



הכנסת

מרכז המחקר והמידע

**מיקרו-מזהמים אורגניים במי השפכים:
היבטים סביבתיים ובריאותיים**

**מוגש לוועדה המשותפת של ועדת הפנים והגנת
הסביבה וועדת העבודה, הרווחה והבריאות
לנושא סביבה ובריאות**

כ"ט בטבת תשע"א

5 בינואר 2011

כתיבה: שירי בס ספקטור

אישור: שרון סופר, ראש צוות

עריכה לשונית: מערכת "דברי הכנסת"

הכנסת, מרכז המחקר והמידע

קריית בן-גוריון, ירושלים 91950

טל': 02 - 6408240/1

פקס: 02 - 6496103

www.knesset.gov.il/mmm

תמצית

- לפני כשני עשורים, בעקבות התפתחות הטכנולוגיות האנליטיות לזיהוי חומרים בריכוזים קטנים, החלו דיווחים על הימצאות מיקרו-מזהמים אורגניים בסביבה אשר לא נטרו עד אז. למיקרו-מזהמים אלו יש השפעות ביולוגיות וחלקם בלתי פריקים (או קשי-פרוק) בתהליך פירוק ביולוגי. בין המזהמים הללו: שאריות תרופות, חומרי קוסמטיקה והיגיינה וחומרים המשבשים פעילות הורמונלית. טכנולוגיות טיהור השפכים הקונבנציונליות אינן יעילות דיין בהרחקת חומרים אלו, ולכן הם מופרשים לסביבה.
- החומרים הרפואיים שנוטלים בני-אדם ובעלי-חיים אינם נספגים באופן מלא בגוף. עד 90% מהחומר הרפואי שנכנס לגוף נפלט לסביבה, בדרך כלל דרך מערכת הסניטציה, ועל-פי רוב הוא מועבר למתקנים לטיפול בשפכים. על-פי מחקרים, פוטנציאל הפירוק של החומרים הרפואיים במתקנים לטיפול בשפכים הוא בין 10% ל-80%, בהתאם לתכונות החומר הרפואי ולאופי הטיפול בשפכים. הקולחים המטופלים המכילים בין השאר חומרים רפואיים, שהם יחסית עמידים לפירוק, מוזרמים לסביבה (לנחלים, אגמים וימים), או מגיעים אליה דרך שימושים חקלאיים (השקיה במי קולחים). ראוי לציין כי גם אם חומרי האם התפרקו בטיפול הקונבנציונלי, תוצרי הפירוק שלהם (העשויים להיות פעילים ביולוגית ואף רעילים), יימצאו בקולחים המוזרמים לסביבה. כלומר, גם אם נעשתה הסרה חלקית של החומרים הרפואיים, יש לבחון את תוצרי הפירוק של התהליך, שכן הם עלולים להביא להשלכות סביבתיות שליליות בפני עצמם.
- מדינת ישראל היא אחת המובילות בעולם בטיהור שפכים לשימוש חוזר בחקלאות. על-פי דוח משרד הבריאות בנושא זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה, בנובמבר 2009 שימשו 84% מהקולחים המטופלים בישראל להשקיה, ועל-פי הצפוי עד שנת 2015 כל מי הקולחים המיוצרים בישראל ימוחזרו למטרות שימוש בחקלאות. לדברי כותבי הדוח: "שימוש רחב זה בקולחים מחייב היערכות מיוחדת של משק המים, הכוללת את משרדי הבריאות והגנת הסביבה, במטרה להקפיד על כללי השימוש במים המושבים ועל איכותם, תוך סיכון מינימלי למקורות המים, לסביבה ולבריאות הציבור".
- בישראל, כמו בשאר מדינות העולם, אין כיום תקן להימצאות חומרים רפואיים במי השתייה ובקולחים. הסיבה העיקרית לכך היא בראש ובראשונה שקבוצת מזהמים זו אינה מוכרת וחסר מידע על ההשפעות הסביבתיות והבריאותיות של חומרים הנמצאים במים בריכוזים כה נמוכים (נמדדים ביחידות של ננוגרם לליטר עד מיקרוגרם לליטר) ועל החשיפה של הציבור לחומרים אלו, שהיא בעיקר דרך צריכת גידולים חקלאיים המושקים בקולחים וכן דרך צריכת מי שתייה.
- על אף המחסור במידע מהימן, ודאי לעניין ההשפעות הסביבתיות והבריאותיות של חומרים רפואיים במי השפכים, יש הדוגלים בגישת **הזהירות המונעת** בעניין זה וקוראים לאימוצם של כמה כלי מדיניות: הפחתה במקור של ריכוז חומרים רפואיים במי השפכים (למשל, איסוף תרופות שאין בהן שימוש, התחשבות בשיקולים סביבתיים בעת פיתוח התרופות), תגבור המחקר בתחום, ובשלב מאוחר יותר אימוץ תקן לריכוז החומרים במים ולניטורם הקבוע, ואם יש צורך בכך – יישום טכנולוגיות מתקדמות לטיפול בשפכים והסרת מיקרו-מזהמים אלו ממי השפכים.
- שפכי בתי-החולים בישראל הם הגורם ל-5%–30% מהחומרים הרפואיים הנמצאים בשפכים העירוניים. בקרב החוקרים יש חילוקי דעות בדבר הדרך המיטבית לטיפול בשפכי בתי-חולים. יש הטוענים כי בשל אופיים הייחודי של שפכים אלו (ריכוז גבוה של תרופות וחומרים אנטיביוטיים,



חומרי ניגוד ועוד), יש לערוך בהם טיפול במתקן מקומי לטיהור שפכים טרם שחרורם למערכת השפכים העירונית.

- כמו מפעלים תעשייתיים, בתי-החולים מפוקחים על-ידי האגף לשפכים תעשייתיים במשרד להגנת הסביבה, ושפכיהם מנוטרים לפני שהם מוזרמים לביוב העירוני. אם שפכי בתי-החולים אינם עומדים במתחייב על-פי התקנות העוסקות באיכות המים והשפכים, בתי-החולים מחויבים להתקין מתקן לטיפול במזהם הספציפי שנמצא (כגון מתקן שיקוע פיזיקו-כימי, מתקן סינון ועוד). נדגיש כי אין בתקנות אלו כל הוראות לעניין הימצאותם של מיקרו-מזהמים ממקורות רפואיים, שכאמור אינם מנוטרים ואינם מטופלים כיום.

הפיקוח של המשרד להגנת הסביבה על הטיפול בשפכים נעשה, בין היתר, באמצעות מתן רשיון עסק למפעלים; אולם כיוון שלהבדיל ממפעלים תעשייתיים לבתי-חולים לא נדרש רשיון עסק, הפיקוח של המשרד בתחום זה אינו מלא. משרד הבריאות מסר כי הפיקוח מטעמו נעשה במסגרת הליכים תקופתיים של חידוש הרישוי לבתי-החולים, הננקטים כל שלוש שנים.



מבוא

מסמך זה נכתב לבקשתו של חה"כ דב חנין, יו"ר הוועדה המשותפת של ועדת הפנים והגנת הסביבה וועדת העבודה, הרווחה והבריאות לנושא סביבה ובריאות, לקראת ישיבה של הוועדה ביום 10 בינואר 2011. במסמך נסקרת ספרות מדעית עדכנית בתחום המיקרו-מזהמים האורגניים ונוכחותם במי השפכים תוך התמקדות בחומרים ממקורות רפואיים. בהמשך ייבחנו הסכנות הסביבתיות והבריאותיות שבנוכחותם של חומרים רפואיים במי השפכים בכלל ובשפכי בתי-חולים בפרט. חלקו האחרון של המסמך יעסוק באסטרטגיות להפחתת ריכוזים של חומרים רפואיים במי השפכים.

