



חקר ימים ואגמים לישראל
Israel Oceanographic & Limnological Research



להגנת הים החופים והנחלים

מרץ 2018
דו"ח מסכם לקרן אסף

תרומת הניקוז העירוני לזיהום חופי צפון הארץ (חיפה עד עכו) והשפעתו על בריאות הציבור



Image by www.yairgil.com 27.7.2017 Haifa

ד"ר יובל ארבל, דליה טל עמותת צלול
ד"ר יעקב (ג'יק) סילברמן, המכון לחקר ימים ואגמים

תקציר

נושא המחקר הוא פוטנציאל זיהום חוף הים באזור מפרץ חיפה מזרימות במערכות הניקוז המגיע לים באמצעות הנקזים העירוניים חלק מהנקזים ממוקמים בסמוך לחופי הרחצה ויש להם השפעה על בריאות הציבור. המחקר סוקר את ריכוזי המזהמים השונים המגיעים עם הנקזים לחופי הרחצה. הנגר העירוני¹ המגיע לחופים הרחצה באמצעות הנקזים נושא עמו זוהמה רבה המצטברת על הכבישים, אך גם שפכי ביוב שמקורם בתקלות במערכת הביוב, הנובעות מתשתיות ישנות או ליקויים בטיפול במערכת הביוב, וחוסר הפרדה בין מערכות הביוב למערכות הניקוז הגורם לחדירת ביוב למערכת הניקוז. מגיעים באמצעות הנגר לחוף הים. כמו כן, הנגר מכיל גם תשטיפים משטחי מפעלים, מוסכים כבישים, מרכזים מסחריים, וגנים ציבוריים. לכל אזור עירוני הרכב מזהמים אופייני המגיע עם מערכת הניקוז לחוף הים.

שיטות: המחקר התבסס על סקר שנערך בששה אתרים מחוף הכרמל בחיפה, ועד לנחל הנעמן בחוף עכו, בארבעה סבבי דיגום לאורך השנה: סוף הקיץ (ספטמבר 2016), תחילת החורף (נובמבר 2016), אמצע סוף החורף (30.1-1.2.2017) ובתחילת הקיץ (מאי-יוני 2017). בכל סבב נדגמו המים בפתחי הנקזים בחופים. בנוסף, נערך דיגום חול בחוף במורד פתחי הנקזים, במרחקים קבועים מ-1 מטר ועד 20 מ' מאפיק הזרימה. בכל דיגמה נערכו אנליזות לשלוש סוגי בקטריות אינדיקטוריות לזיהום צואתי: קוליפורמים צואתיים, אשרכיה קולי (E. Coli) וסטרפטוקוקים צואתיים; בנוסף, נבדקו ריכוזי מתכות, ונוטריינטים. ביולי אוגוסט אנליזות נוספות לקרבומזיפין (Carbamazepine) ולקפאין - חומרים אורגניים אנתרופוגניים המשמשים כסמנים לביוב.

תוצאות: בכל הנקזים שנבדקו בסקר זה זרמו מים לים בכל הדיגומים, כולל בקיץ, באביב ובסתיו וללא קשר לאירועי גשם, למעט הדיגום של נובמבר 2016 שבוצע לאחר אירוע גשם.

חיידקים צואתיים: במרבית הדיגומים של מי מוצאי הנקזים בחופים נמצאו מאות עד רבבות (עשרות אלפי) חיידקים צואתיים (CFU ב-100 מ"ל), קוליפורמים צואתיים, סטרפטוקוקים צואתיים ואשרכיה קולי. ריכוזים אלו נמצאו גם במהלך עונת הרחצה, בצמידות לחופים מוכרזים: בחוף זבולון בקריית ים, בחוף יהודית נאות, קריית חיים (חיפה) ובחוף דדו - דרום, בחיפה (בנקז בינו לבין חוף הסטודנטים). החריגות שנמצאו היו במאות אחוזים מתקן ההשקיה במי קולחים ומתקן הרחצה בחופים. בממוצע, ריכוזי החיידקים בחורף (תחילת נובמבר וסוף ינואר) היו גבוהים יותר באופן יחסי לדיגומי הקיץ (ספטמבר 2016 ומאי-יוני 2017), אם כי מובהקות סטטיסטית נמצאה רק לסטרפטוקוקים צואתיים; בחלק מהמקרים נמצאה גם תוצאה הפוכה שלריכוזים גבוהים יותר בדיגומות מאי-יוני וספטמבר (עונת הרחצה). בשני נקזים בקריית ים בדיגום שנערך ב-2.11.2017 לאחר תקלה בתחנת סניקה, נמצאו ריכוזים של מיליוני CFU חיידקים צואתיים ל-100 מ"ל.

ריכוזי המתכות הכבדות במי הניקוז היו לרב בבתחום ערכי הסף המומלצים בתקן NOAA לאיכות מי ים ולאיכות הסדימנט בקרקעית ים. יוצא דופן בריכוז הנחושת במים שחרג מספר פעמים מהערך המומלץ כריכוז מקסימלי (והגיע לכדי $32 \mu\text{g/L}$); ובריכוז הכספית בסדימנט בפתח הנקש לריכוזים אלו פוטנציאל השפעה לרעה על החי הימי סמוך לנקז. לא נמצאה מגמה מובהקת בין קיץ לחורף.

נוטריינטים: ממוצע ריכוזי הנוטריינטים שנמצאו כאן גבוהים בפקטור של 3-4 לזרחן ושל 2-3 החנקן (חנקות ואמוניה) מהריכוזים שחושבו להערכת מקורות הנוטריינטים למפרץ חיפה בעבר (סילברמן 2010); ע"פ ריכוזים אלו תרומת הנגר בנקזים העירוניים אינם זניחים ומהרירם נתח חשוב מסך הנוטריינטים הנכנסים למפרץ.

בדיגומות החול בסמוך לנקזים, בחודשי הקיץ (ספטמבר 2016 ומאי-יוני 2017) נמצאו ריכוזים אפסיים של חיידקים צואתיים (ריכוזים קטנים מ-10 CFU ל-1 גר' חול). לעומת זאת, בדיגומי החורף (נובמבר

¹ נגר עירוני – הינו כל הגשם שאינו נספג או מחלחל ולכן זורם אל מערכת הניקוז העירונית.

2016 וינואר 2017), נמצאו ריכוזים של עשרות עד מאות CFU חיידקים צואתיים ל-1 גרם חול במרחק של 5 ואף 10 מ' מהנקזים. בנובמבר 2016, בדיגום החול שנערך לאחר אירוע גשם, בו אירעו גלישות ביוב לתוך מערכת הניקוז של קריית ים, נמצא זיהום החול במאות עד רבבות (10^4) של חיידקים צואתיים: E. coli וקוליפורמים צואתיים ל-1 גר' חול במרחק 1 ו-5 מ' מהנקז ועד מאות CFU במרחק של 10 מ' מהנקז. גם באירוע הנ"ל ריכוזי הסטרפטוקוקים הצואתיים היה נמוך יותר גם במי הנקז וגם בחול.

מסקנות:

- ע"פ הממצאים של סקר זה, והשוואתו לספרות עולמית, נראה שקיים פוטנציאל לסיכון בריאותי משכשוך במי הים באזור השפך של הנקזים ו/או מגע עם החול הצמוד אליהם, במיוחד לאחר אירועי גשם חזק היוצרים כמות גדולה של נגר הסוחף עמו מזהמים רבים, ו/או בעקבות גלישת ביוב.
- בכל הנקזים בחופים נמצאו ריכוזי חיידקים, המחייבים שילוט אזהרה בולט לנופשים בחוף ולרוחצים בים.
- בחלק מהנקזים בהם יש עדויות ברורות לחדירת מי ביוב ביתי, יש להשלים חקירה לגבי מקור שפכים אלה והפרדתם המלאה ממערכת הניקוז.
- יש להשלים בדיקות בקטריולוגיות מקיפות לגבי שכחות זנים פתוגנים אלימים במי הנקזים.
- בנקז בחוף אזה"ת בחיפה נמצאה עדות ברורה לביוב ממקור תעשייתי (תעשיית הפרמצבטיקה).
- מבחינת ריכוזי מתכות כבדות ונוטריינטים – הריכוזים בד"כ אינם גבוהים במיוחד, אך במספר מקרים נמצאו חריגות מתקנים בני"ל לשמירה על איכות הסיבה הימית. (למשל בריכוז החנקות האמוניה והנחושת).

המלצות צולל לרשויות הממשלה ולרשויות המקומיות במטרה להפחית את פוטנציאל זיהום הנגר העירוני ומוצאי הנקזים העירוניים החופים:

- לכל אורך השנה, או לפחות לאורך כל עונת הרחצה, יש לשאוב את מי הנקזים (ספיקת הבסיס) למערכת הביוב או למתקני טיפול מקומיים להשקיית גינות. קדימות ראשונה יש לתת לנקזים הסמוכים לחופי רחצה.
- יש לאכוף את תקנות צנרת המאושרות, המחייבות הפרדה בין מערכות הביוב למערכות הניקוז (המשרד להגני"ס).
- יש לקבוע תקן למוצאי נקזים עירוניים. כולל חובה להתקין אמצעי ניטור המתריעים מפני זיהום (המשרד להגני"ס ומשרד הבריאות).
- יש ליישם את עקרונות תמ"א 34ב', להגברת החלחול לתת הקרקע, יש לתכנן פרויקטים תוך הסתמכות על נתונים מעודכנים בנושא הידרולוגיה, מבנה הקרקע, כמויות הגשם ועוד, אותם יספקו רשויות המדינה למתכננים (משרד הפנים/ רשות המים). מינהל התכנון ורשות המים פועלים לכתיבת המלצותו למתכננים. ההמלצות יושלמו ב-2020.
- תמיכת המדינה בפרויקטים עירוניים לצמצום הנגר: ביופילטרים, גגות ירוקים, גינות קולטות מים (מחלחלות) ועוד, באמצעות השתתפות בעלויות הקמתם (משרד האוצר/רשות המים).
- יש להעניק פטור מהיטל הפקה לעיריות ולתאגידי מים שיקימו פרויקטים לניצול המים בגינון עירוני ו/או להחדרת הנגר לתת הקרקע, בהתאם לכמות המוחדרת (רשות המים).
- יש להקים קולטני אשפה בצינורות הניקוז ועל פתחם (רשויות מקומיות).
- יש לנקות את תעלות הניקוז לפני עונת הגשמים ובתדירות גבוהה יותר במקומות מועדים. כמו למשל, שווקים. יש לפזר מאפרות ברחובות הערים ולמנוע בכך השלכת בדלים המוצאים את דרכם לים (הרשויות המקומיות).
- יש לאכוף ניתוק מרזבים ממערכת הביוב (הרשויות המקומיות);
- יש לקבוע סטנדרטים לאיכות נגר עירוני באמצעות היתר הזרמה מאת הוועדה למתן היתרי הזרמה לים (המשרד להגני"ס) והוועדה למתן צווי הרשאה לנחלים (רשות המים). היתר זה יגדיר את איכות הנגר ויקבע שלביות ולוחות זמנים לשיפור איכותו.

תוכן עינינים

עמודים	
2-3	תקציר
5-6	מבוא
7-8	שיטות דיגום ואנליזה
8-15	תוצאות
8-12	חידקים צואתיים במי הנקזים ובחול הסמוך לפתח הנקזים
12	מתכות כבדות במים ובסדימנט – השוואה לתקנים
12-13	נוטרינטים במי הנקזים, השואה לתקנים ותרומה לעומס נוטרינטים
13	זיהום בכספית בחוף אז"ת עכו
13-14	תוצאות של סמנים נוספים לשפכים וביוב ביתי במי הנקזים
15-16	מסקנות והמלצות
28 -23	תמונות
	טבלאות
14	1. ריכוז תוצאות קרבומזפין וחיידיקים צואתיים ביוני ואוגוסט 2017
17	2. ריכוזי חידקים צואתיים במוצאי נקזים בחופים באזור חיפה עד עכו
18-19	3. ריכוזי חידקים צואתיים בחול ליד הנקזים בחופים באזור חיפה עד עכו
20	4. ריכוזי מתכות כבדות במי הנקזים
22	5. ריכוזי מתכות כבדות בסדימנט בפתחי הנקזים בחופים
32	6. נוטרינטים במים במוצאי הנקזים
33-34	7. תרכובות אורגניות שונות במי הנקזים בחופים, אוגוסט, 2017
29-30	רשימת מקורות

מבוא:

מטרת מחקר זה היא לבחון את הסיכון הבריאותי הנשקף לציבור ממזהמים המוזרמים לחוף הים דרך מערכות הניקוז. הנגר העירוני בערי החוף סוחף עמו אל החופים ואל הים את "זוהמת הרחוב" באמצעות מוצאי הנקזים העירוניים הממוקמים לעיתים בתוך או בצמידות לחופי רחצה מוכרזים. ע"פ מספר עבודות, מי הנגר העירוני מכילים בתוכם מלבד "לכלוך" ובוץ, גם חיידקים פתוגניים, שמנים ודלקים שמקורם בתשטיפי כבישים, מוסכים ומגרשי חניה. לעיתים גם שפכי ביוב, שבמקורם בתקלות במערכות הסניקה (משאבות במערכת הביוב), תשתיות ישנות וחוסר הפרדה מלאה בין צנרת הובלת הביוב למערכת הניקוז. ניקוז המגיע משטחי מפעלים מכיל לעיתים גם ריכוזים גבוהים של מתכות כבדות (נתיב וחוב', 2004, גולדשלגר וחוב', 2009) כל אלו עלולים לגרום לתחלואה ולפגיעה במערכת האקולוגית.

