



אוקטובר, 2020

דוח שנתי לקק"ל, מחקר אסטואר אלכסנדר

נכתב על ידי טל שדה, מרב גלבוע, יאיר סוארי, תום טופז, וגיתי יהל (Yahel@Ruppin.ac.il)

משתתפים

הפקולטה למדעי הים, המרכז אקדמי רופין: הדר צדקה, מרב גלבוע, טל שדה, תום טופז, שירה בונה, פרופ' גיתי יהל, ד"ר יאיר סוארי, המחלקה לקרקע ומים בפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים: פרופ' בני חפץ.

רקע:

המחקר והניטור באסטואר נחל אלכסנדר החלו בפרויקט שמומן על ידי קרן יד הנדיב (2014-2016) וניקרא Rehabilitation of the micro estuaries along the Mediterranean coast of Israel. הפרויקט הורחב ב-2015 כדי לכלול את השפעת האסטואר על הים וכן השפעת השטחים החקלאיים על האסטואר והים תחת השם PRIME- Pollutant Regulation by Israel's Micro Estuaries. החל מנובמבר 2019 מחקר אסטואר אלכסנדר מתנהל בחסות קק"ל, תחת השם ECO - Estuarine and coastal observatory. בדוח זה נסקור את מטרות הפרויקט, ואת ההישגים והבעיות של שנת המחקר הראשונה שהתקיימה בעיצומה של המגפה העולמית עקב הנגיף COVID-19. דוח תקציבי שנתי מצורף לדוח זה.

מטרות הניטור המתמשך הוגדרו כדלהלן:

- הקמת תחנת ניטור ומחקר קבועה (LTER) בנחל אלכסנדר שתשמש בסיס מדעי ותשתית מחקרית לטובת שיפור מצב האלכסנדר בפרט ונחלים ואסטוארים בישראל בכלל.
- הבנת תהליכים מרכזיים ויחסי גומלין הקובעים את איכות המים ובריאות המערכת האקולוגית באסטואר.
- הבנת תפקוד האסטואר כאזור שיקוע וביו-ריאקטור של מזהמים המגיעים מהסביבה.
- זיהוי תהליכים ועקות הקריטיים לשיקום המערכת האקולוגית.
- הנגשת המדע המתקבל ותרגומו למקבלי החלטות ולקהילה.

במקביל מגיש צוות המחקר הצעות מחקר המתבססות בחלקן על תכנית הניטור במסגרת ה-LTER ומרחיבות אותה. הצעות אלה עוסקות בין השאר ב:

- הנעת תהליכי שיקום ושימור מבוססי מדע.
- בחינת ממשקים שונים לפרקי זמן קצרים בטרם יישומם המלא במערכת.
- ניטור השפעת ממשקים שונים על בריאות המערכת בטווח הארוך.
- מעקב על השלכות של פעולות ניהול נקודתיות בתחומי הנחל והאסטואר.
- מערכת בקרה והתראה (לא מיידית) על שינויים בלתי צפויים במערכת.
- פלטפורמה למחקרים ממוקדים בשאלות עניין רלוונטיות אשר ייוצרו לאורך שנות ניהול הנחל.

תוצרי המחקר הצפויים:

- התאמת תוכניות מים חדשה ומעודכנת, מבוססת מדע, לאגן נחל אלכסנדר.
- איפיון משטר זרימת מים עיליים אידאלי לאסטואר הנחל לפי דרישת מקבלי ההחלטות וחזון הנחל.
- הגדרת אזור/אזורים המתאימים לפעילות ספורט ונופש (שיט, דיג וכו').
- פיתוח ממשק חקלאי תומך שיקום המערכת הנחלית.
- יכולת תגובה מהירה לאירועי זיהום בלתי צפויים או צרכים מיידים אשר נובעים מאילוצי מערכת.

