

מערך ניטור באזור תעשייה אשדוד 1 1 2

נועם צח דבורי
ישראל נעמן
איתן צנטנר

נובמבר 2010
ETD101101





תאריך: 09/11/2010
מספרנו: ETR1110231

לכבוד
גיא רשף
מנהל תחום בקרת איכות מים וניטור
רשות המים

א.ג.

הנדון: מערך ניטור באזור תעשייה אשדוד דרום 1 ו 2

מוגש בזאת דו"ח המסכם את הקמת מערך ניטור באזור תעשייה אשדוד דרום 1 ו 2. במהלך העבודה הנוכחית בוצע סקר אשר כלל את ניתוח נתוני אזור התעשייה וסביבתו מבחינת מקורות זיהום והמערכת ההידרולוגיאלוגית. בעקבות מחקר זה בוצעו חמישה קידוחי ניטור בתחום איזור התעשייה והיקפו. החתך הגיאולוגי שנחדר בקידוחים היה מורכב במרכז אזור התעשייה משכבות חרסית עבות אשר מהוות גורם מעכב/סופח למקורות הזיהום שמתחמו ש מעליהם קיים אקוויפר שעון מקומי. נתוני המפלסים שהתקבלו מקידוחים אלו מתאימים לידוע על מערכת הזרימה האזורית אולם נראה כי הסביבה ההידרולוגית רגישה למשטר ההפקה המקומי והאזורי. נתוני אנליזות המים שבוצעו בקידוחים אלו ובקידוחים בסביבה הקרובה מרמזים על קיומם של מספר מקורות זיהום באזור התעשייה. התקדמות המזהמים באקוויפר מושפעת מהשינויים במערכת הזרימה. הנתונים אשר התקבלו מצביעים על תהליכים המתרחשים לאורך פלומת הזיהום אך גם מרמזים על מקורות זיהום בפני השטח. המשך הניטור המומלץ בעבודה זו יאפשר איתור מוקדם של התקדמות מזהם לעבר קידוחי מי השתייה וייתכן שאף את הבסיס למציאת הגורם המזהם.

בכבוד רב,
נועם צח דבורי
אתגר א. הנדסה בע"מ

העתק: שרה אלחנני – מנהלת אגף איכות מים, רשות המים
גיל ברנדר – מנהל, אתגר א. הנדסה בע"מ



תוכן עניינים

6	.....	רקע	.1
6	.....	הידרוגאולוגיה	.2
6	.....	החתך האקוויפרי	2.1
9	.....	מערכת הזרימה	2.2
14	.....	סקירת נתונים הידרולוגית	2.3
14	.....	קידוחי ההפקה באזור	2.4
17	.....	מקורות זיהום האפשריים	.3
21	.....	מערך קידוחי הניטור	.4
21	.....	תיאור קידוחי הניטור	4.1
27	.....	עדכון המידע הגיאולוגי באזור לאור ממצאי הקידוחים	4.2
29	.....	ניתוח מערכת הזרימה באזור לאור ממצאי הקידוחים	4.3
32	.....	תוצאות האנליזות וניתוחם	.5
41	.....	מסקנות והמלצות להמשך העבודה	.6
43	.....	ביבליוגרפיה	.7



רשימת תרשימים

7	תרשים 1: מיקום אזור התעשייה אשדוד 1 ו 2 וחתך גיאולוגי ברצועת יוסום 115
8	תרשים 2: חתך גיאולוגי באזור העבודה לאורך רצועת יוסום 115 (טולמץ, 1977)
10	תרשים 3: מפת מפלסים עבור סתיו 1997 באזור העבודה
11	תרשים 4: מפת מפלסים עבור סתיו 2002 באזור העבודה
12	תרשים 5: מפת מפלסים עבור סתיו 2003 באזור העבודה
13	תרשים 6: מפת מפלסים עבור סתיו 2006 באזור העבודה
15	תרשים 7: היקף הפקה שנתי בקידוחים שבדרום אזור התעשייה
16	תרשים 8: היקף הפקה שנתי בקידוחים שמצפון וממזרח לאזור התעשייה
16	תרשים 9: היקף הפקה שנתי בקידוחים שמדרום וממערב לאזור התעשייה
18	תרשים 10: מיקום קידוחי הניטור שהוקמו במסגרת הפרויקט, מיקום המפעלים המסומנים לפי מדרג פוטנציאל זיהום למי התהום ומיקום חתכים גיאולוגיים
22	תרשים 11: קידוח נ.ת. אשדוד דרום 1, תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח
23	תרשים 12: קידוח נ.ת. אשדוד דרום 2א', תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח ...
24	תרשים 13: קידוח נ.ת. אשדוד דרום 2ב', תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח ...
25	תרשים 14: קידוח נ.ת. אשדוד דרום 3, תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח
26	תרשים 15: קידוח נ.ת. אשדוד דרום 4, תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח
27	תרשים 16: חתך A-A' מזרח מערב
28	תרשים 17: חתך B-B' צפון דרום
29	תרשים 18: מפת המפלסים המקומית בתת אקויפר B
31	תרשים 19: מערכת הזרימה האזורית באקויפר השעון
34	תרשים 20: יחסי יונים במי קידוחים אשר נקדחו בעבודה הנוכחית ובקידוחי הפקה באזור התעשייה וסביבתו
37	תרשים 21: תיאור סכמטי של מבנה פלומת הזיהום בהתאם להשתנות פוטנציאל חימצון חוזר (מתוך Deutsch, 1997)



37	דיאגרמת יציבות מיני מנגן לאור פוטנציאל חימצון-חיזור (Redox) ביחס לערכי הגבה (Appelo & Postma, 1994)	תרשים 22:
38	דיאגרמת יציבות מיני ברזל לאור פוטנציאל חימצון-חיזור (Redox) ביחס לערכי הגבה (Appelo & Postma, 1994)	תרשים 23:
40	דיאגרמת יציבות מיני ארסן לאור פוטנציאל חימצון-חיזור (Redox) ביחס לערכי הגבה (Appelo & Postma, 1994)	תרשים 24:

רשימת טבלאות

19	תוצאות אנליזות של תכולת מתכות בקידוחים בסביבת אזור התעשייה	טבלה 1א':
	תוצאות אנליזות של תכולת חומרים אורגניים נדיפים בקידוחים בסביבת אזור התעשייה	טבלה 1ב':
20	קידוחי הניטור באזור התעשייה אשדוד 1 ו 2	טבלה 2:
21	ערכי הפרמטרים שנמדדו בשדה	טבלה 3:
32	ערכי ריכוזי יונים ראשיים במי קידוחי הניטור	טבלה 4:
35	ערכי ריכוזי מתכות במי קידוחי הניטור	טבלה 5:



1. רקע

מטרת העבודה הנוכחית, הנה הקמת מערך ניטור למי תהום באקויפר החוף לקבלת מידע עדכני על דליפות זיהומים לאקויפר ומתן התראה מבעוד מועד על סכנות הזיהום באקויפר ודרכים לטיפולו לפני הגעתו לקידוחי מי שתייה.

חשיבות איתור מוקדי הסכנה לאקויפר החוף הינה עצומה מכיוון שאקויפר זה הנו אחד ממקורות המים העיקריים של ישראל ובשל מבנהו ותכונותיו ההידראוליות משמש כאוגר תפעולי רב שנתי וכווסת של מערכת המים הארצית. יכולת תפעול נכונה של האקויפר חייבת להתבסס על מידע נכון ועדכני של מוקדי הסכנה של אקויפר זה.

לצורך איתור מוקדי הזיהום הגדירה רשות המים עשרים אזורי תעשייה במישור החוף המסווגים כבעלי פוטנציאל זיהום גבוה (אביטל וחבריו, 2008). בעבודה זו מיושמת תוכנית ניטור באזור תעשייה אשדוד 1 ו 2 ותכליתה אבחון תהליכי זיהום במוקדי הזיהום ואיתור זיהום היוצא מגבולות אזור התעשייה.

אזור התעשייה אשדוד 1 ו 2 ממוקם בחלקה הצפוני של העיר אשדוד ומשתרע על פני שטח של כ 2,400 דונם (תרשים 1). גבולותיו המערביים והמזרחיים מצויים במרחק של 1.5 וכ 2.5 ק"מ מקו החוף, בהתאמה. הטופוגרפיה סביב אזור התעשייה מושפעת מאפיק נחל לכיש הממוקם מזרחית לאזור התעשייה. נחל לכיש זורם, תחילה, במקביל לקו החוף ולאחר מכן מאגף את אזור התעשייה מצפון וזורם דרום מערבה לכיוון הים. בכך תוחם אפיק הנחל את האזור ממזרח ומצפון. רום פני הקרקע באזור התעשייה נעים בין כ +20 מ' בדרום מזרח לכ +10 מ' בצפון מערב.

בתחום אזור התעשייה מצויים שני קידוחי הפקה, אשדוד ים 2 עירייה ואשדוד 31 ושני קידוחי ניטור, אשדוד ים 16/1 וקידוח העמל 31 אשדוד (נתיב וחבריו, 2006). ברדיוס של 1.5 ק"מ מגבולות אזור התעשייה, מצויים 32 קידוחים, מהם 13 קידוחי ניטור (בעיקר קידוחי יוסום) וכ 15 קידוחי הפקה שמתוכם רק 11 קידוחים פעילים (אביטל וחבריו, 2008). ממוצע היקף ההפקה הכולל בקידוחים אלה בין השנים 2004-2008 הגיע לכ 12.6 מלמ"ש.

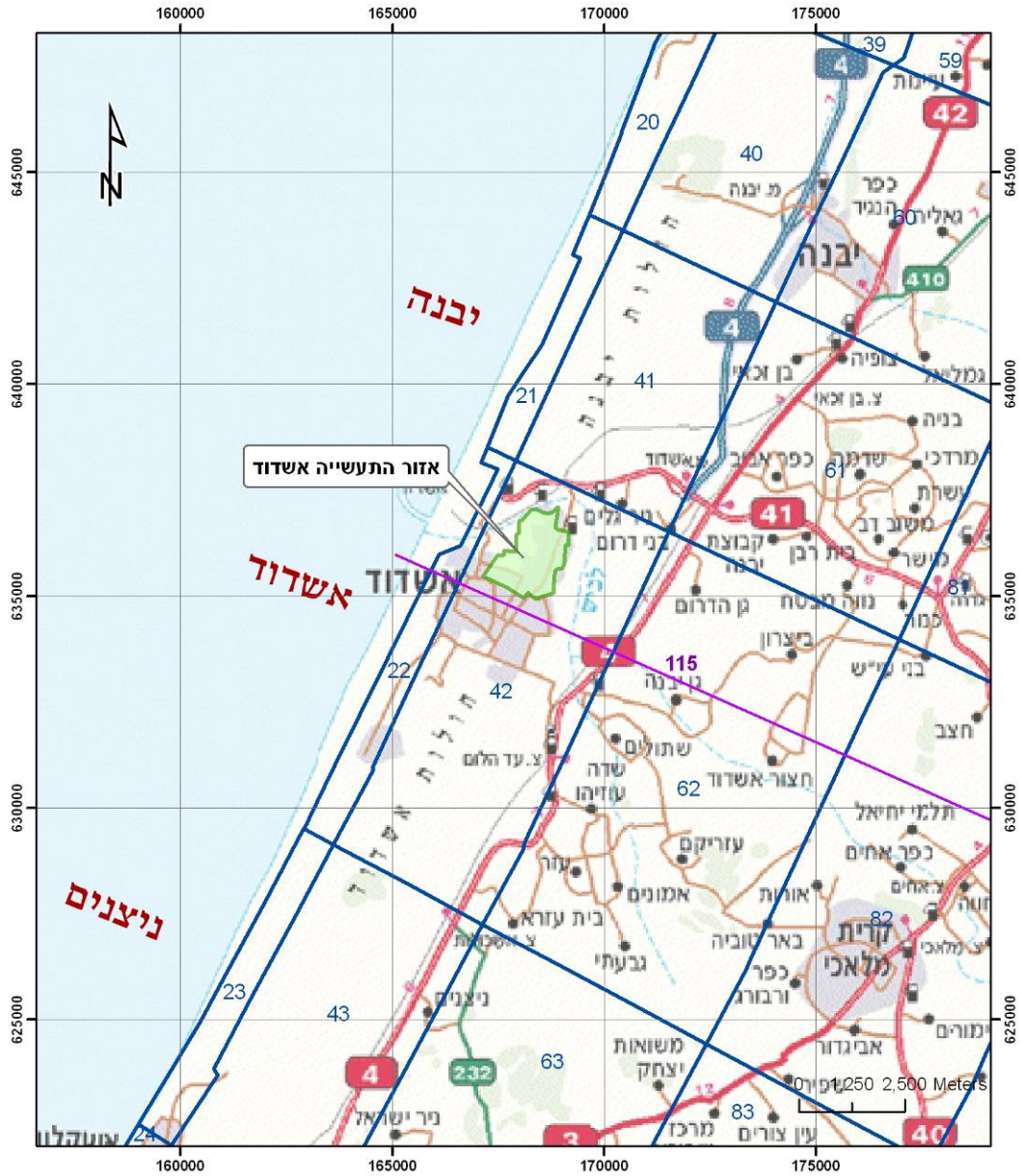
2. הידרוגאולוגיה

2.1. החתך האקויפרי

חתך הקרקע באזור הפרוייקט מורכב מיחידות מגיל הפליסטוקן המהוות את אקויפר החוף. האקויפר משתרע ממורדות הכרמל בצפון עד לסיני בדרום ומרגלי הרי יהודה והשומרון במזרח ועד לקו החוף במערב ובנויי משכבות חול, כורכר, קונגלומרטים, טיט וחמרה. בחתך אנכי הניצב לקו החוף, האקויפר מתעבה ממטרים ספורים במזרח ועד לכ 200 מ' במערב, כשבחלקו המערבי במרחק של עד 5 ק"מ מקו החוף מזרחה מחולק האקויפר אנכית לתת אקויפרים (A, B, C ו D) על ידי עדשות חרסיתיות המקשות על מעבר המים ביניהם. בסיס האקויפר הנו חבורת הסקיה המורכבת מיחידות חרסית וחואר המהוות גבול תחתון אטום.



תרשים 1: מיקום אזור התעשייה אשדוד 1 ו 2 וחתך גיאולוגי ברצועת יוסום 115





על בסיס המידע המתקבל מניתוח מבנה חתכי הקידוחים נראה כי באזור זה, ובמיוחד בחלקו המזרחי תת אקויפר A אינו מפותח. בבסיס החתך החולי המצוי בפני השטח והמהווה את החתך הבלתי רווי קיים אופק שעון הנשען גם על שכבת חול חרסיתי המסתיימת בגג החרסית הכולא את תת אקויפר B1. תת אקויפר B1, בעובי 10-30 מ', נמשך מתחת לקומפלקס החרסיתי ומתחתיו קיימת שכבת חרסית בעובי של 25 מ' במערב והיא מתדקקת לעובי של 4-6 מ' מתחת לאזור התעשייה וכן כלפי צפון מזרח שם מרכיב החול עולה בה.

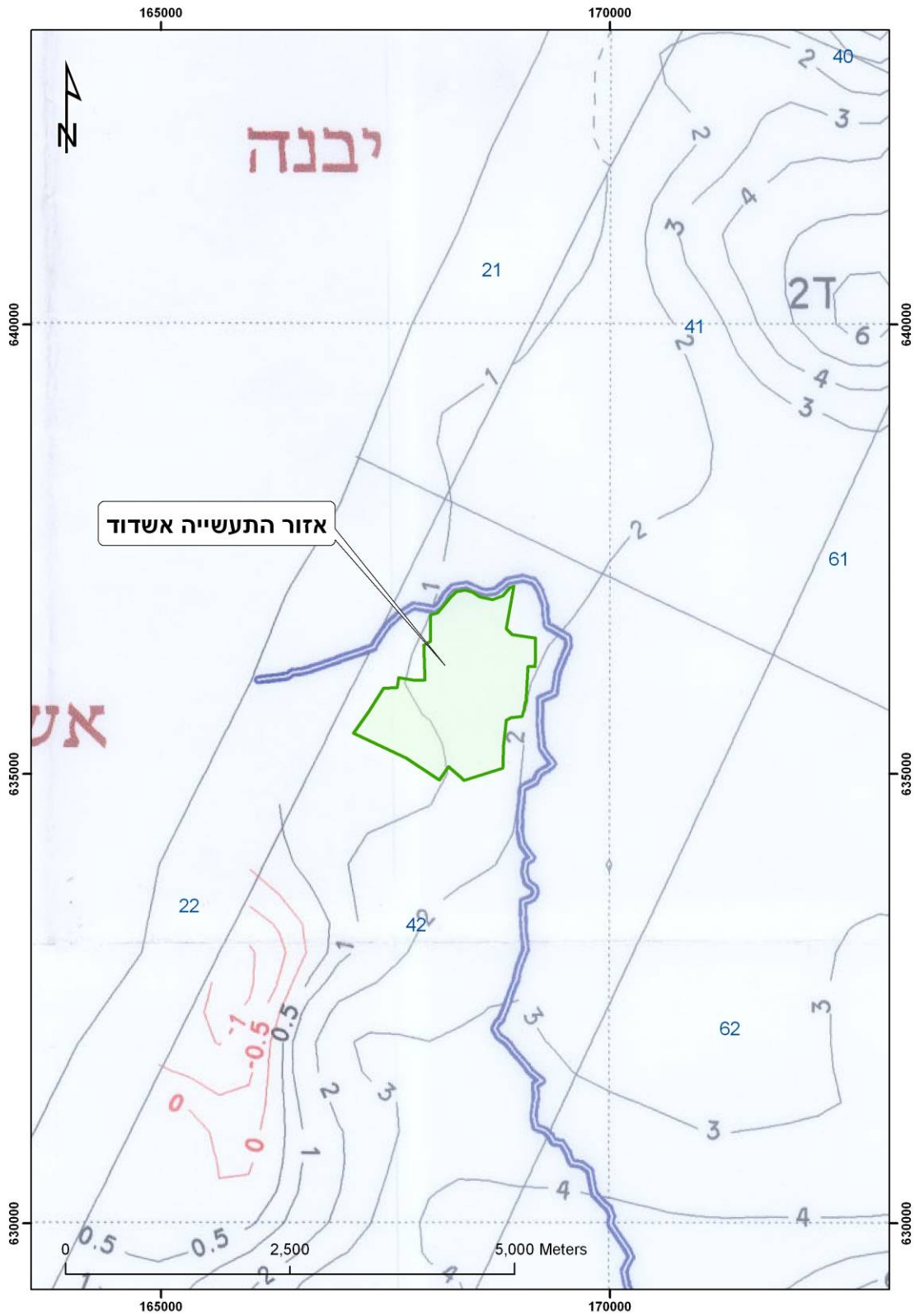
2.2. מערכת הזרימה

מוצא ניקוז מי התהום הטבעי באזור הינו לכיוון הים- מערבה. כיום כיוון הזרימה הכללי מוטה לשקע גדול הממוקם מצפון לאזור התעשייה שנוצר, ככל הנראה, על ידי שדה הקידוחים שמדרום לאזור השפד"ן. מניתוח מפות המפלסים האזוריות (תרשימים 3, 4, 5 ו 6) ניתן להבחין כי רום המפלסים וכיווני הזרימה באזור אינם אחידים ומשתנים בהתאם למדיניות תפעול שדות החלחול שמצפון וההפקה בקידוחים שבאזור.

