



הערכה כמותית של קיימות עירונית ביו-פיזית ככלי עזר לקידום מדיניות סביבתית: תל-אביב-יפו - חקר מקרה

זאב שטסל^{[1]*}, מידד קיסנגר^[1], אבינועם מאיר^[1] ואורלי רונן^[2]

^[1]המחלקה לגאוגרפיה ופיתוח הסביבה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

^[2]בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר, אוניברסיטת תל-אביב

*ZeevStf@post.bgu.ac.il

אחד הנושאים העיקריים להערכת קיימות עירונית ביו-פיזית בתל-אביב-יפו, הוא איכות גופי המים בעיר. פארק הירקון, 2015 | צילום: הרווי ספיר, פיקיוויקי 2.5 CC BY

מדדים



חדים המחקר

תקציר

מאחר שרוב אוכלוסיית העולם מתגוררת בערים, לקידום הקיימות העירונית תפקיד מרכזי ביצירת הרווחה האנושית וקיימות המערכות הסביבתיות. יישובים עירוניים הם מוקדים מרכזיים לצריכת משאבי טבע וליצירת מזהמים, וניתן לחלק את השפעתם על הסביבה לשלושה תחומים עיקריים: השפעה על איכות הסביבה, השפעה על זמינות משאבי טבע, והשפעה על האקלים העולמי. בכל אחד מהתחומים ניתן לזהות את השפעות העיר על הסביבה ברמה המקומית (בתחומי העיר), האזורית והעולמית.

קיימת חשיבות רבה להבנה ולמדידה של אופן התפקוד וההשפעה של העיר על הסביבה ושל התרומה של צעדים שונים לקידום הקיימות העירונית. בחינה כזו יכולה להצביע על תחומי ההשפעה העיקריים ולאפשר השוואה בין מגוון צעדים לקידום הקיימות העירונית שמקדמים גורמים שונים במרחב העירוני ומחוצה לו. במחקרנו פיתחנו מדד (אינדקס) קיימות עירונית חדש הכולל את מגוון הנושאים הסביבתיים הקשורים לפעילות העירונית, וכל אחד מהם כולל מגוון אינדיקטורים מייצגים. חלקו הראשון של המאמר מציג את המדד ובוחר את התלות העירונית בסביבה ואת השפעתה עליה בקני מידה מרחביים שונים (ברמה העירונית, האזורית והעולמית) ואת מידת הפער שבין המצב בהווה למצב בר-קיימא בכל אחד ממרכיבי המדד. בחלק השני מוצגים ממצאים עיקריים ממחקר שהמדד שימש בו לבחינת מידת הקיימות בתל-אביב-יפו, ושימוש בבסיס נתונים זה כדי לבחון את מידת תרומתם של כמה צעדי מדיניות לשיפור הקיימות בעיר.

מילות מפתח: השפעה סביבתית · מדד קיימות · מדיניות סביבתית · קיימות עירונית ביו-פיזית · תרחישי מדיניות

מבוא

במאה ה-21 ערים הן מוקד מרכזי להשפעה על קיימות ועל רווחת החברה האנושית. ההכרה בחשיבות הקיימות העירונית הביאה לפיתוח גישות שונות לקידום ולמימוש של הקיימות העירונית^[6],^[9,7] וערים רבות בעולם החלו ביישום צעדים מעשיים להתנהלות מקיימת^[8]. ברובמן, התפתחו מגוון מערכות אינדיקטורים ומדדים

הפוטנציאלית של צעדי מדיניות נבחרים לשיפור הקיימות העירונית. המדד בוחן את הממשק של העיר עם הסביבה תוך התייחסות לערכי סביבתיים וקני מידה גאוגרפיים שונים שהעיר תלויה בהם ומשפיעה עליהם. המדד מאמץ את תפיסת 'הקיימות החזקה' ששמה דגש על הצורך בשמירת ההון הטבעי ופיתוח החברה האנושית במסגרת מגבלות המערכת הטבעית. לאור גישה זו ראוי להגדיר עיר מקיימת כך: (א) בתחומי העיר מתקיימת איכות סביבה טובה; (ב) העיר אינה משפיעה לרעה על איכות הסביבה ועל האקלים במקומות אחרים; (ג) העיר מתקיימת במסגרת מגבלות המערכת האקולוגית המקומיות האזוריות והעולמיות (שימוש מקיים במשאבים). המאמר מציג את שימוש במדד שפיתחנו לשם הערכת מצב הקיימות בעיר תל-אביב-יפו בשנת 2010, ולאחר מכן את האפשרות לבחון באמצעותו את מידת השפעתם של צעדי מדיניות שונים לשיפור הקיימות. המסקנות שניתן להסיק מהמחקר יכולות לתרום להבנת הפער שבין המצב בהווה למצב בר-קיימא, ולסייע בקביעת סדר עדיפויות לצעדי מדיניות בהתאם למידת תרומתם לשיפור הקיימות העירונית.

