

תהליך אימות מודל הפן הביני כלל

1. הצגת מיקום הפן הביני בשנים מייצגות (1985, 1995, 2005 ו-2010) לפי אזורי הדיווח ותת-אקוויפרים.
2. השוואת מליחות שמקורה מי ים (Sea_Cl) מחושבת ומדודה בקידוחים מייצגים לפי אזורי דיווח.
3. ניתוח תנועת הפן הביני עבור שתי תקופות (1985-2005 ; 2005-2010).
4. ניתוח איכות ואמינות נתוני מליחות מקידוחי פן ביני.

מהלך אימות המודל לא נתן תשובות מספקות עקב הפערים והקושי בהשוואת הנתונים המדודים לתוצאות המודל הנובעים ממספר גורמים עיקריים:

- חוסר נתוני מדידות במרחב, בעומק ובזמן.
- שינויים גדולים בערך המליחות (הבדלים של אלפי מג"ל) הנמדד באותו הקידוח בהפרש זמנים קצר.

ההתקדמות או הנסיגה של הפן הביני היא תהליך איטי ובמהלך 25 שנות ההרצה של המודל התנועה המקסימלית של הפן הביני הייתה כקילומטר אחד. תוצאות ההרצה מצביעות על **התייצבות** של פן הביני, ובמקומות מסוימים אפילו נסיגתו בתקופה 2005-2010.

סיכום ומסקנות אימות מודל הפן הביני פורטו בסעיף 4.3 בדו"ח. המלצתנו היא שלצורך בדיקת תרחישים תפעוליים מומלץ להשתמש ב-MODFLOW "הקונבנציונלי" ולבחינת מצב הפן הביני להפעיל את SEAWAT.

בכבוד רב,



ד"ר סבטלנה לומלסקי

העתק: מר אלי אליאס, ד"ר דורית מטמון, מר נדב אמיר - תהל



- איור 3-3: פירוט איכות הכיול בתאי יוסוס באזור האוגר המזרחי
- איור 3-4: פירוט איכות הכיול בתאי יוסוס באזור המזרחי
- איור 3-5: תאי מאזן מים להרצת הכיול, על סמך אזורי המודלים הקודמים
- איור 3-6: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים השנתי לאזור כולו
- איור 3-7: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיול עבור אזור המודל כולו
- איור 3-8: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים באזור אשדוד – נירעם
- איור 3-9: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיול אזור אשדוד – נירעם
- איור 3-10: כניסות ממזרח באזור אשדוד – נירעם במודל
- איור 3-11: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים באזור יבנה - ראשל"צ
- איור 3-12: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיול אזור יבנה - ראשל"צ
- איור 3-13: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים באזור חולון בת-ים
- איור 3-14: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיול אזור חולון בת-ים - גוש דן
- איור 3-15: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים באזור בנימינה שרון
- איור 3-16: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיול אזור בנימינה שרון
- איור 4-1: מפות מליחות המייצגות את הפן הבייני בשכבה 1 (אקוויפריס A ו- B) בתחילת ההרצה ובסופה
- איור 4-2: מפות מליחות המייצגות את הפן הבייני בשכבה 3 (אקוויפריס C ו- D) בתחילת ההרצה ובסופה
- איור 4-3: אימות נתוני קידוחים מול תוצאות המודל – אזור חדרה
- איור 4-4: אימות נתוני קידוחים מול תוצאות המודל – גוש דן
- איור 4-4: אימות נתוני קידוחים מול תוצאות המודל – אזור אשקלון

רשימת טבלאות

- טבלה 2-1: ערכי מוליכות הידראולית עבור תאי יוסוס במודל א) ערכי K ההתחלתיים, ב) ערכי K המכוילים, ג) היחס בין ערך K המכויל לערך K ההתחלתי
- טבלה 2-2: ערכי מקדם הגשם, α , עבור תאי יוסוס במודל א) ערכי α ההתחלתיים, ב) ערכי α המכוילים, ג) היחס בין ערך α המכויל לערך α ההתחלתי
- טבלה 3-1: מאזן מים שנתי כולל לאזור העבודה כולו
- טבלה 3-2: מאזן מים שנתי לאשדוד - נירעם
- טבלה 3-3: מאזן מים שנתי ליבנה - ראשל"צ
- טבלה 3-4: מאזן מים שנתי לחולון בת-ים - גוש דן
- טבלה 3-5: מאזן מים שנתי לבנימינה - שרון

נספחים

- נספח 1 - מיפוי מרזבות באקוויפר החוף
- נספח 2 - השוואת מפלסים מחושבים ומדודים בקידוחים מייצגים לפי תאים הידרולוגיים
- נספח 3 - תנועת הפן הבייני והשוואת מליחות (Sea_Cl) מחושבת ומדודה בקידוחים מייצגים לפי אזורי דיווח



1. רקע כללי

1.1 רקע

אקוויפר החוף הינו אחד ממקורות המים העיקריים של ישראל. עקב ממדיו ותכונותיו ההידראוליות יכול האקוויפר לשמש כאוגר תפעולי רב שנתי וכווסת של מערכת אספקת המים הארצית. חשיבות אקוויפר החוף עולה אף יותר בתקופה זו שבה גדלות כמויות המים המותפלים והשבת הקולחים והשימוש בהם. עבודות רבות עוסקות בשנים האחרונות בשימור ושיקום האקוויפר, ובאפשרות השימוש בו לויסות האוגר.

רשות המים/השירות ההידרולוגי פנתה לחברת תהל בכדי ליצור מודל הידרולוגי אחד של זרימה והסעה עבור כל אקוויפר החוף ("המודל המאוחד"). מודל זה צריך להתבסס על 4 מודלים קיימים שכבר הוצבו וכיילו עבור אזורים שונים באקוויפר ולהשלים אזורים חסרים (תהל 2003 – אשדוד – נירעם, תהל 2004 – אשדוד – ראשלי"צ, תהל 2009 – שרון צפוני, ותהל וקבוצת LB – גוש דן, 2009). פתרון הזרימה של המודל המאוחד כולל הרצה וכיול של המודל לתקופת ההיסטורית של 1975-2010. לאחר הכיול, יאפשר המודל לשמש למתן חוות דעת והמלצות תפעול לאקוויפר על בסיס תוצאות הרצות תחזית.

1.2 מטרת העבודה

מטרת העבודה היא לעדכן ולאחד את המודלים שפותחו עבור רשות המים לאקוויפר החוף למודל אחד שיכסה את כל שטחו של האקוויפר ויוכל לשמש כאחד מכלי קבלת ההחלטות בשירות ההידרולוגי ובשאר אגפי רשות המים בכל הקשור לאקוויפר החוף.

1.3 כיול המודל

דו"ח זה מסכם את השלב הרביעי בעבודה שמטרתו להריץ ולכייל את המודל לאחר שהוצבו כל הפרמטרים ההידרולוגיים, הנתונים הדינאמיים, תנאי ההתחלה ותנאי הגבול כפי שדווחו בדו"ח שלב ב' של עבודה זו. תקופת הכיול הוגדרה לתקופה של 35 השנים שבין 1/1/1975-1/1/2010.



2. כיול המודל

בתום בניית המודל (תהל, 2012 א) והצבת תנאי התחלה, תנאי הגבול והפרמטרים ההידראוליים (תהל, 2012 ב) נערך כיול לתקופה שבין 1975-2010 (35 שנים). מטרת הכיול היא לשחזר את השתנות המפלסים המדודים באקוויפר על ידי עדכון של תנאי הגבול, הפרמטרים ההידראוליים ומקדמי מילוי חוזר. תהליך הכיול מבוסס על השוואת המפלסים המחושבים על ידי המודל למפלסים המדודים בקידוחים. יש להדגיש שהמפלס המדוד הוא נתון נקודתי המבטא ערך מפלס בקידוח מסוים בלבד, בעוד שהמפלס המחושב במודל הוא ממוצע עבור תא המודל, לפיכך עלולות להופיע אי התאמות מסוימות בין הערך המדוד לבין הערך המחושב.

2.1 פרמטרים של הרצת הכיול

לצורך כיול המודל נקבעו הפרמטרים הבאים להרצה:

- תאריך תחילת ההרצה: 1.1.1975
- תאריך סיום ההרצה: 1.1.2010
- אורך תקופת העומס (stress period) הוא רבעון. "תקופת עומס" מוגדרת כתקופה שבה כל הפרמטרים הדינאמיים נשמרים קבועים ומחושבים כערך ממוצע לתקופה.
- אורך צעד זמן בתוך תקופת העומס שווה לכ- 9 ימים.
- סוג הפותר - MODFLOW 2000, שיטת הפתרון - PCG2.
- תנאי התכנסות: לעומד 0.01 מ', לספיקות 0.01 מ/3/יום.

2.2 תהליך הכיול

- בתהליך כיול המודל נערכים שינויים בפרמטרים שונים במודל בכדי ליצור התאמה בין המפלסים המחושבים לבין המדודים. בתהליך שינוי הפרמטרים ניגשים כל פעם לפרמטר יחיד, בכדי לבחון את השפעתו ולא השפעת מספר פרמטרים יחד. לרוב ניגשים לשינוי הפרמטרים בסדר הבא:
- קודם כל טיפול במפלסי התחלה, בכדי למנוע התייבשות תאים והפיכת תאים ללא פעילים.
 - טיפול בתנאי גבול, שמשפיעים מאוד על המשטר ההידרולוגי.
 - טיפול במוליכויות הידראוליות.
 - טיפול במקדמי מילוי חוזר.
 - בתהליך הכיול הנוכחי נערכו השינויים הבאים:

2.2.1 שינויים במבנה רשת המודל

בשלב זה נערכו שינויים במבנה רשת המודל, כלומר שונה עובי השכבות במודל בכדי למזער את תופעת התייבשות תאים מיד בתחילת ההרצה. התייבשות תאים במודל נגרמת כאשר מפלס המים יורד מתחת לתחתית התא וברגע שתא מתייבש הוא כבר לא פעיל.

רום תחתית השכבות בחלקו המזרחי של המודל הוא גבוה ויש סיכוי רב להתייבשות תאים בעיקר בשכבה העליונה. על מנת למנוע ככל הניתן התייבשות של תאים בשכבה העליונה נקבעו באזורים אלו (בהם אין חציצה) עובי השכבות התחתונה והאמצעית ל 1 מ', כך שתחתית השכבה העליונה ברום הנמוך ביותר האפשרי.

באיור 1-2 מוצג חתך רוחב לדוגמה באקוויפר המדגים את השינוי במבנה רשת המודל במזרח האקוויפר.

2.2.2 התאמות תנאי מפלסי התחלה

תנאי ההתחלה הותאמו בעיקר באזורים המזרחיים שם אין נתוני מפלסים ממפות מפלסים, ונתוני המפלס מקידוחים ספורים. על כן, הערכים של מפלסי ההתחלה באזורים אלו הם תוצר של אינטרפולציה מוערכת. באזורים אלו שונו תנאי ההתחלה כך שהמפלס ההתחלתי בכל תא נבחר כערך הגבוה מבין:

1. המפלס מתוצאות האינטרפולציה לפי מדידות ומפות מפלסים, לבין
2. מטר מעל לתחתית השכבה העליונה.

זאת על מנת שהמפלסים ההתחלתיים ימנעו התייבשות תאים כבר בתחילת ההרצה, ואם התייבשות "אמיתית" היא תקרה בהמשך ההרצה ולא מיד בצעד הזמן הראשון.

2.2.3 שינויים בתנאי גבול

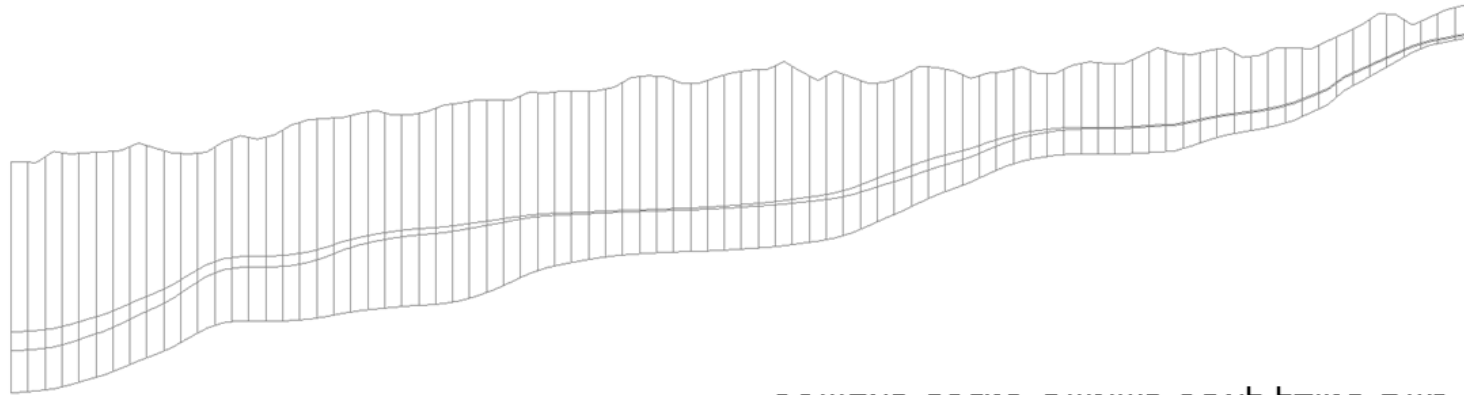
הגבול המערבי: בגבול זה המייצג את המגע של האקוויפר עם הים הוגדר בתחילה עומד קבוע של 0. במהלך הכיול עודכנו ערכי העומד לאורך הגבול בטווח שבין 1.5-0 מטר בהתאם למפלסים המדודים בקידוחי תצפית חופיים כך שהתקבלה התאמה טובה יותר בקידוחים הקרובים לחוף. הצורך בשינוי זה נובע מכך שתנאי הגבול מוגדר במודל במרכז התא בו הוא עובר (גודל התא 250*250 מטר) ולא במיקום המדויק של קו החוף. אם קו החוף עובר בקצה התא אז ערך העומד במרכז התא מייצג עומד גדול מ-0, כמודגם באיור 2-2. איור 2-2 מציג את ערכי העומד הקבוע המכוילים בגבול הים ודוגמא למיקום קו החוף ביחס למרכז תא במודל.



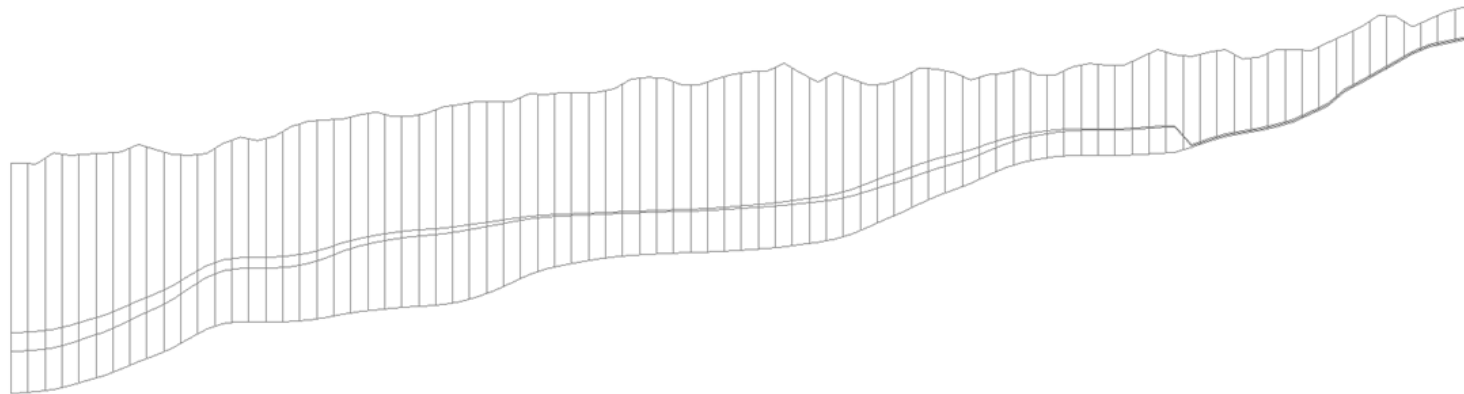
איור 1-2: שינויים במבנה רשת המודל - חתך לדוגמא

חתך רוחב לאורך רצועת יוסום 116

(א) רשת המודל ההתחלתית



(ב) רשת המודל לאחר השינויים במזרח האקוויפר



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com

תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 10 מתוך 56

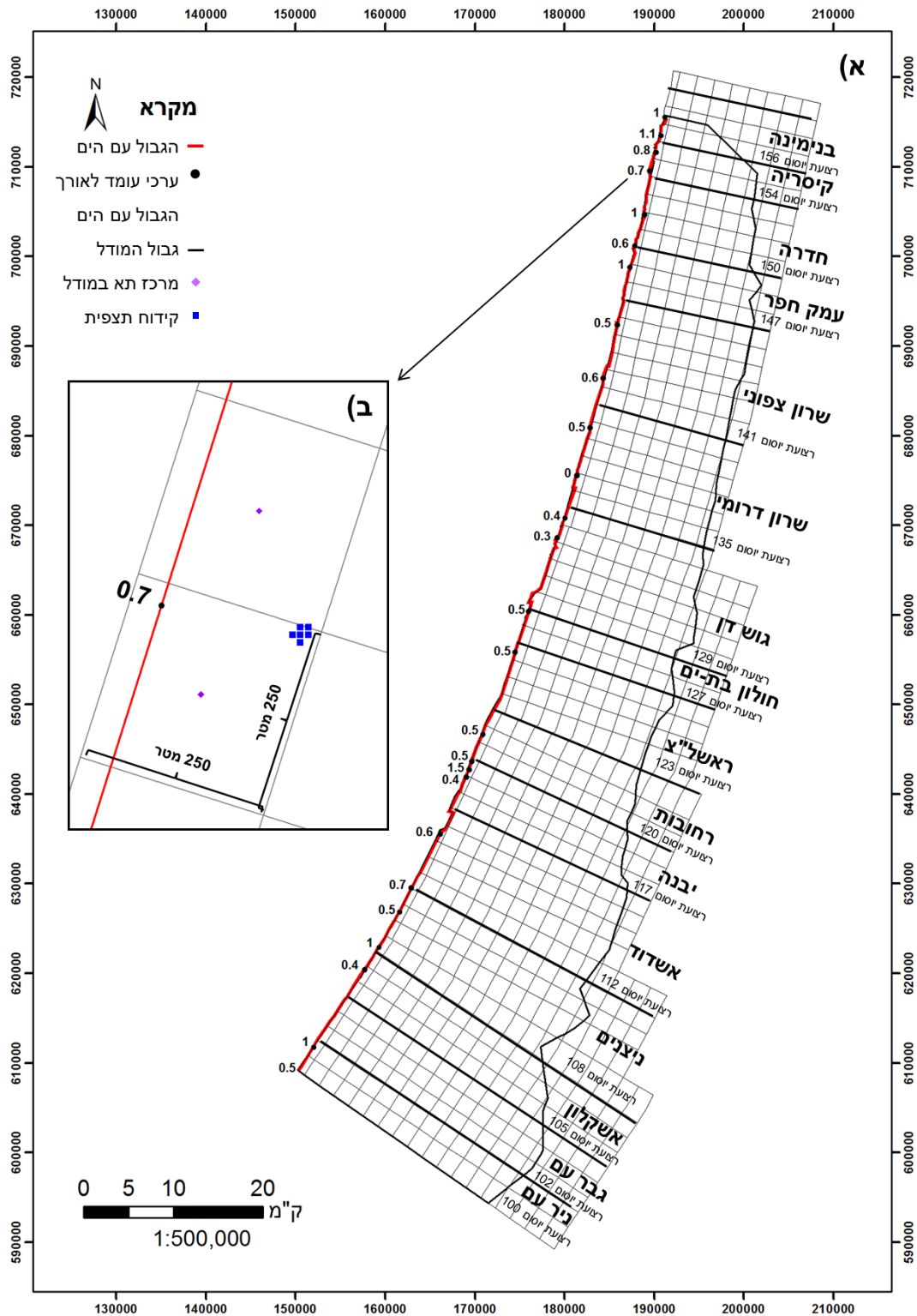
P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
models\Management\Reports\
ocx.docx 5.8.14 כיול המודל ל-
2014_8

06/08/2014

מקבוצת קרן



איור 2-2: א) ערכי עומד מכויילים לאורך הגבול עם הים, ב) מיקום קו החוף ביחס למרכז תא במודל



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com
 תהל ישראל - הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Taha.com



עמוד 11 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
 Management\Reports\ ocx.docx5.8.14 כיול המודל להגש סופי
 2014_8\איחוד מודלים באקוויפר החוף שלב די כיול המודל

