



Research article

מאמר מחקר

מערכות חברתיות-אקולוגיות כבסיס לחינוך לקיימות

נ' אבריאל-אבני*, ג' בן-נתן

מרכז מדע ים המלח והערבה
* פרטי התקשורת: noa@adssc.org

ת ק צ י ר

"אדם וסביבה במרחב" היא רשת של בתי ספר הפועלים כתחנות למחקר חברתי-אקולוגי ארוך-טווח. המושג "מערכות חברתיות-אקולוגיות" חסונות משמש כבסיס תאורטי לפעילות החינוכית ברשת. מערכות אלה מסוגלות לספוג זעזועים חברתיים ואקולוגיים, להתארגן מחדש ולהכיל שינויים, באופן שמאפשר להן לחזור למבנה ולתפקוד המאפיינים אותן. שירותי מערכות אקולוגיות והלחצים והמתקפים (pulses) שיוצרת ההתנהגות האנושית, הם נקודות החיבור בין התבנית החברתית לבין התבנית האקולוגית. החיבור דינמי, והוא מאפשר השתנות והסתגלות מתמדת של המערכת על חלקיה השונים. "למידה-הסתגלות", כשיטת פעולה של המערכת החברתית, מתאפשרת כאשר הן מקבלי ההחלטות והן הפרטים בתוך אותה מערכת מודעים ליחסים ההדדיים השוררים בינם לבין סביבתם. מודעות ושימוש נכון במשובים אלו שבין החברה לסביבה מגבירים את חוסן המערכת, משככים קונפליקטים ומאיצים תהליכי תיקון וצמיחה. ההנחה העומדת בבסיס התכנית החינוכית ברשת היא שהחינוך לקיימות עשוי לשמש מנוף מרכזי להפיכת מערכות חברתיות-אקולוגיות לחסונות. זאת על ידי הטמעת ההבנה של תפקיד האדם באקוסיסטמה ועל ידי טיפוח הגישה של למידה-הסתגלות. שיתוף פעולה עם מורים ברשת, שהתקיים במסגרת ארבע השנים של קיומה, הוא שאפשר לנו להציג תובנות ראשונות על דרכים לשילוב הרעיונות במערכת החינוך. במאמר זה אנחנו מקווים להבהיר את השפעת החינוך הסביבתי על חוסן של מערכות חברתיות-אקולוגיות ועל הטמעת גישת החיים של למידה-הסתגלות בקרב הלומדים.

מילות מפתח:
חוסן
חינוך סביבתי
למידת חקר
מערכות חברתיות-אקולוגיות

Social-ecological coupled systems as a conceptual framework for environmental education

N. Avriel-Avni*, G. Ben-Natan

Dead Sea and Arava Science Center, Neve Zohar, Israel

* Corresponding author: noa@adssc.org

ABSTRACT

"ASAM" is a network of schools that function as stations for long-term social-ecological research. The concept of resilient "social-ecological coupled systems" is the theoretic foundation for educational activity in this network. Resilient social-ecological coupled systems (SECS) are systems that can tolerate social and ecological disturbance, then reconfigure and accommodate changes in a way that enables them to return to their typical structure and function. Ecosystem services, stresses and pulses caused by human behavior, are the link between the social pattern and the ecological pattern. This connection is dynamic and allows for constant adjustment and adaptation of the system and its various components. "Learning-adaptation", as an action method of the social system is made possible when the decision makers and the individuals within are aware of the mutual relations that exist between themselves and their surroundings. Awareness and proper use of feedbacks between environment and society enhance the SECS resilience, reduce conflict and accelerate processes of rectification and growth. The underlying assumption of the educational program of ASAM is that education for sustainability may be a major part in making SECS more resilient. This is done by implementing the understanding of the human role in ecosystems and by fostering learning-adaptation. Collaboration with teachers in the network during its four years of existence allows us to present first insights about ways to incorporate these ideas within the education system.

Keywords:

Environmental education
Inquiry learning
Resilience
Social-ecological coupled systems

1. מבוא

במקביל, ניסיון מצטבר בממשל (ניהול מערכות חברתיות) והבנת התהליכים המעצבים תרבויות אנוש (Diamond, 1999), הובילו מדענים להכיר בעוצמת ההשפעות שיש למערכות אקולוגיות (Moran, 2011) ולשינויים החלים בהן (Landsberg et al., 2011) על אופיין ועל קיומן של תבניות חברתיות.

תובנות חדשות אלו מובילות להתפתחות נקודות החיבור בין חוקרים מתחומי החברה והסביבה (Barlow et al., 2011; Haughton et al., 2009). עמן גוברת ההבנה בדבר נחיצותם של נתונים, של כללים ושל הבחנות מתחומי ידע נוספים לאקולוגיה, לשם הסבר שלם ומציאותי של תופעות ושל תהליכים המתקיימים במערכות אקולוגיות. התפתחות זו שינתה את מקומה של החברה האנושית בעיני אקולוגים מ"מטרד" הרסני ולא רצוי, לישות מורכבת בעלת מגוון השפעות על היבטים שונים של המערכת האקולוגית – חלקם חיוביים וחלקם שליליים (Moran, 2011; Sterling et al., 2010; Willig and Scheiner, 2011).

המושג "שירותי מערכת אקולוגית" נולד מתוך התקדמות זו בחשיבה ובידע. זהו מושג המתאר את אשר מפיקה חברת האדם מהמערכת האקולוגית לרווחתה (Costanza et al., 1993; Daily, 2005; MEA, 1997; et al.). מתוך נקודת מבט אנתרופוצנטרית במהותה מקשרים "שירותי המערכת האקולוגית" בין שני פנים: מרכיב או תפקוד כלשהו בתשתית הביו-פיזית מצד אחד, וקבוצת אנשים הרואה חשיבות במרכיב או בתפקוד זה מצד שני. מכאן ניתן להבין כי אותה קבוצת אנשים הרואה חשיבות בהיבט מסוים של התבנית האקולוגית, היא זו הקובעת את ערכו של אותו שירות. כלומר מעבר לשירותי מערכת חיוניים לקיום האנושי, ערך השירות האקולוגי נקבע על פי החשיבות שהקבוצה מייחסת למרכיב זה ועל פי מידת נכונותם של אנשיה להשקיע ערך, מאמץ ואנרגיה בקיומו. הצימוד שאינו ניתן לפירוק בין המרכיב הביו-פיזי לבין קבוצת האנשים שבתוך התבנית החברתית, הוא כאמור החוליה המקשרת בין שתי התבניות, זו ההופכת אותן למערכת חברתית-אקולוגית מצומדת. זוהי חוליה המאפשרת חיבור ישיר וטבעי בין תחומי הידע, התהליכים והתופעות (Folke, 2006; Turner et al., 2008).

קבוצות האנשים המייחסות חשיבות למרכיבים מסוימים בסביבתם נקראות "קבוצות עניין" (stakeholders). קבוצות אלו מקיימות יחסי גומלין, תלות והשפעה האופייניים להן, עם רכיבי המערכת האקולוגית הנחקרים (Goldberg and Barton, 1992; Purnomo et al., 2005). תיאור המערכת החברתית פותח בדרך כלל באפיון קבוצות העניין על פי התייחסותן אל המערכת האקולוגית, ובתיאור מערך יחסי הכוחות ביניהן (Landsberg et al., 2011; Olander and Landin, 2005). קבוצות עניין (דוגמת "צרכני המים", או "פעילי איכות הסביבה") יכולות להקיף כמה רמות של ארגון, של זמן ושל מרחב (Hein et al., 2006; López-Hoffman et al., 2009; Lorance et al., 2011). לדוגמה במקרה של ארגוני סביבה הפועלים לשימור מינים בסכנת הכחדה, ניתן לתאר קבוצת עניין הכוללת בתוכה יחידים, התארגנויות מקומיות, רשויות לאומיות ואיגודים בינלאומיים. תכונה זו של מעברים בין רמות ארגון שונות ועל פני היקפים שונים של זמן ושל מרחב, ניתן למצוא לא רק במרכיבי המערכת החברתית אלא גם במבנה המערכת האקולוגית. דוגמה לכך היא חברת בעלי חיים מקומית שהיא

