איכות חיים בת־קיימה בישראל
דוח ועדת המומחים של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים

הון טבעי והון טבעי קריטי בישראל

אסף צחור • אוניברסיטת קיימברידג' והמרכז הבינתחומי הרצליה

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים
المجمع الوطني للإسـرائيلي للعلوم والآداب
THE ISRAEL ACADEMY OF SCIENCES AND HUMANITIES

סקירה זו הוזמנה כחלק מעבודת ועדת המומחים של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים לבחינת איכות חיים בת־קיימה בישראל.

דוח הוועדה זמין באתר האקדמיה.

<https://doi.org/10.52873/Policy.2021.Wellbeing>

© האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים 2021

המסמך מונגש לציבור הרחב וניתן לעשות בו שימוש בשפת המקור. בכל שימוש או ציטוט ממנו יש לאזכר את המקור בדלקמן:

אסף צחור (2021). "הון טבעי והון טבעי קריטי בישראל",
איכות חיים בת־קיימה בישראל: דוח ועדת המומחים של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.
ירושלים: האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.

<https://doi.org/10.52873/Policy.2021.Wellbeing.03>

עריכה: ירדן ניב

עריכת לשון: יהודית (דיתיק) ידלין

סיוע בהכנה לדפוס: מיה פופר

עיצוב ועריכה גרפית: סטודיו נעם תמרי

תצלומים: שאטרסטוק

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים

כיכר אלברט איינשטיין, ת"ד 4040, ירושלים 9104001

טלפון: 02-5676222, דואר אלקטרוני: info@academy.ac.il

www.academy.ac.il

תוכן העניינים

4	1 מבוא
6	2 הון טבעי: סקירה תאורטית
6	א. עיקרי גישת ההון
9	ב. הון טבעי: הגדרה ורכיבים
13	ג. התכונות הייחודיות של הון טבעי ומשמעויותיהן
18	ד. מדידה של נכסי הון טבעי
26	ה. מזדי הון טבעי ומדיניות ציבורית
29	3 נכסי הון טבעי קריטיים בישראל
30	א. קרקע
35	ב. אדמה
38	ג. מחצבי מינרלים ומקורות אנרגייה
42	ד. אוויר
45	ה. מערכות אקולוגיות
48	ו. משאבי מים
52	4 סיכום
54	5 מקורות

מבוא

המונח "הון טבעי" מתייחס לסך האובייקטים הביזויים והאביוזיים בסביבה הטבעית – הקרקעות, המים והאוויר, משאבי הטבע, המערכות האקולוגיות, הפלורה והפאונה, על מרכיביהם – אשר באינטראקציה ביניהם מעלים תועלות חיוניות לחברת האדם: לעצם הקיום האנושי ואיכות החיים. ככל שאובייקטים טבעיים אלו הולכים ואוזלים, ככל שמשאבי הטבע מתמצים או מידרדרים באיכותם, כך הזדמנויות הייצור והצריכה של מוצרים ושירותים מצטמצמות, תהליכי הפיתוח הכלכליים והאנושיים נפגעים, ואיכות החיים הכללית נשחקת.

בהמשך לדיון הכללי בגישת ההון, סקירה מדעית זו מתמקדת בהון הטבעי, ובייחוד בהמשגה המקובלת שלו, ברכיביו, בתכונותיו הייחודיות ובגישה המקובלת לאומדנו ולקשיי תמחורו. באמצעות חמישה מבחנים, המכונים "מבחני קריטיות", הסקירה מציעה מיפוי ראשוני של נכסי הון טבעי החיוניים לאיכות החיים בישראל. לשיטה זו, נכסים טבעיים (או אקולוגיים) נדירים, מתכלים, חסרי תחליף, שנמצאים בריבונות לאומית ישראלית, והם בעלי זיקה ברורה לאיכות החיים בישראל, יהיו קריטיים מנכסים אחרים. את הנכסים האלה יש לנטר ולמדוד. הסקירה מגדירה כל אחד מהם ודנה בתרומתו לאיכות החיים לפי גישת שירותי המערכת האקולוגית ולאור מבחני הקריטיות. היא בוחנת בקצרה גם את הגורמים המשפיעים על מצבם של כל אחד מהנכסים ואת האומדנים המקובלים להערכתם ומתייחסת לאתגרים המרכזיים המסכנים את מצבם של נכסים אלה ושעימם ישראל מתמודדת.

בעת המיפוי של נכסים קריטיים הסקירה המדעית מסתמכת על הספרות המקצועית בדיסציפלינות השונות ובעיקר על מערכת החשבונות הסביבתיים-כלכליים (SEEA, System of Environmental-Economic Accounting: Central Framework), המערכת המקובלת בעולם, פרי הפיתוח של ארגונים בין-לאומיים ומוסדות מחקר ואקדמיה, אך עם כמה סייגים. לבסוף, סקירה זו מזהה שש קטגוריות של נכסים קריטיים בישראל: (א) קרקע, (ב) אדמה, (ג) מחצבי מינרלים ומקורות אנרגיה, (ד) אוויר, (ה) מערכות אקולוגיות, (ו) משאבי מים.

אף שהסקירה מציעה תרומה לספרות בתחום מדעי הקיימות, בראש ובראשונה מטרתה לסייע למקבלי החלטות לנהל ניהול אחראי ובר-קיימה את משאבי הטבע והמערכות האקולוגיות בישראל, ובכך להבטיח איכות חיים כוללנית ומתמשכת.

■ מבנה הסקירה המדעית

סקירה זו ממשיכה כדלהלן: הפרק הבא – הון טבעי: סקירה תאורטית – סוקר כמה מהנדבכים המרכזיים של גישת ההון אשר מתווים את גבולות הדיון בסקירה זו. פרק זה ממשיך בהמשגה של מחלקת הון טבעי ורכיביה, ומתייחס לתכונותיו הייחודיות של הון טבעי, דן בשיטותיה של מדידת נכסי ההון הטבעי ומציע כמה עקרונות לחיבור המדדים לתהליכים של עיצוב מדיניות.

הפרק השלישי – נכסי הון טבעי קריטיים בהקשר הישראלי – כולל שבעה תתי-פרקים. בתתי-פרקים אלו הסקירה ממפה מיפוי ראשוני את נכסי ההון הטבעי הקריטיים ביותר לאיכות החיים בישראל, אגב הגדרת כל נכס, בירור תרומתו לאיכות החיים לפי גישת שירותי המערכת האקולוגית, בחינת מידת הקריטיות שלו לאיכות החיים בישראל לפי חמישה מבחני הקריטיות המוזכרים לעיל וסקירה קצרה של הגורמים המשפיעים על מצבו והאומדנים המקובלים להערכתם, לרבות ציון של יחידות המדידה הראויות. סקירה זו מזהה שש קטגוריות של נכסים קריטיים בישראל: קרקע, אדמה, מחצבי מינרלים ומקורות אנרגיה, אוויר, מערכות אקולוגיות ייחודיות בשמורות טבע (הכוללות מגוון ביולוגי) ומשאבי מים.

הפרק השלישי מסכם את הסקירה.

הון טבעי: סקירה תאורטית

א

עיקרי גישת ההון

לפי תאוריית גישת ההון לפיתוח בר־קיימה (להלן: גישת ההון), איכות החיים הקולקטיבית בישראל תלויה תלות מלאה, סופית ומוחלטת בחמישה סוגים של משאבים, המכונים גם "מלאים של הון": הון אנושי, הון כלכלי, הון חברתי והון תרבותי. בהשאלה מתחום הכלכלה, חמשת מלאי ההון הם "גורמי הייצור" של איכות החיים בכל מדינה ומדינה. מצבם של המלאים: מאפייניהם, כמותם, איכותם, פיזורם במרחב, נגישותם – הם שקובעים את רמת איכות החיים הלאומית, היום ובעתיד. משתמע מכך שככל שמשאבים אלו הולכים ואוזלים, ככל שמאגרי ההון מתמצים או מידרדרים באיכותם, כך הזדמנויות הייצור והצריכה של מוצרים ושירותים מצטמצמות, תהליכי הפיתוח הכלכליים והאנושיים נפגעים, ואיכות החיים הכללית נשחקת. זהו העיקרון המכונן של תאוריית גישת ההון אשר תקף לישראל ולכל מדינה ריבונית אחרת.¹

גישת ההון מכירה בעובדה שהון אינו אובייקט הומוגני; הוא אינו עשוי מקשה אחת, ועלינו לראות בו מחלקה של פריטים, מרכיבים ותופעות בעלי מקור משותף ומכנה משותף. פריטים אלו מכונים "נכסי הון" (capital assets). חשוב להבין שתגובתם של נכסי הון שונים לשימוש או לניצול צפויה להיות שונה מנכס לנכס. ניצול של נכס הון אחד בתהליכים כלכליים עלול להפחית את כמותו, לדוגמה בירוא יערות או שימוש בחול דק בתהליכים של בנייה, ואילו ניצול נכס טבעי אחר, כגון קרינת אור, עשוי שלא להשפיע על נכס המקור כלל.

¹ ראו גם הגדרת הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה: "פיתוח (יהיה) בר־קיימא (בתנאי שלא יפגע) בבסיס המשאבים שהוא נשען עליהם. ניצול המשאבים נעשה בקצב המאפשר לתהליכים טבעיים לחדש את המשאבים שנוצלו ולטפח את המערכות הטבעיות שמספקות לאדם, ישירות או בעקיפין, את מרבית המשאבים הללו. לפיכך תכנון של פיתוח בר־קיימא מצריך ניהול של המשאבים באופן המונע מפגעים בלתי הפיכים בסביבה".

זאת ועוד, פורטפוליו נכסי ההון של מדינה אינו דבר סטטי. נכסי הון מצויים בשיווי משקל דינמי עם גורמים אחרים בסביבתם; הם עוברים שינויים איטיים בתגובה לאינטראקציות. איכות הדגה מושפעת מריכוזי הכספית בים;² איכות הקרקע מושפעת משיטות העיבוד החקלאי;³ איכות האוויר מושפעת מפליטות המזהמים ממקורות שונים, למשל אמצעי תחבורה.⁴ אין בכך כדי לומר שנכס הון תורם לאיכות החיים בתהליכים של "צריכה" במובנה הכלכלי גרידא. אדרבה, מחלקות הון שונות מעלות תועלות חיוניות, לא גשמיות, ושאינן להן תחליף לאיכות החיים מחוץ לגבולות השוק הכלכלי ולמערכות ושיטות הייצור.

■ נכסי הון קריטיים

עשרים שנים של פיתוח תאורטי הותירו את הריבון, בכובעו כמנהל המשק הלאומי, או הפלפל הראשי של המדינה, עם סוגיה מהותית לא פתורה: לאחר סרטוט הגבולות של כל מחלקת הון, ולאחר זיהוי הממדים והרכיבים של כל מחלקה, כיצד המדינה יכולה להתמקד בנכסי הון מסוימים בנישור, במדידה ובניהול? לשון אחר, אם בכל מחלקת הון נכסים שונים תורמים תרומה שונה לאיכות החיים, ואם תכונותיהם של נכסים אלו שונות בתכלית אלו מאלו, כיצד נבחין בין נכסים חיוניים יותר לנכסים חיוניים פחות?

לשם כך עלינו ליישם את חמשת מבחני הקריטיות, אשר הוצעו בסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021). מבחנים אלו, שאפשר להגדירם גם מבחני חיוניות, כוללים את מבחן הזמינות או המגבלות, מבחן ההתפלגות, מבחן התחליפיות או גמישות התחלופה, מבחן הזיקה לאיכות החיים הלאומית ומבחן הריבונות.

לפי המבחן הראשון, מבחן המוגבלות, זמינותו של נכס הון צריכה להיות סופית על מנת שהוא ייחשב "קריטי יותר" מנכסים אחרים. לפי המבחן השני, מבחן ההתכלות, נכסי הון מסוימים הם משאבים מתכלים. שימוש עכשווי במשאבים אלו גורע מהמלאי העתידי שלהם. מבחן התחליפיות, המבחן השלישי, עוסק בגמישות התחלופה של נכסי הון. גמישות התחלופה של נכס הון מבטאת את היכולת להחליף אותו בנכס הון אחר בתהליך הייצור או הצריכה מבלי שרמת התועלת תיפגע. כאשר המשאב נדיר וכאשר אין בנמצא תחליף לו, נהוג לומר שגמישות התחלופה שלו עם משאב אחר היא אפסית.⁵

המבחן הרביעי, מבחן הזיקה לאיכות החיים הלאומית, קובע כי על הריבון להתמקד תחילה

2 לעיון נוסף ראו: המשרד להגנת הסביבה, 2017.

3 לעיון נוסף ראו: משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2019.

4 לעיון נוסף ראו: המשרד להגנת הסביבה, 2019.

5 ראוי להדגיש כי איתחליפיות אינה מחייבת מדיניות של אי־שימוש. אדרבה, נסיבות השוק עשויות להציג תמריצים כדאיים להפיק ולמכור נכסים מתכלים מסוימים – מנקודת מבט לאומית.

בנכסי הון בעלי זיקה ישירה וחזקה לאיכות החיים במדינת הלאום הנדונה ולא בנכסי הון שאינם בעלי זיקה לאומית ישירה וחזקה. אין למדינה עניין מיידי לבחון את המשמעויות של "גורמי הייצור" של מדינות לאום אחרות, למשל יערות הגשם בבורניאו, איכות האוויר בסין או מצב דגת הבקלה באוקיינוס האטלנטי. כמובן, אפשר שתופעות וגורמים כלשהם הם בעלי חשיבות עולמית ועל כן יש לנטר את מצבם, או לכל הפחות לבחון את השפעותיהם הצפויות על בסיס המשאבים הלאומי, לדוגמה ההשפעות הצפויות של עליית מפלס פני הים על הנכסים השונים – הטבעיים והתשתיתיים – הממוקמים ברצועת החוף של ישראל.

המבחן החמישי, מבחן הריבונות, קובע כי אין דחיפות לדון בנכסי הון ששוכנים מחוץ להשפעה הריבונית הישירה של המדינה, הווה אומר: נכסי הון שנמצאים מחוץ לטריטוריה הגאוגרפית והקניינית של המדינה, ולכן מחוץ להישג ידה הרגולטורי. מבחן זה מסייע לריבון להתמקד בנכסים שניתן לנהל אותם כדי לשמור על רמת איכות החיים של התושבים המתגוררים בישראל, ולא למשל על רמת איכות החיים של ישראלים השוהים בארצות אחרות.

חמשת המבחנים מקנים למדינה כלים אנליטיים ראשוניים להעדיף באמצעותם את הדיון בנכסי הון אחדים על פני אחרים. אלו יהיו נכסים חיוניים במיוחד לאיכות החיים בישראל, נכסים שאנו עשויים להגדירם "ישראליים", נכסים שמדינת ישראל מוסמכת, ויש ביכולתה, לנהל אותם, נכסים המצויים בגבולות הכלכליים של המדינה ונכסים נדירים, מתכלים וחסרי תחליף, שעלולים להגביל את אפשרויות הבחירה ואת מרחב החירות של תושבי המדינה ואת תהליכי הפיתוח האנושי.

■ ההיבט הנורמטיבי של גישת ההון

בדומה לדיון במחלקות הון אחרות, רמת הקריטיות ומידת התחליפיות של נכסי הון אינה מוחלטת. שאלת התחליפיות – אם ניתן להחליף נכס הון אחד בנכס הון אחר מבלי להתפשר על רמת איכות החיים – היא סוגיה מרכזית בתאוריית גישת ההון, והיא סלע מחלוקת. הסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021) הציעה שלושה תרחישים של תחליפיות: (א) תחליפיות מושלמת ומלאה; (ב) תחליפיות חלקית, שלפיה ניתן להמיר נכס אחד בנכס אחר, ולהפך, עד גבול מסוים אגב שמירה על רמת איכות החיים; (ג) אי-תחליפיות. אולם הדעות חלוקות בנוגע למידת התחלופה בין נכסים שונים. אסכולה אחת טוענת שהטכנולוגיה מבטיחה תחליפיות מלאה עבור כל נכס הון. האסכולה השנייה גורסת שלנכסים מסוימים אין בנמצא תחליף. הוויכוח שניטש בין המחנות אינו על תשתית עובדתית גרידא כי אם על תפיסות עולם.⁶

6 פולמוס זה ידוע בספרות האקדמית בתור "גישת הקיימות החזקה וגישת הקיימות החלשה". ראו הרחבה בסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021).

גמישות התחלופה של נכסים נקבעת אפוא בשימוש בקריטריונים מדעיים **אובייקטיביים** בשילוב השקפות עולם, שיקולים נורמטיביים, אתיקה וגישה כללית לנטילת סיכונים.

ראוי לציין שתלות בנכס הון כלשהו היא תלות ארעית. פריצות דרך מדעיות הדגימו זה מכבר כיצד נכסים חיוניים וסופיים לכאורה עשויים להשיל את חיוניותם, להתייטר, או כיצד כושר ההמצאה האנושי עשוי להגדיל את אפשרויות התחלופה ואת גמישות התחלופה של נכסי הון שונים. מתקני התפלת מי ים, מתקנים להשבת אנרגייה מפסולת או תחנות כוח גאותרמיות תומכים בטענה זו. על כן רשימת הנכסים הקריטיים לאיכות החיים בישראל צריכה לעבור רוויזיה מעת לעת.

עיקרים אלו הם כמה מעמודי התווך של גישת ההון שעליהם ניצבת גם סקירה מדעית זו. סקירה זו היא אפוא המשך ישיר לעיון הכללי בגישת ההון והיא עוסקת בסוג אחד של הון: הון טבעי. המחקר מתחיל בהמשגה המקובלת של מחלקת ההון זו על נכסיה, עובר בתכונותיו הייחודיות של הון טבעי, בקשיי המדידה של נכסי ההון ובחיבור המדדים לתהליכי עיצוב מדיניות, ומסתיים בהצגת נכסי הון טבעי קריטיים בהקשר הישראלי אגב בירור מידת הקריטיות שלהם, הגורמים המשפיעים על מצבם והאומדנים המקובלים להערכתם.

ב

הון טבעי: הגדרה ומרכיבים

היריעה של סקירה זו קצרה מכדי לעיין ברעיון הטבע כמלאי של הון ומכדי להעמיק באטימולוגיה ובאבולוציה של המושג. מקורות אחרים עושים זאת (Jansson, 1994; Faber et al., 1995; Faucheux & O'Connor, 1998; Ekins et al., 2003; DesRoches, 2015; Missemmer, 2018), וגם הסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021) מספקת היסטוריה קצרה של המושג ושל ראשית התעצבותו בתוך הדיסציפלינה הכלכלית.

הון טבעי, בניסוח התמציתי ביותר, הוא מלאי אשר מניב זרמים (flows) של שירותים שונים, רובם בצורה של חומרים (קרי מבנים מולקולריים) (Ekins et al., 2003). לפי הפורום העולמי להון טבעי, המונח כולל את מלאי משאבי הקרקע, האדמה, האוויר, המים, הפלורה, הפאונה ואורגניזמים חיים אחרים (World Forum on Natural Capital, 2020). לפי הקואליציה להון טבעי, הון טבעי מתייחס למלאי המשאבים המתכלים והלא מתכלים אשר יחד מניבים תועלות לפרטים בחברה, לרבות חברת הצמחים, חברת בעלי החיים, אוויר, מים, אדמה ומינרלים (Natural Capital Coalition, 2020).

בשנת 1992 כינה אקנס את מלאי ההון הטבעי "הון אקולוגי" וטען שהמלאי עשוי ממערכות (אקולוגיות) (Ekins, 1992).⁷ מערכות אלו מקיפות ארבע פונקציות סביבתיות מובחנות,⁸ ורק שתיים מתוכן רלוונטיות במישרין לתהליכים של ייצור כלכלי. הפונקצייה הסביבתית הראשונה של הון אקולוגי, או של מערכות אקולוגיות, היא הספקה של חומרי גלם לתהליכי ייצור, כגון מתכות, דלקים, עצים ומזון. הפונקצייה השנייה של הון אקולוגי היא ספיגה ופירוק של מיני פסולת כתוצרי לוואי, או שיירים, של תהליכי ייצור וכן סוגי פסולת שהם שאריות של תהליכי צריכה, כלומר אשפה. אם דרם הפסולת מעשיר את המלאי, ניתן לחשוב עליו כהשקעה, לדוגמה במקרה של זבל אורגני המשמש לדישון גידולים חקלאיים (דְשׁוֹנָת; compost). ראוי לציין שמקרה זה הוא יוצא מן הכלל המעיד על הכלל, וזרם של פסולת שקול על פי רוב להשקעה שלילית או למחולל של פחת. הפונקצייה האקולוגית השלישית אינה תורמת במישרין לתהליכים של ייצור כלכלי, אבל היא אחראית לנסיבות ולתהליכים המאפשרים את עצם הפעילות האנושית באמצעות הספקת שירותים תומכי־חיים, כגון יצירת שכבת האוזון בסטרטוספירה. הפונקצייה הרביעית תורמת לאיכות החיים באמצעות הספקה של שירותי תרבות, נוחות ונועם, למשל בילוי בחיק הטבע (Ekins et al., 2003; Ekins, 2003).

דה גרוט (De Groot) השכיל להבחין שחומרי הגלם הם האובייקטים המרכיבים את המערכות האקולוגיות, למשל עצים, ואילו השירותים הם תוצר של תהליכים ואינטראקציות פנימיות של מערכות אקולוגיות, למשל פירוק פסולת. משמעות ההערה של דה גרוט היא שכל הסרה של אובייקט מן המארג האקולוגי הסבוך שבו הוא נתון עלולה להזיק לתפקוד אותו מארג ולתועלות שהוא מניב לחברה.

בדומה לזה, דיילי, קוסטנזה ואחרים הציעו בשנת 1997 לראות במלאי שאותו מכנים הון טבעי, הון אקולוגי או הון סביבתי, כמקיף את סך הקרקעות, משאבי הטבע והמערכות האקולוגיות המספקות ערב רב של חומרי גלם ושירותים, לרבות מזון ומינרלים, שירותי טיהור אוויר ומים ופירוק מיני פסולת, שירותי שימור מגוון המינים הביולוגי ושירותי תרבות ונוחות הכוללים השראה והנאה בלתי אמצעית מן הסביבה הטבעית. נכסי ההון, כך הם קבעו בנפרד, מעלים תועלות חיוניות הן לעצם הקיום האנושי והן לאיכות החיים, ובכלל זה לתהליכים של צמיחה כלכלית (Daily, 1997; Costanza et al., 1997).

לפי הצהרת ההון הטבעי של האומות המאוחדות (Natural Capital Declaration) משנת

7 לפי המארג, התוכנית להערכת מצב הטבע (2019), מערכת אקולוגית היא "כלל הצמחים, בעלי החיים והמיקרואורגניזמים, וכן כלל גורמי הסביבה, במרחב פיזי מסוים. במונח 'מערכת אקולוגית' נכללים המרכיבים הביולוגיים (החיים) והאיכותיים (הדוממים) בשטח נתון, וכן יחסי הגומלין ומערך הקשרים ביניהם. בין מרכיבי המערכת האקולוגית יש אינטראקציות מורכבות הכוללות זרימת אנרגיה, מיחזור חומרים, יחסי טריפה ותחרות בין אורגניזמים. מערכות אקולוגיות לדוגמה הן יער גשם, חורש, שונית אלמוגים, אגם, ערבה ואפילו מדבר".

8 דה גרוט (De Groot) קבע את המונח "פונקציות סביבתיות" אשר נובעות ממלאי ההון הטבעי (ראו: De Groot, 1992).

2012, הון טבעי הוא קטגוריה של נכסים טבעיים שכוללת את האדמה, האוויר, המים, עולם הצומח ועולם החי שעל פני כדור הארץ, ואת שירותי המערכת האקולוגית הנובעים מתוכם, אשר יחד מאפשרים את הקיום האנושי (UNCSD, 2012). בהמשך, האומות המאוחדות, האיחוד האירופי, קרן המטבע הבין-לאומית, הארגון לשיתוף פעולה כלכלי ופיתוח והבנק העולמי – חברו כולם יחד כדי לגבש מסגרת מדידה פיזית-מוניטארית אינטגרטיבית לנכסי ההון הטבעי. המערכת, אשר זכתה לשם "מערכת החשבונות הכלכלית-סביבתית המשולבת" (Integrated System of Environmental and Economic Accounting, או SEEA), קבעה כי הון טבעי מבטא את סך הגורמים (factors) והתופעות הטבעיות אשר מרכיבים את הסביבה הביו-פיזיקלית ותורמים תרומה מכרעת לפעילות חברתית וכלכלית באמצעות הספקת שירותים מסוגים שונים (United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organization for Economic Cooperation and development, World Bank, 2003).⁹ מתוך ההגדרה נגזר הצורך להפריד בין המלאי, או צבר המערכות, ובין זרמים של שירותים.

סקירה זו מאמצת את גישת שירותי המערכת האקולוגית לצורך עמידה על התועלות הרב-ממדיות של הון טבעי לאיכות החיים באמצעות זרמים של שירותים שונים. זהו מהלך מקובל בספרות העוסקת בהון טבעי על תועלותיו החברתיות-כלכליות (Costanza et al., 1997; Dominati et al., 2010; Guerry et al., 2015; Pelenc & Ballet, 2015; Turner & Daily, 2008), והוא המהלך המקובל בקואליציה להון טבעי, שהיא שותפות בין-לאומית בין יותר מ-300 ארגונים בין-לאומיים (Natural Capital Coalition, 2020).

