

## מערכת ניטור אזורית של מים-קרקע-צמח בשטחי המטעים המושקים במי קולחים

חורחה טרצ'יצקי, ענת לווינגרט-איצ'יצ'יי, הדר כהן ואלישע קניג

### מבוא

השימוש במי שפכים מטוהרים (מי קולחים) מהווה אמצעי יעיל לסילוקם תוך מניעת פגיעה בסביבה ובבריאות האדם. מאידך, השימוש במים מושבים להשקייה מאפשר שיפור במאזן המים והפניית כמות הולכת וגדלה של מים שפירים לשימוש ביתי ותעשייתי. גידול האוכלוסייה והעלייה ברמת החיים מחייבים הפניית מים שפירים מן החקלאות לשימוש ביתי והופך את ההשקייה בקולחים לגורם כמעט בלתי נמנע להמשך החקלאות המושקית. הבצורת בשנים האחרונות והקיצוצים במכסות המים השפירים יגבירו את המעבר להשקייה בקולחים עד למצב שמרבית המטעים יושקו לקולחים.

המגבלה העיקרית בהתפתחות השימוש במי קולחים להשקייה חקלאית נובעת מאיכותם. עובדה זו נכונה במיוחד לגידולים סובטרופיים הרגישים לגורמי המליחות השונים. מי קולחים מכילים בד"כ ריכוזים גבוהים יותר של מרכיבים רבים ובהם מרחפים ומומסים אורגניים ואי-אורגניים (כלל המלחים המסיסים, נתרן, כלוריד, בורון, מתכות כבדות) העלולים לגרום לנזק לקרקע ולצמח.

השקיית מטעים סובטרופיים במי קולחים מחייבת מערכת בקרה כוללת, קבועה ומקצועית כדי שניתן יהיה לבקר את התהליכים הקרקעיים והצמחיים המתרחשים בשימוש במי קולחים, למניעת נזקים הניתנים לחיזוי ולתגובת ממשק (כמו למשל מעקב אחר רמת המלחים בקרקע והצורך בשטיפה, הצטברות יסודות כמו בורון, זרחן וכו'). לשם כך הוקמה מערכת ניטור המספקת לחקלאים אפשרות של שירותי דיגום ומעבדה מרוכזים, בתקופות קבועות במהלך השנה והתייחסות לתוצאות על ידי המדריכים, להבדיל מדיגום אקראי או חד פעמי המקשה על ניתוח מערכת מקיף וכולל.

הניטור התחיל בשנת 2007 בגליל המערבי ובשנת 2008 באזור גרנות. בשנת 2009 נוסף ניטור ומעקב אחר תפקוד מערכות ההשקיה. בגליל המערבי נדגמו במהלך השנים כ- 55 חלקות ובאזור גרנות נדגמו 193 חלקות. יש לציין שלא כל החלקות נדגמו בכל המועדים. עם התקדמות הניטור וצבירת נתונים של מספר שנים ייעשה בעתיד נסיון להשתמש במאגר הנתונים כללי להערכת השפעה הרב-שנתית של הקולחים על הקרקע והגידול.

### שיטת העבודה

בכל משק מטעים שמשתתף בניטור נבחרו מספר חלקות, בהתייעצות עם המגדל והמדריכים, אשר מהוות מדגם מייצג לכלל השטח, עד כמה שניתן. לשם כך, נבחרו חלקות מושקות במים שפירים וחלקות המושקות בקולחים, חלקות מסוגי קרקע שונים במידה והשטח מתחלק בכמה סוגי קרקע, צירוף זן-כנה מובילים וכו'.

הדיגום בכל חלקה נבחרת כלל את הדיגומים והבדיקות הבאות:

- **קרקע:** דיגום מלא באביב (תחילת אפריל) ובסתיו (אמצע אוקטובר) ב-2 עומקים של 20 ו-40 ס"מ (רוויה, מוליכות חשמלית, pH, כלוריד, נתרן, סידן ומגניזיום, SAR, בורון, בורון במניטול, חנקן חנקתי, זרחן במיצוי אולסן ובמיצוי עיסה רוויה, אשלגן). כמו כן התבצע

דיגום לבקרת מליחות בשני עומקים של 20 ו-40 ס"מ – (רוויה, מוליכות חשמלית, כלוריד, חנקן חנקתי) במספר מועדים במהלך עונת ההשקיה (אמצע מאי, אמצע יולי ואמצע ספטמבר).

- **מים:** בגליל המערבי התבצע דיגום מים שפירים (הבדיקות במים השפירים כללו מוליכות, pH, כלוריד, נתרן, סידן ומגניון, SAR, בורון, חנקן חנקתי, דו פחמה) ומי קולחים (הבדיקות הנדרשות במי הקולחים הם מוליכות, pH, כלוריד, נתרן, סידן ומגניון, SAR, בורון, חנקן חנקתי, חנקן אמוניאקלי, חנקן כללי, דו פחמה, אשלגן, זרחן כללי. 3-4 פעמים במהלך העונה ייבדקו גם BOD, COD ו-TSS). באופן סדיר. באזור גרנות התבצע דיגום מים על ידי החקלאים ונתוני המעבדה הועברו על ידם לניתוח התוצאות.
- **צמח:** בוצעו בדיקות עלים בסתיו. בכל חלקה נדגמת נדגמו עלים אשר כמדגם מייצג לחלקה. בעלים נבדק חנקן, זרחן, אשלגן, סידן, מגניון, כלוריד, בורון, מנגן ואבץ.
- **תקינות מערכת ההשקיה:** התבצע פעם בעונה בחודשים יוני-יולי לפי הפרוטוקול בדיקה שהוכן מראש. נדגמו חלקות מייצגות בגליל המערבי ובאזור גרנות.

## תוצאות

### כללי

יש לציין שהמטרה העיקרית בשלב זה של הניטור הינה לספק לחקלאים כלי מעקב אחר איכות המים, על התהליכים בקרקע ובגידול כדי לאפשר התאמת ממשק ההשקיה והדישון. הנסיון שנעשה להתייחס לכלל התוצאות האזוריות הינו כדי ללמוד באופן כללי על מגמות כלליות. תקופת איסוף הנתונים (בעיקר באזור גרנות) קצרה מדי לאפשרות להסיק מסקנות מעבר למגמות הכלליות ולכן המשמעות של הנתונים המוצגים הינה מוגבלת.

