מדינת ישראל

רשות המים

אגף איכות מים

סיכום פעולות למניעת זיהום מקורות מים מדלק

בשנים 2022-2023

ניבי קסלר

מרכזת בכירה שיקום זיהומי דלק

אוגוסט 2024

תוכן עניינים

1. רקע 3
1.1 מאפייני אתר זיהום דלק 3
2. אסדרת אתרי זיהום דלק 4
2.1 שיקום לריכוזי יעד מבוססי סיכון 4
2.2 שלבי הטיפול באתרי זיהום דלק 6
3. אתרי זיהום דלק בפיקוח ובקרה של רשות המים 7
3.1 ממצאי ניטור מומסי דלק במי תהום 9
3.2 שיקום מרכיבי דלק מומסים במי תהום 11
3.3 שאיבת עדשה 12
4. סיכום 13

רשימת תרשימים

תרשים 1. מאפייני אתר זיהום דלק טיפוסי המורכב מפאזות זיהום שונות 4
תרשים 2. חלוקת המרחב לפי ריכוזי יעד מבוססי הערכת סיכונים לשם הגנה על מקורות מי שתייה.. 5
תרשים 3. תיאור סכמתי של שלבי הטיפול באתרים עם זיהומי דלק במי תהום. 6
תרשים 4. מספרי האתרים בהם התבצעה חקירת מי תהום לאורך השנים, בשל חשש לזיהום מי תהום במרכיבי דלק והתפלגות אתרי החקירה לפי סוגים. 7
תרשים 5. התפלגות אתרים לפי שלבי טיפול. 8
תרשים 6. אתרי זיהום דלק פעילים באזור דרום ת"א. 9
תרשים 7. התפלגות אתרי הזיהום הפעילים לפי קטגוריות חומרת זיהום. 10
תרשים 8. התפלגות האתרים בהם מתוכנן, מבוצע או בוצע בעבר שיקום מומסי דלק במי תהום עפ"י טכנולוגיות טיפול שונות. 12

1. רקע

בישראל קיימת מערכת מסועפת של מתקני דלק, הכוללת קווי הולכה ארציים באורך של כ-1,600 ק"מ, 35 חוות מכלי דלק בנפח של עשרות אלפי מ"ק כ"א, שני בתי זיקוק גדולים באשדוד ובחיפה, תחנות כוח, כ- 1,600 תחנות דלק פנימיות ומסחריות מוכרות, מהן כ-580 תחנות הממוקמות מעל אקוויפר החוף, ועוד כמות לא ידועה של תחנות דלק פירטיות ומכלי דלק על-קרקעיים ותת-קרקעיים בתעשייה, בחקלאות, במחנות צבא ובבתי מגורים. נפח הדלק העצום הזורם בקווי הדלק והמאוחסן ומנופק במכלי הדלק מהווה מקור פוטנציאלי משמעותי לזיהום סביבתי.

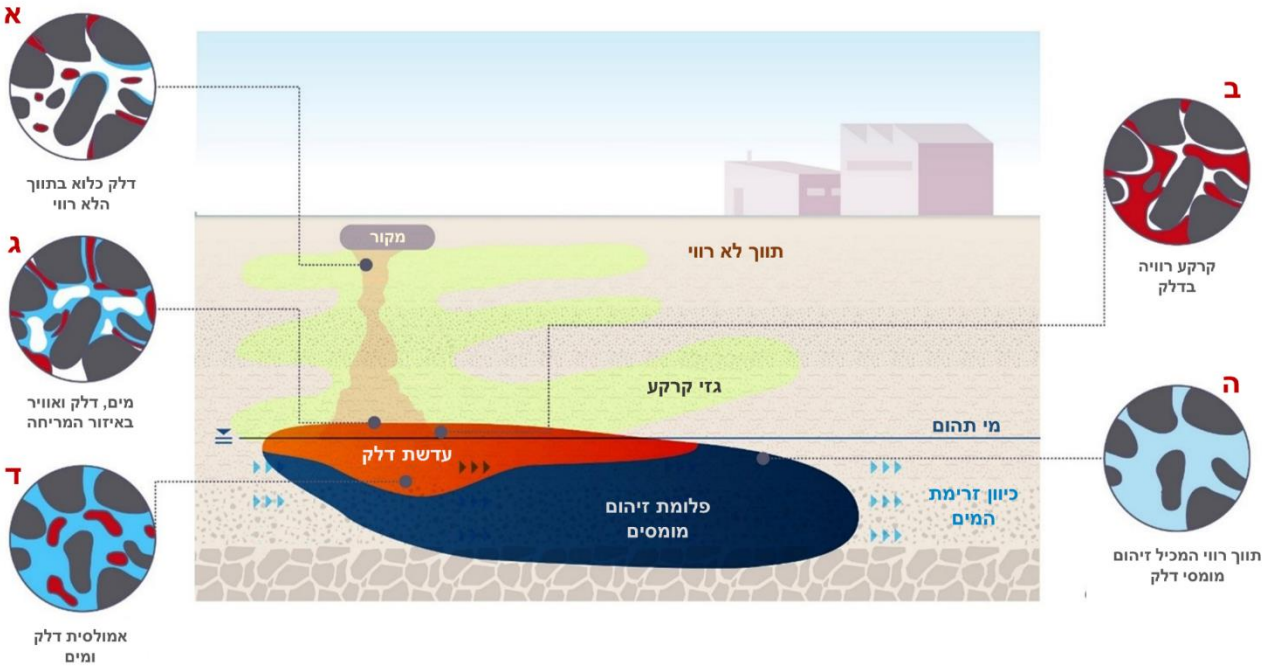
רכיבי דלק מוגדרים כחומרים רעילים-מסרטנים, אשר עלולים לפגוע במערכת העצבים המרכזית, במערכת החיסונית ובפוריות. בשל רעילות החומרים, תקני איכות מי שתייה עבור רכיבי הדלק נמוכים מאוד לצורך הגנה על בריאות הציבור. לדוגמה, הריכוז המרבי של בנזן על פי תקן מי השתייה בארץ הוא 5 מיקרוגרם לליטר. לפיכך, קיים חשש שדליפות דלק שיגיעו אל מי התהום יפסלו נפחי מים גדולים לשימוש כמי שתייה. בשל הנדיפות הגבוהה של מרכיבי הדלק הרעילים, מי התהום המזוהמים משחררים גזים רעילים העלולים לחדור למבנים ולפגוע בבריאות הדיירים. בנוסף, רכיבי דלק רעילים לסביבות אקולוגיות שונות, בפרט לסביבות אקווטיות, פוגעים בתכונות הקרקע ויוצרים מפגעי ריח קשים.