06/08/2014

מקבוצת קרדן

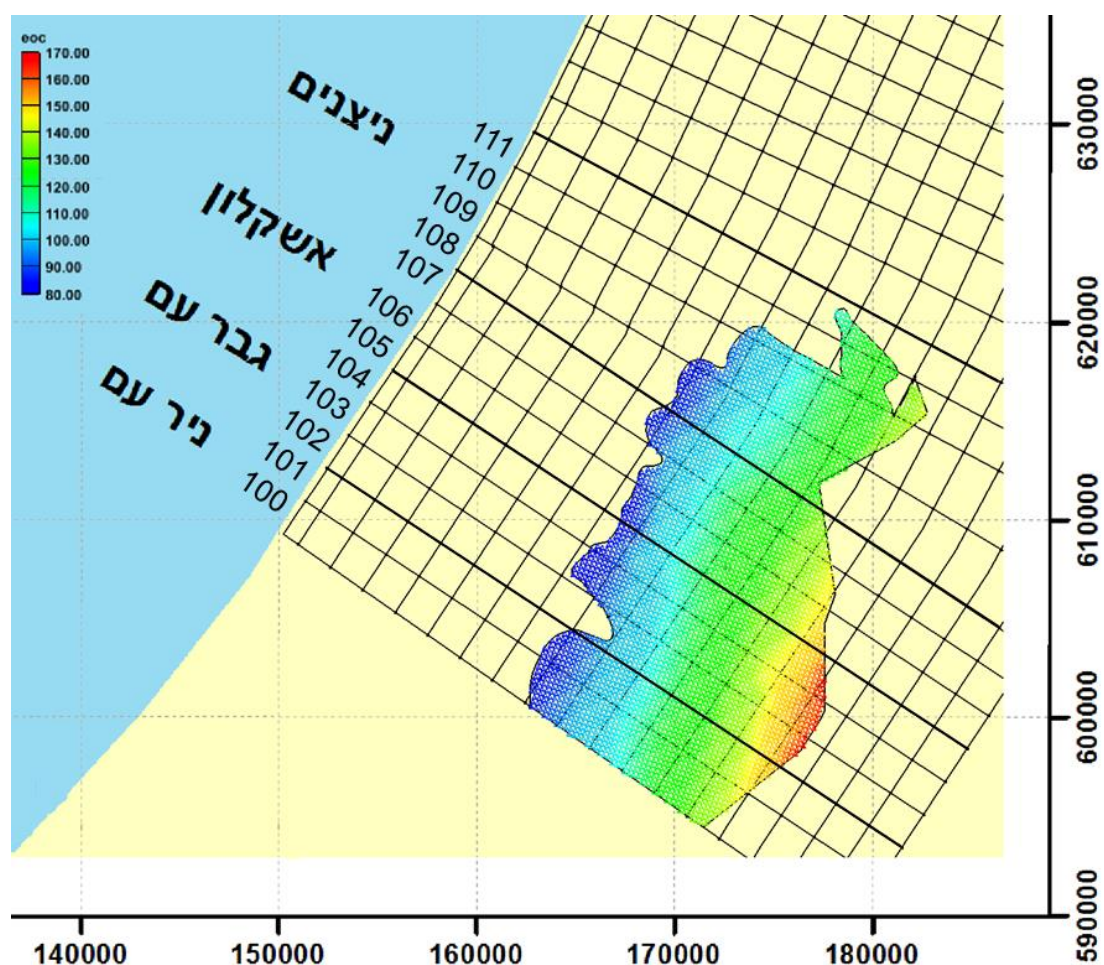


הגבול התחתון (מגעים עם אקוויפרים שכנים):

הגבול הוגדר באופן ראשוני בדוח שלב ב' כגבול General head והוצג שם (תהל, 2012 ב, איור 3-5).

- רצועות ניר עם עד ניצנים (רצועות 100-111) - באזור זה תנאי הגבול מסוג General head מייצג את המגע בין יחידות האיאוקן לאקוויפר החוף, כאשר ההנחה היא שהאיאוקן תורם לאקוויפר חוף. בהגדרת הגבול הראשונית הוצב עומד עם פילוג לינארי בין 60 ל 100 מ' (תהל, 2012 ב - איור 3-6). בתהליך הכיול, עודכן פילוג העומד באיאוקן בין 85 במערב אזור המגע ל 170 מ' במזרח (איור 2-3). שינוי זה בוצע כיוון שהפילוג ההתחלתי יצר אזורים בהם יש יציאת מים לאיאוקן וחוסר מים באקוויפר. הפילוג העדכני מונע יציאת מים לאיאוקן ומאפשר כניסת מים מהאיאוקן לאקוויפר בכמויות מתאימות להערכות.

איור 2-3: פילוג העומד באיאוקן שהוגדר בתנאי הגבול התחתון



- רצועות גוש דן עד שרון צפוני (רצועות 129-142) – גבול ה General head שונה לגבול אטום. מפלסי הירת"ן באזורי המגע הפוטנציאליים נמוכים מהמפלסים באקוויפר החוף. בשלב הכיול, לא היה צורך להגדיר יציאות או כניסות מים באזור זה.

- רצועות שרון צפוני עד בינימינה (רצועות 143-156) – גבול ה General head שונה לגבול אטום. בשלב הכיול, לא היה צורך להגדיר יציאות או כניסות מים באזור זה.

הגבול המזרחי:

הגבול המזרחי הוגדר תחילה כאטום וההנחה הראשונית היתה שכל כניסות המים ממזרח יכולות להיות מיוצגות על ידי גבול מסוג General head במגעיים הגיאולוגיים בתחתית האקוויפר. תוך כדי תהליך הכיול הסתבר שצריכות להיות כניסות מים משמעותיות נוספות, שאינן יכולות להיות מיוצגות בתחתית האקוויפר, ועל כן יש להגדיר ככניסות ממזרח. על כן, הוצב לאורך הגבול המזרחי בין רצועות יוסום 113 ל- 129 גבול מסוג General head, הממוקם לאורך קו המגע בין שולי אקוויפר הפלייסטוקן לתצורת צרעה (איאוקן). איור 2-4 מציג את תנאי העומד לאורך הגבול המזרחי המכיל.

2.2.4 עדכונים למקורות ובורות (Sources and Sinks)

נקז בנחל חדרה + 3 קידוחי החדרה נוספים בנחלי מנשה:

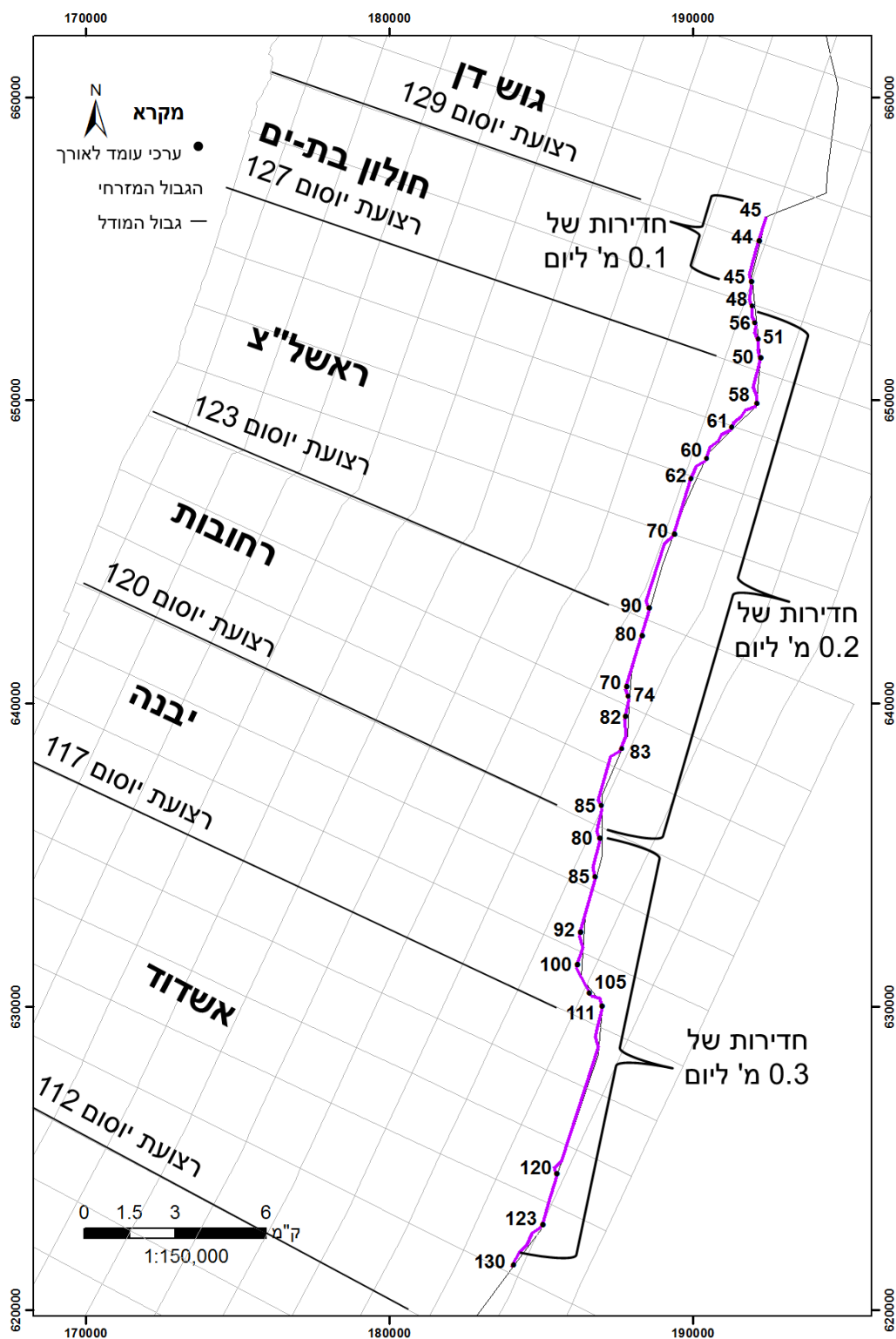
איור 2-5 מציג את הנקז שהוסף בנחל חדרה ואת תוספת קידוחי ההחדרה בנחלי מנשה.

- לאורך נחל חדרה הוגדר במודל נקז בעל חדירות של 15 מ' ליום המנקז את מי התהום אל מפלס קרקעית הנחל. נקז זה מייצג את ניקוז אזורי הצפה וביצות באזורים מזרחית לחדרה.

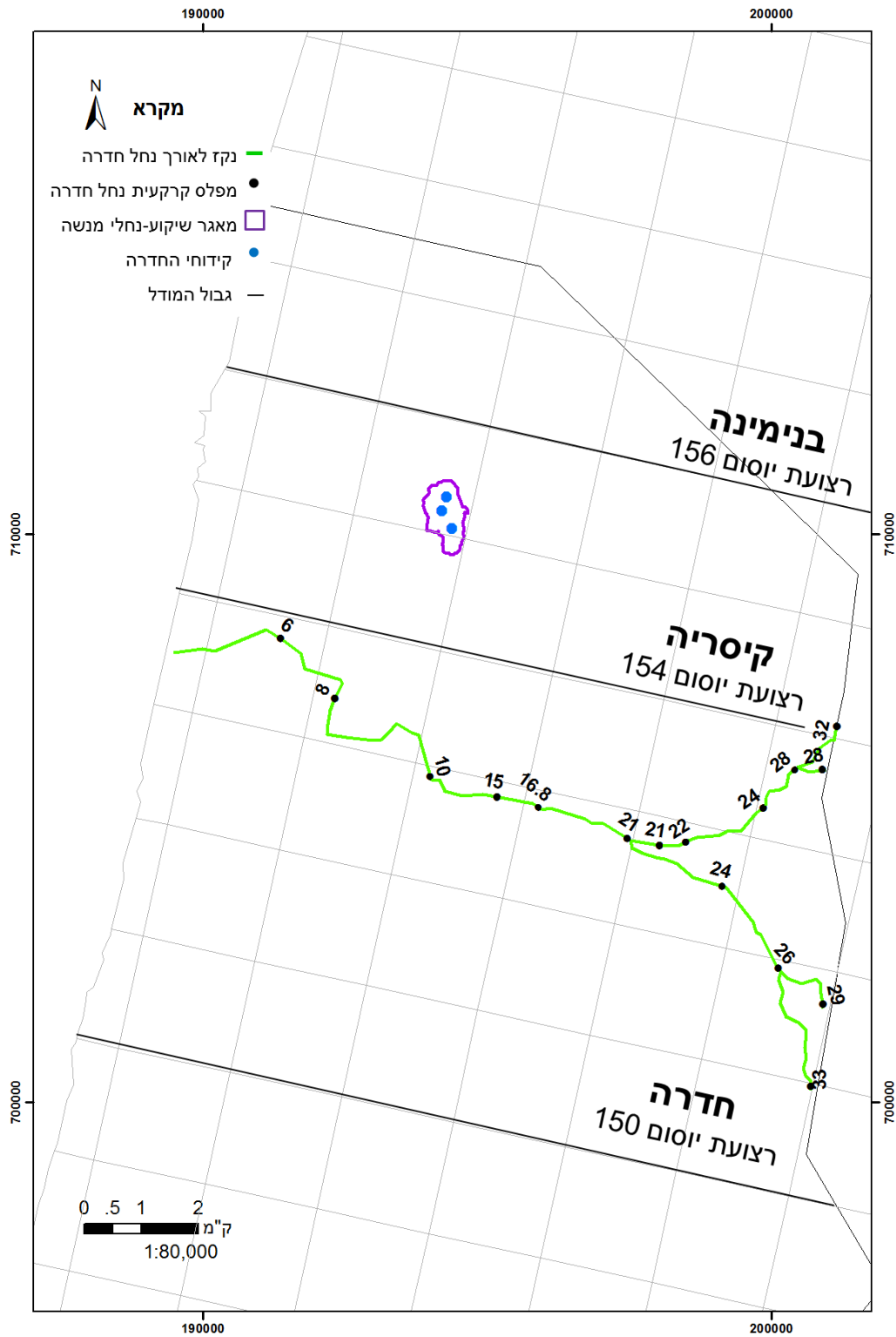
- בתא יוסום 02 155 הוספו 3 קידוחים מחדירים המייצגים את חלחול המים בברכת השיקוע של מפעל ההחדרה נחלי מנשה אשר לא הוגדרה כחלק מאגני ההחדרה בשלב הראשוני. קידוחים אלו מחדירים יחדיו כל שנה 3 מלמ"ק בחודשי החורף (נובמבר עד פברואר), בהתאם להערכות (תהל, 2008, קו מחבר חדרה-מנשה).



איור 2-4: ערכי עומד מכוילים לאורך הגבול המזרחי



איור 5-2: נקז נחל חדרה וקידוחי ההחדרה במאגר השיקוע של נחלי מנשה



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com
 תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 15 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
 models\Management\Reports\
 ocx.docx 5.8.14 כיול המודל 2014_8

06/08/2014

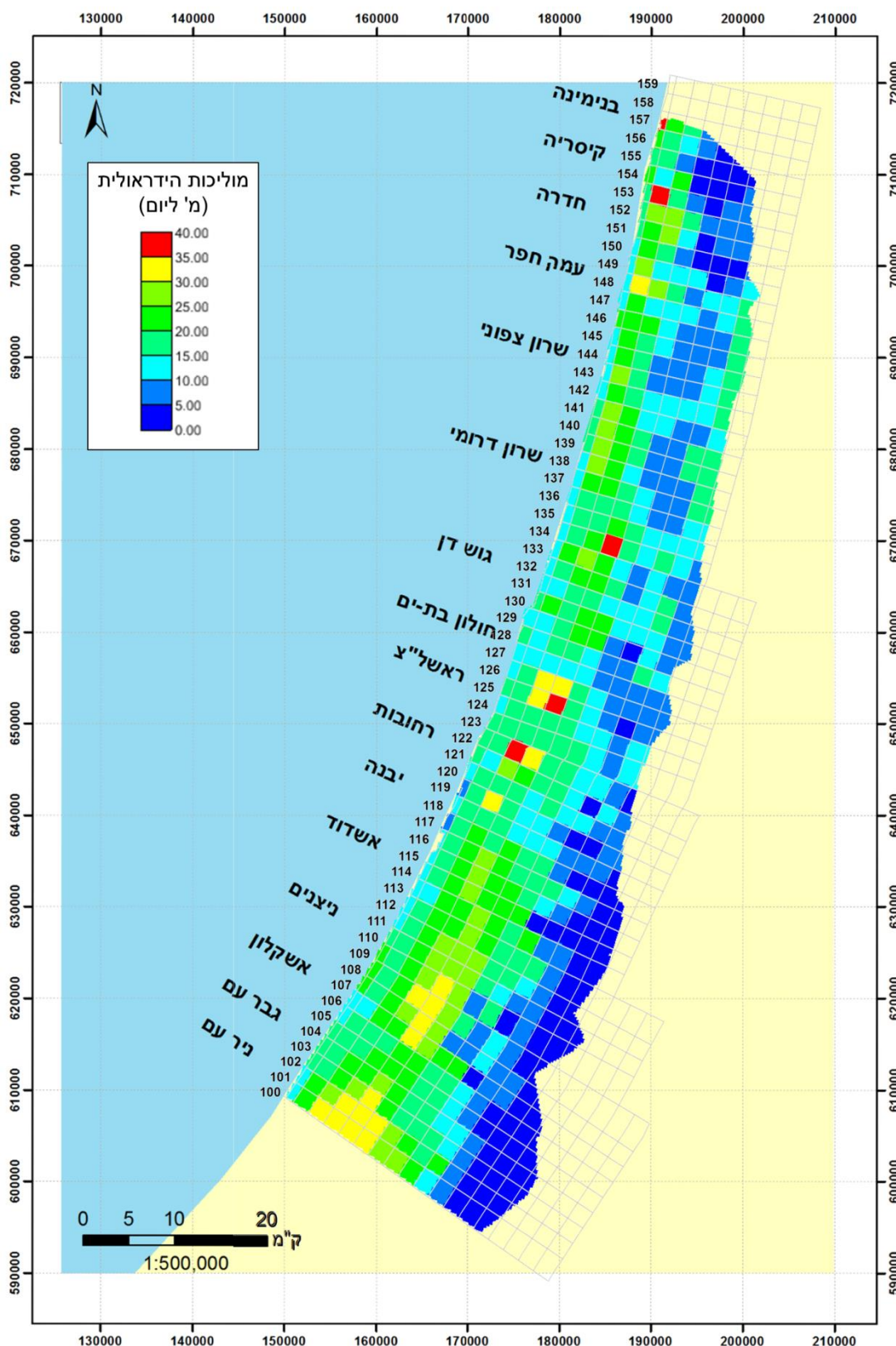
מקבוצת קרדן



2.2.5 שינויים במוליכויות ההידראוליות

ערכי המוליכויות ההידראוליות ההתחלתיות, K (מ' ליום), הוגדרו עבור על תא יוסום והוצגו בדוח ב' (תהל, 2012 ב' – טבלה 2-5). טבלה 2-1 מציגה את א' ערכי K ההתחלתיים, ב' ערכי K המכוילים, ג' היחס בין ערך K המכויל לערך K ההתחלתי, כלומר, פי כמה גדול או קטן הערך המכויל מהערך ההתחלתי. איור 2-6 מציג את מפת המוליכויות ההידראוליות המכוילות לפי תאי יוסום. טווח ערכי המוליכות לאחר הכיול הוא 0.6-42 מ' ליום. ישנם מספר תאי יוסום בהם עולה המוליכות ההידראולית מעל 35 מ' ליום (מסומנים באדום באיור 2-6). תאים אלו מלבד תא 134 03 ממוקמים מעל דיונות חול ונמצאים בסמוך לתא בו מתבצעת החדרת מים באגן החדרה (שפד"ן ונחלי מנשה). המוליכות ההתחלתית בתא 134 03 היתה גבוהה כבר בנתונים המקוריים מ 1988 (39.8 מ' ליום). ניתן לראות שרוב הערכים המכוילים גדולים (כ 93% מתאי היוסום) מהערכים הראשוניים (מסומנים בכחול), ומעט מהערכים (כ 7% מתאי יוסום) קטנים ביחס לראשוניים (מסומנים בורוד).

