

ראניה חוסין פראג'

הפקולטה לחינוך, מכללת אורנים

יעל קלי

החוג למדעי המידה וההוראה,
אוניברסיטת חיפה

אורנית שגיא

החוג למדעי המידה וההוראה,
אוניברסיטת חיפה

אלין פרי

החוג למדעי המידה וההוראה,
אוניברסיטת חיפה

דני בן צבי

החוג למדעי המידה וההוראה,
אוניברסיטת חיפה

ציטוט מומלץ

חוסין פראג' ר, קלי י, שגיא א ואחרים. 2023. הגדלת ההון המדעי של תלמידים המתגוררים בפריפריה – דרך השתתפותם במדע אזרחי – האם היא עשויה אף לתרום לניידות החברתית שלהם? *אקולוגיה וסביבה* 14(3).



"במחקר זה ניסינו לעמוד על המאפיינים של ההון המדעי וחוויות הלמידה, שמבטאים תלמידים המתגוררים בפריפריה בהקשר ללמידתם בפרויקט מדע אזרחי על גז הרדון"

הגדלת ההון המדעי של תלמידים המתגוררים בפריפריה דרך השתתפותם במדע אזרחי – האם היא עשויה אף לתרום לניידות החברתית שלהם?

6 בנובמבר, 2023

גיליון סתיו 2023 / כרך 14(3)

[חזית המחקר](#)

על קצה המזלג

- שימוש בגישה של מדע אזרחי ללמידת חקר לא רק שיכול לעניין את אלה המחפשים גישות מודרניות לביצוע מחקרי סביבה, אלא גם יש בו פוטנציאל להשפיע על העצמה של קבוצות מודרות.
- המאמר מקדם הבנה של היבטים חינוכיים של מדעי הסביבה, ומראה כי דרך חינוך הילדים ניתן להשפיע על מעגלים רחבים בחברה.
- המאמר הראה ששימוש בגישה של מדע אזרחי הוביל לתחושות החיוביות ביחס למדע ברמה הרגשית והחברתית אצל תלמידים שהשתתפו במחקר.
- שינוי התחושות הגדיל את ההון המדעי של התלמידים, ואף יכול לתרום לניידות החברתית שלהם.
- המאמר מדגים תועלת מהשקעה בחינוך מדעי בפריפריה.

מערכת אקולוגיה וסביבה

תקציר

הון מדעי הוא סוג של משאב חברתי ותרבותי המתייחס לידיעות, לתחושות ולדרכי פעולה של אנשים בהקשר למדע בחיי היום-יום שלהם. במחקר הנוכחי בחנו אילו מרכיבים של ההון המדעי מתבטאים אצל תלמידים שמתגוררים בפריפריה, ומהי חוויית הלמידה שלהם בפרויקטים של מדע אזרחי, ששולב בשיעורי מדעים. הפרויקט נועד למפות את ריכוזי גז הָדָוֶן במבנים בישראל, ובמסגרתו למדו התלמידים על הרדון, מאפייניו וסכנותיו, וכן השתתפו בניטור שלו. בפרויקט השתתפו 137 תלמידים בשש כיתות ט' בחטיבת ביניים מהחברה הדרוזית בצפון הארץ. בסוף תקופת הלמידה השתתפו 15 מהתלמידים בראיונות מובנים למחצה. ניתוח הראיונות, שנערך בגישה איכותית, הצביע על קידום שלוש מרכיבים של הון מדעי אצל התלמידים: פיתוח תפיסות חיוביות על אודות המדע; טיפוח זהות מדעית; עלייה בחשיבות למידת מדע באמצעות מדע אזרחי בהקשר של נושאים סביבתיים. נוסף על כך, נמצאו עדויות לחוויות למידה חיוביות מבחינה חברתית, רגשית ולימודית. ממצאי המחקר מראים כי שיתוף תלמידים במחקר מדעי באמצעות מדע אזרחי עשוי להעשיר את ההון המדעי של תלמידים ולקדם למידה משמעותית בחינוך סביבתי, כגון הבנת ההשפעה של הסביבה על בריאות האדם. בהון המדעי, מעצם היותו משאב חברתי-תרבותי בר-המרה, טמון הפוטנציאל לעודד תלמידים המתגוררים בפריפריה להשתתף באופן פעיל בתהליכים דמוקרטיים של קבלת החלטות מושכלות בסוגיות סביבתיות ואקולוגיות, ובכך, לאפשר להם ניידות חברתית.

מבוא

מדע אזרחי הוא סוגת מחקר, שבבסיסה שותפות בין מדענים ובין אנשים שאינם מדענים סביב פרויקטים מדעיים. המשתתפים במחקר מדע אזרחי, שאינם מדענים, זוכים להשתתף באופן פעיל במחקר אותנטי וביצירת ידע מדעי, לתרום למדע, ללמוד נושאים מדעיים חדשים ולהצטרף למעגל החברתי של העוסקים במדע, תוך שהם לומדים בעצמם ומפתחים מיומנויות הקשורות למדע [26,16,9,2]. בפרויקטים של מדע אזרחי מתנדבים מהציבור יכולים להיות בין יוזמי המחקר, או להשתתף בעיצוב המחקר, באיסוף הנתונים, בנייתם, בהסקת מסקנות ובהפצת הידע [1]. זוהי תופעה חברתית מרתקת הטומנת בחובה פוטנציאל רב ללמידה בלתי פורמלית של המתנדבים, שנהוג לכנותם "מדענים-אזרחים" [23].

