

סיניה נתניהו

המדענית הראשית, המשרד להגנת הסביבה

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

נתניהו ס. 2017. התפלת מי ים – חוסן, אתגרים וסיכונים. *אקולוגיה וסביבה* 8(4): 38–47.



בעקבות דליפת שמן מצינור ימי של תחנת הכוח 'אשכול' באשדוד בינואר 2017 הופסקה למשך יומיים פעילותם של שני מתקנים להתפלת מי ים (מתוך חמשת המתקנים הגדולים הקיימים) | צילום: אביב קורט, באדיבות צלול

התפלת מי ים – חוסן, אתגרים וסיכונים

8 בדצמבר, 2017

גיליון חורף 2017 / כרך 8(4) / ניהול משק המים

[סקירות](#)

תקציר

משק המים בישראל מתנהל ב"מצב חירום" מעת לעת ולאורך השנים. מציאות זו מצריכה יכולת דינמית להסתגלות למצב באמצעות שינויים במתן הקצאות מים ובניהול מקורות ההיצע. הסיבות למצב זה רבות ומגוונות: אירועי בצורת ממושכת, התדלדלות של כמויות המים במאגרים הטבעיים בישראל בשל מה שלעיתים הוגדר כשאיבת "יתר", התדרדרות איכות המים הטבעיים באקוות בשל זיהומים ממקורות עירוניים (שפכים ואתרי פסולת), חקלאיים ותעשייתיים, חדירת מי ים וסגירת בארות להפקת מים בשל איכות מים לא תקינה. במטרה לצמצם את פערי הביקוש למים ביחס להיצע קבעה הממשלה, בהחלטות שונות, כי על ישראל להיערך להתפלת מי ים. לנגד עיני מקבלי ההחלטות עמדו ההשלכות של שאיבת יתר של מי כינרת ומאגרי מי תהום, קרי המלחת מקורות אלה והצורך בשיקום ובשמירה על מפלסים רצויים.

התועלת בייצור מים באמצעות מתקני ההתפלה אינה מסתכמת רק בצמצום פערי המחסור במים, באפשרות שיקום מאגרים ובשמירה על מפלסיהם. להתפלה גם תועלת בשיפור איכות המים על-ידי הפחתת המליחות של המים הטבעיים באמצעות מיהול עם מי מוביל ומי בארות, וכן צמצום הצורך בייבוש שטחי חקלאות וגנים ומניעת הרס מקורות המים הטבעיים והמערכות האקולוגיות הטבעיות שבסמיכות.

לא ניתן להתווכח עם הצורך וההצלחה של ישראל ביצירת חוסן לאומי בתחום אספקת המים. כיום ישראל ערוכה במידה ראויה ביותר לשינוי אקלים ובצורות מבחינת אספקת מים לשתייה ולתעשייה. עם החרפת שינוי האקלים באזור, הגידול בביקוש למים והתדלדלות כמות מקורות המים הטבעיים ואיכותם, יהיה על ישראל להגביר מאמצים ולהגדיל את כושר הייצור של המים המותפלים.

עם זאת, אין להתעלם מכך שלבניית חוסן דרך עצמאות לאומית בייצור מים לשתייה יש גם היבטים המציבים אתגרים, ואפילו יוצרים סיכונים שביכולתם לערער את החוסן שנבנה בישראל בעשור וחצי האחרונים. בין האתגרים והסיכונים

אפשר למנות השפעות סביבתיות שליליות בים וביבשה בעקבות הקמת המתקנים, יניקת המים מהים והזרמת הרכז לים; פגיעות המתקנים בשל כשלי תפעול טכניים, בשל חשיפה למתקפות סייבר ולאירועים ביטחוניים, בשל תלות באיכות מי המקור ובשל חשש מפני אירועי זיהום ים; שמירה על איתנות פיננסית וצמצום הריכוזיות של בעלי המתקנים; שמירה על בקיאות טכנולוגית ומדעית לנוכח הפקדת מרבית הייצור בידי גורמים פרטיים. כמובן שחלק מהאתגרים והסיכונים הם גם של החברות הפרטיות בעלות המתקנים, אך האחריות הכוללת לאבטחת אספקת מים לצורכי ישראל נותרת בידי המדינה.

ייצור רחב היקף של מים מותפלים בעשורים הבאים יציב אתגר נוסף עבור מדינת ישראל, והוא התמודדות עם כמויות שפכים עצומות. סך הביקוש למים בחקלאות בישראל אינו צפוי להתפתח באותו קצב שהביקוש למים לשתייה יתפתח. יתר על כן, בראייה ארוכת טווח, היקף החקלאות אף עלול להצטמצם בשל התחרות על השימוש בקרקעות, הערך החלופי של הקרקע בישראל ומחיר תשומות המים בחקלאות (השפירים והמושבים). לכן, עלול להיווצר מצב שבו המודל הכלכלי, שהכדאיות הכלכלית של הטיפול בשפכים והשבתם לקולחים לצורכי השקיה (לפי התקן הנוכחי) נשענת עליו – יקרוס. תרחיש זה פותח מספר הזדמנויות שיש לבחון את היתכנותן לעומק, ובהן: שיתוף פעולה אזורי בסחר במים מושבים להשקיה מעבר לשיתוף הפעולה הקיים כיום במסגרת הסכמים דו-צדדיים בנושא מים לשתייה; טיפול בשפכים והשבת הקולחים לרמת טובה יותר המתאימה לאספקת מים לשתייה, לתעשייה ואף לטבע.

מבוא

לאורך השנים קיבלה ממשלת ישראל מספר החלטות ממשלה בדבר הקמת מתקני התפלה. בין ההחלטות ניתן למנות את החלטת ממשלה מס' 4895 משנת 1999 המורה על הצורך בהיערכות להתפלת מים לשתייה, החלטת ועדת השרים לענייני חברה וכלכלה משנת 2003 בעניין הקמת שבעה מתקני התפלה עד 2004 שיספקו 315 מיליון מטר קוב מדי שנה (להלן: מלמ"ש), מים, מתווה התפלה בהחלטת הממשלה משנת 2000 בעניין הקמת מתקן התפלה של 50 מלמ"ש בחוף הדרומי, החלטת הממשלה מס' 1882 משנת 2007 להקמת מתקני התפלה בהיקף כולל של כושר ייצור של 505 מלמ"ש והחלטת הממשלה מס' 3533 משנת 2008 שקבעה כי יש להגדיל את היקף זה ל-750 מלמ"ש עד לשנת 2020. כפי שניתן ללמוד מ**טבלה 1**, ההחלטות מומשו והיעדים הולכים ומושגים.

