רוב המעברים היו בשימוש, כאשר החיה הנפוצה ביותר הינה השועל המצוי. מצאנו שההסתברות לכך שבעלי חיים ישתמשו במעברים מושפעים בעיקר ממרחק המעבר מהתיישבות.

**תרומת המחקר:** למחקר זה תרומה חשובה לשמירת טבע ובעזרתו ניתן לתכנן מעברי בעלי חיים בעתיד

---

## שינוי אקלים במזרח התיכון

### מיון אוטומטי של משטרי רוח בישראל באמצעות SOM

ד"ר סיגלית ברקוביץ

**רקע:** אפיון משטרי הרוח עפ"י המצבים הסינופטיים המוכרים (המיון הסמי אוביקטיבי) מראה שהמצב הסינופטי אינו מבטיח אפיון ספציפי של משטרי רוח. בחודשי הקיץ קיים באזורינו משטר רוח יחיד, עבור שאר חודשי השנה יש צורך במיון סטטיסטי אוביקטיבי של משטרי רוח ברזולוצית זמן שעתית.

**שיטות:** SOM הינה שיטה סטטיסטית אוביקטיבית לביצוע מיון. בשיטה זו, אין צורך בניחוש ראשוני עבור הקבוצות. האלגוריתם מיצר מיפוי של קבוצות בהתאם לשכיחות הארועים ורצף הארועים בזמן. קביעת מספר הקבוצות נעשה ע"י בחינת הפתרון עבור מספר עולה של קבוצות. כאשר עליה במספר הקבוצות אינה מספקת מידע חדש, נמצא הפתרון האופטימלי. **תוצאות:** שימוש ב-SOM לאפיון משטרי הרוח בחורף ועונות המעבר בישראל בשעות הסינופטיות: UTC 0,6,12,18, העלה פתרון בעל 12 קבוצות המיצגות את משטרי הרוח המוכרים לנו עפ"י מחקרים סוביקטיביים קודמים.

המיון בוצע עפ"י נתוני רוחות קרקע מ-53 תחנות שמ"ט במהלך 7 שנים. השיטה מציגה משטרי רוח בעלי עוצמה חזקה (4-10 מ/שנ') כאשר כוון הרוח הדומיננטי הינו מערב או מזרח. בנוסף קיימים משטרי רוח בעלי עצמת רוח חלשה או בנונית (4 מ/שנ' ומטה) בהם ניתן להבחין ברוחות המקומיות הנגזרות מהבריזה הימית ורוחות הר-עמק.

הקשר בין המשתנים הסינופטיים ומשטרי הרוח בורר באמצעות חישוב ממוצעים של המשתנים: טמפרטורה, לחות ולחץ מנתוני הראנאליזה של ECMWF ברזולוציה מרחבית גסה (כמעלה) עבור כ"א ממשטרי הרוח. חישוב הממוצעים מראה התאמה לידע המוכר לנו עפ"י המיון הסינופטי הסמי אוביקטיבי. משטרי הרוח מתאימים לגרדיאנטי לחץ שאופינו בעבר באמצעות המיון הסמי אוביקטיבי, אך קימת חשיבות לגודל גרדיאנט הלחץ גם במקרה של אפיקי ים סוף ורמות חורף. עוצמת הרוח וכוונה מתאימה לגרדיאנט הלחץ הממוצע באזורינו. **דיון ומסקנות:** SOM שיטה סטטיסטית אוטומטית אוביקטיבית המאפשרת מיון משטרי הרוח בארץ ברזולוצית זמן שעתית. ניתן לקשור את משטרי הרוח לתנאים הסינופטיים ע"י חישוב ממוצעים של המשתנים: טמפרטורה, לחות ולחץ מנתוני הראנאליזה. המיון משחזר מידע קודם שנמצא ע"י אנאליזה סוביקטיבית ומניח בסיס ליישומים עתידיים.

**תרומת המחקר:** מיון אוטומטי באמצעות SOM מאפשר מיון מדויק של משטרי רוח, כאשר



כל ארוע מסווג למשטר רוח ספציפי. ניתן להשתמש במיון זה בהמשך על מנת להעריך שגיאות חיזוי מודלים עבור כ"א מהמשטרים. כ"כ ניתן לשלב קלסיפיקציה אוטומטית זו למטרת חיזוי עתידי של ארועי רוח. היבט נוסף אפשרי הינו אפיון זהום אויר סביבתי כפונקציה של משטרי הרוח.

---

## **המורכבות התרמית-אנושית בסביבה הפתוחה: השפעתם של גורמים מיקרו-מטאורולוגיים על העומס התרמי בתנאי חוץ – ניתוח תיאורטי באמצעות מודל ביומטאורולוגי**

ד"ר אריאל פרוינדליך, אחוה - המכללה האקדמית לחינוך

**רקע:** תיירות ונופש הינן מסוג הפעילויות אשר מחד נערכות כשיגרה בסביבה הפתוחה, ומאידך, הינן רגישות מאוד לעקות אקלימיות, ולכן קיים שם צורך מובהק בחקירת ההשפעה של הגורמים המטאורולוגיים הרלוונטיים על העומס התרמי. עם זאת, חקירה זו אינה פשוטה מכיוון שהעומס התרמי הפועל על האדם בסביבה הפתוחה תלוי בגורמים מטאורולוגיים מגוונים, וביניהם טמפ' האוויר, קרינת השמש קיצרת הגל וקרינת ארוכות גל מהסביבה, לחות האוויר, ומהירות הרוח. ההשפעה המשולבת של הגורמים הללו על האדם מורכבת ואינה קלה להערכה; בנוסף, הגורמים הללו, ואופן השפעתם על האדם עשויים להשתנות במידה רבה בקנה המידה המיקרו-מטאורולוגי. המחקר הנוכחי מנתח את ההשפעה של גורמים המטאורולוגיים שונים על העומס התרמי, באתרי תיירות פתוחים בישראל, במצבים אקלימיים אופייניים, באמצעות מודל תיאורטי ומדד תרמי המותאמים לסביבה הפתוחה (RayMan, PET), והדמיות שונות.

**שיטות:** בוצעו הדמיות של העומס התרמי בסביבה הפתוחה, בתנאי צל ושמש, באתרי תיירות שונים בארץ - באמצעות המודל הביומטאורולוגי RayMan והמדד התרמי PET. כקלט הוזנו נתונים אקלימיים ממוצעים הרלוונטיים לאזור האתר התיירותי הנבחר; הפלט מבטא את העומס התרמי הפועל על האדם. באמצעות שינויים מבוקרים בנתוני הקלט ניתן לבחון את ההשפעה המשולבת של המשתנים האקלימיים והמשתנים הסביבתיים האחרים, על העומס התרמי בקנה המידה המיקרו-מטאורולוגי, בתנאים אקלימיים אופייניים בישראל.

**תוצאות:** נמצא כי הן הצללה והן הרוח עשויים להיות גורמים משמעותיים ביותר בסביבה הפתוחה (הפחתה של עד 63% בעומס התרמי עבור הרוח, ועד כ-52% במקרה של הצללה). ההשפעה של האלבדו של פני השטח על העומס התרמי, נמצאה בינונית (הפחתה של עד 28% בעומס התרמי), והשפעת העננות נמצאה קטנה יחסית (עד 16% הפחתה). ממצאי

המחקר מאפשרים את הערכת עוצמתם היחסית של המשתנים הנחקרים השונים על העומס התרמי, בתנאים האקלימיים של ארץ ישראל.

**דיון ומסקנות:** לאור הממצאים מהמחקר עולה האפשרות לעיצוב הסביבה התרמית בסביבה הפתוחה: תכנון משטחי צל; עיצוב האלבדו של האתר הנבחן; תכנון משטחי צמחייה באתר; עיצוב תנאי הרוח בעזרת תכנון ארכיטקטוני נאות - כל אלו יכולים לשפר דרמטית את העומס התרמי באתרים בסביבה הפתוחה.

**תרומת המחקר:** ממצאי המחקר נותנים ביטוי כמותי לעומס התרמי בתנאי חוץ. המחקר נותן כלים המאפשרים למתכננים לשפר את העומס התרמי ותנאי הנוחות האקלימיים במרחב העירוני, ובאתרים תיירותיים פתוחים. יישום מסקנות המחקר עשוי להגדיל מאוד את תקופות הביקור הנוחות באתרי תיירות בסביבה הפתוחה.

---

## **שיפור תחזית משקעים באמצעות שיטה חדשנית לניטור לחות באמצעות אנטנות סולריות**

יואב רובין, פרופ' פנחס אלפרט, אוניברסיטת תל אביב

**רקע:** חיזוי מזג האוויר ובפרט משקעים נעשים באמצעות מודלים מטאורולוגיים המסתמכים על פרמטרים רבים ומשוואות פיזיקליות מורכבות. אחת הבעיות המרכזיות בחיזוי מזג אוויר היום היא איכות ורזולוציית הנתונים המשמשים כתנאי התחלה של המודלים. לחות באטמוספירה, בעיקר בשכבות הנמוכות, מהווה פרמטר מרכזי עבור חיזוי גשם באמצעות מודלים נומריים. מדידת הלחות בשיטות המקובלות היום אינה מאפשרת תיאור מספיק טוב של שדה הלחות עבור המודלים וכתוצאה מכך ישנן שגיאות רבות במתן תחזית המשקעים, הן מבחינת כמות והן מבחינת מיקום. שיטה חדשנית למדידת לחות המסתמכת על מדידות ישירות מאנטנות סולריות עתידה לשפר משמעותית את תחזית המשקעים.

**שיטות:** לחות באטמוספירה גורמת להפרעה באות המשודר בין שתי אנטנות סולריות. באמצעות משוואה המקשרת בין גודל הפרעה לבין כמות אדי המים באוויר (לחות ספציפית) וכיול הנעשה מול תחנה מטאורולוגית באזור, ניתן לחשב את הלחות לאורך המרחק בין אנטנות סולריות ולתאר את שדה הלחות בגובה בו משודרים האותות (כמה עשרות מטרים מעל הקרקע). פריסת האנטנות הסולריות במרחב צפופה למדי כך שניתן לתאר את שדה הלחות ברזולוציה גבוהה וטובה מזו הקיימת היום. שדה הלחות בשכבה הקרובה לקרקע הוא חלק בסיסי בתהליך יצירת המשקעים ולכן תיאור מדויק יותר של שדה הלחות מעל הקרקע יוביל לשיפור תחזית המשקעים.

**תוצאות:** מפות שדה הלחות מבוססות נתונים מאנטנות סלולריות מתארות את השונות המרחבית של שדה הלחות. ניתן לזהות בקלות אזורים המאופיינים בכיסוי קרקע שונה ואת השפעתו על שדה הלחות. בהשוואה מול מפות שדה הלחות המבוססות על תחנות מטאורולוגיות ומפות המשמשות מודלים לחיזוי, בולטים מאוד ההבדלים ברזולוציה. המפות המבוססות אנטנות סלולריות בעלות רזולוציה גבוהה יותר ומתארות תמונה מלאה יותר של המציאות.

**דין ומסקנות:** שדה הלחות המחושב מאנטנות סלולריות מתאר באופן מלא יותר וברזולוציה גבוהה יותר את המציאות בהשוואה לשדה הלחות המחושב בשיטות המקובלות היום. ישנו פוטנציאל משמעותי לשיפור תחזית המשקעים בעתיד ובהמשך מתוכננת בדיקה של הרצת מודל חיזוי מזג אוויר עם נתוני לחות מבוססים אנטנות סלולריות על מנת לבחון את הטענה ולהתחיל ליישם את השיטה במודלים אלו.

**תרומת המחקר:** מחקר זה עתיד לשפר משמעותית את תחזית ירידת המשקעים הן מבחינת כמות והן מבחינת מיקום.

תחזית גשם חשובה מאוד לגופים רבים בתחומי החקלאות וההידרולוגיה ומשפיעה ישירות על קבלת החלטות בנוגע לתכנון משק המים בישראל.

תחזית גשם מדויקת יותר תאפשר הכנה טובה יותר לפני אירועי קיצון בהם כמות המשקעים רבה ותעזור להתריע בפני שיטפונות בזק בנחלי המדבר.

---

## **תרומה ישראלית למחקר ההתחממות העולמית: שימוש ביחסי איזוטופים של רדיום כסמנים להפשרה של קרקעות פרמפרוסט**

דו"ת רותם, אוניברסיטת בר אילן

פרופ' ישי וינשטיין, פרופ' האנה כריסטיאנסן, ד"ר האנק קוי, ד"ר יהודית הרלבן, ד"ר יוסף יחיאלי

**רקע:** האזור הארקטי היבשתי מושפע באופן ניכר מתופעת ההתחממות העולמית. הדברים אמורים במיוחד לגבי קרקעות הפרמפרוסט (קפאת-עד), המכסות כ-20% מהשטח היבשתי והמכילות כמות פחמן כפולה מזו הקיימת באטמוספירה. הפשרה הולכת ומתגברת של קרקעות אלה חושפת אותן לפעילות מיקרוביאלית. זו משחררת פחמן דו-חמצני לאטמוספירה, מה שמחזק את אפקט החממה.

פרופיל הקרקע באזורי פרמפרוסט מתחלק לשתי שכבות עקריות. השכבה העליונה,

האקטיבית, מפשירה בכל קיץ. לעומתה, השכבה העמוקה יותר נותרת קפואה לפחות שנתיים רצופות. המעקב אחר הפשרת פרמפרוסט מתבצע על ידי מדידת השינויים בעומק השכבה האקטיבית ובפרופיל הטמפרטורה בקרקע. שיטות ישירות למדידת הפשרה של פרמפרוסט כמעט ולא קיימות.

**שיטות:** אנו מציגים תוצאות של מחקר ראשון מסוגו, העושה שימוש ביחסי איזוטופים רדיואקטיביים של רדיום לאפיון הקרח של הפרמפרוסט ולמעקב אחרי מי הפשרה בשכבה האקטיבית ובזרימות מקומיות. המחקר נערך באזור טונדרה בסוולברד (נורבגיה).

**תוצאות:** נמצא כי בקרח של הפרמפרוסט יש העשרה ביחסי האיזוטופ ארוך החיים של רדיום (רדיום-226, זמן מחצית חיים: 1,600 שנה) לאיזוטופים קצרי החיים (223, ו-224, זמני מחצית חיים של מספר ימים) בהשוואה עם מי השכבה האקטיבית של הקרקע. אנו מייחסים העשרה זו ל'לכידה' של המים בחללי הקרקע הקפואה, מה שמביא להצטברות של האיזוטופ ארוך החיים, שלא כמו במי קרקע אקטיבית, שם מתקיימת שטיפה מתמדת של המים (סקלות זמן של חדשים), שאינה מאפשרת הצטברות של ארוך החיים. יחסי רדיום בערכי פרמפרוסט זהו בזרימה מקומית, תצפית המאפשרת לקבוע את מקור המים בהפשרת פרמפרוסט.

**דיון ומסקנות:** תצפית נוספת, מפתיעה למדי, היתה של יחסים נמוכים במיוחד ( $>0.5$ ) של האיזוטופ רדיום-224 לאב הרדיואקטיבי שלו רדיום-228. זאת בשונה ממי השכבה האקטיבית וממי תהום במערכות אחרות, שם היחסים גבוהים מ-1. הסיבה ליחסים הנמוכים עדיין אינה ברורה, אך יחס זה מהווה טביעת אצבע מובהקת נוספת של מי פרמפרוסט, מה שמאפשר אלמנט זיהוי נוסף להפשרה.

בהמשך, אנו מתכננים לנסות ולתארך את גיל הקפיאה של הקרקעות בהסתמך על יחסי האיזוטופים. בהתחשב באורך החיים של האיזוטופים הנדונים, שיטה זו תהיה מוגבלת לכ-8000 שנה (הולוקן).

**תרומת המחקר:** המחקר עוסק בתחום ההתחממות הגלובאלית ללא קשר ישיר למדינת ישראל. יחד עם זאת הוא מצביע על תהליכים עולמיים שבהתנהלות אנרגטית נכונה של מדינת ישראל יתכן ותהיה לכך השפעה על התהליך הגלובאלי.

---

## התנאים האטמוספריים בקיץ המשפיעים על ריכוזי המזהמים במזרח הים התיכון

אורי דיין – האוניברסיטה העברית בירושלים

קיימים שני תהליכים הגורמים להצטברות מזהמים בקיץ מעל האזור: תהליך אחד בסקלה הגלובאלית (תא הדלי ותא ווקר) הגורם להתמוככות משכבות האטמוספירה העליונות והשני בסקלה הסינופטית שהוא האפיק הפרסי כשלוחה של המונסון האסייתי המשפיע אף הוא אך בחלקה התחתון של האטמוספירה. שני גורמים אלו מבקרים את עובייה של שכבת הגבול ומונעים את פיזורם היעיל של מזהמים הנפלטים בה.

בהרצאה זו אדון תחילה בתהליכים האטמוספריים המעודדים הצטברות מזהמים בסקלות שונות (גלובלית וסינופטית) ולאחר מכן אציג מספר מחקרים המסבירים כיצד תהליכים אלו יוצרים עליה בריכוזם בהדגמה על אוזון, חלקיקי סולפאט, ופחמן חד-חמצני.

מסקירת מאמרים מקפת בנושא ניתן להצביע על מספר תנאים המעודדים הצטברות מזהמים מעל מזה"ת בקיץ:

קיימים שלושה תהליכים המבקרים את יצירת האוזון: מעברים מהסטרטוספירה לטרופוספירה, הסעה מרחוק ויצירה במקום במסות אוויר חמות ויבשות.

מודלים, מדידות ממטוסים ונתוני לויין מצביעים על ריכוזי סולפאט אנתרופוגני גבוה הקשור במשטר הזרימה המערבית הקיצית. שטף הסולפאט המגיע מאירופה למזה"ת בקיץ הוא כ- 0.05-0.07 טרהגרם המהווה כ-2.5 פורמיל מכלל הסולפאט האנתרופוגני העולמי. ריכוזים אלה מעל מזה"ת גבוהים ב-50% לעומת ריכוזם ביתר האגן

בקיץ נצפה בדרך כלל בריכוז נמוך של CO בשל שעורי הקרינה הגבוהים היוצרים יוני הידרוקסיל ההורסים מזהם זה. באופן חריג בתנאים סינופטיים ייחודיים נמדדים ריכוזי פחמן חד-חמצני העולים מעבר לריכוזם העונתי.

## דמוגרפיה קיימות ובריאות

### שיקום נחלים ודמוגרפיה בישראל: האם יש מקום לשאננות ציבורית בדבר העדר מחסור מים בעידן ההתפלה?

פרופ' אלון טל, אוניברסיטת תל אביב

**רקע:** במסגרת הוויכוח הישן בין פסימיות ואופטימיות טכנולוגית, ההתקדמות בהתפלה והירידה בעלויות של התפלת מי-ים מוצגות כראיה ליכולת של הטכנולוגיה להתמודד עם צמיחת אוכלוסין מואצת. לטענת המתלהבים, משאבי המים באזורים צחיחים עשויים לגדול בכמות ולרדת במחיר ומערכות אקולוגיות הקשורות למקורות מים עליים עשויות להשתקם, בזכות מקורות המים החדשים.

מטרת המחקר הוא לבחון את ההשפעה של האוכלוסין המתרחב בישראל על מקורות המים ולענות על השאלות: האם צמיחה דמוגרפית מהווה מכשול למדיניות מים מקיימת בעידן של ההתפלה? והאם יש לשנות את המסר לציבור בדבר משאבי המים בישראל?

**שיטות:** חחקר זה, מתבסס על מאמר שהתפרסם לאחרונה ב Journal of Water Research (Tal, 2017) הבוחן את היתכנות של שיקום נחלים בישראל בכלל ונהר הירדן בפרט בעידן של התפלה.

**תוצאות:** למרות השיפור שחל במשק המים הישראלי מבחינת אספקה עירונית/ביתית, מצאתי שאין בהתפלה כדי להתמודד עם המחסור במים עליים באזור בעתיד הקרוב. נהר הירדן מהווה דוגמא טובה לכך; גם אחרי צמצום דרמטי בהפעלת המוביל הארצי, הזרימה בנהר הירדן הדרומי לא גדלה בצורה משמעותית. הסיבה קשורה למספר התושבים המתגוררים באגן, שצמח ב-700% בשבעים השנים האחרונות.

**דיון ומסקנות:** אם לוקחים בחשבון את כמות המים הנזקקת לשימור זרימת המינימום הנחוצה לשיקום אקולוגי של הירדן, השינוי במשטר הגשמים באגן והטיית מקורות הירמוך והירדן, ועלות ההובלה של המים המותפלים הנדרשים כדי לשקם את הירדן ניתן לראות כי העלות עולה על התקציב השנתי של המשרד להגנת הסביבה הישראלי במאות אחוזים. קשה להניח שממשלת ישראל תסכים להוצאה קבועה בהיקף כזה. ההסברה החיובית בדבר הרחבת ההתפלה בישראל יצרה שאננות בקרב הציבור שנראה כי אינו מודע כלל להחמרת המצב האקולוגי בנחלים ושהגדיל את צריכתו האישית. אוכלוסיית ישראל צפויה להכפיל את עצמה ב-30 שנים הקרובות במקביל להמשך הירידה הצפויה במשקעים באזורי נחלי הצפון ומרכז הארץ. יש לשקול מדיניות חינוכית והסברתית חדשה המצננת את האופוריה מסביב

לשינויים שהביאו "עידן ההתפלה" יחד עם הצגת המסר כי ללא יציבות דמוגרפית, אין לצפות להתקדמות בשיקום הנחלים היבשים של מדינת ישראל.

---

## **איך אנשים תופסים את הקשר בין העלייה בצפיפות האוכלוסייה לבין בעיות איכות-הסביבה בישראל?**

נורית כרמי, המכללה האקדמית תל-חי

**רקע:** העלייה בצפיפות האוכלוסייה היא ללא עוררין אחד הגורמים המרכזיים להידרדרות איכות הסביבה. כשסוקרים את בעיות הסביבה המרכזיות של ישראל קשה לחשוב על בעיה אחת שאינה קשורה לעלייה בגודל וצפיפות אוכלוסייה באופן ישיר או עקיף. מטרת המחקר: מטרת המחקר הייתה ללמוד איך האדם "הפשוט" מתייחס לבעיות הסביבה המרכזיות של ישראל ובאיזו מידה העלייה בגודל אוכלוסייה נתפסת כקשורה לבעיות אחרות כגון עליה בזיהום אוויר, מים, או קרקע, פגיעה בשטחים פתוחים לצרכי בנייה או במגוון ביולוגי

**שיטות:** פיתחנו כלי שבעזרתו התאפשר לנו ללמוד איך האדם "הפשוט" מתייחס לבעיות הסביבה בישראל, איך הוא מעריך אותן, ואיך הוא מחליט על סדר החשיבות שלהן. ל-100 בני אדם חסרי רקע סביבתי הוצגו 13 בעיות הסביבה המרכזיות של ישראל כולל בעיית העלייה בגודל ובצפיפות האוכלוסייה, ואת ההתייחסות אליהן ניתחנו בכלי מתחום הפסיכולוגיה הקוגניטיבית (מפה קוגניטיבית) שאפשרה לזהות עד כמה בעיות סביבה שונות נתפסות כקשורות אחת לשנייה ובמיוחד לבעיית העלייה בגודל וצפיפות האוכלוסייה.

**תוצאות:** מצאנו שבניגוד ליתר בעיות הסביבה, גידול האוכלוסייה אינו נתפס כבעייה עכשווית, ודאית, שפגיעתה עלולה לנגוע באופן אישי או מקומי, החומרה הנתפסת היא נמוכה הן באופן מוחלט והן באופן יחסי ליתר בעיות הסביבה. נמצא כי הרגש השלילי שמעוררות בעיות סביבתיות ניבא לבדו למעלה מ-50% מהשונות של המוכנות לשלם כדי לטפל בהן. המרחק התפיסתי בין העלייה בצפיפות האוכלוסייה לבין יתר בעיות הסביבה בישראל הוא רב במיוחד כשמשווים לבעיות הסביבה שזכות להכי הרבה עניין ציבורי כמו זיהום אוויר ומים.

**דיון ומסקנות:** כדי להתמודד עם בעיות הסביבה של ישראל בטווח הארוך בלתי נמנע להתייחס לאופן שבו נתפסת העלייה בצפיפות האוכלוסייה ולהיעדר הקשר בינה לבין יתר בעיות הסביבה בישראל. יש חשיבות שהתקשורת והחינוך הסביבתי ימחישו את ההשלכות של העלייה בגודל וצפיפות אוכלוסייה בישראל על איכות הסביבה, ידגישו את הנגיעה האישית והמקומית (לוקאלית) ואת הודאות של התחזיות.

**תרומת המחקר:** אחת המסקנות של המחקר הזה היא שיש חשיבות לכך שהקשר בין איכות

הסביבה לעלייה בגודל וצפיפות האוכלוסייה יקבל באופן עקבי בולטות גדולה יותר על ידי התקשורת והחינוך הסביבתי ושהקשר הזה יוצג בצורה חד-משמעית. ובכלל, אם רוצים לעורר את דאגת הציבור לבעיה סביבתית כלשהי, רצוי למקד את התקשורת בהיבטים העשויים לעורר את רגשות הציבור.

## **הקשר בין צפיפות אוכלוסין גבוהה לעוני ולהתנהגות אנטי-חברתית בחברה הישראלית**

אנה רזניקובסקי-קוראס, אוניברסיטת תל אביב

**רקע:** לסביבה הפיזית השפעות נרחבות על חיינו, על המערכת החברתית שלנו, על ההתנסויות והחוויית שלנו וכן על ההתנהגות. אחת הדאגות המרכזיות שספרות המחקר בתחום הפסיכולוגיה הסביבתית דנה בהן בעשורים האחרונים, היא ההשפעות השליליות של צפיפות יתר על היחסים החברתיים ועל התנהגותם של אנשים. גם בישראל סוגיית הצפיפות נתנה את אותותיה עם הפיכתה לאחד המקומות הצפופים ביותר בעולם המערבי המפותח. שאלת המחקר היתה: האם יש קשר סיבתי בין צפיפות אוכלוסין ואלימות בבתי ספר ובערים בישראל לעומת ההשפעה של עוני במסגרת תופעות אלימות בישראל?

**שיטות:** המחקר כלל 173 ישובים עירוניים ומועצות מקומיות. כלי המחקר בחנו את הקשר בין: א. צפיפות האוכלוסין (צפיפות עירונית, צפיפות דיור וצפיפות בכיתות). ב. העוני (המדד החברתי-כלכלי של הישוב). ו-ג. האלימות והפשעה (האלימות המדווחת בבתי-הספר בישוב, שיעור עבירות הפשיעה הכללית בישוב בקרב בגירים (תקיפת אדם, אלימות במשפחה, עבירות מין, עבירות שוד).

**תוצאות:** מצאנו קשרים מובהקים, בין צפיפות לבין אלימות, פשיעה והתנהגות אנטי-חברתית בישראל. במגזר היהודי ישנו מתאם שלילי בין הצפיפות העירונית לבין רמת העוני בישוב. אולם, כנראה שהשפעה זו היא לרוב חלקית ותלויה מגזר. למשל, השפעה חיובית של הצפיפות על רמת האלימות בכיתה עולה באופן מובהק בבתי ספר במגזר הערבי. בשל העובדה שהשפעת משתנה העוני חזקה במיוחד, לעיתים היא גוברת או אף מבטלת את השפעתו של משתנה הצפיפות על רמת האלימות ושיעור עבירות הפשיעה בישוב.

**דיון ומסקנות:** מדיניות הקטנת מספר התלמידים בכיתות בפריפריה החברתית, הופכת את הניתוח של הקורלציה בין צפיפות ואלימות בכיתות למורכבת במיוחד. כמו כן, חלק ניכר מן הפשיעה בישוב מבוצע על ידי גורמים מישוב אחר. יחד עם זאת נראה שקיימים קשרים מובהקים בין מדדי הצפיפות לבין מדדי העוני והאלימות והפשעה בישוב. עם זאת, כנראה שהשפעה זו היא חלקית ואף מוגבלת; לרוב היא תלויה מגזר, וכן בשל העובדה שהשפעת



משתנה העוני חזקה במיוחד, לעיתים היא גוברת או אף מבטלת את השפעתו של משתנה הצפיפות על רמת האלימות ושיעור עבירות הפשיעה בישוב.

---

## ניתוח צבירים במרחב לתוצאי הריון שלילים בלידות יחיד בישראל בשנים 2000-2014

ד"ר נדב לוי, אוניברסיטת בן גוריון

פרופ' מרי רודולף, ד"ר ליזה רובין, פרופ' איתמר גרוטו, ציונה חקלאי, ד"ר קרן אגאי-שי

**רקע:** במחקר זה אנו מציגים ניתוח מרחבי ראשוני ברמה ארצית למשקל לידה לגיל הריון ומקרים של LGA (large for gestational age) ו-SGA (small for gestational age) שנקשרו לתוצאי בריאות שלילים בלידות ובבגרות.

**שיטות:** המחקר בוחן 2,041,903 לידות יחיד ללא מומים מולדים, בשבועות 22-44, בשנים 2000-2014, ממרשם לידות חי במשרד הבריאות. לכל לידה שויכו מדדים סוציו-דמוגרפים על בסיס נתוני משרד הפנים ומיקום מרחבי ברמת הישוב.

הערכה של הטרוגניות ואוטוקורלציה מרחבית (global Moran I) בוצעה למשתנים הסוציו-דמוגרפים וניתוח לאיתור צבירים בסטטיסטיקת מונטה קרלו (Spatial scan -SaTScan- statistics) ובהגבלה של גודל אוכלוסייה מקסימאלית ל-10% ו-50%. נעשה שימוש במודל נורמלי למשתנה משקל מנורמל ומודל פואסוני ל-LGA ו-SGA.

**תוצאות:** משתנה דת הילוד נמצא כבעל פיזור מרחבי לא אחיד ושימש לתקנון בנייתו הצבירים. הצביר העיקרי (primer significant cluster) עבור SGA זוהה באזור הדרום, בישובים הארעיים ויישובי הקבע של הפזורה הבדואית (יחס צולב גולמי: 1.43, יחס צולב מתוקן: 1.39). גודל, עוצמת האפקט ומיקום הצביר לא השתנה לאחר תקנון לדת הילוד ולגדלי אוכלוסייה שונים. הצביר העיקרי שנמצא עבור LGA זוהה באזור הצפון, במחוז חיפה, נפת עכו ונפת עמק יזרעאל, בישובים יהודים (ל-50%, יחס צולב גולמי: 1.13, יחס צולב מתוקן: 1.11; ל-15%, יחס צולב גולמי: 1.14, יחס צולב מתוקן: 1.11). גודל הצביר השתנה לאחר הגבלת גודל האוכלוסייה אך מיקום מרכז הצביר לא השתנה. תקנון דת הילוד והגבלת גודל אוכלוסייה השפיעו על שינויים במרחב בצבירים השניוניים (secondary clusters). תוצאות ניתוח גולמי של הצביר העיקרי של משקל הלידה המנורמל תואם את ממצאי ניתוח ה-SGA **דין ומסקנות:** בעבר דווח על צביר של מומים מולדים באזור הפזורה הבדואית אך זוהי העבודה הראשונה שמדגימה צביר של SGA. הצביר שזוהה באזור הצפון ל-LGA דורש בחינה נוספת. הניתוח במחקר מבוסס על רמת הישוב, ובמחקר ההמשך אנו בוחנים ניתוח ברזולוציה

מרחבית גבוהה יותר. זיהוי צבירים במרחב אינם בהכרח מצביעים על אטיולוגיה אך הנם בסיס למחקר עתידי לבחינת הגורמים הסביבתיים המרחביים תוך נטרול השפעות סוציו-דמוגרפיות.

**תרומת המחקר:** ממצאי ניתוח מרחבי חשובים לקובעי מדיניות במערכות הבריאות והסביבה לשפור תוכניות ההתערבות. ניתוח מרחבי בתהליך מתמשך (ongoing process) אינו מתבצע כיום במשרד הבריאות ומומלץ שיופעל באופן רוטיני ויסייע בגיבוש מדיניות.

---

## **תכנון בסביבה משתנה**

### **שילוב ניהול מקיים של נגר במסגרת תכנון ערים ונופים בישראל: מעבר לאתגר הטכני**

שולה גולדן, טל אלון מוזס, נעמי כרמון, מישל פורטמן

בערים רבות בעולם שילוב אמצעים לניהול מי נגר במסגרת תכנון ועיצוב המרחב האורבני מזהה כערך שיש לקדם. לעומת תשתיות ניקוז קונבנציונליות, שמטרתן סילוק מים עיליים מהעיר במהירות מירבית, לניהול הנגר תועלות רבות במישור האקולוגי, החברתי והכלכלי. בנוסף להגנה מפני שיטפונות, ניהול נגר תורם להעשרת המגוון הביולוגי, הגדלת כמות ושיפור איכות מי התהום, ושיפור המראה והתפקוד של השטחים הפתוחים בעיר. מחקרים שונים שנערכו בחו"ל מצביעים על כך שאתגר ניהול הנגר אינו רק טכני אלא מחייב שינויים מוסדיים וחברתיים. המחקר מציג את המקרה של ניהול מקיים של נגר עירוני בישראל מהיבט מוסדי. הוא בוחן שינויים רגולטוריים, אדמיניסטרטיביים ומקצועיים אשר יקדמו שיטות לניהול מי נגר, ומצביע על תחומים בהם נדרשים שינויים.

המחקר מבוסס על מיפוי של השינויים שהתחוללו בגישה המקצועית, במדיניות, ובתכנון בהקשר של ניהול נגר, זאת באמצעות סקירת מחקרים ישראליים, מסמכי מדיניות ותכניות. בנוסף ערכנו ראיונות עם גורמים מקצועיים האחראיים לניהול נגר וניקוז ברמה האזורית והלאומית, וקיימנו סדנה וקבוצות דיון עם נציגי רשויות מקומיות ויועצים.

מצאנו שבמהלך שני העשורים האחרונים התחוללו שינויים משמעותיים במודעות, במדיניות ובשיח המקצועי. הללו תומכים בקידום ניהול נגר בגישה מקיימת. עם זאת, שינויים נוספים נדרשים על מנת להרחיב את המדיניות ולהביא ליישומה, לרבות שינויים בחקיקה, בחיבור בין מוסדות שונים, ובהגברת המודעות והידע המקצועי.

תוצאות המחקר מדגישות את הצורך בשינויים מערכתיים אשר ישפיעו על האסדרה, המשילות, הידע והשיח בתחום ניהול הנגר. המחקר ממליץ על הגברת שיתופי הפעולה המקצועיים בכדי להביא ליישום נרחב יותר של תכניות קיימות שבהן יש התייחסות לניהול נגר. במקביל יש להעלות את המודעות הציבורית לתועלות הרבות והמגוונות של גישה זו.

המחקר מוסיף נדבך חשוב לפרדיגמת ניהול מקיים של נגר המתמקד בהיבט החברתי-מוסדי. תרומתו הן לקידום מדיניות סביבתית בישראל, והן לשיח הבינלאומי בנושא ניהול נגר מקיים בעיר.

---

## **ניתוח מחזור חיים רב מטרתי להערכת הקיימות של חלופות לשימוש חוזר עירוני במים, ברמות ריכוזיות שונות**

ד"ר תמר עופר, הטכניון

פרופ' אביעד שפירא, ד"ר ערן פרידלר

**רקע:** שפכים עירוניים הינם מקור מים זמין תמידית. לאחר טיפול מתאים ניתן להשיבם לשימושים שונים, בעיקר כאלה שאינם מצריכים איכות מי שתייה. בכל העולם המפותח נהוגה גישה ריכוזית להשבת שפכים, אך בשנים האחרונות עולות שאלות באשר ליתרונותיה של גישה זו, בעוד העניין במערכות מבזרות הולך וגדל.

**שיטות:** במסגרת ניתוח רב-מטרתי של מחזור החיים של מערכת המים והשפכים העירונית של עיר ישראלית היפותטית, הושוטה הגישה הרווחת - ללא שימוש חוזר עירוני, עם שלוש חלופות לשימוש חוזר בהדחת אסלות והשקיה. החלופות נבדלות במידת ריכוזיות הטיפול וההשבה, החל בריכוזיות מלאה: כל שפכי העיר נאספים למתקן טיפול מרוחק וקולחים שלישוניים מסופקים בחזרה לעיר, דרך ביזור חלקי - השבת מים אפורים ברמת המבנן (8 בנייני מגורים) וכלה בביזור מלא - השבת מים אפורים ברמת הבניין (40 משקי בית).

נעשה שילוב ייחודי בין שלוש מתודולוגיות של ניתוח מחזור חיים (LCA להיבט הסביבתי, Social LCA לחברתי ו-LCC לכלכלי) עם שיטה לניתוח החלטות מרובות משתנים: AHP (תהליך היררכי אנליטי). ה-AHP שימש הן באיסוף והן באינטגרציה של חוות דעת מומחים לגבי המשקלים החסיים של המשתנים הרבים המרכיבים את שאלת מידת הקיימות של החלופות השונות.

**תוצאות:** שימוש חוזר עירוני עשוי להפחית את ההשלכות הסביבתיות והכלכליות של מערכת המים והשפכים העירונית, ולהגדיל את התועלות החברתיות שלה. חלופת השימוש החוזר

ברמת המבנן קיבלה את ציון הקיימות הגבוה ביותר מבין החלופות שנבחנו. AHP הוכח ככלי יעיל לשיתוף בעלי עניין ולפתרון המכשולים הכרוכים באיחוד תוצאות שלוש השיטות של ניתוח מחזור החיים לכדי ציון יחיד וכולל של קיימות.

**דיון ומסקנות:** טיפול מבוצר ושימוש חוזר ביתי בעיר הינו פתרון בר קיימא יותר מהשיטה הנהוגה כיום. לפתרונות שונים ישנם יתרונות שונים, אך באופן כללי טיפול והשבה ברמת המבנן היא החלופה העדיפה מבין השלוש שנבחנו. בין התועלות הפוטנציאליות במעבר לגישה מבוצרת בניהול שפכים עירוניים: חסכון במים ובמשאבים אחרים, הפחתה בצריכת האנרגיה ובעלויות התפעול והגברת המעורבות הקהילתית. לשילוב של AHP ערך רב בהנגשת המידע המורכב בדבר כלל היבטי הקיימות למקבלי ההחלטות.

**תרומת המחקר:** המחקר תורם לתחום המחקר הן ברמת המתודולוגיה, דרך שילוב של שיטות ניתוח הלקוחות מתחומים שונים והן כמקרה בוחן מעמיק ומקיף של מערכת ניהול משאבי המים העירוניים. בהקשר הראשון, הוצעה דרך לביצוע אינטגרציה של שלושת היבטי הקיימות לכדי ציון כולל העושה שימוש בשיקול דעתם של מומחים או בעלי עניין וגובשו קריטריונים להערכת התועלות החברתיות הנגזרות משימוש חוזר במים במגזר העירוני. התרומות העיקריות של מקרה הבוחן הן בהצגת ניתוח סביבתי, חברתי וכלכלי, כמו גם הערכת קיימות כוללת, של מחזור החיים השלם של ניהול המים העירוני בישראל. ממצאי המחקר עשויים לקדם מדיניות ניהול בר קיימא של משאבי המים בישראל.

---

## **הבדלים אתניים בתגובה לחשיפה לעקות סביבתיות בערים קטנות בישראל**

פרופ' יצחק שנל, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר דיאנה סעדי, ד"ר קרן אגאשאי, פרופ' עימנאל תירוש

**רקע:** ערים הן מוקדים של עקות סביבתיות בעוד פארקים מתפקדים כסביבות משקמות. מספר מחקרים מלמדים על הבדלים אתניים בתגובה לעקות סביבתיות הן בגין קושי להתמודד עם גזענות והן בגין אימוץ של סגנון חיים בריא יותר או פחות. המחקר עד כה לא מאפשר לבחון את האפשרות של הפרדה בין ההסברים המוצעים ולבחון את ההשפעה האפשרית של בני קבוצה אתנית מסוימת להסתגל לתפוצה של גורם עקה סביבתית כרעש לדוגמה.

**שיטות:** אוך המחקר היא 48 נשים מוסלמיות ו-24 נשים יהודיות מאזור הגליל התחתון. כולן צעירות בריאות שלא נטלו סמים אלקוהול או תרופות לפני ובזמן הניסוי. המדד לעקה סביבתית הוא Heart Rate Variability גורמי העקה שנבחנו הם רעש עומס תרמאלי ופחמן חד חמצני. המדידות נערכו בשש סביבות: פארק, מרכז עיר ורחוב מגורים שקט כשכל נחקר נבדק

בסביבות אלה בנצרת הערבית ובעפולה היהודית. הנחקרות בילו כחצי שעה בכל תחנה בה מדדנו ישירות במקום את כל הערכים של המשתנה התלוי והמשתנים הבלתי תלויים באמצעות מכשירים ניידים. הניתוח מבוסס על מודל מעורב.

**תוצאות:** נשים נחשפות לרמות עקה גבוהות גם בערים קטנות כמו עפולה ונצרת. פארקים הם בעלי השפעה חזקה ביותר על התרגעות הנסיינים ללא הבדלים אתניים יהודיות נמצאו רגישות יותר לעקות סביבתיות ממוסלמיות. תוספת רעש, עומס חום ו-CO במרכז העיר גרמה רק לשינוי קטן ברמות HRV בקרב הנחקרות משתי הקבוצות. נשים ערביות לא סבלו מעליה ברמות העקה כתגובה לחשיפתן למינונים גבוהים יותר של גורמי עקה במרכז העיר.

חציה של גבולות אתניים מלווה בעליה משמעותית ברמות העקה של מוסלמיות ויהודיות בשלושת טיפוסי הסביבות.

הפער ברמות העקה עקב חציית גבולות אתניים גדל באופן משמעותי בעקבות פריצת האינתיפאדה.

יהודיות סובלות מתוספת עקה גבוהה יתר ממוסלמיות בחציית גבולות אתניים.

**דיון ומסקנות:** המחקר מאושש את התיאוריה של גזענות אבל גם מלמד כי קיימים הבדלים תרבותיים בתגובה לחשיפה לעקות סביבתיות בין מוסלמיות ליהודיות. כמו כן המחקר מלמד כי גם בערים קטנות רמות העקה של מבקרים הן גבוהות יחסית ושלפרקים יש השפעה מרגיעה משמעותית גם בערים אלה.

**תרומת המחקר:** יש רק מעט מחקרים הבוחנים הבדלים אתניים ומעט מחקרים שנערכו בערים קטנות. היכולת לבודד את ההסבר של חשיפה לגזענות מהסבר תרבותי היא ייחודית למחקר זה.

---

## **"נגד מיקום בחצרי" - גורמים, מאפיינים ופתרונות לתופעת ה"נמב"י" בישראל, בהדגמה על מיזמי תשתיות אנרגיה**

ד"ר בני פירסט, פרופ' מישל פורטמן, הטכניון

**רקע:** במהלך שני העשורים האחרונים עדים מקבלי ההחלטות, אנשי מקצוע ויזמים בתחום התכנון המרחבי והסביבתי להתגברות תופעת ה"נמב"י" (NIMBY: not in my back yard); "נגד מיקום בחצרי": התנגדות עיקשת של ארגונים ופעילים מקומיים לאישור תכניות ולהקמה של מיזמים שונים בסמוך למקום מגוריהם. תופעת הנמב"י מופיעה במספר צורות שונות: בחלק

מן המקרים ההתנגדות מובלת על ידי תושבי המקום בלבד, ובאחרים – תוך שיתוף פעולה עם הרשות המקומית. יש מצבים בהם ההתנגדות נשענת על טיעונים מקצועיים ומדעיים, ויש מצבים בהם ההתנגדות היא עיקשת ללא הסבר רציונלי מוצק. בחלק מהמקרים, ההתנגדות אינה מוצגת בהכרח כמאבק מקומי בלבד ודאגה "חצר" הפרטית, אלא כמאבק סביבתי ציבורי כללי, שהביטוי שלו הוא מקומי.

לתופעת הנימב"י השלכות רבות: ראשית, התוצאה היא לעתים עיכוב משמעותי בתהליכי פיתוח של תשתיות לאומיות חיוניות, שבחלקם טמון פוטנציאל חיובי וחיוני לשיפור סביבתי לכלל הציבור (כדוגמת הגז הטבעי). עיכובים מסוג זה הינם בעלי משמעות כלל משקית אדירה, בין היתר בהיקף הכלכלי שלהם.

שנית, תופעה זו מעוררת שאלות בתחום הצדק הסביבתי והחברתי, וזאת בשני מישורים: האחד – במאזן שבין טובת ורווחת הציבור המקומי המוביל את המאבק לבין טובת כלל הציבור במדינה שהתשתית האמורה צפויה לשרת אותו ולשפר את רווחתו. המישור השני נוגע למידת השונות ביכולתן של קבוצות אוכלוסייה שונות לנהל מאבק נמב"י ולהצליח בו.

**שיטות:** בשל אופיה של תופעת הנמב"י כסוגייה חברתית, נערך המחקר בגישה איכותנית, שעוצמתה בתיאור עיוני ואיפיון עומק של תופעות חברתיות. לפיכך המחקר מתבסס על סקירת ספרות העוסקת במחאה ציבורית בכלל ובהתנגדויות מקומיות בפרט, ממנה גובש מודל תיאורטי ששימש לניתוח שני מקרי בוחן הקשורים למיזמי תשתיות אנרגיה: תמ"א37' (הקמת מתקני הטיפול בגז טבעי); תמ"א32 (הקמת אתרי איחסון גפ"מ). איסוף הנתונים מתבסס על חומרים ראשוניים מארכיונים, תקשורת מודפסת ודיגיטלית, פרוטוקולים של ועדות תכנון סטטוטוריות וראיונות עומק עם שחקנים רלוונטיים.

**תוצאות:** המחקר, הנערך במסגרת השתלמות פוסט דוקטורט בטכניון, נמצא בעיצומו ולכן מסקנות ראשוניות יוצגו בכנס (פתרונות אפשריים להתמודדות עם תופעת ה"נימב"י").

**דיון ומסקנות:** מסקנות ראשוניות יוצגו במהלך ההרצאה.

**תרומת המחקר:** מבחינה תיאורטית הנושא כמעט ולא נחקר או נלמד בישראל, ומחקרים שנעשו במדינות אחרות לא תמיד יהיו רלוונטים לישראל בשל הרכיב המשפיע ביותר על אופי תופעת הנמב"י, הלא הוא התרבות המקומית. התרומה השניה היא בהיותו של המחקר בעל אופי יישומי, שכן תופעת הנמב"י עולה לא אחת בדיון התכנוני, ובמרבית המקרים היא בעלת אופי של קונפליקט לא פתיר.

---

## מימוש שמירת טבע ימית באזורי תשתיות מאובטחות

ערת שבתאי

גידול באוכלוסיית האדם מביא לצריכת משאבים מוגברת מהסביבה הימית כגון אנרגיה, מזון ומרחב. כתוצאה מכך, שמירת טבע ימית עומדת בפני אתגרים הקשורים בהקמת תשתיות ימיות אשר גורמות לפגיעה בבתי גידול ומגוון מינים. מטרת מחקר זה היא שילוב של שמירת טבע ימית באזורים המוקדשים לפעילות אדם ותשתיות ימיות על מנת שאלו יהוו תמיכה למערכת האקולוגית במקום פגיעה בה.

בחנו אזורי תשתיות מאובטחים לאורך חוף הים התיכון הישראלי אשר אליהם מוגבלת גישה של הציבור הרחב ודייגים מטעמים ביטחוניים ובטיחותיים. באמצעות סקרי שטח הערכנו את מגוון המינים ותפוצתם ברחבי התשתיות והשתמשנו בכלי Ecopath לצורך מידול המערכת האקולוגית באזור התשתיות. מודל זה שימש אותנו בבחינת תרחישי ניהול שונים של התשתיות והשפעת הניהול על התרומה האפשרית לשמירת טבע ימית באזורים אלו. בהתבסס על התוצאות הצענו גישה לתכנון מרחבי ימי שמטרתו פיתוח בר קיימא המדגיש ערכי שמירת טבע ימית דרך שימוש בכלי מדיניות ויישום מתאימים.

סקרי השטח הראו מגוון מינים ומספר מינים נדירים גבוהים באזורי התשתיות לעומת שטחי הביקורת. בחינת תרחישי הניהול הראו כי אכיפת איסור הגישה לקהל הרחב ודייגים יביאו לשמירת על מינים נדירים ובסכנת הכחדה באזור, דבר שיכול לתרום להעלאת הקישוריות בין בתי גידול ושמורות טבע ימיות לאורך החוף. תוצאות מחקר זה מהוות תרומה ייחודית ועידוד לפיתוח בר קיימא ולניהול המבוסס צרכי מערכת אקולוגית אשר חשובים לתחום התכנון המרחבי הימי, כיוון שהם מדגימים גישה ייחודית למימוש שמירת טבע ימית מחוץ לגבולות שמורות הטבע הימיות לאורך החוף.

## ניצול מושכל של מקורות מים זמינים

### סילוק מוצקים מרחפים: הדגמת השפעת המינון על הצלחת הטיפול

פרופ' גיורא ריטבו, המכללה האקדמית תל-חי

**רקע:** שכפים שונים מכילים כמות ניכרת של מוצקים מרחפים המקשים על הטיפול והשבת המים. בעיה זו בולטת בעיקר בשפכים תעשייתיים ועלולה להיות קריטית במספר מקרים, בהם המוצקים מביאים לסתימה מוחלטת של מערכות הטיפול, כמו בשפכי בתי בד, שפכי רפתות, ועוד.

קיימות שלוש סיבות להמצאות חלקיקים מרחפים: המטען החשמלי של החלקיקים הקולואידיים הדוחים אלו את אלו, גודלם הקטן של החלקיקים, ובשפכים אורגניים גם מתווספת העובדה שצפיפות החלקיקים דומה לזו של המים.

ניטרול המטען הקולואידיאלי קריטי לקבלת תהליך יעיל של הורדת המוצקים המרחפים עבודה זו מתארת ניסוי הדגמה המתאים לסטודנטים ולתלמידים, בו ניתן להראות באופן מוחשי את האופטימיזציה הנדרשת בטיפול הסרת מוצקים מרחפים. המצאות מכשור ספציפי גם תאפשר מדידת קשר ישיר בין מטען הקולואידיים לבין המינון האופטימלי הדרוש לניטרול.

**שיטות:** לשם ביצוע הניסוי נדגמו שפכי תעשיית ייצור שמן הזית (Olive Mill Wastewater - OMW). מטען הקולואידיאלי של השפכים נמדד באמצעות מכשיר Streaming Current Monitor (SCM). באותה שיטה נמדד מטען תרחיף ננומרוכבי חרסית-פולימר ששימש כקואגולוקולנט להסרת המוצקים המרחפים.

המינון האופטימלי נקבע על ידי הכמות הדרושה לניטרול המטען הקולואידי. תוצאות הניסוי נמדדו במספר שיטות: א) מדידה סטנדרטית של מוצקים מרחפים על ידי העברת נפח ידוע דרך נייר סינון, ב) מדידת עכירות בעזרת מכשיר מתאים, ג) מדידת פיזור של אור בעזרת צנטריפוגה אנליטית שמנתרת את האור העובר דרך כל נקודה במבחנה כתלות בזמן.

**תוצאות:** התוצאות מראות שהצללה יעילה ומהירה מתקבלת רק כאשר המינון תואם בקירוב לניטרול המטען (בין 70-150% ממטען הקולואידיאלי של הדוגמא). במינונים נמוכים או גבוהים מהתווך הזה מתקבל הצללה הרבה פחות טובה, ריכוז המוצקים המרחפים הנותרים בדוגמא הוא גבוה, והטיפול אמנם נכשל.

**דיון ומסקנות:** הניסוי מראה באופן פשוטני איך ניתן להדגים תהליך בו הריכוז האופטימלי איננו בהכרח נקבע על ידי שיקולים של עלות בלבד, אלא שיש להתאימו לתכונות הפיזיקו-



כימיות של השפכים שיש צורך לטפל בהם. התוצאות החזותיות של הניסוי ברורות וחד משמעיות מה שמאפשר להדגים בפני סטודנטים ותלמידים את רגישות התהליך.

**תרומת המחקר:** כפי שנאמר, התוצאות החזותיות של הניסוי ברורות וחד משמעיות מה שמאפשר להדגים בפני סטודנטים ותלמידים את רגישות תהליך הסרת המוצקים המרחפים משפכים. ניתן לקיים על התופעה דיון רחב היקף בנוגע לגורמים השונים המשפיעים גם בסביבות טבעיות על תהליכים כגון אלו.

---

## אפיון ואופטימציה של ביופילם עם שטפי אוקסי-אניונים גבוהים ב- IEMB (Ion Exchange Membrane Bioreactor)

ליאור פרקש, אוניברסיטת בן גוריון

פרופ' ג'ק גילרון, פרופ' זאב רונן, פרופ' יורם אורן

**רקע:** זיהום מי-התהום ב-oxyanions (פרכלוראט, ניטראט וכלורט) כתולדה מפעילות תעשייה צבאית באזור רמת-השרון ורחובות הביאו לריכוזים גבוהים במי-התהום שמסכנים מקורות מי-שתייה.

מחקרים קודמים שעסקו בבחינת הרחקת פרכלורט באמצעות IEMB ממי-תהום הראו יעילות גבוהה בהרחקת ריכוזים נמוכים (עד 10 מג"ל). עד כה, בכל המחקרים האוקסיאניונים שחדרו את הממברנה חוזרו באופן מלא על-ידי הביופילם הצמוד לממברנה בצד הביולוגי אולם השטפים הוגבלו ע"י הממברנה (ACS) שנבחרה להפעיל את ה-IEMB, כיום מצאנו ממברנה מתאימה (PCA-100) שמאפשרת שטפים גבוהים. מטרת המחקר היא לבחון את ביצועי הממברנה מבחינת שטפים, לאפיין את הביופילם ולבצע אופטימציה למעבר חומר. **שיטות:** הרצות מערכת CSTR עם דיאליזת דונן לבדיקת תפקוד הממברנה ומציאת עקומת כוח מניע מול שטף, הרצות ביולוגיות בתנאים משתנים שיאפשרו בחינה של תפקוד הביופילם. איסוף שוטף: pH, טמפרטורה ו-ORP. אנליזות ב-Dionex. האנליזות הביולוגיות יכללו בין השאר בדיקת עובי ביופילם, נפח ביולוגי, dead/live/EPS באמצעות מיקרוסקופ קונפוקלי, qPCR לגנים פונקציונליים, ריצוף ועוד

**תוצאות:** השטף המקסימלי המתקבל בהרצה של דיאליזת דונן הוא 42, 70 ו-40 (מילימול 2 שעה) עבור פרכלוראט, ניטראט וכלוראט נצפתה תופעה של ירידה אינטנסיבית בשטפי האוקסיאניונים בכ-20-50% כתוצאה מהתעבות הביופילם, עם העלאת ספיקת הסחרור פי 2 במטרה לגזור את הביופילם, נצפתה עלייה משמעותית בשטפים המתקבלים.

ישנה עלייה ב-13% בשטפי הפרכלוראט המתקבלים (80 מילימול מ2 שעה) בהפעלת המערכת עם ביופילם.

**דיון ומסקנות:** בהפעלה הביולוגית כתוצאה מחיזור מלא של האוקסיאניונים בצד הביולוגי, נוצר כוח מניע חזק יותר המאפשר שטפים גבוהים יותר.

כעבור כ-24 שעות מתבסס ביופילם יעיל, דבר הגורם לחיזור מלא של האוקסיאניונים- מחזקת את ההשערה שרובו ככולו של החיזור מתרחש בקצבים מהירים בביופילם ולא באוכלוסייה הפלנקטונית שבראקטור.

כאשר הביופילם כבר מבוסס היטב, גזירה שלו לא תועיל לטווח משמעותי של זמן, ניכרת צניחה בשטפים תוך פחות מ-48 שעות כתוצאה מחריגה מהעובי הקריטי.

נדרש מציאת טווח צר של עובי ביופילם שבו ניכרת התנגדות משמעותי להעברת חומר.

**תרומת המחקר:** פעם ראשונה שהמחקר מבוצע עם ממברנה שמאפשרת שטפים גבוהים (פי 10~ ממחקרי-עבר) וזה מאפשר לבחון תפקוד ומבנה של הביופילם שנועד לחזר את האוקסיאניונים בשטפים הגבוהים שלא נתקלו בהם בעבר.

---

## **מחזור המים המהפכני של המאה ה-21: אתגרים באיכות מים וטכנולוגית חלקיקים ופיצוחם**

פרופ' אבנר עדין, האוניברסיטה העברית ירושלים

**רקע:** במחזור המים בישראל חלה בשנים האחרונות מהפיכה, המצריכה שינוי תפיסה לאומי ומקצועי: אספקת מים ממקורות מלאכותיים מכתיבה צורך בניהול איכות המים המסופקים יותר מאשר ניהול הכמות. חלקיקים במים מהווים מרכיב איכות דומיננטי במקורות השונים במיוחד בגדלים של ננו עד מיקרו והמדע והטכנולוגיה להפרדתם משחקים תפקיד מרכזי בניהול האיכות והשפעתה על האדם וסביבתו.