איור 6-2: ערכי מוליכות הידראולית מכוילים בתאי יוסום



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com
 תהל ישראל - הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Taha.com



עמוד 17 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
 models\Management\Reports\ocx.docx 5.8.14
 כיול המודל להגוש סופי
 מודלים באקוויפר החוף שלב די כיול המודל 2014_8

06/08/2014

מקבוצת קרן



טבלה 1-2: ערכי מוליכות הידראולית עבור תאי יסוס במודל (א) ערכי K ההתחלתיים, (ב) ערכי K המכויילים, (ג) היחס בין ערך K המכוייל לערך K ההתחלתי

רצועת יסוס	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	רצועת יסוס	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	רצועת יסוס	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
157	30.0	21.4	14.1	6.5	3.0											157	36.0	23.4	16.9	8.4	3.6											157	1.20	1.09	1.20	1.29	1.20										
156	18.0	14.3	11.1	3.0	2.0	2.0										156	21.6	16.8	12.8	6.0	3.6	2.4										156	1.20	1.18	1.16	2.00	1.80	1.20									
155	15.1	13.0	8.0	5.0	3.0	2.7	1.8									155	18.1	15.7	6.6	4.8	3.6	3.6	3.6									155	1.20	1.20	0.83	0.96	1.20	1.33	1.99								
154	19.0	10.6	15.0	4.0	3.1	2.8	1.8									154	22.8	12.7	20.4	4.2	3.6	4.8	9.6									154	1.20	1.20	1.36	1.05	1.17	1.74	5.32								
153	16.6	29.6	15.0	6.9	3.6	3.6	3.6									153	20.0	36.0	19.2	7.2	3.6	7.2	9.6									153	1.20	1.22	1.28	1.05	0.99	1.97	2.67								
152	13.2	21.6	20.0	15.0	5.0	5.0	5.0									152	15.8	26.4	30.0	19.2	7.8	7.2	7.2									152	1.20	1.22	1.50	1.28	1.56	1.44	1.44								
151	14.7	19.2	20.0	7.9	4.5	3.5	2.1	2.1								151	17.6	23.0	25.2	10.8	4.8	7.2	7.2	9.6								151	1.20	1.20	1.26	1.36	1.06	2.07	3.43	4.58							
150	10.8	18.9	15.0	7.3	3.6	2.0	2.1	2.1								150	13.0	22.7	18.0	8.8	3.6	2.4	2.4	9.6								150	1.20	1.20	1.20	1.20	1.01	1.18	1.14	4.58							
149	10.0	22.6	12.0	10.0	10.0	2.4	2.3	11.8								149	12.0	27.2	14.4	12.0	12.0	4.8	6.0	14.2								149	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	2.02	2.58	1.20							
148	8.9	25.8	21.2	13.4	7.9	6.3	5.6	12.9								148	10.6	31.0	25.5	16.1	10.0	12.0	13.2	16.8								148	1.20	1.20	1.20	1.20	1.25	1.91	2.38	1.31							
147	10.6	16.8	11.8	8.9	9.3	7.0	6.7	13.2	13.2							147	12.7	20.1	13.8	10.7	10.8	8.2	10.8	16.8	18.0							147	1.20	1.20	1.17	1.20	1.16	1.16	1.61	1.27	1.36						
146	16.8	17.7	19.7	10.2	14.6	7.9	7.0	13.2	13.2							146	20.2	21.2	23.7	12.2	9.0	7.8	7.8	15.9	18.0							146	1.20	1.20	1.20	1.20	0.62	0.98	1.11	1.20	1.36						
145	10.7	17.4	15.2	10.2	7.6	7.5	7.0	13.2	13.2							145	12.8	20.9	18.2	11.8	9.0	7.8	7.2	15.8	15.9							145	1.20	1.20	1.20	1.15	1.19	1.04	1.03	1.20	1.20						
144	10.5	19.9	14.7	7.7	7.1	9.7	7.0	13.2	13.2							144	12.6	23.9	17.7	8.6	7.8	7.8	10.8	15.9	15.9							144	1.20	1.20	1.20	1.12	1.11	0.80	1.54	1.20	1.20						
143	11.9	21.9	13.3	7.9	8.0	8.9	7.0	13.2								143	14.3	26.3	15.9	8.4	7.8	7.8	10.8	15.9								143	1.20	1.20	1.20	1.07	0.98	0.87	1.54	1.20							
142	9.1	18.9	13.7	10.0	10.7	11.0	7.0	13.0								142	11.0	22.7	15.6	11.4	10.8	10.8	13.2	16.8								142	1.20	1.20	1.14	1.14	1.01	0.98	1.89	1.29							
141	12.6	21.0	17.2	11.3	9.2	7.0	7.0	11.1								141	15.1	25.1	20.4	13.2	10.2	7.8	9.6	13.3								141	1.20	1.20	1.18	1.17	1.11	1.11	1.37	1.20							
140	15.5	22.9	17.2	14.6	11.5	7.0	7.0	11.1	11.1							140	18.6	27.0	20.4	16.8	8.4	7.8	15.6	15.6	15.6							140	1.20	1.18	1.18	1.15	0.73	1.11	2.23	1.40	1.40						
139	14.2	22.9	20.6	15.7	11.9	7.0	7.0	13.0	13.0							139	17.0	27.5	24.0	18.0	8.4	6.0	15.6	15.6	15.6							139	1.20	1.20	1.17	1.15	0.71	0.86	2.23	1.20	1.20						
138	11.7	21.1	19.6	12.8	8.7	7.0	7.0	13.0	13.0							138	14.1	25.3	22.2	14.4	7.2	7.2	7.2	15.6	15.6							138	1.20	1.20	1.13	1.13	0.83	1.03	1.03	1.20	1.20						
137	9.3	18.8	19.7	17.0	8.9	7.6	6.9	9.8	9.8							137	11.2	22.6	23.7	19.8	10.2	8.4	8.4	15.6	15.6							137	1.20	1.20	1.20	1.16	1.14	1.10	1.21	1.59	1.59						
136	11.0	15.1	15.1	12.9	8.9	6.6	7.2	19.3	19.3							136	13.2	18.2	18.2	15.5	10.7	9.6	9.0	14.4	14.4							136	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.45	1.26	0.75	0.75						
135	11.0	16.7	13.4	18.0	11.4	7.5	8.5	8.5	8.5							135	13.2	20.0	16.1	21.6	16.8	13.2	12.0	14.4	14.4							135	1.20	1.20	1.20	1.20	1.48	1.76	1.42	1.70	1.70						
134	9.0	15.2	20.6	39.8	27.3	18.4	14.0	14.0	14.0							134	10.8	18.3	24.7	42.0	18.0	14.4	18.0	12.0	9.6							134	1.20	1.20	1.20	1.06	0.66	0.78	1.29	0.86	0.69						
133	10.0	20.6	22.1	18.1	18.5	5.6	13.2	13.2	13.2							133	12.0	24.7	26.5	21.7	14.4	9.6	12.0	9.6	7.2							133	1.20	1.20	1.20	1.20	0.78	1.70	0.91	0.73	0.55						
132	9.0	16.2	19.2	17.5	11.1	4.0	3.5	3.5	3.5							132	10.8	19.4	23.0	21.1	15.6	9.6	12.0	15.6	9.6	7.2						132	1.20	1.20	1.20	1.20	1.40	2.42	3.43	4.46	2.74	2.06					
131	12.0	11.5	12.8	12.8	10.8	3.9	7.6	8.9	8.9							131	14.4	13.8	15.3	15.3	13.2	12.0	12.0	15.6	9.6	7.2						131	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.23	3.09	1.58	1.75	1.08	0.81				
130	16.0	18.8	16.7	18.9	18.0	6.5	9.1	13.0	13.0							130	19.2	22.5	20.0	22.7	21.6	14.4	12.0	13.2	9.6	7.2						130	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	2.23	1.32	1.02	0.74	0.56					
129	10.0	12.0	14.5	20.1	17.4	4.9	5.3	8.1	8.1							129	12.0	14.4	17.4	24.1	20.8	9.6	4.8	14.4	9.6	7.2						129	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.98	0.90	1.79	1.19	0.89					
128	16.0	9.3	12.7	13.8	11.2	5.6	5.3	3.4	3.4							128	19.2	10.8	15.3	16.6	14.4	9.6	9.6	16.8	12.0	12.0						128	1.20	1.16	1.20	1.20	1.28	1.72	1.80	4.87	3.48	3.48					
127	12.0	10.5	10.9	11.4	9.2	5.2	3.7	3.5	3.5							127	14.4	10.8	11.4	13.7	11.1	9.6	8.4	6.0	6.0	6.0						127	1.20	1.03	1.05	1.20	1.20	1.83	2.29	1.74	1.74	1.74					
126	10.0	13.8	11.5	10.7	8.3	4.7	3.1	1.6	1.6							126	14.4	18.4	31.8	34.2	16.3	12.0	8.4	5.4	5.4	5.4						126	1.44	1.33	2.77	3.19	1.96	2.57	2.74	3.46	3.46	3.46					
125	12.0	14.5	10.6	11.7	7.9	4.7	2.4	1.2	1.2							125	16.4	19.2	34.4	36.8	15.4	10.8	7.2	4.8	7.2	6.0						125	1.36	1.33	3.24	3.15	1.96	2.30	2.98	4.13	6.19	5.16					
124	12.0	14.6	12.5	10.3	7.0	5.9	1.8	1.2	1.2							124	14.6	18.0	18.5	18.8	16.8	15.0	12.6	7.8	10.8	10.8						124	1.22	1.23	1.48	1.82	2.42	2.56	7.02	6.50	9.00	9.00					
123	12.0	17.0	12.6	12.1	8.8	5.9	1.9	1.6	1.8							123	15.9	20.0	18.2	19.8	16.8	16.8	11.4	9.6	12.0	10.8						123	1.33	1.18	1.45	1.64	1.90	2.85	5.93	5.89	6.60	5.94					
122	20.0	12.4	14.5	12.5	6.8	7.2	2.4	2.3	2.0	</																																					

2.2.6 שינויים במקדמי גשם

ערכי מקדם הגשם, α , ראשוניים הוצבו עבור על תא יוסום והוצגו בדוח ב' (תהל, 2012 ב' – טבלה 2-3). טבלה 2-2 מציגה את א' ערכי α ההתחלתיים, (ב' ערכי α המכוילים, ג' היחס בין ערך α המכויל לערך α ההתחלתי, כלומר, פי כמה גדול או קטן הערך המכויל מהערך ההתחלתי). ניתן לראות שהערכים המכוילים הגדולים מהערכים הראשוניים מסומנים בכחול, ואלו הקטנים ביחס לראשוניים מסומנים בורוד. הגדלת מקדם הגשם בוצע עבור כ 15% מתאי היוסום, והקטנת מקדם הגשם בוצע בכ 13% מהתאים. השינויים במקדמי המילוי מגשם נערכו באזורים ספציפיים. באזור עמק חפר, ברצועות 147-149, בתאי יוסום 1 ו 2, נעשה שינוי במקדמי הגשם על פני הזמן. כלומר, ערכי α הוגדלו ביחס לערכים הראשוניים בתקופה 1975-1995, והוקטנו בתקופה 1996-2010.

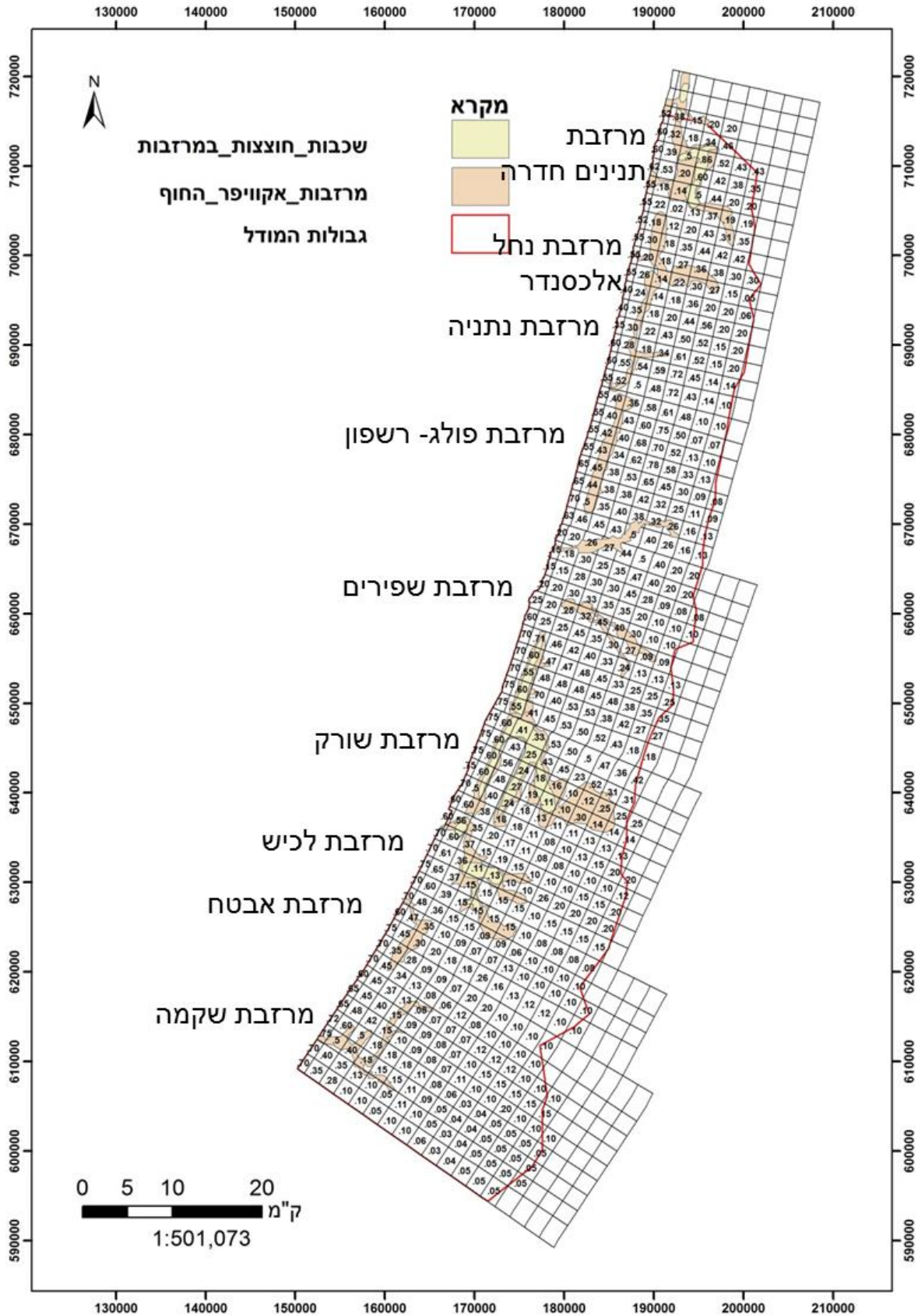
התייחסות למיפוי המרזבות

דוח מיפוי המרזבות באקוויפר החוף, שהיווה תוספת לשלב איסוף והשלמת הנתונים ההידרולוגיים, מצורף בנספח 1. איור 2-7 מציג את מיפוי המרזבות על רקע מפת תאי יוסום עם ערכי מקדם הגשם המכויל. ניתן לראות שמרבית המרזבות הן צרות וארוכות ואינן מכסות יותר מאשר חלק מתא יוסום. על כן לא נצפה לראות השפעה ניכרת על מקדם הגשם בתאים אלו. לעומת זאת במרזבות מפותחות יותר, כגון מרזבת נחל חדרה בצפון ומרזבות נחל שורק ונחל לכיש בדרום, ניתן לראות שמקדמי הגשם בתאים החופפים את המרזבה מראים ערכים נמוכים יותר מאשר בסביבה הסמוכה. הדגמה של תופעה זו מוצגת באיור 2-8.

טבלה 2-2: ערכי מקדם הגשם, α, עבור תאי יוסום במודל א) ערכי α ההתחלתיים, ב) ערכי α המכוילים, ג) היחס בין ערך α המכויל לערך α ההתחלתי

ראועת יוסום	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	ראועת יוסום	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	ראועת יוסום	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14		
157	0.52	0.32	0.15	0.25	0.25											157	0.52	0.38	0.15	0.20	0.20											157	1.00	1.20	1.00	0.80	0.80												
156	0.60	0.32	0.15	0.38	0.38											156	0.60	0.32	0.18	0.34	0.46											156	1.00	1.00	1.20	0.90	1.20												
155	0.60	0.39	0.25	0.43	0.43	0.43	0.43									155	0.60	0.39	0.50	0.86	0.52	0.43	0.43									155	1.00	1.00	2.00	2.00	1.20	1.00	1.00										
154	0.62	0.53	0.20	0.50	0.35	0.35	0.35									154	0.62	0.53	0.20	0.60	0.42	0.39	0.35									154	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.10	1.00										
153	0.55	0.23	0.29	0.50	0.40	0.40	0.40									153	0.55	0.18	0.15	0.50	0.44	0.20	0.20									153	1.00	0.80	0.50	1.00	1.10	0.50	0.50										
152	0.55	0.22	0.11	0.25	0.37	0.37	0.37									152	0.55	0.22	0.02	0.13	0.37	0.19	0.19									152	1.00	1.00	0.20	0.50	1.00	0.50	0.50										
151	0.52	0.23	0.23	0.22	0.36	0.35	0.35									151	0.52	0.18	0.12	0.20	0.43	0.32	0.35									151	1.00	0.80	0.50	0.90	1.20	0.90	1.00										
150	0.55	0.30	0.22	0.35	0.40	0.35	0.35									150	0.55	0.30	0.18	0.35	0.44	0.42	0.42									150	1.00	1.00	0.80	1.00	1.10	1.20	1.20										
149	0.55	0.25	0.22	0.27	0.36	0.38	0.30	0.30								149	0.55	0.3/0.2	0.26/0.18	0.27	0.36	0.38	0.30	0.30								149	1.00	1.2/0.8	1.2/0.8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00									
148	0.55	0.33	0.18	0.22	0.38	0.27	0.15	0.15								148	0.55	0.4/0.26	0.22/0.14	0.22	0.30	0.27	0.15	0.05								148	1.00	1.2/0.8	1.2/0.8	1.00	0.80	1.00	1.00	0.30									
147	0.40	0.30	0.18	0.18	0.36	0.20	0.20	0.20								147	0.40	0.36/0.24	0.22/0.14	0.18	0.36	0.20	0.20	0.06									147	1.00	1.2/0.8	1.2/0.8	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30								
146	0.40	0.35	0.18	0.20	0.40	0.40	0.20	0.20								146	0.40	0.35	0.18	0.20	0.44	0.56	0.20	0.20								146	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.40	1.00	1.00									
145	0.35	0.30	0.22	0.43	0.45	0.37	0.15	0.20								145	0.35	0.30	0.22	0.43	0.50	0.52	0.15	0.20								145	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.40	1.00	1.00									
144	0.60	0.28	0.18	0.34	0.55	0.37	0.15	0.20								144	0.60	0.28	0.18	0.34	0.61	0.52	0.15	0.20								144	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.40	1.00	1.00									
143	0.60	0.55	0.54	0.54	0.60	0.32	0.20	0.20								143	0.60	0.55	0.54	0.59	0.72	0.45	0.14	0.14								143	1.00	1.00	1.00	1.10	1.20	1.40	0.70	0.70									
142	0.55	0.52	0.50	0.48	0.60	0.31	0.20	0.20								142	0.55	0.52	0.50	0.48	0.72	0.43	0.14	0.10								142	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.40	0.70	0.50									
141	0.55	0.40	0.36	0.48	0.51	0.34	0.15	0.15								141	0.55	0.40	0.36	0.58	0.61	0.48	0.11	0.11								141	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.40	0.70	0.70									
140	0.55	0.40	0.43	0.40	0.50	0.36	0.10	0.10								140	0.55	0.40	0.43	0.60	0.75	0.50	0.07	0.07								140	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.40	0.70	0.70									
139	0.55	0.42	0.40	0.45	0.47	0.40	0.19	0.15								139	0.55	0.42	0.40	0.68	0.71	0.52	0.13	0.11								139	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.30	0.70	0.70									
138	0.55	0.43	0.34	0.41	0.52	0.45	0.33	0.13								138	0.55	0.43	0.34	0.62	0.78	0.59	0.33	0.13								138	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00									
137	0.65	0.45	0.38	0.41	0.50	0.45	0.30	0.15	0.15							137	0.65	0.45	0.38	0.53	0.65	0.45	0.30	0.09	0.08							137	1.00	1.00	1.00	1.30	1.30	1.00	1.00	0.60	0.50								
136	0.65	0.44	0.38	0.38	0.42	0.32	0.25	0.18	0.18							136	0.65	0.44	0.38	0.38	0.42	0.32	0.25	0.11	0.09							136	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.50								
135	0.70	0.50	0.35	0.40	0.38	0.32	0.26	0.26	0.26							135	0.70	0.50	0.35	0.40	0.38	0.32	0.26	0.16	0.13							135	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.50								
134	0.63	0.46	0.45	0.43	0.50	0.40	0.26	0.26	0.26							134	0.63	0.46	0.45	0.43	0.50	0.40	0.26	0.16	0.13							134	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.50								
133	0.20	0.20	0.26	0.27	0.44	0.50	0.40	0.40	0.40							133	0.20	0.20	0.26	0.27	0.44	0.50	0.40	0.20	0.20							133	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50								
132	0.15	0.18	0.30	0.25	0.35	0.47	0.40	0.40	0.40							132	0.15	0.18	0.30	0.25	0.35	0.47	0.40	0.20	0.20							132	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50								
131	0.15	0.15	0.28	0.30	0.30	0.45	0.25	0.15	0.15	0.15						131	0.15	0.15	0.28	0.30	0.30	0.45	0.28	0.09	0.08	0.08						131	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	0.60	0.50	0.50						
130	0.20	0.20	0.30	0.33	0.35	0.35	0.20	0.10	0.10	0.10						130	0.20	0.20	0.30	0.33	0.35	0.35	0.20	0.10	0.10	0.10						130	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00						
129	0.25	0.20	0.25	0.32	0.45	0.40	0.25	0.10	0.10	0.10						129	0.25	0.20	0.25	0.32	0.45	0.40	0.25	0.10	0.10	0.10						129	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00							
128	0.60	0.25	0.25	0.45	0.35	0.30	0.27	0.15	0.15	0.15						128	0.60	0.25	0.25	0.45	0.35	0.30	0.27	0.09	0.09	0.09						128	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60								
127	0.70	0.65	0.42	0.42	0.40	0.33	0.24	0.13	0.13	0.13						127	0.70	0.72	0.46	0.42	0.40	0.33	0.24	0.13	0.13	0.13						127	1.00	1.10	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00							
126	0.70	0.60	0.47	0.47	0.48	0.45	0.33	0.25	0.25	0.25						126	0.70	0.60	0.47	0.47	0.48	0.45	0.33	0.25	0.25	0.25						126	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00							
125	0.70	0.55	0.40	0.48	0.48	0.45	0.40	0.35	0.35	0.35						125	0.70	0.55	0.48	0.48	0.48	0.45	0.48	0.39	0.35	0.35						125	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.20	1.10	1.00	1.00							
124	0.75	0.60	0.58	0.40	0.53	0.53	0.35	0.38	0.38	0.38						124	0.75	0.60	0.70	0.40	0.53	0.53	0.39	0.42	0.27	0.27						124	1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	0.70	0.70							
123	0.75	0.55	0.41	0.45	0.53	0.55	0.52	0.43	0.30	0.30						123	0.75	0.55	0.41	0.45	0.53																												