1. רקע

1.1. מיקרו-מזהמים אורגניים

לפני כשני עשורים, בעקבות התפתחותן של הטכנולוגיות האנליטיות לזיהוי חומרים בריכוזים קטנים, החלו דיווחים על הימצאות מיקרו-מזהמים אורגניים בסביבה (בריכוזים מזעריים הנמדדים ביחידות של ננוגרם לליטר עד מיקרוגרם לליטר¹), אשר לא נוטרו עד אז. למיקרו-מזהמים אלו יש השפעות ביולוגיות וחלקם בלתי פריקים (או קשה לפרקם) בתהליך פירוק ביולוגי. חלק מחומרים אלו עלולים להצטבר בסביבה, בעקבות העברתם בשרשרת המזון. בין המזהמים הללו: שאריות תרופות, חומרי קוסמטיקה והיגינה וחומרים המשבשים פעילות הורמונלית. טכנולוגיות טיהור השפכים הקונבנציונליות אינן יעילות דיין בהרחקת חומרים אלו, ולכן הם מופרשים לסביבה.

מחקרים אחדים בעולם עסקו במדידת ריכוז חומרים אלו בקולחים, במקורות מים עיליים ובמי תהום, אולם אין בהם כדי ללמד על הסיכונים הסביבתיים והבריאותיים של החשיפה לחומרים אלו בקולחים, והדבר מצריך מחקר נוסף.²

מסמך זה יתמקד בהשפעתם של מיקרו-מזהמים ממקורות רפואיים על הסביבה ועל בריאות האדם, ובדרכים להפחתת ריכוז מזהמים אלו במי השפכים ובסביבה.

¹ ננוגרם היא יחידת מסה השווה למיליארדית הגרם; מיקרוגרם הוא מיליונית הגרם.

² ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009. ראו גם:

Avisar, D., Lester Y., and Ronen, D., "Sulfamethoxazole Detected in a Deep Phreatic Aquifer beneath Effluent Irrigated Land", *The Science & the Total Environment*, 407 (2009), pp. 4278– 4282; Avisar, D. Levin G. and Gozlan I., "The Processes Affecting Oxytetracycline Contamination of Groundwater in a Phreatic Aquifer Underlying Industrial Fish Ponds in Israel", *Environmental Earth Sciences*, 59, 4 (2009), pp. 939–945



1.2. מיקרו-מזהמים ממקורות רפואיים

בעשורים האחרונים, עם העלייה ברמת החיים וההתפתחות בידע הרפואי והפרמקולוגי, התרחב השימוש בחומרים רפואיים בקרב בני-אדם (לשם מניעה וטיפול) ובקרב בעלי-חיים (לטיפול), למניעת מחלות וכזרזי גידול). כיום יש יותר מ-4,000 חומרים פעילים ויותר מ-10,000 מוצרים המשמשים לטיפול רפואי בבני-אדם ובחי. בקבוצת חומרים זו: תרופות,³ כימיקלים לאבחון רפואי, מסנני קרינה, בשמים ותכשירי קוסמטיקה אחרים, מרכיבי סבון ועוד. חומרים אלו משפיעים על המערכת הביולוגית גם בריכוזים נמוכים, ורובם שומרים על פעילותם ועל המבנה שלהם לאורך זמן ויש להם השפעה בטווח הארוך.⁴

החומרים שנוטלים בני-אדם ובעלי-חיים אינם נספגים באופן מלא בגוף. למעשה, עד 90% מהחומר הרפואי שנכנס לגוף נפלט לסביבה, בדרך כלל דרך מערכת הסניטציה.⁵ החומר נפלט או בהרכבו המקורי או לאחר טרנספורמציה כימית בגוף; טרנספורמציה זו עלולה להחליש או להגביר את פעילותו. החומרים הרפואיים נפלטים לשפכים הגולמיים מהפרשות של בני-אדם ובעלי-חיים (שאריות של תרופות ותוצרי פירוק של תרופות בגוף), וכן מתשטיפים של הגוף (תרופות לשימוש חיצוני ומוצרים קוסמטיים).⁶

על-פי מחקרים, פוטנציאל הפירוק של החומרים הרפואיים במתקנים לטיהור השפכים הוא מאחוזים בודדים ועד לפירוק מלא, על-פי תכונות החומר ואופי הטיפול בו. גם בשימוש בטכנולוגיות טיהור השפכים המתקדמות ביותר (BAT – Best Available Technology) שיעור הפירוק נע בין 10% ל-80%. חשוב לציין כי הטכנולוגיות הקיימות כיום במכוני טיהור שפכים, גם המתקדמות שבהן (טיפולים שניוניים ואף טיפולים שלישוניים, הנהוגים בחלק ממכוני טיהור השפכים בישראל), לא תוכננו לטפל בפירוק ובהרחקה של שאריות תרופות בריכוזים כה קטנים, ולכן המכונים אינם מספקים פתרון מלא לבעיה. נדגיש כי לעומת הפרשות בני-האדם, שעוברות ברובן במתקנים לטיפול בשפכים, ההפרשות של בעלי-החיים אינן מטופלות בדרך כלל, ולכן סביר יותר כי חומרים רפואיים לצרכים וטרינריים (תרופות לטיפול במחלות ולמניעתן, כולל מיני אנטיביוטיקה, וכן זרזי גידול וטיפולים הורמונליים) יגרמו לזיהום של הקרקע בדרך ישירה באמצעות הפרשות, או בדרך עקיפה על-ידי זיבול הקרקע.⁷

החומרים הרפואיים, שחלקם עמידים יחסית לפירוק, מוזרמים לסביבה (לנחלים, לאגמים ולימים) עם הקולחים המטופלים, או מגיעים לשימושים חקלאיים (השקיה במי קולחים). במחקר שנערך על-ידי השירות הגיאולוגי האמריקני נמצא שב-80% ממקורות המים שנבדקו בארצות-הברית היו חומרים

³ משפחות התרופות הנפוצות ביותר הן תרופות אנטי-דלקתיות, אנטיביוטיקה, משככי כאבים, תרופות אנטי-אפילפטיות, הורמונים, תרופות להסדרת שומנים בדם וחסמי-בטא. מתוך: ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009.

⁴ עדי מעוז, תמר מועלם ובני חפץ, "חומרים רפואיים (תרופות) בסביבה: נוכחות בקולחים, תנועה בקרקע וקישור לחומר אורגני מסוים", אקולוגיה וסביבה, 1 (2010), עמ' 30–37.

⁵ תמר מועלם-טננבאום, עבודת גמר לשם קבלת תואר מוסמך באוניברסיטה העברית בירושלים, ספיחה ותנועה של חומרים רפואיים בקרקע: השפעת השקיה בקולחים, אפריל 2010.

⁶ ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009.

⁷ תמר מועלם-טננבאום, עבודת גמר לשם קבלת תואר מוסמך באוניברסיטה העברית בירושלים, ספיחה ותנועה של חומרים רפואיים בקרקע: השפעת השקיה בקולחים, אפריל 2010. ראו גם:

Avisar, D., Primor, O., and Mamane, H., "Sorption of Sulfonamides and Tetracyclines to Montmorillonite Clay", *Water, Air & Soil Pollution*, 209 (2010), pp. 439–445



רפואיים בריכוזים שונים. נוסף על כך, חומרים שבמהלך הטיפול נספחו לבוצה עשויים להגיע לקרקע דרך השימוש בבוצה לחקלאות (למשל דישון).⁸

דרך נוספת להפצת חומרים רפואיים לסביבה היא השלכת תרופות שלא היו בשימוש או שפג תוקפן לפסולת הביתית או למערכת הביוב (בגרמניה מוערך כי כ-16,000 טון של חומרים רפואיים לצורכי אדם נזרקים מדי שנה בשנה, ומהם 60%–80% נזרקים לאסלה ומשם למערכת הביוב או מגיעים למערך הפסולת הביתי). במטמנות הפסולת יכולים חומרים אלו לחלחל לקרקע ואף להגיע למי התהום.⁹