### מים

יש לציין שהנתונים מאזור גליל מערבי נבדקו במהלך שלוש שנים (2007-2009). לעומת זאת הנתונים מאזור גרנות כוללים בדיקות מים משנה אחד בלבד (2009).

התחום העיקרי של ערכי המוליכות החשמלית של הקולחים באזור הגליל המערבי הינו 1.2-1.7 דצ"ס/סמ"י, ולא נראית מגמה של שינוי כתלות בזמן. באזור גרנות, תחום הערכים גבוה במקצת ונע בין 1.3 דצ"ס/סמ"י לבין 2.1 דצ"ס/סמ"י עם מספר ערכים חריגים. גם במקרה זה לא ניתן להצביע על מגמה של שינוי עם הזמן.

ריכוז הכלוריד במקורות הקולחים של הגליל המערבי הינו בתחום 150-250 מ"ג/ל, גם ללא מגמה של שינוי עם הזמן. ערכים אלה גבוהים מריכוז הכלוריד במים השפירים של האזור (50-150 מ"ג/ל). באזור גרנות, תחום הריכוזי הכלוריד גבוה יותר (150-350 מ"ג/ל), גם לעומת המים השפירים באזור (עד 150 מ"ג/ל כלוריד).

ריכוז הנתרן בקולחים באזור הגליל המערבי נמצא בתחום 100-200 מ"ג/ל, ובאזור גרנות גבוה במקצת בתחום 100-250 מ"ג/ל.

יש לציין שחלק מהתוצאות בשני האזורים מצביעים על תוספת כלוריד ונתרן למים השפירים, במהלך הווצרות השפכים, מעל הערכים המותרים על תקנות הקולחים. ערכים אלה צריכים

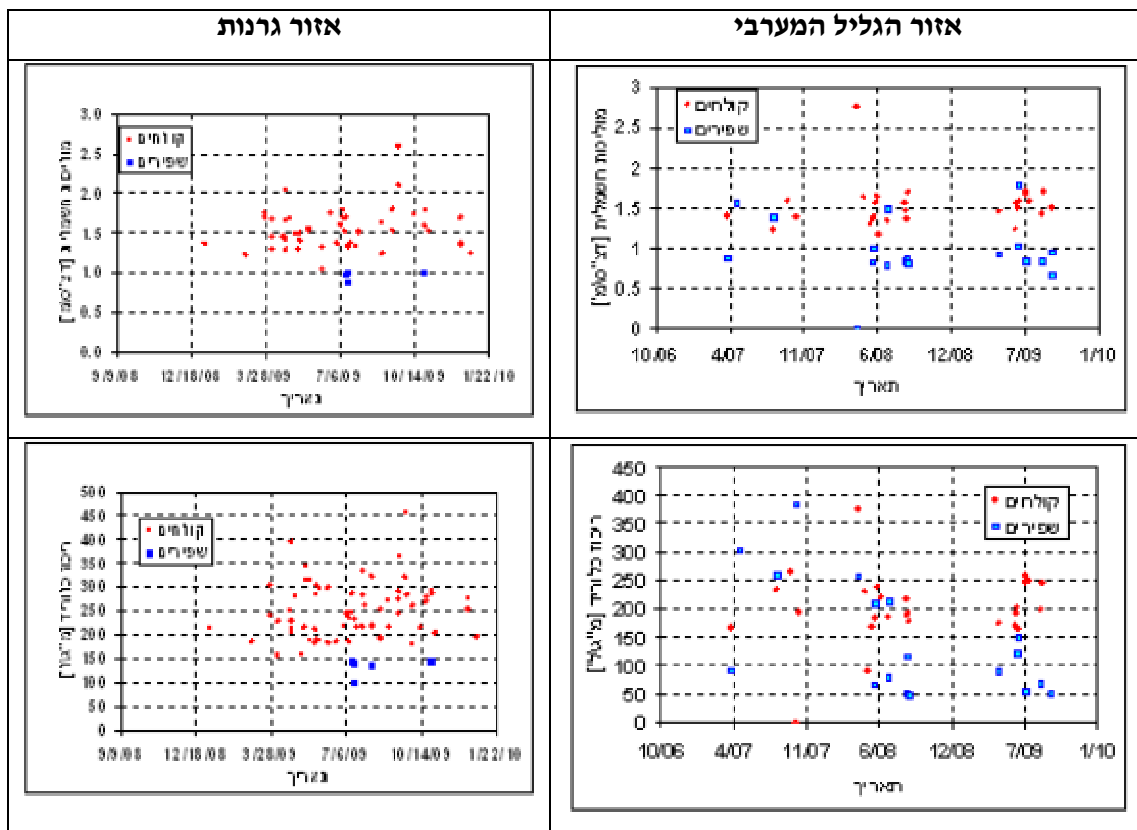
להבחן באופן מפורט יותר עם הכניסה לתוקף של התקנות על מנת לאמת השערה זו ולאפשר שיפור באיכות הקולחים.

