



התייעלות במשאבים בשפכי תעשייה ופסולת מסוכנת נוזלית

דצמבר 2020

פרסום רבעוני זה של המרכז להתייעלות במשאבים מופץ כהרחבה לגיליון מס' 3 של עלון המידע החודשי של המרכז, ומעמיק ידע בנושא מקצועי נבחר.

במרכז הידע של המרכז להתייעלות במשאבים ניתן למצוא קישורים ומידע מקצועי בנושאי כלכלה וסביבה בתעשייה, כולל מקרי חקר וגיליונות נוספים של עלון המידע.

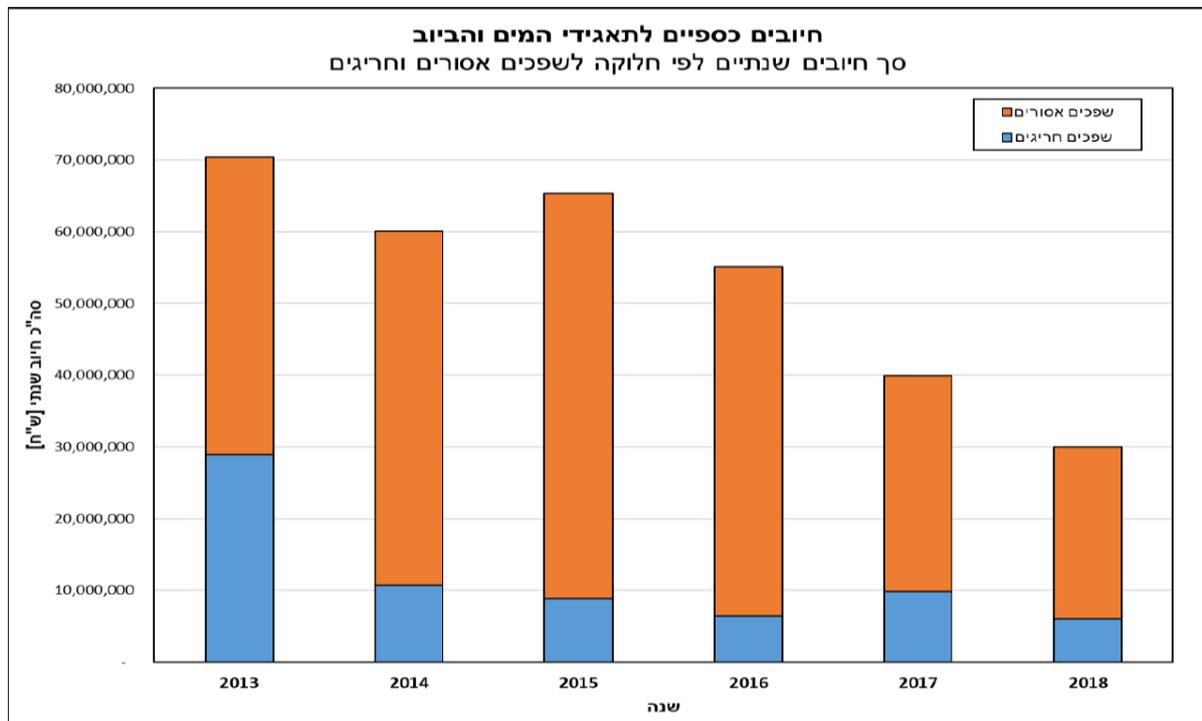
תוכן עניינים

2	מבוא
3	שפכי תעשייה
4	פסולת מסוכנת ופסולת מסוכנת נוזלית
5	אתגרי הטיפול בפסולת מסוכנת נוזלית
6	פתרון התייעלות לנושא שפכים תעשייתיים אפיון והפרדת זרמים במפעל
8	כלים להפרדת הזרמים לאחר אפיון
8	תועלות כלכליות של הפרדת פסולת נוזלית
9	תועלות סביבתיות של הפרדת פסולת נוזלית



התעשייה בישראל מוציאה כיום כ-30 מיליון ש"ח בשנה על טיפול בשפכים חריגים ואסורים (לאחר שתועדה ירידה משמעותית בהוצאה זו בשנים האחרונות עקב שינוי במחירים על ידי רשות המים)¹, ומיליוני שקלים נוספים מופנים לעלויות סילוק פסולת מסוכנת נוזלית. עלויות טיפול אלה עלולות להכביד מאוד על מפעל בודד, אך ניתן להפחית אותן משמעותית ולייעל את התהליכים ע"י אפיון השפכים והפרדת זרמים כבר בשטח המפעל.