לאור העלייה במודעות בעולם לנושא זה, פותחו שורה ארוכה של כלים לצמצום הנגר העירוני והסיכון התברואתי ממנו, ראה למשל דליה טל (2015). עם זאת, לדעת מספר חוקרים בתחום, קיימים פערי ידע גדולים (למעשה חוסר ידע) בכל הקשור לזרימת המזהמים לים באמצעות הנקזים החופיים שאינם מנוטרים כלל. למעשה, נכון לשעת כתיבת דו"ח זה, לא ידוע מהו עומס המזהמים הזורמים למים החופיים של מדינת ישראל, בזרימת בסיס ובאמצעות הנגר, לא כל שכן מפרץ חיפה. בנוסף, לא ידועה גם מידת השפעתו של הנגר על איכות המים החופיים הן מבחינת מצב העשרת נוטריינטים (אאוטרופיקציה) והן מבחינת ההשפעה על בריאות הציבור.

בשנים 2008-2017 נספרו עשרות אירועי גלישת ביוב למערכות ניקוז עירוניות ואירועי זרימת נגר עילי מזוהם, אשר הובילו לסגירת חופים בהמלצת משרד הבריאות (צלול, 2017). למרות הסכנה לבריאות הציבור, משרד הבריאות מסתפק בהודעת אזהרה כללית, החלה על כל עונת החורף, מפני רחצה לאחר אירועי גשם סוחף, אך אינו דואג לשלטי אזהרה בחופים המתריעים בפני הסכנה הבריאותית העלולה להיגרם בעקבות מגע עם המים המזוהמים.

בעבודה קודמת, ערכה עמותת צלול סקר מזהמים ב-11 מוצאי נקזים, מבת ים ועד לקריית ים. בחמישה מהנקזים נמצאו ריכוזי חיידקים צואתיים החורגים מהתקנים למי רחצה בחופים עד מאות ואלפי אחוזים (שמעון צוק, 2014). עם זאת, רק סביב נקז אחד נדגמו גם ריכוזי החיידקים בחול במרחקים של 5, 10 ו-15 מ' ממוצא הנקז. תוצאות הבדיקה הצביעו על ריכוזי חיידקים גבוהים עד למרחק של 10 מ', אך, כאמור, מדובר בדיגום חד פעמי במורד הזרם של נקז אחד בלבד. כמו כן, תועדו 20 אירועים נפרדים של הזרמת נוזלים מזוהמים מצנרת ניקוז לסביבה החופית (שמעון צוק, 2014). באוגוסט 2016 עמותת פירסמה תוצאות מספר דגימות דומות לאחר אירוע גלישת מי ניקוז מזוהמים בחוף הדולפינריום ובהם נמצאו ערכים דומים (י.ד.ע. מים, 2016).

למרות ששרידותם של קוליפורמים צואתיים בים נמוכה, בין היתר בגלל רגישותם לאור, שרידותם והתרבותם של אנטרוקוקים, במיוחד בקרקעית הים ובחוף החולי ולא רק בגוף המים, גבוהה יותר (Halliday & Gast, 2011 Hood and Ness, 1982; Bonnilla et al., 2007; Harz et al., 2008; Silberman et al., 2012). מכאן, שמגע ישיר של נופשים עם החול בחוף הים מהווה סיכון בריאותי עבורם וגורם לתחלואת מעיים (למשל Heaney et al., 2009). בנוסף, רצועת החול משמשת מעין מאגר של בקטריות שיכולים לעבור אל גוף המים בעת גאות וסערות המעלות את קו הגלים ובכך לפזר את החיידקים למרחק רב ולגרום לסיכון גם לרוחצים בים (Yamaha et al., 2007). כמו כן, שרידות של חיידקי אנטרוקוקוס ביניהם ויברו-כולירה גבוהה יותר הן בים והן בחול (Hood and Ness, 1982).

מספר מחקרים שנערכו בישראל הצביעו על זיהום של חיידקים וחומר אורגני בנגר עירוני. לדוגמא, בעבודת הדוקטורט של ליאור אסף באשדוד ונתיב ר. וחוב', 2004 נמצא כי הריכוז הממוצע והשכיח הם אלפים עד רבבות קוליפורמים צואתיים CFU במאה מ"ל. ערכים דומים נמצאו בעבודה של תה"ל בראשלי"צ ובאשדוד, בעבודת התחנה לחקר הסחף ו"אקולוג הנדסה" ברעננה ובהרצליה, (גולדשלגר וחוב', 2009) ובעבודתם של המרכז לערים רגישות מים בכפר סבא (ירון זינגר וחובריו, 2017). בנגר מאזורי תעשייה, תחנות דלק, וכבישים נמצאו גם ריכוזים גבוהים יחסית של שרידי דלקים ושמנים ומתכות כבדות כגון: עופרת, ניקל, אלומיניום, נחושת, כרום וברזל (Asaf et al, 2004) וזינגר וחובריו, (2017).

מחקרים אלו מחזקים את האפשרות להמצאותם של חיידקים פתוגניים בחול בסמוך למוצאי נקזים. במיוחד לאור הריכוזים שנמצאו במי הנקזים בבדיקות הקודמות שתוארו לעיל בהם נמצאו ריכוזים של קוליפורמים צואתיים, E. Coli וספרטוקוקוס צואתי (אנטרוקוקוס).

בצפון מפרץ חיפה, מראש עכו עד למפעל רפא"ל, נמצא זיהום כספית במי הים, במשקעי קרקעית הים ובחי שמקורו כנראה באזור מפעל "תעשיות אלקטרוכימיות" שזיהם את מי התהום במשך שנות פעילותו. בשנים האחרונות, עם הפסקת שאיבתם לצורכי התהליך התעשייתי, מים מזוהמים אלה החלו לחדור לים (שוהם-פריד וחובריה, 2017). המשרד להג"ס ורשות המים עורכים סקרים סביבתיים והידרולוגים נוספים לגבי היקף התפשטות הכספית ומתכות אחרות במי התהום, בחוף, בים וכן בדגה בצפון מפרץ חיפה. תוצאות ניטור הכספית במים ובסדימנט בחוף ובים במפרץ חיפה משנות ה-80 ועד 2016 (כולל) מסוכמים בדו"ח הניטור הלאומי של חיפ"ל למצב הים התיכון (חיפ"ל, 2016).

לאור כל האמור לעיל, הוצע לסקור במהלך מחזור שנתי אחד את איכות המים הזורמים דרך מוצאי הנקזים ובחול הים הסמוך למוצאים אלה, לאורך חופי חיפה והקריות, על-מנת לעמוד את מידת חשיפת הציבור והסביבה הימית הסמוכה לזיהום זה. במחקר זה לא התמקדנו בנגר העירוני המתפתח לאחר אירועי גשם חזקים, אלא בזרימת הבסיס המתנקזת דרך מערכות הניקוז העירוני למוצאיהן בחופים. פרסום ממצאי מחקר זה ונוספים שצוטטו להלן, יעלה את המודעות לנושא בציבור וגורמי הטיפול והאכיפה, לקידום פתרונות לצמצום סיכון זה.

שיטות דיגום ואנליזה:

הדיגום התחלק ל-4 סבבים בשנה הידרולוגית.

- סוף הקיץ ספטמבר 2016 ;
- תחילת החורף, נובמבר 2016 ; לאחר אירוע גשם משמעותי ;
- אמצע סוף החורף, 30.1-1.2.2017 ;
- בתחילת הקיץ, מאי-יוני 2017 .

בכל סבב נדגמו המים במוצאי הנקזים הזורמים לחופים וכן נדגם החול בחוף הסמוך אליהם במרחקים קבועים מ-1 מטר ועד 10מ'. כמו כן, המים וחול נדגמו באותה שיטה משפך נחל הנעמן, המנקז אגן ניקוז גדול הכולל בתוכו שטחים חקלאיים, תעשייתיים, עירוניים ומתקני טיהור שפכים, נדגמו באותה שיטה, לפי תכנית העבודה שתוכננה מראש. בסבב הרביעי (במאי יוני 2017), נוספה נקודת דיגום רביעית בכל חוף, כ-20 מטר מהנקז, המייצגת חול הנמצא מחוץ לתחום השפעת הנקז. בכל דגימה נערכו אנליזות בקטריוולוגיות לשלוש סוגי בקטריות אינדקטוריות לזיהום צואתי: קוליפורמים צואתיים (Fecal coliforms), אשרכיה קולי (E. Coli) וסטריפטוקוקים/ אנטרוקוקים צואתיים. מלבד זאת, נבדקו ריכוזי מתכות במים ובסדימנט במוצאי הנקזים, ונוטריינטים מומסים. ביולי אוגוסט 2017 נערכו אנליזות נוספות לקרבומזפין (רכיב פעיל בתרופות פסיכיאטריות ואנטי אפילפטיות המשמשת כסמן לביוב או לקולחים ביתיים)² בארבעה מהנקזים, וכן אנליזות לקפאין ולחומרים אורגניים וביולוגים אחרים בשלושה נקזים (רק באוגוסט 2017; טבלא 7); לפרוט מלא של כל התוצאות ראה בטבלאות 1-7.

הדיגום נערך בששה אתרים, מדרום לצפון (ראה מפת מיקום באיור 1):

1. חוף הסטודנטים - חוף הכרמל, חיפה – נקז של מנהרות הכרמל ומת"ס. הנקז זורם כל השנה, כ-100 מטר מהמקטע הדרומי של חוף דדו המוכרז (סוכת מציל 6 בחוף דדו-סטודנטים; תמונות 1.א-1.ד).
2. נקז רחוב "חלוצי התעשייה" בחוף אזור תעשייה מפרץ חיפה, (בקצה הדרומי של גדר טרמינל קריית חיים של תש"ן; בחודשי החורף (נובמבר-אפריל), הים הציף את מוצא הנקז ולא התאפשר דיגום (תמונה 4).
3. נקז בקצה רחוב קצנשטיין בחוף אזור תעשייה במפרץ חיפה; (200 מ' דרומית לנקז חלוצי תעשייה) תמונה 5).
4. נקז רחוב דגניה, גובל בחוף יהודית נאות בקריית חיים (חיפה); זורם כל השנה, ובים גבוה פתח הנקז מוצף (תמונות 3.א ו-3.ב).
5. נקז על גבול חוף זבולון, קריית ים³ (תמונת שער עליונה).
6. מוצא נחל הנעמן כ-200 מטר דרומית לחוף התמרים בעכו (תמונות 2.א-2.ד).