במפת המפלסים המייצגת את מצב המפלסים באקויפר בסתיו 1997 נראה כי כיוון הזרימה בזמן זה היה בעיקרו כלפי המוצא בים (תרשים 3). בסתיו 2002 נראה כבר מצב שונה משמעותית בו המשך השאיבה בקידוחים המצויים דרום מערבית לאזור התעשייה גרמו ליצירת שקע הידרולוגי רדוד בו מפלס מי התהום הגיע ל -0.5 מ' מתחת לאזור התעשייה (תרשים 4). פני המים בגבולות אזור התעשייה מגיעים ל- 0 מ' בקירוב. במרחק של 1.5 ק"מ מגבולות אזור התעשייה פני המים נעים בין +0.5 מ' בצפון ל- 0.5 מ' בדרום. מערך מפלסים זה מרמז כי מאזור מרכז אזור התעשייה הזרימה הנה לכיוון דרום מערב. עם זאת, נראה כי בשנים האחרונות פחתה ההפקה מהבאר מק אשדוד 31 וכי במפות מפלסים מעודכנות מערך הזרימה שונה וכיוון הזרימה מוטה כלפי צפון מזרח ע"י קידוחי השפד"ן (תרשימים 5 ו 6). בשטח אזור התעשייה קיים אקויפר שעון אשר עליו הצטברו, במרוצת הזמן, מזהמים אשר חלחלו מאזור התעשייה. עם זאת נראה כי שכבות הסילט והחרסית המצויות בבסיסו לא עצרו את התקדמות המזהמים ואלו נמצאו בקידוחי שאיבה אשדוד ים עירייה 2, אשדוד 37 ואשדוד 31.

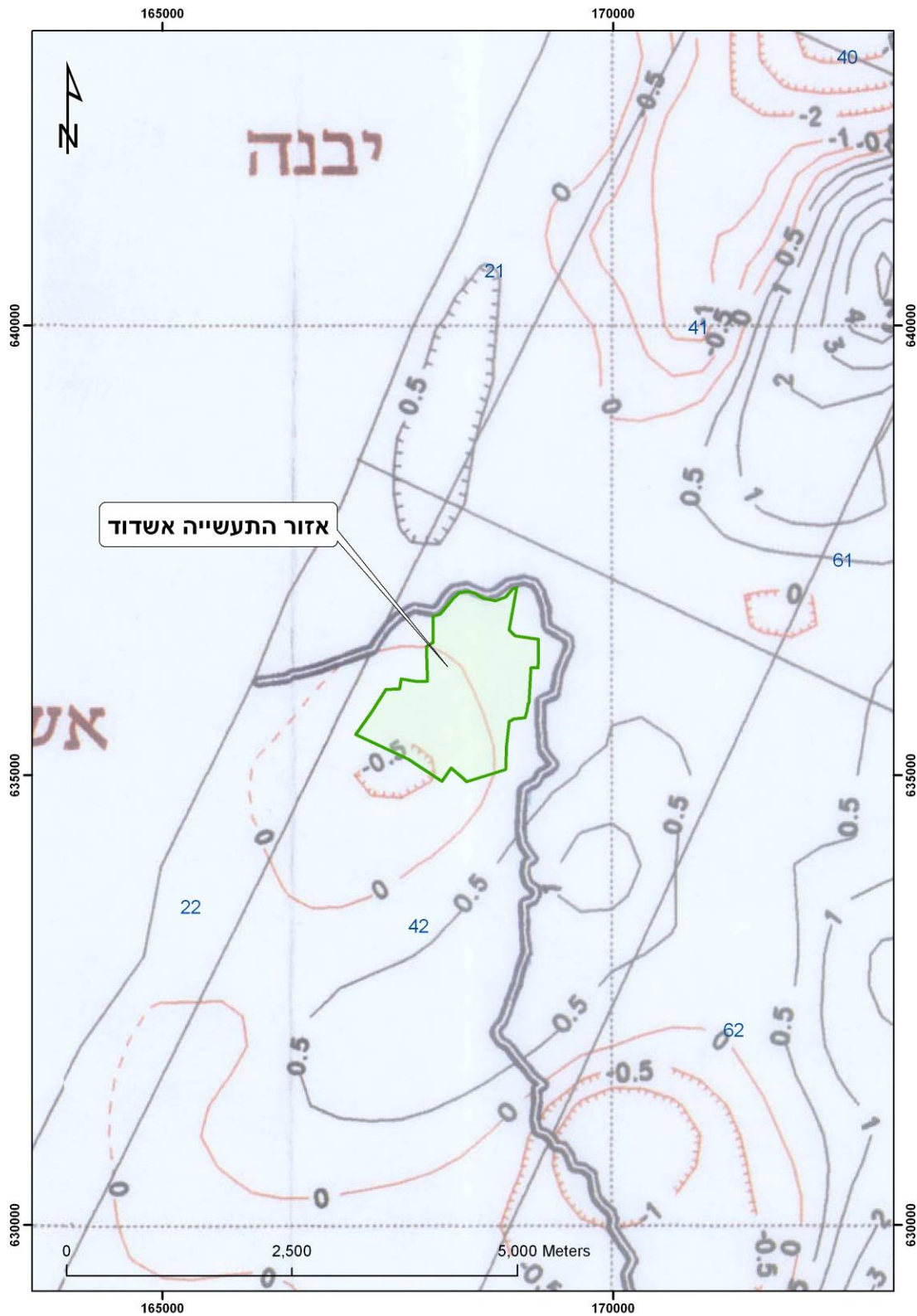


תרשים 3: מפת מפלסים עבור שנת 1997 באזור העבודה (השירות ההידרולוגי)



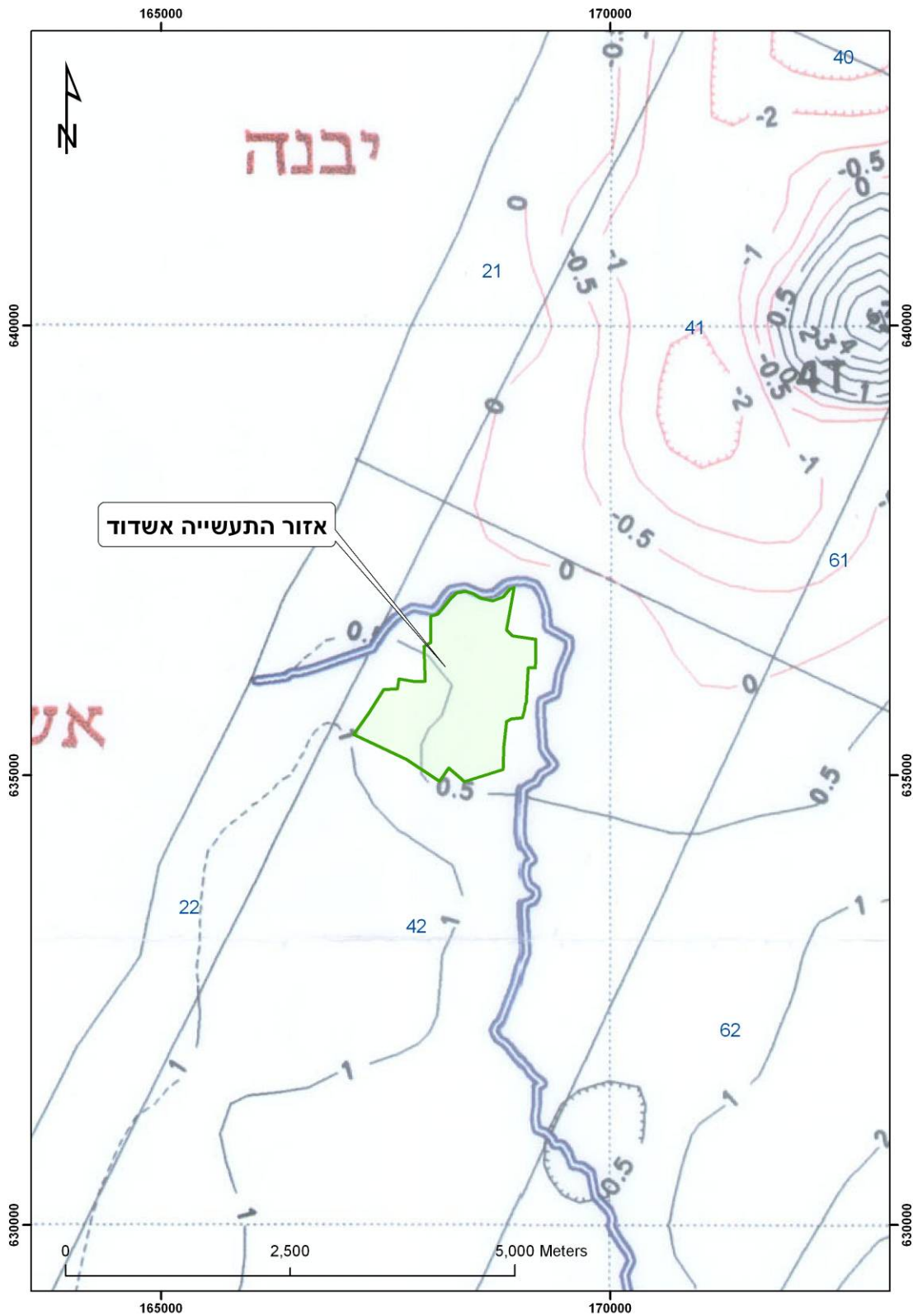


תרשים 4: מפת מפלסים עבור שנת 2002 באזור העבודה (השירות ההידרולוגי)



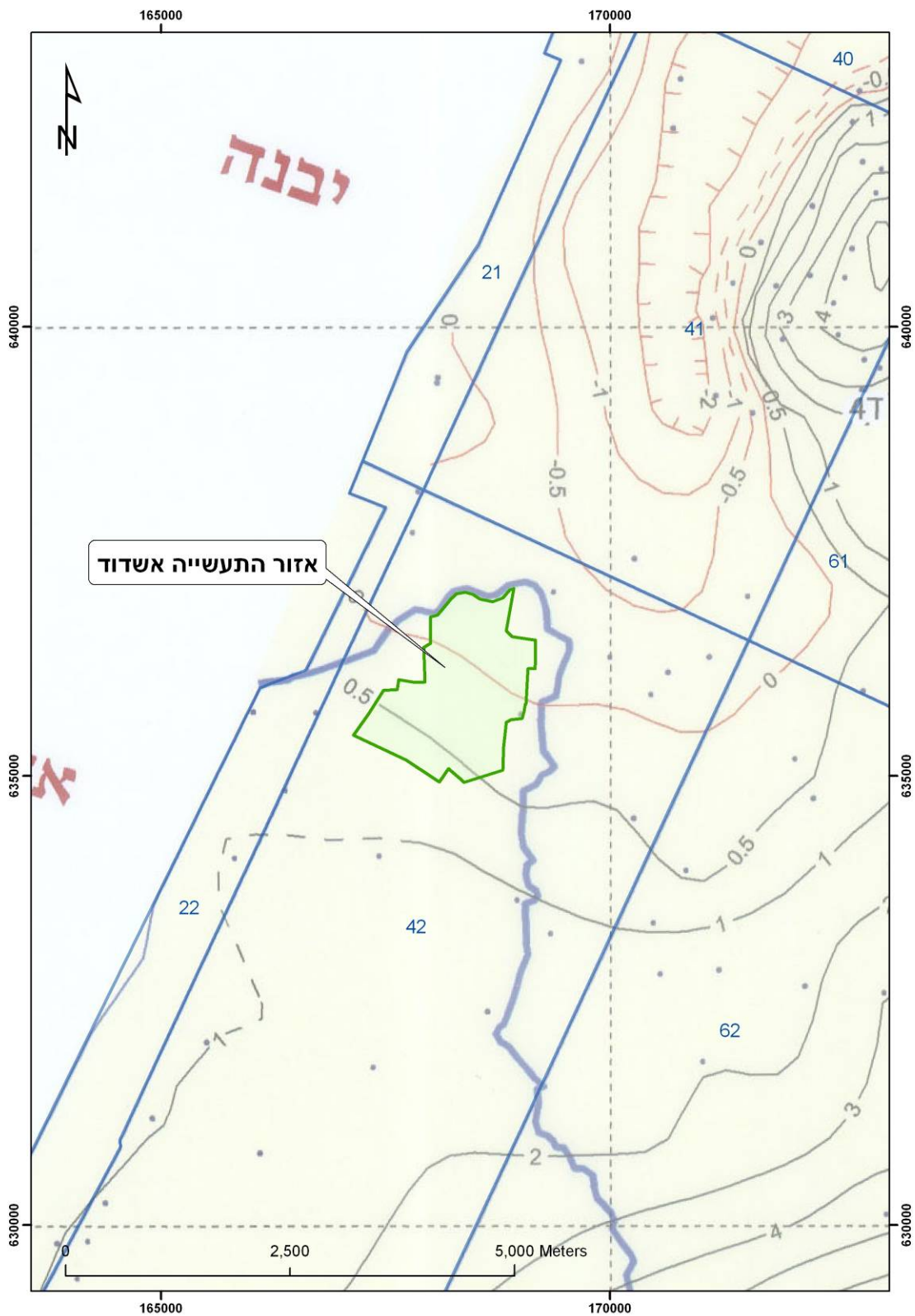


תרשים 5: מפת מפלסים עבור שנת 2003 באזור העבודה (השירות ההידרולוגי)





תרשים 6: מפת מפלסים עבור שנת 2006 באזור העבודה (השירות ההידרולוגי)





2.3. סקירת נתונים הידרולוגית

לפי חלוקת השירות ההידרולוגי אזור התעשייה אשדוד ממוקם בחלקו הצפוני של תא אוגר 42, להלן מובא תיאור ההתפתחות ההידרולוגית בתא זה:

שאיבה: מתחילת שנות התשעים ועד תחילת שנות האלפיים כמות השאיבה בתא 42 נעה בין 10.7-16.83 מלמ"ק לשנה. בשנת 2002/03 ירדה ההפקה לכדי 9.02 מלמ"ק ובשנה שבאה לאחר מכן אף ל 5.09 מלמ"ק. בין השנים 2004/05-2005/06 ההפקה השנתית עלתה ועמדה על כ 10.5 מלמ"ק בממוצע. בשנת 2006/07 ההפקה בתא המשיכה לעלות ועמדה על 14.69 מלמ"ק. בתא 41 שמצפון לתא 42 מתבצעת שאיבה מוגברת, כחלק מתהליכי מפעל השפד"ן (60.64 מלמ"ק בשנת 2006/07), המשפיעה על האזור כולו, בין היתר על אזור התעשייה של אשדוד.

החדרה: בתא 42 לא התבצעה החדרה, אם כי בתא 41 מתבצעת החדרה מוגברת המשפיעה על אזור הפרוייקט (77.98 מלמ"ק בשנת 2006/07).

מפלסים: מאז שנת 1992/93 בה נרשמו מפלסי שיא של +3 מ' לערך, החלה ירידה חדה במפלסים ובין השנים 1997-2003 נרשמה ירידה בקצב של כ 34 ס"מ לשנה. בשנה ההידרולוגית 2006/07 המפלס הממוצע בתא 42 עמד על 0.3 מ'.

כלוריד: החל משנות השישים בהם ריכוז הכלוריד עמד על כ 150 מג"ל, נמצא ריכוז הכלוריד במגמת עליה מתונה כאשר בין השנים 1998-2007 קצב העלייה הינו כ 0.3 מג"ל לשנה והריכוז בשנת 2006/07 היה 208 מג"ל.

חנקות: החל משנת 1993/94 החלה עליה בריכוז החנקות ובין השנים 1998-2007 עלה ריכוז החנקה בקצב של כ 2.1 מג"ל לשנה. הריכוז הממוצע בתא 42 בשנת 2006/07 היה 48 מג"ל.

