

מקורות

- Working Paper INE-DGIPEA/0306. Instituto Nacional de Ecología.
- [6] Murphy JJ, Dinar A, Howitt RE, et al. 2000. The design of 'smart' water market institutions using laboratory experiments. *Environmental and Resource Economics* 17(4): 375–394.
- [7] Tellez-Foster E, Rapoport A, and Dinar A. 2017(a). Alternative policies to manage electricity subsidies for groundwater extraction: A field study in Mexico. *Journal of Behavioral Economics for Policy* 2(2): 55–69.
- [8] Tellez-Foster E, Rapoport A, and Dinar A. 2017(b). Groundwater and electricity consumption under alternative subsidies: Evidence from laboratory experiments. *Journal of Behavioral and Experimental Economics* 68: 41–52.
- [9] Vossler CA, Cason TN, Murphy JJ, et al. 2024. The impact of experiments on environmental policy and natural resource management. Working paper #2024-05. Working paper series, Department of economics, Haslam College of Business, The University of Tennessee, Knoxville.
- [1] Asad M and Dinar A. 2006. The role of water policy in Mexico: Sustainability, equity, and economic growth considerations. Latin America and Caribbean Region, Sustainable Development Working Paper 27. Washington (DC): World Bank.
- [2] Banerjee S. 2022. Use of experimental economics in policy design and evaluation: An application to water resources and other environmental domains. Oxford Research Encyclopedias, Environmental Sciences.
- [3] Dannenberg A. 2025. Policy note: The role of experimental economics in designing and evaluating climate policy. *Water Economics and Policy* 11(01).
- [4] Ert E, Cohen-Amin S, and Dinar A. 2019. The effect of issue linkage on cooperation in bilateral conflicts: An experimental analysis. *Journal of Behavioral and Experimental Economics* 9: 134–142.
- [5] Muñoz C, Avila S, Jaramillo LA, and Martinez A. 2006. Agriculture demand for groundwater in Mexico: Impact of water enforcement and electricity user-fee on groundwater level and quality.



מערכת אספקת המים כורכת את ענפי המים והחקלאות בישראל זה בזה, מכיוון שהחקלאות היא גם צרכן של מים שפירים וגם פתרון לסילוק קולחים. מכיוון ששני הענפים האלה מושפעים רבות ממדיניות ממשלתית, הרי שבתכנון מדיניות יעילה כלכלית (שמניבה את מרב הרווחה לכלל תושבי המדינה) על הממשלה להתחשב בהשפעות ההדדיות שבין הענפים, תוך איזון בין התועלת הנובעת משימוש במים לצרכים ביתיים, תעשייתיים וחקלאיים לבין עלויות אספקת המים ומניעת נזקים סביבתיים במהלך השימוש בהם. **תכנון המדיניות מצריך כלי ניתוח כלכליים** שפיתוחם מציב אתגרים רבים; נציין כאן שניים עיקריים.

האתגר הראשון כרוך בייצוג התועלת משימוש במים במונחים כספיים, כך שתתאפשר השוואתה לעלויות האספקה. לכך משמשות **פונקציות ביקוש**, המתארות את כמות המים הנצרכת כתלות במחירם, וכך קושרות בין צריכת המים לערך הכלכלי שהצרכנים מייחסים למים. ואולם, כדי לאמוד את השפעת המחיר על הצריכה נדרשים נתונים הכוללים שונוט במחירי המים שהצרכנים משלמים. יתרה מכך, הביקוש למים תלוי גם באיכותם ובסוגי השימושים. למשל, צרכן ביתי לא יוותר על צריכת מים שפירים לשתיה, גם אם מחירם ירד שחקים. לעומתו, צרכן חקלאי יעדיף מים שפירים על פני מים מליחים שתפוקתם החקלאית פחותה, אך יוותר על מים שפירים אם תינתן לו גישה לקולחים זולים יותר. לכן, נוסף על השפעת מחיר המים על הצריכה, חשוב לאמוד גם את מידת **התחליפיות** שמייחסים הצרכנים לסוגי מים השונים באיכותם. במחקר שנעשה על בסיס

