

סיכום פעולות לאיתור, הערכת היקפים ושיקום מי תהום המזוהמים ממקור תעשייתי - שנת 2016

שרון שגיא-בן משה

מנהלת תחום שיקום מקורות מים מזוהמים

גיא רשף

מנהל אגף בכיר איכות מים

אוגוסט 2017

כללי

פעילות תעשייתית מלווה את התפתחות ההתיישבות בישראל משנותיה הראשונות. ענפי תעשייה דוגמת תעשיות ביטחוניות, תעשיות מתכת וטיפול פני שטח, תעשיות כימיות, טקסטיל ותעשיות זעירות היוו במשך שנים מקור לזיהומים סביבתיים נרחבים, ביניהם גם זיהום של מי התהום. זיהום זה היה בלתי נמנע במשך שנים רבות, אם בשל חוסר מודעות וחקיקה בנושא ואם בשל מחסור בפתרונות סביבתיים לפסולות מסוכנות ולשפכי תעשייה המהווים חלק בלתי נפרד מענפי תעשייה רבים. במצב זה חל שיפור ניכר בשנים האחרונות, עם חקיקתם של חוקים ותקנות המסדירים את הדרישות מהתעשייה ועם ההתקדמות בפיתוח של פתרונות וטכנולוגיות לטיפול בשפכים ובפסולות מסוכנות.

בישראל קיימים מאות מפעלים, חלקם קטנים ונמצאים בתחומי אזורי תעשייה מקומיים בערים הגדולות וחלקם מאוגדים באזורי תעשייה ייעודיים מחוץ למתחם העירוני. מעל אקוויפר החוף קיימים כ- 160 אזורי תעשייה פעילים המכילים כ- 1000 מפעלים המבצעים פעילויות מגוונות. בנוסף למספר הרב של המפעלים הפעילים היום, קיימים מאות אתרים בהם היתה בעבר פעילות תעשייתית שגרמה לזיהום של קרקע ומי תהום. חומרים רבים הנמצאים בשימוש נרחב בתעשייה כיום או היו בשימוש בעבר הם חומרים רעילים אשר נקבעו עבורם תקני איכות מי שתייה נמוכים מאוד לצורך הגנה על בריאות הציבור. לדוגמה, התקן למי שתייה עבור טריכלורואתילן (TCE) בארץ הוא 20 מיקרוגרם לליטר (מק"ג/ל), עבור ויניל כלוריד התקן הוא 0.5 מק"ג/ל ועבור פחמן טטראכלורי התקן עומד על 4 מק"ג/ל. מאז שנת 2000 נפסלו לשימוש 23 קידוחים אשר סיפקו מי שתייה כתוצאה מזיהום תעשייתי, מרביתם כתוצאה מזיהום בממסים אורגניים מוכלרים. 14 קידוחים נוספים נסגרו כתוצאה מזיהום בפרכלורט. זיהום תעשייתי הינו הגורם השני לפסילת קידוחים לאספקת מי שתייה לאחר חריגה בריכוז החנקן.

בשנת 2004 החל האגף לאיכות מים ברשות המים בהקמה ובתפעול של מערך בקרה וניטור למניעת זיהום מקורות מים מזהמים שמקורם בתעשייה ככלל, ולהגנה על קידוחי הפקה ועל בריאות הציבור בפרט. פעילות מערך הבקרה בשנת 2016 כללה את הפעולות הבאות:

- הקמת מערכי ניטור ועיבוי מערכי ניטור קיימים באזורי תעשייה נבחרים מעל אקוויפר החוף לצורך התראה על נוכחות מזהמים והתפשטותם במי התהום אל עבר קידוחי הפקה פעילים;
- ביצוע חקירות לאיתור מזהמים במי תהום באתרים בהם קיים חשש לזיהום בעקבות ממצאי סקרים היסטוריים, סקרי קרקע וגז קרקע המתקבלים מהמפעלים השונים ומהמשרד להגנת הסביבה;
- המשך בדיקות סביבתיות באתרי התעשייה הצבאית בעקבות הליך ההפרטה ובבסיסי צה"ל לקראת המעבר לדרום הארץ;
- ביצוע חקירות לאיתור מזהמים במי התהום באתרים בהם מתוכנן שינוי יעוד של הקרקע מתעשייה למגורים;
- שיקום מי תהום באתרים מזהמים;
- מעקב ובקרה אחר מגמות השינוי בריכוזי המזהמים ואחר התפשטות כתמי הזיהום במי התהום;

איתור מזהמים במי תהום

רשות המים מבצעת מעקב אחר מזהמים ממקור תעשייתי במי התהום ב- 74 אתרים וזאת באמצעות 482 קידוחי ניטור ייעודיים שמטרתם לאתר מוקדי זיהום ולהעריך את מידת ההתפשטות של הזיהום במרחב. 8 מהאתרים נמצאו נקיים והשאר נמצאו מזהמים ברמות שונות. סה"כ השטח המזהם באתרים המרכזיים במדינת ישראל בשנת 2016 מגיע לכ- 80 קמ"ר, לעומת 73 קמ"ר בשנת 2015. נפח המים המזהמים באקופר החוף מוערך בכ- 1.8 מיליארד מ"ק. נפח המים המזהמים הכלול באוגר התפעולי של האקופר מוערך בכ- 6% מהאוגר.

זיהום ממקורות תעשייתיים בהיקפים גדולים אותר גם באקופר ירקון-תנינים באזור שפלת לוד ובירושלים. זיהום בחומרים אורגניים אותר ב- 121 קידוחי הפקה באקופר החוף וב 17 קידוחים באקופר ההר. בקידוחים המספקים מי שתייה אשר נמצאו בהם חומרים אורגניים בריכוזים החורגים מהתקן הוקמו מתקני טיפול המבוססים על ספיחת המזהמים על גבי פחם פעיל. המים לאחר הטיפול הינם באיכות מעולה ומסופקים באישור של משרד הבריאות.

בשנת 2016 נפתחה חקירה ב- 8 אתרים מרכזיים חדשים ונקדחו 59 קידוחי ניטור למי תהום שמטרתם איתור ותיחום של זיהום ממקור תעשייתי (איור 1).

אתרים חדשים בהם אותרו מזהמים במי התהום בשנת 2016 :

- **תעש נוף ים** – מפעל התעש בנוף ים ממוקם על גבי מצוק הכורכר צפונית להרצליה, בצמוד לגן הלאומי אפולוניה. המפעל פעל בין השנים 1950-1995 ובשטחו התבצע ייצור של חומרי נפץ והדף שונים ושל חומרים אזרחיים, בהם חומרי בסיס לייצור חומרי הדברה שונים. כיום נכלל מתחם התעש בתכנית תמ"ל 1004 א', כאשר חלק מהשטח בו פעלה התעש יועבר לצורך הרחבת הגן הלאומי אפולוניה וחלקו האחר מיועד לבינוי. בחודשים פברואר ומרץ 2016 נקדחו בשטח המתחם, 12 קידוחי ניטור למי התהום, אחד מהקידוחים נקדח לעומק של 100 מטרים בסמוך לקידוח העמוק ששימש בעבר את התעש להחדרת שפכים תעשייתיים אל מי התהום. במסגרת הבדיקות שבוצעו במעבדה של רשות המים נתגלו ריכוזים משמעותיים של מספר חומרים אורגניים השייכים ברובם לקבוצת ה- Tri-Fluoro-Methyl-Benzene's, חלקם נדיפים, שאינם נכללים בשיטות הזיהוי הסטנדרטיות. כן נמצאו במי התהום שאריות של חומרי נפץ, ברובם תוצרי פירוק של TNT ו- 1,3,5-TNB, בריכוז של עד 1110 מק"ג/ל וריכוזים נמוכים של RDX. צבעם של חלק מהחומרים הנ"ל הוא צהוב עז, כצבעו של כתם הזיהום הנצפה בים. חומרים אלו נמצאו בחלקם גם בבדיקות שערכה המעבדה לדוגמאות מי ים מאזור הכתם הצהוב וסביר להניח כי מזהמים אלו מהווים מרכיב עיקרי של כתם הזיהום שמקורו במי תהום מזהמים המתנקזים לים. בשנת 2017 תימשך חקירת הזיהום במי התהום במתחם לקראת ביצוע סקר סיכונים והכנת תכנית לשיקום מי התהום.
- **תעש רמת בקע** – פעילות התעש במתחם רמת בקע החלה בשנת 1997 וכללה בעיקר ייצור של חומרי נפץ הודפים ומערך להשמדת פסולת בשריפה פתוחה ובפיצוץ מבוקר. בשנים הקרובות צפויים להעביר למתחם רמת בקע מספר פעילויות של התעש ממתחם רמת השרון המתפנה. בשטח המתחם נקדחו ארבעה קידוחי ניטור אלכסוניים למי התהום.

הקידוחים בוצעו בצורה אלכסונית בשל אופי התווך הקירטוני הסדוק ובמטרה לחצות כמה שיותר סדקים מוליכים לאורך הקידוח. מתוצאות הבדיקה עולה כי לא נמצאו מזהמים בריכוזים משמעותיים, עם זאת החומרים אתיל צנטרליט ו- 3-methyl-1,1-diphenylurea, המשמשים כמייצבים בייצור חומרי נפץ ומקורם ככל הנראה בפעילות שהתבצעה ברמת בקע, נמצאו בריכוזים של עד עשרות מק"ל בקידוחי ניטור בנחל סכר ובאזור נאות חובב הנמצאים במורד הזרימה מהאתר.

- **תעשיות אלקטרוכימיות** - מתחם באזור התעשייה הדרומי של עכו השייך כיום לחב' דלק ים מעגן בו פעל בין השנים 1952-2003 מפעל תעשיות אלקטרוכימיות שעסק בייצור של פוליוניל כלוריד (PVC) ובמשך תקופה קצרה ייצר גם חומרי הדברה, בעיקר לינדן. תהליכי הייצור במפעל כללו שימוש נרחב בממסים אורגניים מוכלרים ובמתכות, בעיקר כספית. בשטח המפעל בוצעה חקירה סביבתית שכללה סקר קרקע וגז קרקע ובדיקות ראשוניות של מי התהום לצורך בחינת האפשרויות לפיתוח המתחם.

בשנת 2016 נקדחו בשטח המתחם 20 קידוחי ניטור לעומקים שונים ובנוסף בוצע דיגום של מי התהום החופיים ודיגום של מי הים במקביל לרצועת הקידוחים החופיים. ממצאי החקירה העידו על כך שבאתר נמצא זיהום מי תהום מהחומרים שנמצאו עד כה בישראל. המזהמים העיקריים שנמצאו כוללים חומרים מסרטנים ורעילים ביותר, רובם נדיפים, בהם, בין היתר ממסים מוכלרים דוגמת 1,1,2-Trichloroethane, 1,2-Dichloroethane, Vinyl chloride, 1,1-Dichloroethylene, Trichloroethylene, 1,4-Dioxane, ארסן וכספית בריכוזים הגבוהים בשלושה עד שישה סדרי גודל מהריכוז המותר בתקן למי שתייה.