טבלה 1. השימוש במים מותפלים ותחזית השימוש בהם (מלמ"ק) [12]
נתוני 2005–2014 מבוססים על שימוש בפועל, ואילו נתוני 2015–2020 מבוססים על תחזית שנערכה בעת עריכת הטבלה.

שם המחלק	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
אילת	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
אשקלון	115	115	115	115	115	115	80	117.5	120.6	120	120	113	111.5	105	100	20
פלמחים	90	90	90	90	90	90	65	69	47.6	46	45	37	30	15		
חדרה	127	127	127	127	127	127	85	125.5	142.7	127	120	20				
אשדוד	100	100	100	100	100	100										
עורק	150	150	150	150	150	150	120	40								
הגליל המערבי	50	50	50													
סך הכול	635	635	635	585	585	585	353	355	313.9	296	288	173	144.5	123	103	23

טבלה 1

השימוש במים מותפלים ותחזית השימוש בהם (מלמ"ק) [12]

נתוני 2005–2014 מבוססים על שימוש בפועל, ואילו נתוני 2015–2020 מבוססים על תחזית שנערכה בעת עריכת הטבלה.

מערך מתקני התפלת מים לאורך חופי הים התיכון בישראל וייצור מים שתייה באמצעותם מקנים למדינת ישראל מידה רבה של רווחה. הטמעת הטכנולוגיה להתפלת מים ים כחלק ממערך אספקת המים הלאומי לצורכי שתייה ותעשייה שחררה את ישראל מתלות בלעדית בזמניות משאבי מים טבעיים ומהאי-ודאות הכרוכה בכך [13].

מחקרים קובעים כי בשנים האחרונות נרשם גירעון משקעים מצטבר, מהחמורים שהתרחשו ב-90 השנים האחרונות. בעיקר נמצא כי ניכרת מגמת ירידה בכמויות המשקעים באגן ההיקוות של הכינרת, שהוא מקור המים הבודד הגדול במדינה מבחינת

פוטנציאל המיליון החוזר מגשם. גם לפי תרחיש מתון, לקראת סוף המאה ה-21 צפויים המשקעים לפחות בכ-20-10% בהשוואה למצב הנוכחי. משטר המים של אגן הים התיכון בכלל ושל ישראל בפרט ייפגע עם ההפחתה הצפויה בכמויות המשקעים מחד גיסא ועם הגברת ההתאדות מאידך גיסא [9, 11].

אם כך, ניכר כי שינוי אקלים ובצורות הם (וככל הצפוי ימשיכו להיות) מקור לאי-ודאות בתכנון משק המים ובתפעול מקורות אספקת המים, והם משפיעים משמעותית על פיתוח החקלאות, על איתנותה ועל מצב המערכות האקולוגיות. תנודות בכמות המשקעים ובפיזורם בין השנים ובמהלך עונת הגשמים, בשילוב החלטות תפעוליות שונות לאורך השנים שבעקבותיהן ירדו מפלסי הכינרת ומי התהום, אף משפיעות על איכות מקורות המים עצמם, כמו למשל המלחת הכינרת. מכאן, ששילוב טכנולוגיית ההתפלה עם מקורות המים הטבעיים במשק המים נותן מענה משמעותי לסוגיות הקשורות לכמות המים ולאיכותם.

הידיעה שקיימת זמינות מים ממקור טכנולוגי יציב יחסית, מאפשרת, במידה רבה, לנהל באופן אפקטיבי וגמיש יותר לחצים של המשתמשים השונים הנוגעים לדרישות להקצאת מים מגזרית. המרחב הציבורי בעיר, צרכנים ביתיים, התעשייה, החקלאות, הטבע ושכנינו – כולם נהנים בסופו של דבר מהגדלת מצאי המים ומהוודאות שבזמינותם. הגברת זמינות היצע המים מאפשרת לישראל להמשיך ולספק תמהיל של מים שפירים וקולחים למגזר החקלאי.

עם זאת, על אף קיומו של מקור טכנולוגי זה, עדיין מתבקש ניהול אחראי ביחס להגדלת היצע המים המותפלים, שכן אין פתרון טכנולוגי זה חף מעלויות ישירות ועקיפות. יש צורך בהמשך ניהול קפדני ואחראי של משק המים. למשל, בשל הביקושים למים לחקלאות באגן הכינרת מחד גיסא ולנוכח הירידה במפלס הכינרת והמלחתה הגוברת מאידך גיסא, עלו לאחרונה רעיונות ביחס להובלת מים מותפלים למילוי הכינרת. לכאורה, לא ניכרת הצדקה להזרים מים מותפלים לכינרת (עלויות ייצור והובלה). נהוג היה שמהכינרת שואבים מים לטובת מערכת המים הארצית. בהינתן מחסור במים בכינרת, האופציה העומדת לבחינה ולדיון ציבורי היא לאו דווקא הזרמת מים מותפלים לכינרת, אלא גם, ואולי אף בראש ובראשונה, בחינה מחודשת של מערך החקלאות בצפון והתאמתו לתנאי האקלים החדשים (למשל סוגי גידולים). שינוי האקלים מחייב היערכות והסתגלות על פני כל הגלובוס, וישראל אינה פטורה מכך.

