

קורס פרויקטים בחקר הסביבה, תשס"ח מקבץ עבודות תלמידים



תלמידי הקורס בסיור לימודי בים-המלח, 5.5.08

קורס פרויקטים בחקר הסביבה, תשס"ח מקבץ עבודות תלמידים

ביה"ס ללימודי הסביבה ע"ש פורטר

אוניברסיטת תל-אביב

בעריכת: אביטל גזית וירון הרשקוביץ

דצמבר 2008

"פרויקטים בחקר הסביבה", תשס"ח

אחראי הקורס: פרופ' אביטל גזית.

אסיסטנטים: ירון הרשקוביץ (מרכז הקורס ועוזר הוראה בתחום אקולוגיה); ד"ר דיויד כץ (עוזר הוראה בתחום כלכלה סביבתית); נעם סגל (עוזר הוראה בתחום היבטים סוציולוגיים), עו"ד איתי אליאב (עוזר הוראה בתחום היבטים משפטיים).

מטרות הקורס:

- א. הכרה בלתי אמצעית של נושאי סביבה נבחרים.
 - ב. התנסות בהכנת תוכנית מחקר לבחינה של בעיה סביבתית.
 - ג. התנסות בחשיבת צוות בניתוח בעיה סביבתית.
- תלמידי הקורס יחשפו לבעיה סביבתית מרכזית נבחרת אותה הם יבחנו מנקודות מבט שונות בהקשרים אקולוגיים, חברתיים, כלכליים ומשפטיים תוך הצגת גישות מחקר שונות. מעבר למידע סביבתי מעמיק בסוגיה נבחרת צפוי הקורס להעשיר את ניסיון התלמידים בהקשרים שיסייעו בקידום מחקרם האישי.

תאור הקורס: בשנת תשס"ח התמקד הקורס בנושא "תעלת-הימים". הבעיות הסביבתיות הרלוונטיות מתייחסות להיבטים של ירידת מפלס ים המלח, שינויים סביבתיים הקשורים בהקמת התעלה, תועלות כלכליות וגיאופוליטיות, השלכות הפעלת תעלת הימים על מצב ים המלח, על האקולוגיה של מפרץ אילת, על נהר הירדן ועל מצוקת המים באזור. נהר הירדן ויובליו מהווים מקור מים וגבול גיאופוליטי לארבע מדינות הגובלות בו (לבנון, סוריה, ישראל וירדן), מעבר לכך לנהר הירדן חשיבות תרבותית - דתית. בתחילת המאה הקודמת נתפסו והוטו בחלקם מקורות הירדן, מוצא אגם כנרת אל הירדן נסכר (סכר דגניה) ומי האגם הופנו לשימושים חקלאיים וביתיים ("המוביל הארצי"). ניצול גובר של מקורות המים במעלה הירדן, הביא לירידה בכמות ובאיכות המים הזורמים במורד הירדן אל ים המלח. כתוצאה מכך נפגע מאזן המים של ים המלח (כמות המים הנכנסת נמוכה מזו המתאדה) והחלה ירידה הדרגתית ומתמשכת במפלס ים המלח. כיום קצב ירידת המפלס עומד על למעלה ממטר בשנה והגרעון השנתי הינו כ-800 מליון מטרים מעוקבים לשנה. לירידת מפלס ים המלח השלכות סביבתיות וכלכליות הנובעות מהיוצרות בולענים והרס תשתיות באזור החוף. על מנת לנסות ולהתמודד עם ההשלכות הסביבתיות והכלכליות של ירידת מפלס ים המלח הוקמו צוותי מומחים במטרה לבחון דרכי פעולה ופתרונות אפשריים. אחת החלופות שהועלתה הינה הזרמה של מי ים דרך תעלה אל ים המלח ("תעלת הימים" או "מובל השלום"). הצעה אחרת שהועלתה היא לבחון את האפשרות של שיקום ים המלח ע"י טיפול במערכת הירדן וחידוש הזרימות הטבעיות מהכנרת. בשנה הקרובה אמור צוות בין לאומי בתמיכת הבנק העולמי להתחיל בבדיקה של ההשלכות הכלכליות, חברתיות-פוליטיות ואקולוגיות של החלופות השונות של תעלת הימים.

התלמידים התייחסו להיבטים שונים של השאלות הנ"ל והכינו הצעות מחקר לבחינת בעיות ופתרונות נבחרים.

דרכי ההוראה: הרצאות, סיור ופרויקטים קבוצתיים.

מטלות הקורס: השתתפות בכל ההרצאות (חובה!).

השתתפות בסיור.

הצגת תוכנית הכנת הפרויקט (בע"פ).

הצגת הפרויקט בע"פ והגשתו בכתב.

חלק א' - הרצאות: בחלקו הראשון של הקורס שמעו התלמידים הרצאות מומחים בנושאים משיקים לנושאי הקורס. ההרצאות ניתנו ע"י אל"מ (מיל') ארז רון (לשעבר פרויקטור "מובל השלום" במשרד לפיתוח אזורי) על תוכנית "מובל השלום"; פרופ' אמנון עינב (אוני' תל-אביב) על היבטים במשק האנרגיה, תכנון המובל הבין ימי והיבטים סביבתיים; עו"ד גדעון ברומברג (יו"ר עמותת ידידי כדוה"א – המזרח התיכון) על חלופת שיקום הירדן; ד"ר איתי גבריאל (המכון הגיאולוגי) על מאזן המים וההשלכות הצפויות על מבנה עמודת המים, הגיאוכימיה והביולוגיה של ים-המלח; פרופ' יונתן לרון (אוני' בן-גוריון) על ההשפעות הגיאומורפולוגיות של ירידת מפלס ים-המלח; ד"ר דוד כץ (אוני' תל-אביב) על היבטים כלכליים של ירידת מפלס ים-המלח; פרופ' אהרון אורן (האוני' העברית) על מובל השלום והיבטים מיקרוביאליים של ים-המלח וגב' גלית כהן (המשרד להגנת הסביבה) על מסמך מדיניות ים-המלח.

סיור לימודי: בתחילת הקורס (5.5.08) ערכו התלמידים סיור מודרך להכרות עם הבעיות הסביבתיות של אזור ים המלח. בסיור נפגשו התלמידים עם הגיאולוג אלי רז (חבר קיבוץ עין גדי ומומחה לבעיות ירידת מפלס ים המלח) אשר הציג בפניהם את ההשלכות הסביבתיות של ירידת מפלס ים המלח (תופעת הבולענים, נזקים כלכליים לתושבי האיזור, צילומים 1 ו-2). בהמשך סיירו התלמידים בשמורת "עיינות צוקים" שלחוף ים המלח ושמעו מפי סגנית מנהל השמורה על ההשפעה של ירידת המפלס על החי והצומח ועל תופעת התחתרות הנחלים בשמורה (צילומים 3 ו-4).

חלק ב' – הכנת פרויקטים של תוכניות מחקר: התלמידים הכינו תוכנית מחקר לשאלה שבחרו מתוך נושא הקורס. בתוכנית המחקר נדרשו התלמידים להציג את הרקע לבעיה מתוך קריאה, ראינות והתייעצות עם מומחים, נדרשו להציג השערת מחקר ומטרות מחקר הנגזרות ממנה. במקרים מסויימים ילכו התלמידים אף להציג תוצאות ראשוניות. בהכנת תוכנית המחקר ובהצגתה הסתייעו התלמידים באסיסטנטים של הקורס. לתלמידים ניתנת יד חופשית להסתייע בכל מומחה שיבחרו ואף להסתייע במנחים האישיים.

חלק ג' – הצגת הפרויקט: תוכנית המחקר הוצגה ע"י כל חברי הקבוצה ב"כנס הקורס" שנערך בסיום הקורס (23.7.08; צילומים 5 ו-6) והגישו התוכנית כמסמך מפורט בכתב ועל גבי CD. פרויקטי המחקר מוצגים במסמך זה.

ציון הקורס: הערכה של האסיסטנטים את התרומה האישית של התלמיד בהכנת הפרויקט (25%).

הערכה של מורה הקורס והאסיסטנטים להצגת הפרויקט ע"י כל תלמיד והקבוצה
(30%).

הערכה של מורה הקורס והאסיסטנטים את מסמך הפרויקט (45%).

אתר הקורס (ב- Virtual TAU): באתר הקורס מרוכז חומר רקע לקורס.

תודות: לצוות בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר, ובמיוחד לסמדר עיוואן
ואליה יאיר על התמיכה והסיוע הטכני והלוגיסטי בהכנת הקורס.

העבודות מוצגות להלן כפי שהוגשו ע"י התלמידים, ללא הגהה ועריכה נוספת.

תוכן העניינים

7	מיכל גרוסמן, שירה רוזנמן, נתליה גוטקובסקי, עדו ארגמן : שימוש במוזדלים לניהול קונפליקטים סביבתיים בפרויקט מובל השלום.
61	צפנת גל, לרה פארן, דוד ליפשיץ, ניצן גלברט : אופן הצגת תעלת הימים בתקשורת.
99	טל כזום, מיכל נבו, יערה פיים : תפיסת הממשלה את פרויקט תעלת הימים : מבט השוואתי על השיקולים השונים לאורך השנים.
133	חמוטל בירן, יעל סגל, אייל ציציאנוב : פרויקט תעלת הימים : השלכות הידרוכימיות.
163	אייר פקר, אורנה שוויצר, שמש צחור, לוי ענת : השפעת הוספת מי תמלחת על האצה מסוג <i>Dunaliella</i> בים המלח.
191	איכילוב מענית, מאיר עדי, דפנה בלקין : בחינת השפעת הזרמת קולחים באיכות שלישונית על בריאות הנחל כבסיס לשיקום אקולוגי של הירדן הדרומי.
233	יעל קלופמן, יניב זינגר, דרור דרומי, ניר בני : בחינת השפעות הסביבתיות והכלכליות הכרוכות בהתפלה אל מול ניהול משק המים בישראל.
317	יערי רמי, ענבר אסף, כהן אורית, קרולין אביטל : השפעת תעלת הימים על הקישוריות בין שוניות האלמוגים בצפון מפרץ אילת.

שימוש במודלים לניהול קונפליקטים סביבתיים בפרויקט מובל השלום



עורכי הפרויקט

**ארגמן עדו (057130346), בית הספר לחינוך
גוטקובסקי נתליה (040697781), הפקולטה למדעי החברה
גרוסמן מיכל (060426509), הפקולטה למדעי החברה
תבואה-רוזנמן שירה (028917524), הפקולטה למשפטים**

מנחה מסייע:

נועם סגל

קורס "פרויקטים בחקר הסביבה" - תשס"ח

בית-הספר ללימודי הסביבה על שם פורטר

ספטמבר 2008

תודות

בכתיבת הצעת מחקר זו נסתייענו במספר מומחים ואנשי מקצוע בתחום. ברצוננו להודות לכולם על שתרמו מזמנם ומן הידע שצברו וסייעו לנו בידע, עצה ואוזן קשבת. האנשים שעימם התייעצנו הם:

1. מר נעם סגל
2. דר' חנן גינת
3. מר אבי רותם
4. מר אמיתי הר-לב
5. מר יצחק גורן
6. דר' קלייב ליפצין

תודתנו לכולם!

מובן מאליו כי מלוא האחריות לדברים האמורים בהצעה זו מוטלת על הכותבים בלבד.

תוכן עניינים (עמ' 10 – 63):

1.	רקע.....
2.	מבוא : ניהול קונפליקטים סביבתיים.....
3.	שאלת המחקר.....
4.	השערות המחקר.....
5.	מטרות המחקר.....
6.	שיטות המחקר.....
7.	תוצאות ראשוניות.....
7.1	סקירות תיאוריות לניהול קונפליקטים סביבתיים.....
7.2	זיהוי בעלי עניין.....
7.3	מיפוי עמדות בעלי עניין.....
7.3.1	ארגונים ירוקים.....
7.3.2	יזמים.....
7.3.3	תושבים.....
7.3.4	מעגלים נוספים של בעלי עניין בקרב התושבים.....
7.3.5	תיירות.....
7.3.6	התעשייה הכימית.....
7.4	עמדות בעלי העניין פלסטינים וירדנים.....
7.4.1	קשיים במיפוי בעלי העניין בצד הפלסטיני והירדני.....
7.4.2	עמדות פלסטיניות.....
7.4.3	עמדות ירדניות.....
7.4.4	מימדי השוני בין הלאומים והתרבויות השותפים למובל השלום כבסיס למודל לבניית הסכמות וכחסבר לקושי בגיוס המידע מהשותפים השונים לתהליך.....
7.5	בחינה השוואתית של מודלים לניהול קונפליקטים בתחום תשתיות מים.....
8.	מסקנות והמלצות להמשך.....
נספח 1	- סיכום שיחה עם אבי רותם מהנדס המועצה האזורית תמר.....
נספח 2	- סיכום ראיון טלפוני עם חנן גינת.....
נספח 3	- ניתוח נתוני השימועים שהתקיימו ברשות הפלסטינית באוגוסט 2007.....
	ביבליוגרפיה.....

1. רקע

ים המלח ומובל השלום

ים המלח הינו המקום הנמוך ביותר על פני כדור הארץ, בעל הרכב מים יוצא דופן, המהווה אתר בעל חשיבות עולמית (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006; רז, 2008). מאחר ולמים המתנקזים לים המלח אין מוצא טבעי אלא באידוי, מהווה ים המלח "אגם סופיי", אשר מפלסו משקף את המאזן בין כמות המים הנכנסים לתוכו, הכוללים בעיקר מי נגר, לבין כמות המים המתאדים מפני השטח (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006; בייט, 2007). בעוד שבעבר ביטא מאזן זה את השינוי בכמויות המשקעים באזור, מאז שנות ה-60 של המאה ה-20, החלה ירידה במפלס ים המלח כתוצאה מניצול מי הנגר בצפון אגן הניקוז, ומפעילות התעשיות הכימיות בישראל ובירדן (בייט, 2007). מפלס ים המלח יורד כיום בקצב של כ-1 מ' בשנה (גבריאל, 2008), והגיע ממפלס של כ-395 מ' מתחת לפני הים בשנת 1950, עד למפלס נוכחי של כ-420 מ' מתחת לפני הים (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006). מפלס ים המלח צפוי להמשיך ולרדת בשנים הבאות אם לא תבוצע התערבות בידי האדם (רון, 2008). על פי התחזיות, עקב העלייה הדראסטית במליחות הים, יואט קצב האידוי על פני זמן, כאשר בסופו של התהליך, בעוד כ-200 שנה, צפוי המפלס להתייצב ברום של כ-550 מ' מתחת לפני הים (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006).

ירידת מפלס ים המלח מבטאת את מצוקת המים באזור, ואת מדיניות ישראל, ירדן, סוריה, והרשות הפלשתינית לניצול משאבי המים באגן ההיקוות. כתוצאה מכך, נגרעים מדי שנה מעל 1 מיליארד מ"ק מים שפירים מאגן ים המלח. בהשוואה לכ-1.3 מיליארד מ"ק שזרמו בעבר אל ים המלח דרך הירדן, מזרים כיום הירדן התחתון כ-200 מלמ"ק בשנה בלבד, מי קולחים ומים מליחים (בייט, 2007). תרומה משמעותית נוספת לירידת מפלס ים המלח נובעת מפעילות מפעלי ים המלח בישראל ובירדן, המגדילים את גירעון המים בכ-250 מלמ"ק נוספים בשנה (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006). ההערכות הן, כי השימוש במי הנגר גורם לכ-70% מירידת המפלס, והתעשיות הכימיות לכ-30% נוספים (בייט, 2007).

ירידת מפלס ים המלח הביאה למגוון נזקים, ובהם תופעת הבולענים, הנוצרים בעיקר באגן הצפוני של ים המלח. תופעת הבולענים נובעת מהיווצרות חללי המסה בשכבת מלח בתת הקרקע, הקורסים באופן פתאומי ומביאים להתמוטטות פני השטח, כתוצאה מירידת המפלס והשינוי במשטר מי התהום (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006; רז, 2008). כיום נוצרים כ-300 בולענים חדשים מדי שנה (בייט, 2007). ירידת המפלס מאיצה גם את תהליכי העירוף והסחיפה של הנחלים, באופן הגורם לפגיעה בתשתיות הנדסיות. בנוסף, גורמת ירידת המפלס לאובדן מי תהום על חשבון אוגר חד פעמי, ומביאה לערעור ושינוי במצב מקווי מים ואתרי טבע ייחודיים (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006).

התפתחות תופעת הבולענים, השינויים הפיסיים והתגברות מפגעי התשתית לאורך חופי ים המלח, יצרו תנאי אי ודאות המגבילים את הפעילות השוטפת ואת המשך תנופת הפיתוח באזור. השינויים הפיסיים משפיעים על יציבות התשתיות, מאיימים ופוגעים בפועל במבנים, כבישים, גשרים, שטחי חקלאות ותשתיות הנדסיות אחרות. הנגישות המיידית לים נמנעת ונפגמת האטרקטיביות התיירותית של האזור (שם).

ירידת מפלס ים המלח צפויה, כאמור, להימשך בעתיד הנראה לעין. התמודדות עם התהליכים מחייבת התערבות אנושית נוספת בממדים נרחבים, הצפויה להיות בעלת השפעה משמעותית על אזור ים המלח וסביבתו. חשש עיקרי הינו, כי מהלכי ההתמודדות עצמם עלולים ליצור בעיות חדשות, ואולי אף חמורות יותר (שם).