בשנים האחרונות נעשים מאמצים לשלב מדע אזרחי כחלק מתוכנית הלימודים בבתי הספר. שילוב שכזה מהווה אתגר גדול לבעלי העניין השונים, בעיקר מכיוון שהוא מושתת על שותפות יוצאת דופן בין מדענים או מובילי אחרים של פרויקטים של מדע אזרחי, לבין בתי ספר, עם שאיפה לתרומה הדדית בין תלמידים, מורים, ומובילי הפרויקטים [26,24,23,19,18]. לאחרונה פורסם גיליון מיוחד בנושא שותפויות מדע אזרחי בבית הספר. התחום, המכונה באנגלית School Participation in Citizen Science (SPICES) – הוגדר כתחום מחקר ייחודי במדעי הלמידה וההוראה [23]. ארבעה כיווני מחקר עיקריים תוארו כמהווים את מפת הדרכים של התחום: א. חקר ההדדיות בשותפויות מדע אזרחי בבית הספר [8]; ב. חקר הפרקטיקות המדעיות שתחום זה מזמן עבור תלמידים [13]; ג. אתגרים קוגניטיביים הכרוכים בו עבור תלמידים [7]; ד. דרכים לתמיכה בשותפויות מדע אזרחי בבית הספר [20,10]. חוקרי המרכז לקידום מדע אזרחי בבית הספר (Taking Citizen Science to School – TCSS) מאוניברסיטת חיפה ומהטכניון, שחלק מהם היו בין עורכי הגיליון המיוחד הזה ובין מחברי המאמרים, בוחנים בשנים האחרונות כיצד אפשר לרתום את הפוטנציאל הגלום במדע אזרחי לצורך קידום למידה משמעותית של מדע בקרב תלמידים. אחד התחומים שלא קיבל מענה מעמיק באותו גיליון ובספרות המחקרית בכלל, הוא קידום שוויון הזדמנויות באמצעות מדע אזרחי בבית הספר, ובפרט – בחינת פוטנציאל השותפויות הייחודיות המגולמות בו לניידות חברתית (social mobility) בקרב תלמידים מאוכלוסיות השייכות לפריפריה חברתית או גאוגרפית.

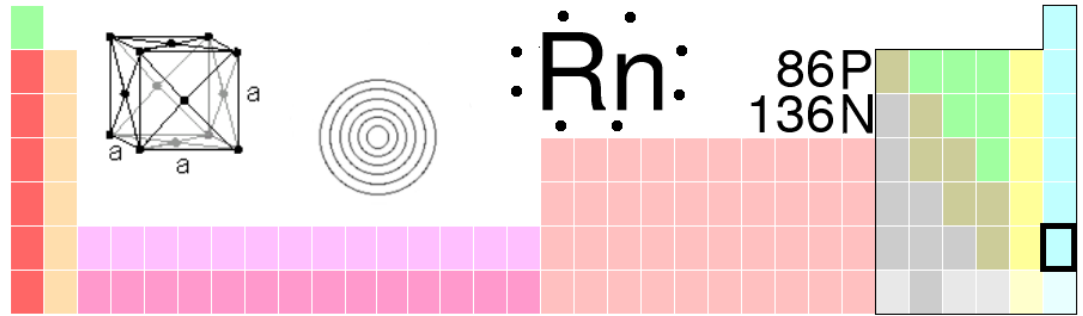


מאמר זה בוחן "קידום שוויון הזדמנויות באמצעות מדע אזרחי בבית הספר, ובפרט – בחינת פוטנציאל השותפויות הייחודיות המגולמות בו לניידות חברתית (social mobility) בקרב תלמידים מאוכלוסיות השייכות לפריפריה חברתית או גאוגרפית" | צילום: Hanay, ויקימדיה, CC BY-SA 3.0

ייודות חברתית מוגדרת כיכולת של אדם או משפחה לשנות את מעמדם הכלכלי-חברתי [14]. המעמד מושפע, בין היתר, ממשאבים שאינם חומריים, כגון, השכלת ההורים ונגישות לחינוך איכותי [21]. ניתן להתייחס למשאבים האלה כאל סוג של "הון", כגון, הון חברתי או תרבותי, מכיוון שבדומה להון כלכלי, הם מקנים יתרונות לאנשים המחזיקים בהם [11]. הון מדעי (science capital) מצטרף למונחים האלה, ומתייחס להיבטים מדעיים של הון תרבותי והון חברתי, וכן להתנהגויות ולפרקטיקות הקשורות למדע. הוא עשוי להתבטא בידע, בתחושות, בזהות מדעית ובדרכי פעולה של אנשים בהקשר למדע בחיי היום-יום שלהם, ומאפשר להם לקבל החלטות מושכלות, שעשויות לקדם אותם בחברה, למשל, במציאת עבודה [6].

תלמידים הלומדים במסגרת תוכניות המרכז לקידום מדע אזרחי בבית הספר עוסקים בחקר סוגיות אקולוגיות וסביבתיות בישראל, תוך פריצה של גבולות מסורתיים בין בית הספר, החברה והאקדמיה [17, 1]. ההשערה העומדת בבסיס המחקר בנוכחי היא כי עיסוק זה עשוי להוביל להגדלת ההון המדעי של התלמידים. מדע אזרחי מבוסס על שותפות בעשייה מדעית ולכן עשוי לתרום להתפתחות הון מדעי, שאנו רואים בו תרומה ייחודית שבית הספר יכול וצריך להציע לתלמידים. חשוב לציין, שההון המדעי טומן בחובו מרכיב של אוריינות מדעית, אך מוסיף לו גם מרכיב של הון חברתי בהקשר מדעי (science-related social capital) [6]. התפיסה העדכנית של אוריינות מדעית דוגלת במתן הזדמנויות לתלמידים ללמוד לא רק את הידוע בעולם התוכן של המדע, אלא אף להשתתף במחקרים, שהתשובות לשאלות שהם מעלים אינן ידועות עדיין [22]. העיסוק במדע אזרחי יוצר קרקע פורייה לכך, אך השערותנו לגבי הפוטנציאל להגדלת ההון המדעי של התלמידים מתבססת על הקשר הבלתי אמצעי עם המדענים והמדע, שהשותפות הייחודית הזו מאפשרת.