סך הגידול הכללי הצפוי במים המותפלים בישראל בעשורים הבאים צפוי להעמיד לרשות ישראל גם כמויות שפכים משמעותיים. כיום ניצול השפכים בישראל גבוה מאוד, ומועד, לאחר טיפול, להשקיה בחקלאות כחלופה למים שפירים. הקולחים אטרקטיביים לחקלאים בשל מחירם המופחת ביחס למים השפירים ובשל תמריץ יחס ההמרה שבין כמות המים השפירים שהחקלאי יותר עליה לעומת הכמות המוגדלת של הקולחים שהוא מקבל בתמורה לווייתור. הביקוש לכמויות מי קולחים בחקלאות מניע מנגנון כלכלי שמאפשר, נוסף על מקורות מימון באמצעות מחירי המים ותמיכות ממשלתיות, את מימון הטיפול בשפכים העירוניים והשבתם לחקלאות כקולחים. אם כך, יש להבין באיזה אופן המנגנונים הכלכליים הללו ימשיכו להיות רלוונטיים ומספיקים כאשר היצע כמות השפכים יעלה על כמות הביקוש להם, לאחר טיפול, בחקלאות. אל לישראל להיקלע למצב שבו בשל אי-כדאיות כלכלית-חקלאית של מפעלי השבת הקולחים יוזרמו שפכים לא מטופלים או מטופלים חלקית לסביבה ולטבע. באופן חלופי, צריך לבחון יצירת חלופות לקליטת המים, כמו שיתוף פעולה אזורי עם שכנינו בתחום הקולחים לחקלאות או טיפול ברמות גבוהות יותר בקולחים לטובת שימוש כמי שתייה, מים לתעשייה ומים להזרמה לנחלים ולטבע.

לצד החוסן והתועלת המופקת ממתקני ההתפלה, נוצרים אתגרים וסיכונים. עם הגברת הזמינות למים מציבים מתקני ההתפלה אתגרים סביבתיים ובריאותיים לישראל. בעוד טכנולוגיית ההתפלה שחררה את ישראל מתלות במקורות מים טבעיים מתחדשים, היא גם יצרה תלות לאומית כבירה במשאב זה. מקור המים המותפלים מספק כ-42% מכמות המים השפירים המסופקת לכל הצרכים במשק, וכ-80% מכמות המים המסופקת לצרכים הביתיים והתעשייתיים (לפי נתוני רשות המים, בשנת 2015 עמדה כמות המים השפירים לכלל השימושים במשק על 1,400 מל"ק בשנה) [12]. מתקני ההתפלה, כמו כל מתקן תעשייה או תשתית, חשופים לפגיעה בשל אירועים ביטחוניים, זיהום ים, תקלות תפעוליות חריגות כמו מתקפת סייבר, ותקלות תפעוליות שוטפות.

לכן, היום יותר מתמיד חייבת ישראל לנהל את תמהיל מקורות המים, הטבעיים והמלאכותיים, ביתר זהירות. כדי לצמצם את התלות ההולכת וגדלה בייצור מים ממתקני התפלה – תלות שיכולה להיות מתורגמת אף לאיום אסטרטגי ממש – הכרחי להמשיך ולשלב בניהול משק המים כלי ניהול הן מצד הביקוש הן מצד ההיצע. הסברה וחינוך לשימוש יעיל במים ולחיסכון, תמריצים כלכליים, מניעת זיהום מקורות מים עיליים ומי תהום ושיקומם, ייעול מערכות הולכת המים ומניעת נזילות, ניהול מי נגר, ניצול מים שוליים, שיפור מתמיד של איכות מי הקולחים ומניעת זיהום מי הים במשמעותם כמי גלם להתפלה – כל אלה דוגמאות לפעולות שנוחץ לדבוק בהמשך שילובן במשק המים.

אתגר נוסף במשק המים המותפלים הוא התחרות המוגבלת והריכוזיות המשמעותית במשק זה.



ערך מתקני ההתפלה מקנה גמישות רבה למנהלי מערכת אספקת המים בישראל | צילום: קובי גדעון, לע"מ

זושר הפקת מים מותפלים והפקה בפועל

סך כושר הפקת המים המותפלים בישראל עבור מי ים ומים מליחים עומד כיום על כ-683 מלמ"ש. מתוכם 585 מלמ"ש באמצעות חמישה מתקנים להתפלת מי ים בשיטת האוסמוזה ההפוכה – אשקלון, פלמחים, חדרה, שורק ואשדוד (איור 1). עוד 78 מלמ"ש ניתן להתפיל ממקורות מים מליחים המופקים ממי תהום מליחים, במתקנים הממוקמים באילת, בערבה, בדרום מישור החוף ובשפלת החוף באזור חוף הכרמל. באילת ניתן להתפיל 20 מלמ"ש: 3 מלמ"ש ממי ים ו-17 מלמ"ש ממקורות מים מליחים. בפועל, בשנת 2016 הותפלו בישראל 550 מלמ"ש מי ים לשימוש ביתי ותעשייתי מתוך צריכה כוללת 893 מלמ"ק בעבור שימושים אלה. עלות המים המותפלים נעה בין 2 ל-3 ש"ח למ"ק, כתלות בהסכמים של המדינה עם בעלי מתקן ההתפלה.



איור 1

ייצור מים במתקני ההתפלה

ייצור בפועל לשנים 2015–2005 ותחזית ל-2016–2020. הנתונים מתייחסים להתפלת מי ים בלבד. מקור הנתונים: אגף ההתפלה, רשות המים

היבטים סביבתיים של התפלת מים

לפעילות ההתפלה קיימות מספר השלכות סביבתיות פוטנציאליות: למשל, פגיעה בערכי טבע בחוף, באתרי נוף, בארכיאולוגיה ובהיסטוריה, פגיעה בפעילות ימית ובמתקנים ימיים אחרים, פגיעה בסביבה הימית כתוצאה מסילוק מי רכז התפלה לים, הזרמת כימיקלים שונים למי הים, פגיעה במארג המזון בנקודות יניקת המים, השפעת צנרת תת-ימית, פגיעה במערכת ההידרולוגית, יצירת מפגעי רעש, פליטות מזהמי אוויר וגזי חממה משימוש באנרגיה, שימוש בכימיקלים ובחומרים מסוכנים ואחסונם ופסולת ממברנות [4,5,6,7].