שיטות - מדד קיימות עירונית

הנושאים הנבדקים באמצעות המדד נועדו לבחון את מידת התלות וההשפעה העירונית בסביבה המקומית, האזורית והעולמית. בהתאם לכך, מתייחס המדד לשלושה נושאים מרכזיים: איכות הסביבה המקומית, שימוש במשאבי טבע והשפעה על האקלים העולמי. **איור 1** מציג את הנושאים העיקריים הכלולים במבנה הבסיסי של המדד.

יישום מעשי של המדד מחייב לבחור עבור כל אחד מהנושאים הנבחנו אינדיקטורים המשמשים להערכתו. במדד ישנם 37 אינדיקטורים. כך, לדוגמה, ברמה המקומית משמשים ריכוזים שנתיים ממוצעים בסביבה של מזהמי האוויר אינדיקטורים לאיכות האוויר בעיר, ברמה האזורית משמשת כמות הקרקע החקלאית ששימשה לגידול מזון לתושבי העיר אינדיקטור לשימוש במשאבי טבע בתחומי ישראל, וברמה העולמית משמש הערך של סך כל פליטות גזי החממה הנוצרים מפעילות העיר אינדיקטור להשפעת העיר על האקלים. פירוט מלא של מרכיבי המדד נמצא אצל Stossel ואחרים^[13].

הערכים הנמדדים עבור כל אינדיקטור נבחנו תוך התייחסות לשני ערכי סף סביבתיים שהגדרנו - ערך התקן והערך המיטבי. ערכי התקן הם ערכים שנקבעו במסגרת חקיקה סביבתית או כיעדים רשמיים של מדיניות סביבתית במדינה שנעשה בה שימוש במדד. ערכי מיטביים הם ערכים שהמחקר המדעי ממליץ עליהם. הצורך להבחין בין שני ערכי הסף נובע מכך שערכי תקן מושפעים לרוב משורה של אילוצים כלכליים ומיכולת מעשית לעמוד ביעדים מרחיקי לכת, בעוד שהערכים המיטביים הם הרמה הרצויה שיש

על קצה המזלג

* השימוש במערכת אינדיקטורים ומדדים להערכת הקיימות של ערים מאפשר הבנה של מכלול הגורמים המשפיעים על מידת הקיימות העירונית.

* המאמר מציג מדד קיימות עירונית, שפותח תוך דגש על הצורך בשמירת ההון הטבעי ופיתוח החברה האנושית במסגרת מגבלות המערכת הטבעית, בהתאם לעקרונות 'הקיימות החזקה'.