אחד הפרויקטים שהמרכז לקידום מדע אזרחי בבית הספר הציע למורים ולתלמידים בשנים 2018–2021 הוא השתתפות בסקר גז הָדוֹן [4]. רדון (Rn 222) הוא גז אציל רדיואקטיבי הנוצר מהתפרקות רדיואקטיבית של היסוד רָדיום (Ra 226). רדיום קיים בסלעים ובקרקעות, כמו גם בחומרי בנייה שעשויים מהם, כגון אפר פחם. בכל בית, אפילו המאוורר ביותר, קיים רדון, מכיוון שכל סוגי הקרקע וחומרי הבנייה פולטים רדון. רמות הרדון במבנים לרוב קטנות ובלתי מזיקות, אך לחשיפה ארוכת טווח לריכוזים גבוהים של רדון עשויות להיות השלכות רפואיות קשות. גילוי מוקדם של ריכוזי רדון גבוהים מאפשר לדיירי לטפל בבעיה ולהגן על בריאותם.



רדון הוא גז אציל רדיואקטיבי הנוצר מהתפרקות רדיואקטיבית של היסוד רדיום | Ahoerstemeier, ויקימדיה, CC BY-SA 3.0

הפרויקט הנוכחי שהמרכז לקידום מדע אזרחי בבית הספר משתתף בו פותח בשיתוף מדענים בפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית בטכניון, ומציע הזדמנות לתלמידים להשתתף במחקר סביבתי מקורי [25]. במקרים שנחשפים ריכוזים גבוהים של רדון בבתי התלמידים, מתקיים ניטור לטווח ארוך יותר, שעשוי להציל חיים. פרטים נוספים על ההיבטים המדעיים של פרויקט הרדון ניתן למצוא באתר המכון הלאומי לחקר הבנייה, הטכניון.

הפעילויות בפרויקט תוכננו במטרה לטפח אצל התלמידים שילוב של מיומנויות חקר מדעי, חקר נתונים והבנה של מהות המדע, וכל זאת בגישה פדגוגית ייחודית שפותחה במרכז TCSS¹⁷. הגישה מתבססת על שימוש בכלים דיגיטליים המאפשרים לתלמידים "לשחק" עם נתונים הנאספים בפרויקטי המדע האזרחי, ולחקור אותם באופן מושכל, מקורי ויצירתי. התלמידים בוחנים את מידת הוודאות שלהם בהסקת מסקנות לגבי שאלות המחקר שניסחו, ואף בוחנים את שאלות המחקר עצמן ואת תקפותן המדעית. מפגשים עם מפקח המדעים של בית הספר נערכו כדי לוודא שבתי הספר רואים את ההלימה בין הגישה החדשנית הזו לבין מיומנויות החקר הנדרשות מתלמידי כיתה ט'. בסוף השנה הוצגו חלק מהעבודות ביריד חקר מדעי, שהתקיים בירושלים.

יישום הגישה של TCSS בפרויקט הרדון ושיתוף הפעולה של תלמידים ומדענים בו מהווים הזדמנות לתלמידים לפתח עניין אמיתי תוך העשרת ידיעותיהם ומיומנויותיהם בסוגיה מורכבת זו. באופן זה היישום עשוי לסייע בהגדלת ההון המדעי שלהם. ההון המדעי עשוי לעודד אותם, כאזרחים, להשתתף בתהליכים דמוקרטיים של קבלת החלטות בכלל, ובסוגיות סביבתיות אקולוגיות בפרט, ובעקבות זאת להשתתף בעשייה מדעית בעלת משמעות בעולם האמיתי. נוסף על כך, אנו מאמינים כי הנגשת המדע ופיתוח ההון המדעי בקרב תלמידים המתגוררים בפריפריה עשויים לקדם שוויון הזדמנויות וניידות חברתית, מאחר שהם קשורים גם להון חברתי וגם לחינוך איכותי.

שאלת המחקר היא: אילו מרכיבים של הון מדעי מבטאים תלמידים המתגוררים בפריפריה בהקשר ללמידתם בפרויקט של מדע אזרחי, ששולב בשיעורי המדעים, ומהי חוויית הלמידה שהם מעידים עליה?



תלמידים שהשתתפו בפרויקט. "בפרויקט השתתפו 137 תלמידים משש כיתות ט' מהחברה הדרוזית בצפון הארץ. כל התלמידים למדו על הרדון, מאפייניו וסכנותיו, וכן השתתפו בניטור שלו כחלק מפעילותם בפרויקט המדע האזרחי" | צילום: ראניה חוסין פראג'

שיטת המחקר

במסגרת המחקר נבנתה יחידת לימוד, שמטרתה לסייע לתלמידים ללמוד על גז הרדון, תוך שהם מפתחים את החשיבה המדעית ומיומנויות החקר שלהם סביב נושא סביבתי מקורי ורלוונטי. בפרויקט השתתפו 137 תלמידים משש כיתות ט' מהחברה הדרוזית בצפון הארץ. כל התלמידים למדו על הרדון, מאפייניו וסכנותיו, וכן השתתפו בניטור שלו כחלק מפעילותם בפרויקט המדע האזרחי. כל תלמיד מדד את ריכוז הגז בביתו על ידי הצבת בקבוק פחם פעיל הסופח את הגז במשך מספר ימים.