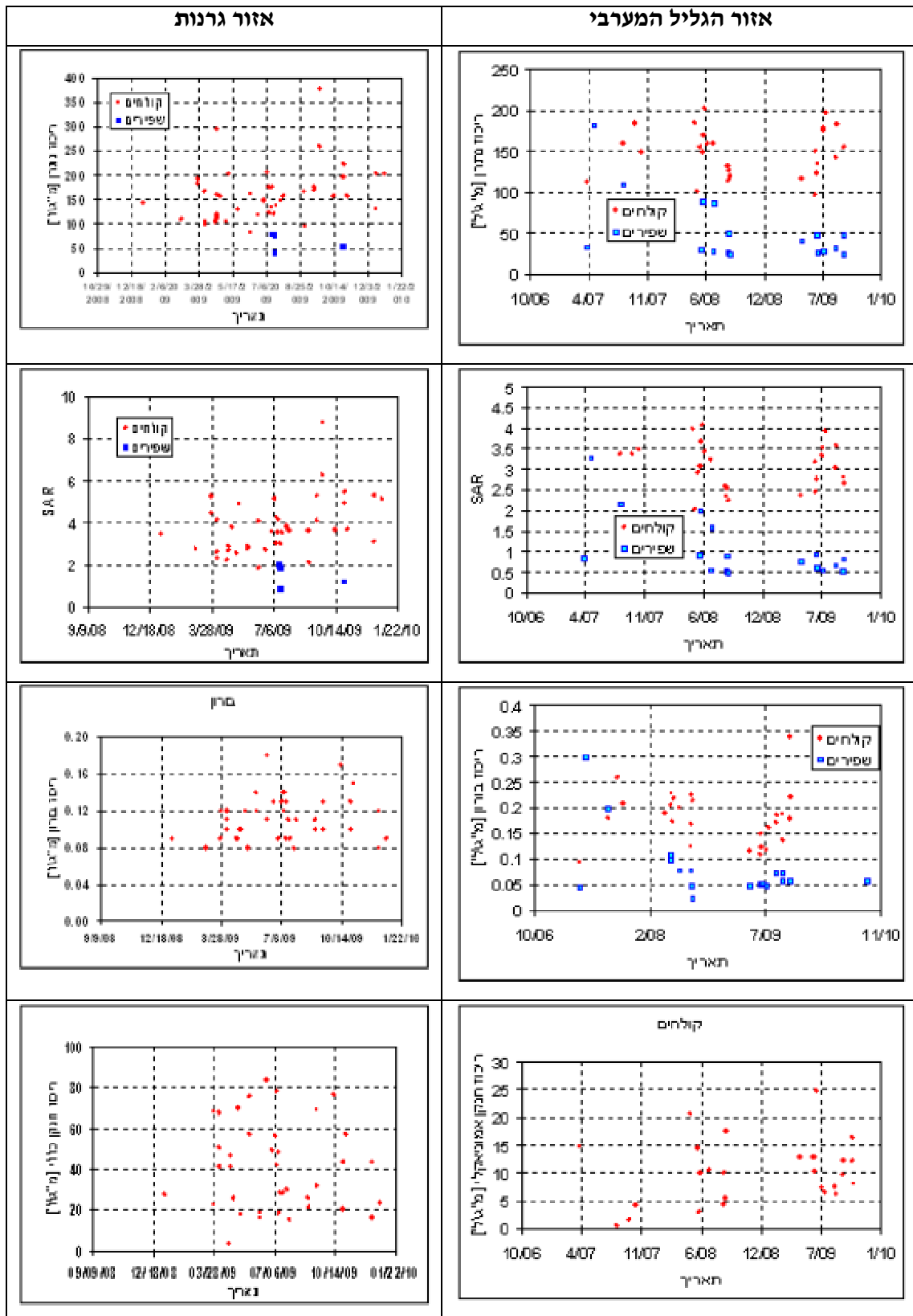
ערכי ה-SAR בקולחים בגליל המערבי נמצאו בתחום 2-4 (מא"קגל<sup>1/2</sup>), ערכים אלה נמוכים מערכים המותרים לפי תקנות הקולחים. באזור גרנות הערך נמצא בתחום 2-6 (מא"קגל<sup>1/2</sup>), כלומר, חלק מהערכים חורגים מהמותר לפי תקנות הקולחים.

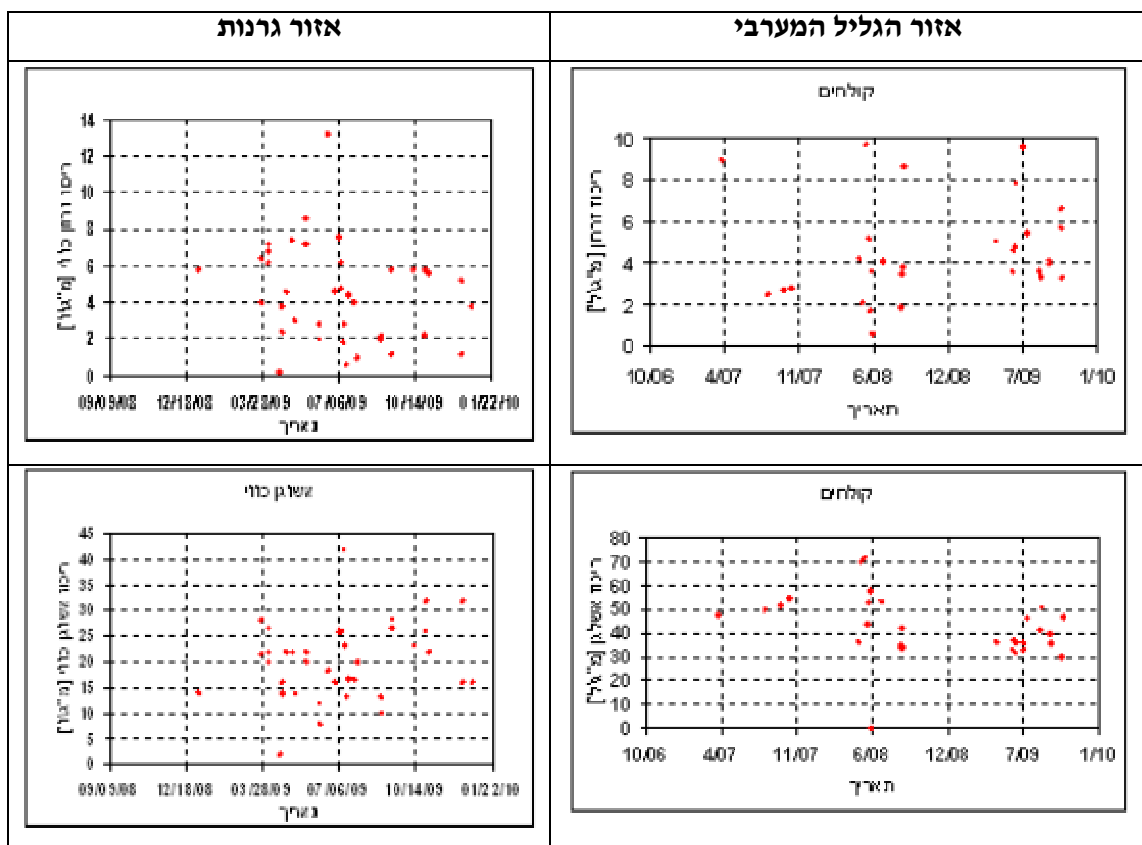
ריכוז הברורן בשני האזורים נמוך. באזור הגליל המערבי תחום הריכוזים (0.1-0.25 מ"גל<sup>1</sup>) גבוה במקצת מהריכוז באזור גרנות (0.08-0.16 מ"גל<sup>1</sup>).