שיטות מעבדה: הדיגום והבדיקות הבקטריוולוגיות של מי הנקזים נערכו בשיטות

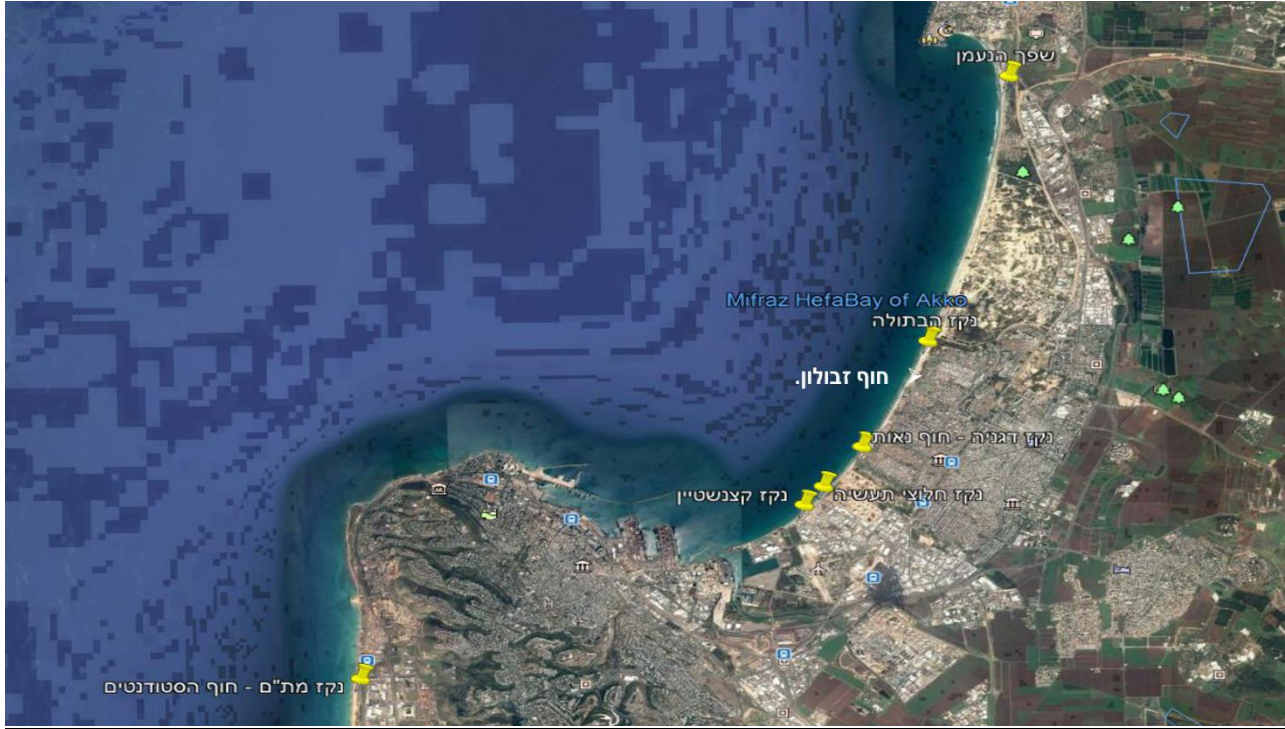
סטנדרטיות לפי פרוטוקולים של משרד הבריאות לבדיקת זיהום בחופי רחצה (Standard Methods). ריכוזי החיידקים בדגימות החול נערכו במעבדת "בקטוכם" בדרך הבאה: 20 גר' של חול רטוב, מוצו ב-180מ"ל של בופר פוספט ואחר כך נזרעו בתוך מצע גידול 1 מ"ל ו-0.1 מ"ל מהמיצוי.

² קרבומזפין (Carbamazepine), תרופה מסיעת לאנשים עם הפרעה דו-קוטבית וכנגד התקפים אפילפטיים), נוכחותה בנקזים מעיד בוודאות על ביוב ביתי או על שפכים של מפעל תרופות שמיצר תרופה פסיכיאטרית זו; החומר הנ"ל, אינו קיים בטבע, ומכיוון שהוא מולקולה יציבה (נותרת במים גם לאחר הטיפול בשפכים ומגיעה להשקיה בקולחים וכו') היא משמשת כסמן כמותי לשפכים במקור מים מסוים (Gesser et al., 2011).
³ בנובמבר 2017 דגמנו גם בנקז ה"בתולה", בקצה הצפוני של חוף קריית חיים (בגבול עם שטח רפא"ל). בסבבי הדיגום האחרים הנקז הנ"ל היה מוצף.

זוהי פרוצדורה סטנדרטית לבדיקה בקטריולוגית במזון (SI 885). בסבב הראשון (ה-19.9 וה-5.10.10 בנעמן) מיצינו את דוגמאות החול בשדה על-ידי מיהול כל דוגמת חול של 150 מ"ל ב 600 מ"ל מי ים וניערור במשך דקה. לאחר מכן האנליזות נעשו בשיטות הסטנדרטיות לבדיקת זיהום חיידקי במי רחצה, התוצאות דווחו ביחידות של CFU לגרם חול.

סריקת מתכות בדוגמאות החול נערכה בשיטות ספקטרומטריות בליעה אטומית (AA) ופלוואורוסנציה אטומית (AAFS) עבור כספית וקדמיום במעבדת חי"ל. מתכות כבדות בדוגמאות מים בתוספת של חומצה חנקתית חזקה נבדקו במכשיר ICP-MS במעבדת המכון הגאולוגי.

איור 1: מפת מיקום מוצאי הנקזים שנדגמו במהלך הסקר



תוצאות:

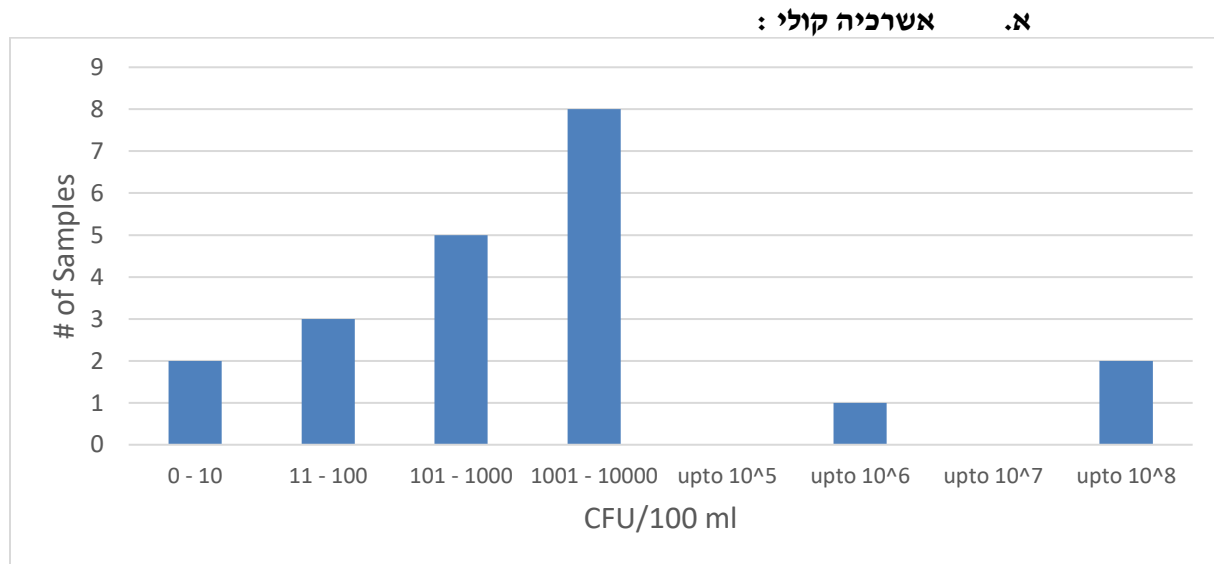
1. חיידקים צואתיים - להלן תוצאות ארבעה סבבי הסקר של מוצאי הנקזים ושפך נחל נעמן:

א. **במי הנקזים** בחופים נמצאו ערכים גבוהים מאוד של ריכוזי חיידקים פתוגניים; מאות עד רבבות (עשרות אלפי) CFU של חיידקים צואתיים ב- 100 מ"ל במי נקזים (קוליפורמים צואתיים, סטרפטוקוקים צואתיים ואשרכיה קולי). ריכוזים אלו נמצאו גם במהלך עונת הרחצה (27.4-19.10.17), בצמידות לחופים מוכרזים (חוף זבולון בקריית ים, חוף נאות בקריית חיים (חיפה) ובנקז מדרום לחוף דדו בחיפה (בחוף הסטודנטים)⁴. מדובר בחריגות של מאות אחוזים מתקן השקיה במי קולחים ומתקן רחצה בחופים, אך הם אינם גבוהים יחסית למי נגר עירוני, כפי שתואר בספרות. עם זאת, בשני נקזים בקריית ים בדיגום שנערך ב-2.11.2017, כאשר דווח על גלישת ביוב אל מוצא נקז בסמוך לחוף (בשל תקלה בתחנת סניקה מקו ביוב סמוך), נמצאו ריכוזי E.Coli וקוליפורמים צואתיים של עשרות מיליונים (10^7 CFU/100mL) במוצא שני נקזים שנדגמו בסקר.

ב. **עונתיות:** ממוצע ריכוזי החיידקים בשלושת הסוגים שנבדקו היו גבוהים יותר בחורף (תחילת נובמבר 2016 וסוף ינואר 2017) מאשר בקיץ (דגימות מספטמבר 2016 ומאי-יוני 2017); אם כי מובהקות סטטיסטית ($p < 0.05$) נמצאה רק בסטרפטוקוקים צואתיים.

בריכוזי הקוליפורמים הצואתיים נמצאה סטייה מהכלל של ריכוזים גבוהים יותר בחורף – כאשר בחנו את ריכוזי הנקזים הסמוכים לחופים המוכרזים (זבולון, י.נאות ודדו), ולא הכללנו שתי תוצאות מהדיגום משני נקזים בקריית ים ב-2.11. (כיוון שבמועד זה זרם ביוב אל הנקזים בחוף הנ"ל כתוצאה מתקלה⁵); לחופים הנ"ל, ממוצע ריכוזי הקוליפורמים הצואתיים בקיץ גבוה יותר מהחורף. באשרכיה קולי ובסטרפטוקוקים צואתיים גם בהשוואה זו ריכוזי החורף היו גבוהים יותר.

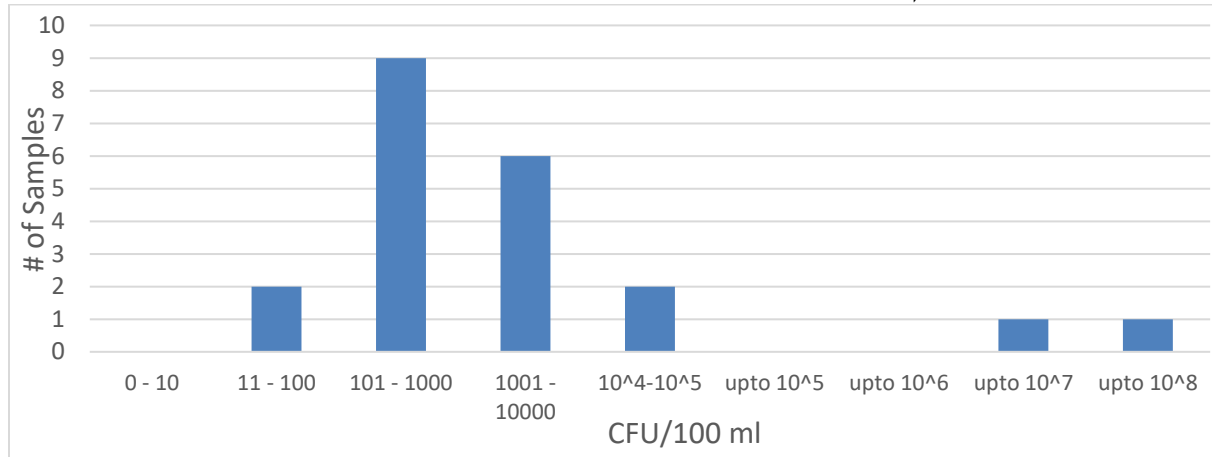
איור 2: התפלגות ריכוזי החיידקים הצואתיים במי הנקזים - מספר דגימות עם ריכוזי חיידקים במקטעים ריכוז עולים בחזקות 10, (מ- 10^0 ועד 10^8) למאה מ"ל.



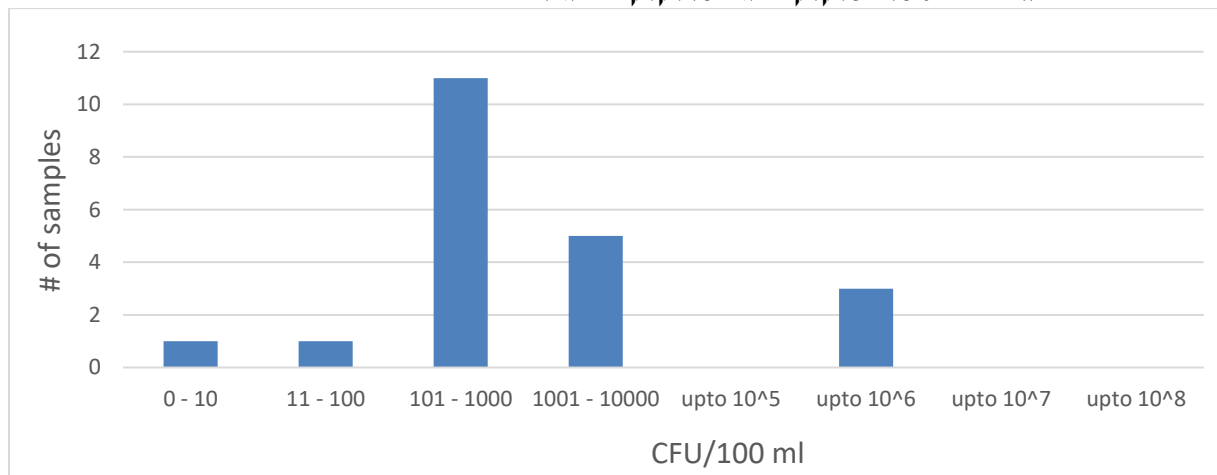
⁴ בנקז מת"מ בדגימות נוספות בלתי תלויות של משרד הבריאות נמצאו ערכי חיידקים צואתיים נמוכים יותר אך עדיין עד אלפי יחידות ל-100 מ"ל (יעקב, 2017).