כמסגרת אנליטית, הגדרתם השלמה ביותר של שירותי המערכת האקולוגית הייתה בתוכנית המחקר של האומות המאוחדות "הערכת המילניום של המערכת האקולוגית" (The Millennium Ecosystem Assessment). בדומה להצעות של אקנס, דה גרוט, דיילי וקוסטנזה, המודל המרשמי של "הערכת המילניום" תיאר ארבע קטגוריות של שירותים: שירותים תומכים, המכונים גם שירותי בית גידול והכוללים את תהליכי היסוד המאפשרים חיים ביולוגיים, כגון ייצור ראשוני של תרכובות אורגניות אלמנטריות (באמצעות פוטוסינתזה וכימוסינתזה), וכן תהליכים אביוטיים, למשל יצירת קרקעות וחמצן אטמוספרי; שירותי הספקה של חומרי גלם מן הטבע, מים, אנרגיה ומזון; שירותי ויסות במסגרת של תהליכים טבעיים המתחוללים במערכות אקולוגיות, כגון פירוק מיני פסולת, קיבוע פחמן, טיהור אוויר, אגירת מים והאבקת יבולים, בין היתר; שירותי תרבות הכוללים הספקה של תועלות לא מוחשיות, כגון השראה למדע ולאומנות (ראו איור 1).

9 בשנת 2012 רועננה מסגרת זו, והיא כוללת עתה מדדים מוניטאריים ומדדים פיזיים עדכניים לנכסי הון טבעי שונים, כדי שהם יוכלו לקבל ביטוי במערכת החשבונות הלאומיים הסטנדרטית. בשל התמיכה המוסדית הנרחבת ושיתופי הפעולה המחקריים הענפים, מסגרת זו משמשת מקור עיקרי בסקירה.

איור 1. מלאי של הון טבעי, זרמים של שירותי מערכות אקולוגיות, השוק והחברה

הערכת המילניום הוסיפה וקבעה שהתועלת הנובעת משירותי המערכת, במונחי איכות חיים, אינה פרופורציונלית: שירותי מערכת שונים מועילים במידה ובעוצמה שונה להיבטים שונים של איכות החיים (ראו להלן איור 2). המסקנה המתבקשת מהדברים היא שנכסי הון מסוימים הם קריטיים מאחרים. הבחנה זו מוסיפה תוקף ליישום מבחני הקריטיות ולתיעדוף נכסים בניטור ובניהול.

השזירה הקונספטואלית של הון טבעי עם שירותי המערכת האקולוגית הנובעים מתוכו ומתאפשרים באמצעותו ועם ממדי איכות החיים מאפשרת לנו לעמוד בהמשך על המקרה המיוחד של הון טבעי. כך או אחרת, ובהתחשב בתועלות הרב-ממדיות של הון טבעי לביטחון, לרווחה חומרית, לבריאות פיזית ונפשית וליחסים חברתיים, אפשר שמלאכת הוכחת הזיקה בין מחלקת הון זו לאיכות חיים היא האינטואיטיבית ביותר מבין מחלקות ההון השונות.

איור 2. הון טבעי, שירותי מערכות אקולוגיות וממדים של איכות חיים

עובי החץ מבטא את עוצמת התועלת

מבוסס על: Millennium Ecosystem Assessment, 2003; Braat & De Groot, 2012

ג

התכונות הייחודיות של הון טבעי ומשמעויותיהן

יש טעם להשתהות על כמה מהתכונות הייחודיות של נכסי הון טבעי, שכן נוסף על זיקתם הרב־ממדית והמהותית לאיכות החיים, אופיים מעמיד כמה וכמה עקרונות מנחים בעת זיהוי נכסים קריטיים, ביצוע מדידות וניהול ציבורי.

ראשית, הלקוניות האלגנטית של גישת ההון שלפיה איכות החיים תלויה בחמישה מלאים של הון מסתירה את הטבע הא־סימטרי של התלות. איכות החיים, או אם נדייק החיים עצמם, תלויים במחלקות הון אחדות ובנכסי הון מסוימים יותר משהם תלויים באחרים לאין שיעור. הינה, גם הסנגורים הלהוטים ביותר של טבעו המרומם של האדם¹⁰ הכירו בהיותו של יצור זה בראש ובראשונה – אם לא בלעדית¹¹ – בעל חיים, ואף שיש בכוחו לסגל במידת מה

10 קאנט (Kant) טען כי הסוג הביולוגי שאליו שייך האדם הוא איש (person) והוסיף שבריות אלו, מטבען, הן חופשיות, רציונליות ומחויבות לחוקי המוסר; בדומה לזה, ואלס (Wallace) הציב את האנושות בנפרד מתת־שבט האדם; לאחרונה סקרסון גרס שחוקי הגנטיקה והביולוגיה ככלל אינם מספיקים להסביר את המצב האנושי (Scruton, 2018).

11 לטענת דוקינס (Dawkins), הסוג הביולוגי שאליו האדם שייך הוא בעל חיים אנושי והוא תוצר של דנ"א, וצרכיו ומאוויו כפופים לו.

את בית הגידול שלו לצרכיו ואז להתפנות להקמת מערכות חברות ולעשייה תרבותית, הוא נותר בעיקרו של דבר כפוף לחוקי הביולוגיה, למנגנוני הבריירה הטבעית ולנסיבות סביבתו הטבעית (Scruton, 2018). מכל מקום, אין צורך לצמצם את האדם לתהליכים ביולוגיים גרידא כדי להבחין בתלות האלמנטרית והבלתי אמצעית שלו בתנאים האקולוגיים ובנכסי הון טבעי: אילולא שכבת האוזון, תהליכים ביו־גאוכימיים (למשל מחזורי המים, הפחמן, החנקן, הזרחן והחמצן), תהליכי ייצור ראשוני של תרכובות אורגניות ושירותים תומכים אחרים, וכן אילולא תהליכים של ויסות אקלימי, קיבוע פחמן, טיהור מים, אגירת מים, פירוק מיני פסולת ומזהמים ושירותי ויסות אחרים – היה הקיום האנושי בלתי אפשרי.

■ הון טבעי לפני מחלקות הון אחרות

משתמע מתלות זו שהמערכות האקולוגיות והשירותים הנובעים מתוכן קודמים לשוק הכלכלי ומאפשרים אותו – כמרחב פרטיקולרי של פעילות אנושית – ומוסיפים (מקדימים) להועיל לחברת האדם בדרכים מגוונות, ישירות ועקיפות, שחורגות מתחום השוק ואינן נכללות בתוכו, כפי שמורים שירותי המערכת האקולוגית.

עוד נובע מכל זאת שמחלקת ההון הטבעי, על נכסיה, היא היחידה שאינה תלויה בבני אנוש על מנת להתרחש. זהו מלאי ההון היחיד שאיננו יציר כפיו או פרי תודעתו ומוסדותיו של האדם. הוא מושפע מפעילותו, על כך אין עוררין, ולעיתים ההשפעה היא בלתי הפיכה,¹² אבל הוא אינו נחוץ בהווייתו. הון טבעי מתחולל מעצמו, ומסיבה זו הוא כונה מקבץ של גורמים ומערכות יצרניות אוטונומיות (DesRoches, 2015).

■ עקרון שימור החומר, תכונות פיזיקליות אחרות ותקופות מדידה

יש פן נוסף לעניין זה. עקרון שימור החומר, שלפיו חומר אינו ניתן ליצירה ואינו ניתן לאיזון, מחייב שהון כלכלי מיוצר יהיה סידור מחדש של משאבי טבע גולמיים, בהשקעת אנרגייה, דהיינו: פעילות כלכלית אינה יכולה, במובן החומרי, ליצור אובייקט כלשהו יש מאין. היא כרוכה בהמרה של חומר טבעי שמקורו במערכות אקולוגיות. יש הבדל איכותי, כך גרס אקנס בשנת 2003, בין סוגי המלאים, ומאחר שכך, גמישות התחלופה של הון טבעי בכלכלי

12 טרנספורמציה של אובייקטים טבעיים עלולה להיות בלתי הפיכה, ולאחר שאלו נוצלו, או עברו תהליכים של עיבוד, אין אפשרות להשיבם למצבם המקורי. ברמת המערכת האקולוגית, התערבות מתמשכת בתנאיה וניצול מתמשך של האובייקטים שמהם היא עשויה, עלולים לחצות סף ולהביא את המערכת לנקודת מפנה שאחריה מתחוללת תמורה בדינמיקה ובמצב. תמורה זו עלולה, בתנאים מסוימים, להוביל לקריסת המערכת או להיעלמות מרכיבים. למשל, קריסת דגת הבקלה האטלנטית (Harris, 2013; Pinsky et al., 2011). ראו למשל גם: (Dirzo et al., 2014).

מוגבלת (לעולם תהיה קטנה מ-1).¹³ המשמעות הנוספת של עקרון שימור החומר היא שחומרים המורחקים ממערכות אקולוגיות ישובו, במקודם או במאוחר, אל הטבע בצורת פסולת. הפסולת מקנה לקטגוריית שירותי הוויסות משנה חיוניות.¹⁴

זאת ועוד, כאשר אנו חושבים על נכסי הון טבעי כעל מלאים של חומר, כפי שמצווים לנו מדעי הטבע, עלינו להכיר בתכונות השונות של כל חומר. במקרה של חומרים טבעיים, אחת מהתכונות האלה היא צפיפות (המכונה צפיפות החומר או צפיפות המסה). צפיפות, כתכונה של חומר, מושפעת מסביבת החומר ומשינויים בסביבה זו. למשל, שינוי בטמפרטורה או בלחץ עשוי להוביל לשינוי בצפיפות ובמצב הצבירה של החומר.¹⁵ שינוי זה מכונה "מעבר פאזה".

חומרים (מבנים מולקולריים) יימצאו בטבע במצבי צבירה שונים, ובראי סקירה זו מצב הצבירה צריך להשפיע על התקופה החשבונאית, היא תקופת המדידה.¹⁶ כלומר, עלינו להיות מעשיים בעת קביעת תקופת המדידה ולהשיג פשרה כלשהי בין יחידות זמן טבעיות (הקשורות לטבע הפנימי של חומרים שונים) ובין יחידות זמן מלאכותיות (הקשורות לארגון של חומרים לשימוש חברתי). אם כן, ובראי סקירה זו (שתכליתה נותרה איכות חיים בת-קיימה), הדרך הנכונה להגדיר תקופות מדידה תהיה לקבוע יחידת זמן יחסית שבה שינוי כמותי ואיכותי במלאי ישפיע על איכות החיים (איכות החיים הכללית או איכות החיים החומרית, קרי פעילות כלכלית). מכאן שנכסי הון טבעי יימדדו בשעונים ייחודיים, יחסיים, המתחשבים בממד הזמן כפי שהוא תקף לכל חומר (זמן כתכונה של החומר; מהירות תנועתו במרחב) וכפי שהוא תקף לניהול הציבורי של החומר (שימוש במלאי או השקעה במלאי). נכנה היבט זה של נכס הון "זמן-מלאי".

את תקופת המדידה, או קביעת זמן-מלאי, יש להגדיר בהתחשב בשני היבטים אלו: במקרה של נכס הון טבעי אחד, למשל אוויר ראוי לנשימה אשר נע בחופשיות והחסר נפח קבוע (הנכס במצב צבירה גזי), תקופת המדידה עשויה להיות שעה, יום, שבוע או חודש. אם האוויר אינו מדיום שדרכו מתפשטים חלקיקים מזהמים (דהיינו איכותו קבועה), אפשר שאין

13 מטעמים אלו טען בראנד כי עלינו לגשת להון טבעי ולהון כלכלי מיוצר כאל מלאים משלימים, ולא תחליפיים, בתרומותם לאיכות חיים (Brand, 2009). ולמעלה מזה, יישום של עקרונות ואקסיומות (לכאורה) ממדעי החברה, ובהם הכלכלה, לטובת גיבוש תאוריה על מאפייניהם והתנהגותם של אובייקטים טבעיים אשר מציינים לחוקי הטבע תהיה מלאכה אשר אינה מציינת לשיטה המדעית ולכללי הניסוי המדעי, ועל כן שירותית יחסית, ומכאן גם ריגוריות פחות, לא מדויקת ולא **אובייקטיבית**. היבט זה מסמל, בין היתר, את גבולות כושר ההפעלה של מושג ההון כפי שזה מוסבר בדיסציפלינה הכלכלית, ואת הנישה ה"שווקית" בכללותה, עבור נכסים טבעיים. אין בכך כדי לטעון שגישת הון פלורליסטית, אשר רואה בעולם מערכת דינמית של זרמים ומלאים חיוניים – מלאים של נכסים טבעיים ומלאכותיים – אינה עשויה להועיל לריבון. אדרבה, סקירה מדעית זו, כמו גם המהלך כולו, צריכים לאמץ גישת הון רחבה במיוחד: לא כזו שמניעה הם מוניטציזיה של מלאים, אלא כזו שהמוטיבציה שלה היא איכות חיים בת-קיימה. על כן המדדים שגישת הון רחבה תציע ישאפו להתקרב, עד כמה שניתן, לתיאור מצבם וטבעם **האמיתי** של נכסים קריטיים ושל הפונקציות והאינטראקציות שהם מקיימים ואת העקרונות המסבירים אינטראקציות אלו. הנכונות לשלם על עץ אינה אומרת לנו מאומה על מצבה של המערכת האקולוגית של יער הגשם שממנה הוא הוסר (ראו למשל: Radermacher & Steurer, 2014).

חשוב לציין כי המהלך התלת-שנתי של האומות המאוחדות בין השנים 2009 ו-2012 הוא אחד המהלכים התאורטיים והסטטיסטיים המקיפים ביותר בפיתוח גישת ההון, ובמדידה של פיתוח בר-קיימה המליץ על מסגרת מדידה היברידית אך מעולם לא קרא למוניטציזיה של כלל נכסי ההון מכל המחלקות (ראו: UNECE, 2013).

14 יש הרואים בפסולת מלאי משאבים. חלקם מגדילים לעשות וכוללים אותו בפונקציית ייצור כללית (ראו: Perman et al., 2011).

15 שמבטא סידור וריכוז מולקולרי.

16 מצב הצבירה משפיע כמובן על השימוש ועל התועלות שמלאי החומר מניב לאוכלוסייה. מצב הצבירה הטבעי של המלאי יקבע גם את קצב השינוי באיכות החומר. עבור מינרלים קצב השינוי הטבעי יימדד ב"שעון גאולוגי".

טעם למדוד את מצבו כלל. במקרה של נכס הון טבעי אחר, למשל מים, אפשר שהתקופה החשבונאית תהיה עונה (season). במקרה שלישי, כאשר מדובר בחומרים מוצקים, למשל מצבור מינרלים, אפשר שתקופת המדידה תהיה שנה קלנדרית או חמש שנים קלנדריות או כל יחידת זמן שרירותית אחרת (שהרי קצב השינוי הטבעי הוא גאולוגי).¹⁷

לדיון קצר זה משמעות מרכזית בעת הגדרת נכסים (הפרשנות שלנו למלאי כמאגר של חומר), בעת זיהוי נכסי הון קריטיים בישראל, בעת הגדרת תקופת המדידה ובעת הקצאת משאבים למדידה.

■ רב־ממדיות, מורכבות וחוסר ודאות

ניתן להבחין בהבדל איכותי נוסף בין נכסי הון טבעי לנכסי הון כלכלי: נכסים טבעיים ניחנים ברב־ממדיות, הן בראי התועלות שהם מניבים לאיכות החיים והן בראי האפשרויות הגלומות בהם,¹⁸ ואילו נכסים מיוצרים מאופיינים על פי רוב בשימושים חד־ממדיים. הטרגספורמציה של נכס טבעי לנכס כלכלי¹⁹ כרוכה אפוא בצמצום אפשרויות – העץ, כמרכז של מערכת אקולוגית שוקקת חיים ומרובת אפשרויות, הופך למשל קורת בניין, מִקְתָּבָה או הָדוֹם. מעשה ההמרה של מולטי־פונקציונליות ומולטי־פוטנציאליות בחד־ממדיות, ולעיתים חד־פעמיות, מציב קושי נוסף בדרך של הכפפת נכסי הון טבעי לעקרונות השוק ולתכתיביו.²⁰

בירור התכונות הייחודיות של הון טבעי מחייב אותנו להתעכב גם על סוגיות המורֶכְבוּת וחוסר הוודאות השלובות זו בזו. ללא צל של ספק, התועלות הגלומות בהון טבעי הן פועל יוצא של מורכבות המערכות האקולוגיות שמהן הוא עשוי.²¹ ריבוי האובייקטים והתהליכים, וההשפעות הא־ליניאריות, הקו־אבולוציוניות, השוררות במערכות אקולוגיות (Lenton et al., 2008) מצירים את כושר האפיון של דינמיקת המערכות האלה;²² של התפקודים המלאים של המערכות ושל נקודות המפנה, אם אלו קיימות. אין ביכולתנו לדעת כמה נכסים טבעיים ניתן לעקור מן המערכת, וכמה חומרים מזהמים ניתן להשליך אל המערכת, עד שניצול הופך ניצול יתר, ואין ביכולתנו לדעת כיצד נזק לתפקוד סביבתי ספציפי ישפיע על איכות החיים, ובאיזו

17 כמובן, מדידה כרוכה בכושר מדידה. הדבר תלוי במורכבות המדידה ובטכנולוגיית מדידה, והאחרונה תלויה במשאבים פנויים למדידה. הקצאת משאבים למדידת נכסים צריכה לבטא את התרומה היחסית שלהם לאיכות החיים. החלטה זו היא עניין נורמטיבי, והדיון בכך נמצא מחוץ לגבולות סקירה מדעית זו.

18 הם ניחנים בריבוי פוטנציאלים.

19 תהליך המכונה קְלָכוֹל (economization), ומשמעו – הפיכתו של משאב טבעי למוצר כלכלי.

20 זוהי החצנה של פוטנציאלים ושל הזדמנויות ולא רק של "עלויות סביבתיות".

21 בסקירה זו מורכבות היא תכונה של מערכות אשר מרכיביהן מקיימים אינטראקציות מסוגים שונים אלו עם אלו, לפי עקרונות ייחודיים אשר תקפים לכל אינטראקציה. משמע, כללי האינטראקציה של מרכיב א ומרכיב ב אינם חלים בהכרח על האינטראקציה של מרכיב ב ומרכיב ג (ראו: Johnson, 2002).

לעומת מחלקות הון אחרות, הון טבעי מתחולל בקני מידה ובסדרי גודל רבים יותר – מן הרמה התת־מולקולרית ועד הרמה הפלנטרית, ומעבר לה. מכאן גם שניתוח הון טבעי מחייב עבודה רב־תחומית, ובין־תחומית, מרובה ומעברים תכופים בין דיסציפלינות.

22 ראו גם הגישה ההולוגנומית (Hologenome) לאבולוציה: Zilber-Rosenberg & Rosenberg, 2008.

נקודת זמן (Dietz & Neumayer, 2007).²³ מלבד זאת, חוסר הוודאות תקף, בדרגות שונות, לכמות הנכס, לאיכותו, לרגישותו ולחצים ולהשפעות חיצוניות, לקצב התחדשותו – בהנחה שהוא מתחדש – ולגמישות התחלופה שלו.²⁴

משאבי טבע, קל וחומר מערכות אקולוגיות, אינם עצמים בעלי איכות הומוגנית. ריכוזים שונים של אותו המשאב, למשל עפרת ברזל במרבצים שונים, מחזיקים באיכויות משתנות, או שהם מפוזרים על פני טריטוריות נרחבות. ראוי לציין שרק שיעור מוגבל מן הכמות הפיזית של משאבים זמין להפקה ולשימוש, ושתגליות חדשות מגדילות את המלאי. מטעמים אלו התייחסות למשאב כתשומה מצרפית אחת אינה מייצגת את המציאות המלאי. כל ניסיון להערכה במונחים כלכליים כרוך ברדוקציה קיצונית של המציאות הפיזיקלית, הכימית והביולוגית, למודל כלכלי-מתמטי, אלגנטי אולי, אך פשטני באופן בלתי נמנע.

■ עקרון הזהירות המונעת וניהול סיכונים

מפאת חוסר הוודאות נוסח עקרון הזהירות המונעת, שנועד להנחות מדיניות סביבתית ורגולציה של שימוש במשאבי טבע. בהקשר של ניהול הון טבעי, עקרון הזהירות המונעת קובע כי על המדינה להימנע מהתערבויות במערכות אקולוגיות אם התערבויות אלו צפויות להסב נזק, גם במקרים שבהם התשתית המדעית המצביעה על סבירות גבוהה של נזק חסרה (Jackson & Steingraber, 1999; Pelenc & Ballet, 2015). לשון אחר, חובת ההוכחה היא ל"אי-נזק" ולא ל"נזק". זאת ועוד, ניהול הון טבעי בתנאי אי-ודאות מחייב מנגנון להערכת סיכונים (OECD, 2010). ניצול נכסי הון צריך להיעשות מתוך תפיסת ניהול סיכונים כוללת אשר בין היתר מתחשבת בהשלכות השונות של מדיניות השימוש במשאבים על הסביבה ועל איכות החיים של הדורות הבאים.

בסיכומו של דבר, לתכונות הייחודיות של הון טבעי יש השלכות על הניהול הציבורי של אובייקטים ומערכות אקולוגיות וכן על פילוסופיית המדידה – ותרגולה של פילוסופיה זו – בכל הנוגע לתופעות הנצפות. עניין זה, של גישת המדידה הנחוצה, משליך על עיצובה של מערכת מדדי הון עתידית בישראל, והוא נדון בתת-הפרק הבא.

23 מאחר שכך, מימוש רעיון התחליפיות צריך להתחשב בהשלכות מסדר ראשון, שני ויותר מזה, של הסרת נכס הון ממאגר הנכסים שבהם הוא נטוע. אנלוגיה עשויה לעזור בנקודה זו: לעיתים פרימת חוט אחד עלולה לגרום לפרימת האריג כולו. רמת המורכבות המערכתית והפונקציונלית של ההון הטבעי מקשה לפתח טכנולוגיות תחליף. בסקירה "דיונים נבחרים בגישת הקיימות" (צחור, 2021) נשאלה השאלה אם הטכנולוגיה מסוגלת לשכך את התלות בין איכות חיים בת-קיימה ובין נכסים קריטיים; להמציא תחליף ראוי (ראוי מדעית וראוי נורמטיבית) לנכסי הון חסרי תחליף לכאורה, או למצער להרחיב את גמישות התחלופה של נכסי הון קריטיים – הן תחליפיות תוך-הונית והן תחליפיות בין-הונית (ולא, כמו שפונקציית הייצור מבקשת מאיתנו, להגדיל את הפרודוקטיביות של נכסי הון מתכלים). פרמן ואחרים (Perman et al., 2011) הטילו ספק רב באפשרות הזו. לפי שעה, פוטנציאל טכנולוגיות התחליף, כפי שאלו כונו בסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון", מוגבל.

24 כפי שצוין בסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021), אי-הוודאות תקפה במקרה של החלפת נכס הון אחד בנכס הון אחר, והיא מקשה את זיהוי המועד האופטימלי למימוש הנכס, או במילים אחרות, תזמון המכירה של הנכס בשוק. משאבי טבע מתכלים, למשל פוספט או גז טבעי, נסחרים בשוק גלובלי ומושפעים מהיצע עולמי שמקורו במדינות שונות. היות שמערכת השוק דינמית, ישתנה התמחור של נכסים לאומיים מתכלים שנסחרים בשוק, לאורך זמן. מחיר הנכס אפוא ישפיע על הזדמנויות המימוש שלו, ולהפך.

מידדה של נכסי הון טבעי

אם אנו מסכימים עם הקביעה שמטרתה של מדיניות ציבורית היא שמירה על איכות חיים כוללנית ומתמשכת, ואם אנו פועלים מתוקף ההנחה שאיכות חיים כוללנית ומתמשכת תלויה, בין היתר, במלאים של נכסי הון טבעי, אזי מחובתו של הריבון להקפיד כי נכסים אלו לא יתכלו, ומכאן שעליו לעקוב אחר מצב הנכסים מעת לעת. אי לכך מדיניות שתכליתה איכות חיים בת־קיימה צריכה להסתמך בראש ובראשונה על מערכת מדדי הון לאומית ייעודית וספציפית ביותר: כזו המנטרת את מצבו של בסיס המשאבים הלאומי בכלל ואת מצבם של נכסי ההון הטבעי בפרט.²⁵

המצאת תמונת מצב מהימנה של נכסי ההון הטבעי הלאומיים מצריכה אפוא מענה על ארבע שאלות: אילו נכסים הם הקריטיים ביותר לאיכות החיים הלאומית, מהן תכונות נכסים אלו (לשם דוגמה, אם הם מתכלים, אם יש להם תחליף בנמצא), מה יתרת מלאי הפריטים, ואם ניתן – מהי איכות המלאים. כל שאלה אחרת תהיה מסדר שני או שלישי ופחותה בחשיבותה. כמו כן אופיים ותכונותיהם של נכסי הון צריכים לקבוע את יחידות המדידה.