2. הסיכונים הסביבתיים והבריאותיים שבהימצאותן של שאריות חומרים רפואיים בסביבה

כאמור, המחקר בדבר הימצאותן של שאריות חומרים רפואיים בסביבה החל לפני כשני עשורים. בתחילת הדרך התמקדו המחקרים באיתור החומרים בסביבה ובפיתוח ושיפור של השיטות האנליטיות; לאחר מכן התמקד המחקר בגורלם של החומרים בסביבה ובזיהוי השפעתם הרעילה על אורגניזמים ספציפיים; כעת מחקרים רבים עוסקים בהערכת סיכונים סביבתיים ובריאותיים ובניהולם.¹⁰

נוכחותן של שאריות של חומרים אנטיביוטיים במים היא תופעה מדאיגה בשל החשש להתפתחות חיידקים עמידים לאנטיביוטיקה. מסיסותם הגבוהה של חומרים אלו במים גם היא מגדילה את הפוטנציאל לנזק סביבתי. המסיסות עושה את החומרים לניידים במערכות הקרקע והמים ומגדילה את יכולתם לחדור למי התהום. חשוב לציין שיש מספר מצומצם יחסית של מחקרים הבוחנים את הנזק הפוטנציאלי הן לסביבה והן לבריאות האדם עקב נוכחותן של שאריות תרופות ומוצרי קוסמטיקה בסביבה. בעבודות אלו ישנן עדויות סותרות על יכולת הקליטה של צמחים את החומרים האלו ועל השפעת החומרים על התפתחות הצמחים.¹¹ במגוון מאמרים מדעיים ודוחות מקצועיים שסקרנו לשם כתיבת מסמך זה נטען כי הידע המדעי על ההשפעות של חומרים רפואיים על גורמים בסביבה (בעלי-חיים, צמחייה, מים וקרקע), וכן היכולת להעריך את רמת החשיפה אליהם, עדיין לוקים בחסר.¹²

כדי להעריך את הסיכון שבהימצאותם של חומרים רפואיים בסביבה ואת השפעתם על בריאות האדם נדרשת הבנה מעמיקה של מגוון גורמים: המקור לחומרים האלה, גורלם בסביבה, ניידותם, רמת החשיפה

⁸ תמר מועלם-טננבאום, עבודת גמר לשם קבלת תואר מוסמך באוניברסיטה העברית בירושלים, ספיחה ותנועה של חומרים רפואיים בקרקע: השפעת השקיה בקולחים, אפריל 2010

⁹ שם.

¹⁰ Klaus Kummerer, "The Presence of Pharmaceuticals in the Environment due to Human Use – Present Knowledge and Future Challenges", *Journal of Environmental Management* (2009), pp. 2354–2366

¹¹ ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009.

¹² Klaus Kummerer, "The Presence of Pharmaceuticals in the Environment due to Human Use – Present Knowledge and Future Challenges", *Journal of Environmental Management* (2009), pp. 2354–2366;

Environment Canada, "Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Canadian Environment: Research and Policy Directions, Workshop Proceedings NWRI Scientific Assessment", Report Series No. 8, 2007

וגם: ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009.



לחומרים, מידת רעילותם (בעיקר בחשיפה כרונית בריכוזים נמוכים), השפעותיהם הביולוגיות והדרכים להפחתת ההשפעות.¹³

האתגרים המרכזיים בתחום הם היכולת האנליטית המוגבלת, כלומר הקושי בזיהוי החומרים המצויים במים בריכוזים נמוכים מאוד (יחידות של ננוגרם לליטר עד מיקרוגרם לליטר) והקושי בהערכת ההשפעות בטווח ארוך של החומרים הרפואיים על בריאות האדם ועל הסביבה המימית עקב חשיפה כרונית ארוכת טווח בריכוזים נמוכים. זאת ועוד, יש חילוקי דעות בין חוקרים בנוגע למיני החי והצומח שבהם על המחקר להתמקד, תערובות החומרים האפשריות שיש לבדוק ועוד.¹⁴ הקושי בהסרת מיקרו-מזהמים, ובמיוחד תרופות, ממי השפכים נובע מכך שריכוזיהם במים נמוכים הרבה יותר משל המזהמים הקונבנציונליים (תרכובות זרחן, תרכובות חנקן, חומרים אורגניים ועוד). נוסף על כך, המיקרו-מזהמים הם למעשה קשת רחבה של תרכובות ויש ביניהן הבדלים גדולים במאפייניהן, בהשפעותיהן ובגורלן בסביבה המימית (מסיסות, נדיפות, כושר ספיגה, התפרקות ביולוגית, קוטביות ויציבות).

כל הערכות הסיכונים בנושא חומרים רפואיים מתבססות על בחינת חומר פעיל אחד אשר בודד בתנאי מעבדה. אולם חשוב לזכור כי בתנאי השטח תרופות נמצאות תמיד כתערובת של כמה חומרים וכי תערובות עשויות להגיב באופן שונה מחומרים בודדים בנתונים סביבתיים זהים. מכאן שלא ידוע באיזו מידה תוצאות המחקרים הנ"ל תואמות את תגובת החומרים הרפואיים המורכבים בסביבה הטבעית.¹⁵ יש לציין כי מחקרים חדשים באירופה הראו את קיומם של אפקטים סינרגטיים (פעולה משולבת של כמה גורמים העלולה ליצור השפעה חזקה יותר מאשר פעולתו של כל גורם בנפרד) בתערובות רפואיות מסוימות.¹⁶

להלן נסקור את ההשפעות הסביבתיות והבריאותיות העיקריות של החשיפה לשתי קבוצות של מיקרו-מזהמים ממקורות רפואיים: חומרים אנטיביוטיים וחומרים המשבשים פעילות הורמונלית. נוסף על כך, נתייחס להשפעות הפוטנציאליות של חומרי הלוואי של תהליך טיהור השפכים.

2.1. חשיפה לחומרים אנטיביוטיים

באחד ממוקדי המחקר המרכזיים בתחום נבחנות ההשפעות הסביבתיות והבריאותיות של חשיפה כרונית לחומרים אנטיביוטיים. כיום, לא נמצא שריכוז נמוך של אנטיביוטיקה במים הוא רעיל או קטלני לאורגניזמים שונים.¹⁷ מחקר משנת 2003 העריך כי החשיפה לשאריות אנטיביוטיקה במי השתייה בריכוזים נמוכים אינה מהווה סכנה לבריאות האדם (המחקר העריך שאדם שותה בממוצע שני ליטרים מים ליום משך 70 שנה). מחקרים אחרים, לעומת זאת, לא הצליחו לשלול קיומן של השפעות בטווח

¹³ United States Environmental Protection Agency, "Drug Disposal & Stewardship: Ramifications for the Environment and Human Health", Overview of research conducted at the U.S. EPA, Office of Research and Development (ORD), National Exposure Research Laboratory (NERL), Environmental Sciences Division (ESD), September 2010, <http://www.epa.gov/ppcp/projects/disposal.html>

¹⁴ Environment Canada, "Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Canadian Environment: Research and Policy Directions, Workshop Proceedings NWRI Scientific Assessment", Report Series No. 8, 2007

¹⁵ Klaus Kummerer, "The Presence of Pharmaceuticals in the Environment due to Human Use – Present Knowledge and Future Challenges", *Journal of Environmental Management* (2009), pp. 2354–2366

¹⁶ Environment Canada, "Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Canadian Environment: Research and Policy Directions, Workshop Proceedings NWRI Scientific Assessment", Report Series No. 8, 2007

¹⁷ שם.