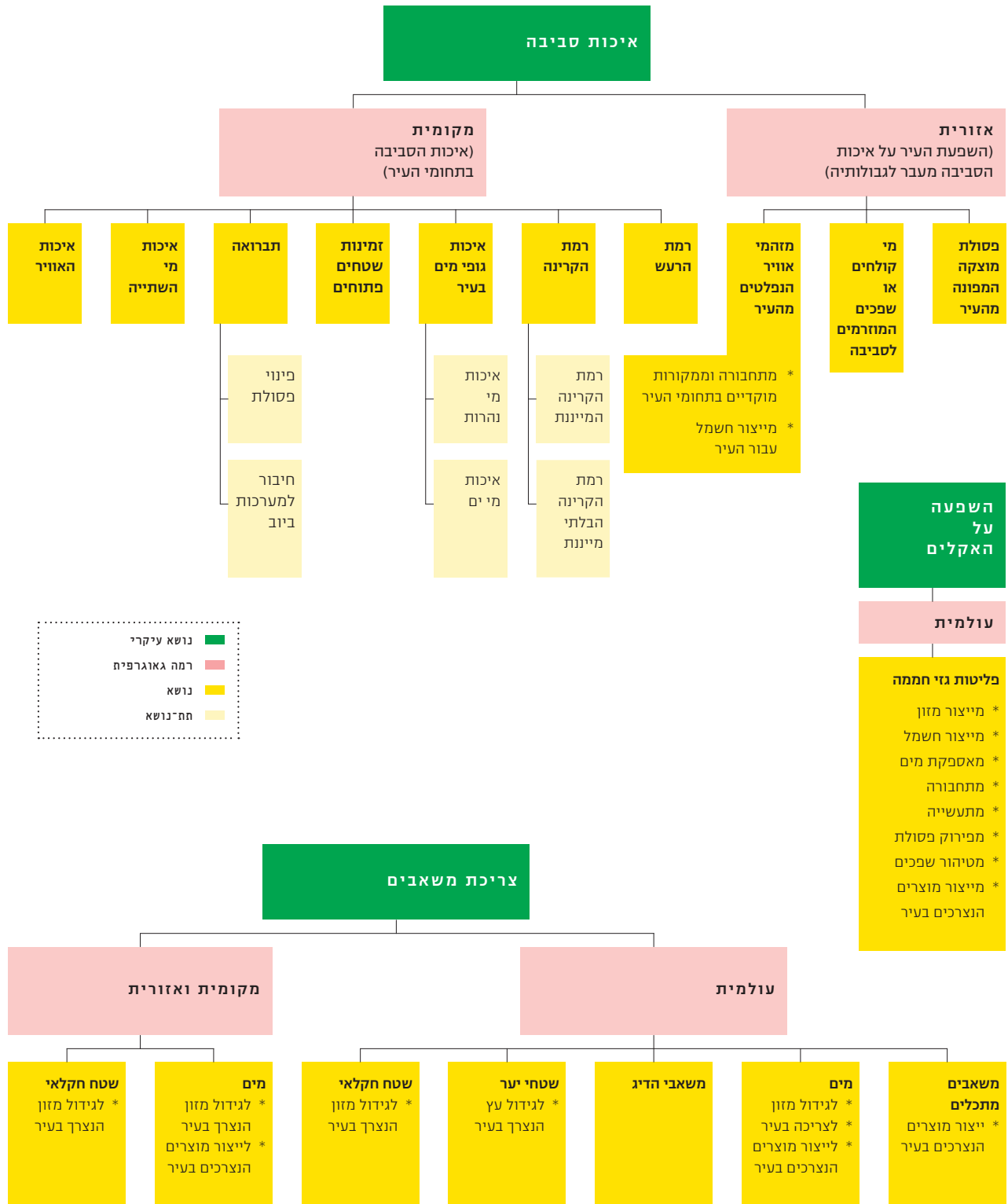
* מדד זה מאפשר לראות, עבור תל-אביב-יפו לדוגמה, שבתחומים כמו איכות האוויר, איכות מי השתייה ורמת התברואה, העיר עומדת בערכי התקן, ושבתחומים אחרים, כגון איכות הסביבה מחוץ לגבולות העיר, צריכת המשאבים בתחומי ישראל ובעולם והשפעה על האקלים העולמי, יש לה השפעות שליליות.

המערכת

(אינדקסים) להערכת מצב הקיימות העירונית (ראו במאמר הקודם בנושא זה). שימוש במערכות הערכה אלה מאפשר הבנה של מכלול הגורמים המשפיעים על הקיימות העירונית, והם יכולים להיות בסיס חשוב לגיבוש צעדי מדיניות לשיפור הקיימות העירונית^[4],^[15,11]. ההחלטה באילו צעדי מדיניות לבחור היא מורכבת, ומחייבת להביא בחשבון, בין השאר, את מידת היעילות של צעדים שונים, הן מבחינת תרומתם לצמצום ההשפעה הסביבתית הן מבחינת השלכות הכלכליות והחברתיות של יישום הצעדים.

