

מבט מעודכן על התועלות משילוב מים מותפלים במערכת המים הארצית

אברהם טנא*, דניאל הופמן ואלירן לוי**

21% מהמוצע הרב-שנתי של סך כל מקורות המים השפירים במדינה, יש מקום לבדוק הלכה למעשה אם ובאיזו מידה אכן התממשו התועלות שנצפו בתכנית האב. זאת, על בסיס נתונים מהשטח, שנאספו במשך השנה האחרונה וכמה עבודות מחקר מעמיקות ומפורטות יותר, שבוצעו מאז הוכנה תכנית האב, לגבי המשמעויות הכלכליות למשק הישראלי של מחסור במים ושל איכות מי האספקה.

אחד ממחקרים אלו, שבוצע ע"י א. לוי עבור אגף ההתפלה של רשות המים [4], אף כימת את התועלות משיפור איכות המים כתלות באחוזי המים המותפלים בסך כל המים המסופקים במערכת הארצית. מחקר זה מאפשר לא רק להעריך את התועלות כיום, אלא גם לצפות מה תהיינה תועלות אלו בעוד כשלוש שנים, כאשר 300 מיליון מ"ק/שנה נוספים ייקלטו מהמתקנים המצויים כיום בהקמה ובהרחבה – שורק א', אשדוד ופלמחים, ובשנת 2020, כאשר, על פי תכנית האב המעודכנת של רשות המים, יותפלו כמיליארד מ"ק/שנה.

**התועלות שנחזו בתכנית האב
המקורית נבעו מתוספת המים
המותפלים למצאי המים השפירים
במערכת הארצית, משיפור איכות
מי המערכת עקב המיהול עם
המים המותפלים ומחסכונות
אנרגטיים הנובעים משני אלו.
שווי סך כל התועלות האלו בתכנית
האב המקורית הסתכם
ב-1.50-0.85 מ"ק מים מותפלים**

מטרת מאמר זה היא לדווח על תוצאות בדיקה כזו, שבוצעה בתחילת השנה עבור אגף ההתפלה ברשות המים. עיקריו הוצגו לפני מספר שבועות, בסוף אפריל 2012, בברצלונה, בפני הכנס השנתי של האיגוד האירופאי להתפלה. חלקו הראשון מציג את התועלות הכמותיות והאיכותיות שנחזו בתכנית האב המקורית של רשות המים. חלקיו הבאים סוקרים, כמותית, את התועלות שנצפו בפועל עד כה ואת התועלות הצפויות בעתיד.

**במאמר זה נערכת השוואה
כמותית בין התועלות הנצפות
כיום והתועלות הצפויות עד סוף
העשור, לבין התועלות שנצפו
בתכנית האב המקורית של רשות
המים, שהוכנה לפני כתריסר
שנים, לשילוב התפלת מים בקנה
מידה רחב במערכת הארצית.
השוואה מתבססת על נתונים
שנאספו בשטח בשנה האחרונה,
כמו גם על עבודות מחקר חדשות,
שבדקו את המשמעויות הכלכליות
של מחסור במים ושל שיפור
איכות מי המערכת הארצית על
מגזרי הצרכנים השונים ועל
המשק בכללותו**

הקדמה

תכנית האב לשילוב מתקני התפלה בקנה מידה גדול במערכת המים הארצית, שהוכנה על ידי אדן טכנולוגיה ויעוץ כלכלי בע"מ ב-1997, עבור רשות המים, שאפה לא רק למזער את עלויות המים המותפלים – בין היתר על ידי מיקום אופטימאלי של המתקנים וניצול מרבי של תשתיות קיימות, לרבות תשתיות המערכת הארצית שתקלוטנה את המים המותפלים – אלא גם להשיא את תועלותיהם. חלק מהתועלות, בפרט אלו שנבעו מהדרישות המחמירות לאיכות המים המותפלים שהציבה רשות המים, הצדיקו, על בסיס ניתוחי עלות-תועלת, ייקור מה של עלויות הפקתם [1] [2] [3].

כיום, בשנת 2012, כאשר כמויות המים המופקות משלושת מתקני ההתפלה הפועלים – אשקלון, פלמחים וחדרה – מגיעות לכ-300 מיליון מ"ק/שנה, שהם כ-42% מסך כל המים השפירים המסופקים במערכת הארצית או

* מנהל אגף התפלה, רשות המים
** אדן טכנולוגיה ויעוץ כלכלי בע"מ

התועלות שנחזו בתכנית האב המקורית של רשות המים

כימות התועלות החזויות בתכנית האב להתפלה המקורית נעשה מתוך הנחה שכמויות ואיכויות המים המותפלים שיוזנו למערכת הארצית יספיקו כדי: א) לבטל לגמרי את הפער הקיים בין הביקוש להיצע המים השפירים, ב) לרכך לגמרי את כל המים המסופקים לצרכנים הביתיים והתעשייתיים, ו-ג) לצמצם את ריכוזי הכלוריד והנתרן בקולחים העירוניים אל מתחת לרמות המרביות המותרות להשקיית כל הגידולים החקלאיים, ללא מגבלות.