2.4. קידוחי ההפקה באזור

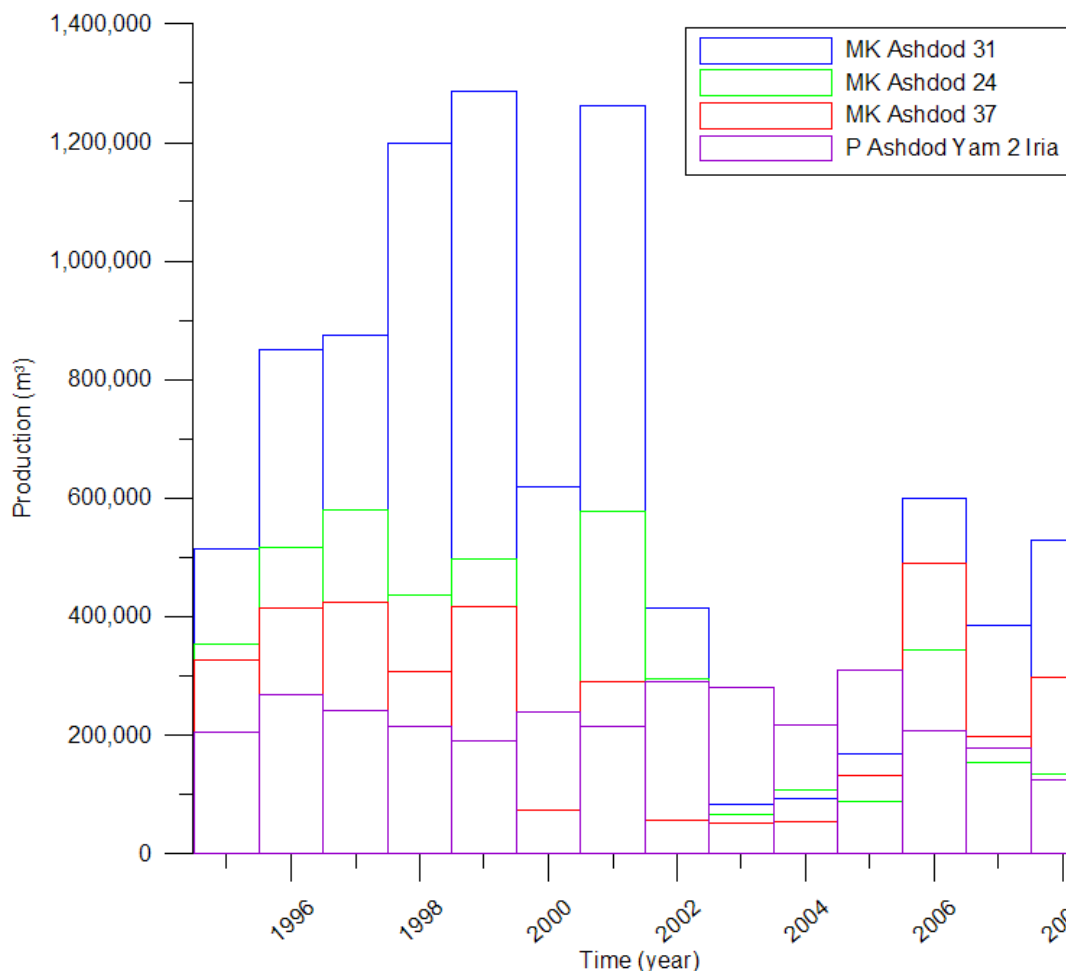
מכלל 15 קידוחי ההפקה בתחום רדיוס 1.5 ק"מ שסביב אזור התעשייה, נראה כי ב 12 קידוחים מתבצעת הפקה בפועל. היקף ההפקה בקידוחים אלו נע בשנים האחרונות בין 0.1 לכ 1.5 מלמ"ש. היקף ההפקה עד סוף שנות התשעים בקידוחים הממוקמים בחלקו הדרומי של אזור התעשייה (תרשים 7) היה קבוע, כאשר בתחילת שנות האלפיים ובמשך כ 4 שנים צומצמה השאיבה בצורה משמעותית. בשנת 2006 חודשה השאיבה ברוב הקידוחים כאשר בקידוח אשדוד ים 2 עירייה ההפקה חודשה עוד בשנת 2002. נראה כי חידוש ההפקה בקידוחי האזור גרמה לשקע אזורי ותורמת ליצירת רכיב זרימה מקומי כלפי צפון אזור התעשייה (תרשים 18).

בקידוחי ההפקה הממוקמים מצפון ומצפון מזרח לאזור התעשייה קיימת מגמת הפקה מעורבת (תרשים 8). היקף ההפקה בשנים האחרונות בקידוח אשדוד ים 1 עירייה הינו יחסית קבוע ומסתכם בכ 0.2 מלמ"ש. היקף ההפקה בקידוח ניר גלים 2 פחת משמעותית בשנים האחרונות עד לכדי שאיבה מינימלית, לעומת ההפקה בקידוח ניר גלים 1 קיבוץ שבו הוגברה ההפקה בשנים האחרונות והגיע עד לכדי כ 1.4 מלמ"ש.



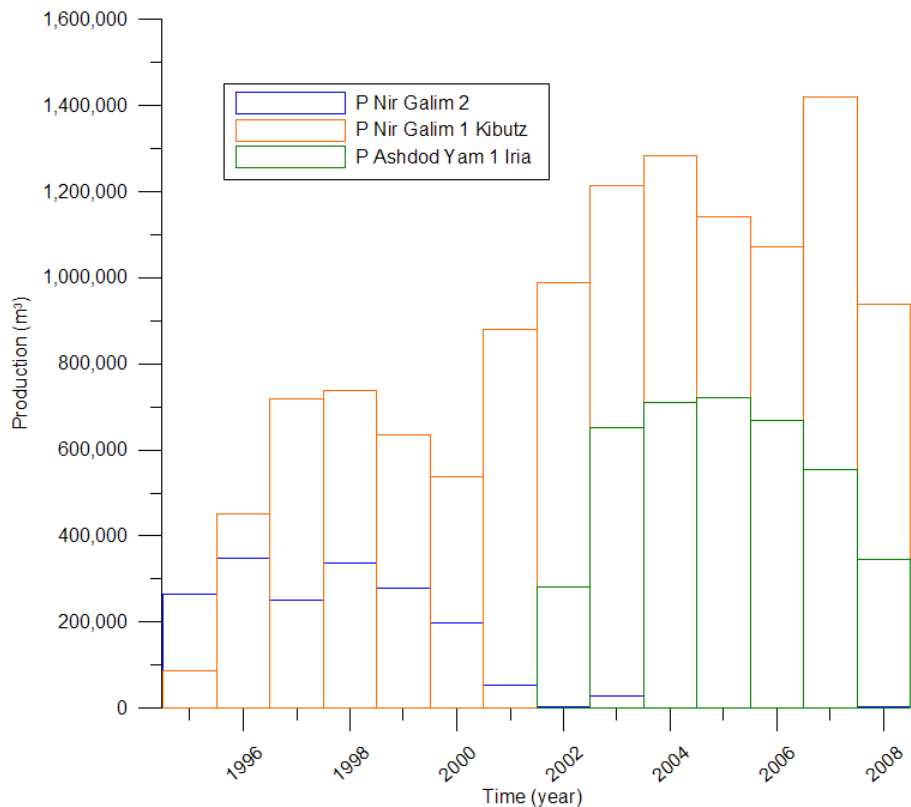
בקידוחי ההפקה הממוקמים מדרום וממערב לאזור התעשייה מגמת ההפקה דומה (תרשים 9), נראה כי בקידוחים אלה קיימת תנודתיות רבה בהיקף ההפקה בשנים האחרונות. החל משנת 1995 ועד שנת 2001 גברה ההפקה ברוב הקידוחים ובקידוח עיר הדרום 1 הגיע לכ 0.7 מלמ"ש. בין השנים 2002-2005 היקף ההפקה ברוב הקידוחים פחת ולאחר מכן שב ועלה לערכי ההפקה שקדמו לירידה ששיאה נצפה בשנת 2003. לאחר תקופה זו באה ירידה נוספת בהיקף ההפקה ובשנת 2008 שבה ועלתה ההפקה, כאשר בקידוח עיר הדרום 1 היקף ההפקה בשנת 2008 עמד על כ 0.46 מלמ"ש.

תרשים 7: היקף הפקה שנתי בקידוחים שבדרום אזור התעשייה

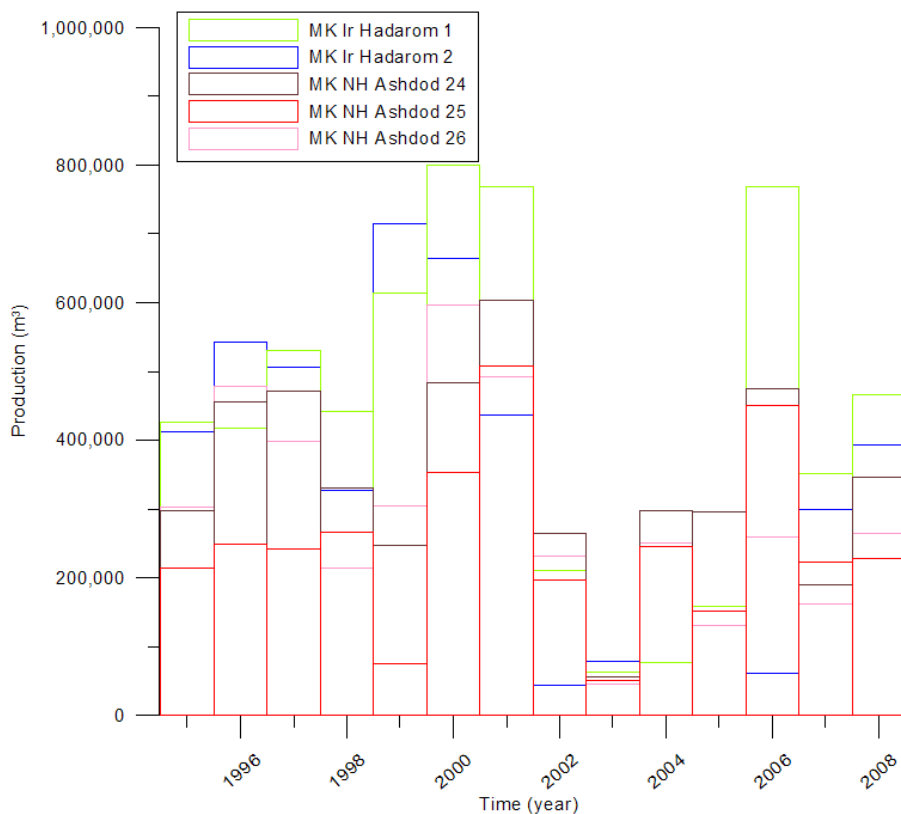




תרשים 8: היקף הפקה שנתי בקידוחים שמצפון וממזרח לאזור התעשייה



תרשים 9: היקף הפקה שנתי בקידוחים שמדרום וממערב לאזור התעשייה





3. מקורות זיהום אפשריים

תהליך איסוף נתוני המפעלים כלל סיורים לצורך איתור המפעלים, איסוף מידע במְרָשֶׁתת בנוסף לאיסוף נתונים על בסיס דוחות ועבודות שנעשו בעבר (נתיב וחבריו, 2006; אביטל וחבריו, 2008). בתחום אזור התעשייה אשדוד 1 ו 2 קיימים שישה עשר מפעלים שהוגדרו כבעלי פוטנציאל זיהום לאקוויפר, מהם ששה מפעלים בעלי פוטנציאל זיהום גבוה חמישה בעלי פוטנציאל זיהום בינוני ועוד חמישה בעלי פוטנציאל זיהום נמוך (תרשים 10).

מפעלים בעלי פוטנציאל זיהום גבוה

מפעלים בעלי פוטנציאל זיהום גבוה כוללים את: טבע מדיקל, רוז ייצור ושיווק כימיקלים, שמני גיא אשדוד, א.י. שיאון בע"מ, סביון ומפעל ישקול. סוגי המזהמים שבשימוש במפעלים אלו כוללים ממיסים אורגניים, חומרי ניקוי, חומרי הדברה, פסולת מסוכנת, פרמצטיקה, פסולת רפואית ומעגלים אלקטרוניים.

מפעלים בעלי פוטנציאל זיהום בינוני

מפעלים בעלי פוטנציאל זיהום בינוני כוללים את מכבסת גרנד קליר, יחיאל אמויאל ומכבסת עידן 2000 לניקוי יבש, מכבסת קריסטל ותכלת- מפעלי צביעה ואשפרה. המזהמים הפוטנציאליים המצויים בשימוש במפעלים אלו כוללים מתכות, חומרים אורגניים בריכוז נמוך, מלחים, דטרגנטים ומתכות מצבעים.

מפעלים בעלי פוטנציאל זיהום נמוך

מפעלים בעלי פוטנציאל זיהום נמוך כוללים את אולשק ושות' מיחזור מתכת, מחלבת אשדוד, מחלבת המכבים, סולבר חצור וגבינות הכפר בע"מ. החומרים הפוטנציאליים בשימוש במפעלים אלו כוללים מתכות, חומרים אורגניים, מלחים ושמן.

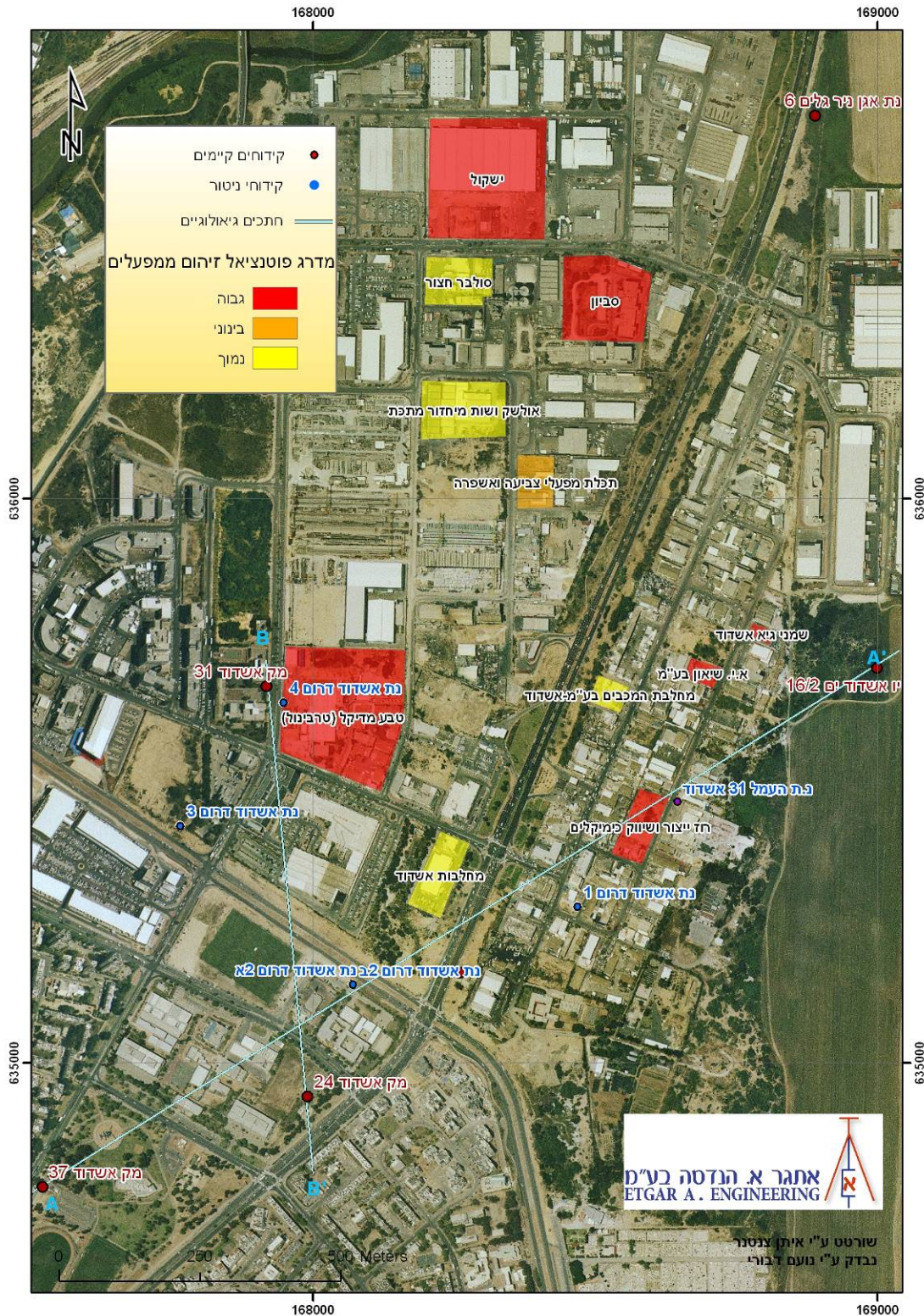
מקורות זיהום נוספים (ללא חקלאות)

בנוסף למפעלים והתעשיות קיימים באזור התעשייה 12 תחנות דלק, עשר מתוכן ממוקמות באזורים הדרומיים של אזור התעשייה ושניים מהן ממוקמות בסמיכות זו לזו בחלק הצפון מערבי של אזור התעשייה.

אזורי תעשייה סמוכים לאזור התעשייה אשדוד 1 ו 2 ואשר יכולים להוות מקורות זיהום הם: אלתא מדרום, אשדוד נמל ממערב ואשדוד 3 וניר גלים מצפון מזרח.



תרשים 10: מיקום קידוחי הניטור שהוקמו במסגרת הפרויקט, מיקום המפעלים המסומנים לפי מדרג פוטנציאל זיהום למי התהום ומיקום חתכים גיאולוגיים A-A' ו B-B'





ממצאי זיהום ממקור תעשייתי קודם להקמת מערך הניטור

קודם להקמת מערך הניטור נמצאו מזהמים בכל קידוחי השאיבה המצויים בתוך אזור התעשייה והסמוכים אליו (טבלה 1א'). בנוסף, אותרו מזהמים גם בקידוחי ניטור בתוך אזור התעשייה (קידוחים העמל 31 אשדוד ו 3 - נתיב וחובריו, 2006).

טבלה 1א': תוצאות אנליזות של תכולת מתכות בקידוחים בסביבת אזור התעשייה (מקור: מסד נתוני רשות המים)

פרמטר	שם קידוח	תאריך מדידה	ריכוז (ppb)	אחוז מתקן מי שתייה (50 ppb)
As	מק אשדוד 24	29/02/2000	<1	2
		29/03/2006	0	0
	פ אשדוד ים 2 עיריה	17/09/2003	12.7	25.4
		21/10/2007	0	0
	מק אשדוד 37	31/10/2004	1	2
	מק אשדוד 31	08/01/2001	<1	2
		22/01/2007	0	0
Cr	מק אשדוד 24	17/02/2008	<1	2
		29/02/2000	5	10
	פ אשדוד ים 2 עיריה	29/03/2006	4	8
		21/10/2007	5.6	11.2
	מק אשדוד 37	31/10/2004	3	6
	מק אשדוד 31	08/01/2001	6	12
		22/01/2007	5	10
		17/02/2008	1.6	3.2

בקידוחים אשדוד ים 2 עיריה ואשדוד 24 הממוקמים בחלקו הדרומי של אזור התעשייה נתגלו מזהמים תעשייתיים רבים, מגמת ריכוז המזהמים האורגניים שנתגלו בקידוח אשדוד ים 2 עיריה עולה עם השנים ובקידוח אשדוד 24 מגמת כלל המזהמים התעשייתיים שנתגלו יורדת עם השנים. נראה כי הירידה בריכוז המזהמים מדרום לאזור התעשייה היא תוצאה של כניסת מים "נקיים" יותר מדרום בעקבות השינוי במשטר הזרימה המקומי מאז שנת 2002. בקידוחים אשדוד 37 שמדרום לאזור התעשייה ואשדוד 31 שנמצא בחלקו המערבי של אזור התעשייה, נתגלו גם כן מזהמים דומים לאלו שנתגלו בקידוח אשדוד ים 2 עיריה ו 24, אם כי בריכוזים נמוכים יותר. פרט לריכוז ה Chromium בקידוח 31, שערכיו דומים לזה של אשדוד ים 2 עיריה.

מתוך ששת הקידוחים שנקדחו במהלך עבודת הדוקטורט של ליאור אסף בשנת 2004 שני קידוחים 2 ו 3 נקדחו בחלקו הדרומי של אזור התעשייה אשדוד. בקידוח 2 (קידוח העמל 31 אשדוד) נתגלו ריכוזים גבוהים של כרום (287 מק"ג"ל) ועופרת (82 מק"ג"ל) ובקידוח 3 נתגלה ריכוז גבוה של מנגן (1,180 מק"ג"ל). כמו כן, בקידוחים אלה נתגלו ריכוזים גבוהים של: phenol, 1,1-dichloroethane, 1,1-dichloroethene, 1,1-trichloroethane, bisphenol-A, 2,3,6-tribromophenol, וריכוזים של עשרות מק"ג"ל של bisphenol-A.