בהחלטת ממשלה מס' 2863 מיום 5.1.03, הכירה ממשלת ישראל בצורך לבחון דרכי התמודדות אפשריות עם בעיית ירידת מפלס ים המלח. החלטת הממשלה קבעה, כי יוקם צוות מקצועי על ידי השר להגנת הסביבה, השר לשיתוף פעולה אזורי ושר התשתיות, אשר יפעל להכנת החומר המקצועי לצורך גיבוש מסמך מדיניות לעתיד ים המלח וסביבתו. כמו כן נקבע, כי לצד הצוות המקצועי תוקם ועדת היגוי, הכוללת בנוסף לגורמים אלה את נציגי משרדי התמי"ת, התיירות, האוצר והפנים, היועץ המשפטי לממשלה, מועצה אזורית תמר, מועצה אזורית מגילות, מפעלי ים המלח ונציגי הארגונים הירוקים. עוד הוחלט, כי הצוות המקצועי יבדוק את התוכניות השונות שהוצעו בעבר בעניין חיבור ים המלח לים סוף או לים התיכון.

בהתאם להחלטת הממשלה, נערך מסמך מדיניות לאגן ים המלח בתנאים של המשך ירידת המפלס ('תרחיש ברירת המחדל'). המסמך נערך על ידי המשרד להגנת הסביבה, משרד התשתיות ומכון ירושלים לחקר ישראל ופורסם בשנת 2006. שני מחקרים נוספים שתוכננו במקור, ואשר אמורים היו לעסוק בחלופת מים שפירים ובחלופת תעלת הימים, שמשמעה פעולה יזומה לשינוי מאזן המים בים המלח על ידי הבאת מי ים, לא בוצעו בסופו של דבר (רז, 2008).

מובל השלום

במהלך השנים, הועלו הצעות שונות להובלת מים אל ים המלח, ובהן חלופת ים תיכון-ים המלח (החלופה המערבית), אשר תוכננה בשנות ה-70 וה-80 על ידי תה"ל וחברת "ארזה", ואשר מטרתה העיקרית הייתה ייצור חשמל; חלופת בן-מאיר משנות ה-90, אשר כללה התפלת מי ים בקו חדרה-חמדיה והובלת מים מותפלים לירדן; והחלופה הצפונית, שעיקרה החזרת הטבע לקדמותו והשלמת החסר על ידי מים מותפלים (רון, 2008; רז, 2008). החלופה העיקרית העומדת על הפרק כיום היא חלופת 'מובל השלום', הכוללת תעלת ימים אשר תוביל מים מים-סוף אל ים המלח ואשר תתואר להלן.

בעקבות הסכם השלום בין ישראל וירדן, הוצע להקים תעלה שתחבר את מפרץ אילת עם ים המלח, המכונה 'מובל השלום'. היוזמה לפרויקט הוצגה על ידי שרים מישראל ומירדן בועידת יוהנסבורג בשנת 2002 (מרכז מחקר ומידע של הכנסת, 2002). הפרויקט הינו פרויקט משותף לישראל, ירדן והרשות הפלשתינית. מטרתיו המוצהרות של הפרויקט הן: הצלת מפלס ים המלח, התפלת מי ים וקידום השלום ושיתוף הפעולה באזור באמצעות המפעל המשותף (בייט, 2007; רז, 2008; רון, 2008). הפרויקט, הנבחן בימים אלה, כולל הובלת כ-2 מיליארד מ"ק בשנה מים סוף אל ים המלח, אשר ינוצלו בחלקם להתפלת מי ים, בעיקר עבור ירדן, בהיקף של כ-800 מלמ"ק. אל ים המלח יוזרמו מעל 1 מיליארד מ"ק בשנה מי ים ותמלחת שתתקבל בתהליך ההתפלה, במטרה לשמור על המפלס (בייט, 2007). מרבית תוואי התעלה מתוכנן לעבור בשטחה של ירדן (אתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה). סביב מובל השלום תיבחן הקמת מיזמים אשר יתמכו כלכלית בפרויקט, כגון אגמים מלאכותיים, חקלאות ימית ותיירות. הפרויקט מתוכנן להתבצע במימון הסקטור הפרטי בשיטת BOT (רון, 2008).

תמיכת ממשלת ישראל בפרויקט מובל השלום באה לידי ביטוי בהחלטת ממשלה מס' 1366 מיום 11.3.07, בה הוחלט להטיל על ראש הממשלה לפעול לקידום פרויקטים של פיתוח כלכלי אזורי, בשיתוף ירדן והרשות הפלשתינית, באזור הכולל את מפרץ אילת, הערבה, ים המלח, בקעת הירדן ועמק הירדן, במגמה להגביר את היציבות באזור (להלן: "התכנית"). אחד מרכיביה של התכנית הינו פרויקט מובל השלום, הכולל על פי תיאורו בהחלטת הממשלה, מובל (צינור/תעלה) באורך כ-160 ק"מ, אשר יוביל מים ממפרץ אילת לים המלח, במטרה למנוע את המשך ירידת המפלס, להתפיל מים, לייצר חשמל, ולהקים פרויקטים תיירותיים וחקלאות בערבה. רכיבים אחרים בתוכנית הינם הקמת שדה תעופה משותף לישראל וירדן באזור עקבה, הקמת אזורי תעשייה משותפים ועוד. על פי החלטת הממשלה, תבוצע התכנית במימון שעיקרו חוץ ממשלתי, באמצעות גופים כמו הבנק העולמי, מדינות וגופים בינלאומיים, הסקטור העסקי ותורמים שונים.

השלב הראשון של פרויקט מובל השלום כולל עריכת סקרים לבחינת היתכנות הפרויקט. שלב זה מנוהל על ידי הבנק העולמי. במאי 2005 הוחלט על ידי הבנק העולמי, ממלכת ירדן, מדינת ישראל והרשות הפלשתינית על עריכת סקר היתכנות, המתייחס לאספקטים כלכליים, מימוניים והנדסיים של פרויקט מובל השלום, בצד הערכה סביבתית וחברתית של השפעותיו הצפויות (להלן יחד: 'סקר ההיתכנות')¹. הבנק העולמי גייס משורת מדינות תרומות כספים למימון סקר ההיתכנות². השאלה המרכזית עליה נועד סקר ההיתכנות לענות הינה, האם המאזן הסופי של הפרויקט צפוי להיות חיובי מהבחינה הסביבתית והכלכלית (בייט, 2007). סקר ההיתכנות החל לאחרונה, לאחר בחירת שתי חברות מבצעות בהליכי מכרז, Coyne et Bellier מצרפת ו-ERM מבריטניה, והוא צפוי לארוך כשנתיים³. את החברות המבצעות את סקר ההיתכנות מלווה צוות משותף של ישראל, ירדן והרשות הפלשתינית (רון, 2008). על פי החלטת ממשלה מס' 1366 מיום 11.3.07, מונה בישראל צוות מלווה לסקר ההיתכנות, הכולל נציגים ממשרדי ראש הממשלה, המשנה לראש הממשלה, התשתיות הלאומיות וכן את מנהל הרשות הממשלתית למים ולביוב, המשמש כראש הצוות. עוד נקבע, כי לדיוני הצוות יוזמן נציג המשרד להגנת הסביבה.

הליכי השימוע

כחלק מבחינת פרויקט מובל השלום, מקיים הבנק העולמי הליכי שימוע, המהווים, על פי אתר האינטרנט של הבנק העולמי, פרקטיקה מקובלת בפרויקטי תשתית בקנה מידה גדול. ההליכים, הכוללים שימועים ציבוריים ופגישות עם בעלי עניין (להלן יחד: "הליכי שימוע"), אמורים להתקיים בכל אחד משלבי בחינת הפרויקט⁴. במסגרת זו, קיים הבנק העולמי באוגוסט 2007 הליכי שימוע ציבורי בישראל, ירדן וברשות הפלשתינית, בטרם בחירת החברות המבצעות את סקר ההיתכנות,

¹ מקור, אתר האינטרנט של הבנק העולמי (ביקור מיום 27.7.08):

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/MENAEXT/0,,contentMDK:20664264~pagePK:146736~piPK:146830~theSitePK:256299,00.html>

² מקור: אתר האינטרנט של הבנק העולמי (ביקור מיום 29.7.08):

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/MENAEXT/0,,contentMDK:20664498~pagePK:146736~piPK:146830~theSitePK:256299,00.html>

³ מקור, אתר האינטרנט של הבנק העולמי (ביקור מיום 29.7.08):

http://siteresources.worldbank.org/INTMENA/Resources/RDS_May_2008_News.pdf

⁴ מקור: אתר האינטרנט של הבנק העולמי (ביקור מיום 29.7.08):

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/MENAEXT/0,,contentMDK:20664470~pagePK:146736~piPK:146830~theSitePK:256299,00.html>

במסגרתם הביעו בעלי עניין מגוון עמדות לגבי הפרויקטים. כך לדוגמה, נערך ביום 12.8.07 שימוע ציבורי בנווה אילן. מטרת השימוע, כפי שהוצגו באתר האינטרנט של הרשות הממשלתית למים וביוב⁵, היו ליידע את הציבור בדבר התוכנית, ולשמוע דעות של גופים בעלי עניין בהתייחס להנחיות התכנון (T.O.R.) של תוכנית העבודה. פגישות נוספות, שמטרתן לעדכן את בעלי העניין לגבי תוכנית סקר ההיתכנות ולקבל מהם משוב לגבי התוכנית, התקיימו בישראל, ירדן וברשות הפלשתינית במהלך חודש יולי 2008.

כל ההליכים לעיל פתוחים לציבור הרחב, המוזמן ליטול בהם חלק ולהציג עמדותיו. לפיכך, מהווים הליכי השימוע מקור מידע עיקרי אשר ישמש אותנו למיפוי עמדותיהם של בעלי עניין, כפי שיפורט להלן⁶. מקורות מידע נוספים אשר ישמשו אותנו למיפוי עמדות בעלי עניין, הינם פרסומים בכלי התקשורת (עיתונות, אינטרנט), ראיונות ושאלונים אשר ייערכו ויופצו על ידינו.

פוטנציאל הקונפליקט הסביבתי הטמון בפרויקט מובל השלום

מטרותיו המוצהרות של פרויקט מובל השלום, הן כאמור הצלת מפלס ים המלח, התפלת מי ים, פיתוח כלכלי, קידום השלום ושיתוף הפעולה באזור (בייט, 2007; רז, 2008; רון 2008). על פי אתר האינטרנט של הבנק העולמי, מטרת מוצהרות אלו משותפת לצדדים לפרויקט: ישראל, ירדן והרשות הפלשתינית⁷.

בצד המטרות המוצהרות המשותפות, מעלה פרויקט מובל השלום חששות שונים, אשר העיקריים שבהם הינם כדלקמן (אתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה; בייט, 2007):

- חשש מפגיעות סביבתיות בים המלח, לרבות פגיעה באקו-סיסטמה, שינוי הרכב המים, פריחה ביולוגית, שיקוע גבס ועוד, כתוצאה מהמפגש בין מי ים סוף לבין מי ים המלח;
- חשש מפגיעה סביבתית במפרץ אילת, ובפרט בשוניות האלמוגים;
- חשש מפגיעה בתעלה ומזיהום האקוויפר, שהינו מקור מים עיקרי לערבה. חשש זה נובע ממעבר תוואי התעלה בערבה, המהווה אזור רגיש מבחינה סיסמולוגית;
- חשש מההשלכות הסביבתיות של מתקני התפלה, המתבטאות בין היתר בצריכת אנרגיה, הזרמת מי רכז לים וניצול שטחי חוף;
- כמו כן קיים חשש, כי הפרויקט לא יפתור את בעיית הבולענים (גבריאלי, 2008; מסמך מדיניות לאגן ים המלח, 2006), אשר היוותה מלכתחילה את אחת ממטרותיו העיקריות של הפרויקט מבחינת ישראל.

המטרות המשותפות לפרויקט מובל השלום והחששות הנובעים ממנו, צפויים להשפיע באופן שונה על קבוצות שונות של בעלי עניין במישור המקומי והבינלאומי (כגון תושבים, תעשייה, יזמים, גורמי ממשל וכיו"ב), באופן המגלם פוטנציאל משמעותי להיווצרות קונפליקט סביבתי בנושא מובל השלום.

⁵ www.water.gov.il (ביקור מיום 25.7.08).

⁶ מקור ההערות מתוך הליכי השימוע המופיעות במסמך זה, הינו באתר האינטרנט של הבנק העולמי (ביקור מיום 21.8.08):
<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/MENAEXT/0,,contentMDK:21575756~pagePK:146736~piPK:146830~theSitePK:256299,00.html>

⁷ מקור: אתר האינטרנט של הבנק העולמי (ביקור מיום 29.7.08):
<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/MENAEXT/0,,contentMDK:20664264~pagePK:146736~piPK:146830~theSitePK:256299,00.html>

2. מבוא: ניהול קונפליקטים סביבתיים

מאז שנות השבעים של המאה העשרים עוברים על מדינות העולם, ובייחוד על המדינות המפותחות, שינויים מרחיקי לכת בגישותיהן לתחום הסביבה.

הסיבות לכך הן רבות ומורכבות, אך ניתן להצביע על מספר גורמים, אשר שילובם תורם תרומה מכרעת לעליית הנושא בסדרי העדיפויות של השלטון וחדירתו למודעות היום יומית של הציבור הרחב. המכנה המשותף בין כל הגורמים הללו הוא ההשפעה הגוברת של בני אדם על הסביבה. השפעה זו נובעת, בין היתר, מקידום המדע והטכנולוגיה. לבני האדם יש היום את היכולת לשנות את סביבתם הפיזית באופן ובהיקף שלא היו כדוגמתם בהיסטוריה של האנושות. חלק מהשינויים בולטים לעין כל כמו הקמת מרכזים עירוניים עצומים, בהם חיים מיליוני אנשים, עיבוד שטחים נרחבים לגידולים חקלאיים, הטיית נהרות ובניית סכרים, כריית מחצבים, הקמת תשתיות לתחבורה, למערכות תקשורת ועוד (פיש, 2002).

גורם נוסף, המהווה מרכיב משמעותי בהשפעה הגוברת של בני אדם על כדור הארץ וקשור גם הוא להתפתחות הטכנולוגיה, הוא השימוש במשאבי הטבע, הן כחומרי גלם והן כמקורות אנרגיה. מרכיב אחר במשוואת ההשפעה הגוברת של בני אדם על הסביבה הוא מספרם ההולך וגדל של בני האדם על פני כדור הארץ במונחים אבסולוטיים. יש הרואים את הנושא כמקור לכל יתר בעיות הסביבה בעולם. ואולם, בדומה לסוגיות אחרות בתחום, לא קיימת אחידות דעים בנושא (שם).

בד בבד אנו עדים לגידול משמעותי של מודעות הציבור לנושאים סביבתיים, המובילה, בין היתר, להתנגדויות מאורגנות, מצד גורמים ממשלתיים ומצד ארגונים לא ממשלתיים, לתוכניות פיתוח סביבתי: הקמת מטמנות אשפה, בניה למגורים והקמת אזורי תעשייה באזורי טבע שמורים, בניה על קו חוף הים, כריית מחצבים מסוגים שונים וכן מיזמים אחרים.

מודעות זו המתורגמת למעשים ולמהלכים מנהליים וציבוריים יוצרת שוב ושוב מצבי קונפליקט בין "כוחות הפיתוח" ל"שומרי הסביבה", קונפליקט היכול להימשך שנים ארוכות ולרוב מוכרע בבתי משפט.

בישראל, כבמדינות מערביות רבות, מורגשת לאחרונה התעניינות בהליכים אלטרנטיביים לפתרון סכסוכים סביבתיים. לאחרונה, מתרחבת ההכרה כי ניתן, ולעתים קרובות עדיף, ליישב סכסוכים אלו בגישות שאינן מעוררות עוינות (אלרואי, 1992, מצוטט ע"י אלתמן וצ'רצ'מן, 1995). עדות לכך היא עריכתם של ימי עיון והשתלמויות בנושא, במסגרות אקדמיות ואחרות והופעתם של מכונים פרטיים המציעים שירותי גישור ובניית הסכמות בסכסוכים סביבתיים. (אלתמן וצ'רצ'מן, 1995).

מאפייניו של סכסוך סביבתי

סכסוכים סביבתיים מערבים, בדרך כלל, שאלות העוסקות במדיניות חברתית הקשורה לאינטראקציה האנושית עם הסביבה הטבעית. הדוגמאות כוללות סכסוכים על איכות האוויר והמים, הדדיות ביולוגית, סכנות טבע, כימיקלים ורעלנים, ניהול אדמות ציבור ושימוש באדמה. לעתים קרובות, סכסוכים אלה מתמקדים בנכסים משותפים, השייכים לחברה ככלל ולא רק לפרטים מסוימים (כמו אוויר, מים ואדמות ציבור). סכסוכים סביבתיים מערבים, בדרך כלל, כמות גדולה של גופים בעלי אינטרסים שונים אשר התארגנו להתמודד עם בעיה ספציפית.

כתוצאה מכך, סכסוכים אלה נוטים לערב כמות גדולה של צדדים, כאשר כל אחד מהם מונע על ידי אינטרסים ואסטרטגיות שונים. כאשר קבוצה אחת או יותר מאמצת גישה של צדק או כוח, על ידי פנייה לערכאות משפטיות או על ידי חיפוש התערבות פוליטית, הסכסוך יכול להפוך יקר מאוד (Burgess & Burgess, 1997).