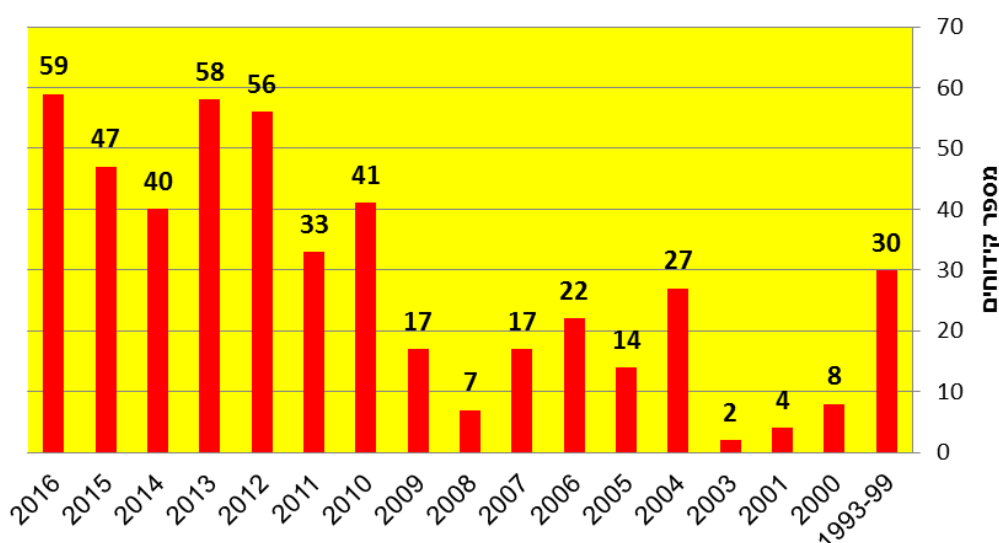
מספר מזהמים, בעיקר כספית, ויניל כלוריד ו- 1,2-Dichloroethane, נמצאו גם בדיגום של מי התהום החופיים שנערך צמוד לחוף הים ובדיגום מי ים בחוף הסמוך. ממצאים אלו מעידים על זיהום חמור של מי תהום המתנקזים ישירות אל הים. חלק מהמזהמים, כגון כספית, עלולים להצטבר בדגה ולהוות סיכון לבריאות הציבור החשוף לאכילת דגים וחלקם עלולים להוות סיכון גם למתרחצים בחוף. ריכוזים גבוהים של 1,4-דיאוקסן נתגלו גם בקידוחי הניטור שנקדחו בחלקו הדרומי של מתחם גב ים הממוקם צפונית למפעל תעשיות אלקטרוכימיות.

בשנת 2017 תימשך חקירת הזיהום במי התהום במתחם לצורך ביצוע סקר סיכונים והכנת תכנית לשיקום הקרקע ומי התהום.

- **אזור תעשייה יבנה** – ממוקם ממערב לעיר יבנה ומכיל עשרות מפעלים בעלי פוטנציאל זיהום משתנה. בעקבות זיהוי של מזהמים אורגניים מוכלרים בקידוח הפקה של מפעל השפד"ן בוצעו באזור התעשייה סקר היסטורי מקיף, סקר גז- קרקע וחקירת זיהום מי תהום. בשנת 2016 נקדחו 3 קידוחי ניטור בסמוך למוקדי זיהום פוטנציאליים. ממצאי החקירה העידו על המצאות חומרים אורגניים מוכלרים בריכוזים משתנים, כאשר המזהם העיקרי היה TCE בריכוז מירבי של 671 מק"ל. בשנת 2017 תמשך החקירה לאיתור מוקדי זיהום נוספים.

- **אזור תעשייה בת ים** – ממוקם בחלקה המזרחי של העיר בת ים. במורד הזרימה ישנם מספר קידוחי הפקה שנמצא בהם זיהום בחומרים אורגניים מוכלרים. סקר היסטורי מקיף של הפעילות באזור התעשייה בוצע בשנים קודמות. במסגרת חקירת זיהום מי התהום נקדחו 5 קידוחי ניטור. ממצאי הניטור לא העידו על מוקדי זיהום משמעותיים.
- **בסיס תל השומר** – חקירת היקף הזיהום במי התהום התחילה במש"א תל השומר בעקבות הימצאותם של מזהמים המאפיינים את הפעילות שהתבצעה במחנה בקידוחי הפקה במורד הזרימה מהבסיס, סקירת מקורות זיהום פוטנציאליים במש"א במסגרת סקר היסטורי שבוצע עבור משרד הביטחון וממצאי סקר גז- קרקע מצומצם שבוצע במחנה. במסגרת החקירה נקדחו עד כה 5 קידוחי ניטור בקרבת מוקדי זיהום פוטנציאליים. ממצאי החקירה הראשונית העידו על הימצאותם של מגוון חומרים אורגניים מוכלרים במי התהום, כשהעיקרי בהם הוא 1,1-Dichloroethene בריכוז מירבי של 713 מק"ל (לעומת ריכוז מירבי מותר של 10 מק"ל לפי התקן הישראלי למי שתיה). בשנת 2017 תמשך החקירה למיפוי ותיחום הזיהום בעומק האקופר ובמוקדים נוספים מחוץ למש"א.
- **מפעל מכתשים ב"ש** – במסגרת תכנית לפינוי מפעל "מכתשים" מהעיר באר שבע בוצעה חקירה סביבתית מקיפה שכללה סקרים היסטוריים, סקרי קרקע וגז- קרקע וסקר מי תהום. בשנת 2016 בוצעה חקירה ראשונית של זיהום מי התהום בחלקו הצפוני של המפעל. ממצאי הניטור הצביעו על זיהום קל במרכיבי דלק ובחומרים אורגניים מוכלרים. בשנת 2017 תמשך החקירה בחלקו המרכזי והדרומי של המפעל בו נמצאים עיקר מוקדי הזיהום הפוטנציאליים ובו אותרו ריכוזים חריגים בבדיקות גז- קרקע.
- **מפעל תא"ת** - מפעל ת.א.ת (תעשיית אביזרי תעופה) בע"מ ממוקם בפארק תעשייה בני ראם. המפעל פועל במקום מאמצע שנות ה- 70 של המאה הקודמת ועוסק בייצור אביזרים למערכות תעופה שונות לרבות מערכות קירור, מחליפי חום ועוד. בעקבות גילוי ריכוזים גבוהים של Tetrachloroethylene (PCE) בקידוח ניטור הממוקם בחניית המפעל, נדרש מפעל ת.א.ת להתקין שתי בארות ניטור בסמוך למוקדי הזיהום הפוטנציאליים במפעל: האחד באזור המעבדה והשני באזור בורות הספיגה. ממצאי החקירה הראשונית העידו על ריכוזים חריגים של מתכות (טליום, ארסן, ניקל, כרום, עופרת ועוד) ובקידוח אחד נמצאו גם ריכוזים חריגים של PCE. בשנת 2017 ימשך המעקב אחר איכות מי התהום בשטח המפעל לקראת קבלת החלטה בנוגע להמשך הטיפול באתר.

מספר קידוחי ניטור ייעודיים לניטור זיהום תעשייה

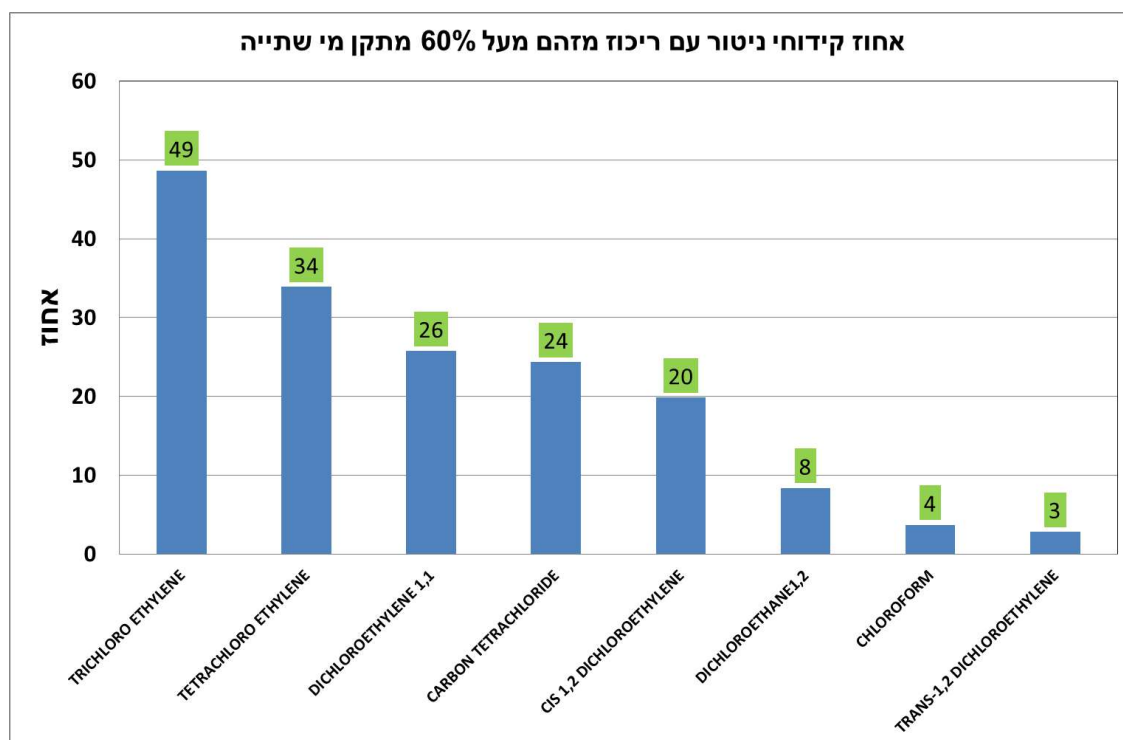


איור 1 : מספר קידוחי ניטור ייעודיים לאיתור מזהמים ממקור תעשייתי שנקדחו מאז שנת 1993. 270 מהם נקדחו במימון ובפיקוח של אגף איכות מים.

ממצאי הבדיקות

במסגרת בדיקות המתבצעות בהתאם להוראות תקנות בריאות העם (איכותם התברואית של מי שתייה 2000) נבדקו 17 חומרים אורגניים נדיפים שמקורם בתעשייה. בעדכון התקנות שנכנס לתוקף במחצית השנייה של שנת 2013 התווספו 9 חומרים נוספים וחלה החמרה בתקן עבור חלק מהחומרים הקיימים בתקנות. בניגוד לכך, כאשר מבצעים חקירות סביבתיות לאיתור מזהמים ממקורות תעשייתיים במקורות מים מתבצעות בדיקות לעשרות רבות של מזהמים, חלקם לא מופיעים ברשימת החומרים בתקנות בריאות העם, בהתאם לאופי הפעילות במפעל ולחומרים שהיו בשימוש לאורך השנים.

המזהמים השכיחים ביותר שנמצאו בקידוחי ניטור באזורי תעשייה הם ממסים מוכלרים דוגמת 1,1-Dichloroethylene (1,1- ,Tetrachloroethylene (PCE), Trichloroethylene (TCE) ו-Carbon tetrachloride (אזור 2). TCE נמצא בכ- 49% מכלל קידוחי הניטור בהם ריכוז המזהם גבוה מ- 60% מהריכוז המירבי המותר בתקן הישראלי למי שתייה (20 מק"ל). הוא משמש בעיקר כחומר ניקוי (degreasing) במפעלים לטיפול פני שטח וציפוי מתכות וכממס בתעשיות שונות. PCE נמצא בשימוש בעיקר במכבסות לניקוי יבש ובמפעלים לציפוי מתכות. 1,1-DCE משמש בעיקר לייצור דבקים, סיבים סינטטיים, חומרי קירור ואריזות מזון.



איור 2 : אחוז קידוחי הניטור בהם התגלה זיהום לפי פרמטר עד לשנת 2015 (מעל 60% מתקן מי שתייה).