איור 7-2: ערכי מקדמי גשם בתאי יסוס עם מיפוי מרזבות



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com
 תהל ישראל - הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Taha.com



עמוד 21 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
 Management\Reports\
 ocx.docx5.8.14 כיול המודל שלב ד' כיול המודל

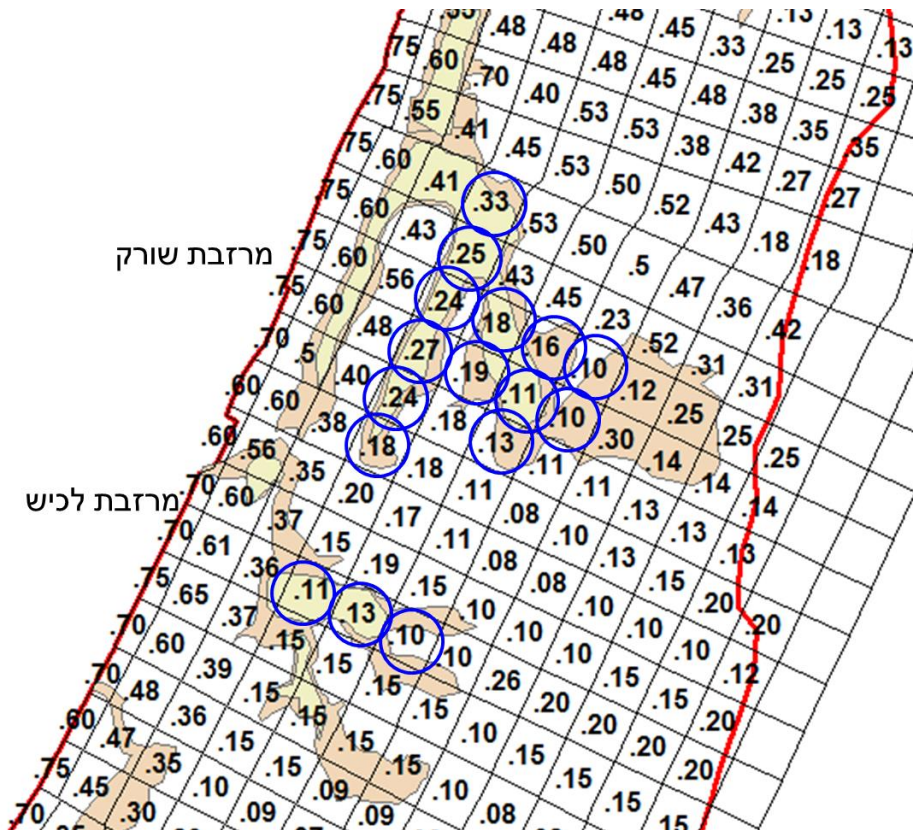
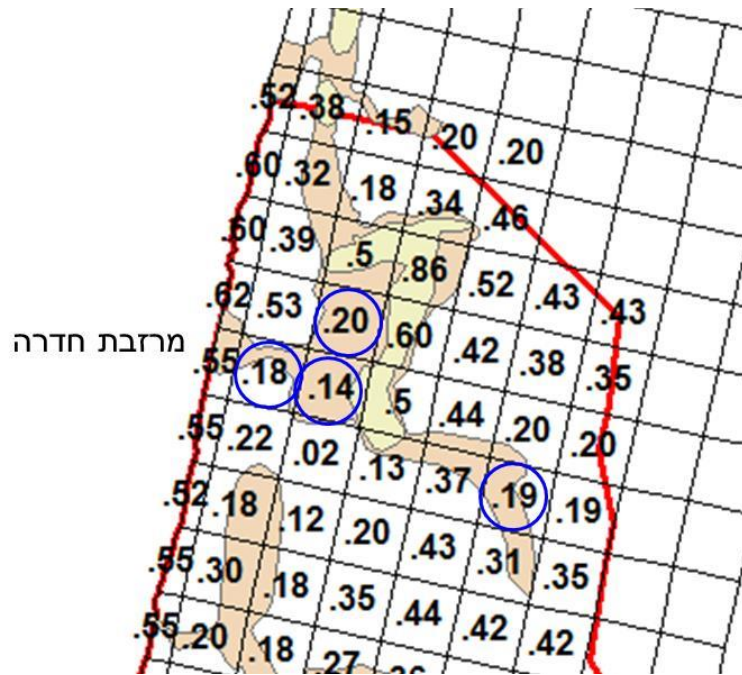
06/08/2014

מקבוצת קרדן



איור 8-2: מקדמי מילוי גשם באזורי מרזבות חדרה, שורק ולכיש

התאים בהם ערך מקדם הגשם נמוך מסביבתו תואם חלק מאזורי המרזבות



3. תוצאות הכיול

3.1 הצגת תוצאות מפלסי מי תהום

השוואה בין המפלסים המחושבים במודל והמפלסים המדודים בקידוחי תצפית מוצגים באיורים בנספח 2. האיורים מציגים השוואות בתאים ההידרולוגיים ובתאי יוסום שונים בכל איזור העבודה. עבור כל קידוח תצפית מייצג, מוצגים נתוני מדידות המפלס לאורך תקופת הכיול (בכחול), ביחס לערכים המחושבים במודל (בירוק) בתא בו ממוקם הקידוח. קידוחי התצפית המייצגים, המוצגים בנספח 2, נבחרו על סמך הקריטריונים הבאים:

1. נתוני מפלס מדודים רציפים ככל הניתן על פני כל תקופת הכיול.
2. נתוני המפלס אמינים ללא רעשים ושמגמות מייצגות את מגמות המפלס בשאר הקידוחים בסביבה.

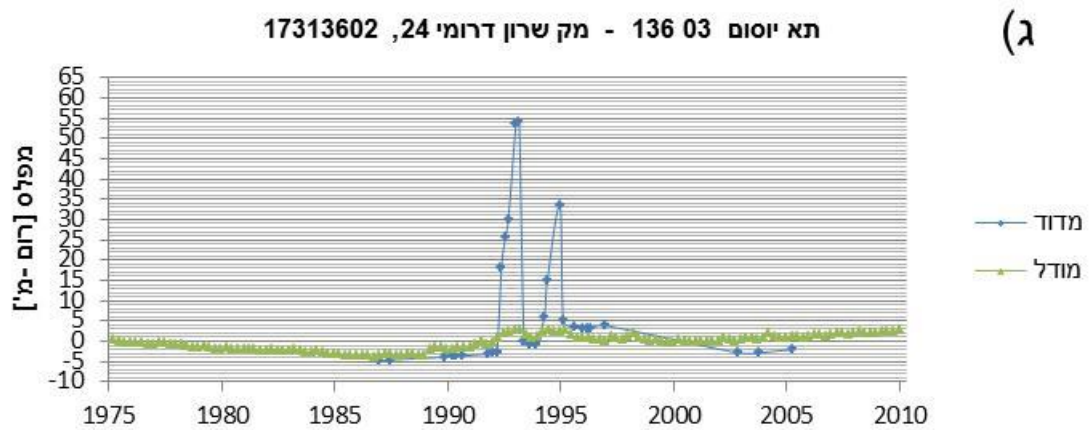
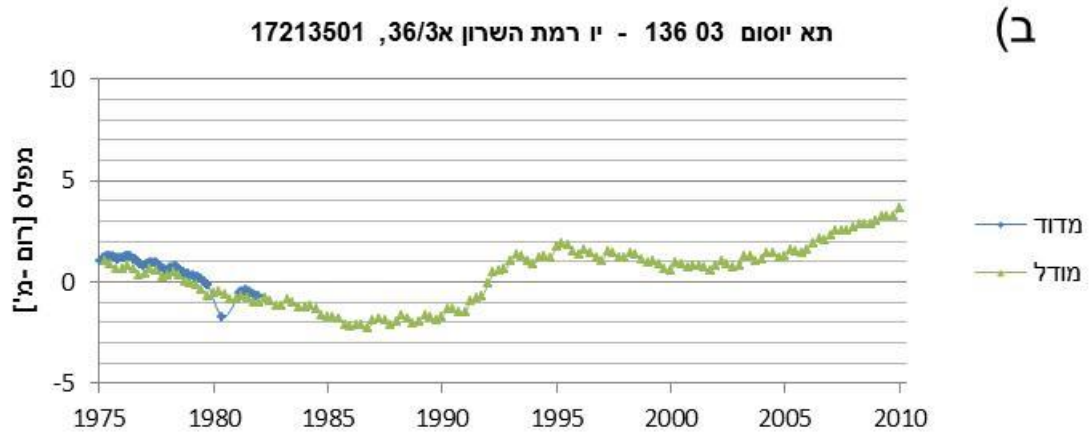
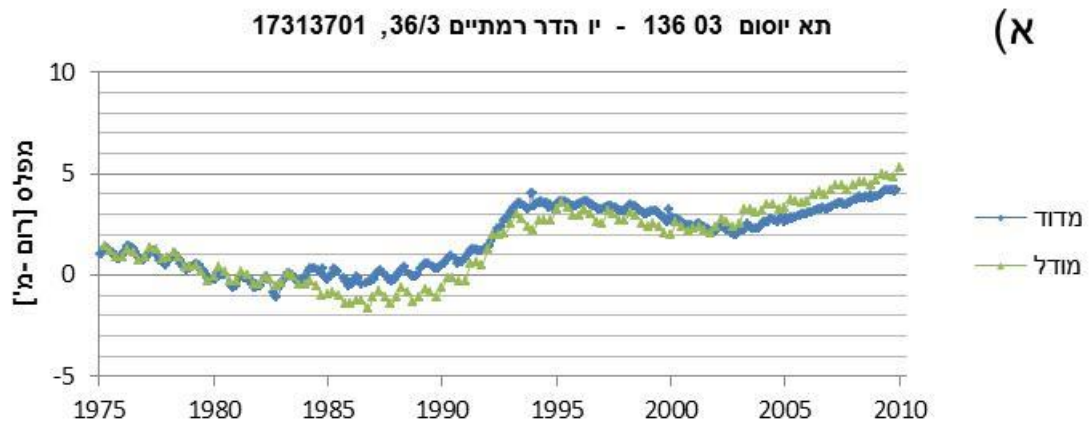
איור 1-3 (מדגים א) קידוח מייצג על פי הקריטריונים, (ב) קידוח לא מייצג בעל נתונים שאינם רציפים על פני תקופת הכיול, (ג) קידוח לא מייצג עקב רעשים/טעויות מדידה.

ההשוואה בין המפלסים המחושבים בקידוחים לבין המדודים המוצגת בנספח 2 מראה התאמה טובה מאוד במרבית קידוחי התצפית ובסה"כ הכיול ברוב אזור המודל הוא טוב.

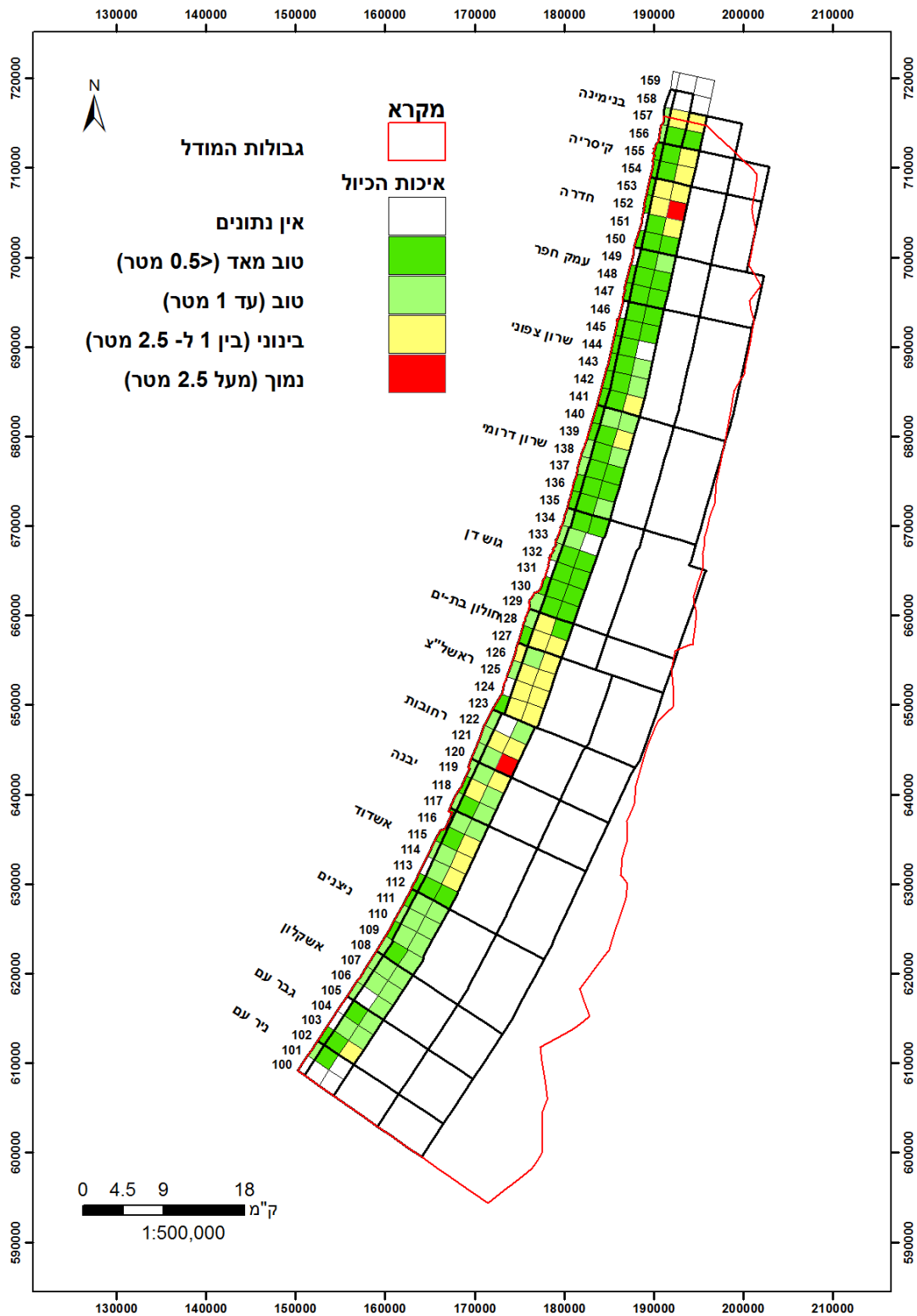
בחנית טיב הכיול נעשתה ב- 429 תאי יוסום בהם ניתן היה לבצע השוואה בין מפלסים מדודים למחושבים. טיב הכיול הוגדר בצורה שונה עבור 3 אזורים:

- אזור החוף ואוגר מערבי (איור 2-3)
 - כיול טוב מאד מוגדר ע"י הפרש בין מדוד למחושב של עד ± 0.5 מ'.
 - כיול טוב מוגדר ע"י הפרש בין מדוד למחושב של $1 - 0.5 \pm$ מ'.
 - כיול בינוני מוגדר ע"י הפרש בין מדוד למחושב של $2.5 - 1 \pm$ מ'.
 - כיול באיכות נמוכה מוגדר ע"י הפרש הגדול מ ± 2.5 מ'.
- אזור אוגר מזרחי (איור 3-3)
 - כיול טוב מוגדר ע"י הפרש בין מדוד למחושב של עד ± 1.5 מ'.
 - כיול בינוני מוגדר ע"י הפרש בין מדוד למחושב של $3 - 1.5 \pm$ מ'.
 - כיול באיכות נמוכה מוגדר ע"י הפרש הגדול מ ± 3 מ'.
- אזור מזרחי (איור 3-4)
 - כיול טוב מוגדר ע"י הפרש בין מדוד למחושב של עד ± 2 מ'.