סכסוכים סביבתיים מתאפיינים על ידי גורמים נוספים, שהופכים אותם למאתגרים מאוד. לדוגמה, סכסוכים שנוגעים לסכנה, שלא יכולה להיתפש על ידי הקהל הרחב כמו למשל רוב החומרים הרעילים, אשר ניתנים לגילוי רק על ידי מומחים, המשתמשים בציוד מיוחד. יתר על כן, ההשלכות הסביבתיות והבריאותיות של החומרים הללו יכולות להיקבע רק על ידי מחקרים מדעיים מסובכים, שלרוב מותירים הרבה מאוד חוסר וודאות. בנוסף לאי הוודאות, מומחים המתחרים ביניהם, נוטים לצאת בהצהרות סותרות לגבי הסביבה ולגבי חומרת העניין. על כן, הציבור הרחב ולרוב גם מקבלי החלטות מתקשים, פעמים רבות, להחליט למי להאמין (שם).

לסכסוכים סביבתיים קיים פן נוסף. רוב סכסוכים אלה מערבים חוסר הסכמה עמוק במובן המוסרי, בהתייחס למערכת היחסים הנכונה בין בני האדם לטבע. למרות שחלק מהאנשים מאמינים, שלבני האדם יש את הזכות או אפילו את החובה לנצל את טבע העולם ומשאביו לצרכיהם שלהם, אחרים חושבים שיש לבני האדם את האחריות והחובה המוסרית להגן על הסביבה מהפולשניות האנושית. בדומה לחילוקי דעות מוסריים אחרים, חילוקי דעות אלה הופכים את ההגעה לפשרה לקשה מאוד (שם).

על מנת להגדיר הרס סביבתי, הגורם, כמעט תמיד, לסכסוך סביבתי, יש לאבחן ארבעה סוגים של מחסור במשאבים: מחסור פיסי – הכוונה לכך, שהמשאב זמין רק בכמות מוגבלת; מחסור גיאופוליטי – הכוונה לכך, שהמשאבים מחולקים לרוב באופן לא שווה על פני האדמה, כך שמדינות מסוימות תלויות בשליחויות ממדינות אחרות; מחסור סוציו-אקונומי – כולל את החלוקה הלא שוויונית של רכישת כוח וזכויות רכוש על מנת לספק משאבים טבעיים בין או בתוך חברות; הסוג האחרון מתייחס למשאבים, שבאופן מסורתי נחשבו בלתי מוגבלים מבחינת כמות, ונמצאים היום במחסור בשל כישלון האדם לאמץ שיטות לניהולם. ניתן לקרוא לסוג כזה מחסור סביבתי – מחסור שנגרם על ידי הרס הסביבה (Libiszewski, 1992).

ארבעת הסוגים הללו יכולים בקלות להיקשר זה לזה. גיאופוליטי לא שוויוני וחלוקה סוציו-אקונומית הם, לעתים קרובות, מקור של התנהגות אנושית שלילית, והמחסור הפיסי של משאב, שניתן לחדשו, יכולים להיות הסיבה לפיחות של "מקור מרכזי" של משאב. בכל אופן, יש להתייחס אליהם כאל ממדים מובחנים של מחסור (שם).

לא כל סכסוך הקשור לסביבה הנו סכסוך סביבתי. הבחנות אלו לגבי מחסור במשאבים מאפשרות לחוקר לאבחן הגדרה חדה ומדויקת הקשורה למקור הסביבתי של סכסוכים סביבתיים: סכסוך סביבתי הנו סכסוך הנגרם על ידי מחסור סביבתי של משאב, כלומר, נגרם על ידי הפרעה אנושית של הטווח הנורמאלי בו הוא נמצא. מחסור סביבתי יכול להיות תוצאה של שימוש יתר במשאב מתחדש או מאמץ יתר של יכולת המערכת האקולוגית, כלומר זיהום. שניהם יכולים להביא להרס חלל החיים. לעומת זאת, סכסוכים המתהווים רק בשל מחסור משאבים פיסי, גיאופוליטי או סוציו-אקונומי, אינם סכסוכים סביבתיים אלא סכסוכים מסורתיים על חלוקת משאבים (שם).

הגדרה זו מוציאה משאבים, שאינם מתחדשים, מהאינטרס הספציפי של סכסוכים סביבתיים. משאבים אלו יכולים להיות רק נדירות פיסית, גיאופוליטית או אקונומית. שנית, במקרה של משאבים מתחדשים, ההגדרה כופה להפרדה. כאשר המחסור יכול להיות רק בעל מקור פיסית, גיאופוליטי או אקונומי, הדגש אינו על התכונות של המשאב בהיותו משאב מתחדש, אלא על הקונטקסט הספציפי של הרס סביבתי, שבו משאבים מתחדשים הופכים למחסור סביבתי בשל הרס סביבתי ולכן הם רלוונטיים לסכסוך סביבתי. סכסוכים על אדמה חקלאית, למשל, שאנו מגדירים כמשאב מתחדש, ייתפשו כסכסוכים סביבתיים, רק אם האדמה הופכת לאובייקט של מאבק כתוצאה מסחף קרקע, שינוי במזג האוויר, שינוי בשפך הנהר או כל הרס סביבתי אחר. אלו לא סכסוכים סביבתיים במקרים של סכסוכים טריטוריאליים פשוטים כמו במלחמות העולם וברוב המלחמות הקולוניאליות (שם).

אך למה הכוונה בסכסוך? בין ההגדרות השונות לסכסוך, ההגדרה המתאימה ביותר לסכסוך בתחום הסביבתי הינה: פעולת גומלין בין שני גורמים (יחידים, קבוצות, ארגונים) או יותר, המבוססת על ניגוד אשר לו מודע לפחות אחד מהמעורבים. צד אחד לפחות מנסה להשיג את מטרותיו או לזכות במשאב מוגבל באופן המונע הישג דומה או גורם להפחתת ההישגים של צד או צדדים אחרים (אלתמן וצ'רצ'מן, 1995).

אחת הבעיות הייחודיות של סכסוכים סביבתיים, הנובעים מבעיות ביחס לטבע, היא שהם דורשים, לרוב, פתרונות ועשיית מעשים מתקנים, לפני שחומרת הבעיה נחשפת באופן מלא, שאם לא כך, התיקון יהיה חסר אפקטיביות או מאוד יקר. דוגמה טובה לכך היא ההתעלמות מאפקט החממה: אם נחכה להגיב רק כאשר נדע לאשורו שזה קורה, זה יהיה מאוחר מדי. אם ניצור שינוי משמעותי בצריכת דלק המאובנים שלנו היום, אנו עשויים להצליח לשפר את מצבינו באופן משמעותי (Burgess & Burgess, 1997).

כסיכום ניתן לומר כי סכסוכים סביבתיים מערבים שילוב של המאפיינים הבאים: (לפי בן גל, 2004):

7. **ריבוי, שונות ואי שוויון של המשתתפים** – במרבית הסכסוכים הסביבתיים יש ריבוי של בעלי עניין, אשר להם אינטרסים שונים ונקודות מבט שונות, שחלקם מייצגים את עצמם וחלקם מייצגים גוף או קבוצה או גורם אחר. לגבי האחרונים, נשאלת, לעתים, השאלה, באיזו מידה הם מייצגים את דעתם האישית ובאיזו מידה הם מייצגים את אותו גורם או את כל החברים באותו גוף או קבוצה. בין המשתתפים מתקיימים סוגים שונים של קשרים, חלקם אד-הוק וחלקם קבועים. חלק מהמשתתפים אף נפגשים בסכסוכים שונים ומפתחים היכרות מעמיקה זה עם זה. למשתתפים מידת השפעה שונה, כוח יחסי שונה (פוליטי/מנהלי או כלכלי) וכן יש להם מידה שונה של נגישות למידע. כל אלה יוצרים אי שוויון בין המשתתפים.

8. **ריבוי ומורכבות, השפעות הדדיות ואי וודאות של הנושאים** – סכסוכים סביבתיים כוללים בתוכם ריבוי של נושאים. רבים מהם קשורים זה בזה, כך שהחלטה לגבי נושא אחד משפיעה על ההחלטה לגבי נושאים אחרים. חלק מהנושאים קשור להשפעות החורגות מגבולות מוניציפאליים, חלקם משפיעים לטווח הארוך (מעבר לטווח הזמן של קדנציה

פוליטית), חלקם קשור למידע טכני המחייב הבנה מדעית מסוימת (הקיימת במידה רבה אצל חלק מהמשתתפים אך לא אצל כולם). כמו כן, חלק מהמידע מבוסס על אי וודאות, הערכה ותחזיות.

9. **התהליך קשור להליך בירוקראטי, יחסים בין המשתתפים –** מרבית הסכסוכים הסביבתיים כרוכים בהליך בירוקראטי/פרוצדוראלי מסוים ומחייב. במקרים רבים הסכסוך הוא, במידה רבה, על בעיות בתהליך עצמו ולא על הבעיות הסביבתיות. חלק מהבעיות בתהליך נוגעות להשפעת היחסים שבין המשתתפים על התהליך, כגון יריבויות על רקע מקצועי, אי אמון, סטריאוטיפים ועוד.

האם ניתן לראות בפרויקט "מובל השלום" ובחלופות האחרות המוצעות מחד ובהתנגדויות לפרויקט ולחלופות מאידך פוטנציאל ל"סכסוך סביבתי"?

אנו טוענים כי לאור המאפיינים של סכסוכים סביבתיים כפי שפורטו לעיל אכן ניתן לראות בהצעות ובהתנגדויות להובלת מי ים סוף או מי ים תיכון לים המלח מקור פוטנציאלי לסכסוך סביבתי. נסח השערה זו ביתר פירוט בפרק הבא, מתוך מטרה לבחון אותה ואת המשמעויות הנובעות ממנה במהלך מחקרנו.

3. שאלת המחקר

כיצד ניתן ליישם מודל לניהול קונפליקטים סביבתיים ובניית הסכמות בפרויקט מובל השלום, לאור מאפייניו הייחודיים?

4. השערות המחקר

1. אנו צופים כי לקבוצות בעלי העניין בפרויקט מובל השלום אינטרסים שונים העלולים להגיע לכדי קונפליקט, ולעכב ביצוע הפרויקט.
2. אנו צופים כי ישום מודלים מקובלים לניהול קונפליקטים, עשוי לאפשר הגעה לפיתרון מוסכם ומושכל, תוך הימנעות מהליכים משפטיים והקצנות, המאפיינים קונפליקטים מרובי משתתפים וחוצי גבולות.

5. מטרות המחקר

א. לזהות ולהגדיר את האינטרסים של השחקנים המעורבים בפרויקט מובל השלום. זיהוי האינטרסים יעשה תוך בחינת עמדות פומביות כפי שפורסמו על ידי הגופים המעורבים בתצהירים לבנק העולמי, באתרי אינטרנט של המוסדות ובתקשורת כמו גם בראיונות אישיים.
ב. לבחון ולבחור מודל וכלים מתאימים לניהול הקונפליקט הפוטנציאלי בפרויקט מובל השלום. בחירת המודל והכלים תעשה מתוך סקירת עבודות תיאורטיות והתייעצות עם מומחים בתחום כמו גם עם השחקנים עצמם.

6. שיטות המחקר

א. זיהוי והגדרת השחקנים הינו שלב מכריע ביכולת לבנות תוכנית לניהול קונפליקט שכוללת את כל מי שרואה עצמו מעורב ומושפע מן הפרויקט. נשלב בין שתי שיטות מחקר איכותניות במטרה למפות את בעלי העניין ועמדותיהם :

❖ איתור השחקנים ועמדותיהם מתוך מקורות מידע שונים בשיטות ניתוח טקסט. מקורות המידע הינם: פרסומי הבנק העולמי אודות המשתתפים בשימועים הציבוריים של מובל השלום, המסמכים שפורסמו באתר הבנק העולמי, באתרי ממשל וארגונים שנקטו בעמדות פומביות כלפי הפרויקט. איתור וניתוח העמדות יעשה מתוך שילוב של שתי גישות ניתוח: הניתוח הקונפליקטואלי של זימל (1964) הבודח את האינטרסים המנוגדים של השחקנים ולא רק את הסוציולוגיה של הקונפליקט כמאבק עמדות בעלי כוח, וניתוח טקסט איכותני (Silverman,2000).

הניתוח הקונפליקטואלי לפי זימל, מסתמך על מספר הנחות לגבי הקונפליקט. ראשית, ההבנה שהקונפליקט הוא המחולל של האינטראקציה החברתית ואינו מהווה יסוד לכאוס חברתי. לדידו, הקונפליקטים מהווים חלק חשוב ממצב של חברה ואינם צריכים להיתפס כגורם המאיים על האינטראקציה ממנו יש להימנע, אלא שיש לדעת כיצד להתמודד עמם. זימל גורס כי האינטראקציה בין בעלי העמדות משפיעה על השותפים לקונפליקט וטען שמספר השותפים לקונפליקט ועמדותיהם לגביו משפיעות על עמדות השותפים האחרים ועל אפשרויות ההתפתחות שלו. זימל מניח כי מספר האפשרויות לפתרון קונפליקט גדל ככל שיש לו שותפים רבים יותר הנוקטים עמדה לגבי סוגיית הקונפליקט (שם).

ניתוח איכותני של השיחות והראיונות יעשה לפי הפרמטרים שמציג סילברמן (2000) בהציעו מספר נקודות יסוד עליהם צריך להתבסס מחקר איכותני בניתוח טקסט ודיבור. למשל, איזה סטאטוס אנו מצמידים למידע שלנו? מהן המשמעויות המרובות שניתן להצמיד למצב או לפעולה? מיקום החוקר ביחס לנחקר בשאלות של מגדר ומעמד ועוד.

7. ניהול ראיונות- ראיונות עומק בשיטת הראיון החצי מובנה יינקטו על מנת להבין לעומק את עמדות בעלי העניין או כאלו שמיעטו להשתתף ולהביע עמדות בציבור אך נראה שיושפעו ממובל השלום.

הבחירה בניהול ראיונות בשיטת הראיון החצי מובנה נובעת מכלל התובנות שהצטברו אודות המחקר האיכותני וההכרה בתוצאות הראיונות השונים כנובעים מאופן ביצוע הראיון. ראיון הינו אינטראקציה שהדינאמיקה שלו עשויה לקבוע את סוג המידע שייווצר (Fontana,2000). בשיטת הראיון החצי מובנה מגיע המראיין כאשר יש לו מטרות ומידע שהוא רוצה לגייס מן המרואיין אך המפגש מתנהל כשיחה ולא כסקר שהשאלות אליו הינן סגורות, בעלות סדר הכרחי שאסור לסטות ממנו. בשיטת הראיון החצי מובנה, המראיין הוא שותף פעיל בשיחה, הוא פועל על מנת לגייס את המידע הרצוי לו אך הראיון יכול להתפתח ולהתרחב בהתאם לנושאים שעולים מן המרואיין ומן הדינאמיקה הנוצרת בין השותפים לראיון (שם). שיטת הראיון החצי מובנה נמצאה מתאימה למחקר זה משום שאנו מבקשים לגייס ולקבל תשובות למספר שאלות ספציפיות אך מכירים בכך כי למרואיינים יש מידע וניסיון רב שיתכן ששאלון סגור וראיון מובנה עשויים להתעלם מהם או לפספס אותם. לכן, נראה שראיון שסופו אינו

סגור אלא מאפשר למרואיינים לפתח את מחשבותיהם ולסטות מהקו הברור של החוקרים (Silverman, 2000) מתאים יותר למחקר זה.

ב. בחירת מודל וכלים מתאימים לניהול הקונפליקט יעשה מתוך שילוב של שיטות מחקר שונות על מנת להבטיח תוצאות אמינות:

8. סקירת תיאוריות שעוסקות בניהול קונפליקטים בדגש על ישראל ומתוך השוואה למקרי בוחן אחרים בעולם, וכן גיבוש קריטריונים המאפיינים את המקרה הנבחר, ואשר בהתאמה אליהם עלינו לפעול בבחירת המודל וכלים מתאימים.

9. ראיונות עם בעלי עניין ועם מומחים בתחום ניהול הקונפליקטים לגבי הקריטריונים המתאימים למקרה זה.

10. תוצאות ראשוניות

10.1 סקירות תיאוריות לניהול קונפליקטים סביבתיים

מוכרות כיום גישות אלטרנטיביות רבות לפתרון סכסוכים סביבתיים, בשורות הבאות נציג את שלוש גישות מרכזיות; בוררות, גישור, בניית הסכמות.

בוררות (Arbitration)

בוררות הנה תהליך פתרון סכסוכים, בו הצדדים מציגים את עמדותיהם לצד שלישי חסר עמדה, שלאחר מכן מציג את שיפוטו. בדומה לתהליך שיפוטי בבית המשפט, בוררות היא תהליך מעורר עוינות יותר מאשר משתף. עם זאת, הוא בדרך כלל לא פורמאלי כמו שיפוט בבית משפט. טכנית, התדיינות בבית משפט הנה, בעצם, תהליך של בוררות, אך המונח בוררות שמור, בדרך כלל, לתהליכים פרטיים, בהם בורר עצמאי נותן את החלטתו (Burgess & Burgess, 1997).

גישור (Mediation)

גישור הנו אחת הדרכים העיקריות לפתרון סכסוכים בדרך חלופית. הוא כולל התערבות של צד שלישי ניטראלי בתהליך ההידברות. על המגשר לעזור לצדדים המסוכסכים לתקשר באופן אפקטיבי, לנתח את הסכסוך ולפתח פתרון בעל הסכמה הדדית. שלא כמו בוררים, המקשיבים לשני הצדדים בסכסוך ומקבלים החלטה, למגשר אין סמכות לקבל החלטה. המגשר עוזר לצדדים הנצים להגיע להחלטה שלהם לגבי התנאים האפשריים להסכם. פנים חשובים מסוימים של הגדרה זו (לפי Burgess & Burgess, 1997):

1. המחשבה, שגישור הוא בבסיסו תהליך הידברות ולא תרפיה או תהליך שיפוטי, אלא סיוע במשא ומתן.