מדידת ריכוז הרדון נערכה במעבדה מוסמכת בטכניון, והתוצאות נשלחו למורים. התוצאות צורפו לתוצאות של מדידות רדון שערכו תלמידים אחרים ברחבי הארץ ששתתפים בפרויקט, וכולן היוו את בסיס הנתונים שתהליך החקר של התלמידים התבצע עליו, וששימש את המדענים במחקרם. במהלך ניתוח הנתונים נעזרו התלמידים בתוכנה CODAP, המאפשרת התנסות ידידותית בניתוח סטטיסטי בלתי פורמלי תוך פיתוח חשיבה סטטיסטית (חשיבה על מדגם ודגימה, מרכז, פיזור, התפלגות, וכדומה). התלמידים נעזרו בתוכנה להצגת הנתונים בגרפים, לניתוח הממצאים ולהסקת מסקנות. הפעילויות התבצעו בקבוצות למידה בהנחיית המורות למדעים, בליווי חוקרת מצוות המרכז לקידום מדע אזרחי בבית הספר, שהיא הכותבת הראשונה במאמר זה.

מתוך כלל התלמידים שהשתתפו בפרויקט נבחרו 15 תלמידים ותלמידות לצורך המחקר הנוכחי. הם השתתפו בראיונות מובנים למחצה עם סיום הפרויקט, והתבקשו לספר על התנסותם בו. המורות בחרו מכל כיתה שניים או שלושה תלמידים, המייצגים רמות לימודיות שונות. הראיונות התבצעו בשפה הערבית, שהיא שפת האם של התלמידים, תומללו, ותורגמו לעברית במלואם. כל ראיון ארך כחצי שעה.

ניתוח הנתונים נערך בגישה איכותית^[5] לפי שיטת הניתוח הנושאי, והתמקד בעיקרו במה שהמראיינים אמרו^[12]. הקטגוריות והדוגמאות שחולצו מתוך הטקסט, הוצגו לחמש חוקרות מומחיות בתחום במטרה להגדיל את המהימנות של הקטגוריות הפרשניות והמסקנות^[15]. על כן, ניתוח הנתונים נעשה בשני שלבים: בשלב הראשון התבצעו קריאה קפדנית וקידוד, ובשלב השני נערך ניתוח ממפה. שני נושאי-העל שחולצו מהטקסט היו קשורים ל"הון מדעי" ול"חוויות הלמידה". דוגמאות לנושאים ולתתי-נושאים, כולל תשובות של התלמידים, אפשר לראות בטבלאות 1 ו-2. רמת ההסכמה בין השופטות על סיווג ההיגדים לפי הון מדעי וחוויות הלמידה הייתה גבוהה (95%).

טבלה 1. קטגוריות ראשיות, משניות ודוגמאות מתשובות התלמידים על אודות הון מדעי

קטגוריה ראשית	קטגוריה משנית	הסבר	דוגמאות מתשובות התלמידים
תפיסת החשיבות של למידת מדעי הסביבה בכלל, ולמידה באמצעות מדע אזרחי בפרט (70%)	רלוונטיות המדע לחיי היומיום בהקשר לבריאות האדם (14%)	תשובות המצביעות על קשר שתלמידים ציינו בין התכנים שנלמדו ביחידה לבין חייהם בהקשרים בריאותיים, כגון היות גז הרוזן אחד הגורמים העיקריים לסרטן הריאה	"בפריקט למדתי מה זה גז רדון, שהוא גז כל כך מסוכן לבריאות האדם, ואנחנו חשופים אליו בחיי היומיום שלנו, כשקודם בכלל לא ידעתי עליו"
	חשיבות שיתוף הקהילה והעלאת המודעות לסוגיות סביבתיות (13%)	תשובות שמצביעות על החשיבות שהתלמידים ראו בהעלאת המודעות של הקהילה לסכנותיו של גז הרוזן	"בעקבות הפריקט כשהנחתי את הבקבוק בחדר, ההורים בבית התעניינו, אז הסברתי להם על גז הרוזן וסכנותיו, כי רציתי שהם גם יהיו מודעים לסכנה שנמצאת בסביבתנו"
	תקשורת עם מדענים ומומחים (7%)	תשובות שמראות על הייחודיות שהתלמידים רואים בקשר עם מדענים ועל העניין והרגשת הגאווה בעבודה מולם ובהנחייתם	"הדבר הכי יפה בפריקט היה להציג מול מומחים בנושא באוניברסיטה, ובזמן ההצגה המומחים שאלו אותנו שאלות ומאוד התעניינו בנו"
פיתוח וטיפוח זהות אישית מדעית של התלמיד (16%)	שיחות על מדע ונושאים סביבתיים בזכות הפריקט (32% היגדים חיוביים ו-4% היגדים שליליים)	תשובות המצביעות על הגברת השיח המדעי המשותף בין ההורים לתלמידים ובין התלמידים לבין חבריהם בעקבות הפריקט	"פריקט הרוזן גרם לי לשיחה קבועה עם ההורים שלי במשך היום: איך מתקדם הפריקט, מה זה רדון ומה התוצאות שמצאנו"
	תלמידים מקבלים עידוד מהוריהם לחינוך מדעי (3%)	תשובות שמראות שבעקבות הפריקט הורים התחילו לזהות את התשוקה למדע אצל ילדיהם, והתחילו לעודד אותם ללמוד מקצועות מדעיים ולחשוב על נושא מדעי ללימודים אקדמיים ופיתוח קריירה בעתיד	"אחרי השתתפותי בפריקט, ההורים שלי ראו כמה אני מחוברת לנושא המדעים, אז אמרו לי שמתאים לי ללמוד משהו שקשור למדעים"
פיתוח תפיסות חיוביות כלפי מדע (14%)	בחירה אישית ללמוד מדעים או לעסוק במדעים (11% חיוביים ו-2% שליליים)	תשובות שמעידות על כך שהתלמידים עצמם התחילו לחשוב על למידת נושאים מדעיים בעתיד ככיוון לפיתוח עיסוק וקריירה, מה שלא היה לפני המעורבות בפריקט	"לפני השתתפותי בפריקט רציתי להתמחות בחשבונאות וכלכלה, אבל השתתפותי בפריקט שינתה ממשי את דעתי ואני רוצה להתמחות בכיתה מדעית"
	13% חיוביים ו-1% שליליים	תשובות שמעידות שבעקבות הפריקט התלמידים פיתחו תפיסות חיוביות כלפי מדע	"זה גרם לי לאהוב את הנושא יותר כי קודם חשבתי שנושא המדעים הוא נושא משעמם ומצריך רק קריאה ולמידה עיונית, אבל החוויה בפריקט הייתה אחרת"