משנת 2004 פועלת רשות המים, בשיתוף עם המשרד להגנת הסביבה, לאיתור וטיפול באתרים בהם קיים זיהום מי תהום במרכיבי דלק לצורך שמירה על בריאות הציבור ואיכות הסביבה. דו"ח זה מתאר את צורת העבודה של רשות המים והרציונל העומד מאחוריה ומפרט את הפעולות שננקטו במהלך השנים 2022-2023.

1.1 מאפייני אתר זיהום דלק

דליפות דלק אל הסביבה יוצרות אתרי זיהום מורכבים, בעל פאזות זיהום שונות. להלן תיאור של אתר זיהום דלק אופייני, פאזות הזיהום המרכיבות אותו ושלבי היווצרותו (תרשים 1).

בשלב ראשון, דלק מגיע אל הקרקע ומתחיל לחלחל אנכית דרך התווך הלא רווי. תוך כדי ההתקדמות האנכית, נפחי דלק קטנים נשארים כלואים בחללי הקרקע ו/או ספוחים לחלקיקי קרקע (תרשים 1א); פאזת זיהום זו נקראת קרקע מזוהמת. בשלב הבא, מגיע הדלק אל מפלס מי התהום ומצטבר מעליו בשל משקלו הסגולי הקטן. בקרבת מפלס מי התהום נוצרת פאזת זיהום של קרקע רוויה בדלק חופשי (תרשים 1ב) הנקראת עדשת דלק או שכבה צפה. תנודות במפלס מי התהום גורמות לתנודות אנכיות של עדשת הדלק, היוצרות אזור מריחה, בו חללי הקרקע מכילים אוויר, דלק ומים (תרשים 1ג). באזור מגע בין עדשת הדלק ומי התהום תיתכן חדירה של נפחי דלק קטנים אל תוך גוף המים ליצירת אמולסיה של דלק ומים (תרשים 1ד). עם הזמן ישנו מעבר של מרכיבי דלק מסיסים מעדשת הדלק, או מקרקע מזוהמת, אל מי התהום ליצירת פאזה של זיהום מומסי דלק במי התהום (תרשים 1ה). זרימה של מי התהום מסיעה את מרכיבי הדלק המומסים ליצירת פלומת זיהום, היכולה להשתרע עד 500 מ' מהמקור. בנוסף, מרכיבי דלק נדיפים משתחררים מהקרקע ומפני המים המזוהמים ומצטברים בחללי הקרקע כגזי קרקע מזוהמים.



2. אסדרת אתרי זיהום דלק

על מנת להגן על בריאות הציבור ועל איכות הסביבה, יש לטפל בכל פאזות הזיהום. האחריות לטיפול בפאזות השונות של זיהומי דלק מתחלקת בין המשרד להגנת הסביבה ורשות המים. המשרד להגנת הסביבה אחראי לטיפול בפאזות הזיהום הנמצאות בתווך הלא רווי: קרקעות מזוהמות וגזי קרקע. רשות המים אחראית לטיפול בעדשות דלק ובזיהום מומסי דלק במי התהום, תוך התמקדות בהגנה על מקורות המים. אזור המריחה, הנמצא בגבול בין תחומי האחריות, מטופל כיום בשיתוף פעולה בין-משרדי. מסמך זה סוקר את פעולות החקירה, הניטור והשיקום של עדשות ומומסי דלק המתבצעות בפיקוח ובהנחיה של רשות המים או ע"י הרשות.

2.1 שיקום לריכוזי יעד מבוססי סיכון

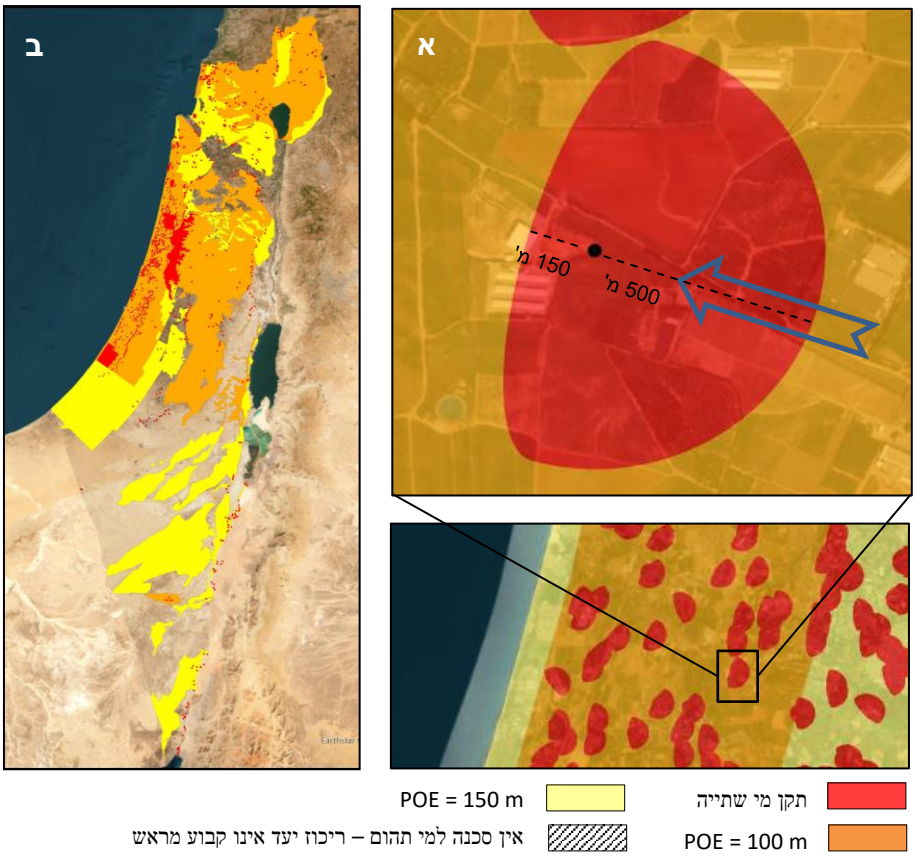
פעולות שיקום מי תהום באתרים מתחלקת לשתי קטגוריות נפרדות – שאיבת עדשות דלק ושיקום מומסי דלק במי התהום. במקרה ומאותרת עדשת דלק, ישנה דרישה לשאוב את העדשה ולפנותה כפעולת שיקום מיידית. לעומת זאת, ההחלטה לגבי הצורך בשיקום מי תהום המזוהמים במומסי דלק, תהליך יקר ומורכב יותר משאיבה ופינוי עדשה, מתבססת על מתודולוגית "IRBCA – Israeli Risk Based Corrective Action" להערכת הסיכונים הנובעים מקרקעות ומקורות מים מזוהמים. לפי מתודולוגיה זו, הצורך בפעולות שיקום וריכוזי היעד לשיקום, נקבעים עפ"י מידת הסיכון שהזיהום מהווה למקורות המים, לבריאות הציבור ולערכי טבע. בפועל, מכיוון שהגנה על מקורות המים מכתיבה את הדרישות המחמירות ביותר, רוב ריכוזי היעד לשיקום מי תהום נגזרים ממטרה זו.