תרשים 1 | חיובים שנתיים מהתעשייה לתאגידי המים והביוב בגין הזרמת שפכים חריגים ואסורים 2013-2018



ישנן שתי אפשרויות מקובלות לטיפול בפסולת נוזלית. אחת היא סילוק למפעלי טיפול פיזיקו-כימי, תהליך שכרוכות בו עלויות דמי טיפול ושינוע של אלפי עד עשרות אלפי ש"ח מדי חודש (כתלות במשקל וסוג החומרים), כפי שניתן לראות בתרשים 2. האפשרות החלופית היא הזרמת השפכים לביוב. גם במקרה זה העלות הכספית המוטלת על המפעל עלולה להגיע לעשרות אלפי שקלים בחודש בגין דמי שפכים חריגים ואסורים, ועלות טיפול נוספת שדורש תאגיד המים, המטפל במט"ש אליו מוזרם החומר.

¹ רשות המים, 2016, מתודולוגיה בקביעת תעריפים בעד הזרמה של שפכים אסורים.

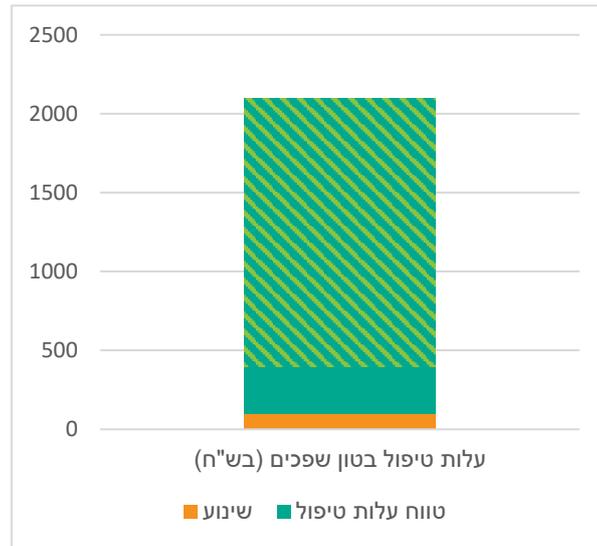
תרשים 2 | מבנה עלות הטיפול בטון פסולת מסוכנת נזלתית אשר נשלחת לטיפול פיזיקו-כימי

עלות הטיפול בטון פסולת נזלתית כוללת גם את העלויות הנובעות מהצורך בשינוע הפסולת לאתר הטיפול.

מיכלית להובלת חומרים מסוכנים עולה כ-2,000 ש"ח, כלומר עלות של כ-100 ש"ח לטון.

טווח עלות הטיפול הפיזיקו-כימי הוא בין כ-2,000-300 ש"ח לטון, כתלות בריכוז המזהמים.

סה"כ עלות טיפול בטון לסילוק פיזיקו כימי נע בין 2,100-400 ש"ח



קיימת דרך פעולה אחרת להתמודדות עם שפכי תעשייה. אפיון זרמים יאפשר הפרדת זרמי שפכים במקור, יביא לזיהוי יותר טוב של החומרים המסוכנים בשפכים, וייצור הפחתה במקור הן של מזהמים (כימיקלים בשימוש) והן בצריכת מים. תהליך זה יכול להוביל לצמצום חריגות (או הקטנת כמות המזהמים) בשפכים, וגם להקטנת כמות הפסולת המסוכנת הנדרשת לפינוי, זאת בהתאם לסוג המפעל, התהליכים המנוהלים בו והיעילות שלו. פתרון זה יכול לחסוך למפעלים עשרות אלפי שקלים בחודש ואף לייעל את תהליכי היצור בשטחי המפעל.

בנוסף לחיסכון זה, הפרדת זרמי השפכים במקור תתרום למזעור הנזקים הסביבתיים הנגרמים כתוצאה מייצור חומרים אלה, שינוע שלהם והטיפול בהם. יתרה מכך, דרך פעולה זו היא בעלת פוטנציאל לקדם התייעלות במקור של שפכי תעשייה וחומרים מסוכנים, וכתוצאה מכך גם לייעל את השימוש בחומרי גלם של המפעל המבצע את הפעולות הנ"ל.