לגבי הערך הדישוני של הקולחים, נמצא באזור הגליל מערבי תחום ריכוז חנקן-אמוניאקלי של 5-20 מ"גל<sup>1</sup>. נתוני החנקן האמוניאקלי בקולחים של אזור גרנות נמוכים מאוד ולא סבירים. לעומת זאת, החנקן הכללי נמצא בתחום 20-80 מ"גל<sup>1</sup>. הגבול העליון גבוה יחסית. ריכוז הזרחן הכללי בקולחים באזור הגליל המערבי הינו השכיח בקולחים שניוני (2-10 מ"גל<sup>1</sup>). בעונה האחרונה (2009) היתה עליה מסוימת (4-10 מ"גל<sup>1</sup>). בולט במיוחד ריכוז האשלגן בקולחים בגליל המערבי (30-60 מ"גל<sup>1</sup>) אף שבשנה האחרונה (2009) הייתה ירידה מסוימת בריכוז (30-50 מ"גל<sup>1</sup>).

**טבלה 1: איכות המים באזור הגליל המערבי ובאזור גרנות**







**קרקע**

בהמשך מוצג סיכום של תוצאות בדיקות הקרקע מהגליל המערבי. התוצאות מהוות ממוצע של כל החלקות שנדגמו באותה שנה, עבור שני עומקים (10 ו- 30 ס"מ שמייצגים את השכבות 0-20 ס"מ ו- 20-40 ס"מ). מכיוון שמדובר בערכים ממוצעים של חלקות רבות וכולל גם חלקות שהושקו במים שפירים יש להתייחס לאיורים שבהמשך כתיאור מגמות בלבד. התוצאות של אזור גרנות סופקו בצורה גרפית למשקים וכוללות נתונים של שתי עונות (שנה אחד) ולכן לא מוצגות בדו"ח זה.

באיורים ניתן להבחין את השינוי במוליכות החשמלית כתלות בזמן הדיגום. כך הערכים גבוהים בדיגום הסתווי ויורדים באביב עקב שטיפת מלחים ע"י גשמי החורף. מגמה דומה כמצופה מתקבלת לגבי ריכוז הכלוריד בעיסה הרוויה של הקרקע.

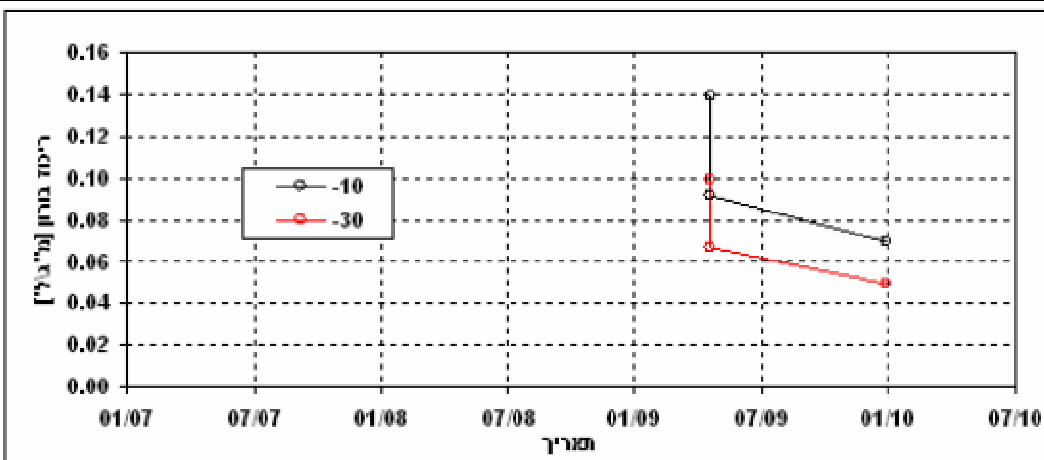
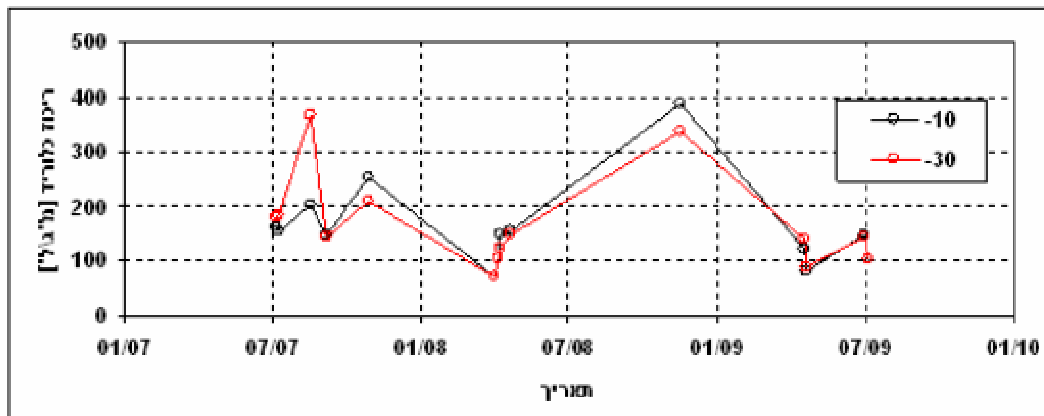
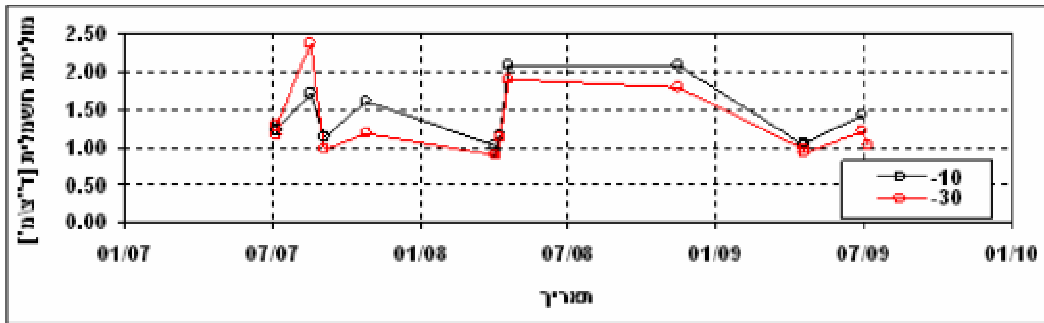
ריכוז הבורון בתמיסת הקרקע נמוך בשני המועדים וגם נראה שיורד עם גשמי החורף.