הערכת סיכונים לצורך הגנה על מקורות המים מתייחסת לשני תרחישים עיקריים:

1. זיהום מומסי דלק במי התהום מהווה סיכון מיידי להפקת מי שתייה ולכן נדרש לשקם את מי התהום לריכוזי **תקן מי השתייה**. מוקדי זיהום הנמצאים עד 500 מ' במעלה הזרם מבאר הפקה או עד 150 מ' במורד הזרם נחשבים כמהווים סיכון מיידי לזיהום באר ולהשבתתה (תרשים 2א).
2. זיהום מומסי דלק במי התהום אשר אינו מהווה סיכון מיידי לבאר המשמשת להפקת מי שתייה – במקרה זה ניתן לאמץ ריכוזי יעד מבוססי סיכון מסוג Tier-1[1]. ריכוזי יעד אלו מחושבים עפ"י קרבת מוקד הזיהום לקולטנים רגישים (POE – Point Of Exposure). יעד השיקום במקרה זה יהיה להפחית את ריכוזי המזהמים באתר אל מתחת לריכוזי היעד הספציפיים של האתר.

על מנת לשמר את אוגר המים הנציל להפקת מי שתייה, נקבע כי באתרים הנמצאים מעל אקוויפר בעל חשיבות גבוהה, ריכוזי היעד מסוג Tier-1 צריכים לאפשר הפקת מי שתייה במרחק של 100 מ' (POE=100) עד 150 מ' (POE=150) ממוקד הזיהום. במקרה של זיהום אשר אינו מהווה סיכון לאוגר המים הנציל, ריכוזי היעד יקבעו לפי המרחק לקולטנים רגישים אחרים. בהתאם לשיקולים אלו, חולק המרחב הארצי ל-4 אזורים בעלי ריכוזי יעד שונים (תרשים 2ב). חלוקה זו מהווה בסיס לקביעת ריכוזי יעד לאתר, כאשר לכל אתר נלקחים בחשבון גם פרמטרים נוספים הספציפיים לאותו אתר.

במידה וריכוזי היעד מסוג Tier 1 אינם ברי השגה, ניתן לחשב ריכוזי יעד מסוג Tier-2[2] או Tier-3[3], עפ"י מתודולוגיית IRBCA.



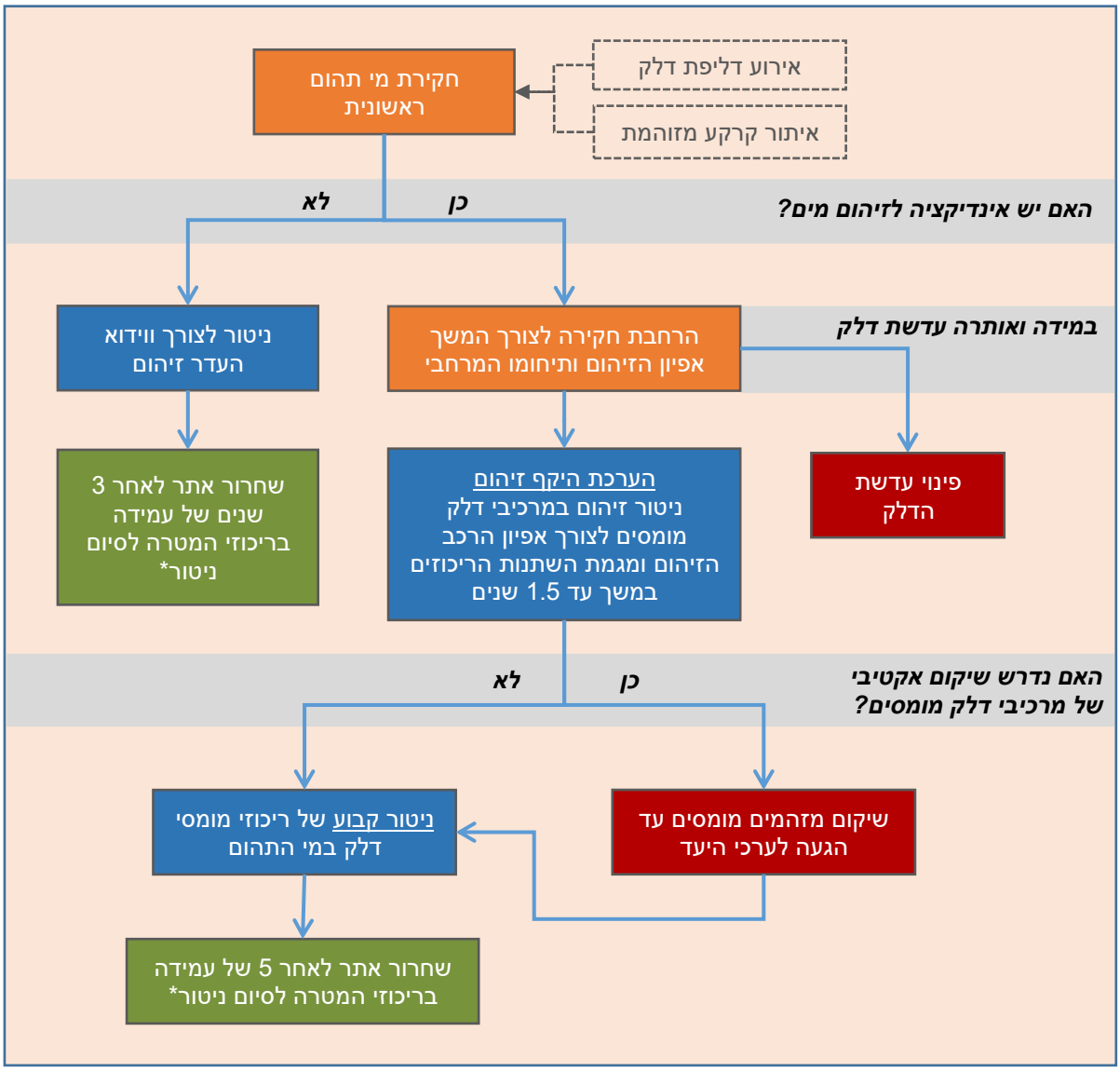
תרשים 2. חלוקת המרחב לפי ריכוזי יעד מבוססי הערכת סיכונים לשם הגנה על מקורות מי שתייה. (א) המרחב סביב באר הפקת מי שתייה אשר בו ריכוז היעד לשיקום הוא תקן מי שתייה. המרחב משתרע 500 מ' במעלה הזרימה ו-150 מ' במורד הזרימה. כיוון הזרימה מיוצג על ידי חץ כחול. (ב) מפה ארצית של החלוקה לריכוזי היעד לזיהומי דלק. אדום – מרחב הגנה סביב בארות הפקת מי שתייה; כתום – אזורי POE=100; צהוב – אזורי POE=150; באזורים בהם לא נשקפת סכנה למי תהום, ריכוזי היעד יוגדרו לפי המרחק מקולטנים רגישים.