שפכי תעשייה



שפכים תעשייתיים הם "שפכים שמקורם במפעל המזרמים מן המפעל למערכת הביוב, למעט שפכים סניטריים".² שפכים תעשייתיים מיוצרים במפעל ומזרמים למט"ש העירוני, בו הם מטופלים, וממנו כ-86% מהם, בממוצע ארצי, מושבים להשקיה חקלאית. כדי שיהיו איכותיים מספיק להשבה, שפכים תעשייתיים המזרמים למט"ש חייבים לעמוד בתנאים מסוימים.

שני סוגי שפכים תעשייתיים אינם עומדים בתנאי ההזרמה למט"ש:

- **שפכים חריגים** ניתנים להזרמה למערכת הביוב, אך משום שהטיפול בהם במט"ש מצריך עלויות נוספות מצד תאגידי המים, הזרמתם כרוכה בתשלום (כדי לאמוד את גובה התשלום על פי התעריפים המתאימים, ניתן להשתמש בסימולטור שפכי מפעלים של רשות המים [בקישור זה](#)).
- שפכים חריגים אלה לרוב מהווים פסולת מסוכנת נזלתית (ראו להלן מידע לגבי טיפול בפסולת זו).³
- **שפכים אסורים** שאין להזרים אותם למערכת הביוב באופן גורף (משלמים קנסות עבור הזרמתם).

² חוק תאגידי המים והביוב, 2001.

³ כללי תאגידי מים וביוב, 2014.

פסולת מסוכנת ופסולת מסוכנת נוזלית

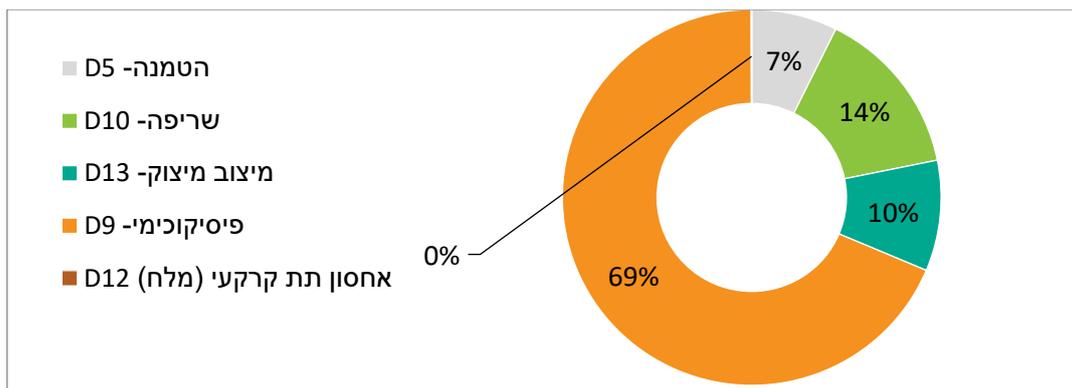


פסולת מסוכנת מוגדרת כפסולת המהווה סיכון לציבור ו/או לסביבה, על פי תכונות סיכון שנוסחו ע"י הרגולטור.⁴ פסולת כזו מיוצרת כמעט בכל ענפי התעשייה בארץ. בשל הנזקים הרבים אשר יכולים להיגרם לבריאות הציבור והסביבה כתוצאה מחשיפה לחומרים אלה במקורות מים, אוויר וקרקע, הרגולציה הסביבתית, הלאומית והבינלאומית, מוודאת כי פסולת זו תטופל כראוי במפעלי טיפול בפסולת מסוכנת.

לפי דו"ח המשרד להגנת הסביבה, בשנת 2018 נוצרה בישראל כמות של כ-325,000 טון פסולת מסוכנת.⁵ ישנן שתי דרכי טיפול מקובלות בפסולת מסוכנת – השבה ומחזור או סילוק. בשנת 2018, אחוז ההשבה והמחזור בישראל עמד על-41%, ושאר הפסולת (59%) הועברה לתהליכי סילוק, ביניהם שריפה (שלא למטרת יצור אנרגיה), הטמנה (ייצוב מיצוק), וטיפול פיזיקו-כימי.