משק המים הישראלי כאתגר תכנוני של כלכלה מעגלית

עדו קן

המחלקה לכלכלת סביבה וניהול,
האוניברסיטה העברית בירושלים
iddo.kan@mail.huji.ac.il

גישה הכלכלה המעגלית דוגלת במחזור כאמצעי לניצול מרבי של משאבי טבע המצויים במחסור, כגון מים. ברבות מהמדינות המפותחות בעולם מבוסס משק המים על כלכלה מעגלית במובן של **מעגל פיזי סגור**: הקולחים המיוצרים מהמים השפירים שנצרכים על-ידי המגזר הביתי, נמהלים בגוף מים שפירים (נהר או אקוזה) שהוא גדול דיו כדי שהקולחים "יאיבדו את זהותם", וייחשבו כחלק מהמים השפירים הזמינים לשימוש ביתי חוזר. בישראל, שהמים השפירים בה נדירים, ומוסכמות חברתיות וגורמים נוספים מונעים שימוש ביתי בקולחים מטוהרים (אפילו לאחר התפלתם), הקולחים מטופלים במפעלי טיהור שפכים (מט"שים) לאיכות המאפשרת להשתמש בהם להשקיה חקלאית כתחליף להזרמתם לנחלים. משק המים הישראלי מבוסס לכן על כלכלה מעגלית במובן של **מעגל כלכלי סגור**: ההשקיה החקלאית בקולחים מחליפה את ההשקיה במים שפירים, וכך חוסכת עלויות הכרוכות באספקת מים שפירים לחקלאות; נוסף על כך, עלות טיהור הקולחים לאיכות הנדרשת לשם הזרמתם בנחלים – נחסכת.



השקיית שדות בעמק החולה. תכנון מדיניות משק המים מצריך כלי ניתוח כלכליים שפיתוחם מציב אתגרים רבים | צילום: שמעון רינגולד / פיקיוקי. רישיון: CC BY 2.5

ים במרכז הארץ; לפיכך, העלות החלופית של השימוש החקלאי באותו מ"ק שווה להפרש בין עלות התפלת מי ים לעלות הולכת המים מהכינרת לגוש דן, פלוס ערך הוויתור על התועלת המופקת מהשימוש בו באזור הכינרת. עלויות חלופיות קשורות גם להבדלים באיכות המים. למשל, מכיוון שמליחות מי הכינרת גבוהה מזו של מי ים מותפלים, לו היו מי כינרת מסופקים לצריכה ביתית בגוש דן כתחליף למים מותפלים, הם היו גורמים להמלחת השפכים המטופלים במפעל השפד"ן, ובכך מפחיתים את תפוקתם החקלאית של קולחי השפד"ן בעת השימוש בהם להשקיה באזור הנגב. העלויות החלופיות הן אלה שסוגרות למעשה את המעגל הכלכלי במשק המים הישראלי, המאופיין בהישענות על מחזור חקלאי של קולחים. הקצאה יעילה המתחשבת בעלויות החלופיות ניתנת לתכנון באמצעות **מודלים הידרו-כלכליים** הפותרים בעיות של מיטוב (אופטימיזציה), כפוף למגבלות; דהיינו, הפקת רווחה כלכלית מרבית לספקי המים ולצרכנים כפוף למגבלות של זמינות המים במקורות העומדים לרשות הספקים. המודלים האלה מביאים בחשבון את התועלת משימוש במים כפי שהיא מיוצגת בפונקציות ביקוש, ואת עלויות אספקתם במרחב ועל פני זמן, הכוללות את עלויות התפעול,

נתוני צריכה חקלאית ביישובים בעלי גישה לקולחים ולמים שפירים^[1] ניצלו החוקרים את השונות במחירי המים שצרכנים שונים משלמים, שנוצרת בשל שיטת התמחור המדורג הנהוגה בישראל, ובה המחיר עולה עם הצריכה. במחקר נמצאה תחליפיות מלאה בין סוגי המים; דהיינו, כדי שחקלאי יקבל פיצוי הוגן מבחינתו בגין הפחתת הצריכה במטר מעוקב (מ"ק) של מים שפירים נדרשת תוספת של מ"ק אחד של קולחים. התחליפיות הזו מוסברת בכך שנחיתות איכותם של הקולחים מתאזנת עם הוודאות הגדולה יותר באספקתם. האתגר השני נובע מכך שמערכת אספקת המים בישראל מחברת את כל אזורי הארץ כדי לתת מענה לשונות מרחבית במחסור במים, ומסתמכת על התפלה ועל אגירת מים באקוות ובמאגרים עיליים כדי לתת מענה לשונות עיתית במחסור במים (בין שנים ועונות). תכנון יעיל כלכלית של הקצאת מים מביא בחשבון שצריכה של מ"ק מים במקום ובזמן מסוימים פירושה ויתור על התועלת שהייתה יכולה להתקבל מצריכתו במקום ובזמן אחרים. ערך הוויתור הזה מכונה בשם **העלות החלופית** של השימוש במים. למשל, מ"ק של מי כינרת המשמש להשקיה באזור הכינרת יכול היה, לחלופין, להיות מסופק לתושב גוש דן, ובכך לחסוך את הצורך בהתפלת מ"ק אחד של מי

