

טל סילבר

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה,
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

יעל סילבר

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה,
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל;
החוג ללימודים רב תחומיים, מכללת
תל חי

אילת ברעם-צברי

קבוצת תקשורת המדע, הפקולטה
לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון –
מכון טכנולוגי לישראל

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

סילבר ט, סילבר י וברעם-צברי א.
2021. שיתוף הציבור במחקר מדעי:
קשת של אפשרויות. *אקולוגיה
וסביבה* 12(4).



שיתוף הציבור במחקר מדעי: קשת של אפשרויות

גיליון חורף 2021 / כרך 12(4)

סקירות

על קצה המזלג

- ברוב המחקרים שנערכים על בסיס מודל 'שיתוף הציבור במחקר', מדענים מעניקים לאזרחים אפשרות להשתתף במחקר. ישנם מחקרים שמנוהלים ומקודמים על-ידי אזרחים ועבורם, דבר המערער את ההגמוניה של המומחים ביצירת ידע מדעי.
- הכרת מגוון האפשרויות של שיתוף הציבור במחקר חיונית לחוקרים בתחומי האקולוגיה, הסביבה, מדעי החברה והחינוך הסביבתי, והם יכולים להסתייע בו לקדם ידע סביבתי, מטרות סביבתיות ומטרות של חינוך סביבתי.
- מאמר זה יכול לתרום להתפתחות השיח והעשייה סביב שיתוף הציבור במחקר בארץ, ולתמוך בקידום סוגיות סביבתיות, בפיתוח יכולות אזרחיות, בהעצמת אזרחים, באקטיביזם אזרחי ובהשפעה אזרחית על החלטות שלטוניות.

המערכת

תקציר

תקציר

בעשורים האחרונים השתתפות הציבור במחקרים מדעיים צוברת פופולריות בקרב אזרחים ומדענים כאחד, ויוצרת הזדמנויות חדשות ללמידה וליצירת ידע מדעי מצד אחד ולשינוי חברתי ופוליטי מצד שני. פרויקטים של מחקר המשתפים את הציבור התפתחו במגוון תחומים, והם נבדלים זה מזה במאפייניהם, במידת המעורבות של המשתתפים ובשיטות המחקר. קיימים מודלים שונים לשיתוף הציבור במחקר מדעי, ובהם סוגים שונים של מדע אזרחי ומדע קהילתי. היכרות עם מנעד המודלים השונים המשלבים אזרחים במדע יכולה לתרום לחוקרים ולקהילות לבחור באחד על פני האחר ולהשיג את המרב משיתוף פעולה זה. ישנן סיבות רבות לקיום מחקר המשתף את הציבור, ובסקירה זו מוצגות דוגמאות לתרומה ולתועלת של מחקרים מסוג זה לחברה, למדע ולסביבה. בחלקה האחרון של הסקירה מוצגות שלוש דוגמאות קונקרטיות, המדגימות אפשרויות מגוונות לשיתוף הציבור במחקר, שנבדלות ביניהן במידת המעורבות ובעבודה מול יחידים, קבוצות או קהילות.

מבוא

בעשורים האחרונים אנו עדים לתופעה שהולכת ומתרחבת: חוקרים וחוקרות משלבים אזרחים שאינם מדענים במחקרם. השתתפות הציבור במחקרים מדעיים מתבצעת ממגוון סיבות, בדרכים מגוונות וברמות ארגון שונות [1,3]. השתתפות מעין זו מתקיימת מזה שנים רבות, וכיום מיליוני אזרחים שאינם מדענים משתתפים באלפי מחקרים מדעיים כחלק מצוותי המחקר [1,7,13,34]. שניים מהמודלים המוכרים ביותר לשיתוף הציבור במחקר הם מדע אזרחי (5) (citizen science) – השתתפותם של מתנדבים, שאינם מדענים, במחקר מדעי, לעיתים קרובות בהנחיה של מדענים – ומדע קהילתי (3,9,36) (community science), המערב קהילה במסגרת המחקר.

למרות ריבוי הפרויקטים המערבים את הציבור בתהליך המדעי, נראה כי רבים מהחוקרים ומאנשי החינוך הסביבתי אינם מכירים את האפשרויות השונות של מחקר משותף עם הציבור ואת התרומה האפשרית של מחקר מסוג זה למדע, לחברה ולסביבה. כמו כן, למעלה מ-90% ממחקרי המדע האזרחי משתייכים למודל פעולה אחד, מחקר מסייע – המערב אזרחים בשלב איסוף הנתונים בלבד [29], אף על פי שקיימות מגוון פרקטיקות המערבות את הציבור גם בשלבים נוספים של המחקר.

ראשית, נציג דוגמאות לתרומה ולתועלת הגלומות במחקר המשתף את הציבור לחברה, למדע ולסביבה. לחוקרים יש מוטיבציות מגוונות לבצע מחקר המערב את הציבור. למשל, איסוף מידע בהיקף נרחב ולאורך זמן, צמצום עלויות עידוד אזרחות פעילה, יצירת שינוי חברתי וסביבתי ועוד. למחקר המערב את הציבור יש פוטנציאל להרחבת הידע המדעי [2] מתוך שיתוף קהלים מגוונים וקידום אוריינות מדעית בקרב המשתתפים [1,34]. בהמשך נערוך היכרות עם המודלים השונים המשלבים אזרחים במדע, שכן היכרות כזו יכולה לעזור לחוקרים ולקהילות לבחור באחד על פני האחר כדי להשיג את המרב משיתוף פעולה זה. בחלקה האחרון של הסקירה יוצגו שלוש דוגמאות קונקרטיות למגוון האפשרויות לשיתוף הציבור במחקר ברמות מעורבות שונות ובעבודה עם פרטים, קבוצות או קהילות.