הארוך עקב החשיפה הכרונית לחומרים אנטיביוטיים.¹⁸ לדברי ד"ר דרור אבישר, ראש המעבדה להידרו-כימיה באוניברסיטת תל-אביב, חוקרים משערים כי חשיפה כרונית לריכוזים קטנים של אנטיביוטיקה עלולה לגרום לעמידותם לאנטיביוטיקה הספציפית (או למשפחת החומרים שאליה היא שייכת) של החיידקים המצויים באופן טבעי בגוף. השערה נוספת היא שחשיפה כזאת עלולה, במקרים מסוימים, ליצור אלרגיה לחומרים האנטיביוטיים.¹⁹ ההבדלים בין המחקרים מעידים על הקושי בהערכת הסיכון שבחשיפה לאנטיביוטיקה. הקושי נובע, בין השאר, ממחסור במידע מדויק על רמת החשיפה ועל ריכוז האנטיביוטיקה בשפכים.²⁰

מחקרים רבים עוסקים בסכנה שבהיווצרות זני חיידקים העמידים לאנטיביוטיקה בשל נוכחותה של אנטיביוטיקה בשפכים. מעברם של הגנים האחראים לעמידות לאנטיביוטיקה הוא מיטבי בסביבה שבה הן צפיפות החיידקים גדולה והן ריכוזי האנטיביוטיקה גבוהים. תנאים אלו אופייניים למי שפכים בכלל ולשפכים של בתי-חולים בפרט. מחקרים מראים בבירור כי שפכי בתי-חולים הם מקור מרכזי לחיידקים העמידים בפני אנטיביוטיקה, בשיעור של פי שניים עד פי עשרה מאשר שפכים עירוניים²¹ (סוגיית שפכי בתי-החולים תידון ביתר הרחבה בהמשך מסמך זה).

2.2. חשיפה לחומרים המשבשים פעילות הורמונלית

המכון הלאומי למדעי הסביבה והבריאות בארצות-הברית מגדיר חומרים המשבשים פעילות הורמונלית (EDCs – Endocrine Disruptors Chemicals) ככימיקלים אשר עלולים לשבש את המערכת ההורמונלית של הגוף ולפגום במערכת ההתפתחותית, מערכת הרבייה, מערכת העצבים ומערכת החיסון, הן בבני-אדם והן בבעלי-חיים. המכון מציין כי מגוון חומרים, ובהם תרופות, דיוקסינים, ביפינילים עתירי כלור (PCBs), ודיכלורו-דיפניל-טריכלורו-אתאן (DDT), חומרי הדברה וחומרים שמוסיפים לחומרי פלסטיק (כגון ביספנול A) עשויים לגרום לשיבושים במערכת ההורמונלית.

חומרים המשבשים פעילות הורמונלית פועלים בכמה דרכים: הם יכולים לחקות את הפעילות הטבעית של הורמונים כגון אסטרוגנים (הורמוני מין נשיים) ואנדרוגנים (הורמוני מין גבריים), וכך לגרום לפעילות יתר של המערכת ההורמונלית. כמו כן, חומרים המשבשים פעילות הורמונלית יכולים להיקשר לקולטנים בתאים ולמנוע מההורמונים שמקורם בגוף להיקשר, ובכך להתערב בייצור ההורמונים טבעיים והקולטנים שלהם ובשליטה בהם. מחקרים אחרונים מראים שחומרים אלה נפוצים בסביבה ויש להם השפעה ניכרת על דגים ובעלי-חיים אחרים (לדוגמה, ירידה בפעילות מערכות הרבייה בקרב דגים בארצות-הברית ובאנגליה, הופעת סממנים נקביים בדגים זכרים וסממנים זכריים בנקבות ועוד).²² נציין כי יש

¹⁸ B. Pauwels and W. Verstrete, "The treatment of hospital wastewater: an appraisal", *Journal of Water and Health* (2006), pp. 45–416

¹⁹ ד"ר דרור אבישר, ראש המעבדה להידרו-כימיה באוניברסיטת תל-אביב, מצגת במסגרת כנס בנושא מים ונחלים באוניברסיטת תל-אביב, 30 בדצמבר 2010.

²⁰ B. Pauwels and W. Verstrete, "The treatment of hospital wastewater: an appraisal", *Journal of Water and Health* (2006), pp. 45–416

²¹ שם.

²² J. Lopez, "Sustainable pathways towards biodiversity preservation: endocrine disrupting chemical pollution: why the EPA should regulate these chemicals under the Clean Water Act?", *Sustainable Development, Law and Policy* 10, 3, American University, Washington College of Law, 2010



ראיות הקושרות בין נוכחות של ריכוזים נמוכים מאוד של חומרים משבשי פעילות הורמונלית (1–5 נוגורם/ליטר) לבין השפעות סביבתיות שליליות.²³

מחקרים המצביעים על קשר ברור בין חשיפה לחומרים המשבשים פעילות הורמונלית לפגיעה בבריאות של בני-אדם הם מועטים יחסית, אולם דווח על מקרים בודדים המראים קשר בין חשיפה לחומרים אלו ובין ירידה באיכות הזרע, עלייה בשכיחות סרטן השד וסרטן האשכים וכן התפתחות לקויה. חשוב לציין כי רשימת החומרים שיש חשד שהם משבשים פעילות הורמונלית הולכת וגדלה בשנים האחרונות, אולם השפעותיהם על מערכות אקולוגיות ועל בני-אדם מצריכה מחקר נוסף.²⁴

בדוח שפרסם האיחוד הבין-לאומי לכימיה טהורה ומעשית (IUPAC) נכתב כי הדוגמאות שנמצאו מלמדות כי שפכים גולמיים, תוצרים של תהליכי טיהור שפכים, שפכים תעשייתיים ופרש בעלי-חיים עלולים להכיל חומרים בריכוזים הגורמים לשיבוש הפעילות ההורמונלית של בעלי-חיים, ובשל כך יש לנטרם בקביעות ולהפחית את ריכוזם בשפכים במידת הצורך.²⁵

2.3. תוצרי לוואי של תהליך טיהור השפכים

ההיתר לשימוש במי קולחים למטרות השקיה חקלאית מותנה בחיטוי הקולחים, אולם בדיקות הראו שעצם תהליך החיטוי עשוי ליצור בעיות תברואתיות וסביבתיות חדשות. על-פי ד"ר רמי מנליס, ראש תחום שפכים עירוניים במשרד להגנת הסביבה, יש לתת את הדעת להשפעות הסביבתיות והבריאותיות של תהליכי חיטוי השפכים, שכן מלבד הפעולה הרצויה של השמדת פתוגנים (גורמי מחלות), נוצרות תגובות כימיות בין חומר החיטוי לחומרים הנמצאים בקולחים, ומתקבלים תוצרי לוואי. בין תוצרי הלוואי: חומרים רעילים, מסרטנים או טרטוגנים (הגורמים למומים מולדים).²⁶

ברוב המדינות, ובהן ישראל, תוצרי הלוואי הנפוצים ביותר מנויים בתקנות מי השתייה, ובשל כך נוכחותם במי השתייה מנוטרת באופן רציף. על-פי דוח משרד הבריאות, "תוצרי הלוואי של תהליך טיהור השפכים הם כולם בעלי מסיסות גבוהה יחסית במים, דבר המהווה סכנה ממשית לאיכות המים באקוויפרים. כמו כן, חומרים דומים לתוצרי הלוואי נמצאו ברקמות צמחים, שגדלו באזורים מעל אקוויפרים מזהמים". יש לציין כי בבדיקה שערך משרד הבריאות במתקני טיהור קולחים בישראל, "בניגוד לציפיות, לא נמצאו תוצרי לוואי של תהליך החיטוי בכמויות מדאיגות".²⁷

2.4. שפכי בתי-חולים

בשפכי בתי-החולים מצויים חומרים רעילים רבים כגון תרופות, חומרים רדיואקטיביים, תמיסות וחומרים מחטאים לצרכים רפואיים, למעבדה ולמחקר. בתי-חולים הם מקור מרכזי למיקרו-מזהמים,

²³ ד"ר דרור אבישר, ראש המעבדה להידרו-כימיה באוניברסיטת תל-אביב, מצגת במסגרת כנס בנושא מים ונחלים באוניברסיטת תל-אביב, 30 בדצמבר 2010.

²⁴ ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009.