בתחילת שנות השישים של המאה הקודמת החלה לחלחל לתודעה האנושית ההבנה כי לשגשוג הכלכלי והחברתי של החברה המערבית יש מחיר סביבתי כבד, המתבטא בהרס של מערכות התומכות בקיום המין האנושי ובפגיעה מצטברת בבריאות בני האדם (Smyth, 2006). הצהרות האו"ם מאז ראשית שנות השבעים (UNESCO, 1972) ועד הכרזת העשור שביין שנת 2005 לשנת 2014 כעשור לחינוך לפיתוח בר-קיימא (UNESCO, 2003), ממקמות את החינוך הסביבתי כמנוף מרכזי בחתירה לפיתוח בר-קיימא. הצהרות אלו הגדירו פיתוח בר-קיימא כשימוש במשאבים הטבעיים באופן המאפשר פיתוח ושגשוג של הדור הנוכחי בד בבד עם הקפדה על שימורם של המשאבים גם עבור הדורות הבאים. סביב הגדרה זו התפתחו ויכוחים העוסקים בזוהת הדור הנוכחי, שהתמקדו בשאלות של צדק חלוקתי ושל צדק סביבתי, ובשאלה: האם פיתוח משמעו בהכרח שגשוג וקיימות (Kethhoilwe, 2008; Smyth, 2006)? גם אם אין נוקטים עמדה בוויכוחים אלו, חשוב לשים לב שההגדרה המקובלת משקפת גישה שמרנית המניחה כי שיווי המשקל הנוכחי הוא המצב הרצוי. הפעילות האנושית נתפסת בדרך כלל כ"הפרעה" שיש לצמצם ככל שניתן, על מנת לאפשר למערכות אקולוגיות או ל"טבע" להתקיים ולהמשיך לתמוך בקיום האנושי לאורך זמן (Gigliotti, 1990).

2. מערכות חברתיות-אקולוגיות חסונות כתפיסה חלופית לפיתוח בר-קיימא

התפיסה של הסביבה כ"מערכות חברתיות-אקולוגיות מצומדות" (מחא"מ) היא גישה שונה לשאלת הקיימות (Turner et al., 2008). על פי תפיסה זו התבנית החברתית, היינו מרקם יחסי הגומלין של קבוצה אנושית באתר גאוגרפי מסוים, קשורה בתבניות אקולוגיות, ביו-פיזיות, מקומיות או מרוחקות, המספקות לה "שירותי מערכת אקולוגית" (שמ"א) שונים, והיא תלויה בהן. התבנית החברתית צורכת שירותים אלו בהתאם לתרבות ולתהליכים חברתיים וכלכליים בתוכה. במקביל משפיעה הפעילות האנושית על התבנית האקולוגית במתקפים (פולסים קצרי-טווח) או בלחצים (ארוכי-טווח) (Folke, 2006). שינויים במבנה התבנית האקולוגית ובתפקודה כתוצאה מהפעילות האנושית משפיעים על יכולתה לתמוך בחברה האנושית ולהמשיך לספק לה שמ"א. כך נסגר המעגל המצמד בין התבנית החברתית לבין התבנית האקולוגית (Azapagic, 2010). משמעה של תפיסה זו היא שממשק מקיים, המעניק חוסן למערכת המצומדת, דורש הבנה הן של התבנית האקולוגית והן של התבנית החברתית הפועלת בתוכה, וכן הבנה של מכלול ההשפעות והיחסים ההדדיים. גישה זו משנה גם את תפקידו של החינוך הסביבתי כתומך בפיתוח בר-קיימא. בשורות הבאות נפתח ונפרט רעיון זה.

התפתחות התפיסה של פעילות האדם כחלק אינטגרלי ממערכות אקולוגיות היא תולדה של ניסיון מצטבר בממשק מערכות אקולוגיות (Berkes and Folke, 2000). הידע החדש הביא לידי הבנה כי יש לחדול מלהתעלם ממעורבותו של האדם בפעילותן של מערכות אקולוגיות, שכן השפעות המעורבות נרחבות, מקיפות ובעלות עוצמה.

השינויים שחלים בסביבה. כך למשל שימוש בדלק מאובנים מעלה את ערכו של השירות האקולוגי "ייסות איכות אוויר"; והציבה הורסת בדרך כלל בתי גידול, ומפחיתה את היכולת של המערכת האקולוגית לספק "שירותי השראה".

הנחה מרכזית בגישת המחא"מ היא שמתקיים שינוי מתמיד בתהליכים, בתפקודים ובמרכיבי המערכת המצומדת, וכי שינוי זה יוצר מורכבות-מסתגלת (Ruhl et al., 2007). מערכות מורכבות-מסתגלות (complex adaptive systems) מפגינות שתי תכונות עיקריות בפעולתן: התנגדות – יכולתה של המערכת לעמוד בפני לחצים חיצוניים ללא אובדן המבנה והתפקוד המאפיינים אותה, וחוסן – יכולתה של המערכת להתאושש מהפרעות ולחזור לשיווי משקל (Folke et al., 2010). ככל שתקופת ההתאוששות והחזרה למצב בטרם ההפרעה קצרה יותר, נחשבת המערכת לחסונה יותר (MEA, 2005). ניתן לתאר את התאוששות המערכת החברתית-האקולוגית כתהליך הסתגלות לשינוי אשר נכפה עליה על ידי גורמים מבחוץ. אולם התבנית החברתית ניהנה ביכולות נוספות של למידה, של תכנון ושל ממשק, המאפשרות לקצר את תקופת ההתאוששות ולהגביר את חוסנה של המערכת המצומדת (Plummer and Armitage, 2007).

מיקום התבנית החברתית כחלק אינטגרלי של מערכות אקולוגיות וההנחה שמערכות חברתיות-אקולוגיות חסונות הן מערכות לומדות-מסתגלות, מעניקים משנה תוקף לתפקיד החינוך הסביבתי בהבטחת עתיד בר-קיימא. על פי גישה זו, החינוך הסביבתי צריך לטפח את ההבנה של תפקיד האדם במערכת, לפתח גישת חיים של למידה-הסתגלות (Krasny et al., 2010), ולשלב למידה חברתית לצד למידה של תהליכים ביו-פיזיקליים (Robottom, 2012). ידע מסורתי על ניהול יחסי מערכות חברתיות-אקולוגיות עשוי להיות רב-ערך, בעיקר באזורי קיצון ובאזורים שבהם ממשק שנוצב באופן לא זהיר עלול לחולל הידרדרות בכושר הנשיאה שלהן וביכולתן לספק שירותי מערכת אקולוגית חיוניים. הלימוד וההסתגלות של המערכת צריכים להיעשות ברמת החברה, ולא רק ברמת הפרט כפי שגרס החינוך הסביבתי המסורתי (Löff, 2011). כך תפיסת הסביבה כמערכת חברתית-אקולוגית מצומדת תהווה גישה חדשה גם לגבי החינוך הסביבתי.

3. ניצנים ראשונים ליישום התפיסה של מערכות חברתיות-אקולוגיות מצומדות בחינוך סביבתי

בשנים האחרונות מתחילות להופיע תכניות לימודים היוצרות קשר בין חוסן של מערכות חברתיות-אקולוגיות, חשיבה אקולוגית וחינוך סביבתי. בתכנית לימודים שפותחה במצפה רמון, כעיריה מדברית מבודדת בישראל (אבראל-אבני, 2004), חקרו התלמידים את היישוב שלהם כמערכת חברתית דינמית, ומיפו את שירותי המערכת האקולוגית שהיא צורכת. במחקריהם הם גילו שרוב השירותים האקולוגיים מסופקים ליישוב על ידי מערכות אקולוגיות מרוחקות מאוד. המערכת החברתית המקומית תלויה בקווי אספקה ארוכים, ואינה עושה שימוש בשירותים שהמערכת האקולוגית המקומית והסביבה המקומית יכולות לספק לה. דוגמה לאפשרות לשימוש בשירותים מקומיים כאלה היא אספקת מזון באמצעות איסוף מי נגר מהמדורות, כפי שנהגו לעשות

חלק ממרקם ביו-גאוגרפי אזורי, ואשר המבנה שלה הוא תוצר של תהליכים המתקיימים באוכלוסיות-על לאורך זמן. בשל מבנה מורכב זה נדרש מעיצוב ממשק מקיים לתאר את המערכות באופן היררכי, ברמות ארגון בעלות מורכבות הולכת וגדלה ותוך תהליך מחזורי של מנגנוני משוב בין החלקים החברתיים והאקולוגיים (Folke, 2006).