תרומתו של שיתוף הציבור במחקר לחוקרים ולמדע

בתהליך של מחקר המשלב אזרחים מקהילות מגוונות ישנן תרומות רבות למחקר ולמדענים. למדענים יש אפשרות להגיע לנתונים רבים יותר, בפריסה רחבה יותר ובעלויות נמוכות יחסית. דוגמה לכך ניתן לראות [במעבדה לצפרות של אוניברסיטת קורנל](#) המפעילה בכל שנה עשרות פרויקטים המערבים עשרות אלפי משתתפים שמדווחים על מאות אלפי תצפיות של ציפורים בעזרת היישומון eBird.

לא רק הפריסה הפיזית גדלה בשיתוף הציבור, אלא גם הפריסה של נקודות ההתייחסות למחקר. תאוריה היא יציבה כאשר הפתרונות של מודלים בעלי הנחות מוצא שונות מתכנסים לתוצאה דומה [19]. יציבות (robustness) היא קריטריון מרכזי ומוכר לאישוש ידע מדעי, ולכן אם תאוריה או תצפית נבחנות באופן בלתי תלוי על-ידי מספר אנשים בעלי רקע שונה, שאינם חייבים להיות מומחים, וישנה הסכמה ביניהם, אז התאוריה או התצפית מהימנות ויציבות יותר.

מדע אזרחי יכול לספק גם מהימנות גבוהה בין מתייגים שונים: דוגמה למהימנות גבוהה ניתן לראות בפרויקט [Galaxy zoo](#) שבמסגרתו כל תצפית (במקרה זה – תמונה של גלקסיה) זוכה לסיווגים מ-38 משתתפים במוצע. רמת המהימנות הגבוהה של הדיווחים ומאפשרת פרסומים של מאמרים רבים מדי שנה.

דוגמה לתרומה של ריבוי נקודות מבט ניתן לראות בפרויקט [אקדמיה בכיכר](#), שבמסגרתו מתקיימות מגוון פעילויות

מחקריות עם קהילה רבגונית. נקודות המבט השונות של המשתתפים תרמו במהלך השנים לבחינה מחודשת של ידע מדעי וליצירת ידע חדש. למשל, בתהליך למידה משותפת עם הקהילה נוצר מודל חדש להכשרת מורים. לפי המודל, דיאלוג בין כלל המבוגרים המשמעותיים בחיי כל ילד או ילדה תורם ליצירת ידע משמעותי ורלוונטי עבור הילדים^[26]. דוגמה ליציבות מוצגת במחקר שבחן את ההתאמה של נתונים מתוך שני מאגרי מידע גדולים של תצפיות ציפורים המבוססות על מדע אזרחי, [BirdTrack](#) ו-Breeding Bird Survey. כל מאגר מידע בנוי על הנחות מוצא שונות הקשורות לאופן איסוף הנתונים. החוקרים הראו התאמה גבוהה בין הממצאים משני מאגרי המידע, ומכאן שהנתונים במאגרי המידע יציבים^[6].

חשיפת המחקר לאנשים רבים יותר מגדילה את ערכו. מאז ייסוד כתב העת המדעי הראשון טענו חוקרים וחוקרות שהשיתוף בידע המדעי חשוב לא רק לציבור, אלא גם להתפתחות המדע. ככל שמידע מופץ יותר, כך ערכו עשוי לגדול בעקבות חשיפה לאפשרויות שימוש נוספות בו. השתתפות אזרחים בתהליך מחקרי לא רק מגבירה את החשיפה של המדע לציבור, אלא גם בעלת פוטנציאל להגביר את העניין של הציבור במדע^[25].

כאשר חוקרים נעזרים במומחים מקומיים, הם נחשפים לידע ייחודי שלא נמצא בגבולות האקדמיה. במקרים רבים ידע מקומי כולל מידע על מינים מקומיים, מיומנויות מסורתיות, אורחות חיים ועוד. ידע מסוג זה נצבר לאורך הדורות במפגש בלתי אמצעי עם סביבת המחיה, ובמרבית המקומות בעולם הוא הולך ונעלם. מחקר משותף הוא הזדמנות עבור החוקרים ללמוד ולהפיץ את הידע המקומי הייחודי.



ניטור מי נחל הזהב החוצה את קריית שמונה. הניטור מתבצע על-ידי אזרחי קריית שמונה וסביבתה. קבוצת ניטור המים צמחה לאחר הקורס "כמה דברים שאולי אנחנו לא יודעים על מים", שהתקיים במסגרת פרויקט "אקדמיה בכיכר" | צילום: יעל אשד סילבר

תרומתו של שיתוף הציבור במחקר לאזרחים ולחברה

להשתתפות הציבור במדע יש פוטנציאל לחזק את האוריינות המדעית של המשתתפים. לאוריינות מדעית (science literacy) הגדרות מגוונות, שמתייחסות לבקיות בידע ולשליטה במיומנויות מדעיות. חוקרים רבים מתייחסים לאוריינות מדעית כיכולת הבנה ויישום מושכל של מידע מדעי בפתרון בעיות בהקשרים שונים הרלוונטיים לחיי היום-יום. מחקר שבחן חמישה תוצרי למידה מרכזיים – ידע על תכנים מדעיים, עניין בתכנים מדעיים, מיומנויות של חקירה מדעית, עמדות בנוגע למדע ושינוי בהתנהגות – בקרב 327 פרויקטים של מדע אזרחי, הראה כי המשתתפים דיווחו על שיפור ניכר בהם. בפרויקטים שעירבו את הציבור בשלבי מחקר רבים יותר, נראה שיפור רב יותר בכל תוצרי הלמידה, ובאופן מובהק במיוחד בדיווח על מיומנויות חקירה מדעית ועל שינוי

בהתנהגות [25]. פרויקטים של מדע אזרחי ומדע קהילתי מעודדים את המשתתפים בהם להמשיך מעורבות חברתית וסביבתית, יוצרים מסגרת חברתית לאקטיביזם, והם כוח רב עוצמה בתהליכי שינוי מדיניות [12].