מטרת העבודה היא להגדיר ולאפיין את מחזור המים החדש המערב מים טבעיים ומלאכותיים, למקד את אתגרי האיכות/חלקיקים שהוא מציב בפני חוקרים, מתכננים ומקבלי החלטות ולהצביע על כיוונים מחקריים, טכנולוגיים וניהוליים לעמידה בהם.

**שיטות:** לאחר השוואה בין מחזורי המים הטבעי-מסורתי והחדש, מוצגים מספר סוגי אתגרים הנובעים מהאחרון, בהם מיזוג איכויות מים שונות במערכת האספקה ובקרתן, שינוי כיווני זרימה בתשתיות קיימות, תקנות איכות מתקדמות ושיטות חדשניות לטיפול במים ושפכים וכן מודלים כלכליים-חברתיים-ניהוליים מתאימים.

**תוצאות:** אתגרי איכות המים הם רבים, כמה מהחשובים: (א) מים עליים - פרוטוזואה, וירוסים, אצות, ננוחלקיקים; (ב) מי תהום - מיקרומזהמים אורגנים, מתכות כבדות; (ג) שימוש חוזר במים - בורון, מליחות, שאריות תרופות; (ד) התפלה - ביופאולינג של ממברנות, קורוזיה, מחסור במינרלים במי המוצר. זה סולל את הדרך למגוון חידושים, המתפתחים בחלקם במעבדות האוניברסיטאות, אך בעיקר בחממות טכנולוגיות שמובילות הממשלה או תעשיות ומשקיעים פרטיים. מסננים עם מדיה גמיש או סיבי, שיטות אלקטרוכימיות שניתנות להיברידיזציה עם אגנים ירוקים או ממברנות, טיפולים ביולוגיים אירוביים באנרגיה נמוכה, ממברנות בעלות שטפים מוגברים, הם חלק מן הטכנולוגיות החדשניות, המספקים את קרש הקפיצה לניהול בר קיימא של משאבי המים. תקנות איכות המים ואכיפתן הם הכוח המניע את הפיתוח. (Public-PPP Partnership-Private), קרנות ייעודיות למחקר ושת"פ אקדמיה-תעשייה נדרשים לעמידה באתגרים.

**דיון ומסקנות:** איכות המים היא הגורם המגביל. הקשר המחזורי הרחב בין סוגי המים השונים וההיבטים הבריאותיים, הסביבתיים והתהליכיים הנובעים ממנו מציבים אתגרים מדעיים-טכנולוגיים ברמה הגבוהה ביותר. אלה כוללים בין היתר את תחומי הטיפול המתקדם, איזון מים מבחינת המינרלים, ביטחון ובטיחות מים, בקרה בזמן אמת ותכנון מערכת. קיים הצורך בגישה הוליסטית לתכנון מערכות מים ושפכים בפרט ומערכות סביבתיות בכלל.

### **תרומת המחקר:**

1. הבנה בקרב מקבלי החלטות וגם הציבור הרחב, שלהתגברות המבורכת של מדינת ישראל על המחסור במים בעזרת השבת מים והתפלה, יש מחיר - אתגרים באיכות מים שמחייבים פתרונות מדעיים וטכנולוגיים לא פשוטים, אך ניתנים להשגה.
  2. מיקוד ההשקעות בעמידה באתגרים המצויינים במאמר בעדיפות גבוהה, תוך הישענות על תקנות איכות המים ושיפור תקופתי שלהן.
  3. גישה הוליסטית - הבנה והפנמה שטיפת מים שניכנסת לצינור בצד אחד, עוברת את הברז בבית, ממשיכה למערכת הביוב ולמתקן הטיפול בשפכים ומשם מגיעה ברוב הסיכויים למערכת ההשקייה, ממנה לצמח אך גם לקרקע ומשם לתת הקרקע או לנחל וחוזר חלילה. על כל שלב להבחן סביבתית ובריאותית.
-

## השפעת השקיה במים אפורים על מדדי איכות קרקע

עדי מימון, פרופ' עמית גרוס - אוניברסיטת בן גוריון

**רקע:** שימוש במים אפורים להשקיית גינות הינו פרקטיקה מקובלת ומוסדרת בחקיקה במקומות רבים בעולם. בבסיס ההסדרה של השימוש במים אפורים עומדים מחקרים רבים המאפיינים את הסיכונים הכרוכים בשימוש זה. אולם, בניגוד לסיכונים תברואתיים אשר לבחינתם ישנם מודלים כמותיים ודרכי הערכה מקובלות, בחינת הסיכונים הסביבתיים מאופיינת בהערכות כלליות ואיכותניות.

**שיטות:** במחקר זה השתמשנו במסגרת עבודה להערכת ניהול קרקע בכדי לכמת את המידה וכיוון ההשפעה של השקיה במים אפורים על אינדקס איכות הקרקע. אינדקס איכות הקרקע משתמש בשיטות סטטיסטיות ומתמטיות בכדי לנרמל את תוצאות המדדים לסקלה אחת ולתת להם משקל על פי מידת השפעתם על השונות בין הטיפולים.

**תוצאות:** תוצאות המחקר הראו כי שני המדדים הרגישים ביותר להשקיה במים אפורים היו זווית המגע המייצגת את רמת ההידרופוביות בקרקע ויציבות הקרום שעל פני הקרקע. בבחינת הממד הכללי של איכות הקרקע נמצאה מגמת ירידה באיכות קרקע שהושקתה מעל לשנה במים אפורים גולמיים לעומת מים אפורים מטופלים ומים שפירים.

**דיון ומסקנות:** השקיה במים אפורים מטופלים לא השפיעה משמעותית (בהשוואה להשקיה במים שפירים) על איכות הקרקע בחול. ממצא זה מצטרף לממצאים קודמים מהם ניתן להסיק שהסיכון הסביבתי הכרוך בשימוש במקור מים זה להשקיית גינה הינו נמוך.

**תרומת המחקר:** מחקר זה מניח בסיס לבניית מסגרת עבודה להערכה כמותית של הסיכונים הסביבתיים הכרוכים בהשקיית גינות במים אפורים. הערכת סיכונים מקיפה תתרום להסדרה של שימוש בטוח במשאב מים זה.

---

## שיקום מי תהום כערך אסטרטגי – צו השעה לשמירה על משק מים מגוון

שרית כספי-אורון, אדם טבע ודין

**רקע:** היצע המים הטבעיים של מדינת ישראל עומד קיום על כ-1,200 מלמ"ק. ההערכה היא שבשנת 2050, שינוי אקלים יוביל להפחתה בהיצע המים הטבעיים, תוך שמדינת ישראל תצטרך להפיק כ-2,500 מלמ"ק מי שתייה על מנת לענות על צרכיה של אוכלוסיה הולכת וגדלה, כמו גם לעמוד בהתחייבויות של הסכמי מים עם שכניה. מקורות המים הטבעיים של המדינה נמצאים תחת איום מתמיד מזיהום. יותר מ-300 בארות מי שתייה הושבתו במהלך

30 השנים האחרונות עקב זיהום, כאשר קרוב לחצי מהם סובלים מריכוז חנקה מעל לתקן מי השתייה.

נפח המים המזוהמים ממקור תעשייתי מוערך בכ-1.7 מיליארד מ"ק, וזה בנוגע לאקוויפר החוף בלבד.

במטרה להגביר את היצע מי השתייה, הוקמו חמישה מתקני התפלה המספקים קרוב ל-600 מיליון מ"ק מים בשנה ומהווים למעשה כ-70% ממי השתייה. כמו כן, רשות המים פועלת להחזיר לפעולה בארות שנסגרו מזיהום ומציעה לבעלי הבארות תמריצים שונים. אך למעשה רק 22% מתוך 200 הבארות שחזרו להפקה מטופלות להרחקת מזוהמים והבאת המים עד לרמת איכות מי שתייה.

**שיטות:** בדקנו את העלות של טיוב באר מזוהם בחנקות לעומת עלות הפקת מי ים מותפלים, כולל עלויות חימום. כמו כן, בחנו את האיומים על אספקת המים הסדירה ממתקני התפלה, כולל איומים ביטחוניים, מכוחות הטבע, זיהום מי הים, תקלות תפעוליות וקשיים כלכליים של בעלי המתקנים.

**תוצאות:** נמצא כי קיים פער משמעותי בעלות החיצונית של טיוב באר לעומת התפלת מי ים אשר מוביל לחיסכון למשק של כ-0.60 ש"ח לכל מ"ק מים מיוצרים לטובת טיוב בארות. אירועי זיהום ים הובילו להשבתתם הזמנית של מתקני ההתפלה. זוהו יתרונות אסטרטגיות לשמירה על מגוון מקורות מים, ביניהם מאגרי מי התהום.

**דיון ומסקנות:** על מנת למקסם את התועלת למשק, הן מבחינה כלכלית והן מבחינה אסטרטגית, יש לפעול לטיוב בארות ולשיקום מי תהום מזוהמים. לצורך כך, על רשות המים להציע תמריצים לטיוב בארות וכן להכין תכנית פעולה לשיקום מי התהום המזוהמים. יש לתקן את החוק על מנת לחייב את השיקום של מי התהום ולהבטיח את התקציבים הנדרשים ליישם חובה זו.

**תרומת המחקר:** מחקר זה עוסק בשאלה של ניהול משאבי מים והינו מסמך כלכלי-מדיני עם המלצות מדיניות לניהול משק המים.

---

## שימוש בננו-חלקיקי פחמן מגנטיים להרחקת חיידקים ממים

מאיה אנגל

אחד המקורות הבולטים להפצת מחלות זיהומיות הוא מי שפכים, המהווים מצע גידול לחיידקים גורמי מחלה, שעלולים להזיק לבריאות הציבור. סילוק החיידקים ממי השפכים נדרש על מנת למנוע מצב של התפשטות מחלות אלו. שימוש בננו-צינוריות פחמן – חלקיקים בעלי יכולות

ספיחה גבוהות ותכונות אנטי-בקטריאליות, מסתמן בשנים האחרונות כדרך מבטיחה לטיפול במים. לצד השימוש בננו-חלקיקי הפחמן לקטילת וספיחת החיידקים, קיים צורך להרחיק מהמים ואף לעשות בהם שימוש חוזר - תכונה נוספת שתסייע לצמצם את הצריכה, לייעל את התהליך ולהקטין עלויות. לשם כך סנתזנו חומר מרוכב העשוי ננו צינוריות פחמן ותחמוצות ברזל המקנות לו תכונות מגנטיות.

מטרת המחקר המרכזית שלנו היא להעריך את יעילות הרחקת החיידקים על-ידי החומר המרוכב. לצורך זה חשפנו חיידקי *E. coli* לחומר המרוכב במינון של 0.5 מ"ג/מ"ל. החומר המרוכב הרחיק מעל 96% מן החיידקים בכל הריכוזים שנבדקו. הרחקת החיידקים כומתה באמצעות שיטת הספירות הישירות וקטילתם אובחנה בעזרת מיקרוסקופ פלורסנטי ומיקרוסקופ אלקטרוני סורק. בתום זמן החשיפה, הופרד החומר המרוכב מהתמיסה באמצעות מגנט, נשטף בתמיסת סידן כלורי ומים מזוקקים ולאחר מכן נחשף לתמיסה חדשה של חיידקים. יעילות ההרחקה נותרה גבוהה גם לאחר שלושה מחזורי שימוש. נמצא כי לחומר המרוכב שני מנגוני הרחקה: הראשון, קטילה של חיידקים על-ידי הרס דופן החיידק והשני – על-ידי ספיחה של חיידקים חיים. הרס דופן החיידק עלול להתרחש בעקבות עקה חמצונית ו/או בעקבות חירור פיזי של הממברנה. ממחקרנו עולה כי לחומר המרוכב העשוי ננו-צינוריות פחמן ותחמוצות ברזל פוטנציאל גבוה לשמש כחומר אנטי-בקטריאלי ולהבטיח שימוש בטוח במי שפכים מושבים.

---

## Environmental Dissemination of Antibiotic Resistant Bacteria and Resistance Genes by Wastewater Treatment Plants

היתם פאוקה, אוניברסיטת בר אילן

פרופ' ניצן ישעיהו, פרופ' עבד נאסר

**Background:** This study was conducted to evaluate the influence of wastewater treatment processes on the prevalence of antibiotic resistance faecal coliforms (FC) and antibiotic resistance genes of FC. Furthermore, the influence of wastewater effluents on the dissemination of ARB and ARGs in receiving surface waters was evaluated.

**Methods:** FC were isolated from secondary effluent and tertiary effluent disinfected by either chlorine or by UV. Antibiotic resistance was tested against 12 types of antibiotic by the disk diffusion method. FC antibiotic resistant colonies from each effluent were tested for the presence of ARGs (ampC,

blaSHV, tetA and tetB). Furthermore, the prevalence of AR heterotrophic bacteria (HTB) and ARGs in effluents and receiving waters (six sampling sites) was determined against ampicillin, tetracycline and chloramphenicol.

**Results:** Multidrug resistances were observed in FC isolates. The prevalence of ARG tetB and blaSHV was the lowest in isolates from chlorine disinfected effluent. The prevalence of ARG blaSHV was highest in FC isolated from effluent disinfected by UV.

The highest resistance of HTB was observed against AMP, which ranged between 75% in the Yarkon stream down to 3% in the sea water. However, for tetracycline and chloramphenicol, lower resistance was observed (0.1% to 0.7%). For  $\beta$ -lactam resistant gene, AMPc and blaPSE1 were more prevalent than blaSHV in effluents and surface water. For the tetracycline resistant genes, tetA and tetC were more prevalent compared to tetB, which was found highly prevalent in secondary effluent and decreased in the receiving water bodies. The prevalence of the monitored chloramphenicol resistant genes, CAT and Flor, was similar in UV effluent and samples from the receiving water bodies.

**Discussion and conclusions:** The results of the study demonstrate the wide spread prevalence of ARB and ARGs in wastewater and receiving water bodies.

---

## הרחקת חנקות ממי תהום באמצעות חילוף יונים וביורגנרציה

ד"ר שלדון טר ופרופ' אמר' מיכל גרין, הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון

טכנולוגיות קיימות להרחקה ביולוגית או פיסיקו-כימית של חנקות ממי תהום ישימותן מוגבלת כתוצאה מחששות לגבי האיכות המיקרוביאלית של המים המטופלים או כתוצאה מתחיקה מגבילה להרחקת התמלחת (תוצר הלוואי של התהליכים הפיסיקו-כימיים).

בשנים האחרונות פותחה בטכניון מערכת להרחקת חנקות ממי תהום המבוססת על חילוף יונים וביו-רגנרציה. להרחקת החנקות משמשת עמודת מחליף יונים המכילה שרף סלקטיבי ואילו שלב הרגנרציה לאחר שהשרף רווי מתבצע באמצעות תמלחת ממוחזרת. לאחר הרגנרציה התמלחת העשירה בחנקות מועברת לראקטור ביולוגי (SBR) שם החנקות

מחוזרות לחנקן גזי. לפני השבתה של התמלחת הנקייה מחנקות לשימוש חוזר כרגנרט היא עוברת אוזונציה לטיפול משלים שמטרתו סילוק מרחפים ושאריות חומר אורגני.

תהליך הפיתוח כלל מתקן מעבדתי ולאחריו מתקן חלוץ על מי באר מזוהמת בקרבת מושב צור משה. תוצאות הפיילוט הוכיחו כי ריכוזי החנקות לאחר הטיפול עומדים בכל סעיפי התקן של משרד הבריאות בהיבטים השונים ובהם ריכוז תרכובות החנקן, ריכוז הכלורידים, עכירות ונוכחות חיידקים. בנוסף הוכחו האמינות הטיפעולית של המתקן ועלותו הנמוכה (יחסית למתקנים קיימים).

הפרויקט מומן ע"י מכבי קרסו והתהליך נרכש ע"י חברת RWL.

## **מערכות אקולוגיות ורווחת האדם בישראל**

### **מערכות אקולוגיות ורווחת האדם בישראל – תמונת ביניים של פרויקט הערכה לאומי**

ד"ר אלון לוטן

**רקע:** בהמשך לפרויקט הערכת המילניום (MEA, 2005), שהעריך את התועלת שמספקים המגוון הביולוגי העולמי וכלל המערכות האקולוגיות שעל פני כדור הארץ לאנושות, התבצעו פרויקטים דומים רבים בקנה מידה לאומי, אזורי או מקומי, במדינות רבות בעולם. בסוף 2013 יצא לדרך פרויקט של הערכת שירותי המערכות האקולוגיות של ישראל, שנקרא 'מערכות אקולוגיות ורווח האדם – הערכה הלאומית' (I-NEA: Israel – National Ecosystem Assessment), ומבצע על ידי המארג.

**שיטות:** לפרויקט זה שתי מטרות עיקריות: (1) להגביר את המודעות לתרומת הטבע לרווחתם של תושבי ישראל; (2) להפוך את הידע הקיים על תפקידו של המגוון הביולוגי באספקת שירותי המערכת האקולוגית נגיש לקובעי המדיניות ולתהליכי קבלת ההחלטות בנוגע לשטחים פתוחים וטבע בישראל.

**תוצאות:** הפרויקט יציג תמונה מקיפה של שירותי המערכות האקולוגיות בישראל בכלל המערכות האקולוגיות, כולל התייחסות למגוון הביולוגי המעורב באספקת השירותים, לערכם הכלכלי, החברתי והבריאותי, למגמות בכל אלה בעשורים האחרונים, לגורמים מחוללי שינוי המשפיעים על מגמות אלה ולתגובות אפשרויות של החברה בישראל (כולל תחיקה ומדיניות) לפגיעה בשירותי המערכת. פרויקט זה מתבסס על אינטגרציה של מידע קיים אשר נאסף



ממגוון רחב של מקורות. צוות ההערכה הרב תחומי כולל שלושים וחמישה מחברים מובילים ויותר ממאה מחברים תורמים ועוזרי מחקר, בעלי מומחיות במגוון רחב של תחומי דעת. מועצה של בעלי עניין, המורכבת מנציגים של משרדי ממשלה ורשויות לאומיות ומקומיות שונות, כמו גם נציגי ארגונים לא ממשלתיים ונציגי ציבור, מלווה את עבודת ההערכה.

**דיון ומסקנות:** הרצאה זו פותחת מושב שכולו יעסוק בממצאים מרכזיים מדו"ח ביניים של הפרויקט שהושלם מוקדם יותר השנה, וכולל ממצאי מפתח בנוגע למגוון שירותים המסופקים על ידי המערכות האקולוגיות של ישראל, וכן מפות מרחביות של כמה שירותים בקנה מידה ארצי. ממצאים אלה מדגישים את חשיבות המגוון הביולוגי והמערכות האקולוגיות של ישראל ואת תרומתם לרווחת תושבי המדינה. הדו"ח הסופי, לאחר תהליך ביקורת עמיתים, יפורסם בשנת 2018.

**תרומת המחקר:** כפי שהשימוש בתפיסת 'שירותי המערכת האקולוגית' בעולם נועד בעיקר כדי לשנות את דרך קבלת החלטות לגבי שטחים פתוחים כך שתהיה מושכלת יותר, כך המטרה המרכזית של הפרויקט הישראלי היא להשפיע על הדרך שבה נשקלות החלטות בנוגע לשטחים פתוחים וטבע בישראל. ההנחה היא שאם הציבור ומקבלי החלטות יכירו את התועלת שהמגוון הביולוגי הישראלי והמערכות האקולוגיות של ישראל מספקים להם ויבינו את ערכם (גם הכלכלי, אך לא רק), המדיניות שתינקט תהיה שקולה יותר מזו המתקיימת היום.

---

## **הערכת המערכות האקולוגיות של ישראל – התשתית האקולוגית: מגוון ביולוגי ותהליכים אקולוגיים תומכים**

יעל גבריאל, יונתן בלמקר ואילאיל פרת

מטרות הפרק היו לסקור את הקשר שבין המגוון הביולוגי, התפקוד של המערכות האקולוגיות וקיומם של תהליכים אקולוגיים תומכים לאספקת שירותי המערכת האקולוגית. הפרק פותח בניתוח הקשר בין מגוון ביולוגי ותהליכים אקולוגיים תומכים, נותן את תמונת המצב של המגוון הביולוגי בישראל והמחקר שלו, ולאחר מכן סוקר את התהליכים האקולוגיים התומכים: יצרנות ראשונית, מחזור המים, קיום הקרקע והמחזורים הביוגיאוכימיים.

פערי ידע רבים קיימים בכל הנוגע למגוון הביולוגי, לתהליכי התמיכה האקולוגיים ולשירותי המערכת האקולוגית. בנוגע למגוון הביולוגי, מוסכם כי אנחנו מכירים רק חלק מזערי מהמינים שמרכיבים את המגוון הביולוגי. לדוגמה, מעט ידוע על המגוון הביולוגי הקרקע שמעורב בתהליכים אקולוגיים תומכים רבים כגון: יצירת קרקע ופוריותה, מיחזור חומרי הזנה, מחזור הפחמן, החנקן והזרחן. ישנם שירותי מערכת אקולוגית רבים לגביהם אין מספיק מידע כדי

להעריך את הקשר בין המגוון כשלעצמו והשירות. פעמים השפעה מעורבת ופעמים הקשר למגוון הביולוגי - לשונות הגנטית, מגוון המינים והטרוגניות בית הגידול אינו מוגדר דיו. גם יכולתנו לכמת את כלל שירותי המערכת האקולוגית ולהבין כיצד שירותים אלו מושפעים ממגוון מינים נמצא עדיין בשלבים ראשונים. עדיין נשאלות שאלות כיצד לכמת שירותי מערכת אקולוגית, מה מודדים ולא פחות חשוב מכך כיצד מודדים. שירותים רבים נמדדים על ידי כימות הנזק בהעדרם, אך מה קורה כאשר הם מתקיימים? בנוסף, ישנם שירותים רבים אחרים, כגון חלק משירותי הוויסות ומשירותי התרבות, שלא ניתנים למדידה. בנוסף, קיימים פערי ידע משמעותיים לגבי התהליכים האקולוגיים התומכים. נחוץ מחקר נוסף כדי להבין איזה רמה של תהליכים אקולוגיים תומכים דרושה כדי למקסם שירותי מערכת שונים. מחקר זה צריך להתבסס על מודלים אקולוגיים שמהווים כלי חשוב לאינטגרציה של התהליכים המורכבים שמשפיעים על תפקוד המערכת האקולוגית, וביניהם יצרנות ראשונית, מחזור מים וקיום קרקע. בנוסף, לא תמיד ברור כיצד שינויים מעשי ידי אדם כגון שינוי ביעוד קרקע ושינוי אקלים, ישפיעו על התהליכים האקולוגיים התומכים. לבסוף, קיים פער לגבי שינויים בזמן ובמרחב בתהליכים האקולוגיים התומכים.

בישראל אנו עדים לאבדן מומחיות זואולוגית ובוטנית, המהווה יסוד למחקר אקולוגי, התנהגותי ואבולוציוני. אבדן זה צפוי להגביל קשות את יכולתם של המדענים לספק את הידע והמומחיות הנדרשת להתמודדות עם נושאים כגון הערכות לשינוי אקלים, פיתוח, ניהול קרקעות, שמירת הסביבה, בריאות הציבור וחקלאות.

---

## **המערכות האקולוגיות החקלאיות בישראל – השירותים שהן מספקות ומגמות השינוי לאורך השנים**

ליאורה שאלתיאל-הרפז, שאול צבן, הילה שגיא

**רקע:** כחלק מפרויקט "מערכות אקולוגיות ורווחת האדם - הערכה לאומית", מחקר זה מציג את המערכת האקולוגית החקלאית. המערכת האגרו-אקולוגית מנוהלת בידי האדם כדי לספק מזון ותוצרים ביולוגיים נוספים לתועלת האדם. כדי להגביר את אספקת הגידולים משקיע האדם תשומות רבות, שבאמצעותן הוא מתגבר את התהליכים התומכים ואת שירותי המערכת האקולוגית (שמ"א).

המערכות החקלאיות הצמחיות של ישראל משתרעות על פני 4,353 קמ"ר, כחמישית משטחה היבשתית של המדינה. רובן (72%), נמצא באזור האקלים הים תיכוני, ומיעוטן (28%) באזור האקלים המדברי.

**שיטות:** נערכה סקירת ספרות ממחקרים ישראליים אקדמיים ומקצועיים והתייעצות עם מומחים ואנשי מקצוע, תוך ניתוח הממצאים בגישת שמ"א.

**תוצאות:** מאז קום המדינה עברו על החקלאות בישראל מספר תהליכים, הבולטים בהם: גידול בשטחן של המערכות החקלאיות, הקטנה משמעותית בשטחי החקלאות במרכז הארץ לטובת בנייה והגדלת השטחים החקלאיים בנגב, גידול באינטנסיביות של הממשק החקלאי, וגידול ניכר בשטחי החממות ובתי הרשת על חשבון שטחי הגד"ש. ממצאים מרכזיים מראים: **שירותי אספקה-** המערכות החקלאיות מספקות למעלה מ-70% מביקוש אוכלוסיית המדינה לירקות ולפרות, כ-45% מהביקוש לקטניות ורק כ-4% מהביקוש לדגנים. שלפים של גידולי שדה הם מקור מזון משלים לצאן ולבקר. המערכות החקלאיות מספקות צוף ואבקה לדבורי דבש המשמשים לייצור של כ-35% מהדבש בישראל. **שירותי הויסות-** שימוש נרחב בדשנים ובחומרי הדברה ועיבוד קרקע אינטנסיבי שכולל את הסרת תכסית הצומח גורמים להקטנה באספקת שירותי הויסות כגון לכידת פחמן, ויסות סחף ואירועי הצפות. ויסות מזיקים והאבקה על ידי המגוון הביולוגי הטבעי נפגעים גם. עם זאת בשנים האחרונות בזכות ממשקים משמרי קרקע, הדברה ביולוגית ושיטות מקיימות נוספות יש שיפור בחלק מהשירותים. **שירותי תרבות-** ישראל מובילה במחקר ובפיתוח החקלאי. לאחרונה קיימת מגמת עלייה בשימוש בסביבה החקלאית לטיול, נפש ולספורט וכן בביקוש לתיירות חקלאית. לנוף החקלאי הירוק, תרומה לתחושת המקום ולבריאות הנפשית והפיזית של התושבים.

**דיון ומסקנות:** הגידול בשטחי המערכות החקלאיות ובאינטנסיביות הממשקים מקום המדינה, מגדיל את ממדי הפקת שירותי האספקה, במקביל להקטנה בממדיהם של שירותי ויסות עם עלייה מסוימת בחשיבות שירותי התרבות עבור התושבים.

**תרומת המחקר:** מחקר זה מרכז את המידע הקיים על שירותי המערכת החקלאית בישראל ומראה את מגמות השינוי לאורך השנים ועל תרומתם לרווחת האדם. ממצאים אלו יכולים להוות בסיס להתוויית מדיניות חקלאית מושכלת יותר. כזו שתתמוך בחקלאים, במערכת האגרו-אקולוגית ובכך ברווחת התושבים ותאפשר המשך אספקת שירותים תחת שינויים אקלימיים ופוליטיים. במיוחד במציאות שבה חלקה של החקלאות באתוס הציוני פוחת כפי שזה מתבטא במדיניות הממשלה, למשל ביבוא, בקביעת מחירי המים ובהפשרת שטחים חקלאיים לבניה. המחקר מדגיש את הצורך בגישה חדשנית שתעלה למודעות הציבור את חשיבות המערכות החקלאיות כעתודה לשטחים הפתוחים ההולכים ומצטמצמים בישראל ואת משמעות השירותים שהן מספקות, ואף לבחון תגמול החקלאים על אספקתם.

---

## שירותי המערכות האקולוגיות במרחב העירוני

רונית כהן, ארץ שפ"ע - שימור פלאי עולם בע"מ

דניאל צ'מנסקי, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון, חיפה

דן מלקינסון, החוג לגאוגרפיה ולימודי סביבה, אונ' חיפה, חיפה

*"לכוד בגומת בטון לוחצת"*

*בעיר ללא שינה ללא עונות שנה...*

*זוהי סביבה עוינת לעץ, אבל הוא לא מוותר" (עץ עירוני, נדב לויתן)*

אנשים רואים בערים אנטי-תזה לטבע. יחד עם זאת, בערים מתקיימות מערכות אקולוגיות מתפקדות. אומנם במרחבים אלו חלים שינויים משמעותיים בתכסית ובשימושי הקרקע, אולם העקרונות והתהליכים האקולוגיים הבסיסיים ממשיכים להתקיים בהם. ההבדל בין המערכת האקולוגית העירונית לבין מערכות אקולוגיות טבעיות, הוא שהמערכת העירונית מנוהלת באופן אינטנסיבי ע"י האדם ומושפעת ישירות מהפעילות האנושית הרבה המתקיימת בהן.

המערכת העירונית מורכבת מפסיפס של מרחבים מבונים ומרחבים פתוחים מסוגים שונים. המרחבים המבונים כוללים שטחים בנויים ושטחים סלולים ומאופיינים בפני שטח אטומים (sealed surface). המרחבים הפתוחים כוללים מערכות אקולוגיות במגוון סקאלות: שטחים טבעיים, גנים, גינות ופארקים, וכן עצים בודדים. המגוון הביולוגי מורכב מאוסף של מינים מקומיים, מינים מתורבתים ומינים זרים המאורגנים במרחבים הפתוחים בעיר במידות טבעיות שונות. במערכות אלו מתקיים מגוון תהליכים אקולוגיים והן מתפקדות לפיכך כמערכות אקולוגיות לכל דבר, וכמספקות שירותים ותועלות לאדם.

המערכות העירוניות בישראל, על המרחבים המבונים והפתוחים שבהן, משתרעות על פני 1,468 קמ"ר לפי נתוני מפ"י לשנת 2014. יישובים המצויים באזורים הרריים, כדוגמת חיפה, ירושלים וצפת, מאופיינים באחוזים גדולים יותר של שטחים ירוקים, טבעיים או טבעיים למחצה, בהשוואה ליישובים הבנויים באזורים מישוריים, כדוגמת ערי המרכז.

במערכות האקולוגיות העירוניות, על כלל מרכיביהן, הביקוש לשירותי המערכת האקולוגית עולה על אספקתן. עם זאת, למרחבים הפתוחים בעיר תועלות רבות, ישירות ועקיפות, לרווחת האדם, הכוללים לדוגמא: שירותי ויסות זיהום קרקעות, אוויר ומים, וכן שירותי תרבות, שמהם נהנים רבים מתושבי הערים בישראל. בנוסף, אינטנסיביות הפעילות האנושית במרחב העירוני גורמת למגוון רחב של שינויים אקלימיים הבאים לידי ביטוי באופן בולט במשטרי הטמפרטורה,

הלחות והרוח. אלה גורמים להגברת תופעת 'אי החום העירוני', המשפיע על נוחות האדם ובעל השלכות סביבתיות ואקולוגיות. על כן לשטחים הפתוחים חשיבות רבה בוויסות האקלים בעיר.

## **שירותי וויסות המסופקים על-ידי המערכות האקולוגיות של ישראל – תמונת**

### **מצב**

דנה שריד חמו, אלון לוטן, יעל מנדליק, פיליס ויינטראוב, יואב מוטר, יעל לובין, אייל רוטנברג, אלי ארגמן, ז'וזה גרינצוויג

שירותי הוויסות הינם תהליכים שהמערכת האקולוגית, על רכיביה הביולוגיים, מעורבת בקיומם או בוויסותם, והם מספקים תועלת ישירה או עקיפה לאדם. תהליכים אלה משפיעים על התנאים הביזויטיים והא-ביזויטיים בסביבה בה אנו חיים כך שהם מאפשרים את קיומו של האדם ואת רווחתו. בין שירותים אלו נמנים וויסות אקלים גלובלי (לכידת פחמן) ומקומי, ויסות מים, האבקה, ויסות מזיקים ומחלות, ויסות סחיפת קרקע ואירועי קיצון. מתוך השירותים שהפרק עוסק בהם, שלושה יתוארו להלן.

**לכידת פחמן** במערכת האקולוגית ממתנת את ריכוזו באטמוספירה. מגוון של יצורים חיים ביבשה ובמים, בעיקר צמחים, מבצעים פוטוסינתזה (ייצור ראשוני), תהליך שבו מקובע הפחמן הדו-חמצני (פד"ח) למולקולות אורגניות הבונות את גופם. פחמן זה נלכד ביצורים החיים וגם באלה המתים, וחלקו נאגר לתקופות ארוכות, בעיקר בגזעי העצים ובענפיהם, בתוך החומר האורגני בקרקע ובקרקעית מקווי המים והים. כמות הפחמן שנלכד ע"י המערכות הטבעיות, היבשתיות והימיות בישראל מוערכת בסדר גודל של 1.2-1.3 מיליון טון בשנה ומהווה כ 6% מסך פליטות הפד"ח של מדינת ישראל בכל שנה.

**שירותי האבקה** נדרשים בכ- 330 אלף דונם מהשטחים החקלאיים בישראל על מנת לייצר פרי. שירותים אלה מסופקים בעיקר על ידי דבורת הדבש, מין שבית לצורכי הפקת דבש ולצרכי האבקה מסחרית, אולם גם מספר מינים של דבורי בר, מתוך כ-1100 המינים החיים בישראל, מספקים שירותי האבקה בהיקפים משמעותיים. האבקה ע"י דבורי בר, לא רק שניתנת בחינם, אלא גם מגבירה את יציבות ההאבקה לאורך כל השנה ומשמשת כ"רשת בטחון" במצבים של ירידה באספקה או ביעילות השירות הניתן ע"י המאביקים המסחריים. מערכות אקולוגיות טבעיות מספקות לדבורי הבר אתרי קינון ומקורות מזון וע"י כך מאפשרות לאוכלוסיותיהן לשגשג לתקופה ארוכה לאורך השנה ולסייע בהאבקה של גידולים חקלאיים סמוכים.

**וויסות מזיקים בחקלאות** ניתן על ידי בעלי חיים אשר הינם אויבים טבעיים למזיקים וחיים בתוך השטח החקלאי עצמו, או מגיעים מתוך מערכות אקולוגיות טבעיות הסמוכות לשטחים

חקלאיים. אויבים טבעיים אלו הינם טורפים או טפילים, וכוללים פרוקי רגליים, כגון עכבישים, חיפושיות וצרעות, וכן יונקים כדוגמת עטלפי חרקים ועופות דורסים אשר הדוגמה המוכרת ביותר היא התנשמת. שירות וויסות זה עשוי להפחית את הצורך בשימוש בחומרי הדברה ובכך לחסוך בהוצאות הגידול, להניב תוצרת בריאה יותר וגם להיטיב עם הסביבה.

---

## הערכה כלכלית של שירותי המערכת האקולוגית בישראל

עליזה פליישר, ניר בקר, שמוליק אפשטיין

**רקע:** בעשורים האחרונים גוברת ההכרה בחשיבותם של שירותי המערכות האקולוגיות, בלעדיהם לא תוכל האנושות להתקיים. הסיבה לחשיבות האומדן הכלכלי של שירותי המערכות האקולוגיות נובעת מהעובדה ששירותי המערכת האקולוגית לפי ההגדרה הכלכלית הם מוצר במחסור. כלומר, השימוש בהם כרוך בעלות אלטרנטיבית. לכן, למרות חשיבותם הרבה, שירותי המערכת נלקחים פעמים רבות כמובן מאליו, ולכן ערכם הכספי המשתמע הוא לכאורה אפס.

**שיטות:** בשל הקושי לאמוד את שירותי המערכת שאין להם מחירי שוק, פיתחו כלכלני סביבה מגוון שיטות הערכה, בחלקן השתמשנו בעבודה זו. נעשתה בדיקה לגבי סוגי השירותים השונים ומקורות המידע עליהם ניתן לבסס את ההערכה. חלק ממקורות המידע מבוססים על עבודות בישראל או על נתונים סטטיסטיים שנאספו ממקורות שונים בארץ והם שימשו כבסיס לחישוב ערכו הכלכלי של השירות. לגבי שירותים אחרים פרטנו עבור איזה שירותים ניתן למצוא נתונים בארץ או בחו"ל.

**תוצאות עיקריות:** נמצא שבין השירותים שלהם ניתן לתת ערך כלכלי בישראל קיים ייצוג ניכר לשירותים להם יש ערך שוק. שירותי האספקה, שלהם קיים ערך שוק, מהווים 51% מתוך האומדן הכספי הכולל של השירותים כפי שנמצא בעבודה זו. רובו של הערך נובע מערכם של הגידולים החקלאיים הנסחרים בשוק. שירותי התרבות מהווים 48% מן הערך הכולל. ראוי לציין שלקבוצה של שירותי ויסות כמעט ואין נתונים למרות חשיבותם הרבה, וזאת עקב המחסור במידע על מצבם בישראל ובמחקרים האומדים את ערכם הכספי.

מכאן ניתן להבין שהערך הכולל של שירותי המערכת בישראל מוטה כלפי מטה וחסרים בו ערכים רבים. קרי, הערך האמיתי של שירותי המערכות האקולוגיות בישראל גבוה בהרבה. עיקר המחסור הוא בשירותים שעבורם לא קיימים ערכי שוק כמו שירותי הוויסות וחלק משירותי התרבות. לכן, קשה להסיק איזה מן השירותים ואיזו מן המערכות תורמים בפועל לסך הכולל במידה הרבה ביותר.

---

## התרומה של שירותי המערכת האקולוגית לרווחת האדם בישראל: היבטי בריאות

מיה נגב, קרן אגאי-שי, חגית אולנובסקי, רונית אנדולוט, דנה זיו, מאיה יולס, חגי לוי, עופר מנדלסון, שלומית פז, מאיה שדה, נדב דוידוביץ'

**רקע:** המערכות האקולוגיות מספקות לאדם שירותי ויסות, אספקה ותרבות הדרושים לשמירה על בריאותו, כולל מיתון זיהום מים ואוויר, ויסות של מינים מעבירי מחלות, ואספקת מים, מזון וחומרי גלם מהטבע לייצור תרופות. נוסף על כך, שהות ופעילות גופנית בשטחי המערכות האקולוגיות תורמת לבריאות פיזית ונפשית. פרק זה סוקר את התרומה של שירותי המערכות האקולוגיות בישראל לבריאות האדם.

**שיטות:** במסגרת ההערכה הלאומית של שירותי מערכת אקולוגית, בוצעה סקירת ספרות של מחקרים ועבודות מהעולם ומישראל על ידי מומחים שונים, כל אחד בתחומו.

**תוצאות:** בהרצאה זו יוצגו דוגמאות נבחרות של התרומה של שירותי מערכת אקולוגית לבריאות הציבור. (1) ויסות איכות אוויר: הצומח של המערכות האקולוגיות היבשתיות יכול להפחית את הסיכון למחלות על ידי קליטה וספיחה של מזהמים ואבק והקטנת ריכוזם באוויר, ותורם גם לאוויר צח. (2) אספקת מזון מהמערכות החקלאיות בישראל לתזונה ים-תיכונית, התורמת להפחתת סיכון תחלואה של חלק ממחלות הסרטן והמחלות הכרוניות. (3) צמחים מכילים פיתוניצידיים, חומרים אורגנים נדיפים אנטי-מיקרוביאליים שהודגמו במספר מחקרים כמורדי לחץ-דם, משפרי תפקוד של מערכת החיסון ומוסתי מערכת העצבים. (4) שירותי תרבות המאפשרים התנסויות פעילות כגון טיולים וספורט, והתנסויות סבילות כגון צפייה בנוף, אשר תורמים לבריאות הנפשית והפיזית.

**דיון ומסקנות:** נמצא כי שירותי המערכת תורמים לבריאות הפיזית והנפשית של האדם. עם זאת, בישראל קיימים פערי ידע משמעותיים באשר לתרומתם של שירותי המערכת האקולוגית לבריאות האדם, הן ברמת הפרט הן ברמת האוכלוסייה. למשל, חסר ידע המקשר בין אקלים מקומי נוח שמספק הצומח המעוצה, או הרכב האוויר המווסת על ידי הצמחייה, ובין מדדים בריאותיים של הפרט. בדומה, המחקר על פיתוניצידיים ומגוון מיקרוביאלי הוא בראשיתו, וחסרים מחקרים אפידמיולוגיים המשווים בין אוכלוסיות השוכנות לצד מערכות אקולוגיות מסוגים ובממדים מרחביים שונים, כולל בחינת מצבן הבריאותי של אוכלוסיות שמרוחקות ממערכות אקולוגיות שמחוץ לעיר.

**חשיבות:** זיהוי החשיבות של שירותי המערכת האקולוגית לבריאות הציבור יכול לתרום לקידום מדיניות של הגנה על המערכות האקולוגיות בישראל, וכן למדיניות של הגדלת שטחן של מערכות אקולוגיות עירוניות וטיפוח ושמירה על אלה הקיימות. ההבנה הזו יכולה להוביל גם

לשימוש מושכל בצמחיה בעיר כך שהתושבים יזכו למירב התועלות האפשריות, כולל מיתון זיהום אוויר, אספקת צל וויסות טמפרטורה, והנגשה של מערכות אקולוגיות מגוונות לציבור הרחב, במיוחד לתושבי אזורים מוחלשים אשר בדרך כלל נמצאים במגע מוגבל עם מערכות אקולוגיות בעיר או מחוצה לה.

## תכנון ניהול ושיקום בתי גידול

### תכנית לאומית לניטור ביולוגי יבשתי ארוך טווח בשטחים פתוחים: מקונספציה לביצוע

ד"ר עידן שפירא, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר מיכל שורק, ד"ר רון דרוי, הראל דן, ד"ר הילה שמון, פרופ' אבי פרבולוצקי, ד"ר נעמה ברג, ד"ר אירינה לוינסקי

**רקע:** אבדן שטחים פתוחים ובתי גידול טבעיים מהווים את האיום הגדול ביותר על המערכות האקולוגיות בישראל. במציאות זאת דרוש ניהול משאבי טבע וסביבה מושכל, המבוסס על מידע אמין וזמין. ב-2010 החליטה מנהלת המארג, שותפות של גופים העוסקים בניהול שטחים פתוחים ושל מדענים עצמאיים, לפתח וליישם תכנית לאומית לניטור ארוך טווח של המגוון הביולוגי בשטחים הפתוחים. מטרת תכנית, הראשונה מסוגה בישראל, הנה הערכה של פרמטרים ביולוגיים והמערכת האקולוגית הטבעית בה הם מתקיימים בזמן ובמרחב, וייצור מידע חיוני לניהול טוב ויעיל יותר של משאבי טבע וסביבה.

**שיטות:** בניית תכנית הניטור כללה חלוקה של ישראל ליחידות גיאוגרפיות-אקולוגיות גדולות: בתות, חורש ים תיכוני, יער מחטני נטוע, חולות מישור החוף, ספר המדבר, מישורי הלס של צפון הנגב, הר הנגב, חולות מערב הנגב, דרום צחיח. לכל יחידה הוגדרו התהליכים והאיזמים הרלוונטיים ביותר למערכת האקולוגית אותה היחידה מייצגת, ואינדיקטורים לניטור היכולים לייצג שינויים הנובעים מתהליכים אלו. רשימת האינדיקטורים הסופית נבחרה בהוספת שיקולים של עלות-תועלת, ידע קיים ורלוונטיות למספר גדול ככל הניתן של יחידות הניטור. בשיתוף עם מומחים, פיתח המארג פרוטוקולי ניטור לכל קבוצת אורגניזמים בכל יחידה. מחזור הניטור הראשון החל בשנת 2012 ובמהלך 2017 מתחיל מחזור הניטור השלישי של התכנית, בו מנוטרות שבע קבוצות אורגניזמים בכ-75 אתרי ניטור ולמעלה מ-900 חלקות ניטור.

**תוצאות:** תבונות מניתוח נתונים הנאספים במסגרת תכנית המארג וגופים אחרים מוגשים לציבור בדו"ח מצב הטבע, דו"ח תקופתי אשר מטרתו לתאר באופן כמותי ואיכותי את תהליכים



המתרחשים בשטחים הפתוחים בישראל והמגמות המשפיעות עליהם. הדו"ח האחרון התפרסם בדצמבר 2016 והוא מהווה תמונת מצב עדכנית ומהימנה על מאפיינים נבחרים של מצב הטבע בשטחים הפתוחים בישראל.

**דיון ומסקנות:** התכנית לעיל מהווה את פרויקט הניטור האקולוגי הנרחב והמקיף ביותר בישראל. הנתונים הכמותיים והאיכותיים שנאספו עד כה יהוו בסיס התייחסות למחזורי הניטור הבאים. ככל שתתקדם התכנית היא תהווה מקור חשוב למידע על שינויים ותמורות במערכות אקולוגיות ברמה המקומית והארצית.

**תרומת המחקר:** תכנית הניטור של המארג תורמת לקידום ניהול מבוסס-מדע של שטחים פתוחים ומשאבי טבע, על ידי ייצור מתמשך של ידע מדעי על מצב המערכות האקולוגיות והמגוון הביולוגי בישראל. ידע זה נגיש הן למקבלי החלטות והן לציבור הרחב. תכנון נכון של שימושי קרקע וניהול מושכל של השטחים הפתוחים יתרום לרווחת האדם ולקיימות ארוכת-טווח של הטבע בישראל.

---

## **הטמעת מסדרונות אקולוגיים בתכניות מתאר כוללניות**

ד"ר איריס ברנשטיין, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר מירה אבנרי, ד"ר דותן רותם, פרופ' תמר דיין

**רקע:** אובדן המגוון הביולוגי מהווה בעיה קשה, המציבה אתגר בפני קובעי מדיניות ומדענים כאחד. הגורם העיקרי לאובדן מגוון ביולוגי נובע מתאוצת תהליכי עיור ופיתוח, אשר הורסים ומקטעים בתי גידול טבעיים בעולם בכלל, ובמדינות צפופות בפרט. אחד האמצעים העיקריים לשימור מגוון ביולוגי טמון בפיתוח כלים לתכנון שימושי קרקע במרחב, המתבססים על שיקולים אקולוגיים.

מסדרונות אקולוגיים מהווים את אחד הכלים התכנוניים העיקריים בעולם למזעור הפגיעה במגוון הביולוגי. במדינת ישראל מסדרונות אקולוגיים אינם מוטמעים באופן מפורט בקנה המידה המקומי, בו מתמקדים רב הקונפליקטים בין שימור לפיתוח.

**שיטות:** אסוף וגיבוש מידע אקולוגי דורש זמן רב. לעומת זאת לחצי הפיתוח הכבדים בארץ מכתבים לוחות זמנים קצרים לתכנון. במציאות של תכנון מואץ של תכניות מתאר כוללניות לישובים ולמועצות אזוריות, פיתחנו הצעה פשוטה להטמעה של מסדרונות אקולוגיים. כדי ליצר בסיס עבודה אחיד ומשותף בין מתכננים, אקולוגים ומקבלי החלטות הגדרנו את מושג המסדרון האקולוגי ואת מרכיביו על בסיס הגדרות ה-IUCN. אח"כ תרגמנו את מרכיבי המסדרון האקולוגי בהתאמה להגדרות של ייעודי קרקע לפי נוהל מבא"ת ו/או הגדרות קיימות של יעודי

קרקע בתוכניות מתאר מחוזיות.

בחרנו את גישת הרשתות האקולוגיות, אשר פותחה בהולנד, ואומצה ע"י מדינות רבות בעולם. איתרנו מיני דגל, המתקיימים במרחב המתוכנן, כדי שישמשו כביו-אינדיקטורים לתכנון. בהתאם למינים הנבחרים איפיינו את הרשתות האקולוגיות, המרכיבות את המסדרונות האקולוגיים, והגדרנו את גבולות המסדרונות ומרכיביהם. לבסוף תרגמנו את המסדרונות האקולוגיים לתשריט ולהוראות, בהתאם לשפת התכנון המתארי של תכניות כוללניות. **תוצאות:** תוצרי התכנון: תשריט אקולוגי והוראות לתשריט מבטאים מארג של תשתיות ושימושי קרקע המאפשרים רצף של שטחים פתוחים ומעבר ביניהם. ההוראות כוללות הנחיות

למזעור נזקים למגוון הביולוגי בהתאם לתפקוד מרכיבי המסדרון ושימושי הקרקע במרחב **דין ומסקנות:** עבודתנו הראתה שהשפה הפשוטה שיצרנו להטמעת מסדרון אקולוגי (מידע אקולוגי) בתכנון מייצרת בסיס עבודה תכנוני יעיל ומכנה משותף בין אקולוגים, מתכננים ומקבלי החלטות. יחד עם זאת ההפשטה האקולוגית בשיטתנו מצריכה סקרים ומחקרים מידיים לאספקת נתונים מהימנים, ככל שניתן, למינים המהווים ביו-אינדיקטורים, מידע על צרכיהם, ועל דפוס פעילותם במרחב.

**תרומת המחקר:** העבודה מיישמת את עבודת הדוקטורט של ד"ר איריס ברנשטיין בהנחיית פרופ' תמר ד"ן על הערכה ותכנון מסדרונות אקולוגיים ויישומם בתוך התכנון המתארי בישראל. הטמעה של מידע אקולוגי בתכנון מהווה בעיה גלובלית, ולכן יש בה גם חשיבות בינ"ל. זוהי עבודת חלוץ שיזמו רשות הטבע והגנים ומתכננת מחוז מרכז.

---

## **שיקום ושיחזור בתי גידול מופרים בעיר תל אביב יפו**

ליאב שלם, אקולוג פארק גני יהושע- עריית ת"א יפו ויועץ אקולוגי -עריית ת"א יפו

**רקע:** בסקר טבע עירוני שבוצע בתחום העיר ת"א יפו זהו 53 אתרי טבע עירוניים. בחמש השנים האחרונות בפעולות משותפות של אגפי עריית תל אביב, התחילה העיריה בפעולות אקולוגיות לשיקום אתרים אלו, בשיתוף תושבי העיר. פעולות השיקום כללו: פינוי מינים פולשים, פעולות אגרוטכניות של שיקום הקרקע, סילוק בנק זרעים של מינים דומיננטיים, הכנת רשימות צומח האופייניות לבתי הגידול המיועדים לשיקום, השבת מינים חי וצומח, הנגשת האתר למבקרים וליווי צוותי תחזוקה העירוניים בתחזוקת השטח. הפרויקטים המתוארים הם תולדה של מחקר שבוצע באוניברסיטת תל אביב, בו נבחנו מודלים שונים לשיקום בתי גידול תוך שילוב הקהילה בתהליך.

במסגרת ההרצאה אציג את הפעולות היישומיות אותם ביצענו לשיקום אתרי טבע נבחרים

ברחבי העיר ותמונת מצב של מגוון המינים באתרים אלו לאחר תהליך השיקום האקולוגי.  
אתרים אשר יוצגו :

1. שיקום בריכת החורף בצפון תל אביב: בה שוקם אגן בריכת החורף והמערכת ההידרולוגית, שוקם הצומח הועתקו מיני חי ובוצע ניטור מתמשך לבחינת בריאות המערכת האקולוגית ששוקמה.

2. שיקום בריכות החורף בדרום העיר תל אביב (בריכות משרד הרישוי): נבחנו פתרונות אקו הידרולוגיים על ידי שילוב ביופילטרים לסינון נגר עירוני המגיע לבריכות, פונו מינים פולשים, הועמקו הבריכות ושולבה הקהילה בתהליך השיקום.

3. שיקום נחל פרדסים: אפיק נחל אכזב ששימש כחצר אחורית בצפון מזרח העיר ת"א. הנחל שוקם ע"י סילוק מינים פולשים ודומיננטיים, נשתלו מגוון של יותר מ-70 מיני צומח האופייניים לבית הגידול של קרקעות החמרה ואתר הונגש בצורה מבוקרת לתושבים.  
**תרומת המחקר:** מודלים אלו של שיקום בתי גידול בשטחים פתוחים בעיר ובשוליה יכולים לשמש השראה לעיריית אחרות ולמקבלי החלטות, כיצד ניתן לשקם שטחים מופרים, בצורה פרקטית וביצועית ככל הניתן, דיוק בתהליך השיקום ושמירה על משאבי הטבע העירוניים גם לדורות הבאים.

---

## **רקע סביבתי נדרש לתכנון וניהול שטחים פתוחים בצפון הנגב – סקר טבע ונוף באזורי הלס**

אורי רמון, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר גיא רותם, איתן רומם

**רקע:** מישורי הלס הם חלק חשוב ומרכזי במכלול השטחים הפתוחים בצפון הנגב. למרות ייחודם הבוטני, הזואולוגי והאקולוגי, והמורשת האנושית העשירה – רק ארבעה אחוזים משטחים אלו מוגנים בשמורות טבע. יתר על-כן, מרחב צפון הנגב בכלל ומישורי הלס בפרט, נתונים בשנים האחרונות תחת לחצי פיתוח ותכנון רבים לאוכלוסייה היהודית, לאוכלוסייה הבדואית, לייעור ולחקלאות. קונפליקטים חברתיים-כלכליים מאפילים על השיקולים הסביבתיים בדיון התכנוני. הסקר נועד לסייע בהצפת ערכי טבע, נוף ומורשת האדם ושילובם בתהליך.

**שיטות:** שטח הסקר כולל את כלל מישורי הלס בצפון הנגב ואת שטחי החיפוש לפיתוח והסדרה בתוכנית המתאר של מטרופולין באר-שבע, שלבי העבודה היו: (1) איסוף ואפיון

המצאי; (2) הערכה נושאית; (3) שילוב נתונים מתחומי ידע שונים; (4) ניתוח הממצאים וגיבוש המלצות ראשוניות.

עבודת השדה כללה סקר בוטני, סקר זוחלים, פרוקי-רגליים וירבוע גדול. מידע אורניתולוגי שמש להשלמת התמונה האקולוגית.

**תוצאות:** בחלקו המערבי של תחום הסקר הערכיות הגבוהה ביותר נמצאה בערוצי הנחלים, באזור פארק הלס ובסיס חצרים ובשטחים ההרריים במערב גבעות צאן. במזרח תחום הסקר בולטים בערכיות גבוהה חלקים סביב בקעת ערד, ואזורים גבעיים – בין שגב-שלום לערעה בנגב, בקרבת לקיה וסביב בסיס נבטים.

המידע הזואולוגי מצייר תמונה מורכבת של מערכת אקולוגית פגועה. נמצא ששנונית באר-שבע שהיתה נפוצה בעבר בשטחים נרחבים נמצאת כיום בכתמים קטנים ומבודדים. סקר הירבוע גדול מרמז על היעלמות מין זה, שהלס הינו בית גידולו העיקרי, ממרחב הסקר. מהמידע האורניתולוגי התברר ששדות חקלאיים במערב הנגב מהווים מוקד משיכה חשוב לשורה ארוכה של עופות, ובפרט לעופות חורפים. לחלק מהשטחים בבסיס חצרים חשיבות רבה לחוברה המדברית.

**דיון ומסקנות:** ניתן לחלק את שטחי הלס לשני אזורים עיקריים: בנגב המזרחי ישנה התיישבות פזורה על רוב השטח, אבל השימוש לחקלאות ומרעה אקסטנסיבי ברובו ומאפשר עדין קיום של ערכי טבע משמעותיים. אתגרי השימור העיקריים באזור זה הם שמירה על מסדרונות אקולוגיים וקיום חקלאות מסורתית, לפחות בחלק מהשטח. בנגב המערבי מרבית שטחי החקלאות דורגו בערכיות אקולוגית נמוכה יחסית, אבל רצועות הנחלים והשטחים הטבעיים הקטנים שנותרו הם בעלי חשיבות גדולה לשימור.

**תרומת המחקר:** עד כה התשומה הסביבתית לדיון התכנוני והממשקי בעתיד אזורי הלס הייתה דלה. הסקר, למרות מגבלותיו, יכול לתרום לגיבוש מדיניות והמלצות לניהול השטח באופן שישמור ויטפח את ערכי הטבע, הנוף והמורשת שבו. עם סיום העבודה גובשו עם בעלי עניין נוספים עקרונות תכנון כלליים. הם אמנם לא כוללים פירוט מלא של הצעדים התכנוניים והמנהליים הדרושים למימוש מטרות אלה, אבל הם מצע לדיון מקצועי וציבורי בחלופות פיתוח ושימור.

בשל השונות הגדולה וגודל השטח הכולל, ההמלצות מתייחסות לכל חטיבת נוף בנפרד. זאת במכלול נושאים כמו נוף תרבות, מערכות אקולוגיות, מסדרונות אקולוגיים, ניהול השטחים החקלאיים ועוד.