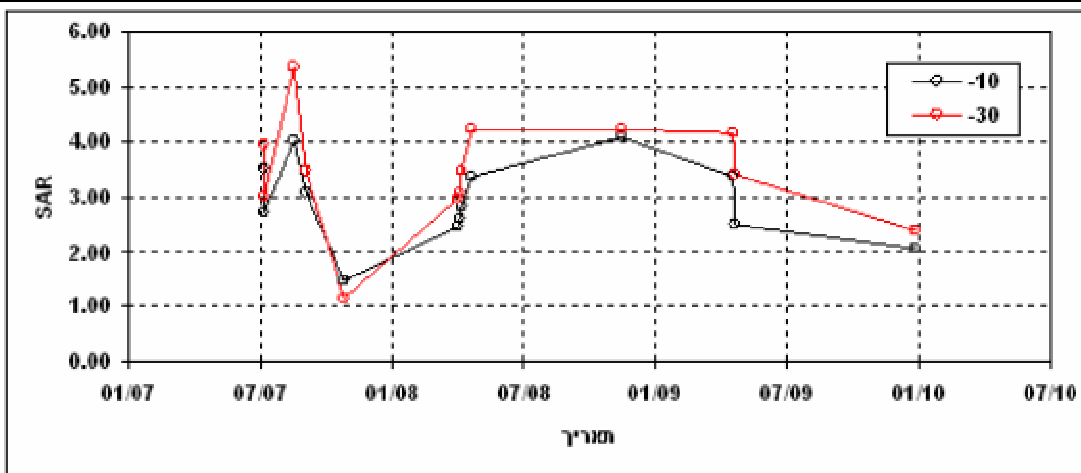
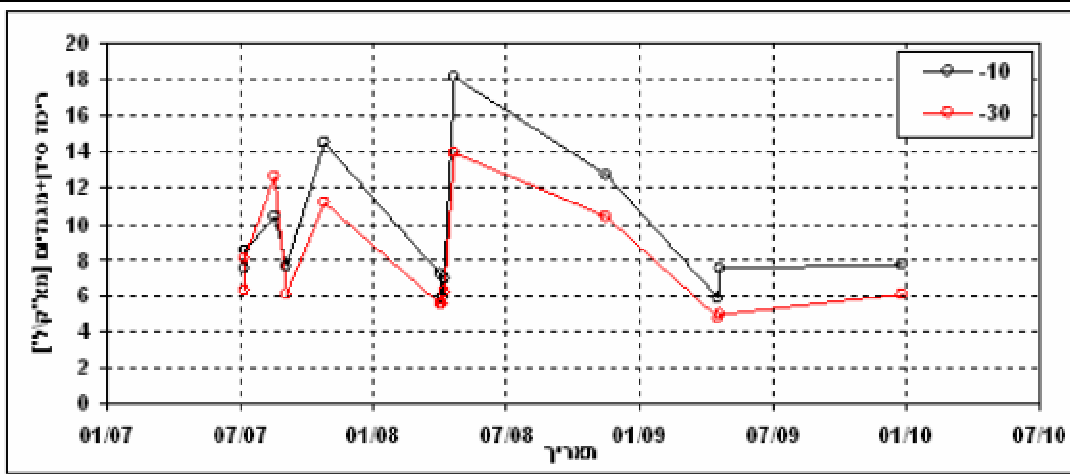
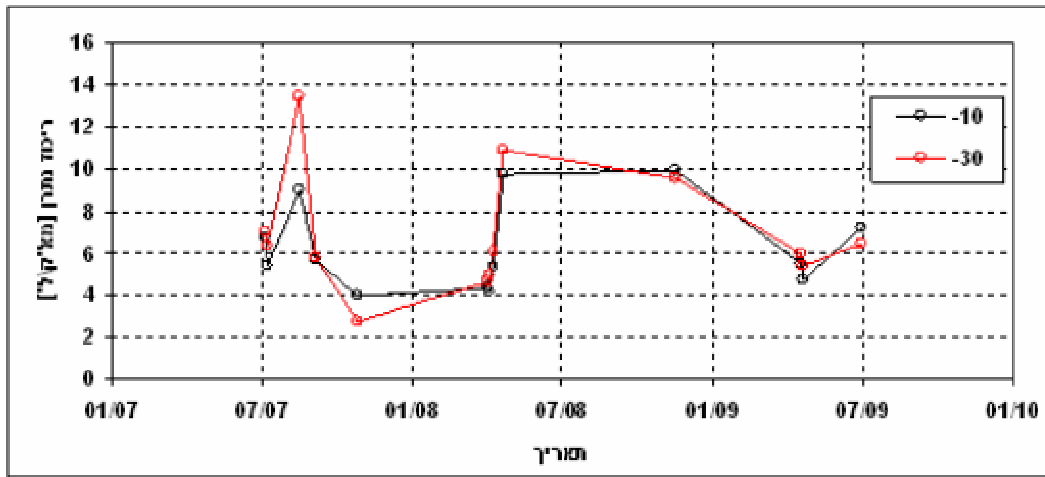
מגמות דומות התקבלו לגבי ריכוז הנתרן והסידן+מגנזיום ועקב כך ב-SAR של הקרקע.