במאמר זה נציג הערכה כמותית של קיימות עירונית ביו-פיזית (ניתוח הממשק הפיזי של עיר עם הסביבה) באמצעות מדד שפיתחנו^[13], ואת האפשרות לבחון באמצעותו את התרומה

איור 1. נושאים עיקריים להערכת קיימות עירונית ביו־פיזית



נושא עיקרי
 רמה גאוגרפית
 נושא
 תת־נושא

מדדים
 חזית המחקר

שלילי. לאחר שמחושב ציון לכל אינדיקטור, ניתן ציון מסכם לכל נושא (לרוב באמצעות ממוצע של ציוני האינדיקטורים).

תוצאות

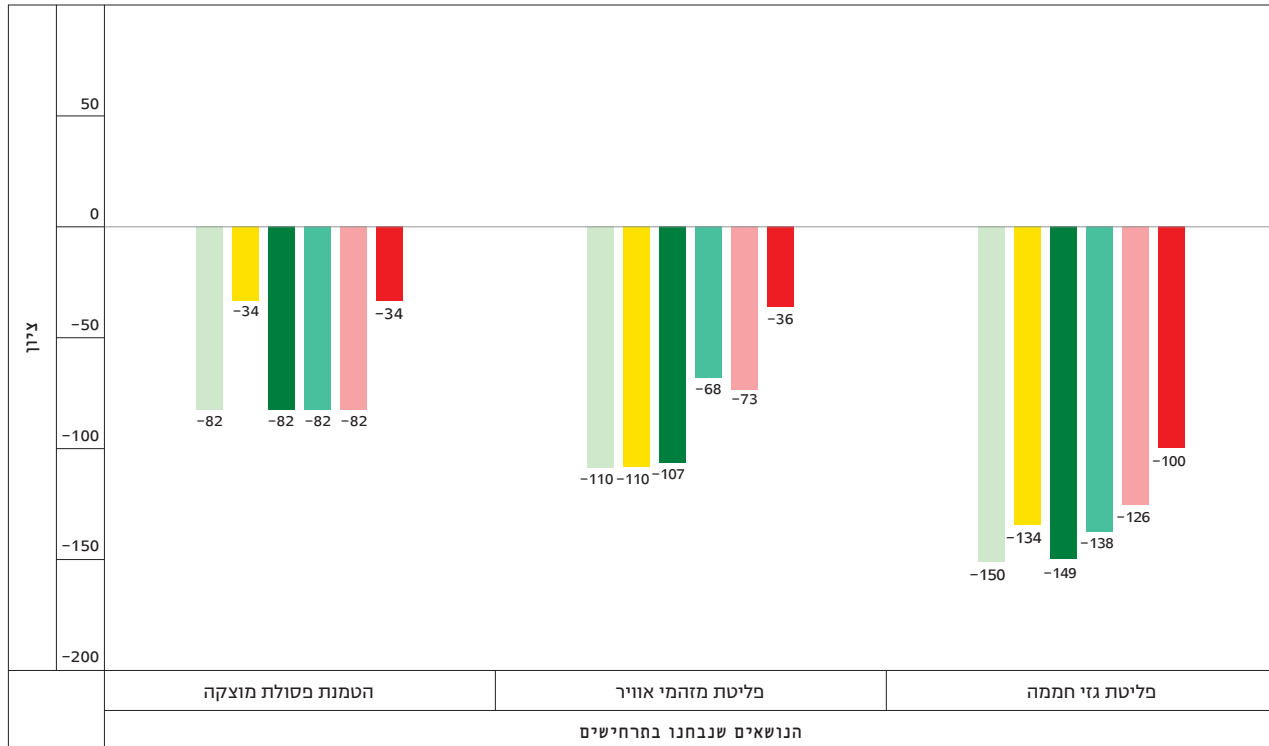
הערכת הקיימות הבין-פיזית של תל-אביב-יפו ב-2010

מצב הקיימות בתל-אביב-יפו לשנת 2010 הוערך באמצעות הממד. ההערכה התבססה על נתונים לכל אחד מהאינדיקטורים שהתקבלו מגורמים רלוונטיים, כגון המשרד להגנת הסביבה, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ועיריית תל-אביב-יפו. מהתוצאות עולה שבתחום איכות הסביבה בתחומי העיר, הכולל נושאים כמו איכות האוויר בעיר, איכות מי השתייה והתברואה, הציון של העיר חיובי (52). בשאר התחומים ציוני העיר שליליים. בתחום השפעת העיר על איכות הסביבה מחוץ לגבולותיה בתחומי ישראל הציון שלילי (-47). גורמים לכך בעיקר פליטות של מזהמי אוויר, הנוצרים בתחנות הכוח המספקות חשמל לעיר, ופליטות של מזהמי אוויר מכלי רכב הנוסעים