הקמת מערכי ניטור באזורי תעשייה באקוויפר החוף

בשנת 2007 יזמה רשות המים פרויקט רחב היקף שתכליתו הקמת מערכי ניטור באזורי תעשייה נבחרים באקוויפר החוף לצורך הערכת היקף זיהום מי התהום ותכנון פעולות לצמצומו ולהגנה על מקורות המים. יישום הפרויקט התבצע במספר שלבים: תחילה אותרו 157 אזורי תעשייה פעילים על גבי אקוויפר החוף, 23 מתוכם נמצאו כבעלי פוטנציאל גבוה לזיהום מי תהום במזהמים שמקורם בפעילות תעשייתית. עד לשנת 2016 הוקמו מערכי ניטור ב- 18 אזורי תעשייה. בשנת 2016 הוקמו מערכי ניטור באזורי התעשייה ביבנה ובבת ים. מערך הניטור באזורי התעשייה כולל 131 קידוחי ניטור ייעודיים, עומק הקדיחה הכולל עומד על כ- 5,640 מ', כאשר מספר הקדוחים באזורי התעשייה נע בין 2-16 קידוחים לאזור כתלות במורכבות הפעילות באזור התעשייה וברגישות ההידרולוגית שלו. כ- 60% מהקידוחים בוצעו כקידוחים לאיתור מוקדי זיהום ו- 40% כקידוחי התראה בגבולות אזור התעשייה. ב- 6 אזורי תעשייה נמצאו אופקים שעונים שהכתיבו ביצוע של צמדי קידוחים, אחד לאופק השעון העליון וקידוח עמוק יותר לאקוויפר האזורי. בדו"חות מסכמים של ממצאי הניטור בכל אחד מאזורי התעשייה ניתן לצפייה באתר רשות המים. דו"ח איכות מים במערכי הניטור מעודכן לשנת 2015 ניתן לצפייה בקישור:

http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/Water-Quality/DocLib5/water_quality_report_2015.pdf

כמעט בכל אזורי התעשייה נמצאו ממסים אורגניים מוכלרים במי התהום. באזורי תעשייה ראשון לציון מזרח, חולון ואשקלון צפוני נמצאו מוקדי זיהום משמעותיים, כאשר המזהמים העיקריים שנמצאו הם Trichloroethylene (TCE) ו-Tetrachloroethylene (PCE) בריכוזים מקסימליים של עד שלושה סדרי גודל מעל תקן מי שתייה. אזורי התעשייה שנמצאו נקיים יחסית הם: אשקלון דרומי, אשדוד דרום, חדרה, אור עקיבא, ורכטמן רחובות. מתכות אותרו בכול אזורי התעשייה כיוון שהם נמצאות גם באופן טבעי במי התהום (ריכוז רקע) אולם ריכוז המתכות לא עלה מעבר ל- 30% מהריכוז המירבי המותר בתקן מי שתייה עבור כל מתכת, פרט לכרום שאותר במוקדי הזיהום במפעל עשות אשקלון ובאזור התעשייה בחולון (ליד מפעלי ציפוי המתכות תדירגן ותרשיש) בריכוז הגבוה בסדר גודל אחד מהריכוז המותר בתקן.

בקידוחי הפקה במרד הזרימה מאזור התעשייה בני ראם אותר זיהום בחומרי נפץ כתוצאה מפעילותו של מפעל מבצע שעסק בעבר בפירוק של תחמושת שלל. רשות המים בוחנת בימים אלו חלופות שיקום לצמצום הזיהום ולהפעלת קידוחי הנקז המזרחי המתכוננים באזור. באזור התעשייה קריית אליעזר בנתניה נמצאו שאריות תרופות שמקורן בפעילות מפעל טבע פלנטקס הסמוך.

ממצאי מערך הניטור באזורי התעשייה השונים הביאו לפתיחת חקירות זיהום מי התהום במפעלים כמו: פלנטקס, אל-אופ, עשות, תרשיש, אלביט-קשר בחולון, TAT ולירן. רשות המים מבצעת דיגום תקופתי של הקידוחים לצורך מעקב רב שנתי אחר השינוי באיכות המים.

ממצאי חקירות מי תהום באתרים מרכזיים:

מוקדי הזיהום התעשייתיים המרכזיים ומיפוי כתמי הזיהום מופיעים באיורים 3-א-3 ד שבהמשך. נפחם ושטחם של כתמי הזיהום באתרים המרכזיים מוערכים באמצעות ניתוח נתוני איכות מים בקידוחי ניטור והפקה ובאמצעות הפעלת מודלים נומריים לקביעת השתרעות הזיהום. להלן סקירה של מוקדי הזיהום וממצאי החקירה באתרים המרכזיים:

מפעל תעש רמת השרון- מסקר להערכת היקף זיהום מי התהום באזור רמת השרון עולה כי פעילות התעש במתחם רמת השרון גרמה במשך השנים לזיהום חמור של מי התהום במגוון מזהמים ייחודי הכולל פרכלורט, כלורט, חומרי נפץ, כרום, ניטראט וחומרים אורגניים נדיפים וחצי נדיפים. מבין המזהמים השונים, פרכלורט נמצא בפריסה הרחבה ביותר ובריכוזים הגבוהים ביותר. נפח מי התהום המזהמים באזור מוערך כיום בכ- 630 מיליון מ"ק.

במסגרת העבודה נערכה סקירה היסטורית מקיפה של כלל הפעילות התעשייתית בעבר ובהווה ביותר מ- 30 מתקנים שפעלו במתחם התעש ברמת השרון וכן באתרים בעלי פוטנציאל לזיהום מי תהום מחוץ למתחם התעש דוגמת מפעלים ואזורי תעשייה, מוסכים, מטמנות וכד'. לאור תוצאות הסקר ההיסטורי מופו ודורגו האתרים החשודים כבעלי פוטנציאל לזיהום ובהם נקדחו קידוחי ניטור למי התהום וקידוחים רדודים לעומק של 4-7 מטרים לצורך דיגום חתך הקרקע העליון. קידוחים אלו נקדחו בתעלות עפר ובערוצי נחלים דרכם הוזרמו בעבר שפכים מתהליכי היצור השונים, בבריכות אידוי וחלחול אשר קלטו את השפכים, באתרים החשודים כי שימשו להטמנה של פסולות מסוכנות ובבורות השריפה. קידוחים רדודים נוספים נקדחו לרוחב ערוצי נחלים בהם הוזרמו בעבר כמויות שפכים משמעותיות. סה"כ נקדחו במתחם התע"ש 84 קידוחים רדודים לקרקע ולתווך הלא רווי (לעומק של 4-6 מטרים) וכ- 35 קידוחים עמוקים למי התהום. 13 קידוחי

ניטור נוספים נקדחו באזורים שונים מחוץ למתחם. מקידוחים אלו נאספו כ- 840 דוגמאות קרקע ומאות דוגמאות של מי תהום נלקחו מקידוחי הניטור וההפקה בתוך המתחם ובסביבותיו. דוגמאות הקרקע ומי התהום עברו אנליזות למגוון המזהמים האופייניים למתחם.

ממצאי הסקר עולה כי חדירה של פרכלורט למי התהום הביאה ליצירת כתם זיהום המפושט על שטח של כ- 16 קמ"ר כאשר ריכוז הפרכלורט במוקד כתם הזיהום עולה על 850,000 מק"ל (ההמלצה לתקן למי שתייה של ה- US-EPA עומדת כיום על 15 מק"ל). חומר הנפץ RDX נמצא במי התהום במתחם התעש ברמת השרון ובמורד הזרימה ממנו בריכוזים של עד 2,600 מק"ל (ההמלצה לתקן למי שתייה של ה- US-EPA עומדת על 2 מק"ל). נוסף על כך נמצאו כרום בריכוזים של עד למעלה מ- 5,300 מק"ל (לעומת ריכוז מקסימלי של 50 מיקרוגרם לליטר על פי התקן הישראלי), TCE בריכוז של עד 2,000 מק"ל ומזהמים נוספים.

במסגרת המעקב השוטף אחר תמרת הזיהום באזור תעש, ברמת השרון, בהרצליה ובתל אביב, נצפית עלייה מתמדת בריכוזי הפרכלורט, בעיקר בקידוחים הנמצאים בשולי הזיהום. אמנם מגמות אלו של עליה בריכוזים בחלק מקידוחי הפריפריה נצפו במודל שהורץ לבחינת תנועת הפרכלורט במי התהום, אולם קצב העלייה בפועל, וכן ריכוז הפרכלורט במים, גבוהים מהחזוי. מגמה מדאיגה נוספת שנצפתה לאחרונה היא הגעה של פרכלורט לקידוחים מרוחקים מאוד מהמוקד (3.5-4.5 ק"מ), בהם הוא לא נצפה בעבר כמו הרצליה, הכפר הירוק ושיכון דן בת"א. לאחרונה אף נצפתה עליה בריכוז הפרכלורט בשניים מקידוחי ההפקה הדרומיים בהרצליה אשר עלולה להביא לסגירתם בשנים הקרובות. מגמות אלו מעלות חשש כבד להמשך הפקת מים מהאקוויפר האזורי וממחישות את הצורך המיידי בהפעלת תכנית השיקום, המושתתת על שאיבת מים מזוהמים במוקד הזיהום וטיפול בהם מחוץ לאקוויפר.

מפעל תעש גבעון – בעקבות ממצאי הזיהום החמורים שנתגלו במי התהום בתעש רמת השרון, ביצע אגף איכות מים בשנת 2009 סקר קידוחים לבדיקת נוכחות של פרכלורט באזורים חשודים נוספים בהם התקיימה פעילות ביטחונית. אחד הממצאים החמורים שעלו מהסקר היה גילוי של פרכלורט בקידוחים באזור רחובות, כשהמקור לזיהום הוא מפעל תעש גבעון. בשנת 2010 החלה חקירה לאיתור מוקדי הזיהום בתחומי המפעל. החקירה כללה ביצוע של סקר היסטורי וקידוחי ניטור למי תהום. עד כה נקדחו למעלה מ- 20 קידוחי ניטור בשטח המפעל ובמורד הזרימה ממנו ואותרו מספר מוקדי זיהום בפרכלורט וב- TCE כאשר הריכוזים הגבוהים ביותר נמדדו בשנת 2013: 461,000 מק"ל של פרכלורט ו- 14,000 מק"ל של TCE. בשנים האחרונות נצפתה ירידה משמעותית בריכוזי המזהמים במוקדי הזיהום ובשנת 2016 נמדדו ריכוזים מקסימאליים של 34,000 מק"ל פרכלורט ו- 4,000 מק"ל TCE. בקידוחי ניטור שנקדחו בשטח החקלאי של מושב ישרש, כ- 200 מטרים במורד הזרימה ממתחם התעש, מערבית לכביש 40, נמצאו בשנת 2016 ריכוזים גבוהים בסדר גודל: פרכלורט בריכוז של עד 120,000 מק"ל ו- TCE בריכוז של עד 18,000 מק"ל.

נפח המים המזוהם מהמפעל מוערך בכ- 230 מלמ"ק. תמרת הזיהום משתרעת עד כ- 4 ק"מ מערבה מהמפעל וריכוזים נמוכים של פרכלורט נמצאו בקידוחי ההפקה ברחובות ובנס ציונה. בשנת 2016 המשיכו פעולות המעקב אחר התפשטות הזיהום וחקירת היקפו שכללו ביצוע

קידוחים נוספים מעבר לתחום המפעל, נבחנו תרחישי שיקום אפשריים באמצעות מודל נומרי ונבחר תרחיש השיקום המיטבי.

מפעל עשות אשקלון – מפעל עשות אשקלון ממוקם באזור התעשייה הצפוני של העיר אשקלון. המפעל פועל משנת 1967 ומייצר מוצרי מתכת לתעשיות הרכב, לטנקים ולמטוסים. במסגרת מערך הניטור שהוקם באזור התעשייה הצפוני באשקלון ביצע אגף איכות מים בשנת 2012 קידוח ניטור בצמוד למפעל עשות בו נמצא זיהום כבד בממסים מוכלרים. בעקבות ממצא זה, ולאור תוצאות סקרי גז- קרקע שבוצעו במפעל, נפתחה חקירה לאיתור מוקד הזיהום בתוך המפעל. במפעל בוצעו עד כה מספר קידוחי ניטור ליד מחלקת הציפויים ונתגלה מוקד זיהום חמור ב-TCE בריכוזים של עד שלושה סדרי גודל מעל הריכוז המירבי המותר בתקן למי שתייה. נפח תימרת הזיהום שמקורה במפעל מוערך בכ- 15 מלמ"ק ותימרת הזיהום משתרעת עד למרחק של כ- 500 מ' מהמפעל. זיהום זה אף הוביל לסגירתם של שני קידוחי הפקה במורד הזרימה מהמפעל. בשנת 2015 אושרה תכנית שיקום באמצעות חימצון כימי והחלו בביצוע פיילוט מקדים לקביעת הפרמטרים לתכנון של מערך השיקום המלא. הפיילוט הסתיים בסוף שנת 2016 ובימים אלו נערכים ליישום תכנית השיקום המלאה.