רובה של הפסולת המסוכנת המועברת לסילוק (69%, כ-135,000 טון בשנה) היא פסולת מסוכנת נוזלית (שפכים בעלי ריכוז מזהמים גבוה) המועברת לטיפול פיזיקו-כימי D9. פסולות נוספות שמועברות לטיפול פיזיקו-כימי הן פסולת אנאורגנית מוצקה להטמנה (כולל טיפול קדם – ייצוב מיצוק) (17%) ופסולת אורגנית לשריפה ללא הפקת אנרגיה (14%).

תרשים 3 | התפלגות סוגי טיפולי סילוק פסולת מסוכנת בישראל⁶



האות D מייצגת סוגים שונים של פתרונות סילוק לפסולת (בניגוד ל-R אשר מייצגת פתרונות השבה או מחזור).

במפעלי הטיפול הפיזיקו-כימי (D9), עוברים השפכים והפסולת הנוזלית טיפול אשר מפריד את המרכיבים המסוכנים מהמדיום הנוזלי כך שמתאפשרת הזרמת המים לאחר טיפול למט"ש עירוני והחלק המכיל את המרכיבים המזהמים מועבר להמשך טיפול.

תוצרים אופייניים המתקבלים מטיפול פיזיקו-כימי הם:

- בוצה אחרי סחיטה המפונה לאתר מורשה
- אפר המועבר לייצוב מיצוק והטמנה
- שפכים המועברים למט"ש העירוני
- קומפוסט המועבר להאבסת בע"ח

תהליכי טיפול להפרדת חומרים מסוכנים כוללים:

- הוצאת מזהמים אורגניים ו/או מתכות כבדות
- ריכוז השפכים והשבת המים
- סילוק בשריפה ללא הפקת אנרגיה
- הטמנה ישירה

⁴ אם היא בעלת אחת מתוך 14 תכונות הסיכון, שהוגדרו במסגרת הדירקטיבה האירופית לפסולות 2006/12: נפיצות, דליקות, מזיק/רעיל, מגרה/קורוזיבי, מסרטן, מוטגני, בעל רעילות לפרייון, רעיל לסביבה, גורם נזק בסילוק וגורם לפליטת גזים רעילים במגע עם הסביבה.

⁵ המשרד להגנת הסביבה, דצמבר 2019, דוח תמונת מצב טיפול בפסולת מסוכנת בישראל שנת 2018.

⁶ שם.

תמונה 2 | אתר טיפול פיזיקו-כימי ברמת חובב
(החברה לשירותי איכות הסביבה, צילום: פיני חמו)



תמונה 1 | קוביות הובלת פסולת מסוכנת נוזלית מהמפעלים
(החברה לשירותי איכות הסביבה, צילום: פיני חמו)