---

## שיקום בית גידול חופי בשמורת הבטיחה: השפעת הסרת אשלים על סביבה חופית ומיימית

ד"ר עמית דולב, גולדשטיין חוה, וייל גלעד, מיכל לוי-ימיני, דודו פילס, ניסים קשת, יונתן הררי,  
ד"ר דידי קפלן, ד"ר אלדד אלרון, ד"ר דנה מילשטיין

**רקע:** אזור הבטיחה ייחודי בנוף מקווי המים בישראל. הוא מוזן בנחלי הגולן המתפצלים  
לפלגים עם בריכות ולגונות הנפתחות אל חופי הכנרת, שיוצרים אזורי ביצה המשתנים בהיקפם  
בין העונות והשנים ומפלוס הכנרת. מגוון זה של בתי גידול משמש בסיס לחברה עשירה ומגוונת  
של צומח וחי. בחופי הכנרת קיים קשר בין משרעת תנודות המפלס לבין הדינאמיקה של  
התפתחות אשלים שנביטתם התרחשה בשטחים שנחשפו, בעוד הצפה בשנה עוקבת, ויסתה  
את אוכלוסייתם. ניהול הכנרת במפלסים נמוכים מראשית שנות ה-2000 גרם לחשיפה  
מתמשכת של שטחי חוף והתפתחות סבכי אשלים בשטח של אלפי דונמים בצפון הכנרת.  
כתוצאה מכך הפך בית הגידול המגוון והעשיר לבית גידול הומוגני והצטמצם מאוד בית גידול  
של אחו לח. בעבודה זו נבחנה ההשפעה של כיסוח סבכי אשלים בתחום תנודות המפלס על  
השתקמות בית הגידול.

**שיטות:** במהלך השנים 2012-2015 בוצע כיסוח של כ-400 דונם סבכי אשלים בתחום תנודות  
המפלס. בשנים העוקבות בוצעו דיגומים משוים בין אזורי טיפול לאזורי ביקורת לבחינת  
השפעת הכיסוח על צומח אחו לח, קינון ופעילות דגים, ונוכחות חסרי חוליות. במקביל נותח  
מתצלומי אוויר השינוי בחזית יער האשלים כתלות במפלסי הכנרת.

**תוצאות:** צומח – ב-3 שנות סקר נמצאו באזורי הטיפול 52 מינים שמהם 37 של בתי גידול  
לחים. 6 מהם נדירים ו-2 בסכנת הכחדה. באזורי הביקורת נמצאו 38 מינים בלבד, כאשר  
השילטון כמעט מוחלט של אשל.

חזית יער האשלים – נמצא שחזית האשלים שפונה לאגם עוקבת אחר ירידה ועליה של מפלס  
המים בהשהייה של כשנתיים, כאשר בעורפה מתבסס יער סבוך.

קינון דגים – פעילות דגים צעירים בשולי הסבך הייתה רבה יותר מאשר במים הפתוחים. בעומק  
סבך האשלים לא תועדו קינים ופעילות דגים.

חסרי חוליות – עושר ומגוון חסרי חוליות היה דל באזורי הטיפול והביקורת. עם זאת, כבר  
בשנה ראשונה, עושר, שפע ומגוון חסרי החוליות היה רב יותר באזור הטיפול בהשוואה  
לביקורת.

**דיון ומסקנות:** עבודה זו מצביעה על מגמת השתקמות מהירה יחסית של בין הגידול

באמצעות פעילות ממשק מתאימה שמאפשרת התחדשות של חברת הצומח והחי הייחודית  
בו.

## יצירה של בתי גידול לחים ומערכות אקולוגיות בשמורת עינות צוקים ככלי לשימור ערכי טבע

ד"ר דנה מילשטיין, אבי אוזן, אלדד חזן, ד"ר נעם לידר, עמוס סבח, רונה נשר, ניסים קשת-  
רשות הטבע והגנים

**רקע:** שמורת עינות צוקים, שלחופו הצפון-מערבי של ים המלח, היא נווה מדבר שתומך  
בחברה של צומח וחי ייחודיים לאזורי מלחה. חברת הדגים בשמורה ייחודית, וכוללת אמנון  
מצוי, אמנון הירדן, נאוויית כחולה ונאוויית ים המלח, שמוגדרת בישראל כמין בסכנת הכחדה  
חמורה. ייחודיות נוספת של חברת הדגים היא בשונות שמתבטאת בסמנים גנטיים בין  
אוכלוסיות האמנון שבשמורה, לבין אוכלוסיות שקיימות בבתי גידול מימיים אחרים. כתוצאה  
מנסיגת ים המלח מתרחשים בשמורה תהליכים שמאיימים על יציבות גופי המים ועל חברת  
הדגים שבה. על מנת לשמרם, הוחלט על פעולה שכללה הקמה של גופי מים חדשים, וטיפול  
בחברת הדגים שבשמורה באמצעות העברה של חלק מהדגים לגופי המים החדשים, והקמה  
של גרעין רבייה לדג אמנון הירדן.

**שיטות:** תכנון גופי המים התבסס על שישה עקרונות מנחים שתפקידם להבטיח שגופי המים  
יתפקדו באופן מיטבי ויכללו את בית הגידול הדרושים לדגי השמורה (למשל התבססות על  
משטר זרימה טבעי ויצירת קישוריות של הברכות החדשות לשטח השמורה). איתור השטח  
להקמה של גופי המים כלל שימוש בנתוני שפיעה לאורך השנים, תצלום אוויר עדכני, קידוחי  
תצפית, ומודל גבהים דיגיטלי, שנוצר בטכניקת LIDAR. גרעין הרבייה לדג אמנון הירדן הוקם  
בשיתוף מנהל החקר החקלאי ותחנת מחקר דור, שבמשרד החקלאות, אליהם הועברו ב-2011  
דגים לאקלום וביות טרם הרבייה.

**תוצאות:** עם תחילת העבודות התרחשה חשיפה של מי תיהום, שהעידה על התאמת  
השטחים שאותרו להקמה של בריכות חדשות. שתי בריכות ראשונות (כ-3 ו-5 דונם) נחפרו  
ב-2013 ובריכה שלישית (כ-7 דונם) ב-2016. לאחר מכן בין השנים 2013 ל-2016 הועברו  
אל הבריכות החדשות דגי אמנון שמקורם בגופי מים מאוימים שבשמורה ומגרעין הרבייה.  
**דיון ומסקנות:** המיזם הוגדר כהצלחה הנדסית, מאחר וגופי המים החדשים כוללים את  
מרבית הנחיות התכנון. המיזם עמד גם ביעדים הביולוגיים שהוגדרו לשימור דגי השמורה. דגי  
האמנון התבססו בברכות אליהן הועברו מהשמורה ומגרעין הרבייה, ונאויות אכלסו את גופי

המים החדשים באופן טבעי. נוכחותן של הנאוויות, שניזונות מטריפה של חסרי חוליות ואצות חוטיות, מעידה שהתפתחה בהן גם חברה של בעלי חיים וצמחים ברמות הזנה נמוכות יותר.

**תרומת המחקר:** רט"ג מבצעת בשנים האחרונות פעולות רבות של ממשק בבתי גידול לחים. עם זאת, המיזם שבוצע בעינות צוקים הוא אבן דרך חדשה בממשק, שכן לא מדובר על הסרת מפגע, על שיקום או על שחזור של בית הגידול, אלא על יצירה של מערכת אקולוגית במקום שלא הייתה שם קודם. פעילות דומה, שכללה יצירת נחל במקום שלא היה בו קודם, בוצעה ע"י רט"ג במסגרת פעילותה להצלה של הדג הנדיר בינון דור.

יתכן שהיום, עם העלייה בהיקף הפעילות האנושית והשפעתה השלילית על הטבע, יצירה 'יש מאין' של בתי גידול חדשים היא הכרח המציאות בפעילות שנדרשת לשמירה על מינים, על בתי גידול ועל מערכות אקולוגיות.

## **פאנל: שינוי דפוסי צריכה באמצעות היכרות עם שקית**

### **האשפה**

#### **מה וכמה אנחנו מבזבזים? עדויות מפח האשפה הישראלי**

אפרת אלימלך, פרופ' אופירה אילון וד"ר איל ארט

**רקע:** על פי הערכות של ארגון החקלאות והמזון של האו"ם (FAO), כשליש מהמזון המיוצר בעולם הופך לפסולת, ומידי שנה כ- 1.3 מיליארד טון של פסולת מזון מוצאים דרכם לאשפה. מחקרים שנערכו בעשור האחרון מלמדים שמרבית הבזבז (30-50%) בעולם המערבי מתרחש במשקי הבית.

בישראל, לא נערך עד כה מחקר אמפירי לקביעת היקף התופעה. כדי לקבוע מדיניות ואמצעים להפחתת איבוד ובזבז המזון יש להבין מהו היקף התופעה בישראל. מטרת מחקר זה הינה למדוד את כמות והרכב פסולת המזון במשקי בית, להצביע על שיעור הפסולת הנמנעת באשפה וללמוד אילו קטגוריות מזון "מועדות" יותר לבזבז.

**שיטות:** על מנת לכמת את היקף בזבז המזון בקרב משקי הבית, נערך מחקר שדה, שכלל איסוף דגימות פסולת מ- 192 משקי בית בשכונת נווה שאנן רבתי בחיפה. אזור המחקר מאופיין באוכלוסייה יהודית, המוגדרת כ"מעמד הביניים" הישראלי. כמות הפסולת שנדגמה במחקר עמדה על 2,544 ק"ג.

**תוצאות:** מתוך סך הפסולת הביתית שנדגמה במחקר, פסולת המזון היוותה 45%. פסולת

נמנעת, כלומר רכיבי מזון אכילים שבתכנון ובהערכות נכונה לא היו אמורים למצוא את עצמם באשפה, היוותה 54% מסך פסולת המזון המיוצרת במשק הבית. עוד נמצא כי הבזבז הגדול ביותר מתרחש בקטגוריית "פירות וירקות", המהווה 67% מסך הפסולת הנמנעת (לא כולל שאריות אוכל). הקטגוריה השנייה בגודלה הינה קטגוריית "לחם, דגנים ומוצרי בצק", המהווה – 14% מסך הפסולת הנמנעת. כשליש מהפסולת הנמנעת (602 ק"ג) היו מוצרי מזון שכלל לא נצרכו, כשליש מוצרי מזון שנצרכו במידה מסוימת וכשליש שאריות אוכל.

**דיון ומסקנות:** דוח מבקר המדינה (2015) הציע כי כדי לקדם מדיניות לטיפול בבעיית בזבז המזון יש לפעול לאיתור מוקדים לאיבוד מזון ולבזבזו, ולכמת את היקף התופעה. המחקר הנוכחי מצא כי למעלה ממחצית פסולת המזון הינה מזון ראוי למאכל, כאשר שני שלישים מתוכו הנם מוצרים שכלל לא נצרכו או נצרכו חלקית. ממצאים אלה מצביעים על בעיה בניהול ובתכנון צריכת המזון במשק הבית. מודעות, תכנון (קנייה, אחסון ובישול) והערכות נכונה יוכלו להביא להפחתת הבזבז, וכפועל יוצא לחיסכון כספי משמעותי למשק הבית ולמשק הלאומי.

**תרומת המחקר:** המחקר הנוכחי תורם לשדה במספר מישורים:

כימות ומדידת הרכב פסולת המזון בשיטה ייחודית, הנותנת מענה לחסרונות הנוצרים בשיטות המסורתיות, הנסקרות בהרחבה בספרות המקצועית. תרומה זו ייחודית בשני מובנים: ברמה המתודולוגית – מוצעת שיטה חלופית לשיטות המוצעות בספרות; ברמת המדיניות – מוצע כלי אמין למדידת פסולת מזון, ככלי לקבלת החלטות

---

## **"כולם מדברים על מחזור אף אחד לא מדבר על זבל" – שיקוף הידע ותפיסות**

### **הציבור אודות אורח חיים ותרבות צריכה דרך אתנוגרפיה של סיורי זבל**

סיוון רובין – המרכז לחינוך סביבתי, פארק מיחזור חירייה  
**רקע:** סיורים לימודיים סביב פסולת הם כלי נפוץ להטעמת ידע והתנהגות בקרב הציבור בתחום הפסולת וההפרדה, אך לא רק. הסיורים חושפים את הפער בין הידע לתחושות ולדעות של הציבור בנושא וחושפים פערי ידע ותפיסות נוספים בקשר שבין פח האשפה לרשימת הקניות שלן ול"סיבוב" האחרון בקניון. מה הציבור הישראלי חושב ויודע על תחום הפסולת בישראל? מה מוכן הישראלי לשנות בדפוסי הצריכה על מנת להפחית את כמות הפסולת הנוצרת? מה מניע את הישראלי הממוצע לקחת חלק? ומה מונע ממנו? באילו נושאים ששים לעסוק ואילו נושאים עדיין נחשבים טאבו?

**שיטה:** בהרצאה זו אסקור את התפיסות, ההנחות, התחושות והערכים הבאים לידי ביטוי אצל ישראלים במפגשים עם זבל, מתוך תצפית-משתתפת בעשרות סיורים בשבע השנים האחרונות כמדריכה במרכז לחינוך-סביבתי בחירייה וכמדריכת סיורי "פחים מבפנים". בסיורים



בחירייה עובר הציבור "טיפול בהלם" בביקור בתחנת המעבר לפסולת של גוש דן, המטפלת בכרבע מהפסולת הנוצרת בישראל. "פחים מבפנים" הם סיורים עצמאיים עבור הציבור הרחב הכוללים שיטוט בין פחי הזבל העירוניים והשקיות האישיות, והתבוננות במוטיבים מקומיים שעולים מהם.

**ממצאים:** בסיורים עולים וצפים מספר תמות מרכזיות החושפות את תפיסות הציבור בנוגע לתרבות צריכה ולפסולת. במהלך השנים 2008 – 2015 ניתן לזהות שינויים בשפה, בערכים ובתחומי העניין של הציבור, כמו גם ביחס ובידע של הציבור לפרויקט ההפרדה במקור. ניכרת גם חשיפה ל"שפה" צרכנית מפתה ל"בחירות ירוקות" במוצרים שמשפיעים על אופי הפסולת (האמנם?)

**תרומת המחקר:** בחינת התגובות הנפוצות של ישראלים לסיורי הזבל תורמת לחידוד הפערים הקיימים בין הספרה המדינית לציבורית בהבנת הפסולת, וכן שופכת אור על הקשיים וההזדמנויות לשיח מחודש סביב פסולת ותרבות הצריכה בישראל.

---

## **מפגש חינוכי עם פסולת כאפשרות לקידום שיח ביקורתי בקרב מחנכים בנושא תרבות הצריכה: חקר מקרה של המרכז לחינוך סביבתי בחירייה**

איגי ארם, המרכז לחינוך סביבתי, פארק מיחזור חירייה  
ד"ר איריס אלקחר וד"ר דפנה גולדמן

צריכה מוגברת היא מקור לפגיעה נרחבת במערכות האקולוגיות חברתיות כיום, אולם מרבית הציבור, בכללו אנשי חינוך, אינו קושר בין הצריכה המטריאליסטית לבין השלכותיה הסביבתיות-חברתיות. בחינה ביקורתית של תרבות הצריכה והשפעתה על דמות החברה ומבניה, מוסדות החינוך בתוכם, יכולה לצמצם את הפער התפיסתי שבין צריכה לקיימות. אם על מורים, כסוכני שינוי, להוביל שיח ביקורתי שכזה, עליהם להכיר ולחוות פדגוגיה ביקורתית בעצמם בתהליך טרנספורמטיבי אישי.

פסולת הינה הכלי ההסברתי המרכזי בסיור במרכז לחינוך סביבתי בחירייה. היא מוצגת בהקשרה הרחב כצד המוצלל של תרבות הצריכה, בכלים השייכים לפדגוגיה הביקורתית. מטרת העבודה לבחון את חווית הסיור בקרב אנשי חינוך ואת האפשרות לשימוש בפסולת כנקודת מוצא לשיח ביקורתי המקשר בין צריכה לסוגיות של סביבה-חברה.

המחקר בגישה איכותנית, מערכי ההדרכה של המרכז ינותחו בזיקה לעקרונות הפדגוגיה הביקורתית ויתקיימו ראיונות עם מורים שסיירו באתר במטרה ללמוד מהם על האופן שבו הסיור משתלב בתודעה הסביבתית שלהם. כמו כן תיבחן הנכונות שלהם לבטא את חווית הסיור בשדה האישי ו/או המקצועי. ניתוח הממצאים יהווה בסיס לגיבוש מודל חינוכי בגישת

החינוך הטכנולוגי אשר יציע למורים ולמחנכים דרך לעסוק בנושא המורכב של תרבות הצריכה והשלכותיה.  
בהרצאה יוצגו ממצאים ראשוניים שנאספו במחקר זה ומהניסיון שנאסף ותועד המרכז לחינוך סביבתי.

## תכנון אורבני מותאם לילדים

### כימיקלים מזיקים במוצרים לילדים: המצב בישראל והשלכות מדיניות

ד"ר מיה נגב, אוניברסיטת חיפה

ד"ר תמר ברמן, ד"ר שי רייכר, ד"ר רותי ארדי, יניב שמאי

**רקע:** תינוקות וילדים עלולים להיחשף לכימיקלים סביבתיים מצעצועים, בעיקר דרך הכנסת משחקים לפה, ובחשיפה עורית ונשימתית ממושכת למוצרים כגון מזרנים ומשטחי החתלה. מתכות כבדות, פתלאטים, ביספנול-A ומעכבי בעירה משמשים במגוון רחב של מוצרים להשגת תכונות רצויות כגון גמישות, יציבות, צבעוניות ובטיחות אש. בישראל, קיים אימוץ חלקי של תקינה אירופאית, למשל בצעצועים, אולם ישנם מוצרים לילדים שלגביהם לא אומץ תקן תכולה/נדידה של כימיקלים. מטרת המחקר הייתה לבדוק תכולה של מתכות כבדות, פתלאטים, ביספנול A ומעכבי בעירה במוצרים לתינוקות וילדים לגביהם אין תקן לכימיקלים, או שיש תקן חלקי בלבד.

**שיטות:** נדגמו 70 מוצרים, כולל תכשיטים לילדים, צעצועים, משטחי החתלה ומזרנים. המוצרים נבדקו על-פי הדרישות בתקן האירופי EN 71:3 (2013) למתכות כבדות, על-פי הדירקטיבות האירופיות (REACH) לפתלאטים, על-פי דירקטיבה EU/2014/81 לביספנול-A ועל-פי דירקטיבות EC/2003/11 ו EU/2014/79 למעכבי בעירה. הבדיקות נערכו במעבדות המוסמכות של מכון התקנים הישראלי, מעכבי בעירה שנבדקו במעבדות מוסמכות בחו"ל.

**תוצאות:** ריכוזים גבוהים במיוחד של מתכות כבדות נמצאו בתכשיטים לילדים, לגביהם אין תקן בישראל. בכ-50% מהמוצרים נמצאה תכולה גבוהה של עופרת וב-33% נמצאה תכולה גבוהה של קדמיום. בחלקם נמצאו ריכוזים הגבוהים בשני סדרי-גודל (פי 100) ואף בשלושה סדרי-גודל (פי 1000) ביחס לתקן האמריקאי/האירופאי. רמות גבוהות של עופרת ו/או קדמיום נמצאו גם בשני משטחי החתלה. ריכוזים גבוהים מהתקן האירופי נמצאו ב-14 מוצרים לגבי

פתלאטים וב-16 מוצרים לגבי ביספנול-A. מעכבי הבעירה שנבדקו במחקר לא נמצאו בפריטים שנבדקו.

**דין ומסקנות:** היעדר חקיקה מקיפה לגבי תכולה/נדידה של כימיקלים במוצרים המשווקים בישראל לתינוקות ולילדים מתבטא במחסור בתקנים לגבי מוצרים מסוימים שעלולים להכיל כימיקלים מזיקים. עקב פערי הרגולציה האמורים, עלולים להימכר בשווקים מוצרים המכילים ריכוזים גבוהים של כימיקלים הידועים כבעלי השפעה שלילית על בריאות הילד. במצב זה, קיים חשש לחשיפה ולפגיעה בבריאות הציבור.

**תרומת המחקר:** ממצאי מחקר זה הביאו להרחקה מהשווקים של מוצרים העלולים לסכן את בריאות הילד, וכן להתנעת אימוץ תקן לתכשיטי ילדים. המחקר מצביע על הצורך בהשלמת פערי רגולציה לשם הגנה טובה יותר על בריאות הציבור.

## הבדלים תרבותיים בניידות ילדים

ד"ר רבקה שליסלברג, ד"ר משה גבעוני - אוניברסיטת תל אביב

**רקע:** מדיניות התחבורה, המתמקדת בחיסכון בזמני נסיעה ועל כן פניה לנסיעות ארוכות המצדיקות השקעות גדולות בתשתית. המגנונים אינם ערוכים להתמודד עם נסיעות קצרות. נקודת מבט זו מאפשרת למידה על החוליה החלשה של התחבורה במענה לנסיעות קצרות, בהקשר קהילתי, ומרחיב את השיקולים בתכנון הסביבה המקומית ומעלה נושא חשוב למדיניות התחבורה בכלל.

**שיטות:** המחקר ניתח את הרגלי הנסיעה של 1625 ילדים בין הגילאים 4-17 מתוך סקר הרגלי נסיעה כללי שבוצע במטרופולין תל אביב בשנים 2013-2014. הסקר כלל שאלון על מאפיינים חברתיים כלכליים ומילוי יומן נסיעות על ידי כל הנסקרים בקרב 2,900 משקי בית (לא כולם עם ילדים). ברוב המקרים מילוי יומן הנסיעות נעשה בעזרת מדידות במכשיר GPS. ניידות ילדים הראה שונות מאד גדולה בין משקי בית במגזרים שונים: חילוניים, דתיים, ערבים וחרדים. המחקר מתמקד בהבדלים בין האוכלוסייה החילונית והחרדית בהקשר של ניידות ילדים.

**תוצאות:** כ-30% מהנסיעות כנהג רכב פרטי בשעות השיא של הבוקר היו כדי ללוות אדם אחר, רובם ליווי ילדים לבית הספר. בעוד כשליש עד חצי מהילדים לא מבצעים אף נסיעה פעילה (הליכה או אופניים) באוכלוסיות החילונית, דתיות וערביות, בקרה החרדים 87% מהילדים יש להם לפחות נסיעה פעילה אחת. הבדלים דומים ניתן לראות ברשות לנוע באופן עצמאי. המחקר מנתח שיעורים של ניידות פעילה וניידות עצמאית בקרב הילדים בשני הלמגזר והשוני בהשפעות של גיל, מגדר, ומאפייני משק הבית על ניידות ילדים.

**דיון ומסקנות:** בדרך כלל, לא נוטים להבליט משתנים של תרבות והקשרים חברתיים בנייתו הרגלי נסיעה. ניתוח של ניידות ילדים מאפשרת הבלטה של ההבדלים האלו ביחס של החברה אל ניידות בכלל ובדרך יחסה להורות ויחסים בין התא המשפחתי והקהילה המשנות נורמות בניידות ילדים. תיאוריה של "הון ניידות" מאפשרת ניתוח של משתנים אלו ושילובם בהבנת ההבדלים שנצפו בסקר. תיאוריה זו נותנת מקום לנורמות תרבותיות וחברתיות, ואילו ההסתכלות דרך ניידות ילדים מאפשרת להבליט דווקא את המרכיב הזה, מה שבדרך כלל קשה יותר לזקק בנייתו הרגלי נסיעה של בגירים.

**תרומת המחקר:** המטרה היא להחליף את מחזור קסמים המביא להעמקת התלות ברכב פרטי, במחזור וירטואוזי, בה סביבה שמעודדת ניידות פעילה ועצמאית של ילדים מיטיבה עם כלל הקהילה והשכונה. החזרת ילדים למרחב הציבורי תורמת לרווחת הילדים כמטרה חשובה ביותר בפני עצמה. יש להחשיב גם השפעות ארוכות הטווח בהתפתחות הילד בקידום עצמאות, בטחון עצמי וביצירת כלים של הון חברתי. יש להכיר בנורמות בין דוריות, בה הילדים מתחנכים דרך ההרגלים של הוריהם הרואים בנהיגה ונסיעה ברכב פרטי האמצעי המועדף. לחילופין, ניתן לראות בילדים סוכני שינוי. עידוד תחבורה בת קיימא בקרב הילדים דרך סביבה פיזית וחברתית ויצירת נורמות, יכולים לחולל שינוי בהרגלים של ההורים והקהילה הרחבה.

---

## **תכנון שטחים פתוחים בעיר בהתייחס לצורכי ילדים קטנים: תכנון מגרשי משחקים עבור ילדים יהודים/ערבים**

ד"ר האלה אבו חלא, אוניברסיטת חיפה

ד"ר גילה אלברט, ד"ר מירה ברון

**רקע:** משאבי הקרקע והנוף הפתוח הם מהנדירים והיקרים במשאבים מאחר והם מתכלים ואינם ניתנים לייצור או למחזור. מדיניות תכנון שימושי הקרקע ושמירת השטחים הפתוחים חייבים להיות יעד לאומי בעל חשיבות עליונה. שימור שטחים עירוניים פתוחים בכלל וגני משחקים בפרט, אשר ממלאים תפקידים אקולוגיים וחברתיים, יכול לתרום לשימור הקרקעות ושימוש מושכל בהן.

מחקר זה עוסק בהערכה כלכלית של שווי גני משחקים בעיר חיפה כפי שהם נתפסים בעיני הציבור. הערכת גני המשחקים היא כלי תכנוני הנותן בידי מקבלי ההחלטות מענה לשאלות כגון כדאיות הקמת מגרשי משחקים ועוזר בקביעת ייעודי הקרקע.

**שיטות:** במסגרת המחקר נערך סקר בתחומי העיר חיפה. שאלון המבוסס על שיטת ההעדפה המוצהרת ושיטת ההעדפה הנגלית הופץ ב 14 גני משחקים בעיר. בכל גן נאספו כ-20 שאלונים

שמולאו בראיון אישי עם בוגר/ת מהמשפחה שמלווה את הילדים. בחירת הגנים נעשתה על פי ארבעה קריטריונים: הרמה הסוציו-אקונומית של השכונה בה ממוקם הגן, מצב הגן, מידת הקרבה לכביש וסוג האוכלוסייה (יהודים/ ערבים).

**תוצאות:** תוצאות העבודה מצביעות על החשיבות שמייחס הציבור למגרשי משחקים, אשר באה לידי ביטוי באחוז הגבוה של אנשים שהצהירו שהם מוכנים לשלם סכום חיובי כלהלן:

ערבים	יהודים	
45%	43%	שדרוג הגן
38%	32%	הקמת גן חדש
35%	28%	מניעת פרוק הגן
6.35 ש"ח	21.8 ש"ח	תשלום ממוצע (לא כולל אנשים שאינם מוכנים לשלם)

ניתן לראות שאחוז האנשים שמוכנים לשלם סכום כלשהו בקרב האוכלוסייה הערבית הוא יותר גבוה, אך הסכום שהפרטים באוכלוסייה היהודית מוכנים לשלם הוא יותר גבוה. השוני בא לידי ביטוי גם בעמדות ובדפוסי השימוש בגני המשחקים, כמו גם במשתנים המשפיעים על קבלת ההחלטות של ההורים לגבי מגרש המשחקים אליו הם ילוו את ילדיהם.

**דיון ומסקנות:** ממצאי המחקר מלמדים שיש הבדלים מובהקים בין האוכלוסייה הערבית לאוכלוסייה היהודית בדפוסי השימוש בגני משחקים, שבאים לידי ביטוי בפרמטרים כמו תדירות הביקורים וזמן הביולוי. כמו כן נמצאו הבדלים בהתייחסות למשתנים המשפיעים על החלטות הפרטים לדוגמא, הכנסה, רמת הרעש וזיהום האוויר בגן המשחקים ובמשקל שמקבל כל משתנה כזה בתהליך קבלת ההחלטה.

**תרומת המחקר:** גני משחקים לילדים הם שימוש קרקע שיש להקצות להם שטחים בעיר. בגני משחקים הן בשכונות יהודיות והן בשכונות ערביות הבוגרים מוכנים לשלם עבור השימוש בגן או שיפוצו, כלומר התועלת מהגן חיובית. סכום הנכונות לשלם נמוך יותר בין ערבים, אולם עצם הנכונות החיובית היא החשובה.

אחד היתרונות של גני משחקים שניתן לראות שימוש בקבוצות גיל שונות: משחקי כדור בגיל העשרה, מקום לטיול עם כיסא גלגלים בין קשישים וזה בנוסף לתועלת הילדים הקטנים.

## תכנון גני משחקים בעיר לשימוש ילדים קטנים. קביעת מספרם בעיר ומיקומם. מקרה פרטי חיפה

ד"ר מירה ברון, הטכניון  
יורי דוניבסקי

**רקע:** המחקר עוסק בשטחי צבור פתוחים באזור העירוני, ובפרט בגני משחקים. גני משחקים הם דוגמא למוצר צבורי מקומי (local public good). חלק מהצבור נהנה ממנו, אולם צריכת הפרט אינה מפחיתה מצריכה של צרכנים אחרים (אין יריבות בתצרוכת). גני משחקים פתוחים לכל. אין גדר או שומר המונעים שימוש מצרכנים אחרים (אין הפרדה בתצרוכת).

מוצרים ציבוריים מיוצרים ע"י רשות ציבורית, במקרה שלנו, רשות מקומית. אם הרשות לא תספק גני משחקים הם לא יסופקו כלל. השאלות הן: איך לקבע כמות אופטימלית של גני משחקים בשטח העיר. והיכן למקם את גני המשחקים. הרשות המקומית צריכה לענות לשתי השאלות.

בשנת 2010 היו בחיפה כ-150 גני משחקים לילדים עד גיל 9. הגנים נבנו בתקופות שונות. בכל שכונה יש לפחות גן משחקים אחד. בשנת 2010 חלק מהגנים לא עמדו בדרישות התקן שהוחמרו. האם נוכל למצוא גנים לשדרוג לדרישות התקן.

**שיטות:** מודל מתמטי של COVERING עונה לשאלה אם גן משחקים יהיה במיקום נתון ומרחק ההליכה המרבי הוא D כמה תושבים יקבלו כסוי, וכמה גנים נדרשים כדי לתת כסוי לכל תושבי העיר. ככל ש-D נמוך יותר ידרשו יותר גני משחקים.

הורצו תרחישים שונים מבחינת מיקום פוטנציאלי. תרחיש אחד שאל לו התחלנו לבנות גני משחקים ב-150 הגנים הקיימים כשהדרישה שמרחק ההליכה יהיה בין 100 ל-1000 מטר, כמה גנים ידרשו וכמה ילדים יקבלו שירות. תרחיש אחר שאל, בהנחה שבוחרים גנים לשיפוע מבין הגנים המיועדים להריסה. אלו גנים יבחרו ובמרחקי הליכה שונים כמה ילדים יקבלו שרות. לא התייחסנו למקרה בו מחפשים מיקומים אופטימליים כאשר אין עדיין מיקומים פוטנציאליים. **תוצאות:** מספר הגנים שצריכים לפעול בעיר נע בין 34 עד 108 גנים בתרחיש הראשון. במרחקים גבוהים של כסוי נחסוך 40 גנים לעומת המצב הנוכחי. בתרחיש השני מספר הגנים שצריכים לפעול בעיר נע 79 גנים ל-115 גנים.

**דיון ומסקנות:** נסיק, בעזרת מודל מתמטי אפשר להקים רשת גני משחקים כך שאנשים לא יפגעו וגם יחסכו סכומים משמעותיים לבניה ולתחזוקה. הסביבה תזכה בתרומתה לתושבים.

---

## האטו שלנו גדול וירוק? הגורמים המעצבים עמדות בני-נוער בנוגע לכלי-רכב

### ותחבורה בת-קיימא

פרופ' סיגל קפלן, האוניברסיטה העברית ירושלים

Dr Mette Møller, Dr Sigrun Birna Sigurdardottir

**רקע:** הרגלי הנסיעה של ילדים ובני נוער מוכתבים במידה רבה ע"י גורמים חיצוניים כגון חקיקה והרגלי הנסיעה של ההורים. לכן, עד העשור האחרון רב ההתייחסות הייתה להרגלי הנסיעה של מבוגרים. עם זאת, לנערים/ות תפקיד בעיצוב הרגלי ההתנהגות של משק הבית וכדור העתיד.

**שיטות:** המחקר שנעשה בקרב בני/ות 15 בדנמרק, מתמקד בחסמים ומניעים לתפיסה של נערים/ות בנוגע לעצמם כרוכבי אופניים בעתיד, ועיכוב בעלות רכב לאורך זמן. מחד, דנמרק היא מדינה ידידותית לאופניים ומאידך דנמרק עוברת תמורות המעודדות שימוש ברכב פרטי. בישראל, אנו יכולים ללמוד מהניסיון הדני כיצד עידוד רכיבת אופניים בגיל צעיר יכול לחולל שינוי בדור הבא. במחקר שילבנו בין מחקר כמותי ואיכותני באמצעות סקר בקרב מדגם מייצג של 891 בני נוער וראיונות עומק עם 50 מתוכם. הסקר נבנה על פי המודל החברתי-אקולוגי של (McLeroy, 1988) שכולל את רמת הפרט, המיליה המשפחתי, מדיניות ותשתית, ונתח באמצעות מודל משוואות מבניות. ראיונות העומק נותחו באמצעות ניתוח תוכן בהתאם למודל דיפוזיית החידושים של Rogers (1962).

**תוצאות:** המחקר הכמותי מראה כי למרות ש-80% מהנערים/ות שנדגמו מעוניינים ברישיון ובעלות רכב, יותר משליש רואים את עצמם כרוכבי אופניים בעתיד לעבודה (28%) ולפנאי (43%) בהתאמה. כ-10-15% נוספים מעוניינים לנסוע בתחבורה ציבורית לאותן מטרות. הנטייה לנסוע ברכב פרטי מושפעת בין היתר מניסיון חיובי של הנער/ה כנוסע/ת, מהתעניינות בטכנולוגיה ומנורמות חברתיות. הרגלי הרכיבה של ההורים תורמים להעלאת המודעות הסביבתית ולהרגשה החיובית של ילדיהם ברכיבת אופניים. הסעות של נערים/ות מעודדים יצירת עמדות חיוביות כלפי רכב פרטי. האפשרות של הנער/ה לדמיין עיר ללא זיהום תורמת לרצונם לנסוע על אופניים כמבוגרים.

**דיון ומסקנות:** ניתוח התוכן הראה שהשיח בבית, בבית הספר ובמדיה החברתית קשור לטווח הזמן עד לבעלות רכב ושנערים/ות מאמצים את עמדות הוריהם. נערים/ות שהיו חשופים לשיח נלהב על טכנולוגית רכב במדיה ובמשפחה יאמצו רכב מוקדם יותר מאשר אלה שהיו חשופים לגישה פרגמטית והינם אדישים לתוכניות של רכיבת אופניים לביה"ס. ילדים שהיו חשופים לשיח סביבתי במשפחה, יגיבו טוב יותר לתוכניות חינוכיות ויתעלמו ממסרים מעודדי רכב פרטי במדיה.

**תרומת המחקר:** בהחלט. המחקר מאפשר הצצה לתוך עולם התוכן של ילדים בקשר בין אמצעי תחבורה לשיח ולהרגלי הנסיעה של ההורים, בגישה לתוכניות חינוכיות ועידוד נסיעות עצמאיות ע"י ההורים כאשר קיימת תשתית מתאימה.

---

## בנייה עתידית של בתי ספר בבניינים רבי-קומות - היבטים בריאותיים

זהר ברנט-יצחקי, איזבלה קרקיס, פרופ' איתמר גרוטו- משרד הבריאות

**רקע:** מדינת ישראל היא מדינה קטנה וצפופה, עם עתודות קרקע מוגבלות. מדיניות הבנייה לאורך השנים איפשרה התפרסותם של ערים ויישובים על פני שטחים רבים תוך שימוש לא מוגבל של משאבי קרקע. תכנית המתאר הארצית (תמ"א 35) משנת 2005 שמה דגש על שמירת הקרקע, פיתוח הערים ובלימת הפירבור ובעקבותיה פורסמו עקרונות מנחים לתכנון יישובים ושכונות בני קיימא במטרה להגביל את ניצול הקרקע.

אחד הכלים לציפוף האוכלוסייה ולשמירה על משאבי קרקע הוא בנייה לגובה (מבנים רבי-קומות בני לפחות שש קומות) של מבני מגורים, בנייני משרדים ואף מוסדות חינוך. משרד הבריאות נערך לבחינת היבטים הבריאותיים בבנייה לגובה של מוסדות חינוך.

**שיטות:** עד כה לא נערכו מחקרים בנוגע להשפעות בריאותיות של למידה בבתי ספר ברבי קומות. לפיכך, החוקרים ביצעו סקירה ספרותית בנוגע לשהייה ארוכת טווח במבנים רבי קומות בעולם, תוך התייחסות לעובדה כי מדובר במוסדות חינוך, על כל המשתמע מכך.

**תוצאות:** מהמחקר עולה כי תכנון ערים מושכל הכולל בתי מגורים גבוהים לצד מבני ציבור ובתי ספר רב-קומתיים (בני שש קומות ומעלה) עשוי לתרום להגנה על משאבי קרקע, לפיתוח העירוניות ואף לצמצום המרחק בין אזורי המגורים למבני הציבור ולבתי הספר ולעלייה בפעילות הגופנית (הליכה או שימוש באופניים). עם זאת, קיים קושי בשמירה על איכות האוויר החוץ- והתוך-מבני במבנים רב-קומתיים, קושי אשר עלול לגרום לעלייה בסוגי תחלואה שונים באוכלוסייה, בדגש על ילדים קטנים, הרגישים יותר לזיהום אוויר מאשר מבוגרים. לפיכך יש לבצע תכנון, תחזוק ופעילות המותאמת למבנים אלה.

**דיון ומסקנות:** משרד הבריאות רואה מקום לבחינת הקמה של מוסדות חינוך רב קומתיים, תוך צמצום זיהום האוויר החוץ- והתוך-מבני. המשרד פרסם שורה של המלצות לתכנון מוסדות חינוך רב קומתיים, לתחזוקתם ולפעילות מותאמת בהם, בדגש על תכנון אורבני כולל (לדוגמה הפעלת תחבורה ציבורית יעילה אל וממוסדות החינוך), תכנון ותחזוקת מערכות האוויר, הימנעות משימוש בחומרים עם פוטנציאל לפליטת חומרים מסוכנים וכן נטיעת עצים ושיחים המתאימים להפחתת זיהום האוויר בקרבת המבנים.



**תרומת המחקר:** יישום המלצות המשרד עשוי לתרום לשמירת משאבי הקרקע ולפיתוח העירוניות, תוך שמירה על בריאותם של התלמידים ושל סגל ההוראה השהים במוסדות החינוך.

---

## אקולוגיה אקוויטית

### סוד הגן הנעלם- גני ספוגים עשירים נמצאו בעומק החוף הישראלי של הים התיכון

טל אידן, אוניברסיטת תל אביב  
ד"ר סיגל שפר, ד"ר תמר פלדשטיין, ד"ר רותי יהל, ד"ר דורותה הושון, פרופ' מיכה אילן

**רקע:** לאורך החוף הישראלי של הים התיכון, התגלו לאחרונה בעומק המזפוטני של כ-100 מ' בתי גידול עשירים ומגוונים, במיוחד בספוגים וכן בחסרי חוליות נוספים ודגים רבים. אזורים שכאלה נקראים "גני ספוגים". ספוגים הינם חסרי חוליות ישיבים הניזונים באמצעות סינון. בגני הספוגים תפקידם דומה לזה של אלמוגים בשוניות האלמוגים בכך שהם יוצרי בית הגידול. בהיותם ישיבים, הספוגים מוסיפים מורכבות מבנית לאזורים הומוגניים, מספקים מצע להתיישבות, מסתור מטריפה, מקומות מתאימים לרבייה ובכך ויוצרים נישות בהן חיים אורגניזמים רבים אחרים. גני ספוגים אלה מהווים מעין נווה מדבר- אזור בו מגוון ועושר המינים גבוה במיוחד ורב מאשר בסביבה הסמוכה.

גני הספוגים העמוקים התפתחו על קרקע סלעית ולכן עד כה היה קשה מאד לחקור ולדגום באזור הזה. כניסת הכלים הלא מאוישים (Remotely Operated Vehicle (ROV מאפשרת זאת.

**שיטות:** בכדי לתאר את בתי הגידול העמוקים השתמשנו בROV המצויד בזרוע דיגום ומצלמות ברזולוציה גבוהה. ביצענו סקרים כמותיים ואספנו דוגמאות על מנת להגדיר ולאפיין את חברת הספוגים.

עד כה נסקרו האתרים: הרצליה, עתלית וראש כרמל. נמצא כי הרכב החברה נבדל בין האתרים. עד כה אספנו ותיארנו 33 מיני ספוגים, כשבצילומי האתרים רואים למעלה מ-30 מינים נוספים. הנתונים מראים שקיימת חפיפה מעטה בהרכב חברת הספוגים המאפיינת את גני הספוגים המזפוטניים בהשוואה למים הרדודים (8 מינים בלבד), בנוסף התגלו בגני

הספוגים מינים שנמצאו בעבר בישראל במים הרדודים ואינם מצויים בהם כיום. בנוסף, ייתכן ששניים מהפרטים שנאספו הינם מינים החדשים למדע.

**תוצאות:** התגלה שגני הספוגים המזופוטיים עשירים, מגוונים ותומכים בחברה ענפה של חסרי חוליות ודגים. עם זאת, בית גידול זה מצוי תחת איום אנתרופוגני ממשי וקבוע, עקב דיג ופעילויות הקידוח שמתבצעות באזור. לאחרונה, בזכות התוצאות הראשוניות של מחקר זה הוכר אתר הרצליה כאזור בעל רמת הרגישות הגבוהה ביותר ועל כן לא יעשו בו או באזור הסמוך אליו עבודות קידוח או תשתית.

**דיון ומסקנות:** עקב חשיבותם האקולוגית של בתי גידול אלה יש להגן עליהם, ומוצע שגני הספוגים יוכרו כשמורות ימיות (Marine Protected Area-MPA).

**תרומת המחקר:** חקר גני הספוגים כבר מוביל למדיניות מבוססת מחקר בנושא השמירה של בתי גידול ייחודים אלה. ככל שנאסוף יותר מידע על האתרים הנבדקים ועל הקשר שבין מבנה בית הגידול לחברה שמתקיימת עליו כך לנוכל לספק תחזיות לאזורים נוספים לאורך החוף אותם צריך לבדוק לפני שמאפשרים עבודות תשתית באזור.

---

## **דיאלוג בין חיידיקים והיחסי גומלין עם מיקרוציסטיס כאמצעי להדברת פריחות ציאנובקטריה רעילות**

וייס גד<sup>1</sup>, קובלרצ'יק דימיטרי<sup>2</sup>, סוקניק אסף<sup>3</sup>, כרמלי שמואל<sup>2</sup> וקפלן אהרון<sup>1</sup>

<sup>1</sup> המחלקה למדעי הצמח והסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים

<sup>2</sup> בית הספר לכימיה, הפקולטה למדעים מדויקים, אוניברסיטת תל אביב

<sup>3</sup> המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון, חקר ימים ואגמים בישראל

*Microcystis.sp* הם שחקנים מרכזיים בתופעה הגלובלית של פריחות ציאנובקטריה טוקסיות הפוגעות באיכות המים במקווי מים מתוקים עד לרמה המונעת שימוש בהם מתוך סכנה לאדם, למקנה, לדגה ואף ליבולים.

ככאלו הם מוקד למחקר מקיף לאורך עשרות שנים אך על אף הידע הרב שנאסף במחקרים אלו עדיין רב הנסתר על הגלוי.

בעבודה זו נבחנו יחסי הגומלין בין זני חיידיקים שבודדו מתוך דגימת צופת מפריחת *Microcystis.sp* בכנרת לבין תרבית *Microcystis aeruginosa* (MGK) שמקורה בכנרת גם

כן, הן על ידי שימוש במערכות חישת מניין (Quorum sensing) והן על ידי מסלולים חלופיים. מבין החיידקים שבודדו נמצא ש-*Aeromonas veronii* (100% דמיון עבור 16s) הוא בעל פעילות כנגד MGK. עוצמת התגובה ומשך השפעתה גדלו באופן ניכר כאשר *Aeromonas veronii* גודל במדיום שהוכן ע"ב תסנין של תרבית MGK סטציונרית.

מתוך מיצוי של *Aeromonas veronii* ולאחר מספר שלבי הפרדה התקבלה פרקציה פעילה בכמות ורמת ניקיון המספיקים לניתוח NMR. אחד החומרים שזוהו הוא lumichrome, בדיקת הפעילות של lumichrome כנגד MGK הראתה עיכוב בריכוזים נמוכים עד כ-10 mg/ml<sup>6</sup> (4.1 nM). מוטציה ברכיב מרכזי במסלול הביוסנטטי ליצירת לומיכרום הפחית באופן ניכר את פעילותו של המוטנט כנגד MGK.

תוצאות אלו מעידות על יחסי גומלין מורכבים בין *Microcystis.sp* לבין החיידקים בסביבתם. הבנה מעמיקה יותר של מערכת זו תוכל לספק את הכלים לצפות, להדביר ואף למנוע התפרצויות של פריחות ציאנובקטריה טוקסיות.

---

## דינמיקה במרחב ובזמן של תפוצת אוכלוסיית הציאנובקטריה מיקרוציסטיס במהלך אירועי "פריחה אביבית" בכנרת

איליה אוסטרובסקי<sup>1</sup>, אסף סוקניק<sup>1</sup>, ארנסט אוזנסקי<sup>2</sup>, איה הוזומי<sup>3</sup>, חזי גלדור<sup>3</sup>, בוריס כצנלסון<sup>2</sup>  
(1) המעבדה לחקר הכנרת, חקר ימים ואגמים לישראל, מגדל  
(2) המכון למדעי כדור הארץ ע"ש פרדי ונדין הרמן, האוניברסיטה העברית בירושלים, ירושלים  
(3) ביה"ס למדעי הים ע"ש צ'רני, אוניברסיטת חיפה, חיפה  
**רקע:** לציאנובקטריה, קבוצה מגוונת של חיידקים פוטוסינתטיים, יכולת לנצל תנאים סביבתיים ולייצר אוכלוסייה צפופה המוגדרת כ"פריחה". מינים רבים של ציאנובקטריה מיצרים רעלנים ובשל כך הפריחות מהוות סכנה לצרכני המים ועלולות לפגוע ביציבות המערכת האקוויטית. פריחות של הציאנובקטריה מיקרוציסטיס נפוצות בגופי מים רבים ברחבי העולם ומאופיינות בפיזור לא אחיד במרחב, עובדה המקשה על הערכה כמותית של האוכלוסייה ועל הבנת השינויים במבנה העיתי והמרחבי.

**שיטות:** בעבודה זו נעשה שימוש בטכנולוגיה הידרואקוסטית (EY60 echosounder) למעקב אחר הדינמיקה של אוכלוסיית מיקרוציסטיס בכנרת. נמדד פרופיל הזרמים, במשולב עם מדידות הידרוגרפיות והערכת התפלגות מרכיבי החומר המרחף שעיקרו פיטופלנקטון בעזרת מונה חלקיקים (laser diffraction particle size analyser LISST-100). המידע

שנאסף אפשר מעקב אחר השינויים היממתיים והעונתיים באוכלוסיית המיקרוציסטיס באגם וחקר יצירת משטחים (surface scum) על פני המים.

**תוצאות:** אוכלוסיית המיקרוציסטיס גדלה ככל שעמודת המים משוכבת יותר. במהלך ימים אביביים חמים בהם מזג אוויר שקט, מושבות של מיקרוציסטיס, שלהן כושר ציפה מובהק, מתרכזות בשטח פני המים ויוצרות שכבה בעלת עובי משתנה. שכבה זו קולטת את קרינת השמש ותורמת לעלית טמפרטורת המים.

**דיון ומסקנות:** לשינויים הפיסיקאליים ולפיזור המשתנה של אוכלוסיית המיקרוציסטיס בגוף המים תרומה להתפתחות אוכלוסיית המיקרוציסטיס המשפרת את מיקומה בשדה האור והחום וכך משיגה הגברה של קצב הגידול.

**תרומת המחקר:** תוצאות המחקר תורמות להבנת התהליכים המאפשרים התפתחות ושליטה של מיקרוציסטיס במהלך הפריחה האביבית בכנרת ומצביעות על החשיבות של יצירת משטחים צפים ליציבות האוכלוסייה.

---

## הבולענים כמקור חיים באזור ים המוות

אופיר הירשברג, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר פרידה בן-עמי

**רקע:** בשנים האחרונות אזור ים המלח נפגע רבות מפעילות האדם. שאיבת מים לבריכות אידוי, ניצול המים המתוקים שזרמו בעבר לים ושינויים אקלימיים גורמים לירידה במפלס המים ומאפשרים את חדירתם של מי תהום לשכבות התת קרקעיות. כתוצאה מכך מומסת שכבת מלח תת קרקעית ונוצרים חללים הגדלים כלפי מעלה עד שקורסת השכבה העליונה ונוצרים בורות קריסה - בולענים. כיום ישנם מעל 5000 בולענים הפרושים לכל אורכו של האגן המערבי של ים המלח. חלק מהבולענים מלאים במים שמקורם במי גשמים, מי תהום ומי מעיינות. למרות שהם מהווים דוגמא לפגיעה סביבתית כתוצאה מפעילות האדם יכולים הבולענים להוות בית גידול למספר רב של אורגניזמים ובכך לתרום לשמירת המגוון הביולוגי באזור. מספרם הרב והתנאים הא-ביוטיים (מליחות, חומציות, ריכוז חמצן מומס, טמפרטורה וגודל) המשתנים בין בולען לבולען ובין הבולענים לסביבתם החיצונית מאפשרים התפתחותה של אוכלוסייה מגוונת. מטרת מחקר זה הייתה לבחון האם חסרי חוליות גדולים יכולים לחיות במי הבולענים ואילו תנאים סביבתיים משפיעים על נוכחותם.

**שיטות:** במחקר זה נדגמו 94 בולענים בצפון מערב ים המלח. הבולענים נדגמו בעזרת רשת

פלנקטון. בנוסף נמדדו המליחות, החומציות ריכוז החמצן המומס הטמפרטורה והגודל. לאחר הדיגום בשטח הדגימות נשמרו באתנול ונלקחו למעבדה לספירה והגדרה בעזרת מומחים.

**תוצאות:** מרבית האורגניזמים שנמצאו הינם חרקים. בעיקר חרקים בהם הלארווה והגולם חיים במים והבוגר יבשתי-בעיקר חרקים ממשפחת הזבובאים (Diptera). בנוסף נמצאו חרקים החיים במים במרבית חייהם אך יכולים לעבור ממקור מים אחד למשנהו בהליכה או תעופה- בעיקר חרקים ממשפחת החיפושיות (Coleoptera). בנוסף לחרקים נמצאו צדפוניות (Ostracoda), שטרגליים (Copepoda) ומספר מיני חלזונות מים מתוקים (Gastropoda). מעבר לכך, נדגמו מדדים א-ביוטיים ונמצא כי הגורמים המשפיע ביותר על נוכחות אורגניזמים בבולען הם מליחות ו-pH.

**דיון ומסקנות:** השונות בין הבולענים יוצרת אוכלוסייה מגוונת ועשויה לסייע בשמירה על המגוון הביולוגי באזור ים המלח. על ידי יצירת בית גידול חדש, ייחודי ולעיתים קיצוני הבולענים עשויים לשנות את זהות המינים הדומיננטיים באזור.

---

## ניהול אשפה וטכנולוגיה סביבתית

### פסולת של כלים חד-פעמיים בחופי ישראל

גליה פסטרנק, ד"ר דב צביאלי, ד"ר אסף אריאל, פרופ' אהוד שפניר - אוניברסיטת חיפה

**רקע:** פסולת ימית, בעיקר פלסטיק, מהווה סיכון סביבתי חמור לסביבה בכלל ולבריאות האדם בפרט. מחקרים בעולם מצביעים על המצאות חלקיקי פלסטיק בגופם של בעלי חיים ימיים, לרבות כאלה הנאכלים על האדם.

**שיטות:** במחקר שבוצע בשנים 2012-2015, נערכו 19 סקרים בשמונה חופים לא מוכרזים בישראל, במטרה לאפיין את הפסולת הימית, תפוצתה ומקורותיה. פרוטוקול הדיגום הסתמך על ספירה וסיווג של פריטי הפסולת, על פי הקטגוריות שהומלצו על ידי Cheshire et al. (2009). בנוסף נעשו מיון של מקורות הפסולת על פי צורתה ותוויות שהיו מודבקות עליה.

**תוצאות:** תוצאות המחקר מצביעות על כך שמרבית הפסולת בחופי ישראל היא מקומית ומקורה העיקרי הוא נופשים בחוף. נמצא כי 55% מכלל מהפסולת הימית שמקורה זוהה הינה ממקור חופי, ומזיהוי פריטים על פי התוויות נמצא כי 75% מהפסולת יוצרה או שווקה בישראל. בסיווג פריטי הפסולת הנפוצים ביותר על פי שימושם, נמצא כי 32% מהפסולת שאותרה בחופים הם כלים חד-פעמיים ואריזות מזון, ואחריהן שקיות ניילון - 23%, בדלי סיגריות - 12%, פקקי בקבוקים - 11%, ובקבוקי פלסטיק - 5%.

**דיון ומסקנות:** לאור ממצאים אלה ניכר כי הפחתה במקור של כלים חד-פעמיים ואריזות המזון, שרובם עשויים פלסטיק, עשויה להפחית משמעותית את כמות הפסולת הימית. לשם כך נדרשים מגוון פתרונות בכל הרמות. לנוכח הצריכה ההולכת וגוברת של כלים חד-פעמיים, הניכרת בין השאר בהגדלה משמעותית של חנויות למוצרים אלה, נראה כי נדרשת חקיקה לצמצום מוצרים אלה, כפי שנעשה בצרפת. דרך נוספת להתמודדות עם הבעיה היא שינוי נורמות התנהגות בקרב הציבור באמצעות פעולות הסברה וקמפיינים על מנת לעודד, לדוגמא, שימוש בכלים רב-פעמיים, פניה לבתי ממכר לאורך החוף להפחתת כלי הפלסטיק הנמכרים בהם, הפסקת שימוש בקשים, מכירת בקבוקים בהם הפקקים מחוברים לצוואר הבקבוק, ומוצרים ללא אריזות.

**תרומת המחקר:** תוצאות המחקר מצביעות על מקורות הבעיה ומאפשרות למצוא פתרונות ברמת מדיניות וברמה מקומית.

## פיחום הידרותרמי כטיפול בר קיימא בשפכים ליצירת דשן ואנרגיה מתחדשת

רעות יהב שפיצר ופרופ' עמית גרוס - אוניברסיטת בן גוריון

**רקע:** השפכים השחורים (הזרם היוצא מהשירותים וכולל שתן וצואה) הינם שפכי הבית המזהמים ביותר. פיחום הידרותרמי, (חימום הבוצה לטמפ' של 180-250°C בלחץ), נבחן כדרך לטפל בשפכים השחורים. בפרט, הפאזה המוצקה והנוזלית לאחר הפיחום אופייני והוערכה התאמתם לגידול צמחים

**שיטות:** צואת בני אדם נאספה בשקיות מ-7 בני אדם, עוקרה, נשקלה, ויובשה (105°C). דוגמאות יבשות נטחנו. החומר היבש עורבב ביחס נוזל:מוצק 1:4 (היחס הממוצע שנמדד בדוגמאות שנאספו), ופוחם ב-9 ריאקטורים בעלי נפח של 50 מ"ל בטמפ' (180°C, 210°C, ו-240°C) (וזמני ריאקציה (30, 60, 120 דקות) שונים. כל טיפול נבדק בטריפליקטים. אפיון הפאזה המוצקה כלל: תנובה (מסה ביחס למשקל ההתחלתי), כמות אפר, מוצקים נדיפים, פחמן אורגני כללי ואפיון אלמנטרי של פחמן, חנקן מימן וגופרית. אפיון הפאזה הנוזלית כלל: ערך הגבה, מוליכות חשמלית, חנקן כללי, פחמן אורגני מומס ואפיון יונים על-פיהם גם נעשה חישוב לערך ה-SAR.

**תוצאות:** מבין המשתנים הנבדקים לטמפרטורה הייתה ההשפעה הגדולה ביותר על תוצרי התהליך.

בפאזה המוצקה נצפתה ירידה בתנובה מ-70% ל-57% עם עלייה בטמפרטורה. תכולת הפחמן עלתה מ-50% בצואה הגולמית ל-58.6% ב-240°C וכתוצאה מכך נצפתה גם עלייה בערך הקלורי מ-22.8 MJ/Kg ל-27.1 MJ/Kg. בפאזה הנוזלית ריכוזי הנוטריינטים הגבוהים ביותר ויחס K:P:N המתאים ביותר לגידול צמחים התקבלו בטמפ' של 210°C עם 8,200 מג"ל חנקן, 800 מג"ל זרחן ו-6,100 מג"ל אשלגן. ערך הגבה, מוליכות חשמלית וערך SAR עלו עם עלייה בטמפ' מ-5.6 ל-7.3, מ-24.2 מיליסימנס"מ ל-27.9 מיליסימנס"מ ומ-15 ל-48 בהתאמה.