הקשר המתחייב בין מבנה ותפקוד התבנית האקולוגית לבין קבוצות העניין המרכיבות את התבנית החברתית, ניתן להדגמה על ידי בחינת ההשפעות ההדדיות המתבטאות בשירותי המערכת האקולוגיים. ניקח לדוגמה אספקת צומח למרעה עבור קבוצת העניין של מגדלי הצאן. ניתן לכמת את ערכו של שירות מערכת זה על ידי הערכת הסכום שמוכנים רועי הצאן לשלם עבור צומח להזנת הצאן (אם על ידי אומדן תנובת שטח מרעה נתון, ואם על ידי אספקת מסת צומח שקולה ישירות לרועה). כאשר חל שינוי בתבנית האקולוגית (דוגמת בצורת), המתבטא בצמצום ייצור ביו-מסת הצומח, ניתן לראות כי ערך שירות המערכת משתנה בעקבותיו. אם נניח כי מספר הרועים וגודל העדרים נשאר דומה, הרי שכאשר יש פחות מרעה להזנת הצאן, יאותו הרועים לשלם עבורו יותר. בדומה לכך, ככל שקבוצת העניין של רועי הצאן הצטמצמה בשל תהליכים חברתיים (דוגמת היצע גובר של תעסוקה רווחית יותר), כן יקטן בהתאם ערך שירות המערכת, על פי היחס שבין ההיצע לביקוש.

אם כך, יחסי הכוחות בין קבוצות העניין בתבנית החברתית מכתיבים את חשיבותם היחסית של שירותי המערכת האקולוגיים. במילים אחרות, חשיבותם היחסית של מרכיבי התבנית האקולוגית נתונה לשינויים הנובעים מתהליכים חברתיים, וכן לשינויים הנובעים מתהליכים ביו-פיזיים המתרחשים במסגרת התבנית האקולוגית. תהליכים כלכליים, מודעות צרכנית, חינוך ותפיסות עולם הם גורמים נוספים הקובעים את המבנה ואת התפקוד של המערכות האקולוגיות שבהן מעורבות חברות אדם (Krasny and Roth, 2010; Löff, 2011), ומשפיעים עליהן. הגישה אנתרופוצנטרית ביסודה, ועל כן עלולה לעורר אי-נחת אצל מי ששמירת הטבע יקרה לו כעיקרון מנחה שאינו קשור לאספקת שירותים אקולוגיים חיוניים. יתרונה הוא באפשרות לשכנע, ובעקבות זאת לשנות את מערכת השיקולים גם אצל מי ששמירת הטבע אינה בראש מעיניו. אי-נחת נוספת לגבי תפיסה זו נובעת מהתמקדותה בשירותים שהמערכת האקולוגית מספקת, כלומר בשירותים שנוצרים מתוך אינטראקציות בין אורגניזמים לבין התשתית הביו-פיזית. התמקדות זו מקורה בשאיפה להדגיש את החשיבות של מבנה ותפקוד בריאים של המערכות האקולוגיות התומכות בקיומנו, ובמטרה להתאים את ההתנהגות האנושית כך שתאפשר למערכות אלו לתפקד לאורך זמן. ההתמקדות בשירותי המערכת האקולוגית עלולה לצייר תמונה חלקית בלבד של קשרי אדם-סביבה, ולהשאיר ללא התייחסות טובין שונים שמתקבלים מהסביבה כגון דלקי מאובנים, מחצבים, אנרגיה סולרית או נוף גאולוגי. בעיה זו מחריפה במקומות שבהם מסופקים רק מעט משירותי המערכת האקולוגית על ידי המערכות המקומיות, ובד בבד אותן מערכות מספקות שירותים חיוניים שאינם אקולוגיים, לדוגמה נוף גאולוגי המשמש בסיס לתיירות מקומית או מלחי אשלג המגיעים את הכלכלה המקומית. למרות ביקורת מוצדקת זאת חשוב לשים לב שבמרבית המקרים אופן השימוש בטובין שאינם שירותי המערכת האקולוגית, מצריך הפעלת שירותי מערכת אקולוגיים כדי לווסת את

(spatial) באמצעות עבודה ברשת. היישובים מייצגים קשת רחבה של תבניות חברתיות: קיבוצים בעלי אופי שיתופי המתפרנסים מחקלאות מתקדמת ומתעשייה; יישובים קהילתיים ועיירות המתבססים על תיירות; כפרים בדואים מוכרים ושאינם מוכרים המתפרנסים ממרעה, מחקלאות משפחתית וממתן שירותים; ויישובים עירוניים שעיקר פרנסתם מבוססת על מסחר ועל מתן שירותים.

אף שכל היישובים נמצאים בסביבה מדברית, קיימים הבדלים משמעותיים באופייה של הסביבה הפיזית של כל אחד מהם. היישובים פזורים לאורך מפל גשם הנע בין 250 ואפילו 300 מילימטר משקעים (מ"מ) בצפונה של הרשת, שבה גשמים חורפיים מאפשרים חקלאות בעל, לבין 20 מ"מ לשנה בלבד בדרומה של הרשת. המרחב הגאוגרפי נבדל גם בפרמטרים של מסלע ושל נוף. יש יישובים בבקעת הלס הרחבה של באר שבע, אחרים נמצאים לאורך בקע ים המלח והערבה, דהיינו ברום של 0 עד מינוס 400 מטרים, ואילו יישובים נוספים נמצאים במדבר הסלעים של הר הנגב, בגובה של 900 מטרים מעל פני הים. להבדלים גאוגרפיים אלו השפעה גדולה הן על האקלים והן על התבניות האקולוגיות שמתפתחות בשטחים הפתוחים באותם אזורים. המטריצה שנוצרת ממפגש מאפייני הסביבה הביו-פיזית עם התבניות האנושיות – התרבותיות, החברתיות והכלכליות – יוצרת מגוון גדול של מערכות חברתיות-אקולוגיות מצומדות.

4.1 מתחילים במערכת המקומית

המשימה הראשונה של כל בית ספר ברשת היא להכיר היטב את המערכת החברתית-אקולוגית המקומית. לאור זאת נפתחת תכנית הלימודים בחקר התבנית האקולוגית בשטח פתוח הצמוד ליישוב. באמצעות זיהוי המרכיבים הפיזיים והביוטיים של סביבתם הקרובה והיכרות עם תהליכים אקולוגיים מרכזיים במערכת, מתרגלים התלמידים כישורים של חקר, ובד בבד מפתחים תפיסה מערכתית של הסביבה. התבנית האקולוגית מוצגת כ"מערכת תומכת חיים", והיא נבחנת מבעד לעדשה של תהליכים מקיימי חיים עבור האורגניזמים החיים בה. הידע והכישורים שנבנו בשלב זה יישמשו את התלמידים בשלב השני של התכנית, כאשר יחקרו את מבנה התבנית החברתית של יישובם. חקר התבנית החברתית נעשה באמצעות מפגשים וראיונות עם תושבים ועם בעלי תפקידים ביישוב. המידע משמש את התלמידים לזיהוי קבוצות עניין ולסרטוט המבנה והתפקוד של המערכת החברתית-כלכלית ביישובם, למיפוי שירותי המערכת האקולוגית שהתבנית החברתית שלהם צורכת מהסביבה הקרובה וממערכות אקולוגיות מרוחקות, ולזיהוי לחצים ארוכי-טווח ומתקפים קצרי-טווח שהתבנית החברתית מפעילה על המערכות האקולוגיות שנמצאות סביבה.

דוגמה לכך נוכל לראות בחקר של מצפה רמון כיישוב שמשענתו הכלכלית המרכזית נסמכת על ההשראה שמעניק הנוף המדברי. המחקר שערכו התלמידים העלה שהתנהגות התושבים בגבולות השטח הבנוי יוצרת טבעת של פסולת עירונית סביב היישוב, ובכך פוגעת ביכולתה של המערכת האקולוגית בשטחים הפתוחים שסביבו לספק את השירות החיוני. למצב זה יש גם תוצרים חברתיים: ניכור וחוסר קשר לסביבה. המערכת המצומדת מתוארת באיור 1.