עד כה הצגנו את התרומה עבור הפרט, אך גם קהילה יכולה להתרם מתהליך של מחקר משותף. פרויקטים המבוצעים על-ידי קהילה שמובילה, מתכננת ומבצעת את המחקר, משפרים את תפקודיה ואת איכות חייהם של הפרטים בקהילה באמצעות פעילות קולקטיבית ותוך יצירת קשרים קהילתיים והכרה בעוצמות הקהילה ובערכיה [38,9].

תועלת חברתית שטרם זכתה למחקר אמפירי היא האפשרות להפחית אי-צדק אפיסטמי (epistemic injustice) [14] במסגרת פעילות של מדע אזרחי. אי-צדק אפיסטמי הוא חוסר צדק הנוצר בעקבות אי-הכרה בכך שחברות וחברי קהילה מסוימת הם בעלי ידע. דוגמה לאי-צדק זה היא היעדר הכרה בידע של תושבים ותושבות בעניין איכות המים הזורמים ליד ביתם, כיוון שהם חסרי השכלה מדעית פורמלית. כאשר אדם מקבל הכרה על השתתפותו בתהליך המדעי ועל תרומתו לו, נוצרת אצלו תחושת ערך, וזו הפחתה אקטיבית של אי-צדק אפיסטמי. הכרה בידע של המשתתפים יכולה להתבצע בדרכים שונות, כמו משוברים חיוביים בתהליך העבודה ואף ציון מפורש של תרומת המשתתפים בתהליך המחקר במאמר המתפרסם.

"אם אנחנו מעוניינים באמת בפריחה ובשגשוג של ילדינו, עלינו לאפשר להם להכיר את כדור הארץ ולאהוב אותו, לפני שנבקש מהם להציל אותו" [35]. פרויקטים מדעיים המשתתפים את הציבור הם בעלי פוטנציאל לא רק לחבר את המשתתפים לתהליכים מדעיים וסביבתיים קיימים, אלא גם לעודד את האזרחים לפעול באופן אקטיבי לטובת הסביבה [20,8]. השתתפות פעילה בתהליך מדעי, כפי שמתבצע במדע אזרחי או במדע קהילתי, תורמת להרחבת הידע המדעי, לשיפור האוריינות המדעית ולשינוי בעמדות ובהתנהגות ביחס לנושאים סביבתיים [25]. אוריינות מדעית מסייעת בשיפור רמת החיים, מאפשרת לאזרח להשתתף בתהליכים דמוקרטיים של חברה טכנולוגית [32], והיא כלי רב-עוצמה למעורבות מושכלת בנושאים סביבתיים, בריאותיים וסוציו-פוליטיים [23]. כאמור, שינוי בעמדות ובהתנהגות לטובת שמירה על הסביבה דווחה באחוזים גבוהים יותר כאשר המשתתפים היו מעורבים בשלבים נוספים ולא רק בשלב איסוף הנתונים.



תלמיד כיתה ה' מסייע בניטור איכות המים בנחל ליד מיניאפוליס | צילום: MPCA photos, Flickr, CC BY-NC 2.0

אפשרויות מגוונות למעורבות אזרחים בתהליך המדעי

מדע אזרחי הוגדר כהשתתפותם של מתנדבים, שאינם מדענים, במחקר מדעי, לעיתים קרובות בהנחיה של מדענים [5] במקרים רבים מדובר בשותפות בחקירה מדעית שיכולה לכלול פרטים, קבוצות או רשתות של מתנדבים [34].

לצורך השגת יעדים משותפים. ישנן דרכי השתתפות שונות במדע אזרחי, הכוללות מאמץ אינטלקטואלי, ידע סביבתי ושימוש בכלים ובמשאבים של המשתתפים [31].

מדע קהילתי הוא מושג חדש יותר, המערב קהילה במסגרת המחקר. מעורבות קהילה יכולה להיות בשלבי המחקר השונים: המחשבה על המחקר וניסוח שאלת המחקר, תכנון שיטת המחקר וכלי המחקר, איסוף הנתונים, ניתוח הנתונים, כתיבה ופרסום של מאמר או דו"ח מחקר. בתחומים שונים המדע קהילתי מוגדר ומסווג בצורות שונות. המשותף להגדרות אלה הוא הדגש הניתן לתפקיד ולתפקוד של הקהילה במחקר המדעי ולקשרים הקהילתיים הנבנים כחלק מהמחקר [36,9,4,3].

כיוון שמדע אזרחי ומדע קהילתי הם שני המודלים הנפוצים והמוכרים במחקר משותף עם הציבור, נתמקד בהצגת מגוון דוגמאות המתאימות להגדרותיהם, אך חשוב לשים לב שיש מודלים נוספים שלא נכללו במאמר זה [11,18,22,10].