**דיון ומסקנות:** הירידה בתנובה הינה בעיקרה תוצאה של תגובות דה-הידרציה ובמידה מסוימת דהקרבוקסילציה, כתוצאה מכך תכולת הפחמן עולה כמו גם הערך הקלורי לגר'. בהתחשב בדילול שיש לעשות על מנת להגיע לריכוזי נוטריינטים המתאימים לשימוש כדשנים, גם המליחות וערך SAR ירדו לערכים מתאימים לגידול ולא מזהמים. מלבד ההרכב הכימי, בימים אלו נערך ניסוי עיצים על מנת לבדוק את התאמת התוצרים לגידול צמחים.

**תרומת המחקר:** בוצת שפכים ושפכים שחורים עתירים בחומר אורגני. טיפול בר קיימא בהם הינו אתגר משמעותי בארץ ובעולם (הן ברמה הסביבתית והכלכלית) עם פתרונות חלקיים

בלבד. בנוסף, במקומות מתפתחים כולל במדינות שכנות, כפרים בדואים ובשטחי הרשות טיפול חלקי אם בכלל יוצר תחלואה מוגברת וזיהום סביבתי. שימוש בפיחום הידרותרמי יכול להוות פתרון בר קיימא ביישובים בכלל וביישובים מבודדים שאינם מחוברים לתשתיות.

## **מערכת מיחזור ביתית להפקת ביוגז ודשן אורגני נוזלי. מערכת קומפקטית קלה להרכבה ונוחה לתפעול, הממחזרת שאריות מזון וזבל בע"ח בחצר הבית**

יאיר טלר

**רקע:** מתקני ביוגז המפרקים פסולת אורגנית לכדי מתאן פועלים בקנה מידה תעשייתי במדינות רבות. תהליך פירוק הפסולת האורגנית מתבצע על ידי מיקרואורגניזמים בסביבה אנאירובית. כך מופק גז מתאן הנאסף למיכל. כיום מתקנים ביתיים מופצים באופן מוגבל, בעיקר אצל חקלאים במדינות מתפתחות. מתקנים אלו אינם מספקים להבה אחידה ועקבית. רובם מפיצים סביבם ריחות רעים, והתקנתם דורשת עבודות מורכבות, ו/או חפירה. יאיר טלר, בוגר מכללת רופין והמכללה הימית במכמורת, הנו יזם שפיתח מערכת ביוגז ביתית נוחה לתפעול, אטומה, קלה להתקנה, מספקת להבה עקבית. מאז 2011 הוא מבצע ניסויים. ב-2014 הותקנו מערכות מדגם אבטיפוס ביישובים לא מוכרים בנגב, ובגדה המערבית, בשיתוף מרכז פרס לשלום. 2 פטנטים נרשמו, על מנת לאפשר זרימת גז בצינור בזרם קבוע ואחיד לכיריים. כתוצר לוואי מתקבל דשן נוזלי. בניגוד למערכות אחרות, התוצרים עוברים דרך פילטרים לטיהור מגופרית וחיידקים.

**שיטות:** פיתוח המוצר התבסס על מדידה של כמות פסולת לעומת כמות אנרגיה המיוצרת (קילו= זמן להבה וליטר דשן). מ-2011 נאספים נתונים: (1) כמות גז במיכל (זמן בעירת להבה קבועה מתמשכת). (2) כמות ליטרים דשן נוזלי הנפלט בצינור האחורי. (3) נתוני ההרכב כימי של הדשן, תוך תיעוד הפסולת המוזנת, ובהתאם להחלפת הפילטרים.

**תוצאות:** תוצאות הניסויים בשימוש אבטיפוס הראו כי כמות פסולת יומית אידיאלית מבחינת תפוקה הנה 6 ליטר ליום. יש צורך בהתנעת המערכת בעזרת מנת בקטריה ראשונית מזבל בע"ח, או תמיסה. בתוך שבועיים מתחילת השימוש מתקבל גז. המערכת מטפלת בכל סוגי המזון, בניגוד לקומפוסטר. בטמפ' נמוכה תפקוד המערכת חלש, לכן רצוי להוסיף גוף חימום בחורף. על פי המחשבון הבינ"ל נמצא כי מערכת אחת בשימוש של 6 ליטר פסולת ביום מפחיתה 6 טון פחמן בשנה.

**דיון ומסקנות:** כמות הפסולת הביתית שמייצרת משפחה ממוצעת מפיקה גז בכמות המספיקה למלא את צרכי הבישול של המשפחה. המערכת מאפשרת שימוש באנרגיה



מתחדשת לבישול במקום בגז תעשייתי הצורך אנרגיה לשם ייצורו ושינועו. המערכת יכולה לייצר גם גז לבישול וחימום מים למקלחות, או תאורה, במידה וכמות הפסולת היומית גבוהה יותר מבשימוש ביתי.

**תרומת המחקר:** 1-טיפול מקומי בפסולת; 2-אספקת גז לאוכלוסיות מנותקות מתשתיות; 3- הפחתת פליטת גזי חממה.

---

## **כלכליות חלופות טיפול באשפה על בסיס מהפכת מחזור האשפה בגוש דן**

אילן כץ, חץ אקולוגיה.

**רקע:** בשנת 2016 החלו לפעול באתר חירייה שני מפעלי מחזור חדשים. המפעלים מטפלים באשפה מעורבת בשתי תפיסות שונות. חץ אקולוגיה משלבת מחזור חומרי גלם עם טיפול אנארובי בחומר אורגני ואילו וורדיס (ואוליה) מפיקה חומר גלם לשרפה RDF.

שוק הטיפול באשפה בארץ ובעולם עבר הפרטה והטיפול באשפה דורש השקעות גבוהות על חשבון היזמים הנדרשים להצליח לייצר הכנסה תפעולית להחזר השקעתם. אתגרים טכנולוגיים וכלכליים מחייבים יעילות גבוהה להצלחת מחזור האשפה לטובת החברות ולטובת הסביבה והאזרחים.

**שיטות:** הניסיון המצטבר בטיפול באשפה ונתוני המחזור של שנת 2016, כמו גם סקר עלויות של חלופות טיפול מאפשר ניתוח כדאיות כלכלית של חלופות טיפול באשפה. חלופות אלו כוללות טכנולוגיות הפועלות באתר חירייה וכן טכנולוגיות אחרות מהשוק הבין לאומי.

**תוצאות:** ניתוח של חלופות מחזור יבש ושרפה מציג נתוני עלות גבוהים של השקעה ותפעול. טיפול גם במקטע האורגני מביא לעליה באחוז ההשבה, ובהשקעה התחלתית נמוכה יותר המאפשרת להגיע לאיזון כלכלי. ההכנסות כוללות את הרווח הבסיסי של דמי הטיפול ( tipping fee), התלוי ישירות באחוז ההשבה, וכן רווחים ממכירת חומרי גלם ואנרגיה. בארץ נקודת האיזון תלויה בהיקף ההשקעה, בסוג הטכנולוגיה וביעילותה. בעולם דמי הטיפול גבוהים יותר ומאפשרים החזר השקעה סביר.

**דיון ומסקנות:** הכדאיות הכלכלית של מפעלי מחזור האשפה העירונית בארץ נמוכה. בהתאם נדרשת הגברת היעילות של המתקנים וחשיבה מחודשת על מבנה משק האשפה והמנופים הכלכליים. הפרטת מתקני הקצה לטיפול באשפה מעבירה את האחריות אל חברות פרטיות, ובכך מאבדת המדינה את הוודאות בעמידה ביעדים סביבתיים ומניעת מטרדי האשפה.

**תרומת המחקר:** הנתונים מצגים את התמורות במחזור האשפה בשנת 2016 תוך התרעה על מבנה כלכלי שאינו מהווה בסיס מספיק לפעילות כלכלית מאוזנת. דבר המחייב חשיבה

מחודשת על מבנה משק האשפה בארץ ומשמעות הסביבתית של המעורבות הנמוכה של המדינה בפעולות מתקני הקצה למחזור פסולת בייתית בישראל.

## פאנל: רכש ציבורי ירוק

להרגלי הצריכה והייצור קשר הדוק עם הבעיות הסביבתיות הרבות עמן מתמודדת החברה האנושית: ניצול הולך וגובר של משאבי טבע, פליטות של מזהמים הפוגעים בסביבה ובבריאות האדם, יצירת פסולת ובפגיעה במגוון הביולוגי. אחד האופנים בעזרתם ניתן להתמודד עם הבעיות הסביבתיות הללו הינו שינוי הרגלי הצריכה והטמעתם של שיקולים סביבתיים בתהליך קבלת החלטות צרכניות, פרטיות וממשלתיות.

בארץ כמו בעולם כולו, היקפי הרכש המשמעותיים של המגזר הציבורי הופכים אותו לשחקן מפתח ביצירת הביקוש למוצרים ולשירותים במשק ובכך טמונה יכולתו להשפיע על דפוסי צריכה ועל תהליכי ייצור במשק כולו. לפיכך, פועל המשרד להגנת הסביבה להטמעתם של שיקולים סביבתיים בתהליך הרכש הציבורי באמצעותם ניתן להשפיע על תהליכי ייצור ולעצב דפוסי צרכניים מודעים לסביבה במשק כולו.

בעולם גובשו כלי מדיניות שונים על מנת לקדם רכש ציבורי ירוק במוסדות וארגונים: מנהיגי האיחוד האירופי הציבו ב-2008 יעד וולונטרי על פיו עד 2010 צריכים 50% מהמכרזים להיות ירוקים (בהגדרה לפיה מכרז ירוק חייב להיות כזה העומד בכל תנאי הסף הסביבתיים שהוגדרו, בראיית כלל מחזור החיים של השרות או מוצר). בארצות הברית, לעומת זאת, פורסם ב-2009 צו נשיאותי עם יעד מחייב ליישום רכש ציבורי ירוק ב-95% מהמכרזים (לפי ההגדרה בה די בתכונה סביבתית אחת ונקודתית בכדי להכיר במכרז כירוק).

ב-2012 במסגרת עדין להחלטת ממשלה בנושא "ממשלה ירוקה" הוגדר בישראל יעד של 20% עד שנת 2020 לשיעור היקף רכש ציבורי ירוק ברכש התפעולי של משרדי הממשלה. בשנים האחרונות קידם המשרד להגנת הסביבה בשיתוף הפעולה עם החשב הכללי במשרד האוצר (מנהל הרכש, מנהל הבינוי והדיור ומנהל הרכב) ניסוח והטמעת קריטריונים סביבתיים במכרזי רכש ממשלתיים.

לצורך עידוד הרכש הציבורי הירוק נכתבו דפי מוצר עם מידע על תנאים שיש לכלול במכרזי רכש עבור מוצרים ושירותים נבחרים, פורסמו איתותים לשווקים לקראת הטמעת הקריטריונים במכרזים ולצורך הערכות של יצרנים וספקים, הוקם פורטל המאפשר ליזמים וספקים להציע פתרונות ירוקים לממשלה ונערכו פעולות להנגשת הידע בנושא ליחידות הרכש במשרדי ממשלה ורשויות מקומיות.

מלבד החיסכון והתועלות הצפויות כתוצאה מקידום רכש ירוק, המהלך צפוי להגביר את הביקוש והשימוש במוצרים ושירותים מועדפים סביבתית במגזר הפרטי ולשמש כמנוף לפיתוח שווקים של מוצרים ושירותים בעלי השפעה פחותה על הסביבה.

---

## **מודלים אקו כלכליים של הים התיכון**

### **פערי ידע בים התיכון והשפעת מדיניות פיתוח על שירותי המערכת האקולוגית הימית**

ד"ר עינת מגל ואילן ניסים

**רקע:** בשנים האחרונות התחדד הפוטנציאל הכלכלי הגלום בים התיכון בישראל כמקור לאנרגיה ומים. במטרה לממש פוטנציאל זה, נעשות פעולות פיתוח המעוררות חשש מפני השפעות סביבתיות שליליות בקנה מידה נרחב.

**שיטות:** הרצון של מקבלי ההחלטות בישראל הינו לקדם מדיניות מאוזנת אשר ממצה את הפוטנציאל אך ממזערת את ההשפעות הסביבתיות, מקדמת פעולות מניעתיות לצד בחינת עלות – תועלת כלכלית וסביבתית.

**תוצאות:** המשרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים סיים לאחרונה תהליך ייחודי במדינה של סקר אסטרטגי סביבתי במהלכו נאסף מידע אשר היווה בסיס לקביעת המדיניות לפתיחה מחודשת של הים לחיפושי גז טבעי ונפט.

**דיון ומסקנות:** עבודה זו המחישה את הצורך בקידום מחקר מתכלל בים אשר יכול לסייע למקבלי ההחלטות ולכלול שיקולים סביבתיים, חברתיים וכלכליים ובכלל זה של התועלת הכלכלית של שירותי המערכת הסביבתית בים.

**תרומת המחקר:** מטרת הרצאה זו היא לתאר את החשיבות של מחקרים אקדמיים במטרה לסגור פערי ידע הנובעים מפיתוח הים התיכון כמקור לאנרגיה.

---

## שימוש במודל אקולוגי- כלכלי לצורך אמידת ההשפעה של כלי מדיניות על המערכת האקולוגית

ד"ר אייל אופיר, יואב פלד, ד"ר שירי צמח שמיר, דפנה בן יוסף, ד"ר גדעון גל, פרופ' מרדכי שטר

**רקע:** מדיניות הדיג המיושמת בעולם שואפת על פי רוב להגיע למקסום תועלת כלכלית תוך שמירה על יכולת התחדשות משאב הדגה. אולם, דיג המכמורתנים בישראל הנו שיטת דיג שאינה סלקטיבית ומאמץ הדיג משפיע על המערכת האקולוגית הימית. לצורך קיום מדיניות דיג מקיימת, יושם שילוב של מודל אקולוגי ומודל כלכלי, זאת על מנת לקבוע מאמץ דיג המתחשב בכלל הקבוצות המושפעות מדיג המכמורתנים. המודל האקולוגי נשען על מודל דינאמי של מארג המזון של אזור מדף היבשת הישראלי מהסוג EwE

**שיטות:** לצורך קביעת מאמץ דיג כולל המתחשב בכלל הקבוצות הקיימות באזור מדף היבשת הישראלי, השתמשנו בתוצאות המודל הדינאמי בזמן (Ecosim) על מנת לחשב אופטימום כלכלי לדייגי המכמורת תוך שימוש באמידת פונקציית הייצור ובקביעת נקודת האופטימום הכלכלית MMEY. המאמצים האופטימליים שהתקבלו הוזנו לשלושה תרחישים דינאמיים עם מאמצים שונים בשנים 2010 עד 2030: בתרחיש הראשון מאמץ הדיג נשאר בהיקפים של שנת 2010 (4321 יום בשנה), מאמץ הדיג של התרחיש השני והשלישי נקבעו על בסיס תוצאות שתי הגישות הכלכליות.

**תוצאות:** מאמץ הדיג המומלץ על פי מודל ה-MMEY הנו כ-4,900 ימי דיג (לעומת ממוצע של כ-5,600 ימים לשנה) וצפוי להניב הכנסות שנתיות של כ-89 מיליון ש"ח המתבססות על שלל שנתי ממוצע של 475 ק"ג לקמ"ר (לעומת הכנסות של כ-82 מיליון ש"ח ושלל של 427 ק"ג לקמ"ר).

ההשפעה של הפחתת מאמץ דיג המכמורת על המערכת האקולוגית הוא לא אחיד, משתנה מקבוצה אחת לשנייה ובחלק מהקבוצות אף חלה ירידה בביומסה. הביומסה של קבוצות הסרטים, שרימפסים ותמנונים יורדת ככל שמקטינים את מאמץ דיג המכמורת זאת עקב עלייה בביומסה של הטורפים שלהם. מאידך הפחתת מאמץ דיג המכמורת משפר את הביומסה של מגוון מיני דגים (מקומיים ופולשים) ושל טורפי העל.

**דיון ומסקנות:** עדכון המודלים בנתונים עדכניים של ענף המכמורתנים וכן שכלולם לצורך לקביעת מאמץ דיג דינמי בזמן, יתרמו להסדרת מדיניות דיג מקיימת אשר תבטיח את ההכנסות העתידיות בענף לצד שמירה על משאב הדגה הקיים.

הפחתת מאמץ דיג המכמורת ישנה את פני המערכת האקולוגית.  
**תרומת המחקר:** לראשונה שילבנו את קונספט ה-MMEY עם מודל אקולוגי של ים התיכון.

שימוש במודל האקולוגי מאפשר בחינת של מגוון תרחישים על מנת לאתר את התרחיש האופטימלי מבחינה כלכלית ואקולוגית. שילוב של מודלים ביו-אקולוגיים יחד עם מודלים ביו-כלכליים מאפשרת מענה על שאלות מדיניות יחד עם סגירת פערים קיימים.

---

## **הערך הכלכלי של התפלת מי ים – ישראל כמקרה בוחן**

ד"ר צבי באום, ד"ר רוסלנה פלטיניק, פרופ' אופירה אילון

**רקע:** אחד מהשירותים המתקבלים מהים התיכון הוא התפלת מי ים - שירות שערכו הכלכלי עשוי להיות גבוה יותר מעלויות ההתפלה הישירות. בעשורים הבאים, התפלת מי ים צפויה להוות מקור חשוב של מים שפירים במדינות הסובלות ממחסור במים והשוכנות בקרבת אוקיינוסים וימים, במיוחד באזורים בהם זמינות המים השפירים הטבעיים צפויה לרדת בשל שינויי אקלים.

המחסור המתמשך במים שפירים טבעיים בישראל הוביל להסתמכות הולכת וגדלה על מקורות מים חלופיים, כאשר התפלת מי ים משמשת כמקור העיקרי לצמצום הפערים. מתקנים להתפלת מי ים מפיקים כיום כמחצית מכמות המים השפירים המסופקת לכלל הצרכנים וכ-80% מכמות המים השפירים הנצרכת על ידי משקי הבית והתעשייה, בעלות של כחצי דולר למטר מעוקב.

**שיטות:** במחקר זה אנו מבצעים ניתוח כלכלי של התרומה של התפלת מי ים לייצוב אספקת המים ולצמצום ההשפעות הנגרמות בשל מחסור במים שפירים. הניתוח מבוצע בעזרת מודל מאקרו-כלכלי של שיווי משקל כללי (IGEM) של המשק בישראל האומד את הערך הכלכלי של הימנעות ממחסור במים, כאשר שיעורי המחסור זהים לשיעורי המים המותפלים כיום ובעתיד.

המודל עוקב אחר שימוש בחמישה סוגי מים: מים שפירים טבעיים, מים מותפלים, מים מליחים ומים מושבים בטיפול שניוני ושלישוני. תכונות המים השונות משקפות את סבילות הגידולים החקלאיים למליחות ואת התקנות הקיימות לבטיחות מזון, באות לידי ביטוי במודל בעזרת מקדמי גמישות תחלופה ביו סוגי המים השונים.

**תוצאות:** תוצאות המחקר מראות כי הערך הכלכלי של התפלת מי ים במניעת המחסור במים שפירים, עולה בהרבה על עלות האספקה של מים מותפלים. המחסור במים עלול להוביל לירידה משמעותית בתוצר המקומי הגולמי בשיעור שיכול להגיע בתרחישים מסוימים ללמעלה מ-2%, תוך פגיעה בשורה של ענפים, כאשר ענפי החקלאות נפגעים בשיעור הגבוה ביותר. **דיון ומסקנות:** מקרה הבוחן מלמד כי לצורך אמידה מדויקת של הערך הכלכלי של שירותים המסופקים על ידי מרחבים ימיים יש לקחת בחשבון לא רק את עלויות האספקה או שווי השוק

של שירותים אלה, אלא גם את השפעתם הצולבת על ענפי המשק השונים ועל הכלכלה בכללותה.

**תרומת המחקר:** המחקר הינו ייחודי ובעל חשיבות רבה מאחר והוא בוחן לראשונה את תרומת הים למניעת מחסור במים ואומד את ההשפעות הכלל משקיות של תרומה זו.

---

## חקלאות ואקלים

### מחשבון פליטות גזי חממה המחשב את החיסכון השנתי המתקבל ממעבר לצריכת קטניות במקום בשר ועוף יום בשבוע בחדרי אוכל מוסדיים

אור בנימין, ד"ר אבי לובצ'ק, מיכל ורבר

**רקע:** תעשיית הבשר אחראית לכ- 14.5% מפליטות גזי החממה ותורמת יותר להתחממות הגלובלית מכל התחבורה העולמית גם יחד. תזונה בת-קיימא היא תזונה שהמחיר הסביבתי שלה נמוך ושתורמת לאורח חיים בריא ולביטחון תזונתי, הן בהווה והן בעתיד למען הדורות הבאים. המחשבון פותח במטרה להניע ארגונים עסקיים לאמץ את הקמפיין העולמי "יום שני ללא בשר", להגדיל את היצע המזון מהצומח יום בשבוע ולעודד את העובדים לעבור לתזונה יותר בת-קיימא, מגוונת ובריאה להם ולסביבה.

**שיטות:** נתוני הפליטות של בקר, עוף וקטניות הופקו על בסיס סקר ספרות של ניתוח מחזור חיים farm to gate - מתחילת תהליך הייצור ועד היציאה שלו מהמפעל – מכירה לסיטונאי. מקדם הפליטות לבקר הוא ממוצע של שני מקורות – ישראלי והולנדי. מקדם העוף הוא ממוצע של שלושה מקורות – ישראלי, הולנדי ואמריקאי. בכנס יוצגו השיקולים לבחירת מקורות המיצוע. המחשבון מחשב את פליטות המאכלים הצמחיים בשתי שיטות: הראשונה היא שימוש בממוצע קבוע ממקור הולנדי (2 ק"ג פד"ח לק"ג מזון) או חישוב ממוצע משוקלל של סל מאכלים (3 מקורות אירופאים שונים) כתלות בסוג המזון והכמויות הנבחרות.

המחשבון פותח כך שממשק המשתמש יהיה פשוט, נח וברור ושיוכל לשמש נציגי חברות הסעדה או ארגונים עסקיים (ובהמשך גם נוער במסגרת מערכים חינוכיים) ללא ידע מקצועי קודם.

**תוצאות:** פיילוט שנערך בשלושה ארגונים מצא הפחתה בפליטות גזי חממה בשיעור משמעותי של כמה טון גזי חממה בשנה. ניתן לבחון בעזרת המחשבון גם ברמה הארצית כמה מאות

אלפי טון גזי חממה בשנה יחסכו ע"י העברת אוכלוסיית ישראל לתזונה מבוססת צומח יום בשבוע. נתונים כמותיים סופיים יוצגו בכנס.

**דיון ומסקנות:** למעבר לתזונה יותר מבוססת צומח יש השפעה מיטבית על צמצום פליטות גזי החממה. כלי שמכמת את החיסכון ממעבר לתזונה יותר מבוססת צומח מאפשר לארגונים לדווח בצורה יותר כוללת ומדויקת במסגרת הדיווח הוולונטרי למשרד הגנת הסביבה ולתקשר לעובדים באופן מוחשי את ההשפעה שיש לבחירה האישית שלהם על טביעת הרגל הפחמנית שהם משאירים.

**תרומת המחקר:** שימוש במחשבון לחישוב החיסכון בפליטות גזי חממה ברמה הלאומית יכולה לעורר מודעות לצורך לעבור לתזונה יותר בת קיימא ופחות מבוססת בשר. משרד הבריאות ממליץ על תזונה ים-תיכונית, המבוססת בעיקרה על מזון מן הצומח עם מעט מוצרים מן החי, והמדגישה את ההיבטים הסביבתיים של בחירת המזון שלנו. המחשבון מהווה כלי לעודד את השיח הציבורי לעסוק במזון בהיבטי הבריאות שלנו וגם של הסביבה.

---

## **בין חקלאות משמרת לבין הביקוש למזון צמחי עבור מעלי גירה בישראל**

ד"ר גלית הרמן, אוניברסיטת בר אילן

ד"ר גיל אשל

**רקע:** חקלאות משמרת (Conservation Agriculture) כוללת שלושה עקרונות: חיפוי צמחי קבוע, הפרה מכאנית מינימאלית של הקרקע ומחזור גידולים. אימוץ CA בהתרחבות מתמשכת, ולאחרונה מתרחב לאזורים ים-תיכוניים. נכון לשנת 2013, CA מיושמת בכ-11% מהשטחים המעובדים בעולם וכ-88% מהם נמצאים באמריקה ובאוסטרליה. יתרונות ה-CA כוללים עליה לאורך זמן ביבולים, הקטנת עלויות הגידול וקצבי הגרעת הקרקע, שיפור במדדי בריאות הקרקע כעליה בכמות המים הזמינים לצמח והקטנת דליפות מזהמים לסביבה. בישראל, בשנים האחרונות, אומצו רק שני עקרונות של CA, וחיפוי צמחי רציף לא מתקיים, עקב הביקוש הגבוה לביומסה ולשאריות הצמחיות למשק החי. קיימות פשרה זו מוטלת בספק, ועבודות רבות מראות שללא חיפוי צמחי רציף הממשק לא יעיל.

**שיטות:** בעבודתנו, אנו מנסים לנתח את המציאות במשק הישראלי מצד הביקוש לגידול מזון צמחי בקרקעות חקלאיות מול שימור בריאות קרקעות אלו. כן, נעשה כימות היקף השטח היצרני הזמין לראש מעלה גירה בישראל, והשוואתו לקיים במדינות עם תנאי אקלים דומים. בספרות המקצועית מתייחסים להשפעת בקר וצאן על המדרך הסביבתי, בעיקר מים ופליטת גזי חממה. עבודה זו דנה בהיבט נוסף, שימור הקרקע.

**תוצאות:** במשק הישראלי מגודלים כ-345,000 ראשי בקר בתנאי גידול אינטנסיביים במפטמות וברפתות וכ-70,000 במרעה. היקף הקרקעות החקלאיות למספוא נאמד בכ-1.8 מיליון דונם ואילו הקרקע המוסדרת למרעה היא  $1.7 + 0.8$  מיליון דונם שטחי מרעה משניים. ניתוח ראשוני מעיד שהלחץ התזונתי, מממשק גידול בקר אינטנסיבי על שדות הפלחה והגד"ש  $> 5.2$  דונם/פרה, לחץ הגבוה פי 3 ו-7 מזה שבספרד וביוון, בהתאמה עבור גידול בקר אינטנסיבי, ופי 5-7 מזה הקיים ברעייה בישראל. בנוסף, בקר ברעייה בישראל, מקבל השלמה תזונתית ממספוא הגדל בקרקע חקלאית. מציאות זו יוצרת תחרות בלתי אפשרית על שאריות הביומסה החיוניות ל-CA.

**דיון ומסקנות:** מכיוון שרוב בשר הבקר בישראל מיובא, ולאחרונה גם כבשר טרי, לרבות עיקר הגרעינים המשמשים להזנת הבקר, נשאלת השאלה: האם נכון לקיים עומס כזה על קרקעות הפלחה והגד"ש לטובת יצור הבשר האינטנסיבי המקומי על חשבון שיפור הממשק החקלאי ועידוד אימוץ CA גם בישראל?

**תרומת המחקר:** חקלאות לפי עקרונות CA נמצאה והוכחה באזורים רבים בעולם ככלי יעיל לשיפור הפעילות החקלאית תוך הקטנת המדרך הסביבתי שלה. אולם, בארץ רווחת הטענה שבלתי אפשרי לקיים חיפוי צמחי רציף של קרקעות הגד"ש והפלחה בגלל המחסור במזון לבקר. מטרת עבודה זו לחשב את העומס התזונתי (המקבילה לעומס רעייה) של מעלי גירה על שטחי הפלחה וגד"ש ולהשוותה למתקיים במדינות עם אקלים דומה, לשם יצירת שיח מקצועי אם נכון להמשיך בניצול יתר של משאבי הקרקע, או שצריך לשנות את המגמות החקלאיות, כדי שנוכל להבטיח את תפקוד הקרקעות החקלאיות הללו גם בעתיד הרחוק ולאפשר ביטחון תזונתי לדורות הבאים.

---

## **פליטות N<sub>2</sub>O מקרקעות מדבריות כתוצאה מפיזור עונתי של פסולת לולים**

ד"ר רועי פוסמניק, אוניברסיטת בן גוריון

פרופ' עלי נג'ידאת, פרופ' עפר דהן, פרופ' עמית גרוס

**רקע:** פיתוח מערכות חקלאיות בסביבה מדברית תלוי, (מלבד בזמינות מים), בתוספות אינטנסיביות של נוטריינטים ממקור אורגני, לטיוב הקרקע. אולם, ישנה אי וודאות אודות המחיר הסביבתי של שימוש בדשנים אורגניים באזורים צחיחים. שאלת המחקר התייחסה להשפעות הסביבתית של שימוש בזבלי עופות מטופלים כתוסף חנקני לחקלאות מדברית ובעיקר בהשפעתם על פליטות ניטרוס אוקסיד (N<sub>2</sub>O), גז חממה עם פוטנציאל חימום גלובלי הגבוה פי 300 מזה של פחמן דו-חמצני.

**שיטות:** העבודה כללה ניסוי שדה ארוך טווח (מעל שנתיים), בתחנת המחקר במו"פ רמת נגב.



בניסוי, נמדדו פליטות של  $N_2O$  משתי חלקות קרקע: 1 (חול; ו-2) לס, כתגובה לפיזור עונתי של זבל עופות שטופל ב-1 (עיכול אנאירובי; ו-2) עיכול אנאירובי + טיפול משלים בסיד. בנוסף, בעזרת מערכת ניטור תת קרקעית נלקחו דוגמאות קרקע, מים וגז מעומקים שונים בקרקע, להבנת המנגנונים השונים שתורמים לאותן פליטות. בעזרת כלים מולקולריים עקבנו אחר תפוצתם של מיקרואורגניזמים ניטריפיקנטים ודניטריפיקנטים, כסמן לשני התהליכים העיקריים התורמים לפליטת  $N_2O$ .

**תוצאות:** בשני סוגי הקרקע, נמדדו פליטות גבוהות יותר בחלקות ש"טופלו" בזבל עופות לעומת חלקות הביקורת. הפליטות היו משמעותיות יותר בחורף, כאשר בלס נמדדו ערכים בין 10 ל-175 מ"ג  $N_2O$  ליום ובחול בין 7 ל-12 מ"ג  $N_2O$  ליום. נמצא כי מרבית הפליטות, מקורן מפעילות מיקרובילית על פני הקרקע. האפיון המולקולרי הראה שגם ניטריפיקציה וגם דנאטריפיקציה עשויים לתרום לאותן פליטות. טיפול מקדים של זבל העופות בסיד הראה עיכוב בפליטות  $N_2O$  ללא קשר לעונה או סוג הקרקע.

**דיון ומסקנות:** שימוש בזבלי עופות כתוסף חנקני לקרקעות מדבריות הופך מקובל יותר בשנים האחרונות במקביל למגמת ההתפשטות של החקלאות האינטנסיבית לאזורים צחיחים. עבודת המחקר נתנה ביטוי כמותי למחיר הסביבתי של שימוש חקלאי בפסולת לולים ובעיקר בפליטות  $N_2O$  התלויות הן בסוג הקרקע והן בתנאים הסביבתיים. טמפרטורה, תכולת הרטיבות וזמינות החמצן בקרקע, ככל הנראה השפיעו על מבנה אוכלוסיות החיידקים ועל פעילותם. בנוסף, הראנו שטיפול בסיד עשוי להקטין משמעותית את אותן פליטות הודות להשפעה מקומית על הפעילות המיקרוביאלית בקרקע.

**תרומת המחקר:** בישראל, במקביל למגמה הגלובלית, גידול האוכלוסיה ודרישתה למזון מייצר עומס רב של פסולות אורגניות, לרבות זבלי בע"ח. בנוסף המחסור בקרקע חקלאית מאיץ את ההתפשטות של החקלאות האינטנסיבית לנגב.

פיזור זבלי עופות בקרקע חקלאית, ענייה בנוטריינטים, עשוי להוות פתרון לשני האתגרים הללו. אולם, על מנת לסייע בניסוח רגולציה כמותית הולמת, המחיר הסביבתי ובפרט איבודי החנקן לסביבה חייבים להיות ברורים. העבודה מספקת מידע כמותי אודות פליטות גזי חממה משני סוגי קרקע דומיננטיים בישראל, בניסוי שדה בנגב. נתונים ותובנות מהמחקר יכולים לשמש בסיס כמותי למקבלי ההחלטות בקביעת מדיניות סביבתית לטובת פיתוח בר-קיימא של מערכות ייצור מזון.

## מפסולת למשאב: העלות הסביבתית והכלכלית של איבודי חנקן כתוצאה מדישון עודף בזבל פרות

שי סלע<sup>1</sup>, דברה סילס<sup>2</sup>, הרולד ון-אס<sup>1</sup>, מיילי מקקאן<sup>3</sup>, מונה מוחמד<sup>2</sup>, רועי פוסמניק<sup>4</sup>

1. המחלקה למדעי הקרקע והצומח, בית הספר למדעי הצמח, אוניברסיטת קורנל

2. המחלקה להנדסה סביבתית, אוניברסיטת באקנל, לואיסבורג

3. המחלקה להנדסה סביבתית, אוניברסיטת קורנל, איתקה

4. המחלקה להנדסה כימית וביו-מולקולרית, אוניברסיטת קורנל

**רקע:** שימוש בזבל פרות לדישון שדות הינו נוהג הנפוץ בעולם, אשר ילך ויגדל עם הגידול באוכלוסייה ודרישתה למזון. כתוצאה מכך, ישנן פגיעות אקולוגיות חמורות, לרבות זיהום מקורות מים בעודפי חנקן וזרחן, הגורמים לעלות כלכלית גדולה. טכנולוגיות מתפתחות לטיפול בזבלים לרבות טיפולים ביולוגים ותרמו-כימיים, מאפשרות מיצוי יעיל של הזבל לתוצרים בעלי ערך כלכלי גבוה כגון דלקים ביולוגיים, נוטריינטים ועוד. מחקר זה משלב סימולציות ביוגאוכימיות וניתוח כלכלי לקבלת אומדן אודות היתרונות הסביבתיים בהחלפת אספקת הנוטריינטים לשדה באמצעות זבל פרות, (שנעשה לרוב בחוסר יעילות) בדשן סינטטי מדוד ומדויק. כמו כן נבחנו הרווחים הפוטנציאליים לחקלאי ממהלך זה.

**שיטות:** העבודה התמקדה במדינת פנסילבניה בצפון מזרח ארה"ב, אזור עיקרי לתעשיית החלב שכתוצאה מכך, תורם משמעותית לזיהום מקורות מים באגן מפרץ צ'ספיק. 225 שדות תירס נבחרו רנדומלית בעשרים המחוזות הגדולים ביותר במדינה מבחינת ייצור חלב, שדות המייצגים קרקעות ואזורי אקלים שונים. בכל שדה, ולמשך חמש עונות (2016-2012), ביצענו סימולציות של שלושה תרחישים – דישון בזבל פרות בסתיו או באביב לפי העומסים המותרים בחוק, אל מול אופטימיזציה של דישון סינטטי במהלך העונה. באמצעות מודל פיזיקאלי (Adapt-N) נבחנו שטפי החנקן מתחת לבית השורשים ולאטמוספירה, והעלות הכלכלית של אותם איבודי החנקן חושבה באמצעות נתונים מהספרות. מודל נוסף בחן את ההיתכנות הכלכלית של הקמת מתקן משולב לטיפול בפסולת רפתות.

**תוצאות:** ישנן יתרונות סביבתיים ניכרים במעבר לדישון סינטטי מדויק ומדוד, המאפשר הפחתה של \$50-500 להקטר בעלות הכלכלית של איבודי חנקן לסביבה, בהתאם למיקום השדה באגן הניקוז. עלות כלכלית זו גדולה במקרים רבים מעלות המעבר לחקלאי, המוכתבת על ידי עלויות הדישון הסינטטי שהינם תלויי עונה ומיקום.

**דיון ומסקנות:** תוצאות המחקר מראות שיש תמריץ כלכלי ברור לקובעי המדיניות לקידום הקמת מתקני טיפול לזבל. הפנייה של הזבל למתקני טיפול יכולה לייצר הכנסה נוספת לחקלאי ובו זמנית, להקטין השפעות סביבתיות.

**תרומת המחקר:** מיחזור פסולת ונוטריינטים מזבל בע"ח מהווה את אחד האתגרים הגלובליים המשמעותיים כיום. מחקר זהה תורם להבנה כמותית של העלות הסביבתית והכלכלית של השימוש בזבל פרות בשדות חקלאיים, ומציג אפשרות להפיכת הזבל מפסולת למשאב. תוצרי מחקר זה יכולים לתרום לניהול מושכל יותר של תוצרי משק החלב, להקמת מתקני טיפול, ופיתוח מדיניות סביבתית התורמת להגדלת הקיימות של סביבות חקלאיות.

## **ניתוח פוטנציאל להרחבת הפיצול הכמותי במקורות המים באזור אגן הירדן**

נדב טל וד"ר מייקל גילמונט

**רקע:** מחקר זה מעריך את הפוטנציאל לפיצול הכמותי של מקורות המים לגידול מזון בממלכת ירדן בהתבסס על ההישגים הטכנולוגיים והניהוליים הנהוגים בישראל. פיצול משאבים הפך לזרם מרכזי בחשיבה הכלכלית במהלך 20 השנים האחרונות, במיוחד בהתחשב באסטרטגיות פיתוח המאפשרות לשמר צמיחה כאשר המשאב מוגבל. עם זאת, מודלים מרכזיים לפיצול משאבים (UNEP 2011, 2012) הינם מוגבלים בישומם בכל הנוגע למשאבי מים, שכן יש די מים ברמה הגלובלית אך הם מוגבלים ברמה האזורית והלאומית. גילמונט (2014, 2015) וגילמונט וחובריו (2016) פתחו מודל פיצול משאבים היעודי למים.

**שיטות:** המודל מורכב מארבעה מנגנונים שבאמצעותם כלכלות עם מחסור במים יכולות לעקוף את המגבלות הלאומיות של מחסור זה. מנגנונים אלה מורכבים ממגוון פעילויות כלכליות: 1. יבוא של מזון הדורש מים רבים לגידולו. 2. העלאת פרודוקטיביות של חקלאות מקומית. 3. השקיייה במי קולחין במקום מים שפירים. 4. שיפור יכולת ההתפלה. באמצעות גישות אלה, ישראל שמרה על רמות דומות של שימוש במים שפירים מ-2009 לתחילת שנות ה-60, למרות שאוכלוסייתה גדלה פי 3.5. ממלכת ירדן אמצה מנגנוני פיצול עקב מחסור קשה במים וצמיחת אוכלוסייה מהירה ביותר. מחקר זה מחפש להעריך את הפוטנציאל הנפחי להגדלת הפיצול, במיוחד על ידי התייעלות בשימושי מים בחקלאות והזדמנויות והחסמים לקווי מדיניות זאת.

**תוצאות:** בהתבסס על ניתוח השוואתי התחלתי (מקור: שה"ם) של כמות מים עבור כל גידול מכ-14 יבולים עיקריים, המחקר מעריך כי ירדן יכולה לשמר את הרמות הנוכחיות של יצור חקלאי על-ידי הפחתה של 160 מלמ"ק בשנה במידה ותתקדם לעבר רמת היעילות הישראלית.

**דיון ומסקנות:** המחקר הדגיש את הפוטנציאל להרחבת הפיצול בשימוש במים בחקלאות, וכן את ההזדמנויות למחקר נוסף לגבי השונות של שימוש יעיל במים לגידולים שונים בישראל וירדן. מחקר שכזה יכול להועיל לשני הצדדים המעורבים, ישראל וירדן, ולהבנה אזורית רחבה

יותר לגבי הפוטנציאל להרחבת הפיצול.

**תרומת המחקר:** צמצום משאבי המים בירדן ופיתוח כלים למקבלי החלטות לניתוב כמויות מים מהמגזר החקלאי למגזרים אחרים, חיזוק שיתוף הפעולה האזורי עם ממלכת ירדן בנושא משאבי המים והחקלאות.

---

## מדיניות וסביבה

### מסגור מדיניות ונכונות הציבור להצטרף להסדר תעו"ז: הנחה, תועלות סביבתיות ותועלות אחרות

ד"ר יעל פרג, המרכז הבינתחומי הרצליה

מיכל אפטר

**רקע:** להפחתת ביקושים לחשמל בשעות שיא הצריכה תועלות כלכליות, משקיות וסביבתיות רבות. זאת משום שתחנות הכוח בהן נעשה שימוש בשעות השיא יעילות פחות ועל פי רוב מזהמות יותר. בעולם מקובלות תכניות לניהול ביקושים. אחת התכניות היא תעריף עומס וזמן (תעו"ז) המציעה לצרכנים תעריפי חשמל המשתנים במהלך שעות היממה: בעוד שצריכת החשמל בשעות השיא יקרה יותר מהתעריף הרגיל, בשעות השפל המחיר זול מאוד. תעריפי תעו"ז נפוצים בקרב צרכני חשמל גדולים. כמעט כל משקי הבית, אשר צורכים כשליש מהחשמל המיוצר (בישראל ובמדינות מפותחות אחרות), משלמים תעריף קבוע, קרי מחיר אחיד לכל קוט"ש מיוצר, ללא קשר לשעת הצריכה או לעלות היצור האמתית. תעריף תעו"ז למשקי בית מוצע בישראל ובמקומות אחרים, אולם שיעור משקי הבית המצטרפים להסדר התעו"ז נמוך מאוד.

מטרת מחקר זה היא לבחון האם וכיצד משפיעה הדגשת התועלות הכלכליות, הסביבתיות והאחרות של התעו"ז על נכונות משקי בית להצטרף.

**שיטות:** במחקר נעשה שימוש בשיטת מסגור מדיניות ודגימת מכסות. שאלונים אינטרנטיים הופצו בקרב 452 משקי בית גדולים (4 נפשות ומעלה) מהאוכלוסיה היהודית ב 4 מיסגורי תעו"ז שונים: (1) 25% הנחה בתעריף השפל, (2) 50% הנחה בתעריף השפל, (3) 25% הנחה בתעריף השפל + הדגשת תועלות סביבתיות ואחרות, (4) 50% הנחה בתעריף השפל

+ הדגשת תועלות סביבתיות ואחרות. בנוסף נאסף מידע אודות עמדות סביבתיות, חוללות עצמית בצריכת החשמל, גמישות הביקושים של משק הבית ועוד, וכן משתנים סוציודמוגרפיים.

**תוצאות:** כלל המדגם הראה נכונות להצטרף להסדר, אולם למסגור המדיניות לא היה כל השפעה על נכונות זו. 80% מהשונות בנכונות להצטרף לתעו"ז הוסברה במחקר. התפיסה כי התעו"ז יסייע לישראל לשמור על עצמאותה אנרגטית היא המנבא הטוב ביותר להצטרפות, לאחריה התפיסות כי התכנית תעזור לשמור על הסביבה, תאפשר להקטין את חשבון החשמל, וההסכמה עם הטענה שהורדת צריכת החשמל שלי ושל משפחתי יכולה לשפר את מצב הסביבה.

**דיון ומסקנות:** הציבור הישראלי מבין את התועלות למשק (עצמאות אנרגטית ושמירה על הסביבה) שבתעו"ז גם ללא מסגור המדגיש אותן. הנחה גדולה יותר בתעריף השפל אינה משפיעה על הנכונות.

**תרומת המחקר:** המחקר עוסק במדיניות ניהול הביקושים לחשמל בסקטור הביתי, השונה מהסקטורים התעשייתיים והמסחריים. מהממצאים עולה שכאשר הציבור מבין את הקשר בין תכנית התעו"ז לבין תרומתה לעצמאות אנרגטית או לתועלת הסביבתית הגלומה בה – הנכונות שלו להצטרף להסדר גדלה, ללא קשר לגובה ההנחה הניתנת. העובדה שלמסגור עצמו לא היתה השפעה מובהקת על הנכונות מצביעה על כך שהחסימים לנכונות להצטרף להסדר תעו"ז אינם נובעים מתועלת כלכלית שנתפסת כלא מספקת או מחוסר הבנה של התועלות הגלומות בה למשק. תובנות מהמחקר לגבי יכולת משקי הבית להסיט עומסים משעות שיא לשפל רלוונטיות לתכנון תכניות ניהול ביקושים לסקטור הביתי – בין אם בתעריפי תעו"ז או בתעריפים דינמיים.

## **המעבר בין רגולציה פרטית לציבורית-עיצוב מחדש של משטרים גלובליים של רגולציה סביבתית**

ד"ר אור קרסין ופרופ' אורן פרז

**רקע:** רגולציה פרטית על-לאומית, אשר יוזמיה הם גופים פרטיים הפועלים בזירה הבינלאומית, הפכה לצורת אסדרה נפוצה בהתמודדות עם בעיות סביבתיות. צורה זו קיימת לצד כלים קונבנציונליים יותר, כגון חקיקה מדינתית ומשפט סביבתי בינלאומי פומבי (להלן: "רגולציה ציבורית"). על אף שמקורה של רגולציה פרטית על-לאומית הוא בגופים פרטיים, ארגונים בינלאומיים וחקיקה מדינתית סייעו מאוד להתפשטותה ולהפיכתה לכח רגולטורי חשוב בתחום הסביבתי.

**שיטות:** מחקר זה מציע ניתוח איכותני של טיפוס האינטראקציה המתקיימים בין הרגולציה הסביבתית הפרטית העל-לאומית לבין רגולציה סביבתית מדינתית ובינלאומית. המחקר מנתח

את היתרונות והחסרונות של כל צורה ובהתבסס על הטיפולוגיה שגובשה, בוחן שני חקרי מקרה: ניהול בר קיימא של יערות ודיווחי קיימות של תאגידים.

**תוצאות:** הטיפולוגיה כוללת חמשה טיפוסים של אינטראקציה: הראשון, אימוץ (incorporation) - מצב שבו רגולציה ציבורית מאמצת את דרישות התומכות באופן אקטיבי ביישום של סטנדרטים פרטיים. השני, אינטראקציה מאפשרת (facilitation) - כאשר רגולציה ציבורית יוצרת את התנאים שמאפשרים אימוץ של רגולציה פרטית אך אינה מחייבת אימוץ שכזה; השלישי, הימנעות (abstention) - מתרחשת כאשר רגולציה ציבורית נמנעת מלעסוק בנושאים שבהם עוסקת רגולציה פרטית. הרביעי, המרה (substitution) - עוסקת במצבים בהם רגולציה ציבורית מאסדרת נושאים שקודם לכן היו מאוסדרים על ידי רגולציה פרטית בלבד. לבסוף, דיכוי (suppression) - מתרחש כאשר רגולציה ציבורית מתערבת באופן ישיר בזירה הפרטית על מנת למנוע צורות מסוימות של רגולציה פרטית, בין אם באמצעות סירוב להכיר בסטנדרטים או באמצעות איסור על אימוצם.

**דיון ומסקנות:** הדגמת הטיפולוגיה באמצעות שני חקרי המקרה מאפשרת לתאר את התפתחותה של מערכת רגולציה היברידית בתחום הסביבתי ואת התפקיד המשתנה של המדינה כגורם רגולטורי. בעוד שבמקרה של דיווחי אחריות תאגידית, הנטייה של הרגולטור הציבורי הייתה ללמוד מהרגולציה הפרטית לאמץ אותה או לכל הפחות לאפשר את התפתחותה, בתחום של ניהול בר קיימא של יערות, נטיית הרגולציה הציבורית, בשנים האחרונות, היא להגביר את המעורבות הממשלתית באמצעות המרה או דיכוי של הרגולציה פרטית.

**תרומת המחקר:** המחקר ממחיש את התפקיד המתגבר של שחקנים פרטיים בעיצובה של הרגולציה הסביבתית הגלובאלית באמצעות האינטראקציה שהם מקיימים עם רגולטוריים מדינתיים ובינלאומיים. ממצאי המחקר שופכים אור על טיבם של משטרי הרגולציה הסביבתית החלים על עסקים וממחיש כיצד רגולציה מדינתית היא רק מרכיב אחד בפאזל. עבור רגולטורים ציבוריים המחקר מחדד את האפשרויות העומדות להם בגיבוש משטרי רגולציה שיכולים גם להנות מקיומה של רגולציה פרטית.

---

## תחרות בשוק והגנת הסביבה - פרדיגמה של מתח בממשק רגולטורי - מקרה המבחן של הרפורמה במשק הדלק הישראלי

ד"ר ציפי איסר איציק

**רקע:** בסיסו של מחקר זה במתח שבין קפיטליזם לבין הגנת הסביבה, והמוסדות המייצגים אותם, כשמוקד הדיון יהא ביחסי הגומלין שבין עקרון התחרות החופשית בשוק ובאופן ביטויו המשפטי בדיני התחרות, לבין האינטרס של הגנת הסביבה ובאופן ביטויו במסגרת דיני הגנת הסביבה. אופן הפעלתם של דיני התחרות יש בו כדי להשפיע על המציאות הסביבתית המשתנה (לרעה), בין היתר משום שהאתגר הסביבתי הגלובלי, מחייב לשנות את הרגלי הצריכה הנוכחיים, המתאפיינים בתרבות של צריכת יתר, ולהגביל אותה עד לרמה של קיימות. לעומת זאת, התחרות החופשית בשוק כמדיניות העומדת ביסוד דיני התחרות, מכוונת במוצהר להגדלת היצור, ולכן הגבלת התוצרת נחשבת רעה חולה של המונופולין ותופעת אגב שלילית של דיני התחרות. ההתייחסות למצב של הגבלת היצור, ואפילו לצורך שימור משאבי טבע, ממחישה את המתח הסיסטמי בין שתי מערכות הדינים המבוססות על מוטיבים סותרים.

**שיטות:** במרכז של הרצאה זו יעמוד ניתוח של הקונפליקט הנדון באמצעות ניתוח הרפורמה במשק הדלק הישראלי, שהיוותה אירוע משמעותי בכלכלה הישראלית בשנות ה-90, ושנועדה לחשוף את הענף לתחרות. הממונה על הגבלים עסקיים שנדרש לנושא הציב את היעד של הגדלת מספר תחנות התדלוק כפתרון לכשל במצב הקיים, בקובעו כי תחרות אמיתית ומלאה לא תתאפשר מבלי שיחול גידול במספר תחנות התדלוק. בעקבות החלטה זו, נוצר גידול משמעותי במספרן של תחנות התדלוק ברחבי המדינה, הרבה מעבר לגידול באומדן הנסועה (קילומטראז') ולגידול במספר כלי הרכב בארץ באותו פרק זמן.

הרפורמה האמורה הובילה באופן ברור להגברת התחרות במשק הדלק ולהגדלה משמעותית במספרן של תחנות התדלוק, ומנגד גם להגברת הסיכונים הסביבתיים הכרוכים בהפעלתן. מן הראוי לציין כי פעילות הממונה על הגבלים עסקיים בוצעה ללא כל תיאום ושיתוף פעולה עם המשרד להגנת הסביבה.

**תוצאות:** ניתוח הממשק הרגולטורי שבין שני התחומים הנ"ל, יאפשר הבנה מעמיקה של שורשי המתח השורר ביניהם בפרספקטיבות מבניות, מוסדיות ערכיות ומערכתיות הנוגעות לכל אחד משני הרגולטורים הנדונים.

**דיון ומסקנות:** הרצאה זו, מבוססת על פרק בעבודת הדוקטורט (באוניברסיטת בר אילן), שמציעה מודלים למנגנוני תיאום וקואורדינציה מתאימים לתחום הממשק והחפיפה בין שני התחומים הנדונים.

**תרומת המחקר:** במדיניות הסביבתית השוררת בישראל בעידן של ריבוי אינטרסים מתנגשים,

המיוצגים על ידי רגולטורים שונים, עולה הצורך בחשיבה על מנגנוני תיאום וקואורדינציה. במסגרת חשיבה על אימוץ מנגנונים אלו יש למחקר תרומה ניכרת.

## הנגשת נתונים מדעיים לציבור- כיצד ולמה?

יעלה גולומביק, פרופ' ברק פישביין, פרופ' אילת ברעם-צברי – הטכניון

**רקע:** זיהום אוויר הוא אחד מגורמי הסיכון הסביבתיים והבריאותיים הבולטים בעולם כיום. נמצא קשר בין זיהום אוויר למחלות כגון אסטמה, סרטן ותופעות התפתחותיות שונות. תושבים רבים בישראל מודאגים ממצב איכות האוויר בעירם, אך על אף דאגה זו, גישתם למידע על איכות האוויר אותו הם נושמים מוגבלת. אף במקרים בהם הנתונים זמינים לציבור, דרך הצגתם מותאמת למומחים בלבד. ללא גישה והבנה של נתונים מדעיים, הציבור תלוי בפרשנות חיצונית, אשר לעיתים רבות מציגה את הנתונים באופן מוטה ולא מאוזן.

**שיטות:** מטרת מחקר זה היא להנגיש מידע מדעי בנושא איכות אוויר לציבור, ולבחון כיצד דרכי הצגה שונות מסייעות לציבור בהבנת נושא מדעי מורכב. המחקר התקיים במסגרת פרויקט המדע האזרחי (science-citizen) "חשים את האוויר", במסגרתו נבנתה פלטפורמה ציבורית לאיסוף ולהצגת מידע על איכות אוויר. איסוף הנתונים נעשה בעזרת שיטות מעורבות וכלל שאלון אינטרנטי ( $n=80$ ), וראיונות עם כעשרה ממשתתפי הפרויקט. למשתתפים הוצגו נתוני איכות אוויר באמצעות ייצוגים שונים וברמות עומק שונות, ונבחנה ההבנה של הנתונים.

**תוצאות:** מהממצאים עולה כי הגישה לנתונים באמצעות הפלטפורמה היתה נוחה ומובנת למשתתפים. משתתפים ציינו את יתרונות הפלטפורמה אשר "מאפשרת מעקב און ליין אחרי זיהום אוויר באזור מגורים" ונותנת "כוח להמונים ושקיפות". עוד עולה כי מרבית המשתתפים הצליחו להבין את נתוני איכות האוויר המוצגים אך לעיתים נדרש לשם כך זמן רב. אי לכך משתתפים רבים העדיפו לראות נתונים מעובדים ולשמוע מסקנות סופיות במקום להתמודד עם הבנת הנתונים. בכל הנוגע לסביבתם הקרובה של משתתפים, כגון איזור מגורם, התעורר עניין מוגבר ומוכנות להשקעת זמן באיסוף נתונים וניתוחם. כמו-כן משתתפים העלו רעיונות למחקרים חדשים אשר ניתן לבצע באזור.

**דיון ומסקנות:** הממצאים מצביעים על יכולתם של משתתפי המחקר להבין מידע מדעי מורכב, בהינתן תצוגה נוחה וידידותית למשתמש. המחקר מדגיש את היתרונות בהצגת מידע ברמות עומק שונות, המאפשרות למשתמשים לקבל מידע ברמה המותאמת לצרכיהם. עם זאת, לעיתים יעדיפו משתתפים להימנע מראש מניסיון להבנה מעמיקה של הנושא בעקבות הזמן



הרב הדרוש בכך. משתתפים אלו, יעדיפו לשמוע מסקנות סופיות בלבד וימנעו משימוש בפלטפורמה.

**תרומת המחקר:** למחקר חשיבות רבה בקידום שיתוף הציבור בנושאים סביבתיים. המחקר מצביע על הרצון של אזרחים לקבלת מידע אמין ונגיש, ועל היכולת הגבוהה שלהם בהבנת הנושא. טענה רווחת בקרב מקבלי החלטות הינה שלא ניתן לערב את הציבור בתהליך קבלת ההחלטות, בגלל חוסר הבנתם בנושאים סביבתיים. מחקר זה מערער על טענה זו, ומדגים כי בהינתן הצגת מידע מותאמת וידידותית למשתמש, ובהינתן זמן מספק לבחינת הנושא, יכולים גם אזרחים, אשר אינם מומחים להגיע לרמת הבנה גבוהה ולהעלות רעיונות יצירתיים ומועילים. מעורבות הציבור בנושאים אלו יכולה יסייע בהצפת בעיות מקומיות העולות מהשטח ובגישור על הפער הקיים כיום, באמון הציבור ברשויות.