⁵ ב-1.11.2017 ארעה תקלה במשאבת סניקת ביוב הסמוכה (בלילה הקודם לדיגום). תקלה זו דווחה למשרד הבריאות ולמשרד להג"ס, ואזהרת רחצה בחוף קריית ים פורסמה ל-4 ימים. ריכוזי הקוליפורמים הצואתיים הגיע ל-36 מיליון ל-100 מ"ל.

**המשך איור 2 : התפלגות ריכוז החיידקים הצואתיים במי הנקזים :
ב. קוליפורמים צואתיים :**



ג. סטרפטוקוקים ואנטרוקוקים צואתיים :

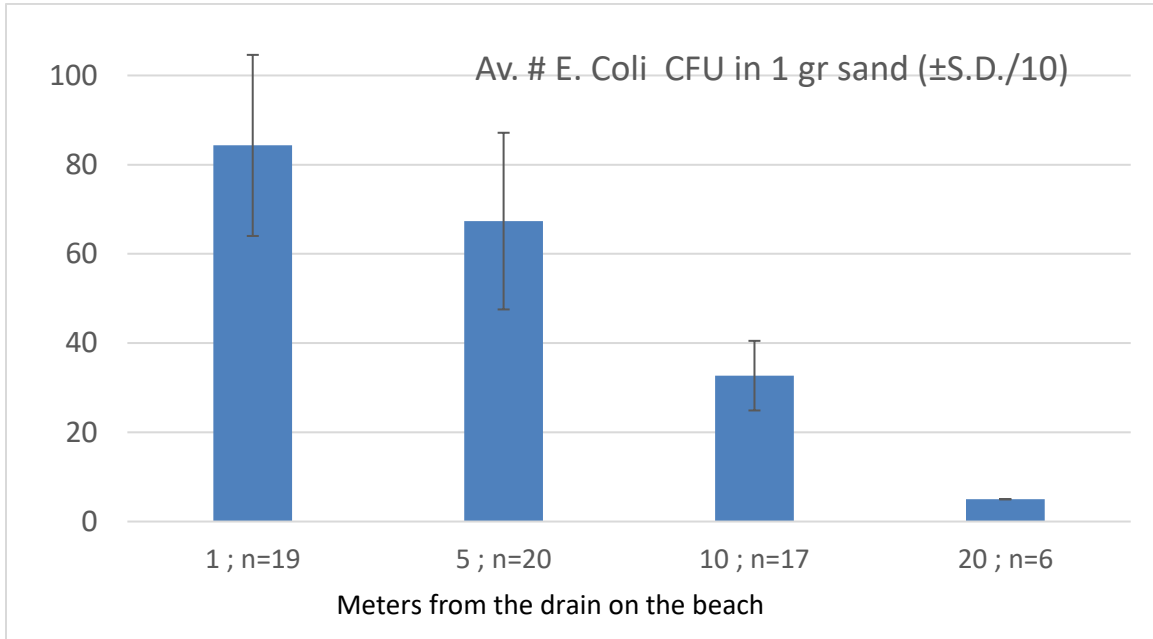


ד. ריכוזי חיידקים בדגימות החול : למרות השונות הגבוהה בין התוצאות, לרוב ככל שמתרחקים מהנקזים ריכוז החיידקים פוחת (ראה תרשים א' ו-ג'). במרחק של 20 מ' מהנקז ריכוזי החיידקים היו מתחת לסף הכימות של המדידה וכמובן נמוכים יותר באופן מובהק ($p < 0.05$) מהריכוזים במרחקים של 1 ו-5 ואף 10 מ' מהנקז. עם זאת, בקוליפורמים צואתיים נצפתה מגמה מעורבת (עולה ויורד כתלות במרחק ממוצא הנקז) עם ערך מקסימאלי במרחק של 5 מ' (איור ב'). הסיבה לכך אינה ברורה.

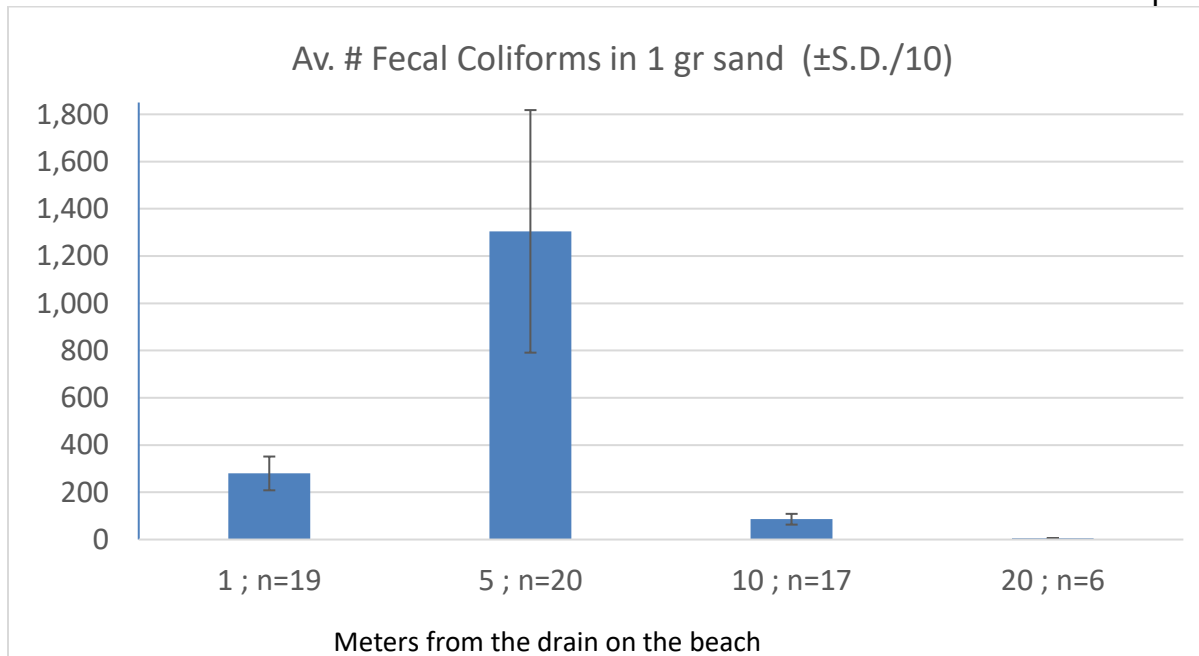
מבחינה עונתית בספטמבר 2016 כל ריכוזי החיידקים הצואתיים היו קטנים מ-10 CFU ל-1 גרם חול ; ובמאי 2017 כני"ל, מלבד דגימה אחת עם 90 CFU קוליפורמים צואתיים במרחק 1 מטר משפת שפך נחל הנעמן. ביוני 2017 נמצאה חריגה של עשרות עד מאות CFU בשלושת סוגי החיידקים במוצא נקז חלוצי התעשייה (כאשר מדדים אחרים במי הנקז העידו שמדובר בזרימת שפכים). לעומת זאת, בדגימות בחודשים נובמבר וינואר (לאחר אירועי גשם וזרימות נגר עילי בנקז) נמצאו בכמה דגימות עשרות עד מאות חיידקים צואתיים לגרם חול. ריכוזים גבוהים יותר (עד רבבות חיידקים צואתיים) נמצאו במוצא הנקז בחוף זבולון ב-2 לנובמבר 2017 (לאחר גלישת ביוב למערכת הניקוז באזור זה בקריית ים). סטטיסטית, ההבדל בריכוזי החיידקים בין חורף לקיץ בכל דגימות החול, נמצא מובהק ($p < 0.05$), לאשרכיה קולי וסטרפטוקוקים צואתיים ; אבל לא מובהק ($p = 0.096$) לקולפורמים צואתיים.

3. ריכוזי חיידקים צואתיים בחול הים במרחקים גדלים מהנקד :

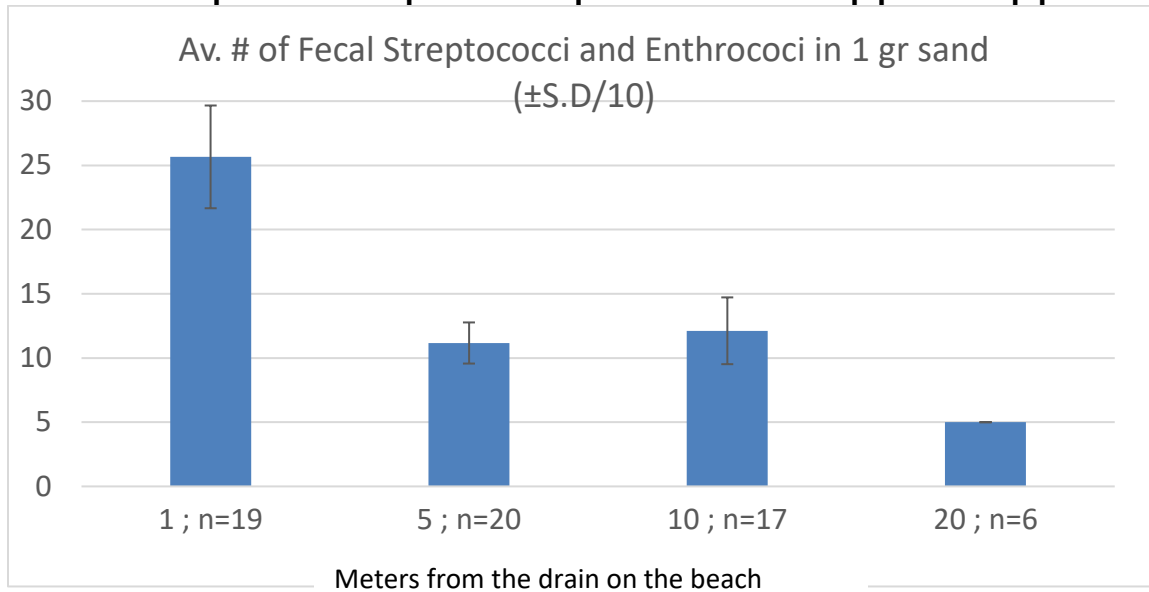
א. אשרכיה קולי (E. Coli):



ב. קוליפורמים צואתיים:



ג. סטרפטוקוקים ואנתרקוקים צואתיים בחול בחוף הים במרחקים גדלים מהנקז :



בדיגום החול ב-2 בנובמבר במוצאי הנקזים החופיים של קריית ים (חוף זבולון וליד נקז ה"בתולה"); נמצאו ריכוזי חיידקים של מאות עד רבבות CFU ל-1 גר' חול של קוליפורמים צואתיים ומאות עד אלפי אשרכיה קולי. ערכים אלה גבוהים מאוד יחסית לערכים שנדגמו באתרים אחרים וכן יחסית למועדי הדיגום האחרים בחוף זבולון. מכאן, ניתן להסיק שזרימת הביוב בנקזים באותו אירוע גרמה לזיהום החול עד למרחק של לפחות 10 מ' ממוצא הנקז. ריכוזי הסטרפטוקוקים נמוכים מריכוזי הקוליפורמים. רק עשרות CFU ל-1 גר' סדימנט, אך גם אלו תוצאות גבוהות יותר מכל שאר המיקומים והסבבים הקודמים.

2. ריכוזי המתכות במי הנקזים: תוצאות האנליזות מוצגות בטבלה 4. ממוצע ריכוז המתכות עופרת, ניקל, אבץ, נחושת ואלומיניום, בנקזים היו גבוהים יותר בדיגומי החורף (נובמבר 2016 וינואר 2017) לעומת ממוצע ריכוז המתכות בדיגומי הקיץ (ספטמבר 2016 ומאי-יוני 2017), אם כי רק באבץ ההפרש בממוצע ריכוז בחורף לעומת הקיץ היה מובהק ($p < 0.05$). כנ"ל ערכי המקסימום בריכוזי המתכות נמצאו כמעט תמיד⁶ בנקזים בחורף ולא בקיץ. כל ערכי הריכוזים של מתכות כבדות הגבוהים מערכי סף אקולוגיים למי ים לעקה כרונית (CCC – Criterion Continuous Concentration) ולעקה קצרת מועד (CMC – Criterion Maximum Concentration) (NOAA, 1999) מסומנים בטבלה 4. חריגות כנ"ל נמצאו רק בנחושת במספר פתחי נקזים ולאבץ רק בפתח נקז קצנשטיין באזור התעשייה במפרץ חיפה. כמו כן, כל הערכים נמצאים מתחת לתקן קולחין מותרים להזרמה לנחלים⁷; וכמעט כולם מתחת לערכי הסף הסביבתיים שנקבעו לאיכות ים תיכון בישראל (מליסטר, 2002). חריגות מסומנות בטבלה 4.