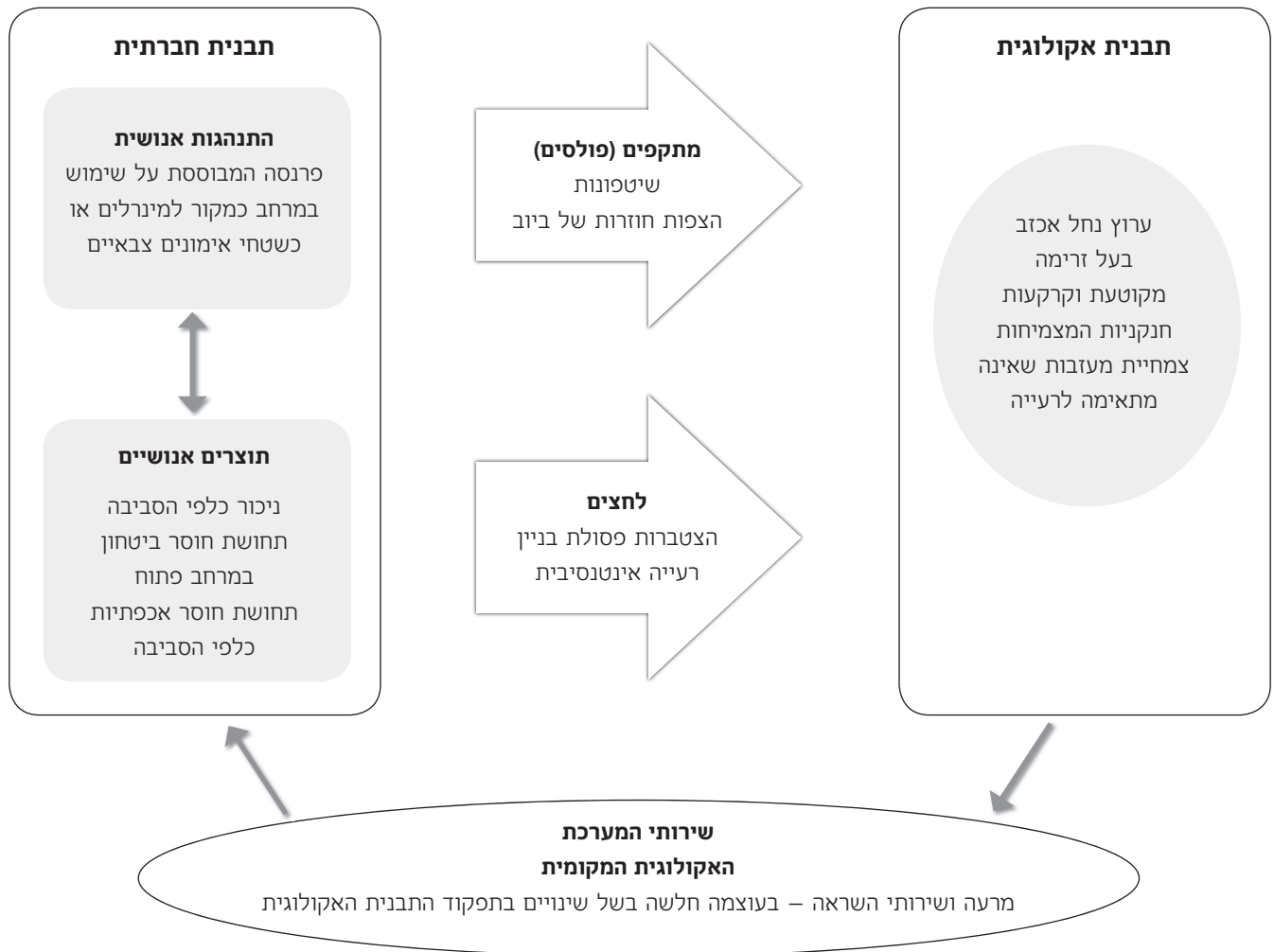
בני תרבויות קדומות באזור, או שימוש באנרגיית השמש באמצעות טכנולוגיות מתקדמות. במסע בן חמישה ימים לאורך הצינור המספק לעיירה מים מן הכינרת, למדו בני הנוער מה קורה למערכות חברתיות-אקולוגיות מרוחקות כאשר הם צורכים מים ללא אבחנה ביישוב שלהם. בסקר שערכו ביישוב התבררה להם המודעות הנמוכה של התושבים לתלות בקווי האספקה הארוכים ולאחריות שלהם כלפי המערכות המרוחקות. תובנות אלו הובילו את התלמידים למחקרי פעולה שבהם ניסו לשפר את ממשק הצריכה ואת השימוש בשירותי המערכת האקולוגית ביישוב. ההתנסות במחקרי הפעולה אפשרה להם להמשיך ולפתח את התפיסה העצמית שלהם כחלק אינטגרלי ומשפיע על המערכת החברתית-אקולוגית, ולטפח את התפיסה של מערכות אלו כדינמיות וכדורשות למידה מתמדת (אבריאל-אבני, 2004).

דרך אחרת לשימוש בעדשה של מחא"מ בהתבוננות על הסביבה נעשית במסגרת הפרויקט של פסיפס הגנים (garden mosaics). את הפרויקט מובילה המחלקה למשאבים טבעיים באוניברסיטת קורנל שבניו יורק. במסגרת זו פותחו כמה תכניות של חינוך סביבתי אשר כל אחת מהן עוסקת בתת-מערכת חברתית-אקולוגית אחרת, כגון ייעור עירוני, גינון קהילתי או שיקום נחל. החוקרים המלווים את פיתוח התכניות הדגימו את הפוטנציאל של טיפוח הבנת הקשר המורכב בין תבניות חברתיות לבין תבניות אקולוגיות, וכן את הרעיון של מערכות חסונות כמערכות לומדות-מסתגלות, באמצעות שיתוף בני נוער וחברי קהילה בממשק של תת-מערכות אלו (Krasny and Tidball, 2009). על פי החוקרות קרסני ורות (Krasny and Roth, 2010), השתתפות פעילה בשיקום ובטיפוח של תת-מערכות עירוניות ועל ידי כך שיפור השירותים שמערכות אלו מספקות, עשויה לשנות את התפיסה שהפעילות האנושית גורמת אך ורק להרס מערכות אקולוגיות. כחלופה לתפיסה זו, התכניות מעבירות את המסר שפעילות אנושית המבוססת על למידה יכולה לשפר את המבנה ואת התפקוד של המערכת החברתית-אקולוגית. הלמידה האישית נתפסת כמארג של אינטראקציות בין הלומד לבין הסביבה החברתית והביו-פיזית שלו. היא מקננת (nested) בתוך החינוך הסביבתי, וזה בתורו מקנן בתוך שיתוף פעולה עם ארגונים לאיכות סביבה. שיתוף זה מקנן אף הוא במערכות חברתיות-אקולוגיות רחבות יותר.

מסקנות המחקרים מלמדות שפעילות מסוג זה עשויה לפתח את החשיבה האקולוגית בקרב המשתתפים (אבריאל-אבני, 2004; Hogan, 2002; Tidball and Krasny, 2011) ועל ידי כך לתרום לחוסן של המערכות החברתיות-אקולוגיות (Krasny et al., 2010).

4. מחקר מערכות חברתיות-אקולוגיות מקומיות לפיתוח תפיסה מרחבית ורב-תרבותית

רשת אדם וסביבה במרחב (אס"ם) מציעה מודל נוסף לחינוך לקיימות במסגרת התאורטית של מחא"מ. הפרויקט מורכב מרשת בתי ספר ביישובים שונים בדרום ישראל, המשמשים תחנות מחקר וניטור חברתי-אקולוגי ארוך-טווח. קבוצות תלמידים בתחנות אלה לומדות בתכנית לימודים חד-שנתית או דו-שנתית, המתמקדת במחא"מ המקומית ומפתחת את החשיבה העיתית (temporal) והמרחבית



איור 1: המערכת החברתית-אקולוגית בערוץ נחל חווה ליד מצפה רמון. מצפה רמון קמה כעיירת מכרות בשנת 1956. מסוף שנות השישים החלו המרחבים שסביבה לשמש כשטחי אימונים צבאיים. השטחים הפתוחים בקרבת היישוב שימשו כמזבלות מאולתרות, וטבעת אשפה שנוצרה סביב היישוב פגעה ביכולת התושבים להתפרנס משירותי השראה שהמערכת האקולוגית המקומית יכולה לספק להם. בערוץ נחל חווה, המתואר באיור, עובר צינור הביוב המנקז את היישוב. הצפות חוזרות זיהמו את קרקע הערוץ וגרמו להחלפת הצמחייה המקומית בצמחיית מעזבות חובבת חנקן, אשר אינה יכולה לשמש כמרעה לעדרי הבדואים במאהל הסמוך. התוצר האנושי של מצב זה כולל התפתחות של ניכור התושבים כלפי סביבתם, חוסר ביטחון וחוסר אכפתיות כלפי הסביבה. התבוננות ביחסים בין היישוב לבין השטחים הפתוחים שסביבו דרך המודל של מערכות חברתיות-אקולוגיות מצומדות מאפשרת למקד את מטרת החינוך הסביבתי.