איור 1-3: הדגמת תוצאות הכיול עבור א) קידוח מייצג על פי הקריטריונים, ב) קידוח לא מייצג בעל נתונים שאינם רציפים על פני תקופת הכיול, ג) קידוח לא מייצג עקב רעשים/טעויות מדידה



איור 2-3: פירוט איכות הכיול בתאי יסוסם באזור החוף ואוגר מערבי



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com
 תהל ישראל - הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 26 מתוך 56

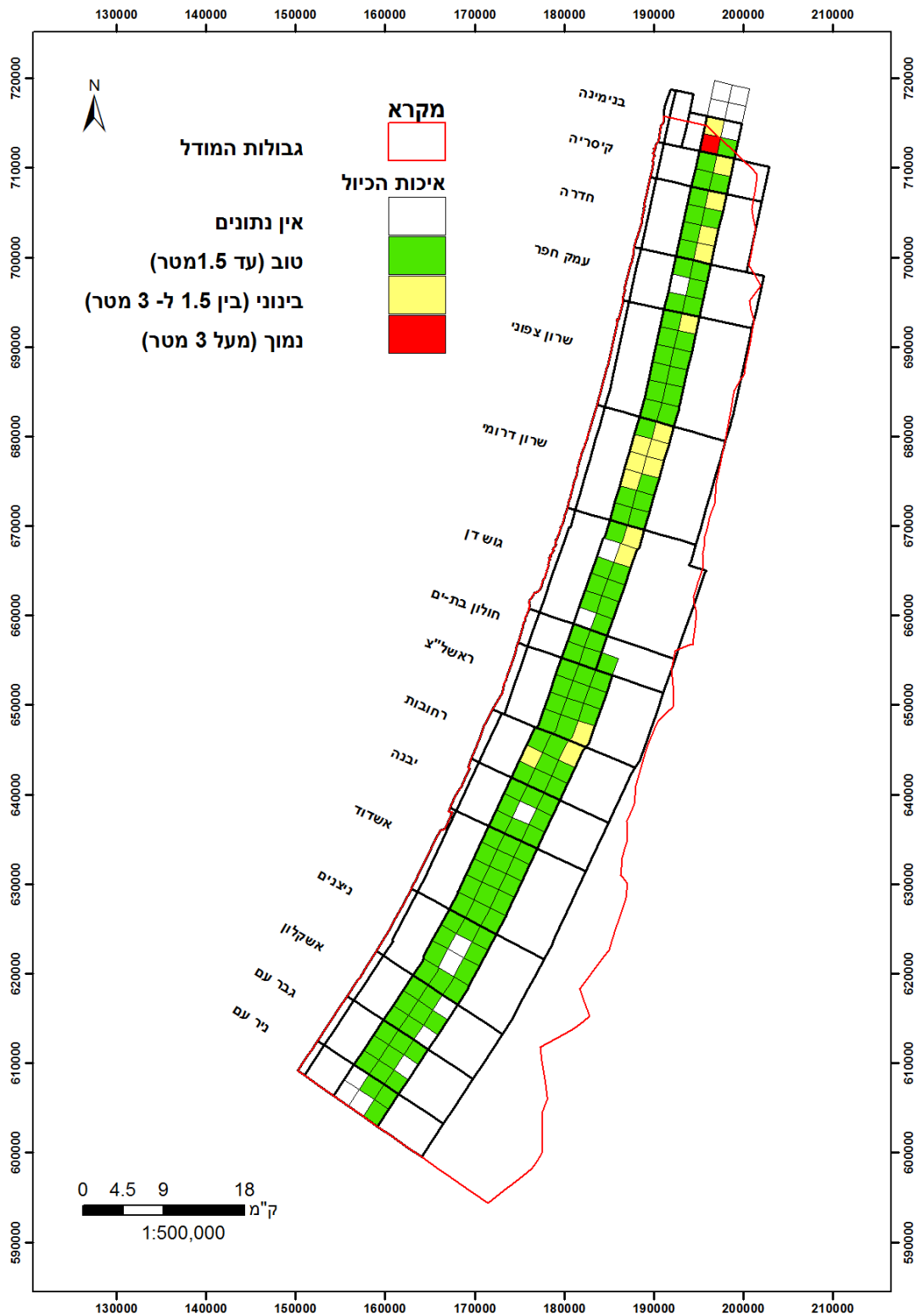
P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
 models\Management\Reports\
 ocx.docx5.8.14 כיול המודל של די כיול המודל

06/08/2014

מקבוצת קרדן



איור 3-3: פירוט איכות הכיול בתאי יוסום באזור אוגר מזרחי



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com
תהל ישראל - הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 27 מתוך 56

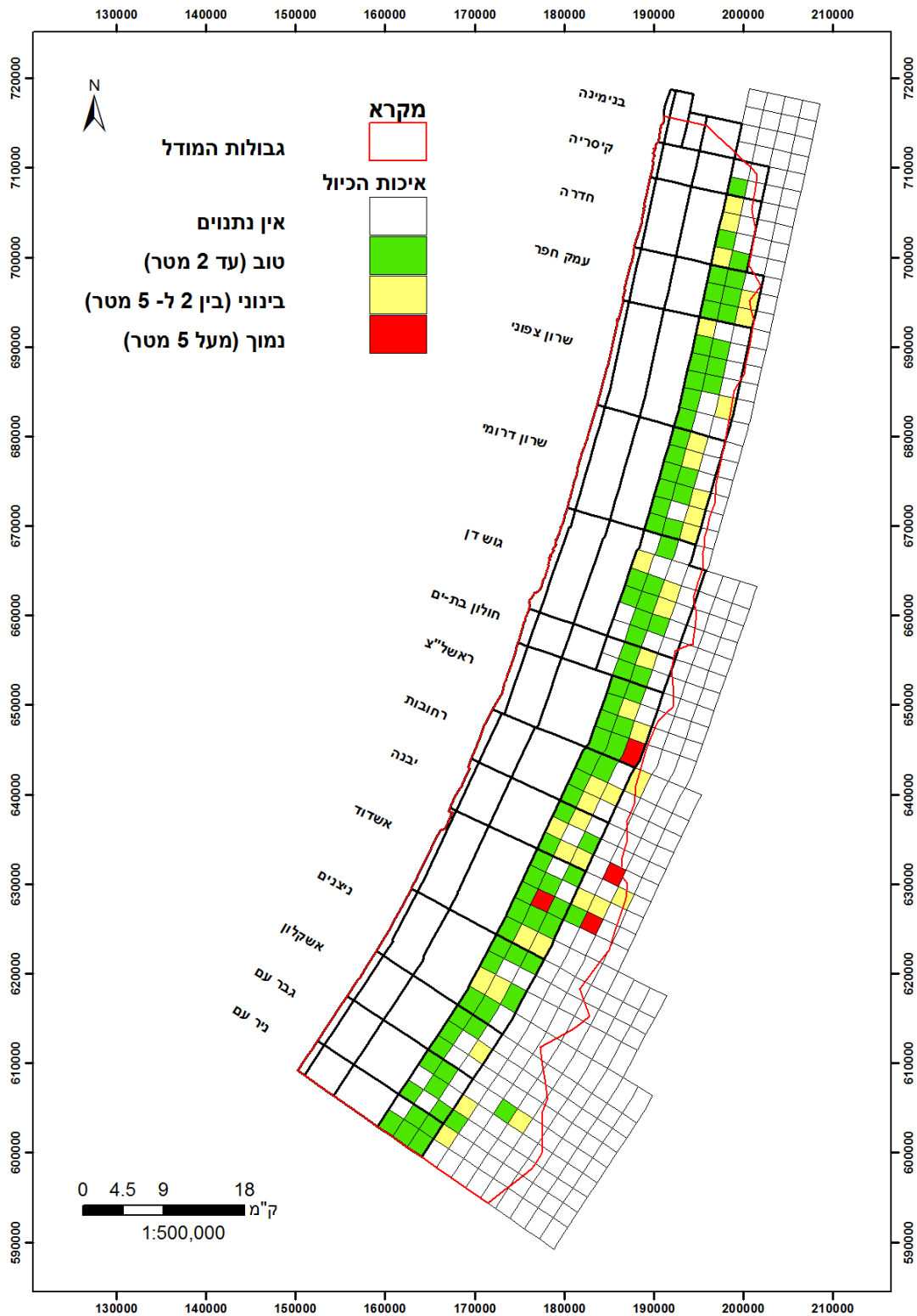
P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
models\Management\Reports\ocx.docx5.8.14
כיל המודל להוגש סופי שלב די כיול המודל 2014_8

06/08/2014

מקבוצת קרן



איור 3-4: פירוט איכות הכיול בתאי יוסום באזור המזרחי



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com
 תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 28 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
 models\Management\Reports\ocx.docx5.8.14
 כיול המודל להוגש סופי שלב די כיול המודל 2014_8

06/08/2014

מקבוצת קרדן



3.2 מאזני מים של המודל המכויל

מאזני מים שנתיים לתקופת הכיול עבור השנים 1975-2009 חושבו עבור אזור המודל כולו וכן עבור תתי אזורים.

תאי מאזן :

תתי האזורים שהוגדרו לעבודה זו מוצגים באיור 3-5 על סמך גבולות המודלים הקודמים :

- אשדוד-נירעם (רצועות יוסום 100-116)
- יבנה - ראשל"צ (רצועות יוסום 117-126)
- חולון בת-ים - גוש דן (רצועות יוסום 126-136, מכיל 2 רצועות משרון דרומי)
- בנימינה - שרון (רצועות יוסום 137-157)

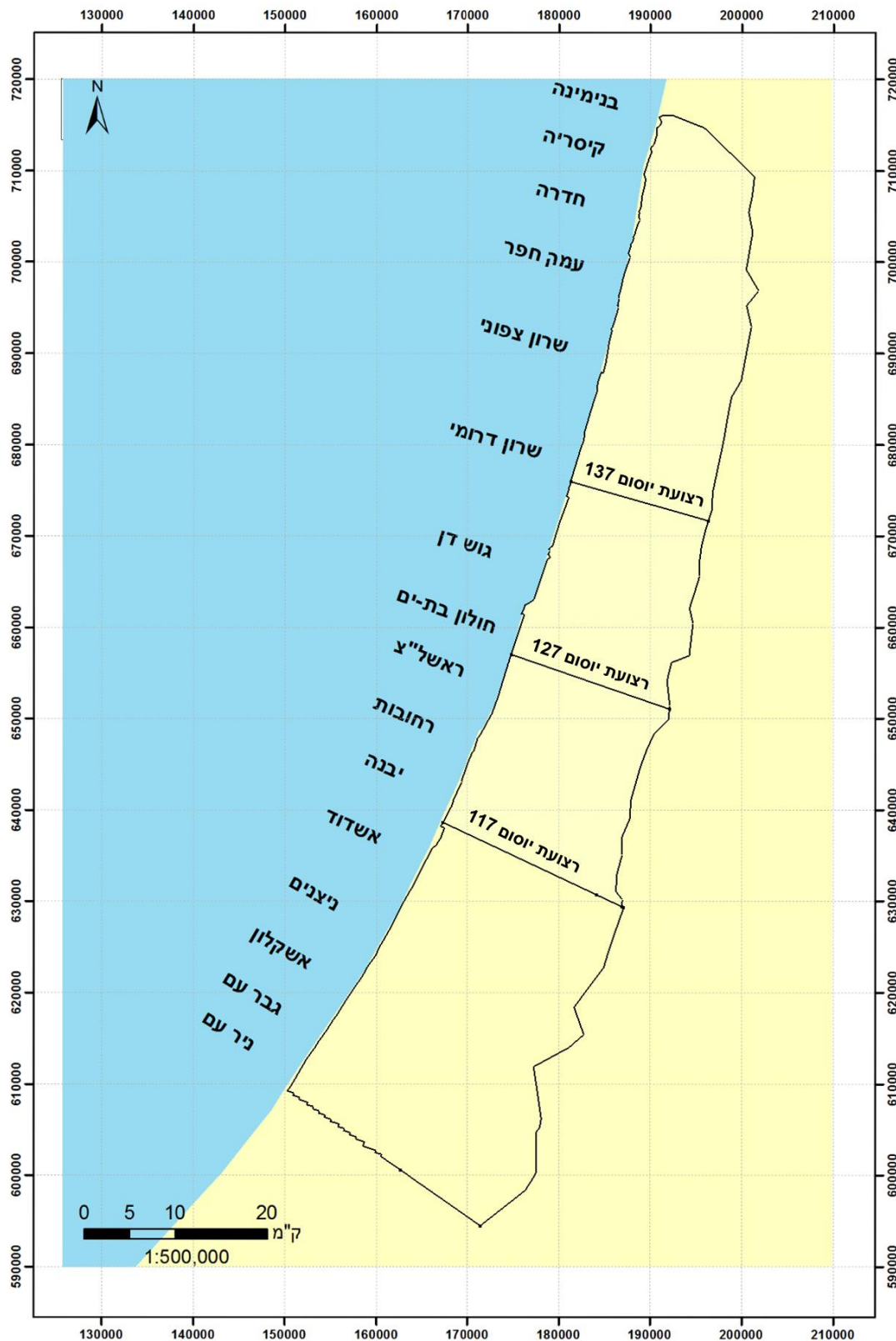
מרכיבי המאזן :

מרכיבי מאזן המים השנתי כוללים :

- כניסות: החדרה, מילוי חוזר
- יציאות: שאיבה, נקז (נחל חדרה)
- מעברים דרך גבולות: גבול הים – חדירת מי ים או יציאת מים מהאקוויפר, גבול מזרחי, מגע עם האיאוקן, גבול דרומי ומעברים בין תתי מאזן.
- אוגר: שינוי אוגר שנתי, שינוי אוגר מצטבר.

בנוסף מדווחים במאזני המים סה"כ הכניסות, סה"כ היציאות ושגיאת החישוב.

איור 3-5: תאי מאזן מים להרצת הכיול, על סמך אזורי המודלים הקודמים



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com
 תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 30 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
 Management\Reports\ocx.docx 5.8.14 כיול המודל שלב די כיול המודל

06/08/2014

מקבוצת קרן



מאזן המים לאזור כולו :

מאזן המים השנתי לאזור כולו מוצג בטבלה 1-3 ובאיור 6-3. סך השאיבות באזור (שאיבה – החדרה) הוא כ – 400 מלמ"ש בשנים 1975-1986, לאחר מכן בשנים 1987-1993 ישנה ירידה בשאיבה מכ – 400 לכ – 200 מלמ"ש. בשנים 1994-2009 השאיבה נעה סביב ממוצע של כ 300 מלמ"ש.

ערכי המילוי החוזר בתקופת הכיול נעים סביב ממוצע של כ 300 מלמ"ש, פרט לערכי שיא מעל 500 מלמ"ק בשנים 1991, 1992 ו 1994.

ערכי חדירת מי הים לאקוויפר כולו נמצאים במגמת עליה עד 1985, שבו מחושבת חדירת מי ים של כ 50 מלמ"ש. לאחר מכן ישנה הקטנה בחדירת מי הים עד 1990. בשנים 1991-1998 ניכרת יציאה קטנה של מים מאקוויפר בגבול הים, ובשנים 1999-2009 ערכי זרימת מים בגבול הים פנימה או החוצה זניחה ביחס לכל האקוויפר ולא עולה כל כ 10-15 מלמ"ש.

השוואת המילוי החוזר ביחס לסך השאיבה מראה שלוש תקופות עיקריות :

1. שאיבת יתר של כ 100 מלמ"ש בממוצע בשנים 1975-1985. שנים אלו ידועות כשנים בהם התפתחו שקעים הידרולוגיים משמעותיים באקוויפר חוף ששיאם ב 1985, כגון: שקע חדרה, שקע נתניה, שקע הרצליה, שקע רמת גן ועוד.
2. בשנים 1986-1991 הוקטנו השאיבות להיקף דומה למילוי החוזר לאקוויפר. בשנים 1991-1997 קטן היקף השאיבה ביחס למילוי החוזר, ובמקביל ישנו שיקום מפלסים.
3. בשנים 1998-2009, כמויות השאיבה מאוזנות בממוצע ביחס למילוי החוזר וערכי הכניסה ויציאה של מי ים מתאזנים.

טבלת המאזן מציגה את מעברי המים דרך גבולות המודל. הגבול הדרומי באזור רצועת עזה מוציא כ 4.5 מלמ"ק בשנה בממוצע מהאקוויפר לכיוון עזה. המגע עם האיאוקן באזור אשדוד – נירעם מכניס כ 11 מלמ"ק בשנה מתחתית האקוויפר. דרך הגבול המזרחי המוגדר מרצועת אשדוד לחולון – בת ים, חודרים לאקוויפר כ 10 מלמ"ק בשנה. המאזן מראה יציאה של כ 3.3 מלמ"ש בממוצע על ידי נחל חדרה המנוקז לים.

באיור 7-3 מוצג שינוי האוגר המצטבר באקוויפר ביחס לאוגר ההתחלתי בשנת 1975 שהוגדר כנקודת ה 0. גם בגרף זה ניתן לזהות את 3 התקופות שהוגדרו עבור מרכיבי המאזן, כלומר ירידת אוגר של כ 1000 מלמ"ק בתקופה 1975-1985, עליית אוגר של כ 1200 מלמ"ק בתקופה 1986-1997, והאוגר נע בין 0-200 מלמ"ק מעל נקודת ה- 0.

טבלה 1-3: מאזן מים שנתי כולל לאזור העבודה כולו

שנה	גבול עם הים	שאיבה/החדרה		מילוי חוזר	גבול דרומי (עזה)	גבול מזרחי	מגע עם האיאווקן	נקז נחל חדרה	שינוי אוגר שנתי	שינוי אוגר מצטבר	סה"כ		שגיאת חישוב
		IN	OUT								IN	OUT	
	Net flow				Net flow	Net flow	Net flow	OUT			IN	OUT	%
	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	
1975	-62.0	27.1	437.2	277.1	-1.6	12.8	11.0	2.8	-175.8	-175.8	757.4	-757.3	0.006%
1976	-25.1	14.4	437.5	293.1	-2.7	11.7	11.0	3.1	-138.2	-314.0	652.9	-652.9	-0.008%
1977	-26.5	46.7	403.0	418.4	-4.0	10.8	11.0	3.6	49.9	-264.1	739.8	-739.8	0.000%
1978	-10.8	31.9	465.7	272.7	-4.0	11.1	11.0	3.0	-156.8	-421.0	652.9	-652.9	-0.004%
1979	2.2	31.2	469.5	315.5	-4.6	10.8	11.1	2.7	-106.0	-527.0	682.7	-682.6	0.008%
1980	-3.2	51.1	424.7	311.9	-5.8	10.7	11.1	3.0	-52.1	-579.0	663.4	-663.4	0.009%
1981	6.2	53.5	395.9	287.8	-5.7	10.8	11.1	3.1	-35.4	-614.4	621.0	-621.0	0.006%
1982	14.3	40.7	440.4	338.1	-6.2	10.5	11.1	2.7	-34.6	-649.0	687.0	-686.9	0.005%
1983	9.1	61.9	438.0	351.2	-7.5	10.1	11.0	3.2	-5.2	-654.2	727.9	-727.9	0.003%
1984	34.1	24.9	458.0	224.3	-6.9	10.8	11.1	2.7	-162.5	-816.8	551.7	-551.7	0.004%
1985	48.1	34.3	474.6	245.3	-6.1	10.7	11.1	2.4	-133.9	-950.6	570.4	-570.3	0.019%
1986	37.2	34.3	429.1	478.4	-5.9	10.2	11.1	3.1	133.0	-817.6	750.8	-750.7	0.007%
1987	31.8	45.7	388.7	302.0	-5.9	10.3	11.0	3.1	3.2	-814.4	621.9	-621.9	0.004%
1988	20.0	120.4	397.9	366.7	-6.5	10.0	11.0	3.4	120.2	-694.3	746.4	-746.3	0.018%
1989	18.8	161.3	403.5	311.1	-6.4	10.2	11.0	2.9	99.6	-594.7	709.5	-709.4	0.003%
1990	13.3	110.7	498.6	249.0	-5.7	10.4	11.0	3.0	-113.0	-707.7	674.3	-674.2	0.011%
1991	-8.6	104.5	411.6	640.8	-4.5	9.4	11.0	4.0	336.9	-370.8	959.0	-958.9	0.006%
1992	-39.8	198.8	349.5	549.4	-5.4	8.4	10.9	5.3	367.3	-3.5	949.7	-949.6	0.004%
1993	-24.8	146.1	383.8	226.8	-6.2	9.4	10.9	3.7	-25.3	-28.8	640.0	-639.9	0.002%
1994	-25.1	165.2	384.1	533.9	-6.1	9.2	10.8	4.7	299.0	270.2	907.1	-907.0	0.006%
1995	-23.9	128.4	415.1	237.2	-6.2	9.6	10.8	4.2	-63.4	206.8	601.1	-601.1	0.001%
1996	-20.9	104.6	424.0	321.3	-7.3	9.6	10.8	3.9	-9.8	197.0	667.5	-667.4	0.013%
1997	-25.6	132.7	416.0	409.7	-7.2	9.3	10.7	4.0	109.6	306.7	777.0	-777.0	0.003%
1998	-13.1	131.0	455.3	221.1	-6.7	10.0	10.8	3.7	-105.9	200.7	646.0	-646.0	0.002%
1999	7.4	115.5	541.5	157.5	-4.9	10.3	10.9	2.6	-247.5	-46.7	598.6	-598.5	0.011%
2000	-2.7	133.6	509.8	424.9	-3.1	9.9	10.9	3.6	60.1	13.4	820.3	-820.3	0.000%
2001	3.7	131.7	503.4	293.3	-0.7	10.0	10.9	3.1	-57.6	-44.2	675.3	-675.3	0.005%
2002	1.5	137.8	523.8	327.6	0.3	9.8	10.8	3.3	-39.4	-83.6	710.0	-710.0	0.002%
2003	-15.9	150.3	392.2	403.0	-0.1	9.3	10.8	4.0	161.2	77.7	743.7	-743.7	0.004%
2004	-10.8	155.2	376.8	271.5	-0.4	10.0	10.9	3.6	56.2	133.9	618.1	-618.0	0.003%
2005	-14.1	143.2	403.2	308.1	-1.4	9.8	10.9	3.3	50.0	183.9	645.8	-645.8	0.005%
2006	-16.1	137.4	419.2	319.8	-2.8	10.0	11.0	3.0	37.1	221.0	614.1	-614.1	0.000%
2007	-16.8	143.2	459.2	279.8	-3.4	10.1	10.9	3.1	-38.4	182.5	648.8	-648.8	0.003%
2008	-10.6	137.9	427.4	237.4	-2.8	10.3	11.0	2.6	-46.7	135.8	571.8	-571.8	0.005%
2009	-9.6	127.8	407.4	301.5	-2.2	10.3	11.0	3.2	28.4	164.2	609.4	-609.4	0.006%
ממוצע	-4.5	100.4	433.3	328.8	-4.5	10.2	11.0	3.3	4.7		691.8	-691.8	0.005%

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com
 תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 32 מתוך 56

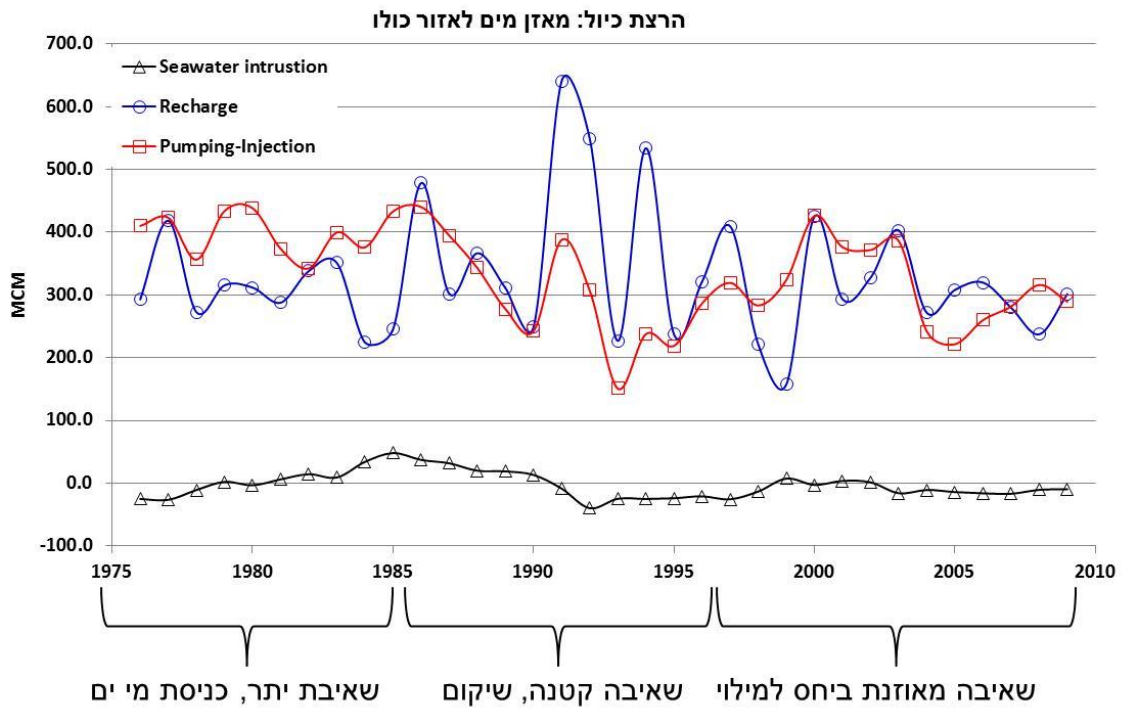
P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
 Management\Reports\ocx.docx5.8.14 כיול המודל סופי
 2014_8 ואיחוד מודלים באקוויפר החוף שלב די כיול המודל

06/08/2014

מקבוצת קרן



איור 6-3: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים השנתי לאזור כולו



איור 7-3: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיול עבור אזור המודל כולו



מאזן המים לאזור אשדוד - נירעם :

מאזן המים השנתי לאזור אשדוד - נירעם מוצג בטבלה 2-3 ובאיור 8-3.
סך השאיבות באזור (שאיבה - החדרה) הוא כ- 90 מלמ"ש בממוצע בשנים 1975-1991, לאחר מכן בשנים 1997-1992 ישנה ירידה בשאיבה לערכים נמוכים מכ 65 מלמ"ש. בשנים 1998 - 2009 ערכי השאיבה משתנים מאוד סביב ממוצע של כ 100 מלמ"ש.