ריכוזי מתכות בסדימנט במוצא הנקזים, היו לרב מתחת לערכי סף מקובלים להשפעות ביולוגיות בסביבה הימית (טבלה 5 Long et al., 1995), מלבד שתי חריגות מערך ERL (ערך הסף הנמוך) לכספית בדיגמה של נחל נעמן ובדיגמה של נקז 'חוף הבתולה'.

3. ריכוזי הנוטריינטים במי הנקזים: תוצאות האנליזות מוצגות בטבלה 5. לא נמצאה עונתיות ברורה באף אחד מהמדדים. הריכוז הממוצע הגבוה ביותר של ניטריט+ניטראט נמדד בנקז חוף דדו ($456 \pm 252 \mu\text{mol/L}$). הריכוז הממוצע הגבוה ביותר של אמוניום נמדד בשפך נחל הנעמן

⁶ מלבד אלומיניום בנעמן שנמצא בריכוז גבוה יותר בקיץ.
⁷ תקנות בריאות העם, (תקני איכות מי קולחין וכללים לטיהור שפכים), תשע"א 2010;

196 ± 344 $\mu\text{mol/L}$). הריכוז הממוצע הגבוה ביותר של פוספאט נמדד בנקז חלוצי התעשייה (57 ± 78 $\mu\text{mol/L}$). ריכוזים גבוהים יותר בממוצע של ניטריט+ניטראט לעומת אמוניום נמדדו בנקז חוף הבתולה, קצנשטיין וחוף דדו, כאשר היחס הגבוה ביותר בין שתי המדדים נמצא בנקז חוף דדו. יחסים אלה מצביעים על מקור נגר מאזור חקלאי או שטחים פתוחים עירוניים כמו גינות ופארקים. לעומת זאת, בנקזים האחרים, כולל שפך נחל הנעמן, ריכוזי האמוניום היו גבוהים בממוצע מריכוזי הניטריט+ניטראט ומאפיינים שפכים או נגר ממקור עירוני (Ghane et al., 2016). ממצאי הדיגום בשפך נחל הנעמן, מבחינה זו, תואמים את היחסים בין הממוצעים הרב שנתיים (1990-2013) שנמדדו בדיגומי סתיו ואביב על ידי תכנית הניטור הלאומית של המים החופיים המבוצע על ידי היא"ל ($\text{NO}_x/\text{NH}_4=105/314$). לעומת זאת, בשפך נחל הקישון היחס בין הממוצע הרב שנתי (1990-2013) של ניטריט+ניטראט לאמוניום הינו $483/177$. בהנחה שיחס זה אכן מאפיין את מקור הנגר ובהינתן ששני הנחלים מנקזים שטחים חקלאיים ופתוחים נרחבים, ההבדל בין היחסים לא ברור ודורש מחקר מעמיק יותר לזיהוי מקורות החנקן המגיעים לשפך נחל הנעמן.

הממוצעים של ריכוזי הניטריט+ניטראט ($153 \mu\text{mol/L}$) ואמוניום ($100 \mu\text{mol/L}$) בכל הנקזים שנמדדו במהלך סקר זה נמוכים משמעותית מהממוצע הרב שנתי של ריכוזיהם בשפך הקישון המהווה את מקור הנורטיינטיס העיקרי למפרץ חיפה (Kress & Herut, 1998). לעומת זאת, הריכוז הממוצע של פוספאט בנקזים ($15 \mu\text{mol/L}$) דומה לחלוטין לריכוז הממוצע הרב שנתי בשפך נחל הקישון. למרות זאת, ריכוזיהם גבוהים בהרבה מהריכוזים המוערכים (NO_x ו- $67 \mu\text{mol/L}$ NH_4 ו- $4.5 \mu\text{mol/L}$ PO_4) ששימשו לחשב את עומסי החנקן והזרחן למפרץ ממערכת הניקוז העירוני של חיפה במסגרת תסקיר ההשפעה על הסביבה של נמל המפרץ (סילברמן, 2010). לפיכך, עומס החנקן ממערכת הניקוז העירוני צריך לגדול בפקטור של 2-3 ל-60-90 טון/שנה והזרחן בפקטור של 3-4 ל-6-8 טון. לפיכך, ובהינתן ספיקת מי נגר זהה לזו של סילברמן (2010), עומס החנקן למפרץ ממערכת הניקוז העירונית של חיפה מהווה כ-10-20% מעומס החנקן משאר המקורות, ועומס הזרחן מהווה כ-20-30% מהעומס משאר המקורות. כלומר, מערכת הניקוז העירונית מהווה מקור חשוב לנורטיינטיס למפרץ חיפה. בהנחה שריכוזים שנמדדו בסקר זה מייצגים את הנגר העירוני, ובהנחה שכמות הנגר העירוני תגדל עם הפיתוח העירוני ביחד עם הגידול באוכלוסייה השוכנת לאורך חופי המפרץ בעתיד הלא רחוק – עומסי נורטיינטיס אלו צפויים לגדול ולהוות בעיה סביבתית המחייבת טיפול על מנת לשמור על איכות מי המפרץ ולמנוע התפרצויות של פריחות אצות רעילות המפרץ בזמן עומסי שיא.

זיהום בכספית בחוף אז"ת עכו - בצפון מפרץ חיפה, מראש עכו עד למפעל רפא"ל, נמצא זיהום כספית במי הים, במשקעי קרקעית הים ובחי שמקורו כנראה באזור מפעל "תעשיות אלקטרוכימיות" שזיהם את מי התהום במשך שנות פעילותו. בשנים האחרונות, עם הפסקת שאיבתם לצורכי התהליך התעשייתי, מים מזוהמים אלה החלו לחדור לים (שוהם-פריד וחובריה, 2017). רכוזי הכספית במי התהום שנדגמו בחוף הצמוד למפעל הניטוש לים גבוהים פי 18 עד 23 מערך למי שתייה (1 מק"ג לליטר) וכן מריכוזים המוגדרים סף כרוני וסף אקוטי ליצורים החיים בים - 0.94 ו-1.8 מיקרוגרם כספית לליטר סף כרוני ואקוטי, בהתאמה 9. המשרד להג"ס ורשות המים עורכים סקרים סביבתיים והידרולוגים נוספים לגבי היקף התפשטות הכספית ומתכות אחרות במי התהום, בחוף, בים וכן בדגה בצפון מפרץ חיפה. תוצאות ניטור הכספית במים ובסדימנט בחוף ובים במפרץ חיפה משנות ה-80 ועד 2016 (כולל) מסוכמים בדו"ח הניטור הלאומי של היא"ל למצב הים התיכון (חירות וסגל, 2017).

תוצאות של סמנים נוספים לשפכים וביוב ביתי במי הנקזים:

על מנת לבסס את החשד לזיהום מביוב במי הנקזים נערכו אנליזות לקרבומזפין⁸ בשני סבבי דיגום (28.6.2017 ו- 24.8.2017) ב- 4 מוצאי נקזים להלן התוצאות:

⁸ במעבדת משרד הבריאות באבו-כביר לסבב מה-ב-28.6.17; ובמעבדה הבין מחלקתית של הפקולטה לחקלאות והמזון ברחובות ב-24.8.17. בדיגומות באוגוסט 2017 נבדקו עוד כמה חומרים אורגנים כמו קפאין ושאריות של חומרי הדברה). התוצאות לקרבומזפין בזשני הסבים מסוכמות בטבלא 1; תוצאות האנליזות הנוספות בטבלא 7.

1. קרבומזפין (Carbamazepine), הינו תרופה המסיעת לאנשים עם הפרעה דו-קוטבית וכנגד התקפים אפלטניים, נוכחותו בנקזים מעיד בוודאות על ביוב ביתי או שפכים של מפעל תרופות שמיצר תרופה פסיכיאטרית זו, שכן החומר הנ"ל, אינו קיים בטבע. ומכיוון שמדובר במולקולה יציבה ונתרת במים גם לאחר הטיפול בשפכים, היא משמשת כסמן כמותי לשפכים במקור מים מסוים. (Gesser et al., 2011). ב-4 נקזים שבדקנו מצאנו שלושה מצבים:

א. בחוף זבולון קריית ים לא נמצא קרבומזפין (כלומר אין כלל חדירת ביוב); תוצאה זו תואמת ומאששת את התוצאות הנמוכות של החיידקים בנקז זה בקיץ 2017.

ב. בחוף נאות בקריית חיים ובחוף הסטודנטים נמצאה עדות ברורה לביוב ביתי – ריכוזים של $0.020-0.046 \mu\text{g/L}$. המעיד על חדירת ביוב בסד"ג של 2-3% ממי הנקז (בחישוב פשוט של יחס ערבוב). זה אולי נשמע מעט, אולם המסקנה היא שנקזים אלה מנקזים גם דליפות ביוב ביתי. לא מדובר בהכרח במשהו נקודתי או חריג מאוד למקומות אחרים בארץ אבל זו עדות וודאית, שמדובר ביותר מזיהום של חיידקים שמקורם בלשלת ציפורים או צואת כלבים וחתולים. בכל מקרה ברור שמדובר בזיהום תברואתי.

ג. תוצאות מעניינות התגלו בנקז "חלוצי התעשייה" המנקז את אזור התעשייה במפרץ חיפה בקיץ 2017. בנקז 'חלוצי התעשייה' נמצא ריכוז של יותר מפי 10 מהממוצע הארצי בביוב. המקור היחידי לריכוז גבוה כל-כך יכול להיות ביוב הכולל שפכים מבית חולים לחולי נפש, או שפכים ממפעל תרופות המיצר קרבומזפין.

מפעל התרופות של חברת Taro בחיפה נמצא באגן הניקוז במעלה הנקז הנ"ל. וקרבומזפין מופיע ברשימת התרופות שהוא מייצר (Taro, 2017). לא ידוע על בית חולים לחולי נפש באזור זה.

טבלה 1: ריכוז תוצאות קרבומזפין וחיידקים צואתיים ביוני ואוגוסט 2017

חוף הנקז	תאריך	קרבומזפין $\mu\text{g/l}$	E.Coli cfu/100ml	קוליפורמים cfu/100ml	סטרפטוקוקים cfu/100ml
מת"ם דדו-סטודנטים	28.6.17	0.020	1,400	25,000	1,100
	24.8.17	0.038-0.045			
י.נאות, קריית ים	28.6.17	0.028	790	430	410
	24.8.17	0.042-0.046			
זבולון, קריית ים	28.6.17	0.005 על גבול הדטקציה	210	68	36
	-				
רחי חלוצי התעשייה	28.6.17	13.8	250,000	1,800,000	8,900
	24.8.17	10.5-10.8			

ב-28.6 ההאנליזה לחיידקים נערכה במעבדות בקטוכם ולקרבומזפין במעבדה הארצית לבריאות הציבור משרד הבריאות; ב-24.8 האנליזות נערכו במעבדת הפקולטה למדעי החקלאות, הסביבה והמזון של האוניברסיטה העברית, ברחובות (טבלה 7).

במחקר שנערך ב-2012 עבור המדען הראשי של משרד החקלאות על "מזהמים אורגנים (שיירי תרופות) בקולחין ובוצה נוכחות בתוצרת חקלאית..." נמצא בקולחי מט"ש חיפה והקריות ריכוז קרבומזפין של 22-25 ppb פי 20 מהממוצע בקולחים אחרים בארץ (חפץ וחוברי, 2014). כיום הערכים בארץ ובחיפה נמוכים קצת יותר, אך עדיין לקולחים, מחיפה ריכוזים גבוהים יותר משאר הארץ באופן ניכר⁹;

2. תוצאות ריכוזי הקפאין בנקזים מעידים גם הם על מקור של ביוב ביתי בשלושת הדגימות מהנקזים באוגוסט (נספח/טבלה). על פי (Sauvé et al., 2012), ריכוז קפאין במי הניקוז שמעל 400 ng/L מעיד על ריכוז קוליפורמים צואתיים של יותר מ-200 CFU/100ml, ריכוז המעיד כנראה על חדירת ביוב לנקז – ביישום ה"כללי" לתוצאות שלנו - בטח נקז חלוצי תעשייה $24,000 \text{ ng/L}$ אך גם נקז חוף הסטודנטים, 1100 ng/L יש עדות נוספת לחדירת ביוב בייתי; בנקז חוף יהודית נאות (ק. חיים); ערך 300 ng/L הוא גבולי. לפי (Weigel et al., 2004), ריכוז הקפאין שנמצאו בנקז בחלוצי התעשייה $24 \mu\text{g/L}$ נמצא בטווח של ריכוזי קפאין בביוב גולמי ($20-293 \mu\text{g/L}$).

⁹ מידע בע"פ מעבדת משרד הבריאות באבו-כביר.