[1] Tier-1 – ריכוזי יעד המחושבים באמצעות פרמטרים כלליים של שימושי הקרקע ומסלולי החשיפה.
[2] Tier 2 – ריכוזי יעד המחושבים עפ"י פרמטרים של הסעה וחשיפה אשר חושבו ספציפית לאתר.
[3] Tier 3 – ריכוזי יעד המחושבים באמצעות מודלים של הסעת מזהמים, המתבססים על פרמטרים שחושבו ספציפית לאתר.

2.2 שלבי הטיפול באתרי זיהום דלק

מהלך הטיפול באתרי זיהום דלק כולל מספר שלבים של חקירה וניטור, שיקום לפי הצורך ושחרור לאחר עמידה ביעדים. סדר הפעולות ולוחות הזמנים מתוארים להלן ומוצגים סכמתית בתרשים 3.

בשלב ראשון, בעקבות אירוע דליפת דלק או איתור קרקע מזוהמת, מנחה רשות המים את הגורם המזהם לבצע חקירת מי תהום ראשונית. החקירה כוללת התקנת בארות לניטור מי התהום במטרה לאתר עדשת דלק ו\או זיהום מומסי דלק. במידה ומאותר זיהום, מורחבת החקירה עד השגת תיחום מרחבי של הזיהום. לאחר השלמת התיחום מתבצע ניטור של המזהמים המומסים במשך תקופה של עד כשנה וחצי, אשר במהלכה מתבצעים 4-5 סבבים של דיגום מי התהום. במהלך תקופה זו נאסף המידע הדרוש לקביעת הצורך בשיקום אקטיבי של מי התהום. במקביל, באתרים בהם מאותרת עדשת דלק, בכל אחד משלבי הטיפול, מנחה רשות המים להתחיל בפינוי מיידי של העדשה.



תרשים 3. תיאור סכמתי של שלבי הטיפול באתרים עם זיהומי דלק במי תהום.
*** ריכוזי המטרה לסיום ניטור = 50% מריכוזי היעד של האתר.**

שיקום מומסי דלק נדרש באתרים בהם נדידת זיהום מחוץ לגבולות האתר מסכנת אוגר נציל של מי תהום ואף קידוחי הפקה פעילים. מעבר לכך, שיקום מומסי דלק נדרש כאשר נדידת הזיהום עשויה לגרום לזיהום משני מחוץ לאתר, כגון עליית גזי קרקע מזוהמים מפני מי התהום וחדירתם אל מבנים סמוכים. סיכונים נוספים הנלקחים בחשבון הם הסעה של מזהמים אל קולטנים רגישים בריאותית או אקולוגית כגדות נחלים וחופי הים. באתרים בהם קובעת רשות המים כי יש לטפל בזיהום מומסי דלק במי התהום, נדרש בעל האתר להכין תכנית שיקום מי התהום הכוללת מספר חלופות טכנולוגיות לשיקום והמלצה על הטכנולוגיה המתאימה ביותר למאפייני האתר. לאחר קבלת אישור רשות המים, מותקנת ומופעלת מערכת השיקום באתר. מערך השיקום פועלת, תוך כדי ניטור של ריכוז מומסי דלק, עד הגעה לריכוזי היעד של האתר. ניטור ריכוזים ממשיך גם לאחר הפסקת פעילות מערכת השיקום.

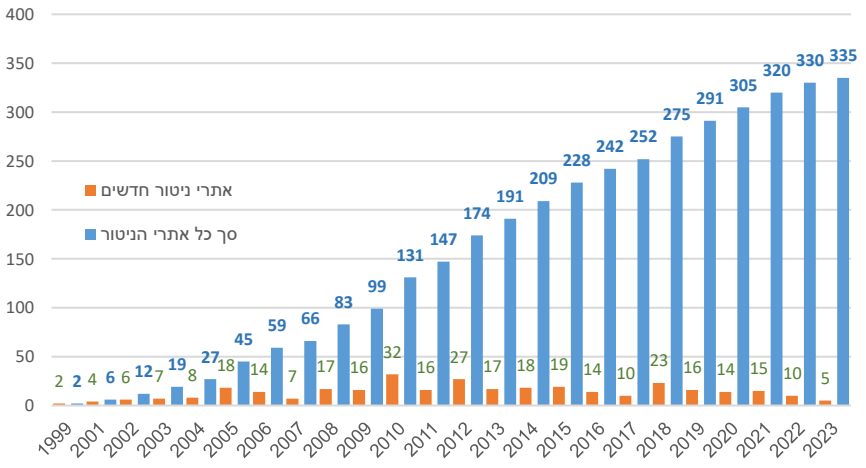
אתרים מזוהמים אשר לא נדרשים לבצע שיקום מומסים, נכנסים לתוכנית ניטור קבועה לצורך מעקב אחר קצב הניחות הטבעי של מומסי הדלק במי התהום. בין אם האתר נדרש לבצע שיקום מומסים אקטיבי ובין אם לא, הוא משוחרר מניטור קבוע רק לאחר 5 שנות ניטור רציף ללא חריגות מריכוזי המטרה לסיום ניטור (השווים ל-50% מריכוזי היעד). אתרים בהם לא אותר בשום שלב זיהום החורג מריכוזי היעד של האתר, ישוחררו לאחר 3 שנות ניטור, בהן לא נמדדו חריגות מריכוזי המטרה לסיום ניטור.