אילולא כמעט 800 מיליון מ"ק של מים מותפלים שמתקני ההתפלה ספקו למערכת הארצית בששת השנים האחרונות, היה הגרעון באוגר הטבעי בשנים אלו מגיע ל-1,545 מיליון מ"ק ומביא לפריצת כל הקווים השחורים. בשנים 2009-2010 אפשרה תרומת מתקני ההתפלה לשנות את מגמת הגרעון ולהגדיל את נפח האוגר, כלומר להעלות מפלסים

כפי שנראה בחלקו השני של המאמר, כיום, כאשר רק 300 מיליון מ"ק/שנה של מים מותפלים מוזנים למערכת, הנחות אלו והתועלות החזויות בתכנית האב המקורית טרם התגשמו. עם זאת, ב-2014, כאשר 80% מסך כל המים המסופקים במערכת הארצית יהיו מי מים מותפלים, הצפי הוא שהתועלות שתקרבנה לערכים שנצפו בתכנית האב, וב-2020, עם מיליארד מ"ק/שנה של מים מותפלים, ובין היתר גם עקב השימוש במים לפעילויות כלכליות בעלות תרומות גבוהות יותר למשק הלאומי, הן אף תעלינה על התחזיות. התועלות מהמים המותפלים נובעות מתוספת כמויות המים המותפלים למצאי המים השפירים, מאיכותם גבוהה, המשפרת ע"י מיהולם עם מקורות המים הטבעיים את איכות מי האספקה, ומחסכונות אנרגטיים הנובעים הן מכמויות המים המותפלים והן מאיכותם.

התועלות הנובעות מתוספת כמויות המים המותפלים

התועלות הנובעות מתוספת כמויות המים המותפלים כוללות:

- הגדלת אמינות אספקת המים לכל מגזרי הצרכנים
- מניעת צמצום הפעילות הכלכלית והתוצר הלאומי עקב מחסור במים
- צמצום השאיבות ממאגרי המים הטבעיים כדי לאפשר העלאת מפלסיהם אל מעבר לקווים האדומים ומניעת המלחת ע"י חדירת מי ים ומים מליחים.

צריכים לזכור גם שכל מ"ק נוסף של מי מים מותפלים המסופק לצרכנים עירוניים תורם 0.6-0.7 מ"ק של קולחים המשמשים להשקיה חקלאית ולגיבון. כימות התועלות מצמצום הפער בין הביקוש לאספקה ע"י תוספת המים המותפלים התבססה בתכנית האב על ההכנסות מהפעילות הכלכלית הכי פחות רווחית שלא צומצמה עקב מחסור במים. פעילות זו הייתה חקלאות

(ההנחה הייתה שהקצאות המים לשימושים ביתיים, תעשייתיים, ומסחריים, לרבות תירות, לא יצומצמו), ובמסגרת חקלאות הגידולים הכי פחות רווחיים ליחידת מים.

שווי סך כל התועלות מתוספת המים מותפלים הוערך בתכנית האב המקורית, על סמך נתונים מהספרות, בכ-0.45 שו"מ/מ"ק מים מותפלים, אך היה ברור שערך זה הוא שמרני, כיון שהתבסס על גידולים וצריכות מים היסטוריים. הצפי היה שהמעבר לשיטות השקיה יעילות יותר (ולא רק דרך טפטפות) ולגידולים בעלי ערך גבוה יותר מאז פורסמו נתונים אלו יכפיל, לפחות, ערך זה.

התועלות הנובעות מאיכותם הגבוהה של המים המותפלים

התועלות הנובעות מאיכותם הגבוהה של המים המותפלים כוללות:

- צמצום קשיות מי האספקה, וע"י כך: א) צמצום קצבי הבנות אבנית במחממי מים, צנרות מים, ציוד ואביזרים ביתיים ותעשייתיים, ב) צמצום צריכות סבונים, דטרגנטים וכימיקלים לסילוק אבנית, ג) שיפור איכות ביצועי מכונות כביסה ומדיחי כלים.
- צמצום ריכוזי הכלוריד והנתרן בקולחים המשמשים להשקיה, וע"י כך: א) צמצום הכמויות הנדרשות להשקיה, ב) שיפור בתנובת בגידולים, ג) צמצום הנזקים לקרקע.

כדי להשיא תועלות אלו, קבעה תכנית האב שתינתן עדיפות לספק את המים המותפלים למערכות העירוניות, כדי שהצרכנים הביתיים, התעשייתיים והמסחריים, הניזוקים העיקריים מקשיות המים (והמשלמים את התעריפים הגבוהים יותר עבורם), יהיו אלו שיהנו מריכוך מי האספקה שלהם. צרכנים אלו הם גם המקור העיקרי של הקולחים שמופנים להשקיה, וצמצום רמות הכלוריד והנתרן במי האספקה שלהם יוביל בהכרח לצמצום מקביל בריכוזי יסודות בעייתיים אלו בקולחיהם, לתועלת החקלאים.