את הפרויקטים השונים של מדע אזרחי ומדע קהילתי ניתן למיין לפי רמות שיתוף, השפעה ומעורבות של הציבור, סוג הפעילות, ממד גאוגרפי ועוד [30]. מיון מקובל בוחן את הפרויקטים על פי **מידת המעורבות והשיתוף של הציבור** [5,6,16,30,31]. חוקרים הציעו רמות עולות של מעורבות הציבור, מהרמה הנמוכה ביותר, שהמדענים מתכננים בה את המחקר, מנתחים את הנתונים ומסיקים את המסקנות, והאזרחים שותפים באיסוף הנתונים בלבד, ועד הרמה הגבוהה ביותר, שהאזרחים לבדם או בשיתוף המדענים מתכננים ומבצעים את כל שלבי המחקר, ואף קיימים מקרים שהאזרחים שואלים את שאלת המחקר, ומדענים מבצעים עבורם את המחקר. מיון אחר בוחן את **אופי ההשתתפות של הציבור במחקר המדעי** [17]. מיון זה נע בין השתתפות מקוונת לבין השתתפות פיזית, שבה המשתתפים מבצעים תצפיות ואיסוף נתונים. גם בדרך מיון זו ישנה רמת מעורבות עולה. ברמת המעורבות הנמוכה ביותר בפרויקטים מקוונים האזרחים אינם פעילים, אלא מאפשרים למדענים להשתמש במשאבי מחשוב לא מנוצלים או להתקין חיישנים אוטומטיים בשטחם ובכך לספק נתונים. ברמת מעורבות גבוהה בפרויקטים מקוונים המשתתפים תורמים יכולות קוגניטיביות, כמו זיהוי דפוסים או ניתוח מידע.

כיצד לבחור מודל לפרויקט מחקר המשתף את הציבור?

טבלה 1 מסכמת מודלים שונים של מחקר המשתף אזרחים על פי רמת המעורבות ודרך ההשתתפות. כל מודל נבחן על פי חמש שאלות, ובעזרתן ניתן לבחור את המודל המתאים לפרויקט [38].

טבלה 1. מיון פרויקטים מחקריים המשתפים את הציבור, לפי רמת שיתוף האזרחים ככל שהרקע לשורה כהה יותר, כך היא מתארת מעורבות גדולה יותר של אזרחים בתהליך המדעי (ממעורבות בשלב אחד בחלקה העליון של הטבלה ועד למעורבות בחמישה שלבים בחלקה התחתון).

מודל לשיתוף הציבור	מי מגדיר את שאלת המחקר?	מי מעצב את המחקר?	מי אוסף את הדגימות?	מי מנתח את הדגימות?	מי מפרש את הנחונות?	פרויקט לדוגמה	קישור לפרויקט
חשה פסיבית	מדענים	מדענים	אזרחים	מדענים	מדענים	Quake Catcher Network	quakecatcher.net
מחשוב התנדבותי	מדענים	מדענים	אזרחים	מדענים	מדענים	SETI@home	setiathome.berkeley.edu
הצפייה סביבתית ואקולוגיות	מדענים	מדענים	אזרחים	מדענים	מדענים	המיקורביום של הצמחים	heb.wis-wander.weizmann.ac.il/science-teaching/n-11178
חשיבה התנדבותית	מדענים	מדענים	אזרחים	מדענים	מדענים	Foldit	fold.it
פרויקט מסייע	מדענים	מדענים	אזרחים	מדענים/אזרחים	מדענים	ספירת הציפורים	yardbirds.org.il
ייעוץ קהילתי	אזרחים	אזרחים	מדענים	מדענים	מדענים	Living Knowledge	www.livingknowledge.org
פעילים קהילתיים	מדענים	מדענים	אזרחים	אזרחים	מדענים		
פרויקט חוזי	אזרחים	מדענים/אזרחים	מדענים	מדענים	מדענים		
פרויקט שיתופי	מדענים	מדענים/אזרחים	אזרחים	מדענים/אזרחים	מדענים	חשים את האוויר	air.net.technion.ac.il
חשה שיתופית	מדענים ומדענים	אזרחים	אזרחים	אזרחים	מדענים		
פרויקט משותף	מדענים ואזרחים	מדענים ואזרחים	אזרחים	מדענים ואזרחים	מדענים ואזרחים	BioBlitz Mullen C	www.ukeof.org.uk/documents/CitizenScienceReport.pdf
מחקר שיתופי מבוסס קהילה	אזרחים ומדענים	אזרחים ומדענים	אזרחים	אזרחים	אזרחים ומדענים	CHEIHO	pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20208265
מדע קהילתי	אזרחים	אזרחים	אזרחים	אזרחים	אזרחים	Public lab	publiclab.org

טבלה 1

מיון פרויקטים מחקריים המשתפים את הציבור לפי רמת שיתוף האזרחים ככל שצבע התא בטבלה כהה יותר, כך מעורבות אזרחים בתהליך המדעי גדולה יותר (ממעורבות בשלב אחד בחלקה העליון של הטבלה ועד למעורבות בחמישה שלבים בחלקה התחתון).

כדי להקל על התכנון, היישום והניהול של פרויקטים של מדע אזרחי נוצרו לאורך השנים מגוון מדריכים ומודלים המפרטים את השלבים השונים שעל החוקרים לבצע [15]. בשל מגבלת המקום במאמר לא ניכנס לנושא חשוב זה, אך חשוב לנו לתת דוגמה למדריך במטרה להקל על יצירת פרויקט של מחקר המערב את הציבור. **טבלה 2** מציגה דוגמה למדריך, שכתב צוות GEWISS הגרמני [24]. נוסף על השלבים, הצוות מציע מספר שאלות תומכות שנועדו לסייע לחוקרים בבקרה. בבחינת פרויקטים של מדע אזרחי שנחשבים מוצלחים במדדים כמותיים (מספר פרסומים מדעיים), נמצא כי כולם מאופיינים בתכנון ובהנגשה של הפרויקט לאזרחים בעזרת פלטפורמות נגישות לאיסוף נתונים ולהפצת התוצאות, הדרכות, תמיכה חברתית וקהילתית ועוד [16].