טבלה 1ב': תוצאות אנליזות של תכולת חומרים אורגניים נדיפים בקידוחים בסביבת אזור התעשייה (מקור: מסד נתוני רשות המים)

שם פרמטר	שם קידוח	תאריך מדידה	ריכוז (בקב)	אחוז מתקן מי שתייה (30 בקב)	
DICHLOROETHYLENE 1,1	מק אשדוד 24	29/02/2000	0	0	
		29/02/2000	<1	3.33	
		01/01/2004	1.4	4.67	
		29/03/2006	0	0	
		21/10/2007	5.2	17.33	
	פ אשדוד ים 2 עיריה	06/02/2008	6.5	21.67	
		31/10/2004	0.2	0.67	
	מק אשדוד 37	מק אשדוד 31	08/01/2001	0	0
			08/01/2001	<1	3.33
			22/01/2007	0	0
TETRACHLORO ETHYLENE (PCE)	מק אשדוד 24	29/02/2000	1.4	3.5	
		29/02/2000	1.4	3.5	
		01/01/2004	0.8	2	
		29/03/2006	0.2	0.5	
		21/10/2007	1.6	4	
	פ אשדוד ים 2 עיריה	06/02/2008	1.8	4.5	
		31/10/2004	0.2	0.5	
	מק אשדוד 37	מק אשדוד 31	08/01/2001	0.4	1
			08/01/2001	0.43	1.08
			22/01/2007	0.4	1
29/02/2000			11.7	23.4	
TRICHLORO ETHYLENE (TCE)	מק אשדוד 24	29/02/2000	11.7	23.4	
		29/02/2000	11.7	23.4	
		01/01/2004	9.8	19.6	
		29/03/2006	7.1	14.2	
		21/10/2007	15.4	30.8	
	פ אשדוד ים 2 עיריה	06/02/2008	19.7	39.4	
		31/10/2004	0.2	0.4	
	מק אשדוד 37	מק אשדוד 31	08/01/2001	1	2
			08/01/2001	1	2
			22/01/2007	0.8	1.6
01/01/2004			16	16	
29/03/2006			1.5	1.5	
CHLOROFORM	מק אשדוד 24	06/02/2008	27.7	27.7	
		31/10/2004	1	1	
	פ אשדוד ים 2 עיריה	מק אשדוד 37	31/10/2004	1	1
			31/10/2004	1	1
			22/01/2007	0	0



4. מערך קידוחי הניטור

במסגרת העבודה הנוכחית נקדחו חמישה קידוחי ניטור באזור התעשייה אשדוד 1,2 (תרישים 10). מיקום ומבנה הקידוחים נקבע על בסיס מידע על מקורות הזיהום, החתך הגיאולוגי המקומי ומערכת הזרימה (על בסיס מפות מפלסים ומודל זרימה מקומי) (תרישים 11, 12, 13, 14 ו 15).

4.1. תיאור קידוחי הניטור

חמשת קידוחי הניטור שנקדחו (טבלה 2) מתחלקים לשתי קבוצות בעלי מטרות ניטור שונות:

1. קידוחי איתור מזהמים

קידוחים אלו נקדחו בקרבת האזורים החשודים כמזהמים. מטרתם היא לאתר את מקורות הזיהום. עומק הקידוחים כעשרה מ' מתחת למפלס מי התהום.

2. קידוחי התרעה

קידוחים אלו נקדחו בין המקומות החשודים כמזהמים ובין קידוחי הפקה. מטרתם להתריע מפני חזית זיהום המתקרבת אל הקידוח. מטרה זו מתאימה לעקרונות המנחים חישוב אזורי מגן (Protection Zones) בסביבת קידוחים להפקת מי שתייה וההנחה כי הבחנה מוקדמת של חומרים מזהמים המתקרבים אל הקידוח תאפשר איתור מקור מים חלופי ו/או התחלת פעולות מתקנות (Remedial Actions).

טבלה 2: קידוחי הניטור באזור התעשייה אשדוד 1 ו 2.

שם קידוח	מספר שירות הידרולוגי	רום נק' יחס ('מ')	עומק קידוח ('מ')	רום מפלס (06/2010) ('מ')	רום מסננים ('מ')	שיטת קדיחה
נ.ת אשדוד דרום 1	13511802	19.018	24	9.67	+12.02 עד +9.02 -8.02 עד +0.98	ספירלה חלולה
נ.ת אשדוד דרום 2א	13511803	19.225	51	-1.07	-30.78 עד -12.78	רוטרי עם בנטוניט
נ.ת אשדוד דרום 2ב	13511804	19.292	20	10.56	+8.29 עד +11.29 +1.29 עד +7.29	ספירלה חלולה
נ.ת אשדוד דרום 3	13511702	14.318	51	-0.96	-34.68 עד -18.68	רוטרי עם בנטוניט
נ.ת אשדוד דרום 4	13511703	13.579	15.5	9.84	+0.58 עד +10.58	ספירלה חלולה

קידוחים אשדוד 1, 2ב' ו 4.

מטרה: קידוח אשדוד 1 – איתור מזהמים במרכז אזור התעשייה, קידוח אשדוד 2ב' – איתור מזהמים בדרום אזור התעשייה, קידוח אשדוד 4 – איתור מזהמים בשוליו המערביים של אזור התעשייה.

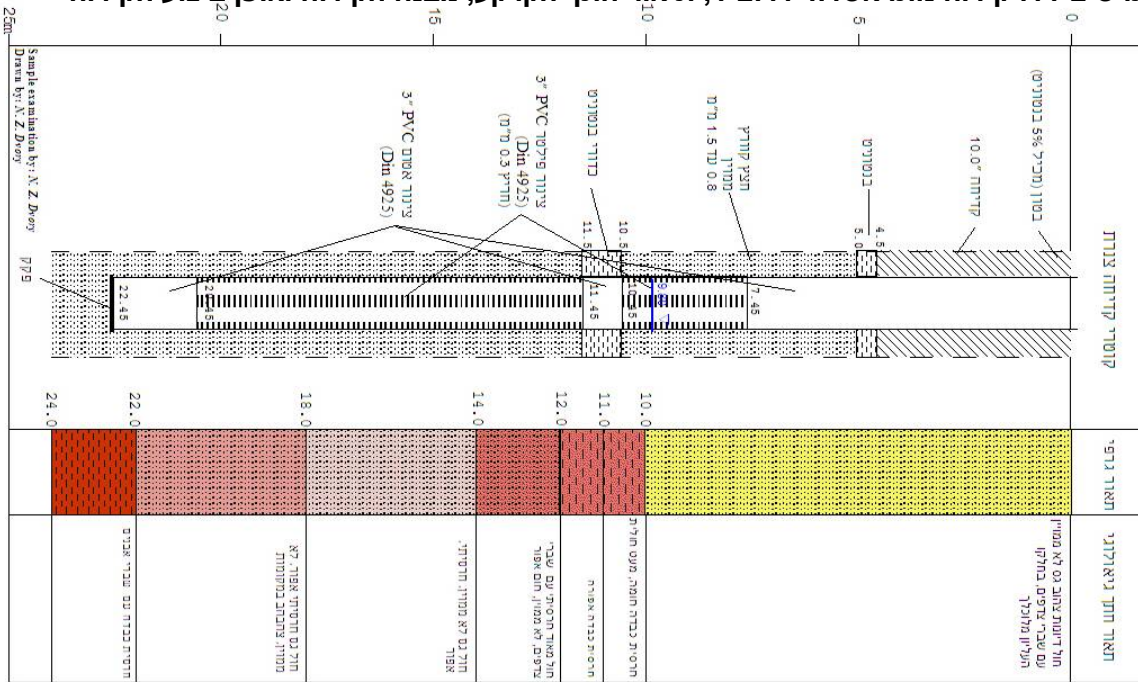
קידוחים אשדוד 2א' ו 3.

מטרה: התרעה על התקדמות מזהמים שמקורם במזרח ודרום אזור התעשייה לעבר קידוחי מי השתייה של מקורות והעיר אשדוד.



חנכי קידוחים

תרשים 11: קידוח נ.ת. אשדוד דרום 1, תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח



אתגר א. הנדסה בע"מ
רח' הרמון 27, ראש העין, תד. 4213
טל: 03-9021130, פקס: 03-7604410
Web: www.etgar-eng.com
Email: info@etgar-eng.com

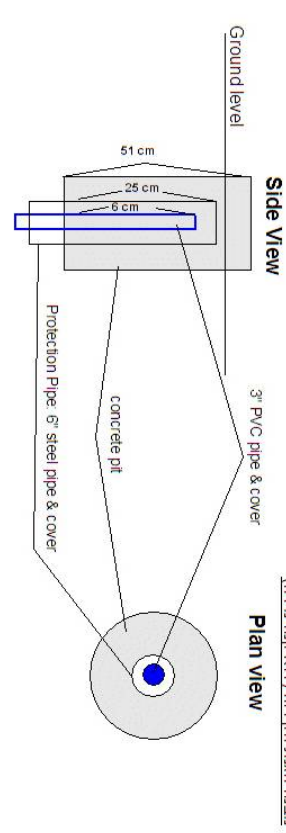


תכנית קידוח ניסוי טופי

שם הקידוח: 1 אשדוד דרום 1
מספר שירות הידרולוגי: 13511802
נ.צ.: 168468.381/635276.950
רום נקודת יחס (פי צינור): +19.02
רום קרקע: +19.47
עומק פני מים מפני קרקע: 24.0 מטר
עומק פני מים מנקודת יחס: 9.80 מטר (20-06-10)
9.35 מטר (20-06-10)
ספירלה חלולה (Hollow Stem Auger)

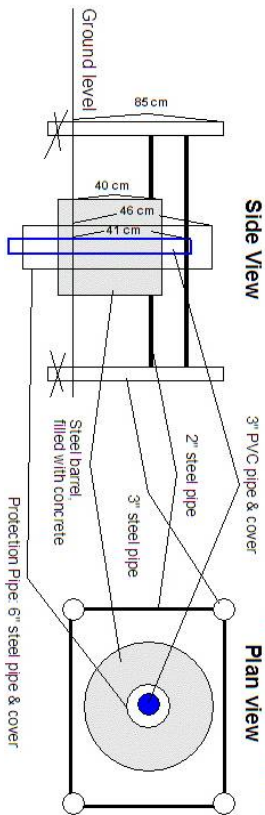
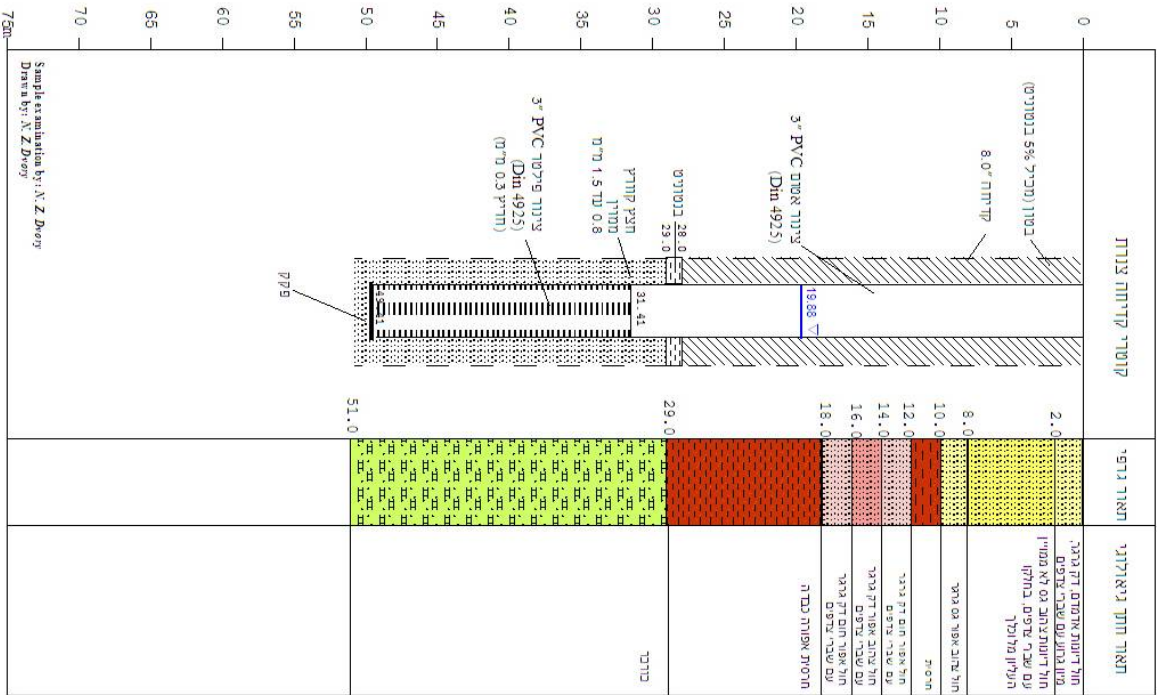
מילר בצבע מידום
התאמתו באחר באעה ב 03 ביולי 2009. עבודות הקידוח והקנת מבנה הקידוח התבצע ב 05 ל 06 יולי 2009. תחילת הקידוח התבצעה בעזרת ספירלה 4.5" עד לעומק של 24 מטר (הופעת מי תהום בעומק 10 מטר). המשך הקידוח נעשה בעזרת ספירלה חלולה ונל את החתכו ל 10" ויהיה לעומק של 24 מטר. למחר נכון באעה הקנת מבנה הקידוח. גומון מבנה הקידוח התבצע על ידי שומת בטון (40 טון) מוגבתה מפני היסות.

שאיבת פיתוח בקידוח התבצעה בתאריך 29.11.09 במשך שעה וחצי בספיקה של 2.14 מל"ש. תחת ה PH בסוף שאיבת הפיתוח היתה 7.01.





תרשים 12: קידוח נ.ת. אשדוד דרום א2, תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח



Side View

Plan View

מגורר מבנה הקידוח התבצע על ידי צינור פלדה מנון חבית מלאה בבטון וגודר פלדה.
שאבת פיתוח בקידוח התבצעה בזווית 23-25 לנטיבה
2009 במשך 17.5 שעות בספיקה של 2.25 מ"ל/ש.
תחת PH בסוף שאיבת הפיתוח הייתה 7.5.
מידע נוסף
כאשר מכיסיים אל הקידוח מכיוון הכביש,
הקידוח נ"ת אשדוד דרום א2 הוא הימני.
מבנה הגנת הקידוח (ללא קנה מידה)

המתאונת באיתר במבנה ב. 9 ביולי 2009. עבודת הקידוח והתקנת מבנה הקידוח התבצעה ב 16 ביולי 2009. תחילת הקידוח התבצעה בעומק של 4.5 עד לשטח של 20 מטר (הופעת מי תהום בעומק 9 מטר). המשך הקידוח נעשה בשרשרת ובזווית של 8.0 ויורדה לעומק של 51.0 מטר.
לאחר מכן החל תהליך דילול בנוטויט והתקנת המבנה. עם השלמת התקנת המבנה פסקה הבנוטויט בעזרת פוליסופסט חולל הקידוח נשטף.
מלבד הביצוע הקידוח

אתגר א. הנדסה בע"מ
רח' חרמון 27, ראש העין, ישראל, ת.ד. 4213
טל: 03-9021130, פקס: 03-7604410
Web: www.etgar-eng.com
Email: info@etgar-eng.com

איתר א. הנדסה בע"מ
רח' חרמון 27, ראש העין, ת.ד. 4213
טל: 03-9021130, פקס: 03-7604410
Web: www.etgar-eng.com
Email: info@etgar-eng.com

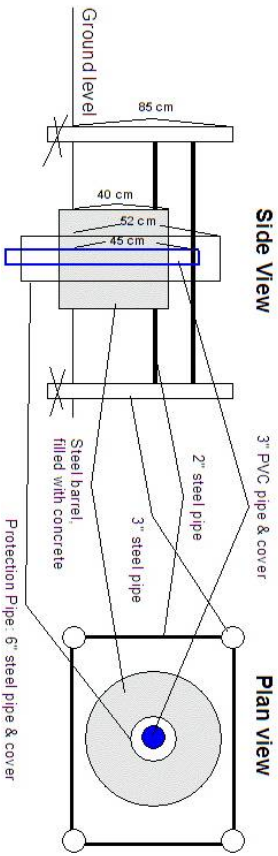
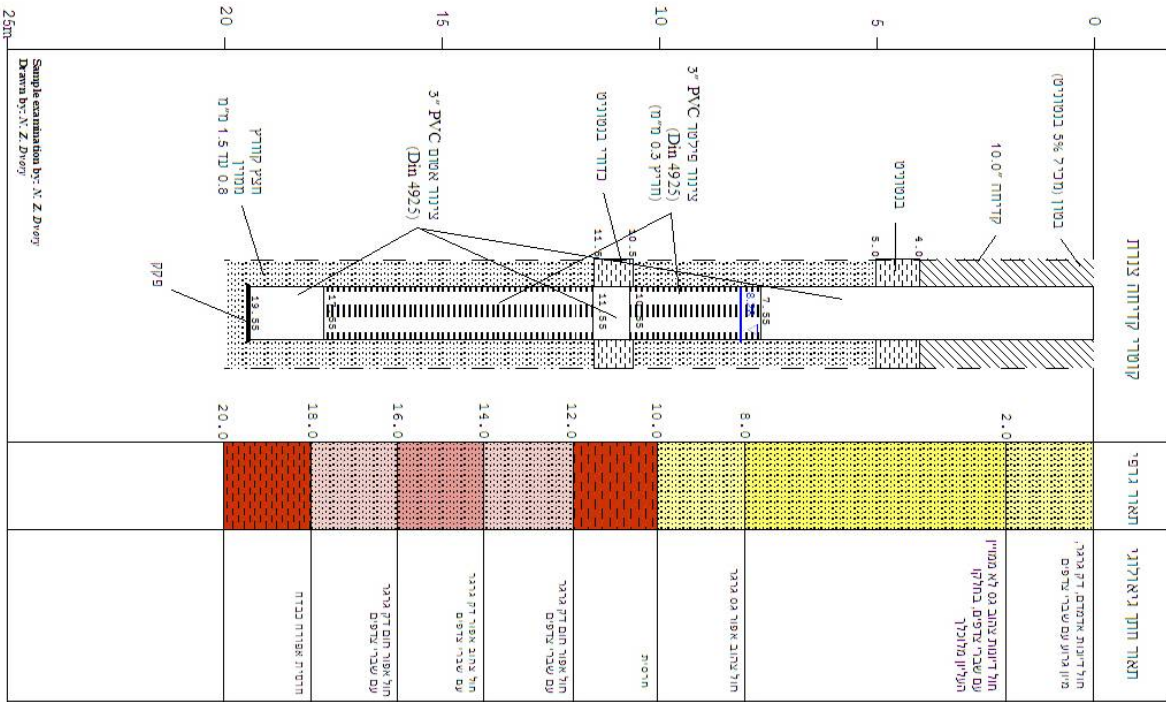
שם הקידוח: אשדוד דרום א2
מספר שירות הידולוגי: 13511803
נ.צ.: 168069.24/1635139.721
רום מקודרת יחס (פי צינור): +19.22
רום קרקע: +18.81
עומק פני מים מפני קרקע: 51.0 מטר
עומק פני מים מנקודת יחס: 20.29 מטר (20-06-10)
שיטת קידוח: רטורי עם בנוטויט

תכנית קידוח ניסוד סופי





תרשים 13: קידוח נ.ת. אשדוד דרום 2ב', תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח



תמונת האתר

מגבלה ביצוע המילום
התאמת באיור בוצעה ב 15 ביולי 2009. עבודות הקידוח והתקנת מבנה הקידוח התבצע ב 16 ביולי 2009. תחילת הקידוח התבצע בעזרת ספיליה 4.5" עד לעומק של 20 מטר (הופעת מי תהום בעומק 8 מטר). המשיך הקידוח נעשה בעזרת ספיליה חלולה ונלל את התבנית ל 10" וירדה לעומק של 20 מטר.