3. <u>אתרי זיהום דלק בפיקוח ובקרה של רשות המים</u>

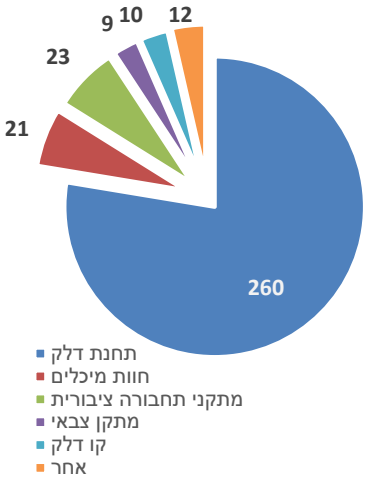
למעלה מ-20 שנה מבצע אגף איכות מים ברשות המים מעקב ובקרה אחר אתרים בהם קיים פוטנציאל לזיהום של מי תהום במרכיבי דלק, בהם תחנות דלק, חוות מכלים, בסיסים צבאיים וכו'. לאורך השנים נפתחו חקירות מי תהום בכ-**335** אתרים, כאשר **10** מתוכן נפתחו במהלך שנת 2022 ו-**5** בשנת 2023 (תרשים 4א). לצורך ניטור ותפעול האתרים הותקנו לאורך השנים כ-**1221** בארות לניטור ושיקום מי תהום; במהלך 2022 הותקנו **51** בארות חדשות ועוד **44** במהלך 2023.

בשל מספרן הרב, תחנות תדלוק מהוות את רובם המכריע של האתרים בהם התבצעו חקירות מי תהום לאורך השנים. חקירות מי תהום התבצעו גם בחוות מכלים, בתחנות מרכזיות, לאורך קווי דלק, בבסיסי צבא, במפעלים ועוד. בתרשים 4ב ניתן לראות את החלוקה היחסית בין סוגי האתרים.

א

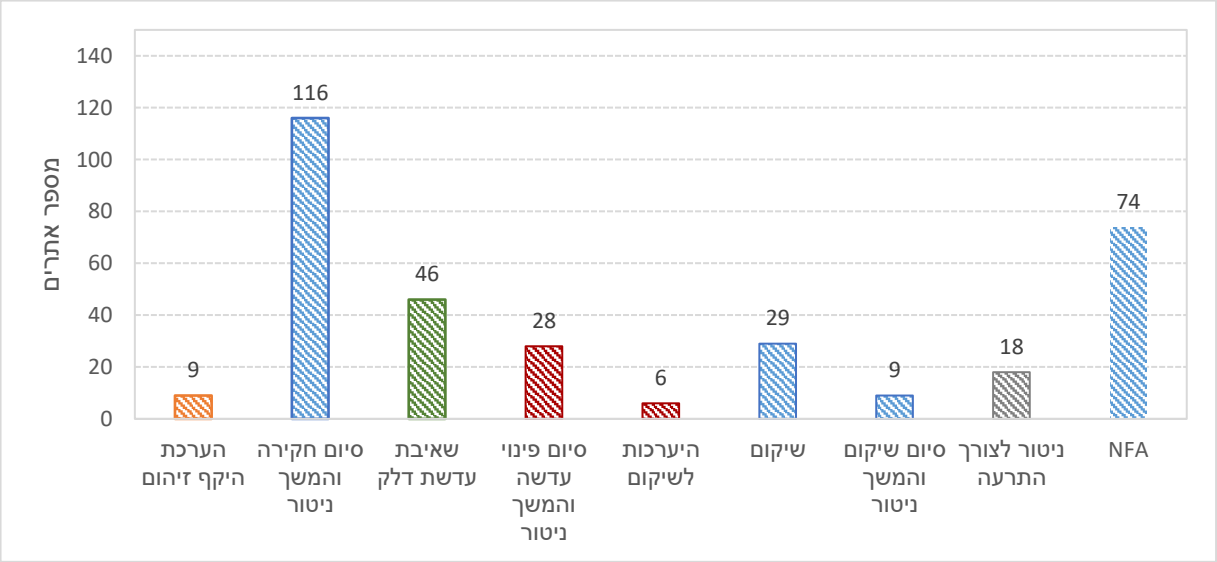


ב



כל אחד מ-335 האתרים אשר נחקרו עד היום התקדם בשלבי הטיפול בהתאם לחומרת הזיהום ומאפייני האתר. בתרשים 5 ניתן לראות את התפלגות האתרים לפי שלב הטיפול בו הם נמצאים נכון למועד כתיבת הדו"ח: הערכת היקף זיהום מי התהום מתבצעת כיום ב- 12 אתרים; ניטור מי תהום מתמשך, כבקרה קבועה על ריכוזי המזהמים במקומות בהם לא נדרש שיקום, מתבצע ב- 116 אתרים; ב-46 אתרים ישנה פעילות לשאיבת עדשות דלק וב-28 אתרים נוספו הושלם פינוי העדשה ונמשך ניטור בלבד; ב-29 אתרים ישנה פעילות לשיקום מומסי דלק במי התהום, כאשר 6 אתרים נוספים נמצאים בשלבי היערכות לקראת שיקום וב-9 אתרים הסתיימו פעולות השיקום ומתבצע ניטור לבקרת תוצאות השיקום. ב-18 אתרי תשתיות דלק, הנמצאים בקרבת לקידוחי הפקה פעילים, מתבצע פעם בשנה ניטור לצורך התרעה. אתרים אלו מנוטרים, למרות שאין בהם אינדיקציה לזיהום קרקע או מים, במטרה לתת התרעה מוקדמת על זיהום מי התהום, טרם הגעתו לקידוח ההפקה. ב- 74 אתרים נפסק הניטור ואין לגביהם דרישות נוספות. אתרים בהם לא נמצאו חריגות מריכוזי המטרה לסיום שיקום (השווים ל-50% מריכוזי היעד) למשך 5 שנים, במהלך השנים 2022-2023 אושרה הפסקה ניטור ב-13 אתרים.