נדמה שיש מקום להדגשה חוזרת. מערכת מדדי הון אשר תשיב לשאלות אחרות, למשל: מה שוויו של נכס הון טבעי, אם הציבור אדיש להתכלות נכסים, או כיצד נכסים טבעיים "נחווים" בציבור (כפי שמדדים סובייקטיביים עשויים ללמד), שומה עליה להיות מרוחקת ממצבם של נכסי ההון ולהתרחק גם מהפונקציה הייעודית שעליה למלא בתהליכי קבלת החלטות.²⁶

במילים אחרות, על מדדי הון טבעי לשאוף ולהתקרב, עד כמה שניתן, לתיאור מצבם וטבעם **האמיתי** של הנכסים הקריטיים ושל הפונקציות והאינטראקציות שהם מקיימים בינם ובין עצמם, ושל העקרונות המסבירים אינטראקציות אלו.

25 לשיטה זו, מערכת מדדי הון לאומית חשובה ממערכת החשבונות הלאומיים וממערכת מדדי איכות חיים גם יחד, שכן האחרונות מנטרות את מצב איכות החיים, הכלכלית או הלא כלכלית, ולא את מצב הגורמים הקובעים את איכות החיים.

26 לשם דוגמה, המחיר של יחידת עץ, שנמדדת במונחי "אורך לוח" (board foot), 2,360 ס"מ מעוקב בקירוב, מבטאת בעקיפין את מצבו ואת איכותו של המלאי הלאומי (אם הוא טוב יותר או פחות ממלאים של מדינות לאום אחרות). זאת ועוד, הנכונות לשלם על עץ אינה אומרת לנו מאומה על מצבה של המערכת האקולוגית של יער הגשם שממנה הוא הוסר, והיא אינה מגלמת את הסיכון הכרוך בקריסה של מערכת היער. כך גם סקרי שביעות רצון של הציבור ממצב היער מבטאים רק בעקיפין את איכות היערות, אינם מוסרים מידע על כמות המלאי ואינם משקפים את "בריאותה" של המערכת האקולוגית. לוגיקה זאת תקפה גם לנכסים אחרים: ערכי החליפין של נכסי הון טבעי – מפוספט ועד דגים – אינם זהים לערכי יתרת הרורבות או לאיכות הרורבות ואינם מעידים על מצב הרורבות – אם המלאי קרוב לנקודות המפנה (המכונות גם נקודות ביפורקציה שמדדים מוניטריים אינם יכולים לתפוס את אופיין) (ראו למשל: Bauch et al., 2016). למותר לציין שהניסיון להבטיח איכות חיים מתמשכת אינו מחייב את תמחורם של נכסי הון, דהיינו "הונוציה" של אובייקטים ושל תופעות, לפי גישת הון רחבה, אין משמעותה "תמחור" או "מוניציפיה" של אותם פריטים.

■ מערכת החשבונות הסביבתיים-כלכליים (SEEA)

למרות האמור לעיל הנטייה הטבעית והמלאכה הפשוטה יותר תהיה לפרוס את מערכת המדדים הלאומיים המקובלת והרווחת, המכונה מערכת החשבונות הלאומיים (System of National Accounts), שתכסה מחלקות הון נוספות. הנטייה נובעת, קרוב לוודאי, מהסיבה שמערכת החשבונות הלאומיים כבר מותקנת ומשמשת זה מכבר בתהליכים של עיצוב מדיניות וקבלת החלטות, לרבות בתהליכים של שקלול תמורות של עלויות חלופיות, או תועלות חלופיות, בעת קביעת מדיניות.²⁷ מלבד זאת, מערכת החשבונות הלאומיים זוכה לגיבוי של אידאולוגיית השוק. ברור לכול כי נטייה זו להרחיב את מערכת החשבונות הלאומיים כרוכה באימוץ יחידות מדידה זהות להערכת סך נכסי ההון הקריטיים שבבסיס המשאבים הלאומי, וכי יחידות מדידה אלו יהיו יחידות מוניטאריות אשר משקפות את הערך הכלכלי שאפשר שנצמיד לנכסי הון.

ההעדפה להרחיב את מערכת החשבונות הלאומיים הובילה למהלך הסטטיסטי המקיף ביותר עד כה למדוד נכסי הון טבעי, הן במונחים פיזיים ותיאוריים והן במונחים מוניטאריים, אשר הסתכם בגיבוש מערכת החשבונות הסביבתיים-כלכליים (SEEA), ובגרסתה האחרונה משנת 2012: המסגרת המרכזית (SEEA Central Framework). המסגרת הסטטיסטית המשולבת פותחה בקואליציה רחבה שכללה בין היתר את האומות המאוחדות, האיחוד האירופי, ארגון המזון והחקלאות של האומות המאוחדות, קרן המטבע הבינלאומית, הארגון לשיתוף פעולה כלכלי ופיתוח (ה-OECD), הבנק העולמי ועוד עשרות מוסדות מחקר ואקדמיה.²⁸

SEEA נועדה לתאר את הקשר בין המערכת הכלכלית ובין נכסים סביבתיים (ולא, כפי שעלינו להבחין, בין המערכת החברתית לסביבה הטבעית)²⁹ באמצעות הגדרה ומדידה של מלאי נכסים סביבתיים ושינויים במצב מלאים אלו. אף על פי שהמונח "הון טבעי" אינו מוגדר ב-SEEA, לרבות בגרסה קודמת שלה משנת 2008, SEEA נשענת על הגדרה אופרטיבית של "נכסים טבעיים". נכסים טבעיים הם הרכיבים הפלנטאריים, הביזויים והאביוטיים, אשר מרכיבים יחד את הסביבה הביופיזיקלית המניבה תועלות לאנושות.³⁰ בדומה למערכת החשבונות הלאומיים, SEEA היא מערכת יישומית עבור יחידות לאומיות. לפיכך חשבונות המלאים חלים על הנכסים הטבעיים בתחום האזור הכלכלי האקסקלוסיבי של המדינה.³¹ המסגרת מבוססת על כללים

27 לכללה, ולא לאקולוגיה, ההשפעה הניכרת על מדיניות לאומית.

28 על תהליך הפיתוח פיקחה ועידה אד הוק שהוקמה באומות המאוחדות (Economic Committee of Experts in Environmental Accounting, UNCEEA). הוועידה הזמינה ארגונים בינלאומיים ומוסדות אקדמיה לתרום לפרקים שונים של המסגרת, כאמור, וכן קבוצות מחקר ייעודיות להציע תרומות לדיונים נקודתיים, כגון "הקבוצה הלונדונית" ו"קבוצת אוסלו לסטטיסטיקת אנרגיה".

29 מטרתה של SEEA לשלב את מדדי המלאים של נכסים סביבתיים במערכת החשבונות הלאומיים, להגדיר בדיוק רב יותר נכסים סביבתיים ולתת בידי מדינאים כלים תומכי קבלת החלטות.

30 הנוסח העדכני ביותר של SEEA מבקש לעדכן גרסאות מוקדמות יותר, משנת 1993 ומשנת 2003, שנועדו גם הן לשלב סטטיסטיקה של אביוטיים ותופעות סביבתיים במערכת החשבונות הלאומיים.

31 SEEA מנחה לסרטט את גבולות מדינת הלאום לפי תחום האזור הכלכלי הבלעדי (אקסקלוסיבי) של המדינה. זה עשוי לכלול אזורים יבשתיים, לרבות איים, את המים הטריטוריאליים ואת המרחב האווירי שבהם המדינה מתנגלת את הריבונות שלה. המקרה הישראלי, כשמדובר ברשות הפלסטינית, מציב קשיים ייחודיים בנוגע להחלת הריבונות הלאומית על נכסים טבעיים שונים, למשל קרקעות, מקווי מים, מי תהום, אוויר וכו'. מורכבות זו מצדיקה דיון מעמיק אך קוצר היריעה של סקירה מדעית זו אינו מאפשר זאת.

חשבונאיים והיא שואפת למוניטציזיה מלאה של אובייקטים טבעיים ושל השירותים והתועלות שאלו מניבים לכלכלה. SEEA אינה מספקת הנחיה להערכת התרומה של נכסים טבעיים מחוץ למערכת הכלכלית.³²

איור 3. הפרשנות המצמצמת של תועלות סביבתיות לפי SEEA

עקרונית, כך לפי SEEA, ניתן להתקין עבור שבע הקטגוריות של נכסים טבעיים חשבונות פיזיים ומוניטאריים.³³ חשבונות אלו יתארו את ערכי המלאי, ביחידות מדידה שונות, בתחילתה ובסופה של התקופה החשבונאית (accounting period). שבע הקטגוריות של נכסים טבעיים (או סביבתיים) שלהם SEEA מציעה חשבונות פיזיים ומוניטאריים הן אלה:

1. מלאי מינרלים ומשאבי אנרגיה
2. קרקע³⁴
3. משאבי אדמה³⁵
4. משאבי עץ
5. משאבים אקוויטיים
6. משאבים ביולוגיים אחרים
7. משאבי מים

גרסת 2003 הייתה רחבה וכללה מערכות אקולוגיות ימיות ומערכות אטמוספיריות במסגרת

32 SEEA אינה מביאה בחשבון את התועלות הלא גשמיים שנובעות מהשימוש הישיר והעקיף (אך הלא כלכלי) בנכסים סביבתיים, למשל קיבוע פחמן, ותועלות נוספות המופיעות בנישת שירותי המערכת האקולוגית.

33 במלאכת התמחרור של נכסים SEEA מיישמת עקרונות כלכליים שונים, ובראש ובראשונה קביעת ערך נוכחי נקי, לנכסים טבעיים, מבוסס מחירי שוק. מהלך זה כרוך בהיוון של זרם התועלות הכלכליות העתידיות או סך התקבולים העתידיים שעשויים לנבוע מנכס טבעי – לפי שערי ריבית עתידיים. למוחר לציון שקביעת שערי ריבית היא פעולה מלאכותית שיוכלתה לבטא את הטבע הפנימי של משאבים סביבתיים ואת הדינמיקה של משאבים אלו עם משאבים אחרים ועם החברה האנושית בכללותה – מוגבלת, במקרה הטוב. יתרה מזאת, SEEA מכירה בכך שמחסור במידע על מחירי שוק מקשה יישומה של שיטת מחירי השוק לנכסים סביבתיים שונים. בקביעת מודלים פיזיים SEEA משלבת עקרונות מכמה דיסציפלינות מדעיות משלימות, לרבות מדעי הסביבה, אקולוגיה, הידרולוגיה, ביולוגיה ופיזיקה.

34 המושג "קרקע", כפי שהוא מיושם במסגרת, כולל את הטריטוריות של אגני היקוות (על אגניהם ונחליהם).

35 SEEA מבחינה בין קרקע לאדמה. הקרקע מספקת מרחב לפעילות כלכלית כללית, ואילו האדמה מספקת חומר לתהליכים כלכליים פרטניים (למשל חקלאות). עם ההפרדה, SEEA מניחה שקרקעות אינן משתנות לאורך זמן (גם אם תכנית הקרקע ושימושי הקרקע עשויים להשתנות), ואילו כושר האדמות להניב תועלות כלכליות עלול לפחות לאורך זמן, למשל בשל תהליכים של בליית אדמות.

הסטטיסטית, ואילו גרסת 2012 השמיטה את ה"אטמוספירה" ואת ה"אוקיינוסים" מרשימת הנכסים הטבעיים מהטעם שאלו כוללניים מכפי שנדרש לניהול ציבורי לאומי.³⁶ ההשמה נעשתה בגיבוי המוסדות הממליצים. ואומנם SEEA מכירה באפשרות שאוויר ומים הם מלאים חיוניים.

בדומה לגישת ההון, SEEA מבחינה בין מלאים לזרמים. זרמים פיזיים מתייחסים לתנועה של אנרגייה וחומרים, והם נחלקים למעבר (הסעה) של חומרים ואנרגייה מן הסביבה הטבעית אל תוך הכלכלה, שם הם מכונים תשומות טבעיות (או גורמי ייצור טבעיים), ולתנועה (פליטה) מן הכלכלה החוצה אל הסביבה הטבעית, ומכונים שאריות, שיירים או עודפים, למשל פסולת מוצקה אל הקרקע, חלקיקים נשימים אל האוויר או שפכים תעשייתיים אל מקווי מים. זרמים נובעים מנכסים טבעיים, או שהם מוזרמים אליהם, ומשפיעים על מצבם. אף שנכסים טבעיים מתחוללים מעצמם והם אוטונומיים, פעילות כלכלית עשויה לחולל טרנספורמציה בתכונותיהם.

ביחידות מדידה פיזיות מלאי מבטא את הכמות הכללית של נכס בנקודת זמן מסוימת (התכולה החומרית שלו). לפי SEEA, יחידת המדידה צריכה להלום את טבעו של הנכס: פחם יימדד בטונות, עץ יימדד במטר מעוקב (נפח), וקרקעות יימדדו בקילמטר רבוע.³⁷ SEEA מבחינה בין נכסים שניתן לייצרם, לדוגמה באמצעות נטיעת עצים, ובין נכסים שלא ניתן לייצרם. מדדי נכסים אינם כוללים את המרכיבים הבודדים של כל נכס, לדוגמה חומרי המזון באדמה, נתון או אשלגן אינם כלולים בחשבונות משאבי אדמה.³⁸

מטרתם הכללית של חשבונות הנכסים היא לתעד את שערי הפתיחה והסגירה של נכס לפי תקופות חשבונאיות. כלומר, לתאר אם חל שינוי במצב הנכס לאורך זמן (SEEA מתמקדת בכמות המלאי ולא באיכותו).³⁹ שינויים במצב הנכסים מתועדים באחד משני אופנים: תוספות למלאי או הפחתות מהמלאי. במקום שניתן, SEEA מציעה לאפיין את סוג התוספת ואת סוג ההפחתה.

36 בחירה זו של הוועדה המנהלת דומה ליישום מבחן הריבונות (אחד מחמשת מבחני הקריטריות) שהוצע בסקירה המדעית "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021) ומוזכר במבוא לסקירה זו.

37 אפשר למדוד זרם אנרגייה ביחידות של תכולה אנרגטית, למשל ג'אולים.

38 לפי SEEA, נכסים הם אובייקטים בעלי ערך. בכלכלה נכסים מוגדרים מלאים של פריטים אשר במקרים רבים משמשים תשומות בתהליכי ייצור. המונח "נכס סביבתי" נטבע כדי לזהות, לאפיין ולחקור את מקורן של תשומות טבעיות בתהליכי ייצור. ההגדרה סוללת את הדרך למדידה (היא מצביעה על הנחיצות במדידה).

39 השאלה "מהי כמות המלאי?" שונה מהותית מהשאלה "מהי איכות המלאי?", וכל אחת מהן מחייבת מודדים פיזיים נפרדים. בראי התועלות הכלכליות והחברתיות שנכס הון טבעי עשוי להניב, שאלת האיכות אינה נופלת בחשיבותה משאלת הכמות. ואולם, SEEA אינה מציעה מודדים פיזיים של איכות. סוגיית ההידרדרות באיכות של נכסים נדונה במדריך הניסיוני המשלים (SEEA Experimental Ecosystem Accounting), אך זה נועד בעיקרו לסמן כיוונים למחקר עתידי. SEEA מדגישה כי הידרדרות במצב של נכס מבטאת שינוי בכוחו לספק תועלות שונות, המוכרות בשם שירותי מערכת אקולוגית. מדידת ההידרדרות במצב הנכס (גריעה מאיכותו) היא מלאכה מורכבת והואיל והיא כרוכה בהערכה מפורטת ביותר של התנאים, התכונות והמרכיבים של כל נכס ונכס. נכסים רבים, למשל מקווי מים, נטועים במערכת אקולוגית, ועל כן קשה להפריד בין ההידרדרות של נכס יחיד להידרדרות של המערכת האקולוגית השלמה. כלומר מדידה של "דלדול", או "הרקה", של נכסים היא פשוטה ממדידה של הידרדרות באיכות.

לדוגמה, מדידת הידרדרות באיכותו של מקווה מים כלשהו צריכה להתחשב בגורמים "מזהמים" שונים כגון סחף, הפרשות בעלי חיים, חלחול חומרי דישון, כימיקלים ומתכות, וכן באינטראקציה של מקווה המים עם אדמות, מי תהום ואוויר, בין היתר. כמו כן איכות מקווה המים תשפיע על השימושים האפשריים בו: האם המים ראויים לשתיה או לחקלאות? משמעות שיחה זו היא שיש להשלים את מדדי SEEA במדדי איכות עבור נכסים קריטיים בישראל.

לפי SEEA, יש ארבעה סוגים של תוספת:

1. גידול במלאי של המשאב – אלו תוספות שמקורן צמיחה טבעית או לא טבעית של המשאב, למשל נטיעת עצים.⁴⁰
2. גילוי מלאי חדש – אלו תוספות שמקורן בתהליכים של חיפוש וגילוי משאבים, למשל במקרה של תגלית גז טבעי.
3. הערכה מחדשת, או היערכות מחדש – אלה שינויים שנובעים מעדכון בתשתית המידע והמדידה שמוביל להערכה מחדש של גודל המלאי או עדכון איכותו של מלאי נתון.
4. סיווג מחדש של נכסים סביבתיים – מתרחש בנסיבות שבהן נכס עשוי לשמש לכמה תכליות שונות, וחל שינוי בשימוש, לשם דוגמה: גידול בקרקע חקלאית בעקבות בירוא יערות. מכאן שגידול בקטגוריה אחת של הנכס צריכה להתקזז עם פחות פרופורציונלי ושווה בקטגוריה אחרת של הנכס. במילים אחרות, מבחינת הנכס הסביבתי המצרפי, סיווג מחדש אינו משפיע על הכמות הכללית.

לפי SEEA, יש חמש קטגוריות של הפחתה:

1. הפקה – הפחתה במלאי שמקורה הסרה או קצירה של נכסים בתהליכים כלכליים שונים.
2. פחת טבעי של המלאי – מתרחש כאשר בתקופה החשבונאית מקרים של מוות טבעי (בקרב אוכלוסיות ביולוגיות) או תאונות לא קטסטרופליות (ראו להלן פחת קטסטרופלי) מובילים לגריעה מכמות המלאי.
3. פחת או אובדן קטסטרופלי – מתרחש כאשר אירועי קיצון דיסקרטיים מובילים להרס נרחב של נכסים טבעיים. אירועים אלו, המכונים גם אסונות (אסונות טבע או אסונות מעשי ידי אדם), יכולו רעשי אדמה, התפרצויות וולקניות ואסונות אחרים, כשלים של מערכות טכנולוגיות (כורים גרעיניים, אסדות נפט ומתקנים פטרוכימיים). קטגוריה זו כוללת גם אובדן נרחב של נכסים ביולוגיים בעקבות בצורת חריפה, שיטפונות בזק או מגפות.
4. היערכות מחדש – אלו שינויים שנובעים מעדכון בתשתית המידע והמדידה שמוביל להערכה מחדש של גודל המלאי או עדכון באיכותו של מלאי נתון.
5. סיווג מחדש – מתרחש בנסיבות שבהן נכס עשוי לשמש לכמה תכליות שונות וחל שינוי בשימוש.

בנוגע ליחידות המדידה, SEEA מנחה להשתמש ביחידת מדידה אחת בלבד, ברציפות, לכל נכס, על כל מלאיו. כך ניתן לבצע אגרגציה של כל המלאים.

40 תהליכים אלו כוללים גם תהליכי רפרודוקציה ביולוגית וגם תהליכים גאומורפולוגיים, למשל יצירת קרקעות.

יתרונות SEEA

את היתרונות של SEEA ניתן לחלק לשני סוגים: יתרונות תהליכיים ויתרונות אנליטיים. בפן התהליכי, הפיתוח ההדרגתי, הבררני והאיטרטיבי של SEEA ריכז כמות עצומה של ידע וניסיון לאורך זמן – כמעט שני עשורים – מצד מאות משתתפים בתחומי דעת משלימים רבים. מסבב לסבב וממהדורה למהדורה המסגרת הסטטיסטית השתכללה ונעשתה קפדנית יותר. בפן האנליטי, SEEA מציעה מסגרת קוהרנטית, מבוססת-כללים-חשבונאיים – שמקילים ביצוע אומדנים, מנייה וניהול ציבורי. היא נשענת על לוגיקה של מערכות דינמיות אשר מיתרגמת לתפיסה של מלאים וזרמים. המסגרת מזהה נכסים טבעיים חיוניים (שבע הקטגוריות), מציעה חשבונות פיזיים ויחידות מדידה **בנפרד** מחשבונות מוניטאריים ושיטות תמחור, ומדגישה מורכבויות – למשל הדיון במדדי איכות (וחוסר ההסכמה סביב מדדי איכות, סוגיה שמצריכה דיון מחוץ לגבולות סקירה מדעית זו).

זאת ועוד, SEEA מנחה לגישה גמישה ופרגמטית בעת בחירת מדדים פיזיים ומוניטאריים לפיתוח. המעשה ההגייוני במדינות לאום שהתברכו במשאבי טבע, כך לפי SEEA, יהיה לפתח חשבונות עבור נכסים אלו תחילה. ההקשר הלאומי והגאוגרפי צריך להנחות את סדרי העדיפויות הסטטיסטיות. כך מדינות ישכילו להתמקד בהידלדלות של משאבים חיוניים (קרי חיוניים עבורן). התוצאה תהיה מערכת סטטיסטית בעלת תרומה מיידית לתהליכים של קבלת החלטות לאומיות. SEEA מציעה את הדוגמה של מדינה עשירה במחצבי מינרלים שחשבונות פיזיים של מלאי המינרלים מנחים את מדיניות הפקת המשאב וקביעת שער התקבולים בה. המסגרת מכירה אפוא בצורך להתאים מדדים להקשר הלאומי-מקומי.

כנאמר לעיל, הקונצנזוס מרובה-המשתתפים סביב היבטים אלו מקנה למסגרת משקל וסמכות. חשוב להכיר בתועלות הרבות של SEEA לפני שאנו מזהים את הפרובלמטיקה המרכזית של המסגרת – השאיפה לתמחור נכסים טבעיים – אשר מחייבת אותנו לנקוט משנה סלקטיביות בעת אימוץ חלקים נבחרים בלבד של SEEA לטובת פיתוח גישת ההון ויישומה.

חסרונות SEEA

כמה מכשולים אידאולוגיים ואנליטיים מהותיים מקשים עלינו לאמץ את פרקי המדידה המוניטארית של נכסים טבעיים ואת האומדנים הכלכליים ושיטות התמחור שהמסגרת הסטטיסטית מציעה. התנגדויות רבות למוניטיזציה של נכסים סביבתיים נרשמו בעשרים השנים האחרונות, אך גבולות סקירה מדעית זו אינן מרשות עיון מקיף בהן. מספיק לציין כמה מן הבולטות בהסתייגויות אלו ולהפנות למקורות אחרים לעיון נוסף.

ראשית, התרומה העקיפה של נכסי הון אחדים לאיכות החיים, תרומה המתחוללת מחוץ לשוק הכלכלי, מקשה עלינו לקבוע את התועלת הכספית המדויקת שהם מסיבים לפרט.⁴¹ לפי אקנס ואחרים (2003), רב-הממדיות של הון טבעי מחד ושל איכות החיים מאידך מקשה, קושי לא פתיר, את תמחורם של השירותים הנובעים מההון הטבעי לאיכות החיים, כמו גם על אגרגציה של שווי ותועלות של פונקציות סביבתיות ושירותים סביבתיים (קרי שירותי מערכת אקולוגית). בלאו הכי ערכים מוניטאריים אלו, ככל שניתן לאמוד אותם, אינם מבטאים רמות של קריטיות. על כן קבעו החוקרים שגישות כלכליות להערכת התועלות המלאות של הסביבה הטבעית לאדם אינן ראויות.⁴² כאמור בסקירה המדעית "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021), הצמדת ערכים מוניטאריים לסך שירותי המערכת האקולוגית היא מעשה בעייתי וחסר פשר שהוקבל ל"תמחור גורילות בערפל" (Fanny et al., 2015).⁴³ יתר על כן, תופעות טבעיות שונות, כמו האבקה, החיונית להתפתחות חברת הצמחים (אך גם קיבוע פחמן, טיהור אוויר ואגירת מים), הן עמודי התווך של הקיום האנושי, ואולם מנגנוני הפעולה העדינים המושלים בתופעות אלו ויחסי התלות ההדדית בין מנגנונים אלו ותהליכים אקולוגיים רבים אחרים מעלים קשיים ניכרים לתמחור ישיר (Allsopp et al., 2008). כן חשוב לציין שמנגנונים אלו מאופיינים בהתנהגות א-ליניארית ומחזיקים בתחומם נקודות מפנה, והם מחייבים שניהול משמעויות וסיכונים של ניצול המשאב יהיה חשוב משיקולים של יעילות כלכלית (ומחיר).⁴⁴

שנית, הערכות כלכליות של נכסי הון טבעי, כשאלו נעשות, יהיו אפופות חוסר ודאות וחלקיות מאחר שאומדן ערכו הנוכחי של נכס מתחשב בתשואה עתידית, ותשואה זו איננה ידועה (וגם אינה מקיפה או מדויקת לפי ההערה הקודמת). נוסף על זה, אומדני ערך מתחשבים בריבית עתידית אשר קביעת שיעור חשופה להטיות ולשיקולים נורמטיביים ופוליטיים.⁴⁵

שלישית, מוניטיזציה מניחה אפשרות של סחר חליפין, ועל כן – גמישות תחלופה. ואומנם, רעיון הנכסים הקריטיים, שנדון בהרחבה בסקירה המדעית "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021) ובפרק 2 לעיל, מציע אפשרות של גמישות תחלופה אפסית לנכסי הון מסוימים.