החברתית שלהם. יישוב רועים בדואי זקוק לאספקת מרעה, לחומרי בערה ולחומרי בנייה מקומיים. לעומתו יישוב עירוני מודרני המצוי באותה תבנית ביו-פיזית, אינו צורך כמעט את השירותים של המערכת האקולוגית המקומית, ובמקומם מושך שירותים ממערכות אקולוגיות רחוקות. ההשוואה בין היישובים יכולה להדגים גם כיצד יישובים בעלי תבנית חברתית דומה כקיבוצים או ערים, מפתחים מחא"מ שונה בהתאם לתנאים השונים של התבנית האקולוגית שלהם, כגון אקלים, זמינות המים, איכות הנוף וכדומה (איור 2).

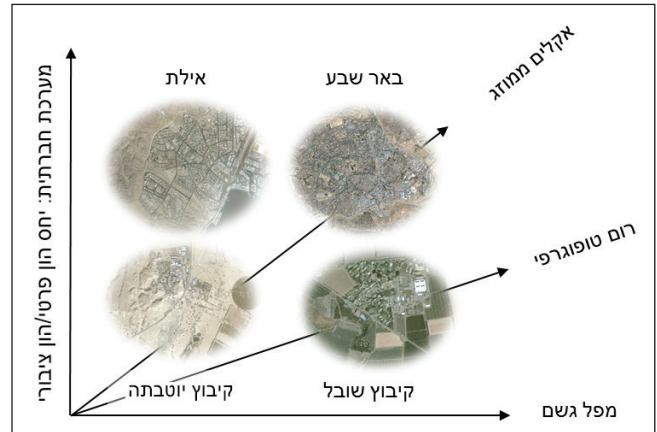
תיאור המערכת החברתית-אקולוגית המצומדת (מחא"מ) המקומית מועלה על ידי התלמידים לאתר האינטרנט של הרשת שמנוהל על ידם, עם קישור לדף השייך לבית הספר שלהם. הגישה החופשית לדפים שהעלו תלמידים מבתי ספר אחרים מאפשרת השוואה בין המערכות החברתיות-אקולוגיות השונות ברשת. בהנחיית המורים יכולים התלמידים לקבל המחשה של יחסי הגומלין בין האופי הביו-פיזי של סביבות שונות לבין התבניות החברתיות של היישובים השונים ברשת. לדוגמה הם יכולים לראות כיצד יישובים הנמצאים באותה סביבה גאוגרפית מפתחים מחא"מ שונה לחלוטין, בהתאם לתבנית

והתארכותם, וחלקו הוא תוצאה של השפעת גורמים מקומיים כעיבוד מתמשך של קרקעות, דרישה לאזורי מרעה מצד יישובי רועים קבועים, הדירה של מיני אורגניזמים זרים, קיטוע של בתי גידול ויצירת נישות חדשות לבעלי חיים ולצמחים מבתי גידול לחים יותר.

באמצעות מחקר היסטורי פשוט או דרך ראיונות עם אנשים מבוגרים ביישובים שלהם, יכולים התלמידים לסרטט את השתנות המחא"מ שלהם. רוב היישובים ברשת אס"ם הם בני 50–60 שנים בלבד, ולמרות זאת הם עברו שינויים דרמטיים שמדגימים היטב את רעיון הדינמיות של המערכת החברתית-אקולוגית (Holling et al., 2002). לדוגמה מחקרי התלמידים בקיבוץ עין גדי העלו שהיישוב הוקם בראשית שנות החמישים של המאה הקודמת בתבנית חברתית סוציאליסטית ושוויונית. הקיבוץ הצעיר התקיים בעיקר מחקלאות, למרות היצע הקרקעות הדל ביותר סביבו. האקלים החם באזור אפשר גידול ירקות חורפיים, שהקדימו להגיע לשווקים והניבו רווחים יפים לחברי הקיבוץ. מי המעיינות החזו את החקלאות ואת התושבים. באותם ימים היה הקשר אל הארץ הנושבת באמצעות דרך מפותלת אל באר שבע, והתקיים בעיקר על ידי ה"קניין" של הקיבוץ, שנסע באופן קבוע אל העיר להביא את המצרכים לשאר החברים. הבידוד תרם לחיזוק הלכידות הפנימית ולקשר אל השטחים הפתוחים. קהילת הקיבוץ קיימה רמה גבוהה מאוד של פעילות חברתית ותרבותית, וחבריה הרבו לטייל, לסייר ולחקור את הטבע שהקיף את מקום מגוריהם. תיירות ואירוח לא היו מקור פרנסה משמעותי בתקופה המוקדמת הן בשל התנגדות אידאולוגית, הן בשל ממדיו המצומצמים של השוק והן משום הנגישות הנמוכה ליישוב.

עם השנים השתנתה המערכת החברתית-אקולוגית של עין גדי תהליכים במערכת האקולוגית המקומית והלאומית כגון הירידה במפלס פני ים המלח, חוללו שינוי במערך ההידרולוגיה המקומי. כמו כן התחולל שינוי בתוואי החוף ובהיצע הקרקע לחקלאות עם הופעת הבולענים. שינויים חלו גם במערכת החברתית המקומית והארצית. בשנת 1967, בעקבות מלחמת ששת הימים, נפתחה הדרך לירושלים ואל מרכזי התרבות. הביטחון האישי והמצב הכלכלי במדינה השתפרו, וישראל הפכה בהדרגה לארץ תיירות – פנים וחוץ. בד בבד חל פיתוח בערכים הסוציאליסטיים בישראל ובעולם, ואת מקומם תפסו ערכים של חברת צריכה (consumer society). פיתוח חקלאות החממות בישראל מחק את היתרון היחסי שהיה לאזור עין גדי בהבשלת גידולים מוקדמת, והקשה על התושבים באזור להמשיך ולמצוא בחקלאות את מקור פרנסתם העיקרי. נוסף על כך נכנסו עובדים זרים וזולים לשוק העבודה בקיבוץ, שהיה מצומצם ממילא, כתוצאה מן המעבר לגידול מטעי תמרים ומנגו. לכל השינויים הללו היה הד במערכת החברתית של היישוב.

השינויים המצטברים בהתנהגות החברים הובילו את קיבוץ עין גדי לנקודת שבר, שבה חשו שאינם מסוגלים עוד להמשיך ולקיים את התבנית החברתית המקורית של מה שנתפס כקיבוץ. היישוב נכנס לתקופה של ארגון מחדש ושל יצירת תבנית חברתית חדשה שכונתה "קיבוץ מתחדש", והתאפיינה בחלוקה שונה בין ההון הציבורי לבין ההון הפרטי. כיום הכנסות הקיבוץ מתיירות וממכירת מי המעיינות