²⁵ International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), "Endocrine Disruptors in the Environment-IUPAC Technical Report", *Pure Applied Chemistry*, 75, 5 (2003), pp. 31–681

²⁶ ד"ר רמי מנליס, ראש תחום שפכים עירוניים, אגף מים ונחלים במשרד להגנת הסביבה, מכתב, 2 בדצמבר 2010.

²⁷ ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009.



בשל פעולות מעבדה, דיאגנוסטיקה ומחקר מחד גיסא והפרשות של בני-אדם מטופלים מאידך גיסא. בין החומרים האלה: תרופות ותוצרי הפירוק שלהן (כולל תרופות אנטיביוטיות), כימיקלים, מתכות כבדות, חומרי חיטוי, דטרגנטים ספציפיים המשמשים לניקוי כלים רפואיים, מרקרים רדיואקטיביים וחומרי ניגוד המכילים יוד. בתי-חולים אינם המקור היחיד לחומרים אלו, ושאריות של תרופות אפשר למצוא בכל מפעלי טיהור השפכים שכן כאמור, הסרתם בשיטות הקונבנציונליות אינה מלאה. ברוב המקרים קשה להבחין אם מקורם של החומרים הרפואיים הוא בשפכי בתי-החולים או בשפכים הביתיים אולם יש חומרים ספציפיים, כמו חומרים כימותרפיים, חומרי ניגוד שמשמשים בהם לצילומי רנטגן או MRI או סוגי אנטיביוטיקה חזקים המשמשים לטיפול בזני חיידקים אלימים במיוחד, שהמקור להם הוא ברור.²⁸

על אף אופיים הייחודי, לעתים קרובות מתייחסים לשפכי בתי-החולים, העמוסים במזהמים, כמו אל השפכים העירוניים, והם משוחררים אל המערכת העירונית ומטופלים במכוני הטיהור של השפכים הקונבנציונליים. על-פי ד"ר דרור אבישר, ראש המעבדה להידרו-כימיה באוניברסיטת תל-אביב, 5%–30% מהחומרים הפרמצבטיים המצויים בשפכים העירוניים מקורם בבתי-חולים.²⁹

במחקר שהשווה נוכחות של מזהמים (מזהמים קונבנציונליים ומיקרו-מזהמים, כולל תרופות, מתכות כבדות, תרכובות אורגנו-כלוריות ודטרגנטים) בין שפכים עירוניים לשפכי בתי-חולים, נמצאו הבדלים ניכרים בריכוז המזהמים בכלל (פי 2–3 בשפכי בתי-חולים), והמיקרו-מזהמים בפרט (פי 4–150).³⁰

מכוני טיהור שפכים נבנו במקור כדי להסיר תרכובות פחמן, חנקן וזרחן וכן אורגניזמים מיקרוביולוגיים. חומרים אלו מצויים בשפכים בדרך כלל בריכוזים הנמדדים ביחידות של מיליגרם לליטר. טיפולים קונבנציונליים לא נועדו להסרת מיקרו-מזהמים (המצויים בשפכים בריכוזים הנמדדים ביחידות של ננוגרם עד מיקרוגרם לליטר). מחקרים שונים רואים בתהליך המקובל של טיהור משותף של שפכי בתי-חולים ושפכים עירוניים פתרון לא ראוי, מכיוון שהתהליך מבוסס על דילול המזהמים מבתי-החולים במקום על הפרדה וטיפול במקור במזהמים ספציפיים העלולים לגרום למפגע סביבתי ובריאותי לאחר שישוחררו לסביבה.³¹ לדוגמה, יש חשש ששחרור לסביבה של שאריות אנטיביוטיקה לטיפול בזני חיידקים אלימים במיוחד (type III antibiotics), שמשמשים בה רק בבתי-החולים, יגרום ליצירת עמידות לסוג זה של אנטיביוטיקה ויפגע ביכולת המערכת הרפואית לטפל במחלות שונות.³²

3. מיקרו-מזהמים בשפכים בישראל

מדינת ישראל היא אחת מהמדינות המובילות בעולם בטיהור שפכים לשימוש חוזר בחקלאות.³³ על-פי נתוני הסקר הארצי לשנת 2006/2007 בנושא איסוף שפכים וטיפול בהם וניצול קולחים להשקיה חקלאית, שערכה רשות המים, כמות השפכים הגולמיים בישראל בשנה זו היתה 517.2 מלמ"ק: כ-457.7 מלמ"ק שפכים ביתיים, כ-46.6 מלמ"ק שפכי תעשייה, כ-3 מלמ"ק שפכי רפתות, והיתר – שפכים ממקורות

²⁸ B. Pauwels and W. Verstrete, "The Treatment of Hospital Wastewater: an Appraisal", *Journal of Water and Health* (2006), pp. 45–416

²⁹ ד"ר דרור אבישר, המחלקה להידרו-כימיה באוניברסיטת תל-אביב, פגישה, 22 בנובמבר 2010.

³⁰ P. Verlicchi, A. Galletti, M. Petrovic, D. Barcelo, "Hospital Effluents as a Source of Emerging Pollutants: An Overview of Micropollutants and Sustainable Treatment Options", *Journal of Hydrology*, 389 (2010), pp. 416–428

³¹ שם.

³² ד"ר דרור אבישר, המחלקה להידרוכימיה באוניברסיטת תל-אביב, פגישה, 22 בנובמבר 2010.

³³ דוח האו"ם ליום המים הבין-לאומי, 2009.



נוספים. 91.5% מהשפכים הגולמיים (473 מלמ"ק) הועברו למתקני טיפול (מתקנים מכניים ומתקני ייצוב), ומהם 75.8% הועברו בקולחים מושבים להשקיה ו-24.2% סולקו לסביבה. כל יתר השפכים הגולמיים (8.5%) הוזרמו למתקנים ראשוניים, לנחלים ולים. בשנה שבה נערך הסקר, 114,235 דונם הושקו בקולחים.³⁴

על-פי דוח משרד הבריאות בנושא זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה, בנובמבר 2009 שימשו 84% מהקולחים המטופלים בישראל להשקיה, ועל-פי ההערכות, עד שנת 2015 ימוחזרו כל מי הקולחים המיוצרים בישראל למטרות שימוש בחקלאות.

לדברי כותבי הדוח, "שימוש רחב זה בקולחים מחייב היערכות מיוחדת של משק המים, הכוללת את משרדי הבריאות והגנת הסביבה, במטרה להקפיד על כללי השימוש במים המושבים ועל איכותם, תוך סיכון מינימלי למקורות המים, לסביבה ולבריאות הציבור".³⁵

במאי 2005 אישרה הממשלה (בהחלטה 5389) את המלצות ועדת ענבר לשדרוג איכות מי קולחים, כך שתתאפשר השקיה בלתי מוגבלת במים אלו.³⁶ תקנות בריאות העם (תקני איכות קולחים), התשס"ז-2007, שתוקנו על-ידי המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות בעקבות פעילות ועדת ענבר, עסקו בהיבטים סביבתיים ותברואתיים של איכות הקולחים המיועדים להשקיה ולהזרמה לנחלים. נוסף על כך, התקנות נוגעות לאיכות הבוצה הנוצרת עקב הטיפול בשפכים. בתקנות החדשות (שכותרתן "שדרוג קולחים להשקיה בלתי מוגבלת") מנויים עשרות משתנים לקביעת איכות הקולחים והבוצה, כולל קיומם של מתכות ומתכות כבדות, דטרגנטים ועוד. הוועדה שהכינה את התקנות החליטה שלא לכלול בהן מיקרו-מזהמים אורגניים, ומכאן שחומרים אלו אינם מנוטרים כלל. כמו כן, לא נתקבלה החלטה שיש לאסוף עליהם מידע כדי להחליט על ההתנהלות בעניין זה בעתיד.³⁷

לשאלתנו בדבר הסיבות לאי-קביעת תקן למיקרו-מזהמים אורגניים במי השפכים ענה משרד הבריאות: "אין כיום בישראל תקן לחומרים אלה במים או במי קולחים ממספר סיבות: א. אין כיום תקינה כזו בארצות-הברית, אירופה או ארגון הבריאות העולמי; ב. החומרים נמצאים במים בריכוזים מאוד נמוכים וחסר בסיס מידע על השפעות טוקסיקולוגיות בריכוזים כה נמוכים; ג. כדי לקבוע תקן במי קולחים דרוש מידע על קליטה של התרופות בגידולים שונים ונתונים מפורטים על צריכת הציבור את אותם גידולים. מידע זה חסר".³⁸

³⁴ רשות המים, האגף לאיכות המים, איסוף וטיפול בשפכים וניצול קולחים להשקיה חקלאית, סקר ארצי – 2006/2007, דצמבר 2008.