טבלה 2. שלבים לתכנון פרויקט של מדע אזרחי

מעובד ומתורגם מתוך "מדע אזרחי לכולם. מדריך לעוסקים במדע אזרחי"^[23].

השלב	המשימות	שאלות ביקורת
לפני שמחילים	הגדרת שאלת המחקר הגדרת היתרונות של שימוש במדע אזרחי עבור הפרויקט	האם יש שאלה מחקרית ברורה? מה היתרון בשימוש בגישת מדע אזרחי?
שלב מקדים	הקמת צוות הפרויקט פיתוח מטרות קונקרטיות	האם המיומנויות ובעלי העניין הדרושים מיוצגים?
תכנון	עיצוב המחקר קביעת שיטות מחקר קביעת קהל יעד חישוב המשאבים הדרושים פיתוח אסטרטגיה לתקשורת עם המשתתפים פיתוח חומרי הדרכה פיתוח פרוטוקולי מחקר בדיקה והתאמה של שיטות המחקר	כמה זמן צריך לקחת הפרויקט? אילו משאבים נדרשים? כיצד ניתן להניע את המשתתפים? האם המשתתפים זקוקים להכשרה, ואם כן, לאיזו? כיצד יוערך הפרויקט? אילו תשתיות נדרשות? היכן וכיצד יאוחסנו נתונים? היכן ישמשו הנתונים/ תמונות/ דו"חות?
איסוף נתונים	איסוף, תיאור וניתוח של הנתונים מתן משוב למשתתפים	מי אחראי על תקשורת עם המשתתפים?
תקשורת ודיון	הצגת התוצאות ופרסומן	כיצד יפורסמו התוצאות, ומי קהל היעד? כיצד ניתן להציג את תפקיד המשתתפים?
הערכה	הערכת איכות התוצאות המדעיות הערכת התהליך והיתרונות לכל השותפים	באילו קריטריונים חייבים לעמוד כדי שהפרויקט ייחשב כהצלחה?

טבלה 2

שלבים לתכנון פרויקט של מדע אזרחי

מעובד ומתורגם מתוך "מדע אזרחי לכולם. מדריך לעוסקים במדע אזרחי"^[23].

טבלה 1 וטבלה 2 הן כלים שיכולים לעזור למדענים לבצע מחקר משותף עם פרטים, קבוצות וקהילות. מדענים שיש להם שאלת מחקר וכלי מחקר ברורים, ושאינם מעוניינים בשינויים או במטרות מחקר נוספות, יתכננו את מחקרם על פי פרויקט של מדע אזרחי עם מידת מעורבות נמוכה, לרוב עם פרטים או קבוצות. מדענים הבוחרים לחקור עם קהילה צריכים להכיר ולהבין את הצרכים והמטרות של הקהילה שהם מעוניינים לבצע איתה את הפרויקט. עליהם להקים צוות הובלה משותף שיערב את הקהילה בשלבי תכנון המחקר ובפעילות המחקרית (**טבלה 2**) ולהתאים את הפרויקט לאופי, לתרבות ולמאפיינים של הקהילה.

כלים אלה יכולים לסייע גם לקהילות בעלות צורך מקומי, המעוניינות לבצע מחקר מדעי שמערב מדענים. עליהן להגדיר את מטרותיהן וצרכיהן, לבחור מודל ורמת מעורבות רצויה של מדענים, למפות את השותפים המקומיים והמקצועיים ולארגן ולעגן את מהלכי בניית הפרויקט וביצועו.



מיום מדע אזרחי בוויירג'יניה לניטור איכות מים | צילום: Chesapeake Bay Program, Flickr, CC BY-NC 2.0

דוגמאות לפרויקטים של מחקר בשיתוף הציבור

כדי להדגים מודלים שונים של שיתוף הציבור במחקרים מדעיים, נציג פרויקטים שונים המנטרים מים בשיטות מדעיות דומות, אך נבדלים במידת ההובלה, במעורבות ובשיתוף הציבור.

פרויקט הכולל מדע אזרחי מסייע ומחקר שיתופי מבוסס קהילה: פרויקט עולמי לניטור מים מתוקים – FreshWater Watch

[FreshWater Watch](#) הוא פרויקט מדע אזרחי עולמי המתמקד בניטור איכות המים ומאגד בתוכו פעילויות שונות. הפרויקט הוקם בשנת 2012 על-ידי הארגון הסביבתי Earthwatch Europe כדי לאפשר לאנשים פרטיים, לעסקים, לתלמידים ולקהילות ברחבי העולם לפקח ולהגן על מקורות המים המקומיים ולשקם אותם.

משתתפי הפרויקט עוברים הכשרה ומודדים באמצעות שיטות פשוטות ואחידות משתנים מרכזיים המעידים על בריאות גוף המים. לאחר איסוף הנתונים המשתתפים מעלים את הנתונים לפלטפורמה מקוונת. הנתונים משמשים אזרחים, עסקים, ממשלות ומדענים, ומאפשרים לקבל תמונת מצב טובה יותר של איכות המים ולהפעיל אמצעי שיקום ושיטות ניהול טובים יותר במקומות שונים ברחבי העולם. עד כה הוכשרו למעלה מ-12,000 מתנדבים, ונאספו למעלה מ-26,000 מדידות ביותר מ-2,000 אתרי מדידה ב-26 מדינות ברחבי העולם.