פעולות שבוצעו בשנה הראשונה למחקר

1. ניטור איכות המים ובריאות המערכת האקולוגית

הניטור באסטואר ממשיך באופן קבוע (ניטור חודשי, שבועי ורציף בהתאם לפירוט מטה) על אף ההגבלות וההסגרים המתקיימים עקב נגיף ה-COVID-19. במסגרת הניטור נמדדים משתנים פיזיקליים כימיים וביולוגיים של איכות המים באסטואר. הנתונים נאספים החל משנת 2014 ונשמרים [בבסיס נתונים נגיש לכל](#). חשוב לציין כי אנו רואים שונות גבוהה בין שנים ובין עונות, בעיקר במדדים המושפעים מכניסת קולחים לאסטואר כגון ריכוז חמצן מומס. כיום יש שלוש תחנות חיישנים קבועות באסטואר (מעלה הנחל-כביש 4, מרכז האסטואר-גשר הצבים, ושפך האסטואר-גשר מכמורת, ראו איור 1) המנטרות בכל 10 דקות בפני המים ובעומק עמודת המים את מפלס המים, ריכוז החמצן, הטמפרטורה, והמליחות.

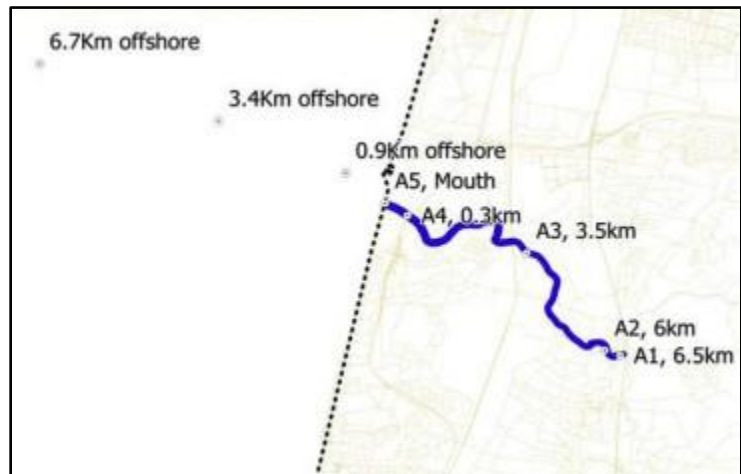
בנוסף לכך אחת לחודש מתקיים דיגום מים ב-4 תחנות לאורך האסטואר (שלושת התחנות לעיל ובנוסף גשר כביש 5720 מכפר ויתקין לכביש 4). במסגרת הדיגום החודשי נלקחות דוגמאות מים לבדיקת נוטריינטים (אמוניום, ניטריט, ניטראט, פוספאט, זרחן וחנקן חלקיקי וכללי), חיידקים, פיטופלנקטון, צריכת חמצן ביולוגית, ריכוז חומר מרחף אורגני ואנאורגני, ריכוז כלורופיל, ריכוז מתכות ואלמנטים וריכוז תרופות וחומרי הדברה. כמו כן מתבצע פרופיל עם מכשיר CTD למדידת חמצן, טמפרטורה, מליחות, זהירת כלורופיל ועכירות בהפרדה גבוהה. רוב הבדיקות מתבצעות במעבדות במכמורת כך שיש לנו בקרה הדוקה על איכותן וחסכון משמעותי בעלויות.