עלות המים המותפלים כיום, בשער מתקני ההתפלה, היא 2.62-2.17 שו"מ/מ"ק. על פי אחד המחקרים, מחיר הצל של מים לחקלאות בישראל הוא 2.6 שו"מ/מ"ק

שווי סך כל התועלות מריכוך מי האספקה העירוניים הוערך בתכנית האב המקורית ב-0.50-0.17 שו"מ/מ"ק מים מותפלים, כתלות בקשיות המים הטבעיים באזור הנתון וביחסי המיהול של מים אלו עם המים המותפלים (הערה: שווי התועלות מריכוך מים עירוניים הוערך בארה"ב בסכום גבוה הרבה יותר - 1.85-1.5 שו"מ/מ"ק).

זו עלות ריכוך מים דרך מתקני סינון-ננו בכמה עיירות שם, בעיקר בפלורידה, על פי דו"ח שפורסם ע"י Bureau of Reclamation [5]. אמנם בכמה מעיירות אלו היו תועלות נלוות, כגון סילוק צבע ומזהמים שונים, אך העובדה היא שן היו מוכנות לשלם סכומים כאלו על מנת לרכך את מימיהן)

התועלות למגזר החקלאי מצמצום רמות הכלוריד והנתרן בקולחים המשמשים אותו הוערכו בהתאם (כלומר, שוב כתלות באיכויות המים הטבעיים באזור ויחסי המיהול שלהם עם המים המותפלים) ב-0.18-0.08 שו"מ/מ"ק.



איור 2 - נזקי אבנית טיפוסיים בצנרת מים ביתית



איור 3 - נזקי אבנית טיפוסיים לגופי חימום מים ביתיים

ב-2014, כאשר כ-600 מיליון מ"ק/שנה של מי ים מותפלים יסופקו למערכת הארצית. לא תהיה שום מגבלה כמותית לכל פעילות כלכלית, המסוגלת ומוכנה לשלם את העלות השולית של ייצור ואספקת צריכות המים שלה

התועלות שנחזו בתכנית האב המקורית נבעו מתוספת המים המותפלים למצאי המים השפירים במערכת הארצית, משיפור איכות מי המערכת עקב המיהול עם המים המותפלים ומחסכונות אנרגטיים הנובעים משני אלו. שווי סך כל התועלות האלו בתכנית האב המקורית הסתכם ב-0.85-1.50 שו/מ"ק מים מותפלים.

סקירה כמותית של התועלות שנצפו בפועל עד כה

התועלות הנובעות מתוספת כמויות המים המותפלים
הצורך בתוספת כמויות המים המותפלים למערכת האספקה הארצית וחישיבות תוספת זו בהיבט ההידרולוגי מוצגים בברור בטבלה 1. הטבלה

התועלות האנרגטיות

התועלות האנרגטיות הן:

- חסכונות בשאיבת מי הכנרת דרך המוביל הארצי אל המרכז והדרום. מתקני ההתפלה, הקיימים והמתוכננים, ממוקמים לאורך הים התיכון, בסמוך לריכוזי האוכלוסין הגדולים בישראל, אליהם, בעיקר, כאמור לעיל, יועדו המים המותפלים (ראו איור 1).
- חסכון באנרגיית השאיבה לחלוקת המים לצרכנים העירוניים. זאת, כיון שללא צמצום שטחי הזרימה בצנרות, שנגרם על ידי היבנות שכבות אבנית, ידרשו לחצי שאיבה נמוכים יותר (ראו נזקי אבנית טיפוסיים בצנרות ביתיות באיור 2).
- חסכונות בצריכות האנרגיה של מחממי מים, מכונות כביסה ומדיחי כלים ביתיים, כתוצאה מאי היבנות אבנית על גופי החמום (ראו נזקי היבנות אבנית טיפוסיים על גופי חימום ביתיים באיור 3).

שווי סך כל התועלות האנרגטיות למשק המים ולצרכנים העירוניים הוערך בתכנית האב המקורית ב-0.15-0.25 שו/מ"ק מים מותפלים.



איור 1 - מפת ריכוזי האוכלוסין ומתקני התפלת מי הים שיפעלו בשנת 2014

שווי סך כל התועלות שנחזו בתכנית האב המקורית

שווי סך כל התועלות שנחזו בתכנית האב המקורית מתוספת המים המותפלים, משיפור איכות מי האספקה ומחסכונות אנרגטיים הסתכם ב-0.85-1.50 שו/מ"ק. כיוון שהצפי לעלות מי הים המותפלים היה בין 2.2 ל-2.7 שו/מ"ק, הונח שתועלות אלו תמתנה את השפעת ייקור מחירי המים עקב התווספות העלויות החדשות האלו על הצרכנים השונים ועל המשק הלאומי בכלל ב-40-50%.