2. המגשר הוא, בדרך כלל, ניטראלי וחסר פניות. כלומר אינו קשור בשום צורה או דרך לצדדים הנצים וכמו כן אין לו שום אינטרס או דעה לגבי התוצאה.

3. למגשר אין סמכות לקבל החלטה, הוא רק מדריך את הנצים בתהליך המשא ומתן, עוזר לצדדים להגדיר את הבעיה ואת האינטרסים שלהם, מסייע לכל צד להבין את הדעות של האחר וליצור הסכם, שיהיה מקובל על כולם.

אחד מחשובי המצדדים של שיטת הגישור, Susskind, מסכים שגישור אינו משיג תמיד את התוצאה האידיאלית, אך השאלה המרכזית, לדעתו, היא בהשוואה למה. לעתים, בתי המשפט ניבו תוצאה טובה יותר. תהליכים ישירים עשויים, לפעמים, להיות אפקטיביים יותר. אך בהרבה מקרים, גישור מניב את התוצאות הטובות ביותר, ובעיקר כאשר חלק מהצדדים הם צדדים חלשים ונטולי כוח מיקוח. רק כאשר משווים את הגישור לאלטרנטיבות האפשריות במקרה ספציפי, אפשר להחליט האם הוא התהליך הנכון.

בניית הסכמות (Consensus Building)

זהו תהליך, המשמש בעיקר בהליכים מורכבים, בהם הצדדים המסוכסכים מרובים, ונועד לאפשר לאלו המעורבים בבעיה לפתח פיתרון שיהיה מקובל על כולם. דוגמאות לבניית הסכמות כוללות מו"מ בינלאומיים לגבי הגבלת פליטת גזים רעילים על מנת להגן על שכבת האוזון או פרויקט אמנת הפחם הלאומית שהביאה את כורי הפחם, משתמשי הפחם ונציגי איכות הסביבה לפתח גישות חדשות לגבי מדיניות הפחם והגנה סביבתית שהתאימה לצרכים של הצדדים. על אף העובדה, שישנם מנהיגים ועורכי דין מובילים, המתייחסים לתהליך זה באופן ספקני, פתרון בעיות בעזרת בניית הסכמות צובר תאוצה ועניין באופן מתמיד, כאשר דרכים אחרות מסורתיות לקבלת החלטות אינן מתאימות או טובות מספיק לפתרון בעיות חברתיות וציבוריות. על פי תפישתו של המגשר המוביל תהליכי בניית הסכמות, דויד שטראוס, האנשים מבינים, בסופו של עניין, שהשיטה המסורתית של קבלת החלטות, שיטת ה WIN-LOSE, מובילה, בסופו של דבר, לשיטה של LOSE-LOSE. כפי שהצהיר ב-1993, "ברגע שאנו מכירים בעובדה, שכל שאנו עושים הוא למשוך את עצמנו למטה, האינטרס שלנו ללכת לכיוון של פתרונות שיתופיים בגישת ה WIN-WIN ייעלה". בדרך כלל, לבניית הסכמות מספר שלבים המפורטים להלן (לפי Burgess & Burgess, 1997):

- 1. זיהוי המשתתפים / בעלי עניין** – הכרחי שכל המעורבים בהווה ובפוטנציה יהיו מעורבים בתהליך. המשתתפים חייבים לכלול את כל הפרטים והקבוצות, שיש להם את הכוח לייצר או ליישם החלטות, כאלו שיש להם אינטרס בבעיה או בפתרונה, או כאלו שיש להם את הכוח לחסום את ההחלטות או את יישומן.
- 2. עיצוב התהליך** - למרות שהמגשר יכול להציע הצעה לתהליך התחלתי, המשתתפים חייבים להיות מעורבים ברוב, אם לא בכל, ההחלטות המנהלתיות, ובתהליך עצמו, אם הם רוצים בהצלחתו. למרות שהצעות המגשר יכולות לסייע למיתון הדיון כמו גם לכפות כללי בסיס, בסופו של דבר, המשתתפים עצמם יהיו אלה שיצטרכו לקבוע ולהסכים על כללי הבסיס, על סדר היום ולקבל את ההחלטות המנהלתיות והענייניות.
- 3. הגדרת הבעיה וניתוחה** – בהרבה מקרים, כאשר אנו עומדים מול בעיה מורכבת, קבוצות שונות מגדירות את הבעיה באופן שונה. אחד הצעדים הראשונים בבניית הסכמות הוא להגיע להבנה מהי הבעיה ומה גורם לה. רק אז יכולה להתחיל העבודה על עיצוב פתרונות.
- 4. הגדרה והערכה של פתרונות חלופיים** – סיעור מוחות משמש בהרבה מקרים על מנת להגדיר פתרונות חלופיים, שייבחנו אחר כך ביכולתם לפתור את הבעיה המוגדרת ולהתאים לצרכים של כל אחד מהצדדים.

5. **קבלת החלטות** – בבניית הסכמות ההחלטות מתקבלות על ידי קונצנזוס ולא על ידי הצבעה. המשמעות היא, שכולם חייבים להסכים. כדי להגיע לקונצנזוס, ההצעות החלופיות צריכות להתאים בצורה מספקת לצדדים, כדי שכל אחד יאמין שהתוצאה היא תוצאת WIN מבחינתו ומבחינת שאר הצדדים המעורבים. התוצאה צריכה להיות טובה גם מהתוצאה שהייתה יכולה להיות מושגת על ידי כל צד בהליך אחר. אם צד אחד חושב שהוא יכול היה לקבל תוצאה טובה יותר בכוח (לדוגמה על ידי כך שהיה תובע מיישהו), רוב הסיכויים שזה מה שיקרה. מצב כזה עשוי להכשיל את תהליך בניית ההסכמות.

6. **יישום** – השלב האחרון בבניית ההסכמות הוא יישום ההחלטות. לעתים קרובות, הליך היישום מערב בדיקות מתמשכות של קבוצת הצדדים וכינוסים נוספים של קבוצה זו על מנת ליישב בעיות הצצות תוך כדי הליך היישום.

התאמת שיטות ליישוב סכסוכים לסוג הסכסוך

שני סוגי סכסוכים קיימים בהקשר של מדיניות ציבורית: מחלוקות ממשיות לעומת סכסוכים שבמרכזם הגדרות חוקתיות או זכויות משפטיות. מחלוקות ממשיות מתמקדות בהקצאת משאבים, סטנדרטים או במטרותיהם של אמצעים (כולל כיצד נשתמש באדמה שלנו או במים). סכסוכים חוקתיים, כמו אלו שנושאים הזכויות בבתי הספר, זכויות הומוסקסואלים והזכות למות בכבוד, מסתמכים על פרשנויות של זכויות שניתנו על ידי בית המשפט (Susskind & Cruikshank, 1987).

כאשר זכויות חוקתיות נמצאות בסיכון, אנו פונים בדרך כלל למערכת הצדק המשפטית. כמובן שנלקח בחשבון כי לאחר שבית המשפט יגדיר את הזכויות, צורות של בניית הסכמות יוכלו לעזור להגן עליהן, או להתאים אותם לאינטרסים אחרים. עם זאת, כאשר המיקוד הוא על מחלוקת בהקשר של רווחים והפסדים מוחשיים, ולא בהקשר של האם משהו הוא חוקי או לא חוקי, אסטרטגיית בניית הסכמות יכולה לעזור (שם).

יש לעיתים אי בהירות בנוגע להבדל בין שני סוגי הסכסוכים שהוצגו. מצבים בהם ההבדל ברור, הנם, לדוגמה, סכסוכים סביבתיים. רובם מערבים הקצאה של רווחים והפסדים ממשיים, יותר מאשר עניינים חוקתיים. כאשר ערכים סביבתיים גבוהים מתורגמים לתפוקות ורווחים נמוכים, חברות עסקיות עלולות להתנגד. ומאידך, אם סטנדרטים סביבתיים נמוכים מבטיחים רווח גדול יותר אך מסכנים את בריאות הציבור וביטחונו, זה יכול להוות טריגר לארגונים ירוקים ולקבוצות המייצגות את אינטרס הציבור להתנגד (שם).

מספרות המחקר עולה בבירור, כי יש צורך בהתאמה של מאפייני הגישות והשיטות הננקטות בשעת התמודדות עם קונפליקט למאפייני המערכת ולמימדי המחלוקת (Dotson et al, 1989) מצוטט ע"י ורנסקי, 1994). לפי Stern (1976, מצוטט ע"י ורנסקי, 1994), אחד הגורמים המכריעים בבחירתה של השיטה להתמודדות עם הקונפליקט היא רמת התלות ההדדית, כפי שהיא נתפשת על ידי הצדדים המעורבים. שיטות מסוימות אינן יעילות, אם לא קיימת מידה מתאימה של תלות הדדית. שיטות חלופיות כמו בוררות גישור ובניית הסכמות יכולות להתאים לסכסוכים בעלי רמת

תלות הדדית גבוהה, כאשר אסטרטגיות של מיקוח ומשא ומתן יכולות להתאים לסכסוכים בעלי רמת תלות הדדית נמוכה (ורנסקי, 1994).

כאשר בוחנים את המקרה של הסכסוך הסביבתי הפוטנציאלי סביב פרויקט מובל השלום והחלופות האחרות ניתן לומר כי קיימת תלות הדדית גבוהה בין הצדדים מסיבות רבות. בסכסוך מעורבות שלוש יישויות מדינתיות עם אוכלוסיות שונות מבחינה תרבותית הניגשות לפרויקט מאינטרסים שונים, וחולקות משאב סביבתי בעל ערך כלכלי רב וחשיבות עולמית עצומה.

Godshalk (1992, מצוטט ע"י ורנסקי, 1994) מציג את השיטה להתאמת שיטות ליישוב סכסוכים לסכסוכים כפונקציה של עוצמת הסכסוך. מידת הפורמאליות של תהליך יישוב המחלוקות והצורך במעורבות צד שלישי עולות, על פי גרסתו, ככל שהסכסוך חריף ומוקצן יותר. לדבריו, בעימות מתון, סביר להניח כי הצדדים יגיעו להסכם במשא ומתן ישיר ללא סיוע חיצוני, במחלוקת חריפה יותר יזדקקו למאפשר או מגשר, ואילו בסכסוך חמור, תידרש התערבות של בורר (ורנסקי, 1994).

בחינת הסוגיה הנדונה בעבודתנו מצביעה על כך שעוצמת הסכסוך הפוטנציאלי היא גבוהה. לכן, על מנת להגיע להסכם נדרשת מעורבות של צד שלישי נטרלי.

בעבודתנו זו נצביע על הגישה החותרת לבניית הסכמות כמתאימה ביותר לסכסוך הסביבתי הפוטנציאלי סביב הזרמת מי ים לים המלח ונפרט את ארבעה השלבים העיקריים ביישום מודל זה (לפי Susskind, מתוך ניהול קונפליקטים בתכנון פיתוח ואיכות הסביבה, 2002):

1. שלב ההכנות - יש לזהות מי הם "בעלי העניין" העיקריים, אלו שהחלטות ישפיעו עליהם יותר מכולם. חשוב שיהיו שותפים לתהליך כל בעלי העניין, אם כי כאמור לא כל הגורמים צריכים להיות שותפים במידה זהה. עלינו לקיים תהליך של "הערכת הקונפליקט" בו נוודא כי יש נוכחות של הנציגים הלגיטימיים של הגורמים השונים, שאלו מכירים את העמדות של כלל הגורמים, ושהרצונות שלהם ממוקדים מספיק. תהליך "הערכת הקונפליקט" מתבצע על ידי הגורם הניטראלי (המגשר) שמראיין באופן אישי את נציגי הגורמים השונים. לאחר הסבב הראשון יקיים הגורם הניטראלי סבב שני בו יפנה לאנשים רלוונטיים שעלו במהלך הסבב הראשון ויאפשר למרואיינים לחדד את עמדתם. סיומו של שלב "הערכת הקונפליקט" במסמך מסכם אותו כותב הגורם הניטראלי, המופץ לכל הגורמים ובהם הזמנה למפגש הראשון. במסמך אין ייחוס שמי של הדברים שנאמרו.

2. שלב יצירת הערכים/המחירים - "כיצד להגדיל את העוגה לפני שמחלקים אותה", שלב שמטרתו להתרחק ככל האפשר ממצב של "משחק סכום אפס". ניתן להגיע לכך במידה והגורם הניטראלי יצור דיון בכלל הנושאים במקביל ולא בנושא אחד בכל פעם, בצורה שכזו ניתן להגיע ל"מסחר בסדרי העדיפויות" השונים של אנשים שונים. לדוגמא - דיון על הקמת אזור תעשייה במקום מסוים יכול להתפתח לרעיון שמספר קהילות ייהנו מהרווחים שיניב אזור התעשייה ולא רק לגעת באזור בו תמוקם התעשייה.

3. הקצאת הערכים/מחירים - תהליך "חלוקת העוגה". תהליך בו ישנה חשיבות רבה לכך שהיחסים בין הגורמים השונים לא ייפגעו יותר על המידה. אם הדרך היחידה לחלוקת העוגה היא

הרס היחסים אז כל החלטה בעתיד תהיה קשה יותר ויותר, עד שיהיה זה בלתי אפשרי להמשיך את התהליך. המרכיב העיקרי בשלב זה הוא יצירת קריטריונים מוסכמים לקבלת ההחלטות.

4. **שלב היישום** – אופן היישום חייב להיכתב במסמך הסיכום באופן מפורט ומוסכם בטרם יחתמו עליו הגורמים השונים. יש לכלול בפרק היישום את המכניזם לטיפול בחוסר הסכמות שאפשר שתתעוררנה בעתיד.

קשיים בתהליך בניית הסכמות (על פי ראיון עם יצחק גורן ו- Susskind1987)

ביישום הגישה החותרת לבניית הסכמות מספר קשיים שחשוב לעמוד עליהם:

1. **הגורם המכנס/מגשר** - תהליך בניית הסכמות מחייב גורם מוסכם שייקח על עצמו את "שלב ההכנות" ויקרא למעשה לצדדים להשתתף בבניית ההסכמות. גורם זה צריך להיות מקצועי ומיומן ומקובל על כל הצדדים לסכסוך.
2. **תהליך ארוך התובע מחויבות לאורך זמן** – בניית הסכמות הינו תהליך הנמשך זמן רב ומחייב את ההשתתפות והמחויבות של כל הצדדים מתחילתו ועד סופו ואף בשלבי היישום.
3. **הבדלים תרבותיים ושלטוניים בין המשתתפים** – לעיתים נמצא כי בין הצדדים לסכסוך תפיסות תרבותיות שונות (ביחסי כוח וסמכות לדוגמא) ומדיניות שונה של ממשלות בכל הקשור לשקיפות המידע ולתהליכים דמוקרטיים במדינה.
4. **עלות כלכלית גבוהה** – עלותו של תהליך בניית הסכמות הינה רבה, עלות הגוף המגשר לרוב אינה זולה וכך גם השקעת הזמן של הצדדים השונים. לעיתים קרובות על הצדדים לשכור שרותי יעוץ בתחומים מקצועיים שונים דבר המוסיף לעלות התהליך.

זיהוי בעלי עניין

10.2

שלב זיהוי בעלי העניין בתהליך בניית ההסכמות הינו בעל חשיבות רבה מעצם היותו קובע את זהות "השחקנים" בתהליך. Susskind (1999, Susskind) מצביע על שלושה פרמטרים אליהם יש להתייחס בתהליך זיהוי בעלי העניין: האינטרסים השונים של בעלי העניין, הקשרים שבין בעלי העניין ובינם לבין נושא הסכסוך, הגישה והאמונה כלפי תהליך בניית ההסכמות. דרך הפעולה המקובלת הינה איתור "המעגל הראשון" של בעלי עניין, אלו יאותרו על פי קרבתם הגיאוגרפית לנושא הסכסוך, מידת ההשפעה של הפתרונות המוצעים עליהם ועל פי הבעת עמדות באופן פומבי.

זיהוי המעגל הראשון של בעלי העניין בפרויקט מובל השלום, נעשה על ידינו באמצעות סקירת מסמכי הליכי השימוע שקיים הבנק העולמי ופרסומים פומביים בכלי התקשורת (עיתונות, אינטרנט). הקבוצות העיקריות של בעלי עניין אשר זוהו על ידינו על סמך מקורות המידע לעיל, כוללות את הגורמים הבאים:

- תושבים בישראל, ירדן וברשות הפלשתינית, המתגוררים בסמיכות גיאוגרפית לתוואי מובל השלום;
- גורמי תעשייה: מפעלי ים המלח בישראל ובירדן, וכן תעשיית התיירות;

- ארגונים ירוקים ;
- יזמים המעוניינים לקחת חלק בהקמת הפרויקט ובהפעלתו ;
- גורמי ממשל ישראלים, ירדנים ופלשתינים.

לאחר זיהוי המעגל הראשון של בעלי העניין ניתן וחשוב לזהות בעזרתם בעלי עניין נוספים ממעגלי רחוקים יותר אך רלוונטיים לסכסוך וליכולת להגיע להסכמות. יש חשיבות רבה למיפוי העמדות של מירב בעלי העניין מהמעגל הראשון ומהמעגלים המרוחקים יותר באופן מדויק ומפורט עד כמה שניתן.

כחלק מהממצאים הראשוניים של תוכנית המחקר, יוצג להלן מיפוי עמדות בעלי עניין עיקריים, על בסיס עמדות שהשמיעו בעלי העניין במקורות מידע פומביים (הליכי השימוע שקיים הבנק העולמי, פרסומים בכלי התקשורת השונים) וכן על בסיס ראיונות שנערכו על ידינו עם מספר בעלי עניין. בשלב הבא של תוכנית המחקר, מתוכננים, כאמור, ראיונות עם בעלי עניין נוספים, וכן הפצת שאלונים בקרב קבוצות בעלי עניין.