טבלה 1. מדע וניטור - תכנון מול ביצוע

הערות ושאלות	המשך נדרש	ביצוע	תיכנון
	הוספת מערכת אוטמטית טיפול בצימדה למדי החמצן. רכישת ניסיון בתפעול שוטף והפעלת המערכת. הבטחת מתאם עם מערכת חיישנים קיימת והמשך ניטור רציף. הטמעת נתוני המערכת במאגר הנתונים.	<input checked="" type="checkbox"/> הוקמה מערכת משדרת של חיישנים בגשר הצבים אשר החליפה את מערך החיישנים אוגרי הנתונים	הקמת מערכת בקרה והתראה
קישור למחולל גרפים והורדת נתוני החיישנים מאתר המחקר	המשך ניטור	<input checked="" type="checkbox"/> תחנות הניטור לאורך האסטואר מנוטרות באופן רציף (כל 10 דקות) ע"י חיישנים יעודיים	ניטור אלקטרוני רציף באסטואר
קישור לבסיס הנתונים מחקר אסטואר אלכסנדר	המשך ניטור רציף ועדכון מאגר הנתונים הזמין באינטרנט.	<input checked="" type="checkbox"/> פרופיל אלקטרוני ודיגום המים מתבצעים אחת לחודש (גם במהלך הסגרים) ובעקבותיהם אנליזות למדידת ריכוזי הנוטריינטים והחיידיקים.	ניטור איכות המים באסטואר והשפך לים
	אנליזת הדוגמאות טרם התבצעה	<input checked="" type="checkbox"/> דיגום חודשי מתבצע באופן שוטף והדוגמאות מאוחסנות לצורך המשך האנליזה	מדידת חומרי הדברה, מתכות ושאריות תרופות
קישור לנתוני התחנה הימית	המשך מעקב וניטור. נידרש שיפור משמעותי באמינות הציוד. מצב ים ומגבלות הקורונה מקשים מאוד על ביצוע רציף של הניטור הימי	<input checked="" type="checkbox"/> ניטור שבועי מתבצע בשתי תחנות בים- בקרבת שפך הנחל ובים הפתוח, במימון רופין	ניטור ומעקב אחר השפעת הנחל על הים
מעקב על השלכות פעולות ניהול	פיתוח מערכת התראות על ביצוע פעולות ממשק בנחל. איתור מימון לאחראי מדע למדיניות (כשליש משרה)	<input checked="" type="checkbox"/> הוקם ערוץ תקשורת רציף עם מקבלי החלטות בשטח אך עקב מגבלות כח אדם, הופסקה או צומצמה רוב הפעילות מול הרשויות	מעקב על השלכות פעולות ניהול וממשק
שלבי המחקר הקודמים הראו שכלורינון גבוהה עבור מתקני ההשקיה מהווה חסם לשימוש בקולחים להשקייה. מדידות הכלורינון יאפשרו הגברת משך השאיבה תוך שמירה על התקן ושיפור של מצב האסטואר	המשך אנליזה ובניית עקום כיוול בין מדידות הכלורינון למדידות מוליכות חשמלית. זיהוי מקור הכלורידים במעלה הנחל.	<input checked="" type="checkbox"/> נרכש טיטרטור לביצוע האנליזה, נאספות דוגמאות כלורינון למי מט"ש יד חנה ובוצעו מספר ימי אנליזה. הוקמה תחנה משדרת במט"ש יד חנה בעלת חיישן מוליכות וטמפ' לצורך השוואה עם ריכוזי הכלורידים המתקבלים מדגימות המים הנמדדות בטיטרטור.	ניטור כלורינון במט"ש יד חנה

דיגום שבועי מתבצע בשתי תחנות בים, מול שפך הנחל ובים הפתוח (איור 1), הכולל פרופיל אנכי באמצעות מכשיר CTD המצויד ברגשים למדידת מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס, עכירות וזהירות כלורופיל וכן איסוף דוגמאות מים למדידת מיצוי כלורופיל, ספירת תאים (Flow cytometer) ודנ"א.

מערך הניטור כולו התבצע באופן סדיר גם בתקופות בהם המשק היה בסגר בעקבות הנחיות מדיניות, אך עבודת המעבדה והיציאה לים התעכבו בכמה מקרים עקב אי סדירות זאת.



איור 1: מפת נקודות הדיגום והמרחקים מהשפך, באסטואר ובים

תוצאות ראשוניות של מערך הניטור:

נתוני המחקר זמינים לכל באתר האינטרנט של הפרוייקט (ובקישורים הבאים)