טבלה 1

קטגוריות ראשיות, משניות ודוגמאות מתשובות התלמידים על אודות הון מדעי

טבלה 2. קטגוריות ראשיות, משניות ודוגמאות מתשובות התלמידים אודות חוויית הלמידה

קטגוריה ראשית	קטגוריה משנית	הסבר	דוגמאות מתשובות התלמידים
היבט רגשי (60%)	חוויית למידה חיובית (19%)	תשובות שמצביעות שהתלמידים חוו למידה מרגשת, מעניינת וחוויתית	"בהתחלה כששמעתי את המילה רדון לא כל כך הבנתי על מה מדובר. חוויה מאוד יפה, הרגשתי שאנחנו עובדים על משהו רציני, היה מאוד מעניין, במיוחד כי זה משהו שהוא מחיי היום-יום"
	הרגשת גאווה (9%)	תשובות המעידות שתלמידים הרגישו גאים בעצמם בייחוד כשהציגו בפני מבוגרים את עשייתם, וכאשר תרמו למבוגרים ידע שלא היה להם קודם	"חוויה מאוד יפה, במיוחד כשהצגנו מול פורום מכובד של מדענים בירושלים, הייתי מאוד גאה בעצמי בזמן ההצגה"
	ביטחון עצמי ומסוגלות עצמית לעמוד בפרויקטים (16%)	תשובות שמצביעות על תחושת ביטחון ומסוגלות עצמית לעמוד בפרויקטים שהתלמידים רואים כ"רציניים"	"השתתפתי בפרויקט נתנה לי להרגיש שאני יותר בטוחה בעצמי מבחינת השתתפות במחקרים, במיוחד עכשיו בתקופת התיכון"
סקרנות ומוטיבציה (10%)	תשובות שמצביעות על כך שתלמידים העלו שאלות מסקרנות תוך כדי הפרויקט, והייתה להם מוטיבציה פנימית לחפש את התשובות ולחקור דברים חדשים ומעניינים	תשובות שהצביעו על כך שתלמידים הרגישו שהם יכולים לקחת אחריות אישית על הלמידה שלהם בעקבות ההשתתפות בפרויקט	הייתי מאוד סקרנית, עלו לי הרבה שאלות גם תוך כדי, כגון: "האם תשפיע נפילת הבקבוק על תוצאות המחקר?", "אם נשתמש בחומר אחר מה יקרה?"
	אחריות אישית (6%)	תשובות שהצביעו על כך שתלמידים הרגישו שהם יכולים לקחת אחריות אישית על הלמידה שלהם בעקבות ההשתתפות בפרויקט	"אחרי שהתחלנו לחקור בעצמנו הרגשתי שאני מבינה יותר במה מדובר, כי אני עושה את זה בעצמי, מכינה חומר וחוקרת"
היבט חברתי (40%)	גיבוש וקשר בין תלמידים (5%)	תשובות המצביעות שהפרויקט גרם לגיבוש חברתי בין קבוצות התלמידים, כיוון שהייתה הרבה למידה שיתופית בקבוצות שהובילה לדיונים מעניינים וגרמה לחיזוק השותפות והקשר ביניהם	"הפרויקט גרם לוויכוחים ודיונים בנושאים מעניינים בין בני הכיתה, עשה סוג של גיבוש כיתתי"
	למידה בהקשר חברתי (35%)	תשובות שמצביעות על חשיבות חילופי הידע בקבוצות ולמידת עמיתים. חלוקת התפקידים בתוך הקבוצה עזרה לתלמידים ללמוד זה מזה, ולהשלים את ידיעותיהם בעזרת עמיתיהם	"שיטת הלימוד בפרויקט זה הייתה שונה משיטת הלימוד של נושא המדעים. פרויקט זה נתן לנו את האפשרות לעבוד בקבוצות, וזה מה שמצא חן בעיניי, כי היו הרבה חילוקי דעות"