מתודולוגיות המחקר המתוארות לעיל פותחו על בסיס חקרי מקרה מישראל, תוך ניצול הנתונים והניסיון שנצבר במסגרת הפעלת כלי מדיניות משולבים במשקי המים והחקלאות לניצול יעיל של מים בתנאי מחסור קיצוני. הצורך במתודולוגיות האלה לתכנון מדיניות מים צפוי לגדול עם התמשכות תהליכי שינוי האקלים וגידול האוכלוסין בישראל ובמדינות נוספות ברחבי העולם.

מקורות

- [1] Finkelshtain I, Kan I, and Rapaport-Rom M. Substitutability of freshwater and non-freshwater sources in irrigation: An econometric analysis. *American Journal of Agricultural Economics* 102(4): 1105–1134.
- [2] Reznik A, Feinerman E, Finkelshtain I, et al. 2017. Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel: A statewide long-term perspective. *Ecological Economics* 135: 222–233.
- [3] Reznik A, Feinerman, E, Finkelshtain I, et al. 2016. The cost of covering costs: A nationwide model for water pricing. *Water Economics and Policy* 2(1): 1550013.
- [4] Slater Y, Finkelshtain I, Reznik A, and Kan I. 2020. Large-scale desalination and the external impact on irrigation-water salinity: Economic analysis for the case of Israel. *Water Resources Research* 56(9): e2019WR025657.
- [5] Slater Y, Finkelshtain I, Reznik A, and Kan I. 2022. Blending irrigation water sources with different salinities and the economic damage of salinity: The case of Israel. *Water* 14(6): 917.

ההקמה והתחזוקה של מתקני האספקה. עבור משק המים הישראלי פותח המודל MYWAS (Multi-Year Water Allocation System) ככלי לבחינת מדיניות השקעות בתשתיות מים, לתמחורם ולהקצאתם לצרכנים, תוך התחשבות בכמות ובאיכות של המים לסוגיהם.

להלן מבחר ממצאים ממחקרים שהשתמשו במודל הזה.

במחקר השוואתי של שיטות לתמחור מיטבי של מים כפוף למגבלת כיסוי עלויות האספקה^[3] נמצאה עדיפות לחלוקת חשבון המים לשני חלקים, הכוללים תשלום קבוע לכיסוי עלויות ההקמה והתחזוקה (הקבועות), ותשלום משתנה לפי צריכה לכיסוי עלויות התפעול (המשתנות); הנזק הכלכלי הנובע מהתמחור הקיים, שמבוסס על תשלום לפי צריכה בלבד, הוערך בכ-100 מיליון דולר לשנה – כ-5% מסך עלויות אספקת המים. במחקר להערכת התרומה הכלכלית של שיטת סילוק הקולחים באמצעות השקיה חקלאית^[2] נאמד ערך התרומה בכ-3.3 מיליארד דולר לאורך תקופה של 30 שנה. לאחרונה שולב במודל MYWAS רכיב נוסף – VALUE (Vegetative Agricultural Land-Use Economics), המאפשר למדל את הפעילות באזורי הביקוש החקלאי למים תוך הכללת מדדי איכות מים שמודל MYWAS מחשב את רמתם לאורך מסלולי האספקה. באמצעות המודל המשולב הוערך כי התרומה הכלכלית של התפלת מי ים, דרך השפעתה על מליחות הקולחים המשמשים להשקיה חקלאית, נאמדת בכ-120 דולר לדונם לשנה^[4]. כמו כן, נמצא כי התרומה הכלכלית מהשקעה בתשתיות אספקת מים פנים-אזוריות, שיאפשרו לחקלאים להתאים את רמות מליחות המים לגידולים בהתאם לעמידותם למליחות, מוערכת בכ-8 סנט למ"ק – כ-20% מערך המים בשימוש החקלאי^[5].