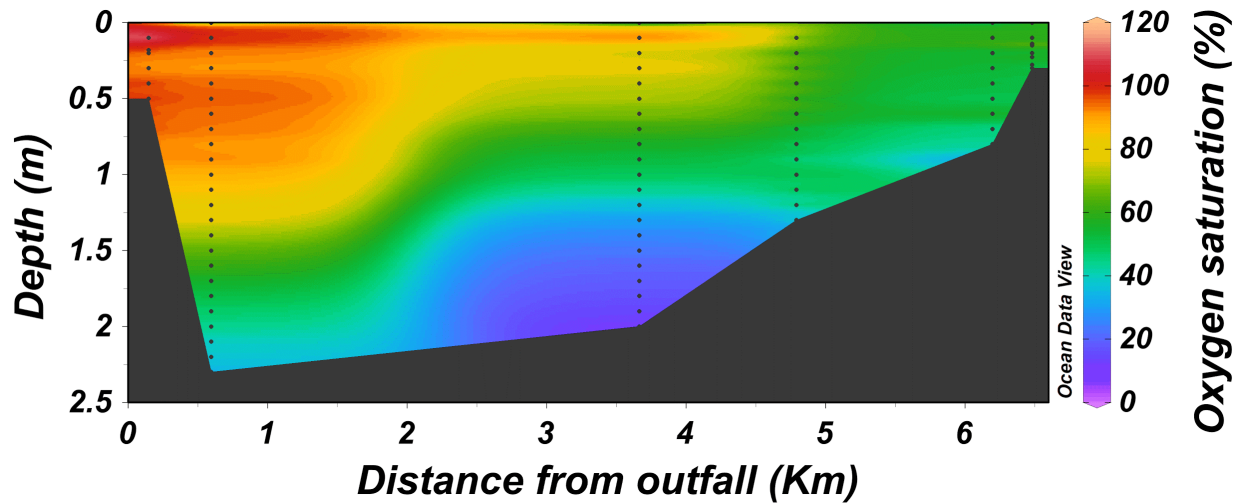
[בסיס נתונים אסטואר אלכסנדר](#)

[בסיס נתוני התחנה הימית](#)

[נתוני חיישנים אוגרים](#)

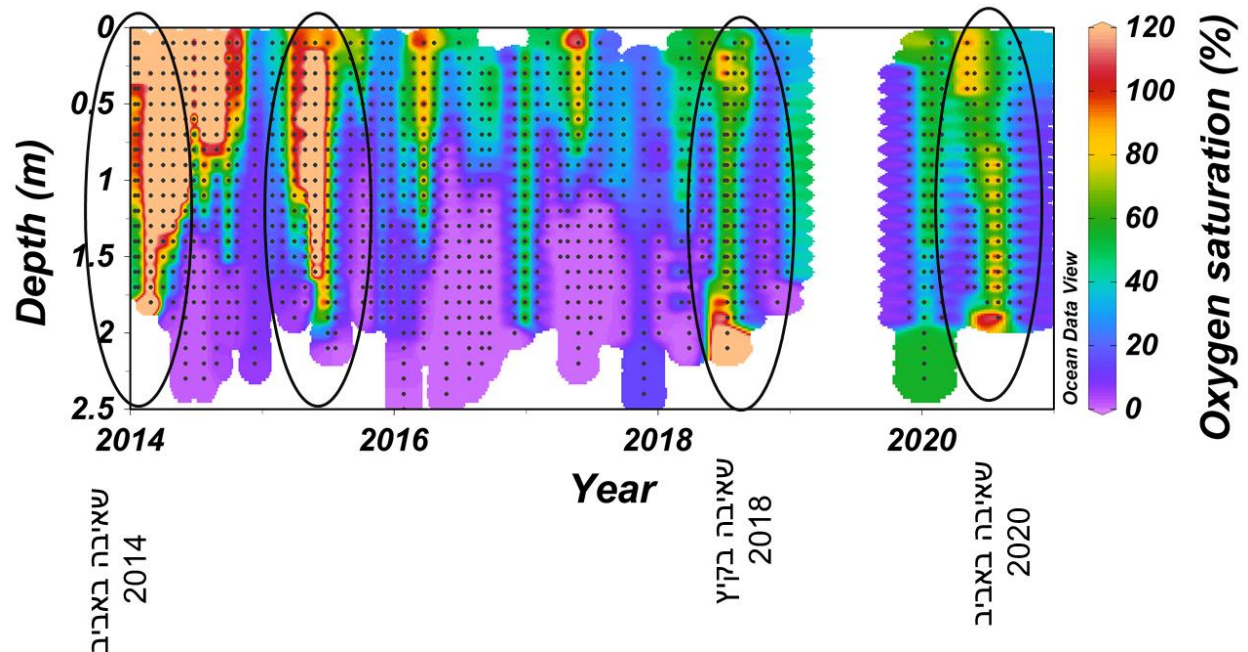
[נתוני חיישנים משדרים](#) (שם משתמש-alexander2020 וסיסמה-microestuary)

גורם העקה העיקרי באסטואר הן עקות חמצן מתמשכות בקרקעית המגיעות לעתים עד פני השטח (איור 2). עקות אלה נובעות מכמויות נוטריינטים גדולות ופעילות חיידקית רבה בקרקעית. בעונת מסיק הזיתים, העקר המוזרם לנחל מחריף את הבעיות. הפעילות הבקטריוסטטית של מרכבי העקר מונעת ככל הנראה את חמצון האמוניום כך שמצטברים בנוסף ריכוזי אמוניום גבוהים מאד ברמה הקרובה לרמה הרעילה לדגים.