טבלה 2

קטגוריות ראשיות, משניות ודוגמאות מתשובות התלמידים על אודות חוויית הלמידה

ממצאים

הון מדעי



בקבוק פחם פעיל, ששימש את התלמידים למדידת ריכוז הרדון | צילום: ראניה חוסין פראג

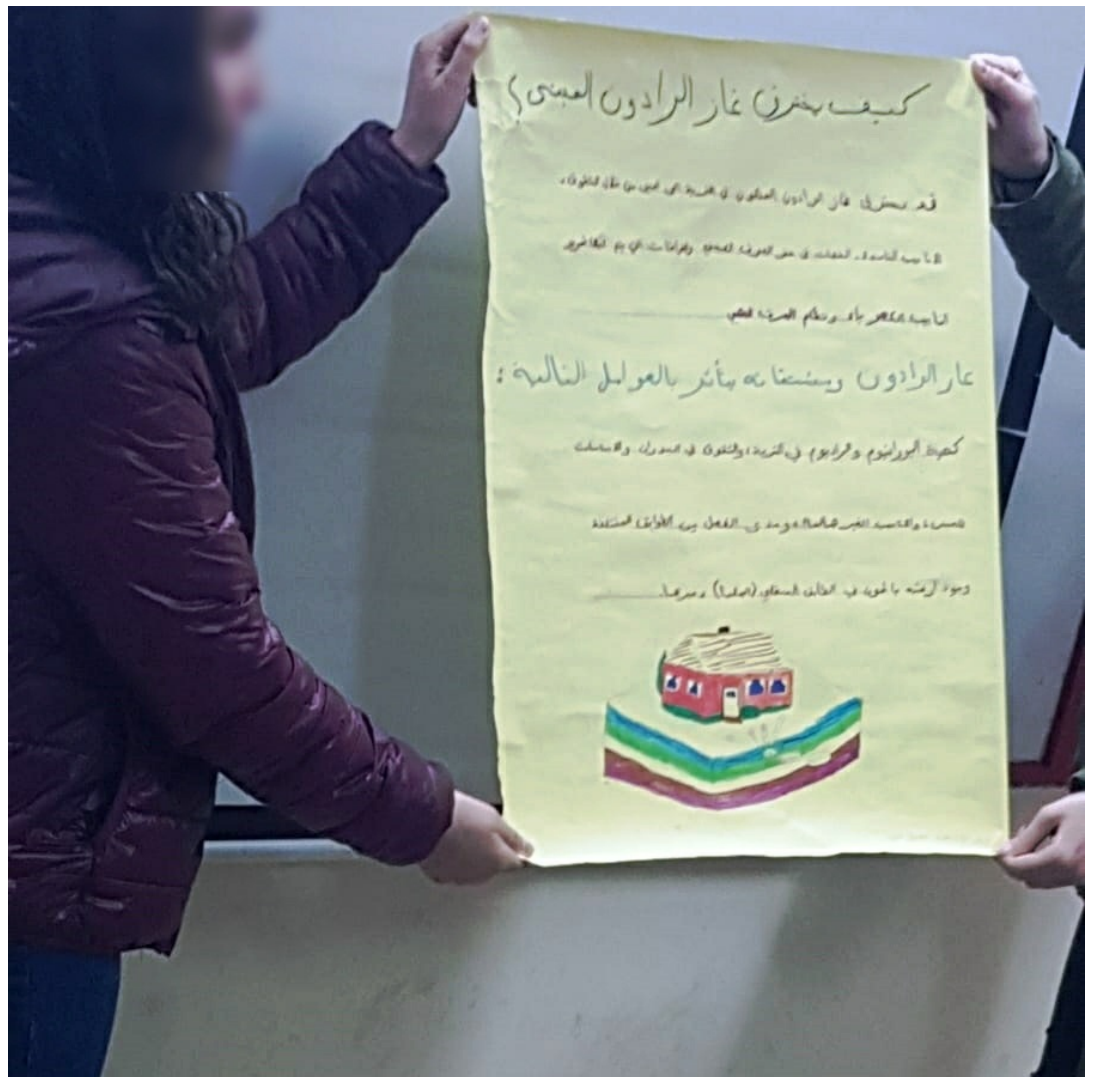
ניתוח ראיונות התלמידים העלה התייחסויות למרכיבי הון מדעי ולחוויית למידה חברתית-רגשית. התייחסות למרכיבי הון מדעי נמצאה ביותר ממחצית ההיגדים של התלמידים בראיונות (94 מתוך כלל 174 ההיגדים, 54%). שלוש קטגוריות עיקריות של היגדים על הון מדעי אובחנו ותוקפו במהלך ניתוח הנתונים: א. תפיסת החשיבות של למידת מדעי הסביבה בכלל, ולמידה באמצעות

מדע אזרחי בפרט (66 היגדים מתוך 94, 70%); ב. פיתוח וטיפוח של זהות אישית במדע (15 היגדים, 16%); ג. פיתוח תפיסות חיוביות כלפי המדע (13 היגדים, 14%). חלק מהקטגוריות הללו חולקו לקטגוריות משנה המוצגות בטבלה 1 בלוויית דוגמאות טיפוסיות של היגדי התלמידים. מרבית ההיגדים שהתייחסו להון מדעי היו חיוביים (87 מתוך 94, כ-93%) והעידו על תרומה חיובית של הפרויקט לטיפוח מרכיבים שונים של הון מדעי. רק שבעה היגדים היו שליליים. ייתכן שהתוצאות המובחנות הללו מעידות על נטיית התלמידים לרצות את החוקרת ולהימנע מביקורת גלויה.

חוויות הלמידה

התייחסות לחוויות הלמידה נמצאה בכמחצית ההיגדים של התלמידים בראיונות (82 מתוך כלל 174 ההיגדים, 47%). שתי קטגוריות עיקריות של היגדים על חוויות הלמידה אובחנו ותוקפו במהלך ניתוח הנתונים: א. חוויות רגשיות (49 היגדים מתוך 82, 16%); ב. חוויות חברתיות (33 היגדים, 40%).

היגדים שהתייחסו לחוויות הלמידה חולקו למספר קטגוריות משנה כמתואר בטבלה 2. מבחינה חברתית, התלמידים דיווחו למשל שהפריקט גם לגיבוש ולקשר בין תלמידים.