אחוז מי הים המותפלים בסך כל מי האספקה גדל בעקביות בשנים אלו, מ-7.5% ב-2006, כאשר המתקן באשקלון החל לפעול, עד ל-21% ב-2010, כאשר כל שלושת מתקני ההתפלה, באשקלון, פלמחים וחדרה פעלו - על פי הוראת מנהלת ההתפלה - במלוא תפוקתם. אילולי כמעט 800 מיליון המ"ק של מי ים מותפלים שמתקנים אלו ספקו למערכת הארצית בששת השנים האחרונות, היה הגרעון באוגר הטבעי עולה ל-1,545 מיליון מ"ק ומביא לירידה נוספת של מפלסים ולפריצת הקווים השחורים (שמעבר להם הנזק הוא בלתי הפיך). למעשה, כפי שרואים מנתוני הטור האחרון בטבלה 1, בשתי השנים 2009-2010 אפשרה תרומת מתקני ההתפלה לשנות את מגמת הגרעון, ולהגדיל את נפח האוגר, כלומר להעלות מפלסים. עם זאת, ועל אף הגדלת כמויות הקולחים הזמינים, צומצמה הפעילות

חברת מקורות, הקולטת את המים המותפלים, מוהלת אותם עם מים טבעיים ממקורות שונים ומזרימה את התמהיל לצרכנים, פועלת לפי שיקוליה ולא לפי שיקולי תכנית האב של רשות המים. כתוצאה ממדיניות זו, טבלת שעות התעו"ז וקיבולת מאגרי המערכת, ולא דרישות וצפיות תכנית האב, הם שקובעים את אחוזי המים המותפלים בתמהיל מי האספקה ואת איכותו

החקלאית בששת השנים האחרונות עקב מחסור במים. המשמעות הכלכלית של צמצום זה ניתנת להערכה תוך שימוש במחקר שבוצע על ידי הפקולטה לחקלאות של האוניברסיטה העברית [8]. על פי עבודה זו, מחיר הצל של מים לחקלאות בישראל הוא 2.6 ש"ח/מ"ק ("מחיר צל" מוגדר כמחיר המרבי שהנהלת גוף יצרני כלשהו מוכנה לשלם ליחידת תשומת ייצור שאספקתה מוגבלת"). לדעתנו מחיר זה גבוה מדי, כיוון שהוא מתייחס לממוצע הגידולים החקלאיים. בפועל, קרוב לוודאי, כפי שהוערך בתכנית האב להתפלה, רק הגידולים שמחירי הצל שלהם, כלומר התרומות מהם למ"ק של מים הכי נמוכות, הושפעו מהמחסור במים.

מסכמת, על פי נתוני השירות ההידרולוגי לששת השנים ההידרולוגיות האחרונות [6], את אחוזי הגשם השנתיים במערכת הארצית ביחס לממוצע הרב שנתי השנתי, את נפחי המילוי החוזר במערכת הארצית ואת שינוי האוגר השנתי (כולל הגריעה המצטברת באוגר).

הטבלה מראה קיטון של 10-15% בנפחי המילוי החוזר וגריעה מצטברת של 745 מיליון מ"ק באוגר המערכת הארצית (בעיקר בכנרת אך גם באקוות ההר). כתוצאה מכך, נחצו כל הקווים ההידרולוגיים האדומים, אבד נפח אגירה באקוות החוף עקב חדירת הפן הביני, והוגבר קצב המלחתו בשל חדירות מי ים ומים מליחים.

השירות ההידרולוגי חוזה קיטון נוסף של 10% בכמויות הגשם השנתיים בתוך 20 שנה, בעיקר באגנים הצפוניים.

טבלה 1 - כמויות הגשמים, נפחי המילוי החוזר והשינויים באוגר ב-6 השנים האחרונות

שנה הידרולוגית	כמות גשמים יחסית לממוצע הרב-שנתי - %	נפח מילוי חוזר במערכת הארצית - מיליון מ"ק	השינוי באוגר - מיליון מ"ק
2005-2006	89	1,185	(142)
2006-2007	82	1,180	(217)
2007-2008	70	979	(372)
2008-2009	89	946	(209)
2009-2010	96	1,188	100
2010-2011	94		95
ממוצע/סה"כ	87	1,095	(745)

תרומת מתקני ההתפלה הפועלים כיום לצמצום הפער בין הביקוש למים שפירים והיצעם ולמניעת ירידה נוספת במפלטי המים של כל גופי האוגר הטבעי מוצגת בטבלה 2, המבוססת על נתוני אגף האסדרה של רשות המים בשנים 2008-2010 [7].

רואים שהחל משנת 2009, צמצום ההקצאות למגזר החקלאי, כמו גם צמצום הצריכה הביתית בעקבות מסע הפרסום האגרסיבי לחסכון במים ובשל ייקור מחירי המים לצרכנים אלו, גרמו להקטנה של כ-11% בצריכת המים הביתית וכ-10% בצריכה החקלאית (זו נגרמה גם עקב הזמינות הגבוהה יותר של קולחים - 414 מיליון מ"ק/שנה ב-2010 לעומת 341 מיליון מ"ק/שנה ב-2005).