41 SEEA אינה מכירה בשירותי התמיכה בחיים הנובעים מהון טבעי. אין זה פגם מתודולוגי בלבד אלא גם ליקוי מהותי. לעיון נוסף ראו גם: Martinez, 1998; Alier et al., 2000b; Heal, 2000a; Heal, 2000b; Ekins et al., 2003; Pelenc; Scheidel, 2013; Ballet 2015. כמו כן ראו עבודתה של האקדמיה האמריקאית הלאומית למדעים לעניין זה: Kirchhoff, 2012.

42 בלשון התוכנית הלאומית להערכת מצב הטבע (המארג), תקציר פרק המסגרת הרעיונית, "הוב ההערכות הכספיות (של תרומת שירותי המערכת האקולוגית לרווחת האדם) הן הערכות חסר... ערכם של שירותים שתועלתם קיומית הוא אין סופי... (וכן) הקשיים בתמחור מרב השירותים אינם מעידים על העדר ערך לרווחת האדם וקיומו".

43 גם במקרה של נכסים טבעיים מתכלים, אשר שרירים במערכות פשוטות יחסית; מלאים שמחזיקים במספר קטן של קשרים הדדיים והשפעות הדדיות (זרמים) עם מלאים אחרים, למשל מרבץ של עפרת אלומיניום או מאגר גז טבעי מתחת לפני הקרקע (בסביבות שאינן תומכות חיים) כמותם ואיכותם אינן המוגבלות, אינן סטטיות ואינן ידועות במלואן.

44 לעיון נוסף ראו: Hines, 1991; Foster, 1997; Turner et al., 2003; Offer & Söderberg, 2016. במקרה של מחירי שוק המבוססים על נכונות הצרכן לשלם או נכונות לקבל נזק בריאותי או סביבתי, המידע הזמין לצרכן בעת הבעת הנכונות, על פי רוב, אינו שלם, והערכים המוניטאריים שהצרכן מספק עשויים להיות מבוססים על גישות ותפיסות ערכיות (ראו למשל: Kahneman et al., 1993).

45 עוד בעניין זה, טרנר ודיילי הבחינו שכאשר צרכנים מתבקשים להצמיד מחירים לשירותי המערכת האקולוגית (כל קטגוריה של שירותים, לרבות הספקת חומרים), הערכים המוניטאריים הנבחרים אינם מבטאים את סך האובייקטים והתופעות הביו־פיזיקליות הנחוצים להפקת השירות. טענה דומה נרשמה גם במקומות אחרים (ראו: Boyd & Banzhaf, 2007; Turner & Daily, 2008).

התרומה של נכסים אלו לאיכות החיים היא חסרת תחליף, למשל איכות מינימלית של אוויר נקי ובריאה לנשימה או מגוון מינים ביולוגי. ההנחה המקובלת אפוא היא שנכסים אחדים בבסיס המשאבים של אומה אינם נסחרים בשוק, ועל כן לא ניתן לבצע הערכה מוניטארית של שוויים.⁴⁶

למסקנה הנובעת מטעונום אלו כמה הסברים אפשריים: ניתן לראות בטענות הנזכרות לעיל "סיבוכים" אמפיריים בתאוריה הכלכלית הקלאסית. ניתן לומר שהאלגנטיות של מודלים כלכליים-מתמטיים סותרת את המורכבות של העולם האמיתי, או שלנכסים טבעיים רבים יש תכונות אשר אינן מתיישבות עם התאוריה הכלכלית. ניתן להרחיב ולטעון שתמחור נשען על הנחות שאינן תקפות לנכסי הון טבעי: מחירים מצמצמים מורכבות חד-ממדית כדי להוביל להקצאה אופטימלית של משאבים; תמחור מחייב זכויות קניין ברורות; אינו מכיר באי-הפיכות; מניח תחליפיות. אבל למעשה ערכי השוק ומדדים מוניטאריים אינם מתריעים על נקודות מפנה, אינם מלמדים על ההתנהגות הפנימית של מערכות אקולוגיות ואינם קשורים לניהול סיכונים. במונחי "התופעה הנצפית", הם אינם עונים על שאלות בדבר טבע הנכס, תלות הנכס בנכסים אחרים או על השאלה הבסיסית ביותר – כמה נותר במלאי.⁴⁷

מדדים חלופיים אפוא נחוצים לשאלת השאלות הנכונות (כמה נותר? ולא מה המחיר?), ובאמצעות זאת להכווין מדיניות ציבורית טובה יותר. מדידה של נכסי הון טבעי צריכה להיעשות אפוא במדדים פיזיים.⁴⁸

■ אימוץ בררני של SEEA ושל כרקי הסטטיסטיקה הסביבתית

התועלות הרבות של SEEA עולות על חסרונותיה ואינן מרשות לבטל את המהלך כולו, לא כל שכן להמציא מחדש מדדי נכסי הון טבעי. תחת זאת עלינו לנקוט גישה ביקורתית ולאמץ אימוץ סלקטיבי את מסקנות SEEA. אפשר לומר שאין טעם לשפוך את התינוק עם מי האמבט; להפסיד את התרומה המהותית של SEEA בפרקים העיקריים של המסגרת בשל ליקויים בפרקים אחדים. לפיכך עלינו לאמץ את גישת הזרמים והמלאים, את הגדרות המלאים, את

46 מובן שניצול אינטנסיבי של נכסים חסרי תחליף עלול להוביל להרס בלתי הפיך, אשר הערכות כלכליות אינן מסוגלות לבטא (כאמור, מוניטוריזציה מניחה אפשרות של סחר חליפין, ועל כן נמישות תחלופה) (ראו למשל: Neumayer, Chiesura & De Groot, 2003). כאמור בסקירה המדעית "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021), הון כלכלי מיוצר אינו יכול לספק שירותי ויסות אקלימי שמספק האקלים, שירותי מחזור חומרים שמספקות מערכות אקולוגיות או שירותי תרבות שמאפשרות שמורות טבע לא מופרות. נדמה שיש מגבלות לרמת התחלופה שניתן להגיע אליה. יתרה מזאת, לנכסים טבעיים רבים אין זכויות קניין או שהם אינם נסחרים בשוק.

47 כפי שהבחין דאלי, במקרה של נכסים פלנטאריים – האטמוספירה, האוקיינוסים, יערות הגשם הטרופיים, נכסים המצויים בטרטוריה של מדינות לאום מסוימות יותר מבאחרות (יערות הגשם הם יותר "שלי" ברזיל, קונגו ואינדונזיה), אבל מניבים שירותים לכל העולם או למצער ליבשת – מדדים מוניטאריים אינם מסייעים בניהול בר-קיימא. הידרדרות באחד המקומות הללו מובילה לשחיקה של איכות החיים בכל מקום (ראו: Daily et al., 2000; Dally, 1992). כאמור, העובדות הללו לא הפריעו למוסדות רבים לפתח מסגרות סטטיסטיות מוניטאריות של נכסי הון טבעי חיוניים, בהתעלמות מוחלטת ממגבלות הגישה והשיטה (ראו למשל: Jarvis; Costanza et al., 1997; Lange et al., 2018; Stern & Stern, 2007; et al., 2011).

48 ראוי לציין שהמסגרת הסטטיסטית עצמה מכירה במורכבויות האנליטיות והמתודולוגיות הכרוכות בתמחור נכסים סביבתיים, אך היא אינה עוסקת במורכבויות אלו.

יחידות המדידה וכמה מעקרונות הגישה החשבונאית, אך לדחות את הניסיון לתמחר נכסים, בעת ובעונה אחת.

פרקי המדדים הפיזיים של SEEA משרתים את מטרת הסקירה המדעית והם מספקים תשובות לשאלות הרשומות בתחילת פרק זה (אילו נכסים הם הקריטיים ביותר לאיכות החיים, מהן תכונות נכסים אלו, מהי יתרת מלאי הפריטים ומהי איכות המלאים).⁴⁹ מכיוון שכך, הפרקים הבאים של הסקירה נסמכים במידה רבה על SEEA.⁵⁰ אולם אין בכל זאת כדי לומר שזיהוי הנכסים על ידי SEEA הוא סופי. הוא אינו.⁵¹ נהפוך הוא, סקירה זו טוענת שהמסגרת של SEEA חסרה קטגוריות נכסים קריטיים (אוויר ושמורות טבע), וקטגוריות אחרות אינן רלוונטיות לישראל (עץ), או שתת-קטגוריות אינן רלוונטיות למקרה הישראלי (נפט ופחם בקטגוריית משאבי אנרגיה). לאחר בחינה של חיבור מערכת המדדים לתהליכים של עיצוב מדיניות ויישומה, הסקירה מתקדמת לזיהוי נכסי ההון הטבעי הקריטיים לישראל (אגב שימוש במבחני הקריטיות). בעת הדיון בנכסים אלו, ומפאת כל האמור בפרק זה, מקור ההשראה המרכזי להגדרות, למדדים וליחידות המדידה היא SEEA.

ה

מדדי הון טבעי ומדיניות ציבורית

התועלת הגלומה במערכת מדדי הון טבעי לתהליכי עיצוב מדיניות ויישומה נדונה בהרחבה בממשלת ישראל, בסיוע ה-OECD, בין השנים 2012 ו-2017 (צחור, 2016). ראוי שסקירה מדעית זו תימשך מהנקודה שבה הפסיקה הממשלה. "מטרתן של ממשלות", כך לפי ספר מדדי איכות חיים (2016) – המסמך המכונן בעניין זה – "להבטיח פיתוח כלכלי-חברתי ברי-קיימא. ממשלות עושות זאת באמצעות עיצוב ויישום של מדיניות, והערכה של מדיניות זו באמצעות (בין היתר) מדדים שעונים על השאלה: האם הפיתוח הכלכלי-חברתי הנוכחי עונה על צרכי הדור הנוכחי מבלי לפגוע בבסיס המשאבים הנחוץ לצרכיהם של הדורות הבאים? מדדי הקיימות של איכות החיים (לפי גישת ההון) מבקשים לאפשר דיון מושכל יותר, מבוסס נתונים, בעיזבון שתותיר הממשלה לדורות הבאים... ללא מדדי הון הממשלה לא תדע אם ניתן לשמור על פיתוח כלכלי, על איכות חיים ועל שוויון הזדמנויות לאורך זמן".

49 המסגרת האנליטית SEEA אינה עונה על שאלה אחרונה זו.

50 לפיכך הסקירה ממליצה על עיון מעמיק ב-SEEA בעת יישום גישת ההון בישראל.

51 בדומה לזה, אין סקירה זו טוענת שרשימת הנכסים הסביבתיים החיוניים בישראל היא סופית. היא איננה סופית. עבודה שיתופית, דיונים נוספים והסכמה רחבה נדרשים בטרם נוכל להציע רשימה סופית.

העולה מעיון זה הוא שמדדי הון, ובכלל זה מדדי הון טבעי, הם מכשיר של ניהול ציבורי. אידיאלית, הם משיבים על כמה שאלות מדיניות, לדוגמה: כיצד המדינה מנהלת ומקצה את עיזבון נכסיה הסביבתיים? כיצד המדינה פועלת באשר לגמישות התחלופה של נכסים שונים? כיצד היא משתמשת בנכסים חסרי תחליף? האם פעילות תעשייתית כרוכה בפליטת פסולת, שפכים ומזהמים שעולה על כושר פירוק הפסולת של הסביבה? עד כמה תנאים אלו, אם הם מתקיימים, מסכנים הן את בריאות הציבור והן את הריבונות וחופש הפעולה של המדינה,⁵² היום או בעתיד? וכן – עד כמה שהון טבעי תורם לאיכות החיים – האם איכות החיים הכללית בת-קיימה?⁵³

כדי להשיב על שאלות אלו, ואחרות, מדדי הון טבעי משמשים בתהליכים של קביעת מדיניות במדינות שונות. בישראל יש לציין כמה מהלכים היסטוריים שביקשו למדוד נכסי הון טבעי (אף אם אלו התבנו בשמות אחרים), מדידה ייעודית או כחלק ממסגרת מדדים כללית, ולהשפיע על תהליכי קבלת החלטות. מהלכים אלו כוללים את העבודה החלוצית "אינדיקטורים לפיתוח בריקימא בישראל – דו"ח מסכם שלב א" משנת 2004 מטעם מכון ירושלים, וכן את שלב ב, משנת 2009;⁵⁴ את "מד קידמה אמין לישראל – מחקר ראשוני לשנים 1979-2004" משנת 2008 (קוט, 2008), "תחזית קיימות לישראל 2030" משנת 2012, גם הוא בהוצאת מכון ירושלים⁵⁵ ו"מדדים לאיכות חיים, לקיימות ולחוסן לאומי" משנת 2013 בהוצאת המשרד להגנת הסביבה, ממשלת ישראל (צחור, 2013). מטרת מאמצים אלו הייתה לתמוך בתהליכי קבלת החלטות במוסדות המדינה באמצעות פיתוח מערכות מדדים שיאפשרו הגדרה מדויקת, מדידה וניהול של נכסי הון טבעי. יישום מאמצים אלה היה לא יציב. מקצתם שולבו בתהליכים מקצועיים במשרדי ממשלה אחדים, ואחרים שימשו גופי חברה אזרחית. כך או אחרת, סקירה מדעית זו אינה יכולה להקיף את סך מאמצי ההטמעה והיישום של המהלכים המצוינים לעיל. ברחבי העולם מערכת החשבונות הסביבתיים-כלכליים (SEEA) מיושמת זה שנים מספר בתהליכים של עיצוב מדיניות וקבלת החלטות במדינות שונות, לנכסים סביבתיים ספציפיים

52 שכן מחסור בנכסים טבעיים מחייב תלות במדינות אחרות ומצר את עצמאות הריבון.

53 ככלל, ניצול נרחב ואינטנסיבי יותר של משאבי טבע מחייב אותנו לחקור את גבולות ההפקה, ומכאן לפתח מדדי הון טבעי. כך לפי ראדמאכר וסטור (Radermacher and Steurer). בו בזמן הם נרסו כי עלינו לזהות את שלבי עיצוב המדיניות (מה שהם מכנים "מעגל המדיניות") שלהם חשבוניות של הון טבעי צפויים להועיל במיוחד. שלבים אלו יסייעו באפיון המדדים ובהגדרת התכונות הסטטיסטיות שלהם, למשל תדירות המדידה. השניים מדגישים את שקלול התמורות בין מדדים שהם ריגורוזיים מבחינה מדעית, שניתן למדוד אותם מבחינה סטטיסטית ושיש להם רלוונטיות פוליטית. קהילות שונות של בעלי עניין יתעניינו בתכונות שונות, ומערכת המדידה תצטרך לעמוד בכל היעדים הללו (ראו: Radermacher & Steurer, 2014). לעניין זה, פיתוח מדדים ריגורוזיים הוא בין היתר שאלה של הקצאת משאבים. יש מתח אינהרנטי, ועל כן מרחב של פשרה, בין דיוק ונכונות (accuracy) שהיא קרבת המדד לערך האמיתי של האובייקט הנמדד, ובין המשאבים שנדרשים לביצוע המדידה (עלות המדידה). דיוק ונכונות במדידה של נכס הון אחד יובאו על חשבון הדיוק והנכונות במדידה של נכס הון אחר, בשל מחסור במשאבים. מבחינה טכנית, משאבים אלו יוקצו לאיסוף, לאחסון, לניתוח ולהנגשה של מידע, לפי תקופות מדידה, ואלו תלויות בטכנולוגיית המדידה (דילמה זו נקראת cost tradeoff accuracy versus computational). הואיל ומדובר בהקצאת משאבים למערכת מדידה ציבורית, זו סוגיה של מדיניות ציבורית.

54 חלק א של העבודה קושר בין אלה: צמיחה כלכלית, שוויון חברתי, האינטרסים של הדורות הבאים, יעילות הניצול של משאבי טבע ואיכות החיים של הדור הנוכחי. לפי הפרסום, רשימת האינדיקטורים היא ראשונית, ואין בכוחה לשמש רשימת מדדים מומלצת למדינת ישראל. חלק ב של העבודה מבוסס על מערכת מדדי ארגון UNCSO ועוסק גם הוא בצמיחה כלכלית, בשוויון חברתי, בכושר התמודדות מוסדית עם סוגיות סביבתיות, באינטרסים של הדורות הבאים, ביעילות ניצול משאבי טבע ובאיכות החיים של הדור הנוכחי (ראו: פייטלסון, 2004; קפלן ואחרים, 2009).

55 תחזית קיימות לישראל 2030 עוסקת בקשת רחבה של סוגיות, מעל ומעבר לנכסי הון טבעי, לרבות רוחות הפרט, חיי קהילה, איכות חיים, שמירה על משאבי טבע ועל הסביבה, חדשנות, יזמות, הכללה ונגישות (ראו: ברכיה, 2012).

(בעיקר אנרגייה ומים), לרבות הערכת מגמות ודפוסים של הפקה ושימוש, וגיבוש מדיניות סביבתית להפקה ולשימוש. מדינות מפותחות שונות אימצו את עקרונות המדידה ואת מדדי SEEA לפי הצרכים והנסיבות המקומיים. עם מדינות אלה נמנות אוסטרליה, שם הלשכה הסטטיסטית (ABS) פיתחה חשבונות נכסים טבעיים נבחרים והמליצה על אופני שימוש במידע בתהליכי מדיניות (Australian Bureau of Statistics, 2012);⁵⁶ בריטניה, שבחרה להתמקד בחשבונות פיזיים ותיאוריים של נכסים ולא בהערכה מוניטארית (Office of National Statistics, 2013);⁵⁷ קנדה, שם הלשכה הסטטיסטית בחרה שלא להרחיב את מערכת החשבונות הלאומיים ולפתח, בנפרד, מערכת סטטיסטית עבור משאבי טבע והסביבה (CSERA) אשר מציעה מדדים פיזיים ומדדים מוניטאריים; גרמניה, שאימצה אימוץ סלקטיבי את הסטטיסטיקה המוצעת ב-SEEA ודחתה מדדים מוניטאריים אגרגטיביים (במסגרת GEEA [Federal Statistical Office Germany, 2005] ובמסגרת TEEB DE [Marzelli et al., 2017]); קוריאה הדרומית שמערכת החשבונות הלאומיים שלה כוללת נספח מדדים פיזיים של קרקעות, נכסים תת-קרקעיים (מינרליים) ומקווי מים (Bova et al., 2013). חרף הביקורת על הערכה מוניטארית של נכסי הון טבעי ותרומתם לחברה פיתח משרד האוצר הניו־זילנדי חשבונות פיזיים ומוניטאריים של נכסים נבחרים, אך לא ברור כיצד אלה מיושמים בתהליכים של עיצוב מדיניות וקבלת החלטות.⁵⁸

ככלל, נדרש מחקר אמפירי נוסף על מנת להשיב על השאלות אם ובאיזה אופן מדדי הון טבעי (ואפשר שנכלול בשאלה גם מדדי הון אנושי, הון חברתי והון תרבותי – ואף מדדי איכות חיים) משפיעים על תהליכים של קבלת החלטות ועל עיצוב ויישום מדיניות.⁵⁹ עלינו לזכור שקיומה של מערכת מדדים אינה מחייבת, אפריורית, מקבלי החלטות להשתמש במידע.⁶⁰

56 ראו גם את הפעילות של קואליציית ההון הטבעי באוסטרליה: Boyd et al., 2018.

57 למידע נוסף על מדדי הון טבעי בבריטניה ראו: Office of National Statistics, 2019.

58 על המהלך הניו־זילנדי ראו: Van & Au, 2018.

59 המחקר בתחום זה אינו מפותח דיו. מחקרים לא מייצגים ולא עדכניים על שימושים אפשריים במידע סביבתי בתהליכים של קבלת החלטות או תכנון אסטרטגי נעשו בקרב ארגוני מגזר פרטי (ראו: Lenz & Engledow 1986; Jain, 1984; Stubbart, 1982).

60 בצד זאת יש מקום לטענה כי מתפקידי הממשלה לאסוף ולפרסם מידע על מצב בסיס המשאבים הלאומי אשר החברה האזרחית והאקדמיה תפעל על פיו.

נכסי הון טבעי קריטיים בישראל

ביסודה של גישת ההון מונחת הטענה שמחוללים של איכות חיים הם מלאים של נכסי הון. בהינתן גישה לנכסי הון הללו, הפרטים בחברה יפיקו מהם ערך. משמעות הדבר היא שככל שנכסים אלו יוסיפו להתקיים ולהניב תועלות וערכים, כך רמתה של איכות החיים הכלכלית תישמר. גישת ההון מסווגת את נכסי הון לחמש קטגוריות או מחלקות הון, וסקירה מדעית זו התמקדה בהון טבעי. התועלות והערכים הנובעים מנכסי הון טבעי מכונים שירותי מערכת אקולוגית, ואלו כוללים שירותים תומכים, המכונים גם שירותי בית גידול, שירותי הספקה, שירותי ויסות ושירותי תרבות.

התרומה של נכסי הון טבעי לאיכות החיים אינה זהה מנכס אחד לאחר; נכסים שונים מניבים שירותי מערכת אקולוגית שונים, ולכן תורמים תרומות שונות לאוכלוסייה. פרק 2, כמו גם הסקירה המדעית "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021), הציעו לברור מתוך מגוון נכסי הון הטבעי את אלה החיוניים ביותר לאיכות החיים. תת־הפרק "מדידה של נכסי הון טבעי" הציע את מהדורת 2012 של מערכת החשבונות הסביבתיים-כלכליים (SEEA) כנקודת מוצא לזיהוי הרכיבים של הון טבעי. שבעת הסוגים של נכסים טבעיים לפי SEEA כוללים: (א) מלאי מינרלים ומשאבי אנרגיה, (ב) קרקע, (ג) משאבי אדמה, (ד) משאבי עץ, (ה) משאבים אקוויטיים, (ו) משאבים ביולוגיים אחרים ו- (ז) משאבי מים. לאחר בחינה קפדנית של היתרונות והחסרונות האנליטיים של המסגרת הסטטיסטית המליץ תת־הפרק על פיתוח מדדים פיזיים ותיאוריים של נכסי הון הקריטיים ביותר בישראל.⁶¹

אך זיהוי סוגי הנכסים על ידי SEEA אינו סופי, ונוסף על זה הוא כללי, ועל כן מצריך התאמה לנסיבות הישראליות.⁶² עלינו לנקוט אפוא גישה סלקטיבית: מצד אחד לדחות את סוגי נכסי הון שאינם הולמים את המציאות הישראלית, או שהתרומה שלהם לאיכות החיים זניחה יחסית (משאבי עץ, משאבים אקוויטיים ומשאבים ביולוגיים),⁶³ ולקצר את הרשימה, ומצד אחר

61 יש לשים לב לניסוח: הסקירה מבקשת לזהות נכסים קריטיים בישראל ולא נכסים קריטיים לישראל. למיקום הנכסים חשיבות רבה בבחינת היכולת לנהל אותם. ברי כי ליערות הגשם הטרופיים ביבשות אחרות תרומה לאיכות החיים הישראלית, ויש מקום לעקוב אחר מצבם, אך ידה של המדינה אינה משגת ניהול אפקטיבי של נכסי הון טבעי אלו. רצוי שהריבון ימזוד וינהל את הנכסים שבבעלותו תחילה.

62 SEEA ממליצה כאמור על גישה פרגמטית ואימוץ הדרגתי של מדדים לפי ההקשר הלאומי.

63 התועלות שענפי המדגה והבשר מניבים לאיכות החיים הכללית והחומרית בישראל – במונחי יצוא והכנסות – אינן קריטיות (הם ענפים משניים בכלכלה הלאומית).

להציע סוגי מלאים שתורמים לאיכות החיים בישראל אך אינם כלולים ברשימה ולכן מצדיקים את הרחבתה (אוויר). כמו כן עלינו לצפות שתתקטגוריות מסוימות של נכסי הון אינן נוגעות לישראל (פחם בקטגוריית משאבי אנרגייה).

לשם כך עלינו ליישם את חמשת מבחני הקריטריון אשר הוצעו בסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021). מבחנים אלו, שניתן לנסחם גם כמבחני חיוניות, כוללים את מבחן הזמינות או המוגבלות, מבחן ההתכלות, מבחן התחליפיות או גמישות התחלופה, מבחן הזיקה לאיכות החיים הלאומית ומבחן הריבונות. במילים אחרות, עלינו לזהות ולמדוד תחילה נכסי הון טבעי שיימצאו בגבולות המדינה (בתחום האזור הכלכלי הבלעדי שלה) שיש להם זיקה ברורה לאיכות החיים הישראלית, שניתן לנהל אותם, שכמותם מוגבלת, שהם מתכלים, שאין להם תחליף בנמצא, או לחלופין שמידת האפשרות להחליפם בנכסי הון אחרים, מבלי להתפשר על רמת איכות החיים הכללית, מצומצמת. בהקשר זה של תחלופה עלינו לבחון אם טכנולוגיות שונות עשויות לפתור חלקית את בעיית התחלופה.

לבסוף, עלינו לזכור שגמישות התחלופה של נכסים נקבעת אגב שימוש בקריטריונים מדעיים **אובייקטיביים** בשילוב השקפות עולם, שיקולים נורמטיביים, אתיקה וגישה כללית לנטילת סיכונים. הגדרה של רמת התחליפיות, אבל גם הגדרת הזיקה של נכסים לאיכות החיים הלאומית והגדרת חיוניותם, ולפיכך קביעת רמה כללית של קריטריון לכל נכס ונכס, נשענות הן על תשתית מדעית-עובדתית והן על בסיס נורמטיבי המקיף את הערכים החברתיים-תרבותיים של כל חברה וחברה.