איור 2: ריכוז החמצן הממוצע (באחוזי רוויה) באסטואר לפי עומק ומרחק מהשפך. הגרף מייצג נתונים מהשנים 2014-2020 כפי שנדגמו לאורך עמודת המים באמצעות רגשי החמצן (3SBE-4) במהלך הדיגומים החודשיים. הנקודות השחורות מייצגות את נקודות הדיגום.

הגורם העיקרי לעקת החמצן היא העתרה הנגרמת כתוצאה משפכי הרשות הפלסטינית המוזרמים למט"ש יד חנה ומשם כקולחים לנחל ובהמשך לאסטואר. ההשפעה הפוטנציאלית של הפסקת ההזרמות ניכרת באיור 3, ניכר כי לאורך כל תקופת המחקר, נמדדו ארבע תקופות בהן קרקעית האסטואר התאפיינה במים מחומצנים, בשלוש מתוך ארבע התקופות האלו. איכות המים המשופרת הייתה תוצר ישיר של שאיבת קולחי יד חנה להשקיה. האירוע הראשון של שיפור באיכות המים, באביב 2014 היה תוצאה של מיעוט גשמים שהוביל לשאיבה מוגברת של מי הנחל (שרובם מים ממט"ש יד חנה). שתי התקופות הבאות הן תוצאה של בקשה מפורשת שלנו לשאוב את המים כדרך לשיפור איכות המים באסטואר. עקב בעיות טכניות, בעיקר תקלות במערך השאיבה ובמט"ש יד חנה, איכות המים המשופרת לא נשמרה לאורך זמן.



איור 3: סדרת זמן של ריכוזי החמצן בעמודת המים של אסטואר אלכסנדר (באחוזים מרוויה) בשנים 2014-2020: הנקודות מציינות את נקודות הדיגום. אירועים של ריכוזי חמצן משמעותיים בקרקעית האסטואר המקושרים למדיניות שאיבת הקולחים מצויינים לאורך ציר ה-X (זמן)

2. הקמת מערכת בקרה והתראה על שינויים בלתי צפויים

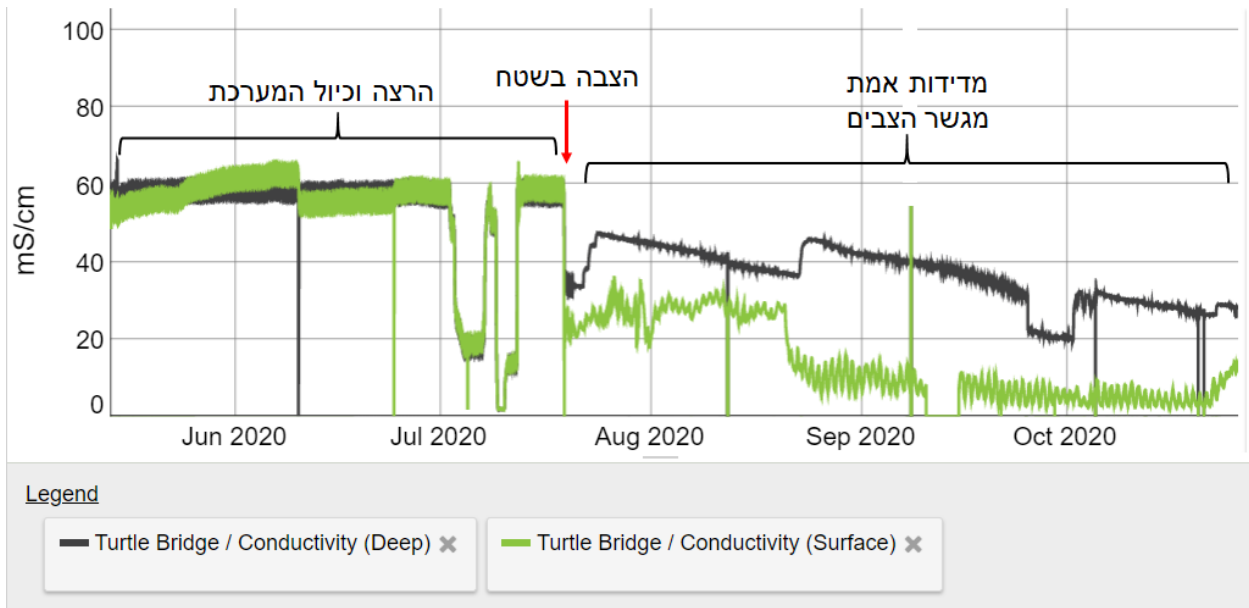
מטרות הפרויקט כוללות בין היתר בניית מערך ניהול לאסטואר שיאפשר ויעודד שיתוף פעולה בין בעלי העניין ויעודד ניהול סביבתי מבוסס מדע. אחת הדרכים שהגדרנו על מנת להשיג מטרה זו היא בניית מערך חיישנים משדר שיציג את מצב המדדים המרכזיים של מי הנחל בזמן אמת ויתריע על שינויים לא צפויים באיכות המים באסטואר הנחל.