טבלה 2 - צריכות מים שפירים במגזרים השונים ותרומת מי הים המותפלים לאספקתם

שנה	צריכות מים - מיליון מ"ק (% מהסה"כ)					מי ים מותפלים
	ביתית	תעשייתית	חקלאית	סה"כ	מיליון מ"ק	
2005	715 (53%)	85 (6%)	548 (41%)	1,348	20	1.5
2006	737 (55%)	84 (6%)	519 (39%)	1,340	100	7.5
2007	767 (54%)	90 (6%)	551 (39%)	1,408	123	8.7
2008	759 (57%)	88 (6%)	491 (37%)	1,338	142	10.6
2009	684 (59%)	81 (7%)	403 (34%)	1,168	148	12.7
2010	689 (55%)	95 (7%)	476 (38%)	1,260	264	20.9
סה"כ					797	

של 2 מ"ג/ל' לשנה, ובכמה אזורים בדרום, בשנים מסוימות, אף נמדדו קצבים של 9-3 מ"ג/ל'. הסיבה לכך היא ייבוא מלחים דרך השקיה במי כנרת ודרך חדירת מים מלוחים מהים ומגופים מים מליחים פנים-ארציים. סה"כ מתווספים 41,000 טון כלוריד בשנה. מי הים המותפלים משרתים בעיקר את ריכוזי האוכלוסין שמעל לאקוות החוף (ראו איור 1) וברמת ייצורם העכשווי, 300 מיליון מ"ק/שנה, לכל 1 מ"ג/ל' של כלוריד במים אלו יש פוטנציאל להוסיף 300 טון/שנה של כלוריד לאקווה זו. לו אפשרה רשות המים לבעלי הזיכיון של מתקני ההתפלה לספק מים עם ריכוזי כלוריד העונים על דרישות משרד הבריאות למי שתייה, 400 מ"ג/ל', ולא התעקשה להגבילם ל-80-20 מ"ג/ל', היו מתווספים למערכת הארצית בכל אחת מהשנים האחרונות 84,000-66,000 טון/שנה של כלוריד, ובהמשך -60% 70 מכמות זו לקולחים העירוניים.

ריכוזי הכלוריד הנמוכים נובעים גם מהדרישות המחמירות של רשות המים לגבי ריכוזי הבורן במים המותפלים - 0.3 מ"ג/ל'. אילולי דרישות אלו, עקב תוספת הבורן מהשימוש הביתי במים, היו ריכוזי הבורן בקולחים העירוניים חורגים מהריכוז המרבי המותר לגידולים חקלאיים רבים - 0.7 מ"ג/ל'. השגת ריכוז הבורן הנדרש מחייבת לתכנן את כל יחידות האוסמוזה הפוכה במתקני ההתפלה כך שיקלו מעבר כפול דרך הממברנות - תכנון המסלק גם את רוב יוני הכלוריד.

תוספת העלות עקב תכנון זה מוערכת בכ-0.22 ש"מ/ק. רשות המים סבורה שהיכולת לנצל את הקולחים העירוניים להשקיה ללא מגבלות ומניעת חדירת עשרות אלפי טונות של כלוריד למערכת הארצית, לקולחים העירוניים ובסופו של דבר לקרקע ולמי התהום מצדיקים תוספת עלות זו.

מוצר בקשיות של 80-120 מ"ג ל' כפחמת הסידן. כפי שרואים מטבלה 4, מים אלו עדיין רכים דיים כדי לצמצם את קשיות מי האספקה, בעיקר בישובים בהם אחוז המים המותפלים בתמהיל מי האספקה גבוה, באר שבע, אשקלון, קריית גת ונס ציונה (נתוני מי הכנרת מובאים בטבלה 4 רק לצורך השוואה). גם ריכוזי הכלוריד ירדו משמעותית בישובים אלו.

הצמצום בקשיות וברמות הכלוריד במי כל הישובים האלו היה משמעותי יותר, לו מומשה אחת מדרישות תכנית האב - שהמים המותפלים יסופקו בעדיפות ראשונה לצרכנים העירוניים - הניזוקים העיקריים מקשיות מי האספקה הטבעיים ויצרני רוב הקולחים המנוצלים להשקיה.

ברם, מסתבר שחברת מקורות, הקולטת את המים המותפלים, מוהלת אותם עם מים טבעיים ממקורות שונים ומזרימה את התמהיל לצרכנים השונים, פועלת לפי שיקוליה היא ולא לפי שיקולי תכנית האב של רשות המים. מטרת מקורות היא לא להשיא את תועלות לקוחותיה מהאיכות הגבוהה של המים

מחקר נוסף, שבוצע עבור רשות המים על ידי אוניברסיטת חיפה והאוניברסיטה העברית [9], מספק כלי מדויק יותר להערכת נזקי המחזור לחקלאות ולזיהוי אלו גידולים (מתוך 45 שנבחנו) באילו אזורים (מתוך 25 שנקבעו) יקוצצו. המחקר פיתח מודל המבוסס על הפריון והתפוקה של כל גידול, בכל אזור, כתלות בכמויות ובמליחויות המים שיועמדו לרשות החקלאים. המחקר בדק באמצעות כמה סימולציות את ההשפעה של מחירי כל אחד מארבעת סוגי ואיכויות מי ההשקיה הזמינים לחקלאים (מים שפירים, קולחים באיכות גבוהה, אחרי טיפול קרקע-אקוויפר, קולחים באיכות שלישונית ומים מליחים) על היקף רווחיות הפעילות החקלאית, היקפי השימוש בקרקע, טכנולוגיות ההשקיה שתיבחרנה ועוד כמה משתנים. מסקנת המחקר: כמויות המים שישמשו את החקלאים צריכות להיקבע לא על ידי הקצאות אלא על ידי מדיניות מחירי המים.