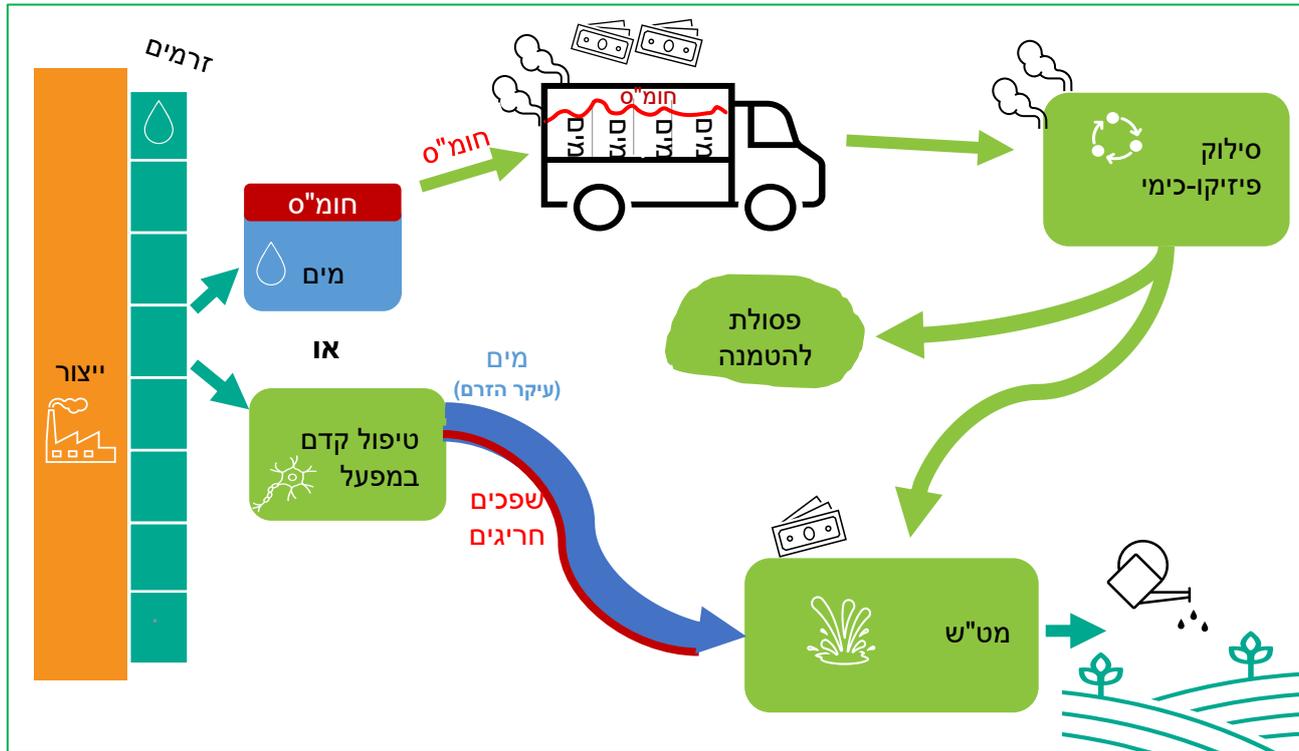
אתגרי הטיפול בפסולת מסוכנת נוזלית



כאשר יש למפעל פסולת מסוכנת נוזלית, עומדות בפניו שתי אפשרויות למהלך הטיפול כפי שניתן לראות בתרשים 4. האפשרות הראשונה זה פינוי לאתר המבצע סילוק בתהליך פיזיקו-כימי, במסגרתו הפסולת הנוזלית המסוכנת (מים מהווים 90%-99% מסך החומר) מפונה בקוביות או במכליות כביש (ראו תמונה 1). ניתן להפריד מרכיבים מסוכנים המביאים את הפסולת להיות מסוכנת ובכך להימנע מפינוי שלהם למפעלי טיפול בפסולת מסוכנת. אם תעשה פעילות של אפיון זרמים והפרדתם במקור, מפעלים אלו יוכלו לצמצם את הכמויות המפונות לטיפול ואף לשנות את ניתובם למט"ש מפעלי ואף לשימוש חוזר במפעל.

האפשרות השנייה היא הזרמת שפכים לביוב העירוני, לאחר ביצוע טיפול מקדים במפעל. שפכים רבים המוזרמים למט"ש כיום מצריכים הוצאות נוספות הן של המפעלים והן עבור הטיפול בהם ע"י מפעלי המט"ש, מכיוון שהם בעלי ערכים חריגים של מזהמים. לרוב, חלק ניכר מהשפכים שהמפעלים משלמים עבור הטיפול בהם כשפכים חריגים ואסורים, אינם כוללים חומרים מסוכנים.

תרשים 4 | מצב מצוי, תהליכי טיפול בשפכים ופסולת מסוכנת נוזלית במפעל



כיום במפעלים, פסולת נוזלית שנוצרת בתהליך הייצור מועברת לטיפול פיזיקו-כימי או מוזרמת למט"ש. בשני המקרים, בעוד המפעל משלם בעבור הטיפול בשפכים בעלי ערכים מסוכנת נוזלית, חלק קטן בלבד מזרם השפכים/הפסולת הנוזלית הוא בעל ערכים חריגים/חומ"ס.

הטיפול הפיזיקו-כימי מפריד את החומר המסוכן (חומ"ס, המהווה בין 1%-10% מהקוביה שנשלחת מהמפעל) מהמים (90%-99%), ומייצר תוצרים אשר מוזרמים לשפכים (מרבית המים) ובוזה תעשייתית שנשלחת להטמנה. תוצרים נוספים מתהליך ההפרדה, כמו שמן שחור, אמולסיות ועוד, מיוצאים כיום לחו"ל ועוברים תהליכים להשבת אנרגיה.