מיפוי עמדות בעלי עניין

10.3

10.3.1 ארגונים ירוקים

הארגונים הירוקים אמונים על ייצוג האינטרס הסביבתי, ולפיכך מהווים בעלי עניין בפרויקט מובל השלום. מקורות המידע אשר שימשו אותנו למיפוי עמדות הארגונים הירוקים בנושא, הינם הרצאה שניתנה במסגרת הקורס על ידי עו"ד גדעון ברומברג מארגון ידידי כדור הארץ המזרח התיכון, השימועים הציבוריים שערך הבנק העולמי, ופרסומים בכלי התקשורת הכתובה והאלקטרונית.

מהדברים עולה, כי עד לאחרונה, הארגון העיקרי אשר הביע בפומבי חששותיו מפרויקט מובל השלום, היה ארגון ידידי כדור הארץ המזרח התיכון, שהינו ארגון משותף ישראלי, ירדני ופלשתיני, העוסק בקידום נושאי סביבה ושלוש. לטענת הארגון, טרם קבלת החלטה לגבי הפרויקט, יש לבחון את אפשרות הזרמת מים שפירים דרך הירדן הדרומי ושיקומו של נהר הירדן (החלופה הצפונית). חלופה זו, אשר הינה החלופה המועדפת מבחינת הארגון, כרוכה בשינוי מדיניות המים בישראל, ירדן והרשות פלשתינית, ובפרט בשינוי מדיניות הקצאות המים לחקלאות, וכן בהקטנת פעילות מפעלי ים המלח בצד הישראלי והירדני (ברומברג, 2008). בשנים האחרונות, ערך ארגון ידידי כדור הארץ המזרח התיכון מספר מחקרים בנוגע להשפעות צפויות של מובל השלום על ים המלח ועל סביבתו, לרבות מחקרים אשר בוצעו על ידי המכון הגיאולוגי, ופרסם מסמכי עמדה בנושא. מסקנתו העיקרית של הארגון הייתה, כי הפרויקט כרוך במידה רבה של אי ודאות, ולפיכך נדרש לבחון אופציות נוספות, ובראשן החלופה הצפונית. על רקע האמור, דרש הארגון מהבנק העולמי כי במסגרת סקר ההיתכנות ייבחנו כלל האופציות, וכן דרש כי הבנק העולמי יקיים שימועים ציבוריים בנושא (ברומברג, 2008). הטענות העיקריות המועלות על ידי הארגון כיום, אינן כנגד הפרויקט עצמו, אלא כנגד הליכי הבדיקה שעורך הבנק העולמי, אשר לטענת הארגון אינם כוללים בדיקה מספקת של החלופות לפרויקט ואינם עולים בקנה אחד עם נוהלי הבנק העולמי (ארגון ידידי כדור הארץ, 2008).

ביוני 2008 הוקמה בישראל קואליציה של 6 ארגונים סביבתיים: החברה להגנת הטבע, אדם טבע ודין, ידידי כדור הארץ המזרח התיכון, חיים וסביבה, צלול ומגמה ירוקה (להלן: "קואליציית הארגונים"). מטרת קואליציית הארגונים, כפי שמוצגת באתר האינטרנט של החברה להגנת הטבע⁸, היא ניהול מאבק ציבורי משותף כנגד תוכנית "תעלת הימים" המקודמת על ידי הנשיא פרס ואיש העסקים יצחק תשובה (ר' להלן), וחיוב מקדמי התוכנית והיזמים בבחינת החלופות השונות לפתרון בעיית מפלס ים המלח וההשלכות הסביבתיות של כל אחת מהחלופות. קואליציית הארגונים דורשת, כי שיקום מפלס ים המלח יתנהל תוך דיון ציבורי מעמיק ויסודי, בהתבסס על חוות דעת מומחים. דרכי המאבק של קואליציית הארגונים כוללות, בין היתר, מאבק תקשורתי, פרסום עצומה עליה חתמו כ-5,500 חותמים, הפצת מצגת המכונה "אמת מטרידה – הגרסה הישראלית" המכוונת כנגד 'יוזמת תשובה', הפצת ניירות עמדה, משלוח מכתבים פומביים לנשיא המדינה ולנשיא צרפת ועוד. החששות העיקריים המוצגים על ידי קואליציית הארגונים, הינם מפני פגיעה בלתי הפיכה בטבע ובאיכות הסביבה; חשש כי הזרמת מים לים המלח אינה מספיקה לפתרון בעיית הבולענים; חשש מפני פגיעות אקולוגיות במפרץ אילת ובערבה ועוד⁹. במסגרת השימוע שקיים הבנק העולמי ביולי 2008, הביעה אדם טבע ודין את דרישות קואליציית הארגונים, שעיקרן חיוב הבנק העולמי בבדיקת מעמיקה של חלופות אחרות (ים תיכון-ים המלח, החלופה הצפונית-שיקום נהר הירדן). לטענת הקואליציה, יתכן כי הפיתרון המיטבי הינו שילוב בין חלופות. עוד דרשה הקואליציה לבחון את השפעותיהם הסביבתיות והחברתיות של פרויקטים קשורים, כדוגמת 'יוזמת תשובה', על החלופות המוצעות¹⁰.

10.3.2 יזמים

היזמים מייצגים, מטבע הדברים, את האינטרס העסקי בפרויקט מובל השלום, כאשר נטילת חלק בהקמת הפרויקט על ידם, מונעת מאינטרס עסקי-כספי, במטרה להפיק רווחים משותפות בפרויקט. מקורות המידע אשר שימשו אותנו למיפוי עמדות היזמים הינם כלי התקשורת.

בחודש מאי 2008 נערכה בישראל ועידת הנשיא, "פונים אל המחר", לרגל 60 שנה למדינה. בוועידה השתתפו מנהיגים מרחבי העולם, הוגי דעות, יזמים ועוד¹¹. במהלך הוועידה, הציג איש העסקים יצחק תשובה, תוכנית משותפת לו ולנשיא המדינה – "תעלת הימים – עמק השלום". התוכנית, כפי שהוצגה, אמורה לכלול תעלה שתחבר בין ים סוף לבין ים המלח, אשר נועדה להתפיל מיליארד קוב מים בשנה, ואשר לאורכה ניתן יהיה לגדל גידולים חקלאיים, להקים מרכזי בילוי וכ-200 אלף חדרים בבתי מלון, תוך יצירת מעל מליון מקומות עבודה. על פי התוכנית, לאורך התעלה ייסללו כבישים, רכבת מהירה תחבר בין ים המלח לבין ים סוף, והאזור יוכרז כאזור סחר חופשי. איש העסקים תשובה הציג את הפרויקט כפרויקט רווחי שלא יהיה צורך בסבסודו, וכמנוף לשיתוף

⁸ מקור: אתר האינטרנט של החברה להגנת הטבע, ביקור מיום 5.8.08:

<http://www.teva.org.il/?CategoryID=813&ArticleID=2862&Page=1>

⁹ מקור, אתר האינטרנט של החברה להגנת הטבע, ביקור מיום 5.8.08:

<http://www.teva.org.il/?CategoryID=813&ArticleID=2879>

¹⁰ מקור: אתר האינטרנט של אדם, טבע ודין, ביקור מיום 5.8.08:

<http://www.iued.org.il/?CategoryID=610&ArticleID=655>

¹¹ מקור, אתר האינטרנט של משרד ראש הממשלה, ביקור מיום 8.8.08:

<http://www.pmo.gov.il/PMO/Secretarial/Decisions/2008/02/des3222.htm>

פעולה וקידום השלום באזור. אנשי עסקים נוספים, ובהם נוחי דנקנר, שרי אריסון ובני שטיינמץ, הוצגו כשותפים לפרויקט¹².

חרף אופן הצגת הדברים בתקשורת, אין מדובר בפרויקט "מובל השלום" אשר את היתכנותו בוחן כיום הבנק העולמי, אלא בתוכנית שונה שאינה נבחנת על ידו.

כמתואר לעיל, הצגת היוזמה לתוכנית "תעלת הימים" בוועידת הנשיא הביאה להקמת קואליציית הארגונים הירוקים, ולפתיחה במאבק ציבורי כנגד התוכנית.

מהדברים עולה הפוטנציאל הגבוה להגעה לקונפליקט סביבתי, מרובה בעלי עניין ואינטרסים מנוגדים, הקיים בנושא ים המלח.

10.3.3 תושבים

קבוצת בעלי עניין נוספת בפרויקט מובל השלום הינה תושבים, הצפויים להיות מושפעים מהפרויקט בדרכים שונות. המעגל הראשון של בעלי עניין בקבוצה זו, כולל תושבים ממקומות סמוכים גיאוגרפית לתוואי המתוכנן של מעבר מובל השלום, בישראל, ירדן ובשטחי הרשות הפלסטינית. בסעיף זה נתמקד בתושבים מישראל בלבד. לגבי תושבים מירדן ובשטחי הרשות הפלסטינית, ראה פירוט בסעיפים הבאים. בישראל, כולל המעגל הראשון את תושבי המועצה האזורית תמר, מגילות, ים המלח, ערבה תיכונה, ערבה דרומית ואזור אילת.

מקורות המידע אשר שימשו אותנו למיפוי עמדות התושבים בישראל, הינם הליכי השימוע שערך הבנק העולמי, מסמך מדיניות אגן ים המלח, פרסומים בכלי התקשורת הכתובה והאלקטרונית, מחקרים שנערכו על ידי ארגון ידידי כדור הארץ המזרח התיכון בנושא עמדות תושבים, וראיונות שערכנו עם בעלי עניין.

מהדברים עולה, כי התושבים אינם מהווים קבוצה הומוגנית מבחינת האינטרסים המניעים אותם. כך לדוגמה, לתושבי המועצה האזורית תמר, תמריץ מהותי לפתרון בעיית הבולענים – כנפגעים עיקריים מהבעיה, הפוגעת בתשתיות, בחקלאות, בתיירות וכיו"ב. על פי מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006, הישובים העיקריים הסובלים כיום מתופעת הבולענים באזור הם עין גדי, נווה זוהר ומצפה שלם. באזור עין גדי, ננטשו החניון ומטע התמרים, ותוכניות פיתוח שונות נעצרו כתוצאה מתופעת הבולענים.

התמריץ לפתרון בעיית הבולענים, עשוי להוות שיקול לתמיכה בהקמת פרויקט מובל השלום מצד תושבי המועצה האזורית תמר. לעומת זאת, תושבי הערבה התיכונה חוששים מזיהום האקוויפר ומפגיעה במי השתייה ובחקלאות, המהווה עבורם מקור פרנסה עיקרי. זאת, כתוצאה מפגיעה אפשרית בתעלה, הצפויה לעבור באזור רגיש לרעידות אדמה (רון, הרצאה בקורס פרויקטים 2008). סוגיה זו עלולה להוות שיקול להתנגדות אותה קבוצה להקמת פרויקט מובל השלום. להלן פירוט החששות העיקריים שהובעו על ידי תושבי הערבה התיכונה במסגרת הליכי השימוע שקיים הבנק העולמי בישראל באוגוסט 2007¹³:

¹² מקורות, אתר האינטרנט של ועידת הנשיא, ביקור מיום 8.8.08:

<http://presidentconf.themarker.com/article.asp?rId=125>

http://markets.themarker.com/tmc/article.jhtml?ElementId=ok20080515_15487&layer=hp&layer2=headarticle&layer3=market

¹³ הדברים הוצגו על ידי גב' דרורה נגב.

- חשש מפני זיהום האקוויפר, המהווה מקור מים עיקרי לישובי הערבה¹⁴;
- חשש כי זיהום האקוויפר יגרום לחיסול החקלאות בישובי הערבה התיכונה, ולפיכך מאיים על קיום התושבים;
- חשש מעליית תעריף המים, במידה ובעקבות הקמת מובל השלום יאלצו ישובי הערבה לרכוש מים ממקורות, במקום המים בהם הם משתמשים כיום;
- חשש כי שיתוף הפעולה עם ממלכת ירדן לא יישאר בעינו לאחר סיום הקמת הפרויקט.

בשנת 2007 פרסם ארגון ידידי כדור הארץ המזרח התיכון מחקר סוציו-אקונומי, שערך בשיתוף עם ארגון WEDO¹⁵, בנוגע להשפעות צפויות של פרויקט מובל השלום. המחקר נערך בקרב תושבים, גורמי תעשייה ותיירות באזורים הצפויים להיות מושפעים מהפרויקט בישראל (מפרץ אילת, הערבה ואזור ים המלח) ובשטחי הרשות הפלסטינית. המחקר, שבוצע בעיקר באמצעות שאלונים, מהווה מקור מידע נוסף למיפוי עמדות בעלי עניין בפרויקט. תוצאות המחקר העלו, כי מרבית התושבים באזורים הצפויים להיות מושפעים מפרויקט מובל השלום בישראל, תומכים בפרויקט. יחד עם זאת, הובעו חששות בנוגע להשפעות הפרויקט על מאפייני מי ים המלח העלולים לגרום לפגיעה בתיירות והשפעות על הסביבה הימית במפרץ אילת. עוד העלה המחקר, כי החששות גברו ככל שעלתה מידת ההיכרות של הנשאלים עם הפרויקט. מרבית התושבים הביעו עניין בבחינת כל החלופות, ולא בבחינת חלופת ים סוף-ים המלח בלבד (WEDO, 2007). בטבלה להלן ריכזו תמצית תוצאות המחקר, בנוגע לעמדות התושבים¹⁶. נציין, כי בזמן שחלף מאז עריכת המחקר לעיל, גברה מאוד המודעות לפרויקט בקרב הציבור¹⁷, באופן אשר עשוי היה להניב תוצאות שונות מאלו שנתקבלו, לו היה נערך המחקר כיום.

¹⁴ חששות מפני זיהום האקוויפר כתוצאה מהפרויקט הובעו בהליכי השימוע גם על ידי מכון ערבה וים המלח (מר אריק הליג) ופרופ' אריה איסר.

¹⁵ Water and Environmental Development Organization עמותה פלסטינית שיוסדה ב-1997 על ידי אנשי מקצוע מתחום הסביבה והתברואה על מנת לגשר על הפער בין מחקר למדיניות הפלסטינית בתחומים אלו.

¹⁶ יצוין, כי כ-26% בלבד מתושבי אזור ים המלח והערבה אליהם פנו עורכי המחקר, הסכימו להשיב על השאלונים.

¹⁷ זאת בעקבות הליכי השימוע שערך הבנק העולמי, סיקור הפרויקט בתקשורת, ועידת הנשיא וכיו"ב.

תושבי אילת	תושבי ים המלח והערבה	
199	26	סה"כ משיבים
2%	15%	האם שמעו על הפרויקט? כן, קראו על הפרויקט
12%	78%	כן, שמעו על הפרויקט
86%	7%	לא
50%	31%	דעה כללית לגבי הפרויקט תומכים בפרויקט
21%	36%	מתנגדים לפרויקט
29%	33%	אינם יודעים
11%	68%	השפעות שליליות צפויות של הפרויקט על התיירות ועל איכות החיים כן
66%	11%	לא
23%	21%	אינם יודעים
38%	89%	השפעות שליליות צפויות של הפרויקט על מאפייני ים המלח כן
38%	6%	לא
24%	5%	אינם יודעים
29%		חשש ממטרדי רעש מהפרויקט באזור אילת כן
47%		לא
24%		אינם יודעים
37%	15%	בחינת הפרויקט צריכה לכלול חלופת ים סוף-ים המלח בלבד
36%	78%	חלופות אחרות
27%	7%	אינם יודעים

מקור: WEDO, 2007

כחלק מאיסוף ממצאים ראשוניים מהשטח ערכנו שני ראיונות מקיפים עם נציגים מתושבי האזור. (הראיונות המלאים מובאים בנספח 1 ו-2).

10.3.4 מעגלים נוספים של בעלי עניין בקרב התושבים

על פי מסמך מדיניות אגן ים המלח, בעלי העניין במעגל השני כוללים את תושבי הנגב המזרחי, ופרט תושבי ערד, דימונה וירוחם, העובדים במפעלי ים המלח ובתעשיות התיירות והחקלאות. בעלי העניין במעגל השלישי, כוללים את תושבי ישראל, ירדן והרשות הפלשתינית, אשר משק המים שלהן מבוסס על שאיבת מים מאגן ההיקוות של ים המלח. היבטי השפעה נוספים במעגל זה נובעים מהנאת תושבי ישראל וירדן מתוצאות פעילות מפעלי ים המלח, ומיכולת התושבים ליהנות מחופי ים המלח המצויים במרחק נסיעה. המעגל הרביעי כולל את כלל תושבי העולם, לאור חשיבותו העולמית וערכו התרבותי, הנופי וההיסטורי של ים המלח (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006). על פי ידיעות עיתונות שפורסמו באתר ידידי כדור הארץ המזה"ת¹⁸, בכוונת הבנק העולמי לממן סקר שייערך באמצעות האינטרנט, בקרב 10,000 משיבים מ-25 מדינות ברחבי העולם, במטרה לבחון את עמדות תושביהן לגבי חשיבותו של ים המלח. תוצאות הסקר צפויות להוות מקור מידע נוסף אשר יסייע במיפוי עמדות בעלי עניין בקשר לפרויקט.