ערכי המילוי החוזר בתקופת הכיול נעים סביב ממוצע של כ 75 מלמ"ש למעט בשנים 1986, 1991, 1992 ו 1994 בהם המילוי החוזר מעל 105 מלמ"ש.
גם כאן ניתן לראות חלוקה ל 3 תקופות :

1. שאיבת יתר מעטה של כ 15 מלמ"ש ביחס למילוי החוזר בשנים 1975-1990.
2. שאיבה קטנה מהמילוי החוזר בשנים 1991-1997.
3. שאיבת יתר בשנים 1998-2009, למעט בשנים 2004-2005.

באיור 9-3 מוצג שינוי האוגר המצטבר באשדוד נירעם ביחס לאוגר ההתחלתי בשנת 1975. גם בגרף זה ניתן לזהות את 3 התקופות שהוגדרו. בסה"כ האוגר לא קטן בצורה משמעותית בתקופה הראשונה, גדל עד כ 250 מלמ"ק בתקופה השנייה ונשמר מעל נקודת ה 0- בהמשך.

הגבול המזרחי והכניסות דרכו באזור אשדוד נירעם הוגדרו בצורה שונה מאשר במודלים הקודמים. הכניסה הוגדרה ע"י מגע עם האיאוּקן בתחתית האקוויפר, ועוד קטע גבול מזרחי ברצועת אשדוד. בנוסף, הכניסות במזרח האקוויפר באות ממילוי חוזר בקטע מזרחי של האקוויפר. איור 10-3 מציג את הכניסות ממזרח של כ 20 מלמ"ק במודל זה דרך תחתי האקוויפר, כניסות ממזרח, ומילוי חוזר מזרחי. הערכות השירות ההידרולוגי לכניסות ממזרח עומדות של כ 27 מלמ"ק.

טבלה 2-3: מאזן מים שנתי לאשדוד - נירעם

שנה	גבול עם הים	שאיבה/החדרה		מילוי חוזר	גבול דרומי (עזה)	גבול מזרחי	מגע עם האיאוקן	מעבר ל/מ: אשדוד-ראשון	שינוי אוגר שנתי	שינוי אוגר מצטבר	סה"כ		שגיאת חישוב
		IN	OUT								IN	OUT	
	Net flow												
	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	%
1975	-25.9	8.8	-99.4	57.3	-1.6	1.6	11.0	2.5	-45.8	-45.8	216.7	216.7	0.000%
1976	-11.4	3.0	-100.9	54.2	-2.7	1.4	11.1	2.3	-43.0	-88.7	164.4	164.4	0.002%
1977	-13.3	12.5	-81.3	103.2	-4.0	1.3	11.0	3.1	32.6	-56.1	198.9	198.8	0.012%
1978	-7.5	7.8	-103.7	67.6	-4.0	1.4	11.0	3.4	-23.8	-79.9	176.4	176.4	0.005%
1979	-5.9	11.1	-98.1	74.3	-4.6	1.3	11.0	2.9	-7.8	-87.7	179.9	179.9	0.005%
1980	-8.6	11.9	-88.5	79.9	-5.8	1.3	11.0	2.8	4.4	-83.3	181.2	181.2	0.010%
1981	-0.6	11.3	-75.1	52.6	-5.7	1.4	11.0	2.8	-2.1	-85.4	143.6	143.6	0.007%
1982	1.2	13.8	-94.0	77.4	-6.2	1.4	11.1	2.4	7.3	-78.1	184.6	184.6	0.007%
1983	-1.3	12.0	-97.8	92.8	-7.5	1.3	11.0	2.5	13.6	-64.6	207.2	207.2	0.000%
1984	11.4	2.8	-111.3	48.5	-6.9	1.5	11.1	1.8	-40.9	-105.5	156.9	156.9	0.008%
1985	17.1	3.5	-121.8	55.8	-6.1	1.4	11.1	1.8	-37.0	-142.5	168.7	168.6	0.061%
1986	12.4	5.3	-112.2	125.2	-5.9	1.3	11.1	1.6	39.3	-103.3	223.1	223.1	0.015%
1987	9.5	11.6	-91.7	59.9	-5.9	1.4	11.0	1.8	-2.1	-105.3	164.0	164.0	0.011%
1988	6.2	12.1	-95.1	88.6	-6.5	1.3	11.0	1.6	19.7	-85.6	198.3	198.2	0.062%
1989	9.4	18.1	-106.5	68.1	-6.4	1.4	11.0	1.7	-2.9	-88.5	188.3	188.3	0.008%
1990	13.1	0.2	-131.8	60.7	-5.7	1.4	11.0	2.4	-48.4	-136.8	181.3	181.2	0.038%
1991	6.7	5.8	-112.5	144.5	-4.5	1.2	10.9	2.4	55.5	-81.4	237.8	237.8	0.009%
1992	-4.9	52.4	-53.0	116.6	-5.4	1.1	10.9	2.5	120.8	39.4	227.4	227.4	0.004%
1993	-5.4	34.3	-55.9	66.4	-6.2	1.3	10.9	2.8	48.7	88.2	167.9	167.9	0.001%
1994	-2.5	44.2	-64.0	118.6	-6.1	1.3	10.8	2.9	105.9	194.1	219.8	219.7	0.023%
1995	-5.5	27.9	-70.0	58.8	-6.2	1.4	10.8	2.4	19.8	213.9	146.1	146.1	0.000%
1996	-5.0	5.7	-72.6	80.5	-7.3	1.3	10.8	1.9	15.7	229.6	156.6	156.5	0.054%
1997	-5.3	10.1	-80.2	89.8	-7.2	1.3	10.7	2.2	21.9	251.4	172.6	172.6	0.014%
1998	1.1	12.1	-99.2	42.8	-6.7	1.4	10.8	2.3	-35.2	216.2	152.4	152.4	0.007%
1999	8.3	0.5	-149.0	33.3	-4.9	1.5	10.9	1.7	-97.5	118.7	168.7	168.6	0.039%
2000	7.7	3.8	-144.4	90.4	-3.1	1.4	10.9	1.1	-31.4	87.2	203.2	203.2	0.000%
2001	7.9	10.5	-142.9	68.8	-0.7	1.4	10.9	0.6	-42.9	44.3	188.6	188.6	0.017%
2002	6.9	10.9	-146.7	82.6	0.3	1.4	10.8	-0.1	-33.1	11.2	196.8	196.8	0.003%
2003	-1.4	11.2	-57.2	95.0	-0.1	1.3	10.8	0.4	60.7	71.9	161.0	161.0	0.011%
2004	0.3	9.2	-46.0	54.2	-0.4	1.4	10.9	0.1	30.4	102.3	113.4	113.4	0.009%
2005	-1.7	7.6	-74.9	69.3	-1.4	1.4	10.9	-0.1	11.6	113.9	135.6	135.6	0.020%
2006	-0.6	3.7	-82.1	63.7	-2.8	1.4	11.0	-0.2	-5.4	108.5	126.1	126.1	0.000%
2007	-1.1	6.6	-122.9	71.2	-3.4	1.4	10.9	-0.6	-37.3	71.2	171.3	171.3	0.008%
2008	1.8	0.0	-94.7	57.1	-2.8	1.5	11.0	-0.4	-26.0	45.2	130.7	130.6	0.022%
2009	5.7	0.0	-90.5	51.6	-2.2	1.5	11.0	-0.8	-23.3	21.9	121.9	121.9	0.028%
ממוצע	0.5	11.5	-96.2	74.9	-4.5	1.4	10.9	1.7	0.6		175.2	175.2	0.015%

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com

תהל ישראל – הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 35 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer

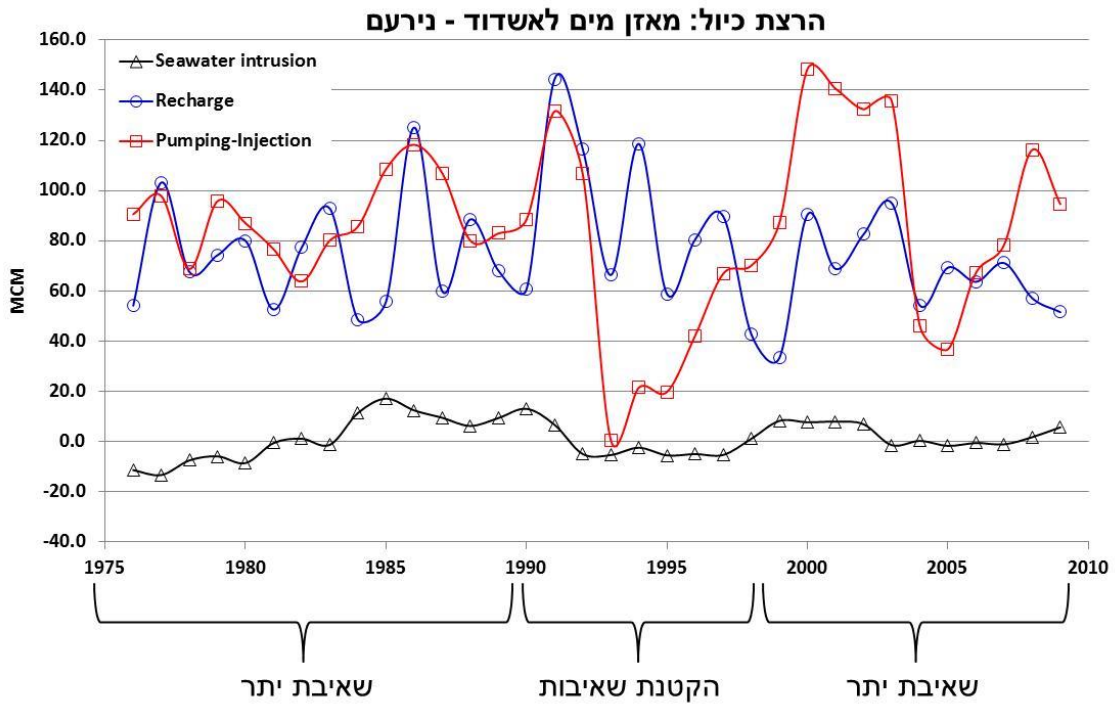
06/08/2014

מקבוצת קרן

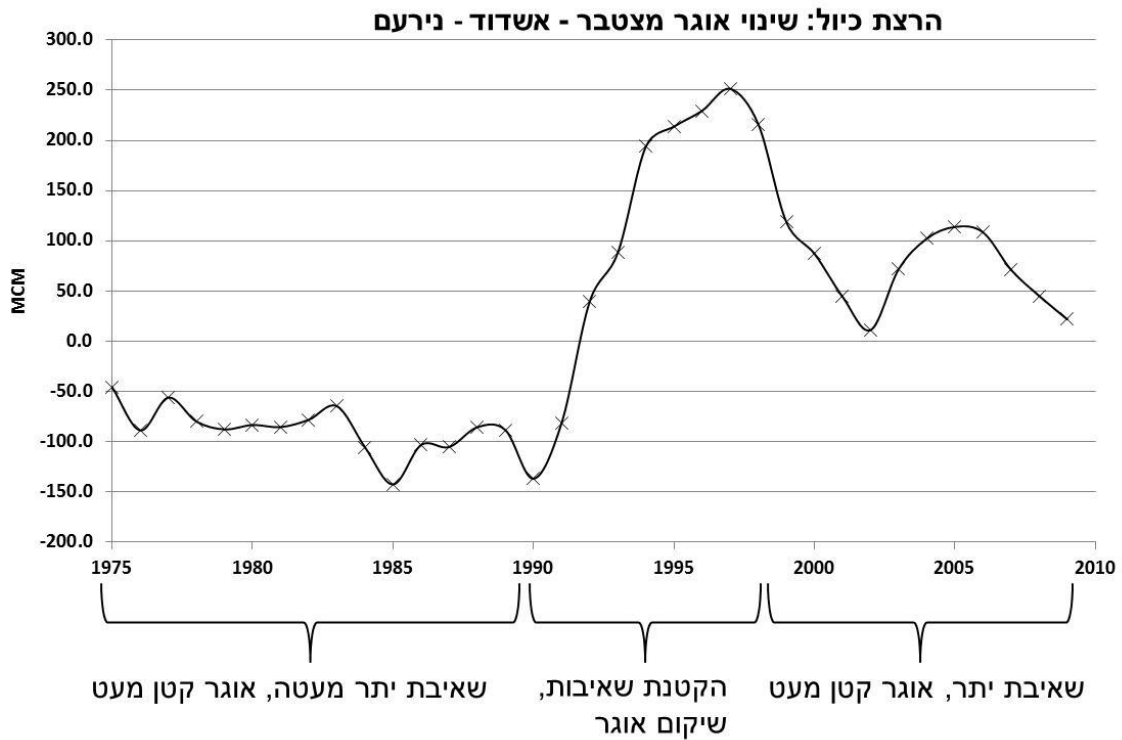


models\Management\Reports\ocx.docx5.8.14 כיול המודל ל-2014_8

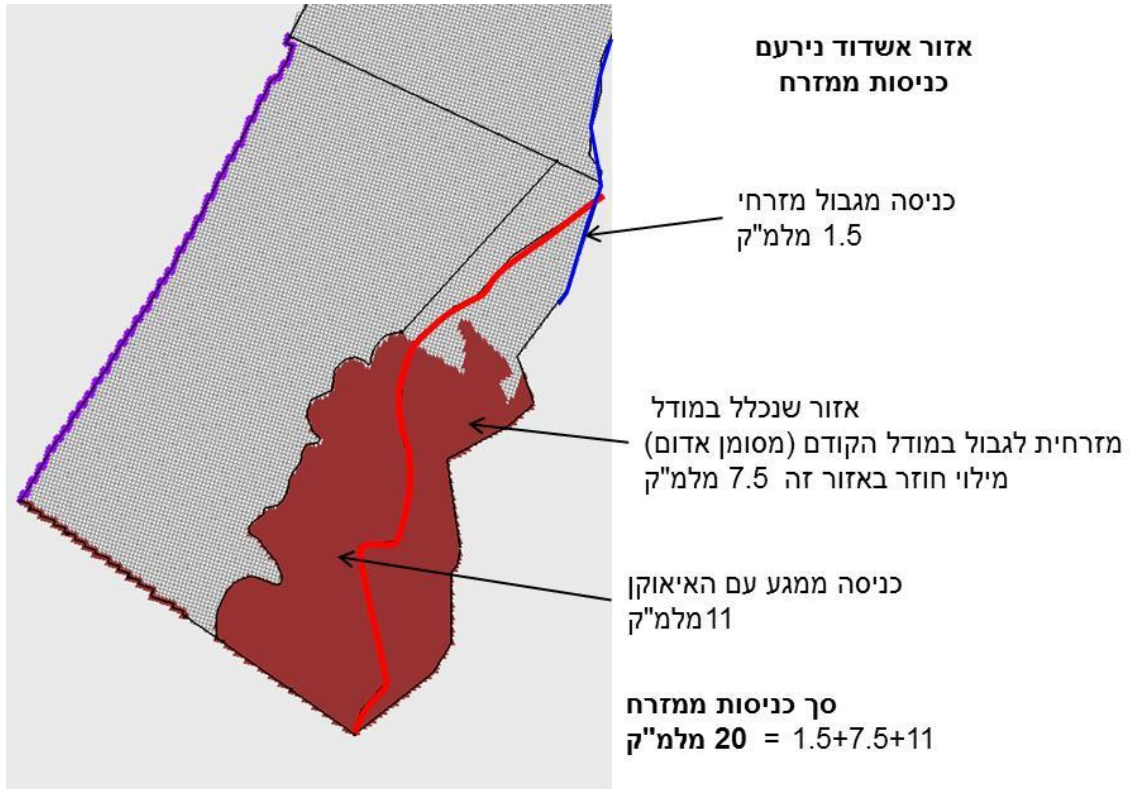
איור 8-3: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים באזור אשדוד - נירעם



איור 9-3: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיול אזור אשדוד - נירעם



איור 10-3: כניסות ממזרח באזור אשדוד – נירעם במודל



מאזן המים לאזור יבנה – ראשלי"צ :

מאזן המים השנתי לאזור יבנה ראשלי"צ מוצג בטבלה 3-3 ובאיור 3-10.
סך השאיבות באזור (שאיבה – החדרה) בשנים 1975-1986 הוא כ 90 מלמ"ש
בממוצע, לאחר מכן בשנים 1987-1995 ישנה ירידה בשאיבה לערכים נמוכים עם
ממוצע של כ 60 מלמ"ש. בשנים 1996-2009 ערכי השאיבה משתנים סביב ממוצע
של כ 80 מלמ"ש.

ערכי המילוי החוזר בתקופת הכיול נעים סביב ממוצע של כ 75 מלמ"ש למעט
בשנים 1987, 1992, 1993 ו 1995 בהם המילוי החוזר מעל 100 מלמ"ש.

גם כאן ניתן לראות חלוקה ל 3 תקופות :

1. שאיבת יתר מעטה של כ 20 מלמ"ש ביחס למילוי החוזר בשנים 1975-1986.
2. שאיבה קטנה מהמילוי החוזר בשנים 1987-1995.
3. שאיבת יתר בשנים 1996-2009 בהיקף של כ 15 מלמ"ק ביחס למילוי החוזר.

באיור 3-11 מוצג שינוי האוגר המצטבר באזור יבנה – ראשלי"צ ביחס לאוגר
ההתחלתי בשנת 1975. גם בגרף זה ניתן לזהות את 3 התקופות שהוגדרו. בסה"כ
האוגר קטן בתחילה בכ 300 מלמ"ק, לאחר מכן משתקם, אך נותר מתחת לקו
אוגר 0.

הכניסות ממזרח באזור יבנה- ראשון לציון במודל עומדות על ממוצע של 7.7
בהתאמה טובה להערכות השירות ההידרולוגי העומדות על ערך זה.