במהלך השנה, אפיינו מערך חיישנים מתאים והקמנו את המערכת בגשר הצבים (איור 4), בסמוך למרכז האסטואר. במשך כחודש העברנו את המערכת סדרת בדיקות וכיול צולב בבריכת מים זורמים מול כל הסנסורים הפעילים בבית הספר למדעי הים (איור 5). לאחר מקצה שיפורים נראה שהחיישנים שנבחרו מספקים תמונת מצב מהירה ומדויקת שתאפשר מעקב בזמן אמת אחרי מצב האסטואר.



איור 4: הקמת מערך חיישנים משדרים בגשר הצבים (*תמונות אריאל אלסנר).

כיום אנחנו נמצאים בעיצומו של תהליך לשילוב הנתונים בזמן אמת באתר האינטרנט של הפרויקט והפצה מהירה ויעילה של הנתונים אל כל בעלי העניין המשתתפים בניהול האגן. במסגרת זו נבנית גם מערכת התראות בזמן אמת שתופעל באופן אוטומטי במהלך אירועים של הידרדרות באיכות המים. במהלך השנה גילינו שחיישני החמצן של התחנה המשדרת עוברים אילוח מהיר יחסית המחייב ניקיון שבועי של החיישנים לצורך שמירה על איכות הנתונים, על כן אנחנו בוחנים בימים אלו הוספה של מברשת אוטומטית, שתאפשר ניקיון עצמאי של החיישנים.



איור 5: סידרת זמן של מדידות המוליכות החשמלית בגשר הצבים (מרכז אסטואר אלכסנדר) בעומק ובפני השטח. מוצג צילום מסך של ממשק המשתמש באתר האינטרנט של התחנה המשדרת. הנתונים עתידים להשתלב בהמשך באתר האינטרנט של המחקר.