מרבית האתרים, בהם אותר זיהום מי תהום במרכיבי דלק, ממוקמים באזור המרכז ובמפרץ חיפה כאשר 110 מתוכם נמצאים בתוך אזורי מגורים או בצמוד אליהם. בתרשים 6 ניתן לראות דוגמא לפריסה מרחבית של אתרים בדרום תל-אביב יפו, אזור עם צפיפות גבוהה במיוחד של אתרים מזוהמים במרכיבי דלק. את מיקומי כלל האתרים, כולל סטטוס הטיפול בהם, ניתן למצוא באתר Govmap: סטטוס מעקב אחר מקורות זיהום מי תהום.



תרשים 5. התפלגות אתרים לפי שלבי טיפול.



3.1 ממצאי ניטור מומסי דלק במי תהום

ריכוזי מומסי דלק במי התהום מנוטרים באופן קבוע בבארות הניטור שמותקנות באתרים המזוהמים, כחלק מתהליך המעקב והבקרה אחר הזיהום באתרים השונים. ניטור של מומסי דלק מבוצע כיום ב- 261 אתרים מתוך 335 האתרים בהם החלו בביצוע חקירות מי תהום לאורך השנים.

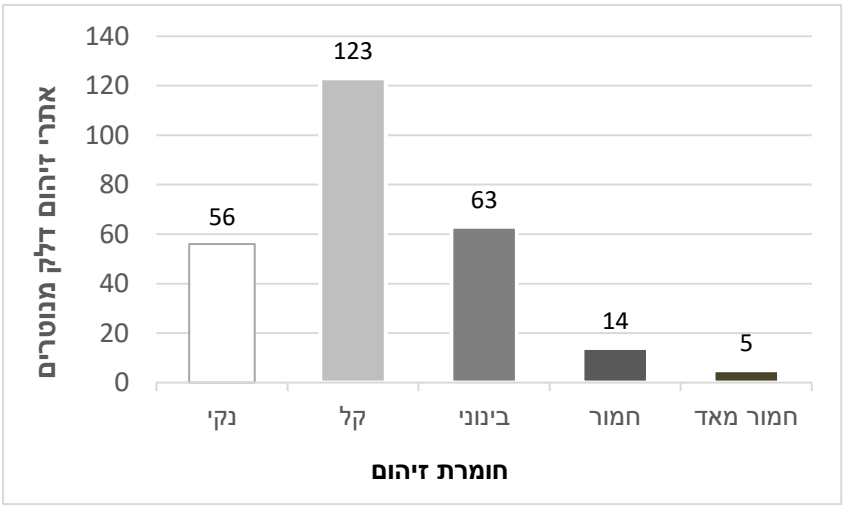
בניטור מומסי דלק במי תהום נמדדים ריכוזיהם של קבוצת מרכיבי דלק עבורם נקבע ריכוז מרבי בתקן הישראלי למי שתייה, והם: מתיל טרט בוטיל אתר (MTBE), בנזן, אתיל בנזן, טולואן וקסילן; קבוצה זו נקראת בקיצור MBTEX. מרבית החריגות באתרים המנוטרים הן של MTBE ובנזן. בנזן הינו מרכיב בעל רעילות גבוהה ולכן תקן מי שתייה עבורו נמוך מאד (5 מיקרוגרם לליטר), כך שריכוז של מיליגרם בודדים לליטר מהווה חריגה של פי 1000 מהתקן. לעומתו, הרעילות של MTBE נמוכה יותר (ריכוז מרבי בתקן מי שתייה של 40 מיקרוגרם לליטר) אך בשל מסיסותו הגבוהה הוא נמצא בריכוזים גבוהים יחסית במי התהום. חומרת הזיהום באתר נקבעת על פי השוואת ריכוזי MBTEX הנמדדים בבארות האתר לריכוזי היעד שלהם באותו אתר. האתרים מחולקים ל-5 קטגוריות של חומרת זיהום, מנקי ועד חמור מאד, עפ"י קריטריונים המוצגים בטבלה 1.

טבלה 1. קטגוריות חומרת זיהום לאתר, הנקבעת בהתאם לחריגה של ריכוזי MBTEX מדודים, מריכוז היעד של האתר. חומרת הזיהום לאתר נקבעת עפ"י המרכיב בעל החריגה הגבוהה ביותר.

קטגוריית חומרת זיהום	קריטריון
נקי	**ריכוזים באתר** < DL*
קל	DL* < **ריכוזים באתר** < ריכוזי היעד
בינוני	ריכוזי היעד < **ריכוזים באתר** < ריכוזי היעד × 100
חמור	ריכוזי היעד × 100 < **ריכוזים באתר** < ריכוזי היעד × 1000
חמור מאד	ריכוזי היעד × 1000 < **ריכוזים באתר**

* סף הזיהוי של שיטת המדידה המאושרת - DL(detection limit)

מתוך 261 האתרים בהם מנוטרים כיום ריכוזי מומסי דלק במי התהום, 56 מוגדרים כנקיים וב- 123 נוספים ישנו זיהום קל אשר אינו חורג מריכוזי היעד (תרשים 7); בסה"כ ב- 179 מתוך 275 אתרים אין חריגות מריכוזי היעד. ב- 82 אתרים ישנה חריגה מריכוזי היעד בלפחות באחד ממרכיבי MBTEX, בדרגות חומרה שונות. במרבית האתרים החורגים מריכוזי היעד, חומרת הזיהום מוגדרת כבינונית, ב-14 אתרים נמדד זיהום חמור וב-5 אתרים נמדד זיהום חמור מאד (תרשים 7).