תמונת האתר

לאחר מכן בוצעה התקנת מבנה הקידוח.
גומור מבנה הקידוח התבצע על ידי צינור פלדה מגון.
חבית מלאה בבטון וגודר פלדה.
שאיבת פיתוח בקידוח התבצעה במאריך 29 11 09.
במשך שעה וחצי בספיקה של 2.54 מ"ל/ש.
רתת ה PH בסוף שאיבת הפיתוח הייתה 7.04.
מדע 500

אשר מכיסיס אל הקידוח מילון תכניש.
הקידוח נ.ת. אשדוד דרום 2ב' הוא חשמלני.
מבנה הגנת הקידוח (ללא קנה מידה)

אמיר א. הנדסה בע"מ
רח' חרמון 27, ראש העין, ת.ד. 4213
טל: 03-9021130, פקס: 03-7604410
Web: www.etgar-eng.com
Email: info@etgar-eng.com

אתגר א. הנדסה בע"מ
ETGAR A. ENGINEERING

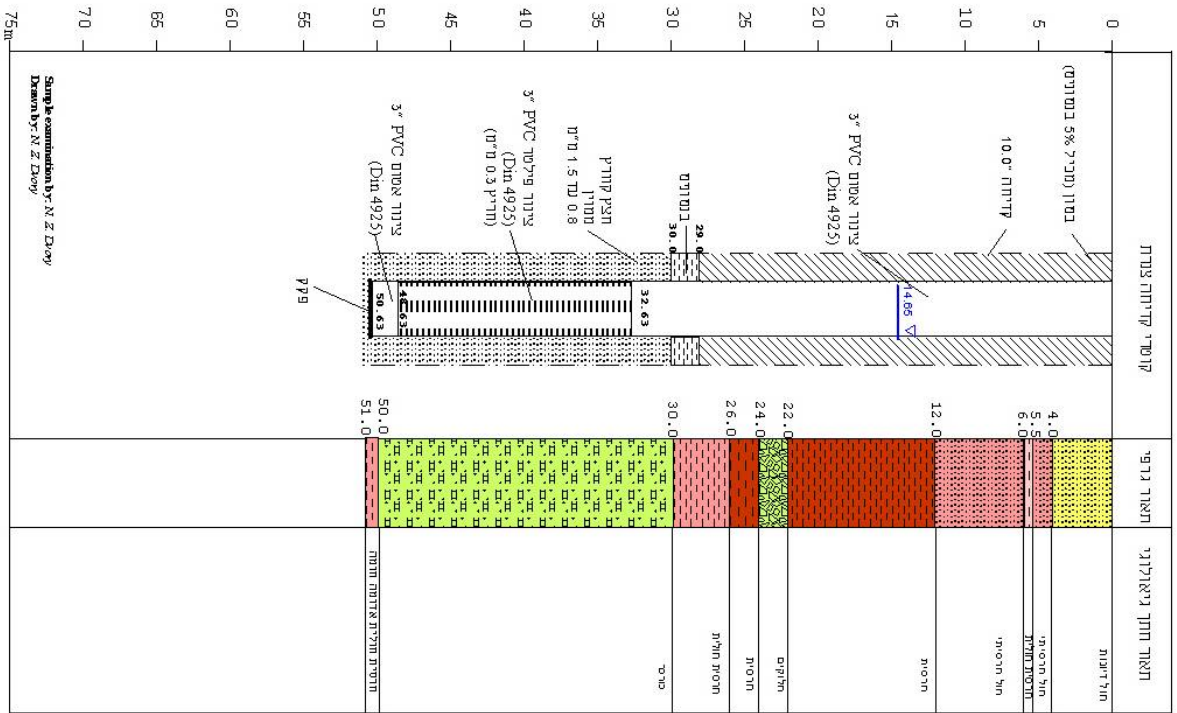
תכנית קידוח ניסוי

שם הקידוח:
מספר שירות הידרולוגי:
נ.א.:
רום תקודת יחס (פי צנור):
רום קרקעי:
עומק פי מים מפני קרקע:
עומק פי מים מנקודת יחס:
שיטת קדיחה:

נ.ת. אשדוד דרום 2ב
13511804
168070.978635138.877
+19.29
+18.84
20.0 מטר
8.28 מטר (06-06-10)
8.73 מטר (06-06-10)
ספיליה חלולה (Hollow Stem Auger)



תרשים 14: קידוח נ.ת. אשדוד דרום 3, תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח



אתגר א. הנדסה בע"מ
רח' חרמון 27, ראש העין, ת.ד. 4213
טל: 03-9021130, פקס: 03-7604410
Web: www.etgar-eng.com
Email: info@etgar-eng.com

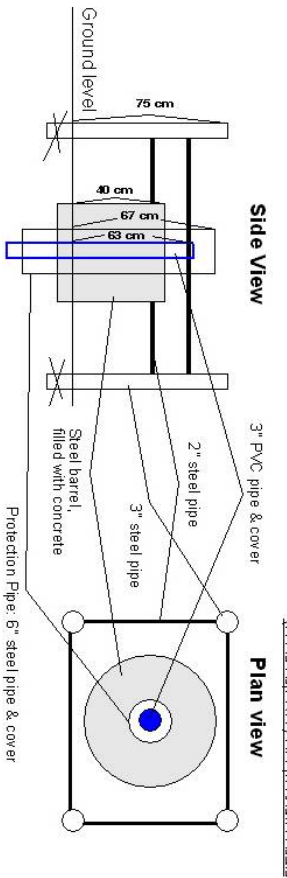


תוכנית קידוח ניטור טופי

שם הקידוח: אשדוד דרום 3
מספר שירות הידורולוגי: 13511702
נ.א.: 167764.742/635420.543
רום הקרקע: +14.32
עומק קידוח: +13.69 מטר
עומק פני מים מפני הקרקע: (22-06-09) מטר 14.65
עומק פני מים מנקודת יחס: (22-06-09) מטר 15.28
שיטת קידוח: רוטרי עם בנטוניט

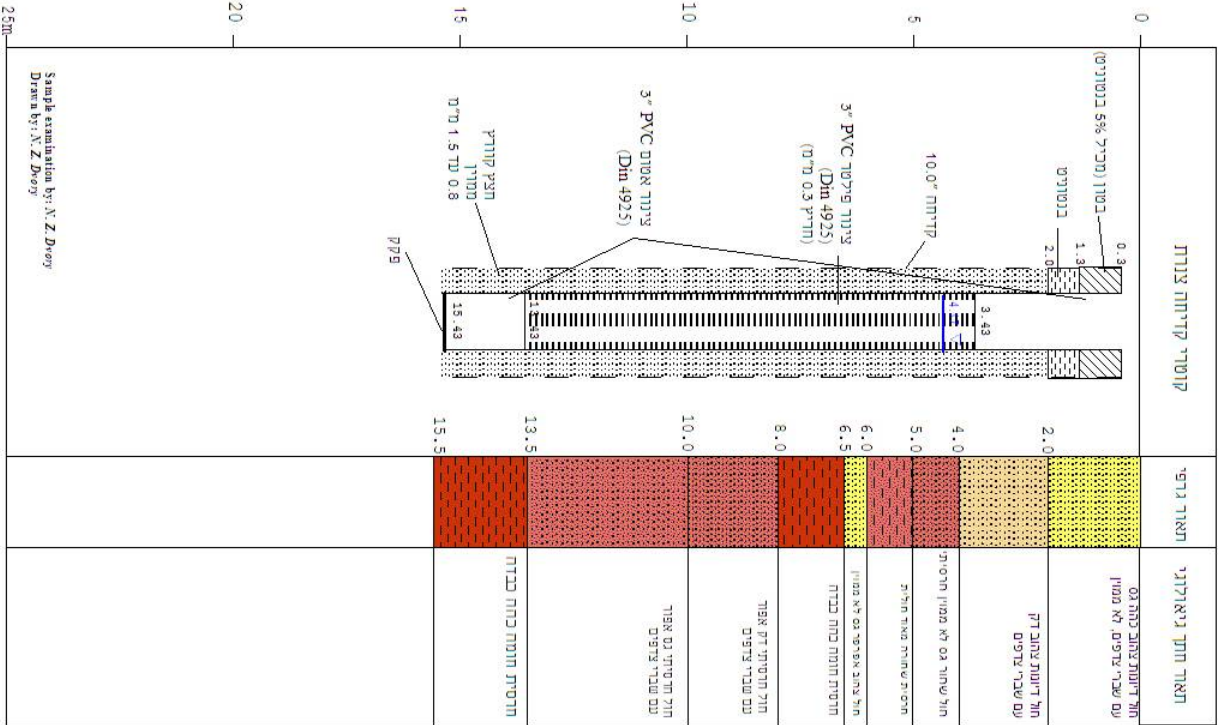


מטרה: ביצוע המדידה
התאמת צנרת אשדוד נגעה ב 6 ביולי 2009. עבודות הקידוח והתקנת מנגנון הקידוח התבצעו. עור ה-9 ביולי 2009. תחילת הקידוח התבצעה בעזרת ספירלה " 4.5" עור לעומק של 16 מטר (הופעת מי תהום בעומק 5.5 מטר). המטר הקידוח נעשה בעזרת בוי וכלל את החתבת ל" 8.0" וידידה לעומק של 51.0 מטר. לאחר מכן החל תהליך דילול בנטוניט והתקנת המעטה עם השלימת התקנת המעטה פורק הבנטוניט בעזרת תמונת האותם.





תרשים 15: קידוח נ.ת. אשדוד דרום 4, תיאור חתך הקרקע, מבנה הקידוח ואופן ביצוע הקידוח



אתגר א. הנדסה בע"מ
רח' הרמון 27, ראש העין, תד 4213
טל: 03-9021130, פקס: 03-7604410
Web: www.etgar-eng.com
Email: info@etgar-eng.com

אתגר א. הנדסה בע"מ
ETGAR A. ENGINEERING

תוכנית קידוח ניסוח טופי

ג.ת. אשדוד דרום 4
13511703
167947.485/635639.283
+13.58
+14.01
15.5 מטר
4.17 מטר (20-06-09)
3.74 מטר (20-06-10)
ספירלה חלולה (Hollow Stem Auger)

שם הקידוח:
מספר שירות הידולוגי:
ג.צ.:
רום קוודר יחס (פי צנור):
רום קרקע:
עומק קידוח:
עומק פני מים מנקודת יחס:
שיטת קידוח:

מתלב ביצוע המבצע

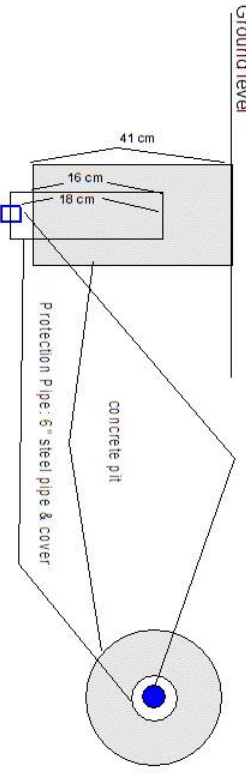
התאמת באיור באבעה ב 2 ביולי 2009. עבודות הקידוח והתקנת מבנה הקידוח התבצעו עד ה-3 ביולי 2009. חלית הקידוח התבצעה בעזרת ספירלה 4.5" עד לעומק של 15 מטר (הופעת מי תהום בעומק 5.0 מטר (מפלס שעון). המשך הקידוח נעשה בעזרת ספירלה חלולה ונולל את החתכים ל 10" וירדה לעומק של 15.5 מטר.

לאחר מכן בוצעו התקנת מבנה הקידוח. גימור מבנה הקידוח התבצע על ידי שיוט בטון שאיבת פיתוח בקידוח התבצעה במאריך 29.11.09 במשך 2.5 שעות בספיקה של 2.26 מל"ש. רמת ה PH בסוף שאיבת הפיתוח הייתה 7.14.