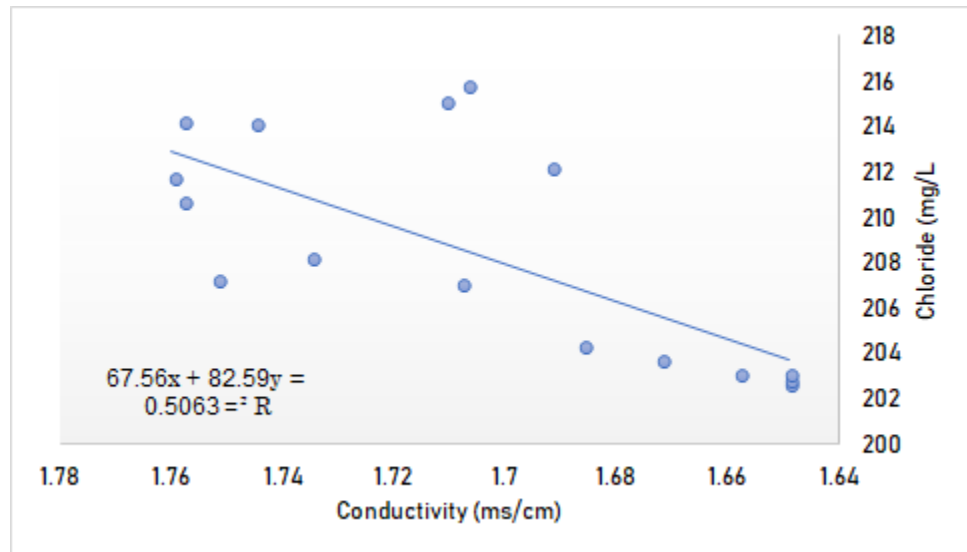
3. ניטור מקור הכלורידים באלכסנדר

אחת התובנות החשובות שעלו משנות המחקר עד כה הינה שיש להימנע מהזרמת קולחים לנחל, גם במקרה של קולחים העומדים בתקני ההזרמה. חישוב תיאורטי שביצענו, בהנחה שזמינות האור לשכבות ה"עמוקות" הוא הגורם המגביל וכי העברת המערכת האקולוגית למגבלת נוטריאנטים תאפשר חדירת אור לקרקעית וחמצון של עמודת המים, מציע כי חמצון של עמודת המים יתאפשר כשעומסי הנוטריאנטים הזורמים לאסטואר יהיו נמוכים מעומסי הנוטריאנטים המנוצלים כיום לייצור של חומר חלקיקי. על פי המודל, המלצתנו היא לא לאפשר הזרמה של יותר מחמשת אלפים קוב ליום ברמת תקן ענבר לנחלים. החישוב התיאורטי מגלה שעומס הנוטריאנטים המוזרם בקולחים לאסטואר גבוה מכושר הנשיאה של המערכת ומוביל להתפתחות עקות חמצן. שאיבת הקולחים לשימוש להשקייה היא אמצעי מרכזי וחשוב שיאפשר הפסקת הזרמת קולחים בנחל באופן מיידי. למרות המאמצים שהשקענו יחד עם גורמים שונים באגן אלכסנדר, שאיבת הקולחים מופסקת פעמים רבות עקב עלייה לכאורה של כלורידים של קולחים מעל הריכוזים המאפשרים השקייה במרחב עמק חפר (כ 280 מג"ל כלוריד).

הקשר הטוב שנוצר עם גורמי הניהול באגן אפשר לנו להבין לעומק את החסמים לשאיבה ולזהות שמדידת הכלורידים מתבצעת בעיקרה על ידי מדידת מוליכות חשמלית, ומדידות ידניות של ריכוזי כלוריד המתבצעות באופן ספורדי. מדידת המוליכות החשמלית איננה מודדת ישירות את ריכוזי הכלורידים אלא מבצעת הערכה של ריכוז הכלורידים המתבססת על יחסים אופייניים בין מומסים במים. מכיוון שהכלורידים הם הצורונים המזיקים במהלך השקייה החלטנו לבנות מערך למדידה כימית ישירה של כלורידים בטיטרציה שתאפשר בהמשך הערכה מדויקת של ריכוז הכלורידים בקולחים בזמן אמת באמצעות כיול מדידת מוליכות חשמלית והמרה שלה לכלורידים בהתאמה ליחסי המומסים האופייניים לאלכסנדר.

בתחילת שנת 2020 נרכשה והוקמה תחנה משדרת המודדת את המוליכות במים היוצאים ממט"ש יד חנה (איור 6), במקביל במהלך השנה נרכש טיטרטור המשמש למדידה ישירה של ריכוז הכלורידים. בחודשים האחרונים התחלנו באיסוף דגימות מים יומיות מהמט"ש והרצתן בטיטרטור המוצב בפקולטה למדעי הים.

המדידות הראשוניות של ריכוזי הכלורידים ביחס למוליכות החשמלית (איור 7) מראות שבכל ימי הדיגום שנותחו עד כה, לא נמדדו ריכוזים גבוהים מהתקן להשקייה (250 מג"ל כלורידים) ולכן לא היתה מניעה לשאוב את הקולחים להשקייה. בנוסף, נראה שניתן לחשב את ריכוז הכלורידים באמצעות המוליכות החשמלית. עם זאת עקב המשרע הקטן בדוגמאות שנאספו עד כה, הקשר בין שני המשתנים איננו חזק עדיין ומסביר רק 50% אחוז מהשונות בריכוזי הכלורידים. מהאנליזות שבוצעו לקולחים בעבר נראה שריכוזי הכלורידים נוטים לעלות בקיץ (דוגמאות הקיץ לא נותחו עדיין) ולכן להערכתנו תוספת של דוגמאות בהמשך השנה תוסיף שונות בריכוזי הכלורידים ותשפר את דיוק המדידה.