טבלה 3-3: מאזן מים שנתי ליבנה - ראשלי"צ

שנה	גבול עם הים	שאיבה/החדרה		מילוי חוזר	גבול מזרחי	מעבר ל/מ: אשדוד - נירעם	מעבר ל/מ: לגוש דן	שינוי אוגר שנתי	שינוי אוגר מצטבר	סה"כ		שגיאת חישוב
		IN	OUT							IN	OUT	
	Net flow	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	%
1975	-23.6	0.0	-98.1	60.3	9.8	-2.5	-4.8	-58.8	-58.8	180.8	180.8	0.0001%
1976	-11.2	0.0	-101.6	54.0	9.0	-2.3	-3.3	-55.5	-114.3	148.9	148.9	0.0000%
1977	-9.9	8.6	-86.2	89.6	8.4	-3.1	-3.0	4.4	-110.0	166.9	166.9	0.0000%
1978	-8.3	9.9	-99.4	64.3	8.6	-3.4	-3.8	-32.1	-142.1	155.7	155.7	0.0001%
1979	-5.8	10.7	-110.8	69.9	8.3	-2.9	-3.7	-34.3	-176.4	168.9	168.9	0.0000%
1980	-7.0	15.3	-96.9	69.9	8.2	-2.8	-3.5	-16.9	-193.2	161.7	161.7	0.0000%
1981	-5.7	19.7	-86.9	61.6	8.2	-2.8	-3.2	-9.1	-202.3	150.0	150.0	-0.0001%
1982	-4.7	23.8	-102.0	81.5	8.0	-2.4	-3.7	0.5	-201.8	182.4	182.4	0.0001%
1983	-5.2	26.9	-108.4	81.4	7.7	-2.5	-4.2	-4.3	-206.1	188.2	188.2	0.0001%
1984	-0.8	18.7	-115.5	50.1	8.2	-1.8	-4.0	-45.1	-251.2	154.6	154.6	0.0000%
1985	2.1	21.8	-118.9	59.1	8.1	-1.8	-3.1	-32.6	-283.8	160.2	160.2	0.0000%
1986	1.7	18.6	-122.5	110.0	7.8	-1.6	-2.8	11.1	-272.7	213.4	213.3	0.0053%
1987	2.7	21.6	-103.2	65.0	7.8	-1.8	-2.2	-10.1	-282.9	177.9	177.9	0.0000%
1988	0.1	83.7	-103.6	82.6	7.6	-1.6	-2.0	66.9	-216.0	227.1	227.1	0.0000%
1989	-5.4	80.3	-99.3	79.3	7.7	-1.7	-2.8	58.1	-157.9	215.0	215.0	0.0000%
1990	-9.6	76.2	-167.1	56.2	7.9	-2.4	-3.4	-42.0	-199.9	225.7	225.7	0.0000%
1991	-11.6	77.2	-146.8	156.4	7.1	-2.4	-3.5	76.4	-123.6	301.1	301.1	0.0073%
1992	-15.0	89.6	-131.6	145.0	6.3	-2.5	-3.4	88.4	-35.1	296.7	296.7	0.0000%
1993	-6.9	83.2	-151.1	51.8	7.1	-2.8	-3.1	-21.7	-56.8	220.2	220.2	0.0001%
1994	-3.3	83.1	-151.4	123.6	6.9	-2.9	-2.2	53.7	-3.1	275.3	275.3	0.0001%
1995	0.0	74.8	-168.6	51.3	7.2	-2.4	-1.0	-38.6	-41.7	204.1	204.1	0.0000%
1996	1.9	94.3	-181.3	71.5	7.2	-1.9	-0.5	-8.9	-50.6	240.8	240.8	0.0000%
1997	1.4	106.0	-174.2	94.5	7.0	-2.2	-0.2	32.3	-18.4	272.6	272.6	0.0000%
1998	3.2	103.5	-181.5	43.8	7.5	-2.3	0.3	-25.4	-43.8	234.3	234.3	0.0000%
1999	7.9	109.0	-212.1	36.0	7.7	-1.7	0.9	-52.3	-96.1	235.3	235.3	0.0000%
2000	6.2	116.9	-194.8	87.1	7.5	-1.1	1.1	22.9	-73.2	276.8	276.8	0.0000%
2001	6.6	114.5	-196.6	63.4	7.5	-0.6	-0.6	-5.8	-79.0	248.9	248.9	0.0000%
2002	8.1	111.6	-214.2	71.7	7.4	0.1	-1.0	-16.3	-95.3	263.0	263.0	0.0000%
2003	6.8	110.2	-185.7	96.6	7.0	-0.4	-0.9	33.6	-61.7	266.8	266.8	0.0000%
2004	9.4	117.8	-180.1	62.6	7.5	-0.1	0.1	17.2	-44.5	245.4	245.4	-0.0001%
2005	9.4	120.5	-186.6	68.0	7.3	0.1	-0.1	18.7	-25.8	253.2	253.2	0.0000%
2006	9.5	122.5	-201.5	70.7	7.5	0.2	-0.4	8.5	-17.2	247.8	247.8	0.0000%
2007	9.2	128.8	-208.0	62.0	7.6	0.6	-0.3	-0.2	-17.5	258.1	258.1	0.0000%
2008	9.3	128.9	-204.8	57.8	7.8	0.4	0.2	-0.4	-17.8	249.4	249.4	0.0001%
2009	11.5	118.8	-198.4	59.5	7.7	0.8	0.3	0.2	-17.6	240.5	240.5	-0.0001%
מוצע	-0.8	69.9	-148.3	74.5	7.7	-1.7	-1.9	-0.5		220.2	220.2	0.0004%

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com

תהל ישראל - הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 39 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer

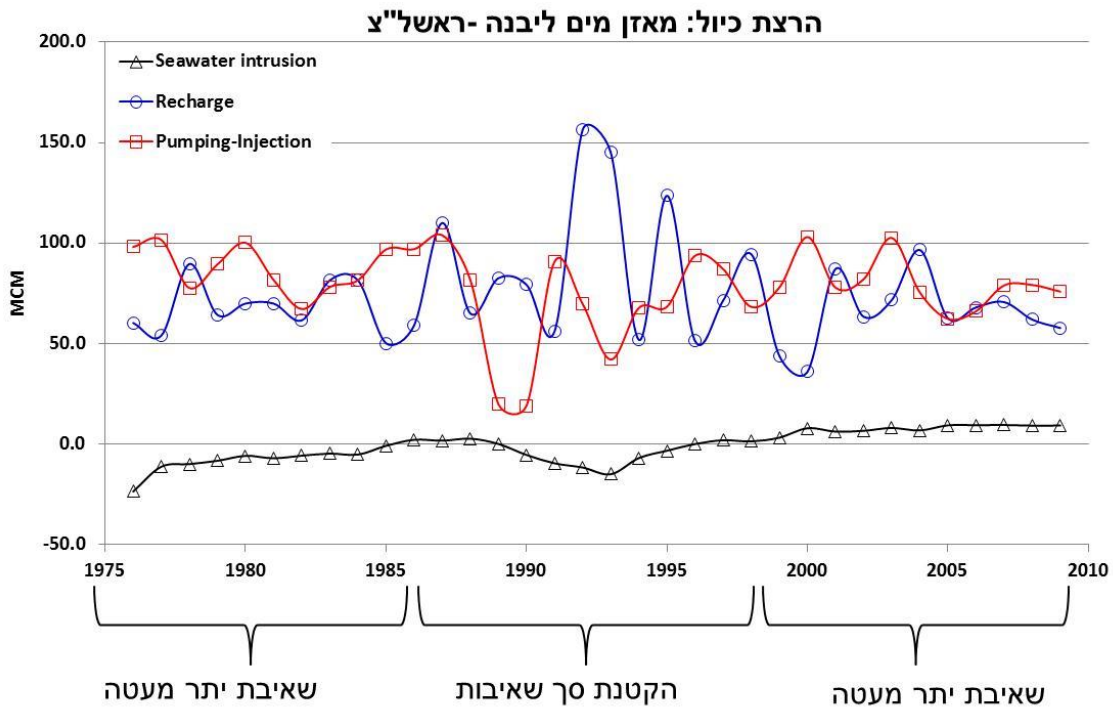
06/08/2014

מקבוצת קרן

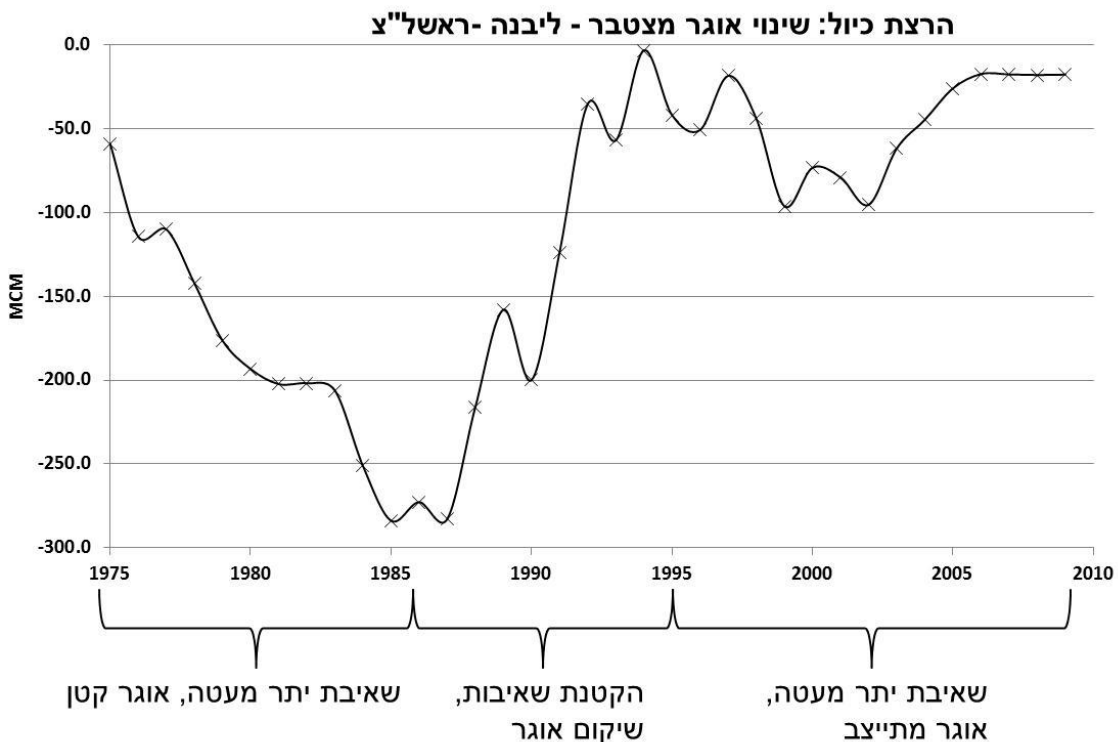


models\Management\Reports\2014_8\matmon-d\2014_8.14 ocx.docx

איור 11-3: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים באזור יבנה - ראש"צ



איור 12-3: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיוול אזור יבנה - ראש"צ



מאזן המים לאזור חולון - בת ים וגוש דן :

מאזן המים השנתי לאזור זה מוצג בטבלה 3-4 ובאיור 3-13.
סך השאיבות באזור (שאיבה – החדרה) בשנים 1975-1990 הוא כ 80 מלמ"ש בממוצע, לאחר מכן בשנים 1991-1997 ישנה ירידה בשאיבה לערך ממוצע של כ 60 מלמ"ש. בשנים 1998-2009 ערכי השאיבה יורדים מעט לממוצע של כ 53 מלמ"ש. ערכי המילוי החוזר בתקופת הכיול באזור זה נעים סביב ממוצע של כ 60 מלמ"ש. חלוקה ל 3 תקופות :

1. שאיבת יתר של כ 20 מלמ"ש ביחס למילוי החוזר בשנים 1975-1990.
2. שאיבה קטנה מהמילוי החוזר בכ 15 מלמ"ש בשנים 1991-1997.
3. שאיבה מאוזנת יותר בהיקף המילוי החוזר הממוצע בשנים 1998-2009.

באיור 3-14 מוצג שינוי האוגר המצטבר באזור חולון- בת ים וגוש דן ביחס לאוגר ההתחלתי בשנת 1975. האוגר קטן בכ 250 מלמ"ק עד שנת 1990, משתקם בכ 150 מלמ"ק עד שנת 1997, ולאחר מכן מתייצב ועולה בכ 50 מלמ"ק עד סיום התקופה. בכל תקופת ההרצה האוגר נשאר נמוך מערך האוגר התחילי.



טבלה 3-4: מאזן מים שנתי לחולון בת-ים - גוש דן

שנה	גבול עם הים	שאיבה/החדרה		מילוי חוזר	גבול מזרחי	מעבר ל/מ: אשדוד - ראשון	מעבר ל/מ: לבנימינה - שרון	שינוי אוגר שנתי	שינוי אוגר מצטבר	סה"כ		שגיאת חישוב
		IN	OUT							IN	OUT	
	Net flow				Net flow	Net flow	Net flow					
	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	%
1975	-10.9	0.0	-81.2	51.0	1.3	4.8	-2.6	-37.6	-37.6	125.5	125.5	-0.0001%
1976	-3.9	0.0	-79.4	57.3	1.2	3.3	-2.6	-24.1	-61.6	115.0	115.0	-0.0001%
1977	-2.6	0.0	-80.5	73.7	1.2	3.0	-2.5	-7.6	-69.3	124.8	124.8	0.0000%
1978	0.7	0.0	-91.8	49.1	1.2	3.8	-3.0	-40.0	-109.3	116.1	116.1	0.0000%
1979	3.8	0.0	-91.5	54.8	1.2	3.7	-2.9	-31.0	-140.3	121.7	121.7	0.0000%
1980	4.2	0.0	-78.0	54.3	1.1	3.5	-3.3	-18.1	-158.4	109.7	109.7	0.0000%
1981	5.1	0.0	-75.7	55.7	1.1	3.2	-2.8	-13.4	-171.8	109.3	109.3	0.0001%
1982	7.2	0.0	-77.5	62.5	1.1	3.7	-2.9	-5.8	-177.7	118.6	118.6	-0.0001%
1983	7.0	0.0	-77.8	58.0	1.1	4.2	-2.7	-10.3	-187.9	116.0	116.0	0.0000%
1984	9.4	0.0	-77.1	38.3	1.1	4.0	-3.5	-27.7	-215.6	95.0	95.0	-0.0002%
1985	10.6	0.0	-76.7	40.4	1.1	3.1	-3.8	-25.3	-240.9	96.9	96.9	-0.0001%
1986	9.3	0.0	-71.7	82.7	1.1	2.8	-3.6	20.7	-220.2	127.6	127.6	-0.0001%
1987	9.3	0.0	-66.9	55.2	1.1	2.2	-3.4	-2.5	-222.7	105.4	105.4	-0.0001%
1988	8.6	0.0	-66.4	66.8	1.1	2.0	-3.1	8.9	-213.8	116.4	116.4	-0.0001%
1989	9.1	1.5	-69.7	55.7	1.1	2.8	-0.8	-0.2	-214.0	109.2	109.2	-0.0001%
1990	9.3	0.3	-73.6	40.1	1.1	3.4	1.0	-18.4	-232.4	98.4	98.4	-0.0001%
1991	5.6	1.0	-61.5	112.6	1.1	3.5	0.5	62.8	-169.6	155.0	155.0	0.0000%
1992	2.4	7.7	-61.4	99.1	1.0	3.4	-1.9	50.2	-119.5	147.7	147.7	-0.0001%
1993	5.0	3.6	-60.9	36.4	1.0	3.1	-0.5	-12.3	-131.8	89.4	89.4	0.0001%
1994	3.3	7.3	-59.9	91.9	1.0	2.2	-1.9	43.9	-87.9	139.0	139.0	-0.0001%
1995	4.0	1.8	-61.8	38.9	1.0	1.0	0.6	-14.4	-102.2	82.9	82.9	0.0000%
1996	2.9	0.0	-57.8	56.1	1.0	0.5	0.0	2.8	-99.4	97.6	97.6	-0.0001%
1997	1.6	0.9	-59.0	72.6	1.0	0.2	0.1	17.4	-82.0	114.9	114.9	-0.0001%
1998	2.9	0.7	-59.8	40.3	1.1	-0.3	0.3	-14.8	-96.8	89.5	89.5	0.0000%
1999	4.7	0.5	-69.0	30.6	1.1	-0.9	-0.4	-33.4	-130.1	85.6	85.6	-0.0001%
2000	1.7	0.3	-69.3	84.6	1.1	-1.1	0.0	17.3	-112.9	131.2	131.2	0.0000%
2001	4.0	0.0	-68.7	51.9	1.1	0.6	0.3	-10.8	-123.7	96.0	96.0	0.0000%
2002	4.0	0.1	-66.8	58.5	1.1	1.0	1.0	-1.2	-124.9	99.6	99.6	0.0000%
2003	2.2	0.2	-57.9	71.5	1.0	0.9	0.7	18.7	-106.2	111.2	111.2	-0.0001%
2004	3.7	2.0	-49.1	47.8	1.1	-0.1	0.5	5.8	-100.4	85.0	85.0	-0.0001%
2005	2.1	0.3	-45.3	57.0	1.1	0.1	0.6	15.8	-84.6	88.5	88.5	0.0000%
2006	0.1	0.3	-43.6	65.4	1.1	0.4	0.2	23.8	-60.8	87.3	87.3	0.0002%
2007	-0.3	0.0	-41.9	43.6	1.1	0.3	0.1	2.9	-57.9	73.0	73.0	-0.0001%
2008	1.0	0.2	-40.6	41.3	1.1	-0.2	-0.6	2.2	-55.7	70.2	70.2	-0.0001%
2009	-1.7	0.1	-32.9	47.1	1.1	-0.3	-0.3	13.0	-42.6	72.6	72.6	-0.0001%
מומוצע	3.6	0.8	-65.8	58.4	1.1	1.9	-1.2	-1.2		106.3	106.3	-0.0001%

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com

תהל ישראל - הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Taha.com



עמוד 42 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer

06/08/2014

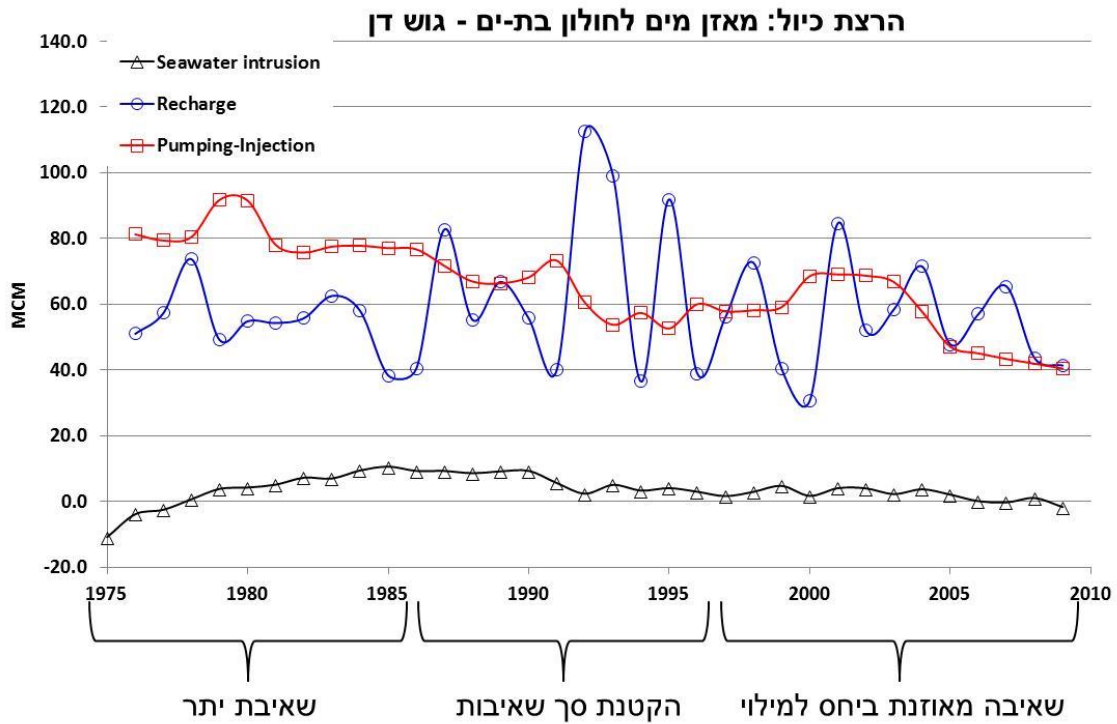
מקבוצת קרן



models\Management\Reports\

2014_8\איחוד מודלים באקוויפר החוף שלב די כיול המודל 5.8.14.docx

איור 13-3: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים באזור חולון בת-ים - גוש דן



איור 14-3: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיוול אזור חולון בת-ים - גוש דן



מאזן המים לאזור בנימינה - שרון :

מאזן המים השנתי לאזור זה מוצג בטבלה 3-5 ובאיור 3-15.
סך השאיבות באזור (שאיבה – החדרה) בשנים 1975-1986 הוא כ 140 מלמ"ש בממוצע, לאחר מכן השאיבה יורדת לערך ממוצע של כ 85 מלמ"ש עד סוף התקופה.
ערכי המילוי החוזר בתקופת הכיול באזור זה נעים סביב ממוצע של כ 120 מלמ"ש.
חלוקה ל 3 תקופות :

1. שאיבת יתר של כ 25 מלמ"ש ביחס למילוי החוזר בשנים 1975-1986.
2. שאיבה קטנה לכ 85 מלמ"ש ביחס למילוי חוזר ממוצע של כ 140 מלמ"ש בתקופה 1987-1994.
3. שאיבה מאוזנת של כ 85 מלמ"ש ביחס למילוי חוזר ממוצע של כ 110 מלמ"ש בשנים 1995-2009.