כל מתקני ההתפלה בישראל מחויבים לבצע ניטור של הסביבה הימית. הניטור הראשוני מתבצע טרם הפעלת מתקן ההתפלה, ובהמשך עם הקמת המתקן ותפעולו מתבצע ניטור שוטף. היתרי ההזרמה לים ניתנים על-ידי המשרד להגנת הסביבה, ומתחדשים אחת לשנה.

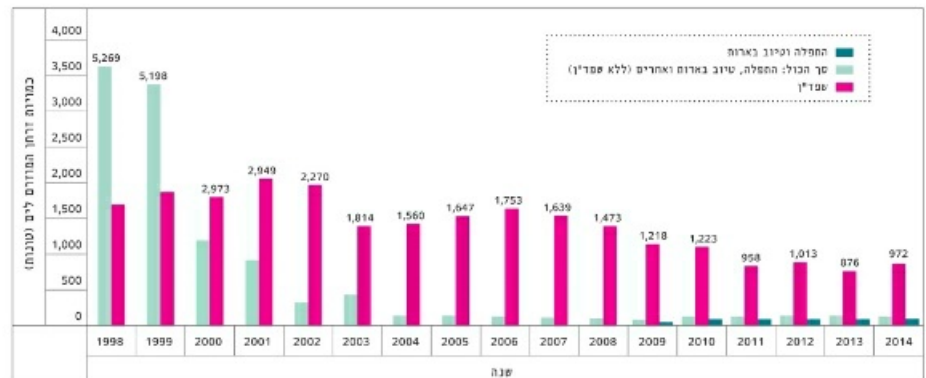
נעמוד בקצרה על ההשפעות הסביבתיות של מספר היבטים בתהליך ההתפלה.

רכז מלחים וכימיקלים

רכז המלחים הנוצר בתהליך ההתפלה מוזרם חזרה לים. בחלוף השנים חלה ירידה ניכרת בצריכת הכימיקלים במתקני ההתפלה לרבות צריכת הברזל במערכת טיפול הקדם. עם זאת, בעקבות הקמתם של מתקני התפלה לאורך החוף וטיוב בארות מים החלה נרשמת עלייה בהזרמות זרחן לים (שלא מהשפד"ן) משנת 2006, עם עלייה ניכרת יותר החל בשנת 2009 (איור 2). מקורות אלה הם 9% מכלל הזיהום הימי של זרחן בשנת 2014. נוסף על כך, מתקני ההתפלה החדשים מחויבים לטפל בתשטיפים המכילים ריכוזי ברזל, ולסלקם לאתר פינוי יבשתי במקום לים. עד היום לא נמצאו עדויות לפגיעה משמעותית בסביבה הימית, אך מאחר שישראל משמשת חלוצה בתחום ההתפלה, חשוב שנוסף על הניטור הקפדני בסביבה הימית יבוצעו מחקרים שיבחנו את ההשלכות של ההתפלה על הסביבה הימית.

בהתאם להחלטת הממשלה בנושא טכנולוגיות מים (החלטה מס' 5243 משנת 2012), חברו יחד משרדי המדע, האנרגיה, הגנת הסביבה, הכלכלה, האוצר ורשות המים ופרסמו קול קורא למחקרים בנושא. כיום עוסקות שתי קבוצות עבודה במחקרים המתמקדים בהשפעת הזרמת התמלחות ממתקני ההתפלה על הסביבה הימית. קבוצת עבודה אחת עוסקת בבחינת תפוצת התמלחות ממתקני ההתפלה על מדף היבשת הישראלי הרדוד והשפעתם על הסביבה הימית כיום ובעתיד [1], וקבוצת עבודה שנייה בוחנת את השפעת הזרמת התמלחות ממפעלי התפלה על המערכת האקולוגית בסביבה החופית הימית [2]. כמו כן, שתי קבוצות המחקר בודקות יחד את ההשפעה הסביבתית המצטברת של יניקת המים בנקודות היניקה.

איור 2. כמויות זרחן המוזרם לים
המספרים הם חישוב סך השפד"ן ועוד סך הכול ללא שפד"ן. מקור הנתונים: היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה



איור 2
כמויות זרחן המוזרם לים

המספרים הם חישוב סך השפד"ן ועוד סך הכול ללא שפד"ן. מקור הנתונים: היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית, המשרד להגנת הסביבה

ממברנות: פסולות או משאב?

בסך הכול מותקנות במתקני ההתפלה בשיטת האוסמוזה ההפוכה בישראל כ-167,000 ממברנות (טבלה 2).

אורך החיים של ממברנות ההתפלה – תהליך הגדלת אורך החיים התפעוליים של הממברנות נחקר רבות, אך בסופו של דבר, כאשר ביצועי הממברנה יורדים מתחת לרמה אפקטיבית, יש צורך בהחלפה כללית, והממברנות המשומשות הופכות לפסולת בעלת אופי מורכב לשימוש חוזר. גם בתהליך האוסמוזה ההפוכה להתפלה משתמשים בדרך כלל בממברנה, המורכבת משכבה פעילה צפופה (עשויה בעיקר מפוליאימיד [PA]), משכבת פוליסולפון נקבובית (PSf) ומבסיס פוליאסטר עבה. בתהליך ההתפלה מטופלים המים הגולמיים מראש כדי לשפר את ביצועי התהליך ולהאריך את חיי הממברנות [14]. הגדלת אורך החיים של הממברנות חוסכת הוצאות תפעול, וגם הנזק הסביבתי שבהשלכת פסולת ממברנות, מצטמצם.

גודלן הסטנדרטי של הממברנות המשמשות בארץ (כגון הדגמים הבולטים של Dow Filmtech ו-Hydronautic™) הוא 8" (או 16" במתקן ההתפלה בשורק), ואורכן כמטר. נפח ההטמנה הפוטנציאלי של כלל ממברנות ההתפלה מוערך בכ-6,197 מ"ק. על פי הערכת היצרנים, אורך חיים של ממברנה חדשה הוא כ-7–10 שנים. לפיכך, בתקופת חיי המתקן אמורות להיות מוחלפות בממוצע כ-16,000–24,000 ממברנות בשנה מחמשת המתקנים. בפועל, בין היתר מכיוון שחלק מהמתקנים הם בתחילת דרכם, מספר ההחלפות בשנת 2014 הוערך ב-6,000 ממברנות בלבד (חברת אדן, מידע בע"פ, 2014).