מסקנות המחקר:

- בכל הנקזים בחופים יש ריכוזי חיידקים המחייבים שילוט אזהרה בולט לעוברי אורח ורוחצים.
- בחלק מהנקזים יש עדויות ברורות נוספות לחדירת ביוב ביתי. יש להשלים חקירה לגבי מקור השפכים הנ"ל והפרדתם המלאה ממערת הניקוז.
- בנקז בחוף אזה"ת בחיפה נמצאה עדות ברורה לביוב ממקור תעשייתי מתעשיית הפרמציטיקה. בנקזים נוספים נמצאו עדויות לחדירת שפכים בתיים באחוזים בודדים מנפח הספיקה.
- ריכוזי המתכות הכבדות בזרימת הבסיס ובסדימנט במוצאי הנקזים באזור חיפה והמפרץ נמוכים משמעותית מריכוזים במי נגר עירוני בהשוואה לערים אחרות (זינגר וחובי 2017; אסף וחובי 2004); ובד"כ ריכוזים נמוך מערכי הסף האקולוגיים לאיכות מי ים (NOAA, 1999); מליסטר, 2002, (Long et al., 1995).
- לאור הריכוזים של נוטריינטים (זרחן וחנקן) שנמדדו בסקר זה, ובהנחה שכמות הנגר העירוני תגדל עם הפיתוח העירוני ביחד עם הגידול באוכלוסייה – עומסי הנוטריינטים אלו צפויים להוות בעיה סביבתית המחייבת טיפול על מנת לשמור על איכות מי המפרץ ולמנוע התפרצויות של פריחות אצות במפרץ בזמן עומסי שיא.

המלצות להמשך מחקר:

- לבדוק נוכחות חיידקים אלימים, כמו: שיגלה, ליסטריה, סלמונלה, סטרפטוקוקוס מסוג A ופסאודומונס. נוכחותם עלולה להעיד על סכנה בריאותית.
- לבחון את ריכוזי חיידקים, נוטריינטים ומתכות כבדות באירועי נגר לאחר גשם סוחף.
- להעריך את פוטנציאל המים ואת הפוטנציאל הכלכלי בתפיסה וניצול של מי נקזים להשקיה, לאחר טיפול מקדים מתאים.

המלצות צלול להפחתת הפוטנציאל הזיהום מנגר:

- לכל אורך השנה, או לפחות בכל עונת הרחצה, מי הנקזים (ספיקת הבסיס^[1]) יישאבו למערכת הביוב או למתקני טיפול מקומיים להשקיית גינות. קדימות ראשונה לנקזים הסמוכים לחופי רחצה;
- אכיפת תקנות צנרת המאושרות, המחייבות הפרדה בין הביוב לניקוז. (המשרד להגנ"ס).
- קביעת תקן לנקזים עירוניים, הכולל חובה להתקין אמצעי ניטור המתריעים על זיהום (המשרד להגנ"ס).
- יישום עקרונות תמ"א 34 ב', להקטנת כמו הנגר העירוני והגברת חלחול לתת הקרקע (משרד הפנים/ רשות המים).
- תכנון פרויקטים תוך הסתמכות על נתונים אמתיים בנושא הידרולוגיה, מבנה הקרקע, כמויות הגשם ועוד, אותם יספקו רשויות המדינה למתכננים.
- תמיכת המדינה בפרויקטים עירוניים לצמצום הנגר: ביופילטרים, גגות ירוקים, גינות קולטות מים (מחלחלות) ועוד, באמצעות השתתפות בעלויות הקמתם – שיטת הכוכבים.
- מתן פטור מהיטל הפקה לרשויות המחזירות מים לקרקע, בהתאם לכמות המוחדרת (רשות המים).

[1] ניתן לשאוב את זרימת הבסיס באמצעות משאבות קיץ בתחילתו של כל אירוע שיטפוני, שבו הנגר מזוהם ביותר. ספיקת משאבות אלו לא יכולה להתמודד עם הספיקות השטפוניות של ארועי גשם גדולים יותר. לא נכון להפנות את נפחי הנגר באירועים גשם גדולים למתקני טיהור שפכים בשל הנזק שהם עלולים לגרום לטיפול בשפכים שם (הורדת הטמפ. ומיהול של העומס האורגני הדרושים לתהליך טיפול תקין)

- הקמת קולטני אשפה בצינורות הניקוז ועל פתחם. פיזור מאפרות ברחובות הערים (הרשויות המקומיות). נקוי נקזים לפני עונת הגשמים ובתידרות גבוה יותר במקומות מועדים (שווקים) על מנת למנוע את שטיפת זיהום הרחובות באשפה.
- סקרי ניתוק מרזבים ממערכת הביוב;
- קביעת סטנדרטים לאיכות הנגר עירוני באמצעות היתר הזרמה מאת הוועדה למתן היתרי הזרמה לים והוועדה למתן צווי הרשאה לנחלים (רשות המים).

להלן ריכוז תוצאות מהמעבדות :

טבלה 2: ריכוזי חיידקים צואתיים במי נקזים בחופים באזור חיפה עד עכו: (CFU/100 ml):

תאריך דיגום	מיקום נקז – חוף	אשרכיה קולי	קוליפורמים צואתיים ¹⁰	סטרפטוקוקים/אנתרקוקים צואתיים ⁽¹¹⁾
19.9.2016	דדו-סטודנטים, חיפה	1,100	7,300	320
19.9.2016	חלוצי התעשיה, חיפה	17	24	140
19.9.2016	קריית-חיים, חוף יהודית נאות.	1,100	1,900	530
19.9.2016	חוף זבולון, קריית ים	1,800	350	2400
19.9.2016	שפך נעמן, אז"ת עכו	20	110	320
2.11.2016	דדו-סטודנטים, חיפה	620	780	530
2.11.2016	קצנשטיין אזור תעשיה	3,500	5,800	4,200
2.11.2016	חוף זבולון, קריית ים	45 מיליון	62 מיליון	630 אלף
2.11.2016	נקז ה"בתולה" קריית ים.	84 מיליון	130 מיליון	430 אלף
2.11.2016	שפך הנעמן, אז"ת עכו	480	790	330
2.2.2017	בין חוף דדו לסטודנטים	12 **	150	1,400
30.1.2017	נקז קצנשטיין אזור תעשיה	210	1400	160
30.1.2017	חוף יהודית נאות, חיפה	410	550	490
30.1.2017	חוף זבולון, קריית ים	4100	5400	3200
30.1.2017	שפך הנעמן, אז"ת עכו	6,000	8,000	330,000
16.5.2017	דדו-סטודנטים	1	380	320
16.5.2017	נקז קצנשטיין	1,700	12,000	170
16.5.2017	חוף זבולון, קריית ים	68	210	36
16.5.2017	שפך נעמן, אז"ת עכו	2	34	10
28.6.2017	בין חוף דדו לסטודנטים	1,400	25,000	1,100
28.6.2017	חוף יהודית נאות, חיפה	430	790	410
28.6.2017	נקז חלוצי תעשיה	250,000	1,800,000	8,900

¹⁰ תקנות השקיה בקולחין 10 cfu/100 ml ; תקנות משרד הבריאות למי ים בחופים מוכרזים – 400 cfu/100ml.

¹¹ תקנות משרד הבריאות למי ים בחופים מוכרזים – 105cfu/100 ml

¹² 2,700 cfu/100ml של קוליפורמים; בדגימה זו נערכה אנליזה לפרמטר זה במקום אנליזה לאשרכיה קולי.

טבלה 3: ריכוזי חיידקים¹³ צואתיים בחול ליד הנקזים בחופים באזור חיפה עד עכו; (CFU/ 1 gr):

תאריך דיגום	מרחק מנקז – על החוף	אשרכיה קולי	קוליפורמים צואתיים	סטרפטוקוקים/אנתרקוקים צואתיים
19.9.2016	1 מטר מנקז דדו דרום, חיפה	<1	<1	1
19.9.2016	5 מטר מנקז דדו דרום, חיפה	<1	<10	<10
19.9.2016	5 מט' מנקז חלוצי התעשייה, חיפה	<1	<1	<10
9.9.2016	1 מט' מנקז חוף נאות, ק. חים.	<1	<1	1
19.9.2016	5 מט' מנקז חוף נאות, ק. חים.	<1	≤1	<1
19.9.2016	1 מט' מנקז חוף זבולון, קריית ים	<1	1	<10
19.9.2016	5 מט' מנקז חוף זבולון, קריית ים	<10	<10	<10
19.9.2016	10 מט' מנקז חוף זבולון, קריית ים	<1	<1	<1
5.10.2016	1 מט' מאפיק הנעמן, חוף עכו	<1	<10	<1
5.10.2016	5 מט' מאפיק הנעמן, חוף עכו	<1	<10	<1
5.10.2016	10 מט' מאפיק הנעמן, חוף עכו	<1	<10	<1
2.11.2016	1 מט' מנקז חוף דדו דרום (סט')	10	30	10
2.11.2016	5 מט' מנקז חוף דדו דרום	10	40	20
2.11.2016	10 מט' מנקז חוף דדו דרום	<10	30	<10
2.11.2016	1 מט' מנקז זבולון, ק. ים	740	2200	90
2.11.2016	5 מט' מנקז זבולון, ק. ים	520	23000	60
2.11.2016	10 מט' מנקז זבולון, ק. ים	240	920	110
2.11.2016	1 מט' נקז ה"בתולה", ק. ים	520	2400	30
2.11.2016	5 מט' נקז ה"בתולה", ק. ים	750	1600	50
2.11.2016	10 מט' נקז ה"בתולה", ק. ים	240	320	20
2.11.2016	שפך הנעמן, 1 מט' מהאפיק	<10	<10	<10
2.11.2016	שפך הנעמן, 5 מט' מהאפיק	<10	<10	<10
2.11.2016	שפך הנעמן, 10 מט' מהאפיק	<10	<10	<10
29.1.2017	1 מט' מנקז דדו דרום, חיפה	<10	<10	<10
29.1.2017	5 מט' מנקז דדו דרום, חיפה	<10	<10	<10
29.1.2017	10 מט' מנקז דדו דרום, חיפה	<10	<10	<10
29.1.2017	1 מט' מנקז קצנשטיין, חיפה	30	70	70
29.1.2017	5 מט' מנקז קצנשטיין, חיפה	<10	<10	<10
29.1.2017	10 מט' מנקז קצנשטיין, חיפה	10	80	10
29.1.2017	1 מט' מנקז מחוף נאות, ק. חים	<10	30	<10
29.1.2017	5 מט' מנקז חוף נאות, ק. חים	<10	20	<10
29.1.2017	10 מט' מנקז מחוף נאות, ק. חים	<10	<10	<10
29.1.2017	1 מט' מנקז זבולון, קריית ים	10	160	100
29.1.2017	5 מט' מנקז זבולון, קריית ים	<10	<10	<10
29.1.2017	10 מט' מנקז זבולון, קריית ים	<10	30	10
29.1.2017	שפך הנעמן, 1 מט' מאפיק	<10	50	<10
29.1.2017	שפך הנעמן, 5 מט' מאפיק	<10	30	<10

¹³ האנליזות לכל החיידקים נערכו ממיצוי של מי הנקבובים בחול. בסבב הראשון (ה-19.9 וה-5.10.2017) בשדה על ידי שקשוק דוגמאות החול של 150 מ"ל ב-600 מ"ל של מי ים במשך דקה, התוצאות כאן מחושבות ל-1 גר'. בשאר הסבבים המיצוי נעשה במעבדה בתמיסת בופר פוספאט (לפי פרוצדורת SI-885).