מפעל מבצע באזור תעשייה בני ראם – פארק תעשיות בני ראם ממוקם דרומית ליישוב בני עייש. בפארק פעל בין השנים 1963-1990 מפעל "מבצע חברה בע"מ" שעסק בפירוק ומחזור תחמושת. במסגרת דיגום של קידוחים חקלאיים במורד הזרימה מהאתר שבוצע על ידי אגף איכות מים נתגלה זיהום בממסים מוכלרים ובחומרי נפץ בקידוח "פ נטע". בעקבות ממצאים אלו נפתחה חקירה לאיתור מוקד הזיהום במי התהום במסגרתה נקדחו עד כה באזור התעשייה 10 קידוחי ניטור רדודים ועמוקים. ממצאי הדיגום מצביעים על מוקד זיהום בחומרי נפץ בריכוז הגבוה בשני סדרי גודל מהריכוז המומלץ ע"י ה-US EPA בחלקו הדרומי של אזור התעשייה ועל מוקד זיהום ב-Tetrachloroethylene (PCE) בו נמצאו ריכוזים הגבוהים בסדר גודל מהריכוז המותר בתקן הישראלי למי שתייה. נפח תימרת הזיהום שמקורה באזור התעשייה מוערך בכ- 60 מלמ"ק ותימרת הזיהום משתרעת עד למרחק של כ- 1,300 מ' מאזור התעשייה. בשנת 2015 הושלמה החקירה ובשנת 2016 הושלמה עבודה לבחינת חלופות השיקום באמצעות הצבת מודל נומרי ונבחר תרחיש השיקום המיטבי.

אזור גוש דן – בסקר שהחלה רשות המים בשנת 2000 התגלה זיהום רחב היקף בממסים אורגניים מוכלרים ובמתכות כבדות במי התהום של תל אביב, רמת גן וגבעתיים. הסקר החל במוקד הזיהום המשוער במתחם הפעילות לשעבר של תעש מגן בנחלת יצחק, אך הורחב לשטח גדול יותר לאחר שהובהר שהזיהום נובע ממספר מוקדים נוספים. מאז הסקר הראשוני בוצעו סקרים ממוקדים במספר מוקדים ברחבי גוש דן: תעש רביבים, תעש ערבי נחל, מפעל אמקור, מפעל הארגז, מפעל קשת, מפעל אלישרא, מפעל אלקו לשעבר, אזור תעשייה בני ברק ועוד. השטח המזוהם באזור גוש דן מוערך בכ- 10 קמ"ר ונפח המים המזוהמים מגיע למאות מלמ"ק. בעקבות ממצאי החקירות לזיהום מי תהום נחשפה לראשונה בארץ בעיית הימצאותם של אדים רעילים של חומרים אורגניים נדיפים (VOC's) בתווך הלא רווי. אדים אלו עולים ממי התהום המזוהמים וחודרים למבנים סמוכים. **תעש מגן** – ממצאי הניטור באתר תעש מגן הראו שהזיהום בממסים

מוכלרים חדר אף לעומק האקוויפר ונמצא בעומק מרבי של 137 מטר מפני המים. ריכוז ה-trichloroethylene (TCE) שנמצא בפני מי התהום גבוה ב 3 סדרי גודל מהריכוז המותר בתקן למי שתיה. בשנת 2013 בוצעו מספר קידוחים מחוץ לאתר תעש מגן ובשכונת נחלת יצחק נמצא במי תהום ריכוז TCE גבוה של כ- 12,000 מק"ל, ריכוז זה מחייב בדיקות של גזי קרקע במרתפים ובחניונים לטובת הגנה על בריאות הציבור.

בשנים 2012/13 בוצעה חקירה מקיפה באתר **תעש ערבי נחל** לתיחום זיהום מי התהום באתר. במסגרת החקירה בוצע סקר גז- קרקע מקיף ונקדחו 11 קידוחי ניטור רדודים ו- 4 קידוחי ניטור רב מפלסיים לדיגום מי תהום. תוצאות הסקר הראו שמרבית האתר מזוהם בממסים מוכלרים, שהעיקרי בהם הוא PCE בריכוז המגיע לעד 3 סדרי גודל מעל הריכוז המירבי המותר בתקן למי שתיה. הריכוז של תוצרי הפירוק ויניל כלוריד ו- 1,2 DCE היה גבוה יותר בעומק מאשר בפני מי התהום. בשנת 2015 בוצע, כחלק מפעילות הקמת הרכבת הקלה, השלב הראשון בשיקום מי התהום באתר.

אזור תעשייה חולון – באזור תעשייה חולון נסגרו 3 בארות שסיפקו מי שתיה בגלל זיהום במתכות ובחומרים אורגניים נדיפים. בשנת 2007 ביצעה רשות המים סקר היסטורי לאיתור מוקדי זיהום פוטנציאליים בו זוהו עשרות מפעלים לציפוי מתכות וטיפול פני שטח שפעלו בעבר באזור. בעקבות הסקר הקימה רשות המים מערך ניטור לאיתור מוקדי הזיהום בתוך אזור התעשייה ובגבולותיו. מערך ניטור זה כולל 13 קידוחים רדודים ו- 3 קידוחים עמוקים לעומק של עד 40 מטרים מתחת למפלס מי התהום. באמצעות מערך הניטור אותרו 4 מוקדי זיהום משמעותיים בתחומי אזור התעשייה ובגבולות האזור אותר זיהום בממסים מוכלרים בריכוזים העולים בסדר גודל על המותר בתקן גם בעומק של 40 מ' מתחת למפלס מי התהום. נפח המים המזוהמים באזור התעשייה חולון מוערך בכ- 120 מלמ"ק ותמרת הזיהום משתרעת עד למרחק של כ- 600 מ' מאזור התעשייה. בעקבות ממצאים אלו החלה רשות המים בתכנון הפעולות הנדרשות לצמצום התפשטות הזיהום ולשיקום מוקדי הזיהום המרכזיים.

מכון דוד (רפאל) במפרץ חיפה – מכון דוד פועל עשרות שנים באזור מפרץ חיפה בקרבה לים. בשנת 2013 התחילה חקירה של זיהום סביבתי במתחם בעקבות סילוק לא מוסדר של שפכים אל בורות החדרה. בשנים 2014-2016 נמשכה חקירת הזיהום בתחום המפעל ובוצעו עשרות קידוחים למי התהום לבדיקה של מוקדי זיהום פוטנציאליים. המזהמים העיקריים שהתגלו הינם פרכלורט, חומרי נפץ וחומרים אורגניים מוכלרים.

מפעל טבע פלנטקס - מפעל פלנטקס של חברת טבע ממוקם באזור תעשייה קריית אליעזר בנתניה. המפעל פועל משנת 1960 ומייצר תרופות. במסגרת מערך הניטור של אזור התעשייה קריית אליעזר בנתניה נקדח בשנת 2008 קידוח ניטור בצמוד למפעל בו נתגלו מגוון מזהמים, בהם חומרים פעילים של תרופות שונות, כלורופורם וממסים מוכלרים. בעקבות ממצא זה נפתחה במפעל חקירה סביבתית שכללה סקרי גז- קרקע, קרקע וקידוחי ניטור למי תהום. במסגרת החקירה בוצעו עד כה 13 קידוחי ניטור, מרביתם בתוך המפעל בקרבת מוקדי זיהום ונתגלה זיהום חמור ב- 1,2-dichloroethane, ויניל כלוריד וטולואן, בריכוזים של עד 3 סדרי גודל מתקן מי

שתייה וריכוזים גבוהים מאוד של שאריות תרופות. נפח תימרת הזיהום שמקורה במפעל מוערך בכ- 5 מלמ"ק והיא משתרעת עד למרחק של כ- 500 מ' מהמפעל. בשנת 2015 נתגלו במי התהום גם ריכוזים גבוהים של 1,4-dioxane והמפעל נערך להשלמת תיחום הזיהום לקראת הכנה של תכנית שיקום.

מפעל טבע אסיא – הוקם בשנת 1934 באזור התעשייה רמת סיב בפתח תקווה ועוסק בייצור ובפיתוח של חומרים פרמצבטיים. בשטח המפעל ובמורד הזרימה ממנו נקדחו 9 קידוחי ניטור באמצעותם אותר באזור בו התבצע בעבר זיקוק של ממסים משומשים, בגבולו המערבי של המפעל, מוקד זיהום ב- 1,4-Dioxane בריכוז מירבי של 29,000 מק"ל. זיהום זה התפשט והגיע למרחק של לפחות 1,000 מ' מהמוקד. בימים אלו מוצב ומכיל מודל זרימה והסעה לצורך בחינת תרחישי הפקה ובחירת תרחיש השיקום המיטבי.

מפעל אדמה אגן (אגן כימיקלים), אשדוד – מפעל אגן כימיקלים החל לפעול באזור התעשייה הצפוני של אשדוד בשנת 1972 ועוסק בייצור ובפיתוח של חומרים להגנת הצומח. פעילות זו גרמה במשך השנים לזיהום חמור של מי התהום באזור בחומרי הדברה, בעיקר ברומציל, ובחומרים אורגניים נדיפים. זיהום זה הוביל לסגירתם של שני קידוחי הפקה בניר גלים ועקבות מזהמים נמצאו גם בקידוח ההפקה אשדוד ים 1.

לצורך עדכון ושיפור התכנית לשיקום האקוויפר, ולצורך זיהוי מוקדי זיהום פעילים בשטח המפעל, ביצע המפעל סקר היסטורי של הפעילות בעלת הפוטנציאל לגרום לזיהום שהתבצעה בתחומו במשך השנים. לאור ממצאי הסקר ההיסטורי בוצעו בשטח המפעל סקרי קרקע וגז קרקע פאסיבי שאיתרו מספר מוקדי זיהום בחומרים אורגניים נדיפים ונקדחו 11 קידוחי ניטור חדשים שמטרתם לזהות את מוקדי הזיהום במי התהום בשטח המפעל ולהשלים את התיחום התלת מימדי של כתם הזיהום לקראת עדכון של תכנית השיקום.