בפרויקט משתתפות אוכלוסיות מגוונות, ויש בו צורות ניהול שונות. ישנם תלמידים ואנשים פרטיים המבצעים איסוף נתונים במחקרים המנוהלים ומתוכננים על-ידי מדענים. דוגמה לכך הן פעילויות מסוג WaterBlitz, פעילות פתוחה לציבור הרחב שנאספים במסגרתה נתונים במהלך סוף שבוע אחד על-ידי מאות אנשים במגוון מקומות. הנתונים שנאספים נותנים תמונת מצב המאפשרת השוואה של איכות המים בין אזורים שונים באותה נקודת זמן. הפרויקט גם פונה לקהילות המעוניינות לחקור את מקור המים המקומי באזורן. הקהילות שואלות את שאלת המחקר, ומבצעות את איסוף הנתונים ואת ניתוחם. המשתתפים מפתחים עניין והבנה לגבי חשיבותם של מים מתוקים והופכים לסוכני השפעה של סביבתם. פרויקט FreshWater Watch מכיל בתוכו פרויקטים של מדע אזרחי מסוג מסייע ופרויקטים של מדע קהילתי מסוג מחקר שיתופי מבוסס קהילה.

מאגר הנתונים שנאספים פתוח לכלל הציבור, וחוקרים רבים נעזרים בהם לביצוע מחקרם. ראייה לכך היא שבין השנים 2015–2020 בלבד פורסמו 23 מחקרים המבוססים על נתוני הפרויקט. אחד מהם, למשל, בדק את

השפעות העיור על עכירות מאגרי המים [21].

פרויקט מדע אזרחי מסייע שהפך למדע אזרחי משותף / מחקר שיתופי מבוסס קהילה: פרויקט ניטור גשם חומצי – ALLARM

פרויקט ניטור הגשם החומצי (ALLARM Alliance for Aquatic Resource Monitoring) פעל ברחבי מדינת פנסילבניה משנת 1984 עד 2005 [37, 38]. הוא החל כפרויקט לאיסוף נתונים ולחינוך מדעי בלתי פורמלי, ומטרתו המקורית הייתה להעלות את המודעות בקרב אזרחי פנסילבניה לבעיית הגשם החומצי במדינה. בראשית הפרויקט המדענים קבעו את מטרת המחקר, שאלות החקר ואופי הפרויקט, ואילו האזרחים המתנדבים ערכו ביקורים שבועיים בזרם נחל לפי בחירתם ובדקו את רמת החומציות וחומרים בסיסיים המסיסים במי הנחל. הפרויקט החל בסדנאות הדרכה שלימדו כיצד לבחור אתרי ניטור, לבצע את ניטור המים ולבדוק את איכות הדגימות שהאזרחים מבצעים. בכל שנה השתתפו בפרויקט כ-150 מתנדבים שפעלו לרוב באופן עצמאי. לאורך השנים הוזנו יותר מ-33 אלף דיווחי נתונים על-ידי 500 מתנדבים ב-732 אתרי ניטור. הנתונים נהלו ונתחו על-ידי צוות ALLARM והיו זמינים לציבור באתרים מקוונים, בדו"חות שנתיים, בעלוני מידע ועוד. ככל שהפרויקט התקדם, משתתפים רבים יותר דנו בתוצאות ושאלו שאלות חדשות בסדנאות ההכשרה או במפגשים, שחרגו מהנושא הראשוני של ניטור החומציות. הדיון, התוצאות ושאלות החדשות אפשרו להרחיב משמעותית את הפרויקט ולטפל במגוון רחב יותר של נושאים בתחום. כיום הקהילה המשתתפת קובעת מה יהיו שאלות ואופי המחקר, ומנהלת אותו. הפרויקט עוסק בתחומים נוספים, כגון פצלי שמן, שיקום נחלים ותוכניות חינוך סביבתי. הפרויקט הפך ממדע אזרחי מסייע למדע אזרחי משותף, ולמעשה ממדע אזרחי למדע קהילתי.

מחקר שיתופי מבוסס קהילה: פרויקט קו פרשת המים בהנדרסון קריק (HCP)

פרויקט זה התקיים בקו פרשת המים של הנדרסון קריק [27, 28]. בעיירה שנחקרה קיימת בעיית מים חמורה, שמחריפה עם השנים עקב שני גורמים מרכזיים: א. זיהום המים על-ידי מפעלים וחקלאות; ב. שינוי תוואי הנהר, שהוביל לשינויי מפלס קיצוניים בין עונות השנה.

הפרויקט הוקם כיוזמה של שלושה אזרחים מקומיים שחששו לאיכות המים. הם הקימו ועדת היגוי שתנהל את הפרויקט ותגייס תמיכה של התושבים, החקלאים, הסטודנטים, התלמידים והמוסדות האזוריים כדי להוביל לשינוי. הפרויקט נערך בקהילה ובבית הספר מתוך הבנה שהם יכולים לתמוך אחד בשני.

הפעילות בשיקום האפיק בהנדרסון קריק כללה קבוצות פעולה בתחומים מגוונים, חלק ביצעו ניטור של המים, חלק הנגישו את הידע שנאסף לקהילה, וחלק פעלו לשינוי מדיניות למול הרשויות. הקהילה יצרה פלטפורמות מרובות לעיסוק ולצירת שיח פתוח על הנושא, שכלל דיונים פומביים, ישיבות מועצה, אירועי בית פתוח, כתבות ועוד. במסגרת הפעילות הקהילתית נחל עוודו מורים למדעים את תלמידיהם להשתתף בפעילות מדעית שתתרום לפעילות של חקירת קו פרשת המים ולקהילה כולה. לאחר הכנה שכללה סיורים וקריאת מאמרים, כל קבוצת תלמידים תכננה וביצעה מחקר מדעי והציגה את ממצאיה לקהילה. מובילי הפרויקט, הורים ומתנדבים תרמו במגוון דרכים לתלמידים הן בידע הן במסגרת המחקר ואיסוף הנתונים. מעורבות הדדית זו של הקהילה ושל התלמידים נתנה אפשרות להגדלת יצירת הידע הקהילתי והאזורי, אך גם הזדמנות לתלמידים להשתתף כאזרחים פעילים בנושאים המעסיקים את הקהילה.