מחקר רלבנטי אחר [10] הראה שמתחת להקצאת מים מינימאלית מסוימת, הנזק לחקלאים יחרוג מאבדן תוצרת חקלאית ויביא לייבוש פרדסים, מטעים וכרמים. שיעורי הנזק שחושבו נעו בין 3.64 ל-8.0 ש"מ/ק, וזה יהיה התחום שחקלאים יהיו מוכנים לשלם עבור מים עד לכמות מינימאלית זו.

כדי לתת פרופורציה למספרים אלו, ראוי להזכיר ש:

- עלות המים המותפלים כיום (ינואר 2012), בשער מתקני ההתפלה (כלומר ללא עלות חיבורם למערכת הארצית וחלוקתם לצרכנים) היא 2.17-2.62 ש"מ/ק;
 - מחירי אספקת מים שפירים לחקלאים ע"י חברת מקורות כיום, כולל מע"מ, הם 2.079 ש"מ/ק עבור כמות א', 2.375 ש"מ/ק עבור כמות ב', ו-2.972 ש"מ/ק עבור כמות ג'.
 - מחירי קולחי השפד"ן לחקלאים כיום הם 1.130 ש"מ/ק עבור הכמות בהקצאה, 1.547 ש"מ/ק עבור כל כמות חריגה של עד 10%, ו-2.243 ש"מ/ק עבור כל חריגה מעבר ל-10%.
- ראוי גם לציין שלצמצום החקלאות בישראל, כמו גם במדינות אחרות, יש לא רק ממדים כלכליים, אלא גם ממדים חברתיים, פוליטיים וביטחוניים. אלו לא כומתו במושגים כספיים בתכנית האב, אך חשיבותם הוכרה והוזכרה.

התועלות הנובעות מאיכותם הגבוהה של המים המותפלים

טבלה 3 מציגה את דרישות המינימום החוזיות לאיכות המוצר מכל אחד ממתקני ההתפלה הקיימים והנבנים כיום. איכות המים שסופקה בפועל משלושת המתקנים הפועלים עלתה עד כה על דרישות מינימום אלו. חשיבות הרמות הנמוכות של כלוריד במים המותפלים ברורה. על פי נתוני השירות ההידרולוגי [11], ריכוזי הכלוריד באקוות החוף עולים בקצב ממוצע

טבלה 3 - דרישות המינימום החוזיות לאיכות המוצר ממתקני ההתפלה הקיימים והנבנים כיום

פרמטר	יחידות	אשקלון	פלמחים	חדרה	שורק	אשדוד
תפוקה	מיליון מ"ק בשנה	120	45	125	150	100
כלוריד	מ"ג/ל'	>20	>80	>20	>20	>20
בורן	מ"ג/ל'	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
מוצקים מומסים	מ"ג/ל'	300	>450	>270	>300	>300
קשיות	מ"ג/ל' כ-CaCO ₃	>80	80-120	80-120	80-120	80-120
אלקליניות	מ"ג/ל' כ-CaCO ₃	--	--	>80	>80	>80
אינדקס לנגלייה	--	-0.5-0.5	0-0.5	0-0.5	0-0.5	0-0.5
עכירות	יע"נ	>0.5	>0.5	>0.5	>0.5	>0.5
ערך הגבה	--	7.5-8.5	7.5-8.5	7.8-8.5	7.8-8.5	7.8-8.5

טבלה 4 - איכויות מי האספקה העירונית לפני ואחרי שילוב מתקני ההתפלה במערכת הארצית

מוצקים מומסים	אלקליניות		בורן	כלוריד		שנה	מקום
	מ"ג/ל'	מ"ג/ל' כ- CaCO_3		מ"ג/ל'	מ"ג/ל' כ- CaCO_3		
587	109	244	0.05	238	2005	ים כנרת (להשוואה)	
630	120	268	0.07	251	2006		
610	120	264	0.12	258	2008		
685	122	279	0.1	275	2010		
660	161	279	0.17	225	2005	באר שבע	
417	113	184	0.27	119	2006		
407	106	153	0.23	111	2008		
274	60	103	0.3	56	2010		
562	136	254	0.14	194	2005	קריית גת	
334	108	181	0.27	83	2006		
320	89	148	0.24	91	2008		
309	76	132	0.33	69	2010		
471	122	209	0.15	151	2005	אשקלון	
812	236	328	0.29	251	2006		
211	64	95	0.24	41	2008		
220	49	86	0.34	31	2010		
574	169	279	0.11	161	2005	ירושלים	
642	261	323	0.18	157	2006		
551	205	297	0.12	160	2008		
492	212	280	0.15	121	2010		
610	132	259	0.12	225	2005	נס ציונה	
676	229	353	0.19	192	2006		
446	117	208	0.22	152	2008		
355	88	162	0.29	121	2010		
620	153	274	0.12	205	2005	תל אביב	
624	142	281	0.08	221	2006		
629	167	286	0.15	228	2008		
485	137	221	0.22	167	2010		
550	169	278	0.09	180	2005	חדרה	
519	241	323	0.06	112	2006		
548	196	301	0.09	175	2008		
424	241	289	0.13	71	2010		