Side View

3" PVC pipe & cover



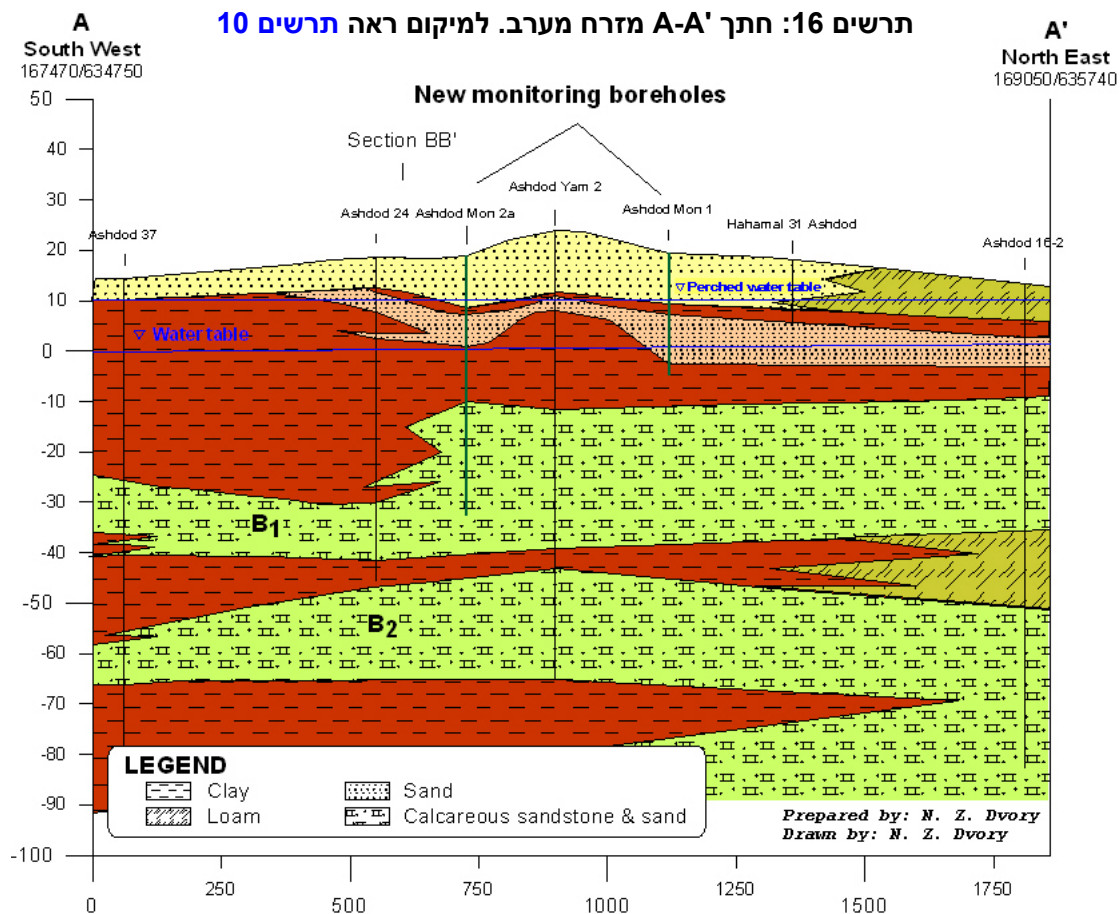
Plan View

מבנה המבצע הקידוח לללא קונו מידות



4.2. עדכון המידע הגיאולוגי באזור לאור ממצאי הקידוחים

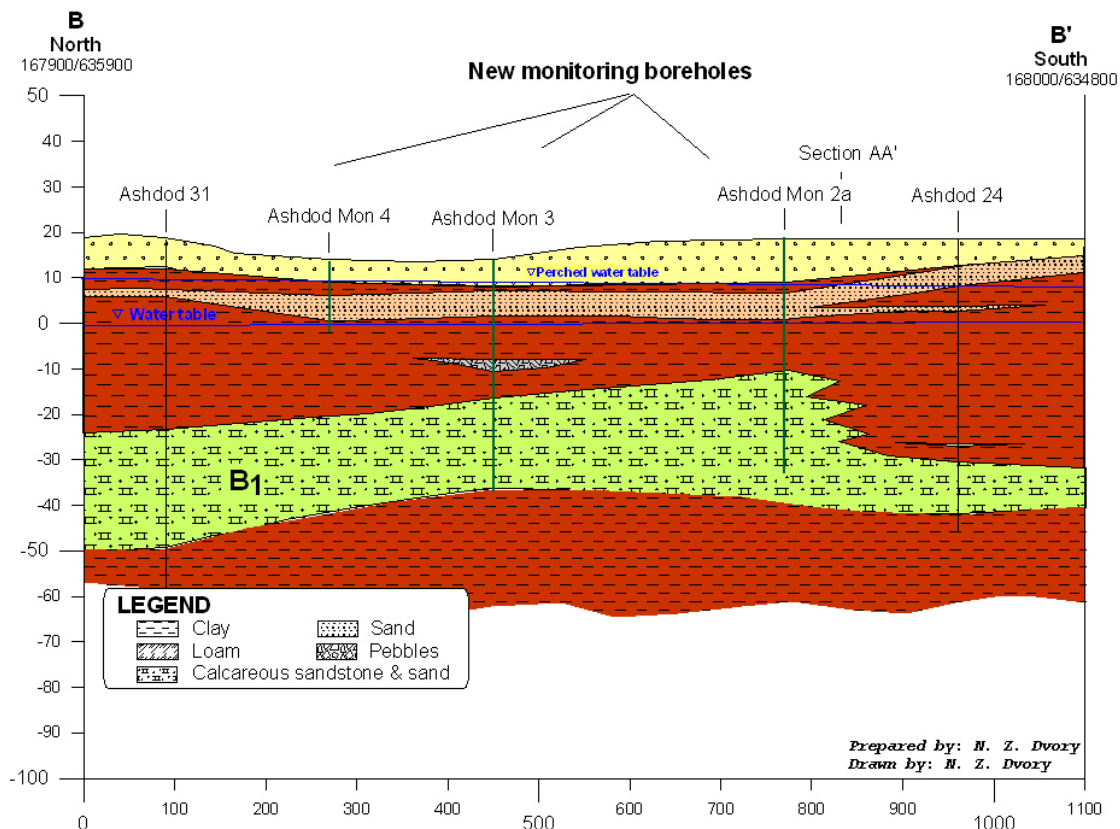
מבנה תת הקרקע בחלקו הדרומי של אזור התעשייה היה ידוע מקידוחים (פ אשדוד ים 2 עירייה, מק אשדוד 24 ומק אשדוד 37). קידוחים יו אשדוד ים 16/2 ומק אשדוד 31 תחמו את דרום האזור המיועד לניטור מצפון. ע"פ המידע שהתקבל מקידוחים אשדוד 24, מק אשדוד 31 ומק אשדוד 37 ולפיו נבנו חתכים גיאולוגיים אזוריים נראה כי באזור קיימת שכבה עבה של חרסית (מעל 30 מ') ומתחתיה תת אקויפר B1. יחידת חרסית זו נקשרת לאזור הפשט של נחל לכיש וזרימתו באפיק מערבי יותר. קידוח פ אשדוד ים 2 עירייה מצביע על קיומו של רכס כורכר מקומי גם בזמן שקיעת יחידת החרסית ומכאן רום בסיסה הגבוה יחסית. בקידוח יו אשדוד ים 16/2 נראית הצטמצמות של שכבת החרסית. ביצוע הקידוחים בעבודה הנוכחית אפשר הבחנה גבוהה יותר בשינויים ליתולוגיים מקומיים בתת הקרקע. כפי שהוזכר לעיל קידוח פ אשדוד ים 2 עירייה נקדח באזור מוגבה טופוגרפית ומנתוני הקידוחים החדשים נ.ת. אשדוד דרום 1 ו 2 א' נראה כי המבנה המוגבה נשמר גם בעומק יחידת החרסית הכולאת את תת אקויפר B1 היוותה בעבר חסם הידרולוגי בפני השטח כאשר ממזרח וממערב אליה שקעו יחידות חול. מערבה מאזור רכס הכורכר מתעבה יחידת חרסית זו יחידות החול אינן מופיעות בקידוח אשדוד 37 (תרשים 16).





נתוני הקידוחים נ.ת. אשדוד דרום 3 ו 4 מוסיפים מידע נוסף על המבנה המקומי. קידוחים אלו נקדחו בין קידוחים אשדוד 24 ואשדוד 31 בהם, כאמור, עובי שכבת החרסית הכולאת את תת אקויפר B1 עולה על 30 מ'. דבר זה אינו נראה בקידוחים החדשים ומסתבר כי באזור זה מתעבה השכבה החולית שמעל ליחידת החרסית והמכילה חול לעיתים חרסיתי ולרוב אפור (להלן שכבת החול האפור) (תרשים 17). בשכבה זו קיים אקויפר שעון כפי שיפורט בהמשך. קרוב לגבולו הצפוני של אזור התעשייה ובסמוך לערוץ נחל לכיש נקדח קידוח יו אשדוד ים 16/1. רום גג החרסית הכולאת את תת אקויפר B1 במקום הוא כ +4.5 מ' וסביר כי היא נמשכת ברצף בכל אזור התעשייה ובכך מהווה את בסיס האקויפר השעון.

תרשים 17: חתך B-B' צפון דרום. למיקום ראה תרשים 10





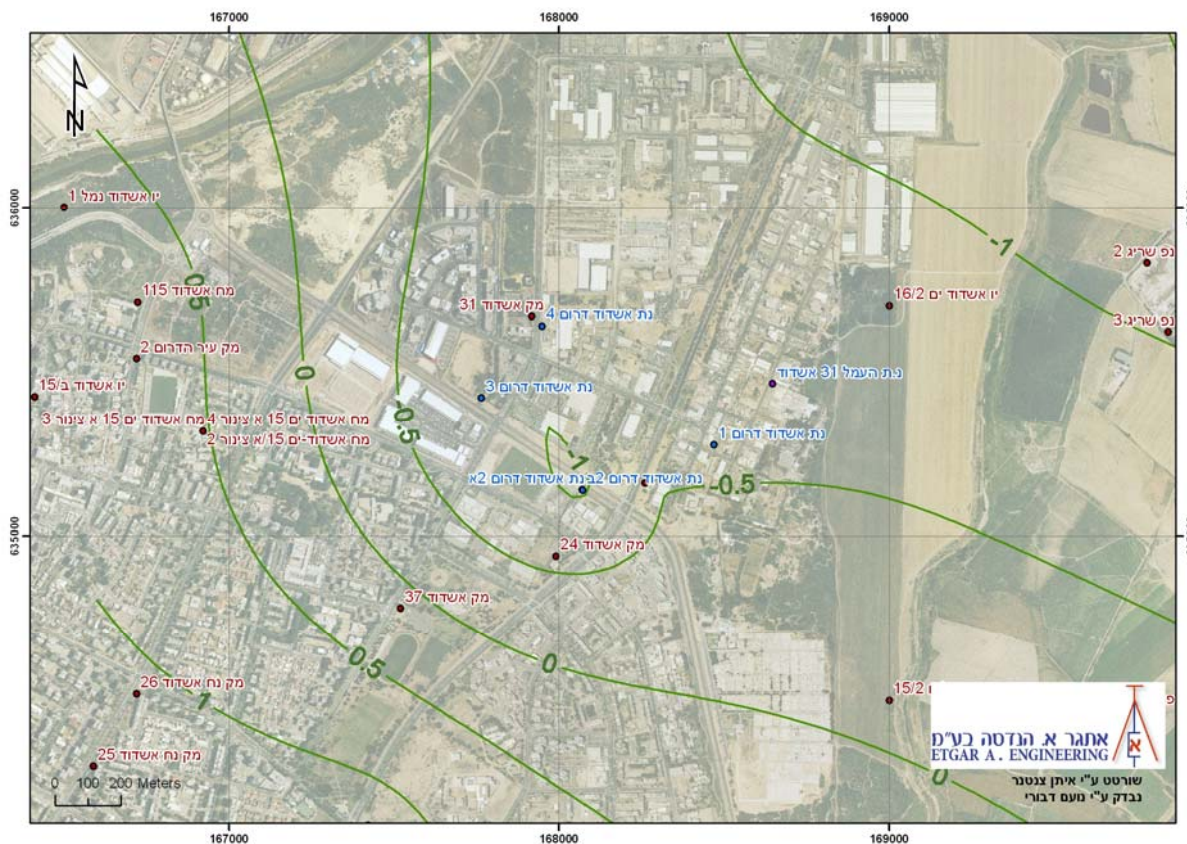
4.3. ניתוח מערכות הזרימה באזור לאור ממצאי הקידוחים

מערכות הזרימה באזור מורכבות ממערכת הזרימה האזורית הכוללת את תת אקויפרים B ו C ומערכת זרימה מקומית הכוללת אקויפר שעון.

תת אקויפר B

מפת מפלסים עדכנית של תת אקויפר B המסתמכת על נתוני קידוחי הפרוייקט ונתוני רשות המים בקידוחים סמוכים מראה כי מגמת הזרימה האזורית גם היא לכיוון צפון מזרח (תרשים 18). מערך זרימה זה דומה לזה אשר הוצג על ידי השירות ההידרולוגי במפות סתיו 2003 ו 2006 ובו כיוון הזרימה מוטה כלפי צפון מזרח ע"י קידוחי השפד"ן (תרשימים 5 ו 6). בנוסף לכך, ניתן להבחין כי קיים שקע מקומי בחלקו הדרומי של אזור התעשייה אשר נוצר עקב השאיבה מוגברת בקידוחים אשדוד 31, 24 ואשדוד ים 2 ערייה.

תרשים 18: מפת המפלסים המקומית בתת אקויפר B



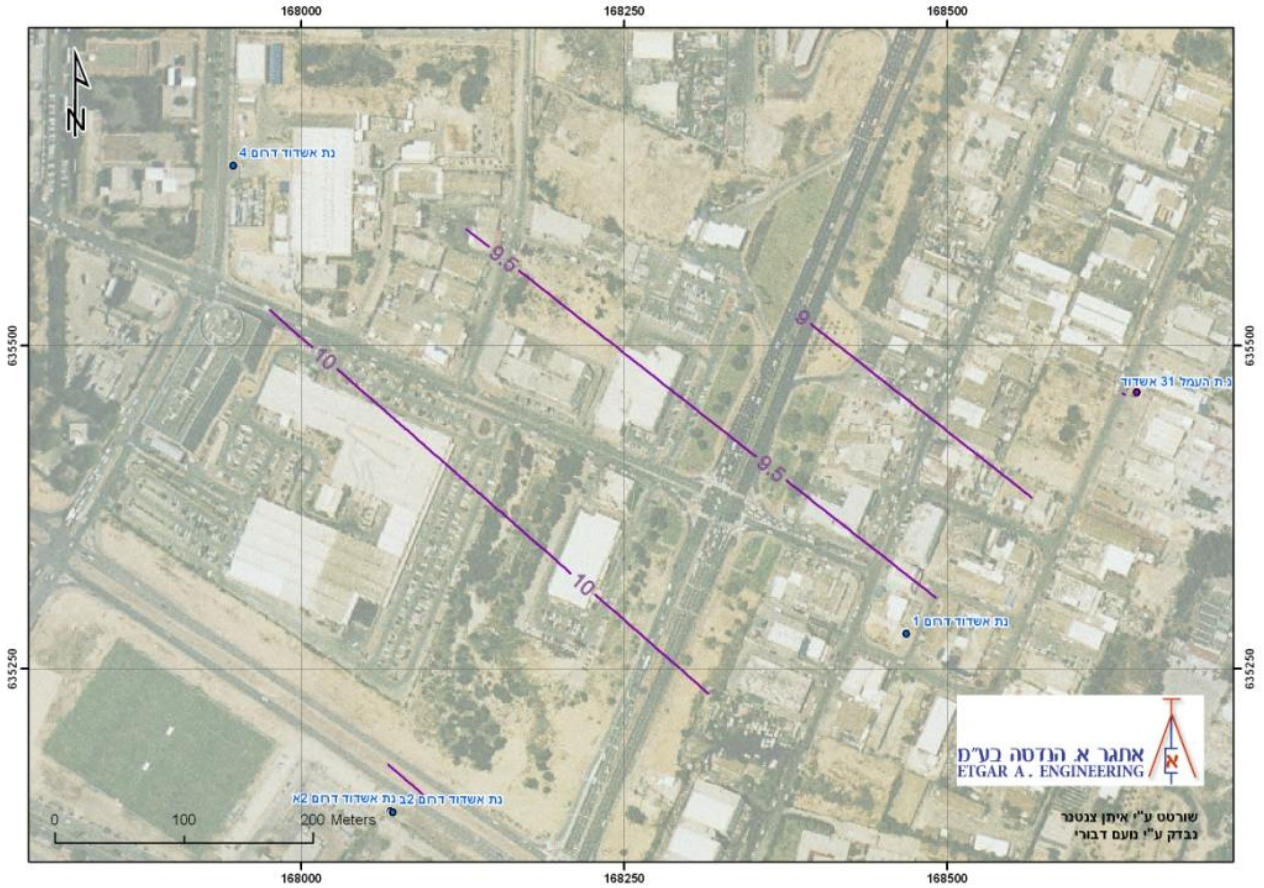


האקויפר השעון

מפלס מי האקויפר השעון נמדד על ידי נתיב וחובריו (2006) והוזכר עלי אביטל וחובריו (2008) בתור אופק רווי דק השעון על גבי קומפלקס עבה של טיטים וחרסיות. עם זאת, במהלך קדיחת קידוחי הפרוייקט נמצא כי החתך הרווי של אקויפר זה נמשך גם מתחת לחרסית העליונה וכולל רצף המכיל חול אפור. חיזוק ההבחנה כי גם שכבת החול האפור הינה חלק מהאקויפר השעון נתקבל מיציבות מערכת הזרימה והמפלסים בקידוחים הרדודים (אשדוד דרום 1, 2 ב ו 4) במהלך שאיבת הפיתוח ושייכות הדיגום. מפת המפלסים באקויפר השעון מתקבלת מקידוחי הפרוייקט ומקידוח נ.ת. העמל 31 אשדוד (תרשים 19). מהמפה ניתן לראות כי כיוון הזרימה הינו כלפי צפון מזרח בדומה למערכת הזרימה האזורית אולם יש לזכור כי מדובר בנתונים מקומיים בלבד ועל מנת להבין את מערך הזרימה באקויפר זה יש לנסות ולהבין את הסיבה להיווצרותו ומקום כניסות ויציאות המים איליו. ברור כי באזור אורבני זה ערכי המילוי החוזר אינם מספיקים לייצור חתך רווי בעובי של כעשרה מטרים ולפיכך חייב להיות מקור מים נוסף שהינו ככל הנראה נחל לכיש. כאמור, נחל לכיש נמשך לאורך גבולו המזרחי של אזור התעשייה וזורם במהלך החורף. רום קרקעית הנחל נעה מ +20 מ' מדרום לאזור התעשייה ל +10 מ' בחלקו הצפון מזרחי בו הוא משנה את כיוונו למערב. באופן זה, גבולו המזרחי של אזור התעשייה הינו למעשה, לפחות בתקופת החורף, גבול של עומד קבוע. בתרשים 15 נראה כי שכבת החול האפור נעלמת בכיוון מערב והחתך הופך לרצף של יחידות חרסית וכך, למעשה, גבולו המזרחי של האקויפר השעון הינו אטום. בקידוחים יו ניר גלים 15/2 ויו אשדוד ים 2 המצויים מדרום לאזור התעשייה התווך הלא רווי מורכב מחרסית וחול סילטי בהתאמה ולכן גם הגבול הדרומי הינו אטום. גבולו הצפוני של האקויפר השעון עובר לאורך נחל לכיש וכפי שצוין לעיל ועל בסיס נתוני קידוח יו אשדוד ים 16/1 נראה כי רום גג החרסית המהווה את בסיס האקויפר הנדון הוא כ +4.5 מ' וסביר כי מוצא האקויפר השעון הינו חזרה לנחל לכיש.



תרשים 19: מערכת הזרימה האזורית באקוויפר השעון





5. תוצאות האנליזות וניתוחם

אופן ביצוע דיגום המים בקידוחים אשר נקדחו בעבודה הנוכחית התבצע בשיטת ספיקה נמוכה (Low Flow). במהלך הדיגום בוצעו מדידות שדה (טבלה 3). כמו כן, במהלך קדיחת הקידוחים אשדוד דרום 1 ו 4 נלקחו דוגמאות קרקע מעומקים שונים. במסגרת הפרויקט נלקחו דוגמאות לאנליזה על ידי נטל מקידוח העמל 31 אשדוד.

טבלה 3: ערכי הפרמטרים שנמדדו בשדה

שם קידוח	תאריך	עומק מים ('מ')	עומק דיגום ('מ')	pH	מוליכות חשמלית (mS/cm)	עכירות (NTU)	חמצן מומס (mg/l)	טמפרטורה (C°)	מליחות (%)	פוטנציאל חמצון חיזור (mV)
נת. אשדוד דרום 1	09/03/2010	9.25	10	7	1.23	2	1.67	37.3	0.05	333
נת. אשדוד דרום 1	20/06/2010	9.35	10	6.7	0.954	4	2.44	37.6	0.04	262
נת. אשדוד דרום 1	21/10/2010	9.55	10	6.81	1.12	2	1.58	31.8	0.05	309
נת. אשדוד דרום 2 א'	10/06/2010	19.48	32.5	11	1.02	30	0.38	34.6	0.04	-4
נת. אשדוד דרום 2 א'	20/06/2010	20.29	32.5	10	0.844	5	0.92	35.5	0.03	-41
נת. אשדוד דרום 2 ב'	15/03/2010	8.56	9	7.1	1.11	3	0.63	35.9	0.05	282
נת. אשדוד דרום 2 ב'	16/06/2010	8.73	9.25	6.9	1.27	1	3.12	34.3	0.05	249
נת. אשדוד דרום 3	09/06/2010	15.67	35	7.6	0.685	7	0.48	35.5	0.02	93
נת. אשדוד דרום 3	22/06/2010	15.28	35	7.8	0.638	4	1.21	32.4	0.02	45
נת. אשדוד דרום 4	10/03/2010	4.53	5.5	7.1	1.04	6	0.25	35	0.04	100
נת. אשדוד דרום 4	20/06/2010	3.74	5.5	6.6	1.23	6	0.24	33.5	0.05	71

ניתוח המערכת הגיאוכימית באזור העבודה נעשה בעזרת נתונים אשר נאספו בפרויקט הנוכחי ובעזרת נתונים שהתקבלו מקידוחים קיימים מרשות המים. יש לציין שהנתונים שהתקבלו מרשות המים כללו מידע מקידוחי הפקה והשוואת הנתונים בין קידוחים אלו לבין קידוחי הניטור שהוקמו במסגרת הפרויקט הנוכחי אינה אידיאלית מאחר וקיים שוני מהותי באופן דיגום המים ובתהליכים המתרחשים בחתך האקויפרי הסמוך לקידוח ובמבנה הקידוח.

כפי שצוין בפרק אשר דן במערכות הזרימה באזור נראה כי שינויים במשטר ההפקה באקויפר הביאו לזרימה של מזהמים אל כל קידוחי ההפקה הסמוכים. בנוסף כיון הזרימה כיום, לעבר אתר ההחדרה של השפד"ן, אינו טבעי ובו מים נמשכים לאזור גם מכיוון דרום מערב. כל אלו מקשים על הבחנה במקור המים לאזור התעשייה ובערכי רקע. עם זאת, ניתן להבחין בארבע קבוצות קידוחים הסמוכים לאזור העבודה ומשתלבים במערכת הזרימה המקומית:

- קידוחי מקורות (מק אשדוד 24 ו 37, מק נח אשדוד 25 ו 26) המצויים מדרום מערב לאזור התעשייה (כיום במעלה זרימת מי התהום) ושואבים מתת אקויפר B1.
- קידוח מק אשדוד 31 הממוקם בתוך אזור התעשייה ושואב מתת אקויפר B1 ו B2.