¹⁸ מקור: אתר ידידי כדור הארץ המזרח התיכון, ביקור מיום 4.8.08:

[http://www.foeme.org/docs/Galit%20Shafir,%20Calcalist%20\[Yediot%20owned%20economic%20daily\].%20July%2031,%202008.pdf](http://www.foeme.org/docs/Galit%20Shafir,%20Calcalist%20[Yediot%20owned%20economic%20daily].%20July%2031,%202008.pdf)

10.3.5 תיירות

תעשיית התיירות מהווה קבוצה נוספת של בעלי עניין, לאור ההשפעות הצפויות של המשך ירידת מפלס ים המלח ושל פרויקט מובל השלום על תעשייה זו. מוקדי התיירות הצפויים להיות מושפעים מסוגיות אלו בצד הישראלי, מרוכזים בעיקר באזור מפרץ אילת ושפת ים המלח.

על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה לשנת 2007, כללה תעשיית התיירות כ-11,000 חדרים ב-50 מלונות תיירות באזור אילת, וכ-4,000 חדרים ב-15 מלונות בשפת ים המלח¹⁹. סך הפדיון ממלונות תיירות באילת הסתכם בכ-1.9 מיליארד ₪, ובכ-765 מליון ₪ ממלונות בים המלח²⁰. מספר הלינות במלונות תיירות באילת הסתכם בכ-6.6 מליון לינות, מתוכן כ-800 אלף לינות תיירים וכ-5.8 מליון לינות ישראלים. מספר הלינות במלונות תיירות בשפת ים המלח הסתכם בכ-2.1 מליון לינות, מתוכן כ-400 אלף לינות תיירים וכ-1.7 מליון לינות ישראלים²¹. תעשיית התיירות באזורים אלה כללה כ-7,600 משרות שכיר במלונות באילת וכ-2,500 משרות שכיר במלונות בים המלח²².

המשך ירידת מפלס ים המלח, אשר צפוי להיות מלווה בתופעות כגון נסיגת קו החוף, שיבוש הנגישות בין תשתיות התיירות לקו המים והתרחבות תופעת הבולענים, עלול לפגוע בתיירות באזור ים המלח (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006). לפיכך, מצב בו תימשך ירידת המפלס, עשוי להוות תמריץ לתמיכת תעשיית התיירות באזור בפרויקט מובל השלום. בהקשר זה נציין, כי תעשיית התיירות באזור אינה מהווה קבוצה הומוגנית מבחינת האינטרסים המניעים אותה.

כך לדוגמה, באזור עין גדי, המצוי באגן הצפוני של ים המלח, קיימת תעשיית תיירות בקנה מידה קטן יחסית להיקף תעשיית התיירות הכוללת 15 מלונות באזור עין בוקק (האגן הדרומי)²³. מאחר ונסיגת קו החוף ותופעת הבולענים מורגשות כיום בעיקר באגן הצפוני ולא באגן הדרומי, תמריץ תעשיית התיירות בשני האזורים לפתרון בעיית המפלס, עשוי להיות שונה.

המלונות באזור עין בוקק ממוקמים על גדות בריכת אידוי מס' 5 של מפעלי ים המלח. הבריכה נועדה לשיקוע הליט, תוצר לוואי בלתי רצוי הנוצר בתהליך האידוי, השוקע בבריכה בקצב של כ-20 ס"מ בשנה. כתוצאה, קטן נפח המים התפעולי בבריכה, ונדרשת הגבהת הסוללות סביבה, על מנת שניתן יהיה להעלות את מפלס המים מבלי להציף את המלונות (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006). לפיכך, נמצאים המלונות באגן הדרומי במצב אמביוולנטי ביחס לשאלת המפלס ופעילות מפעלי ים המלח. מחד, מיקום המלונות על שפת בריכות האידוי, גוזר תלות של המלונות באספקה שוטפת של מים שאובים מהאגן הצפוני לבריכות האידוי על ידי המפעלים²⁴. מאידך, מאיימת העלייה המתמדת במפלס המים שבבריכה, על תשתיות המלונות. בהתאם להחלטת ממשלה, נבחנות חלופות לפתרון בעיית הצפת המלונות (מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006), כאשר במרץ 2008 הוקמה על פי החלטת ממשלה 3262 חברה ממשלתית שתפקידה לרכז את הטיפול בנושא הגנות ים המלח. הבעיה ופתרונותיה הפוטנציאליים, חורגים מהיקף המחקר הנוכחי, וראויים למחקר נפרד.

¹⁹ מקור: http://www.cbs.gov.il/www/tourism_q/t23.pdf

²⁰ מקור: http://www.cbs.gov.il/www/tourism_q/t45.pdf הפדיון באילת אינו כולל מע"מ.

²¹ מקור: http://www.cbs.gov.il/www/tourism_q/t30.pdf

²² מקור: http://www.cbs.gov.il/www/tourism_q/t50.pdf הנתונים הינם ממוצעים חודשיים לשנת 2007.

²³ תעשיית התיירות באזור עין גדי כוללת לדוגמה את בית ההארה עין גדי, חמי עין גדי ובית ספר שדה עין גדי. על פי נתוני

הלמ"ס, תעשיית התיירות בשפת ים המלח כוללת 15 מלונות.

²⁴ לאור ירידת המפלס, לולא הזרמת המים מהאגן הצפוני על ידי המפעלים, היה האגן הדרומי יבש.

על רקע האמור לעיל, תעשיית התיירות באגן הדרומי של ים המלח צפויה להיות מונעת מאינטרסים מעורבים ביחס לסוגיית מפלס ים המלח ופרויקט מובל השלום.

השפעות פוטנציאליות של פרויקט מובל השלום על מי ים המלח והרכבם, כפי שעולות ממחקרים הנערכים בתחום, צפויות להשפיע על עמדות בעלי העניין מקרב תעשיית התיירות כלפי הפרויקט. תופעות פוטנציאליות הנידונות כיום, כוללות לדוגמה האדמת מי ים המלח עקב פריחה ביולוגית של אצות (Oren et al, 2004), תהליכי השקעת גבס העלולים להביא להלבנת פני המים, ופגיעה בהרכב הכימי של המים כתוצאה מערבוב מי ים סוף עם מי ים המלח (גנאור וחובי, 2006). כל התופעות האמורות עלולות לפגוע בתעשיית התיירות, התלויה במידה רבה במראה ים המלח ובסגולות המרפא המיוחסות לו, ולפיכך עלולות להביא להתנגדות קבוצת בעלי עניין זו לפרויקט.

כאמור, ארגון ידידי כדור הארץ המזה"ת פרסם בשנת 2007 תוצאות מחקר סוציו-אקונומי שערך בשיתוף עם ארגון WEDO בנוגע להשפעות צפויות של פרויקט מובל השלום. המחקר, שכלל בין היתר הפצת שאלונים בקרב תיירים באזור ים המלח, מספק אינדיקציה מסוימת לגבי עמדות תיירים בנוגע להשפעת ירידת המפלס והשפעות פוטנציאליות של הפרויקט על התיירות. 72% מהמשיבים ענו, כי לירידת מפלס ים המלח השפעה על מידת רצונם לבקר באזור; 82% מהמשיבים הביעו חשש, כי התשתית הקשורה לפרויקט תהיה בעלת השפעה שלילית על התיירות; 50% מהמשיבים הביעו חשש, כי ערבוב מי ים סוף עם מי ים המלח יפגע במאפייני ים המלח, ו-30% מהמשיבים תמכו בפרויקט בעוד 19% התנגדו לו (WEDO, 2007).

תוכנית המחקר המוצעת, כוללת ראיונות עם בעלי עניין והפצת שאלונים בקרב גורמים מתעשיית התיירות (הנהלות המלונות וכיו"ב), באזורים העוברים בתוואי הפרויקט בין אילת לבין ים המלח.

10.3.6 התעשייה הכימית

מפעלי התעשייה הכימית משני צידי ים המלח, הכוללים מפעלים מקבוצת כימיקלים לישראל בע"מ (להלן: "כיל") בצד הישראלי, ואת Arab Potash Company בצד הירדני, מהווים קבוצת בעלי עניין נוספת בפרויקט. חשיבותם כבעלי עניין, נובעת מהשפעתם על מפלס ים המלח, וכן מההשלכות הפוטנציאליות של המשך ירידת המפלס ושל פרויקט מובל השלום על פעילות המפעלים. כתוצאה מההפרש בין כמות המים הנשאבת מים המלח על ידי המפעלים, לבין כמות המים המוחזרת על ידם לים, תורמת פעילות המפעלים כ-250 מלמ"ק בשנה לירידת מפלס ים המלח (מסמך מדיניות לאגן ים המלח, 2006). על פי מסמך המדיניות, בשטחו הנוכחי של ים המלח, שקול האובדן לירידת מפלס של כ-35-40 ס"מ בשנה. בסעיף זה נתייחס למפעלים בצד הישראלי בלבד. חשיבות כיל כבעלת עניין, נובעת גם מהיקפי פעילותה, שהסתכמו בשנת 2007 בכ-4.1 מיליארד \$; מהעובדה כי היא מעסיקה כ-5,000 עובדים בישראל²⁵, רבים מהם תושבי הנגב; מהעובדה כי מדינת ישראל, שהייתה בעבר בעלת השליטה בחברה, מחזיקה בידיה "מניית זהב", המקנה לה זכויות שונות בחברה, שנועדו לשמור על אינטרסים חיוניים של המדינה; וכן מהעובדה כי הציבור מחזיק בכ-37.6% ממניות החברה, הנסחרות בבורסה.

²⁵ חלק מהעובדים מועסקים בתחומים שאינם קשורים למפעלים בים המלח, כגון עובדי רותם אמפרט נגב. בנוגע להיקפי הפעילות נציין, כי חלק משמעותי מהייצור ומהמכירות של קבוצת כיל מתבצע מחוץ לישראל (ר' להלן).

להלן נתאר בקצרה את פעילות כיל באזור ים המלח, בהתבסס על דוחותיה הכספיים. לאחר מכן, נסקור את עמדותיה הפומביות בקשר למובל השלום, כפי שעולות ממסמכים שהגישה במסגרת הליכי השימוע שערך הבנק העולמי. העמדה המפורטת שהגישה בהליכי השימוע, בצד פומביות דוחותיה הכספיים, אפשרה לנו להעמיק בנושא במסגרת השלב הנוכחי של המחקר.

כימיקלים לישראל בע"מ - רקע²⁶

כיל נוסדה בשנת 1968 כחברה ממשלתית בבעלות המדינה. בשנת 1995 מכרה הממשלה את גרעין השליטה בכליל לחברה לישראל. חוק זיכיון ים המלח, תשכ"א-1961, העניק למפעלי ים המלח בע"מ, חברה מקבוצת כיל, זיכיון בלעדי לניצול אוצרות ים המלח ולחכירת הקרקעות הנחוצות למפעליה, עד ליום 31.3.2030, וזכות סירוב ראשונה לאחר מכן. מפעלי ים המלח העניקה זיכיון משנה להפקת ברום ותרבות ברום מים המלח, לחברת ברום ים המלח בע"מ, חברה נוספת מקבוצת כיל. הזיכיון מעניק לכליל גישה בלעדית להפקת המינרלים המצויים מהצד הישראלי של ים המלח, תמורת תשלום תמלוגים למדינה, המחושבים כשיעור מסוים ממכירותיה. בהתבסס על הזיכיון, עוסקת כיל בהפקת מינרלים הכוללים אשלג, ברום, מגנזיום ומלח מים המלח, במכירתם בעולם, ובפיתוח, ייצור ושיוק של מוצרי המשך המבוססים על המינרלים. פעילויות נוספות של כיל מבוססות על סלע פוספט הנכרה בנגב, ועל מכרות אשלג ומלח בספרד ובאנגליה²⁷.

לכיל מעמד מוביל בשוקי האשלג והברום בעולם, המבוסס, בין היתר, על הגורמים הבאים:

- **עלויות ייצור נמוכות:** עלויות ייצור האשלג והברום שמפיקה כיל מים המלח, נמוכות בהשוואה למתחרותיה. הדבר נובע מהריכוז הגבוה של מינרלים בים המלח; מעלויות ההפקה, הנמוכות יחסית לכריית אשלג משכבות תת קרקעיות או הפקת ברום ממקורות שבהם ריכוזו נמוך יותר; ומהעובדה כי תהליך ההפקה בים המלח מתבצע על ידי ניצול אנרגיית שמש בתהליך האינדי; ו
- **עלויות אחסון נמוכות:** האקלים החם והיבש בים המלח, מאפשר לכליל לאחסן בעלות נמוכה כמות אשלג גדולה בשטח פתוח. הדבר מאפשר ייצור קבוע, בלא תלות בתנודתיות בביקוש העולמי;
- **סינרגיה:** סינרגיה בין מפעלי כיל, מפחיתה את עלויות הייצור. פעילויות כיל משולבות זו בזו, הן באמצעות אספקת חומרי גלם, והן באמצעות שימוש במוצרי לוואי ופסולת הנוצרים בתהליך אחד, כחומרי גלם בתהליכים אחרים. כך לדוגמה, ייצור הברום מבוסס על ניצול הברום שבתמיסות הלוואי מייצור האשלג, שם ריכוזו גבוה יותר מאשר במי ים המלח; לייצור הברום משתמשים בכלור, הנפלט מתהליך ייצור המגנזיום המתכתי; ייצור המגנזיום מתבצע מתמיסות עשירות במגנזיום כלורי, הנוצרות כתוצר לוואי מייצור האשלג בסדום, ועוד.

אשלג

אחד המוצרים העיקריים בהם עוסקת כיל הינו אשלג. תהליך ייצורו בים המלח מבוסס על הפרדתו מהקרנליט, שהינו תרכובת של אשלגן כלורי, נתרן כלורי ומגנזיום כלורי, השוקע בבריכות האינדי

²⁶ מקור הנתונים בפרק זה הינו דו"חותיה הכספיים של כיל לשנת 2007, המפורסמים באתר הבורסה לניירות ערך:

<http://maya.tase.co.il>

²⁷ כמחצית מהייצור של כיל התבצע בישראל, וכמחציתו מחוצה לה. במונחי מכירות, כ-6% מסך התוצרת של כיל נמכרה בישראל, בעוד כ-94% מהתוצרת נמכרה בשווקי יצוא. סך המכירות של כיל, בישראל ובחו"ל, הסתכם בשנת 2007 בכ-4.1 מיליארד \$.

בדרום ים המלח, המכילות תמיסות הנשאבות מהים, באמצעות מערכת אידוי סולרית. הקרנליט מועבר למפעלים, שם מופרד האשלג מהמלח ומהמגנזיום הכלורי בתהליכי גיבוש חם וקר²⁸. היקף הכנסות כיל מאשלג (כולל הפקת אשלג בספרד ואנגליה), הסתכם בשנת 2007 בכ-1.4 מיליארד \$, והרווח התפעולי מאשלג הסתכם בכ-400 מליון \$. במונחים כמותיים, ייצרה כיל כ-5.1 מליון טון אשלג, המהווים כ-9% מסך ייצור האשלג בעולם.

ברום - כיל מוצרים תעשייתיים

מגזר פעילות עיקרי נוסף של כיל, כולל פיתוח, ייצור, שיווק ומכירה של כימיקלים תעשייתיים, המבוססים בעיקר על ברום, מגנזיה, כלור ומלחים המופקים מים המלח. מכירות המגזר הסתכמו בשנת 2007 בכ-925 מליון \$. המוצרים העיקריים במגזר הם ברום אלמנטרי, המיוצר מתמיסה הנוצרת כתוצר לוואי מתהליך ייצור האשלג, ותרכובות ברום המבוססות בעיקר על הברום האלמנטרי. על פי דוחותיה הכספיים, כיל נחשבת כיצרנית המובילה בעולם של ברום אלמנטרי, ומייצרת כ-27% מהתוצרת העולמית של המוצר. רוב הברום האלמנטרי משמש את כיל לייצור תרכובות ברום. בנוסף, מפיקה החברה מוצרי מלח שונים, מגנזיה וכלור, ומוצרים המבוססים על כלור.

עמדת המפעלים ביחס לפרויקט מובל השלום

עמדת מפעלי ים המלח הועלתה במסגרת הליכי השימוע²⁹, בהם דרשו המפעלים כי השפעת הפרויקט על המשך תהליכי הייצור ואיכות המוצרים תיבחן במסגרת סקר ההיתכנות. המפעלים דרשו לערוך ניתוח רגישות על בסיס תרחישים שונים (כגון הזרמת כמויות מים משתנות), מאחר והשפעתו הצפויה של הפרויקט על המפעלים נגזרת בין היתר מכמות המים, קצב הזרימה ומפלס המטרה הסופי של ים המלח. כמו כן דרשו כי תיבחן ההשפעה הצפויה של ערבוב מי ים סוף עם מי ים המלח, וכן כי יעורבו בהליכי הבחינה והיישום, על מנת שיוכלו להעלות חששותיהם ולשתף מניסיונם הארוך בתחום. המסמכים מעלים חששות מהשפעות שליליות של הפרויקט על תהליכי הייצור, פגיעה באיכות המוצרים והגדלת עלויות הייצור. מהדברים עולה, כי אחד החששות העיקריים מבחינת המפעלים הינו אי הודאות הכרוכה בפרויקט, לרבות אי ודאות באשר למהות הנזק והיקפו. במסמכים הודגש, כי ביכולתם של המפעלים להתייחס רק להשפעות הידועות הנוכחי כיום, אך לאור מורכבות הפרויקט, יתכן כי קיימות השפעות נוספות ובלתי צפויות, אשר טרם ידועות כיום. השפעות נסתרות, העשויות להיראות כיום מינוריות, עלולות על פי עמדת המפעלים להתגלות בעתיד כמשמעותיות ובלתי הפיכות.