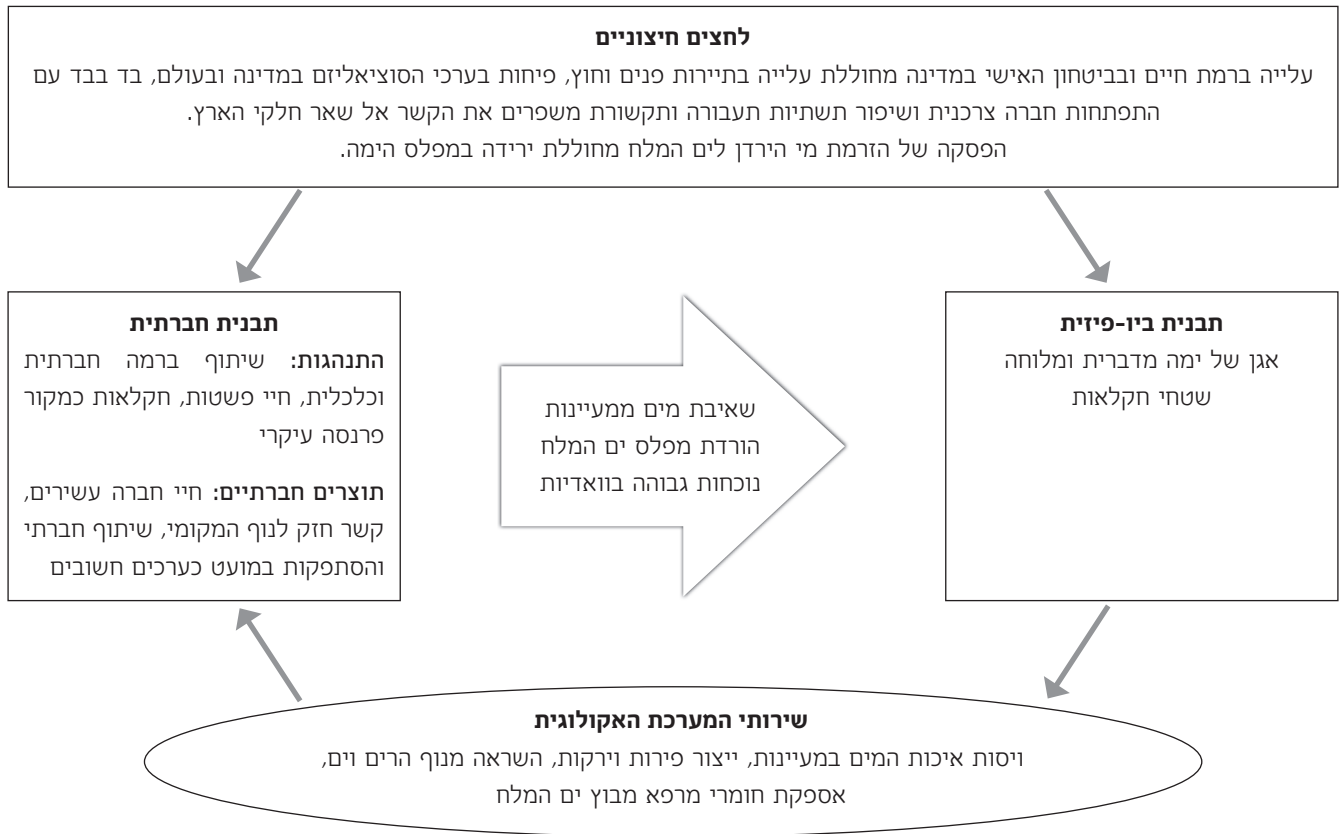


איור 2: דוגמה להשפעת התבנית הביו-פיזית על התבנית החברתית. כמדד לתבנית החברתית נבחר הפרמטר של יחס בין הון פרטי לבין הון חברתי, המייצג את ההבדל בין קיבוצים לבין יישובים עירוניים. כאשר בוחנים דוגמאות של יישובים ברשת, ניתן לראות שתבניות חברתיות דומות - שני קיבוצים - מקבלות אופי שונה (כפי שמתבטא בסוגי פרנסות למשל) בשל המאפיינים של התבנית הביו-פיזית שבה הם נתונים. חלק ניכר מפרנסתו של קיבוץ שובל, הנמצא על גבול המדבר, מבוסס על חקלאות בעל. קיבוץ יוטבתה, הנמצא בצחיח קיצון, מבסס את פרנסתו על חקלאות שלחין. הפרמטרים של התבנית הביו-פיזית משפיעים גם על עיצוב שונה של התבנית החברתית בשני יישובים עירוניים ברשת. המיקום של באר שבע, בבקעה רחבה המשמשת צומת דרכים לאומית, הופך את העיר למרכז שירותים מוניציפאליים ומסחריים. מיקומה של אילת, במפרץ הדרומי, מעודד התפתחותה כעיר מסחר ותיירות.

באתר הרשת יכולים התלמידים לנהל ביניהם שיחות בפורום או בתקשורת סינכרונית ולדון בהבדלים שבין סוגי המחא"מ ובסיבות להבדלים אלה, ועל ידי כך להעמיק את התובנות שלהם לגבי הקשר שבין התבנית החברתית לבין התבנית האקולוגית. התקשורת המקוונת מגשרת על מרחקים גאוגרפיים ותרבותיים כאחד. שיחות בין תלמידים מיישובים חקלאיים לבין תלמידים עירוניים, או בין תלמידים בדואים לבין תלמידים יהודים, מאפשרות לזהות את השונה ואת הדומה מבחינת המחא"מ המקומית וליצור שיתוף פעולה סביב סוגיות סביבתיות החוצות מרחקים ותרבויות.

4.2. ממד הזמן במערכת חברתית-אקולוגית

המטריצה של המערכות החברתיות-אקולוגיות נעשית מורכבת יותר כאשר תשומת הלב מתמקדת בשינויים שעוברות מערכות אלו לאורך הזמן. השינוי יכול להתרחש במערכת החברתית, והוא יכול להיגרם על ידי לחצים אקולוגיים פנימיים או חיצוניים. שינויים בערכים, במבנה הכלכלי והארגוני או במצב הפוליטי עשויים להשפיע על התבנית החברתית, ולחולל שינויים בהתנהגות התושבים ובאופי ההפרעות המושרות על התבנית האקולוגית. במקביל לשינויים החברתיים עוברת גם המערכת האקולוגית שינוי. חלקו נובע מהשפעות רחבות-היקף, כגון שינויי אקלים כהפתחה במשקעים, התחממות וריבוי אירועי קיצון



איור 3: המערכת החברתית-אקולוגית בעין גדי בראשית ימיה והלחצים שהופעלו עליה עם השנים וחוללו בה את השינויים המתוארים בטקסט. מעובד מתוך עבודה עם קבוצת מורים בבית הספר ביישוב.

התבוננות בשינויים שחלו במערכת החברתית-אקולוגית המקומית לאורך השנים והשוואה בין המערכות השונות באמצעות הרשת המתוקשבת, דורשות מהתלמידים פיתוח של יכולת חשיבה עיתית והבנה עד כמה מחא"מ הן דינמיות ונתונות לשינויים, חלקם לא רצויים. התבוננות מבעד לעדשה זו ממחישה עבורם את האופי הכאוטי והבלתי צפוי של שינויים במערכות מורכבות ואת הצורך בניטור ארוך-טווח. הלמידה של המערכת המצומדת ברשת "אדם וסביבה במרחב" נעשית באמצעות "למידת חקר". בהנחיית המורים וצוות החוקרים המלווים את הרשת מבצעים התלמידים ניטור של מדדים חברתיים כגון ערכים ומודעות סביבתית, של אופן השימוש בשירותי המערכת האקולוגית והלחצים שהתבנית החברתית יוצרת על השטחים סביבה, ושל מדדים לשינוי התבנית האקולוגית. הנתונים נאגרים ויוצרים מסד נתונים ארוך-טווח אשר יוכל לשמש למחקרים עתידיים על הדינמיקה של המערכות. במקביל מבצעים התלמידים מחקרים קצרי-טווח המעמיקים את ההבנה של מורכבות המערכת החברתית-אקולוגית המקומית. הרשת המתוקשבת מאפשרת לתלמידים החפצים בכך להוביל עם עמיתיהם ברשת מחקרים השוואתיים, כמו הבדלים "בטביעת הרגל האקולוגית" בין היישובים השונים ברשת ואף מחקרים משותפים לדוגמה בנושא ההתפשטות של מינים פולשים על פני מפל הגשם.

גבוהות מאשר ההכנסות שמקורן בחקלאות (איור 3). רוב התושבים מחזיקים ברכב פרטי, והנסיעות לירושלים הן יומיומיות. גם תחושת הניתוק והבידוד החברתי ירדה בצורה דרמטית. עם זאת אותם אמצעי תקשורת מתקדמים שתורמים לתחושת הקשר עם "דרי העולם החיצון", הם אלה שגורמים לניתוק התושבים מסביבתם הקרובה.

במושגים של מחא"מ, השינוי בגודל קבוצות העניין ביישוב – חקלאים מצד אחד ואנשי תיירות מצד שני – וביחס בין שתי הקבוצות, חולל שינוי בערך השטחים הפתוחים סביב היישוב ובמשמעותם כספקי שמ"א: מספקי שירות "אספקה חקלאית", הם הפכו לספקי שירותי "השראה" לצורכי תיירות. גם אופן הפעילות האנושית בשטחים אלו השתנה בהתאם. שינויים חלו בחשיבותם היחסית של שמ"א מקומיים נוספים. לדוגמה חלה עלייה מתונה בחשיבות אספקת המים ושירותי "ויסות איכות המים". שינויים אלו משקפים תהליך למידה-הסתגלות של התבנית החברתית. התבנית החברתית למדה בהתמדה את התהליכים במחא"מ, וכשהגיעה לשלב שבו לא שירתו אותה עוד המבנה והתפקוד המקוריים, הייתה מסוגלת לעבור לתבנית מחא"מ חדשה מבלי להתמוטט. שינויים דומים עברו גם היישובים הבדואים (איור 4). מיישובים של נוודים-למחצה הם הפכו לכפרים לא-מוכרים ואף ליישובים עירוניים.



איור 4: השתנות המערכת החברתית-אקולוגית של החברה הבדואית בבקעת באר שבע. עם המעבר מתבנית חברתית של רועים לתבנית של עיירה הופסק כמעט כליל השימוש בשירותי המערכת האקולוגית המקומית. במקום זה נעשה שימוש הולך וגובר בשירותים שמקורם במערכות חברתיות-אקולוגיות מרוחקות. מעובד מתוך עבודה של קבוצת מורים מבית ספר אלסלאם בעיירה שגב שלום.