³⁵ ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009.

³⁶ השקיה למטרה חקלאית, לרבות גינון, בלא מגבלות על סוג הגידול המושקה, כפי שמוגדרת בתקנות בריאות העם (תקני איכות מי קולחין וכללים לטיהור שפכים), התש"ע-2010.

³⁷ ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009.

³⁸ גב' מירי כהן, מנהלת תחום בכיר שירותי הצלה וע"ר במשרד הבריאות, מכתב, 24 בנובמבר 2010.



4. אסטרטגיות להפחתת ריכוזם של חומרים רפואיים בקולחים

הסכנות הסביבתיות והבריאותיות שבנוכחות חומרים רפואיים במי השפכים עדיין אינן ידועות מספיק. אולם המודעות לקיומם של חומרים אלו בסביבה והידיעה על השפעה בריאותית אפשרית מחייבות לשקול ניהול של חומרי הרפואה המשוחררים לסביבה המבוסס על עקרון הזהירות המונעת.³⁹

ריכוזיהן של תרופות בשפכי בתי-חולים ובשפכים עירוניים הם תוצאה של שלושת הגורמים האלה: כמות התרופות המסופקת לחולים, שיעור החומרים הפעילים הנפלטים מהגוף והמאפיינים הכימיים של התרופה (בעיקר יציבות ופריקות ביולוגית). יש אסטרטגיות שונות להפחתת ריכוז החומרים הרפואיים במי השפכים, על-ידי הפחתה במקור של כמות החומרים הרפואיים הנפלטים לסביבה או על-ידי טיפול מתקדם בשפכים. שילוב של כמה אסטרטגיות עשוי להיות הטיפול המועיל ביותר.⁴⁰

4.1. הגישה הטכנית – טיפול מתקדם בשפכים

טיפול במי השפכים חיוני לשם שחרור הקולחים לסביבה (לשימושים חקלאיים, להזרמה לנחלים ועוד). יעילות ההרחקה של החומרים בתהליך טיהור השפכים תלויה בתכונות הפיזיקו-כימיות של החומר וכן בשיטות הטיפול הקיימות במתקן טיהור שפכים. מחקרים הראו שלחומרים רפואיים יש רמות עמידות שונות לטיפול שנערך במתקן לטיפול בשפכים. בדיקות הראו כי שיעורי ההרחקה של חלק מהחומרים הנ"ל במתקני הטיהור הקונבנציונליים הם 8%–10% עבור Carbamazepine, 26% עבור Diclofenac, 51% עבור Bezafibrate ו-81% עבור Acetylsalicylic Acid.⁴¹

כדי להפחית במידה ניכרת את ריכוזי החומרים הרפואיים במי הקולחים יש לנקוט טיפול מתקדם יותר מזה הזמין היום במפעלים לטיהור שפכים. חוקרים רבים עוסקים כיום במציאת טכנולוגיות יעילות להרחקת חומרים אלו ממי הקולחים. ראוי לציין בהקשר זה כי כמה טכנולוגיות חדשות מפותחות בימים אלו, בין השאר באוניברסיטת תל-אביב. בפיתוחים אלו נבדקת האפשרות להסיר מיקרו-מזהמים ממי שפכים בעזרת שילוב תהליכי חמצון מתקדמים בטיפול, ללא יצירת תוצרי לוואי. מחקרים הראו כי טיפול מתקדם שכזה אף מחסל את אוכלוסיית החיידקים והוורוסים ומחטא למעשה את הקולחים.⁴²

³⁹ עקרון הזהירות המונעת הוטבע בוועידת האו"ם לסביבה ולפיתוח בשנת 1992 בריו דה-ז'ניירו, ולפיו: "כדי להגן על הסביבה... במקומות שיש בהם סכנה לנזק חמור או בלתי הפיך, היעדר הסכמה מדעית מלאה לא יישמש עילה לדחות את הפעלתם של אמצעים יעילים-כלכלית (cost effective) המיועדים למנוע את הידרדרות הסביבה" (עיקרון 15 של אמנת ריו). מתוך [אתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה](#).

⁴⁰ Klaus Kummerer, "The Presence of Pharmaceuticals in the Environment due to Human Use – Present Knowledge and Future Challenges", *Journal of Environmental Management* (2009), pp. 2354–2366

⁴¹ ד"ר לודמילה גרויסמן וד"ר אפרת רורמן, זיהוי ואפיון של מזהמים אורגניים רעילים בקולחים להשקיה – דוח מסכם 2007, המעבדה הארצית לבריאות הציבור בתל-אביב, משרד הבריאות (מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה), נובמבר 2009.

⁴² Avisar, D., Lester Y., and Mamane, H. "pH Induced Polychromatic UV Treatment for the Removal of Micro-Pollutants from Water", *Journal of Hazardous Material*, 175 (2010), pp. 1068–107; Lester, Y., Avisar, D., and Mamane, H., "Photodegradation of the Antibiotic Sulfamethoxazole in Water with UV/H₂O₂ Advanced Oxidation Process", *Environmental Technology*, 31, 2 (2010), pp. 175–183



חסרונותיהן של השיטות הטכנולוגיות לטיפול מתקדם בשפכים:⁴³

- טיפול מתקדם בשפכים הוא פתרון חיוני שננקט לאחר שחרור המזהמים למי השפכים (כלומר, אלו צעדי "מזעור נזקים", לאחר שהתרחש הזיהום). טיפול בבעיה סביבתית בטכנולוגיות של "קצה הצינור" אינו תואם את עקרונות פיתוח בר-קיימא, אינו תמיד אפשרי מבחינה כלכלית, ובשל צריכת האנרגיה הגבוהה מביא לפליטות מרובות של גזי חממה ומזהמים אחרים לאוויר.
- אין טיפול שמסיר באופן מוחלט את כל המיקרו-מזהמים המצויים בדרך כלל בשפכי בתי-חולים ובשפכים העירוניים, בשל התגובות השונות של החומרים בעת הטיפול. יעילות התהליך תלויה בסוג החומר. ייתכן שגם הטיפולים המתקדמים ביותר לא יסננו באופן מלא את שאריות התרופות.
- יש להביא בחשבון ששיטות הטיהור הנפוצות כיום לא בהכרח יהיו יעילות להסרת חומרים חדשים, שייעשה בהם שימוש בעתיד.
- עלות מערכות הטיהור גבוהה.
- לעתים שפכים גולמיים משתחררים לסביבה בטרם הגעתם למתקן לטיפול בשפכים. דוגמה לכך היא שפכים החודרים לקרקע, בשל דליפה בצינורות הביוב בטרם הגעתם למתקן לטיהור שפכים.