נזקים סביבתיים – נכון להיום מפונות רוב הממברנות ממתקני ההתפלה בארץ למתקני טיפול פסולת. שם טוחנים חלק מהמרכיבים, בעוד שהממברנה עצמה (רוב הנפח) נטמנת. לפיכך, מדובר בפעילות שאינה עומדת בקנה אחד עם עקרונות סביבתיים ובני-קיימא של צמצום ההטמנה. כמו כן, היקף הפסולת הצפוי עשוי לגדול משמעותית עם התרחבות ההתפלה בארץ.

טבלה 2. כמות הממברנות המוערכת במתקני ההתפלה

הקיימים בישראל

לפי הערכת כושר ייצור בשנת 2013. על בסיס ידע אישי

(חברת אדן, 28.9.2014) ורשות המים^[12]

המתקן	שנת הפעלה	מספר הממברנות	תפוקה (מ"ק ליום)	כושר ייצור שנתי (מלמ"ק)
אשקלון	2005	42,000	330,000	120
פלמחים	2007	28,500	93,000	90
חדרה	2009	51,000	350,000	145
שורק	2013	16,000	411,000	150
אשדוד	2015	כ-29,500	274,000	100
סך הכול	-	כ-167,000	1,458,000	605

טבלה 2

כמות הממברנות המוערכת במתקני ההתפלה הקיימים בישראל

ל פי הערכת כושר ייצור בשנת 2013. על בסיס ידע אישי (חברת אדן, 28.9.2014) ורשות המים^[12]

פליטות כתוצאה משימוש באנרגיה

צריכת האנרגיה עבור התפלת מי ים, ולכן הפליטות לאוויר בגין ייצור האנרגיה, משתנות כתלות בגורמי תפעול וטכנולוגיה של המתקן ומקורות האנרגיה שהוא צורך (מרשת החשמל הארצית או מתחנת גז מקומית). העלות החיצונית בעקבות הפליטות לאוויר שנגרמות בתהליך ייצור החשמל, צריכה להיות מופנמת במחיר החשמל. הפנמת עלויות חיצוניות במחיר של מוצר גורמת לו להתייקר, ויוצרת אצל הצרכן תמריץ נוסף להתייעלות בצריכת המוצר. כאשר העלות החיצונית של פליטות לאוויר בתהליך ייצור אנרגיה אינה מופנמת במחיר הכללי של החשמל, ניתן לראות בעלות זו קירוב לעלות חיצונית של פליטות בגין שימוש באנרגיה בייצור המים המותפלים. לשם הפשטות נניח שמקור החשמל הוא הרשת הארצית. מקובל להעריך כי בעבור ייצור של 1 מ"ק מים מותפלים מושקעים בין 2.5 ל-4.2 קוט"ש או 3.5 קוט"ש בממוצע. לפי הדו"ח הסביבתי של חברת החשמל לשנים 2014-2015, ייצור של 1 קוט"ש מביא לפליטות לאוויר של 1.34 גרם גופרית דו-חמצנית, 1.31 גרם תחמוצת חנקן, 0.04 גרם חלקיקי PM_{2.5} ו-PM₁₀ (הדו"ח אינו מציין את ההתפלגות בין שני סוגי החלקיקים, אך ניתן להעריך בקירוב כי ההתפלגות היא 25% ו-75%, בהתאמה) ו-667 גרם פחמן דו-חמצני^[10] שיוך פליטות אלה להערכת העלות החיצונית של הפליטות^[8] והכפלתן ב-3.5 קוט"ש בעבור ייצור 1 מ"ק, מביא לעלות חיצונית של פליטות מייצור אנרגיה של 60.25 אגורות לכל 1 מ"ק מים מותפלים או 602,500 ש"ח ל-1 מלמ"ק או 352.5 מיליון ש"ח בעבור 585 מלמ"ק מים מותפלים בכל שנה.

שטחים פתוחים

לבסוף, יצוין בקצרה כי הצורך הפונקציונלי של הצבת מתקני התפלה בקרבת חופי הים פוגע במערכות אקולוגיות חופיות ובבתה. נדירות השטחים האקולוגיים הללו בישראל ידועה. העלויות החיצוניות לדונם כתוצאה מהפרת שטחי חוף ובתה נאמדת במספר אלפי שקלים לדונם, כתלות בערכים הכלכליים של שירותי המערכות האקולוגיות במיקום הספציפי המופר.

חוסן אל מול אתגרים וסיכונים

אוי שהחוסן שמתקני ההתפלה מספקים לישראל ייבחן אל מול האתגרים והסיכונים שהם מציבים. החוסן שיצור

מתקני ההתפלה במערך אספקת המים בישראל תוך הפחתה משמעותית של אי-ודאות שנגרמה בעיקר בשל שינוי אקלים ובצורות ברור. אך האם חוסן זה הפחית מקורות נוספים של אי-ודאות וסיכונים?

התלות ההולכת וגדלה של כ-80% ממי השתייה והתעשייה של ישראל במתקנים אלה איננה זניחה. מתקני ההתפלה חשופים, ככל תשתית, לפגיעות, כגון פגיעה ביטחונית, להשלכות של אירועי זיהום ים, ולסיכונים תפעוליים חריגים כמו מתקפת סייבר ותקלות תפעול שוטפות. לצורך ההדגמה, נרחיב בעניין הסיכון שבאירוע זיהום ים.