---

## **ניתוח והערכת השפעות הרגולציה על שוק הפסולת העירונית המוצקה בישראל - (RIA) Regulatory Impact Analysis & Assessment**

שירה דסקל, אוניברסיטת חיפה

פרופ' אופירה אילון, פרופ' מרדכי שכטר

**רקע:** רגולציה היא כלי מפתח ליישום אסטרטגיות ותכניות לטיפול בפסולת עירונית מוצקה המצוי בשימוש בעשורים האחרונים במדינות מפותחות ומתפתחות בעולם. במדינת ישראל מוביל בשנים האחרונות המשרד להגנת הסביבה את מה שהוא מכנה "מהפיכת הפסולת בישראל" באמצעות רגולציה שבאה לידי ביטוי בחקיקה, תקנות, החלטות ממשלה ותמרוץ רשויות מקומיות לבצע פעולות להגדלת שיעורי המחזור וצמצום שיעורי הפסולת העירונית המוצקה המופנית להטמנה. במקביל להתפתחות הרגולציה, התפתחה בשנים האחרונות מודעות הולכת וגוברת לצורך בניטור, פיקוח ובקרה על תהליכים רגולטוריים וארגונים כגון OECD והאיחוד האירופי אף דורשים ממדינות חברות לבצע Regulatory Impact Analysis & Assessment (RIA). למרות הדרישה ההולכת וגוברת לביצוע RIA, הספרות מתייחסת בעיקר ל-"מה" ולא ל-"איך" יש לבצע סוג כזה של ניתוח והערכה. המחקר עוסק בביצוע RIA של שוק הפסולת העירונית המוצקה בישראל הן במבט רטרוספקטיבי (1996 עד 2015) והן במבט לעתיד לבחינת חלופות.

**שיטות:** במסגרת המחקר בוצע סקר מקיף במסגרתו נאספו ונתחו מגוון רחב של נתונים שאפשרו קבלת תמונה רחבה ומפורטת של התגבשותה, התפתחותה ותוצאותיה של מדיניות הטיפול בפסולת עירונית מוצקה בישראל. המסגרת המתודולוגית לביצוע ה- RIA ייחודית

ומשלבת ארבעה מודלים מדיסיפלינתיים מנהל עסקים: מודל F.A.S.T, ניהול לפי אילוצים (TOC), מודל VFM ומודל מיקוד. המתודולוגיה היא חדשנית בארץ ובעולם.

**תוצאות:** במסגרת המחקר מופו עקרונות הרגולציה שיושמה בישראל בין השנים 1996 עד 2015 ונבחנה השפעותיה ותוצאותיה, בהרצאה יוצגו נתונים כמותיים וכספיים וניתוח העלויות שהושקעו להקטנת שיעורי הפסולת המופנית להטמנה והתוצאות שהושגו באמצעות הרגולציה שיושמה.

**דיון ומסקנות:** הממצאים מראים כי בעוד ששיעורי הפסולת העירונית המוצקה המופנית להטמנה בישראל לא השתנו למעלה מעשור, עלות יישום הרגולציה, הנופלת על הרשויות המקומיות (האחריות לפינוי פסולת) מגיעה למאות מיליוני ש"ח בשנה.

**תרומת המחקר:** חשיבותו של המחקר עצומה בכך שיספק מידע וכלים למקבלי ההחלטות לבחינה מושכלת של מדיניות הטיפול בפסולת עירונית מוצקה במדינת ישראל ליישום פתרונות מתוך תפיסה אינטגרטיבית המביאה בחשבון שיקולים סביבתיים, כלכליים, תפעוליים וציבוריים. המתודולוגיה המוצגת במחקר אוניברסלית וניתנת ליישום ברמה לאומית ו/או מוניציפלית גם מחוץ למדינת ישראל.

---

## ניטור לטווח ארוך (LTER)

### ניטור רב-שנתי של צומח במרעה עשבוני ים-תיכוני תחת רעייה של בקר: סיכום מחקר ארוך טווח בכרי דשא בשנים 1994-2016

ד"ר זלמן הנקין, פרופ' מרסלו שטרנברג, פרופ' אבי פרבולוצקי, ד"ר יאן לנדאו, יהודה יהודה,  
ד"ר חיים גורליק

**רקע:** המרעה הטבעי המפותח והמוסדר בצפון הארץ מנוצל בעיקר ע"י עדרי הבקר לבשר. לענף זה יתרונות משמעותיים בשטחים הפתוחים בגליל ובגולן, בעיקר באותם שטחים המאופיינים בצומח עשבוני עשיר. הרעייה בשטחים הפתוחים מהווה בסיס לייצור בשר ומקור פרנסה לעוסקים בתחום, אך בו בזמן גם אמצעי לשמירה על השטח והנוף. במסגרת מחקר ארוך טווח לבדיקת יעול השימוש במשאבי המרעה העשבוני, תוך שימור כר המרעה וקידום ערכי הנוף והסביבה, בוצע מעקב רב-שנתי (1994-2016) בו נבדק הרכב, כמות ואיכות הצומח במרעה תחת ממשקי רעייה שונים.

**שיטות:** המחקר בוצע בחוות כרי דשא, הממוקמת ברמת כורזים שבגליל המזרחי. עדר הניסוי חולק ל-8 קבוצות בארבעה טיפולי רעייה בשתי חזרות, בשטח המשתרע על פני כ-2,300 דונם. טיפולי הרעייה כללו שתי צפיפויות אכלוס, האחת גבוהה (9 דונם לפרה) והשנייה בינונית (18 דונם לפרה) ושני ממשקי רעייה - רציפה ומפוצלת. הפרות הוכנסו לשטח בינואר או פברואר לאחר ההשייה של כ-70 יום מרדת הגשמים המשמעותיים הראשונים. מידי שנה לאורך חתכים קבועים בוצעו קצירים של הצומח לבדיקת ביומסה ואיכות המרעה ובשיא עונת הצימוח בוצעו סקרי צומח להגדרת הרכב ומגוון המינים.

**תוצאות:** ההשפעות העיקריות של ממשק הרעייה על שעור הכיסוי היחסי של הקבוצות התפקודיות השונות של הצומח נמצאו בהתאמה לעונתיות הרעייה (מוקדמת או מאוחרת) וצפיפויות הרעייה, אך מגוון מיני הצומח היה דומה בכל טיפולי הרעייה. נמצאה פחיתה בכיסוי מיני הדגניים הגבוהים תחת צפיפויות רעייה גבוהות, אשר הייתה ביחס הפוך לעלייה בכיסוי מיני הקוצים החד- והרב-שנתיים, המצליבים והדגניים הנמוכים.

**דיון ומסקנות:** מעקב ארוך טווח הראה תנודות שנתיות בשיעור הכיסוי של קבוצות הצומח השונות בעיקר בהשפעת צפיפות האכלוס והעיתוי שלה. נמצא יתרון באיכות המרעה, בעיקר בעונת הצימוח, לממשק של רעייה מוקדמת וצפיפות אכלוס גבוהה. המשך קיום ארוך טווח של מיני דגניים גבוהים ומינים איכותיים אחרים, ואי-פגיעה ביצרנות הצומח תחת צפיפויות רעייה גבוהות שנמצא במחקר זה, מחזקים את ההשערה כי הצומח העשבוני הים-תיכוני עמיד וציב גם בתנאי הרעייה הנמשכים זה אלפי שנים.

## אתר מחקר ארוך טווח לחקר ממשק יערות מחט בוגרים בישראל: הבנת המנגנונים המכתיבים מגוון מיני צומח בתת היער בהשפעת כיסוי צמרות

ד"ר יגיל אסם, וד"ר אלה זנגי

**רקע:** בסביבות מוגבלות מים לכיסוי צמרות היער השפעה מכרעת הן על משאב המים והן ועל משאב האור הזמינים לצומח בתת-יער. ההשערה העומדת בבסיס מחקר זה היא שביערות הארוך של ישראל מגוון הצומח בתת-יער מוגבל על ידי משאבי צמיחה הנשלטים על ידי שכבת היער העליונה. דילול היער צפוי להפחית את צריכת המשאבים על ידי השכבה העליונה, לפנות משאבים לתת-יער ולתרום בכך להגדלת מגוון הצומח.

המחקר בחן את ההשפעה של כיסוי צמרות על מגוון הצומח בתת-יער ואת מידת התלות של השפעה זו בסקאלה המרחבית הנבחנת. במסגרת המחקר הוצב ניסוי ארוך טווח בו נבחנת השפעתם של טיפולי דילול יער בעוצמות שונות על הרכב ומגוון הצומח בתת-יער. נבחנו תיאוריות אקולוגיות שונות הקושרות בין זמינות משאבים לבין מגוון מינים בחברות צומח.

**שיטות:** המחקר מתבצע באתר מחקר אקולוגי ארוך טווח (LTER), ביער אורן ירושלים בוגר (45 שנה), יער הקדושים, הממוקם בשיפולים המערביים של הרי ירושלים. הניסוי כולל ארבעה טיפולי דילול אשר בוצעו בקיץ 2009: ביקורת ללא דילול (כ-50 עץ/דונם), 30 עץ/דונם, 10 עץ/דונם וכריתה מלאה. הטיפולים התבצעו בארבע חזרות, בחלקות יער בגודל חמישה דונם. מדדי יצרנות, מגוון והרכב צומח מנוטרים החל מאביב 2009 (לפני הדילול). אינדקס שטח עלים משמש כמדד לכיסוי צמרות ( $m^2 m^{-2} LAI = 0-4$ ). מגוון המינים נמדד בשיטה ההיררכית מקוננת ( $m^2 0.01-400$ ).

**תוצאות:** עושר המינים עלה לינארית עם הירידה בכיסוי הצמרות בכל הסקאלות. קשר זה התחזק עם העלייה בסקאלה המרחבית עד 10 מ"ר, התמתן לקראת 100 מ"ר ואף נחלש במקצת לקראת 400 מ"ר. הרכב הצומח השתנה אף הוא כתלות בכיסוי הצמרות, מגמה שבאה לידי ביטוי באופן החזק ביותר בסקאלות המרחב 10-100 מ"ר. עושר המינים החד-שנתיים עלה עם הירידה בכיסוי הצמרות ואילו עושר מיני העצים, השיחים והמטפסים ירד למרות קצב צימוח מוגבר של מינים אלה.

**דיון ומסקנות:** יחסי כיסוי צמרות-עושר מינים וסקאלת מרחב מצביעים על סינון סביבתי, דרך זמינות משאבים, כמנגנון האקולוגי העיקרי המכתיב את מגוון הצומח בתת-יער.

**תרומת המחקר:** המחקר תורם לממשק יערני המעודד מגוון ביולוגי ביערות המחט הנטועים של ישראל

## ניטור ארוך טווח של עצי שיטים בערבה הדרומית במהלך 16 שנים שכללו רצף שנים שחונות

סיון איזיקסון, אוניברסיטת בן גוריון

ד"ר בני שלמון, פרופ' דן בלומברג, פרופ' יהונתן אפרת, פרופ' שמעון רחמילביץ, "ר אלי גרונר  
**רקע:** במהלך העשורים האחרונים, מצטברים דיווחים אודות שיעורי תמותה גבוהים והיעדר  
התחדשות של אוכלוסיית עצי השיטים הגדלים באזורים צחיחים וצחיחים קיצוניים של המזרח  
התיכון וצפון אפריקה. במקביל, עולה ההכרה בחשיבות האקולוגית של עצים בודדים  
(Scattered trees) כמו עצי השיטים באזורים אלו. אוכלוסיות עצים באזורים צחיחים  
מאופיינות בקצב התפתחות איטי, ובארועי תמותה והתחדשות נדירים ובלתי רציפים. על כן,  
ניטור ותצפיות ישירות העוקבות אחר שינויים באוכלוסיית העצים ותגובתם לאירועי גשם הוא  
נדיר באזורים צחיחים.

**שיטות:** ניטור שדה שנתי רציף של עצי שיטה ברמת העץ הבודד נערך בין השנים 2016-2000  
בשבעה אתרים המייצגים בתי גידול ומשטרי זרימה שונים (וואדיות בעלי אגני ניקוז קטנים,  
וואדיות בעלי אגני ניקוז גדולים, ושולי מלחות). באזור זה נרשמה פחיתה משמעותית של  
כחמישים אחוזים בכמות הגשמים בין השנים 2009-1995. רצף זה של שנים שחונות הסתיים  
בשנת 2010 עם אירוע גשם נרחב בכל האזור.

**תוצאות:** תמותה נצפתה לראשונה בסקר בשנת 2003 והגיעה לערכים הנעים בין שבעה  
לארבעים וארבעה אחוזים לאתר עד שנת 2016 (באתרים השונים). נמצא כי שלדי עצים  
באזורים צחיחים קיצוניים, נשארים לעמוד לפחות 15 שנים. נמצא קשר חזק בין ממוצע רץ של  
כמות המשקעים השנתית לבין תמותת העצים באתרי הוואדיות בעלי אגני ניקוז קטנים (שלמה,  
קטורה ורודד). לעומת זאת, לא נמצא כל קשר בין כמות הגשם לתמותה או הערכת חיוניות  
העצים באזור שולי המלחות (עברונה ויוטבתה). באתרי הוואדיות בעלי אגני ניקוז קטנים,  
הגשם האפקטיבי לשרידות עצי השיטים נקבע כאירוע גשם הגדול מתשעה מ"מ, שבד"כ גורם  
לשיטפון. נצפו שלושה אירועי התחדשות בשנים: 2010, 2012, 2014. רק שישה אחוזים  
מהנבטים שאותרו, שרדו למשך יותר משלוש שנים.

**דיון ומסקנות:** ניטור ארוך טווח מאפשר קבלת מערך נתונים ייחודי החושף את תגובת  
אוכלוסיית השיטים לשינויים באספקת המים. הסברת ההטרוגניות המרחבית והעיתית בתוך  
אוכלוסיית השיטים ובין בתי גידול שונים והבנה של תגובת העצים לשינויים באספקת המים הן  
בעלות חשיבות גבוהה והכרחיות על מנת להעריך את מצב הפגיעות של כלל המערכת  
האקולוגית הצחיחה.

**תרומת המחקר:** ניטור ארוך טווח של עצי השיטה מאפשר קבלת מערך נתונים ייחודי החושף

את תגובת אוכלוסיית השיטים לשינויים באספקת המים. עצי השיטה באזורים צחיחים נחשבים "מיני מפתח" אשר להם השפעה חזקה וישירה על תפקוד המערכת האקולוגית והמגוון הביולוגי בבית הגידול. הסברת ההטרוגניות המרחבית והעיתית בתוך אוכלוסיית השיטים ובין בתי גידול שונים והבנה של תגובת עצי השיטים לשינויים באספקת המים הן בעלות חשיבות גבוהה והכרחיות על מנת להעריך את מצב הפגיעות של כלל המערכת האקולוגית הצחיחה.

---

## **מאזן פחמן ברמת העץ השלם- תוצאות מניטור ארוך-טווח ביער יתיר**

תמיר קליין, מכון ויצמן למדע

ד"ר גינתר הוך

**רקע:** מעבר פחמן בין רקמות שונות ובין תרכובות שונות בעץ קשה מאוד למדידה ישירה. לעומת זאת, מאזן מסה הלוקח בחשבון את כלל שטפי הפחמן בין העץ לסביבה הינו בר-מדידה, בהינתן ניטור פיזיולוגי מתמשך של העץ במהלך שנים. מאזן כזה מאפשר פענוח של מעברים פנימיים בעץ.

**שיטות:** אספנו נתוני מדידות שונות של מאגרי פחמן בעץ, קיבוע פחמן, ושימוש בפחמן בתהליכים שונים, בהסתמך על 12 שנות מדידה בעצי אורן ירושלים ביער יתיר. כל השטפים הומרו ליחידות גרם פחמן ליום לעץ והוזנו למודל זרימה, על-מנת לכמת את מעברי הפחמן בעץ בטווחי זמן של ימים ועד שנים.

**תוצאות:** מצאנו כי עץ אורן ירושלים ממוצע (בקוטר 20 ס"מ בגובה החזה) מקבע כ-24.5 ק"ג פחמן בשנה. סך שימושי הפחמן הסתכם ב-23.5 ק"ג, שהתפלגו בין נשימה (70%), גידול (17%), נשר ופליטה בשורשים (13%). ברמה העונתית מצאנו עודף בקיבוע פחמן בחורף, שפיצה על המחסור בקיץ (עד כדי 57 גרם פחמן ליום). שינויים שחלו במקביל במאגרי עמילן בעץ איזנו הבדלים עונתיים אלו.

**דיון ומסקנות:** מעברי הפחמן שחישבנו בעזרת מודל הזרימה הסכימו עם המדידות בשטח, ובכך סיפקו עדות להצלחת גישת מאזן הפחמן בפענוח מעברי הפחמן בתוך העץ, לראשונה באופן מלא ומקיף.

**תרומת המחקר:** קיבוע פחמן ביערות הינו כלי עיקרי במאבק בהתחממות הגלובלית, ומחקרנו מאפשר הצצה ראשונה אל התהליכים אשר אותם עובר הפחמן בעץ. המשך הניטור יאפשר הבנת הקשרים שבין שינויים בסביבה לבין מאזן הפחמן של העץ, מתוך כוונה להיערכות לתנאים חמים ויבשים יותר.

---

## יציבות אוכלוסיות וחברה של צמחים ובעלי חיים באתר LTER ניצנים

טניה בירד<sup>1</sup>, אלי גרונר<sup>2</sup>, פועה בר<sup>1</sup> ועמוס בוסקילה<sup>1</sup>

אוניברסיטת בן גוריון בנגב

מרכז מדע ים המלח והערבה

תאוריית המגוון-יציבות (diversity-stability hypothesis) של רוברט מאי (May 1974) טוענת שישנו קשר שלילי בין מספר מינים ליציבות אוכלוסיות וככל שעושר המינים עולה, כך יציבות האוכלוסיות יורדת. ייתכן שהשערה זאת נובעת מהסתכלות על הסקלה של האוכלוסיות בלבד ולא על זו של החברה. יציבות ברמת החברה עשויה להראות עליה ביציבות עם עליה בעושר המינים, גם אם היציבות של האוכלוסיות הבודדות יורדת. תרחיש זה עשוי להתקיים כאשר תחרות בין מינים דומים גורמת ל"פיצוי" ברמת החברה. בכל מקרה, היציבות (*stability*) והמגוון (*diversity*) קשורים ליצרנות (*productivity*). הקשר בין שלושת הגורמים הללו שונה עבור מיני צמחים שהקשר הוא של מידור לאלו של בעלי חיים שהקשר תלוי בתזונה.

אתר **LTER** של דיונות החול בניצנים מאפשר לנו לבחון תיאוריה זו בזכות ניטור ארוך טווח המתקיים שם. בשישים השנים האחרונות מתרחש תהליך טבעי של עלייה בכיסוי הצומח בדיונות. הדינמיקה של האוכלוסיות והחברות נבחנה אל מול כיסוי הצומח והמגוון הביולוגי החל מ-2004. העובדה שנתונים על אוכלוסיות של יונקים, זוחלים, פרוקי רגליים וצמחים נאספו באופן רציף במשך למעלה מעשור מאפשרת בחינה של הקשר בין יציבות האוכלוסיות והחברה למגוון וליצרנות. במחקר זה אנחנו מציעים צורת הסתכלות שונה המבוססת על שלושת הגורמים הללו, ניטור ארוך טווח ושתי התיאוריות הנ"ל.

---

## השפעת מניפולציות בכמות הגשם על זמינות חומרי ההזנה בקרקע: ניסוי ארוך טווח (12 שנים), לאורך מפל צחיחות בישראל

מרסלו שטרנברג, בית ספר למדעי הצמח והבטחת מזון, אוניברסיטת תל אביב

זמינות חומרי ההזנה בקרקע (nutrients), היא אחד הגורמים המגבילים החשובים ביותר המשפיעים על התפתחות צמחים. זמינות החומרים הנה בעלת שונות גבוהה במרחב ובזמן, ולרוב קשורה לתנאים עונתיים ואקלימיים כללים ולאפיוני בית הגידול. לאחרונה מורים תרחישי שינויי אקלים כי בטווח הארוך ישתנו גם בתי הגידול במרחב, אך עדין לא ברור מה תהייה השפעת התנאים העתידיים על חברות האורגניזמים ותפקוד המערכת האקולוגית. במחקרנו, ביצענו מניפולציות של כמויות הגשם השנתיות – דימוי של ריבוי גשמים או של

בצורת – בחברות צומח הממוקמות לאורך מפל אקלימי חריף בישראל. ארבעת אתרי המחקר יצגו: מערכות אקולוגיות צחיחות (מדברי), צחיחות למחצה (ערבתי), ים-תיכוניות, וים-תיכוניות לחיות. תרחישי שינוי האקלים נבחנו במפורט בשתי מערכות - הצחיחות למחצה והים-תיכוניות, בעוד ששני האתרים הנוספים שמשו כביקורת. התרחישים שנבחנו הם: א. סדרת עונות חורף יבשות (ע"פ תחזיות של התמעטות כמות המשקעים השנתית בתחום הים תיכוני) - דימוי ע"י הפחתת כ-30% מהגשם השנתי על ידי "סככות צל גשם"; ב. סדרת חורפים גשומים (אירועי קיצון גשומים) - דימוי ע"י תוספת של 30% לכמות המשקעים השנתית באמצעות השקיה; ג. אי שינוי אקלימי (חלקות ביקורת שנותרו בתנאי האקלים הנוכחי).

במחקר נבחנו השפעות המניפולציות בכמות הגשם השנתית על הכמות והיחסים בקרקע של: פחמן אורגני (OC), חנקן (N), וזרחן (P). הקרקע בחלקות הניסוי נדגמה במשך 12 שנים, פעמיים בשנה - באביב ובקיץ. תוצאות המחקר מורות כי המניפולציות בכמויות הגשם השנתיות (שבוצעו ברמה של 30% - יותר גשם או פחות גשם) לא השפיעו על ההרכב והכמות של חומרי ההזנה בשכבת הקרקע העליונה (10 ס"מ). לעומת זאת, אותר שוני ברור של רמות חומרי ההזנה בין עונות השנה ובתי הגידול (באותו אתר), ובין ארבעת אתרי הניסוי. כמות הפחמן האורגני (OC) והחנקן (N) בקרקע גדלה בהתאמה עם העלייה בכמות הגשם השנתית לאורך מפל המשקעים, אולם כמות הזרחן (P) בקרקע הידלדלה ביותר באתר הים-תיכוני הלח (הגשום ביותר). נראה כי יש לייחס את היעדר תגובה של חומרי הזנה בקרקע בחלקות הניסוי של מניפולציית כמות הגשם (למרות שבחלקות הביקורת בתחנות המקבילות אקלימית כן נצפה שוני) להטרוגניות המרחבית הגבוהה בקרקעות שבאתרים הנחקרים, שהינה משמעותית ביותר במרחב. בנוסף, נראה כי הקרום הביולוגי של הקרקע, פיזור סלעים ומבנה הצומח הכתמי (בני-שיח וביניהם קרחות של צומח עשבוני) האופייני לחברות שנחקרו, גורמים לפיזור בלתי אחיד של הגשם והנגר ברמת המיקרו, וייתכן כי הם מטשטשים שינויים בכמות ובהרכב חומרי ההזנה בקרקע. הטרוגניות מרחבית יחודית זו עשויה להביא להיעדר תגובה מדידה למניפולציות, אך ייתכן גם כי היא מורה על יכולת המערכות האקולוגיות הנחקרות ל"עמידות לטווח קצר" לשינוי האקלים.

באתר המחקר המייצג חברה ים-תיכונית בוצעה בשנים האחרונות מניפולציה נוספת המדמה בצורת קיצונית (הפחתה של 65% מכמות המשקעים השנתית). תוצאות ניסוי זה המוצגות כאן, מורות כי בתנאים אלה מתרחש שינוי משמעותי בחומרי ההזנה בקרקע כבר לאחר שנת יובש אחת.



## ניטור ארוך טווח של אוכלוסיית הצבי הארץ-ישראלי ברמת הנדיב – סיכום 30 שנה ותובנות להמשך הדרך

אמיר ארנון, פרופ' אבי פרבולוצקי, ליאת הדר

**רקע:** אומדן אמין של גודל האוכלוסייה, או לפחות של מגמות השינויים בגודלה לאורך זמן, הוא תנאי הכרחי בניהול אוכלוסיות. באזורי שיחיה ועצים עם ראות נמוכה, ובמיוחד כאשר עוסקים בבעלי חיים ביישנים כצבאים, לא ניתן לבצע ספירות כוללות ויש צורך לבצע אומדנים המסתמכים על סקרים ומודלים סטטיסטיים. אוכלוסיית הצבאים ברמת הנדיב נוטרה מראשית המחקר בפארק.

**שיטות:** מאז 1988 נערכו ברמת הנדיב סקרים רכובים, כשבכל תצפית בצבי נרשמו מיקומו, הזווית והגיל. סקרים אלו התבצעו במסלולים משתנים עד 2003, ומאז ועד היום נשמרו מסלול קבוע ותדירות של ארבע פעמים בחודש: בזריחה ולפני השקיעה, בתחילת כל חודש ובסופו. הנתונים שנאספו נותחו בשיטת Distance Sampling, תוך הוספת מורכבויות למודל הבסיסי הנובעת משינויים בתנאי האיתור (Detectability) לאורך המסלול. שני ניתוחים, שהשתמשו בהנחות עבודה שונות, בוצעו במהלך התקופה, עבור התקופות 2003-2009, ו-2004-2015. ב-2016 הושקע מאמץ נוסף והצבנו 50 מצלמות תנועה על תחנות ריח של צבאים במשך כחודשיים. בתמונות רבות ניתן היה לזהות פרטנית צבאים שונים – על סמך הבדלים במבנה הקרניים ולא סיימנים אחרים.

**תוצאות:** בשני הניתוחים המקיפים נמצאה מגמת ירידה כללית ומתונה בגודל האוכלוסייה בשנים 2004-2008. הניתוח הארוך יותר הצביע על רמה יציבה עד 2012 ועלייה משמעותית ב-2014. יחד עם זאת, היו הבדלים ניכרים בהערכות בין שני הניתוחים, ואפילו כיווני מגמה שונים בין שנים עוקבות.

בניתוח הנתונים מ-2016 זיהינו באמצעות התמונות 60 פרטים. בנוסף, זוהו בסיורים בשטח פרטים בודדים שלא הצטלמו. גודל האוכלוסייה המינימלי הוא כ-65 פרטים, והוא גדול ב-30% מהערכת DS ל-2015.

**דיון ומסקנות:** ניטור הגודל והמגמות של אוכלוסיית צבאים בשטח סבוך ומגוון כרמת הנדיב מאתגר מאוד. מודלים סטטיסטיים מספקים הערכות, אך ללא נתונים לאימות וכיול השיטה, קשה להעריך את אמינותם.

מאידך, נתונים אמינים מאוד דורשים השקעה רבה של משאבי כסף וזמן, ולא ניתן לבצע אותם באופן רציף. התקדמות טכנולוגית בשיטות הצילום ובפענוח התמונות עשויה להקטין את המאמץ הנדרש, אך כרגע נראה שהאיזון הנכון הוא קיום של סקרים רציפים לאורך השנים, לצד מאמץ משמעותי לקבלת אימות אחת לכמה שנים.

**תרומת המחקר:** אוכלוסיית הצבי הישראלי ברמת הנדיב עומדת בפני סכנת בידוד עקב לחצי פיתוח כבדים סביב הפארק. לימוד ארוך טווח של כיוונים ומגמות בגודלה תורמים לבניית בסיס ידע חשוב ומסייעים בקבלת החלטות על קישוריות נופית כחלק ממערך התכנון. בזכות התנאים הייחודיים של ניטור רציף לאורך שנית רבות, מקרה זה יכול לשמש מקרה מבחן למקומות אחרים בישראל, בהם אוכלוסיות של הצבי הא"י סובלות מקיטוע של בתי גידול ובידוד, עכשוויים או עתידיים.

---

## **השפעת צפיפות העצים, רעייה ואקלים משתנה על התחדשות ושרידות אורנים ביער נטוע על סף מדבר**

ד"ר שגיא גוטליב, ד"ר אייל רוטנברג, ד"ר יקיר פרייזלר, פרופ' דן יקיר – מכון ויצמן למדע  
**רקע:** המחקר שהחל בשנת 2009 מתבצע ביער יתיר, בקצה היבש ביותר לקיום יערות; עם ממוצע של 280 מ"מ גשם בשנה ומקדם מדבור 0.18. בשנות בצורת קשות נצפתה תמותה עצים ניכרת ביער ועד כה לא נצפתה הגעה לבגרות של נבטי אורן. מחקר זה בוחן האם קיימים דרכי ממשק שיתרמו לחינניות העצים ולהתחדשותם לשם קיום עצמאי של היער בתנאים קיצוניים אלו.

**שיטות:** נבחנה השפעת שני טיפולים: צפיפות העצים ורעייה על שרידות והתחדשות היער. דילול חלקות ביער יתיר לצפיפויות של 20, 10 ו 30 עצים לדונם ובנוסף גודר מחצית משטח כל חלקה לשם מניעת רעייה. בחלקות אלו מתבצעות מדידות שנתיות בתדירות משתנה, כאשר העיקריות שבהן: גדילת היקף גזעי העצים (DBH); אורך מחטי האורן; נביטת זרעי האורן באביב והישרדותם לאחר הקיץ ומעקב אחר נבטים בוגרים (מעל שנה).

**תוצאות:** גידול בכמות המשקעים יחד עם דילול היער, במיוחד בצפיפות של 10 עצים לדונם, משפיעים באופן חיובי על קצב גידול הביומסה של העצים, המתבטא הן בהתרחבות גזעי העצים השנתית והן בגידול מדד שטח העלים. בעוד שנראה שנביטה כשלעצמה אינה גורם מגביל בהתחדשות היער, שרידות הנבטים הצעירים בעונת הקיץ מוגבלת ביותר על ידי גורמים רבים, ביניהם כמות המשקעים. במחקר נמצא שמניעת רעייה ודילול משפיעים באופן ניכר וחיובי על שרידות נבטי אורן בני שנה ומעלה כאשר השרידות גבוהה במיוחד בצפיפות 10 עצים לדונם בתוך האזור המגודר. באזורים אלו נמדדו בממוצע 4 נבטי אורן צעירים לדונם בגובה של מעל 35 ס"מ.

**דיון ומסקנות:** הערכתנו בתנאי הגידול כיום, קיום עצמי של היער דורש שרידות והגעה לבגרות של נבט בודד לדונם כל חמש עד עשר שנים. המצאות עצי אורן צעירים בני 4 שנים ויותר לראשונה מעידה על אפשרות חידוש עצמי של היער בהינתן ממשקי ניהול מתאימים. בכדי

לעמוד על יכולת התחדשות היער התלויה גם בתנאי אקלים משתנים נדרש המשך מחקר שיכלול בתוכו גם שנות בצורת קיצונית (שלא התרחשו בשנות המחקר עד כה), מעקב אחר הנבטים עד הגעה לבגרות וניטור מצב היער לאור התנאים המשתנים

**תרומת המחקר:** לאור התחזיות לשינויי אקלים אזוריים וגלובליים, אשר על פי מודלים אקלימיים צפויים להיות קיצוניים יחסית באגן המזרחי של הים התיכון, מתחדדת חשיבותו של המחקר. הבנת הגורמים העשויים להשפיע על יכולתו של היער להתקיים ולשרוד כיער בר-קיימא באזור סף-המדבר, מהווה אתגר מחקרי ותוצאותיו מהוות כלי למנהלי היער בישראל ובעולם לקיום יער באזורים בעלי אקלים דומה.

## כלכלת סביבה

### בקרה ביולוגית כשירות מערכת אקולוגית בים התיכון

יואב פלד, אוניברסיטת חיפה

**רקע:** בעלי עניין בים התיכון הישראלי מושפעים מתופעת המינים הפולשים, ההולכת ומתגברת לאורך השנים. על רקע התגברות זו, נערכה הערכה כלכלית לתרומת המערכת האקולוגית להפחתת סיכון אובדן רווחה אפשרי כתוצאה מהמשך פלישת מינים בעתיד. מאפייני המערכת האקולוגית באזורים שונים מכתובים את חוסן המערכת להתמודד עם זעזוע אקולוגי המקושר למינים הפולשים ובהתאם, קובעים האם ייגרם למשתמשים הנהנים משירותי המערכת האקולוגית אובדן רווחה כתוצאה מזעזוע זה.

**שיטות:** שירות הבקרה הביולוגית התבסס על מודל מרחבי המבוסס על הערך הביטוחי של חוסן המערכת האקולוגית כנגד אובדן רווחה פוטנציאלי הקשור בהתגברות השפעות מינים פולשים. המודל מתבסס בין היתר על יכולת המערכת להתאושש לאחר זעזוע אקולוגי, אובדן רווחה כלכלית פוטנציאלי והעדפות להימנעות מסיכון של משתמשים הנהנים מתועלות שירותי המערכת האקולוגית. המודל מתבסס על מערכת ARIES (ARTificial Intelligence for Ecosystem Services), המשמשת למידול שירותי מערכת אקולוגית תוך התחשבות בתנאי אי ודאות.

**תוצאות:** תוצאות המודל מצביעות על האזורים הסמוכים לחופים, בעיקר בעכו, חיפה, חדרה, אשדוד ואשקלון, כבעלי ערך פוטנציאלי עבור בקרה ביולוגית כנגד מינים פולשים. באזורים אלו,

העלאת פונקציונאליות אקולוגית צפויה לתרום למניעה אפשרית של אובדן רווחה כתוצאה ממינים פולשים.

**דיון ומסקנות:** שירות הבקרה הביולוגית לא נבחן עד כה במחקר. זוהי הפעם הראשונה בה נערך ניסיון למידול שירות זה, הן בקונטקסט ימי והן בצורה מרחבית. שימוש במערכת ARIES תרם להתגברות על תנאי אי הודאות השוררים במערכת אקולוגית זו אך עדיין קיימים פערי ידע רבים, במיוחד באומדן חוסן המערכת האקולוגית, המקשים על הערכה מדויקת יותר של שירות מערכת זה. בנוסף, אובדן הרווחה לא כלל השפעות נוספות של מינים פולשים (כגון השפעת מדוזות על תשתיות חופיות) ולכן ניתן להניח כי הערכים הכלכליים שנתקבלו מייצגים הערכת חסר למלוא היקף שירות מערכת זה.

---

## **הערכת התועלות למשק ממנהרות תחבורה -מנהרות הכרמל כמקרה בוחן**

פרופ' אופירה אילון, ליאור שמואלי, שירי פרוינד קורן, מעיין זרביב ציון

**רקע:** בספירות שנערכו מראים שלאחר פתיחת מנהרות הכרמל חלה ירידה יומית ממוצעת של 20% בצירי התנועה להם מהוות המנהרות חלופה, ועד 40% ירידה בשעות העומס התחבורתי בבקרים.

השימוש במנהרות בכלל ולתחבורה בפרט, מאפשר ניצול יעיל יותר של תת הקרקע, הסטת עומסי תנועה ממרכזי ערים, צמצום פגיעה נופית בעורקי תחבורה העוברים בשטחים פתוחים ועוד.

**שיטות:** נבדקו התועלות הכלכליות והסביבתיות כתוצאה משימוש במנהרות הכרמל בהשוואה לשימוש בנתיבים חלופיים בחיפה. 2 התועלות הישירות:

חיסכון בזמן הנסיעה לעומת נתיב אחר

חיסכון בדלק-קיצור משך הנסיעה והחלקת תוואי הדרך

2 התועלות העקיפות:

חיסכון בזיהום אוויר ופליטת גז"ח

הפחתת מפגעי רעש תחבורתי בעיר

בנינו מודל כלכלי דינמי במטרה לכמת תועלות כלכליות ישירות למשתמש ועקיפות לציבור משימוש במנהרות הכרמל בהשוואה לנתיבים חלופיים, בהם היו נוסעים אם מנהרות הכרמל לא נחפרו. המודל מגדיר 6 מקטעים שונים לשימוש במנהרות, לכל מקטע נבחרו 2 תרחישי נסיעה חלופיים למנהרה העוברים בעיר מתוך נתוני אתר WAZE:

---

תרחיש בסיס – נסיעה במנהרה

תרחיש א': נסיעה מיטבית המקבילה למנהרה מבחינת זמן הנסיעה

תרחיש ב': מסלול נסיעה נוסף מקביל למנהרה

בחנו 18 תרחישים ונבחנו התועלת שנוצרת מנסיעה במנהרות הכרמל לפי סוג רכב ושעת הנסיעה (שיא וממוצע)

**תוצאות:** התועלות למשק משימוש במנהרה בהשוואה לתרחיש הסביר:

התועלות הנוצרות מהמנהרה- 106 מלש"ח (לנהג בלבד) 126 מלש"ח (לכל הנוסעים באוטובוס).

חיסכון בזמן- 1.7 מיליון שעות לשנה. שוו"ע 200,000 ימי עבודה לשנה.

חסכון בדלק- 4.5 מיליון ליטר דלק בשנה שוו"ע 0.2% מכלל צריכת הדלק לתחבורה בישראל.

חיסכון בפליטות גז"ח- 14,000 טון CO<sub>2</sub>e לשנה שוו"ע לחסכון בצריכת חשמל של 1,850 משקי בית בשנה.

חסכון בזיהום אוויר ורעש לתושבי חיפה המתגוררים לאורך צירי התנועה- 65 שו"ע לאדם כתוצאה מהפחתת זיהום אוויר ורעש (לפי 150,000 נפש המושפעים מהדרכים החלופיות).

**דיון ומסקנות:** התועלת הסביבתית, המתקבלת משיפור איכות האוויר ומצמצום הרעש (ללא החיסכון בזמן ודלק, הנזקף לתועלת הנהג בלבד) הוא 9.6 מיליון שו"ע בשנה. כלומר, כל תושב בחיפה, הגר בסמיכות לנתיבים הנ"ל "מרוויח" 65 שו"ע לשנה מעצם קיום המנהרה.

**תרומת המחקר:** מאחר ועיקר התועלת הנזקפת לזכות המנהרות נובעת משימוש ברכב פרטי, מוצע לבחון דרכים לעודד נסיעה, דווקא בשעות השיא, ע"י הסטת התנועה לכיוון המנהרות בשעות אלה.

שיפור איכות האוויר בעיר חיפה, נושא שעומד כיום בכותרות, תורמות המנהרות תועלת של כ- 5 מיליון שו"ע בהפחתת פליטות בשנה, מתוכם כ- 70% חסכון בזיהום אוויר מקומי והיתר בהפחתת גזי חממה. מוצע לבחון, ברמה הממשלתית, דרכים לעידוד שימוש באוטובוסים (על נוסעיהם) ומשאיות במנהרות על מנת להשיא את התועלות שהצגנו, ולעודד - מבחינה כלכלית והסדרתית - כלי רכב אלה להשתמש במנהרות.

ניתן להשתמש במנהרות ככלי נוסף לצמצום זיהום אוויר מתחבורה במסגרת כלי מדיניות ממשלתית שתאומץ.

---

## הערכה סביבתית של צמחים מהונדסים: ניתוח עלות-תועלת של הנזקים והתועלות לסביבה

פרופ' נאוה חרובי, המכללה האקדמית נתניה

שרית שלהבת, ד"ר יובל ספיר

**רקע:** פיתוח צמחים מהונדסים גנטית עשוי להביא תועלת גדולה לאנושות, כולל גידול במלאי המזון והורדת עלותו, הפחתת נזקים סביבתיים הנגרמים עקב השימוש בדשנים וחומרי הדברה, והפחתת הנזק האקולוגי הנגרם מהשימוש בקרקע לחקלאות. למרות זאת, פיתוח גידולים אלו מתעכב וגידולים רבים אינם מגיעים לשוק עקב התנגדות הצרכנים הנובעת מחששם לנזק לסביבה ולבריאות האדם. על מנת לקדם קבלת החלטות עניינית בתחום, ניתחנו את הנזקים והתועלות הפוטנציאליים לסביבה מצמחים מהונדסים ביחס לצמחים קונבנציונליים.

**שיטות:** התמקדנו בפיתוחים גנטיים בתפוחי אדמה, חיטה, תירס, עגבניות, זיתים, פפאיה, ותפוחי עץ, המשקפים מגוון של שינויים פוטנציאליים. ניתחנו את ההשפעות הסביבתיות לטון מוצר בשיטת ניתוח מחזור חיים (Life Cycle Assessment), המאפשרת לכמת את ההשפעות הסביבתיות של הגידול "מהעריסה עד לקבר", החל בכריית חומרי הגלם הנדרשים לייצור וכלה בפסולת המוצר. הערכנו את ערך התועלת הכלכלית לחברה הנובעת מהשפעות על בריאות האדם, השינוי במגוון המינים בטבע, וההשפעה על צריכת משאבים מתכלים.

**תוצאות:** נמצא כי השימוש בקרקע לחקלאות, השימוש בדשנים ומיכון מהווים חלק גדול מסך ההשפעה הסביבתית של הגידול, ואילו ההשפעות הסביבתיות של השימוש בחומרי הדברה נמוכות יחסית. לפיכך שינויים המאפשרים להגדיל את היבול עבור שטח קרקע, דשנים ומיכון זהים, מורידים במידה רבה את ההשפעה הסביבתית לטון מוצר.

**דיון ומסקנות:** התועלת הסביבתית מצמצום השימוש בחומרי הדברה נגד עשבים, פטריות, או מזיקים אחרים היא נמוכה יחסית, ואם נניח סיכון ממשי של פגיעה במגוון המינים הביולוגי, הרי שנזקו של הפיתוח עשוי להיות גדול מתועלתו. לעומת זאת, כאשר מפתחים זן המאפשר להגדיל את היבול בשדה או למנוע ירידה פוטנציאלית ביבול עקב מחלות, או זן המשפר את איכות הפרי במידה המאפשרת להוריד את הירידה בפחת משער המשק עד לצרכן, נמצא כי התועלת הסביבתית מהפיתוח גדולה מאד, והנזק הסביבתי הנגרם מאובדן מינים פוטנציאלי זניח לעומתה. המסקנה היא כי בקבלת החלטות על פיתוח גידולים גנטיים, תוך בהתחשבות בחששות הצרכנים, מומלץ להתמקד בפיתוח זנים המאפשרים להגדיל את היבול או להוריד את הפחת מהמוצר

**תרומת המחקר:** המחקר מצביע על פוטנציאל התרומה לסביבה של גידולים מהונדסים, ומסקנותיו מעודדות השקעה במחקר ופיתוח בתחום זה. מבחינת מדיניות השיווק לצרכנים, יש

להתמקד בתועלת לסביבה הנובעת מכך ולהציג את כימות התועלת הסביבתית מהגידולים ביחס לנזק הסביבתי הפוטנציאלי שהצרכנים חוששים ממנו.

---

## ניתוח עלות-תועלת לשאלון ניהול טבלאות גידוד בחופי ישראל ועושר המינים המצוי בהן לאור סכנת קריסתן המראה נכונות ציבורית לשלם בעבור שימור הטבלאות

אלינור אזואלוס, המרכז הבינתחומי הרצליה

יניב יצחקי, שירי צמח שמיר

**רקע:** ועדת מומחים בנושא טבלאות הגידוד בחופי ישראל הגיעה למסקנה שבית גידול זה עתיד לקרוס עקב עליית מפלס פני הים ודילול אוכלוסיית הצינוריר הלבנטיני, המסייע בחיזוק הטבלה מפני שחיקת הגלים. מחקר בוחן את הנכונות הציבורית לשלם בעבור שימור הטבלאות בחלופות שונות.

**שיטות:** שיטת האמידה במחקר זה מבוססת על ביצוע שאלון בשיטת הערכה של ניסוי בחירה (Choice Experiment) והפצתו בקרב הציבור הרחב.

בשאלון ניסוי בחירה, הנדגמים מתבקשים לבחור את החלופה המועדפת עליהם מתוך מספר אפשרויות כשהם בדרך כלל מתבקשים לענות על רצף מסוים של אפשרויות.

לכל חלופה מוצמדת ערך כספי שמחשב את הערכים של כל הפרמטרים הכלולים בחלופה כך שהנדגם צריך לבחור את מצב החוף המועדף עליו בהתאם לעלות שהוא מוכן לשלם בעבורו.

**תוצאות:** תוצאות השאלון מראות שהציבור מראה נכונות לשלם בעבור טבלאות גידוד בעלות מגוון ביולוגי עשיר. המימון צפוי להספיק בעבור שיקום של כל טבלאות הגידוד שבסכנה כיום בארץ.

**דיון ומסקנות:** מנקודת מבט כלכלית, סוגיית שימור טבלאות הגידוד תלויה בניתוח עלות-תועלת. הערך הכלכלי של השירותים המתקבלים ממערכת אקולוגית זו יספק אומדן לסך התועלת המתקבלת, ולאורו אפשר יהיה לשקול את הפעולות הנדרשות לשמירה על בית גידול זה.

ייתכן שעדיף שחלק מהמשאבים הכספיים ינותבו לטובת הקמה של טבלאות גידוד מלאכותיות באיזורים חדשים או בצמוד לטבלאות טבעיות.

---

## דיג בכנרת: ניהול כלכלי אקולוגי הנשען על מארג המזון המקומי

ד"ר דפנה דיסני, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר אייל אופיר, גיימס שפירו, ד"ר גדעון גל

**רקע:** הרגולציה של הדיג בכנרת הינה במוקד העניין של גופים שונים ובכללם רשות המים, ענפי החקלאות, גופים לשמירת הטבע והסביבה, התיירות והתרבות. במסגרת מחקר זה אנו אומדים את התועלת הכלכלית הפוטנציאלית מויסות היקף הדיג, את השפעתו על רווחי הדיג והוצאות הדיג וכן את ההשלכות של ויסות היקף הדיג על מדדים אקולוגיים בכנרת.

**שיטות:** מערכת המידע שנבנתה באמצעות מודל Ecopath Lake Kinneret (אופיר ואח', 2017) שולבה במודל אופטימיזציה כלכלי המדמה את התנהגות הדיג באגם הכנרת ואת סט אפשרויות הדיג שלו. נתוני המאמץ והדיג שימשו אותנו לאמידת "פונקציית היצור" של דיג בכנרת וזו מאפשרת לנו לאמוד את מידת חוסר היעילות של דיג חופשי בכנרת בהשוואה למערכות כלכליות אלטרנטיביות שבהן מאמץ הדיג מווסת.

**תוצאות:** הממצאים מצביעים על כך שהפחתה בכ 50% בהיקף הדיג (הן של דיג רשתות והן של דיג אמידה) צפוי להביא להכפלת רווחי הדיג הודות לגידול היחסי בכוסר הרוויה של המערכת ושיפור בכלל מארג המזון בכנרת וגידול. באופן כללי ניתן לומר שרמת הדיג שממקסמת רווחים הינה נמוכה תמיד מרמת הדיג שמתקבלת כאשר הגישה לדיג באגם הינה פתוחה. עוד אני מוצאים שרמת המאמץ רגישה לשילוב שבין רמת המחירים של הדגה בשוק ולעלויות הדיג באופן ישיר. מידת ההשפעה של שינויים בפרמטרים כלכליים אלו תלוי במאפייני המערכת האקולוגית, ובמקדם יעילו הדיג.

**דיון ומסקנות:** מהניתוח הכלכלי עולה כי קיים קשר חיובי בין מקסום תועלת החדגי ושיפור המערכת האקולוגית. את הגידול בתועלת של שני הצדדים ניתן להשיג על ידי שינוי מבנה מערך הדיג, כך שלא יתאפשר דיג חופשי לחלוטין באגם אלא דיג מהמווסת בסופו של דבר את היקף מאמץ הדיג בכנרת. להערכתנו הפחתת היקף הדיג לרמה של כ 3356 ימים בשנה לדיג רשתות ו 630 ימי דיג ברשתות הקפה צפויה להביא לשיפור משמעותי הן ברווחיות הדיג והן במארג המזון ובכלל זה לשיפור בהיקף הביומסה של אמנון הגליל (גידול בכ 50% בביומסה לעומת המצב הקיים), ולירידה של כ 10% ברמה הטרופית של שלל הדיג, על פני תקופה של כ 12 שנה.

**תרומת המחקר:** מחקר זה מצביע על כך שניתן שאמצעות כלים כלכליים כמו ויסות מאמץ הדיג להשפיע באופן חיובי גם על רווחי היג וגם על הסביבה הקולוגית. באמצעות שימוש במידע האקולוגי הצלחתי לכמת את רמת הויסות האופטימאלית ולהצביע על היקף חוסר היעילות הכלכלי והאקולוגי שקיים במערכת הנוכחית, שבה בפועל יש גישה חופשית לדיג באגם. אנו



סבורים שגישת החישוב והעיקרון הכלכלי שנבחן במחקר זה ישימות גם למערכות דיג נוספות, ובפרט לדיג על על סוגיו גם בים התיכון.

---

## הערכת השפעת שינויי אקלים על החקלאות הצמחית בישראל

רתם זלינגר

על פי תחזיות אקלימיות הטמפרטורות בישראל צפויות לעלות בכ-  $1.8^{\circ}\text{C}$  עד 2050 וב-  $2.4^{\circ}\text{C}$  עד שנת 2070. כמות המשקעים צפויה לרדת בתקופות אלה ב- 19% וב- 27%, עם עלייה ממוצעת של 114ppm ו- 174ppm בריכוזי הפחמן הדו-חמצני, בהתאמה. מטרת מחקר זה היא להעריך את השפעתם של שינויי אקלים אלו על החקלאות הצמחית בישראל. המחקר מסתמך על מודל תכנון ברמה הארצית הלוקח בחשבון תגובות של חקלאים באזורי הארץ השונים (בחלוקה לנפות) לשינויים בתפוקות גידולים על ידי התאמת הקצאות הקרקע ביניהם, כאשר מחירי התוצרת נקבעים בשיווי משקל בשוק המקומי בתנאי סחר בינלאומי תחת מכסים, ובכפוף למגבלות ייצור כגון מים ועובדים זרים. תגובת היבולים לשינויי האקלים מתוארת באמצעות פונקציות ייצור שנאמדו בשיטת המטא-אנליזה על בסיס תוצאות ניסויים מבוקרים הכוללים שינויים משולבים בריכוזי הפחמן הדו-חמצני, בטמפרטורה ובמשקעים. תוצאות המחקר מראות כי המחסור במים יביא לירידה בשטח הקרקעות המעובדות ולהקצאתן מחדש בין גידולים, אולם במקביל תחול עלייה הן ברווחיות בענף והן בעודפי הצרכנים. הסיבה לכך טמונה בעלית ריכוזי הפחמן הדו-חמצני. אנו מראים כי התעלמות מהשפעתו של משתנה אקלימי זה על התפוקה החקלאית מובילה למסקנות שגויות לגבי השפעת שינויי האקלים על הסקטור החקלאי בישראל.

---

## השפעות סביבתיות על קרקע וצומח

### השפעת שריפות יער על תכונות כימיות, פיסיקאליות והידראוליות של קרקעות בעלות מינרלוגיה שונה

ד"ר מני בן-חור, האוניברסיטה העברית ירושלים

ג'ני סאייג

**רקע:** שריפות יער מהוות בעיה משמעותית בארץ ובעולם, עקב השפעתן הרבה על המערכת האנושית, האקולוגית והסביבתית החורגת מגבולות היער. לדוגמא, השריפות יכולות להגביר שחרור מזהמים לאטמוספירה המוביל לאפקט החממה, לפגיעה במגוון הביולוגי, ולנזקים בריאותיים בבני האדם, בעיקר מחשיפה לעשן ולנגר עילי וסחף קרקע.

הגידול באוכלוסיית האדם ובפעילותו בשנים האחרונות גרם לעלייה חדה במספר, בגודל ובעוצמת השריפות המתרחשות ביערות. מחקרים רבים נעשו בארץ ובעולם, שבחנו את השפעת שריפות היער על הצומח ועל המערכות האקולוגיות, הסביבתיות והאנושיות בסביבת היער. אולם, מעט מאוד מחקרים בחנו את השפעת השריפות על הקרקע. בעבודות, שנעשו לאחרונה בקבוצה של מני בן-חור נמצא ששריפות השפיעו על יציבות מבנה הקרקע, וכתוצאה מכך חלו שינויים בהיווצרות קרום פיסיקאלי בפני הקרקע, בערכי החדור ובתהליכי נגר וסחף במהלך סופות גשם. אולם, עבודות אלו לא התייחסו למינרלוגיה של הקרקע.

**שיטות:** קרקעות בעלות מינרלוגיה שונה נדגמו ממקומות שונים בעולם ונחשפו לדרגות חום שונות, טמפ' האוויר (טיפול ביקורת), 300, 600 מ"צ. לאחר החימום, נמדדו בקרקעות השונות התכונות הכימיות-פיזיקאליות שלהן, יציבות תלכידים, דיספרסיה ומוליכות ההידראולית ברוויה בעמודות קרקע מופרות.

**תוצאות:** נמצא שבכל הקרקעות עם המינרלוגיה השונה, תכולת החומר האורגני ירדה באופן מובהק בחימום מטפ' האוויר, ל- 300 ול- 600 מ"צ. בקרקעות עם תכולה גבוהה של המקטע החרסיתי (> 51%) חלה ירידה חדה בתכולת המקטע החרסיתי עד לכ- 5%, שהובילה לעילה בעיקר במקטע החול. שינויים אלו בתכולת החומר האורגני ובהתפלגות גודל החלקיקים הראשוניים בקרקעות השונות גרמו לשינוי ביציבות המבנה של הקרקע ובמוליכות ההידראולית בהרוויה שלה.

**דיון ומסקנות:** חימום הקרקע לטמפרטורות שונות גורם לשריפת החומר האורגני בקרקע המהווה חומר מתלכד, השומר על מבנה קרקע יציב ומוליכות הידראולית גבוהה. כתוצאה מכך החימום יכול לגרום לפחיתה במוליכות ההידראולית. יחד עם זאת, חימום הקרקע גורם להתאדות של מולקולות מים הספוחים על שטחי הפנים הפנימיים בצברי החרסית

ולהתלכדותם. דבר הגורם להגדלה ביציבות מבנה הקרקע ולעליה בתכונות ההידרולית שלה. נמצא שההשפעות המנוגדות האלו על מבנה הקרקע והמוליכות ההידראולית שלהן תלויה במינרלוגיה של הקרקע ובעוצמת החימום.

**תרומת המחקר:** הבנת השפעת שריפות יער על התכונות הכימיות, הפיסיקאלית וההידראוליות של קרקעות היער בעלות מינרלוגיה שונה יכולה לאפשר פיתוח כלים לחיזוי הסיכון מהיווצרות נגר וסחף קרקע ביער לאחר שריפתו, ואת אופן הטיפול ביער למניעת הנזקים ושיקום מהיר שלו

---

## **אומדן כושר הסחיפות של קרקעות לס משכבות עמוקות ועליונות כתגובה לכוחות סחיפה של מים ורוח**

סמדר טנר, אוניברסיטת בן גוריון

פרופ' יצחק קטרה, ד"ר אלי ארגמן, ד"ר מני בן חור

**רקע:** סחיפת קרקע על ידי מים ורוח מובילה לדלדול ולאובדן של משאב הקרקע. התופעה משמעותית מאוד בקרקעות חקלאיות המעובדות בעיבוד אינטנסיבי. תהליכי פיתוח תשתיות ותהליכי עיור מייצרים כמויות גדולות של עודפי חומר קרקעי מעומק החתך, שבו נעשית הפעילות ההנדסית. החומר הקרקעי שאינו מיושם בתחומי הפרויקט נחשב לעודף עפר. כיום נבדקת האפשרות להסדיר את עודפי העפר, שאיכותם מתאימה, ליישום בשטחים חקלאיים, אשר עברו תהליכי דלדול ובליה מואצת. משמעות הדבר היא, שקרקעות עומק אלו נחשפות לאטמוספירה ולתהליכים המתרחשים בפני השטח, ובכללם תהליכי סחף על ידי מים ורוח. מאחר וקרקעות עומק מתאפיינות לרוב בתכונות פיזיקו-כימיות שונות משכבות קרקע עליונות, כתוצאה ממחסור בחומר אורגני ופעילות מיקרוביאלית, הרגישות שלהן לתהליכי סחיפה על ידי מים ורוח צפויה להיות שונה מאשר בקרקעות משכבת הקרקע העליונה. מטרת העבודה הנוכחית היא לבחון את ערכי הסחיפות של עודפי קרקעות לס עמוקות בהשוואה לקרקע לס חקלאית מהשכבה העליונה.

**שיטות:** אנליזות פיזיקו-כימיות בוצעו לצורך אפיון הקרקעות, וניסויים במדמה גשם ובמנהרת רוח נעשו לאמוד את ערכי הסחיפות של הקרקעות.