פרויקט זה הוא דוגמה למדע קהילתי ביוזמת הקהילה, שתכננה את הפרויקט כדי לשפר את הסביבה שהיא חיה בה. מובילי הפרויקט יצרו קשרים בין חברי הקהילה ומנגנונים להפצת הידע החדש שנוצר, ונתנו מקום ואפשרות לכל חבר בקהילה להשתתף בתחומי הפעילות לפי רצונו אישי.

סיכום

השימוש במתודולוגיה של מדע אזרחי מתרחב בעשורים האחרונים, ונוצרים עוד ועוד הגדרות ומודלים למחקר המשתף את הציבור הרחב. עם זאת, נכון להיום רובית המחקרים והפרויקטים המערבים את הציבור משתייכים למודל מסוג אחד שבמסגרתו האזרחים משתתפים באיסוף הנתונים בלבד. ישנם מודלים שונים לניהול ולתכנון של

פרויקטים של מדע המשתף את הציבור, והם נבדלים זה מזה במידת המעורבות והשותפות של האזרחים והחוקרים. ישנם מחקרים המובלים על-ידי חוקרים ומשתפים פרטים, קבוצות או רשתות חברתיות במידת מעורבות שונה. לעומתם, ישנם פרויקטים שמתוכננים ומבוצעים בשותפות ובתהליך המשלב חוקרים ואזרחים או קהילות. כמו כן, יש מחקרים שהקהילה מובילה אותם ומערבת חוקרים במידה משתנה. חשוב להכיר את המודלים השונים שקיימים ולהבין את מגוון האפשרויות של מחקר המשתף אזרחים וקהילות כדי להגשים בצורה הטובה ביותר את מטרות המעורבים במחקר.

במאמר זה הוצג מגוון של אפשרויות למעורבות של אזרחים במחקר מדעי, במטרה לעזור למדענים, לאזרחים ולקהילות, המעוניינים בתכנון ובביצוע של מחקר מדעי משותף, לבחור את מודל העבודה המתאים עבורם.

הלכה למעשה

רופ' תמר דיין, יו"ר מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב:

סקירה חשובה זו מדגישה את הערך המדעי והציבורי של מדע אזרחי וקהילתי, מזקקת לרמה פרקטית את קשת האפשרויות של שיתוף הציבור במחקר מדעי, ומציגה פרויקטים בין-לאומיים כדוגמאות מרתקות לפעילות בתחום זה. למעשה, גם בישראל כבר פועלים פרויקטים חשובים ומעניינים של מדע אזרחי במסגרות שונות, ואין ספק שקיים פוטנציאל עצום לחיזוק ולהעצמה של התחום ושל העוסקים בו ולהפיכתו למרכיב חשוב בקירוב הציבור הרחב לטבע. כמו כן, יש פוטנציאל רב להפקת מידע מדעי בעל ערך רב למחקר ולהגנה על הסביבה. בימים אלה מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט מקים את המרכז הישראלי למדע אזרחי בשיתוף פעולה עם ארגונים ומוסדות שונים ועם מדענים המעוניינים לקדם את התחום בישראל. המרכז יפעל לקידום שיתוף הציבור על כל שכבותיו ומגזריו בניטור ובחקר של המגוון הביולוגי והסביבה למען שמירת הטבע בישראל. בליבת פעילותו מתוכננים פיתוח ותחזוקה של מערך תשתיות טכנולוגיות, מדעיות וחברתיות, שיספקו תמיכה חיונית למיזמים קיימים וליזומות חדשות תוך יצירת רשת לאומית של פרויקטים של מדע אזרחי וקהילתי. הכלים התכנוניים שהוצגו בסקירה יוטמעו בתוכנית, ויסייעו במאמץ לבנות גוף ידע המסוגל לספק ייעוץ ותמיכה טכנולוגית, מתודולוגית ומדעית לכלל השוחרים והחוקרים של המדע האזרחי והקהילתי בישראל.

מקורות

1. גולומביק י, ברעם צברי א ופישיבין ב. 2015. מדע אזרחי – שיתוף הציבור בביצוע מחקר מדעי. *אקולוגיה וסביבה* 6(1): 226–235.

2. Australian Citizen Science Association. *What is Citizen Science?*.
3. Berkes F and Ross H. 2013. Community resilience: Toward an integrated approach. *Society and Natural Resources* 26(1): 5-20.
4. Berkes F and Folke C (Eds). 1998. Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
5. Bonney R. 1996. Citizen science: A lab tradition. *Living Bird* 15(4): 7-15.
6. Boersch-Supan PH, Trask AE, and Baillie SR. 2019. Robustness of simple avian population trend models for semi-structured citizen science data is