בשנתיים האחרונות היינו עדים למספר אירועים של זיהום ים ממקורות שונים, שגרמו להשבת מתקני ההתפלה. בשל הזרמת קולחים ברמה נמוכה לנחל שורק במרץ 2016 הורה משרד הבריאות למפעלי מתקן ההתפלה בנחל שורק להפסיק את שאיבת המים מהים בשל הזיהום באזור חוף פלמחים. בקיץ 2016 הושבת מתקן ההתפלה באשקלון בגלל תקלות במכון השפכים של עזה, שהביאו לזיהום בכל האזור. באותה התקופה פגעה ספינה שפינתה צינורות נפט באזור נמל חיפה באחד מצינורות ההובלה הפעילים, וגרמה לכתם נפט שהביא לסגירת חופי הקריות, האזור שפועל בו כיום מתקן כפר מסריק. בינואר 2017 גרמה דליפת הנפט שאירעה בצינור המוביל נפט לתחנת הכוח באשדוד לכתם נפט שהתפשט עד לראשון לציון והביא להשבתה מיידית של שלושה מפעלי התפלה. האפשרות להשבתה קצרה או ממושכת של מתקני ההתפלה בשל זיהום ים ממקורות יבשתיים או ימיים איננה תיאורטית, ויש להיערך לה. יש להביא בחשבון גם השבתה זמנית של מתקני ההתפלה בשל תקלות באספקת מקורות אנרגיה בגין תקלות ברשת החשמל או במערך אספקת הגז הטבעי ואי-זמינות דלקים חלופיים.

למתקני ההתפלה נוכחות דומיננטית, והם מציבים אתגרים חדשים. היות שכן, עולה הצורך בהמשך העמדת הטיפול בחלופות הקונבנציונליות לטובת צמצום פערי הביקוש בניהול משק המים בראש סדר היום. חלק מהפעולות לטובת

צמצום הפגיעות והרחבת החוסן הלאומי במשק המים הן כמובן הקמת מספר מתקני התפלה ואי-הישענות על מתקן אחד או שניים. עם זאת, הפניית משאבים לטובת פעולות של ניהול הביקוש למים ופעולות נוספות הקשורות להיצע המים, קריטית יותר. מבחינת הביקוש למים נציין את הגברת פעולות ההסברה והחינוך לשימוש יעיל במים ולחיסכון ולשיפור מתמיד במנגנוני התמריצים הכלכליים של מחירי המים על פי מכסות. מבחינת ניהול היצע משק המים, נדרשים באופן מתמיד אסדרה, פיקוח ואכיפה לטובת מניעת זיהום מקורות מים עיליים ומי תהום. כמו כן, יש להמשיך לפעול למען שימור ושיקום של אקוות שמהוות אוגר (storage) מים טבעי משמעותי בישראל, טיוב מי בארות שנסגרו, ייעול מערכות הולכת המים ומניעת נזילות, ניהול משמר מי נגר, ניצול מים שוליים ושיפור מתמדי בטיפול בשפכים והשבתם כקולחים לחקלאות. כל זאת צריך להמשיך ולהיעשות תוך הקפדה על ניטור ועל מחקר ארוך טווח באשר להשפעת השימוש במים אלה על האדם, על הקרקע, על הסביבה ועל הצומח.

כאמור, הצפי לגידול בסך הביקוש למים בשל גידול האוכלוסין והמשך תחזיות קודרות על אקלים ובצורות מאלצים את ישראל להמשיך ולהיערך להגברת ייצור מים באמצעות התפלה. עם זאת, ואף על פי שאזרחי ישראל מקבלים את גובה מחירי המים כנתון, עלינו לזכור כי הפנייה להתפלת מי ים חייבת להמשיך ולהיות המוצא האחרון שלנו, ואל לנו לחסוך תשומות זמן ומשאבים אחרים בגין קידום הפעולות האחרות הנזכרות לעיל כאשר נמצא כדאיות כלכלית שמביאה בחשבון תועלת לניהול משק בר-קיימא ולא רק תועלת ישירה.

ותגר נוסף במשק ההתפלה הוא וידוא האיתנות הפיננסית של חברות ההתפלה והתמודדות עם הריכוזיות בענף. נוסף על חיזוק חוסנו של משק המים וההיערכות לפגיעות שיצרה התלות של ישראל בייצור מים מותפלים, נכון להקפיד ולהמשיך לבחון את חוסן הכלכלי של החברות בעלות המתקנים בשגרה, ולא רק בעת כריתת הסכמים בין המדינה לחברה. חוסן כלכלי של מפעלי ההתפלה הוא היבט חשוב ביותר בישראל, מאחר שהמדינה נקטה לרוב שיטה של שיתוף פעולה פרטי-ממשלתי. שיתוף פעולה זה מאפשר חלוקת סיכונים בין המגזר הפרטי לממשלה, בעוד הממשלה מעניקה רשת ביטחון לחברות באמצעות הבטחת רכישת המים המותפלים במחיר שנקבע מראש, וכן פיצוי על כל מ"ק שלא יירכש אם המפעלים יונחו לצמצם את הייצור ביחס לכושר המלא שבהסכם.

מתוך חמשת מתקני ההתפלה הקיימים בישראל, ארבעה נבנו על-ידי חברות פרטיות. שלושה מתקנים נבנו בשיטת ה-BOT ((build, operate, transfer), מתקן אחד בשיטת ה-BOO (build, operate, own), ומתקן אחד נבנה באמצעות חברת בת של חברת המים הממשלתית. הקרקעות של כל המתקנים, למעט זה שנבנה בשיטת ה-BOO, הן בבעלות המדינה. דבר זה השפיע על מחיר נמוך יחסי של המים המותפלים. יתרון נוסף שהשפיע על מחירי התפלה נמוכים יחסית, הוא היתרון היחסי שיש לחלק מהקבוצות בתחום האנרגיה (אחזקות בחשמל פרטי ובמאגרי גז טבעי).