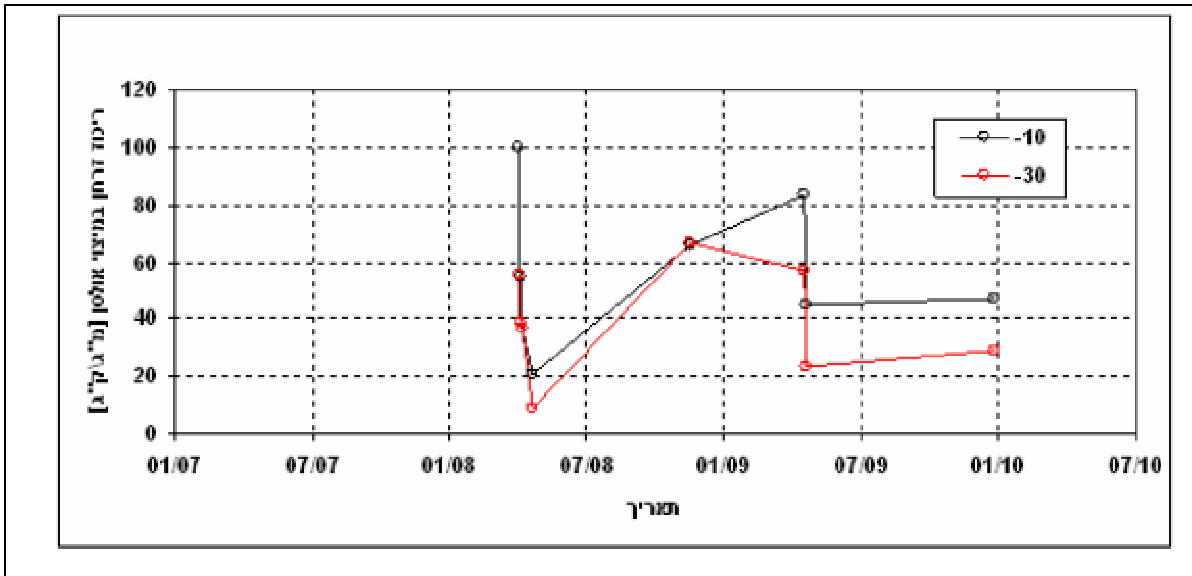
ריכוז הזרחן במיצוי "אולסן" גבוה מאוד בשני העומקים כפי שמוכר בקרקעות מושקות בקולחים.

טבלה 2: תוצאות רב-שנתיות של פרמטרים בקרקע באזור הגליל המערבי

אזור גליל המערבי





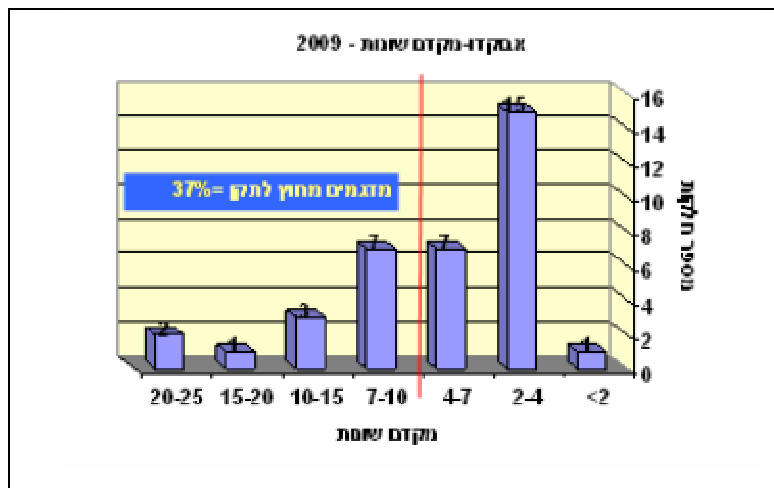


### תפקוד מערכת ההשקיה

תפקוד מערכת ההשקיה הוערך לפי שני מדדים: מקדם השונות (אחוז סטיית התקן מהממוצע האריתמטי של ספיקת הטפטפות שנבדקו) והפרש באחוזים בין ממוצע הספיקה של הטפטפות כפי שנמדדה בחלקה והספיקה הנומינלית של הטפטפות. מערכת השקיה תקינה נחשבת כזאת שבה מקדם השונות קטנה מ- 7% והפרש הספיקות קטן מ- 7% ± (לפי ת"י 1642 ותקן ISO9261). יש לציין שלעומת המצב בטפטפות לא מווסתות שבהן יכול להיות רק תהליך של ירידה בגלל סתימת מעברי המים, בטפטפות המווסתות השכיחות היום יכול להיות ירידה או עליה בספיקה בהתאם למיקום המשקע בטפטפת.

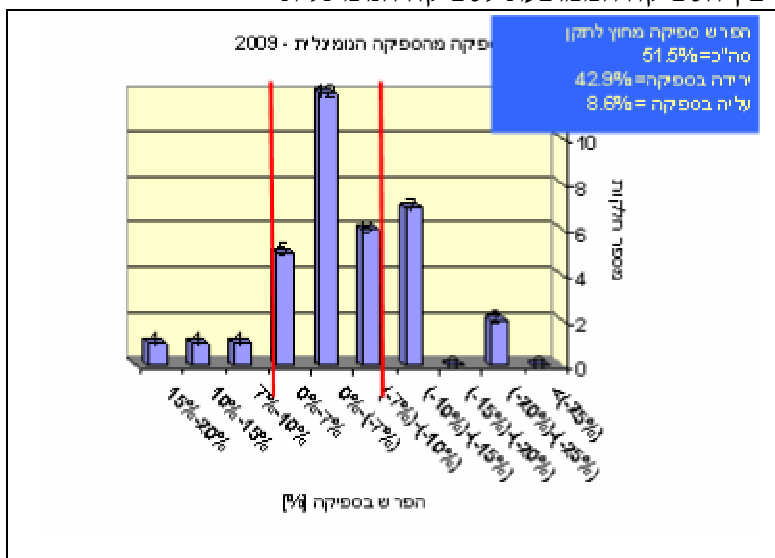
באיור 1 ניתן להבחין שמתוך 38 חלקות שנבדקו, ב- 14 (37% מהחלקות שנבדקו) חלקות מקדם השונות גבוהה מ- 7%. באופן דומה, ב- 18 (51.5% מכלל החלקות שנבדקו) חלקות הפרש הספיקה גדול מהמותר לפי התקן. ב- 3 חלקות (8.6% מכלל החלקות שנבדקו) הספיקה הממוצעת הייתה גבוהה ביותר מ- 7% מהספיקה הנומינלית, וב- 15 חלקות (42.9% מהחלקות שנבדקו) הספיקה הממוצעת הייתה נמוכה מהספיקה הנומינלית (איור 2).