את תכנון כל מתקני ההתפלה הקיימים עם עודף כושר ייצור, כדי לאפשר הפעלתם במשטר ייצור המנצל תעריפים אלו). כתוצאה ממדיניות זו של חסכון בעלויות האנרגיה, טבלת שעות התעו"ז וקיבולת מאגרי המערכת, ולא דרישות וצפיות תכנית האב, הם שקובעים את אחוזי המים המותפלים בתמהיל מי האספקה ואת איכותו, ומה שחשוב לא פחות - את יעדיהם של המים המותפלים. כמויות גדולות של מים מותפלים מגיעות, לפיכך, למגזר החקלאי, ולא רק - או בעיקר - לצרכנים הביתיים והתעשייתיים.

המותפלים, אלא למזער את עלויותיה. מזעור עלויות עבור מקורות פירושו בעיקר ניצול מחירי תעו"ז כדי לצמצם את עלויות האנרגיה לשאיבה [12]. תמהיל מי האספקה נשאב ע"י החברה למאגרי המערכת הארצית בשעות השפל, כאשר תעריפי החשמל נמוכים, ומזרם לצרכנים בגרביטציה בעיקר בשעות הפסגה והגבע, כאשר התעריפים יקרים יותר (תעריפי שעות השפל כיום הם רק כשליש מתעריפי שעות הגבע וכמעט חמישית מתעריפי שעות הפסגה). רום המאגרים מספיק כדי לאפשר תפעול כזה, שהוא למעשה סוג של "אגירה שאובה". (אגב, הפערים הגדולים בתעריפי התעו"ז הצדיקו

שווי סך כל התועלות משיפור איכות מי האספקה כיום, כאשר תפוקת כל מתקני התפלת מי הים יא כ-300 מיליון מ"ק/שנה, הוערך במחקר שבוצע ע"א. לוי עבור אגף ההתפלה של רשות המים [4] בכ-0.42 שו"מ/ק. שווי סך כל התועלות משיפור איכות מי האספקה כיום מוערך בכ-0.42 שו"מ/ק.

סקירה כמותית של התועלות הצפויות בעתיד

התועלות הנובעות מתוספת כמויות המים המותפלים

הפערים בין הביקוש להיצע מים שפירים, שהטרידו את משק המים בישראל כבר יותר מעשרים שנה וגרמו לשאיבות יתר מכל מקורות המים הטבעיים ולהשחתתם, צפויים להגיע לקיצם ב-2014, כאשר כ-600 מיליון מ"ק/שנה של מי ים מותפלים יסופקו למערכת הארצית. לא תהיה שום מגבלה כמותית לכל פעילות כלכלית, המסוגלת ומוכנה לשלם את העלות השולית של ייצור ואספקת צריכות המים שלה.

ב-2020, כאשר על פי תכנית האב המעודכנת של רשות המים (משנת 2011) תגיע אספקת מי הים המותפלים למיליארד מ"ק/שנה, ניתן יהיה כבר להתחיל לשקם את כל גופי המים הטבעיים ע"י העלאת מפלסיהם. אמינות אספקת המים מהמערכת הארצית, לכל מגזרי הצרכנים, תגיע ליעד שנקבע בתכנית האב המקורית - לפחות 90%.

התועלות הנובעות מאיכותם הגבוהה של המים המותפלים

השיפורים העכשוויים והצפויים על ציר הזמן עד לשנת 2015 באיכות מי האספקה של שני מרכזי האוכלוסין הגדולים ביותר בארץ, כתוצאה מתוספות מי ים מותפלים, מוצגים באיורים 4 ו-5 [4]. האיורים מניחים שעד 2014, 80% מאספקת המים לתל אביב ו-60% מאספקת המים לירושלים תגיע מהתפלה, ועד שנת 2015 יגיעו אחוזים אלו, בשתי הערים, ל-90%. קשיות המים בשתי הערים תרד לרמה של 120-100 מ"ג/ל' כפחמת הסידן - כלומר, המים יהיו רכים, וריכוזי הכלוריד ירדו לרמה של 30 מ"ג/ל'. ריכוזי הכלוריד בקולחים שיופקו משפכי הערים צפויים לרדת, במקביל, לרמה של 180-220 מ"ג/ל', שפירושה - בהנחה שכמויות הקולחים שתנוצלנה להשקיה בשנת 2015 תגיענה לכ-500 מיליון מ"ק/שנה - שכמויות כלוריד שתגיענה לקרקע ובסופו של דבר למי התהום יצומצמו בכ-100,000 טון/שנה, והתפוקה החקלאית ליחידת קולחים תשתפר. כל התועלות שנצפו לצרכנים הביתיים, התעשייתיים והחקלאיים בתכנית האב המקורית יושגו. שוויין בשנת 2015 יגיע, על פי מחקרו של א. לוי, לכ-0.45 שו"מ/ק, ובשנת 2020, כאשר מיליארד מ"ק/שנה של מים מותפלים יתווספו למערכת, לכ-0.47 שו"מ/ק.