גישה בררנית זו מותירה אותנו עם שש קטגוריות של נכסים סביבתיים אשר יחד מרכיבים את ההון הטבעי הקריטי לאיכות החיים בישראל: (א) קרקע, (ב) אדמה, (ג) מחצבי מינרלים ומקורות אנרגייה, (ד) אוויר, (ה) מערכות אקולוגיות ייחודיות בשמורות טבע ו- (ו) משאבי מים.

א

קרקע

קרקע היא אחד הנכסים הסביבתיים הקריטיים ביותר בקרב נכסי ההון הטבעי. לפי מערכת המדדים SEEA, יש לנכס זה היבטים שונים כגון בעלות, גישה, תכנית ושימושים, והיא מהווה את המרחב ואת המצע שעליו מתקיימות רוב הפעילויות הטבעיות והמלאכותיות השונות. היא

מניבה תועלות רבות ושירותי מערכת אקולוגית שונים. הגדרת הקרקע כשטח, אזור או מצע פיזי לפעילויות שונות חופפת את ההגדרה שבמילון קיימברידג' ובמילון גאוגרפיה אנושית של האקדמיה ללשון העברית.

למשאב הקרקע ייעודים ושימושים אפשריים שונים לרבות חקלאות, תשתיות, תעסוקה, מגורים ושטחי ציבור. שטחים פתוחים – ייעוד נוסף אפשרי של משאב הקרקע – מספקים טובין, מוצרים ושירותים שמסיבים תועלות ישירות ועקיפות, מוחשיות ולא מוחשיות (Vejre et al., 2010), לרווחה החומרית ולאיכות החיים הכללית של הציבור בישראל. קרקעות אחרות, עירוניות לדוגמה, אינן מספקות חוויה אסתטית דומה והשראה לתרבות ולאומנות כפי שהשטחים הפתוחים מסיבים לאדם. יתרה מזאת, השטחים הפתוחים, שמורות הטבע והגנים הלאומיים, בתפקידם כבתי גידול, תומכים במגוון הביולוגי הקריטי לתפקוד הכללי של מערכות אקולוגיות (Dobson et al., 2006). את הזיקה הכללית של קרקעות לאיכות החיים ניתן לאפיין לפי שירותי המערכת האקולוגית הנובעים ממלאי הקרקעות (ראו הטבלה להלן).

זיקה לאיכות החיים, במונחי שירותי מערכת אקולוגית הנובעים ממלאי ההון

שירותים תומכים או שירותי בית גידול: תהליכי היסוד המאפשרים חיים כגון ייצור ראשוני של תרכובות אורגניות אלמנטריות (באמצעות פוטוסינתזה וכימוסינתזה) וכן תהליכים אביוטיים, למשל יצירת קרקעות וחמצן אטמוספרי	שירותי הספקה של חומרי גלם מן הטבע, למשל מים, אנרגיה ומזון	שירותי ויסות במסגרת של תהליכים טבעיים המתחוללים במערכות אקולוגיות כגון פירוק פסולת, קיבוע פחמן, טיהור אוויר, אגירה של מים והאבקת יבולים	שירותי תרבות הכוללים הספקה של תועלות לא מוחשיות, כגון השראה למדע ולאומנות
רוב תהליכי הייצור הראשוני מתקיימים על פני הקרקע, מעל לפני המים או מתחת להם. השטחים הפתוחים, שמורות הטבע והגנים הלאומיים, בתפקידם כבתי גידול, תומכים במגוון הביולוגי הקריטי לתפקוד הכללי של מערכות אקולוגיות.	הקרקע מספקת את המצע ואת המרחב לפעילויות חברתיות וכלכליות שונות. היא משמשת גורם ייצור קלאסי בתהליכים כלכליים. היא מספקת מינרלים וחומרי גלם שונים (למשל חול).	הקרקע היא המקום שבו מים נאגרים וזורמים, ובו מתחוללים תהליכים שונים של פירוק פסולת (במקרה של הטמנה).	שטחים פתוחים, או קרקעות לא מופרות, מספקים חוויה אסתטית והשראה לתרבות ולאומנות לאדם.

קריטיות

על פי חמשת מבחני הקריטיות, הקרקע בישראל, בין זו שמעל לפני המים ובין זו שמתחת להם,⁶⁴ היא נכס סופי ומוגבל, חסר תחליף: גמישות התחלופה שלה אפסית, היא בריבונות לאומית ולא מתכלה: שימוש עכשווי בקרקע אינו גורע מהמלאי העתידי שלה, ומובן שהיא בעלת זיקה ישירה וחזקה לאיכות החיים בישראל – רוב הפעילויות החברתיות-תרבותיות שאותן נכנה "ישראליות" מתקיימות על הקרקעות הלאומיות (שבבעלותה החוקית של המדינה).

גורמים משפיעים ויחסי גומלין

ככלל, נכסי הון טבעי קריטיים שרויים ביחסי תלות וביחסי גומלין (במערכות א־ליניאריות וקו־אבולוציוניות של היזונים חוזרים) עם יתר נכסי ההון הטבעי ועם א־ספור נכסי הון ממחלקות אחרות. אקסיומה זו תקפה לקרקעות וגם לנכסים אחרים המזוהים בסקירה המדעית.⁶⁵ יתרה מזאת, הון טבעי הוא הון רב־ממדי, שאפשרויותיו רב־ממדיות, ותרומתו לאיכות החיים רב־ממדית. מפאת זאת מלאכת המיפוי של הגורמים המשפיעים על מצב הקרקע – כמותה, איכותה, תכסיתה ושימושיה – תהיה ממושכת, ואין סקירה זו מרשה זאת.⁶⁶ מכל מקום, עלינו להבחין בין שני סוגים של השפעות, כפי שממליצה הסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021): השפעות אנדוגניות, שמתייחסות להשפעות בין נכסי הון באותה מחלקה (הון טבעי – הון טבעי), והשפעות אקסוגניות, שמתייחסות לאינטראקציות שבין נכסי הון במחלקות הון שונות (הון טבעי – הון כלכלי/אנושי/ חברתי/תרבותי).⁶⁷

ערב רב של תופעות טבעיות ישפיעו על מצב הקרקע, כגון קרינה, אקלים (טמפרטורה, לחות), משטר הגשמים, סלעי אב (סלע המקור), טופוגרפיה ועוד. בהקשר של השפעות אקסוגניות,

64 SEEA כוללת בקטגוריית "קרקעות" אזורים המכוסים מים (אף על פי שהמונח "קרקע" מתייחס ברגיל לשטחים יבשתיים). לפיכך מדדי הקרקע במסגרת הסטטיסטית מכסים גם אנני היקוות, נחלים ואגמים, חופים, ואת האזור הכלכלי האקסקלוסיבי של מדינה בין שהוא מעל לפני הים ובין שהוא מתחת להם.

65 כדי ללמוד על המורכבות במחלקת הון טבעי, ובייחוד בדיון בקרקעות, ניתן להתבונן על השפעתן של תכונות הקרקע על מצב מאגרי המים הטבעיים. השפעה אחת לדוגמה היא הקשר בין נקבוביות הקרקע לזרימת המים במסעם במצע הנקבובי (האקוויפר) אל האקוויקלוד – רעיון מרכזי במדעים הידרוגאולוגיים. כמובן, תהליכים של היזון חוזר משפיעים על יחסים אלו. ערך הנקבוביות האינטרינטי של הקרקע (n) כפוף לשינויים טמפוראליים: האם זו יבשה או רוויה? אפשר לבחון גם קרקעות שהריבון הסב את ייעודן, וכיצד תכסית הקרקע, נאמר ציפוי אספלט, משפיעה על זרימת מי נגר עיליים, ולכן על שפיעת הנחלים או על המגוון הביולוגי. זאת ועוד, הטבע המשתנה של בסיס המשאבים הלאומי משמעו שינויים בלתי פוסקים באופי ההשפעות בין נכסי הון. הסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021) טענה שהון כלכלי מיוצר עשוי לצמצם את צריכת המשאבים בתהליכי ייצור. למשל, טכנולוגיות מחזור מיתרות את הצורך בהטמנת פסולת שמפנה בתורה קרקעות לשימושים אחרים. במילים אחרות, יחסים שליליים (או חיוביים) בין מחלקות הון אינם דטרמיניסטיים.

66 לאור זאת, המלצתה של הסקירה המדעית היא כי בעת יישום ההמלצות ופיתוח המדדים תותקן מסגרת קונספטואלית מקובלת לניתוח הגורמים המשפיעים על מצב הקרקע ומושפעים ממנו. מסגרת זו יכולה להיות מודל דינמי מתוך מערכות, מודלים אחרים מתחום הרשתות (actor network theory ו־network theory), או מודלים תיאוריים ומרשמים פשוטים יותר, למשל ניתוח השפעות בעלי עניין, DPSIR, LCA או PESTLE. אף שאלו מופיעים בניתוחים סביבתיים שונים, יש להקפיד כי יש תועלת של ממש ביישומם עבור נכסים ספציפיים. למותר לציין שיש מקום לבחון מודלים אחרים. הערת שוליים זו תקפה לכל נכסי הון הטבעי (ראו גם: Rowley, 1997; Borgatti & Newig et al., 2010; Maxim et al., 2009; Svarstad et al., 2008; Carr et al., 2007; Kristensen, 2004; Fozzer et al., 2017; Zalengera et al., 2014; Halgin, 2011).

67 למותר לציין, והסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021) ציינה, שההשפעה ההדדית בין נכסי הון עשויה להיות חיובית או שלילית, לינארית, מעריכית, מקוטעת או לא־ליניארית, חד־סטריית או דו־סטריית, ובעוצמות שונות.

תצפית חפוזת וחלקית ביותר תלמד שמלאי השטחים בישראל (עתודות הקרקע) סופי ומוגבל, ואילו הביקוש לשטחים גדל, מטעמים של גידול אוכלוסין ופרבור (או זחילה עירונית; urban sprawl), ויש בקשות להתרחבות פעילויות תעשייה, חקלאות ותיירות. נוסף על זה, וכפי שצוין בסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021), מעל מערכת יחסי הגומלין בין נכסי הון "מרחף" המבנה המוסדי. מבנה זה, הערכים, הנורמות, החוקים החברתיים, מווסתים את האינטראקציות. מצבו של ההון הטבעי מושפע במיוחד, לפי מאטסון ואחרים (Matson et al., 2016), מהסדרים פוליטיים ואלו... ישפיעו בטווח הארוך על מצב המלאי". הערה זו תקפה לכל נכסי ההון הטבעי.

■ אתגרים

אתגר הגידול הדמוגרפי (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2008) והמשמעותיות שלו באשר לצריכת משאבים טבעיים הוא הקשה ביותר לניהול הקרקעות בישראל.⁶⁸ מלבד הגידול הצפוי בביקוש למבני מגורים, גידול האוכלוסין מחייב תשתיות תומכות רבות: מבני ציבור (חינוך, בריאות, תרבות ועוד), תשתיות אזרחיות (תחבורה לסוגיה, ייצור, הולכה, חלוקה והספקה של חשמל והתפלת מים), מבני תעשייה ומסחר. כמו כן גידול האוכלוסין כרוך בגידול בייצור פסולת ובהקצאת קרקעות להטמנה, מה שתורם לתחרות על מלאי מוגבל. הביקוש המאמיר לקרקעות והתחרות על שימושים חלופיים מחייבים פשרות לאומיות, למשל שינוי ייעודי קרקע מחקלאות למגורים או תעשייה ומסחר. צמצום השטחים המיועדים לגידולים חקלאיים מגדיל את התלות של ישראל בייבוא מזון וחושף אותה לתנודות ולזעזועים בשוק המזון העולמי.

לטכנולוגיה יכולים להיות תפקידים שונים בהשפעתיו של גידול האוכלוסין על משאב הקרקע וגם על משאבים טבעיים אחרים.⁶⁹ הטכנולוגיה במיטבה מובילה לניתוק יחסי של פעילות חברתית וכלכלית מנזק סביבתי, למשל באמצעות הגדלת הפרודוקטיביות של נכסים טבעיים בתהליכי ייצור, הפחתת שימוש בהם או מציאת חלופות.⁷⁰ בניהול של הקרקע העירונית, אם זה למטרות מגורים, אם לתעסוקה או למוסדות ציבור, טכנולוגיות בנייה מתקדמות עשויות להרחיב את אפשרויות השימוש ולהגדיל את יעילות הניצול, למשל באמצעות השפלת מי תהום, טיפול בקרקעות מזוהמות או בנייה בתת-הקרקע (רשות מקרקעי ישראל, 2007; Broere, 2016).

68 מדד צפיפות אוכלוסין אמיתית (real population density) הוא אינדיקציה אחת לאתגר הנדל. לגידול האוכלוסין השלכות חמורות על ניהול משק המים הלאומי (צריכת המים הכוללת גדולה מממוצע הנשמים).

69 אמירה כללית על הפוטנציאל הטכנולוגי בדבר השפעות האוכלוסייה על הסביבה הטבעית ניתן למצוא כאן: Ehrlich & Holdren, 1971; Chertow, 2000.

70 הערה זו רלוונטית גם לנכסים טבעיים אחרים. לעיון נוסף ראו: United Nations Environment Programme. Sustainable Consumption & Production Branch, 2011; Ward et al., 2016. אומנם במקרה של קרקע, הטכנולוגיה אינה יכולה להגדיל את גמישות התחלופה, אך באחד הגילויים המתקדמים שלה היא יכולה לשנות את יחס הקרקע השורה מתחת לפני המים ומעליהם וליצור איים מלאכותיים (תהליך הנדסי המכונה אחזור קרקעות) (ראו גם: Bradshaw, 1984, 1987).

בתחום החקלאי טכנולוגיות מתקדמות ממשפחת מערכות החקלאות המדויקת עשויות להגדיל את התנובה החקלאית ליחידת שטח (Pierce & Nowak, 1999; Zhang et al., 2002).

■ מדידה

SEEA, שעליה תת-פרק זה נשען, מפרידה בין שני סוגים של חשבונות קרקע: שימושים ותכנית. SEEA מדגישה שהיא מספקת מסגרת גנרית וכללית, וכי על מדינות הלאום לברור מתוכה את החשבונות הרלוונטיים להן ביותר. לדוגמה, אם הקרקעות הלאומיות כוללות יערות בעלי חשיבות כלכלית ניכרת (אם ענף העץ מפותח), על המדינה לפתח מדדים פיזיים של יערות (נפח מצטבר משוער של עץ). אם הקרקע כוללת דיונות חול ואלו משמשות בתהליכים כלכליים (בנייה), יש מקום לתת לכך ביטוי במערכת חשבונות הקרקע. כמו כן ההחלטה אם חשבונות הקרקע יכללו את הסביבה החופית או הימית נתונה לשיקול דעתה של המדינה.

בכל הנוגע לשימושי קרקע, סקירה זו ממליצה על סיווג לפי שבעה שימושים אפשריים, לפי הסיווגים הבינלאומיים הנהוגים במסגרת המדידה SEEA: קרקע בנויה, קרקע חקלאית, קרקע שמוקצית לחקלאות ימית, שמורות טבע, יערות, קרקע לשימושים אחרים וקרקע שאינה בשימוש. מובן ששיטת הסיווג הסופית נתונה להחלטת מוסדות הציבור הרלוונטיים לעניין. אשר למקווי מים מוקפייבשה באגני היקוות SEEA מבחינה בין ארבע תת-קטגוריות: מקווי מים עבור חקלאות ימית, מקווי מי שמוכרים כשמורות טבע, מקווי מים בשימושים אחרים ומקווי מים שאינם בשימוש.

אפשר להוסיף ולהפריד בין שימושים שונים של קרקע בנויה ולסווג סיווג משני לפי הייעוד: מבני מגורים, מבני ציבור, מבני תעשייה ומבני מסחר. מרגע שאלו הוגדרו, ניתן לחשב את שטח הקרקעות בכל קטגוריה.

תכנית הקרקע מתייחסת לעצמים הפיזיים והביולוגיים המכסים את פני השטח (האובייקטים הביוטיים והאביוטיים). אשר לסיווג תכניות קרקע SEEA מתבססת על ארגון המזון והחקלאות העולמי של האומות המאוחדות (FAO) שפיתח מערכת סיווג וסטנדרטיזציה (Land Cover Classification System). המגוון של תכניות קרקע אפשריות, לפי Land Cover Classification System, הוא עצום, ולכן SEEA צמצמה אותו ל-14 קטגוריות. אלו כוללות: תכנית מלאכותית (מבונה), יבולים עשבוניים (מונוקולטורה או גידול מין יחיד של צמח ביחידת שטח), יבולים עציים (חקלאות חורש), יבולים מעורבים, שטחי מרעה, קרקע מכוסה עצים (יער), שטחי מנגרובים, קרקע מכוסה שיחים, קרקעות מוצפות (מכוסות מים),

אזורים בעלי צמחייה טבעית דלילה, קרקעות עקרות, מקווי מים מוקפייבשה וחופים.⁷¹

מטרת המדדים הפיזיים של קרקעות, הן שימושים והן תכנית, היא לתאר את המלאי ואת השינויים במלאי לאורך זמן. בשני המקרים יחידת המדידה הרווחת תהיה מטר רבוע (או קילומטר רבוע או דונם מטרי) (ראו למשל: המרכז למיפוי ישראל, 2012). ככלל, השטח הכולל של מדינה אינו צפוי להשתנות מתקופה חשבונאית אחת לאחרת. מכאן שהשינויים המתועדים בין הפתיחה לסגירה של תקופת המדידה יהיו בין סוגי שימושים, סוגי תכניות, או – אם המדינה מעוניינת לפתח מדדים נוספים – משטרי בעלות. בטווח הארוך היחס בין קרקע מתחת לפני המים לזו שמעליהם עשוי להשתנות בשל עליית מפלס פני הים. נוסף על זה, תיתכן חפיפה בין שימושים ותכניות קרקע. זה המקרה של קרקעות המשמשות לחקלאות שתכניתן, לדוגמה, יבולים עציים (חקלאות חורש). התוספות למלאי וההפחתות מהמלאי בתקופה החשבונאית יהיו אלו המפורטות לעיל בתת-הפרק "מדידה של נכסי הון טבעי", סעיף "מערכת החשבונות הסביבתיים-כלכליים (SEEA)". SEEA ממליצה כי בעת ביצוע המדידה תאוזכר הסיבה לשינויים ביעוד הקרקע, היינו: החשבון יכול לציין אם שינוי בתכנית נבע משינוי ביעוד (בירוא יערות לטובת בנייה עירונית). יש לערוך הבחנה נוספת, אשר נושאת אותנו אל תת-הפרק הבא, בין קרקעות לאדמה, שהמסגרת הסטטיסטית מגדירה בתור "משאבי אדמה".

ב

אדמה

משאבי אדמה (בסקירה זו: אדמה) מספקים את התשתית התומכת לייצור ראשוני, את המקור לחומרי גלם שונים, את המצע לצמחים ומזון (באמצעות הספקה של חומרים מזינים; האדמה מספקת לצמח שבעה-עשר חומרים חיוניים להתפתחות [Jones Jr, 2012; Barker & Pilbeam, 2015]), את מאגר המים לחקלאות ולמערכות אקולוגיות שונות (לדוגמה יערות) (מים המכונים Soil Water), את תנאי בית הגידול למגוון אורגניזמים ושכבת חומר מקבעת-פחמן, והם מוסיפים למלא תפקיד בתור חיץ קריטי בפני הפרעות סביבתיות ואירועי קיצון אקלימיים, נאמר בצורות ושיטפונות (ראו למשל: Robinson, 2009). את הזיקה הכללית של אדמה לאיכות החיים ניתן לאפיין לפי שירותי המערכת האקולוגית הנובעים ממלאי האדמות (ראו הטבלה להלן).

71 לפרטים נוספים ראו: Latham et al., 2014; SEEA, 2012.

זיקה לאיכות החיים, במונחי שירותי מערכת אקולוגית הנובעים ממלאי ההון

שירותים תומכים או שירותי בית גידול	שירותי הספקה	שירותי ויסות	שירותי תרבות
ייצור ראשוני ושירותי בית גידול למגוון של מינים ביולוגיים.	הספקת חומרי גלם לתהליכים כלכליים שונים, לרבות חקלאות ומזון. בהקשר הישראלי, עצמאות מזון (היכולת להתנהל כמשק אוטרקי) תלויה בכלכלה חקלאית שמסוגלת לספק את הצרכים המקומיים, ומכאן – באדמות בריאות (soil health).	קיבוע פחמן, אגירת מים, חיץ מפני שיטפונות ובצורות.	כל שירותי התרבות וההשראה למדעים ולאומנויות הנובעים מממלכת החי תלויים תלות עקיפה, אך חסרת תחליף, באדמות.

קריטיות

אף שהכלכלה הלאומית אינה תלויה ביצוא חקלאי, ואף שענף החקלאות מעסיק פחות מ־5% מכוח העבודה, הייתה החקלאות כרוכה בעבודות בחזון הציוני ובהגשמתו לאורך המאה העשרים, והייתה מזוהה עם היישוב ועם המתיישבים (הקיבוץ והמושב, כמבנים חברתיים, נוסדו סביב העשייה החקלאית). יתרה מזאת, כלכלת החקלאות בישראל אחראית לפיתוחים חדשניים פורצי דרך (אשר מסווגים כנסי הון כלכלי לא גשמי או פטנטים), אשר תרמו תרומה סגולית לחקלאות העולמית – בתשומות בתהליך הייצור החקלאי (למשל זרעים) ובשדה (למשל טפטפות). על כן הזיקה של האדמות לאיכות החיים בישראל, החומרית וזו שאינה חומרית, רבה.

עד כמה שתוכניות החירום של הממשלה מניחות יכולת לאומית להתנהל כמשק אוטרקי בעיתות מצוקה (עצמאות מזון), בריאות האדמה ואדמות פנויות ולא מופרות (או בעיבוד חקלאי בפרקטיקות אקולוגיות בנות־קיימה) חיוניות לייצור ולהספקה של מזון כדי שהצרכים הלאומיים יסופקו. כמו הקרקע, האדמה הפורייה (בשונה מאדמת טַרְשִׁים⁷² ומאדמת בור⁷³) בישראל סופית ומוגבלת. בפרטיקות עיבוד מסוימות היא עלולה להתכלות (בריאות הקרקע תשחק). וכמו הקרקע, האדמה היא בריבונות לאומית, וניתן לנהל את השימושים בה.

72 לא ניתן לעיבוד חקלאי.

73 לא מעובדת.

■ גורמים משפיעים, יחסי גומלין ואתגרים

כאמור לעיל, נכסים סביבתיים חיוניים שרויים ביחסי תלות וביחסי גומלין (במערכות א-ליניאריות וקואבולוציוניות של היזונים חוזרים) עם יתר נכסי ההון הטבעי ועם אי-ספור נכסי הון ממחלקות אחרות, ומגוון של תופעות טבעיות ישפיע על מצב האדמות בישראל.

הגורם הלא טבעי המרכזי המשפיע על זמינות האדמות בישראל היא תגובת הממשלה לגידול האוכלוסין ולתחרות על משאבי קרקע, ואדמות פוריות בכללן. מדיניות הקצאת האדמות לשימושים שונים תצמצם או תרחיב את המלאי. גורם לא טבעי נוסף הוא פרטיקות עיבוד האדמות בידי חקלאים שעלולות להוביל לבליית קרקעות, ארוזיית קרקע (ראו למשל: משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2010). גורם לא טבעי שלישי הוא פליטה של חומרים מזהמים או הטמנת פסולת שמסכנת את בריאות הקרקע (ראו למשל: המשרד להגנת הסביבה, 2017; פרויקט שיקום קרקעות המדינה, 2019). בראי החקלאות, מה שעשוי להשפיע על התחליפיות של אדמות פוריות עם נכסים אחרים הוא מחקר ופיתוח של טכנולוגיות חקלאות (אגרו-טק) אשר מגדילות את פריון הקרקע או מציעות פלטפורמות גידול חקלאי חלופיות.

הגורם הטבעי המרכזי המשפיע על איכות האדמות בישראל הוא האקלים ומשטר הגשמים. בריאות הקרקע תלויה, בין היתר, בגשמים ובמים, ואלו (או יותר נכון, היעדרם) משפיעים על סוג הקרקע – בישראל רוב הקרקעות הן מדבריות וצחיחות למחצה, ופוטנציאל האדמות הפוריות מוצה זה מכבר.

■ מדידה

יש גישות שונות לאומדן איכות האדמה, וישראל יכולה לאמץ אחת מכמה מערכות מדדים בין-לאומיות מקובלות. SEEA ממליצה על יישום של מערכות מדידה הרמוניות, דוגמת המערכת של ארגון המזון והחקלאות העולמי: The Harmonized World Soil Database (Nachtergaele et al., 2010), או המערכת של האיגוד הבין-לאומי למדעי האדמה: GlobalSoilMap (Arrouays et al., 2014).

מהלך המדידה הראשון יהיה לקבוע קטגוריות עבור סוגי אדמה. לצורך זה SEEA מנחה להטמיע את בסיס המידע העולמי המתואם של אדמות (Harmonized World Soil Database), שמציע טקסונומיה ושיטות הערכה וסיווג. ניתן לאפיין אדמות לפי תכונות שונות, כגון מאפיינים כימיים וביולוגיים, ריכוזי מינרלים, נקבוביות, חומציות, ביומסה מיקרוביאלית ועוד.