איור 1: מקדם השונות





## איור 2: ההפרש בין הספיקה הממוצעת לספיקה הנומינלית



לפי תוצאות מקדם השונות והפרש הספיקה הוגדרו ארבעה קבוצות של חלקות לפי מצב התקינות מערכת ההשקיה:

- תקין (שני הפרמטרים תקינים)
- מקדם שונות לא תקין
- הפרש הספיקה לא תקין
- לא תקין (שני הפרמטרים לא תקינים)

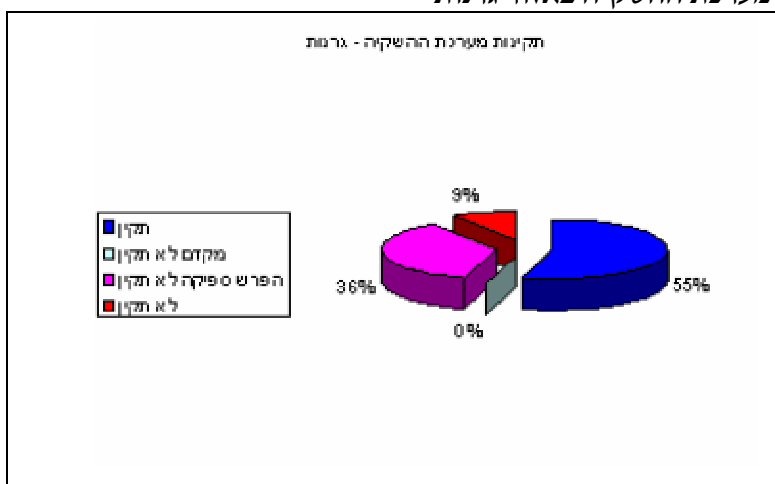
התוצאות עבור שני האזורים בנפרד מוצגות באיורים 3 (גרנות) ו-4 (גליל מערבי).

באזור גרנות, 55% מהחלקות היו תקינות, ב-9% מהחלקות מערכת ההשקיה לא תקינה, ובכ-36% מהחלקות הפרש הספיקה היה לא תקין (איור 3).

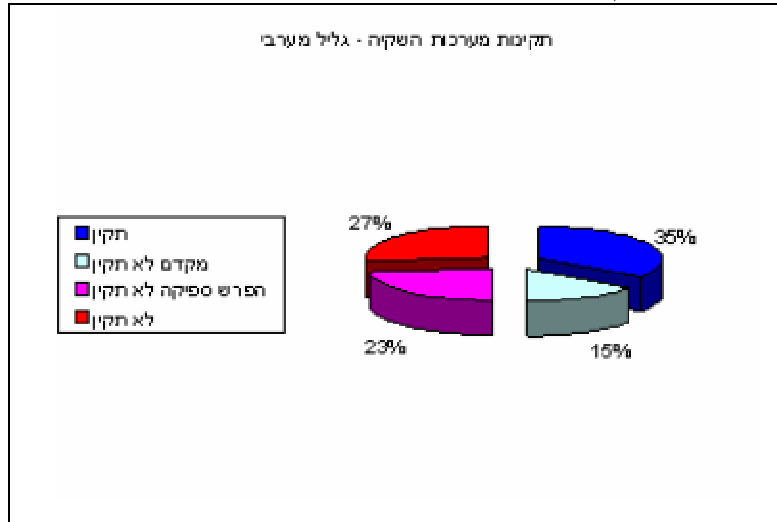
באזור הגליל המערבי, ב-35% מהחלקות מערכת ההשקיה הייתה תקינה, ב-27% המערכת הייתה לא תקינה, ב-23% ההפרש לא היה תקין וב-15% מקדם לא היה תקין.

ניתן להבחין שחלק יחסית גדול מהחלקות בשני האזורים מערכת ההשקיה אינה תקינה לבי שני הפרמטרים או אחד מהם (45%-65%).

### איור 3: תקינות מערכת ההשקיה באזור גרנות



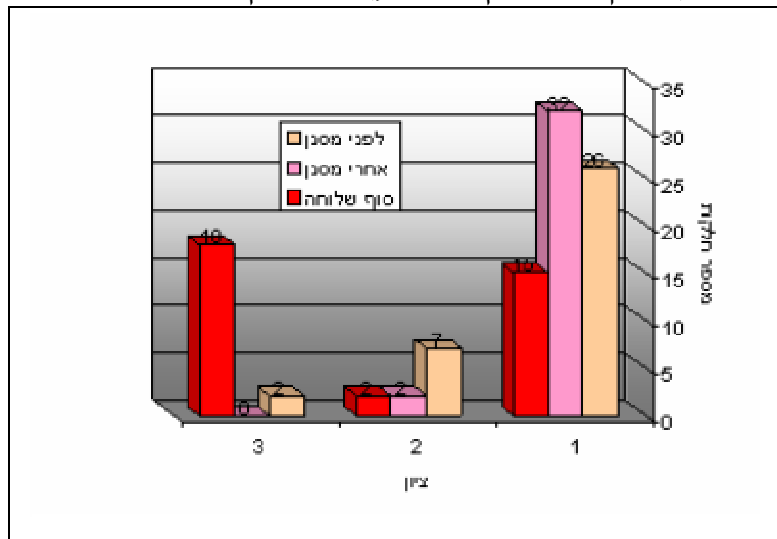
**איור 4: תקינות מערכת ההשקיה באזור הגליל המערבי**



באיור 5 מוצגות התוצאות של בדיקת מד כשר סינון בשלוש נקודות בכל חלקה: לפני המסנן, אחרי המסנן ובסוף שלוחה. מדידות אלה מייצגות את איכות המים המגיעים למערכת, את ביצועי מערכת הסינון ואת הצטברות החומר בתוך המערכת, בהתאמה. כמו כן, הוגדרו שלושה מדרגים: (1) טוב (זמן מד כשר סינון גדול מ- 10 דקות); (2) בינוני (זמן מד כשר סינון בין 5 ל- 10 דקות); וגרוע (זמן מד כשר סינון נמוך מ- 5 דקות).

ניתן להבחין שב- 26 חלקות (כ- 74%) איכות המים הייתה טובה, ב- 7 חלקות הייתה בינונית (20%) וב- 2 חלקות (6%) הייתה גרועה. במרבית החלקות (32; כ- 94%) המסננים פעלו באופן תקין ורק ב- 2 (6%) חלקות התקבל ציון בינוני. בולטות במיוחד התוצאות לגבי המדידות של מד כשר הסינון בסוף השלוחה. נמצא שב- 10 חלקות (כ- 37%) מד כשר הסינון ניסתם מהר מאוד, דבר המצביע על הצטברות חלקיקים בתוך השלוחות. ב- 15 חלקות (כ- 55%) המצב היה תקין.