בטבלה 2 ניתן לראות את שלבי הטיפול הנוכחיים של אתרים עם חריגות בריכוזי המזהמים (בינוני עד חמור מאד). אתרים עם זיהום חמור וחמור מאד כמעט תמיד נדרשים לבצע שיקום מומסים אקטיבי ולכן נמצאים רובם בשלבי שיקום (מומסי דלק או פינוי עדשה) או בהיערכות לשיקום. ישנם חמישה אתרים בהם עדיין נבחנת מגמת הזיהום לקראת החלטה לגבי הצורך בשיקום.

אתרים בעלי זיהום בינוני, המהווים 77% מ-82 האתרים עם חריגות מערכי היעד, מחולקים בעיקר בין שלבי השיקום לבין ניטור קבוע. באתרים בהם הוערך שסילוק/שיקום של הקרקע המזוהמת, בשילוב עם תהליכי פירוק טבעיים, יביאו להנחתה מספקת של ריכוזי הזיהום במים, מתבצע ניטור קבוע בלבד. אתרים בעלי זיהום בינוני הנמצאים בשלבי שיקום הינם אתרים בהם היה בעבר זיהום חמור יותר שדרך כתוצאה משיקום מומסים אקטיבי או אתרים בהם אותר זיהום בינוני, אשר נדרשו לבצע שיקום מומסי דלק על מנת להגן על אוגר נציל של מי תהום או על קולטנים רגישים אחרים.

טבלה 2. שלבי הטיפול בהם נמצאים אתרים עם חריגות של ריכוזי MBTEX, ביחס לריכוזי היעד (קטגוריות זיהום בינוני עד חמור מאד).

חומרת זיהום /שלב טיפול	ניטור מתמשך	היערכות לשיקום	שיקום מומסים ופינוי עדשות דלק	סה"כ
בינוני	**36**	**1**	**26**	**63**
חמור	**5**	**2**	**7**	**14**
חמור מאד	**0**	**3**	**2**	**5**

3.2 שיקום מרכיבי דלק מומסים במי תהום

נכון למועד כתיבת דו"ח זה מתבצעות פעולות שיקום אקטיבי של מי תהום מזוהמים ב-29 אתרים (תרשים 8), 6 אתרים נדרשו לבצע שיקום מי תהום ונמצאים בשלבי היערכות וב- 9 אתרים הסתיימו פעולות השיקום. במהלך שנים 2022-2023 התחיל שיקום מי תהום ב-2 אתרים.

שיקום מי התהום מתבצע לרוב במספר שיטות טיפול בתוך אקוויפר (In Situ):

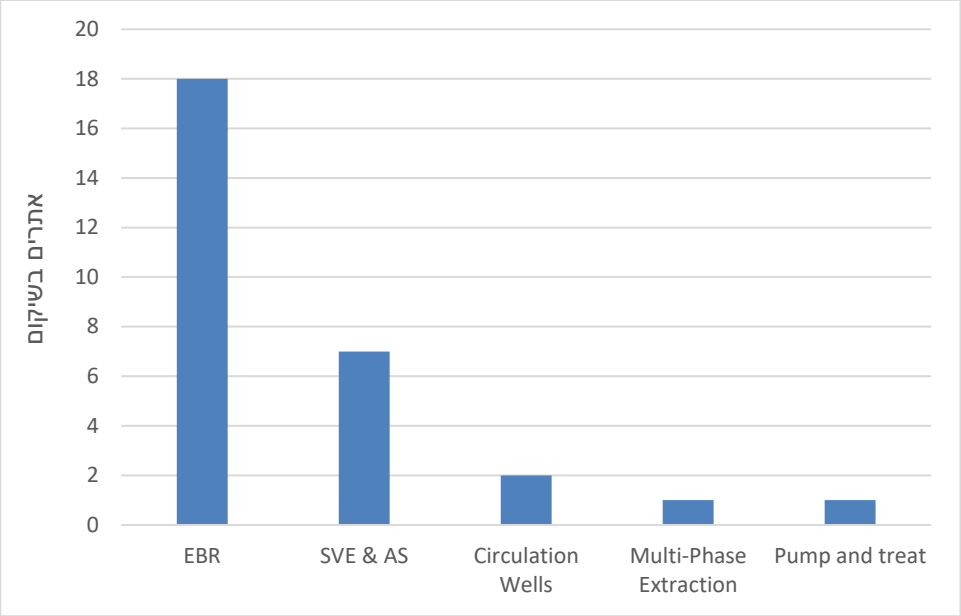
- חמצון כימי ישיר של תרכובות המזהמים (Oxidation).
- הגברת פעילות הפירוק המיקרוביאלי הקיימת באופן טבעי באמצעות פעפוע עדין של חמצן אל מי האקוויפר או הזרקת תרכובות המשחררות חמצן למים, עם או ללא הוספה של נוטריינטים (Enhanced NA).
- שילוב של חמצון כימי והרוויית מי האקוויפר בחמצן לשם הגברת הפעילות המיקרוביאלית באמצעים אלקטרוכימיים (EBR).
- בעבוע אויר תחת מפלס מי התהום ושאיבת האדים המכילים תרכובות נדיפות של מרכיבי דלק מעליו (AS-SVE).

בשנת 2021 נעשה לראשונה פיילוט עם טכנולוגית **PetroFix**, בה מתבצעת ספיחה של הזיהום על גבי פחם פעיל בתוך האקוויפר והאצת פירוק מיקרוביאלי של המזהם הספוח. לפי ממצאי הניטור של ריכוזי הזיהום בשנים 2022-2023 שיטת הטיפול **לא נתנה מענה לזיהום** בתחנה. מוערך שהטיפול כשל בשל נוכחות של קרקע מזוהמת אשר המשיכה להזין את מי התהום ברכיבי דלק.

שיקום מי התהום יכול להתבצע גם באמצעות שאיבת המים המזוהמים, טיפול בהם מחוץ לאקוויפר (Ex-Situ) על ידי כיחוש ריכוזי המזהמים באמצעים פיזיקליים והחדרת המים המטופלים בחזרה לאקוויפר. פעולת השאיבה וההחדרה יכולות להתבצע בבאר סיחרור יחידה (Circulation Wells) או בבארות שאיבה והחדרה נפרדות (Pump & Treat). ישנה גם אפשרות לבצע שאיבה כפולה של מים ועדשת דלק, הפרדת הפאזות והחדרת המים המטופלים חזרה לאקוויפר (MPE - Multi-Phase Extraction).