היבט כלכלי נוסף הקשור למבנה משק ההתפלה הוא הריכוזיות במשק התפלת המים. שלושה מתקני התפלה (מתוך החמישה הקיימים) המספקים יחד כ-67% מהמים המותפלים, נמצאים בבעלות של חברה אחת (IDE). אומנם מדובר בבעלות משותפת עם חברות נוספות, אך היא אינה סותרת את עובדת הריכוזיות. בעבר נידונה אפשרות מכירת החברה לגורמים בין-לאומיים. בהקשר המדובר, הבעיה בריכוזיות או בכוח המונופול שנוצר לכאורה, אינה נוגעת בהכרח בבעיה הקלסית של החשש לתיאום מחירים. עם זאת, יצוין שכאשר ישראל הביעה לפני מספר שנים עניין בהרחבת המתקנים הקיימים, ונכנסה למו"מ מול כל אחת מחברות ההתפלה על מחיר קוב מים, היה לחברות כוח מיקוח בשל חוזקן הקולקטיבי ובזכות האסימטריה במידע שהיה ברשותן, שנבעה ממומחיות הנמצאת בידי מעטים^[11]. הבעיות העיקריות בריכוזיות במקרה זה נובעות מעצם הפקדת הייצור של משאב שהוא בבחינת אסטרטגי-חיוני בידיים פרטיות, ולכן יש להביא בחשבון את א) העוצמה המשתמעת מעצם השליטה על "ברז

הייצור של משאב, שללא עוררין ניתן לסווגו כמשאב אסטרטגי-קיומי-חיוני לכלכלת ישראל ולרווחת תושביה. לעוצמה זו השלכות ומשמעויות גם בשגרה וגם בחירום; (ב) הריכוזיות של הידע הטכנולוגי והתפעולי המשמעותי שנמצא בידי המגזר הפרטי שהמדינה תלויה בו.

הביקוש למים בישראל ימשיך ויגבר עם גידול האוכלוסייה ועם העלייה ברמת החיים. היכולת להתפיל, כמעט ללא מגבלה טכנית, מבטיחה כי כמויות המים המותפלים בעתיד יגדלו. גידול זה יביא עימו גם גידול בכמויות השפכים ואת הצורך לטפל בהם. האם יהיו ביקושים לקולחים ומה יהיה המנגנון הכלכלי לטיפול בהם? בעוד כושר התפלת מי הים בישראל עומד כיום על כ-585 מל"ש, התחזיות מנבאות העלאת היקף זה עד לכמות של 1,750 מל"ש בשנת 2050. אין ספק כי הכפלת כמות הנפשות החיות בישראל והעלייה ברמת החיים בשילוב הצפי להשפעות אקלים אזוריות, מצריכים היערכות בהיבטי ייצור מים, ועל כן, ההיערכות להרחבת ייצור מים באמצעות התפלה – חשובה. בד בבד עם ייצור המים, צפוי שנידרש להתמודד עם כמויות רבות של שפכים. לכן, נדרשת חשיבה סדורה לגבי תיעול השפכים, רמת הטיפול בהם והשבתם לקולחים לטובת השקיה בחקלאות או למטרות אחרות, כמו לנחלים, לים ואף למים לשתייה ולתעשייה. כך אף נוכל לצמצם במידת מה את הצורך בהקמת מתקני התפלה נוספים.

לפי דיווח רשות המים, בישראל מיוצרים 530 מל"ש שפכים בשנה. מרביתם נאספים ומטוהרים. שיעור השבת הקולחים בישראל הולך וגדל. הוא עומד כיום על כ-75%, וצפוי להגיע ל-95%. מרבית הקולחים מיועדים לשימוש חקלאי. ההשבה מתבצעת באמצעות כ-135 מפעלים (פרטיים וחברת המים הלאומית, מקורות) המספקים כ-355 מל"ש בשנה, כאמור ברובם לשימוש כמים להשקיה. כמות זו מהווה כ-31% מסך המים המסופקים לחקלאות וכ-18% מסך המים המסופקים במדינה לכל השימושים. פיתוח מפעלים להשבת קולחים לחקלאות צפוי להתרחב, כך שהיקף פעילותם בשנת 2020 צפוי לעמוד על כמות של כ-600 מל"ש לשנה.

אם תמהיל הביקושים בחקלאות יישאר כפי שהוא כיום (תמהיל של שפירים, שפד"ן וקולחים) וגם אם בעתיד ישתנה התמהיל לטובת כמות גדולה יותר של קולחים, ובהינתן כמות כלל השטחים המושקים כיום, צפוי שיישאר במשק המים עודפים משמעותיים של שפכים נעדרי תמריץ כלכלי לטיפול בהם. התמריץ הכלכלי המשמעותי כיום לטיפול בשפכים ולטיובם לרמה שתהיה ראויה לכל שימוש (תקנות ענבר) הוא הצורך בהשבתם לשימוש בחקלאות כקולחים. זהו הכוח הכלכלי, ונוסף על המניעים הסביבתיים והבריאותיים, הוא המניע המהותי מאחורי ההצדקה הכלכלית להקמת מתקני טיפול בשפכים וליציאה בתהליך הדרגתי של שדרוג המתקנים של טיפול בשפכים מרמת טיפול שניונית לשלישונית. יש לוודא כי המחויבות לטיפול בכלל השפכים בישראל תימשך, וכי הטיפול ישודרג לרמת טיפול שלישונית, ויוקמו מראש מתקנים חדשים בעלי כשירות לטיפול ברמה שלישונית גם כאשר לא כל כמות הקולחים תידרש לטובת השקיה במגזר החקלאי בישראל.

עניין זה חשוב להזכיר מחקר בנושא יכולת נשיאת מחירי מים שונים לטווח בינוני וארוך^[3]. במחקר נבדק כושר הנשיאה של מחירי המים ב-21 אזורים אקולוגיים שונים, ולהלן ממצאיו: בכ-12% מהשטח המושקה ברמה הארצית נמצאים גידולים שאינם יכולים לשלם 1 ש"ח למ"ק, והשטחים נמצאים בסכנת הברה. משנבדק מחיר מים של 1.5 ש"ח למ"ק, נמצא כי 21% מהשטח המושקה נמצא בסכנת הברה. ללא ספק, אין כאן משום המלצה שמחיר המים בחקלאות יסובסד, אלא קריאה למציאת מנגנוני תמריצים יעילים לחקלאות שישקפו את התועלת החיונית שבפעילות זו.