לאחר מכן יש להשלים הערכה של שטחי אדמה מסוגים שונים וכן לקבוע את התקופה

החשבונאית (משך הזמן שבו אנו צופים שינוי בכמותה ובאיכותה של האדמה). ניתן לבצע מדידות עבור סך האדמות או בחלוקה לפי סוגים שונים. במעבר בין תקופות חשבונאיות ניתן לציין את הגורם לתוספות או להפחתות בכמות המלאי: אם אלו חלו בעקבות שינוי בתכנית הקרקע, נניח בשל התרחבות עירונית על חשבון אדמות חקלאיות או בשל אובדן אדמות (המכונה גם שחיקת קרקעות) בשל תהליכים של מדבור. יש ליישם את הנחיות SEEA בנוגע לרישום תוספות והפחתות, כאמור לעיל בתת-הפרק "מדידה של נכסי הון טבעי".

מהלך המדידה הבא יהיה הערכה של נפח האדמות (נפח המלאי) מתחת לפני השטח. מדד זה מספק את המידע על מצב המלאי הזמין לשימושים שונים, היום או בעתיד. ניתן להשלים את המדדים הפיזיים במדדי יסודות חיוניים וריכוזם באדמות מטיפוסים שונים: ריכוזי זרחן, אשלגן, חנקן, מגנזיום, סידן וגופרית.

יש טעם לציין שמדידת איכות האדמות בעולם נמצאת בחזית מדעי הסביבה, והיא לוקה במחסור במידע ובאי-ודאות.⁷⁴ מן הפן הטכני, המדידה נעשית באמצעות סקרי אדמות או סקרים של מלאי אדמה. תוצרי הסקרים, על פי רוב, הם מפות, שימושים, שינויים לאורך זמן והערכת פוטנציאל שחיקת האדמות. על בסיס מפות אלו ניתן לפתח מודלים שונים ולהציע סימולציות ותרחישים של תגובת מלאי האדמות ללחצים שונים בעתיד (טבעיים או מלאכותיים). סקרי אדמות יכולים לשמש גם למיפוי קרקעות מזהמות, כאמור לעיל.

ג

מחצבי מינרלים ומקורות אנרגייה

מחצבי מינרלים ומקורות אנרגייה הם אובייקטים טבעיים מתכלים (קצב ההתחדשות שלהם נמדד בשעון גאולוגי) וחריגים לעומת נכסים סביבתיים בהיבט זה שהם אינם בבחינת סביבות תומכות-חיים (בשונה ממקווי מים, קרקעות חקלאיות ואדמות פוריות, שמורות טבע, יערות וכו'). ניתן לעקור אותם מן המערכות האקולוגיות שבהן הם נטועים (מה שהכלכלה מכנה: להפיק אותם), לשנע אותם על פני גאוגרפיות ולהשתמש בהם בפונקציות ייצור שונות, כגורמי ייצור. מינרלים ומקורות אנרגייה כוללים מרבצים של נפט, גז טבעי, פחם וקובול, וחומרים אי-אורגניים, המכונים גם תרכובות אנאורגניות, הכוללים מינרלים מתכתיים ולא-מתכתיים.⁷⁵

⁷⁴ על מצב מדעי האדמה, מגבלות מתודולוגיות, מחסור במידע וחוסר ודאות ראו: Gooids et; Boardman, 2006; Goovaerts, 2001.

⁷⁵ קבוצה קטנה של מינרלים נוצרים בתהליכים של ביו-מינרליזציה.

הואיל ומשאבים אלו נמצאים, על פי רוב, מתחת לפני הקרקע, הכמויות הסופיות של המשאבים אינן ידועות לאשורן. זאת ועוד, היבט מרכזי במדידה של מינרלים ומשאבי אנרגייה הוא ריכוז החומר במלאי, שכן ריכוז זה ישפיע על עלות ההפקה.

את הזיקה הכללית של מחצבי מינרלים ומקורות אנרגייה לאיכות החיים ניתן לאפיין לפי שירותי המערכת האקולוגית הנובעים ממלאי החומרים (ראו הטבלה להלן).

זיקה לאיכות החיים, במונחי שירותי מערכת אקולוגית הנובעים ממלאי ההון

שירותים תומכים	שירותי הספקה	שירותי ויסות	שירותי תרבות
מינרלים אחדים (מקבוצת הסיליקטים) משחקים תפקיד מרכזי בייצור סלעים.	בהקשר המקומי, כרייה ומכירה (יצוא) של מרבצי מינרל הפוספט (phosphate minerals) ואשלגן כלורי (potassium chloride) כחומרי דישון, ושל ברום (Bromine) לשלל תעשיות, משחקות תפקיד בכלכלה הלאומית. נוסף על זה, מאגרי הגז הטבעי בים התיכון משמשים בתהליכים כלכליים שונים. בהקשר של ביטחון אנרגטי, היכולת להתנהל כמשק אוטרכי תלויה במקורות אנרגייה להספקת הצרכים המקומיים, ומכאן – בעתודות זמינות.		

קריטיות

אפשר שהמקום שמרבצי המינרלים – זרחה, אשלגן כלורי וברום – ומקורות האנרגייה – גז טבעי – בישראל תופסים בסקירה זו צריך להיבחן מחדש, ולהישלל. אומנם התרומה שלהם לאיכות החיים החומרית ניכרת: כמחוללי תעסוקה ופרנסה – כמות המועסקים בענף עולה על עשרת אלפים – כגורמי ייצור במשק המקומי (בדגש על גז טבעי) וכסחורה הניתנת לייצוא (ולכן מקור הכנסות אפשרי למדינה), אך הפקתם כרוכה בזיהום סביבתי (במקרה של ברום) ובפגיעה בטבע ובערכי נוף ומורשת (במקרה של זרחה ואשלגן כלורי).

מצד אחד הם סופיים ומתכלים, ומצד אחר גמישות התחלופה שלהם גבוהה. במקרה של גז טבעי, התקבולים ממכירתו בשוק המקומי או מייצוא עשויים להגדיל ולגוון את הכנסות המדינה (ובניהול חכם, באמצעות קרן ריבון [”הקרן לאזרחי ישראל”, התשע”ד–2014], להשקיע בנכסי הון ממחלקות אחרות), אך למקור אנרגייה זה תחליפים טכנולוגיים זמינים (מתקני אנרגייה סולארית, למשל מערכות פוטוולטאיות, מתקני אנרגייה קינטית, שהם נכסי

הון כלכלי מיוצר) בעלי השפעה סביבתית פחותה (ללא פליטות גזי חממה) ומודל אופרטיבי בעל יתרונות (ביזור הייצור, קיצור ההולכה וחוסן מערכתי). על כן ניתן לטעון שחשיבותם לאיכות החיים הכללית בישראל אינה מכרעת. את מבחן הזיקה של הנכסים לאיכות החיים הכוללנית ובת-הקיימה בישראל, נכסי הון טבעי אלו מתקשים לעבור, ואם הם עוברים, הם עושים זאת ב"ציון מספיק". מובן שכל מרבצי המינרלים ומקורות האנרגיה באזור הכלכלי הבלעדי של ישראל הם בריבונותה.

■ גורמים משפיעים, יחסי גומלין ואתגרים

בשל טבעם ותכונותיהם ובשל האינטראקציה המינימלית יחסית שהם מקיימים עם מערכות אקולוגיות ועם נכסי הון טבעי בקרבם, הגורם המשפיע העיקרי על מצב מרבצי המינרלים ומקורות האנרגיה הוא אנתרופוצנטרי: הפקה או כרייה, ושימוש. עוד ראוי לציין את מפל ההשפעות, מסדר שני ושלישי של הפקת מינרלים ושימוש במקורות אנרגיה, על הסביבה ועל בריאות האדם⁷⁶ בעקבות פליטות חומרים מזהמים וגזי חממה (Change, 2007).

■ אתגרים

בדומה למשאבי טבע אחרים, האתגר המרכזי במצבם של מרבצי המינרלים ומקורות האנרגיה הוא קצב הפקה גבוה (כל קצב הפקה חיובי יוביל להתכלות). החלפת הנכסים בנכסים אחרים, עד כמה שהדבר אפשרי, עשויה למנוע ניצול יתר, וטכנולוגיות שונות יכולות להשפיע על גמישות התחלופה. הסקירה המדעית "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021) הציעה שמונה קטגוריות של טכנולוגיות שעשויות לחולל תמורה באופן הניצול של הון טבעי – עם רלוונטיות למרבצי מינרלים ומשאבי אנרגיה, כדלהלן:

1. טכנולוגיה להגדלת הפרודוקטיביות בתהליך הייצור או טכנולוגיית התייעלות בשימוש במשאבים (למשל כמות משאבי האנרגיה הנדרשת להפקת קוט"ש חשמל).
2. טכנולוגיה שמאפשרת לחומר קיים לשמש בכמה תהליכי ייצור (למשל ריבוי השימושים האפשריים בברום).
3. טכנולוגיית חומרים חדשים ותחליפיים (למשל גז טבעי כתחליף לפחם).
4. טכנולוגיה שמוזילה את הפעילויות של חיפוש משאבי טבע והפקתם (למשל טכנולוגיית דימות ורפלקציה סיסמית, אמצעי קידוח וכולי).
5. טכנולוגיה המאפשרת שימוש בחומרים באיכות נמוכה לאותן מטרות.

⁷⁶ לעיון נוסף ראו: Kim et al., 2015; Davidson et al., 2005.

6. טכנולוגיות מחזור המאפשרות שימוש מופחת בחומרי גלם מן הטבע ועשויות להוזיל את עלויות הייצור (כאן ניתן לחשוב גם על ניצול חום שיורי לשירותי אנרגייה שונים).
7. טכנולוגיות המאפשרות החלפה תוך-הונית מושלמת (חומר גלם אחד בחומר גלם אחר, ללא כל שינוי נוסף בתהליך הייצור).
8. טכנולוגיות המאפשרות החלפה בין-הונית מושלמת (הון טבעי מתכלה בהון כלכלי מיוצר: לדוגמה הפקת חשמל ממתקנים סולאריים או קינטיים במקום טורבינות חשמל מונעות-גז-טבעי).⁷⁷

מדידה

SEEA, וגם סקירה זו, מבקשות להישען על המסגרות הסטטיסטיות המתקדמות ביותר לסיווג, להערכה ולמדידה של מלאי מינרלים ומקורות אנרגייה. לסיווג החומרים SEEA מנחה לנקוט את שיטת האומות המאוחדות, United Nations Framework Classification for Resources (UNFC), משנת 2009 (UNECE, 2009). לפי המסגרת הסטטיסטית, יש להפריד בין מלאים של מינרלים ומקורות אנרגייה לפי שלוש קטגוריות: משאבים שהפקתם המסחרית בת-ביצוע, משאבים בעלי פוטנציאל להפקה מסחרית ומשאבים שהפקתם חסרת היתכנות (מבחינה טכנית וכלכלית). החלוקה לקטגוריות תתחשב בשלושה משתנים: רמת הכדאיות המסחרית של המשאב, רמת הבשלות והסבירות של התוכניות להפקת המשאב ורמת הוודאות באשר לכמות המרבץ ואיכותו.

בדומה לנכסים סביבתיים אחרים, חשבונות פיזיים של מלאי מינרלים ומקורות אנרגייה צריכים להתייחס רק לסוגי המלאים הרלוונטים למדינה ולמדוד את השינוי שחל בהם בין תקופות חשבונאיות. מובן שיחידות המדידה ישתנו ממשאב למשאב. יחידות המדידה הרווחות למדידת נכסים אלו הם טונות, מטרים מעוקבים (או קוב) או חביות. יש להשתמש באותה יחידת מדידה בכל תת-הקטגוריות של הנכס. אם יש עניין ותועלת בפיתוח מדד מצרפי לסך משאבי האנרגייה של מדינה, ניתן להשתמש ביחידות מדידה אנרגטיות, לדוגמה ג'ול (joule). בדומה למדידה של נכסים טבעיים אחרים, יש גם לבחון את השינויים שחלו בין פתיחתה לסגירתה של התקופה החשבונאית במצב כל מלאי, בחלוקה לסוגי תוספות והפחתות. לבסוף, SEEA מדגישה את התועלת בפיתוח מדדי פסולת מתכות, אשר בתהליכים של מחזור עשויים להגדיל את המלאי ולשמש שוב חומרי גלם. ישראל אינה יצואנית של מתכות, אך מחזור חומרים אלו עשוי להוזיל עלויות בתהליכי ייצור שונים.

77 מבוסס על הסקירה המדעית "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021) ועל Dasgupta, 1993.

אוויר

כפי שבכל זמן נתון המדינה חולשת על מלאי חומרים טבעיים במקווי מים או במרבצי מינרלים, כך היא מושלת על מלאי היסודות והחלקיקים הנשימים המפוזרים ונישאים באטמוספירה.⁷⁸ התכונות הפיזיקליות הייחודיות של האטמוספירה, הידועה גם בשם אוויר, ומצב הצבירה שלה (גזי) מקשים את המדידה, אך אין בקשיים אלו כדי לטעון שהאוויר אינו "מלאי", או שחשיבותו לאיכות החיים הציבורית אינה קריטית, ומכאן עלינו להשתהות בחקר מלאי זה ולמדוד אותו.

האטמוספירה, "עוגת חמש השכבות" של גזים בלחצים ובצפיפויות משתנים המקיפה את כדור הארץ, מגינה על החיים מפני קרינה אלקטרו־מגנטית, אוצרת חום ומפזרת חום (באמצעות סירקולציה של גזים), ובשכבת הטרו־פוספירה מווסתת את משטרי הלחות ותומכת בסירקולציה של מים (אדי מים). ההרכב הכימי הטבעי שלה, תערובת של חנקן, חמצן וארגון, תומך בחיים על פני כדור הארץ.

נכון לראות באטמוספירה הטבעית (אוויר נקי) מוצר משותף (ראו גם הסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" [צחור, 2021]): משאב שאין אפשרות להחיל עליו זכויות קניין, ועל כן הגישה אליו חופשית (הוא לא בלבדי), אך השימוש בו (זיהומו) עלול לבוא על חשבון יכולתם של אחרים להשתמש בו, היום או בעתיד. בשונה ממוצרים ציבוריים – שכן לעיתים נוטים לסווג אוויר נקי כמוצר ציבורי – צרכני אוויר יכולים לפגוע באיכותו.⁷⁹ בכל רגע נתון מלאי האוויר כפוף לבעלות קולקטיבית ונמצא בניהול קולקטיבי, שכן האזור הכלכלי הבלעדי של המדינה כולל גם את המרחב האווירי שלה.

את הזיקה הכללית של אוויר לאיכות החיים ניתן לאפיין לפי שירותי המערכת האקולוגית הנובעים מהמלאי (ראו הטבלה להלן).

78 בכל נקודת זמן, אך לא בטווח הארוך, מלאי היסודות והחלקיקים הנשימים באוויר הוא "של" המדינה, או למצער בחסותה, שהרי המדינה ותושביה משתמשים במלאי זה כפי שהם משתמשים בסביבה החופית, בנחלים ובקרקעות, הן כמרחב לפריקת פסולת (מה שהספרות מכנה כיום) והן כמשאב המניב שירותים (מה שהספרות מכנה מקור). אנו עשויים להתמודד עם מתח זה באמצעות התאמת התקופה החשבונאית לטבע המלאי.

79 דווקא אותה תכונה של האוויר לנדוד בין גאוגרפיות בזמן קצר מקילה את זיהומו.

זיקה לאיכות החיים, במונחי שירותי מערכת אקולוגית הנובעים ממלאי ההון

שירותים תומכים או שירותי בית גידול	שירותי הספקה	שירותי ויסות	שירותי תרבות
הריבוד האטמוספרי והריכוזים השונים של יסודות וחומרים בשכבות האטמוספירה מאפשרות את החיים על פני כדור הארץ (בין הגנה מקרינה לאוויר לנשימה).	מספק לאדם אוויר לנשימה. מספק לחברת הצמחים יסודות. מאפשר הפקת אנרגייה קינטית.	מווסת את זיהום האוויר (מפזר חלקיקים נשימים מסכני־בריאות). מווסת חום ולחות. אוגר מים (אדים).	דוגמאות אזוטריות מעידות על השראה ליצירה תרבותית (נעמי שמר, 1967).

קריטיות

התרומות של אוויר לחיים: הגנה מפני קרינה אולטרה־סגולה, פיזור חום ולחות או אפקט החממה, ולאיכות החיים – אוויר בריא לנשימה – מכרעות וחסרות תחליף. מלאי האוויר אינו מתכלה, אך איכותו (ריכוז החומרים בו) משתנה מעת לעת.⁸⁰ מחמת תכונותיו (קרי מהירות זרימתו) של האוויר אין למדינה תְּזָקָה עליו, אך היעדר הזכות הקניינית אינו מונע ממנה להשתמש בו כמדיום לפיזור חומרים מזהמים ואינו מונע מתושביה לצרוך אותו לנשימה. אם כן, בטווח הקצר מלאי האוויר שורה בטריטוריה הגאוגרפית של המדינה, ולכן בזמן קצר זה הוא בהישג ידה הרגולטורי של הממשלה. לשון אחר, מלאי האוויר ניתן לניהול חלקי – במיוחד ריכוז החלקיקים שבו – באמצעות רגולציה של פליטות גזים.

גורמים משפיעים, יחסי גומלין ואתגרים

יריעתה של עבודה זו קצרה מכדי לאפשר סקר מקיף של יחסי הגומלין של האטמוספירה עם שלל המערכות האקולוגיות, בתיווך מחזורים ביו־גאו־כימיים שונים (המחזור ההידרולוגי, מחזור החנקן, מחזור הפחמן ומחזור הזרחן וכולי). בראי ניהול מלאי האוויר הנקי יש מקום

80 אף שאוויר נקי אינו מופיע ברשימת נכסי ההון הטבעי של SEEA, מהדורת 2012, הוא הופיע במהדורת 2003, ומהלכים אחרים בעולם להגדרה ולמדידה של הון טבעי מכירים בהיותו "נכס הון". כך לדוגמה בוועדה להון טבעי באנגליה ובמחלקה לסביבה, מזון והסביבה הכפרית של הממשלה הבריטית. "הון טבעי כולל מלאי מים, אדמה, אוויר, מינים ביולוגיים ומינרלים, אשר תומכים בפעילות חברתית וכלכלית, ומועילים לאדם בדרכים ישירות ועקיפות". ראו: Natural Capital Committee, 2017. כך גם בארגון המזון והחקלאות העולמי. הארגון מתייחס למשאבים טבעיים כקבוצה של אלמנטים זמניים בטבע שמשמשים, או עשויים לשמש, את האדם, ומקיפים את החומרים הפיזיים לרבות אדמה, מים, יערות, דגה, בעלי חיים, מינרלים, גזים (מימן, חמצן והליום) וזרמים של אנרגייה ממקורות סולאריים, קינטיים וכולי (ראו: Cistulli, 2002). בדומה לזה, בראנד (2009) הגדיר הון טבעי כקטגוריית נכסים הכוללת מלאי אוויר, מלאי מים, מערכות אקולוגיות ומלאי נכסים ביוטיים ואביוטיים אחרים (ראו: Brand, 2009). גם אצל מייס ואחרים, ההגדרה האופרטיבית להון טבעי מתייחסת למלאי נכסים סביבתיים המופיעים (במצבי צבירה שונים) באוויר, במים, בים, בקרקע ומתחת לפני הקרקע, אשר תומכים בחברת האדם (ראו: Mace et al., 2015).

להזכיר את הגורם האנתרופוצנטרי העיקרי המשפיע על איכות המלאי והוא פליטות מתעשייה ותחבורה, אשר בתורן משפיעות הן על מצב התחלואה (Kampa, & Castanas, 2008) (תלוי כמובן בחומרים הנפלטים⁸¹) והן על שיווי המשקל של המערכות הפלנטאריות ועל תופעות טבעיות שונות (לדוגמה, שינוי אקלים או הידלדלות שכבת האוזון). אנו מסווגים סוג זה של השפעות כהשפעות אקסוגניות: אינטראקציות בין נכסי הון ממחלקות הון שונות. האתגר אפוא הוא ניהול פליטות החומרים לאוויר, והטכנולוגיה היא מכשיר חיוני לעניין זה.⁸² כאמור לעיל בתת-הפרק "קרקע", טכנולוגיות נקיות עשויות לצמצם את הלחצים והנזקים של פעילויות כלכליות על הסביבה הטבעית.⁸³

מדידה

אשר למדידה של איכות האוויר סקירה זו ממליצה להישען על המסגרות הסטטיסטיות המקובלות בישראל, לפי האינדיקטורים, המזהמים העיקריים, הפרמטרים המטאורולוגיים והטופוגרפיה, ולפי חידות המדידה (מיקרוגרם או מיליגרם למטר מעוקב וחלקים למיליון) ותקופות המדידה (הניטור) במשרד להגנת הסביבה – אגף איכות אוויר והמפל"ס – מרשם פליטות לסביבה (מצאי פליטות מזהמים לאוויר), ולפי התקינה האירופית וארגון הבריאות העולמי.⁸⁴

81 למשל, תחמוצות חנקן, תחמוצות גופרית, פחמן חד-חמצני, אמוניה, PM10, PM2.5, תרכובות אורגניות נדיפות ללא מתאן (NMVOC), בנזן ועוד. ראו גם: המפל"ס – מרשם הפליטות לסביבה (מצאי פליטות מזהמים לאוויר).

82 אך גם כלי מדיניות אחרים, לדוגמה משפחת המיסים הפיגוביאניים (Pigovian tax) (ראו גם: Bovenberg & De Mooij, 1994; Parry, 1995).

83 כאן ניתן לציין קטגוריות שונות של טכנולוגיות נקיות, כגון טכנולוגיות המסירות פחמן דו-חמצני מהאוויר וטכנולוגיות למניעת זיהום אוויר, בין היתר. לעיון נוסף ראו: Schnelle Jr et al., 2015; Heck et al., 2016; Sanz-Perez et al., 2016.

84 לעיון נוסף ראו: קורדובה-ביונר, 2016; המשרד להגנת הסביבה, 2016; World Health Organization, 2016; World Health Organization, 2006.

מערכות אקולוגיות

מערכת אקולוגית היא מכלול דינמי של קהילות צמחים, בעלי חיים ומיקרואורגניזמים, ושל אובייקטים אביוטיים, אשר מתפקדים, באינטראקציה, כיחידה אחת.⁸⁵ לפי נספח החשבונאות הניסיונית של SEEA (2012), בהערכת המצב והתפקודים של מערכות אקולוגיות יש להביא בחשבון את המאפיינים התפקודיים של המערכת ואת מיקומה. המאפיינים התפקודיים כוללים את אלה: מבנה המערכת (לדוגמה מארג המזון), הרכב המערכת (הפלורה והפאונה, התנאים האביוטיים), התהליכים הביוגאוכימיים העיקריים במערכת והפונקציות של המערכת (לדוגמה התרומה שלה לייצור ראשוני). היבטים הכרוכים במיקום המערכת האקולוגית כוללים את היקפה, את הקונפיגורציה שלה (סידור האורגניזמים והאובייקטים), את תוואי השטח שבו המערכת נתונה (למשל סביבה חופית) ואת דפוסי האקלים ומשטרי הגשמים שבסביבתה.

מערכות אקולוגיות, לפי נספח החשבונאות הניסיונית של SEEA, ולפי מקורות אחרים (Millennium Ecosystem Assessment, 2003; Aber & Melillo, 2001), עשויות להשתרע על פני אזורים נרחבים או בגומחות אקולוגיות זעירות. הן שזורות זו בזו במידת-מה, אך הגאוגרפיה והאקלים תוחמים ומגבילים את תפוצת המינים ואת מעבר החומרים ביניהן. במקרים רבים נמצא שהמערכת האקולוגית מתפקדת כיחידה עצמאית (למראית עין), ומסימני הזיהוי שלה מינים אנדמיים – קבוצות אורגניזמים שמתפתחות מטבען בתחומה בלבד.⁸⁶

המבנה והתפקודים של מערכות אקולוגיות קשורים קשר הדוק למגוון הביולוגי (Naeem & Li, 1997; Loreau et al., 2001). מגוון ביולוגי היא השונות בטבע בכל רמות הארגון, מן הרמה הגנטית, דרך רמת המין ועד רמת המערכת האקולוגית (Heywood & Watson, 1995). המערכות האקולוגיות הן בית הגידול למינים ביולוגיים שונים, וכאשר הן ניזוקות המגוון הביולוגי קטן. יתרה מזאת, כאשר המגוון הביולוגי גדל, גובר חוסן של המערכות האקולוגיות. מכאן נובע שהמגוון הביולוגי אינו רק מאפיין של המערכת האקולוגית אלא גם אינדיקטור לשלמותה ולבריאותה.

85 הגדרה זו, כמו גם תת־פרק זה, מבוססת על האמנה למגוון ביולוגי (Convention on Biological Diversity) משנת 1992 ועל הנספח לחשבונאות ניסיונית של מערכות אקולוגיות של מערכת החשבונות הסביבתיים־כלכליים (System of Environmental Economic Accounting, Experimental Ecosystem Accounting). מלבד מסגרות בין־לאומיות אלו, אם המדידה של מצב המערכות האקולוגיות ומגוון המינים תאומץ במוסדות הציבור בישראל, יש טעם רב ללמוד ממסגרת המילניום להערכת שירותי המערכת האקולוגית ולהישען עליה (ראו המבוא לסקירה מדעית זו). מסגרת המילניום מספקת הערכה כוללת של המערכות הטבעיות, של הלחצים עליהן ושל השירותים שהן מספקות. כמו כן בעת המדידה והניטור של המערכות האקולוגיות הייחודיות בישראל יש לאמץ את עבודת המארג – התוכנית הלאומית להערכת מצב הטבע – לניטור מערכות אקולוגיות (ראו למשל: שורק ושפירא, 2018).