4.1.1. טיפול מתקדם בשפכי בתי-חולים

יש חילוקי דעות בין החוקרים בסוגיית יעילותו של טיפול מוקדם בשפכי בתי-חולים, לפני שהם משוחררים למתקני הטיפול העירוניים. במחקרים אחדים נטען כי שיעורם של שפכי בתי-חולים בשפכים העירוניים בדרך כלל נמוך מ-10%, לכן אין בהכרח חשיבות סביבתית או היתכנות כלכלית לטיפול נפרד בשפכים אלו.⁴⁴ לעומת זאת, לדברי ד"ר דרור אבישר מהמעבדה להידרו-כימיה באוניברסיטת תל-אביב, "יש להתייחס לשפכי בתי-חולים כמו לשפכים תעשייתיים, שכן הריכוז, הסוג והאופי של החומרים בהם עלול להיות מסוכן, ולא מתאים לחומרים המצויים בשפכים העירוניים". בשל כך, הוא טוען, יש לערוך טיפול קדם בשפכי בתי-חולים (כלומר על בתי-חולים להפעיל מתקן לטיפול בשפכים משלהם, אשר יטפל הן במזהמים הקונבנציונליים והן במיקרו-מזהמים).⁴⁵

בתי-חולים מחויבים לעמוד בחוקים ובתקנות רלוונטיים לעניין המים והשפכים, ובהם תקנות בריאות העם (טיפול בפסולת במוסדות רפואיים), התשנ"ז–1997, המחייבות כל מוסד רפואי למיין ולאסוף פסולת, ולטפל בה בנפרד לפי סוגיה (פסולת רגילה, פסולת זיהומית, פסולת רפואית מסוכנת ופסולת פגרים); תקנות המים (מניעת זיהום מים) (ערכי הגבה של שפכי תעשייה), התשס"ד–2003, הקובעות את רמת החומציות המותרת לעניין הזרמת שפכים תעשייתיים (לא כולל שפכים סניטריים) ישירות למערכת הביוב; תקנות המים (מניעת זיהום מים) (מתכות ומזהמים אחרים), התשס"א–2000, האוסרות הזרמת

43 Klaus Kummerer, "The Presence of Pharmaceuticals in the Environment due to Human Use – Present Knowledge and Future Challenges", *Journal of Environmental Management* (2009), pp. 2354–2366

⁴⁴ ש.ם.

⁴⁵ ד"ר דרור אבישר, המחלקה להידרוכימיה באוניברסיטת תל-אביב, פגישה, 22 בנובמבר 2010. וגם:

P. Verlicchi, A. Galletti, M. Petrovic, D. Barcelo, "Hospital Effluents as a Source of Emerging Pollutants: An Overview of Micropollutants and Sustainable Treatment Options", *Journal of Hydrology*, 389 (2010), pp. 416–428



שפכים ממפעל אם ריכוז המזהמים בהם עולה על האמור בתקנות. התקנות מתייחסות לחומרים כגון מתכות כבדות, מלחים, מזהמים אורגניים ועוד.

בדומה לשפכי מפעלים תעשייתיים, שפכי בתי-חולים מצויים בפיקוח האגף לשפכים תעשייתיים במשרד להגנת הסביבה. שפכי בתי-החולים מנוטרים לפני שהם מוזרמים לביוב העירוני, ואם אינם עומדים במתחייב על-פי התקנות העוסקות באיכות המים והשפכים, בתי-החולים מחויבים להתקין מתקן לטיפול במזהם הספציפי (כגון מתקן שיקוע פיזיקו-כימי, מתקן סינון, ועוד).

לדברי אתי נתן, ממונה על שפכים תעשייתיים במשרד להגנת הסביבה, דרישות נוספות בנוגע למזהמים תעשייתיים אשר אינן מוזכרות בתקנות נאכפות, בדרך כלל, בהליך מתן רשיון עסק למפעלים, אולם מכיוון שבתי-חולים אינם עסקים טעוני רישוי במסגרת חוק רישוי עסקים, המשרד מנוע מלאכוף דרישות נוספות אלו.

ניל פרלמן, מנהל תחום מינהל ומשק במינהל הרפואה במשרד הבריאות, מסר כי הפיקוח על פסולת ושפכים בבתי-חולים נערך הן על-ידי בתי החולים עצמם והן על-ידי משרד הבריאות, במסגרת הליכים תקופתיים של חידוש הרישוי להפעלת מוסד רפואי, הננקטים כל שלוש שנים.⁴⁶ אינג' שלום גולדברגר, המהנדס הראשי לבריאות הסביבה במשרד הבריאות, ציין כי בדומה לפעולת המשרד להגנת הסביבה במסגרת מתן רשיון עסק, אם עולה הצורך בבקרה על פליטת חומרים שאינם מצויים בתקנות ובחקיקה, יכול מינהל הרפואה במשרד הבריאות להוציא הנחיות בנדון לכל המוסדות הרפואיים, במסגרת תהליך הרישוי או בחוזר מנכ"ל.⁴⁷

חשוב לציין כי מיקרו-מזהמים ממקורות רפואיים, כפי שנסקרו במסמך זה, אינם מוזכרים בתקנות או בחקיקה, ולכן אין התייחסות לחומרים אלו בניטור של שפכי בתי-חולים או בפיקוח עליהם. על-פי גבי אתי נתן מהמשרד להגנת הסביבה, מלבד ניטור לצורך מחקרים נקודתיים שנערכו בישראל בשנים האחרונות, מיקרו-מזהמים ממקורות רפואיים אינם מנוטרים, ואף אין לגביהם תקן. היא מוסיפה כי במדינות רבות עוסקים במחקר בתחום, אולם כיום עדיין אין כל מדינה המתייחסת למיקרו-מזהמים בתקני איכות המים והשפכים שלה.⁴⁸

4.2. אסטרטגיות של הפחתה במקור

המונח "הפחתה במקור", אחד העקרונות המרכזיים של פיתוח בר-קיימא, משמעו כל פעולה המונעת את המפגע הסביבתי מלכתחילה ומצמצמת את גודלו או את השפעתו הפוטנציאלית.

בשנים האחרונות, בעקבות שינויים בדפוסי התחלואה וההתפתחות הטכנולוגית של תרופות ואמצעי טיפול בתחלואה, חל גידול מתמיד בשימוש בתרופות לשם שיפור איכות החיים והארכתם. במדינת ישראל, בשנים 2000–2007 גדלה ההוצאה הלאומית על תרופות וחומרי רפואה ב-69.4%.⁴⁹ מכאן שאסטרטגיות של הפחתה במקור של מיקרו-מזהמים במי השפכים, סביר שיתמקדו בהפחתת שיעור התרופות הנפלטות אל מערך השפכים וכן בהפחתת ההשפעות השליליות הפוטנציאליות של נוכחותן בשפכים.

⁴⁶ מר ניל פרלמן, מנהל תחום מינהל ומשק במינהל הרפואה במשרד הבריאות, שיחת טלפון, 27 בדצמבר 2010.

⁴⁷ אינג' שלום גולדברגר, המהנדס הראשי לבריאות הסביבה במשרד הבריאות, שיחת טלפון, 27 בדצמבר 2010.

⁴⁸ גבי אתי נתן, ממונה על שפכים תעשייתיים במשרד להגנת הסביבה, שיחת טלפון, 27 בדצמבר 2010.

⁴⁹ משרד הבריאות, האגף לשירותי מידע ומחשוב תחום מידע, בריאות בישראל – נתונים נבחרים 2010, אוקטובר 2010, עמ' 268.



4.2.1. איסוף תרופות שאין בהן שימוש

אחת מהדרכים השגורות שבהן מופצים חומרים רפואיים לסביבה היא השלכת תרופות שאין בשימוש או שפג תוקפן למערך הפסולת הביתית או למערכת הביוב. בעיה זו אופיינית למגוון רחב של מדינות. לדוגמה, על-פי ההערכות בגרמניה, כ-16,000 טונות של חומרים רפואיים לצורכי אדם מושלכים במדינה זו בכל שנה. 60%–80 מהם נזרקים לאסלה ומשם מגיעים למערכת הביוב או מועברים למערכת הפסולת הביתית. במטמנות הפסולת החומרים עשויים לחלחל לתוך הקרקע ואף להגיע למי התהום.⁵⁰

פקודת בריאות העם (טיפול בפסולת במוסדות רפואיים), התשנ"ז–1997, מגדירה פסולת שהיא חומר ציטוטוקסי (חומר הגורם נזק לתאים), חומרים אנטיביוטיים ותרופות שעבר מועד תפוגתם או שהוחלט לסלקם מסיבה אחרת, לרבות אריזות ושאריות של כל אלה, כ"פסולת רפואית מסוכנת". נוהל משרד הבריאות בדבר תרופות ציטוטוקסיות מסדיר את איסוף התרופות הציטוטוקסיות מהמוסדות הרפואיים, את הבאתן למחסן ראשי בלוד ואת פינוין למטמנה ברמת-חובב.