לשאוף אליה, אף על פי שלא תמיד ניתן להגיע אליה [5, 12]. כך למשל, בתחום איכות הסביבה בתחומי העיר קבענו ערכי תקן לריכוזים של מזהמי אוויר בסביבה על פי התקנים המופיעים בחוק אוויר נקי, והערכים המיטביים על פי ריכוזם הטבעי באוויר. בתחום צריכת משאבים (כגון מים) קבענו את ערכי התקן בהתאם ליעדי מדיניות שמגדירים 'יעד למידת השימוש לנפש במשאב' בהתאם לזמינותו, ואילו הערכים המיטביים נקבעו על פי ההמלצות של גופי מחקר מדעיים בנושא. בתחום פליטת גזי חממה נקבע התקן בהתאם ליעדי המדיניות העולמיים שנקבעו במסגרת אמנות האקלים הבין-לאומיות, והערך המיטבי נקבע בהתאם להמלצות המדעיות של ה-IPCC [14].

בהתייחס לערכי התקן והערכים המיטביים שנקבעו לכל אינדיקטור, הומר הערך המדוד של כל אינדיקטור לציון: ציון 100 נקבע עבור מדידה שבה הערך זהה לערך מיטבי, וציון 0 נקבע עבור מדידה שבה הערך זהה לתקן. מדידות שנמצאות בין התחומים הללו קיבלו ציון שבין 0 ל-100, ומדידות נמוכות מהתקן קיבלו ציון

איור 2. ציוני הממד בנושאים הרלוונטיים לתרחישים שנבחנו בהשוואה לציוני מצב הקיימות בתל-אביב-יפו ב-2010



המצב ב-2014 (ירוק בהיר) | הגדלת היקף המחזור ל-50% (צהוב) | מעבר 10% מהנוסעים לחבורה ציבורית (ירוק כהה) | הגדלת שיעור ייצור החשמל באמצעות גז טבעי ל-40% (ירוק כהה) | 24% חיסכון בחשמל (אדום) | תרחיש משולב (אדום)

פליטות גזי החממה שיוצרת העיר, ומחוללת שיפור של 16 נקודות בתחום השפעת העיר על האקלים (במסגרת המחקר נמדדו גזי החממה הכרוכים בייצור מוצרים שמשמשים בעיר בשלב שהמוצרים מגיעים לפסולת, ולכן, עם העלייה במחזור, פליטת גזי החממה שהעיר יוצרת קטנה, מכיוון שהחומרים ממשיכים להיות בשימוש).

תרחיש מעבר נוסעים לתחבורה הציבורית - תרחיש זה משפיע בעיקר על פליטות בנזן. הפליטות קטנות עקב צמצום השימוש במנועי בנזין בעיר. בר-בזמן חלה עלייה קלה בפליטות של חלקיקים ו-NO₂, מכיוון שהרחבת התחבורה הציבורית מחייבת הוספת אוטובוסים שפולטים את המזהמים הללו. שינוי זה מקטין במידת מה את כמות המזהמים וגזי החממה הנפלטת כתוצאה מהפעילות בעיר (שלוש נקודות ונקודה אחת, בהתאמה). **עלייה בייצור חשמל באמצעות גז טבעי** - ייצור חלק גדול יותר של החשמל לעיר באמצעות גז טבעי מצמצם את כמות המזהמים וגזי החממה הנפלטים בתחנות הכוח המייצרות את החשמל עבור העיר (שיפור של 42 נקודות ו-24 נקודה בהתאמה). בכך העיר מקטינה את השפעתה לרעה על איכות הסביבה מעבר לגבולותיה ועל האקלים.