טיפול ושיקום מי תהום באתרים מזוהמים

באתרים בהם נמצא זיהום משמעותי של מי התהום משמשים ממצאי החקירה כבסיס לביצוע הערכת סיכונים המתייחסת לכלל מסלולי החשיפה האפשריים (סיכון למקורות מים, סיכון של קידוחי הפקה, סכנה לבריאות הציבור כתוצאה מחשיפה לאדים רעילים העולים ממי התהום וכד') וקובעת את ערכי המטרה לשיקום. תכנית השיקום עצמה נגזרת מתוצאות הערכת הסיכונים ויכולה להתבצע בכמה מתווים בהתאם להיקף הזיהום וחומרתו, למשך הזמן הנדרש להגעה לערכי המטרה ולמאפייני האתר:

- באתרים בהם נמצא זיהום בהיקף מצומצם ובריכוזים נמוכים יחסית, ואשר נמצא כי אינם מסכנים את מקורות המים או את בריאות הציבור, ניתן לקבוע תכנית ניטור למעקב אחר הזיהום על מנת לוודא כי אינו מתפשט ולעקוב אחר הניחות הטבעי שלו במשך מספר שנים. במידה וממצאי הניטור מעידים בכל זאת על התפשטות הזיהום יש לבצע הערכת סיכונים מחודשת ולפעול בהתאם.
- באתרים בהם נמצא זיהום המחייב ביצוע פעולות לטיפול בזיהום ולשיקום מקור המים, תכנית השיקום תקבע בהתאם להיקף הזיהום, למאפייניו ולחומרתו:
 - באתרים בהם הזיהום חמור, מפושט מאוד וחורג מגבולות האתר יש צורך להציב מודל זרימה והסעה לחיזוי התפשטות הזיהום ובחינה של מספר תרחישי שיקום לצורך בחירת תרחיש השיקום האופטימלי. באתרים מסוג זה סביר להניח שהטיפול יכלול שאיבה בספיקה גבוהה במוקדי הזיהום על מנת ליצור כליאה הידראולית של כתם הזיהום ולצמצם את היקפו. המים הנשאבים יטופלו מחוץ לאקוויפר (טיפול ex-situ) ויסולקו בהתאם ליעד שיקבע. לאחר בחירת תרחיש השיקום המיטבי יש לקבוע את הטכנולוגיה לטיפול במים הנשאבים על מנת שניתן יהיה לסלקם ליעד שנקבע. שיקום מי תהום באמצעות שאיבה וטיפול מחוץ לאקוויפר (Pump & Treat) הינו טיפול ממושך יחסית אשר צפוי להימשך שנים ספורות ועד 20-25 שנה, בהתאם להיקף התפשטות הזיהום ולמאפייני האקוויפר. לעתים ניתן לשלב בתכנית גם טכנולוגיות של טיפול במקום (in situ) לצורך הפחתה ישירה ומידית של הריכוזים הגבוהים הקיימים במוקדי הזיהום (כתלות באופי המזהמים).
 - באתרים בהם הזיהום מחייב ביצוע פעולות לשיקום מקור המים אולם הוא עדיין מקומי ותחום יחסית ניתן לבחון ביצוע פעולות לשיקום במקום (in-situ). פעולות אלו מתבצעות באמצעות הזרקה של חומרים או חיידקים אל תוך האקוויפר לצורך פירוק כימי של המזהמים או יצירת תנאים המאפשרים את האצת הפירוק הביולוגי שלהם. טיפול זה עשוי להמשך שנים ספורות בהתאם למאפייני האקוויפר, היקף הזיהום, מאפייניו ומורכבותו.

נכון לשנת 2016 התבצעו פעולות אקטיביות להפחתת ריכוז מזהמים שמקורם בתעשייה במי התהום ב- 10 אתרים שונים כמפורט להלן:

- שאיבת המים המזהמים וטיפול בהם מחוץ לאקוויפר בוצעה ב- 5 אתרים: אגן כימיקלים באשדוד, נאות חובב, מתקן הדגמה במתחם התעש ברמת השרון, תעש ערבי נחל, ומפעל הארגז בתל אביב.
- פעולות לשיקום במקום (in-situ) בוצעו ב- 5 אתרים:
 - טיפול ביולוגי בתנאים אנארוביים בוצע בשני אתרים: מפעל אמקור לשעבר בתל אביב ופיילוט לשיקום מי התהום במפעל אלישור בבני ברק.
 - חימצון כימי באמצעות אשלגן פרמנגנאט בוצע ב- 3 אתרים: מתחם בית מנורה (מתחם בו פעל בעבר מפעל אלקו לייצור שנאים) ברמת גן, המתחם בו פעל בעבר מפעל תדירגן בחולון ופיילוט לשיקום מי התהום במפעל עשות אשקלון.
 - שני פיילוטים נוספים לשיקום מי תהום באמצעות חימצון וחיזור כימי צפויים להתבצע בשנת 2017 במפעל אגן כימיקלים.

להלן פירוט האתרים המרכזיים בהם מבוצעות פעולות לשיקום מי התהום:

תעש רמת השרון – תוצאות הסקר להערכת היקף זיהום מי התהום באזור רמת השרון, ביחד עם תוצאות המחקרים בנושא תנועה, פירוק וספיחה של המזהמים השונים בתנאים המאפיינים את מתחם התעש, שימשו כבסיס ההידרולוגי לבחינת חלופות השיקום ולהכנת תכנית לשיקום מי התהום באזור. לצורך כך הוצב וכויל מודל נומרי לחיזוי תנועת המזהמים ולבחינת תרחישי תפעול שיביאו לעצירת התפשטותו. באמצעות המודל, ובליווי צוות מקצועי, נבחנו למעלה מ-20 חלופות שיקום הנבדלות זו מזו בפירוס השאיבות במרחב ובנפח הנשאב. מהשוואה בין החלופות נמצא כי החלופה המביאה להרחקה היעילה ביותר של פרכלורט, ולמזעור מרבי של כתם הזיהום, משלבת שאיבה אינטנסיבית במוקדי הזיהום בשישה קידוחי הפקה ייעודיים, בספיקה כוללת של 550-650 מק"ש ולתקופה של כ- 25 שנה, וחידוש ההפקה בבארות שנסגרו ברמה"ש ובצפון ת"א על מנת למנוע את המשך ההתפשטות של שולי כתם הזיהום בתקופת הביניים. חלופה זו מחייבת כמובן טיפול במים המזהמים הנשאבים, הן במוקדי הזיהום במתחם התע"ש והן בקידוחי רמה"ש וצפון תל אביב, לפני סילוקם ליעדים שיקבעו ע"י רשות המים.

מגוון המזהמים הייחודי במוקד הזיהום, בנוסף לגודלו הצפוי של מתקן הטיפול המרכזי, חייבו הקמה של פיילוט מקדים לבחינת היתכנות ועלויות צפויות של הטיפול. כשלב מקדים פרסמה רשות המים RFI בינלאומי ממנו התקבל מידע על טכנולוגיות לטיפול ב"קוקטייל המזהמים" אותם יש להרחיק מהמים, כמו גם הערכה ראשונית של העלויות הצפויות, בעקבותיו התפרסם מכרז בינלאומי לתכנון, הקמה והפעלה של מתקן הדגמה לטיפול במי התהום במוקד הזיהום שבמתחם התעש ברמת השרון.

בשנת 2015 הושלמה בהצלחה גדולה הפעלתו של מתקן ההדגמה להרחקת מזהמים ממי התהום על ידי המיזם המשותף של חברת שיכון ובינוי מים הישראלית וחברת Envirogen Technologies האמריקאית. מתקן ההדגמה הוכיח את יעילותו בהרחקת מגוון המזהמים הקיימים במי התהום בהתבסס על טיפול ביולוגי (FBR) וטיפולים פיזיקו-כימיים משלימים (קואגולציה-פלוקולציה,

DAF, מסנני מצע, פחם פעיל, מחליפי יונים והכלרה). ביצועי המתקן היו טובים משמעותית מהצפוי והורחקו באמצעותו עומסי כלוראט ופרכלורט כפולים בקירוב מהמתוכנן. המים שנשאבו מקידוח הנמצא במוקד כתם הזיהום טופלו לרמה המאפשרת שימוש בלתי מוגבל בהם כאשר איכות המים ביציאה ממתקן ההדגמה עמדה בדרישות של התקן הישראלי למי שתייה. עבור המזהמים הנמצאים במים, בהם פרכלורט, כלוראט, חומרי נפץ, כרום וניטראט נקבעו, בתיאום עם משרד הבריאות, ערכי מטרה מחמירים במיוחד (כחצי מהריכוז המותר בתקן למי שתייה או מההמלצות של ה-EPA האמריקאי).

בשנת 2016 הושלמה תכנית השיקום המפורטת. במסגרת זו נקדחו מספר קידוחי ניטור חדשים במורד הזרימה ממוקדי הזיהום בתעש, עודכן התכנון של מערך השאיבה הנדרש לשיקום ועודכנה תכנית השיקום בעזרת מודל הזרימה וההסעה.

בשנת 2012 נחתם הסכם הבנות בינמשרדי בין משרד הביטחון, רמ"י, אגף תקציבים במשרד האוצר, משרד רוח"מ ורשות המים למימון הפעולות הנדרשות לשיקום מי התהום באזור תעש רשמת השרון. בשנת 2016 הוקמה ועדת מכרזים משותפת לחשכ"ל ולרשות המים לצורך הכנה ופרסום של המכרז הבינלאומי להקמת מתקן הטיפול בקנה מידה מלא. במסגרת זו החלה העבודה על הכנת מסמכי המיון המוקדם ועל הסדרת הנושאים הסטטוטוריים הנדרשים להקמת המתקן, בראשם איתור מיקום המאפשר את הקמתו בלוח זמנים קצר ככל שניתן. הקמת המתקן לטיפול במי התהום המזהמים הינה תנאי לפיתוח המתחם ובנייתן של עשרות אלפי יחידות דיור במסגרת תכנית מש/1.

תעש גבעון – הפעילות במפעל תעש גבעון הממוקם דרומית לרמלה, בין מושב מצליח למושב ישרש, גרמה במשך השנים לזיהום חמור של מי התהום בעיקר בפרכלורט ובממסים אורגניים מוכלרים (כשהעיקרי בהם הוא TCE). ריכוזים גבוהים של פרכלורט נמצאו במספר קידוחים אשר הפיקו מים לצרכים חקלאיים דרומית-מערבית למפעל וריכוזים נמוכים של פרכלורט התגלו במספר קידוחי הפקה המספקים מי שתייה ברחובות ובנס ציונה, הנמצאים במרחק של כחמישה ק"מ מערבית למפעל.

תכנית לשיקום כתם הזיהום הוכנה באמצעות הצבה של מודל זרימה והסעה לשטח העבודה. באמצעות מודל זה נבחנו מספר תרחישי הפקה לצורך קביעת התכנית המיטבית לעצירת התפשטות הזיהום אל עבר קידוחי ההפקה ברחובות ובנס ציונה ולצמצום כתם הזיהום. תרחיש השיקום שנבחר כולל שאיבה של מי תהום בארבעה קידוחי הפקה ייעודיים שיקדחו לאורך פלומת הזיהום בספיקה כוללת של 650 מק"ש. המים הנשאבים יטופלו מחוץ לאקוויפר ויסולקו ליעד/ים שייבחר/ו.

בשנת 2017 תחל רשות המים בהכנת תכנית לטיפול במים הנשאבים במסגרתה יבחנו החלופות הטכנולוגיות לטיפול במים, תיבחן האפשרות לטפל במים במתקן מרכזי אחד או במספר מתקני טיפול המתאימים לרמות ריכוזים שונות, יוכנו אומדנים כלכליים להערכת עלויות הטיפול, יבחנו חלופות לשילוב המים המטופלים במערכות האספקה ותתבצע בחינה סטטוטורית של מיקום קידוחי ההפקה, מתקן הטיפול ומערכות הולכת המים. כל זאת לקראת פרסום מכרז לביצוע תכנית השיקום. עם זאת, חשוב להדגיש כי עד כה טרם נקבע מקור המימון ליישום התכנית.

אתר מפעל אמקור שלעבר (כיום מגדל אלקטרה), תל אביב – מעל החלק המרכזי בו פעל בעבר מפעל אמקור הוקם מגדל משרדים שבתחתיתו 5 קומות מרתף המשמשות לחניה. בקידוח שבוצע לקראת תחילת הבניה התגלה זיהום חמור של מי התהום בממסים מוכלרים, כשהמזהם העיקרי שנמצא היה Trichloroethylene (TCE) בריכוז של עד 14,000 מק"ל. לאור ממצאים אלו הנחתה רשות המים את הזיהום לשקם את מי התהום בקטע שמתחת למגדל המתוכנן. פעולת השיקום התבצעה על ידי הזרקה של חומר המעודד פירוק ביולוגי של ממסים מוכלרים בתנאים אנוקסיים דרך קידוחי השפלת המים שנקדחו בתחתית המרתף (איור 4). 6 קידוחי ניטור נקדחו בשולי האתר למעקב אחר פעולת השיקום. ממצאי הניטור מראים ירידה חדה בריכוז ה-TCE עד לריכוז מקסימלי של 174 מק"ל במי התהום שמתחת למגדל, אולם ירידה זו לוותה, כצפוי, בעליה חדה בריכוז תוצרי הפירוק, בהם גם וניל כלוריד שריכוזו עלה עד ריכוז שיא של מעל 4,000 מק"ל. כיום נצפית מגמה של ירידה בריכוזם של תוצרי הפירוק ורשות המים ממשיכה במעקב אחר מגמה זו.