עד היום לא פרסם משרד הבריאות הנחיות לקופות-החולים בדבר איסוף תרופות שפג תוקפן או שאין בשימוש מציבור מבוטחיהן. כל קופה מתווה את מדיניותה בנושא זה באופן עצמאי, ומכאן שבישראל לא מיושמת מדיניות אחידה בתחום. על-פי תשובת משרד הבריאות, "כיום נעשית פעילות סדורה לאיסוף תרופות שלא נעשה בהן שימוש מהציבור בקופת חולים-כללית ובקופת-חולים מכבי. בקופת חולים לאומית נעשית פעילות ספורדית. שירותי בריאות כללית החלה לפני כשנתיים בקידום פרויקט ארגוני כלל-ארצי, ובמסגרתו הוצבו 600 מכלי איסוף של תרופות ברחבי המרפאות ובתי-המרקחת של הקופה, תוך קריאה לציבור המבוטחים להחזיר מבתיהם את התרופות שאין בהן עוד שימוש. תרופות אלה נאספות על-ידי הקופה ומועברות בחביות לאתרי הפסולת הרפואית ברמת-חובב. בקופת-חולים מכבי, כשלקוח מגיע לבית המרקחת עם תרופות שאין בהן צורך (בין אם תפוגתן פגה ובין אם של בן משפחה שנפטר), הרוקחים לוקחים את התרופות ומעבירים אותן להשמדה בהתאם לנוהלי משרד הבריאות בנדון. קופת-חולים לאומית אינה מוכנה לקבל תרופות חזרה ממבוטחיה ולהחזירן למלאי התרופות של הקופה לצורך שימוש חוזר. במקרה ויש מבוטח המעוניין להעביר תרופות פגות-תוקף או לא שימושיות לצורך השמדה, קיימת אפשרות לרוקח להעבירן למרכז ללוגיסטיקה של הקופה, אשר מעביר את התרופות להשמדה, כל זאת ללא מתן זיכוי כספי למבוטחים. בימים אלו נבדקות עלויות ואפשרויות לוגיסטיות לכך שהקופה תיזום ותעודד את מבוטחי הקופה להחזיר תרופות פגות-תוקף או לא שימושיות לבתי-המרקחת ולבצע השמדה תיקנית של תרופות אלו".⁵¹

יש לתת את הדעת לצורך **בידוע הציבור** בדבר הסכנות שבהשלכה לא מבוקרת של תרופות, וכן בדבר אפשרויות איסוף התרופות העומדות בפניו. משרד הבריאות מסר כי מנכ"ל משרד הבריאות הקים צוות בדיקה, וזה "יתווה את המלצותיו בנושא איסוף התרופות בעוד כשלושה חודשים".⁵²

⁵⁰ תמר מועלם-טננבאום, עבודת גמר לשם קבלת תואר מוסמך באוניברסיטה העברית בירושלים, ספיחה ותנועה של חומרים רפואיים בקרקע: השפעת השקיה בקולחים, אפריל 2010.

⁵¹ גב' מירי כהן, מנהלת תחום בכיר שירותי הצלה וע"ר במשרד הבריאות, מכתב, 30 בנובמבר 2010.

⁵² שם.



4.2.2. התחשבות בשיקולים סביבתיים בשלב פיתוח התרופות

הגישה שיש להביא בחשבון את כלל מחזור החיים של התרופות, הן לעניין התפקוד שלהן והן לעניין השפעותיהן על הסביבה, ידועה בתחום הכימיה הירוקה כ- Benign by Design Approach.⁵³ על-פי ד"ר דרור אבישר, ההשפעות הסביבתיות של התרופות לאחר שימוש ובעקבות שחרורן לסביבה אינן נדבך מרכזי מספיק בשלב פיתוח התרופות כיום. לתפיסתו, על חברות התרופות להשקיע משאבים במחקר ובנקיטת אמצעים להפחתת הנזק הסביבתי של תרופות. אמצעים אלו הם, בין השאר, הפחתת זמן פירוק החומרים הפעילים, הקטנת השרידות הכימית-פיזיקלית של החומרים הרפואיים בסביבה, עריכת מחקר בדבר תוצרי הפירוק ורמת רעילותם ועוד.⁵⁴

לסיכום, ריכוז החומרים הרפואיים בשפכים המטוהרים ובסביבה תלוי בקשת רחבה של גורמים, החל ביצרני התרופות וכלה בצרכני התרופות. בטבלה שלהלן מוצגים אמצעים להפחתת ריכוזם של חומרים רפואיים בסביבה על-פי גורמי הביצוע השונים:⁵⁵

הגורם המבצע	אמצעים אפשריים
חברות התרופות	<ul style="list-style-type: none"> פרסום מידע רלוונטי להערכת ההשפעה של תרופות על הסביבה, כולל מידע אנליטי (זמן פירוק וכו'). הקצאה של אריזות תרופות בגודל הולם, כדי לצמצם את כמות התרופות שפג תוקפן או שאינן בשימוש. שילוב של שיקולים סביבתיים בייצור תרופות. הקצאת משאבים לפיתוח רוקחות ירוקה (green pharmacy). הפחתת מכירת תרופות מהמדף. ייסוד מערכות החזרה של תרופות שפג תוקפן.
חולים	<ul style="list-style-type: none"> קיום קפדני יותר של ההוראות לנטילת תרופות (נטילת תרופות רק על-פי הצורך ועל-פי הוראותיו של רופא). הימנעות מהשלכת תרופות לביוב, על-ידי שימוש במערכת החזרה של תרופות (בבית-)

⁵³ Klaus Kummerer, "The Presence of Pharmaceuticals in the Environment due to Human Use – Present Knowledge and Future Challenges", *Journal of Environmental Management* (2009), pp. 2354–2366

⁵⁴ ד"ר דרור אבישר, ראש המעבדה להידרו-כימיה באוניברסיטת תל-אביב, פגישה, 22 בנובמבר 2010.

⁵⁵ הטבלה מבוססת על: Klaus Kummerer, "The Presence of Pharmaceuticals in the Environment due to Human Use – Present Knowledge and Future Challenges", *Journal of Environmental Management* (2009), pp. 2354–2366



אמצעים אפשריים	הגורם המבצע
מרקחת או בכל מוקד אחר).	
<ul style="list-style-type: none"> • מתן מידע לחולים בדבר הוראות נטילת תרופות וסילוקן בעת הצורך. • השתתפות בפרויקטים של השבת תרופות. 	רוקחים
<ul style="list-style-type: none"> • מתן מידע לחולים בדבר הוראות נטילת תרופות וסילוקן בעת הצורך. • אם יש המידע על מאפייני התרופות והשפעתן על הסביבה, ויש כמה חלופות במתן התרופה – מתן מרשם גם על-פי קריטריונים סביבתיים. 	רופאים
<ul style="list-style-type: none"> • טיפול בנזילות בצנרת (הפחתת דליפות של שפכים לפני טיפול לקרקע) • שימוש בטכנולוגיות חדשניות לניטור מזהמים (כולל מיקרו-מזהמים) • טיפול מתקדם בשפכים במקרה הצורך. 	מכוני טיהור שפכים
<ul style="list-style-type: none"> • הכללה של מיקרו-מזהמים ממקורות רפואיים בחקיקה ובתקינה סביבתית. • יצירת קשר בין קריטריונים סביבתיים לאישור תרופות לשימוש בני-אדם. • שיפור החקיקה בנושא ניהול מערך תרופות שפג תוקפן. • יצירת תמריצים לפיתוח תרופות "ירוקות". 	מקבלי החלטות