חיסכון בחשמל - בדומה לגז הטבעי, גם חיסכון בחשמל מצמצם את פליטת מזהמי האוויר וגזי החממה כתוצאה מהפעילות בעיר, ובכך מקטין מהלך זה את השפעת העיר על איכות הסביבה מעבר לגבולותיה ואת השפעתה על האקלים. צמצום זה משפר את ציוני העיר בתחומים אלה ב-37 נקודות וב-14 נקודות בהתאמה. בעוד שבכל אחד מהתרחישים נוצר שיפור מסוים בקיימות העירונית, שיפור משמעותי יותר ניכר בתרחיש המשולב (48 נקודות בנושא הטמנת פסולת, 74 נקודות בנושא פליטה של

בתחומי העיר, ויכולים להיות מוסעים אל מעבר לגבולותיה. גורם נוסף הוא הטמנת פסולת מחוץ לעיר. בתחום צריכת המשאבים בתחומי ישראל ובעולם נובעים הציונים השליליים (-13, -77) מצריכה של מים וקררוע חקלאית מעבר לכמות העומדת לרשות תושבי העיר. הציון השלילי (-108) בתחום ההשפעה על האקלים נובע מפליטות של גזי חממה מעבר להקצאת כמות גזי החממה העומדת לרשות תושבי העיר בהתחשב ביעדי הפליטה העולמיים. התוצאות המלאות, כולל הצגה גרפית שלהן, מפורטות אצל Stossel ואחרים [13].

שימוש במדד לבחינת התרומה של צעדי מדיניות לשיפור הקיימות בתל-אביב-יפו

בשלב השני נבחנו תרחישים הבוחנים את התרומה הפוטנציאלית של יישום צעדים נבחרים לשיפור הקיימות העירונית (טבלה 1). הצעדים נבחרו בהתאם ליעדי מדיניות והמלצות למדיניות של גופים שונים ברמה המקומית (הרמה העירונית) וברמה האזורית (שבמקרה של ישראל היא למעשה הרמה הלאומית).

איור 2 מציג את ציוני המדד בתחומים הרלוונטיים לתרחישים שנבחנו בהשוואה לציוני מצב הקיימות ב-2010.

מניתוח הצעדים שנבחנו עולה כי לכל אחד מהם תרומה לקידום הקיימות העירונית בתל-אביב-יפו. תרומה זו נובעת משיפורים באינדיקטורים שונים באופן הבא בכל תרחיש:

תרחיש עלייה במחזור - העלייה במחזור מפחיתה את כמות הפסולת המוטמנת, ושיפור באינדיקטור זה משפר ב-48 נקודות את ציון העיר בנושא ייצור פסולת מוצקה, ומקטין את השפעת העיר על איכות הסביבה מעבר לגבולותיה. כמו כן, הפניית חלק גדול יותר מהחומרים שבפסולת למחזור מקטינה מעט את

טבלה 1. תרחישי המדיניות שנבחנו

מסגרת הפעולה או ההמלצה למדיניות הנבחנת בתרחיש	השינוי מהמצב הקיים בשנת 2010	תרחיש יישום צעדי מדיניות
המשרד להגנת הסביבה [10]	מחזור 50% מהפסולת הניתנת למחזור בהשוואה ל-13% בשנת 2010	1. הגדלת היקף המחזור
המשרד להגנת הסביבה [1]	10% מהנוסעים שנסעו בתחבורה פרטית ב-2010 עברו לתחבורה ציבורית	2. מעבר לתחבורה ציבורית
צפי משרד התשתיות הלאומיות בדבר שיעור הגז הטבעי בייצור החשמל בשנת 2020 [3]	40% מהחשמל המיוצר עבור העיר מיוצרים באמצעות גז טבעי בהשוואה ל-21% בשנת 2010	3. ייצור חשמל באמצעות גז
דו"ח מקינזי [2]	הפחתה של 24% בצריכת החשמל בעיר	4. חיסכון בחשמל
	שילוב צעדי מדיניות 1-4	5. תרחיש משולב