למידות שהשתתפו בפריקט מציגות את עבודתן בפני הכיתה | צילום: אורנית שגיא

דיון ומסקנות

במחקר זה ניסינו לעמוד על המאפיינים של ההון המדעי וחוויות הלמידה, שמבטאים תלמידים המתגוררים בפריפריה בהקשר למידתם בפריקט מדע אזרחי על גז הרדון. ממצאי המחקר עולה, כי שיתוף התלמידים במחקר מדעי מקורי בהקשר של מדע אזרחי, מעבר להעשרת ידיעותיהם בסוגיה הסביבתית שהמחקר עוסק בה, עשוי לסייע לפיתוח מרכיבים שונים של הון מדעי אצל התלמידים. מרכיבי ההון המדעי, שנמצאו במחקר זה הם: א. תפיסת החשיבות של למידת מדעי הסביבה בכלל ולמידה באמצעות מדע אזרחי בפרט; ב. פיתוח וטיפוח של זהות אישית בהקשר למדע; ג. פיתוח תפיסות חיוביות כלפי המדע.

התלמידים ייחסו חשיבות ללמידת מדעי הסביבה בכלל, וללמידה באמצעות מדע אזרחי בפרויקט הרדון בפרט. ההתנסות במדעי הסביבה באמצעות הפרויקט אפשרה להם להשתתף בקידום הידע המדעי לגבי ריכוזי רדון במבני מגורים בארץ וללמוד על סוגיות בריאותיות-סביבתיות הקשורות לחיי היום-יום שלהם. אך אולי אפילו יותר מכך, אנו רואים חשיבות רבה בכך שתלמידים פיתחו תפיסה הרואה בעיסוק במדע **חלק מהזהות האישית** שלהם, והביעו עמדות חיוביות כלפי מדע ולמידתו, דבר שבא לידי ביטוי בהיגדים, שהעידו על השיחות עם בני משפחתם והתעניינותם בפרויקט, משיכתם של התלמידים לעולם המדעי והמחקרי ורצונם להשתתף בו.

חווית הלמידה, כפי שעולה מהיגדי התלמידים, הייתה חיובית הן בממד הרגשי הן בממד החברתי. התלמידים ביטאו תחושות גאוה לעבוד שכך אל שכך עם מדענים מהטכניון, ביטחון עצמי ומסוגלות לעשות זאת, וסקרנות והנעה לחקור את הנושא. כמו כן, נראה כי השתתפות פעילה בפרויקט יצרה אצל התלמידים חוויות משמעותיות החורגות מעבר ללמידה הבית-ספרית, ותחושת אחריות אישית להפיץ את המודעות והתובנות שלהם למשפחותיהם ולחברי קהילתם.

הממצאים הנוגעים לחוויות הלמידה עולים בקנה אחד עם ממצאי הספרות המחקרית בתחום, כמו למשל המחקר של גולומביק ואח' ^[3] שמצביע על הפוטנציאל שיש לעיסוק במדע אזרחי לטפח אחריות אצל תלמידים על הסביבה וגם לעודד אותם לפעול בעניין. המחקר הנוכחי מוסיף לכך מרכיבים נוספים של הון מדעי ^[6], עם העדויות לביטוי זהות מדעית ומשיכה של התלמידים להשתתף במחקר מדעי. לדעתנו, השילוב של חוויות הלמידה החיוביות עם פיתוח שלושת המרכיבים של הון המדעי עשוי ליצור קרקע פורייה במיוחד לצמיחה ולניידות חברתית של תלמידים המתגוררים בפריפריה. מחקרים ארוכי טווח, שיעקבו אחר תלמידים לאורך זמן, יוכלו לבחון את מימוש הפוטנציאל הזה. המחקר מראה שגם בפריפריה, המודרת לרוב מלב העשייה המדעית-סביבתית בארץ, השילוב של מדע אזרחי בבית הספר יוצר פתח להשתלבות חבריה בעשייה מקיימת בסביבתם הקרובה, כמו גם בהשתתפות בקידום המדע בכלל, ובתחומים של אקולוגיה וסביבה בפרט. לאור הפוטנציאל הטמון בשילוב פרויקטים כאלה בתוכנית הלימודים, אנו ממליצים לקובעי המדיניות ולאחראים על תוכניות הלימודים במשרד החינוך לשלב פרויקטים דומים במדע אזרחי לכל שכבות הגיל, ובייחוד בפריפריה, ולפתוח בכך פתח לקידום שוויון הזדמנויות ולניידות חברתית.

תודות

לצוות בית הספר ולהנהלתו על שיתוף הפעולה ולכל התלמידים שתרמו לפרויקט.

מקורות

1. בנישו מ, אטיאס א ושגיא א. 2020. השתתפות בפרויקטים אקולוגיים של מדע אזרחי כדרך ללמידה משמעותית של חינוך סביבתי ולקידום מיומנויות להתמודדות עם שינויי אקלים, הכנס הארצי לחינוך סביבתי תש"ף, הרצליה.
2. גולומביק י, ברעם-צברי א ופישביין ב. 2015. מדע אזרחי – שיתוף הציבור בביצוע מחקר מדעי. *אקולוגיה וסביבה* 6(1): 14–23.
3. גולומביק י, פרי א ושפאק מ. 2020. סקר גז הראדון: פרויקט מדע אזרחי לשיתוף הציבור בסוגיות אונטיות המשלבות מדע וחברה. הכנס הארצי לחינוך סביבתי תש"ף, הרצליה.
4. גולומביק י, פרי א, שפאק מ ואחרים. 2023. מדע אזרחי ושיתוף ציבור בסוגיות בריאות וסביבה: המקרה של סקר גז הראדון בבתי ספר. סוציולוגיה ישראלית **נד(1)**: 114–136.
5. שקדי א. 2006. מילים המנסות לגעת. מחקר איכותני – תיאוריה ויישום. תל אביב: הוצאת רמות.
6. Archer L, Dawson E, DeWitt J et al. 2015. "Science capital": A conceptual, methodological, and empirical argument for extending Bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching* 52(7): 922–948.
7. Aridor K, Dvir M, Tsybulsky D, et al. 2023. Living the DReaM: The interrelations between statistical, scientific and nature of science uncertainty articulations through citizen science. *Instructional Science* 51(2): 729–762.