אזור תעשייה חולון – לאחר סיום הקמת מערך הניטור, הוצב וכויל מודל ממוחשב לחיזוי תנועת המזהמים ולבחינת תרחישי תפעול שיביאו לעצירת התפשטותם. באמצעות המודל נבחנו מספר תרחישי הפקה ונבחרה חלופת שיקום הכוללת המלצות לתפעול האקופר ולתכנון פעולות שיקום. בשלב המידי הועברה למקורות המלצה לשינוי משטר ההפקה בקידוחים באזור חולון באופן שימנע את המשך התפשטות הזיהום מערבה אל עבר שכונות המגורים. לטווח הארוך ניתנו המלצות להפקה בגבולות אזור התעשייה על מנת למשוך הזיהום בחזרה מזרחה לעבר אזור התעשייה. במקביל לתכנון שיקום אזור התעשייה מתקיימות חקירות מפורטות ב-3 מוקדי זיהום מרכזיים לצורך תכנון פעולות שיקום in-situ. בשנת 2013 החל אגף איכות מים בהפעלה של מערך השיקום המלא במפעל תדירגן. תכנית השיקום כללה הקמת מערך קידוחי החדרה, ניטור ושאיבה ששימשו להזרקה של פוטסיום-פרמנגנט המחמצן את החומרים האורגניים המוכלרים באקופר. בנובמבר 2014 בוצע סבב הזרקה מלא ראשון של המחמצן ב-11 בארות הזרקה ולאחריו בוצעו מספר סבבי ניטור. הממצאים העידו על ירידה משמעותית בריכוזי המזהמים העיקריים שנמצאו באתר דוגמת TCE ו-1,2-DCE. ממצאים שהתקבלו בהמשך המעקב אחר השיקום הצביעו על עלייה בריכוז המזהמים לאחר מספר חודשים במספר קידוחים בחלקו המרכזי של המתחם שטופל (rebound effect) ולכן בנובמבר 2015 בוצע סבב הזרקה שני בכלל קידוחי ההחדרה. במהלך שנת 2016 נמשך המעקב אחר ריכוז המזהמים באתר ולאור העלייה המחודשת שנצפתה בריכוז המזהמים במרכז השטח המטופל נערכת הרשות לביצוע של סקר גז קרקע לבדיקת הימצאותם של מקורות זיהום פעילים באתר ושל סבב הזרקה נוסף. במקביל פועלת הרשות לחידוש ההפקה בקידוח חולון 8 הסמוך על מנת לעצור את התפשטות הזיהום.

תעש מגן, תל אביב – רשות המים הכינה תכנית לשיקום מי התהום במתחם במטרה למנוע את התפשטות הזיהום ולהקטין את הסיכון הבריאותי לציבור כתוצאה מחשיפה לאדים העולים ממי התהום המזהמים. התכנית נבחנה באמצעות מודל זרימה והסעה. חלופת השיקום שנבחרה כוללת מספר שלבים: בשלב הראשון שיקום in situ של הזיהום על ידי הזרקת חומרים מפרקים

לעומקים שונים ושלב שני הכולל הכלה הידראולית של הזיהום באמצעות הפקת מים מזוהמים ממוקד הזיהום וטיפול בהם מחוץ לאקוויפר. בשנת 2014 הופץ RFI על ידי עיריית תל אביב לחברות בינלאומיות המתמחות בשיקום מי תהום לצורך קבלת מידע שימש להכנת מסמכי המכרז למימוש התכנית. צוות משותף הכולל יועצים הנדסיים, משפטיים וכלכליים ביחד עם אנשי אגף איכות מים עסק בשנת 2016 בכתיבת מסמכי המכרז למימוש השלב הראשון של תכנית השיקום בתעש מגן. מכרז זה צפוי להתפרסם לקראת סוף שנת 2017 ע"י עיריית תל אביב ורמ"י (בעלי השטח).

מתחם בית מנורה (בעבר מפעל גטר ומפעל אלקו), רמת גן – במתחם בו פעלו בעבר מפעל גטר ומפעל אלקו נבנה כיום בית מנורה. בחקירת מי התהום במתחם נמצאו ריכוזים גבוהים של חומרים אורגניים מוכלרים כגון TCE בריכוז של עד 3500 מק"ל (לעומת ריכוז מירבי מותר של 20 מק"ל בתקן הישראלי למי שתיה). תכנית השיקום באתר (שנמצא, כאמור, בהליכי בנייה של מבנה משרדים) התבססה על שיקום in-situ של הזיהום על ידי הזרקת פוטסיום פרמנגנט שהינו מחמצן חזק למי התהום. ההזרקה התבצעה בחודש מרץ 2014 במספר קידוחים שנקדחו במוקד הזיהום. במסגרת המעקב אחר תוצאות השיקום נצפתה עליה בריכוז ה-TCE (rebound effect), אשר אף עבר באחד הקידוחים את ריכוז המטרה שנקבע ע"י רשות המים. בשנת 2016 נצפתה ירידה בריכוז החומר עד להגעה לערכי המטרה שנקבעו לשיקום והיזמים קיבלו אישור על גמר ביצוע תכנית השיקום. במהלך שנת 2017 יימשך המעקב אחר הריכוזים בקידוח ניטור שנקדח מערבית למבנה המוקם באתר.

תעש ערבי נחל, תל אביב – מפעל תעש ערבי נחל פעל בין השנים 1948 ו-1980 במרכז תל אביב ועסק ביצור תחמושת זעירה. הפעילות במתחם זה כללה שימוש נרחב בממסים מוכלרים ובמתכות. במסגרת חקירת הזיהום במי התהום באתר נתגלו ריכוזים גבוהים של ממסים מוכלרים, כשהעיקרי בהם הוא Tetrachloroethylene (PCE) בריכוז של עד למעלה מ-17,700 מק"ל (לעומת ריכוז מירבי מותר של 10 מק"ל בתקן הישראלי למי שתיה). במסגרת עבודות להקמת הרכבת הקלה נדרשה שאיבת מים לצורך השפלת מפלס מי התהום בפיר גלי גיל המרוחק כ-300 מ' מהאתר. בעקבות החשש למשיכת הזיהום מהמתחם גובשה תכנית לכליאה הידראולית של הזיהום בערבי נחל באמצעות מערך שאיבה של 4 קידוחים ששאבו בספיקה של 45-60 מק"ש. המים המזוהמים טופלו באמצעות מסנני פחם פעיל והוזרמו, לאחר הרחקת המזהמים, לתעלת האיילון. השאיבה התחילה באפריל 2014 ונמשכה עד מאי 2015. במהלך השאיבה בוצע ניטור של המזהמים בכניסה למתקן הטיפול, ביציאה ממנו ובקידוחי ניטור בתוך מתחם התעש ומחוצה לו. ממצאי הניטור שבוצעו כחצי שנה לאחר סיום השאיבה הראו שריכוזי המזהמים בתוך האתר ומחוצה לו ירדו אל מתחת לערכי מטרה לשיקום. בשנת 2016 בוצע דיגום חוזר של קידוחי הניטור במתחם. תוצאות הדיגום הצביעו על עליה קלה בריכוז המזהמים במי התהום, אולם אלו עדיין נמוכים מהריכוזים המחייבים שיקום נוסף של מי התהום, פרט לאזור מצומצם בו הריכוזים מתקרבים לריכוז המטרה ומעט חורגים ממנו. המעקב אחר ריכוזי המזהמים ימשך גם בשנת

2017 על מנת שניתן יהיה לקבל החלטה בדבר הצורך בפעולות נוספות לשיקום מי התהום במתחם.

מפעל הארגז לשעבר, תל אביב – מפעל הארגז שעסק בהרכבת אוטובוסים פעל במשך שנים רבות ברחוב יגאל אלון בתל אביב. במסגרת שינוי ייעוד השטח ולקראת הקמת 2 מגדלי משרדים במתחם נדרשה שאיבת מים לצורך השפלה של מפלס מי התהום. במסגרת חקירת מי התהום באתר נמצאו במרכז האתר ממסים מוכלרים, כשהעיקרי בהם הוא trichloroethylene (TCE) בריכוזים עד 3 סדרי גודל מהריכוז המירבי המותר בתקן מי שתייה. לאור ממצאים אלו תוכנן מערך שאיבת המים באתר באופן שיכלול שאיבה של מוקדי הזיהום במי התהום במקביל לעמידה בצרכים ההנדסיים של הבנייה. השאיבה התחילה במאי 2014 והסתיימה בשנת 2015. במהלך השאיבה נערך ניטור דו שבועי של המים המוזרמים לביוב במהלכו נצפתה עם הזמן ירידה בריכוזי המזהמים. לאחר הפסקת השאיבה בוצעו מספר סבבי דיגום נוספים שהעידו על ירידה של שני סדרי גודל בריכוז המזהמים במי התהום במתחם, אל מתחת לערכי המטרה לשיקום שקבעה רשות המים.

מפעל אלישור, בני ברק – מפעל אלישור פועל מאז שנת 1967 ברחוב מבצע קדש בבני ברק. בעקבות בקע במיכל איסוף של מערכות טיפול בשפכים נפתחה חקירת זיהום במפעל במסגרתה בוצעו 19 קידוחים לעומקים שונים ואותר זיהום בממסים אורגניים מוכלרים, בעיקר Trichloroethylene (TCE) בריכוז של עד כ- 14,900 מק"ג"ל (לעומת ריכוז מירבי מותר של 20 מק"ג"ל בתקן הישראלי למי שתייה). בין החודשים נובמבר 2014 – יולי 2015 בוצע פיילוט לשיקום מי תהום שהתבסס על החדרה של חיידקים המפרקים את הממסים המוכלרים עד לקבלה של תוצרי פירוק לא רעילים אל האקוויפר ויצירת התנאים המאפשרים את פעילותם באמצעות החדרת מימן גזי וחומרי הזנה.

תוצאות הפיילוט הראו ירידה משמעותית בריכוז המזהמים בקידוחי ההזרקה עד לקבלת ריכוזים נמוכים מריכוזי המטרה שנקבעו. עם זאת בקידוחי הניטור, הממוקמים במרחק של 3 מטרים מקידוחי ההזרקה, נצפתה אמנם בתחילה ירידה של ה- ORP והחמצן המומס וירידה מסוימת בריכוזי המזהמים, אולם אלו שבו ועלו לאחר החדרת החיידקים עד לקבלת ריכוזים דומים לריכוזים ההתחלתיים. בדיקות שבוצעו בגמר הפיילוט העידו על הימצאותם של חיידקים מפרקים ו- ethene (תוצר המעיד על השלמת תהליך הפירוק) בבארות ההזרקה בלבד. לאור התוצאות הועלתה הסברה כי אוכלוסיית החיידקים סביב בארות הטיפול צרכה את המימן ואת חומרי ההזנה וצמצמה את הגעתם אל בארות הניטור וכי הוספת מימן וחומרי הזנה לקידוחים נוספים תשפר את תוצאות הטיפול אפשרית. בשנת 2016 הוכנה תכנית לשיקום מלא של מי התהום במפעל המבוססת על תוצאות הפיילוט וכוללת הוספה של קידוחים בהם יוחדרו חומרי הזנה ומימן גזי באזור המיועד לשיקום בנוסף להחדרתם בקידוחי ההזרקה. יישום תכנית השיקום שאושרה צפוי להתחיל בשנת 2017.