לבין המבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית, ולהחליף את הגישה השלילית שמקובל לייחס לכל פעילות אדם בסביבה. התבוננות בסביבה כמערכת חברתית-אקולוגית עשויה להוביל לפיתוח תפיסת הפעילות האנושית בסביבה כחלק ממארג מורכב של יחסי גומלין ומשובים, היכול להתפתח לכיוונים שונים. זאת במקום לאמץ את הגישה הבלדנית שאפיינה את החינוך הסביבתי בראשית שנותיו (Gigliotti, 1990) או במקום גישות היררכיות המציבות את האדם בראש הפירמידה הארגונית וביחסים של דומיננטיות הרסנית.

תכנית הלימודים של רשת אדם וסביבה במרחב ממשיכה מגמה זו. הרשת פועלת במישור המקומי ובמישור המחוזי במקביל, ועל ידי כך מרחיבה את מנעד האפשרויות שהזכירו טידבל וקסני לחינוך סביבתי-אקולוגי ולטיפוח חשיבה אקולוגית, באמצעות התבוננות בסביבה באמצעות העדשה של מערכות חברתיות-אקולוגיות מצומדות. מרכיב החקר בתכנית הולם את גישתם של חוקרים שונים (אבריאל אבני, Berkowitz et al., Orr, 1992; Roth, 1992; 2009; טל, 2004; שקראו לבסס את האזרחות הסביבתית על אוריינות אקולוגית. 2005). תכנית הלימודים המקומית והעבודה ברשת המתוקשבת מזמנות אפשרויות שונות לפיתוח החשיבה האקולוגית וערכי החינוך הסביבתי. החשיפה של התלמידים לפרטים, לתבניות ולתהליכים המרכיבים את המערכות האקולוגיות בשטחים אשר ליד יישובם, עשויה לתרום לפיתוח המודעות שלהם לקיים, כלומר לשפע של אורגניזמים ולדגמים מרתקים של פעילות, גם במקום שבו לא ניתן לראות בעלי חיים או עצים גדולים ובולטים, ולעורר את סקרנותם ואת חקרנותם. הבנת

5. סיכום

חינוך לקיימות נחשב על ידי רבים כמטרה מרכזית של החינוך הסביבתי (McKeown and Hopkins, 2003; Robottom and Hart, 1993; משמעות (Tilbury and Wortman, 2004; UNESCO, 2003). החינוך לקיימות היא פיתוח בקרב התלמידים את התפיסה של היותם חלק אינטגרלי מן הסביבה וטיפוח ערכים והתנהגות שתומכים בקיימות של החברה האנושית ושל מערכות סביבתיות (UNESCO, 2003). התבוננות בסביבה דרך העדשה של מערכות חברתיות-אקולוגיות דינמיות ופתוחות, כלומר נתונות להשפעות חיצוניות ולשינויים המתרחשים בקצבי זמן שונים, יכולה לשמש מסגרת מושגית מתאימה לחינוך הסביבתי ולהמחיש את חיוניות הצורך לאמץ גישת חיים של לימוד-הסתגלות. הצימוד בין המערכת החברתית לבין האקולוגית מדגיש את התלות של החברה האנושית במערכות אקולוגיות תומכות חיים. על כן הוא מדגיש גם את אחריות המערכת החברתית לנהל את הלחצים שיוצרת התנהגות חברה על המבנה והתפקוד של מערכות אקולוגיות, כך שאלו האחרונות יוכלו להמשיך ולספק את השירותים החיוניים של המערכת האקולוגית. פרויקט הגינון הקהילתי שמוילות טידבל וקסני (Tidball and Krasny, 2011) משמש דוגמה ראשונית לשימוש במסגרת מושגית זו. החוקרות מראות כיצד שיתוף הקהילה בממשק מעשי של המערכת המצומדת עשוי לשנות את התפיסה של אנשים לגבי תפקידם במערכת המצומדת, ואת הידע שלהם על ממשק מקיים. ביכולתה של שותפות בשיקום או בטיפוח הסביבה לתרום לפיתוח גישה חיובית כלפי הקשר בין פעילות אנושית

- Azapagic, A., 2010. Life cycle assessment as a tool for sustainable management of ecosystem services. *Issues in Environmental Science & Technology* 30, 140–168. doi: 10.1039/9781849731058-00140
- Barlow, J., Ewers, R. M., Anderson, L., Aragao, L.E.O.C., Baker, T. R., Boyd, E., Feldpausch, T.R. et al., 2011. Using learning networks to understand complex systems: a case study of biological, geophysical and social research in the Amazon. *Biological Reviews*, 86(2), 457–474. doi: 10.1111/j.1469-185X.2010.00155.x
- Ben-Zvi Assaraf, O., Orion, N., 2005. Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching* 42(5), 518–560.
- Ben-Zvi Assaraf, O., Orion, N., 2010. Four case studies, six years later: developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching* 47(10), 1253–1280.
- Berkes, F., Folke, C., 2000. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. In: Berkes, F., Folke, C., Colding, J., (Eds.) *Linking social and ecological systems: Management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 1–26. <http://www.google.co.il/books?id=XixuNvX2zLwC>
- Berkowitz, A.R., Ford, M.E., Brewer, C.A., 2005. A framework for integrating ecological literacy, civics literacy, and environmental citizenship in environmental education. *Environmental education and advocacy: changing perspectives of ecology and education*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 227–266.
- Costanza, R., Wainger, L., Folke, C., Mäler, K.G., 1993. Modeling complex ecological economic systems: Toward an evolutionary, dynamic understanding of people and nature. *BioScience* 43(8), 545–555.
- Daily, G.C., Alexander, S., Ehrlich, A.P.R., Goulder, L., Lubchenco, J., Matson, P.A., Mooney, H.A., et al., 1997. Ecosystem services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*. Ecological Society of America 2, 1–16.
- Diamond, J.M., 1999. *Guns, germs, and steel: The fates of human societies*. W.W. Norton & Company, New York.
- Folke, C., 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16, 253–267.

הסידור והמחזוריות בשטחים שמחוץ ליישוב מגוריהם, עשויה להפחית את תחושת הבלבול ולהגביר את תחושות הקרבה והביטחון האישי. להיכרות מעמיקה זו עם המערכת החברתית-אקולוגית המקומית עשוי להיות רווח רגשי נוסף, חיזוק "תחושת המקום" של התלמידים ועל ידי כך טיפוח האחריות שלהם כלפי המערכות התומכות בקיומם ואשר מספקות להם שירותי מערכת אקולוגית.

תובנות אלו עשויות גם לעורר את הסקרנות ואת המוטיבציה של התלמידים ולפתח כלים ללימוד ולהבנה של המערכת החברתית שהם חלק ממנה. שילוב של חקר התבניות הביו-פיזיות באזור היישוב עם לימוד התבנית החברתית, מאפשר יצירת עניין בקרב תלמידים בעלי מגוון רחב של תחומי עניין, דוגמת תלמידים בעלי נטייה למדעי החברה או המדעים המדויקים.

ההשוואה בין מהא"מ שונות מבחינה חברתית וגאוגרפית חושפת את התלמידים למגוון האפשרויות של יחסים בין המערכת החברתית לבין המערכת האקולוגית שלה, ויכולה על ידי כך לתרום לפתיחות ולפיתוח אמפתיה לאחר ולשונה. חקר הסביבה החברתית והאקולוגית כמערכת יכול לפתח חשיבה מורכבת. הבנת הדינמיקה של המערכות בזמן ובמרחב עשויה לתרום לפיתוח חשיבה רב-ממדית ובעיקר לטיפוח חשיבה עיתית (temporal thinking), הנחשבת לאחד מכישורי החשיבה הגבוהים ביותר (Ben-Zvi Assaraf and Orion, 2005, 2010; Pala and Vennix, 2005; Sterman and Sweany, 2002).

למידת חקר בבתי ספר היא קצרת-טווח מעצם טבעה של המסגרת החינוכית. רוב עבודות החקר נמשכות לאורך סמסטר אחד, ורק במקרים נדירים מתמשכות לאורך שנה. אופייה קצר-הטווח של למידת החקר מציב אתגר בפני המבקשים לפתח בתלמידים חשיבה עיתית. בשלב זה טיפוח החשיבה העיתית ברשת אס"ם נעשה בעיקר באמצעות חקר היסטורי של השתנות המערכת החברתית-אקולוגיות לאורך הזמן. שיתוף ביצירת בסיס נתונים ארוך-טווח והאפשרות לנתח נתונים אלו הם צעדים בכיוון. עם זאת נדרשת חשיבה מעמיקה ויצירתית בנושא זה.