- [7] Haughton G. 1997. Developing sustainable urban development models. *Cities* 14(4): 189–195.
- [8] Vojnovic I. 2014. Urban sustainability: Research, politics, policy and practice. *Cities* 41(Supplement 1): S30–S44.
- [9] Joss S. 2011. Eco-cities: The mainstreaming of urban sustainability; Key characteristics and driving factors. *International Journal of Sustainable Development and Planning* 7(3): 268–285.
- [10] Ministry of Environmental Protection (State of Israel). 2012. Israel's post-accession progress report – waste management.
- [11] Rosales N. 2011. Towards the modeling of sustainability into urban planning: Using indicators to build sustainable cities. *Procedia Engineering* 21: 641–647.
- [12] Stavins RN. 2004. Introduction to the political economy of environmental regulation. Washington (DC): Resources for the Future.
- [13] Stossel Z, Kissinger M, and Meir A. 2015. Measuring the biophysical dimension of urban sustainability. *Ecological Economics* 120: 153–163.
- [14] UNEP (United Nations Environment Programme). 2010. The emissions gap report – Are the Copenhagen accord pledges sufficient to limit global warming to 2°C or 1.5°C? A preliminary assessment.
- [15] Weiland U. 2006. Sustainability indicators and sustainable development. In: Wuyi W, Krafft T, and Kraas F (Eds). *Global change, urbanization and Health*. Beijing: China Meteorological Press.



מעבר נוסעים לתחבורה הציבורית מקטין את כמות המזהמים וגזי החממה הנפלטת כתוצאה מהפעילות בעיר
| צילום: אודי שטיינר, פיקוויקי CC BY 2.5

מזהמי אוויר ו-50 נקודות בנושא של פליטת גזי חממה). עם זאת, למרות השיפורים האלה נותרים ציוני העיר שליליים בכל הנושאים.

דיון ומסקנות

השימוש במדד מאפשר לקבל תמונת מצב של הקיימות בעיר בהתייחס לנושאים שונים תוך זיהוי הפער שבין המצב בהווה לבין יעדים שונים (ערך התקן והערך המיטבי). המדד מאפשר גם לבחון כיצד יכולים צעדים שונים לתרום לשיפור הקיימות. במאמר הצגנו אפשרות זו באשר לכמה צעדי מדיניות המקודמים כיום ברמה העירונית והלאומית.

המחקר עולה כי ישנם כל אחד מצעדי המדיניות יכול לתרום במידה מסוימת להיבטים שונים של הקיימות העירונית. עם זאת, רק צירוף של כל ארבעת הצעדים יוצר שיפור משמעותי שמקטין את השפעת העיר על איכות הסביבה מעבר לגבולותיה ועל האקלים העולמי. מסקנה נוספת שניתן להסיק מהנתונים היא שהדרך לקידום משמעותי של הקיימות העירונית מצריכה שילוב בין צעדים רבים ומגוונים, שהשפעת כל אחת מהם קטנה, ורק צירופם יחד יכול ליצור את העיר המקיימת. מסקנה אחרת היא שצעדי המדיניות שנבחנו במחקר זה, אין בהם די כדי להגיע לעיר מקיימת (ציוני התחומים נותרים שליליים למרות השיפור), וכדי להגיע לעיר מקיימת נדרשים צעדי מדיניות נוספים שיכולים לתרום תרומה משמעותית לקיימות העירונית.

התוויית מדיניות סביבתית מצריכה בין היתר קביעה של סדרי עדיפויות. השימוש במדד מאפשר חשיפה של המרכיבים השונים שעשויים לתרום להקטנת ההשפעה העירונית, ולהצביע על מידת התרומה של כל צעד. תמונה זו יכולה לסייע, אך יש להוסיף לה גם היבטים נוספים, כגון העלות הכספית, עמדות הציבור, והמוטיבציה הפוליטית ליישום הצעדים. בשלב זה המדד אינו מתייחס לגורמים אלה, ולשם כך נדרש מחקר נוסף בעתיד.

מקורות

- [1] המשרד להגנת הסביבה. 2011. תכניות עירוניות להפחתת זיהום אוויר מתחבורה.
- [2] חברת מקינזי. 2009. פוטנציאל הפחתת פליטות גזי חממה בישראל – עקומת עלות הפחתת גזי חממה בישראל.
- [3] משרד התשתיות לאומיות, האנרגיה והמים. 2010. מדריך למשתמש בגז טבעי.
- [4] Boyko CT, Gaterell MR, Barber AR, et al. 2012. Benchmarking sustainability in cities: The role of indicators and future scenarios. *Global Environmental Change* 22(1): 245–254.
- [5] Common M. 1998. Economics and the natural environment. *Journal of Economic Studies* 25(1): 57–73.
- [6] Girardet H. 1996. *The Gaia atlas of cities: New directions for sustainable urban living*. UN-HABITAT.