מפעל אדמה אגן (אגן כימיקלים), אשדוד – במטרה לעצור את התפשטות הזיהום במי התהום שמקורו בפעילות שהתבצעה במפעל אגן כימיקלים הותקנו באמצע שנות ה-90 מסנני פחם פעיל ליד קידוח ההפקה ניר גלים 1 על מנת לטפל במי התהום הנשאבים. בקידוח זה שאבו עד כה למעלה מ-16 מלמ"ק אולם כתם הזיהום לא הצטמצם וריכוזים נמוכים של חומרי הדברה וחומרים אורגניים נדיפים נמצאו בקידוחים מרוחקים יחסית (אשדוד ים 1, ניר גלים ג' ו- נת אגן ניר גלים 6). מנתונים אלו עולה כי יעילות הטיפול הנוכחי במי התהום אינה מספקת ויש לשפרה. כמו כן עלה החשש כי קיימים עדיין מקורות זיהום פעילים בשטח המפעל.

לצורך עדכון ושיפור התכנית לשיקום האקוויפר הכין המפעל תכנית שיקום עקרונית הכוללת בשלב ראשון ביצוע של שני פיילוטים לשיקום in-situ באמצעות חימצון וחיזור כימי של ממסים מוכלרים במוקדי זיהום שונים בשטח המפעל והפקה של מי התהום המזהמים בקרבת מוקדי הזיהום במטרה להגן על קידוח ההפקה אשדוד ים 1 (מטפיק) שנמצא ממערב למפעל. בשנת 2016 נקדח קידוח ההפקה החדש בגבולו הדרומי של המפעל, בקרבת מוקדי הזיהום, והחלה העבודה להצבתו וכיולו של מודל זרימה והסעה שישמש לבחינת תרחישי הפקה שונים ובחירת תרחיש השיקום המיטבי.

בשנת 2017 תושלם העבודה לבחירת תרחיש השיקום המיטבי, יבוצע מבחן השאיבה בקידוח ההפקה החדש ויחל ביצוע שני הפיילוטים לשיקום in-situ של מי התהום בשטח המפעל.

נאות חובב - בשטח המועצה התעשייתית נאות חובב ובמתחם החברה לשירותי איכות הסביבה נמשכה הפעילות לשאיבת מי התהום המזהמים ונצפתה ירידה במפלסי מי התהום בשטח החברה לשירותי איכות הסביבה, במקביל לשיקום מוקדי הזיהום שחלחלו אל תת הקרקע. פעילות זו צפויה להימשך גם במהלך שנת 2017.

טבע אסיא - לצורך עצירת התפשטות הזיהום וטיפול בכתם הזיהום ב-1,4-דיאוקסן הוכנה בשנת 2016 תכנית שיקום עקרונית המבוססת על שאיבת המים המזהמים וטיפול בהם מחוץ לאקוויפר באמצעות חימצון מתקדם (UV-AOP) במקביל לטיפול בקרקע המזהמת שנמצאה במוקד הזיהום, אזור בו פעלו בעבר עמודות לזיקוק ממסים משומשים. במסגרת זו החל המפעל בהצבתו וכיולו של מודל זרימה והסעה לבחינת תרחישי הפקה שונים ובחירת תרחיש השיקום המיטבי. פעולות אלו צפויות להסתיים בשנת 2017.

בשל שאיבות ההשפלה המתוכננות של הרכבת הקלה במורד הזרימה מהמפעל, והחשש להאצת התפשטות הזיהום בשל ירידת המפלסים הצפויה במוקד הזיהום, הונחה המפעל להשלים את תכנית השיקום ולהיערך ליישומה מוקדם ככל שניתן.

עשות אשקלון – בשנת 2016 בוצע במוקד הזיהום בממסים מוכלרים שבקרבת מחלקת הציפויים של המפעל פיילוט לטיפול במזהמים באמצעות חימצון כימי בעזרת אשלגן פרמנגנאט. לאור תוצאות הפיילוט, אשר העידו על ירידה בריכוז המזהמים בבאר ההחדרה ובבאר ניטור קרובה עד מתחת לסף הזיהוי של השיטה וחזרה של המזהמים לקידוחים כשמונה חודשים לאחר הזרקת המחמצן (rebound effect), הוחלט כי תכנית השיקום המלאה תכלול שילוב של שאיבת המים המזהמים וטיפול בהם מחוץ לאקוויפר ושל חימצון כימי של המזהמים בתוך האקוויפר.

לאחר סיום הטיפול במוקד הזיהום שבתוך המפעל תחודש ההפקה בקידוחי מגדל שנסגרו בשל הזיהום על מנת לטפל בשולי הכתם שחרגו מגבולות המפעל. המים שישאבו יטופלו באמצעות ספיחת המזהמים על גבי עמודות פחם פעיל ויסופקו ליעד שיקבע.

סיכום

הפעולות שבוצעו בשנת 2016, כחלק מתפעול מערך הניטור והבקרה אחר זיהום מי תהום ממקור תעשייתי, כללו פתיחה של חקירת זיהום מי תהום ב- 8 אתרים מרכזיים חדשים וביניהם מפעלי תע"ש, אזורי תעשייה ובסיס תל השומר וקדיחה של 59 קידוחי ניטור להערכת היקפי זיהום חדשים ומוכרים. זיהום חמור במיוחד נמצא באתרים הבאים: תעש רמת השרון, תעש מגן, תעש גבעון, מפעל המתכת של תעש בטירת הכרמל, תעש ערבי נחל, מפעל תעשיות אלקטרוכימיות, מתחם תעש נוף ים, מפעל לירן לשעבר, אזור תעשייה חולון, מפעל מבצע, מפעל טבע פלנטקס, מפעל טבע אסיא, מפעל אדמה אגן, מפעל עשות אשקלון ומכון דוד. באתרים אלו נמצאו ממסים מוכלרים בריכוזים הגבוהים בשלושה עד שישה סדרי גודל מהריכוז המירבי המותר בתקן הישראלי למי שתייה, כמו גם מזהמים נוספים כמו 1,4-dioxane, פרכלורט וחומרי נפץ בריכוזים של עד 4 סדרי גודל יותר מההמלצה לתקן מי שתייה של ה-EPA.

השתרעות תמרת הזיהום בממסים מוכלרים יכולה להגיע עד מספר מאות מטרים ממוקדי הזיהום. לעומת זאת, זיהום מי תהום בפרכלורט שמקורו בעיקר במפעלי התעש, יכול להתפשט ולהגיע למרחק של מספר קילומטרים ממוקדי הזיהום בשל מסיסותו הגבוהה וקצב הפרוק הנמוך שלו במי התהום.

פעולות לשיקום מי תהום המכילים מזהמים שמקורם בתעשייה בוצעו עד כה ב- 10 אתרים. באתרים תעש ערבי נחל, בית מנורה ומפעל הארגז פעולות השיקום הפחיתו את ריכוזי המזהמים אל מתחת לערכי מטרה של רשות המים. באתרים נוספים פעולות השיקום ו/או המעקב אחר תוצאות השיקום צפויות להימשך גם בשנים הבאות.

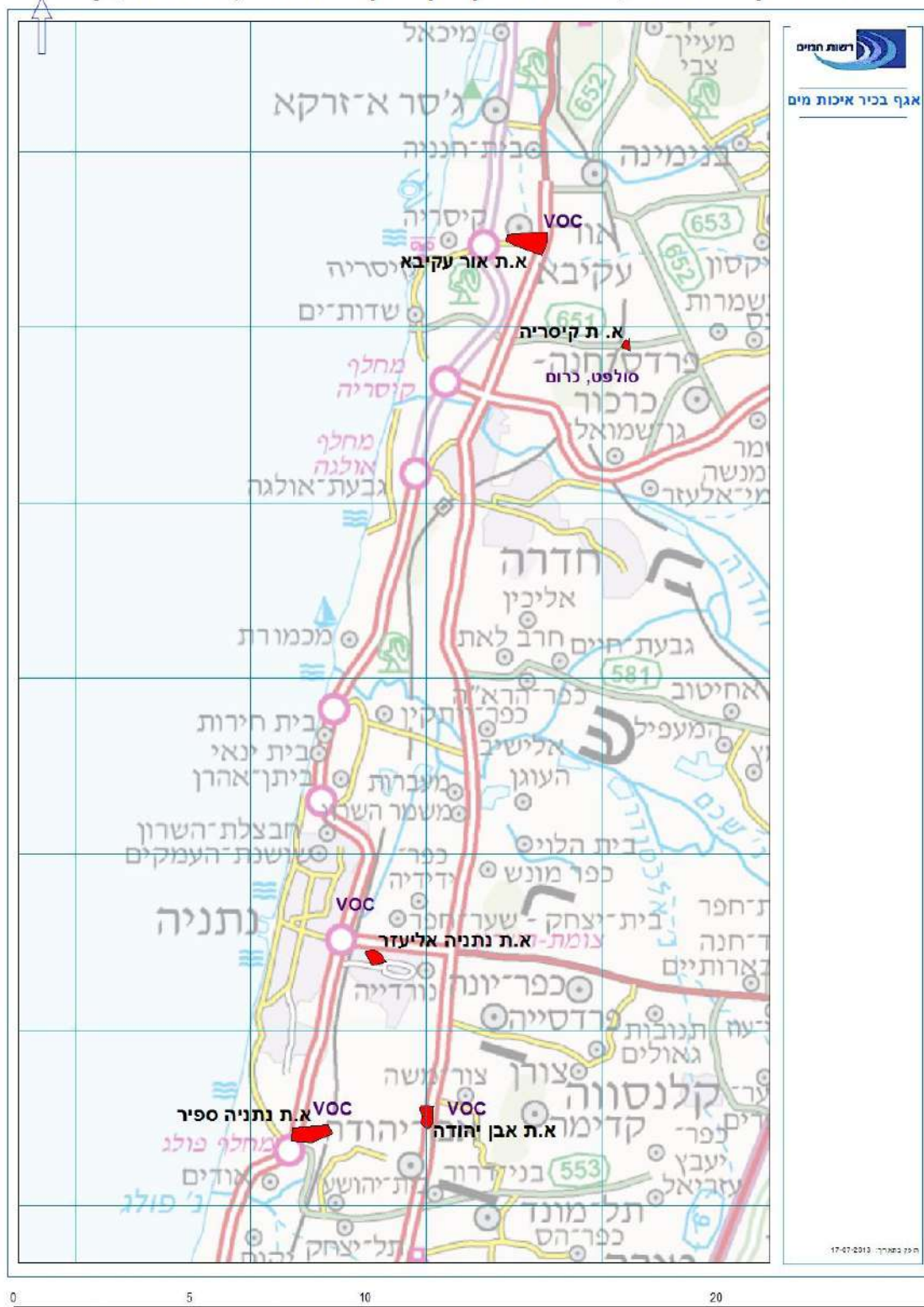
רשות המים הכינה תכניות שיקום עבור כתמי הזיהום הגדולים דוגמת תעש רמת השרון ותעש מגן. בשנת 2017 תשלים רשות המים את הכנת התוכניות לשיקום מי התהום באזור תעש גבעון ובאזור התעשייה בני ראם. תכניות שיקום נוספות יוכנו בהתאם להנחיות רשות המים ע"י הגורם המזהם באתרים דוגמת טבע אסיא, מפעל אלישרא ואגן כימיקלים. השלמה של חקירות לקביעת היקף הזיהום במי התהום מתוכננת במספר אתרים מרכזיים נוספים הכוללים את מפעל תעש טירת הכרמל, מכון דוד, תעשייה אווירית, תעשיות אלקטרוכימיות, תעש נוף ים, תעש רמת בקע, בסיס תל השומר, טבע פלנטקס, אזור תעשייה יבנה, ותעש בית הכרם.