תכנית הלימודים של אס"ם, העוקבת אחרי השינויים במחא"מ, פועלת להטמעת גישת חיים של למידה-הסתגלות בקרב הלומדים. אימוץ גישה כזו עשוי לתרום לחיזוק חוסנם של המערכות החברתיות-אקולוגיות שבהן הם נוטלים חלק (Krasny and Roth, 2010). מחקר שיטתי נדרש על מנת להעריך תרומה זו ואת היתרונות של שילוב התפיסה של מערכות חברתיות-אקולוגיות בחינוך הסביבתי.

מקורות

- אבריאל-אבני, נ', 2004. חשיבה אקולוגית כבסיס לחינוך סביבתי. עבודת דוקטורט, אוניברסיטת בן גוריון בנגב, באר שבע.
- טל, ט' (עורכת) 2009. חינוך סביבתי וחינוך לקיימות: עקרונות, רעיונות ודרכי פעילות. המשרד להגנת הסביבה.

- Landsberg, S., Ozment, S., Stickler, M., Henninger, N., Treweek, J., Venn, O., Mock, G., 2011. Ecosystem services review for impact assessment: Introduction and guide to scoping. WRI Working Paper. World Resources Institute, Washington DC. <http://www.wri.org/publication/ecosystem>.
- Löf, A., 2010. Exploring adaptability through learning layers and learning loops. *Environmental Education Research* 16(5–6), 529–543.
- López-Hoffman, L., Varady, R.G., Flessa, K.W., Balvanera, Patricia., 2009. Ecosystem services across borders: a framework for transboundary conservation policy. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(2), 84–91. doi: 10.1890/070216
- Lorance, P., Agnarsson, S., Damalas, D., Des Clers, S., Figueiredo, I., Gil, J., Trenkel V. M., 2011. Using qualitative and quantitative stakeholder knowledge: Examples from European deep-water fisheries. *ICES Journal of Marine Science: Journal Du Conseil* 68(8), 1815–1824. doi: 10.1093/icesjms/fsr076
- (MEA) Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. The Millennium Ecosystem Assessment Series. Island Press, Washington DC.
- McKeown, R., & Hopkins, C., 2003. EE ≠ ESD. *Environmental Education Research* 9(1), 117–128.
- Moran, E.F., 2011. Environmental social science: Human – environment interactions and sustainability. John Wiley & Sons, U.K. http://books.google.co.il/books?id=Fy25N7fyS_IC
- Olander, S., Landin, A., 2005. Evaluation of stakeholder influence in the implementation of construction projects. *International Journal of Project Management* 23(4), 321–328. doi: 10.1016/j.ijproman.2005.02.002
- Orr, W., 1992. Ecological literacy. Education and the transition to a postmodern world. State University of New York press.
- Pala, Ö., Vennix, J.A.M., 2005. Effect of system dynamics education on systems thinking inventory task performance. *System Dynamics Review* 21(2), 147–172.
- Plummer, R., Armitage, D., 2007. A resilience-based framework for evaluating adaptive co-management: linking ecology, economics and society in a complex world. *Ecological Economics* 61(1), 62–74. doi: 10.1016/j.ecolecon.2006.09.025
- Folke, C., S.R. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Chapin, and J. Rockström, 2010. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society* 15(4), 20. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20>
- Gigliotti, L.M., 1990. Environmental education: What went wrong? What can be done? *Journal of Environmental Education* 22(1), 9–12.
- Goldberg, D.E., Barton, A.M., 1992. Patterns and consequences of interspecific competition in natural communities: A review of field experiments with plants. *The American Naturalist* 139(4), 771–801.
- Houghton, A.J., Bond, A.J., Lovett, A.A., Dockerty, T., Sünnerberg, G., Clark, S.J., Bohan, D.A., et al., 2009. A novel, integrated approach to assessing social, economic and environmental implications of changing rural land-use: A case study of perennial biomass crops. *Journal of Applied Ecology* 46(2), 315–322. doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01623.x
- Hein, L., Van Koppen, K., De Groot, R.S., Van Ierland, E.C., 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics* 57, 209–228. doi: 10.1016/j.ecolecon.2005.04.005
- Hogan, K., 2002. A sociocultural analysis of school and community settings as sites for developing environmental practitioners. *Environmental Education Research* 8(4), 413–437.
- Holling, C.S., Gunderson, L., Ludwig, D., 2002. In quest of a theory of adaptive change. In: Gunderson, L.H., Holling, C.S., (Eds.), *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, Washington, DC. p. 3–24.
- Krasny, M.E., Tidball, K.G., 2009. Applying a resilience systems framework to urban environmental education. *Environmental Education Research* 15(4), 465–482.
- Krasny, M.E., Lundholm, C., Plummer, R., 2010. Environmental education, resilience, and learning: Reflection and moving forward. *Environmental Education Research* 16(5–6), 665–672.
- Krasny, M.E., Roth, W.M., 2010. Environmental education for social–ecological system resilience: A perspective from activity theory. *Environmental Education Research* 16(5–6), 545–558.

- interrelationships among subsystems and includes human culture. *BioEssays: News and Reviews in Molecular, Cellular and Developmental Biology* 32(12), 1090–1098. doi: 10.1002/bies.201000049
- Sterman, J.D., Sweeney, L.B., 2002. Cloudy skies: assessing public understanding of global warming. *System Dynamics Review* 18(2), 207–240.
- Tidball, K.G., Krasny, M.E., 2011. Towards an ecology of environmental education and learning. *Ecosphere* 2(2), 2–17.
- Tilbury, D., Wortman, D., 2004. Engaging people in sustainability commission on education and communication. Gland, Switzerland and Cambridge UK, IUCN.
- Turner, R.K., Georgiou, S., Fisher B., 2008. Valuing ecosystem services: The case of multi-functional wetlands. Earthscan, London. <http://books.google.co.il/books?id=ZacCAWBKHW8C>
- UNESCO, 1972. The international workshop on environmental education. Stockholm, October 1972. The Final Report. UNESCO, Paris.
- UNESCO, 2003. United Nations decade of education for sustainable development (2005–2014): Framework for the international implementation scheme. UNESCO, Paris.
- Vare, P., Scott, W., 2007. Learning for a change. Exploring the relationship between education and sustainable development. *Journal of Education for Sustainable Development* 1(2), 191–198.
- Willig, M.R., Scheiner, S.M., 2011. The state of theory in ecology. In: Scheiner, S.M., Willig, M. R. *The theory of ecology*. University of Chicago Press, Chicago. p. 333–348. <http://books.google.co.il/books?id=qrcoS4K9gMQC>
- Proulx, R., 2007. Ecological complexity for unifying ecological theory across scales: a field ecologist's perspective. *Ecological Complexity* 4(3), 85–92. doi: 10.1016/j.ecocom.2007.03.003
- Purnomo, H., Mendoza, G.A., Prabhu, R., 2005. Analysis of local perspectives on sustainable forest management: an Indonesian case study. *Journal of Environmental Management* 74(2), 111–126. doi: 10.1016/j.jenvman.2004.08.013
- Robottom, I., 2012. Socio-scientific issues in education: Innovative practices and contending epistemologies. *Research in Science Education* 42, 95–107.
- Robottom, I., Hart, P., 1993. Research in environmental education: Engaging the debate. The Deakin-Griffith Environmental Education Project, Deakin University, Australia.
- Roth, C.E., 1992. Environmental literacy: Its roots, evaluation, and directions in the 1990s. Columbus, OH, ERIC/SMEAC Information reference center.
- Ruhl, J.B., Kraft, S.E., Lant, C.L., 2007. The law and policy of ecosystem services. Island Press, Washington. <http://books.google.co.il/books?id=VEF48vqc0zcC>
- Scheiner, S.M., Willig, M.R., 2011. *The theory of ecology*. University of Chicago Press, Chicago. <http://books.google.co.il/books?id=qrcoS4K9gMQC>
- Smyth, J.C., 2006. Environment and education: A view of a changing scene, *Environmental Education Research* 12(3–4), 247–264.
- Sterling, E.J., Gómez, A., Porzecanski, A.L., 2010. A systemic view of biodiversity and its conservation: Processes, interrelationships, and human culture. Presentation of a systemic view of biodiversity and its conservation that emphasizes complex