איור 6 (למעלה): הצבת החיישן המשדר במט"ש יד חנה

איור 7: ריכוז הכלורידים (הנמדד בטיטרציה) ביחס למוליכות החשמלית שנמדדה באמצעות התחנה המשדרת במט"ש יד חנה.

4. ייזום פעולות ממשק

במסגרת כנס האגודה האקולוגית הישראלית יזמנו שני מושבים. הראשון הציג את בעיית הקולחים בנחלי ישראל וההיבטים השונים שלה. כולל עתיד הצריכה החקלאית, החזון התכנוני והצעה לפתרון אד הוק בצורת מאגרים בעלי יכולת הגלשה שטפונית, כאשר אין מוצא אחר, שימנעו את הזיהום הכרוני והמתמשך שהנחלים חווים כיום. בהמשך התקיים פנל מומחים אשר דן בפתרונות השונים. בכנס השתתפו כמאתים צופים מכל אגפי משק המים ונראה שהמשתתפים ימשיכו בדיונים למציאת פתרונות מיטביים במסגרת שולחן עגול. בנוסף אנחנו מפיקים מסמכים המרכזים תובנות מהמחקר עד כה עבור בעלי עניין ומקבלי החלטות רלוונטים ובכללם נייר עמדה (מצורף לדוח) וחוברת תובנות והצעה לניטור וניהול מיקרו-אסטוארים של נחלי החוף תשלח בהמשך).

סיכום ומסקנות ראשוניות

אף על פי ששנת המחקר הראשונה היתה רצופה בהתקלות וסגרים הניטור והדיגומים התקיימו כסדרם, וכך גם מרבית האנליזות, ואנו ממשיכים בניטור באופן רציף. מכיוון שאיסוף הנתונים במסגרת המחקר הנוכחי הינו המשך של מחקר רב שנתי שהתבצע באסטואר החל משנת 2014, קיים כבר בסיס נתונים רחב אליו מתווספים הנתונים.

מאגר זה מאפשר להשתמש במחקר הנוכחי כמנוף וכדוגמא למחקרים נוספים ופעולות ממשק אפשריות בנחלי החוף הישראלי.

תובנות עיקריות עד כה:

- מחסור בחמצן לפרקי זמן ממושכים הוא גורם העקה העיקרי באסטואר.
- עקות החמצן נגרמות כתוצאה מעומסי הנוטריינטיים (ולא ריכוזם) המגיעים לאסטואר מקולחים מטופלים המוזרמים לנחל ממט"ש יד חנה.
- נראה שבמרבית הזמן ריכוז הכלורידים בקולחים אינו גבוה מהתקן להשקייה וניתן לשאוב את המים המטופלים לצורכי השקייה לאורך כל השנה. שאיבה רציפה כזו תביא לאישוש מהיר של המערכת האקולוגית באסטואר.
- יש להמשיך את מדידת הכלורידים למשך פרק זמן נוסף של שנה-שנתיים בכדי לבסס טענה זו.
- שיקום האסטואר יתאפשר ברגע שיפסיקו להזרים את הקולחים בנחל אלכסנדר.
- יש למנף את תהליך ניהול הקולחים, שהחל במושב הקולחים אשר התקיים בכנס הוועידה השנתית לאקולוגיה, ולכנס שולחן עגול של רשויות ומקבלי החלטות במטרה למצוא ולאפיין פתרונות מיידיים, וארוכי טווח, להסרת הקולחים מנחלי ישראל.

היעדים לשנה הבאה הינם המשך הניטור, שיפור תפעול ודיוק המערכת המשדרת והטמעת הנתונים אונליין באתר וכן הגשת הצעות מחקר נלוות אשר יאפשרו את העמקת הידע ומבט קדימה לשיקום נחלי החוף בישראל.