במסמכים שהגישו המפעלים בהליכי השימוע, הובעו גם חששות קונקרטיים מהפרויקט, כגון:

- **מיקום נקודת הכניסה לים המלח:** על פי המסמכים, מיקום נקודת הכניסה לים המלח הינו בעל משמעות קריטית מבחינת מפעלי ים המלח. מיקום בנקודה לא נכונה, עלול להביא לשאיבת מי ים סוף במקום מי ים המלח, ולמוטט את התעשייה בתרחיש הגרוע ביותר;

²⁸ כאמור, בנוסף להפקת אשלג מים המלח, עוסקת כיל בהפקת אשלג ממכרות בספרד ובאנגליה.
²⁹ ראה: http://siteresources.worldbank.org/INTMENA/Resources/Comments_11-20.pdf

- **ערבוב מי ים סוף עם מי ים המלח**: ערבוב מי ים סוף ומי ים המלח כתוצאה מהפרויקט, מעלה חשש משינויים בהרכב הכימי, הפיסי והביולוגי של ים המלח. השינויים עלולים להביא לירידה בכמות המוצרים המיוצרים על ידי המפעלים, לגרום לנזק לאיכותם ולעליה בעלויות היצור;
 - **ירידה בקצב האידוי**: הפרויקט עלול להביא לירידה בקצב האידוי באגן הדרומי בו מצויים המפעלים, בין היתר על רקע שינויים בריכוז המלחים בים המלח;
 - **דילול מי ים המלח ושינוי הריכוז**: הזרמת מי ים סוף עלולה להביא לשינוי ריכוז מי ים המלח; לשאיבת מים בריכוז חומרים שונה מהנשאב כיום; לשינוי ריכוז המינרלים הנשאבים ע"י המפעלים ולפגיעה בייצור; ולפגיעה ביכולת לתכנן תהליך ייצור עקבי, לאור שינויים תכופים בהרכב המים. עפ"י המסמכים, כל אחד מהגורמים עלול להיות בעל השפעה קריטית על המפעלים;
 - **פריחה ביולוגית**: חשש נוסף שהעלו המפעלים הינו, כי פריחה ביולוגית העלולה להיווצר בים המלח בעקבות הפרויקט תחדור לקווי הייצור של המפעלים ובסופו של דבר למוצר האשלג עצמו. הדבר עלול להביא לפגיעה חמורה באיכות המוצרים של מפעלי ים המלח;
 - **התגבסות**: המפעלים התייחסו במסמכים גם לתהליכי התגבסות, העלולים לפגוע ביכולת האידוי ולזהם את המוצרים בגבס. על פי המסמכים, נקודה זו דורשת בחינה מעמיקה של יכולת השליטה בריווי הגבס, צורת הגבישים, בחינת השאלה האם הגבס ישקע או יצוף, השפעת ההתגבסות על קצב האידוי, בחינת אפשרות הזיהום של חומרי גלם ומוצרים סופיים בגבס וכיו"ב;
 - **פגיעה בשכבת המים התחתונה**: בתנאים מסוימים, עלולה להתרחש פגיעה בשכבת המים התחתונה, העלולה להביא לדוגמה, להגדלת ריכוז מתכות כבדות וכיו"ב;
 - **החדרת זיהום לים המלח**: חשש נוסף שהועלה על ידי המפעלים הינו, כי שאיבת מי ים סוף, המזוהמים בדלקים, עלולה להביא להחדרת הזיהום לים המלח, תוך יצירת אלמנטים שאינם קיימים בו כיום, ואשר עלולים להשפיע על האידוי ועל איכות חומרי הגלם והמוצרים הסופיים;
- על רקע החששות שהועלו על ידי המפעלים במסגרת הליכי השימוע, דרשו המפעלים כי תיערך בחינה מדוקדקת בטרם קבלת החלטות, תוך שיתופם בתהליך.

מקור מידע פומבי נוסף לעמדת המפעלים הינו דוחותיה הכספיים של כיל³⁰. על פי הדוחות לשנת 2007, הזרמת מי ים סוף לים המלח, צפויה להשפיע על הרכב המים בים המלח ועל רמת האידוי, ולפיכך על כמות חומר הגלם אותה ניתן יהיה לייצר במפעלים. הזרמת מי ים צפויה לגרום לשיכוב בים וליצור שכבת מים "קלים" ודלים יותר במינרלים בחלק העליון של ים המלח – להיווצרות גבס ולהתפתחות מיקרו אורגניזמים. על פי הדו"ח הכספי של כיל, עוצמת ההשפעה תלויה במספר מרכיבים, ובהם נקודת ההזרמה אל ים המלח, סוג המים שיוזרמו, הכמות השנתית, מפלס הים העתידי, מהירות שקיעת הגבס והיווצרות מיקר אורגניזמים. בנוסף, מציינת כיל בדוחותיה הכספיים, כי כיום, בטרם נבדקו השפעות הפרויקט באופן מדעי, ובטרם נתקבלו החלטות תכנוניות, קיים קושי לקבוע את השפעת הפרויקט על המפעלים.

³⁰ כאמור, הדוחות מפורסמים באתר הבורסה: <http://maya.tase.co.il>

10.4.1 קשיים במיפוי בעלי העניין בצד הפלסטיני והירדני

מיפוי עמדות בעלי העניין הינו נדבך מרכזי בתהליך ניהול קונפליקט ובחירת מודל מתאים לגישור בין הצדדים. איסוף הממצאים הראשוני שנערך מצביע על קשיים באיתור בעלי העמדות של בעלי העניין הפלסטינים והירדנים לפי המקור העיקרי לאיתור בעלי העניין בפרויקט מובל השלום- אתר האינטרנט של הבנק העולמי וכן במקורות הנלווים. תהליך איתור ומיפוי בעלי העניין כלל גם חשיפה לסיבות הגורמות לקשיים באיתור בעלי העניין ולכך נתייחס בהמשך כחלק מהממצאים הראשוניים.

ניתן למפות את תצהירי העמדות שהוגשו לבנק העולמי ולראות כי לקראת השימוע הציבורי שהתקיים בחודש אוגוסט וספטמבר 2007 בישראל, ירדן והשטחים הפלשתינים או בעקבות השימוע הגיעו לבנק העולמי הפרסומים שאלו מקורותיהם:

מקור לאום הפרסום	ישראל	ירדן	פלשתיין	גורמים חוץ אזוריים	ארגון אזורי חוצה לאומים	סך הכל תצהירים
מספר פרסומים	28	1	1	5	3	38

לפי המסמכים שמפורסמים באתר הבנק העולמי בקישור הבא: <http://go.worldbank.org/4WKGP2R460>, 20.8.08

כלומר, ניתן לראות שמספר הפרסומים והתצהירים שהגיעו אל הבנק העולמי מידי בעלי עניין פלשתיניים וירדניים הם שניים מתוך שלושים ושמונה מסמכים. בשאלתא ששלחנו בדואר אלקטרוני לרכז הפרויקט בבנק העולמי, מר אלכסנדר מק'פיל, לגבי עמדות של בעלי עניין נוספים מירדן ומפלשתיין הוא השיב כי "לא הגיעו אליו מסמכים נוספים ובמידה וידוע לנו על מסמכים נוספים שהגיעו לא פורסמו הוא יהיה אסיר תודה אם ישלחו אליו" (התכתבות אישית עם מר מקפיל מתאריך 11.6.08, מצויה אצל המחברים).

בנוסף לכך, בחינת רשימות המשתתפים מהשימועים ב-2007 מצביעים על מספר המשתתפים הבא באתרי השימוע השונים שהתקיימו:

אתר השימוע	נווה אילן- ישראל	יריחו- פלשתיין	רמאללה- פלשתיין	עמאן- ירדן	סה"כ בכל האתרים
מס' משתתפים	143	21	33	52	249

לפי המסמכים שמפורסמים באתר הבנק העולמי בקישור הבא: <http://go.worldbank.org/4WKGP2R460>, 10.7.08

כלומר: יותר מ- 57% מכלל המשתתפים בשימועים היו בשימוע בישראל, כ-21.6% משתתפים מכלל השימועים היו בשטחים הפלשתינים ו-21% משתתפים בירדן. עיון מעמיק יותר בשימוע המשתתפים מעלה כי בשימוע בישראל נכחו 16 סטודנטים שהגיעו מטעם ארגון "ידידי כדור הארץ המזרח התיכון" ולהם שמות ערביים, יתכן והם פלסטיניים שהגישה לשימוע בישראל הייתה להם פשוטה יותר. גם אם נניח כי הם פלסטיניים עדיין אחוזי ההשתתפות בצד הישראלי, הגשת העמדות הפומביות של בעלי עניין ומומחים בצד הישראלי הינה גבוהה בהרבה. בהמשך הפרק נדון בסיבות ובגורמים אותם אנו מאתרים כמשמעותיים להבנת הבדלי ההשתתפות הציבורית בין הצדדים משום שאנו מוצאים את הפערים הללו כגורם מכריע ליכולת לבנות מודל לבניית הסכמות. אך ראשית, נציג את החומרים הקיימים- עמדות בעלי העניין כפי שהוצגו בתצהירים לבנק העולמי וכן מתוך מסמכים נוספים באתרי ממשל וארגונים ציבוריים.

10.4.2 עמדות פלסטיניות

מסמך "המרכז לפיתוח המגזר הפרטי" (Center for Private Sector development), עמותה שמטרתה קידום התחרותיות והמגזר הפרטי בחברה הפלסטינית בהשתתפות בכירי ממשל פלסטינים.

המסמך חובר על ידי 5 אקדמאים ואנשי ממשל מתחום הסביבה, החקיקה והתשתיות. טענותיהם המרכזיות הן: מחירי החשמל הצפויים בעקבות היוזמה הינם יעילים בעבור הפלסטינים בשונה מעלות מחירי המים הצפויים שאינם מבטיחים שהפלסטינים ירצו בהם מפאת יוקרם. הם טוענים כי אחת המטרות העיקריות של הפרויקט עבור הפלסטינים, אותה מוטל על הבנק העולמי לקחת בחשבון, הינה החזרת הזכויות הפלסטיניות באזור הירדן העילי ויצירת גישה לפלסטינים לאזור ים המלח על מנת לקיים פעילות תיירותית וכלכלית שתקדם את החברה הפלסטינית (Atili et al,2007).

לדבריהם, יש לערב נציגים פלשתינים באופן ממשי יותר בתהליך. הגברת המעורבות והמודעות בצד הפלסטיני צריכה לכלול נציגי עמותות, מגזר פרטי ואת הממשל הפלשתינאי הבכיר. ככלל, הם טוענים כי קיימת מודעות מעטה בחברה הפלסטינית לנושא וכי יש להגביר את המעורבות ואת המידע בקרב כלל הפלסטינים למיזם מובל השלום (שם).

מסמך מחקרי נוסף שהוכן על ידי ארגון WEDO, שהינו כאמור עמותה פלסטינית שיוסדה ב-1997 על ידי אנשי מקצוע מתחום הסביבה והתברואה על מנת לגשר על הפער בין מחקר למדיניות הפלסטינית בתחומים אלו, בשיתוף עמותת ידידי כדור הארץ המזרח התיכון ביצע ניתוח עלות תועלת בהתבסס על נתונים סוציו אקונומיים ושאלונים עבור התושבים הישראליים והפלסטינים שחיים באזור הסמוך למובל השלום באזור הערבה, ים המלח והבקעה (ראה פירוט לעיל בסעיף 7.3.3). המחקר נערך בין השנים 2005-2007 ויועד להוות מסמך הערכה מעצב טרם ביצוע פרויקט מובל השלום (Jaraish et al.-WEDO,2007). בטרם ניתוח העמדות הפלסטיניות במסמך מזכיר הארגון כי עוד מזמן הסכמי אוסלו, הפלסטינים ביקשו לבנות שורה של מלונות בצד הצפון מערבי של ים המלח, להקים תעשיית מינרלים פלסטינית ולפתח את האתרים הארכיאולוגיים בעבורם. העיר יריחו שהינה העיר הגדולה באזור ים המלח הממוקמת באזור הצפון מערבי של ים המלח

התבססה על חקלאות ועל תיירות מרובה בטרם הסגר הישראלי והייתה לשער התיירות לחופיו הצפון מערביים של ים המלח.

בדומה לתוצאות המחקר לגבי עמדות התושבים הישראלים, גם בצד הפלסטיני, התושבים באזורים הצפויים להיות מושפעים מפרויקט מובל השלום בישראל, תומכים בפרויקט. חששות התושבים כפי שמופו בפרויקט, נבעו מפגיעות אפשריות בתיירות והשפעות על הסביבה הימית במפרץ אילת/עקבה. חשוב לציין כי החששות גברו ככל שעלתה מידת ההיכרות של הנשאלים עם מובל השלום על כלל היבטיו. מרבית התושבים הביעו עניין בבחינת כל החלופות ולא בבחינת חלופת ים סוף-ים המלח בלבד (Jaraish et al, ibid).

דרך מיון נוספת דרכה אנו מבקשים לעמוד על בעלי העניין הפלסטינים היא במיון במשתתפים בשימוע הבנק העולמי לקבוצות לפי השתייכותם למגזרים (הפרטי, הציבורי והשלישי) ולארגונים וכן על בסיס מגדרי. מיונם לקבוצות הללו מאפשר לבחון מי רואים עצמם כבעלי עניין בפרויקט מובל השלום וכן מאפשר לבחון דפוסי השתתפות לפי מודל ניתוח קונפליקטואלי³¹.

לפי ניתוח רשימות הנוכחות של שני השימועים שהתקיימו ברמאללה וביריחו באוגוסט 2007, ניתן היה לראות כי קיימת השתתפות ציבורית מועטה ביותר וכי מרבית הנוכחים - 38% הם אנשי מגזר פרטי המייצגים חברות העוסקות בתחומי התכנון והבנייה, פיתוח, ייעוץ והשקעות. במגזר השלישי, החברה האזרחית בייצוג של עמותות מהווה 21% מן המשתתפים ונציגי ממשל מקומי וכללי מהווים 15% מכלל המשתתפים. נתון בולט לעין הינו השתתפות הנשים המועטה בשימוע שעמדה על סך של 11% מכלל המשתתפים. לשם ההשוואה, לעומת הנתונים הפלסטינים ניתן למצוא דפוסי השתתפות שונים מאד בישראל שעומדים על 12% השתתפות למגזר פרטי, 22% לעמותות המייצגות חברה אזרחית, 2% גורמי ממשל ו-22% השתתפות נשים. דיון לגבי משמעותם של ממצאים ראשוניים אלו נקיים בהמשך.

³¹ ניתוח הנתונים בטבלה מפורטת מופיע בנספח בסוף העבודה.

הערות	שימוע רמאללה	שימוע יריחו	
בסוגריים בשחור- ארגון שנספר כמגזר פרטי משום שהיא עמותה של אנשי עסקים. בסוגריים מרובעים - אישה	11 (1)	9 [1]	מגזר פרטי
בסוגריים בשחור- לא נספר כאן אלא למעלה המרכז לפיתוח המגזר הפרטי. בסוגריים מרובעים - נשים	6 (1) [3]	5 (1)	מגזר שלישי-עמותות
	אין	2	ציבורי: גורמי ממשל מקומי
בסוגריים מרובעים - אישה	5 נציגים פלסטיניים [1] 1 נציג בנק עולמי	1	ציבורי: גורמי ממשל כללי- לאומי
בישראל, גם הייתה השתתפות תושבים מועטה יחסית.	אין	אין	תושבים
להבדיל, הרבה מדענים בישראל	3	אין	מדענים
	אין	1	סטודנטים
להבדיל, בישראל ובירדן היה מספר גבוה של עיתונאים.	אין	אין	עיתונאים
בסוגריים מרובעים -אישה	5 [1]	3	בלתי מזוהים בעצמם או שלא זיהינו
בסוגריים מרובעים- נשים.	31 [5]	21 [1]	סה"כ משתתפים

10.4.3 עמדות ירדניות

בפרסומים המופיעים באתר הבנק העולמי כתצהיר לבנק מופיע מסמך שנשלח מאת דר' מונטר הדדין שניהן בעבר כשר המים וההשקיה של ירדן, ראש רשות עמק הירדן וכשותף בכיר בצוות המו"מ בתהליך השלום עם ישראל. המסמך שהוא מוסר לבנק הינו למעשה מסמך שנשלח לארגון ידידי כדור הארץ המזרח התיכון והוא מגיע לבנק העולמי כמכותב. בתצהיר הוא אומר כי יש לקדם את פרויקט מובל השלום משום שזה צפוי לענות על מטרות נדרשות לכל שלושת השותפים האזוריים. הדדין משבח את מאמצי הבנק העולמי ואומר כי הינם בעלי ערך חברתי- כלכלי וסביבתי. הדדין מביע התנגדות נחרצת לפעילות ידידי כדור הארץ המזרח התיכון סביב מובל השלום והתנגדותם לתהליך סקר ההיתכנות.

בנוסף לפרסום באתר הבנק העולמי נסקרו 19 פרסומים ב-5 אתרי ממשל בירדן ממשרדי הממשלה הבאים: משרד התכנון ושיתוף פעולה בינלאומי³², משרד החוץ³³, בו נמצאו הפרסומים הרבים ביותר בנוגע למיזם, משרד המים וההשקיה³⁴ שהינו האתר השני בהיקף הידיעות על מובל השלום, המשרד לאיכות הסביבה³⁵, משרד התיירות³⁶.