מקורות:

בקישור המצורף לאתר רשות המים מופיעים דוחות פרטניים על רבים מהאתרים המוזכרים בסיכום זה:

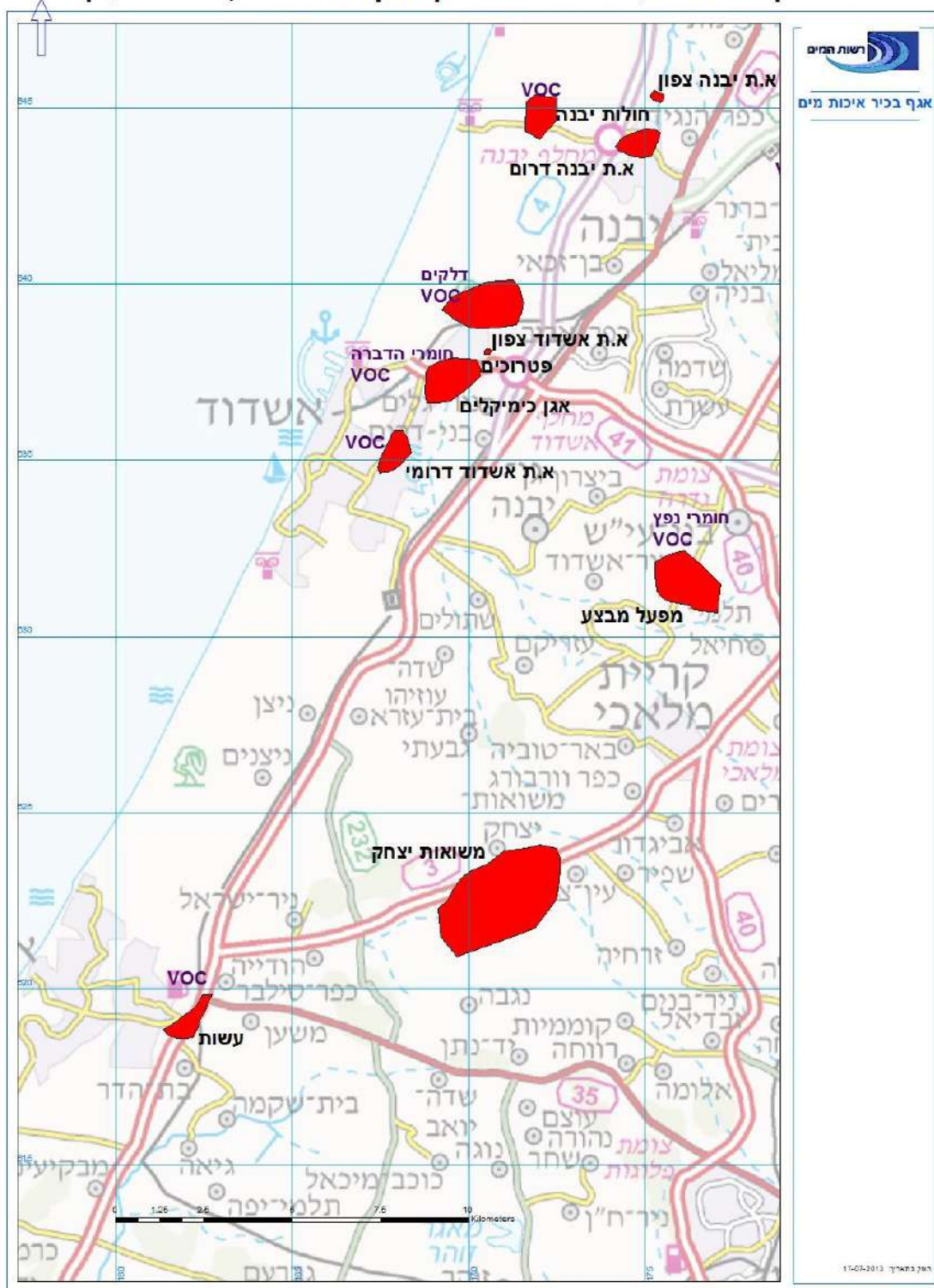
<http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/Water-Quality/Pages/industry.aspx>

פריסת מוקדי זיהום תעשייתיים בצפון אגן החוף : שם אתר, זיהומים עיקריים



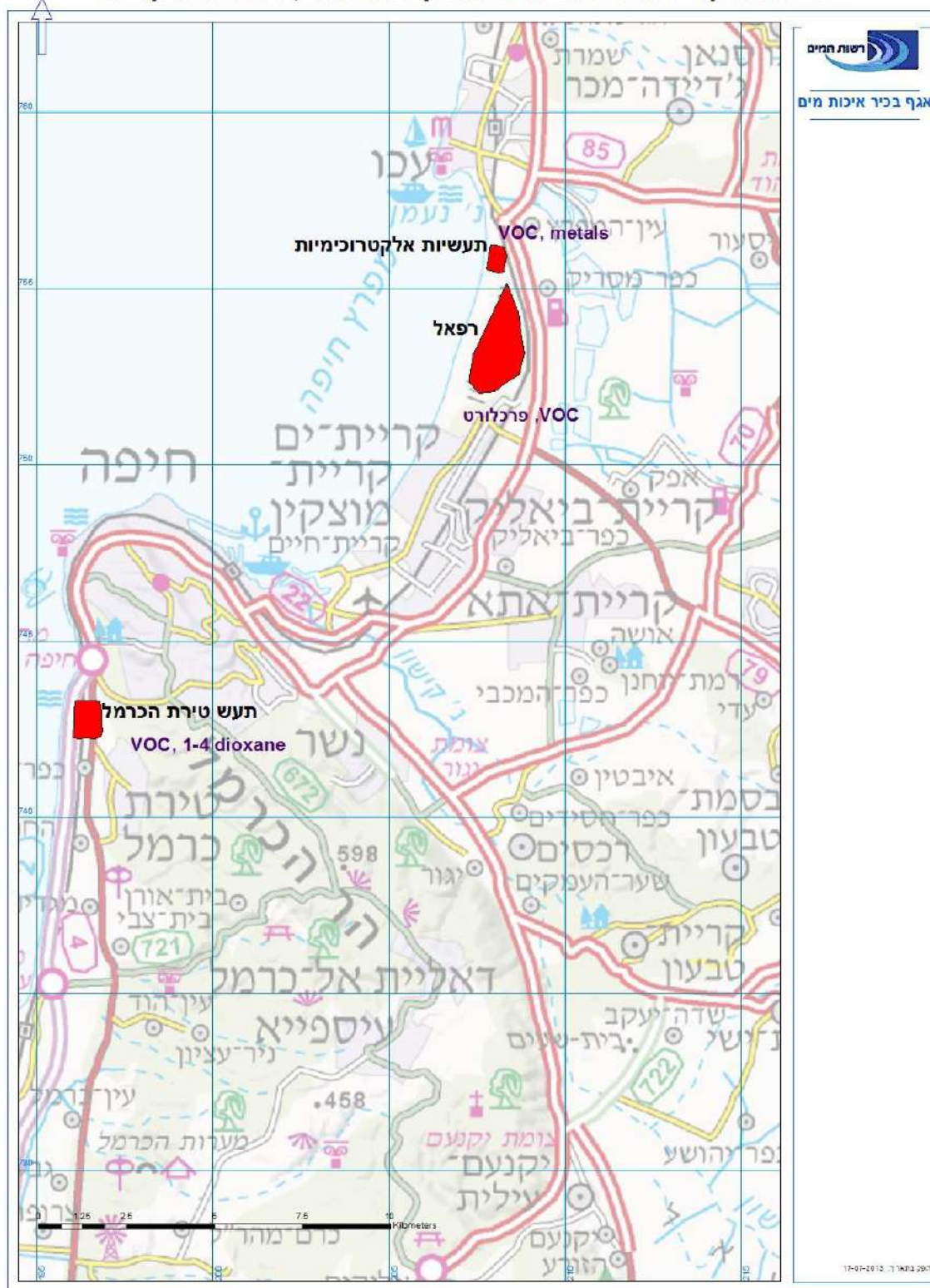
איור 3א – מוקדי זיהום ידועים והתפרסות הזיהום בצפון אגן החוף

פריסת מוקדי זיהום תעשייתיים בדרום אגן החוף : שם אתר, זיהומים עיקריים



איור 3ג – מוקדי זיהום ידועים והתפרסות הזיהום בדרום אגן החוף

פריסת מוקדי זיהום תעשייתיים בצפון : שם אתר, זיהומים עיקריים



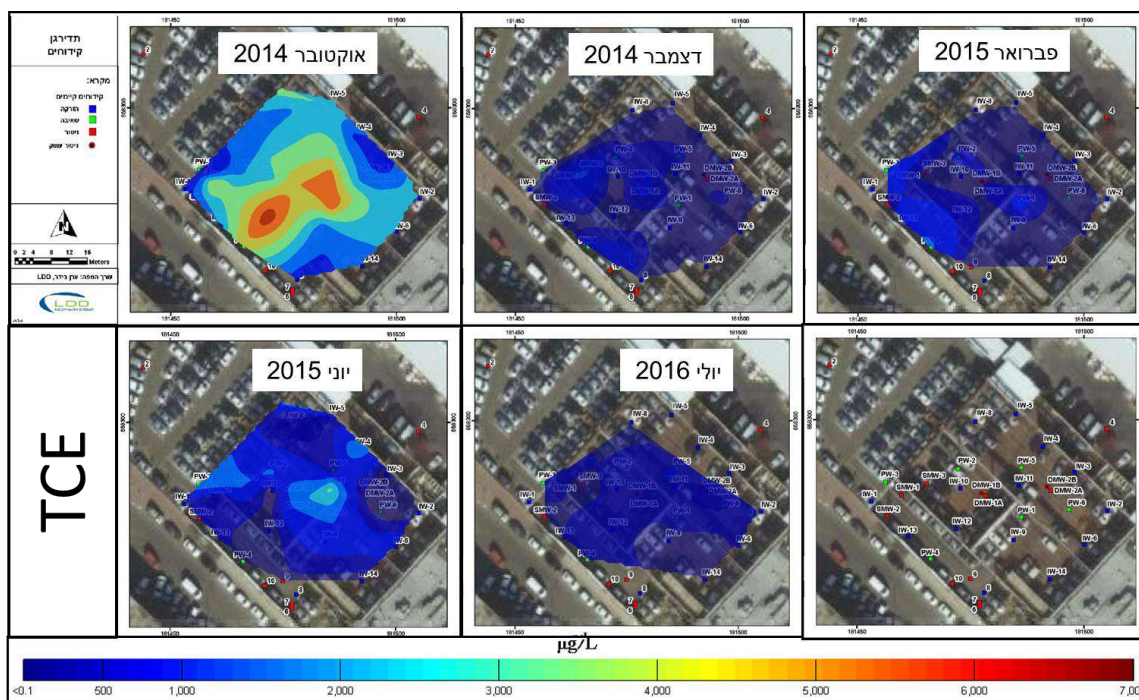
איור 3ד – מוקדי זיהום ידועים והתפרסות הזיהום בצפון



איור 4 : הזרקת חומר המעודד פירוק ביולוגי של Trichloroethylene במגדל אלקטרה (מתחם אמקור לשעבר) בתל אביב.



איור 5 : הזרקת מחמצן לפירוק כימי מלא של Trichloroethylene תוך כדי עבודות בנייה במתחם בית מנורה ברמת גן.



איור 6 : ריכוזי TCE במפעל תדירגן בחולון לפני תחילת השיקום (אוק' 2014) ובמספר מועדים לאחר הזרקת מחמצן כימי



איור 7 : מתקן הדגמה לטיפול ביולוגי במגוון מזהמים (פכרלורט, כלוראט, חומרי נפץ, ניטראט וכרום) במתחם התעש ברמת השרון.