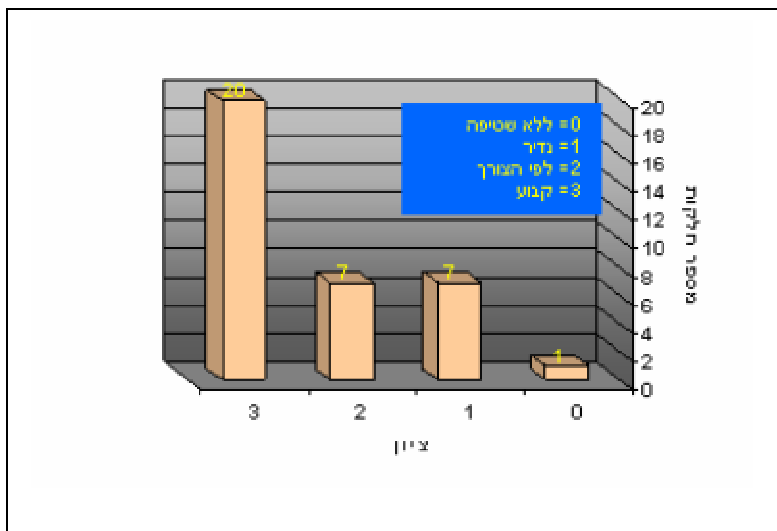
**איור 5: תוצאות מד כשר סינון בשלוש נקודות במערכת ההשקיה**



כחלק מבחינת תפקוד מערכות ההשקיה בחלקות האבוקדו נעשה איסוף נתונים גם לגבי נהגי הטיפול המערכות. הנתונים כללו שני טיפולים כימיים (החמצה והכלרה) וטיפול פיזי של שטיפת שלוחות.

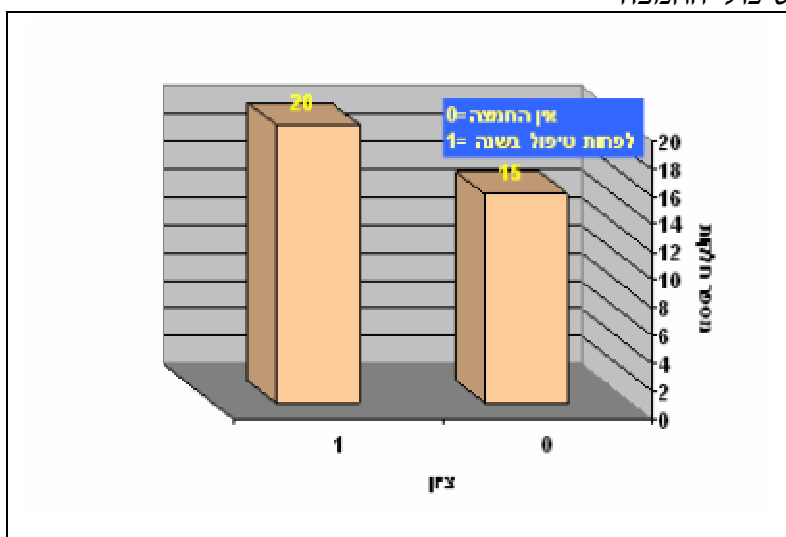
באיור 6 מוצגים הנתונים לגבי שטיפת השלוחות. ניתן להבחין שב- 20 חלקות (כ- 57%) נעשית שטיפה כטיפול שוטף ובאופן קבוע. לעומת זאת יש חלקות שבהן השטיפה נדירה או לפי הצורך (14 חלקות; 40%), ורק בחלקה אחד לא מבצעים שטיפת שלוחות.

**איור 6: שטיפת שלוחות**

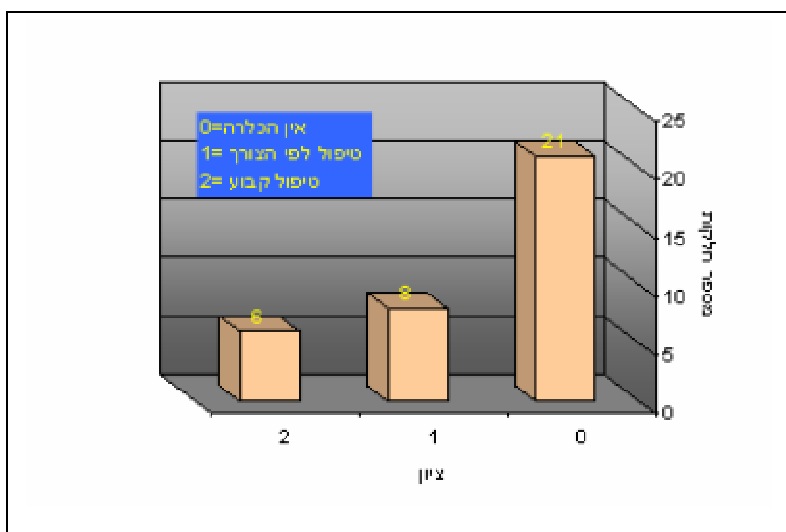


שכיחות טיפולי החמצה וההכלרה מוצגת באיורים 7 ו- 8, בהתאמה. ניתן לראות שב- 20 חלקות (כ- 57%) מבצעים החמצה כטיפול שוטף של מערכת ההשקיה. החמצה מיועדת למניעת משקעים אי-אורגניים. לעמת זאת, ב- 21 חלקות (60%) אין טיפול הכלרה כלל ורק 14 חלקות (40%) מתבצע טיפול באופן קבוע או לפי הצורך. טיפול ההכלרה מיועד למנוע הצטברות של אילוח ביולוגי (ביופילם) במערכת.

**איור 7: ביצוע טיפולי החמצה**



## איור 8: ביצוע טיפולי הכלרה



### סיכום

כפי שצויין לעיל, מדובר בתחילת תהליך רב-שנתי של מעקב, ניטור ואיסוף נתונים. לאור העובדה שהתהליך רק בתחילתו, ניתן בשלב זה להשתמש בתוצאות ובנתונים ככלי הדרכה פרטני ברמת החלקה והמגדל הבודד מחד, והערכה אזורית כללית וראשונית בלבד מאידך.