**תוצאות:** נמצא: (i) תכולת חומר אורגני נמוכה (0.4%-0.5%) בקרקעות העמוקות לעומת תכולה גבוהה יותר (1.2%) בשכבת הקרקע העליונה. (ii) אחוז נתרן ספוח (ESP) גבוה (8.7%-53.2%) בקרקעות שנדגמו מהעומק לעומת 2.3% בשכבה הקרקע העליונה. (iii) ערכי הצפיפות הנפחית של התלכידים בקרקעות שנדגמו מהעומק היו 2.15-2.28 גר/סמ"ר לעומת

1.49 גר/סמ"ר בקרקע מהשכבה העליונה. (iv) כמויות הסחף במהלך כל סופות הגשם (במדמה הגשם) בקרקעות שנדגמו מהעומק היו 1.98-3.6 ק"ג/מ"ר לעומת 1.12 ק"ג/מ"ר בקרקע מהשכבה העליונה. (v) כמות הסחף הכוללת שנמדדה במנהרת הרוח בקרקע מהשכבה העליונה הייתה 670 ג"ר/מ"ר לעומת 247-55 ג"ר/מ"ר בקרקעות שנדגמו מהעומק. (vi) ערכי החידור הסופי היו נמוכים יותר בקרקעות העמוקות (1.69-2.02 מ"מ/שעה) מאשר בשכבת הקרקע העליונה (5.41 מ"מ/שעה).

**דיון ומסקנות:** קרקעות העומק היו סחיפות יותר למים בהשוואה לקרקע מהשכבה העליונה. לעומת זאת, קרקעות העומק היו פחות סחיפות לסחף על ידי רוח בהשוואה לקרקע מהשכבה העליונה.

**תרומת המחקר:** הבנת פוטנציאל הסחף מקרקעות שנחפרות מעומק החתך (עודפי עפר) חשובות להערכת ההיבטים הסביבתיים של יישום קרקעות אלו בפני השטח (אם בשטחים חקלאיים ואם לשימושים אחרים). בנוסף, הבנת יחסי הגומלין בין סחף רוח לסחף מים תתרום להערכה נכונה יותר של פוטנציאל סחף הקרקע בשימושי קרקע שונים.

---

## השפעת קרקע מזוהמת בנפט על גדילה והתפתחות של נבטי שיטה סלילנית ושיטה סלילנית

תנה הואי טראן, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר גדעון וינטרס, ד"ר עינב מייזליש-גתי, פרופ' עמרם אשל

**רקע:** שיטה סלילנית וסוככנית נחשבים כמיני מפתח בערבה. נוסף על האיומים הרבים על שיטים באזור, מתווספת הדאגה לשיטים לאור דליפות נפט שהתרחשו בדצמבר 2014 ובעבר הרחוק יותר (1975) בשמורת עברונה, אזור הנשלט ברובו ע"י עצי שיטה. ההשפעות של דליפות הנפט על אוכלוסיית השיטים עברונה אינן ידועות. מטרת מחקר זה היו לקבוע את ההשפעות קצרות וארוכות הטווח של דליפות הנפט בעברונה על נביטה וגדילה של נבטי שיטים משני המינים.

**שיטות:** לשם כך, נערכו ניסויים שכללו שימוש בקרקעות ביקורת (ללא נפט), לצד קרקעות מזוהמות בנפט מעברונה (100% קרקע מזוהמת בנפט מ-1975, ומ-2014) או קרקעות שזיהום הנפט בהן דולל (לפי נפח) עם קרקעות ביקורת על מנת לקבל קרקעות עם זיהום נפט ביניים (30%-70% קרקע מזוהמת בנפט מ-2014) על מנת לחפש סף אפשרי שמתחתיו לזיהום הנפט אין השפעות שליליות על שיטים. העבודה כללה ניסויים שנערכו בתנאים

מבוקרים וטבעיים, ששימשו למדידות של אחוזי נביטה, גידול החלק העל ותת קרקעי, ריכוז חלבון וכלורופיל ופעילות אנזימים נוגדי חמצון.

**תוצאות:** תוצאות המחקר הראו ירידה משמעותית בהצלחת הנביטה של שני מיני השיטה בחשיפה לקרקעות עם זיהום נפט מ-2014 אך רק עיכוב בנביטה בקרקעות עם נפט מ-1975. לא הייתה השפעה תרכובות נדיפות מהנפט על נביטת זרעים. לאחר 105 ימים מאז השתילה במערכות הניסוי, כל המדידות שהתבצעו על החלקים העל קרקעיים (גובה, מספר עלים, קוטר הגזע וביומסה) הראו בשני המינים שגודלו בקרקעות מזוהמות בנפט תוצאות נמוכות מאלו שגודלו בקרקעות ביקורת. גם הגידול התת קרקעי (אורך השורשים, מספר השורשים, מספר ומשקל פקעיות הריזוביום והביומסה), היו נמוך בצמחים שגודלו בקרקעות מזוהמות בנפט. ריכוז הכלורופיל היה נמוך רק בצמחי שיטה סלילנית שנחשפו לנפט. עבור שני מיני השיטים, פעילות נוגדי החמצון בשורשים עלתה כתוצאה מחשיפה לנפט, אך ירדה בעלים.

**דיון ומסקנות:** תוצאות אלו מצביעות על כך שהנביטה והצמיחה של שיטה סלילנית וסוככנית הוגבלה קשות בקרקעות עם נפט מ-2014 אך גם בקרקעות שבהן הנפט נמצא כבר מעל ל-40 שנה (הזיהום של 1975), ובקרקעות בהן ריכוז הנפט נמוך יחסית (30%).

**תרומת המחקר:** מתוצאות אלה ניתן לחזות כי בשמורת עברונה, אזור הנשלט ע"י עצי השיטה, לשני אירועי הנפט תהיה השפעה דרמטית על יכולת של נבטים חדשים לחדש את אוכלוסיית השיטים המקומית. תחזית זו חייבת להיכלל בשיקולים של ממשק ושיקום המתוכננים באזור.

---

## התנוונות מקטעי חורש בגליל המערבי, תצפיות ותובענות

אבנר אייל, פרופ' צביקה מנדל

**רקע:** ההתאוששות המרשימה של החורש בגליל המערבי בשבעים השנים האחרונות מקבלת תפנית מדאגיה בדמות התנוונות ותמותת עצים נרחבת בעשור האחרון. בכוננתנו להצביע על כמה מהשינויים המדאיגים שנצפו, ולנסות ולברר מהם הגורמים המעורבים בתופעה, והצעדים הנדרשים לאור הפגיעה בחורש.

**שיטות:** התצפיות נערכות בגליל המערבי, בתא שטח שבין מושב יערה לקבוץ אילון. תצפיות כוללות ציון של מיני העצים הנפגעים, התייחסות לגורמים אנתרופוגניים, כמו מרעה ושימוש בקוטלי עשבים, פעילות של חרקים מזיקי יער, ושינויים בהופעת בעלי חוליות בחורש.

**תוצאות:** הפגיעה ניכרת בעצי אלון מצוי. לעיתים פרטים גדולי ממדים, שהתופעה הבולטת ביותר היא התייבשות העץ כולו או חלק מהבדים. ההתנוונות מלווה בעליה דרמטית של יקרוניות, בעיקר של *besikanus Mesoprionus* המתפתח בעצים חלשים אך גם של

*cerdo Cerambyx* מין אגרסיבי יותר. היקרוניות מאכלסות את העץ במהלך כמה דורות על העץ עד למותו, ואף מגיחות מצוואר השורש שנים לאחר מכן. ניכרת גם פעילות מוגברת של פטריות עץ. פגיעה בחורש האלון ניכרת גם בהתפרצות של עש הצועני המקומי *Lymantria disparina dispar*. גם התייבשויות עצי אלה הופכות שכיחות כשכהתנוונותם מלווה בפעילות של חיפושיות קליפה בעיקר *perrisi Carphoborus* ו- *vestitus Hylesinus*. השינויים בבית הגידול מתבטאים גם בהצטמצמות בהיקף האוכלוסיות של הנקרים נמנמי העצים והיערונים.

**דין ומסקנות:** זה אולי קל מידי לתלות את ההתנוונות הנצפית רק בשינויים האקלים והרצפים המדאיגים של חורפים שחונים, שאנו מעריכים שאכן השפעתם רבה. בנוסף לעקת המים, נראה שיש לבחון ביסודיות גם את ההשלכות של השימוש בקוטלי עשבים במרחב המכוונים בעיקרם לשיפור המרעה, תהליכי הזדקנות טבעיים של עצי השדרה של החורש החושפים את העצים לחרקים נוברי קליפה וגזע שאינם מותאמים לקטילה של עצים צעירים חיוניים. נדרש לבחון את שפעת השינויים במשק המים על העצים, גם קשר תת קרקעי בין עצים פגועים ראוי לבחינה יסודית. החורש בגליל המערבי הוא בית גידול לבעלי חוליות די נדירים בישראל. התנוונות החורש חסרונם של מים זמינים משך רוב חודשי השנה, ופלישה של בעלי חיים מסביבת האדם, משפיעה וודאי על שכיחותם של מינים בסיכון.

#### **תרומת המחקר:**

מבט רב שנתי וניטור רציף של החורש בגליל המערבי.

עידוד המחקר של התנוונות ופגיעה בעצי החורש הטבעי, בעיקר העצים המבוגרים. .

---

## התייבשויות בחורש וביער והשפעתם של גורמי בית גידול ומטאורולוגיה על תפרוסת התופעה והיקפה

ד"ר ניר הרוד"ר עידן קופלר

**רקע:** התייבשויות עצים בחורש וביער בישראל מדווחות זה מספר עשורים. בחורש אלון מצוי תועד אירוע התייבשות בולט בקיץ 2001, ובהיקף נרחב יותר ב-2016. ביער אלון התבור נראות התייבשויות בקנה מידה מקומי במספר אזורים. ביערות מחטניים התופעה מתגברת בעיקר בעשור האחרון, שם התרחשו התייבשויות משמעותיות במינים שונים, באזורים ובמועדים שונים.

**שיטות:** אותרו מוקדי התייבשות באמצעות תצפיות ובעזרת אורתופוטו. יוצרה שכבת מ"ג של אתרי התייבשות שהוצבה עם שכבות גאולוגיות, טופוגרפיות ומטאורולוגיות, ונערך ניתוח השוואתי בין שכבות המידע. בשטח נערכו מדידות פרטניות של עוצמת ההתייבשות במינים שונים ונערך לימוד השוואתי של מבנה מערכת הסלע-קרקע ותכונותיה. כמו כן נערכה השוואה אקלימית מבוססת נתוני משקעים, לתקופות שקדמו להתייבשויות העיקריות, בין אתרי ההתייבשות לאזורים סמוכים.

**תוצאות:** התייבשויות בחורש אלון מצוי תועדו בשנת 2001 בעיקר בכרמל ובהרי יהודה. ב-2016 הצטבר גרעון גשמים משמעותי בצפון ותועדו התייבשויות בכרמל ובגליל המערבי, שהתרחשו בעיקר בבית הגידול של דולומיט קרסטי. ביער אלון התבור, ברמת הגולן נערך ניטור ארוך-טווח בשמורת משושים ונמצאה התייבשויות הדרגתיות בעצים בוגרים, וביער מיצר ניכרו התייבשויות מקומיות בעיקר בקרקע עמוקה. באזורי אלונים-מנשה תועדה התייבשות בבית גידול גבולי על חוור, ובחורש מעורב התייבשו עצי אלון התבור כתוצאה מתחרות.

ביערות מחטניים, בשנת 2010 בסיום רצף שנות בצורת בדרום הארץ, התייבשות כיתמית של אורן ירושלים ביער יתיר שנחקרה, הייתה על גבי קרקע עמוקה על אבן גיר ולא על קירטון. בשפלה תועדו התייבשויות של אורן הצנובר וברוש מצוי בבתי גידול יובשניים. בצפון הארץ ההתייבשויות המשמעותיות נצפו רק ב-2016.

**דיון ומסקנות:** חורשים ויערות שהתפתחו וששרדו עד כה נמצאים בשיווי משקל בבית גידולם, כולל הישרדות ברצף שנות בצורת שהיו לרוב עד גבול מסוים. התייבשויות בחורש וביער מתרחשות לאחר היווצרות גרעון משקעים מתמשך באותו אזור. נפגעים בעיקר בתי גידול בהם מאגר המים הזמין לעץ במערכת הסלע-קרקע מוגבל. ביער המחטני נפגעים ראשונים אורן הצנובר וברוש מצוי. אורן ירושלים נפגע בהמשך בבתי גידול היובשניים יותר. בתי גידול על סלעי קירטון הנם עמידים יותר בבצורות מתמשכות הודות למאגר המים בסלע הנקבובי.

**תרומת המחקר:** הנופים הטבעיים והנטועים של ישראל נמצאים בשיווי משקל יציב בקירוב,

כל עוד שלאחר מספר שנות בצורת באות שנים גשומות. קיימת סבירות שאנו נמצאים במגמה של שינוי המצב היציב הזה, בעיקר על רקע תחזיות להתחממות והתייבשות אקלימית. המחקר הנוכחי יוכל לשמש בסיס בהיערכות למצב זה שעלול לשנות את נופי הארץ והמגוון הביולוגי בה.

---

## **התנהגות נביטה של סירה קוצנית מלמדת על התאמה של צמחים לשריפות מעשה ידי אדם**

ד"ר עוז ברזני, יוני וייץ, סיון גולן, ד"ר אלכסנדרה קרן, ניר חנין, ד"ר זלמן הנקין, ד"ר מיכל ברזילי, ד"ר יותם ציפר-ברגר

**רקע:** סירה קוצנית (משפחת הוורדניים) מהווה מרכיב חשוב בנוף הצומח של ארץ ישראל וידוע הקשר בין תפוצתה ליכולת ההתבססות של אוכלוסיות באזורים מופרים על ידי האדם. בנוסף, עבודת מחקר שנערכה בעבר הראתה יכולת התחדשות מהירה של המין לאחר שריפות, הן באופן וגטיבי והן מנבטים. עבודת מחקר זו בחנה את ההשפעה של אותות שמקורם בשריפות על נביטת זרעים של סירה קוצנית.

**שיטות:** פירות של סירה קוצנית נאספו מאוכלוסיות שונות לאורך אזור התפוצה של המין בארץ: מאזורי בתה יבשים עם כיסי צומח נמוך ועד לאזורי גריגה וחורש ים-תיכוניים הנתונים לשריפות קיץ. מבחנים של התנהגות נביטה של זרעים של סירה קוצנית נערכו עם וללא חשיפה לעשן; רמת התרדמה של הזרעים נבדקה על ידי בחינת נביטת הזרעים לאחר חשיפה לתמיסת ג'יברלין.

**תוצאות:** באופן כללי, חשיפה לעשן גרמה לעירור נביטת זרעים של סירה קוצנית. מבחני נביטה באמצעות ג'יברלין לימדו שאין קשר בין השפעת העשן על נביטה לבין רמת התרדמה בזרעים. יתרה מזאת, חשיפה לעשן עוררה נביטה רק של זרעים שמקורם בבתי גידול ים תיכוניים, בעלי כיסוי צפוף של צומח רב שנתי, בתי גידול בהם יש סיכוי רב להתלקחות מכסת-שטח.

**דיון ומסקנות:** בהתבסס על נתונים המעידים על היעדר שריפות טבעיות בא"י בעשרת אלפי השנים האחרונות, תוצאות המחקר מעידות ככל הנראה על השפעה של הפרעות שנגרמו על ידי פעילות האדם על תהליכי סלקציה בסירה קוצנית.

---



## חקלאות מקיימת

### השבה, שימור, ואפיון של מגוון גנטי "אבוד": זני חיטה עתיקים משדות הפלחה המסורתיים בארץ ישראל להעלאת הקיימות בגידול חיטה

ד"ר רואי בן-דוד, ביזי גולדברג, ד"ר דוד בונפיל, ד"ר כמאל נאשף, ד"ר צבי פלג

פרופ' אברהם לוי, ד"ר חנן סלע, ד"ר נעמי אביבי-רגולסקי, ד"ר עינב מייזליש-גתי

**רקע:** חיטה הינה הגידול הנרחב ביותר (בארץ, כ-30% משטחי החקלאות). בררה מכוונת של זנים בעלי תכונות חקלאיות רצויות הביאה לצמצום ניכר בשונות האלילית בחיטה. מבין מקורות המגוון הגנטי הזמינים להעשרת הגידולים התרבותיים, הזנים המסורתיים (Landraces) אוצרים בתוכם שונות גנטיות רבה שנצברה במהלך אלפי שנות סלקציה של חקלאות מסורתית, ופוטנציאל לגידול פלחה מקיים יותר. בעבר, זני החיטה בישראל היו מותאמים לממשק מסורתי ולאזורי הגידול השונים (לדוגמה: "נורסי", "חורני" וכו') ואלו נעלמו לחלוטין מהמזרע בישראל לאחר קום המדינה תהליך שהושלם עם החדרת הזנים המנונסים בשנות ה-60. בשל מיקום ישראל בלב אחד ממרכזי מגוון החיטה, לשימור זנים אלו חשיבות מקומית ובינלאומית רבה. יעדי המחקר: (א) השבה לארץ של זנים מסורתיים שגודלו בארץ. (ב) אפיון גנטי-פנוטיפי של הזנים כולל בחינת הפוטנציאל לממשק מקיים. (ג) שימורם ארוך הטווח של הזנים.

**שיטות:** איסוף והשבה לארץ של זני חיטת דורום ולחם מסורתיים מבנקי גנים בעולם כולל בנק הגנים הישראלי (בג"י). אוסף מייצג של זנים מסורתיים מאופיין פנוטיפית בתנאי שדה בבית דגן, נבדקו סמני דנ"א ידועים כולל סמנים לנינוס ונערכה השוואה לזני חיטה מודרניים (ביקורת).

**תוצאות:** אותרה שונות גדולה של הזנים המסורתיים בהשוואה לזנים המודרניים. לזנים המסורתיים חותל ארוך יותר, צימוח ראשוני נמרץ יותר וקמה גבוהה. באפיון מולקולארי של מספר זנים מסורתיים שנבדקו נמצא שאינם מכילים את המוטציות בגנים לנינוס שהוחדרו במהלך ה"מהפכה הירוקה" (Rht1). ניתוח PCA הצליח להסביר 65.7% מהשונות באוסף. משתני המקור הדומיננטיים שנטענו חיובית ב-PC1 היו גובה הקמה וימים להשתבלות והראו מתאם שלישי לרכיבי יכול. באופן בלתי תלוי משקל אלף (גודל הגרגר) הסביר אף הוא חלק ניכר מהשונות בין זנים.

**דיון ומסקנות:** הודגם פוטנציאל זני חיטה מסורתיים לשמש כחומר גלם גנטי לקדם-טיפוח של חיטה מודרנית. כדי להרחיב את העבודה לאוסף יותר גדול ומייצג, אנו פועלים לאסוף ולהשיב לארץ את כל דוגמאות החיטה המסורתית שנאספו (2000-1000 דוגמאות). בסיום המחקר

נוכל לבצע בחינה השוואתית של המגוון הגנטי שנאמד במחקר עם אוספי חיטה אחרים בעולם וללמוד עד כמה ייחודי המגוון הגנטי שלו.

**תרומת המחקר:** השפעת גידול החיטה על המערכת האגרואקולוגית בישראל רבת-פנים. המחקר הנו חלק ממיזם מולטי-דיצפלינרי חדש העוסק בחיטה מסורתית בשם "ארץ חיטה". בהקשר זה החומר הגנטי הייחודי שנאסף במיזם מנתב ל: (א) טיפוח והשבחה של החיטה המודרנית. (ב) בחינת ההתאמה של זניי חיטה מסורתיים לממשק low input. הנתבי השני מחייב מחקר אגרוטכני ממוקד לביורר ממד הקיימות בגידול חיטה מסורתית בממשקים השונים (ממשק קונבנציונאלי וממשק אורגני). בנוסף יפותחו ידע ואסטרטגיית שימור של המשאב הגנטי הייחודי. ע"א) שימור טווח ארוך בבג"י לטובת קהילת חוקרי החיטה בארץ ובעולם. (ב) העברת תערובות הטרוגניות של זנים לחלקות מקלט לשימור המגוון הגנטי בשדה.

---

## **השפעות של יישום קומפוסט בוצה והשקיה בקולחים על קליטה וטרנסלוקציה של חומרים רפואיים בחסה**

אביתר בן מרדכי, ד"ר חורחה טרצ'יצקי, פרופ' בני חפץ – האוניברסיטה העברית ירושלים

**רקע:** פירוק חלקי בלבד של חומרים רפואיים במט"שים מהווה מקור להצטברותם בבוצות ובקולחים המשמשים בחקלאות להשקיה או כחומר דשן. שימוש זה חושף את הסביבה החקלאית לחומרים אלו אשר יש חשש שיצטברו בשרשרת המזון. מחקרים קודמים הדגימו קליטה של חומרים אלה בצמחים, רובם על ידי הוספת חומרים רפואיים למי ההשקיה, לקרקע או לבוצה. מעטים בחנו את הקליטה בתנאי השדה, בפרט כאלה אשר התמקדו בבוצות שפכים. חלק זה של המחקר מתמקד בגידול עלים אשר גודל בתנאי שדה, הן מבחינת השקיה בקולחים והן מבחינת יישום קומפוסט בוצת שפכים בשדה.

**שיטות:** חסה גודלה במערך ליזימטרים הכולל שלושה טיפולים: מי השקיה (שפירים או קולחים), סוג קרקע ויישום בוצת שפכים. ריכוזי החומרים הרפואיים נמדדו בקולחים ובבוצה. בסוף הגידול נלקחו דגימות קרקע, עלים ושורש. אלה נשלחו לאנליזה במכשיר ה-LCMS בו נבדק ריכוזם של 16 חומרים רפואיים ומטבוליטים.

**תוצאות:** מתוך רשימת החומרים הרפואיים, רק שלושה נצפו חלקי הצמחים אשר גודלו בליזימטרים שהושקו בקולחים: קרבמזפין, למוטריג'ין וסילדנפיל. בצמחים אשר גודלו בקרקעות בהן יושמה בוצה, קרבמזפין היה היחיד שנקלט בריכוזים נמוכים. בנוסף, נמצאה נוכחות של מטבוליטים של קרבמזפין בטיפולים השונים. נראה כי תנאי הסביבה לא השפיעו על המטבוליזם בצמח עצמו. בנוסף, נמצא כי הזמינות הביולוגית של חומרים רפואיים פחתה

עקב יישום קומפוסט הבוצה המעלה את תכולת החומר האורגני בקרקע ומשמש כסופח, זאת בניגוד להשקיה בקולחים אשר שימשה כמקור לחומרים אלה. יתרה מזאת, נמצא כי ריכוזו של קרבמזפין עלה עם פוטנציאל האידיוי ועם גיל העלים, דבר המחזק את ההשערה כי קליטה של חומרים ניטרליים, קשור בזרימת המסה של המים לתוך הצמח.

**דיון ומסקנות:** במחקר זה הדגמנו כי קליטה של חומרים רפואיים מתרחשת בתנאי שדה ללא תוספת חיצונית. בנוסף, נמצא כי בעוד שהשקיה בקולחים משמשת כמקורי, יישום בוצת שפכים יכולה לשמש הן כמקור והן כמבלע כתלות במי ההשקיה (שפירים או קולחים) בשל תהליכי ספיחה לבוצה. יתר על כן, התחזקה ההשערה כי קליטה של חומרים רפואיים, בדגש על חומרים ניטרליים, קשורה בקשר חיובי להתאדות המים מן הצמח.

**תרומת המחקר:** במדינת ישראל מעל 40% מכלל ההשקיה הינה השקיה בקולחים. מחקר זה מדגים כיצד השקיה זו מהווה פוטנציאל לחדירת חומרים רפואיים לשרשרת המזון.

---

## **ניתוח השפעות סביבתיות של ייצור חלב בקר באמצעות שיטת ניתוח מחזור חיים (LCA) כבסיס לצמצום השפעות מקומיות וגלובליות**

שיר טריקי, ד"ר מידד קיסינגר – אוניברסיטת בן גוריון

**רקע:** תהליך הפקת החלב מהווה גורם משמעותי לשורת בעיות סביבתיות, מקומיות וגלובליות, ובעל נקודות ממשק עם הסביבה הכוללות צריכת משאבים ופליטת מזהמים שונים. גישת ניתוח מחזור חיים (Life Cycle Assessment) מזהה ומעריכה את התשומות, התפוקות וההשפעות, הישירות והעקיפות, של מוצר לאורך כל שלבי מחזור חייו. עד היום, פרט לישראל, נערכו מחקרי LCA רבים בעולם לייצור חלב, בקני מידה ובגבולות שונים בשרשרת הייצור, והוא נמצא ככלי יעיל לבחינת ההשפעות הסביבתיות של ייצור החלב. מטרת המחקר היא אמידת ההשפעות הסביבתיות ובחינת פוטנציאל צמצומן באמצעות זיהוי 'נקודות חמות' בשרשרת אספקת החלב בישראל.

**שיטות:** המחקר נערך לאורך שנה ב-12 רפתות שיתופיות בגדלים שונים ברחבי הארץ, וכלל איסוף נתונים מהרפתות, ראיונות עם גורמים מקצועיים ושימוש בספרות מקצועית בתחום. המחקר כלל את התשומות והפליטות הישירות והעקיפות, בארץ ובעולם, לאורך מחזור החיים בייצור החלב ברפתות שנחקרו, משלב ייצור המזון להאבסה עד לשלב בו החלב מגיע למחלבה. הניתוח כולל בין היתר, למשל, תשומות ופליטות הקשורות בהפקת דשנים וחומרי הדברה לגידול והפקת מרכיבי ההזנה, שימוש באנרגיה לייצור והובלה (חשמל וסולר). ההשפעות

הסביבתיות שנבחנות הן: שימוש במים, בקרקע ובאנרגיה, פוטנציאל ההתחממות (GWP), אטרופיקציה ואסידיפיקציה.

**תוצאות:** ההרצאה תציג את תוצאות ניתוח מחזור החיים ליחידת חלב. ההרצאה תכלול התייחסות ל'נקודות החמות' לאורך התהליך והשוואה מול מחקרים דומים בעולם. לדוגמא, מניתוח ראשוני של הממצאים עולה ששלב גידול המזון מהווה כ-95% מסך צריכת המים ושמרבית צריכתו היא בגידול המספוא המקומי (שמהווה כ-40% מהרכב מנת המזון). בנוסף, כמחצית מסך החשמל נצרכת ישירות ברפת וכ-35% הינה צריכת חשמל עקיפה הכרוכה בטיפול בשפכים ובהפקת מי הקולחין להשקיית המספוא. לצד ממצאים אלו יוצגו יתר המרכיבים וההשפעות המקומיות והגלובליות תוך התייחסות למרכיבים הסביבתיים השונים שנבחנו.

**דיון ומסקנות:** ניתוח LCA של חלב מאפשר קבלת תמונת מצב מערכתית תוך בחינת המרכיבים ונקודות הממשק הסביבתיות השונות. מהממצאים הראשוניים עולה כי מרבית השימוש במים הינו בשלב הגידול אך רובם מי קולחין שטיפולם מתבטא בצריכת אנרגיה רבה. ניתוח זה יאפשר זיהוי 'הנקודות החמות' ובחינת אסטרטגיות להתייעלות ולצמצום ההשפעה.

**תרומת המחקר:** בשנים האחרונות הלכה והשתרשה ההבנה בצורך בבחינת מגוון נקודות הממשק הסביבתי של תהליכי ייצור שונים לאורך מחזור החיים המלא של מוצר. עד כה לא נבחנו באופן מקיף מגוון ההשפעות של מערכת ייצור החלב בישראל, המאופיינת בין היתר בתפוקת חלב גבוהה לפרה ובשיטת הזנה שונה ממדינות רבות בעולם.

המחקר המוצע יצמצם פער ידע זה. ניתוח מחזור חיים של ייצור החלב במספר מערכות ייצור בישראל אומד את מידת ההשפעות הסביבתיות הישירות והעקיפות, מצביע על נקודות בהן ניתן להקטין את ההשפעה, ומאפשר לבחון את 'הביצועים' הישראלים בהשוואה לתהליכים דומים בעולם. בנוסף, ידע זה יוכל לשמש חקלאים ובעלי עניין אחרים ככלי ממשק לייעול סביבתי.

---

## **טיפול בפסולת הצמחית בחקלאות כמשאב מתחדש וכדאי כלכלית**

אורנה רביב – מכון מחקר נאמן

ד"ר דני ברויטמן, פרופ' אופירה אילון, ד"ר עדו קן

**רקע:** סילוק שאריות צמחיות מהווה מעמסה על המשק החקלאי מחד-גיסא, ומשאב בעל ערך כלכלי מאידך-גיסא. ניתוחים כלכליים קיימים לטיפול בפסולת חקלאית ממוקדים בטכנולוגיות סילוק בודדות ובפתרונות נקודתיים. מחקר זה מאפיין מערך אופטימאלי לטיפול בכלל הפסולת

הצמחית מהחקלאות תוך בחינת התגובות והשינויים, המשפיעים על הכדאיות הכלכלית של כלל המערך ושל כל מתקן, ועל התועלת לבעלי העניין השונים. זאת, תוך ניתוח סוגי הפסולת, הטכנולוגיות הקיימות, הביקוש לתוצרים, התחליפים לתוצרים, עלויות הטיפול וההשבה, עלויות חיצוניות, התארגנויות אזוריות וכלי מדיניות ליישום.

**שיטות:** במסגרת המחקר פותח מודל כלכלי-חקלאי לאפיון המערך האופטימלי לטיפול בשארית הצמחית, תוך בחינת ההיבטים המרחביים-לוגיסטיים, הטכנולוגיים והכלכליים. התרחישים כללו מערך לטיפול בשיטות המשמרות את החומר האורגני, מערך הממוקד בשיטות להפקת אנרגיה מהשאריות, ומערך הבודק היזון חוזר בחזרה אל החקלאות, באמצעות שימוש בביוצ'אר. כל מערך נבחן גם בניתוחי רגישות, שבדקו השפעת שינויים אפשריים על הרווחה החברתית.

**תוצאות:** מתוצאות הניתוח עולה כי חשיבות בחירת שיטות הטיפול ומחיר השוק של תוצרי הטיפול היא קריטית בתכנון מערך הטיפול ובחישוב הסיכונים הצפויים לו בעתיד. כמו כן, השפעת המחיר להובלת השאריות למתקנים השונים היא שולית כל עוד מתקני הטיפול ממוקמים בהתחשב במיקום חומרי הגלם (השאריות) מחד, והצרכנים לתוצרים מאידך. הרצת המודל הראתה כדאיות כלכלית בהקמת מערך הטיפול בשלושת התרחישים השונים, עם גידול ברווחה החברתית ותוספת אפשרית של עד 6 מיליארד שקלים בשנה.

**דיון ומסקנות:** המלצות המדיניות במחקר זה הן כי (1) יש צורך במנגנון רגולטיבי שיוודא קיום שוק לתוצרי מתקני הטיפול לאורך זמן, מאחר והכדאיות של מערך לטיפול בפסולת נקבעת בעיקר על פי מחיר השוק של התוצרים הסופיים; (2) יש צורך במחקר המשך כלכלי-סביבתי שיתמקד בהשפעה של תוצרים כמו קומפוסט או ביו-צ'אר על היבול החקלאי בתנאים המיוחדים לישראל. זאת, מאחר והיקף השימוש בתוצרי הפסולת הצמחית על ידי המגזר החקלאי תלוי בתועלת שניתן להפיק מהם, וקיימים פערי ידע גדולים בתחום זה. חשיבות יישום הרגולציה שתתמוך במערך האופטימלי לטיפול בפסולת חקלאית צמחית היא קריטית להבטחת ההשפעה החיובית של יישום מערך הטיפול על הרווחה החברתית בישראל.

### **תרומת המחקר:**

א. אפיון מערך הטיפול האופטימלי בשאריות צמחיות.

ב. בחינת רגישות המערך האופטימלי לשינויים בגורמים אקסוגניים כמו תנאי השוק ומדיניות ממשלתית.

ג. זיהוי פערי מידע ודרוגם על-פי חשיבות המידע החסר.

---

## ענף האצות- מנוע צמיחה ירוק לחקלאות הישראלית

ד"ר עדי לוי, נעם מוזס

**רקע:** אצות הן יצורים פוטוסינתטיים החיים במגוון גופי מים ותנאי סביבה. במשך אלפי שנים היוו אצות שנאספו מהטבע, חלק מהתפריט הקבוע של בני-אדם מסביב לעולם. חקלאות האצות התפתחה באופן משמעותי רק במהלך העשורים האחרונים, כאשר מתוך עשרות אלפי מינים ידועים של אצות רק כ-15 מיוצרים כיום בעולם באופן מסחרי. מהאצות מייצרים מגוון רחב של מוצרים הכוללים: אצות למאכל, תוספי תזונה, ג'לים ופיגמנטים לקוסמטיקה וליישומים תעשייתיים ומדעיים, ומזון לבעלי-חיים. מערכות הגידול מתחלקות לפתוחות, כגון בריכות משוטה וסגורות-מבוקרות הכוללות פוטוביוראקטורים. גידול אצות אינו מחייב שימוש בקרקע חקלאית, מתאפשר תוך שימוש במקורות מים מגוונים ומייצר מעט פסולת.

**שיטות:** חקלאות אצות החלה להתפתח בישראל בשנות ה-70 והחל משנות ה-2000 הצטרפו לענף מספר חברות שמהוות כיום את ליבת הפעילות בו. מעבודה למיפוי הפעילות בישראל שנערכה במשרד החקלאות,

**תוצאות:** עולה כי מספר החברות הפעילות עומד כיום על 15. בענף כ-200 מועסקים, רובם בפריפריה. שטח החוות כ-230 דונם והפדיון בשנת 2016 הוערך בכ-180 מיליון ₪. ענף האצות סובל מהעדר הגדרה ושיוך רגולטורי. החסמים לענף הם רבים ומגוונים ומתפרשים על פני תחומים רבים וביניהם: רגולציה, סטטוטוריקה, מימון, שיווק, זמינות ידע ועוד. על רבים מהחסמים שנסקרו בעבודה זו בישראל, דווח לאחרונה בסקר מומחים שערכה נציבות האיחוד האירופי.

**דיון ומסקנות:** הגדרת הענף כענף חקלאי-ביוטכנולוגי מוכוון יצוא ושיוכו למשרד החקלאות, כמנוע צמיחה עתידי לחקלאות הישראלית, הנה הצעד הראשון בדרך להמשך פיתוח. פיתוח עתידי צריך להתבסס על סקירת השווקים וכיווני הצמיחה העתידיים, תוך הגדרת סל מוצרים וטכנולוגיות גידול והתאמתם לאופי המגדל והיקפי הגידול. יש לאתר נקודות כשל רגולטוריות שטיפול בהן יאפשר את הקלת הנטל על המגדלים, זאת מבלי לפגוע בבריאות הציבור ובסביבה. יש לתמוך במו"פ יישומי בדגש על פיתוח גידולי אצות חדשים, הפקת מוצרים חדשים, ושילוב אצות במזון לבעלי חיים. בנוסף יש לבנות במשרד החקלאות בסיס ידע והדרכה שיאפשר ליווי וסיוע טכני ומקצועי למגדלים קיימים וחדשים ולקדם הכשרת כוח אדם ייעודי לענף. באמצעות צעדים אלה ואחרים, ניתן יהיה לממש טוב יותר את הפוטנציאל הרב הטמון בענף זה.

**תרומת המחקר:** המחקר מהווה בסיס ראשוני להקמת ולביסוס ענף חקלאי חדש ומקיים בישראל. עד כה התפתח ענף זה "מתחת לרדאר" של הרגולטור ולעתים קרובות נפל בין

הכיסאות כיוון שלא היה ברור האם מדובר בחקלאות (משרד החקלאות) או בתעשייה (משרד הכלכלה). המחקר כלל איסוף מידע מכלל הגורמים הפעילים בענף בישראל, רקע מדעי שיהווה בסיס יידע ראשוני לקובעי המדיניות, סקירת רגולציה אירופאית ואמריקאית, ניתוח שווקים עולמיים והמלצות לצעדי מדיניות. במחקר מוצג היקף הפעילות, נפח התעסוקה והפדיון בענף, והוא מציף את החסמים אשר מגבילים כיום את התפתחותו וממליץ על מספר צעדי מדיניות שיאפשרו להסיר אותם. המחקר פורסם באתר משרד החקלאות ופיתוח הכפר בפברואר 2017.

## **הגדלת היקף החקלאות הימית עד שוויון עם החקלאות היבשתית על ידי ייצור אצות וחיות ים, לספק מזון בריא לאוכלוסייה הגדלה ובו-בזמן לשפר את הסביבה**

ד"ר אמיר נאורי, נייבה תדמור שלו

**רקע:** אוכלוסיית העולם הצפויה בשנת 2050, כ-9 מיליארד בני אדם, תאתגר את המערכת הסביבתית בהשפעותיה ובדרישותיה למקורות מזון חדשים. מזוננו מיוצר בחקלאות יבשתית, צמחית בעיקרה, שהגדלתה מוגבלת מחוסר במים, קרקע ודשנים. בעולמנו שרובו מכוסה במים, הגיעה העת לפנות לחקלאות המים, שכיום מספקת רק מאית מהייצור החקלאי.

**שיטות:** הגדלת היקף חקלאות המים לשוויון עם החקלאות היבשתית אפשרית, אולי אף בלתי נמנעת, ותתמקד באותן אצות רב תאיות המתאימות להזנת האדם וחיות המשק ולייצור חומרי טבע. חוות ענק המוצעות כיום תייצרנה כל אחת מיליוני טונות בשנה של אצות ויצורי ים נוספים, בפני הים, תוך שימוש בחומרי דשן המצויים באופן טבעי כמה מאות מטרים מתחתן (באוקיאנוס השקט במיוחד). דשנים נוספים יגיעו מחוות דגים, משפכים עירוניים ומשפכי חקלאות לא נקודתיים. מיליארדי טונות של אצות מזינות ניתנים לייצור ביעילות, תוך מתן שירותי מערכת נוספים כקליטת עודפי דשנים וחומציות של פחמן דו-חמצני, והעלאת הייצור הטבעי של יצורים ימיים אחרים. "תרופת קסם" (panacea) זו אפשרית עם התערבות הנדסית מזערית, שמכוונת את הטבע לעשות לנו את העבודה. מחקרים שנערכו בעשורים האחרונים למימוש חזון זה העלו מספר רעיונות, ובהם העלאת דשנים מעומק הים ואסדות ענק לגידול אצות בים הפתוח, גידול אצות, בעיקר מהסוג סרגסון (Sargassum), היוצרות אסדות ענק באופן טבעי, ויש אפשרויות נוספות.

**תוצאות:** לפי חישובים שונים, כיסוי באצות של אחוזים בודדים משטח האוקיאנוס העולמי יספיק כדי לקלוט את רוב עודפי הפחמן הדו חמצני בעולם ולהגדיל את ייצור המזון מהים עד לסדר הגודל של החקלאות היבשתית, עם עודף לדלק ביולוגי. חוות אלה יספקו משרות רבות

וכן יגבירו את הדייג, על ידי יצירת מקומות רבייה ומסתור וכן מזון לדגים ויצורים ברי מאכל נוספים.

**דיון ומסקנות:** אין זה חלום! בדינמיקה הנוכחית בה מוכפלת חקלאות המים כל עשור, קצב המהיר פי 15 מאשר גדילת החקלאות היבשתית, ייווצר שוויון בין שני המגזרים בסוף המאה. הכפלת קצב הגידול של חקלאות המים, לפי ארבע בעשור, תקדים את השוויון המיוחל לאמצע המאה, כלומר 2050.

**תרומת המחקר:** חקלאות ימית מבוססת אצות מבטיחה פתרון כפול של בעיות סביבתיות קרדינליות ושל החוסר במזון, עם "בונוס" של חומרי טבע ודלק ביולוגי. הפיתוח יזורז עם מעורבות ממשלות וארגונים בינלאומיים, בהשתתפות ישראל, שיקימו ויממנו צותי מומחים בחקלאות מים, גידול אצות, הנדסה אקולוגית ימית, אוקיאנוגרפיה, אקלים, כלכלה חקלאית וסביבתית, תזונה, עיבוד מזון וכדומה, וכן גורמי ממשל וגורמים נוספים ותקציבים ציבוריים. צוותים אלה יכינו את הבסיס החוקי-רגולטורי, ואז יתכננו, יממשו ויפעילו את החוות הראשונות. כך יצומצמו החסמים הביורוקרטיים ותזורז כניסת המגזר העסקי.

---



## פאנל: השפעתם של תהליכים חברתיים-קהילתיים על

### שימור, פיתוח וקיימות

בממשקים שבין תהליכי שימור הסביבה, פיתוח מואץ ושינויים דמוגרפיים, עולה לאחרונה חשיבותם של תהליכים חברתיים וקהילתיים, לצד פעולות חקיקה, אכיפה וחינוך. כבר לפני כשני עשורים עלתה ההבנה כי פיתוח קהילות מקומיות הינו מפתח לקידום סביבה איכותית, וכי לזירה הקהילתית יש השפעה ניכרת על היכולת לפתח קיימות במרחב העירוני ובכלל. קהילה, שזהותה מושגת על ערכי הקיימות, תפעל במסגרת היומיום באופן מקיים יותר ולעיתים אף באופן אקטיביסטי, ותתארגן יחד לשינוי מצב סביבתי מסוים. לצד זאת, במחקרים רבים נמצא כי לרמת ההון החברתי עשויה להיות השפעה משמעותית על צמיחה כלכלית, על איכות החיים בקהילה ועל מימוש ערכים של אורח חיים מקיים. המשמעות היא כי לתהליכים המקדמים קשרים ורמת קהילתיות תהיה השפעה חיובית על תהליכי שימור סביבה ואורח חיים מקיים.

פאנל זה מבקש להציג גישות ופעולות השמות דגש על ההבטים החברתיים והקהילתיים בתוך פעולות של שימור הסביבה או פיתוחה. מטרת הפאנל היא להראות את האופן בו תהליכים חברתיים וסביבתיים שזורים ומשפיעים זה על זה, במגוון הקשרים: תכנון עירוני; הפרדת פסולת; פיתוח קהילתי; משילות; שימור מורשת וסביבה; כלכלה מקומית ועוד.

זאת ועוד, פאנל זה מבקש להאיר ולשים במוקד את הקהילה ואת ההיבט של ההון החברתי בתוך מרכיבי הקיימות – מרכיב אשר נמצא כיום בשוליים ביחס לשיח הסביבתי והכלכלי.

---

## פאנל: בנייה ירוקה – עלות מול תועלת

### 'ירוק' זה כדאי? ניתוח עלות-תועלת של בתי ספר 'ירוקים' בישראל

ד"ר רוסלנה רחל פלטיניק, המכללה האקדמית עמק יזרעאל ע"ש מקס שטרן

אילת דוידוביץ', ד"ר תמר טרופ, פרופ' אופירה אילון

**רקע:** בניה 'ירוקה' מקודמת במדינות רבות בעולם כגישה מערכתית לצמצום השפעות חיצוניות של מבנים על משאבי טבע וסביבה, ולאספקת סביבה בריאה יותר למשתמש. בהתייחס למבני ציבור ובפרט למבני חינוך, בניה 'ירוקה' צפויה להגדיל את הרווחה החברתית במספר מישורים: אספקת שירות ציבורי באיכות גבוהה יותר; הפחתת השפעות חיצוניות שליליות שמקורן בזיהום, כגון תחלואה ושינויי אקלים; הקטנת שימוש עודף במשאבי טבע מתכלים, כגון מים, קרקע ודלקים; הפנמת ערכים של שימור הסביבה; והגברת פריון המורים והתלמידים. אולם, חרף הפוטנציאל הגבוה הגלום בה, בישראל, הבנייה ה'ירוקה' מיושמת בהיקפים מצומצמים יחסית משום שהיא נתפסת כיקרה יותר מבניה קונבנציונלית.

**שיטות:** המחקר בוחן, לראשונה בישראל, את הכדאיות החברתית (social net benefit) הגלומה בבניה 'ירוקה' של שלושה בתי ספר שהוסמכו לפי תקן בניה 'ירוקה' (ת"י 5281) כמו גם של שני בתי ספר נוספים - אחד הנמצא בתהליכי הסמכה מתקדמים ואחר שהוסמך על פי תקן LEED (תקן בניה 'ירוקה' האמריקאי).

**תוצאות:** ממצאי המחקר, המתבססים על הערכת עלות בשתי שיטות שונות, מלמדים שהעלות הנוספת בגין בניה 'ירוקה' של בתי ספר בישראל נאמדת בכשבעה אחוזים בממוצע מעלות הבנייה הכוללת. עוד נמצא, שגם בהתחשב בהערכת חסר של תועלות ישירות וחיצוניות של בניית בתי ספר 'ירוקים', שאמידתן המלאה מוגבלת בשלב זה, צפוי להתקבל החזר על תוספת העלות בתוך כעשור.

**דיון ומסקנות:** המשמעות היא כי הציבור בישראל מרוויח מכל בית ספר שנבנה בבניה 'ירוקה'. המחקר דן בגורמים לשונות בין בתי הספר בעלויות הבניה ה'ירוקה', מציג את הקשיים באמידת התועלות והעלויות של בתי ספר 'ירוקים', ומספק המלצות לקידום בניה 'ירוקה' של בתי ספר. בין הממצאים של המחקר יש לציין כי קיים מתאם נמוך בין הדרישות להסמכה על-פי התקן, לבין העלות הכוללת הנדרשת לקבלתו. כך, ניתן לקבל ניקוד גבוה בסעיפים מרכזיים (אנרגיה, בריאות), בהשקעה נמוכה יחסית ולזכות בהסמכה. לעומת זאת, ייתכן מצב שהניסיון לחסוך בעלויות יבוא לידי ביטוי בירידה ניכרת בנוחות ולפגיעה משמעותית בתועלות הפוטנציאליות מבניה 'ירוקה'. מצב זה מצביע על הצורך להשלים את ת"י 5281 ולקבוע מדד ליעילות בהשגת הניקוד.

**תרומת המחקר:** המחקר בוחן, לראשונה בישראל, את הכדאיות החברתית (social net benefit) הגלומה בבניה 'ירוקה' של בתי ספר. המחקר ממליץ להמשיך ולאמוד בצורה מדוייקת את העלויות "הירוקות" ולהימנע מאמידה שגויה של עלויות אדריכליות ועיצוביות שאינן רלוונטיות לבניה "הירוקה".

לצורך הגברת השקיפות, קיים יתרון מובהק בחוזים המבוססים על תמחור פרטני לעומת חוזים בשיטת "פאושלי" אשר אינם מפרטים את מרכיבי העלות.

לצורך הגברת היעילות, מומלץ כי ניקוד התקן "הירוק" יתייחס לא רק לאמצעים הננקטים לעמידה בדרישות, אלא ידרג את הציונים גם בהתאם למרכיבי העלות.

לצורך אומדן אמין יותר של התועלות, יש להציב מדי מים וחשמל ייעודיים בבתי הספר בכלל ובבתי הספר ה'ירוקים' בפרט.

---

## **מודלים למבנים מאופסי אנרגיה, התכנותם והתאמתם ליישום בישראל**

רוני דניאל, קרן שוויץ, יאיר שוורץ, גל גבריאל – המועצה לבנייה ירוקה

**רקע:** צריכת האנרגיה במדינת ישראל נמצאת במגמת עלייה מתמדת. בין השנים 1970 ל-2010 חל גידול בצריכת החשמל האבסולוטית בישראל בשיעור של כפי עשרה: מ-5 לכ-50 מיליארד קוט"ש בשנה.

מתוך הבנה כי מבני מגורים מהווים את עיקר המבנים בישראל, המחקר דן באמצעים הקיימים להפחתת צריכת האנרגיה במבני מגורים בישראל בכלל, ובוחן את ההיתכנות של תכנון והקמת מבני מגורים מאופסי אנרגיה בפרט. מבנים מאופסי אנרגיה הם מבנים אשר צריכת האנרגיה השנתית בהם היא אפס (לאחר קיזוז כמות האנרגיה המיוצרת בהם), וזאת מבלי לפגוע בתנאי הנוחות בהם. לאופן בו מוגדר המונח חשיבות רבה, שכן בהתאם להגדרה נגזרות החלטות אופרטיביות שונות, המחקר מציג מספר אלטרנטיבות להגדרה זו.

**שיטות:** המחקר מציג דיון מקיף ומעמיק בספרות הקיימת הנוגעת למבנים מאופסי אנרגיה ולרכז ידע תיאורטי ומעשי בנושא.

בוחן את התכנותם של מבנים מאופסי אנרגיה לסוגי מגורים נפוצים בישראל על ידי מודלים ממוחשבים.

הבדיקות נעשו עבור מבנה מגורים בבנייה רוויה ומבנה מגורים צמוד קרקע, ע"י 3 אמצעים עקרוניים:

• תכנון פאסיבי נכון - הפניית הבניין וארגון החללים הפנימיים לאוריינטציה אופטימלית, התקנת אמצעי הצללה, שימוש במסה תרמית ועוד.

• יעילות מכשור - אמצעי מיזוג ואוורור אשר מייצרים סביבה בעלת נוחות תרמית באופן מלאכותי ותוך שימוש יעיל באנרגיה.

• ייצור אנרגיה - שימוש בטכנולוגיות המסוגלות לרתום תהליכים שאינם מתכלים מהטבע בכדי לייצר אנרגיה (כדוגמת אנרגיית שמש, רוח, גיאותרמית וכו').

**תוצאות:** המחקר הראה כי תוספת העלויות למבנים מאופסי אנרגיה נעים בין כ 50,000 ₪ ליחידת דיור ועד להוזלה של 15,000 ₪ ליחידת דיור. עלויות אלו תלויות בנסיבות הבנייה ובסוג הבנייה.

כמו כן אובחנו האמצעים בעלי ההשפעה הגדולה ביותר על איפוס אנרגטי של מבני מגורים בישראל.

**דיון ומסקנות:** עם בדיקת ההתכנות המחקר מעלה לאסטרטגיות ומודלים אפשריים למימוש מבנים מאופסי אנרגיה בישראל, מציג תחשיבים כלכליים לבדיקת עלויות מבנה מגורים מאופסי אנרגיה ודן בהזדמנויות ובחסמים (כלכליים ורגולטוריים) בתכנון ובניית מבנים מאופסי אנרגיה במסגרת השוק הישראלי.

**תרומת המחקר :** המחקר מציג אסטרטגיות עבור מחזיקי עניין לקידום בנייה מאופסת בישראל, ביניהם: הכרזה על הבניה מאופסת אנרגיה כיעד לאומי, הכוונת מנגנוני מדיניות לבנייה מאופסת אנרגיה, קידום מודעות אנשי מקצוע, בחינת מודלים לתמרוץ כלכלי ופיתוח חדשנות בענף הבנייה. המחקר מיועד לשמש כפלטפורמה לדיון מחזיקי עניין ליישום בפועל של מבנים מאופסי אנרגיה בישראל.

---

## **בידוד בנייני מגורים בישראל: חסמים, הזדמנויות והמלצות ליישום**

רוני דניאל ויאיר שוורץ – המועצה לבנייה ירוקה

**רקע:** בידוד מעטפת הבניין הינו אחד המרכיבים החשובים בבנייה ירוקה ובהתייעלות אנרגטית בבניינים. השפעתו על הפוטנציאל לחיסכון באנרגיה למשקי הבית בפרט ולמשק הלאומי ככלל הינה משמעותית והוא מוגדר כאחד מעשרת מנועי ההפחתה לצמצום פליטות בדוח מקינזי (2009). כמו כן מהווה הבידוד מרכיב משמעותי בתקן לבנייה ירוקה. מחקר זה בוחן את נושא בידוד בנייני מגורים בישראל, ומתמקד בסקירה וניתוח של שיטות בנייה וטכנולוגיות, בבחינת גולציה ותקינה וכן מנסח המלצות להרחבת היישום.

**שיטות:** פוטנציאל החיסכון באנרגיה כתוצאה מבידוד נבחן באמצעות בדיקות האומדות את השפעת מרכיב הבידוד על רמת ביצועיהם האנרגטיים של ארבעה סוגי בינוי למגורים:

א. בנייה חדשה (רוויה)- נבחנו 2 תרחישים: בנייה בשיטת ברנוביץ' ובנייה בבלוקים (שיטות הבנייה הנפוצות בישראל).

ב. בנייה קיימת- נבחנו 2 טיפולוגיות: בנייני "רכבת" האופייניים לשנות ה-50 וה-60, ובנייני "H" האופייניים לשנות ה-70 וה-80.

לכל סוג בינוי נערכה השוואה בין 'מבנה ייחוס' (המבנה המקורי ללא בידוד) לבין 'מבנה משופר' (מבנה משולב בידוד במעטפת). כל סוגי הבינוי נבחנו בארבעת אזורי האקלים בישראל.

**תוצאות:** תוצאות המחקר מראות כי הוספת בידוד למעטפת יחידות הדיור שנבדקו אכן יכולה להביא לירידה בצריכת האנרגיה לאקלומ. השיפור הניכר ביותר נרשם במבנים קיימים בהם הובילה הוספת הבידוד לחסכון של בין 14.2% ל-26.6% מצריכת האנרגיה לאקלום. שיפור הבידוד בבנייה רוויה חדשה תרם לחיסכון של בין 2.2% ל-9.9% מצריכת האנרגיה לאקלום (בעדיפות לתוספת הבידוד בשיטת ברנוביץ'). אחוזי השיפור המשמעותיים ביותר נרשמו באזור האקלים ג'.

**דיון ומסקנות:** בהתאם למסקנות גובשו המלצות לפיתוח ותמרוץ שוק הבידוד המקומי באמצעות תכנית Retrofit לאומית שתגדיר יעדים מדידים ותפעל להשגתם. על מנת שתכנית מסוג זה תצליח עליה לשים דגש על:

א. הכשרה איכותית של כ"א מיומן לכל אחד מהמגזרים המקצועיים העוסקים בבנייה (מתכננים, מבצעים, בדיקה ובקרה).

ב. מנגנוני פיקוח למניעת צמיחה פראית של השוק העלולה ליצור מצב בו גורמים מסוימים יקלו ראש בתקנות בטיחות על מנת למקסם את רווחיהם.

ג. יצירת פלטפורמה נגישה, פשוטה וברורה לציבור הרחב, בה יוסבר נושא הבידוד בבנייני מגורים.

**תרומת המחקר:** המחקר בחן את מידת החסכון הצפויה לכלל המשק הישראלי כתוצאה מבידוד מבני מגורים בישראל. מחישוב זה עולה כי פוטנציאל החיסכון באנרגיה לאקלום הנובע מבידוד דירה ממוצעת (בשקלול ממוצע של בנייה חדשה וקיימת) בישראל עומד על כ-13% מסך האנרגיה לאקלום, שהם כ-4.5% מסך חשבון החשמל החודשי של משק בית ממוצע בישראל. החיסכון מוחשי יותר בדירות קיימות באופן כללי ובדירות שנבנו בשנות ה-70 וה-80 בפרט, ועומד על כ-22% מסך האנרגיה לאקלום. על בסיס מסקנות אלו ניתן לייצר תכנית

לאומית ליישום בידוד בנייני מגורים ובתוך כך לענות לצרכי ההתייעלות האנרגטית שישראל  
התחייבה אליהם בהסכמים בינלאומיים.

## מושב פוסטרים

### פוטנציאל השימוש במושג: "שירותי המערכת האקולוגית" בחינוך הסביבתי

טל חן, מכללת סמינר הקיבוצים

ד"ר נעה אבריאל-אבני, מרכז מדע ים המלח והערבה

**רקע:** שירותי המערכת האקולוגית (שמ"א) הם תועלות שהאדם מפיק מתפקודים של המערכת  
האקולוגית למען צרכיו ולרווחת חייו. זהו מושג אנתרופוצנטרי במהותו ולכן מתאים לכאורה  
לגרום לאנשים שאינם חובבי טבע דווקא, להבין את חשיבות ההגנה על בריאות המערכות  
האקולוגיות שתומכות בקיום המין האנושי. עם זאת, זהו מושג מורכב מאוד וחדש יחסית אשר  
הגדרתו לא גובשה סופית. המחקר נועד להבהיר את האתגר בשימוש במושג זה בחינוך  
סביבתי.

**שיטות:** ניתוח תוכן של סדרת ראיונות עם מומחים מובילים בישראל העוסקים בשמ"א, אפשר  
תיאור מנעד הגדרות של המושג, הצפיות ממנו ורשימת המונחים החיוניים לדעת החוקרים כדי  
להבין ולהשתמש בו.

**תוצאות:** הניתוח חשף הבדלים קטנים בהגדרת שמ"א וכן דגש על תהליכים במערכת  
האקולוגית, לעומת דגש על הקשר הסוציו-אקולוגי של חברה תרבות וזהות. רוב המומחים  
הצביעו על צורך בידע אקולוגי רב כדי להבין את המושג: הבנת המבנה והתפקוד של מערכות  
אקולוגיות והבנת מושגים כמו מגוון גנטי, שטפי אנרגיה, משתני מצב, ביוספירה. המומחים  
הביעו תקווה שהשימוש במושג יפתח שיח ציבורי רב תחומי ונרחב המדגיש את חיוניות  
התהליכים המתקיימים במערכות האקולוגיות להשרדות האדם ועל ידי כך ישפיע על מצב  
המשבר הסביבתי. עם זאת, הובעה הסתייגות מהשימוש במושג בחינוך בשל חוסר ידע של  
מושגים בסיסיים באקולוגיה, דבר שאינו מאפשר את הבנת המושג. הסתייגות הובעה גם  
מאופיו האנתרופוצנטרי המציג את עולם הטבע כמשרת את האדם, דבר המנוגד לגישות  
הביוצנטריות של החינוך הסביבתי.