שיטת הטיפול בכל אתר נקבעת בהתאם להיקף הזיהום באתר, אופי התווך הלא רווי והרווי, עומק מי התהום, הזמן המוערך עד להגעה לריכוזי היעד לשיקום ועוד ומאושרת מראש על ידי רשות המים. עבור חלק מטכנולוגיות השיקום מנחה רשות המים לבצע פיילוט לבחינת יעילות הטכנולוגיה בהרחקת מרכיבי הדלק וכן לקביעת פרמטרים לתכנון השיקום כגון רדיוס ההשפעה של המערכת, גודל המערכות הדרושות לטיפול, סוג וכמות החומרים אשר ישמשו לטיפול וכו' טרם התקנת מערכת השיקום.

במספר אתרים ניתן לראות כי בעקבות פעולות השיקום נצפית ירידה משמעותית בריכוזי המזהמים, עד לריכוזים הקרובים לריכוזי היעד ולעיתים אף מתחת לכך. נכון לכתיבת דו"ח זה ישנן 9 תחנות בהן הסתיים הטיפול והן עברו משלב של שיקום לשלב של מעקב אחר ריכוזים שאריתיים של מומסי דלק במי התהום.



3.3 שאיבת עדשה

במתקני דלק בהם נמצאה עדשת דלק חופשי מעל מי התהום מנחה רשות המים לבצע, כפעולה מידית, שאיבה של הדלק החופשי עד לעובי עדשה שלא יעלה על 0.3 ס"מ. נכון לשנת 2023 נשאב דלק ב-46 אתרים. ב-28 אתרים נוספים עובי עדשת הדלק בבארות ירד אל מתחת לרמה הנדרשת ופעולות השאיבה נפסקו. עומק מי התהום בהם אותרה עדשת זיהום דלק נע בין פחות ממטר אחד ועד לכ-50 מ'.

אמצעי השאיבה השונים מוצבים בקידוחים על פי התאמת הטכנולוגיה לקצב שיוב הדלק (קצב חזרת הדלק לקידוח לאחר שאיבתו) ובהתאם לעובי עדשת הדלק בקידוח. ככל שקצב השיוב גבוה ועדשת הדלק עבה יותר יש להשתמש באמצעי שאיבה אינטנסיביים יותר המסוגלים להרחיק נפחי דלק גדולים ליחידת זמן.

האמצעים המקובלים לשאיבת עדשות דלק הינם:

<u>סקימר אקטיבי</u> - התקן השואב דלק באופן אקטיבי מהקידוח, בצורה מחזורית או ברציפות. כאשר הסקימר מותקן ומתוחזק כיאות, הוא שואב באופן סלקטיבי אך ורק דלק. טכנולוגיה זו מיועדת לשאיבת דלק מקידוחים בהם קצב שיוב הדלק גבוה – דלק בכמות הניתנת לשאיבה חוזר לקידוח תוך פרק זמן של דקות עד ימים ספורים.

<u>סקימר פסיבי</u> - התקן האוגר בתוכו נפח מוגבל של דלק, הנכנס פסיבית ובאופן סלקטיבי מהקידוח, המפונה ידנית אחת לתקופה. טכנולוגיה זו מיועדת לשאיבה מקידוחים בהם קצב השיוב בינוני ודלק בכמות הניתנת לשאיבה חוזר לקידוח בתוך מספר ימים עד כחודש.

<u>סופחן</u> - התקן המסוגל לספוח באופן סלקטיבי כמות קטנה של דלק, ובדומה לסקימר פסיבי, נשלף ידנית מהקידוח ו'נסחט' אחת לתקופה. טכנולוגיה זו מיועדת לסילוק עדשות דלק דקיקות ואמולסיות דלק-מים.

ישנם אמצעי שאיבה נוספים בהם נעשה שימוש באתרים בודדים - שאיבה דלק באמצעות משאבה טבולה ושאיבה תקופתית של דלק ומים באמצעות ביובית.

יעילות פעילות שאיבת עדשות דלק מושפעת בעיקר מהתאמה נכונה של אמצעי השאיבה למאפייני הקידוח ובהמשך, מתפעול מקצועי של האמצעים לרבות כיוון תקופתי ומדויק של גובה השאיבה, התאמת משך ותזמון פעולות השאיבה האקטיביות ולחילופין, תזמון נכון של ריקון האמצעים הפסיביים וכו'. לאורך תקופת פינוי העדשה מוחלף אמצעי השאיבה/ספיחה על מנת לשמר את יעילות התהליך תוך כדי הצטמצמות עובי העדשה והאטת קצב השיוב.

4. <u>סיכום</u>

הפעולות שבוצעו במהלך השנים 2022-2023, כחלק מתפעול מערך החקירה, הניטור, השיקום והבקרה אחר זיהומי מי תהום במרכיבי דלק הינן:

- חקירה סביבתית לאיתור זיהום מי תהום נפתחה ב- 15 אתרים חדשים בהם קיים חשש לזיהום מי תהום בעקבות דיווחים על דליפות דלק או ממצאי סקרי קרקע.
- קידום והשלמה של הערכת היקף הזיהום במי תהום באתרים בהם החלה חקירה סביבתית בשנים קודמות.
- מעקב ובקרה אחר מגמות השינוי בריכוזי מומסי הדלק במי התהום באתרים מזוהמים.
- קידום של פעולות לשיקום מי תהום המזוהמים במומסי דלק ומעקב אחר התקדמותן.
- קידום, מעקב ובקרה של פעולות לשאיבת עדשות דלק מעל פני מי תהום.

מתוך 261 האתרים הפעילים כיום, ב- 179 אתרים לא נמצאה חריגה מריכוזי היעד עבור אף אחד מרכיבי הדלק הנמדדים. ב-82 אתרים נמצאו ריכוזים החורגים מריכוזי היעד, מתוכם ב- 19 אתרים אותר זיהום חמור הכולל חריגות של למעלה משני סדרי גודל מריכוז היעד עבור לפחות אחד ממרכיבי הדלק הנמדדים.

ב-75 אתרים מתבצעות פעולות שיקום, מתוכם ב- 46 אתרים מתקיימות פעולות לשאיבת הדלק וב- 29 אתרים מתבצע שיקום אקטיבי של מי תהום המזוהמים במומסי דלק במגוון גישות וטכנולוגיות.