- קידוחי הפרויקט שנקדחו בחלקו הדרומי של אזור התעשייה לתת אקויפר B1 (נ.ת.) אשדוד דרום 2'א', 3).
- קידוחי הפרויקט שנקדחו לאקויפר השעון והמצויים בחלקו הדרומי של אזור התעשייה (נ.ת.) אשדוד דרום 1, 2'ב', 4).
- קידוח העמל 31 (ליאור אספ 2) שנקדח לאקויפר השעון בחלקו הדרומי של אזור התעשייה. מצפון וממזרח לאזור התעשייה קיימים קידוחי ניטור נוספים אולם אלו מייצגים מקורות זיהום שאינם קשורים למנגנון הזרימה המקומי ולפיכך הנתונים לא יבחנו בעבודה זאת.

בחינה של נתוני תכולת הכלורידים בקידוחי השאיבה המצויים מדרום מערב לאזור התעשייה מראה ערכים דומים של בין 57 ל 99 מג"ל. בקידוח מק אשדוד 31 נמדדו ערכים גבוהים יותר שככל הנראה מייצגים מים אשר נמשכו מתת אקויפר B2. נתוני קידוחי הפרויקט שנקדחו לתת אקויפר B1 מצויים בטווח ערכי קידוחי השאיבה הדרומיים (טבלה 4). נתוני קידוחי הפרויקט שנקדחו אל האקויפר השעון מתחלקים לשניים: נתוני קידוחים נ.ת. אשדוד דרום 1, 2'ב' ונתוני קידוח נ.ת. אשדוד דרום 4. כאשר תכולת הכלורידים בקבוצה הראשונה גבוהה יותר. הבחנה נוספת בין קבוצות אלו תופיע גם בהמשך.

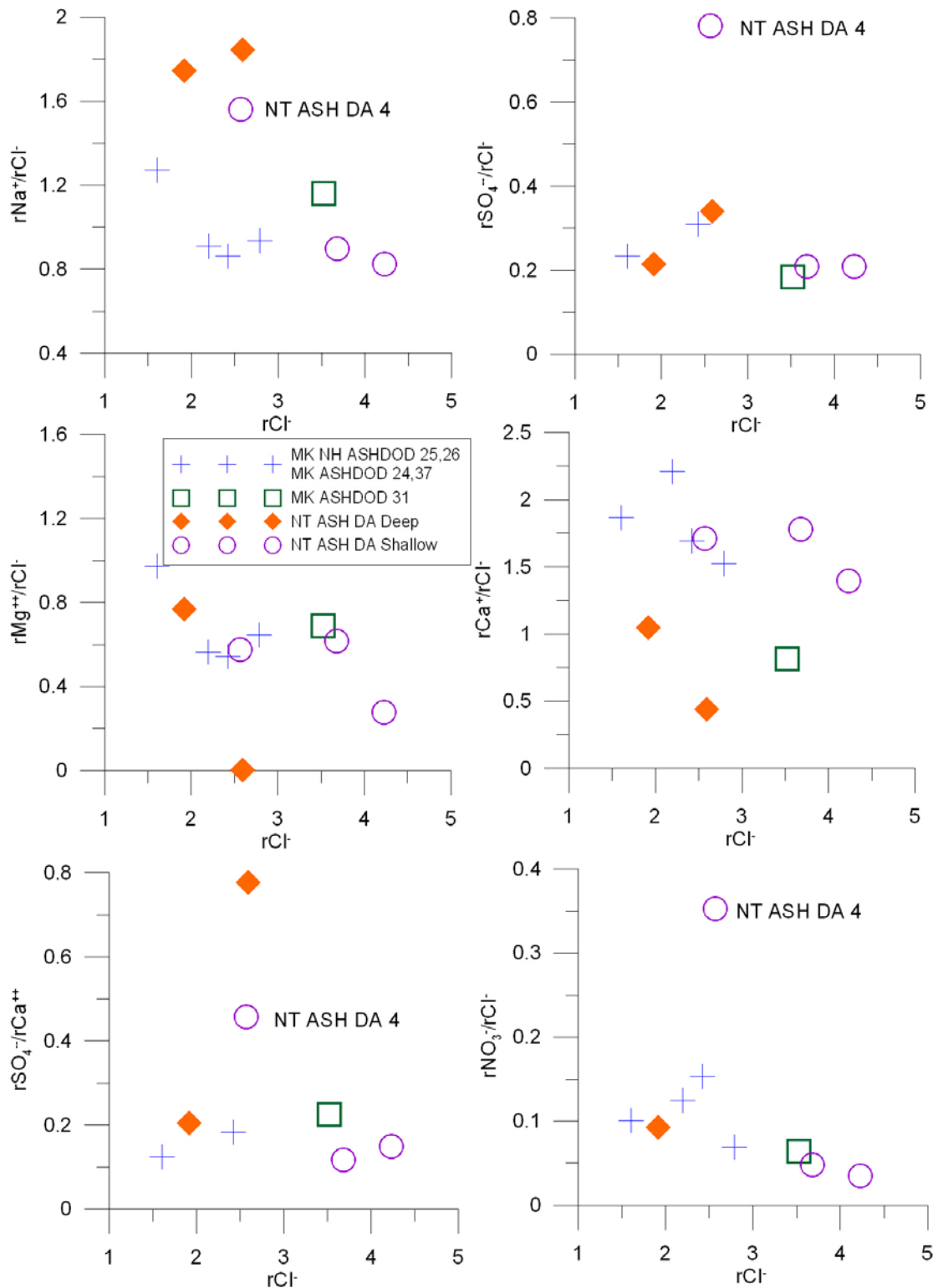
עקומות המרכזות נתוני יחסי יונים מרוכזות בתרשים 20.

בכל קידוחי העבודה הנוכחית נמדדו ערכים נמוכים של חמצן מומס (1.17 מג"ל בממוצע) ובקידוח נת אשדוד דרום 2'א' אף נמדדו תנאים מחזרים, תנאים אלה של צריכת חמצן ביולוגית ולאו כימית מאפיינים מוקדי זיהום רבים בהם נמצאו תרכובות אורגניות שונות. את קידוחי הסקר ניתן לחלק לשתי קבוצות, קידוחי הסקר הרדודים, נת אשדוד דרום 1 ו 2'ב', המתאפיינים בריכוז גבוה יחסית של חמצן מומס ופוטנציאל חמצן-חיזור גבוה לעומת קידוחי הסקר העמוקים, נת אשדוד דרום 2'א' ו 3, המתאפיינים בערכים נמוכים. יוצא מכלל זה הוא הקידוח הרדוד נת אשדוד דרום 4 אשר מראה ערכים דומים לקידוחים העמוקים, התנאים דלי החמצן בקידוח זה מצביעים על קרבה אפשרית למקור זיהום בתרכובות אורגניות או בתרכובות כימיות צורכות חמצן.

יחס Na/Cl בקידוחי הפרויקט נ.ת. אשדוד דרום 2'א' ו 3 שנקדחו לתת אקויפר B1 ובקידוח נ.ת. אשדוד דרום 4 שנקדח לאקויפר השעון הינו גבוה במעל מחמישים אחוז מהיחס המתקבל מהמסת הליט. הגורמים ליחס זה יכולים להיות תהליכי חילופי יונים (ככל הנראה עם קלציום ומגנזיום כפי שיתואר בהמשך) או תשומות של נתן בזיהום שחדר לאקויפר, יחס פחות גבוה נמדד בקידוח מק אשדוד 31 ובקידוח מק אשדוד 24.



תרשים 20: יחסי יונים במי קידוחים אשר נקדחו בעבודה הנוכחית ובקידוחי הפקה באזור התעשייה וסביבתו.





טבלה 4: ערכי ריכוזי יונים ראשיים במי קידוחי הניטור

ריכוז (mg/l)										שם קידוח	
NO ₃	HCO ₃	SO ₄	Br	Cl	Sr	Ca	Mg	K	Na		תאריך
-	322.7	36.8	0.5	130.6	130.6	130.80	27.53	6.65	75.8	09/03/10	נת. אשדוד דרום 1
-	-	67.6	-	128.0	-	104.6	21.7	4.9	63.9	20/06/10	נת. אשדוד דרום 1
-	-	42.3	-	92.0	-	22.7	0.036	3.8	110.0	10/06/10	נת. אשדוד דרום 2 א'
-	-	45.7	-	75.0	-	21.6	< 0.1	2.9	97.5	20/06/10	נת. אשדוד דרום 2 א'
9.1	351.9	42.3	0.7	150.1	-	118.09	14.27	5.15	80.2	15/03/10	נת. אשדוד דרום 2 ב'
7.0	-	52.1	-	174.0	16.41	128.7	15.0	5.4	95.4	16/06/10	נת. אשדוד דרום 2 ב'
11.0	-	19.7	-	68.0	-	40.1	17.9	4.0	76.8	09/06/10	נת. אשדוד דרום 3
1.0	-	21.3	-	59.0	-	29.7	14.2	3.2	76.2	22/06/10	נת. אשדוד דרום 3
56.2	243.2	96.3	0.5	91.1	-	87.81	17.94	6.70	92.2	10/03/10	נת. אשדוד דרום 4
-	-	51.3	-	164.0	-	101.3	20.2	7.3	104.6	20/06/10	נת. אשדוד דרום 4
188.4	-	7.3	-	420.0	-	443.2	< 0.1	16.8	63.5	09/06/10	קידוח העמל 31 אשדוד

ערכי מנגן החורגים מהתקן המותר למי שתייה בקידוח נת. אשדוד דרום 1 ומהתקן הרצוי למי שתייה נמדדו בקידוח נת. אשדוד דרום 4 (טבלה 5). גם בקידוחים נת. אשדוד דרום 2 ב' ונת. אשדוד דרום 3 נמדדו ערכים החורגים מנתוני הרקע באקויפר (ע"פ מדידות בקידוחים מק אשדוד 24, מק אשדוד 37, מק אשדוד 31 ויו אשדוד ים 16/2 בשנים 2000 עד 2008 שבהן תכולת המנגן הייתה: 0, 7, 8 ו 5 מיקרוגרם לליטר בהתאמה). ערכי ארסן החורגים מערכי הרקע באקויפר נמדדו בקידוחים נת. אשדוד דרום 3 ונת. אשדוד דרום 4 (ע"פ מדידות בקידוחים מק אשדוד 24, מק אשדוד 37, מק אשדוד 31 ויו אשדוד ים 16/2 בשנים 2000 עד 2007 שבהן תכולת הארסן הייתה בין 0 ל 1 מיקרוגרם לליטר). יש לציין כי בקידוח פ אשדוד ים 2 עיריה נמדד ריכוז ארסן 12.5 מיקרוגרם לליטר בשנת 2003 ומאוחר יותר, בבדיקה נוספת, בשנת 2007 לא נמצא המזהם במי הקידוח (טבלה 1 א'). ייתכן שעקב שינוי כיוון הזרימה באקויפר.

במערכת זרימת מי תהום טבעית המוצקים היציבים של מתכות כגון ברזל (III) ומנגן (IV) הם תחמוצות ותחמוצות הידרוקסידיות. מינרלים אלו יציבים במצב חימצון טבעי ובערכי הגבה של 6 עד 8.5, במצב זה ריכוז מתכות מומסות אלו במים נמוך מ 100 ppb (Deutsch, 1997). באזור מקור זיהום בו קיימת צריכה של חמצן מומס יורד פוטנציאל החמצון-חיזור, חימצון חומר אורגני גורם להיווצרות של פחמן דו חמצני וכתוצאה מכך לירידה ברמת ההגבה וזו גורמת להמסה של תחמוצות המנגן והברזל (תרשים 21). המסת תחמוצות המנגן והברזל תשחרר למי האקוויפר את המתכות שהיו ספוחות אליהן (כגון ארסן, עופרת ונחושת). השינוי ב pH עשוי לגרום להפרת האיזון הקיים בין פוטנציאל שחלוף הקטיונים (CEC) שבתווך המוצק שבאקויפר למי האקויפר ובכך לגרום לריאקציות שחלוף יונים. במורד הזרימה, ככול שעולה המרחק ממקור הזיהום התנאים חוזרים לערכים נורמליים לאקויפר וריכוזי המתכות יורדים בהתאם. בשל משטר הזרימה הבלתי יציב, פיזור עננת הזיהום ודרגות החמצון של הצורונים השונים במי התהום, המצב באקויפר מורכב יותר מזה המוצג באיור 21, מורכבות זו באה לידי ביטוי בתמונה הגיאוכימית הכוללת ובקושי לעקוב אחר תהליכים במרחב.



בחינה של נתוני פוטנציאל החימצון חיזור וההגבה שנמדדו במסגרת העבודה הנוכחית מראה כי יחסים של ערכים אלו מרמזים על שקיעה של מנגן (II) קרבונטי (תרשים 22) ובאופן דומה, למעט בבדיקה אחת בקידוח אשדוד דרומי 4, על שקיעה של ברזל (III) הידרוקסידי (תרשים 23). שקיעה זו מתאימה לתהליכים המתרחשים בשולי פלומת הזיהום ובהם ערכי ההגבה ופוטנציאל חימצון חיזור עולים.

טבלה 5: ערכי ריכוזי מתכות במי קידוחי הניטור

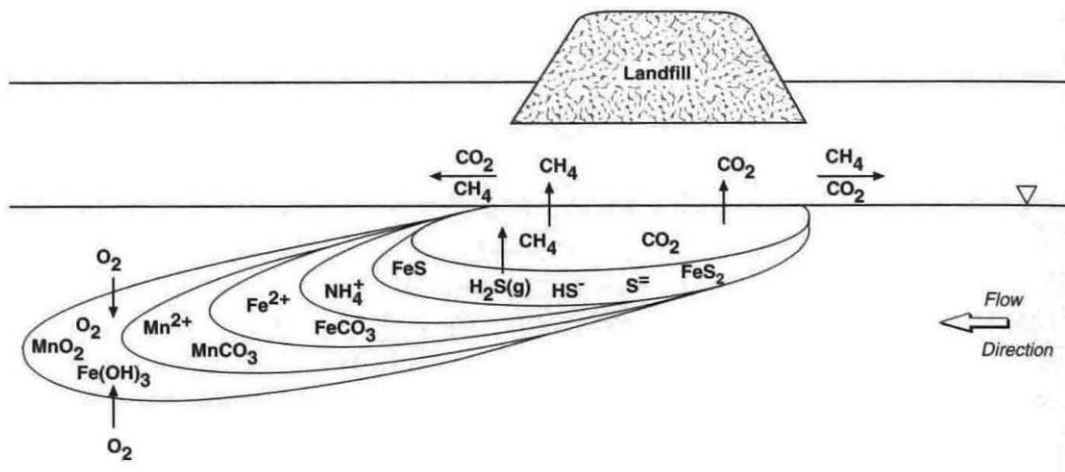
ריכוז (µg/l)									תאריך	שם קידוח
Cu	Cr	Co	Cd	Ba	Be	B	AL	As		
1.478	2.27	1.674	-	260.9	-	163.2	-	< 1	09/03/10	נת. אשדוד דרום 1
< 1	2.16	0.443	ND	193.03	ND	152.92	-	< 1	20/06/10	נת. אשדוד דרום 1
ND	1.073	0.65	ND	80.33	ND	129.78	1266.25	2.02	10/06/10	נת. אשדוד דרום 2 א'
< 1	< 1	0.431	ND	79.1	ND	167.53	1406.27	1.53	20/06/10	נת. אשדוד דרום 2 א'
< 1	3.32	2.51	-	170.8	-	90.81	-	1.21	15/03/10	נת. אשדוד דרום 2 ב'
ND	5.038	0.54	ND	193.1	ND	93.66	-	1.73	16/06/10	נת. אשדוד דרום 2 ב'
ND	< 1	0.82	ND	90.43	ND	144.93	-	9.57	09/06/10	נת. אשדוד דרום 3
ND	< 1	0.13	ND	107.21	ND	185.31	-	14.38	22/06/10	נת. אשדוד דרום 3
ND	1.20	< 1	-	166.4	-	99.04	-	15.63	10/03/10	נת. אשדוד דרום 4
ND	1.15	0.347	ND	193.88	ND	115.40	-	21.77	20/06/10	נת. אשדוד דרום 4
19.27	96.81	7.76	ND	1763	ND	8.62	407	2.55	09/06/10	העמל 31 אשדוד

המשך:

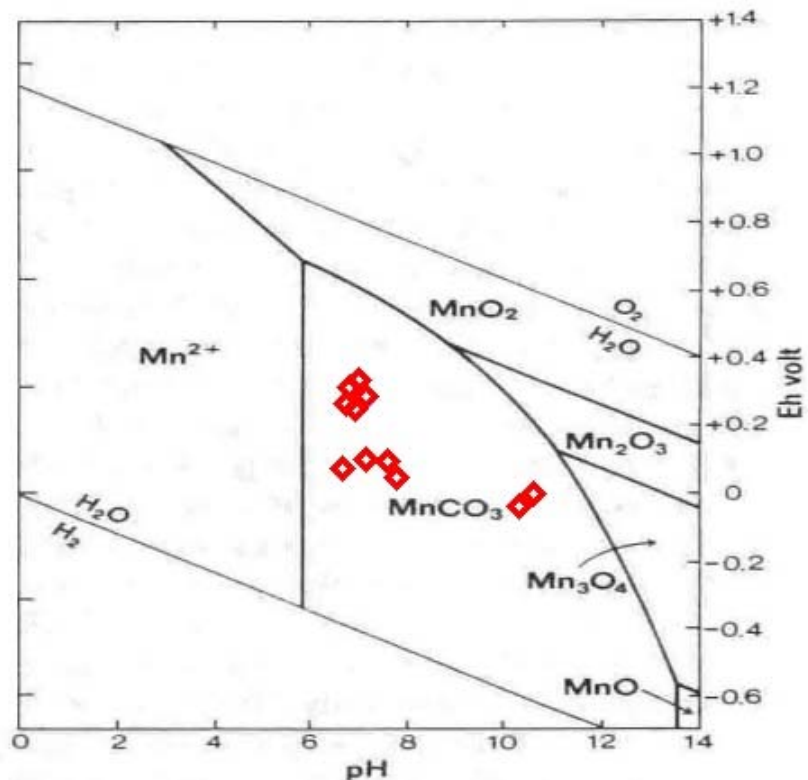
ריכוז (µg/l)									תאריך	שם קידוח
U	Sr	Se	Sb	Pb	Ni	Mn	Li	Ga		
1.433	857	8.00	< 0.1	0.351	6.75	759	-	-	09/03/10	נת. אשדוד דרום 1
0.99	-	2.93	ND	-	3.22	810.46	-	ND	20/06/10	נת. אשדוד דרום 1
ND	-	1.02	ND	< 0.1	38.17	ND	16.57	5.99	10/06/10	נת. אשדוד דרום 2 א'
ND	-	1.55	0.340	-	26.96	ND	-	5.91	20/06/10	נת. אשדוד דרום 2 א'
0.55	642	< 1	< 1	ND	8.26	27.99	-	-	15/03/10	נת. אשדוד דרום 2 ב'
0.69	-	1.06	ND	0.66	2.28	6.59	3.02	ND	16/06/10	נת. אשדוד דרום 2 ב'
0.18	-	ND	< 0.3	ND	2.10	30.80	12.04	ND	09/06/10	נת. אשדוד דרום 3
0.13	-	1.09	0.182	-	1.56	28.40	-	ND	22/06/10	נת. אשדוד דרום 3
0.106	625	1.55	ND	ND	6.39	279	-	-	10/03/10	נת. אשדוד דרום 4
0.10	-	1.01	ND	-	2.86	297.29	-	ND	20/06/10	נת. אשדוד דרום 4
ND	2133	ND	0.59	13.10	29.97	ND	116.15	3.27	09/06/10	העמל 31 אשדוד