86 למשל, התורמוס הארצישראלי ממשפחת הקטניות שתפוצתו מוגבלת לאזור מישור החוף.

הקיום האנושי תלוי במערכות אקולוגיות מתפקדות ובמגוון ביולוגי עשיר (הן בחברת הצומח והן בחברת בעלי החיים), והתועלות של מערכת אקולוגית אחת לאיכות החיים יהיו מגוונות. מובן שהיקפה של המערכת ישפיע על כמות התועלות והשירותים שהיא עשויה להניב. את הזיקה הכללית של מערכות אקולוגיות לאיכות החיים ניתן לאפיין לפי שירותי המערכת האקולוגית הנובעים מנכסים אלו (ראו הטבלה להלן).

זיקה לאיכות החיים, במונחי שירותי מערכת אקולוגית הנובעים ממלאי ההון

שירותים תומכים או שירותי בית גידול	שירותי הספקה	שירותי ויסות	שירותי תרבות
שירותי בית גידול למגוון המינים הביולוגי הייחודי לארץ ישראל. ייצור ראשוני.	הספקה של מים במקרה של מערכות אקולוגיות אקווטיות באגני היקוות.	שירותי ויסות שונים שמתחוללים במערכות האקולוגיות.	צביון גאוגרפי-תרבותי ארצישראלי, ערכי מורשת, היסטוריה, תרבות, טבע ונוף; אתרי מורשת עולמית לפי אונסק"ו.

קריטיות

המערכות האקולוגיות הייחודיות לישראל הן חסרות תחליף. מגוון המינים הביולוגי האנדמי בתחומן הוא חסר תחליף. אוכלוסיות הצומח והחי אינן מתכלות, אך הן חשופות לצמצום בשטחי המחיה שלהן ולזיהומים, ומשום כך – לתחלואה שעלולה לסכן את המין כולו (אם הוא אנדמי). המערכות האקולוגיות הייחודיות לישראל הן בריבונות לאומית, והזיקה שלהן לאיכות החיים הלאומית חזקה ואלמנטרית (אם להאמין, על דרך הפיוט, שהאדם אינו אלא תבנית נוף מולדתו). אם כן, אלו הם נכסי הון קריטיים.

גורמים משפיעים, יחסי גומלין ואתגרים

הגורמים המשפיעים על מערכות אקולוגיות ועל התפקוד שלהן הם תהליכים טבעיים, כגון שינויים במשטר הגשמים, ופעולות אנושיות, כגון הפרעות וזעזועים בעקבות הפקה של משאבי טבע, זיהום, הפצה של מינים פולשים (Scheffer, 2001) או תהליכים נרחבים של הסבת קרקעות מיעוד אחד (יערות) לייעוד אחר (חקלאות). כל שינוי במבנה ובתפקודים יסב שירותי מערכת אחרים. על פי רוב, התערבות אנושית תצמצם את היקף שירותי המערכת האקולוגית. בישראל שילוב של גורמים טבעיים ואנתרופוגניים מאיים על שלמותן של מערכות אקולוגיות. שינוי האקלים צפוי לחולל תמורות במבניהן ובתפקודיהן של המערכות האקולוגיות.⁸⁷ לצד

⁸⁷ סקירה זו אינה מרשה שיש בתחזיות ההשפעה של שינוי אקלים והתחממות גלובלית על מערכות אקולוגיות בישראל. לעיון נוסף ראו: Lelieveld et al., 2012; Evans, 2009, 2010; Scholze et al., 2006.

זאת גידול האוכלוסין צפוי להחריף את התחרות האינטנסיבית בלאו הכי על מלאי סופי של קרקעות (ראו לעיל תת-הפרק "קרקע"). תהליכים של עיור ופרבור ישיתו לחץ על המדינה לשנות את ייעודי הקרקע ולהקצות מחדש שמורות טבע למטרות התרחבות עירונית, הנחת תשתיות אזוריות (הכרעות לרוב בקיטוע של בתי גידול [Perry & Dmi'el, 1995; Kruess & Tscharrntke, 1994]) או הרחבת הפעילות החקלאית והתעשייתית. בתוך כך פליטות של חומרים מזהמים לאוויר, בשפכים לאגני היקוות או בהטמנה בקרקע וכן אסונות ותאונות יסכנו את מגוון המינים (דוגמת דליפת הנפט בשמורת עברונה).

מדידה

מערכות אקולוגיות הן מבנים דינמיים, כאמור, הכפופים לתהליכים א־ליניאריים סבוכים, ועל כן הערכת מצבן תהיה מדידה חלקית ופשטנית בהכרח. רמת המורכבות של המערכות מחייבת אותנו לנקוט גישה מעשית בעת המדידה של שלמותן ובריאותן. ניתן כמובן למדוד את שיעור הפחמן בקרקע באזורי המערכת האקולוגית, בית הגידול או השמורה (כאן הכוונה לאותו תחום). ניתן למדוד גם את שפיעת המים ואת איכות המים בסביבת בית הגידול, את ריכוזי החומרים האורגניים באדמה, את עושר המינים ותפוצתם ואת השינויים בחברת הצמחים (למשל באמצעות מדד שטח העלווה, Leaf Area Index, או מדד גובה הצמח) – הכול כדי להעיד על בריאות המערכת האקולוגית.

בהתחשב בהיותם של מבניהן ותפקודיהן של המערכות האקולוגיות קשורים קשר הדוק למגוון הביולוגי, סקירה זו מציעה להתמקד במדידת המגוון הביולוגי בכל שמורות הטבע. הסקירה מציעה למדוד במיוחד את השינויים בעושר המינים – מספר המינים בחברה האקולוגית או בבית הגידול (בשמורה); את הרכב המינים – מספר המינים ושכיחותו של כל מין בחברה האקולוגית (האם יש מין דומיננטי? האם מספר הפריטים במינים האנדמיים מצטמצם? האם יש מינים פולשים, ואם כן, מה שיעורם בבית הגידול?); את התפלגות השכיחויות בבית הגידול – היחס בין מינים שכיחים ונדירים.⁸⁸ מדדים מייצגים אלו עשויים להצביע על שינויים במערכת האקולוגית ובתנאים האביוטיים המאפיינים אותה, בתכסיתה, ביעודה וכולי.⁸⁹

88 מדדים אלו מניחים מראש טקסונומיה מפותחת, מיפוי עדכני של מינים ביולוגיים ותפוצתם ותשתית ניטור המאפשרת מדידות תקופתיות (לרבות אמצעי חישה מרחוק).

89 שיטות רבות למדידה של מגוון המינים נמצאות בשימוש, ואין מתפקידה של סקירה זו לסקור את כולן. כמו כן מחלוקות מתודולוגיות ואנליטיות אופפות את השיחה בשיטות המדידה, וסקירה זו אינה מרשה גישור על הפערים. לעיון נוסף ראו: Hengeveld, 1996; Balvanera et al., 2013; Thuiller et al., 2004.

הנספח הניסיוני של SEEA להערכת מבנה ותפקודיה של מערכות אקולוגיות מציע ארבעה מדדים, בהסתמך על אמנת המגוון הביולוגי: מגמות ושינויים במגוון המערכות האקולוגיות (יחידת המדידה תהיה שטח בית הגידול), מגמות ושינויים בתפוצה ובעושר מינים ביולוגיים נבחרים, מגמות ושינויים במצב מינים בסכנת הכחדה, שינויים בשונות הגנטית של מינים נבחרים. ההנחה היא שמדדים אלו יסייעו להקיש על תהליכי הומוגניזציה (או אובדן המגוון) בבתי גידול. לעיון נוסף ראו: Keith et al., 2015; Alkemade et al., 2009; Scholes & Biggs, 2005; Loh et al., 2005.

משאבי מים

בשונה ממקורות אנרגייה, מרבצי מינרלים וקרקעות, אשר קצב השינוי הטבעי שלהם איטי וממושך, ובדומה לאוויר, מלאי המים שרוי בתנועה מתמדת.⁹⁰ החומר (מולקולות המים) חשוף למגוון של תהליכים אקלימיים וביו־גאוכימיים, לרבות אידוי, משקעים, נגר עילי (או נגר ישיר או במקווי מים), נגר בסיס (במעיינות או ממאגר מי תהום), חלחול אל הקרקע (ואגירה באקווה [באקוויפר]), הקפאה והתכה (בקרחונים) וזרימה אל הים (תהליכים אלו מכונים מחזורים הידרולוגיים והם קושרים בין האטמוספירה לקרקעות ולאוקיינוסים). משאבי מים מופיעים במסגרת הסטטיסטית גם בחשבונות הקרקע (קרקעות המוגדרות "אגני היקוות" או "מקווי מים") וגם במערכות אקולוגיות בשמורות טבע (מערכות אקולוגיות אקוטיות, אגמון החולה או שמורות נחל, לדוגמה). פרק זה מתמקד בנפח המלאי (נפח האוגר) ובשינויים בנפח לאורך זמן, על כל השימושים הפוטנציאליים של המלאי.

את הזיקה הכללית של משאבי מים לאיכות החיים ניתן לאפיין לפי שירותי המערכת האקולוגית הנובעים מהמאגרים (ראו הטבלה להלן).

זיקה לאיכות החיים, במונחי שירותי מערכת אקולוגית הנובעים ממלאי ההון

שירותים תומכים או שירותי בית גידול	שירותי הספקה	שירותי ויסות	שירותי תרבות
שירותי בית גידול במקווי מים ובאגני היקוות; מערכות אקולוגיות אקוטיות. ייצור ראשוני בסביבות אקוטיות.	הספקה של מים לשימושים חברתיים וכלכליים שונים: השקיה חקלאית, תעשייה ומשקי בית.	שירותי ויסות שונים, לרבות מניעת שיטפונות, אגירת מים, טיפול טבעי בשפכים וקיבוע פחמן.	שירותי תרבות שונים: בילוי בחיק הטבע, השראה למדע, ליצירה אומנותית ועוד.

90 כאמור לעיל בתת־הפרק "אוויר", בכל נקודת זמן המים הזורמים בנבולות המדינה הם "שלה", או לכל הפחות בחסותה, שהרי תושביה משתמשים במלאי זה כפי שהם משתמשים באוויר ובאדמה; כמקום להורים אליו שפכים (מה שהספרות מכנה כיום) וכמלאי המניב שירותים שונים (מה שהספרות מכנה מקור). אנו יכולים להתמודד עם מתח זה באמצעות התאמת התקופה החשבונאית לטבע החומר ולמצב הצבירה שלו. עם זאת המים הם "מוחשיים" יותר מהאוויר ועל כן נוטים לזהות אותם כמשאב משותף ולא כמוצר ציבורי, ולהחיל עליהם זכויות קניין וריבונות ביתר קלות.

קריטיות

מידת הקריטיות של משאבי המים הטבעיים המתוקים בישראל (באגני היקוות, במקווי מים, במי תהום, או במילים אחרות: בסך האגרים הטבעיים) עומדת במבחן ככל שטכנולוגיות ההתפלה מכאן ושיטות הטיפול בשפכים מכאן תופסות אחיזה במשק. משמע, הטכנולוגיה (או כפי שהיא מכונה בסקירה "דיונים נבחרים בגישת ההון" [צחור, 2021]: "טכנולוגיות התחליף") מגדילה את גמישות התחלופה של מאגרי המים המתוקים עם מי הים, בתיווך של נכסי הון כלכלי מיוצרים (מתקני התפלה). כל זאת בשעה שקצב השאיבה של המים המתוקים ממאגרים טבעיים עולה על קצב ההתחדשות שלהם במאגר (הווה אומר, אף שהם משאב בלתי מתכלה, קצב המיצוי עולה על קצב ההתחדשות). חרף גמישות התחלופה הזיקה של מקווי המים בישראל לאיכות החיים, לערכי מורשת, תרבות, טבע ונוף, ברורה. כך או אחרת, מאגרי המים בישראל, באקוות החרמון, באקוות ההר ובאקוות החוף, בים כינרת, בנחלים ובמעיינות (ובים המלח), הם בבעלות המדינה והיא המנהלת אותם, עד כדי שאיבת יתר והמלחה.⁹¹

גורמים משפיעים, יחסי גומלין ואתגרים

סקירה מדעית זו אינה יכולה להתיר חקירה ודרישה ביחסי הגומלין המסועפים של משאבי מים עם מערכות אקולוגיות שונות, בתיווך מחזורים ביו־גאוכימיים. אשר לניהול בר־קיימה של משאבי המים (משק המים), הגורמים האנתרופוצנטריים העיקריים המשפיעים על נפח המלאי הטבעי ואיכותו הם זרמים יוצאים בעקבות שאיבת מים מחד, שמובילים להתייבשות והמלחת מקורות, וזרמים נכנסים של שפכי תעשייה, חקלאות ומשקי בית מאידך, המסולקים אל הסביבה ומכילים מתכות כבדות, תרכובות כימיות, מוצקים מרחפים, חומרים אורגניים שונים, חיידקים ווירוסים. אלו מזהמים את מקווי המים ומחלחלים אל מי התהום.

הגורמים הטבעיים המשפיעים על נפח המלאי הטבעי ועל איכותו כוללים זרמים נכנסים של גשמים ומי נגר מחד (SEEA מבחינה במקור מי הנגר בין אלו הזורמים מטריטוריות מחוץ למדינה לבין מאגרי מים בתוך גבולות המדינה), וזרמים יוצאים של אידוי ומי נגר מאידך.⁹² האתגר, כך נדמה, הוא מניעת הזרמת השפכים למקווי מים באגני היקוות וחלחול מזהמים למי תהום, בצד שאיבת יתר. החלפת משאבי מים מתוקים במשאבים אחרים עשויה למנוע ניצול יתר, וטכנולוגיות שונות, כפי שהן נדונות לעיל בתת־הפרק "מחצבי מינרלים

⁹¹ ייתכן שניתן להניע לפשרה בשל מצב הדברים: להגן על מקווי המים המתוקים בשמורות הטבע (כלומר לסמנם כמערכות אקולוגיות אקוטיות קריטיות), לוודא כי מתקני ההתפלה מזוהים כנכס הון כלכלי מיוצר קריטי (ולהגדיל את כושר ההתפלה) ולוותר על מדידתם של משאבי המים הטבעיים כנכס הון טבעי קריטי.

⁹² לדיון מעמיק בתחולת האוגר הישראלי, ובחשיבות האסטרטגית של האוגר הטבעי (ראו: נמזין ועמיתיו, 2011). ברקע הדברים עלינו להביא בחשבון את תפקידם של מתקני התפלה בהספקת הביקושים למים בשוק המקומי.

ומקורות אנרגייה", יכולות להשפיע על גמישות התחלופה. פרק 10 הציע שמונה משפחות טכנולוגיות שעשויות למנוע ניצול יתר של משאבי מים, אך לא כולן רלוונטיות למשק המים. להלן המשפחות הנוגעות לעניין:

1. טכנולוגיה להגדלת הפרודוקטיביות בתהליך הייצור או טכנולוגיית התייעלות בשימוש במשאבים (למשל יישום השקיה בטפטוף בחקלאות).
2. טכנולוגיית חומרים חדשים ותחליפיים (למשל שימוש בגזים כתחליף מים לקירור).
3. טכנולוגיה שמזדילה את הפעילויות של חיפוש משאבי טבע והפקתם (למשל טכנולוגיית דימות ורפלקצייה סיסמית, אמצעי קידוח וכולי).
4. טכנולוגיה המאפשרת שימוש בחומרים באיכות נמוכה לאותן מטרות (התפלת מים מליחים לשתייה).
5. טכנולוגיות מחזור המאפשרות שימוש מופחת בחומרי גלם מן הטבע ועשויות להוזיל את עלויות הייצור (השבת קולחין ומים נחותים; "הפקת" מים שפירים).⁹³

■ מדידה

מדדי משאבי מים יציגו מידע על מצב המלאים ועל השינויים שחלו במצבם בין מועד הפתיחה לסגירה של התקופה החשבונאית, בין שמלאים אלו טבעיים ובין שהם מלאכותיים. נוסף על זה, על המדינה להחליט אם היא מתייחסת למים "ירוקים" האגורים, ספוגים באדמה, בחשבונות המלאי (green water, המכונים גם soil water).⁹⁴ מלאי של מאגר מים מתייחס לנפח גוף מים בטריטוריה נתונה, בנקודת זמן. ערכי הנפח יהיו ערכים בקירוב (עלינו לצפות לשגיאות) והם ייצגו את כמות המים שהמאגר או המקווה יכול לאחסן, בהתבסס על תכונות המאגר (United Nations, 2012).

SEEA מציעה לערוך חשבונות עבור משאבי מים מתוקים ומשאבי מים מליחים במקווי מים מוקפייבשה, לרבות מי תהום.⁹⁵ מים מליחים, כך נטען, לאחר טיפול או ללא טיפול (שניוני, שלישוני) משמשים לעיתים קרובות בתהליכי ייצור שונים. יש כאן מרחב של החלטה, והמדינה יכולה לקבוע רמת מליחות שמתחתיה יהיה מלאי כשיר לשימוש לפעילות כלכלית כלשהי, ומכאן מחייב ניטור. כאמור לעיל, משאבי המים אינם מתייחסים למים האצורים באוקיינוסים או באטמוספירה. מובן שההבחנה בין מלאים שונים, מים במקוויים באגני היקוות, באדמה, באקוות, היא מלאכותית ונעשית לצמצום טווח השגיאה (United Nations, 2012).

93 מבוסס על הסקירה המדעית "דיונים נבחרים בנישת ההון" (צחור, 2021) ועל Dasgupta, 1993.

94 על ההבדל בין מים כחולים למים ירוקים ראו: Sposito, 2017.

95 למדידת מי תהום ראו: רשות המים, 2019.

יחידת המדידה הפיזית תהיה מטר מעוקב של מים (מ"ק, או קוב). כמו כן למדידה של משאבי מים היבט מרחבי, וניתן לפלח את המידע לפי קני מידה שונים. המדינה עשויה לבחור ברמת הניתוח המרחבית הנדרשת לתהליכי קבלת החלטות (וזו אשר המידע מאפשר). מכל מקום, מוטב להימנע ממדדים מצרפיים לאומיים אשר אינם מבטאים את השונות בין אגני היקוות ואת האתגרים הסביבתיים והאנתרופוגניים המאפיינים טריטוריות לאומיות שונות.

סקירה זו ממליצה על חלוקה לפי מלאים מובחנים (לדוגמה אקוות החוף) וכן לפי אגני היקוות, וככלל על ניהול משאבי מים לפי אגני היקוות, שהספרות מזהה בתור היחידה הניהולית הנכונה.⁹⁶ נוסף על זה, הסקירה ממליצה על מדידה של נפח המים הפוטנציאליים שהמשק המקומי עשוי להשתמש בהם, לפי מצב האוגר הטבעי, לפי כושר ההתפלה המרבי ולפי כושר ההשבה של מים, בחלוקה לשימושים שונים. בכל הנוגע למדידה של איכות המים בחלוקה לפי מלאים ומאגרים, הסקירה ממליצה להסתמך על המדדים המקובלים ברשות המים, ברשות הממשלתית למים וביוב ובמשרד הבריאות (ראו למשל: רשות המים, 2019). יש להקפיד כי כל החשבונות מתואמים לפי אותה תקופה חשבונאית – זו יכולה להיות מדידה עונתית או מדידה שנתית.

96 לעיון נוסף ראו: Molle, 2009; Bressers & Kuks, 2004; Jaspers, 2003; Griffiths, 2002.

סיכום

תלות האדם בתנאים האקולוגיים בבית הגידול שלו ובנכסי הון טבעי היא מהותית ובלתי אמצעית: אילולא שכבת האוזון, תהליכים ביו־גאוכימיים (מחזורי המים, הפחמן, החנקן, הזרחן והחמצן), תהליכי ייצור ראשוני של תרכובות אורגניות ושירותים תומכים אחרים, ואילולא תהליכים של ויסות אקלימי, קיבוע פחמן, טיהור מים, אגירת מים, פירוק פסולת ומזהמים ושירותי ויסות אחרים, לא היה הקיום האנושי אפשרי. משתמע מתלות זו שנכסי הון טבעי, מערכות אקולוגיות, מגוון המינים והשירותים הנובעים מהם קודמים לשוק הכלכלי ומאפשרים אותו – במרחב ספציפי של פעילות אנושית – ומוסיפים (מקדימים) להועיל לחברת האדם באופנים מגוונים, ישירים ועקיפים, שחורגים מתחום השוק ואינם נכללים בתוכו.

עוד נובע מכל זאת שהון טבעי, על נכסיו, אינו תלוי בבני אנוש על מנת להתרחש. זהו מלאי ההון היחיד שאיננו יציר כפיו או פרי תודעתו ומוסדותיו של האדם. הוא מושפע מפעילותו, על זה אין עוררין, ולעיתים באופן בלתי הפיך, אבל הוא אינו נחוץ בהווייתו. הון טבעי מתחולל מעצמו. הוא מקבץ של אובייקטים ומערכות יצרניות אוטונומיות. אנו מכנים את האובייקטים האוטונומיים הללו "נכסי הון טבעי", וסקירה זו ביקשה להבחין בין נכסי הון שהם קריטיים לאיכות החיים בישראל ובין נכסי הון שהם חיוניים פחות. היא עשתה זאת אגב יישום של מבחני קריטיות שנלקחו מהסקירה המדעית "דיונים נבחרים בגישת ההון" (צחור, 2021).

הסקירה זיהתה שש קטגוריות של נכסי הון טבעי קריטיים בישראל: קרקע, אדמה, מחצבי מינרלים ומקורות אנרגייה, אוויר, מערכות אקולוגיות ייחודיות בשמורות טבע (ומגוון ביולוגי) ומשאבי מים. יישום גישת ההון במדיניות ציבורית בישראל מחייב שהריבון יקפיד כי נכסים אלו לא יתכלו – ומכאן, עליו לעקוב אחר מצבם מעת לעת. במילים אחרות, מדיניות שתכליתיה איכות חיים כוללנית ומתמשכת צריכה להסתמך על מערכת מדדים ייעודית וספציפית ביותר: כזו המנטרת את מצב נכסי ההון הטבעי (ואת בסיס המשאבים הלאומי בכלל).

המצאת תמונת מצב מהימנה של נכסי ההון הטבעי הלאומיים צריכה לענות על ארבע שאלות: אילו נכסים הם הקריטיים ביותר לאיכות החיים הלאומית? מהן תכונות נכסים אלו (לשם דוגמה, האם הם מתכלים? האם יש להם תחליף בנמצא?)? מהי יתרת מלאי הפריטים? ואם

ניתן – מהי איכות המלאים? כל שאלה אחרת תהיה מסדר שני, או שלישי, ופחותה בחשיבותה. כמו כן אופיים ותכונותיהם של נכסי הון צריכים לקבוע את יחידות המדידה. מערכת מדדי הון אשר תשיב לשאלות אחרות, נאמר: מה שוויו של נכס הון טבעי? שומה עליה שתהיה מרוחקת מתיאור מצבם וטבעם האמיתי של הנכסים הקריטיים, מתיאור הפונקציות והאינטראקציות שהם מקיימים בינם ובין עצמם והעקרונות המסבירים אינטראקציות אלו.

מסיבות אלו, ובשל התכונות הייחודיות של הון טבעי, מדידת שש הקטגוריות של נכסי ההון הקריטיים בישראל צריכה להיות פיזית, דהיינו כזו המשתמשת ביחידות פיזיות ותיאוריות (מטר מעוקב, קילומטר רבוע, חבית או הרכב המינים בחברות אקולוגיות). בעת ההמלצה על מדדים לשש הקטגוריות הנחתה הסקירה לאמץ את מערכת החשבונות הסביבתיים-כלכליים אימוץ סלקטיבי: ליישם את גישת הזרמים והמלאים, את הגדרות המלאים וכמה מעקרונות הגישה החשבונאית (לדוגמה שיטת התיעוד החשבונאית וחלוקה לפי תוספות למלאי והפחתות מהמלאי); לברור מהמסגרת הסטטיסטית את הנכסים הרלוונטיים לישראל ואת יחידות המדידה של נכסים אלו. כמו כן במקום שבו המסגרת של SEEA חסרה קטגוריות של נכסים קריטיים, הוסיפה הסקירה הזו קטגוריות.

בעת הדיון בנכסים קריטיים הציגה הסקירה את זיקתם הכללית לאיכות החיים בישראל – בסיוע מסגרת שירותי המערכת האקולוגית – וכן הציגה כמה גורמים טבעיים ואנתרופוצנטריים המשפיעים על מצב הנכסים בישראל. במקום שבו המסגרת הסטטיסטית SEEA חסרה במדדי איכות (SEEA עוסקת בכמות המלאים ובהיקפם), המליצה סקירה זו על השלמה לפי הפרקטיקות הרווחות בישראל: במקרה של איכות אוויר, איכות מים ואיכות קרקע, הפנתה הסקירה למשרדי הממשלה הרלוונטיים ולמסגרות הסטטיסטיות המקובלות. כשנדרש להסתמך על מקורות בין-לאומיים אחרים, במקרה של סיווג קרקעות, אדמות ומשאבי מים, הפנתה הסקירה למקורות מקובלים בעולם. כשנרשמה מחלוקת מקצועית על שיטות המדידה, במקרה של תפקודי מערכות אקולוגיות ומגוון ביולוגי, הפנתה הסקירה למקורות לעיון נוסף – לאחר המלצה על מדדים נבחרים.