- species-dependent. *Biological Conservation* **240**: 108286.
7. Bonney R, Ballard H, Jordan R, et al. 2009. Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education. A CAISE Inquiry Group Report. *Online Submission*.
 8. Bonney R and Dickinson JL. 2012. Overview of citizen science. In: Bonney R and Dickinson JL (Eds). *Citizen Science: Public Participation in Environmental Research*. Ithaca (NY): Cornell University Press.
 9. Charles A, Loucks L, Berkes F, and Armitage D. 2020. Community science: A typology and its implications for governance of social-ecological systems. *Environmental Science and Policy* **106**: 77-86.
 10. Cooper CB, Dickinson J, Phillips T, and Bonney R. 2007. Citizen science as a tool for conservation in residential ecosystems. *Ecology and Society* **12**(2): 11.
 11. Cornwall A and Jewkes R. 1995. What is participatory research? *Social Science and Medicine* **41**(12): 1667-1676.
 12. Dillon J, Stevenson RB and Wals AE. 2016. Introduction to the special section moving from citizen to civic science to address wicked conservation problems. *Conservation Biology* **30**(3): 450-455.
 13. Droege S. 2007. Just because you paid them doesn't mean their data are better. In: McEver C, Bonney R, Dickinson J, et al. (Eds). *Citizen Science Toolkit Conference*. Ithaca (NY): Cornell Laboratory of Ornithology.
 14. Fricker M. 2007. *Epistemic injustice: Power and the ethics of knowing*. Oxford: Oxford University Press.
 15. García FS, Pelacho M, Woods T, et al. 2021. Finding what you need: A guide to citizen science guidelines. In: Vohland K, Land-Zandstra A, Ceccaroni L, et al. (Eds). *The Science of Citizen Science*. Cham (Switzerland): Springer.
 16. Golumbic YN, Baram-Tsabari A, and Koichu B. 2020. Engagement and communication features of scientifically successful citizen science projects. *Environmental Communication* **14**(4): 465-480.
 17. Haklay M. 2015. *Citizen science and policy: A European perspective*. Washington (DC): Woodrow Wilson International Center for Scholars.
 18. Haklay M, Dörler D, Heigl F, et al. 2021. What is citizen science? The challenges of definition. In: Vohland K, Land-Zandstra A, Ceccaroni L, et al. (Eds). *The Science of Citizen Science*. Cham (Switzerland): Springer.
 19. Levins R. 1966. The strategy of model building in population biology. *American Scientist* **54**(4): 421-431.
 20. McKinley DC, Miller-Rushing AJ, Ballard HL, et al. 2016. Citizen science can

- improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation* **208**: 15-28.
21. Miguel-Chinchilla L, Heasley E, Loiselle S, and Thornhill I. 2019. Local and landscape influences on turbidity in urban streams: A global approach using citizen scientists. *Freshwater Science* **38**(2): 303-320.
 22. National Academies of Sciences Engineering and Medicine. 2018. Learning through citizen science: Enhancing opportunities by design. Washington (DC): National Academies Press.
 23. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2016. PISA 2015 Assessment and Analytical Framework. Paris: OECD Publishing.
 24. Pettibone L, Vohland K, Bonn A, et al. 2016. Citizen science for all – A guide for citizen science practitioners. Berlin & Leipzig.
 25. Phillips T, Porticella N, Conostas M, and Bonney R. 2018. A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen Science: Theory and Practice* **3**(2): 1-19.
 26. Raviv A and Silver Y. 2017. Unique community-learning model: "Town Square Academia". *International Journal of Current Research* **9**(8): 56106-56116.
 27. Roth WM and Lee S. 2004. Science education as/for participation in the community. *Science Education* **88**(2): 263-291.
 28. Roth W-M and Lee S. 2002. Scientific literacy as collective praxis. *Public Understanding of Science* **11**: 33-56.
 29. Roy HE, Pocock MJO, Preston CD, et al. 2012. Understanding citizen science and environmental monitoring. Final Report on behalf of UK-EOF. NERC Centre for Ecology & Hydrology and Natural History Museum.
 30. Schrögel P and Kolleck A. 2019. The many faces of participation in science. *Science and Technology Studies* **33**(2): 77-99.
 31. Serrano F. 2013. [Green paper on citizen science for Europe: Towards a society of empowered citizens and enhanced research](#). European Commission.
 32. Shen BS. 1975. Science literacy and the public understanding of science. In: Day SB (Ed). Communication of scientific information. New York (NY): Karger Publishers.
 33. Shirk JL, Ballard HL, Wilderman CC, et al. 2012. Public participation in scientific research: A framework for deliberate design. *Ecology and Society* **17**(2): 29.
 34. Silvertown J. 2009. A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology and*

Evolution **24**(9): 467-471.

35. Sobel D. 1996. Beyond ecophobia: Reclaiming the heart in nature education. Great Barrington (MA): Orion Society.
36. Wandersman A. 2003. Community science: Bridging the gap between science and practice with community-centered models. *American Journal of Community Psychology* **31**(3-4): 227-242.
37. Wilderman C, Barron A, and Imgrund L. 2003. The ALLARM Program: Growth, change and lessons learned. *The Volunteer Monitor* **15**(1) (Winter):1-4.
38. Wilderman CC, McEver C, Bonney R, and Dickinson J. 2007. Models of community science: Design lessons from the field. In: McEver C, Bonney R, Dickinson J, et al. (Eds). Citizen Science Toolkit Conference. Ithaca (NY): Cornell Laboratory of Ornithology.

קריאה נוספת

קורס מקוון וחינמי בעברית, העוסק בהיבטים שונים של תקשורת המדע ומיועד לחוקרות ולחוקרים. פרק 7 מתמקד בשיתוף הציבור במחקר ומארח חוקרים מובילים שמשתמשים במתודולוגיה של מדע אזרחי ומדע קהילתי.

קורס "תקשורת המדע" בפלטפורמת קמפוס IL. שיעור מספר 7: שיתוף הציבור במחקר מדעי.

סקירה המציגה את התפתחות המדע האזרחי בעולם, וסוקרת סוגי פעילות הכלולים בו ואת תרומתם, לצד קשיים ומגבלות.

גולומביק י, ברעם-צברי א ופישיבין ב. 2015. מדע אזרחי – שיתוף הציבור בביצוע מחקר מדעי. *אקולוגיה וסביבה* **6**(1): 14-23.

עקרונות המדע האזרחי על פי האגודה האירופית למדע אזרחי.

ECSA (European Citizen Science Association). 2015. [Ten principles of citizen science](#).

נוסח עברי, בתרגומה של ד"ר יעלה גולומביק