<10	30	10	שפך הנעמן, 10 מטי מאפיק	29.1.2017
<10	<10	<10	נקז זבולון, קריית ים ;	29.1.2017
10	30	<10	מנקז זבולון, קריית ים ;	29.1.2017

המשך טבלה 3:

סטרפטוקוקים/ אנתרקוקים צואתיים	קוליפורמים צואתיים	אשרכיה קולי	שם נקז / החוף	תאריך דיגום
10	10	10	1 מטי מנקז דדו דרום, חיפה	16.5.2016
חסר	<10	<10	5 מטי מנקז דדו דרום, חיפה	16.5.2016
<10	<10	<10	10 מטי מנקז דדו דרום, חיפה	16.5.2016
<10	<10	<10	20 מטי מנקז דדו דרום, חיפה	16.5.2016
<10	90	<10	1 מטי מאפיק הנעמן, חוף עכו	16.5.2016
<10	<10	<10	5 מטי מאפיק הנעמן, חוף עכו	16.5.2016
<10	<10	<10	10 מטי מאפיק הנעמן, חוף עכו	16.5.2016
<10	<10	<10	20 מטי מאפיק הנעמן, חוף עכו	16.5.2016
<10	<10	<10	1 מטי מנקז זבולון, ק. ים	16.5.2016
<10	<10	<10	5 מטי מנקז זבולון, ק. ים	16.5.2016
<10	<10	<10	10 מטי מנקז זבולון, ק. ים	16.5.2016
<10	<10	<10	20 מטי מנקז זבולון, ק. ים	16.5.2016
<10	10	<10	1 מטי מנקז קצנשטיין, חיפה	16.5.2016
<10	<10	<10	5 מטי מנקז קצנשטיין, חיפה	16.5.2016
<10	<10	<10	10 מטי מנקז קצנשטיין, חיפה	16.5.2016
<10	<10	<10	20 מטי מנקז קצנשטיין, חיפה	16.5.2016
<10	<10	<10		
<10	<10	<10	1 מטי מנקז בחוף נאות, ק. חים	28.6.2017
<10	<10	<10	5 מטי מנקז חוף נאות, ק. חים	28.6.2017
<10	<10	<10	10 מטי מנקז חוף נאות, ק. חים	28.6.2017
<10	<10	<10	20 מטי מנקז חוף נאות, ק. חים	28.6.2017
130	240	240	1 מטי מנקז חלוצי התעשייה, חיפה	28.6.2017
10	40	<10	5 מטי מנקז חלוצי התעשייה, חיפה	28.6.2017
<10	<10	<10	10 מטי מנקז חלוצי התעשייה, חיפה	28.6.2017
<10	<10	<10	20 מטי מנקז חלוצי התעשייה, חיפה	28.6.2017

טבלה 4: ריכוזי מתכות כבדות במי נקזים.

ערכים החורגים מערכי הסף של NOAA לזיהום כרוני (CCC) וקיצוני (CMC) מודגשים בצבע צהוב.
*הריכוזים בחלקים למיליארד ($\mu\text{g/L} = \text{ppb}$; כספית ב- $\text{ng/L} = \text{ppt}$) - חלקים לטריליון ;

Table 4: Heavy Metals in Drain water**					שם הנקז והחוף	תאריך דיגום
Zn ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)	Ni ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Hg ng/L		
2	<0.1	≤ 1	<1	5.06	ה"בתולה", קריית ים	2/9/2016
3	<0.1	2	≤ 1	<3	חוף זבולון, קריית ים	2/9/2016
4	<0.1	≤ 1	2	<3	חוף י. נאות, ק. חים	2/9/2016
13	0.2	4	2	<3	נקז חלוצי התעשייה, חיפה	2/9/2016
7	≤ 0.1	≤ 1	<1	<3	נקז רח' קצנשטיין, חיפה	2/9/2016
2	0.5	<1	≤ 1	<3	שפך הנעמן, עכו	2/11/2016
11	0.3	3	4	<3	ה"בתולה", קריית ים	2/11/2016
17	≤ 0.1	2	5	22.3	חוף זבולון, קריית ים	2/11/2016
51	2.7	6	8	<3	נקז רח' קצנשטיין	2/11/2016
6	<0.1	<1	<1	<3	חוף הסטודנטים נקז מת"ם	2/11/2016
33	0.6	5	32	4.2	שפך הנעמן, עכו	29.1.2017
7	≤ 1	≤ 1	2	<3	חוף זבולון, קריית ים	29.1.2017
5	0.1	<1	≤ 1	<3	חוף י. נאות, ק. חים	29.1.2017
70	0.7	3	4	3.9	נקז רח' קצנשטיין	29.1.2017
7	<1	≤ 1	4	<3	חוף הסטודנטים נקז מת"ם	29.1.2017
2	0.5	3	4	<3	שפך הנעמן, עכו	29.5.2017
3	≤ 0.1	3	≤ 1	<3	חוף זבולון, קריית ים	29.5.2017
3	<0.1	3	<1	<3	חוף י. נאות, ק. חים	29.5.2017
10	0.5	3	3	<3	נקז חלוצי התעשייה, חיפה	29.5.2017
15	1	5	3	<3	נקז רח' קצנשטיין	29.5.2017
5	0.2	2	5	<3	חוף הסטודנטים נקז מת"ם	29.5.2017
81	8.1	8.2	3.1	940	תקן NOAA, CCC	
90	210	74	4.8	1800	תקן NOAA, CMC	
;40 100	;5 20	;10 50	5; 10	;160 400	תקן לאיכות ים תיכון בישראל, ממוצע חודשי; ומקסימום - (מליסטר, 2002)	
;200 1000	;8 40	;50 250	;20 100	500; 2,500	תקן הזרמה לנחלים ¹⁴ : ערך ממוצע חודשי - ערך מקסימלי	
Zn ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)	Ni ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Hg ng/L	מתכות כבדות שנבדקו באנליזה**	

מלבד המתכות המצוינות בטבלה נמדדו בכל הדגימות גם היסודות הבאים, ללא תוצאות מעל ערך סף האנליזה המצוין בסוגריים: **ארסן ($7 \mu\text{g/L}$), **כסף ($0.5 \mu\text{g/L}$)**, **קדמיום ($0.05 \mu\text{g/L}$)** ו**כרום ($10 \mu\text{g/L}$)**. בכרום זהו גם ערך הסף לממוצע בתקן הסביבתי לאיכות מי ים תיכון בישראל, בקדמיום, ארסן וכסף ערכים אלו זה נמוכים מערך הסף למי תיכון (מליסטר, 2002).

טבלא 5 : ריכוזי מתכות כבדות בסדימנט בפתח הנקזים בחופים :

Table 5: Heavy Metal in sediments										
Pb (µg/g)	Al (µg/g)	Cr (µg/g)	Ni (µg/g)	Hg (µg/g)	Zn (µg/g)	Cd (µg/g)	Fe (µg/g)	Cu (µg/g)	שם הנקז והחוף	תאריך דיגום
5	106	8.4	1.91	0.06	22.5	0.152	2,088	3.1	ה"בתולה", קרית ים	2/9/2016
3	575	4.9	1.45	0.02	14.5	0.024	961	2.4	חוף זבולון, קרית ים	2/9/2016
18	2,994	14.8	2.4	0.006	12.9	0.044	2,518	2.5	חוף י. נאות, ק. חים	2/9/2016
4	2,882	7.9	1.29	0.006	15.2	0.039	1,634	2.8	נקז חלוצי התעשייה, חיפה	2/9/2016
									נקז רח' קצנשטיין, חיפה	2/9/2016
3	1,716	6.7	0.78	0.001	26.8	0.056	1,471	3.6	חוף הסטודנטים נקז מת"ם	2/9/2017
5	3,785	11.3	1.96	0.14	15.3	0.019	1,741	2.3	שפך הנעמן, עכו	2/11/2016
4	3,257	8.1	1.22	0.14	14.3	0.035	1,462	2.3	ה"בתולה", קרית ים	2/11/2016
4	3,274	9.4	BDL	0.03	11.7	0.010	1,446	1.4	חוף זבולון, קרית ים	2/11/2016
									נקז רח' קצנשטיין	2/11/2016
3	2,374	5.3			6.9	0.011	1,201	1.9	חוף הסטודנטים נקז מת"ם	2/11/2016
									שפך הנעמן, עכו	29.1.2017
3	2,265	6.1	1.44	0.02	13.5	0.057	376,1	2.6	חוף זבולון, קרית ים	29.1.2017
3	1,991	6.5	1.39	0.007	31.8	0.030	415,1	2.7	חוף י. נאות, ק. חים	29.1.2017
3	1,794	7.9	2.36	0.01	52.6	0.065	1,928	5.1	נקז רח' קצנשטיין	29.1.2017
3	1,431	8.3	BDL	0.0002	19.4	0.035	1,729	3.4	חוף הסטודנטים נקז מת"ם	29.1.2017
30.2/112.2	NA/NA	52/370	15.9/52	0.13/0.7	124/271	0.68/9.6	NA/NA	18.7/270	ערכי סף אקולוגיים¹⁵ (ERL/ERM)	

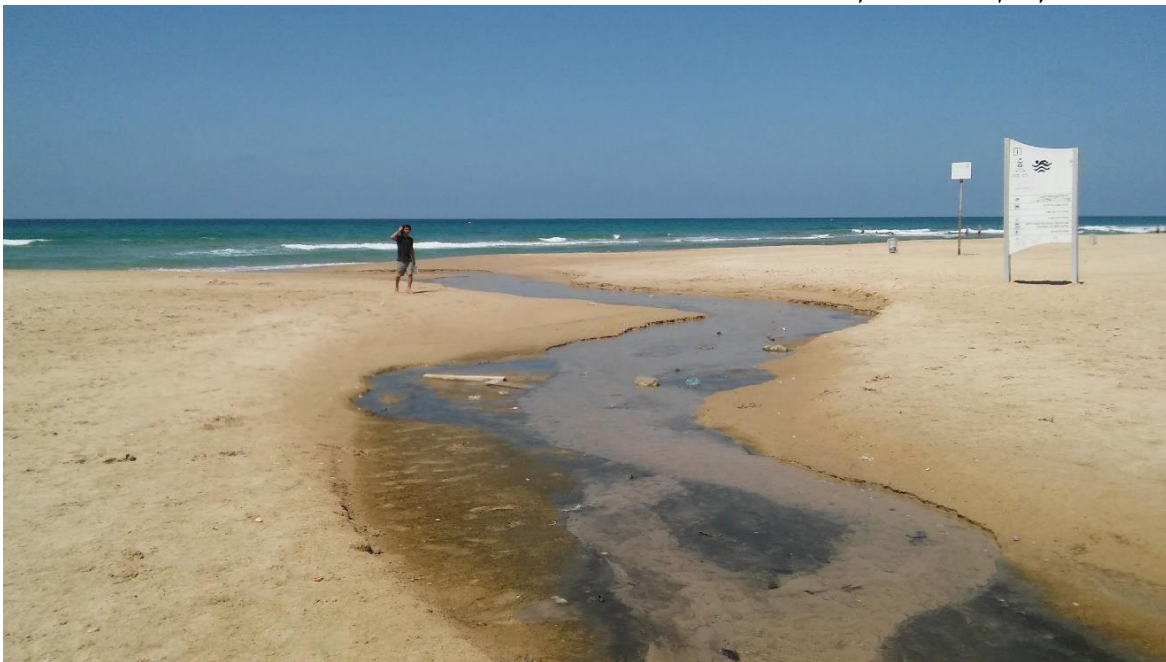
¹⁵ ערכי סף אקולוגיים לריכוזי מתכות כבדות וחומרים רעילים נוספים שמעליהם מתרבות עדויות לעקה סביבתית לחיים על קרקעית הים (Long et al., 1995); ERL - ערך הסף הנמוך מעליו נצפו השפעות שליליות על בע"ח החים על הסדימנט. ERM ערך סף בינוני מעליו השפעות שליליות על החים בסדימנט שכיחות ביותר; ע"פ NOAA באם הריכוז בסדימנט נמצא מתחת ל-ERL המערכת אינה נמצאת תחת עקה ממזהם זה, ריכוז בין ERL ל-ERM - טווח בניים של עקה חלשה עד בינונית; ריכוז מעל ERM הפגיעה במערכת האקולוגית בנונית עד חמורה.

תמונות¹⁶:

1. א. מוצא נקז מת"מ (וניקוז המנהרות) בחוף הסטודנטים (דרומית לחוף דדו), אפריל, 2016.



1. ב. שפך נקז מת"מ (חוף הסטודנטים) אל הים ספטמבר 2016 :



¹⁶ הקרדיט לכל התמונות לעמותת צלול, מלבד התמונה התחתונה בשער של יאיר גיל.

1. דיגום נקז מת"ם, חוף הסטודנטים במאי 2017 :



1. ד. הסדרת תעלת זרימה לשפך הנקז על החוף, מאי 2017 :



2. א. שפך נעמן על חוף עכו, אוקטובר 2016



2ב. דיגום במרחק של 1 מטר מאפיק שפך הנעמן על חוף עכו מאי 2017.



2.g. דיגום חול בחוף : 5, 10 ו-20 מטר משפך הנעמן, מאי 2017 :



2.d. דיגום מים בשפך הנעמן מאי 2017.



3. א. נקז חוף יהודית נאות, אפריל 2017 :



3.ב נקודת דיגום 5 מטר מנקז יהודית מהחוף – ספטמבר 2016.



4. נקז חוף תש"ן, יולי 2017 חודשיים לאחר הזנת חול בחוף, צילם יאיר גיל.



Image by www.yaigil.com 27.7.2017 Haifa

5. נקז רחוב קצנשטיין, אז"ת מפרץ חיפה (100 מטר מהנמל החדש), ינואר 2017.



רשימת מקורות:

בן-ארי ירון, 2018. סקר הידרוגאולוגי לבדיקת פוטנציאל לניצול אקוופרים בשטחי עיריית חיפה ערכת טיוטא ראשונה ; ארגון עובדי המים, קיבוץ אייל.

חירות ברק, יעל סגל וחובי, 2017. תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון דו"ח מדעי ל 2016, חלק 3 – ניטור זיהום ים. חברה לחקר ימים ואגמים בישראל (חיא"ל), דו"ח חיא"ל H48C/2017.