יש לחזור ולהדגיש שעלינו להביא בחשבון את האי-ודאות ביחס להשפעות הסביבתיות והבריאותיות האפשריות של שאריות תרופות, הורמונים ומוצרי צריכה אישיים שנותרים בקולחים המטופלים בשיטות הנהוגות כיום. לפיכך, יש להמשיך ולנהוג על פי עקרון ההיזהרות בעיקר בכל הקשור להשקיה בקולחים באזורים רגישים מבחינה הידרולוגית. צריך להמשיך להקצות משאבים לטובת ניטור ומעקב מחקרי-מדעי ייעודיים לנושאים אלה.



המוצא לים של מתקן ההתפלה באשקלון (הזרם מימין) ושל מי הקירור בתחנת הכוח של חברת החשמל (הזרם משמאל) | צילום: אילן מלסטר

סיכום

היכולת והמוכנות הטכנולוגית של ישראל להתמודד כיום באופן עצמאי עם פערי הביקוש למים יוצאות דופן בכל קנה מידה בין-לאומי. טכנולוגיית ההתפלה מספקת מקור חשוב לייצוב התנודתיות של המים הטבעיים, ומאפשרת לצמצם את פערי הביקוש למים ולשפר את איכות המים המסופקים באמצעות מיהול עם מים בעלי ריכוז מלחים גבוה יותר. ההישענות על מתקני ההתפלה לצורכי ייצור מים מקנה לישראל חוסן, אך גם יצרה פגיעות מסוימת. התלות ההולכת וגוברת בטכנולוגיית התפלה מי ים כמקור אספקה כמעט בלעדי בעבור מים לשתייה ולתעשייה הפכה את מערך ההתפלה ממערך גיבוי למשק המים למערך דומיננטי בו. הסיכון הוא כי ההישענות על מתקני ההתפלה תגרום להזנחת הטיפול והשיקום של מקורות מים טבעיים, וכי אלה הראויים עדיין, ינוהלו באופן בלתי מקיים. יתר על כן, בהסתכלות אזורית בכלל ובאזורים ששינוי האקלים נותן בהם את אותותיו, צורכי החקלאות חייבים להיות מותאמים לתנאים החדשים. תכנון החקלאות בישראל חייב להיעשות בהלימה עם תכנון משק המים ובהיתן תנאי האקלים הצפויים. נוסף על כך, יש לבחון את התמהיל האופטימלי של איכויות המים לחקלאות על פי מקורות המים ועל פני המרחב. כל אלה יחד צריכים להיות מובאים בחשבון. זאת ועוד, יש להעמיק ולנתח את התרחישים הנובעים מהחשיפה לסיכונים השונים של מתקני ההתפלה בתפעול, ביטחון, סייבר, אירועי זיהום ים, איתנות פיננסית וההשלכות על המשק בתחום אספקת המים, כולל היבטים מבניים שנובעים מאופי הבעלויות במשק ההתפלה.

לצד כל אלה, ההשקעה והמחויבות ארוכת הטווח לניטור סביבתי ובריאותי (למשל, סוגיית המגנזיום וההשפעה על בריאות הציבור, השלכות של שאריות תרופות בקולחים על הסביבה והבריאות) ולמחקר ופיתוח בתחום ההתפלה חייבות להימשך ולהיות מתואמות בין זרועות הממשלה והחברות. המשאבים בעבור חינוך והסברה לצרכנות טובה יותר, חסכונית במים ושומרת על מניעת זיהום מקורות המים, צריכים להמשיך להינתן ולהיות מושקעים באופן אפקטיבי.

מקורות

1. ביטון א, סילברמן י, גלנטי ב ואחרים (בעבודה). תפוצת התמלחות ממתקני ההתפלה על מדף היבשת הישראלי הרדוד והשפעתם על הסביבה הימית כיום ובעתיד. המכון לחקר ימים ואגמים והמכון הגיאולוגי לישראל.
2. ברמן-פרנק א, ברנר ס, קרס נ וגל ג. (בעבודה). הערכת השפעת הזרמת התמלחות ממפעלי התפלה על המערכת האקולוגית בסביבה החופית הימית ע"י אינטגרציה של מדידות ומודלים הידרודינמיים ואקולוגיים. אוניברסיטת בר אילן וחקר ימים ואגמים לישראל.
3. גרינשטיין-דקר ע וקחל י. 2013. הביקוש למים בכפוף לכושר הנשיאה של הגידולים החקלאיים. ראשון לציון: משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
4. הופמן ד. 2011. התפלת מים ויישומה בישראל. הרשות הלאומית למים וביו.ב.
5. המשרד להגנת הסביבה. 2002. מתקני התפלה: מדיניות המשרד לאיכות הסביבה להגנה על הסביבה הימית והחופית – הים התיכון.
6. המשרד להגנת הסביבה. 2008. מסמך ההשלמות למדיניות המשרד להגנת הסביבה בנושא מתקני התפלה.
7. המשרד להגנת הסביבה. 2016. הקמת תשתיות צנרת בים – מדיניות המשרד להגנת הסביבה.
8. המשרד להגנת הסביבה. 2017. [עדכון ערכי העלויות החיצוניות של מזהמי האוויר וגזי חממה ל-1.1.2017](#).
9. השירות ההידרולוגי, רשות המים. 2017. מגמות הידרו-אקלימיות נצפות וחזויות בישראל והשפעתם על משק המים. פרסום פנימי.
10. חברת החשמל. 2016. [דין וחשבון סביבתי לשנים 2014–2015](#).
11. יוסף י, חלפון נ, פורת ע ואחרים. 2016. [מגמות באירועי מזג אוויר קיצוניים בישראל](#). דו"ח מחקר מס' 21921416. השירות המטאורולוגי.
12. רשות המים. [מתקני התפלה בישראל](#).
13. Just RE, Netanyahu S, and Olson L. 2005. Resource depletion, technological uncertainty and adoption of improved technology: The case of desalination. *Resource and Energy Economics* **27**(2): 92-108.
14. Lawler W, Leslie G, and Le-Clech P. 2012. What are the options for disposal of old RO membranes? *Desalination and Water Reuse* **2**(May-June): 39-40.