תרשים 21: תיאור סכמטי של מבנה פלומת הזיהום בהתאם להשתנות פוטנציאל חימצון-חיזור (מתוך Deutsch, 1997)

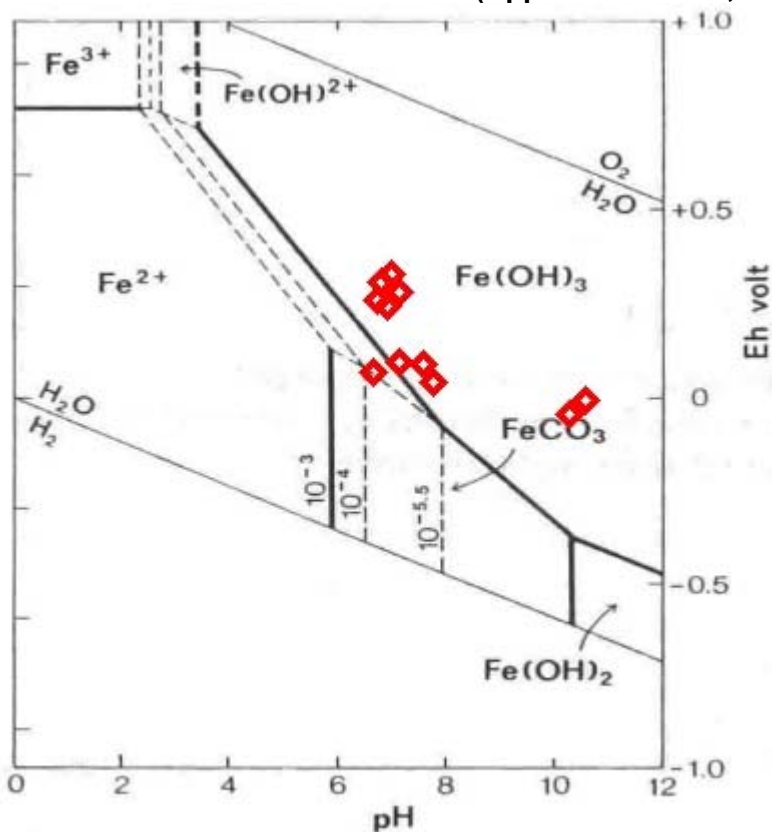


תרשים 22: דיאגרמת יציבות מיני מגן לאור פוטנציאל חימצון-חיזור (Redox) ביחס לערכי הגבה (Appelo & Postma, 1994)





תרשים 23: דיאגרמת יציבות מיני ברזל לאור פוטנציאל חימצון-חיזור (Redox) ביחס לערכי הגבה (Appelo & Postma, 1994).



התהליכים המתוארים לעיל יכולים גם להשפיע על צורוני החנקן והגופרית במים. בתנאי פוטנציאל חימצון חיזור יציבים צורן החנקן הנפוץ במצב חימצון הוא ניטרט. לאחר צריכת החמצן במקור הזיהום הניטרט מחוזר עד לאמוניה. באופן דומה הסולפט מחוזר לסולפיד ומכאן להיווצרות מתכות סולפידיות. תהליך זה בא לידי ביטוי, בדרך כלל, בירידה ביחסי rCl^-/rNO_3^- , אך בחינה של יחס זה בקידוחי הסקר אינה מצביעה על מגמה כזו ובקידוח נת. אשדוד דרום 4 נמדדו ריכוזי NO_3^- גבוהים, נראה כי קיים מקור לחנקות באזור זה.

בנוסף לריכוז הניטרט הגבוה הקידוח נת אשדוד דרום 4 נמצא חריג גם בריכוז סולפאט גבוה, במיעוט חמצן ופוטנציאל החמצון-חיזור הנמוך יחסית לקידוחי הסקר הרדודים האחרים ולמידדות הרקע, ביחס rNa^+/rCl^- , בריכוז הארסן והמנגן הגבוהים. חריגות אלה מצביעות על קרבתו של הקידוח למקור הזיהום. בשל קרבתו של הקידוח למפעל בעל פוטנציאל זיהום גבוה (טבע מדיקל), יש לבחון את האפשרות שמקור הזיהום במפעל זה.

הקידוח נת אשדוד דרום 2א', אשר חודר לתת האקויפר B1, מתאפיין בערכי הגבה גבוהים, בתנאים מחזרים, בריכוז מגנזיום נמוך מסף הכימות (0.1 מג"ל), בריכוז אלומיניום גבוה (כ 1300 מקג"ל) ובריכוזים חריגים של גליום (כ 6 מקג"ל) וניקל (כ 30 מקג"ל). בתנאים מחזרים ובהינתן חומר אורגני יתרשח חיזור ניטרט וסולפאט, תגובות אלה צורכות פרוטונים ומעלות את ערך ההגבה. בתנאים טבעיים, אלומיניום יציב במינרלים אלומוסיליקטים ובצורת אלומיניום הידרוקסי אמורפי. בערכי הגבה



חריגים, יציבותם של צורונים אלה מתערערת וריכוז האלומיניום במים עולה. בחינה של קבועי המסיסות המופיעים בספרות מראה שבתנאי ה-pH הקיימים בקידוח תתרחש השקעת מגנזיום הידרוקסיד ($Mg(OH)_2$) עד ירידת ריכוז המגנזיום לערכי סף הכימות.

ריכוז המנגן החורג מהתקן המותר למי שתייה בקידוח נת אשדוד דרום 1 (כ 0.8 מג"ל) בתנאים מחמצנים (יחסית לקידוחי הסקר האחרים) מעלה את האפשרות כי מקור המנגן הינו בשולי פלומת זיהום מקומית למרות שבשלב זה לא ניתן לשלול את תרחיש בו מקור המנגן הוא מזיהום מפני השטח ולא בפאזה המוצקה של האקוויפר.

קידוח העמל 31 מתאפיין בערכים חריגים ביחס לקידוחי הסקר ומדידות הרקע כמעט בכל הפרמטרים שנמדדו, הן ביונים ראשיים והן ביסודות קורט. ריכוז מגנזיום נמוך מסף הכימות, ריכוזים גבוהים של כלוריד, ניטרט, סידן, אשלגן, ליתיום, אלומיניום, בריום, קובלט, כרום, נחושת, עופרת, גליום, ניקל וסטרציום וריכוזים נמוכים של בורון ומנגן. בסביבת הקידוח ישנם שני גורמים העשויים להשפיע על הרכב המים,

1. הקרבה למפעל בעל רמת פוטנציאל זיהום גבוה (רוז, ייצור ושיווק כימיקלים).

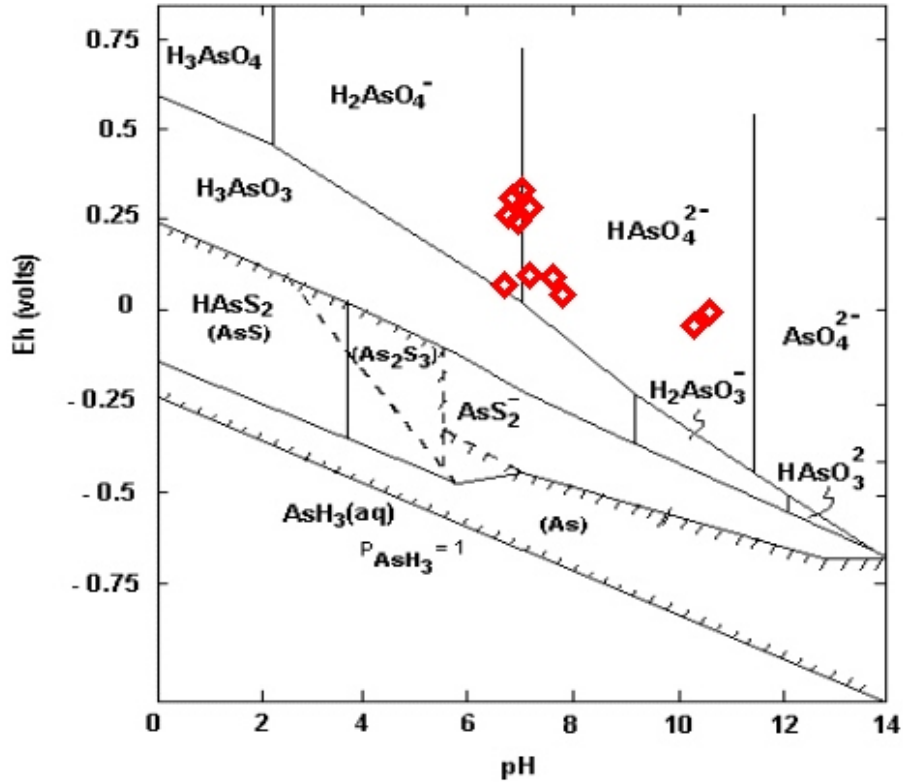
2. מבנה הקידוח אינו מבנה סטנדרטי של קידוח ניטור מזמהים וסביר כי לפחות חלק מהזיהום חדר לקידוח מפני השטח דרך מבנה צנרת הקידוח ומעטפתו. השוואה להרכב מי הנגר באזור (נתיב וחוב', 2006) מצביעים על האפשרות שהריכוזים הגבוהים של ניטרט, הכלוריד, אלומיניום, אשלגן, בריום וכרום יכולים להיות תוצאה של חדירת מים עלילים.

ערכי קטיונים גבוהים נובעים בשל חילופי יונים המונעים מערכים גבוהים של ברזל מנגן ואמוניה קרוב למקור הזיהום ועם התקדמות הזרימה ערכם יורד. בשל תהליכי החלפת היונים ריכוז התמיסה הכללי אינו משתנה. כאשר ערך ההגבה עולה במורד הזרימה עקב עיבוד של פחמן דו חמצני לתווך הלא רווי ומיהול עם גופי במים בעלי לחץ גז פחמן דו חמצני נמוכה יותר אזי תתכן שקיעה של מגנזיום קלציט (Deutsch, 1997). יחס rMg/rCl דומה ברוב הקידוחים שנבדקו פרט לקידוח נ.ת. אשדוד דרום 2' א' בו ערכי המגנזיום נמוכים באופן חריג. יחס rCa/rCl בקידוחי השאיבה הדרומיים ובקידוחי הפרוייקט שנקדחו לאקויפר דומים. יחס נמוך יותר נראה בקידוחי הפרוייקט שנקדחו לתת אקויפר B1 ובקידוח מק אשדוד 31. ייתכן כי ערך תכולת המגנזיום בקידוח נ.ת. אשדוד דרום 2' א' וערכי הקלציום בקידוחי הפרוייקט העמוקים ובקידוח מק אשדוד 31 הינם תוצר של התהליך שתואר לעיל.

הניידות של הארסן המצוי בד"כ בריכוז הנמוך מ 1 ppm מושפעת בעיקר מתהליכי ספיחה, אולם לערך ההגבה יש השפעה על הספיחה ובתנאים בסיסיים ארסן אינו נספח לחרסיות. בחינה של נתוני פוטנציאל החימצון חוזר וההגבה שנמדדו במסגרת העבודה הנוכחית מראה כי יחסים של ערכים אלו מרמזים על יציבות של יוני ארסנט הידרוגני וארסנט די הידרוגני (תרשים 24). מצב היציבות של יונים אלו מסביר את הערכים הגבוהים יחסית של תכולת הארסן בקידוחים.



תרשים 24: דיאגרמת יציבות מיני ארסן לאור פוטנציאל חימצון-חיזור (Redox) ביחס לערכי הגבה (Appelo & Postma, 1994).





6. סיכום, מסקנות והמלצות להמשך העבודה

אזור התעשייה אשדוד 1 ו 2 ממוקם מעל יחידות סילטיות וחרסיתיות היוצרות אקויפר שעון מקומי. תוצאות העבודה הנוכחית אשר כללו קדיחת חמישה קידוחי ניטור הצביעו על מערכת זרימה מקומית על גבי האקויפר השעון. המערכת מושפעת מכניסות מנחל לכיש בדרום מזרח ויציאות חזרה אליו בצפון. חשיבותם של מערכת הזרימה באקויפר השעון ושל שכבות הסילט והחרסית היא בתהליכים הכימיים המתרחשים בקרבתם ובהיותם גורם מעכב לזרימות (הכוללות זיהומים) מחוץ לאזור התעשייה. למרות זאת נראה כי חלק מהזיהומים הגיעו לתת אקויפר B האזורי (קידוחים: מק אשדוד 24, פ אשדוד ים 2 עיריה, מק אשדוד 37 ומק אשדוד 31). מערכת הזרימה האזורית מושפעת משינויים בהיקף ההפקה ונראה כי לשינויים אלו יש השפעה ברורה על תנועת מזהמים והגעתם או התרחקותם מקידוחי שאיבה.

תוצאות מדידות השדה והאנליזות בקידוחי הפרויקט מצביעות על קיומם של תהליכים גיאוכימיים בסביבת אזור התעשייה. בין תוצאות אלו ניתן להבחין בתכולת חמצן מומס נמוכה, העשרה בנתרן, ניטרט, סולפט, מנגן וארסן בחלק מהקידוחים. נתונים אלו מצביעים על סבירות גבוהה לזיהום באזור התעשייה ועל היווצרות תנאים מחזרים אשר מאפשרים שחרור מתכות לאקוויפר. באופן פרטני ניתן להבחין בהעשרה של נתרן, ניטרט וסולפט, מנגן, ארסן בקידוח נת אשדוד דרום 4. סביר כי ערכים אלו נובעים מפעילות מפעל סמוך לייצור תרופות ותוצאות אלו מעלות חשש רב עקב קרבת קידוח ניטור לקידוח ההפקה מק אשדוד 31.

קידוח העמל 31 מתאפיין בערכים חריגים ביחס לקידוחי הסקר ומדידות הרקע כמעט בכל הפרמטרים שנמדדו.

המידע אשר נאסף בעבודה מצביע על קיומם של מזהמים באזור התעשייה אולם במסגרתו הנוכחית ניתן רק להצביע על שלושה אתרים החשודים כמקורות זיהום ועל תוצאות של תהליכי המשנה המתרחשים בפלומת הזיהום. לפיכך, מומלץ לבצע סקר היסטורי מפורט בחלקו הדרומי של אזור התעשייה שיכלול בחינה מפורטת של מקורות הזיהום במפעלים השונים (במיוחד במפעלים טבע מדיקל, רוז, ייצור ושיווק כימיקלים). במקביל יש לקדוח מחדש את קידוח העמל 31, להתקין בו מבנה מתאים או לסותמו. קידוח זה מהווה צינור הזנה של מזהמים לאקויפר.

כהגנה על מקורות מי השתייה יש להגביר את מספר האנליזות המתבצעות בקידוחי השאיבה הסמוכים (אשדוד 24, פ אשדוד ים 2 עיריה, מק אשדוד 37 ומק אשדוד 31). במסגרת זו מומלץ לבצע לפחות ארבע אנליזות של יוניים ראשיים, סריקת מתכות וחומרים אורגניים נדיפים בשנה. ביצוע המשך דיגום בקידוחי הניטור החדשים הינו חשוב יותר מכיוון שהם מהווים מקור התרעה להתקדמות המזהמים. יש להבחין בין שני סוגי מערכות ניטור, דיגום ובקרה: הראשונה - סקר נרחב שיתבצע אחת לחמש שנים והשנייה - מעקב רצוף. במסגרת הסקר הנרחב מומלץ לבצע בטווח זמן קצר יחסית (עד שלושה חודשים) דיגום בכלל הקידוחים בעומקים שונים. מטרת הדיגום בעומקים שונים הינה לנסות ולהגדיר את השתרעות פלומה או פלומות הזיהום ויצירת בסיס נתונים מתאים לבניית



מוזל זרימה והסעה. מעקב רצוף מומלץ לבצע פעמיים בשנה בכלל הקידוחים בעומקים אשר נדגמו
במסגרת העבודה הנוכחית או בהתאם לתוצאות ומסקנות הסקר הנרחב.



7. ביבליוגרפיה:

- אביטל, א., ר. קובליו, ו. ס. עוז. 2008. הערכת פוטנציאל והיקף זיהום מי תהום מתעשייה באקוויפר החוף, שלב ג'. תל-אביב: תה"ל.
- התפתחות ניצול ומצב מקורות המים בישראל עד סתיו 2007. 2008. ירושלים: השירות ההידרולוגי, רשות המים, משרד התשתיות הלאומיות.
- ליבשיץ, י. 1999. השפעת הגורמים הטבעיים והמלאכותיים על ההרכב הכימי של מי התהום בנגב הצפון מערבי ודרום השפלה, באר שבע: אוניברסיטת בן גוריון.
- נתיב, ר., ד. שיין, ל. אסף. 2006. ניטור מי גשם, נגר ומי תהום בסביבה עירונית. האוניברסיטה העברית בירושלים.
- קובליו, ר., ו. ס. עוז. 2007. הערכת פוטנציאל והיקף זיהום מי תהום מתעשייה באקוויפר החוף, שלב ב'. תל-אביב: תה"ל.
- Freeze R. A. and Cherry. J.A., 1979. Groundwater. NJ, USA.
- Appelo C.A.L. and Postma D., 1994. Geochemistry, groundwater and pollution. Rotterdam, Netherlands.
- Deutsch, W.J. 1997. Groundwater Geochemistry. Florida, USA.