גולדשלגר נ., ארבל ש., גטקר נ., מאור א., בן-בנימין ר., בר י., פיזיק א., גוטסמן מ., טל ג., אסף ל., בן דור א., גרזוזי ג., ליבנה ע., שושני מ., פילין ש., 2009. [הערכת כמויות ואיכויות הנגר בהרצליה ורעננה לצורכי ניצול מים והשפעת שימושי קרקע](#). רשות המים מדינת ישראל, אגף איכות מים.

המשרד להגנת הסביבה, 2015. [זיהום בים התיכון: חשד לדליפת כספית למי תהום ולים באזור חופי עכו](#). הודעת דובר המשרד באתר האינטרנט ב 30.6.2015.

זינגר ירון, אלון מוזס ט., ארל א., ברנר א., דלטיק א., וולך ר. ופרידלר ע., 2017. [ממטרד למשאב – ניהול והשבת מי נגר עירוני בעיר רגישת מים](#). קרקע, 76, המרכז לערים רגישות מים והמכון לחקר מדיניות קרקעית ושימושי קרקע, קק"ל.

חפץ בנימין וחובי, 2014, [מזהמים אורגניים בקולחים ובבוצה: נוכחות בתוצרת חקלאית](#) (צומח ובשר), תהליכים והשפעות ; דו"ח סיכום מחקר למדען הראשי במשרד החקלאות.

טל דליה, 2015, [דרכים למניעת נקי הנגר העירוני לנחלים ולים](#), עמותת צלול.

יעקב לילה, 2017, מכתב בדוא"ל לעמותת צלול, משרד הבריאות מחוז חיפה.

נתיב רונית, אסף ליאור ושיין ד., 2004, [מי נגר עירוני ממטרד למשאב, סיכום מחקר](#). מוגש למשרד לאיכות הסביבה.

מליסטר אילן, 2002, [תקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל](#). אגף ים וחופים המשרד להגנת הסביבה, יוני 2002.

סילברמן י., 2010. [סקירת מזהמים במפרץ חיפה](#). דו"ח חקר ימים ואגמים (H61/2010).

עמיר רני, 2015, [ריכוזי כספית חריגים בחופי צפון מפרץ עכו](#), מכתב מנהל היחידה להגנת הסביבה הימית של המשרד להגנת הסביבה.

צוק שמעון, 2014. [פוטנציאל הזיהום והפגיעה בחופי הרחצה כתוצאה מהזרמת נקזים מזהמים לחוף](#), חוות דעת סביבתית, עבור עמותת צלול.

שוהם-פריד וחובריה, 2017. [עליית ריכוזי כספית בדגים מצפון מפרץ חיפה - איתור המקורות הבנת הגורמים](#).... דו"ח החברה לחקר ימים ואגמים בישראל.

תה"ל מהנדסים ויועצים, 2008. [כדאיות כלכלית של שימור מי נגר בערים ראשון לציון והרצליה](#).

Asaf, L., Nativ, R., Shain, D., Hassan, M., & Geyer, S., 2004. Controls on the chemical and isotopic compositions of urban stormwater in a semiarid zone. *Journal of Hydrology*, 294(4), 270-293.

Bonilla, T. D., Nowosielski, K., Cuvelier, M., Hartz, A., Green, M., Esiobu, N. & Rogerson, A., 2007. Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects associated with beach sand exposure. *Marine pollution bulletin*, 54(9), 1472-1482.

EPA – U.S. Environmental Protection Agency, 2017. *National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table* <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

Ghane, E., Ranaivoson, A. Z., Feyereisen, G. W., Rosen, C. J., & Moncrief, J. F. (2016). Comparison of contaminant transport in agricultural drainage water and urban stormwater runoff. *PloS one*, 11(12), e0167834.

- Halliday, E., & Gast, R. J. (2010). Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health. *Environmental science & technology*, 45(2), 370-379.
- Hartz, A., Cuvelier, M., Nowosielski, K., Bonilla, T. D., Green, M., Esiobu, N., ... & Rogerson, A. (2008). Survival potential of and enterococci in subtropical beach sand: Implications for water quality managers. *Journal of environmental quality*, 37(3), 898-905.
- Heaney C.D., Sams E., Wing S., Marshall S., Brenner K.P., Dufour A.P. and Wade T.J (2009). Contact With Beach Sand Among Beachgoers and Risk of Illness. *American J. of Epidemiology*, 170(2):164-172, DOI: 10.1093/aje/kwp152.
- Hood and Ness, 1982, Survival of *Vibrio cholerae* and *Escherichia coli* in estuarine waters and sediments. *Appl Environ Microbiol.* 1982 Mar; 43(3): 578–584.
- Kayhanian M., Stenstrom M. K., 2011. First-Flush Characterization for Storm-water Runoff Treatment. *The Journal for Surface Water Quality Professionals*.
- Kress, N., & Herut, B., 1998. Hyper-nutrication in the oligotrophic Eastern Mediterranean: a study in Haifa bay (Israel). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46(5), 645-656.
- Long E.R., Macdonald D.D., Smith S.L., Calder F.D., 1995. Incidence of Adverse Biological Effects Within Ranges of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine sediments'. *Environmental Management* (1995), pp. 8577-8607.
- National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA), 1999. SQuiRT: Screening Quick Reference Tables; Hazmat Report 99-1;
- Sauvé S., Aboufadel K., Dorner S., Payment P. and Prévos M., 2012. Fecal coliforms, caffeine and carbamazepine in storm-water collection systems in a large urban area. *Chemosphere*. 2012; 86(2):118–123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.09.033>
- Silverman J., 2012. Nitzanim sediment quality sampling cruise, In: Examining the environmental impact of shallow water dredging of sand within the scope of execution of national master plan 13/B/1/1 1. *IOLR Report H52/2012*.
- Taro, Pharmaceutical Industry, 2017; <http://www.taroapi.co.il/taro-israel-active-pharmaceutical-ingredients>
- Weigel S., Berger U., Jensen E., Kallenborn R., Thoresen H., Hühnerfuss H., 2004. Determination of selected pharmaceuticals and caffeine in sewage and seawater from Tromsø/Norway with emphasis on ibuprofen and its metabolites. *Chemosphere*, Vol. 56, Issue 6, Pages 583-592. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15212901>.
- Yamahara K.M., Blythe R.A., Layton A., Santoro A.E. and Boehm A.B. (2007). Beach Sands along the California Coast Are Diffuse Sources of Fecal Bacteria to Coastal Waters. *Environ. Sci. Technol.*, 41:4515-4521,

טבלא 6: נוטרינטים במים במוצאי הנקזים											
DOP ($\mu\text{mol/L}$)	TDP ($\mu\text{mol/L}$)	PO ₄ ($\mu\text{mol/L}$)	DON ($\mu\text{mol/L}$)	NH ₄ ($\mu\text{mol/L}$)	NO ₂ +NO ₃ ($\mu\text{mol/L}$)	NO ₂ ($\mu\text{mol/L}$)	TN ($\mu\text{mol/L}$)	SiO ₂ ($\mu\text{mol/L}$)	חוף מוצא הנקז	תאריך דיגום	
		0.24	129	4	91	0.25	224	98	בתולה	2-Sept-16	
		0.49	402	9	267	2.23	680	200	זבולון	2-Sept-16	
		1.2	111	31	157	1.31	300	266	נאות, דגניה	2-Sept-16	
		49	311	437	2	0.14	750	180	חלוציה התעשייה	2-Sept-16	
		1.9	13	33	19	0.66	65.5	81	כצנשטיין	2-Sept-16	
		0.26	173	22	214	0.68	410	285	דדו-סטודנטים	2-Sept-16	
18	21	3.1	49	55	66	14	185	50	נעמן	2-Nov-16	
16	24	7.3	21	117	105	7.2	250	94	בתולה	2-Nov-16	
		25.5	333	566	1.2	0.39	900	44	זבולון	2-Nov-16	
2.1	3.3	1.2	39	1.7	1.5	0.45	42.5	75	כצנשטיין	2-Nov-16	
19	20	1.4	280	5.7	753	5.9	1,045	368	דדו-סטודנטים	2-Nov-16	
0	36.6	39.6	1352	711	214	32.4	1,352	133	נעמן	29-Jan-17	
0.5	0.83	0.35	356	5.77	292	4.67	356	153	זבולון	29-Jan-17	
0	0.61	0.75	136	9.31	67	0.79	136	209	נאות, דגניה	29-Jan-17	
2.0	2.63	0.65	178	10.3	75	2.12	178	79	דדו-סטודנטים	29-Jan-17	
19.4	21.3	1.916	242	13.2	52.1	16.0	242	10.8	נעמן	29-May-17	
4.83	5.34	0.502	376	0.85	273	0.51	376	208.9	זבולון	29-May-17	
		<0.008		3.34	76.9	0.09		42.9	נאות, דגניה	29-May-17	
		112		222	10.5	0.06		159.9	חלוציה התעשייה	29-May-17	
12.3	13.3	0.994	240	10.9	19.8	6.02	240	128.1	כצנשטיין	29-May-17	
4.59	4.93	0.343	330	1.32	262	3.21	330	204.8	דדו-סטודנטים	29-May-17	
	3.23			27.7			71.4		תקן איכות מי ים¹⁷, ערך ממוצע		
				133			-		תקן איכות מי ים, ערך מקסימאלי		
	32.3			107			714		תקנות הזרמה בנחלים, ערך ממצע חודשי		
	64.6			178			1,071		תקנות הזרמה לנחלים ערך מקסימלי		

- חריגות מעל ערך הממוצע לתקן הישראלי איכות מי ים (מליסטר, 2002) מסומנות בצהוב חריגות מערך מקסימלי לתקן זה באמוניה מסומנות בכתום;
- חריגות מתקנות לאיכות קולחין להזרמה לנחלים (2011) באמוניה, חנקן כללי או זרחן מומס כללי מסומנות בכתום, חריגות מעל ערך מקסימלי מסומנות בחום.

¹⁷ המשרד להג"ס תקן סביבתי לאיכות מי ים תיכון בישראל (מליסטר 2002); הערכים בתקן המשרד ניתנו ב mg/L הומרו לערכים ב- $\mu\text{mol/L}$

טבלא 7 : תרכובות אורגניות שונות במי הנקזים בחופים, אוגוסט, 2017 ממעבדה האנליטית הבין מחלקית של הפקולטה למדעי החקלאות, המזון והבסביבה, האוניברסיטה העברית ברחובות. אנליזה ב- LC-MS analysis.

חוף יוהדית נאות, פתח נקז רח' דגניה	נקז רח' חלוצי התעשיה "חוף תש"ן", קרית חים	פתח נקז מת"ם חוף דדוסטודנטים	Detected Compound
Measured Concentration, ng/ml			
0.042-0.046	10.54-10.77	0.038-0.045	Carbamazepine
0.05	0.026	0.007	Carbendazim
0.3	24.05-24.72	1.06-1.15	Caffeine
NA	25.84-26.22	NA	Lamotrigine
NA	0.021-0.028	NA	Acetamiprid
0.15	0.15	0.022	trans- ihydroxycarbamazepine
0.037-0.051	0.26-0.35	0.025-0.035	epoxy-Carbamazepine
0.02	0.01	NA	Simazine
NA	0.044	NA	Propoxur
0.006	0.006	NA	Atrazine
0.24-0.22	0.35-0.39	0.21-0.24	Diuron
0.006-0.007	0.01-0.017	0.004-0.007	Metalaxyl
NA	0.006	NA	Azoxystrobin
0.021	0.021	0.11	Diclofenac
0.037-0.038	0.032-0.040	0.029-0.027	Bupirimate
NA	0.021	NA	Tebuconazole
0.002	0.012	NA	Propiconazole

LC-MS analysis :

Samples were analyzed on LC-MS system which consisted of Dionex Ultimate 3000 RS HPLC coupled to Q Exactive Plus hybrid FT mass spectrometer equipped with heated electrospray ionization or APCI ion sources (Thermo Fisher Scientific Inc.).

Chromatographic separation of compounds was carried out using Acclaim C18 column (2.1×150 mm, particle size 2.2 µm, Thermo Scientific) employing acetonitrile/water (with 1.5% acetic acid) linear gradient. Samples were injected at 5 and 40 µl aliquots.

MS data was acquired using positive ESI full scan and all ions fragmentation modes at resolving power 70.000. The LC-MS system was controlled using Xcalibur softw

Sample Preparation

Samples were spiked with isotopically labeled mixture of internal standards (pharmaceutical compounds and pesticides) and filtered through 0.2 µm RC membrane filter prior injection to LC-MS

J. Ben Ari, Ph.D., Interdepartmental Analytical Unit, The Faculty of Agricultural, Food and Environmental Quality Sciences