פתרון התייעלות לנושא שפכים תעשייתיים | אפיון והפרדת זרמים במפעל

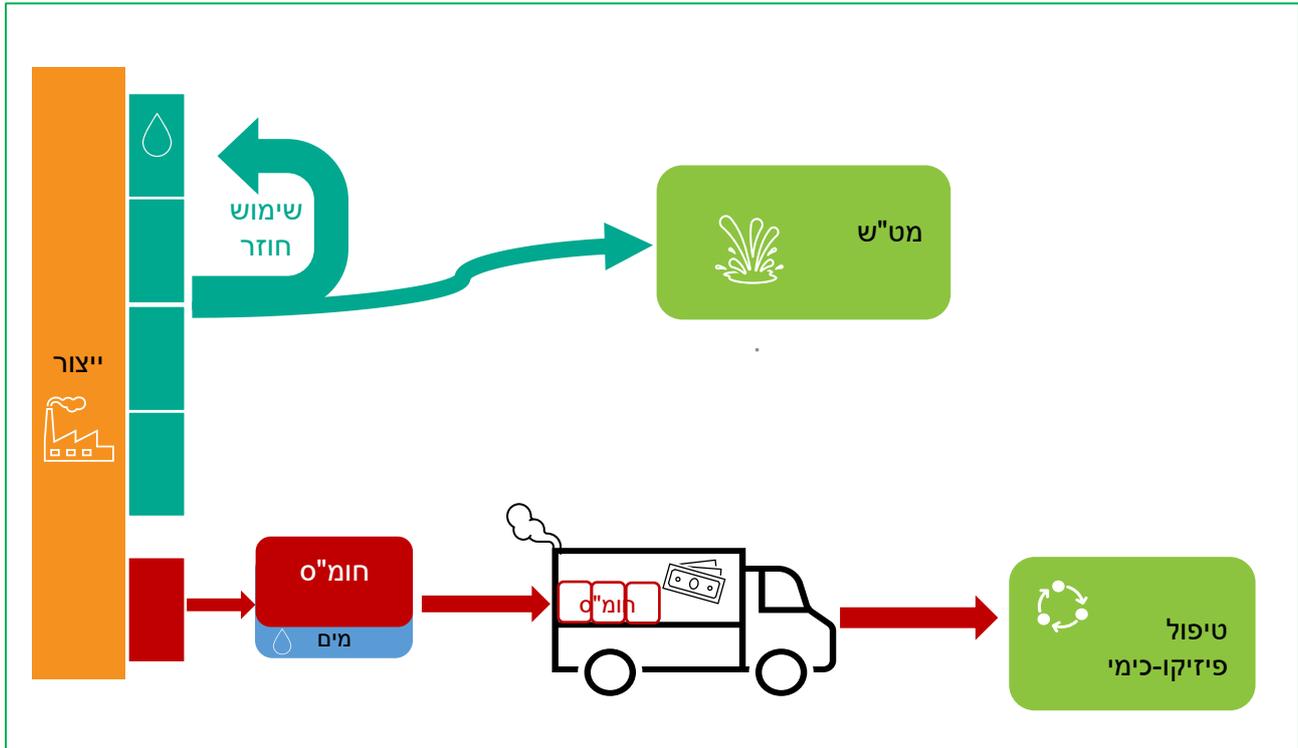


הפתרון המומלץ על ידי המרכז להתייעלות במשאבים לטיפול בשפכי תעשייה ופסולת מסוכנת נוזלית, להפחתת עלויות והתייעלות, הוא ביצוע אפיון והפרדת השפכים במקור. כך ניתן להפחית את כמות הפסולת המסוכנת הנוזלית לסילוק, ולהוריד את העלויות הגבוהות הכרוכות בסילוקה ובטיפול בה. באופן זה, שפכים בעלי ערכים חריגים מופרדים משפכים בעלי ערכים "רגילים", כך מפחיתים את כמות השפכים החריגים שמועברים לטיפול, בעוד ששפכים נקיים ניתנים להזרמה לביוב או לשימוש מחדש במפעל (תרשים 5).