**דיון ומסקנות:** הממצאים הבהירו כי המושג שמ"א עשוי לבלבל מחנכים סביבתיים ולהקשות  
עליהם להשפיע באמצעותו על שינוי תפישות והתנהגויות של תלמידיהם. בהמשך המחקר  
יתבצע סקר רחב בין מדענים העוסקים בשמ"א ובין מורים המלמדים את המושג.

**תרומת המחקר:** באמצעות הבהרת הפער בין התפיסות והציפיות של מומחים מהטמעת המושג ובין הקשיים שמתארים מורים המשתמשים בו, ניתן יהיה לנסח קווים מנחים לשימוש פורה בשמ"א בחינוך הסביבתי.

---

## פעילים סביבתיים בישראל: מה מניע אותם לפעול ומה מעכב?

טלי לאור

ד"ר אילנה אבישר, מכללת סמינר הקיבוצים

**רקע:** בעולם וגם בישראל קיים פער בין מספר האנשים המודעים לנושאים הסביבתיים למספרם של אלה המוכנים לפעול למען הסביבה (אקטיביסטים). אקטיביזם סביבתי הינו מעורבות של אינדיבידואלים בפעולה קולקטיבית החותרת לשינוי חברתי-סביבתי, והיא נעשית בדרך פוליטית או חברתית. לאור הקושי לגייס אנשים לאקטיביזם סביבתי נרחב ומתמשך חשוב להבין כיצד ניתן לפתח פעילים סביבתיים, ולבחון מה מניע אותם לפעול ומה מעכב.

**שיטות:** מחקר נרטיבי זה בחן מהם הגורמים האישיים, החברתיים, החינוכיים, התרבותיים והפוליטיים אשר מניעים את הפעילים הסביבתיים לפעול, ומהם הגורמים המעכבים אותם. במהלך המחקר נאספו 15 סיפורי חיים של פעילים סביבתיים ממגזרים שונים בישראל ונותחו בגישה הקטגוריאלית.

**תוצאות:** משתתפי המחקר, מעידים על גורמים העשויים להניע או לעכב פעילות סביבתית. המניעים כוללים מניעים אישיים ומניעים חברתיים הקשורים לתרבות הישראלית. המניעים האישיים כוללים: חוויות מהילדות בקרב בני המשפחה ולרוב בטבע, הורים אקטיביסטים, חיבור אישי למקום, השכלה וחינוך, מאפיינים אישיותיים המקנים להם יכולת להנהיג ולהוביל שינוי, ותפיסת עולם השואפת לצדק סביבתי, המתפתחת במהלך חייהם. בנוסף, קבוצות חברתיות שאליהם השתייכו או עמיתים קרובים הניעו אותם לפעולה. המעכבים כוללים מעכבים אישיים: חוסר מוטיבציה וחוסר הגדרה מקצועית, חוסר ידע ומודעות בציבור וחוסר אמון שניתן לשנות, ומעכבים חברתיים: אינדיבידואליזם, קפיטליזם קיצוני, כמו גם הנורמה שהנושאים הסביבתיים פחות חשובים מהנושאים הביטחוניים, ובנוסף מעכבים כלכליים, קשרי הון שלטון, וכן מעכבים הקשורים למערכת החינוך.

**דיון ומסקנות:** הממצאים מלמדים שלמרות השוני התרבותי שקיים בין מגזרים שונים בחברה הישראלית, ניתן לאפיין מניעים משותפים לפעולה, ומעכבים משותפים המתקיימים בכל המגזרים. האזרחים במדינת ישראל נחשפים לנסיבות חיים משותפות העשויות לפתח תהליכים חברתיים זהים (Lerner, 2005), אילו יוצרים אינטראקציות חברתיות העשויות

לחצות תרבויות, או תת תרבויות. תהליך התפתחותם של פעילים סביבתיים בחברה הישראלית מושפע מאותן אינטראקציות חברתיות משותפות המתקיימות במשפחה, בקהילה ובמערכות חברתיות גדולות יותר כמו, הכלכלה, החינוך והפוליטיקה הישראלית. אינטראקציות חברתיות משותפות אילו, עשויות להניע פעילות סביבתית או לעכב, וזאת למרות שכל מגזר שומר על ייחודו התרבותי.

**תרומת המחקר :** המחקר הוא מחקר ייחודי המורה על אינטראקציות חברתיות העשויות לפתח פעילים סביבתיים, ובכך לקדם נושאים סביבתיים לראש סדר העדיפויות החינוכי, המדיני והלאומי, ולייצר מגמות של שינוי חברתי וסביבתי המיטיבות עם החברה הישראלית, ואשר בונות את חוסנה. המשתתפים מציינים מצד אחד משפחה, קבוצות וקהילות מקומיות המובילות אותם לאקטיביזם, ומצד שני חסרה בעיניהם מדיניות סביבתית. מדיניות סביבתית עשויה להתפתח כשאזרחים בוחרים אנשי ציבור המקדמים מדיניות סביבתית. לפיכך, יש לחנך למודעות סביבתית בקרב הציבור הרחב ובקרב ההנהגה בישראל. החיבור בין הדרג הפוליטי לציבור הרחב עשוי לפתח אתוס סביבתי, ולהביא לכך שהנושאים הסביבתיים והחברתיים יהיו חלק מזהותם האישית של אזרחי המדינה (סלע-שפי וזרדז, 2015).

---

## **תלמידים חוקרים את נשר העלים ומגלים דברים נפלאים; במסגרת תכנית החקר "Edu-LTER - ניטור אקולוגי ארוך טווח עם תלמידים" של רמת הנדיב.**

ד"ר יעל נבון

**רקע:** במסגרת תכנית החקר "Edu-LTER - ניטור אקולוגי ארוך טווח עם תלמידים" של רמת הנדיב, תלמידי בתי הספר יוצאים לשטח בקרבת ביה"ס, לומדים להכיר את מאפייניו ועוקבים אחר השפעות האדם ועונות השנה על בע"ח וצמחים המאכלסים את בית הגידול הנבדק - תוך שימוש בשיטות אקולוגיות שונות לניטור וחקר בשדה. אחד הנושאים המוצעים לחקר הינו האורגניזמים החיים ופעילים בשכבת נשר העלים ותהליכי הפירוק המתרחשים בה. לתהליכים אלה חשיבות רבה במחזור החומרים במערכת האקולוגית היבשתית ותחום זה מספק הזדמנות ייחודית לחקר, גילוי והבנה של "דברים נפלאים".

**שיטות:** מעקב אחר קצב פירוק נשר הצומח נעשה בשיטת שקיות נשר, אליהן מוכנס נשר עלים במשקל ידוע. השקיות מונחות בשדה לפרק זמן רצוי ובסיומו נאספות, לשקילת הנשר שנותר לאחר הפירוק. חקר האורגניזמים בשכבת נשר העלים מבוצע במגוון שיטות, ביניהן ניעור, סינון ומיצוי. האורגניזמים נספרים, נאספים ומזהים לרמת הסדרה.



**תוצאות:** במסגרת ניסויי חקר שנערכו עם תלמידים באזורים שונים, נמצא כי נשר עלים ממקורות שונים התפרק בקצב דומה בשלבי הפירוק הראשונים, ושונה במקצת עם התקדמות הפירוק. כך עולה גם לגבי קצב פירוק נשר ממקור דומה, אשר הונח במיקומים שונים בשדה. הוגדרו ונספרו אורגניזמים רבים החיים ופעילים בנשר העלים, בעיקר אקריות, קפזנבאים ופרוקי רגלים זעירים אחרים. ברמת הסדרה, לא נמצאו הבדלים משמעותיים במגוון, אך כן בעושר הקבוצות הטקסונומיות המיוצגות, בחלק מהמקרים.

**דיון ומסקנות:** המסקנות העולות מממצאי החקר תורמות להבנת התלמידים את מכלול הגורמים המשפיעים על אורגניזמים, על יחסי גומלין ועל תהליכים מהותיים במערכת האקולוגית. חקר נשר העלים מאפשר לתלמידים להתנסות בשיטות חקר אקולוגיות המוכרות פחות למורים ומעשיר את מגוון הנושאים המוצעים לפעילות בשדה. התלמידים חושבים, מתכננים ומבצעים את החקר באופן יצירתי, תוך גילוי "עולם" של אורגניזמים, הנסתר, בד"כ, מהעין.

**תרומת המחקר:** חקר נשר העלים - אורגניזמים ותהליכים, מלמד על החשיבות הרבה של שכבת נשר הצומח הן כבית גידול וכמקור מזון למגוון אורגניזמים והן כמקום בו מתרחש התהליך הבסיסי והחינוכי של מחזור חומרי הזנה במערכת האקולוגית היבשתית. ניתן להשתמש בשיטות הניטור והמעקב ככלי להערכת תגובת מערכות אקולוגיות שונות לשינויים, ביניהם שינויי אקלים והשפעת האדם.

---

## קורס משלב עשייה לחשיבה ירוקה

עידן חלבי, HIT מכון טכנולוגי חולון

עמית אוחיון, יפעה בנר, בשמת שלום-טוצ'ין, ד"ר יוליה עינב, ד"ר חן פרימן

**רקע:** במרוצת השנים, קיימת עלייה בביקוש ההספק ברשת החשמל. דרישה זו מצריכה ייצור אנרגיה מוגבר. הפקת אנרגיה מחצבית גורמת לזיהום אוויר כבד ומשפיעות על הסביבה ועל בריאותנו. המסקנה ברורה, אוכלוסיית העולם חייבים לעשות שינוי תפיסתי כולל להפחתה משמעותית בביקוש החשמל. המאמץ לשינוי תפיסתי זה חייב להיעשות על ידי כלל אוכלוסיית העולם ולא רק על ידי שינוי תפיסת אדם יחיד.

**שיטות:** בכדי להתמודד עם הסוגיה, נפתח קורס ב HIT - מכון הטכנולוגי חולון, קורס משלב עשייה ייחודי בשם: הכשרת "שגרירים ירוקים" בקהילה. בין מטרות הקורס, חינוך דור העתיד לחיסכון באנרגיה. הקורס העניק לסטודנטים ידע בתחומים סביבתיים נרחבים: מבוא לאקולוגיה, ייצור חשמל, זיהום אוויר, אנרגיות מתחדשות, משק המים, פסולת ומיחזור. כמו

כן, הסטודנטים למדו מהי שיטת הוראה אפקטיבית וחוויתית. בחלק המעשי של הקורס, על סמך כל הידע שרכשו, התחלקו הסטודנטים לקבוצות עבודה. כל קבוצת סטודנטים מלמדת כיתת תלמידים. מערך ההוראה מדגים לתלמידים הצעירים את אחד העקרונות המדעיים שהסטודנטים למדו בקורס. לשם הצגת הנושא באופן מעשי וחוויתי כאחד, נעזרים הסטודנטים במעבדה ניידת, הכילה מספר ערכות הדגמה בנושא השיעור. תלמידי הכיתה מבצעים מספר ניסויים באופן עצמאי תוך כדי פיקוח וליווי צמוד של הסטודנטים. באמצעות ההתנסות והחוויה התלמידים מגיעים למסקנות ברורות, ניתן להתייעל אנרגטית באמצעות כלים פשוטים. ביצוע הניסויים והלמידה החוויתית מקנה לתלמידי בית הספר את הכלים, הביטחון והידע כיצד ניתן לשמור על הסביבה.

**תוצאות:** לשם הערכת אפקטיביות ההוראה נערכו חידוני ידע בתחילת כל מפגש (לשם בדיקת רמת ידע התחלתית) וחידון שנעשה בסיום המפגש (לבדיקת הבנת והפנמת החומר) נראה כי יש עליה של כ 40% ברמת הידע של התלמידים וכי זמן המענה מתקצר, עובדה המעידה על בטחון במתן תשובות. הלמידה הרב חושית, כפי שהונהגה במפגש בביה"ס, נותנת לתלמידים הצעירים, יותר מדרך אחת לעבד ולחוות את המידע אליו הם נחשפו, מה שהופך את הלמידה לאפקטיבית יותר ואת עומק הלמידה למשמעותי יותר.

**דיון ומסקנות:** באמצעות פלטפורמת קורס זה ניתן להתחיל בשינוי התפיסתי של החברה המודרנית במדינת ישראל למען עתיד ירוק ובריא יותר.

---

## השפעת טמפרטורת טיפות הגשם על סחף קרקע חרסיתית

איל זקס ופרופ' פריאנטה שרה- אוניברסיטת בר אילן

**רקע:** טמפרטורת טיפות הגשם, עשויה להשתנות כתוצאה מתנאים סינופטיים שונים, מעונת השנה, משעת היממה, ומהשפעות אנתרופוגניות. ככל שטיפות הגשם קרות יותר המתקף שלהן על פני הקרקע גדול יותר בגלל העליה במתח הפנים, והצמיגות שלהן גדולה יותר - דבר המקטין את יכולת החידור. טיפות חמות עשויות להאיץ תהליכים ההורסים את תלכידי הקרקע - האצת התנועה התרמלית, ופירוק חומרי מילוט אורגניים שתוצאתם היווצרות שכבה אטימה, ועליה ביבול נגר העילי ובסחיפת קרקע.

מטרת המחקר היתה לבדוק את השפעת שינוי טמפרטורת טיפות גשם על היווצרות נגר עילי וסחיפה בקרקע חרסיתית (טרה רוסה).

**שיטות:** המחקר נעשה באמצעות מדמה גשם (rain simulator) במעבדה לגיאומורפולוגיה וקרקע באוניברסיטת בר אילן. נערכו ניסויי המטרת גשם בטמפרטורות של 2, 20 ו 35 מעלות

צלסיוס על קרקע בלחות מוקדמת היגרוסקופית ובקיבול שדה.

**תוצאות:** לא נמצאה השפעה מובהקת של טמפרטורת הגשם על היווצרות נגר וסחיפה כאשר הקרקע היתה יבשה. לעומת זאת, בקרקע לחה, בטמפרטורה קרה מאד או חמה מאד של הגשם, התקבלו יבולי נגר וסחף גבוהים פי שלושה מאלה שהתקבלו בטמפרטורה המתונה.

**דיון ומסקנות:** תהליכים שונים המעורבים בהרס מבנה הקרקע ובהיווצרות נגר וסחף תלויים בטמפרטורה ויכולים להסביר את התוצאות. ברם העובדה, שיבולי הנגר והסחף עולים כאשר הפרש הטמפרטורה בין הקרקע לבין הגשם גבוה, מרמזת על קיומו של תהליך נוסף, התלוי במפל הטמפרטורות בפני הקרקע.

**תרומת המחקר:** תוצאות המחקר עשויות לסייע בחיזוי ההשפעה שעלולה להיות לשינויי אקלים על יבול הנגר והסחף באזורים חקלאיים, וכמו כן לסייע בניהול טמפרטורת מי השקיה.

---

## **איתור אתרים נקודתיים חיוניים לשמירת טבע בישראל**

הילה גיל, לירון אמדור, יואב שגיא, אמיר פרלברג, אורי רמון

הקרן לשמירת שטחים פתוחים, מוזאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב

ישראל הינה מדינה המאופיינת במגוון ביולוגי גבוה, אך גם נחשבת למדינה בעלת צפיפות אוכלוסין גבוהה. עקב כך, אתרים רבים, קטנים ומקוטעים, בעלי מגוון ביולוגי גבוה וחשיבות אקולוגית גבוהה, נמצאים בסיכון בעקבות פעילות אנתרופוגנית. הפרויקט מתבצע בשיתוף פעולה בין מכון דש"א, רשות הטבע והגנים והמשרד להגנת הסביבה ומתמקד בזיהוי אתרים בעלי חשיבות גבוהה למגוון הביולוגי, אשר נמצאים תחת איום אנושי. הפרויקט מתמקד באתרים קטנים (עד 1 ק"מ<sup>2</sup>), אשר לא מוגנים במסגרת שמורת טבע. עד כה זוהו כ-400 אתרים ברחבי הארץ. מטרתנו היא להפנות את תשומת הלב והמשאבים של גופי תכנון, שימור וביצוע שונים לקיומם ולחשיבותם של אתרים אלה, ולאפשר הגנה עליהם (אם במסגרת שמורת טבע, ואם במסגרת מוניציפאלית או אחרת) שתסייע בשימור מרבי של המגוון הביולוגי בישראל. במסגרת הפרויקט פיתחנו מתודולוגיות שיטתיות להערכת הערכיות האקולוגית של אתרים אלה, כמו גם את רמת האיומים האנתרופוגניים החלים עליהם. השיטה מאפשרת מתן עדיפות ברורה ויעילה, כך שניתן להגן ראשית על האתרים הפגיעים ביותר. מיקומם הגיאוגרפי ומידע שנאסף עבור כל אתר הועלו על גבי GIS עם ממשק אינטרנט דינמי, המאפשר גישה ציבורית, עריכה ותרומה של נתונים נוספים. המידע נגיש לציבור באתר האינטרנט של מכון דש"א.

---

## **A Microbial Approach To Reveal The Mechanisms Enabling Proliferation Of The Israeli Rocky Shore Reef Builders**

Shany Gefen-Treves, Isaac Kedem , Dr. Dan Tchernov, Prof. Aaron Kaplan

**Background** Vermetid-reefs in the Mediterranean Sea and the rocky shore are hot-spots of biodiversity with economic and cultural importance for Israel national resources, setting them as the subtropical equivalent of coral reefs. The reefs depend for their existence on the actively-built rims constructed by several reef builders; among them are two species of intertidal Vermetid gastropods and the red Crustose Calcareous Alga (CCA), *Neogoniolithon brassica-florida*, yet their biogenic role is threatened by a rapidly changing environment. In order to recommend a protective strategy for these important natural resources for generations to come it is crucial to characterize these engineering species and their response to changes in environmental conditions.

**Methods:** Calcification by red algae creates an altered microenvironment potentially distinct in its microbial inhabitants. In addition, coralline-algae-associated-bacteria have been demonstrated to effect macro-scale processes extending beyond the limited magnitude of their niche. Here for the first time, the potential role played by CCA-associated microbial community was examined with respect to its survival in its natural habitat. We constructed a library of lab-cultured *N. brassica-florida* associated bacteria and developed tools to explore their localization and microenvironment, as a framework to address questions regarding what underlies its survival in the reefs and what are the metabolic and functional roles of this microbial consortium in this respect.

**Results:** We shall present several candidate strains bearing potential importance for these aspects and our current view on what limits this alga survival in the reefs.

**Discussion and conclusions:** Identification of bacterial groups associated with this alga and their potential impact on its function will enhance our

understanding of what determines its survival in the Vermetid-reefs for improved monitoring and preservation of these natural resources.

---

## **שיקום אקוהידרולוגי של בתי גידול לחים- נחל עינת (מקורות הירקון)**

ליאב שלם, פרופ' משה אגמי, ד"ר אבי אוזן, עמי לזר, שרית פלצ' מיארה  
**רקע:** במסגרת שיקום נחל ירקון וכחלק מהקצאת מים לירקון, חודשה בשנים האחרונות הזרמת מים ממקורות הירקון אל בריכת הנופרים דרך נחל עינת. כיום, מופע הנחל הינו בחתך של תעלת ניקוז ישרה בעלת גדות תלולים, אשר אינה מספקת מגוון בתי גידול. מופע הצומח בתעלה חד גוני ונשען ברובו על מינים דומיננטיים ופולשים.

התכנון האקו-הידרולוגי נסמך על מחקר והבנת מרכיבי תצורות הנוף והאקולוגיה של הנחל בעבר, נעשה במטרה לנצל את מלוא הפוטנציאל של תא שטח זה (60 דונם) לכדי יצירת תמונת נוף מיטבית הן מהיבט האקולוגי והן מהיבט הנופי. תהליך התכנון הטופוגרפי החדש, יוצר מערך של בתי גידול שאפיינו בעבר את הנחל של ידי השבת פיתוליו, העצמת מופעי המים על ידי שינויי חתכי הרוחב של הערוץ ויצירת בריכות, בניית סכרונים אבן, בולי עץ ושברי אבן להגדלת המורכבות המבנית בערוץ, ואזורים שיותאמו כאתרי קינון לצבים רכים. במקטע האיתן יוגדר מרחב שיהווה בית גידול של ביצה-אחו לח ובחלק האכזב של התעלה תחפר בריכת חורף בהתאם להנחיות אקולוגיות מפורטות.

תכנית הצומח של מסדרון הנחל יוגדר באופי של יער גדות. הגיוון הטופוגרפי, בשילוב רמת לחות משתנה, יאפשרו שתילה של מגוון מיני צומח לח והשבתם של צמחים נדירים, צומח גדות, צומח טבול, צץ והן צומח לח למחצה.

לשם יצירת רשימות הצומח ויצירת תוכנית השתילה המפורטת לשיקום הצמחיה הלחה שולבו מומחים ובוצע מחקר מקיף, שבחן את מגוון מיני הצומח בחגורות הצומח בנחל בעבר: ממחקרים שנעשו בשנות השבעים (אגמי, 1973), מיומני מסע, ראיונות אישים ותצפיות.

השיקום האקוהידרולוגי המוצע יציג את שיקום הקרקע המתוכנן לסילוק בנק הזרעים, תכנון טופוגרפי מפורט, לפיתולי הנחל לבריכות בתי הגידול חתכי שיקום צומח מפורטים, בהתאם לחגורות הצומח ולבית הגידול.

פרויקט זה של שיקום מקטע הנחל, המכיל בתוכו מחקר מעמיק הן מבחינה אקולוגית-בוטנית והן מבחינה נופית-היסטורית יהווה מוקד עניין ופנאי רב ערך לתושבי לב המטרופולין וכערך חינוכי ערכי המציג את יופיו, גיוונו הנופי ויחודו של נחל-נהר הירקון.

**תרומת המחקר :** שיקום נחל עינת במקורות הירקון יכול להוות מודל לשיקום נחלים ובסיס

לתהליך שיקום צומח מוצע להשבת בתי גידול לחים ברצועות נחלי החוף בצורה מדויקת ככל הניתן, הן מבחינת המחקר הבוטני והן מבחינת תהליך השיקום המעשי, תהליך תכנון זה יכול לתת כלים למתכננים אחרים ולאנשי שטח ואקולוגיה בפעולות שיקום דומות.

---

## **Nutrient stress causes colony formation in the marine diazotrophic cyanobacterium *Trichodesmium***

Liel Magnezi, Yael Tzubary, Prof. Ilana Berman-Frank- Bar Ilan University

**Background:** • *Trichodesmium*, a filamentous marine cyanobacterium forms expansive surface blooms across the nutrient-poor (oligotrophic) surface of the sub-tropical and tropical oceans and also appears in the Red Sea (Gulf of Eilat). While *Trichodesmium* overcomes nitrogen (N) deprivation by its capacity for N<sub>2</sub>-fixation, the bioavailability of phosphorus (P) and iron (Fe) controls *Trichodesmium* distribution world-wide.

**Methods:** Experimental simulations on laboratory cultures under differing nutrient regimes.

**Results:**• We found that *Trichodesmium* colonies are only formed by live cultures, subsequent to Fe and P deprivation, and can be dispersed following nutrient re introduction. Colony characteristics such as the temporal dynamics of formation, colony length, individual filament length, and minimum required filament density depend on the specific nutrient limitation.

**Discussion and conclusions:** Colony formation is a biological phenomenon that can enhance nutrient uptake in ultra-oligotrophic conditions. Our work may aid in understanding nutrient cycles and bloom dynamics of colony forming phytoplankton in aquatic environments.

---

## אוזונציה של חומצה טאנית כמודל לטיפול מקדים לביומסה לצורך ייצור ביואתנול

רועי פרץ, יורם גרשמן, הדס ממון

**רקע:** ביומסה ליגנצולוליטית הינה מקור מבטיח לגלוקוז, ולייצור אתנול ע"י תסיסה. מקורות אלו עשירים בצלולוז והמיצלולוז, אך גם בליגנין אשר נמצא כמפריע לתהליך ההידרוליזה של הצלולוז לגלוקז, ע"י עיכוב אנזימי הצלולאזות. עקב יכולתו לטפל בפנולים, תהליך אוזונציה נבחן כטיפול מקדים בתהליך ייצור האתנול מפסולות ליכנו-צלוליטיוך. במחקר זה נבחנה השפעת מנות אוזון נמוכות על תמיסות חומצה טאנית, מודל ליגנין, בריכוזים גבוהים מאוד

**שיטות:** ניסויי אוזון נערכו במערכת ראקטורים חצי-מנתית, המאפשרות הוספת אוזון לכמות קבועה של חומצה טאנית מומסת. נעשה שימוש בשני ראקטורים: מיכל זכוכית המלא ב-0.4 ליטר תמיסה בריכוז 60 גרם לליטר, וראקטור גדול יותר המכיל 1 ליטר של תמיסה באותו הריכוז. בשני המקרים, אוזונציה נערכה במשך 330 דקות בספיקת גז ממוצעת של 0.35 ליטר לדקה. כמות הפנולים הכללית נבחנה באמצעות שיטת F-C. פעילות אנזימטית נבחנה על מצע CMC.

**תוצאות:** רוב החומצה הטאנית נעלמה בתוך 3.5 שעות, בתהליך דגרדציה תלת שלבי, עם שתי נקודות שינוי. פעילות אנזימטית מקסימלית נמצאה בנקודת השינוי הראשונה, תוצאה המדגימה שאוזונציה קצרה, הגורמת לפירוק חלקי של החומצה הטאנית, מספיקה על מנת לבטל את ההשפעה השלילית של החומצה הטאנית על הפעילות האנזימטית.

**דיון:** היעלמות מוחלטת של נוכחות הפנולים אינה נחוצה ואוזונציה קצרה ככל הנראה מספיקה ויכולה להוריד את העלויות האנרגטיות בצורה דרמטית. הנקודה האופטימלית לצריכת האוזון נמצאה בנקודת השינוי הראשונה של הקינטיקה התלת-שלבית של היעלמות החומצה הטאנית. אוזונציה קצרה בשילוב עם תמיסות מאוד מרוכזות יכולה לקדם תהליך טיפול מקדים חדש, כלכלי ותחרותי אשר יתאים לתהליכים תעשייתיים עתידיים.

## פרוקי רגליים צמחים ומה שביניהם

### התארגנות עצמית של צמחים וחרקים חברתיים יוצרת תבניות צומח בסקאלות שונות

ד"ר אפרת שפר, האוניברסיטה העברית ירושלים

ד"ר חואן בונצ'לה, פרופ' קורינה טרניצה, פרופ' ריאן לונג, ג'ן גייטון, ד"ר טיילר קוברדייל, פרופ'  
רוברט פרינגל

**רקע:** נופי צומח לעיתים מאורגנים בתבניות מרחביות סדורות, בעלות כתמי צמחיה בגודל אופייני ובמחזוריות קבועה. כתמי צומח מתארגנים במרחב בהתאם לתבנית הגיאופיזית-גיאומורפולוגית או כתוצאה מתהליכי התארגנות עצמית כתלות בזמינות משאבים. מודלים מתמטיים מראים כיצד משובים חיוביים ושלייליים בין הצמחים ובין הצמחים למשאב מרכזי, לרוב מים, יוצרים תבניות סדורות של נקודות, פסים או חורים, המסבירים את היווצרות נופי צומח שונים. אולם, במקרים אחרים יכולות להיווצר אותן תבניות מסודרות על-ידי מנגנונים אחרים. למשל, פעילות מושבות של חרקים חברתיים יכולה ליצור כתמים עשירים בצומח (תבנית נקודות) או ריקים מצומח (תבנית חורים). במחקר זה בחנו את ההתארגנות המרחבית הנוצרת כתוצאה מפעילות חרקים חברתיים.

**שיטות:** המחקר מבוסס על שילוב שני מודלים: מודל אחד בוחן את התארגנות מושבות חרקים חברתיים (טרמיטים) במרחב בהשפעת חוקים פשוטים של תחרות בין המושבות על טריטוריית שיחור מזון; המודל השני הוא מודל מקובל בספרות להתארגנות עצמית בצמחים באזורים מוגבלי מים. השונו את תחזיות המודל לכתמיות קיני טרמיטים וכתמיות צומח במקומות שונים בעולם, ובפרט במקרה של "מעגלי פיות" בנמיביה.

**תוצאות:** תוצאות המודל ומדידות משישה אזורים שונים בעולם מראים שמושבות החרקים החברתיים מאורגנות בסידור אופטימלי, במרחקים אחידים בין כל מושבה והמושבות השכנות לה, ועם שש מושבות שכנות בממוצע לכל מושבה. יתרה מכך, צפיפות המושבות במרחב עלתה עם העלייה בזמינות מזון, תוך שמירה על אותו סידור. בנמיביה "מעגלי פיות" יכולים להיות תוצר של פעילות מושבות טרמיטים, כשהתארגנות עצמית של כתמי צמחים פעלה במקביל והתבטאה ביצירת כתמי צומח קטנים יותר בשטח הפתוח שבין הקינים (בין המעגלים), בהתאם למימדים האופייניים לפעילות של שורשי הצמחים.

**דיון ומסקנות:** פעילות משולבת של יחסי גומלין בין צמחים ובין צמחים וחרקים חברתיים יכולה להסביר מגוון רחב של תבניות צומח באקוסיסטמות שונות בעולם. ממצאים אלו מדגישים את החשיבות של מנגנונים שונים הפועלים יחדיו ואף משלימים אחד את השני ביצירת תבניות



בסקאלות שונות. נדרש מחקר נוסף על מנת להעריך את המאפיינים השונים של הכתמיות הנובעת ממנגנונים שונים.

תבניות צומח, התארגנות עצמית, מעגלי פיות, טרמיטים, חרקים חברתיים, מודלים

---

## **מגוון דבורים ורשתות ההאבקה ביערות מחטניים נטועים לעומת שטחים טבעיים**

תמר צפרזרו וד"ר יעל מנדליק – האוניברסיטה העברית ירושלים

**רקע:** יערות מחטניים נטועים מהווים חלק משמעותי מהשטחים הפתוחים במרכז ובצפון הארץ. על כן, ליערות אלה חשיבות רבה לשמירת המגוון הביולוגי. בבסיסי התפיסה שגובשה בשנים האחרונות לניהול בר-קיימא של יערות נטועים בארץ עומדים עקרונות התבססות על תהליכים טבעיים, התערבות מזערית ויצירת מערכת חיונית ובריאה בעלת מגוון ביולוגי רחב. אולם, קיים ידע מוגבל בלבד על המגוון הביולוגי המאפיין יערות מחטניים בישראל ועל השפעת תהליכי הסוקצסיה הטבעיים ביער על המגוון הביולוגי. מאביקים, דבורים בפרט, חיוניים לשמירת מגוון צמחי הבר ומכאן, לתפקודן התקין וליציבותן של מערכות אקולוגיות יבשתיות. לכן, ישנה חשיבות רבה בלימוד חברות דבורים ביערות ובהבנת השפעת תהליכי סוקצסיה (התחדשות טבעית של חברת הצומח) ביערות מחטניים נטועים, על מקורות המזון והקינן הזמינים בהם, על מגוון הדבורים ועל רשת ההאבקה-מכלול האינטראקציות בין דבורים לפרחים.

**שיטות:** המחקר התקיים בחמישה יערות באזור שפלת יהודה, לאורך שתי עונות אביב (2015-2016). בכל יער בוצע דיגום של דבורים, צומח וכיסוי קרקע באזור עם התחדשות טבעית משמעותית של תת היער, התחדשות טבעית מועטה (שתי חלקות) ובחורש טבעי פתוח סמוך.

**תוצאות:** התקבלו ערכי שפע ועושר דבורים כלליים גבוהים בבית הגידול הטבעי לעומת המיוער מתחדש ב-2016. שפע הדבורים הושפע באופן מובהק מבית הגידול (2015 ו-2016) ועושר הסוגים הושפע באופן מובהק מבית הגידול וסבב הדיגום (2016). הרכב המינים והסוגים היה שונה משמעותית בין בתי הגידול. רשת ההאבקה הראתה רמת ג'נרליזציה גבוהה יותר בבית הגידול הטבעי בהשוואה למיוער מתחדש, כלומר, יציבות גבוהה יותר של הרשת בבית הגידול הטבעי.

**דיון ומסקנות:** ניכרת שונות משמעותית בין השנים בעושר ובשפע הדבורים אשר יתכן ונובעת מהבדלים בתנאי מזג האוויר ופיזור המשקעים בין השנים וכן הבדלים במבנה הצומח בתת היער. לסיכום, נמצא כי יערות נטועים יכולים להוות בתי גידול איכותיים למאביקים ולקיים חברות מגוונות, אולם הדבר תלוי במאפייניהם הפיסיים ובמידת ההתחדשות הטבעית של תת

היער. תהליכי התחדשות טבעיים של הצומח הרב שנתי ביערות מחטניים נטועים מעלים את מגוון המאביקים.

**תרומת המחקר:** למחקר חשיבות רבה כחלק מבניית בסיס מדעי נרחב התומך בקביעת מדיניות היעור החדשה ובוחן את השפעת העקרונות שהציבו בקק"ל לניהול יער בר-קיימא.

---

## לערבב או לא לערבב? שיקולים בהקמת אוכלוסיות חדשות של אירוס הדור (*Iris lortetii*)

גבריאלה שני, המכללה האקדמית תל-חי,

ד"ר חגי שמש, פרופ' יוחאי כרמל, ד"ר רפי קנט, ד"ר יובל ספיר

**רקע:** מינים נדירים המצויים באוכלוסיות קטנות ומבודדות נתונים בסכנה עקב העדר מגוון גנטי והבעיות הנובעות מכך. הגדלת המאגר הגנטי של האוכלוסייה באמצעות הגירה מלאכותית (assisted migration) הינה שיטה שכיחה לטיפול בהשפעות שליליות אלו. יחד עם זאת, השיטה עלולה לסכן את האוכלוסיות באובדן התאמות מקומיות ובתהליכים של outbreeding depression ועל כן יש ליישמה בזהירות כאשר מדובר במינים המצויים בסכנת הכחדה. אירוס הדור (*Iris lortetii*) הינו מין אדום, אנדמי לישראל, המאכלס מספר קטן של כתמים מבודדים בגליל העליון. במחקר זה בחנו את החשיבות של התאמות מקומיות והגדלת המגוון הגנטי באמצעות ערבוב מקורות גנטיים והקמת אוכלוסיות חדשות של אירוס הדור.

**שיטות:** קני שורש מארבעת האוכלוסיות הגדולות של אירוס הדור נשתלו בששה אתרים חדשים אשר נבחרו באמצעות מודל GIS. המודל איתר אתרים הדומים במאפייניהם לבית הגידול הטבעי של האוכלוסייה הגדולה ביותר. שלוש שנים לאחר השתילה נמדדו אחוזי שרידות ופריחה במטרה לאמוד ייתכנותן של התאמות מקומיות. על מנת להעריך את ההשלכות של ערבוב מקורות גנטיים, ביצענו האבקות מלאכותיות בין אוכלוסיות ובתוכן.

**תוצאות:** האוכלוסיות לא נבדלו באחוזי השרידות ובאוכלוסייה שבית גידולה הטבעי דומה בתנאיו לאתרי השתילה לא נמצאו אחוזי פריחה גבוהים יותר מאוכלוסיות אחרות. האבקות בין צמחים מאוכלוסיות שונות הראו ייצור זרעים גבוה יותר מהאבקות בין צמחים מאותה אוכלוסייה.

**דיון ומסקנות:** תוצאות הניסוי מעידות כי אוכלוסיות האירוס ההדור סובלות ממחסור במגוון גנטי והן אינן תומכות בקיומן של התאמות מקומיות. מכאן עולה כי הגירה מלאכותית הינה אסטרטגיית שימור יעילה למין זה וכי הקמת אוכלוסיות חדשות של מינים נדירים באתרים הדומים לאתרי המקור יכולה לתרום לשימורם תוך הימנעות מפגיעה באוכלוסיות הטבעיות.

**תרומת המחקר:** כ- 18% מצמחי הבר בישראל מצויים בסכנת הכחדה. מצב זה דורש תכנון אסטרטגיית שימור יעילה למען בלימת הידרדרות אוכלוסיותיהם לסף הכחדה ולמען שמירה על מגוון המינים הקיים בישראל. מחקרנו מתבסס על שיטת השימור "quasi in situ" אשר יושמה באמצעות הקמת מאגר גנטי בבית הגידול הטבעי של המין הנחקר אך מחוץ לאוכלוסיותיו הטבעיות. באופן זה נבדקה השערתנו המדעית תוך הימנעות מפגיעה באוכלוסיות קיימות, בד בבד עם הקמת אוכלוסיות חדשות של אותו המין. מחקר זה מציג שאלת מחקר אשר בדיקתה חיונית לביסוס אסטרטגיית שימור יעילה למינים המצויים בסכנת הכחדה ושיטת המחקר המוצגת כאן יכולה להיות ישימה עבור מינים נוספים המצויים במצב זה.

---

## **תגובות דמוגרפיות ומורפולוגיות של אורגניזמים לשינויי האקלים - טחבן המדבר (*Hemilepistus reaumuri*) כמקרה בוחן**

משה זגורי, האוניברסיטה העברית ירושלים

אלעד קריסטל, פרופ' משה שחק, ד"ר מיכאל דורמן, ד"ר דרור הבלנה

**רקע:** שינויי האקלים, המתבטאים בעליית טמפרטורות וירידה בכמויות משקעים, אינם פוסחים על ישראל וצפויים להתעצם בעתיד. שינויים אלו צפויים להשפיע על שרידותם ותכונותיהם של אורגניזמים, ולפיכך גם על תפקודי המערכות האקולוגיות. טחבן המדבר הינו סרטן יבשתי נפוץ, המהווה שחקן מרכזי בוויסות תפקודי המערכת האקולוגית המדברית. בשנים האחרונות נצפו הכחדות מקומיות של אוכלוסיות הטחבן שיוחסו לירידה בכמות משקעים. מטרת העבודה היא לבחון כיצד תנאי סביבה משפיעים על שרידות ותכונות טחבן המדבר בממד הזמן ולאורך משרע אקלימי.

**שיטות:** ב-2014 ערכנו סקר השוואתי לסקר שנערך בשנת 1991 ובו נאספו ונשקלו טחבנים מאתרים שונים ממרכז ועד צפון הנגב. עשינו שימוש בנתונים מטאורולוגיים שעובדו במיוחד בכדי לבחון את הקשר בין שרידות האוכלוסיות והשינוי בגודל הטחבנים לבין השינויים האקלימיים. בנוסף, ערכנו ניסוי Common garden של אוכלוסייה ממרכז מרחב התפוצה ו-2 אוכלוסיות קיצון בכדי לבחון את מידת ההשפעה של הסביבה והתורשה על גודל ושרידות הטחבנים.

**תוצאות:** מודל המבוסס על ממוצע הגשם השנתי בעשר השנים שקדמו לסקר מ-1991 הצביע על מתאם חיובי בין גודל הגוף לכמות המשקעים המסביר כ-88% מהשונות הניצפת. ממצאי הסקר מ-2014 לא הצביעו על ירידה בגודל הטחבנים על אף הירידה בכמות המשקעים. בנוסף, לא נמצא מתאם בין עוצמת הירידה בכמות המשקעים לבין שרידות האוכלוסיות. מניסוי

ה- common garden עולה כי גודל הטחבנים מושפע הן משונות בינ-אוכלוסייתית והן מתנאי הסביבה משתנים. כמו כן נמצא ששרידות הטחבנים נמוכה בסמוך לגבול התפוצה הצפוני ושתנאי הגידול באוכלוסיות הדרומיות נראים מיטביים למרות שהטחבנים באוכלוסיות הללו הם הקטנים ביותר.

**דיון ומסקנות:** היעדר הקשר הישיר בין שינויי האקלים לבין שרידות וגודל גוף הטחבנים מעידים על הקושי שביצירת תחזיות לגבי עתידם של אורגניזמים בתגובה לשינויי אקלים. התבססות על תצפיות וסקרים שאינם מגובים בהבנה מנגנונית עמוקה של שלל מרכיבי הסביבה עשויה לייצר תחזיות שגויות.

**תרומת המחקר:** תוצאות המחקר מצביעות על הצורך בשילוב ניטור סביבתי ארוך טווח עם מחקר ניסויי מפורט לבחינת מנגנונים כחלק מהתוכנית הלאומית להיערכות לשינויי אקלים.

---

## **צומח מעוצה בסביבה משתנה**

**האם שבירת מנגנון תרדמה פיזיקלי כתגובה לחום תביא להחלשותן של אוכלוסיות המעוצים הפולשים – השיטה הכחלחלה כמקרה מבחן**

ד"ר עודד כהן, אוניברסיטת חיפה

ד"ר דוד בורג, פרופ' יוסי ריוב

**רקע:** בנק הזרעים בקרקע ידוע כגורם המשחק תפקיד חשוב ביכולתם של צמחים פולשים לבסס אוכלוסיות עמידות. נשאלת השאלה האם שבירה של תרדמת זרעים פיזיקלית כתגובה לריבוי גלי חום בקיץ תביא להחלשותן של האוכלוסיות הפולשות של שיחים ועצים פולשים דוגמת צחר כחלחל, פרקינסיה שיכנית ומיני שיטה אוסטרליים?

**שיטות:** לאחר שריפת הקיץ ביער תעוז (2013), נמדדו טמפרטורות קרקע בעומק 5 ס"מ מתחת לחופות עצי שיטה כחלחלה ששרדו את השרפה ומקרקע סמוכה, שנותרה חשופה לקרינה ישירה של השמש. בנוסף, כשמונה דוגמאות קרקע נאספו מתחת לחופות עצים ששרדו את השרפה ודוגמאות נוספות מהסובב החשוף לקרינת השמש. השפעת חום הקיץ בתנאים השונים על שבירת התרדמה בזרעים נלמדה בעזרת ניסוי מעבדה.

**תוצאות:** משטר הטמפרטורה היממתי בעומק של 5 ס"מ בקרקע נע במהלך הקיץ (חודש יולי) בטווח שבין 25 ל- 47 מ"צ בשטח הפתוח לעומת 24 ל- 25 מ"צ בתנאי הצללה של חופת

העצים. שיעור התרדמה בקרב זרעים שנדגמו מתחת חופת העצים היה גבוה במובהק בהשוואה לזרעים שנדגמו מקרקע חשופה. תוצאות המעבדה הראו תגובה מובהקת של שבירת תרדמה בזרעים כתגובת חשיפה לחום בטווח הערכים 40 ל-50 מ"צ.

**דיון ומסקנות:** עמידותן של אוכלוסיות עצים ושיחים פולשים לא תושפע כנראה מריבוי גלי החום כהשפעה של תנאי הצללה המתקיימים מתחת לחופות העצים. לעומת זאת, כושר ההתנחלות של העצים והשיחים הפולשים עשוי להתגבר כתגובה לסינכרוניזציה בין שבירת התרדמה של הזרעים בתנאים של עושר משאבים זמינים המאפיין תנאים של העדר תחרות בשטחים חשופים. המשך המחקר יתמקד בהרחבת ההבנה האקולוגית של תגובת התרדמה בזרעים של מיני צמחים פולשים נוספים, ובסיכויי ההשרדות של הנבטים בתנאים שונים.

**תרומת המחקר:** המחקר מוסיף מידע אקולוגי הנחוץ להבנת הדינמיקה של אוכלוסיות מעוצים פולשים כתגובה לשינויי אקלים. המידע האקולוגי עשוי לשפר את החיזוי וההערכות לקראת שינויי האקלים הצפויים, קרי ריבוי גלי החום בקרקע, והרחבת השטחים החשופים מצומח כתוצאה מריבוי הפרעות ובעיקר שריפות.

---

## **תמותת עצים ביערות נטע אדם, תמונת מצב והיערכות לשינויי אקלים**

עומר גולן, מאור אלרון, ד"ר מיכאל ספרינצין, ד"ר רונן טלמור, ד"ר אלכסי פרוטסוב, פרופ' צביקה מנדל, ד"ר אביב אזינבנד

**רקע:** תנודתיות האקלים, בעיקר פחיתה בכמות המשקעים ותקופות יובש ארוכות, גובה מחיר כבד מהיער הנטוע ומסכנת את עתידו בישראל. חולשה של עצי היער על רקע בצורות ופגעי שריפות, גוררת תמותה בהיקפים הולכים וגדלים. שנויים אלו גם מעצימים באופן דרמטי אוכלוסיות של חיפושיות קליפה ועצה, אשר בתורן מרחיבות את היקפי התמותה ביער

**שיטות:** מחורף 2016-17 פועל אגף הייעור של קק"ל במסגרת של סקרים אוויריים וקרקעיים. מטרת הסקרים לאמוד את עוצמות והיקפי ההתייבשות ולברר מאפיינים של חלקות יער אשר ניזוקו באופן קשה. בהמשך ירכשו ויפוענחו הדמאות לוין, צילומי אוויר תרמיים ובכלל זה יתבצע ניטור קרקעי של אוכלוסיית חיפושיות קליפה

**תוצאות:** הסקר האווירי שהתבצע עד כה כיסה כ-370,000 דונם בכ-100 יערות נטועים ומצביע על תמותת עצים בפיזור ובעוצמות שונים שהתרחשו בטיפוסי רבים של בתי גידול. בלפחות 1.2% מהשטח שנסקר התמותה היא של יותר מ-20% מכלל העצים. במרכז ובצפון הארץ נפגעו בעיקר מיני אורן וברוש, בעוד ביערות הדרומיים נפגעו עצי אקליפטוס. רוב העצים בסקר קמלו לחלוטין, אך בחלקם התייבשו רק הצמרות. האורנים הפגועים מאוכלסים בחיפושיות

קליפה מהמינים *Orthotomicus erosus* ו-*Pityogenes calcaratus*, בעוד הברושים מאוכלסים בשני מיני חיפושיות קליפה מהסוג *Phloeosinus*. ההתייבשות של עצי האקליפטוס מאופיינת באכלוס של שני מיני יקרוניות מהסוג *Phoracantha*

**דיון ומסקנות:** הצפי לרצפי שנות בצורת בישראל מחייב שינויים בתכנון ובניהול היער הנטוע. שינויים אלו נדרשים בעיקר בשלשת העשורים הראשונים להתפתחות היער. להלן הגישות והכלים העיקריים שבכוונתנו לבחון להתאים לתרחיש הצפוי: א) קביעת המאפיינים המייחדים חלקות שבהן הפגיעה חמורה, זאת לצורך קביעת כושר הנשיאה של בתי גידול בהם יערות נטועים, ב) שדרוג ממשק היער ושיטות העבודה בו על מנת לאפשר לעצים לעמוד בפני רצף שנות יובש והתקפת מיני החיפושיות הנ"ל, ג) המשך מאמצי האיתור ההשכחה והנטיעה של טיפוסים אורן וברוש, בעלי עמידות ליובש - הגבוהה מזו של הגנוטיפים הנטועים, ד) בחינת התועלת מול העלות בהתמודדות ישירה עם הצטברות עצים מתים ביער ואוכלוסיות מזיקים, בעיקר חיפושיות קליפה

### **תרומת המחקר:**

א. מתן סקירת מצב הבריאות של בתי גידול חשובים ורחבי היקף. הכרת המאפיינים של היערות הפגיעים תתרום להיערכות הנדרשת לקראת הסכנות האורבות ליער נטע האדם בשל השינויים האקלימיים הצפויים בעתיד.

ב. המידע השימושי שיושג באמצעות סקרי קרקע מסורתיים המשולבים עם כלי חישה מרחוק, יהווה כלי שימושי להתאמת הממשק ביער הנטוע, לצמצום משמעותי של הפגיעה ביער. זאת על מנת להבטיח את בריאות העצים ואתם את חיוניות המרכיבים האחרים של המערכת האקולוגית שהם יוצרים

---

## **אפיון וזיהוי מיני חורשים תיכוניים מעוצים על בסיס ספקטראלי-פנולוגי**

מר גלעד וייל, האוניברסיטה העברית ירושלים,

פרופ' נעם לוין, פרופ' איתמר לנסקי

**רקע:** הצלחת מיפוי צומח בעזרת חישה מרחוק נגזרת ישירות מהרזולוציה המרחבית, העתית והספקטרלית של החיישן. זיהוי אמין של מיני צומח טבעי ברמת הפרט נעשה על פי רוב בחלקות קטנות ואופטימאליות שנבחרו בקפידה, ומצריך על פי רוב שימוש בכלים המצויים בחזית המחקר ומשלבים רזולוציה ספקטראלית ומרחבית גבוהה, כדוגמת שילוב נתונים היפרספקטראליים ומורפולוגיים. גם לאחר שימוש באלגוריתמיקה מורכבת, התוצאה תלויה במידה רבה בפרטים ובמינים שנדגמו. כיוון שכך, נכון להיום חישה מרחוק אינה משמשת ככלי

יישומי ואמין למיפוי מפורט של מיני צומח בשטחים טבעיים. בנוסף לרזולוציה הספקטראלית והמרחבית, ניתן להיעזר לצורך העניין ברזולוציה העיתית, בשל הבדלים עונתיים (פנולוגיים) בין קבוצות צומח.

**שיטות:** במסגרת המחקר הנוכחי אנו בוחנים את האפשרויות הטמונות בצילום קרקעי מתמשך ממצלמות דיגיטאליות הכוללות ערוץ בתחום האינפרא אדום הקרוב לצורך יצירת בסיס נתונים ספקטראלי-פנולוגי למיני החורש העיקריים בחברות הצומח הים תיכוני בישראל, בארבעה אתרים הממוקמים לאורך גרדיאנט של תנאים סביבתיים.

**תוצאות:** באתרים נבחנו 1839 פרטים מ-12 מינים שונים המייצגים את חברת הצומח המקומית, על השונות הקיימת בין ובתוך המינים השונים. המחזור הפנולוגי של הפרטים אופיין בעזרת 12 אינדקסים ספקטראליים שונים, אשר חלקם מאפשרים זיהוי של הפרט ברמת המין. הנתונים שנאספו מאתרי הצילום הקרקעיים שימשו לתכנון מיטבי של צילום חלקות המחקר מטיסן (כמה תאריכים ומתי) לצורך מיפוי מפורט של מיני הצומח.

**דיון ומסקנות:** היתרון היחסי של המתודולוגיה המוצעת לעומת השיטות המקובלות למיפוי צומח מפורט מנתוני חישה מרחוק הוא שימוש מקדים באמצעים פשוטים, נגישים וזולים (כדוגמת מצלמה קרקעית) על מנת לתכנן באופן מיטבי שימוש מאוחר יותר בחיישנים עיליים.

---

## **קורות הקידה השעירה - אסטרטגיות קיבוע חנקן במינים רב שנתיים בסביבה יובשנית**

ד"ר גיא דוברת, הילה עבדי, תניה משי, ד"ר אפרת שפר

**רקע:** קיבוע סימביונטי של חנקן אטמוספרי נמצא כמרכיב חשוב במחזור החנקן של אקוסיסטמות שונות ועשוי להוות מרכיב מפתח במחזור החנקן של אקוסיסטמות יובשניות, עונתיות ודלות בחנקן. אקוסיסטמות ים תיכוניות, יובשניות ועונתיות, מציבות אתגר ייחודי עבור צמחים רב-שנתיים. בפרט, עבור מיני קטניות רב-שנתיים, הנדרשים להתמודד עם השפעות העונה היבשה הארוכה גם על מערך הקיבוע הסמביונטי שלהם. באזור הים-תיכוני היסטורית רעיה והפרעות אדם הותירו גילדה של מיני קטניות רב-שנתיים, מוגנים היטב מרעיה, מגיבים להפרעה, בעלי התנהגות עונתית חזקה. לכן, בדקנו האם קיבוע חנקן הוא תהליך מבוקר בקידה שעירה ובאסופת מינים מקומיים נפוצים ומה הם הגורמים האקלימיים, מקרוביאליים, וביוגאוכימיים המשפיעים על אסטרטגית הקיבוע.

**שיטות:** השתמשנו בגישה אינטגרטיבית, המשלבת בין ניטור בשדה לבין סדרת ניסויים מבוקרים, על מנת לבחון את: (1) הדפוס העונתי של הקיבוע, (2) אסטרטגית הקיבוע - קרי,

השפעת זמינות חנקן על קצב קיבוע, ו-(3) ההשפעה של קידה שעירה על מחזור החנקן האקוסיסטמי.

**תוצאות:** בשלושה אתרי שדה קיבוע חנקן בקידה שעירה השתנה בין קצב גבוה בעונה הלחה, במועד הפריחה ויצור הזרעים, לקצב נמוך עד כדי הפסקה בעונה היבשה. תחת רמות זמינות חנקן וזרחן מבוקרות מיני קטניות רב שנתיים מקומיים נבדלו בקצב קיבוע, אך ללא יוצא מן הכלל כולם הפחיתו את קצב קיבוע החנקן בתגובה לזמינות חנקן בקרקע (אסטרטגיה פקולטטיבית). זאת בשונה ממנים חד-שנתיים מקומיים אשר הציגו מגוון אסטרטגיות קיבוע. ויסות הקיבוע כלל הפחתה ביצור פקעיות כמו גם ירידה בקצב הקיבוע, במרבית המקרים במקביל. כמו כן, לא מצאנו כל השפעה של זמינות זרחן על קיבוע חנקן אטמוספרי בזריעי מינים רב-שנתיים מקומיים. זיהינו השפעה מובהקת של צמחי קידה שעירה על תכולת החנקן בקרקע בכל שטחי המחקר שלנו. עם זאת, לא ניתן ליחס עליה בתכולת החנקן בקרקע לקיבוע בלבד.

**דיון ומסקנות:** אנו מסיקים כי המחיר הגבוה של קיבוע חנקן אטמוספרי מעלה את הצורך לווסת קיבוע במיני קטניות בתנאים עונתיים ויבשניים. ויסות קיבוע ושימור חנקן בקידה שעירה ובמיני קטניות רב-שנתיים אחרים משפיע על מחזור החנקן.

**תרומת המחקר:** למרות שמערכות ים תיכוניות מזוהות ונחקרות בעיקר כמערכות "מוגבלות מים", בשל היותן כאלו, הן גם דלות בחנקן. זמינות חנקן מגבילה ומעצבת את מבנה הצומח. המחקר עוסק באסטרטגיות קיבוע חנקן של מינים רב שנתיים ובהשפעות של מינים מקבעים ואסטרטגיות הקיבוע שלהם על מחזור החנקן. המחקר מציג את חשיבות מינים אלו למערכת, מסביר מערכת סמביונטית מורכבת ומציג את האקולוגיה של קידה שעירה, מין הגורם לבעיות ממשקיות בשטחים פתוחים באזורים שונים בישראל. נושאים אלו מעלים עניין גובר, לאחרונה הוזמנו להציג מחקר זה בכנס ה ESA

---

## **זיהוי פייטריות מיקוריזה המשתתפות בהעברת פחמן בין עצי יער בוגרים**

Ido Rog, Dr. Nicholas Rosenstock, Prof. Christian Korner, Dr. Tamir Klein

**רקע:** עצי יער מהווים את מאגר הפחמן הגדול ביותר על פני כדור הארץ. למרות חשיבותו, איננו מבינים את כל הרכיבים של שטף הפחמן ברמת העץ הבודד. עצים נתפסים כיצורים תחרותיים אשר אינם מעבירים פחמן בין פרטים שונים, אולם לאחרונה נמצא כי עצים בוגרים ממינים שונים אשר שורשיהם חופפים מסוגלים להעביר ביניהם פחמן. הוצעו שתי אפשרויות למעבר, האחת איחוי שורשים, והשנייה מעבר דרך מיקוריזה, פטריות בסימביוזה עם שורשי



העץ. במחקר, זיהינו מיני פטריות מיקוריזה הנמצאות בסמיכות לשורשי העצים ואת התפקיד שלהם במעבר הפחמן.

**שיטות:** ביער סמוך לבאזל (שוויץ), הועשרה רמת הפחמן הדו-חמצני סביב עצי אשוח כחלק מניסוי של 5 שנים. הרכב הגז ששחרר הינו בעל יחס איזוטופי שונה של פחמן מאשר באוויר, תכונה המאפשרת מעקב אחר הפחמן שקובע ע"י העץ ומעברן בכלל המערכת האקולוגית. נאספו כ-2000 קצוות שורשים, לכל אחד נעשה זיהוי גנטי למין הפטרייה הנמצאת על גבי שורש האשוח ומיני העצים אליהם עבר פחמן. במקביל, נאספו גופי פרי של מגוון הפטריות ביער, נערך זיהוי ברמה הגנטית ונבדק היחס האיזוטופי ברקמה.