באיור 3-15 מוצג שינוי האוגר המצטבר באזור בנימינה - שרון ביחס לאוגר ההתחלתי בשנת 1975. האוגר קטן בכ 300 מלמ"ש עד שנת 1985, משתקם בכ 450 מלמ"ש עד שנת 1994, ולאחר מכן מתייצב ועולה בכ 50 מלמ"ש עד סיום התקופה. אין עליית אוגר משמעותית בתקופה ה 3 על אף שהמילוי החוזר הממוצע גדול מסך השאיבות בכ 25 מלמ"ש, וזאת עקב יציאה משמעותית בגבול היס לאורך האקוויפר בסך ממוצע של כ 20 מלמ"ש.



טבלה 5-3: מאזן מים שנתי לבנימינה - שרון

שנה	גבול עם הים	שאיבה/החדרה		מילוי חוזר	נקד נחל חדרה	מעבר ל/מ: גוש דן	שינוי אוגר שנתי	שינוי אוגר מצטבר	סה"כ		שגיאת חישוב
		IN	OUT						IN	OUT	
	Net flow	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	[MCM]	%
1975	-1.7	18.3	-158.5	108.5	-2.8	2.6	-33.6	-33.6	262.1	262.1	0.0001%
1976	1.4	11.4	-155.6	127.6	-3.1	2.6	-15.7	-49.3	255.1	255.1	0.0000%
1977	-0.7	25.6	-155.0	151.7	-3.6	2.5	20.5	-28.8	277.9	277.9	0.0000%
1978	4.3	14.1	-170.9	91.7	-3.0	3.0	-60.9	-89.7	240.2	240.2	0.0000%
1979	10.1	9.4	-169.0	116.3	-2.7	2.9	-32.9	-122.6	254.5	254.5	0.0000%
1980	8.1	23.8	-161.2	107.5	-3.0	3.3	-21.5	-144.1	252.2	252.2	0.0000%
1981	7.4	22.4	-158.0	117.7	-3.1	2.8	-10.8	-154.9	261.7	261.7	0.0000%
1982	10.7	3.0	-166.9	116.4	-2.7	2.9	-36.6	-191.4	249.4	249.4	0.0000%
1983	8.7	23.0	-154.0	118.5	-3.2	2.7	-4.2	-195.6	264.3	264.3	0.0000%
1984	14.1	3.4	-154.1	87.1	-2.7	3.5	-48.7	-244.4	207.3	207.3	0.0000%
1985	18.3	8.9	-157.2	89.8	-2.4	3.8	-39.0	-283.4	216.3	216.3	0.0000%
1986	13.8	10.5	-122.7	160.0	-3.1	3.6	62.0	-221.4	252.7	252.7	0.0000%
1987	10.3	12.5	-126.8	121.5	-3.1	3.4	17.8	-203.6	233.9	233.9	0.0000%
1988	5.1	24.6	-133.0	128.2	-3.4	3.1	24.6	-178.9	258.2	258.2	0.0000%
1989	5.7	61.4	-127.9	107.6	-2.9	0.8	44.6	-134.3	249.1	249.1	0.0000%
1990	0.5	34.0	-126.2	91.6	-3.0	-1.0	-4.2	-138.5	218.7	218.7	0.0001%
1991	-9.2	20.5	-90.8	226.4	-4.0	-0.5	142.2	3.7	304.0	304.0	0.0000%
1992	-22.3	49.2	-103.4	187.9	-5.3	1.9	107.9	111.6	308.0	308.0	0.0000%
1993	-17.6	25.0	-116.0	71.7	-3.7	0.5	-40.0	71.7	191.4	191.4	0.0000%
1994	-22.7	30.7	-108.8	199.1	-4.7	1.9	95.5	167.2	305.0	305.0	0.0000%
1995	-22.5	24.0	-114.8	87.8	-4.2	-0.6	-30.3	136.9	196.6	196.6	0.0001%
1996	-20.8	4.6	-112.2	112.8	-3.9	0.0	-19.5	117.5	201.2	201.2	0.0000%
1997	-23.2	15.8	-102.6	152.3	-4.0	-0.1	38.1	155.6	244.3	244.3	0.0000%
1998	-20.4	14.7	-114.7	93.9	-3.7	-0.3	-30.5	125.1	201.6	201.6	0.0000%
1999	-13.4	5.4	-111.4	57.4	-2.6	0.4	-64.2	60.9	151.2	151.2	0.0000%
2000	-18.3	12.6	-101.3	162.0	-3.6	0.0	51.4	112.3	247.5	247.5	0.0000%
2001	-14.9	6.7	-95.3	108.6	-3.1	-0.3	1.9	114.2	180.5	180.5	0.0000%
2002	-17.5	15.1	-96.2	114.1	-3.3	-1.0	11.2	125.4	190.4	190.4	0.0000%
2003	-23.6	28.7	-91.4	139.3	-4.0	-0.7	48.3	173.7	236.1	236.1	0.0000%
2004	-24.1	26.2	-101.6	106.3	-3.6	-0.5	2.7	176.5	207.7	207.7	0.0000%
2005	-23.8	14.8	-96.3	113.2	-3.3	-0.6	3.9	180.3	200.0	200.0	0.0000%
2006	-25.1	10.9	-92.0	119.5	-3.0	-0.2	10.2	190.5	183.6	183.6	0.0000%
2007	-24.6	7.7	-86.4	102.5	-3.1	-0.1	-3.8	186.7	176.4	176.4	0.0001%
2008	-22.6	8.8	-87.3	80.7	-2.6	0.6	-22.6	164.1	154.3	154.3	0.0000%
2009	-25.0	8.9	-85.6	142.9	-3.2	0.3	38.4	202.5	211.4	211.4	0.0000%
מוצע	-7.9	18.2	-123.0	120.6	-3.3	1.2	5.8		229.9	229.9	0.0000%

תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • דרך מנחם בגין 154, תל אביב 64921 • www.tahal.com

תהל ישראל - הידרוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: matmon-d@Tahal.com



עמוד 45 מתוך 56

P:\Maim-Division\HYDROLOG\Pro - 110720 Coastal aquifer
models\Management\Reports\

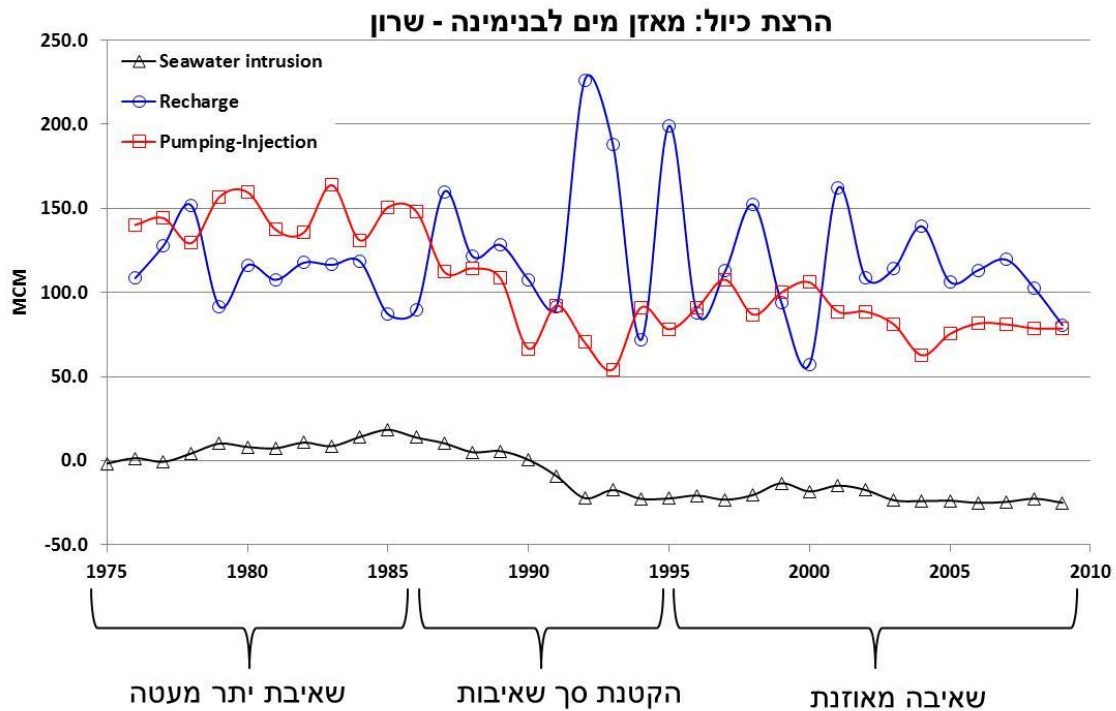
06/08/2014

מקבוצת קרן

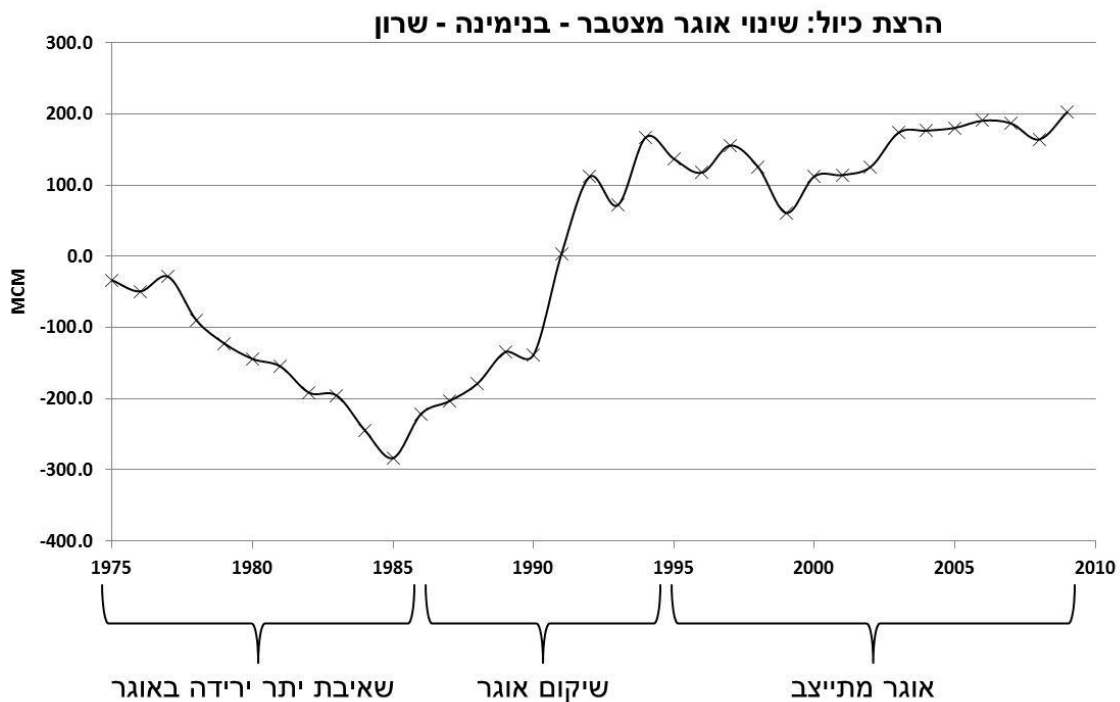


2014_8\2014_8_14.docx5.8.14

איור 3-15: שאיבה פחות החדרה, מילוי חוזר וכניסת מי ים במאזן המים באזור בנימינה שרון



איור 3-16: שינוי אוגר מצטבר עבור הרצת הכיול אזור בנימינה שרון



4.1 נתוני מליחות מי ים לאימות

לאחר הכנסת נתוני המליחות שנאספו בשלב הקודם (פרק 3.2 בדוח ג') למערכת GMS בוצע סינון נוסף של הנתונים. בסיום שלב זה נותרו נתוני 206 קידוחים, בהם נעשה שימוש לצורך השוואה עבור האימות. הפריסה המרחבית של קידוחי תצפית אלו הוצגה באיור 4.1. טבלה 4.1 מסכמת את זמינות נתוני מליחות מי ים לפי חלוקה לאזורים.

טבלה 4.1: סיכום זמינות נתוני מליחות מי ים (א) מספר קידוחי תצפית לפי חלוקה לאזורים ותת אקוויפרים; (ב) סטטיסטיקת מספר מדידות מליחות בקידוח.

(א)

אזור	מספר קידוחים	
	AB	CD
אשקלון - ניר עם	19	5
אשדוד - ניצנים	27	10
רחובות - יבנה	20	1
ראשל"צ	5	-
גוש דן - חולון בת ים	20	7
שרון דרומי	21	7
שרון צפוני	10	6
חדרה - עמק חפר	22	10
בנימינה - קיסריה	12	4
סה"כ	156	50

(ב)

מספר מדידות בקידוח	מספר קידוחים	
1-2	101	49%
3-6	62	30%
7-28	43	21%

בעיית איכות הנתונים

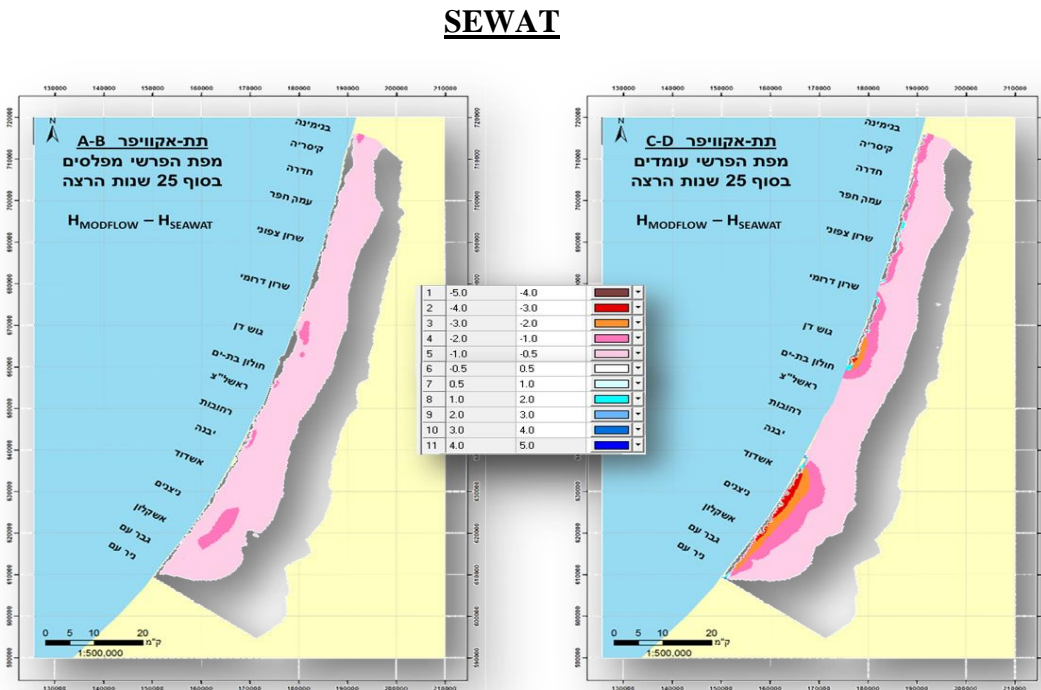
בעיית איכות הנתונים הפכה להיות קריטית ביותר במהלך אימות המודל. הבעיה מורכבת משני גורמים: כמות הנתונים ואמינותם.

מניתוח טבלה 4.1 (א) רוב הנתונים הזמינים מתייחסים לתת-אקוויפרים A ו-B (156 קידוחים), כאשר תת-אקוויפרים C ו-D מוצגים ע"י 50 קידוחים בלבד. גם מבחינת פריסה מרחבית תת-אקוויפרים A ו-B מכוסים באופן יחסית אחיד – כ-20 קידוחים בממוצע מייצגים כל אזור הדיווח (פרט אזור ראשל"צ המיוצג ע"י 5 קידוחי ניטור בלבד ואזורים בנימינה-קיסריה ושרון צפוני – המוצגים ע"י כ-10 קידוחים). עבור



1. מודל של הפן הביני נבנה, והורץ לתקופה של 25 שנים (1985-2010). תוצאות ההרצה מצביעות על התייצבות של פן הביני, ובמקומות מסוימים אפילו נסיגתו בתקופה 2005-2010.
2. מודל הפן הביני מבוסס על שימוש ב-MODFLOW ו-MT3D בתור מנוע לפתרון בעיית הזרימה בתוספת מודול מיוחד המתייחס לזרימה בעלת צפיפות משתנה (SEAWAT). לכן, הפתרון שמתקבל בהפעלת מודול SEAWAT הינו שונה מהפתרון שמתקבל בהפעלת MODFLOW "הקונבנציונלי". באיור 4-5 מוצגת מפת הפרשי המפלסים/העומדים שהתקבלו ע"י הרצת MODFLOW ו-SEWAT (MODFLOW-SEAWAT). רואים באיור שבחלק פריאטי של האקוויפר הפרשים במפלסים אינם עולים על 0.5 מ', כאשר בחלקים כלואים הפרשים מגיעים עד ל-3 מ' בקרבה לאזור הפן הביני. סביר להניח שפתרון של SEAWAT אמור להיות יותר מדויק, אך צריך לקחת בחשבון שזמן הרצת SEAWAT מגיעה לכמה שעות מול כמה דקות של הרצת MODFLOW. בשל כך, לצורך בדיקת תרחישים תפעוליים אנחנו ממליצים להשתמש ב-MODFLOW "הקונבנציונלי" ולבחינת מצב הפן הביני להפעיל SEAWAT.

איור 4-5: מפת הפרשי מפלסים בסוף 25 שנות הרצה – הפרש בין תוצאות MODFLOW ו-SEWAT



תהל מהנדסים יועצים בע"מ • תכנון המים לישראל בע"מ • רח' יהדות קנדה 5 אור יהודה מיקוד 6037505 www.tahal.com
 תהל ישראל – הירוגיאולוגיה וסביבה • טל' 03-6924626 • פקס: 03-6924608 • דוא"ל: MATMON-D@TAHAL.COM



5. מקורות ספרות

- תהל. 2003. תכנון שיקום ושימור אקוויפר החוף הדרומי באזורים אשדוד – ניר עם. 7850-134.134.
- תהל. 2004. תכנון שיקום ושימור אקוויפר החוף באזורים אשדוד – ראשלי"צ, בסיס הנתונים ומודל הידרולוגי קונצפטואלי. 7824.04.140.
- תהל. 2008. קו מחבר חדרה- מנשה, החדרת מים מותפלים בשדות החילחול בנחלי מנשה – בחינה הידרולוגית, דצמבר 2008, 405.08.08.13353.
- תהל. 2009. יצירת כושר ויסות באקוויפר החוף באזורים בנימינה עד שרון צפוני, שלב ג: דוח נתונים. 11040.09.075.
- תהל. 2012 א. איחוד מודלים באקוויפר החוף למודל אחד, שלב א'- השלמת המבנה הגיאולוגי, יולי 2012.
- תהל. 2012 ב. איחוד מודלים באקוויפר החוף למודל אחד, שלב ב'- איסוף והשלמת נתונים הידרולוגיים, דצמבר 2012, 390.12.12.110720.
- The Louis Berger Group, Inc., Tahal consulting engineers LTD. 2009. Risk assessment and development of remedial plans for soil and groundwater contamination in the Dan region area and provision of other consultant services. Final group 3 report- Task 6: Site and contamination modeling and characterization and risks assessment.
- Eyal Shalev, Ariel Lazar, Stuart Wollman, Shushanna Kington, Yoseph Yechieli, and Haim Gvirtzman. 2009. Biased Monitoring of Fresh Water-Salt Water Mixing Zone in Coastal Aquifers. Groundwater, Vol. 47, No. 1, pages 49–56.