סיכום

הכלכלה הלאומית וצרכני המים בישראל נהנים כבר היום מתוספת משמעותית למערכת המים הארצית של מי ים מותפלים באיכות גבוהה - התורמת, בהמשך, כמויות נוספות של קולחים במליחות נמוכה. עם זאת, התועלות שנצפו בתכנית האב להתפלה, שהוכנה לפני יותר מעשור, ביניהן: אמינות אספקה ותוצר לאומי גבוהים יותר, צמצום קשיות ונזקי אבנית, ועוד - מומשו רק חלקית עד כה. הן תמומשה במלואן תוך שלוש שנים, כאשר כל מתקני ההתפלה המצויים כעת בשלבי הקמה, יושלמו ויתחילו לפעול.

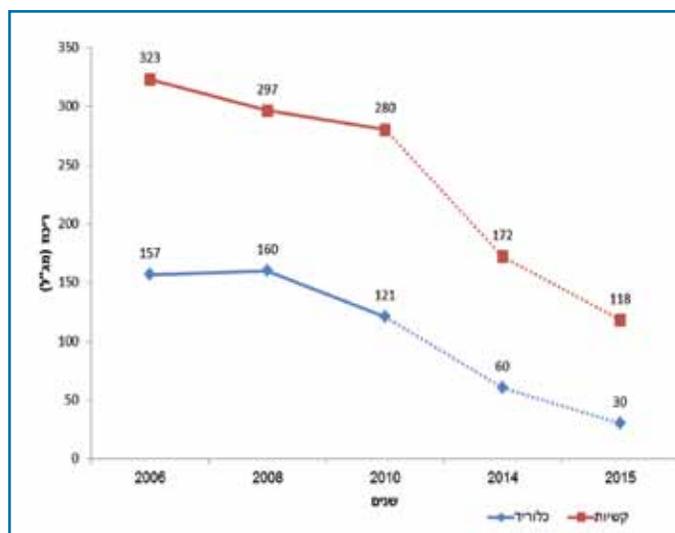
שווי התועלות משיפור איכות מי האספקה למגזרים השונים, לרבות איכות הקולחים להשקיה, יגיע אז לכ-0.45 שו"מ/ק. שווי התועלות מהגדלת

אמינות האספקה והתוצר הלאומי יגיע אז לפחות ל-0.90 שו"מ/ק. **N** רשימת מקורות בבליוגרפיים ניתן למצוא במערכת ואצל מחברי המאמר.

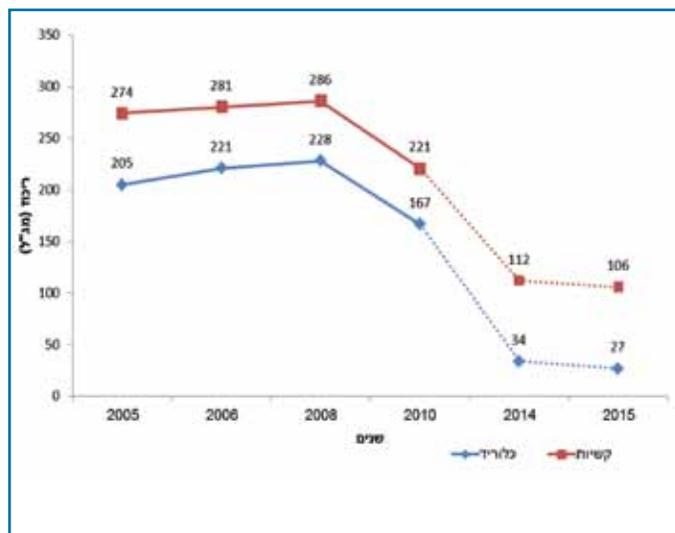
עם זאת, כפי שרואים בטבלה 5, השיפור באיכות מי האספקה העירוניים מאז החלו מתקני ההתפלה לפעול הספיק כדי לצמצם ב-55%-30 את רמות הכלוריד בשפכים העירוניים ובקולחים המופקים מהם ומסופקים להשקיה.

טבלה 5 - ריכוזי כלוריד בקולחים עירוניים לפני ואחרי שילוב מתקני ההתפלה במערכת הארצית - מ"ג/ל'

מט"ש	2010	2008	2006	2005	2004
חדרה	257	301	295	268	332
גוש דן	265	---	287	---	317
אשקלון	---	257	251	298	278
קריית גת	---	197	209	345	394
שדרות	---	285	284	364	534
באר שבע מערב	---	378	237	335	411
ערד	224	211	239	280	336
דימונה	---	197	216	342	431



איור 4 - שיפורים עכשוויים וצפויים במי האספקה של ירושלים כתוצאה מתוספת מים מותפלים



איור 5 - שיפורים עכשוויים וצפויים במי האספקה של תל אביב כתוצאה מתוספת מים מותפלים