**תוצאות:** נמצאו 10 מיני פטריות אקטו-מיקוריטיות משותפות לאשוח ולשלושת מיני העצים האחרים שנבדקו. בארבעה מינים נמצאה עדות למעבר פחמן דרך קורי המיקוריזה באמצעות יחס איזוטופי נמוך בגופי הפרי, דומה לזה של הגז המועשר ביער. במקומות ספציפיים ביער בהם פחמן עבר בין שני מיני עצים שונים נמצא כי קיימות יותר פטריות המשותפות לשני מיני העצים מאשר ייחודיות למין עץ אחד. בנוסף, נמצאו יותר מיני פטריות אשר מתארחות אצל מספר מיני עצים מאשר בעלות מארח יחיד.

**דיון ומסקנות:** זיהוי של מין פטריה בסימביוזה עם שני מיני עצים שונים וסמוכים ביחד עם הרכב איזוטופי נמוך ברקמת הפטרייה מחזק את האפשרות שפייטריות אקטו-מיקוריטיות ביער מעבירות פחמן בין מיני עצים שונים. מרבית הפטריות הנמצאות סביב כל ארבעת מיני העצים הינן קדומות יותר באבולוציה של פטריות המיקוריזה, דבר אשר יכול להסביר את חוסר הספציפיות למין העץ המארח. תרומת פטריות המיקוריזה למעגל הפחמן יכולה לסייע בהבנת המערכת האקולוגית ביער והבנת מעגל הפחמן.

**תרומת המחקר:** היער הינו מערכת אקולוגית מורכבת אשר משפיעה על תהליכים אקולוגיים רבים בטווח הקצר והארוך, אך גם מושפעת מהם. ליער גם תפקיד ציבורי-חברתי כמקום מפגש והתכנסות ועל כן חשיבותו בנוסף למאזן האקולוגי. יערות רבים בארץ ובעולם נמצאים תחת עקה ביוטיות וא-ביוטיות אשר מסכנות את המשכיות היער בתנאי אקלים משתנים. מעבר של פחמן בין עצים, כמות הפחמן וכיווניות הזרימה בין העצים ביער יכולה לשמש ככלי לזיהוי מצב היער, ולהסביר את הישרדותם של יערות שונים. הבנת המערך האקולוגי בדגש על האינטראקציה בין העץ לפטרייה ובין העצים יכולה לקדם את חקר מחזור הפחמן הן ברמת היער והן ברמה הגלובאלית.

---

## אגרואקולוגיה

### ניטור חומרי הדברה באוויר כבסיס להסכמות בממשק חקלאות קהילה

ד"ר לירון אמדור, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר גדעון טופורוב, אוריאל בן חיים

**רקע:** בשנים האחרונות, בעקבות השינוי הדמוגרפי במגזר הכפרי, והצטמצמות קו המגע בין האוכלוסיה לחקלאות, נוצרים מגוון קונפליקטים, שהמרכזי ביניהם נוגע לשימוש בחומרי הדברה בחקלאות. שיעור משמעותי מהפעילות החקלאית בישראל מתבצע בסמוך לאזורי מגורים, כולל בתוך יישובים עירוניים. לא ניתן לבטל את החקלאות בסמוך למגורים, שכן המשמעות היא אובדן שטחים חקלאיים נרחבים. מטרת הפרויקט המוצג הינה למצוא פתרונות שיאפשרו קיום של מגורים וחקלאות זה בצד זה. הפרויקט נערך ביוזמת מרכז המועצות האזוריות והמועצה האזורית עמק חפר; ממומן על ידי קרן נקודת ח"ן, ושותפים בו משרד החקלאות, משרד הבריאות, החקלאים והיישובים, וחוקרים מאוניברסיטת תל אביב והאוניברסיטה העברית.

**שיטות:** בפרויקט נבדקו מגמות ברחף חומרי הדברה לאורך 24 שעות מזמן הריסוס. זאת במטרה לגזור המלצות בדבר צמצום חשיפה של תושבים לחומרי הדברה – למשל תזמון ההדברה לשעות הבוקר המוקדמות בהן מרבית התושבים אינם בבית. חומרי ההדברה נדגמו בדוגמים פאסיביים שהוצבו בקו התפר בין אזורי מגורים ושטחים חקלאיים, בסמוך לשני יישובים כפריים, ולגידולים חקלאיים נפוצים בישראל: פרדס, וגזר. נערכה דגימה בקיץ ובחורף.

**תוצאות:** קיימת שונות רבה בהתנהגות חומרי הדברה באויר לאחר הריסוס, הנובעת ממגוון חומרי ההדברה (למעלה מ-1,000 חומרי הדברה מותרים לשימוש בישראל), מידת הנדיפות של החומרים, עונת השנה והזמן ביום בהם הם מיושמים, טכניקת היישום. משתנה חשוב הינו כיוון ומהירות הרוח, שאיננה חזויה או ידועה מראש. לפיכך קשה לקבוע המלצות בדבר תזמון מתאים לשימוש בחומרי הדברה.

**דיון ומסקנות:** בשל המורכבות הגדולה של מספר חומרי ההדברה בשטחים החקלאיים בישראל, תנאי הריסוס השונים מבחינת זמן ביום ועונת השנה, והשפעת כיווני הרוחות המשתנים תדיר, יש לאמץ פתרונות משולבים לצמצום חשיפת האוכלוסיה לחומרי הדברה. בין היתר: הוצאת חומרים רעילים משימוש; צמצום השימוש בחומרי הדברה באמצעות מעבר להדברה משולבת; תכנון שכונות מגורים באופן הקובע אזורי חיץ בין המגורים לשטחים החקלאיים; העדפה של תכנון מגורים בקרבה לגידולי שדה שדורשים פחות ריסוסים ממטעים

או ירקות; תכנון העמדת המבנים באופן שאינו יוצר מנהרות רוח המושכות רחף חומרי הדברה; תכנון רצועות צמחיה הקולטות חומרי הדברה סביב השדות. ועוד.

**תרומת המחקר:** בציבור קיימת דאגה רבה מרחף חומרי הדברה בסמוך למקומות מגורים. כ-17% משטחי החקלאות בישראל מצויים במרחק של עד 50 מ' משטחים בנויים. המחקר מנסה לענות על הצורך למצוא פתרונות שיצמצמו את החשיפה לחומרים רעילים וד בבד יאפשרו לשמור על העיבודים החקלאיים. במחקר פותחו כלים שיאפשרו ליישמו כחלק ממדיניות חקלאית-סביבתית.

---

## **ממשקים חקלאיים תומכי מגוון ביולוגי בישראל: ניתוח הראיות המדעיות**

ד"ר לירון ישראלי, אוניברסיטת תל אביב

ד"ר לירון אמדור, פרופ' תמר דיין

**רקע:** מחקר זה מציג ניתוח של הספרות המחקרית במטרה לאתר ראיות מדעיות (Conservation Evidence) לממשקים חקלאיים המסייעים לשמירה על המגוון ביולוגי באקלים ים תיכוני, ואינם פוגעים – או אף תורמים לכלכלת הייצור; זאת בכדי לפתח מערך הדרכה והכשרה עבור משקים חקלאיים בישראל. החשיבות של עבודה זו נובעת מכך שהמאמץ לשמירת שטחי שמורת טבע (Land sparing) נקלע לרוב למגבלות זמן ומרחב. אסטרטגיה לשמירת טבע משותפת (Land shearing) צוברת ניסיון באירופה ויכולה לתרום רבות לחיזוק החקלאות בישראל הנמצאת במאבק ומשבר מתמיד.

**שיטות:** נערך מאמץ לרכז מחקרי שדה כמותיים העוסקים בממשקים חקלאיים שונים ותרומת לשמירה על מגוון ביולוגי באזורים עם אקלים ים תיכוני, בעל קווי דמיון לחלקה הצפוני של ישראל. נמצאו ונסקרו 119 מחקרים. מבסיס המידע נבנו כרטיסי ממשק: לאיבחון הפעולות הממשקיות, הקבוצות הטקסונומיות ומטרות שמירת הטבע המושפעות מהממשק, השפעות אפשריות על הייצור החקלאי (חיוביות ושליליות) ומידת חוזק הראיות המדעיות לתרומתו של הממשק.

**תוצאות:** רוב המחקרים שנבדקו הגיעו מהמדינות: ספרד, איטליה וצרפת. מבדיקת המחקרים אותרו 17 ממשקים, שנבחנו בספרות כממשקים שיכולים להשפיע על מגוון ביולוגי בשטחים חקלאיים. הקבוצות הטקסונומיות הנחקרות ביותר הן: ציפורים, פרוקי רגליים, וצמחיית בר. הגידולים החקלאיים שנבדקו במחקרים הם גידולי שדה ומטעים; ענף הירקות, שיש לו חשיבות רבה בישראל, לא נבדק במחקרים. הממשקים החקלאיים שיש ראיות מוצקות שהינם תורמים

לשמירת מגוון ביולוגי הם: משוכות חיות hedgerows, גידולי כיסוי בין שורות במטעים, שמירת  
כתמים טבעיים במרחב החקלאי

**דיון ומסקנות:** לממשקים בעלי השפעה מרחבית, היוצרים שילוב בין בתי גידול טבעיים  
לשטחים חקלאיים (כמו: משוכות חיות או גידולי כיסוי) יש פוטנציאל הגבוהה ביותר לשימור  
מגוון ביולוגי. פעולות הממשקיות השוטפות בשדה: ריסוס, פליחת קרקע, דישון - הינן בעלות  
השפעות מעורבות ואין ראיות חד משמעיות שיש להן השפעה חיובית על שמירת המגוון ביולוגי.  
בסיכום המחקר זהו פערי ידע וצורכי מחקר עתידיים בתחום. השלב הבא במחקר הינו ביצוע  
הערכה כלכלית של הממשקים בעלי הראיות המוצקות ביותר בכדי להשלים את בניית מערך  
הידע עבור חקלאות תומכת מגוון ביולוגי בישראל.

**תרומת המחקר:** זיהוי ממשקים המסייעים לשמירה מגוון ביולוגי במשקים חקלאיים, ואינם  
פוגעים – או אף תורמים לכלכלת הייצור, כך שניתן יהיה לקדם אותם בחקלאות בישראל;  
ופיתוח מערך הדרכה והכשרה שיאפשר להטמיע את הממשקים הללו במשקים החקלאיים  
בצורה מתאימה.

---

## **ההשלכות האפידמיולוגיות של השפעת אויבים טבעיים על ההתפתחות של וקטורים של מחלות ויראליות בגידולים חקלאיים**

אור קיסר, ד"ר אסף שדה, ד"ר ינון שרף

**רקע:** חקלאות תומכת סביבה דורשת הבנה מעמיקה של תפקודי המגוון הביולוגי בשדה ויכולת  
למקסם את שירותיו, כגון וויסות מחלות בגידולים ובקרה ביולוגית של גורמיהן. עם זאת, היישום  
של תאוריות מתחום האקולוגיה של חברות בהגנת הצומח לוקה בחסר. הדינמיקה של מחלות  
ויראליות רבות תלויה באקולוגיה מורכבת של הווקטורים החרקיים המעבירים אותן. אויבים  
טבעיים מצופים לבקר את אוכלוסיות הווקטורים, אך השפעתם בפועל על הפצת מחלות עודנה  
בלתי צפויה, כנראה בגלל השפעות מכריעות ומגוונות של הטורפים על תכונותיהם ותפקודם  
של הווקטורים שלא נטרפו.

**שיטות:** במחקר זה בחנו כיצד הפצת מחלות ויראליות בצמחים עשויה להשתנות כתוצאה  
מהשפעותיו של אויב טבעי על קצב התפתחותם של הווקטורים, בנוסף להשפעתו על מספרם.  
בנינו מודל מתמטי שעוקב אחר השינוי במספר הצמחים הנגועים במערכת הכוללת אוכלוסיות  
דינאמיות של טורף ושל וקטורים בשלבי חיים שונים. ביצענו אנליזות נומריות של המודל תחת  
תרחישים שונים המייצגים תופעות שכיחות בביולוגיה של ווקטורים המפיצים מחלות ויראליות  
שונות בשדה, וביחסי הגומלין שלהם עם טורפיהם.

**תוצאות:** מניתוח המודל עולה כי שינויים בקצב ההתפתחות של וקטורים יכולים לשנות משמעותית את שכיחות המחלה בגידולים. במרבית הניתוחים נמצא שדיכוי קצב ההתפתחות ע"י הטורף מביא לעליה בשכיחותן של מחלות, אך עוצמת השפעה זאת משתנה בין מחלות בעלות מאפיינים שונים. לדוגמא, במחלות בהן השלבים הצעירים של הווקטור רק רוכשים את הוירוס, מבלי להפיצו לצמחים נוספים, השפעת הטורף חלשה בהרבה בהשוואה למחלות בהן הצעירים מסוגלים גם להפיץ את הוירוס. לעומת זאת, דיכוי קצב ההתפתחות ע"י הטורף מביא לירידה בשכיחות מחלות בהן רק הווקטורים הבוגרים רוכשים ומפיצים את הוירוס.

**דיון ומסקנות:** אויבים טבעיים רבים עלולים, לצד בקרת אוכלוסיית הווקטורים, לגרום לשאריתם להפיץ מחלות ביתר שאת, בין היתר על-ידי שינוי קצב התפתחות שלהם. הביולוגיה ומאפייני ההפצה של מחלות ספציפיות לאורך השלבים ההתפתחותיים של הווקטורים המפיצים אותן, ויחסי הגומלין בין הווקטורים לבין טורפיהם, קובעים במידה רבה את פוטנציאל ההצלחה של ממשקי בקרה ביולוגית הנסמכים על טורפים אלה.

**תרומת המחקר:** מחקר זה תורם להבנת הגורמים שמשפיעים על הצלחתם של אויבים טבעיים בבקרת מחלות של גידולים חקלאיים. המודל מציע כלי למיקודם של מחקרים העוסקים במחלות ספציפיות בהערכת הגורמים שצפויים להיות המשמעותיים ביותר בתיפקודם של הטורפים הנבחנים. בכך, המחקר יכול לסייע להצלחת ממשקי בקרה ביולוגית של מחלות בחקלאות, ולעודד הפחתה בהדברה כימית, וניהול משמר של המגוון הביולוגי הטבעי.

---

## **השפעותיהם של כרמים ושל מטעי זיתים על זוחלים במערכת אגרו אקולוגית ים-תיכונית**

קסם קזס, גיא רותם, ירון זיו

**רקע:** התפשטותה ותיעושה העכשוויים של החקלאות ברחבי העולם, מזיקים לחיות-הבר במגוון דרכים. החקלאות מהווה איום חמור במיוחד עבור הזוחלים, קבוצה חשובה בעלת עמדת-מפתח במארג המזון, המחזיקה ביכולת להוות קבוצה אינדיקטורית שימושית עבור בריאות המערכת האקולוגית. השמירה על המגוון הביולוגי ועל קיומן של אוכלוסיות זוחלים בריאות במערכות אגרואקולוגיות, דורשים ידע אודות השפעתם של גידולים חקלאיים שונים על המגוון הביולוגי, ועל המנגנונים העומדים בבסיסן של השפעות אלה. למרות זאת, השפעתם של גידולים חקלאיים רבים על זוחלים עדיין איננה ידועה. בעייתיות זו הנה נכונה במיוחד באגן הים-התיכון, האוצר ערך עצום עבור המגוון הביולוגי. במחקר שדה זה, בחנו את השפעתם של שני גידולים שכיחים באזורים ים-תיכוניים שלא נחקרו די עד כה, כרמים המעובדים בצורה

אינטנסיבית ומטעי-זיתים אינטנסיביים-מסורתיים, על דפוס מגוון הזוחלים במערכת אגרואקולוגית ים-תיכונית.

**שיטות:** השווינו בין מערך של חלקות מחקר עם ביקורים חוזרים שייצגו כל סוג של גידול חקלאי לחלקות בשטחים טבעיים סמוכים, ביחס למדידות מגוון זוחלים והרכב המינים בחברה.

**תוצאות:** הכרמים, מטעי-הזיתים והשטחים הטבעיים הציגו השפעות שונות על מגוון ועל הרכב הזוחלים. הכתמים הטבעיים אופיינו בעושר ומגוון המינים הגבוהים ביותר. לעומת זאת, הכרמים האינטנסיביים התגלו כאזורים חשופים ביותר ועוינים מאוד עבור זוחלים. עם זאת, מטעי הזיתים המעובדים בצורה מסורתית יותר, התגלו כבית-גידול ייחודי, התומך בחברה בעלת יחס גבוה במיוחד של מינים מתמחים אשר קשורים במאפייניהם המבניים הבולטים. חברה זו לא נפלה בשפע שלה מזאת שבשטחים הטבעיים הסמוכים ואופיינה ברמת שוויוניות גבוהה. אף על פי כן, היא אופיינה בעושר ובמגוון מינים נמוכים יותר.

**דיון ומסקנות:** לאור התוצאות, אנו ממליצים ליישם רצועות-חיץ של תכסית טבעי בין ובתוך שטחי גידולים אלה, במטרה למנוע את קיטוע בית הגידול. בנוסף, יש להשתמש בממשק עיבוד חקלאי ידידותי יותר לחיות-בר, ובייחוד בכרמים.

---

## **תנשמות, מכרסמים ומה שביניהם: הדברה בת קיימא בנגב הצפון מערבי**

מיכל זייצוב-רז, אוניברסיטת תל אביב

פרופ' תמר דיין, ד"ר יואב מוטרן

**רקע:** הרכב התזונה של דורסים, עשוי ללמד אותנו על אורחות חייהם ועל הדינמיקה ביניהם לבין אוכלוסיית הנטרפים שלהם. התנשמת (*alba Tyto*), שייכת לסדרת דורסי הלילה ועיקר התמחותה הוא ציד מכרסמים. ניתוח צניפות התנשמת הינו שיטה אפקטיבית לחקר השפע והתפוצה של מכרסמים ויכולה לשמש כמייצגת של הדינמיקה שלהם בשדות.

מכרסמים מזיקי חקלאות גורמים לאיבוד מזון בשיעורים ניכרים מדי שנה. שיטות הדברה באמצעות רעלים קוטלי מכרסמים עלולות לגרום להרעלות משניות ולמוות של טורפים הניזונים מהפגרים. מיזם ההדברה הביולוגית באמצעות תנשמות (*Tyto alba*) נועד לשמש חלופה מקיימת להדברה זו. מיזם זה הצליח בארץ בחבל הים תיכוני ובעקבות ההצלחה הוצבו תיבות קינון גם בנגב הצפון מערבי ובכלל זה על גבול שמורות הטבע החוליות ומשארים אקולוגיים סמוכי שדות.

בעבודה זו חקרנו את הרכב חברת המכרסמים באזורי חקלאות בנגב הצפון מערבי ואת גבול התפוצה הדרומי של נברן השדה (*guentheri Microtus*) בעבר ובהווה.

**שיטות:** נתוני התפוצה התקבלו מניתוח צניפות ומאספי טרף שנדגמו מתיבות קינון של תנשמות בין השנים 2013-2016, בכארבע תיבות לישוב ובכארבעים ישובים. סך הכל עד כה נספרו כ-15,000 פרטי טרף מכ-100 מאספים. כמו כן, השווינו את תוצאות העבודה לנתונים היסטוריים ולמחקרים שנעשו באזור בנושא תזונת תנשמות, במידת האפשר.

**תוצאות:** התוצאות מראות כי גבול התפוצה של נברן השדה הצפין מאז שנות השבעים. מינים מוגנים ובסיכון כגון גרבילי חוף, חולות והגרביל דרומי (*Gerbillus allenbyi andersoni* - *Meriones*, *Gerbillus pyramidum*, *Gerbillus gerbillus* - CR) ומריוני חולות (*Meriones* - EN) מהווים שיעור ניכר ממזון התנשמת, לעיתים עד כמחצית ויותר מהמאסף, באזורי חקלאות הסמוכים לחולות ולשמורות

**דיון ומסקנות:** ייתכן כי הצפנת גבול התפוצה הדרומי של הנברנים מושפעת משינויי האקלים, כפי שחזו מודלים קודמים בנושא. נוכחותם המוגברת של המינים המוגנים באזורים החקלאיים, ובראשם מריון החולות, מין אנדמי בסכנת הכחדה, מעלה את השאלה לגבי מעמדם המוגן מצד אחד, ולגבי עידוד טורף-על בשטחי חקלאות שבתחום תפוצתם של מינים אלו מהצד השני. סוגיה זו מתחדדת לנוכח החלופה הקיימת של שימוש ברעלים.

**תרומת המחקר:** ממצאי המחקר מלמדים כי באזורים בסמיכות לשמורות חוליות, נוסף למזיקי חקלאות ניזונה התנשמת גם ממינים פסמופיליים המוגדרים בסכנת הכחדה. בעקבות המחקר מתקיים דיון בשימוש בתנשמות להדברה ביולוגית באזורי המחקר ומתוכנן מחקר המשך מקיף, שיבחן את מערכת ההדברה הביולוגית באמצעות תנשמות באזורים סמוכי שמורות חוליות ומשארים אקולוגיים בצפון מערב הנגב.

---

## זיהום אוויר, קרקע ומים

### פליטות מתאן ממגזר הנפט והגז הטבעי ושיטות מיטביות לכימות

פרופ' אופירה אילון, מכון נאמן הטכניון,

ד"ר מרים לב און, ד"ר פרי לב און, מעיין זרביב ציון

**רקע:** תעשיית הגז הטבעי בישראל בחיתוליה אבל ניכרת כיום עליה בהפקה ובצריכת גז טבעי הדורשת מידע מדויק לאפיון הפליטות הנלוות לפעילות בענף כעת ולצפי הפליטות בהתאם לתחזיות בעתיד.

**שיטות:** כימות פליטות מתאן מבוצע בהתאם להנחיות IPCC למדינות הכוללות שיטות חישוב מיטביות ופורמט אחיד לסיכום הנתונים ודיווחם לאו"ם. הנחיות אלה מכירות שזמינות המידע לעריכת מצאי פליטות שונה בכל מדינה וגם המשאבים הקיימים לאיסוף הנתונים הדרושים, ולפיכך ההמלצות מדורגות בשלושה נדבכים:

נדבך 1 (Tier 1) מתבסס על מקדמי פליטה גנריים המשמשים לחישוב פליטות לאומי מהיקף הפעילות במגזר. החישוב בנדבך 2 דורש ידע יותר מדויק של מקדמי פליטה המאפיינים את הפעילות הארצית, ואילו בנדבך 3 נדרש ידע של מקדמי פליטה ופעילות פרטניים עבור תפעול האתרים במקטעים השונים.

**תוצאות:** במסמך 3 חלופות לאפיון פליטות מתאן ממגזר הגז הטבעי בישראל:

1. שימוש במקדם פליטה גנרי המתבסס על כמות הגז המופקת - מבוסס על סקירת הסוכנות האמריקאית להגנת הסביבה (EPA) שקבעה שמקדם פליטת מתאן ממגזר הגז הטבעי (בהפקה, העיבוד וההולכה) עבור מדינות OECD שאינן בספח 1 באמנת האקלים הוא 2.26% (על בסיס נפח).

2. שימוש במקדמי פליטה גנריים עבור המקטעים השונים בהתאם להנחיות IPCC – מבוסס על שיטות נדבך 1 בהנחיות ה-IPCC תוך התאמת מקדמי הפליטה המובאים בהנחיות להרכב הגז הטבעי המופק באסדות והרכב הגז המעובד בישראל.

3. איסוף נתוני פעילות תקופתיים ממגזר הגז הטבעי לכימות פליטות – עפ"י מנהל משאבי אנרגיה בים (BOEM) בארה"ב העורך סקירות מקיפות (כל 3 שנים) לאיסוף מידע לכימות פליטות ישירות מפעילות ההפקה בים והולכה לחוף, וכולל פליטות מהציוד הנדרש לפעילות בים (כלי שיט, מסוקים).

**דיון ומסקנות:** המלצתנו לאמץ את חלופה 2 היות ומבוססת על הנחיות נדבך 1 של ה-IPCC, אשר קבילה עבור מצאי פליטות לאומיים דו-שנתיים שישראל תצטרך להעביר למזכירות אמנת



האקלים. מומלץ לבחון במקביל את חלופה 3 ליישום סקירה תקופתית (אחת ל-3-5 שנים) בטווח ארוך יותר.

**תרומת המחקר:** הנתונים במסמך זה מצביעים שהפקת וצריכת גז טבעי בישראל תוכל עד ל-2030. השינויים בפעילות במגזר, וזמינות הגז הטבעי במשק, צפויים להשפיע בשני אופנים הפוכים: מחד צפויה עליה בפליטות ישירות של מתאן (גז חממה בעל אילוף קרינתי גבוה), ומאידך השימוש בגז טבעי במקום דלקים פוסיליים המזהמים יותר יגרום להפחתת פליטות גז"ח.

לאור השינויים המוסכמים בהסכם פריז לאמנת האקלים ( ישראל צריכה לשדרג את מצאי הפליטות הלאומי ולהרחיבו בכדי לכלול פליטות גז"ח מכל מגזרי המשק כולל פליטות לא מוקדיות של מתאן ממגזר הנפט והגז הטבעי על מקטעיו השונים.

---

## מערכת D-fenceline למדידה מרחבית של תרכובות נדיפות מזהמות באוויר - כלי מתקדם לניהול ובקרת פליטות לא מוקדיות

ד"ר יעל עציון, גלעד שפיצר

**רקע:** פעילות תעשייתית היא כורח מציאות, אך יש לדאוג שתתקיים מבלי לפגוע בבריאות הציבור והסביבה. הפיתרון מצוי בתיכנון וניהול נכון של תהליכי ייצור, איחסון ושינוע בשגרה ובחירום הנסמכים על ניטור רציף של המזהמים הנפלטים לאוויר, בפרט אורגניים נדיפים (VOC).

כמענה, פותחה מערכת חדשנית, D-fenceline<sup>TM</sup>, המבצעת מדידות אופטיות ברזולוצית זמן דקתית לאורך תווכים פתוחים בקרבת מתקנים תעשייתיים, עפ"י מודל של ה-EPA. המערכת מזהה ומכמתת את התרכובות הנדיפות הנוכחות מבין עשרות אפשריות, בזמן אמת וברגישות של  $ppb$  בודדים. המערכת מספקת בנוסף תמונה מרחבית של הפליטות, ונתונים להערכת קצבי פליטה.

**שיטות:** מערכת ה-D-fenceline<sup>TM</sup> מבצעת חישה מרחוק אופטית בטכנולוגיית ספקטרוסקופית FTIR בתחום התרמי. המערכת מודדת תרכובות ע"י שליחת קרן ממקור אור לגוף החזרה ומשם לגלאי, דרך תווך פתוח באורך עשרות-מאות מטרים, ופיענוח השינויים בעצמת הקרן. השינויים נמדדים באלפי תדרים בו-זמנית ולכן מאפשרים זיהוי "טביעות אצבע" של עשרות כימיקלים במקביל. כימות התרכובות מבוסס על רגרסיה רב-משתנית ומתייחס לריכוז המצטבר שלהן על פני התווך הפתוח. מספר קווי המדידה והכיוונים ביחס לגלאי נקבע בהתאם למאפייני המתחם התעשייתי, ותנאי סביבתו. במערכת מוטמע אלגוריתם לניתוח שטפי הריכוזים על קווי המדידה כדי לשערך את מיקום מקור הפליטה.

**תוצאות:** שמוש ב D-<sup>TM</sup>fencline למדידות תווכים פתוחים באורך 200-400 מטר בסמיכות למתקני תעשייה מאפשר כימות מסף של 1-6 ppb עבור מרבית התרכובות הנדיפות שזוהו עפ"י ממוצעים 5 דקתיים של המדידות האופטיות. לדוגמה, סף הכימות של בנזן טולואן וקסילן עומד על 3-5 ppb, סף הכימות ל Total Alkanes עומד על 2 ppb. סף הכימות לאמוניה ול CCl<sub>4</sub> הוא 0.5 ppb.

**דיון ומסקנות:** ניטור רציף בגדר מפעל מאפשר איתור דליפות בזמן אמת, וטיפול יעיל בתקלות ובאירועי חומרים מסוכנים. בטווח הארוך, דיווח לרשויות ולציבור בזמן אמת של כימיקלים רלוונטים לסביבת המפעל, דוחף לשימוש בטכנולוגיות שיצמצמו את הפליטות. מדידות open-path בשילוב האלגוריתמיקה המוטמעת ב D-<sup>TM</sup>fencline מספקות זיהוי וכימות מזהמים בזמן אמת ברגישות חסרת תקדים, וניתוח מרחבי לזיהוי מקור הפליטה. אלו הופכים אותה לטכנולוגיה המיטבית הזמינה כיום (BAT) לניטור הנדרש.

**תרומת המחקר:** ניטור רציף בגבולות המתחם התעשייתי מאפשר איתור וטיפול בדליפות בזמן אמת, בניגוד לדיגום נקודתי במרחב הציבורי. החקיקה הסביבתית בעולם מתקדמת לעבר חיוב מתקני תעשייה, בפרט הכימית, בבקרה רציפה של פליטות VOC לא מוקדיות. חומרים אלו נפלטים במהלך הפקה, שימוש ואיחסון של דלקים וגז, ממסים, ציפויים, דבקים, וחומרי סיכה, וכן מתוצרי שפכים. מערכת D-fencline<sup>TM</sup> בנויה לניטור 24/365 של מזהמי אוויר, מטרדי ריח וחומרים מסוכנים בקרבת מתקנים תעשייתיים, אתרי הטמנה ופסולת, אגני ניקוז שפכים, מסופי דלקים, אתרי איחסון חומ"ס. הגדרות הממשק האינטרנטי של המערכת מותאמות לכל אתר מדידה לפי תמהיל התרכובות לניטור, ורזולוצית הזמן הנדרשת כולל הגדרת רמות התראה למשתמש קצה.

---

## הערכת יעילות השיטה המשמשת לניטור זיהומי דלק

מר ניצן מתן, אוניברסיטת בר אילן

פרופ' דרור אבישר, ד"ר אורית רותם

**רקע:** דלקים מורכבים ממאות Hydrocarbon's הנחשבים כטוקסים לאדם כך שדליפות מתחנות דלק עלולות לזהם נפחי מים גדולים. במישור החוף ישנן כ- 400 תחנות דלק בהם התרחשו אירועי דליפה שבכ- 40% חרגו מהתקן. בארות מנוטרת באמצעות מדידת 27 אינדיקטורים ובמידה שריכוזם אינם חורג מהתקן המים נחשבים כבטוחים לשתיה. MTBE ו-BTEX כלולים ברשימה זו ומשמשים לניטור התווך הרחוק באתרים בהם התרחשה דליפה. שיטה זו מקובלת ברוב העולם המערבי ומומלצת על ידי ה-EPA וה-WHO. השיטה נכתבה על ידי קבוצת מחקר שמומנה ממספר ארגונים ובהם: British Petroleum, Chevron,

Exxon, Shell וחיל האוויר האמריקאי.

מחקר זה בדק את יעילות השיטה לניטור זיהומי דלק וביחוד את השימוש ב-BTEX.

**שיטות:** אפקטיביות השימוש ב-MTBE ו-BTEX נבדקה על ידי בדיקת 169 דוחות שבדקו זיהום בתחנות דלק. בדוחות מצוין ריכוז ה-TPH ובאמצעות כך נבדק היחס בין האינדיקטורים לריכוז הזיהום הכללי. בנוסף בוצעו אנליזות GC/MS בשתי בארות הסמוכות לתחנות דלק הידועות כמזהמות לטווח הרווי, באתרים שהזדהמו מפעילות של תחנות וסולר ובניין שנדגמו מתחנות דלק. התוצאות שמשו לבדיקת היחס בין 27 האינדיקטורים לשאר החומרים שנמצאו.

**תוצאות:** התוצאות מראות שאינדיקטורים מייצגים כ-1.8% מנפח הזיהום בתווך הרווי. ריכוז ה-MTBE באתרים השונים היה לא אחיד ובחלקם אפסי. בבארות ההפקה לא נמצאו מומסים המופיעים בתקנות. בבאר אחת נמצאו Alkane's בריכוזים הנחשבים כמסוכנים לבריאות האדם ובשנייה נמצאו עשרה מומסי דלק הנחשבים כמסוכנים לבריאות האדם בריכוז הנמוך מרף הכימות האנליטי.

**דיון ומסקנות:** תוצאות המחקר מראות שהשיטות המקובלות לניטור אירועי זיהום מדלקים אינן אפקטיביות וייתכן שהתוצאות שהתקבלו בבארות אינן ייחודיות. נדרש מחקר אך בהתחשב במספר הגובה של אירועי הדליפה המתרחשים לתווך הרווי קיים חשש מהותי שבמספר גבוה של בארות הפקה נשאבים מים המכילים מומסי דלק שאינם מאותרים. יתר על כן, עקב כך ועל פי השיטה הקיימת, קיימים אתרים בהם לא אובחן זיהום שמקורו בדלקים, כיוון שלא נמצאו אותם פרמטרים מקובלים, בעוד אכן קיים זיהום של מרכיבי דלק שלא נמדדו כלל ואינן נמצאים בתקנות לאבחון זיהום דלקים.

**תרומת המחקר:** תוצאות המחקר מראות שהזיהום שיוצרת תחנות דלק לאקוויפר עלול להוות סיכון מהותי לבריאות האוכלוסייה באזורים בהם נמצאות בארות הפקה. בכדי להעריך את השפעתו של זיהום זה, מומלץ לרשויות לבצע אנליזות GC/MS לניטור אירועי זיהום ולניטור מי השתייה. ניתן להעריך שהאנליזות יאתרו מספר רב של Hydrocarbon's שרובם אינם מופיעים בתקנות. בהתבסס על הידע המקומי הקיים ניתן לפתח שיטה להערכה המחשבת את הסיכון לבריאות הציבור בהתבסס על הריכוז של כלל ה-Hydrocarbon's ולא של מספר מצומצם של אינדיקטורים כמקובל כיום.

---

## השפעת הזרמת רכז טיוב בארות על אוכלוסיות מיקרוביאליות חופיות –

### תוצאות ניסויי מזקוזם

שפרת רווה<sup>1,2</sup>, דרור אנג'ל<sup>2</sup> ואייל רהב<sup>1</sup>

<sup>1</sup>חקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל)

<sup>2</sup>החוג לציוויליזציות ימיות, המכון ללימודי ים על שם ליאון רקאנטי, אוניברסיטת חיפה

מי הים התיכון שלאורך החוף הישראלי מאופיינים על ידי ריכוזי נוטריינטים וכלורופיל נמוכים. כניסת נוטריינטים ממקורות חיצונים- בין אם ממקור אנטרופוגני או טבעי- עלולה להשפיע על האוכלוסיות המיקרוביאליות על ידי שינוי הרכב החברה, קצבי היצרנות, קצב מחזור נוטריאנטים, ואף את האקולוגיה של מי החוף. מחקר זה בחן את ההשפעות קצרות הטווח (כ- 7-8 ימים) של העמסת רכז טיוב בארות העשיר בניטראט ובסיליקה על האוכלוסיות המיקרוביאליות במי חוף שיקמונה האוליגוטרופים. לצורך כך, נעשו ניסויי מעבדה בבריכות מזקוזם (1000 ליטר כ"א) בהם נבחנו השפעות טיפולי העשרה של רכז טיוב בארות וניטראט בריכוזים שונים, תחת תנאי סביבה שונים. השפעת טיפולי ההעשרה על אוכלוסיות הפיטופלנקטון והחיידקים נבדקה על ידי ביצוע מדידות קצבי קיבוע פחמן, ספירות תאים בעזרת flow-cytometer, מדידות ביומסה ב-HPLC וזיהוי האורגניזמים השכיחים בעזרת כלים מולקולארים (18S-16S). תוצאות המחקר מצביעות על השפעה ניכרת של העמסה בניטראט ורכז טיוב בארות על אוכלוסיות הפיטופלנקטון. קצבי היצרנות ראשונית עלו פי ארבעה ויותר תוך מספר שעות מרגע הוספת מקור החנקן, וריכוז הכלורופיל (ביומסת אצות) גדל בצורה מובהקת תוך כיממה. כמו כן, הרכב חברת היצרנים הראשונים (כולל שפע המינים, שליטת מינים דומיננטיים והרכב קבוצות פונקציונליות) השתנה באופן מובהק, כולל ביסוס אוכלוסיות בעלות פוטנציאל טוקסי (קרי הדינופלגלט *Karlodinium venificum*). השפעה זו התקיימה בעונות שונות תחת תנאים פסיקליים והרכב חברה שונים, כאשר עוצמת התגובה של אוכלוסיית הפיטופלנקטון היתה תלויה ריכוז ניטראט. לעומת אוכלוסיית האצות, אוכלוסיית החיידקים ההטרוטרופים (יצרנים שניוניים), לא הראתה מגמה אחידה ביצרנות ובעושר המינים כתגובה להוספת מי הרכז, אך הציגה שינויים בהרכב החברה, דבר המצביע כי אוכלוסיה זו אולי אינה מוגבלת בחנקן אך מושפעת מהשינויים שחלים על אוכלוסיות אחרות (יצרנים ראשוניים). לאור הממצאים, אנו ממליצים לערוך חשיבה מחדש על ערכי הסף להזרמת ניטראט כמו גם על היחס ניטראט:סיליקה במימי החוף הישראלי.

## בליעת מיקרופלסטיק במימד הזמן על ידי דגי הסיכן (ארסים) הצמחונים במזרח הים התיכון

נועם ואן דר האל ודרור אנג'ל, אוניברסיטת חיפה

**רקע:** בעשורים האחרונים חלה עליה במודעות העולמית של המיקרופלסטיק כמזהם ימי, אך אין ידע על כמות הזמן שמזהם זה קיים בים. לאורך חופי הים התיכון של ישראל נמצאו כמויות גבוהות של מיקרופלסטיק לעומת מקומות אחרים בעולם. דגי הסיכן המשוש והסיכן ההודי (ארסים) הינם אוכלי צמחים שבהווה, נמצא בקיבתם כמויות גבוהות של מיקרופלסטיק. מחקר זה בא לבחון כיצד כמויות המיקרופלסטיק בקיבתם השתנה לאורך ה-60 השנים האחרונות. **שיטות:** קיבות דגי הסיכן ההודי והסיכן המשוש מ-60 השנים אשר נשמרו במוזיאון הזואולוגי של אוניברסיטת תל אביב והאוניברסיטה העברית בירושלים נדגמו ונותחו על מנת לבחון את תכולתן והמצאותם של חלקיקי מיקרופלסטיק בתוכן.

**תוצאות:** נמצאה עלייה הדרגתית בהמצאות חלקיקי מיקרופלסטיק לאורך השנים בקיבות הסיכנים החל משנות ה-70 וה-80 והימצאות אינטנסיבית של חלקיקים החל מסוף שנות ה-90 כתלוי מקום לאורך חופי הים התיכון של ישראל. 93% מתוך 88 דגים שנדגמו ב-2017 נמצאו עם מיקרופלסטיק בקיבתם.

**דיון ומסקנות:** הגידול במימד הזמן והעליה בכמות חלקיקי המיקרופלסטיק בקיבות דגי הסיכנים מגבירים את ההנחה שזיהום מיקרופלסטיק ימי הינה בעיה מדאיגה ההולכת וגדלה. בעוד שמיקרופלסטיק לרוב נאכל על ידי בעלי חיים המבלבלים אותו עם מזונם הטבעי, המיקרופלסטיק עשוי גם כן להצמד לאצות וצמחי ים, מה שיכול לגרום לאוכלי צמחים ואוכלי כל להיות ניזונים ממיקרופלסטיק בכמויות גבוהות יותר ממה שהיה אפשר לצפות. למיקרופלסטיק דרכי השפעה שליליות מגוונות על בעלי חיים ימיים ומארג המזון באופן כללי, ועל כן יש לפעול לדרכים לצמצום כמות המיקרופלסטיק בים. זאת וממצאים נוספים יוצגו בהרצאה זו.

---

## פסולת תת מימית – איסוף מידע באמצעות מדע אזרחי

ד"ר בעז מייזל, שרה אוחיון, גליה פסטרנק

**רקע:** השתתפות הציבור במחקרים מדעיים, מדע אזרחי Citizen Science, מאפשרת לבצע מחקרים שלא נעשו בעבר בשל היעדר משאבים וזמן או כשהמרחב הגיאוגרפי גדול מדי. משתתפים במחקרים כאלה יכולים לקחת חלק במגוון תפקידים, כולל תכנון המחקר, איסוף הנתונים, עיבוד וניתוח המידע שנאסף. בסקרי איכות סביבה המתנדבים עשויים לגלות במהלך המחקר כי ביכולתם להשפיע על גורמי הבעיה באמצעות הפצת מסרים חינוכי ועידוד שינוי התנהגותי.

**שיטות:** איסוף המידע על פסולת ימית בקרקעית הים התיכון על ידי מתנדבים החל במסגרת

מבצעי ניקיון אשר תוצאותיהם הוצגו בשנה שעברה בכנס האגודה לאקולוגיה ומדעי הסביבה. עם הזמן עלה צורך להכשיר צוללים לביצוע סקרים חוזרים, בכדי לקבל תמונת מצב של כמות הפסולת הימית לאורך זמן. לשם כך החלה בשנת 2015 התכנית להכשרת צוללים מתנדבים במסגרת "משמר הים" של החברה להגנת הטבע יחד עם ההתאחדות הישראלית לצלילה. הצוללים עוברים הכשרה בסיסית באקולוגיה ימית ובשיטות לביצוע סקרים. לאחר הסמכתם מצטרפים המתנדבים לביצוע סקרים של פסולת ימית על פי פרוטוקול שפותח על ידי UNEP. הנתונים הנאספים משולבים במחקר בנושא פסולת ימית שנערך בחוג לציוויליזציות ימיות באוניברסיטת חיפה.

**תוצאות:** מהנתונים שנאספו עד כה מסקרים ומצלילות ניקיון, עולה כי ציוד דיג הוא השכיח ביותר (25%), ואחריו שקיות ניילון (13%) ובקבוקי משקה (11%). בניתוח הפסולת על פי חומרים, פלסטיק הוא החומר הנפוץ ביותר שנמצא על קרקעית מי החופים של ישראל, עם ממוצע של 52% ו מקסימום של 84% בתל אביב. מתכת היא החומר השני בשפע ביותר עם ממוצע של 20%, המורכב בעיקר ממשקולות דיג העשויות עופרת.

**דיון ומסקנות:** בניתוח פסולת לכל אתר בנפרד, נמצא מתאם חזק בין השימוש החוף והפסולת שנמצאה בקרקעית הים הסמוכה. ציוד דיג היה השכיח ביותר באכזיב (57%), ראש הנקרה (48%), שדות ים (43%) וקיסריה (16%-18%). כל ארבעת האתרים פופולריים כאתרי דיג ספורטיבי. בגבעת עלייה, יפו, ששימשה בעבר כאתר פסולת לחומרי בניין, 48% מהפסולת היו חומרי בנייה. בחופי רחצה פופולריים, כמו תל אביב ומכמורת, היה ריכוז גבוה של שקיות ניילון (41% ו-27% בהתאמה).

**תרומת המחקר:** המידע שנאסף על ידי הצוללים, מסייע למיפוי היקף הפסולת הימית לאורך החוף הישראלי, והוא חיוני להבנת מקורותיה ומציאת פתרונות לבעיה. ניטור קרקעית הים על ידי צוללים מתנדבים מהווה חלק מהתכנית הלאומית לניטור פסולת ימית העתידה להתחיל בשנה הקרובה.

---

## פאנל: מקונפליקט לשותפות- בקעת בית נטופה כפרויקט

### אגני – רשות ניקוז קישון

בקעת בית נטופה מהווה מרחב ייחודי על מפת המדינה. השילוב בין מסורת חקלאית רבת שנים, אקולוגיה והידרולוגיה יוצאת דופן, הרכב אוכלוסיות מגוון ומורשת תרבותית מדגישים ייחודיות זו.

במהלך עשרות השנים האחרונות נערכו תכניות שונות לבקעה אשר הגדירו מטרות בתחומי הניקוז ופיתוח החקלאות. לחצים מצד בעלי הקרקע ונציגיהם בשלטון המקומי והמרכזי לקדם תכניות ניקוז ופיתוח אלו, נתקלו בהתנגדות הגופים הירוקים לשינוי אופייה של הבקעה. הצפות עונתיות, חלקות קטנות של חקלאות מסורתית, השתנות עונתית (ברובה של הבקעה אין תשתיות השקיה), שטח פתוח ללא בינוי, כל אלו שימרו בבקעה נופ שאין דומה לו לצד מינים נדירים שחלקם בסכנת הכחדה ששרדו בשולי החלקות הקטנות ובשטחי ההצפה.

בימים אלו מתנהל תכנון כולל לבקעה בשותפות עם כל בעלי העניין מבין החקלאים, הגופים השונים, משרדי הממשלה והרשויות המקומיות. ניהול אגני של המרחב מציע חיבור בין דיסציפלינות לכאורה מנוגדות וגיבוש פתרונות הנותנים מענה רחב לצרכים מגוונים.

---

### עידן האגן – זרקור על הגישה והפרויקטים האגניים בארץ ובעולם

ד"ר ג'ניה גוטמן, בני יעקובי, ערן אטינגר

**רקע:** האגן הנו מרחב הרחוק מ'תפיסת המקום' שיש למרבית בני האדם ומרבית האנשים אינם מרגישים שייכות לאגן ההידרולוגי בו הם מתגוררים. בדומה לכך, האחריות המינסטריאלית והסטטוטורית של מרבית מוסדות הממשל והתכנון אינה חופפת לגבולות האגנים בהם מוסדות אלו מתקיימים. ועל אף הנאמר, המונח 'ראיה אגנית' הנו מונח הנשמע תדיר יותר ויותר בארץ ובעולם בהקשר של פרויקטים אגניים, תכנון אגני, ניהול אגני, גישה אגנית ועוד. הסיבה לכך נעוצה בעובדה כי האגן ההידרולוגי הוא נקודת ההתייחסות המקיימת היחידה למשאב המים והקרקע הכוללת את המעלה, המורד, והשימושים שנעשים במשאב לאורך זרימתם באגן.

**שיטות:** באמצעות עריכת סקירת ספרות מהארץ ומהעולם, השוואה שיטתית של כלי מדיניות שנקטים בארה"ב, האיחוד האירופי וישראל, וראיונות עומק עם בעלי עניין בולטים נמצאו שבעה מאפיינים עיקריים של הגישה האגנית בתכנון ובניהול. סקירת דוגמאות של פרויקטים מחו"ל וכלל הפרויקטים האגניים בארץ בעשור האחרון מדגישה את הייחודיות של הגישה על האתגרים וההזדמנויות אותם היא מזמנת לכלל השותפים בניהול משאבי הטבע בארץ.

**תוצאות:** מאפייני הגישה האגנית הנם (1) מיקוד במשאב המים, הקרקע והמגוון הביולוגי כרקע לכל תכנון (2) ריבוי משתתפים/בעלי עניין (3) חשיבות מכרעת ליצירת שותפות בין הגורמים השונים (4) התהליך הוא המרכז (5) גמישות הכרחית לתכנון ולניהול אגני (6) ריבוי יעדים (7) שיתוף ועירוב הקהילה האגנית.

בהשוואה בין ארה"ב והאיחוד האירופי נמצאו הבדלים מהותיים במידת האחריות אותה נוטלים גופי ממשל לנושא של שטפונות, איכות מים ושיקום המערכת האקולוגית של הנחלים, כאשר באיחוד דירקטיבת המים הכללית ודירקטיבת השטפונות מושתתות על ראייה אגנית ובארה"ב מדובר לרוב על מדיניות הצהרתית וביצוע פרויקטים פילאנטרופיים בשטח. בארץ, ההצעה לתיקון חוק הניקוז תפנים את הגישה האגנית בניהול משאב הנגר והקרקע. הפנמת הרשת ההידרולוגית כבסיס לתכנון עירוני ואזורי תהפוך את הנגר למשאב ותסייע לצמצום נזקי השטפונות.

**דיון ומסקנות:** פרויקטים שנעשו ונעשים בארץ בעשור האחרון מדגישים את החשיבות שיש לגוף אזורי בייזום, ניהול וביצוע פרויקטים אגניים, את החקלאיים כשותפים מכריעים ולא טריוויאליים ואת ההכרח שבבניית מסלולי תמיכה בחקלאים המנהלים ממשקים מטיבים עם הנגר והקרקע באגן.

**תרומת המחקר:** סקירת ספרות ופרויקטים אגניים עדכניים הראשונה שנעשתה בארץ, תוך השוואה לנעשה בחו"ל. הסקירה תורמת להבנת מקור האתגרים בפניהם ניצבת ראייה כוללת של משאב הנגר ומדגימה בצורה יישומית מגוון ערוצי פעולה אגניים שנקטו הן ברמת כלי מדיניות והן ברמה של פרויקט בודד בשטח.

---

## **רקע אקולוגי כבסיס לתכנון בקעת בית-נטופה – מה עושים עם נתוני סקר לא שיטתי?**

אמיר פרלברג, מימי רון, יפתח סיני, דידי קפלן, טל רטנר ואורי רמון

**רקע:** בקעת בית-נטופה מהווה בית-גידול ייחודי בארץ: מזרחה הוא בריכת החורף הגדולה בישראל, וקרקעותיה הכבדות הן בית-גידול בסכנת הכחדה בשל האינטנסיפיקציה שעברה החקלאות בארץ בעשורים האחרונים. זהו גם האזור הגדול האחרון בישראל שבו עיבוד אקסטנסיבי מגוון בחלקות קטנות, המאפשר את קיום צמחי הקרקעות הכבדות (בעיקר בשוליים הבלתי-מעובדים של החלקות). בשל כך, הבקעה היא אחד מהאזורים העשירים ביותר בישראל במיני חי וצומח נדירים, שחלקם בסכנת הכחדה.



תכניות לניקוז הבקעה נידונות מזה עשרות שנים, אך בשל ייחודה האקולוגי הרב ובעיות מקרקעין שונות, הן לא מומשו עד היום, למעט 'תעלת האפס' (משנת 1994). לצורך פתרון הקונפליקטים בין בעלי-העניין השונים, מקדמת רשות ניקוז ונחלים קישון תכנית-אב לבקעה. במסגרת זו, הוכן רקע אקולוגי רלוונטי כבסיס לעבודת התכנון.

**שיטות:** בשנים 2004-2011 ביצעה רט"ג סקר מיני צמחים נדירים בבקעה, תוך שימוש במספר שיטות ובמאמץ דיגום לא-אחיד. המאפיינים הבוטניים והמרחביים נותחו לפי בתי-גידול שהוגדרו בסקר הבקעה שערך מכון דש"א, תוך שימוש בתיקון לוגריתמי המנרמל את מאמץ הדיגום. לתוצאות בוצעו בקרה ותיקון באמצעות 'הערכת מומחה', והוגדר אזור חייץ לאורך בתי-הגידול הלחים. תצפיות זואולוגיות בבקעה לא נעשו באופן שיטתי, ולכן התבססה הערכיות הזואולוגית על הערכת חשיבות השטח לקבוצות הטקסונומיות החשובות ביותר לשימור.

**תוצאות:** תועדו 17 מיני צמחים בסכנת הכחדה, שמונה מינים על-סף הכחדה, 48 מינים נדירים ו-11 מינים אנדמיים, שהתפלגו על-פני תשעה בתי-גידול. בערכיות האקולוגית המירבית נמצאו: תעלת המוביל, תעלת האפס, נחל יפתחאל, נחל ידפת, חקלאות אקסטנסיבית סביב פרשת המים של הבקעה, חגורה מצפון לבעייה-נוג'ידאת, מזרח ודרום-מערב החלק המוצף בחורף; בערכיות אקולוגית גבוהה מאד נמצאו החקלאות האקסטנסיבית בצפון-מזרח הבקעה, חגורה סביב כפר מנדא, מערב השטח המוצף בחורף, מעלה נחל יפתחאל בכניסה לבקעה, ומוצאו מהבקעה.

**דיון ומסקנות:** לצורך תכנון, מוצע שימור המצב הקיים בשטח בערכיות המירבית, תוך שמירת רצף מרחבי המכיל מקסימום ערכי טבע. מפתח השימור יורד בהתאם לערכיות, ובכל מקרה יש להגדיר לכל שטח ממשק מתאים: שימור משארים טבעיים, שימור שיטות העיבוד האקסטנסיביות, שיקום אפיקי הנחלים ובתי-הגידול הלחים בהתאם לממשק ההצפות, וטיפול במינים פולשים.

**תרומת המחקר:** עבודה זו עושה שימוש בנתוני עבודת שדה בוטנית רחבת-היקף, בתצפיות זואולוגיות ובניתוח מרחבי, על מנת להניח בסיס לתכנון בקעת בית-נטופה – מבתי-הגידול הנדירים בארץ, שנמצא תחת לחצי פיתוח רבים. ניתוח ומיפוי הערכיות האקולוגית בבקעה מספקים כלים מקצועיים בידי המתכננים בתהליכי קבלת ההחלטות, ובהטמעת חשיבותם בשיקולי שימור מול פיתוח בגיבוש תכנית-האב לבקעה. המצב באזור העבודה דומה לזה הקיים במקומות רבים אחרים בארץ, ותהליך העבודה יכול לשמש דוגמה לתהליך המשתף גורמים רבים, בעלי אינטרסים שונים ולעתים מנוגדים, על מנת להגיע בסופו של התהליך (שנמצא רק בתחילתו), לתכנית של פשרה מיטבית המאזנת בין רצונות הצדדים, תוך התחשבות מירבית בערכי הטבע החשובים באזור ייחודי זה.

## ניהול קונפליקט בין שימור לפיתוח בקעת בית נטופה- האם משימה בלתי אפשרית?

חיים חמי - רשות ניקוז קישון

**רקע:** בקעת בית נטופה, הבקעה האחרונה שלא נוקזה, משמרת נופים ובתי גידול שהולכים ונעלמים.

השימור התאפשר בזכות חקלאות שנתרה כפי שהייתה בעבר: חקלאות בעל, חלקות קטנות ובהן מגוון גידולים ושיטות עיבוד מסורתיות וללא בינוי. ההצפות העונתיות, תורמות אף הן למגוון הביולוגי הייחודי של הבקעה. לצד ההכרח לשמר את הבקעה ואת ערכי הטבע והנוף שבה, קיים הכרח לשנות את יכולתם של בעלי האדמות להתקיים מגידולי חקלאות בבקעה, יכולת שנפגעה בשל שנים של קיפוח, היעדר תשתיות מים ודרכים והיעדר ניקוז.

רשות ניקוז ונחלים קישון מובילה בשנתיים האחרונות תהליך תכנון בשיתוף ציבור המשנה את תמונת המציאות בבקעה.

**שיטות:** טרום תכנון נעשה תהליך מעמיק של בירור צרכים בשיתוף עם כל בעלי העניין. התהליך יצר תשתית חדשה לבניית אמון בין בעלי האדמות והרשויות המקומיות לבין מוסדות המדינה וסייע להמשך התכנון.

תהליך התכנון עצמו כלל: יצירת מפת ערכיות לבקעה, סקר קרקע, ניתוח הידרולוגי ודיונים רבים בין יועצים מדיספלינות שונות ובשותפות עם בעלי עניין במטרה לגבש פתרונות רחבים ויצירתיים לקונפליקטים.

סה"כ כלל תהליך התכנון כ-60 מפגשים וסיורים עם בעלי עניין וציבור ומפגשי חשיבה ותכנון רבים של צוות התכנון ובעלי עניין ושותפים.

**תוצאות:** ממצב ראשוני של חוסר אמון מוחלט של הציבור ביכולת לתת מענה לקשייהם מחד וחוסר נכונות להתפשר של נציגי רשויות התכנון והגופים הירוקים מאידך, תוצאת התהליך היא תכנית עקרונית המקבלת רוח גבית מכל הגופים ובעלי העניין.

עקרונות התכנית משלבים פיתוח בשולי הבקעה לצד לשימור ערכי הבקעה, שיפור החקלאות, פיתוח תירותי ועוד. התפיסה האגנית המחברת בין דיסציפלינות שונות על בסיס אגני, סייעה בגיבוש התכנית העקרונית.

**דיון ומסקנות:** תכניות רבות בשני העשורים האחרונים ניסו להתמודד עם האתגר שמציבה הבקעה. תכנון רב דיסציפלינרי בשותפות עם הציבור ובעלי העניין יצר מהפכה ביכולת לגבש

חזון אופטימי לבקעה חקלאית, עם איזון בר קיימא בין התפוקה הכלכלית מהקרקע לבין שמירה וטיפוח ערכי טבע, נוף ומורשת.

**תרומת המחקר:** תהליך התכנון ברמת השותפות שתוארה, הוא ייחודי וחלוצי בארץ. מובילי התהליך מאמינים כי ניתן ליישם תובנות מתהליך זה באזורים נוספים בהם קיימים מצבים שהם לכאורה לא פתורים במתח שבין פיתוח חקלאי וכלכלי לבין שימור ערכי טבע ונוף.

בנוסף, יצר התהליך הנוכחי אופק ויכולת להמשיך את תהליך התכנון ולהובילו לביצוע ברבדיו השונים.

---