- Atias O, Baram-Tsabari A, Kali Y, and Shavit A. 2023. In pursuit of mutual benefits in school-based citizen science: Who wins what in a win-win situation? *Instructional Science* **51**(2): 695–728 .8
- Bonney R, Cooper CB, Dickinson J, et al. 2009. Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience* **59**(11): 977–984 .9
- Bopardikar A, Bernstein D, and McKenney S. 2023. Boundary crossing in student-teacher-scientist-partnerships: Designer considerations and methods to integrate citizen science with school science. *Instructional Science* **51**(5): 1–40 .10
- Bourdieu P. 1986. Forms of capital. In: Richardson J (Ed). *Handbook of theory and research for the sociology of education*. Westport (CT): Greenwood .11
- Braun V and Clark V. 2006. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology* **3**(2): 77–101 .12
- Bridges-Bird E, Ballard HL, and Harte M. 2023. Data to decision-making: How elementary students use their community and citizen science project to reimagine their school campus. *Instructional Science* **51**(5): 763–791 .13
- Carter J. 2013. Why social mobility matters – and income inequality does not. Acton Institute blog .14
- Denzin NK and Lincoln YS. 2018. Introduction. In: Denzin NK and Lincoln YS (Eds). *Handbook of qualitative research (fifth edition)*. Thousand Oaks (CA): Sage .15
- Hecker S, Haklay M, Bowser A, et al. 2018. *Citizen science: Innovation in open science, society and policy*. London: UCL Press .16
- Hod Y, Sagy O, Kali Y, et al. 2018. The opportunities of networks of research-practice partnerships and why CSCL should not give up on large-scale educational change. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* **13**(4): 457–466 .17
- Kali Y. 2021. Guiding frameworks for the design of inquiry learning environments. In Golan Duncan R & Chinn C (Eds). *International Handbook of Inquiry and Learning*. Routledge .18
- Kali Y, Sagy O, Matuk C, and Magnussen R. 2023. School participation in citizen science (SPICES): Substantiating a field of research and practice. *Instructional Science* **51**(5): 687–694 .19
- Magnussen R and Hod Y. 2023. Bridging communities and schools in urban development: Community and citizen science. *Instructional Science* **51**(5): 887–911 .20
- Nunn A, Johnson S, Monro S, et al. 2007. *Factors influencing social mobility*. Leeds (UK): Department for Work and Pensions, Research Report No 450 .21
- Osborne J. 2023. Science, scientific literacy, and science education. In: Lederman NG, Zeidler DL, and Lederman JS (Eds). *Handbook of research on science education*. Routledge .22
- Phillips T, Porticella N, Conostas M, et al. 2018. A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen* .23

.*Science: Theory and Practice* 3(2): article 3

Sagy O, Golumbic YN, Ben-Horin Abramsky H, et al. 2019. Citizen science: An opportunity for learning in the networked society. In: Kali Y, Baram-Tsabari A, and Schejter AM (Eds). Learning in a networked society (Computer-Supported Collaborative Learning Series, vol 17). Cham: Springer .24

Tsapalov A, Kovler K, Shpak M, et al. 2020. Involving schoolchildren in radon surveys by means of the "RadonTest" online system. *Journal of Environmental Radioactivity* .25
.217: 106215

Vohland K, Land-Zandstra A, Ceccaroni L, et al. 2021. The science of citizen science. .26
.Springer Nature

קריאה נוספת

מאמר מבוא לגיליון שעוסק בהשתתפות בית ספרית במדע אזרחי (SPICES) – תחום צומח המשלב עשייה חינוכית ומחקר מדעי. המחקר בתחום בוחן את האתגרים הקוגניטיביים המעורבים בכך, הפרקטיקות המדעיות, דרכי התמיכה בשותפויות והתרומה ההדדית לשותפים השונים. ל-SPICES פוטנציאל להשפיע משמעותית על הלמידה בבתי ספר ועל החברה.

Kali Y, Sagy O, Matuk C, and Magnussen R. 2023. [School participation in citizen science \(SPICES\): Substantiating a field of research and practice](#). *Instructional Science* 5(51): 687–694.

מאמר המציג את התחום המדע האזרחי ושילובו בחינוך, את "תוכנית GLOBE לחינוך סביבתי" כדוגמה לפרויקט חינוכי של מדע אזרחי ואת הפוטנציאל של התוכנית לפיתוח דמות הבוגר והבוגרת בשנת 2030, כפי שמשרד החינוך אפיין אותה.

לביא אלון נ, פלג ח ובבישר ר. 2022. [מדע אזרחי סביבתי בבית הספר: תוכנית הגלובל כמנוף לפיתוח דמות הבוגר והבוגרת 2030](#). *אאוריקה* 44: 28–36.

שלושה מחקרים העוסקים במדע אזרחי אקולוגי בקרב אזרחים ובבתי ספר. המאמר הראשון מתמקד בפיתוח ובהטמעה של סביבות למידה מתאימות באמצעות שותפויות עיצוב של חוקרים וצוותי חינוך, השני בסקר גז הָרְדוֹן ששיתף את התלמידים בסוגיה חברתית-מדעית אותנטית, והשלישי ב'תצפית בע' – פרויקט המערב את הקהילה במחקר על המגוון הביולוגי.

בנישו מ, אטיאס א, שגיא א ואחרים. 2020. [השתתפות בפרוייקטים אקולוגיים של מדע אזרחי כדרך ללמידה משמעותית של חינוך סביבתי ולקידום מיומנויות להתמודדות עם שינויי אקלים](#). הכנס הארצי לחינוך סביבתי תש"ף, 5.4.2020, הרצליה.