בכל המקרים נדרשת עבודה נוספת לפיתוח המדדים, וראוי שעבודה זו תיעשה מחוץ לגבולות האקדמיה ואצל היחידות הממשלתיות הרלוונטיות. רשימה זו אינה סופית. היא מצריכה עיון ביקורתי נוסף, אפשר שגם תיקונים, ומעת לעת בחינה מחדש של הנכסים הטבעיים הקריטיים ביותר בישראל – אשר נמצאים, היום כבעבר, בסכנת התפלות, אשר משמעויותיה לאיכות החיים הלאומית בעתיד חמורות.

מקורות

- Aber, J. D., & Melillo, J. M. (2001). *Terrestrial ecosystems* (Vol. 556). Academic press
- Alkemade, R., Van Oorschot, M., Miles, L., Nellemann, C., Bakkenes, M., & Ten Brink, B. (2009). GLOBIO3: A framework to investigate options for reducing global terrestrial biodiversity loss. *Ecosystems*, 12(3), 374–390
- Allsopp, M. H., De Lange, W. J., & Veldtman, R. (2008). Valuing insect pollination services with cost of replacement. *PLoS One*, 3(9), e3128
- Arrouays, D., McKenzie, N., Hempel, J., de Forges, A. R., & McBratney, A. B. (2014). *GlobalSoilMap: Basis of the global spatial soil information system*. CRC press
- Millennium Ecosystem Assessment. (2003). *Ecosystems and human well-being*. Island press
- Australian Bureau of Statistics (2012). *Completing the Picture – Environmental Accounting in Practice, May 2012*. Government of Australia
- Balvanera, P., Siddique, I., Dee, L., Paquette, A., Isbell, F., Gonzalez, A., ... & Griffin, J. N. (2013). Linking biodiversity and ecosystem services: Current uncertainties and the necessary next steps. *BioScience*, 64(1), 49–57
- Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2015). *Handbook of plant nutrition*. CRC press
- Bauch, C. T., Sigdel, R., Pharaon, J., & Anand, M. (2016). Early warning signals of regime shifts in coupled human–environment systems. *PNAS*, 113(51), 14560–14567
- Boardman, J. (2006). Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches. *Catena*, 68(2–3), 73–86
- Borgatti, S. P., & Halgin, D. S. (2011). On network theory. *Organization Science*, 22(5), 1168–1181
- Bova, M. E., Dippelsman, M. R., Rideout, M. K. C., & Schaechter, M. A. (2013). *Another look at governments' balance sheets: The Role of Nonfinancial Assets* (No. 13–95). International Monetary Fund
- Bovenberg, A. L., & De Mooij, R. A. (1994). Environmental levies and distortionary taxation. *The American Economic Review*, 84(4), 1085–1089
- Boyd, J. W., Bagstad, J. K., Ingram, J. C., Shapiro, C. D., ... & Wentland, S. (2018) The Natural Capital Accounting Opportunity: Let's Really Do the Numbers, *BioScience*, 68(12), 940–943
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2–3), 616–626
- Braat, L. C., & De Groot, R. (2012). The ecosystem services agenda: Bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services*, 1(1), 4–15
- Bradshaw, A. D. (1984). Ecological principles and land reclamation practice. *Landscape planning*, 11(1), 35–48

- Bradshaw, A. D. (1987). The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. In *Restoration Ecology* (pp. 53–74). Cambridge University Press, Cambridge
- Brand, F. (2009). Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics*, 68(3), 605–612
- Bressers, H., & Kuks, S. (2004). Integrated governance and water basin management. In *Integrated governance and water basin management* (pp. 247–265). Springer, Dordrecht
- Broere, W. (2016). Urban underground space: Solving the problems of today's cities. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 55, 245–248
- Carr, E. R., Wingard, P. M., Yorty, S. C., Thompson, M. C., Jensen, N. K., & Roberson, J. (2007). Applying DPSIR to sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(6), 543–555
- Change, I. C. (2007). *The physical science basis*. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 996
- Chertow, M. R. (2000). The IPAT equation and its variants. *Journal of Industrial Ecology*, 4(4), 13–29
- Chiesura, A., & De Groot, R. (2003). Critical natural capital: A socio-cultural perspective. *Ecological Economics*, 44(2–3), 219–231
- Cistulli, V. (2002). *Environment in decentralized development: Economic and Institutional issues* (Vol. 440). Food & Agriculture Org
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Raskin, R. G. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253
- Daily, G. C. (1997). *Nature's services* (Vol. 19971). Island Press
- Daily, G. C., Söderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P. R., ... & Levin, S. (2000). The value of nature and the nature of value. *Science*, 289(5478), 395–396
- Daly, H. E. (1992). Allocation, distribution, and scale: Towards an economics that is efficient, just, and sustainable. *Ecological Economics*, 6(3), 185–193
- Dasgupta, P. (1993). Natural resources in an age of substitutability. In A. V. Kneese, & J. Sweeney (Eds.), *Handbook of Natural Resource and Energy* (Vol. 3). Elsevier
- Davidson, C. I., Phalen, R. F., & Solomon, P. A. (2005). Airborne particulate matter and human health: A review. *Aerosol Science and Technology*, 39(8), 737–749
- De Groot, R. S. (1992). *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*. Wolters-Noordhoff BV
- DesRoches, C. T. (2015). *The world as a garden: A philosophical analysis of natural capital in economics* (Doctoral dissertation). University of British Columbia
- Dietz, S., & Neumayer, E. (2007). Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. *Ecological Economics*, 61(4), 617–626
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401–406
- Dobson, A., Lodge, D., Alder, J., Cumming, G. S., Keymer, J., McGlade, J., ... & Wall, D. (2006). Habitat loss, trophic collapse, and the decline of ecosystem services. *Ecology*, 87(8), 1915–1924
- Dominati, E., Patterson, M., & Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*, 69(9), 1858–1868
- Ehrlich, P. R., & Holdren, J. P. (1971). Impact of population growth. *Science*, 171(3977), 1212–1217

- Ekens, P. (1992). A four-capital model of wealth creation. In P. Ekins, & M. A. Max-Neef (Eds.), *Real-life economics: Understanding wealth creation* (pp. 147-155). Routledge
- Ekens, P. (2003). Identifying critical natural capital: Conclusions about critical natural capital. *Ecological Economics*, 44(2-3), 277-292
- Ekens, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C., & De Groot, R. (2003). A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44(2-3), 165-185
- Evans, J. P. (2009). 21st century climate change in the Middle East. *Climatic Change*, 92(3-4), 417-432
- Evans, J. P. (2010). Global warming impact on the dominant precipitation processes in the Middle East. *Theoretical and Applied Climatology*, 99(3-4), 389
- Faber, M., Manstetten, R., & Proops, J. L. (1995). On the conceptual foundations of ecological economics: A teleological approach. *Ecological Economics*, 12(1), 41-54
- Fanny, B., Nicolas, D., Sander, J., Erik, G. B., & Marc, D. (2015). How (not) to perform ecosystem service valuations: Pricing gorillas in the mist. *Biodiversity and Conservation*, 24(1), 187-197
- Faucheux, S., & O'Connor, M. (1998). *Valuation for sustainable development*. Edward Elgar Publishing
- Federal Statistical Office Germany (2005). *Policy use of Environmental-Economic Accounting in Germany*, Federal Statistical Office Germany, Federal Republic of Germany
- Foster, J. (Ed.). (1997). *Valuing nature?: Economics, ethics and environment*. Routledge
- Fozer, D., Sziraky, F. Z., Racz, L., Nagy, T., Tarjani, A. J., Toth, A. J., ... & Mizsey, P. (2017). Life cycle, PESTLE and multi-criteria decision analysis of CCS process alternatives. *Journal of Cleaner Production*, 147, 75-85
- Goidts, E., Van Wesemael, B., & Crucifix, M. (2009). Magnitude and sources of uncertainties in soil organic carbon (SOC) stock assessments at various scales. *European Journal of Soil Science*, 60(5), 723-739
- Goovaerts, P. (2001). Geostatistical modelling of uncertainty in soil science. *Geoderma*, 103(1-2), 3-26
- Griffiths, M. (2002). The European water framework directive: An approach to integrated river basin management. *European Water Management Online*, 5, 1-14
- Guerry, A. D., Polasky, S., Lubchenco, J., Chaplin-Kramer, R., Daily, G. C., Griffin, R., ... & Feldman, M. W. (2015). Natural capital and ecosystem services informing decisions: From promise to practice. *PNAS*, 112(24), 7348-7355
- Harris, M. (2013). *Lament for an ocean: The collapse of the Atlantic cod fishery*. Penguin Random House
- Heal, G. (2000a). *Nature and the marketplace: Capturing the value of ecosystem services*. Island Press
- Heal, G. (2000b). Valuing ecosystem services. *Ecosystems*, 3(1), 24-30
- Heck, R. M., Farrauto, R. J., & Gulati, S. T. (2016). *Catalytic air pollution control: Commercial technology*. John Wiley & Sons
- Hengeveld, R. (1996). Measuring ecological biodiversity. *Biodiversity letters*, 58-65
- Heywood, V. H., & Watson, R. T. (1995). *Global biodiversity assessment* (Vol. 1140). Cambridge University Press
- Hines, R. (1991). On valuing nature. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 4(3)

- International Resource Panel, United Nations Environment Programme. Sustainable Consumption & Production Branch (2011). *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth*. UNEP/Earthprint
- Jackson, W., & Steingraber, S. (1999). *Protecting public health and the environment: Implementing the precautionary principle*. Island Press
- Jain, S. C. (1984). Environmental scanning in US corporations. *Long Range Planning*, 17(2), 117–128
- Jansson, A. (1994). *Investing in natural capital: The ecological economics approach to sustainability*. Island Press
- Jarvis, M., Lange, G. M., Hamilton, K., Desai, D., Fraumeni, B., Edens, B., ... & Ruta, G. (2011). *The changing wealth of nations: Measuring sustainable development in the new millennium*
- Jaspers, F. G. (2003). Institutional arrangements for integrated river basin management. *Water Policy*, 5(1), 77–90
- Johnson, S. (2002). *Emergence: The connected lives of ants, brains, cities, and software*. Simon and Schuster
- Jones Jr, J. B. (2012). *Plant nutrition and soil fertility manual*. CRC press
- Kahneman, D., Ritov, I., Jacowitz, K. E., & Grant, P. (1993). Stated willingness to pay for public goods: A psychological perspective. *Psychological Science*, 4(5), 310–315
- Kampa, M., & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 151(2), 362–367
- Keith, D. A., Rodríguez, J. P., Brooks, T. M., Burgman, M. A., Barrow, E. G., Bland, L., ... & Miller, R. M. (2015). The IUCN red list of ecosystems: Motivations, challenges, and applications. *Conservation Letters*, 8(3), 214–226
- Kim, K. H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136–143
- Kirchhoff, T. (2012). Pivotal cultural values of nature cannot be integrated into the ecosystem services framework. *PNAS*, 109(46), E3146–E3146
- Kristensen, P. (2004). *The DPSIR framework*. National Environmental Research Institute, Denmark, 10
- Kruess, A., & Tschardtke, T. (1994). Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science*, 264(5165), 1581–1584
- Lange, G. M., Wodon, Q., & Carey, K. (Eds.). (2018). *The changing wealth of nations 2018: Building a sustainable future*. The World Bank
- Latham, J., Cumani, R., Rosati, I., & Bloise, M. (2014). *Global land cover share (GLC-SHARE) database beta-release version 1.0–2014*. FAO: Rome, Italy
- Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., ... & Xoplaki, E. (2012). Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic Change*, 114(3–4), 667–687
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S., & Schellnhuber, H. J. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *PNAS*, 105(6), 1786–1793
- Lenz, R. T., & Engledow, J. L. (1986). Environmental analysis units and strategic decision-making: A field study of selected 'leading-edge' corporations. *Strategic Management Journal*, 7(1), 69–89
- Loh, J., Green, R. E., Ricketts, T., Lamoreux, J., Jenkins, M., Kapos, V., & Randers, J. (2005). The Living Planet Index: using species population time series to track trends in biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1454), 289–295

- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A., ... & Tilman, D. (2001). Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science*, 294(5543), 804–808
- Mace, G. M., Hails, R. S., Cryle, P., Harlow, J., & Clarke, S. J. (2015). Towards a risk register for natural capital. *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 641–653
- Martinez-Alier, J., Munda, G., & O'Neill, J. (1998). Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological Economics*, 26(3), 277–286
- Marzelli, S., Moning, C., Daube, S., Offenberger, M., Grêt-Regamey, A., Rabe, S. E., ... & Schröter-Schlaack, C. (2017). *The value of nature for economy and society: An introduction*. Natural Capital Germany
- Matson, P., Clark, W. C., & Andersson, K. (2016). *Pursuing sustainability: A guide to the science and practice*. Princeton University Press
- Maxim, L., Spangenberg, J. H., & O'Connor, M. (2009). An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework. *Ecological Economics*, 69(1), 12–23
- Missemer, A. (2018). Natural capital as an economic concept, history and contemporary issues. *Ecological Economics*, 143, 90–96
- Molle, F. (2009). River-basin planning and management: The social life of a concept. *Geoforum*, 40(3), 484–494
- Nachtergaele, F., van Velthuisen, H., Verelst, L., Batjes, N. H., Dijkshoorn, K., van Engelen, V. W. P., ... & Montanarella, L. (2010, 1–6 August). The harmonized world soil database. In R.J. Gilkes, & N. Prakongkep (Eds.), *Proceedings of the 19th world congress of soil science, soil solutions for a changing world* (pp. 34–37). Brisbane, Australia
- Naeem, S., & Li, S. (1997). Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature*, 390(6659), 507
- Natural Capital Coalition (2020). *What is Natural Capital*, Natural Capital Coalition, at: <https://www.capitalcoalition.org/>
- Natural Capital Committee. (2017). *How to do it: A natural capital workbook*
- Neumayer, E. (2012). Human development and sustainability. *Journal of Human Development and Capabilities*, 13(4), 561–579
- Newig, J., Günther, D., & Pahl-Wostl, C. (2010). Synapses in the network: learning in governance networks in the context of environmental management. *Ecology and Society*, 15(4)
- OECD (2010). *Risk and regulatory policy: Improving the governance of risk*. OECD Publishing
- Offer, A., & Söderberg, G. (2016). *The nobel factor: The prize in economics, social democracy, and the market turn*. Princeton University Press
- Office of National Statistics (2013). *Topic guide to: Environmental Accounts, UK National Statistics, 2013*. United Kingdom Government
- Office of National Statistics (2019). *Natural Capital*, at: <https://www.ons.gov.uk/economy/nationalaccounts/uksectoraccounts/methodologies/naturalcapital>
- Parry, I. W. (1995). Pollution taxes and revenue recycling. *Journal of Environmental Economics and Management*, 29(3), S64–S77
- Pelenc, J., & Ballet, J. (2015). Strong sustainability, critical natural capital and the capability approach. *Ecological Economics*, 112, 36–44
- Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., Common, M., Maddison, D., & McGilvray, J. (2011). *Natural resource and environmental economics*. Pearson Education
- Perry, G., & Dmi'el, R. (1995). Urbanization and sand dunes in Israel: Direct and indirect effects. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 41(1), 33–41

- Pierce, F. J., & Nowak, P. (1999). Aspects of precision agriculture. In *Advances in agronomy* (Vol. 67, pp. 1–85). Academic Press
- Pinsky, M. L., Jensen, O. P., Ricard, D., & Palumbi, S. R., (2011). Unexpected patterns of fisheries collapse in the world's oceans. *PNAS*, 108(20), 8317–8322
- Radermacher, W., & Steurer, A. (2014). *Do we need natural capital accounts, and if so, which ones?*. High Level Expert Group on the Measurement of Economic Performance and Social Progress, Rome
- Robinson, D. A., Lebron, I., & Vereecken, H. (2009). On the definition of the natural capital of soils: A framework for description, evaluation, and monitoring. *Soil Science Society of America Journal*, 73(6), 1904–1911
- Rowley, T. J. (1997). Moving beyond dyadic ties: A network theory of stakeholder influences. *Academy of Management Review*, 22(4), 887–910
- Sanz-Perez, E. S., Murdock, C. R., Didas, S. A., & Jones, C. W. (2016). Direct capture of CO₂ from ambient air. *Chemical Reviews*, 116(19), 11840–11876
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413(6856), 591
- Scheidel, A. (2013). Flows, funds and the complexity of deprivation: Using concepts from ecological economics for the study of poverty. *Ecological Economics*, 86, 28–36
- Schnelle Jr, K. B., Dunn, R. F., & Ternes, M. E. (2015). *Air pollution control technology handbook*. CRC press
- Scholes, R. J., & Biggs, R. (2005). A biodiversity intactness index. *Nature*, 434(7029), 45
- Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N. W., & Prentice, I. C. (2006). A climate-change risk analysis for world ecosystems. *PNAS*, 103(35), 13116–13120
- Scruton, R. (2018). *On human nature*. Princeton University Press
- SEEA (2012), footnote 64, footnote 65, section 5.262 and FAO, Global Land Cover – SHARE (GLC-SHARE)
- Sposito, G. (2017). Green Water. Framing Concepts. In *Oxford Research Encyclopedias of Environmental Science, Environmental Processes and Systems*
- Stern, N., & Stern, N. H. (2007). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University press
- Stubbart, C. (1982). Are environmental scanning units effective?. *Long Range Planning*, 15(3), 139–145
- Svarstad, H., Petersen, L. K., Rothman, D., Siepel, H., & Wätzold, F. (2008). Discursive biases of the environmental research framework DPSIR. *Land use Policy*, 25(1), 116–125
- Thuiller, W., Araújo, M. B., Pearson, R. G., Whittaker, R. J., Brotons, L., & Lavorel, S. (2004). Biodiversity conservation: uncertainty in predictions of extinction risk. *Nature*, 430(6995), 34
- Turner, R. K., & Daily, G. C. (2008). The ecosystem services framework and natural capital conservation. *Environmental and Resource Economics*, 39(1), 25–35
- Turner, R. K., Paavola, J., Cooper, P., Farber, S., Jessamy, V., & Georgiou, S. (2003). Valuing nature: lessons learned and future research directions. *Ecological Economics*, 46(3), 493–510
- UNCSD (2012). *The Future We Want*
- UNECE (2009). *United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009*

- United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organization for Economic Cooperation and development, World Bank (2003). Integrated Environmental and Economic Accounting 2003, Studies in Methods. *Handbook on National Accounting*, Series F, 61, Rev.1
- United Nations. Statistical Division. (2012). *International recommendations for water statistics*. UN
- Van Zyl, S., & Au, J. (2018). *The start of a conversation on the value of New Zealand's natural capital*. New Zealand Treasury
- Vejre, H., Jensen, F. S., & Thorsen, B. J. (2010). Demonstrating the importance of intangible ecosystem services from peri-urban landscapes. *Ecological Complexity*, 7(3), 338–348
- Ward, J. D., Sutton, P. C., Werner, A. D., Costanza, R., Mohr, S. H., & Simmons, C. T. (2016). Is decoupling GDP growth from environmental impact possible?. *PloS One*, 11(10), e0164733
- World Forum on Natural Capital (2020). *What is natural capital?* World Forum on Natural Capital, at: naturalcapitalforum.com
- World Health Organization (2006). *Air quality guidelines: Global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide*. World Health Organization
- World Health Organization (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*
- Zalengera, C., Blanchard, R. E., Eames, P. C., Juma, A. M., Chitawo, M. L., & Gondwe, K. T. (2014). Overview of the Malawi energy situation and A PESTLE analysis for sustainable development of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 335–347
- Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). Precision agriculture — A worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2–3), 113–132
- Zilber-Rosenberg, I., & Rosenberg, E. (2008). Role of microorganisms in the evolution of animals and plants: The hologenome theory of evolution. *FEMS Microbiology Reviews*, 32(5), 723–735
- ברכיה, ו' (2012). **תחזית קיימות לישראל 2030**. מכון ירושלים למחקרי מדיניות והמשרד להגנת הסביבה
- גמזין, ד', זיידה, מ', שמיר, א' (2011). **תכנית אב למשק המים**. רשות המים, אגף התכנון
- דוחות תקופתיים של איכות המים (2019). **בריאות הסביבה – מי שתייה**. משרד הבריאות
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2008). **תחזית אוכלוסיית ישראל עד שנת 2030 המפל"ס – מרשם הפליטות לסביבה (מצאי פליטות מזהמים לאוויר)**
- המרכז למיפוי ישראל (2012). **מערך נתוני תכנית**
- המשרד להגנת הסביבה (2016). **מרשם פליטות לסביבה – דוח שנתי 2016**
- המשרד להגנת הסביבה (2017). **מדיניות המשרד בנושא קרקעות מזוהמות. שפכי תעשייה, דלקים וקרקעות מזוהמות**. המשרד להגנת הסביבה
- המשרד להגנת הסביבה (2017). **עליית ריכוזי כספית בדגים מצפון מפרץ חיפה – איתור המקורות והבנת הגורמים**
- המשרד להגנת הסביבה (2019). **נתוני פליטות מזהמים לאוויר**
- המשרד להגנת הסביבה, רשות הטבע והגנים, מרכז המועצות האזוריות, מכון דש"א, אוניברסיטת תל אביב (2017). **ממשקים תומכי מגוון ביולוגי בחקלאות הצמחית המתאימים לישראל**
- העתיד מתחת לרגלינו – פרויקטים עתידיים לניצול תת הקרקע (2007). רשות מקרקעי ישראל
- הקרן לאזרחי ישראל, חוק קרן לאזרחי ישראל, התשע"ד–2014

- משרד החקלאות ופיתוח הכפר (2010). **אסטרטגיה לפיתוח בר קיימא במשרד החקלאות ופיתוח הכפר**. הרשות לתכנון ופיתוח החקלאות ההתיישבות והכפר
- משרד החקלאות ופיתוח הכפר (2019). **חקלאות משמרת – מניעת סחף קרקעות**
- נעמי שמר (1967). **ירושלים של זהב**
- פייטלסון, ע' (עורך) (2004). **אינדיקטורים לפיתוח בר-קיימא בישראל – דו"ח מסכם שלב א', המרכז למדיניות סביבתית**. מכון ירושלים למחקרי מדיניות.
- פרויקט שיקום קרקעות המדינה (2019). **תכנית אב**. החברה הממשלתית לשירותי איכות הסביבה, רשות מקרקעי ישראל (רמ"י) ורשות החברות הממשלתיות
- צחור, א' (עורך) (2013). **מדדים לאיכות חיים, לקיימות ולחוסן לאומי**. המשרד להגנת הסביבה
- צחור, א' (עורך) (2016). **מדדי איכות חיים, קיימות וחוסן לאומי**. המשרד להגנת הסביבה
- צחור, א' (2021). **"דיונים נבחרים בגישת ההון לקיימות", איכות חיים בת-קיימה בישראל: דוח ועדת המומחים של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים**. ירושלים: האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים
- קוט, ח' (2008). **מד קידמה אמין לישראל – מחקר ראשוני לשנים 1979-2004**
- קורדובה-ביז'ור, ל' (2016). **דוח מצב איכות האוויר בישראל – לשנת 2016**. אגף איכות אוויר, המשרד להגנת הסביבה
- קפלן, מ', אידלמן, ע', כהן, ג' (2009). **אינדיקטורים לפיתוח בר-קיימא בישראל – דו"ח מסכם שלב ב'**. המרכז למדיניות סביבתית, מכון ירושלים למחקרי מדיניות
- רשות המים (2019). **איכות מקורות המים**
- רשות המים (2019). **דוחות שנתיים – מצב מקורות המים**
- שורק, מ', שפירא, ע' (עורכים) (2018). **דו"ח מצב הטבע ישראל 2018, המארג / התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע**

איכות חיים בת-קיימה בישראל

דוח ועדת המומחים של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים

<https://doi.org/10.52873/Policy.2021.Wellbeing>

גישת ההון לקיימות

דיונים נבחרים בגישת ההון לקיימות

אסף צחור

<https://doi.org/10.52873/Policy.2021.Wellbeing.01>

ההון הכלכלי

ההון הכלכלי, מרכיביו ותמונת המצב בישראל

מיכאל שראל

<https://doi.org/10.52873/Policy.2021.Wellbeing.02>

ההון הטבעי

הון טבעי והון טבעי קריטי בישראל

אסף צחור

<https://doi.org/10.52873/Policy.2021.Wellbeing.03>

ההון האנושי

Israel – The Human Capital Perspective

Dov Chernichovsky

<https://doi.org/10.52873/Policy.2021.Wellbeing.04-en>

ההון החברתי

Building Social Capital for Sustainable Well-Being in Israel: A Scientific Review
Yinnon Geva, Itay Greenspan and Michal Almog-Bar
<https://doi.org/10.52873/Policy.2021.Wellbeing.05-en>

ההון התרבותי

Culture and the Future Sustainability of Well-being in Israeli Society
Tally Katz-Gerro
<https://doi.org/10.52873/Policy.2021.Wellbeing.06-en>