כחלק מתהליך זה, מקודמים תהליכי התייעלות מפעליים וניתן לצמצם את השימוש במים. בנוסף לחיסכון בעלויות הטיפול בחומרים מסוכנים למפעלים, עידוד התייעלות במשאבים והפחתה במקור, ממוזערים הנזקים הסביבתיים הנגרמים ע"י התעשייה. המשרד להגנת הסביבה פרסם שני מדריכים מקצועיים בנושא, לשימוש על ידי המפעלים: ביצוע מצאי זרמים, ומדריך למניעה והפחתה של פסולת מסוכנת.⁷

⁷ מניעה והפחתה של פסולת מסוכנת, אתר המשרד להגנת הסביבה:
https://www.gov.il/he/departments/guides/hazardous_materials_waste?chapterIndex=7

תרשים 5 | מצב רצוי, תהליך הטיפול בשפכים לאחר אפינון והפרדת זרמים



לאחר אפינון והפרדת זרמים, ניתן יהיה לעשות שימוש חוזר בחלק מהזרמים שמיוצרים במפעל, ולשלם פחות למט"ש על שפכים חריגים ואסורים. יפחת גם התשלום על פינוי פסולת מסוכנת נוזלית למתקני פיזיקו-כימי, משום שיפנו פחות נוזלים בסך הכל, כאשר החלק היחסי של החומר המסוכן בהם גדול יותר.



מפעלים המקבלים ייעוץ במסגרת פעילות המרכז להתייעלות במשאבים, מונחים במסגרת תהליך הייעוץ באפינון ופילוח הזרמים, לקראת יישום פתרון פשוט (אך אולטימטיבי) זה. מאגר היועצים של המרכז כולל מספר חברות ייעוץ המתמחות בתהליכים מסוג זה: צלול מים צלולים, יעד ירוק, שר יעוץ והדרכה, לודן טכנולוגיות סביבה וסוטוק.



כלים להפרדת הזרמים לאחר אפיין



אופן הפרדת הזרמים לאחר האפיין תלוי בסוג החומרים והתהליכים, במפעל עצמו ובמתקני היצור שלו ובתהליכי איסוף הפסולת, והוא יכול להתבצע במספר שיטות בהתאם. כך לדוגמה ניתן להפריד בין זרמים באמצעות צנרת או ברזים נפרדים, ולעיתים על ידי הצבת מיכלים נפרדים לאיסוף שפכים; הפרדת שטיפות לפי סוגי מוצרים תאפשר שימוש חוזר במי השטיפות במוצרים חדשים; ע"י הוספת שלב שטיפה מקדים, ניתן לפנות בנפרד זרם מרוכז יותר ולשחרר את מי השטיפות שאחריו למט"ש; בנוסף, ניתן לשנות את יעד הטיפול במי שטיפות כך שיתאפשר שימוש חוזר של חומר הגלם מתוך זרם הפסולת.

המשרד להגנת הסביבה, בסיוע של חברת DHV MED, פרסם (2020) את "המדריך למניעה והפחתת פסולת מסוכנת המועברת לטיפול פיזיקו-כימי D9 עבור סקטור פורמולציה (הדברה, פרמצבטיקה, דטרגנטים וסבונים)".⁸ המסמך מפרט אפשרויות יישומיות להפרדת זרמים, שימוש חוזר בזרמים, ונותן דוגמאות מתאימות.

תועלות כלכליות של הפרדת פסולת נוזלית



ביצוע הפרדת שפכים במקור מקדמת התייעלות תהליכית והתייעלות במשאבים במפעלים. התועלות הכלכליות האפשריות כתוצאה מביצוע פעולות אלה כוללות:

- **הפחתת תשלומים לתאגידי המים** | באמצעות הפרדת הזרמים השונים במקור, ניתן למיין את סוגי הנוזלים לפי סוגים: רגילים, חריגים ומסוכנים, ולבצע חלוקה יעילה יותר של הזרמתם למט"ש. כך ניתן להקטין את כמות השפכים החריגים שמזרמים למט"ש ולמזער את עלויות הטיפול בשפכים.
- **הפחתת עלויות טיפול וסילוק** | הפרדת הזרמים במקור צפויה להפחית בעלויות סילוק פסולת מסוכנת והטיפול בה (המשולמים למפעלי הטיפול אליהם מסולקת הפסולת).
- **הפחתת הוצאות על חומרי גלם** | הפרדת הזרמים במקור מעודדת הפחתה במקור. בנוסף להפחתה בהוצאות טיפול ועמידה ברגולציה, הפרדת הזרמים צפויה לעודד שימוש חוזר בפסולת ומחזור חומר גלם אשר הופרד מהזרמים הנוספים (ראו דוגמא ממפעל ימאתון [בניוזלטר מס' 3](#) של המרכז להתייעלות במשאבים); ולגרום להפחתת השימוש במים בשלבי ניקיון שונים של חומר הגלם (לרוב לפני הזרמה למט"ש). כך יופחת השימוש בחומרי גלם בתוליים וההוצאות לרכישתם, ויוגברו תהליכים של סחרור ושימוש חוזר בתוך המפעל.
- **התייעלות תהליכית** | בכדי להפריד את הזרמים השונים במפעל, תחילה על המפעל לאתר את מקור הזרמים ולעקוב אחר הניתוב של כל זרם בתוך המפעל. תהליך הזיהוי יכול להציף אתגרים נוספים כמו נזילות, חוסר יעילות אנרגטית, פחת חומרים, תהליכים לא יעילים ועוד, ולטפל בהם.
- **הרחבת הגמישות התפעולית ועמידה בפני שינויי רגולציה עתידיים** | מפעל אשר מקדם הפרדת זרמים במקור, יכול להגדיל את כושר היצור שלו ועדיין להשתמש באותם מתקני קדם-טיפול בשפכים בשטח המפעל. כך נחסך למפעל הצורך בהשקעות נוספות כדי לעמוד ברגולציה הנוכחית או העתידית.

⁸ המדריך זמין להורדה באתר המשרד להגנת הסביבה בקישור זה:

https://www.gov.il/BlobFolder/guide/hazardous_materials_waste/he/hazardous_materials_waste-reduction.docx

תועלות סביבתיות של הפרדת פסולת נוזלית



מלבד התועלות הכלכליות למפעל, לתהליך הפרדת הזרמים במקור ישנן תועלות סביבתיות ניכרות. להלן המרכזיות בהן:

- **הפחתת שימוש בחומרי גלם** | כאמור לעיל, אפיון הזרמים השונים במפעל יכול לאפשר שימוש מחדש בחלק מהחומרים, וכתוצאה מכך, לחסוך שימוש בחומר גלם חדש.
- **הפחתת זיהום מאגרי מים** | מזעור כמות השפכים שמוזרמים למט"ש מונעת הזרמת שפכים חריגים למקורות המים.
- **הפחתת זיהום הנובע מטיפול בפסולת מסוכנת** | אפיון הזרמים והפרדתם בשטח המפעל תפחית למעשה את הכמויות המועברות לטיפול פיזיקו-כימי, תהליך שבעצמו יוצר זיהום. מעבר לכך, קיימת השקעה של אנרגיה / שימוש בכימיקלים לצורך ביצוע הפרדה למרכיבים המסוכנים.
- **הפחתת זיהום משני הנובע מפסולת המסוכנת** | הפחתת כמות הפסולת שנשלחת למפעלי טיפול פיזיקו-כימיים תפחית את השינוע הנדרש לשם כך, וכתוצאה מכך תוריד את רמת הזיהום התחבורתי הנובע משינוע זה.



המרכז להתייעלות במשאבים הוקם ביוזמה ובמימון של מנהל תעשיות במשרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה. מטרת המרכז לסייע למפעלים להתייעל הן מבחינה כלכלית והן מבחינה סביבתית. המרכז מתמקד ביעול השימוש בחומרי גלם, מים ואנרגיה, ובכך מסייע להגדיל את הרווחיות והתחרותיות של המפעלים ולייצר חוסן בפני תנודתיות מחירי חומ"ג ושינויים ברגולציה, תוך הקטנת ההשפעה הסביבתית שלו. Win Win למפעל ולסביבה.



המרכז מקדם התייעלות במשאבים באמצעות שתי פעולות משלימות:

- **חטיבת היעוץ** | חבילות ייעוץ ומענקי סבסוד למפעלי תעשייה יצרניים ברחבי הארץ.
- **חטיבת מרכז הידע** | הנגשת מידע: איסוף, ניתוח והנגשת נתונים בתחומי כלכלה וסביבה בתעשייה.