בכל הפרסומים באתרי הממשל השונים מצאנו נקודה משותפת לפריטים השונים שנסקרו והיא חזרה על ציון המטרות המשותפות של הפרויקט כפי שהוגדרו על ידי שלושת השותפים: הגברת אספקת ובטחון המים לשלושת השותפים, עידוד הפיתוח הכלכלי בבקעת הירדן, קידום תהליך השלום, ייצוב ים המלח ובנוסף, מידע אינפורמטיבי בעל אופי זהה המציין את כמות המים החסרה לים המלח, נתונים פיסיים לגבי המובל וכמות המים שירדן צפויה להרוויח בזכות הקמתו.

32

http://www.mop.gov.jo/pages.php?menu_id=113&local_type=1&local_id=168&local_details=1&local_details1, ביקור מיום 19.6.08

http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=16720, ביקור מיום 19.6.08³³

http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=15124

http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=19347 – פרסום אוגוסט 2007, ביקור מיום 19.6.08

http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=21167 פרסום פברואר 2008, ביקור מיום 19.6.08

http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=18025 – פרסום ינואר 2006, ביקור מיום 19.6.08

http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=13536 – פרסום דצמבר 2006, ביקור מיום 19.6.08

http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=16994 – פרסום 2007, ביקור מיום 19.6.08

http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=19669 – פרסום 2007, ביקור מיום 19.6.08

http://www.mfa.gov.jo/interviews_details.php?id=144&menu_id=35 – פרסום 2005, ביקור מיום 19.6.08

http://www.mfa.gov.jo/pages.php?menu_id=783 – ביקור ב-19.6.08

http://www.mfa.gov.jo/pages.php?menu_id=791 – ביקור ב-19.6.08

http://www.mwi.gov.jo/mwi/news_Greek.aspx ביקור ב-19.6.08³⁴

<http://www.mwi.gov.jo/mwi/investplan/RSDSC.aspx> – ביקור ב-19.6.08

http://www.mwi.gov.jo/NWMP/volume_1/chap_7.htm – ביקור ב-19.6.08

http://www.environment.gov.jo/Jordan_environmental_profile_2006.pdf – ביקור ב-19.6.08³⁵

<http://www.kinghussein.gov.jo/tourism4.html> – ביקור ב-19.6.08³⁶

מחקר נוסף שנערך בהזמנת ארגון ידידי כדור הארץ המזרח התיכון הינו דו"ח ניתוח עלות תועלת כלכלי-חברתי שבוצע על ידי החברה המלכותית המדעית שהינה עמותה מחקרית בירדן. הדו"ח כלל ניתוח שאלונים שבוצע בקרב סקטורים שונים הצפויים להיות מושפעים מהמיזם בירדן (AI) (Husseini et al,2007).

ממצאיהם מעלים כי 81% מהתושבים מאמינים כי מובל השלום הינו פרויקט חיובי אך מתוכם 47% מן התושבים בעיקר באזור עקבה חוששים מן הרעש הצפוי בעקבות שאיבת המים. כמו כן, 74% מן התושבים האמינו כי התפלת המים הצפויה מן הפרויקט הינה חיובית וחשובה לירדן. מגזר נוסף אותו סקר המחקר הינו הסקטור התעשייתי. הנתונים שעלו במחקר מסקירת המגזר התעשייתי מורים כי 91% מגורמי התעשייה הסמוכה למיקום המיועד למובל השלום הינם בעד הפרויקט, 64% מאותם גורמים גורסים כי אם תמשך ירידת מפלס הים ניצבת סכנת סגירה לעסקיהם, ובנוסף 73% מתוכם סבורים כי יגרם שינוי מהותי להרכב הים, ואותו אחוז של משיבים מעדיפים כי המובל יעבור כתעלה סגורה. החששות המרכזיים שהעלו גורמי התעשייה הינם: מהפקעת קרקעות ללא פיצוי נאות, מהשינוי הכימי של הרכב הים שיפגע בתעשייה, חשש מהפרת איזון אקולוגי ורעידות אדמה שיפגעו במיזם, חשש מפגיעה באזורים המוגנים והאתרים הארכיאולוגיים באזור, חשש מבולענים והשפעתם על הפרויקט ומפגיעה נופית שעלולה להיגרם לאזור בעקבות ביצוע הפרויקט (שם).

10.4.4 מימדי השוני בין הלאומים והתרבויות השותפים למובל השלום כבסיס למוזל לבניית הסכמות וכהסבר לקושי בגיוס המידע מהשותפים השונים לתהליך

מחקר השופך אור על תהליך בניית הסכמות ביחס למובל השלום הוא מחקרם של ליפצ'ין ואחרים (Lipchin et al,2007). מחקר זה יצר שיתוף פעולה בין מכון מחקר ישראלי, ירדני, פלסטיני ושותפים חיצוניים לאזור מאנגליה ומאוסטריה. תכליתו של המחקר הייתה בדיקת חלופות ברות קיימא לעתיד ים המלח במטרה להגיע למסקנות שיוכלו לסייע למעצבי מדיניות מהמדינות השותפות. המחקר ארך שלוש וחצי שנים וכלל היבטים של ניהול משק מים, ניהול קרקע המתקשר לניהול מים והיבטים דמוגרפיים וסוציו אקונומיים (שם). המחקר שיתף חוקרים מתחום מדעי הטבע, המדעים המדויקים ומדעי החברה וכלל שיטות מחקר איכותניות וכמותיות כאחד. אחת משיטות המחקר שביצעו החוקרים, ורלוונטית עבורנו ביותר, כללה יצירת שבע קבוצות מיקוד לשיתוף ציבור בתהליך המחקרי ובתוצאותיו. עצם הניסיון לנהל מחקר בנושא חוצה גבולות ושיתוף ציבור, הכולל שותפים מתרבויות ולאומים שונים, איפשר לנו לקבל מידע על מספר מימדי שוני מרכזיים עליהם יש לתת את הדעת בבניית תהליך השואף ליצור שותפות בין השחקנים האזוריים הנוגעים למובל השלום.

החוקרים דיווחו על קשיים בגיוס מידע ונתונים מרשויות בממשל הפלסטיני והירדני ודיווחו על הליכים בירוקראטיים רבים שגרמו לזמן המחקר להתארך מעבר למצופה על מנת להגיע לתוצאות. גיוס מידע ונתונים חשף תהליכים מורכבים בהם נציגים ממשרדי ממשלה בירדן ממתנינים לאישורים מגבוה על מנת להעביר את המידע הנדרש, חוסר נגישות מידע באופן מכוון כך שישרת רק את מי שיוזע על קיומו, ותרבות המסתמכת על הקשרים האישיים שיש לחוקרים על

מנת להצליח לקבל מידע מהגורמים האמונים עליו. בנוסף דווח כי בירדן היה קל בהרבה לגייס מידע ממקורות פרטיים או ארגונים בלתי ממשלתיים מאשר מגורמי ממשל (שם, עמ' 35). החוקרים גילו כי קיים מחסור בידע שיטתי ברשות הפלסטינית בכל אשר קשור למידע מהותי לעיצוב מדיניות מים כמו למשל: מחסור בידע על הקצאות ומכסות מים, מפות אזורי גידול חקלאי וכמויות ועוד. בנוסף, המחקר מדווח על כך שנראה היה שהציבור ואנשי המקצוע בצד הפלסטיני והירדני היו מושפעים מאופי הממשל הקיים ולא שוחחו או הביעו דעותיהם בחופשיות לגבי החלופות. המחקר דיווח על התשובות מצד נשאלים ירדנים או פלסטינים כמרמזות על עמדות נאמנות למערכת הממשלתית שאינן בהכרח דעות חופשיות (Lipchin et al, 2006). עוד עולה במחקר כי קיימים הבדלים אדירים ברמת כוח האדם הזמין והמיומן שיכול לבדוק סוגיות מקצועיות הנוגעות לניהול המים באזור (שם).

קבוצות המיקוד כללו שבעה מפגשים שבהם נכחו הקבוצות הבאות: מדענים ואנשי עמותות בעמאן, תושבי ים המלח, חקלאים ירדנים, חוקרים פלסטינים, אנשי עמותות וממשל בירדן, חקלאים בגדה המערבית, אנשי עמותות וחוקרים בקטורה בישראל, מעצבי מדיניות בירדן. לטענת החוקרים, ניתן היה להבחין בהשתתפות נשים מועטה ביותר בעיקר במפגשים ברשות הפלסטינית ובירדן, ובתחושה כי "צופים בהם" מצד הרשויות. קבוצות המיקוד היו משמעותיות באיסוף דעות של בעלי עניין מגוונים באזור וכדרך להעצים את מעצבי המדיניות אך מיעוט השתתפות הנשים מצביע על כך שצריך למצוא דרכים אחרות להגיע אליהן בתרבות הנשלטת על ידי גברים ובחברות בהן קיימת תחושה של שליטה וצפייה מגבוה (שם, עמ' 23-35).

ניתוח הנתונים של משתתפי השימוע של הבנק העולמי מראים כי קיימת השתתפות ציבורית מועטה יחסית (כפי שהראנו לעיל) ולכן נראה שיצירת מודל לבניית הסכמות הכולל השתתפות ציבורית צריך להתחשב בנתונים הללו.

מעבר לתנאי השטח הללו, טענה נוספת עליה מצביע לוי (לוי, 2002) הוא ההבדל ביכולת ההתמודדות הסביבתית בין מדינות שונות אשר שותפות להסכם ולהן יכולות שונות ביכולתן להשקיע משאבים בתכנון וביצוע בשל הבדלים ביכולות הכלכליות של המדינות, בחזקה של החברה האזרחית וארגוני סביבה משפיעים, ובתשתית המדינית והדמוקרטית בין השותפות להסכם או לפרויקט. לוי מצביע על כך כי להיקף הפערים בין המדינות באשר לרמת כוח האדם הזמין, הרמה הטכנולוגית והאופי תרבותי ישנה השפעה מכרעת על היכולת לנהל באופן יעיל מפגעים חוצי גבולות (שם). נראה כי כל המאפיינים שלוי מגדיר ביחס לתנאי אי שוויוניות בין מדינות מצויים בתנאי השטח של פרויקט מובל השלום, ובניית מודל לניהול הקונפליקט במקרה זה חייב יהיה להתחשב בהבדלים הללו.

10.5 בחינה השוואתית של מודלים לניהול קונפליקטים בתחום תשתיות

10.5

מים

מחקרנו יכול להבחין השוואתית של מודלים לניהול קונפליקטים בתחום תשתיות מים. חלק זה של המחקר יהדק את הקשר בין החלק התיאורטי, שבו ייסקרו מודלים מקובלים לניהול קונפליקטים סביבתיים, לבין החלק המעשי של סקירת עמדות בעלי העניין וניתוח הקונפליקט הפוטנציאלי בנושא מובל השלום. הבחינה ההשוואתית תהווה צעד ביניים בין המקרה הפרטי לבין

התיאוריות הכלליות, אשר נועדה לאפשר סינון הכלים הפוטנציאליים להתמודדות עם קונפליקט. הסינון יתבצע תוך חשיפת נקודות דמיון ושוני בין המקרה הנבחן לבין קונפליקטים אחרים, בפרט בתחום תשתיות מים. הבחינה ההשוואתית נועדה לסייע בהסקת מסקנות באשר לנקודות החולשה והחוזק של מודלים שונים לניהול קונפליקט סביבתי, תחת תנאי בסיס מסוימים, ותאפשר לנו לבחון האיכות בפועל, היציבות והישימות של המודלים העומדים לרשותנו בפתרון קונפליקט סביבתי. לאור הבחינה ההשוואתית נוכל לבצע סינון ראשוני של הכלים העומדים לרשותנו תוך שימוש במסקנות מהשטח.

המחקר יכלול סקירת קונפליקטים דומים מהעולם, ניתוח השתלשלות העניינים ואופן הטיפול בקונפליקטים, תוך השוואתם למקרה שבפנינו. חרף מגבלות ההשוואה אל מקום בעל מאפיינים ייחודיים כים המלח, נבקש לטעון כי יש ערך רב ללימוד מקרים דומים מהעולם, והשוואת המקרה הנדון אליהם.

בעולם כולו, נלמד נאסף ומשתכלל מזה מספר עשורים, הידע בנושא ניהול קונפליקטים סביבתיים. מטרתנו היא לעשות שימוש מושכל בידע זה, ולמקד באמצעותו את איתור הכלי המתאים לניהול הקונפליקט הנדון.

כחלק מהצעת המחקר, נבקש לבצע סקירה ראשונית, סכמתית של מספר קונפליקטים בנושאי תשתיות מים. המקרים שידונו להלן לקוחים כולם מהעבודה המקיפה המוצגת בז'ורנל China Environment Series המופק ע"י ECSP- Environmental Change and Security Program, תוכנית מחקרים ושיתופי פעולה בינ"ל בנושאי סביבה, חברה וביטחון. הפרסום מכיל אסופת מאמרים הסוקרים באופן מקיף קונפליקטים סביבתיים בנושא תשתיות מים בסין ובארה"ב, והינו חלק מעבודתן של קבוצות עבודה לדיון ולמידה משותפת של אמריקאים וסינים בנושאי סביבה. הפרסום מתייחס למגוון רחב של קונפליקטים סביבתיים, היסטוריים ועכשוויים, בנושא תשתיות מים בארה"ב ובסין, ולפיכך עשוי לסייע באיתור אסטרטגיות הניתנות ליישום בקונפליקט שבפנינו. להלן תוצג סקירה תמציתית בלבד, המתמקדת בניתוח קונפליקטים בנושא תשתיות מים בארה"ב ובסין על בסיס הפרסום האמור. ניתוח מעמיק ובחינה השוואתית אל מול המקרה שבפנינו יבוצעו במסגרת המחקר עצמו.

לארה"ב ולסין מאפיינים משותפים רבים, המהווים זרזים להתפתחות קונפליקטים בנושאי תשתיות מים, וביניהם:

- מדינות עצומות בגודלן, המחולקות באופן פנימי למספר יחידות (בארה"ב מדינות, בסין פרובינציות). כל יחידה הינה בעלת סמכויות ניהול עצמאיות מסוימות ומאוגדת עם האחרות תחת שלטון משותף. משאבי המים משותפים עפ"י רוב למספר יחידות ניהוליות, ופעמים רבות השיקולים המדריכים כל אחת מהיחידות בבואה לנהל את מקטע משאב המים שברשותה אינם מתואמים. הדבר יוצר כשלים בניהול המשאב ומוביל פעמים רבות לקונפליקטים בהיקף נרחב. כמו כן, בשתי המדינות הטיפול החופף במשאבי המים מתבטא גם בחפיפה הנוצרת בין הסמכויות הממשלתיות האחראיות לניהולם, והדבר יוצר בלבול ומאבקי סמכויות תוך ממשלתיות.

- שתי המדינות עשירות מבחינת משאבי המים שברשותם ובעלות היסטוריה ארוכת שנים של ניצול משאבים אלה לצרכי חקלאות, תעשייה וכו', ע"י הקמת תשתיות שונות, ובעיקר סכרים (סין הינה המדינה בעלת המערכת הגדולה ביותר של סכרים בעולם, ובשטחה נמצאים 45% מסך הסכרים בעולם). ההשלכות של תשתיות אלו הינן פעמים רבות רחבות היקף, נישאות במורד הזרם ומורגשות באגן הניקוז כולו. הדבר יוצר תנאי בסיס העשויים להוביל להיווצרות קונפליקט רב-משתתפים, והדבר נכון יותר ויותר ככל שתופעה זו מתפשטת והולכת ומספר הסכרים עולה.
- כמו בעולם כולו, כך גם בשתי המדינות הללו, ניכר לחץ הולך וגובר על משאבי הטבע, אם בשל גידול אוכלוסין והעלייה ברמת החיים ואם בשל התפתחות אמצעים טכנולוגיים המרחיבים את טביעת הרגל האקולוגית של האדם. סופיות המשאבים נגלית במלוא חומריתה ונדרשת חשיבה מחדש על ניהול משק המים, תוך ניסיון למצוא פתרונות לגידול הגובר והולך בביקוש אל מול היצע מים בקצב התחדשות סופי. הלחץ על משאב המים במקביל ללקות בהפנמת נדירותו, מגביר תופעות שליליות של זיהום מים, ניצול יתר עד כדי הכחדת המשאב לתקופות מסוימות, חוסר יעילות בהקצאה וכו'.

מובן שעל אף הדמיון בתנאי בסיס אלו, ישנם הבדלים רבים בין שתי המדינות בהתמודדות עם קונפליקטים בנושאי מים המתגלעים בהן. אופן הטיפול במצבים אלו נגזר בין השאר מאופי השלטון, ריכוזיותו, מעורבות הציבור בקבלת החלטות, רמת הידע וההבנה המצויה בידי מקבלי ההחלטות ובידי בעלי העניין בנושאים אלו וכו'. דווקא ההבדלים במאפיינים אלו בצד הדמיון באפיוני הבסיס שצוינו לעיל הופכים את שיתוף הפעולה בין שתי המדינות בלמידה משותפת של הנושאים הללו לפורה. נציין להלן מספר קונפליקטים מרכזיים בשתי המדינות בנושאי מים, אשר יאפשרו לנו לבחון יישום של אסטרטגיות שונות לניהול הקונפליקט, על יתרונותיהן וחסרונותיהן.

מסקנות	פתרון	קונפליקט	רקע	הנהר/אגן נהרות רלוונטי
--------	-------	----------	-----	------------------------

חקר מקרה בארה"ב

אגן נהר המיזורי	הנהר הארוך ביותר בארה"ב.	חלוקת המים, תוך התחשבות בצרכי בית, חקלאות, תעשייה וסביבה לאורך הנהר.	הקמת גוף משותף לניהול אגני בעל נציגות למירב בעלי העניין וסמכויות לחלוקת מים בנהר.	ארה"ב עודדה במקרה זה ניהול חוצה גבולות מוניציפאליים על מנת להתגבר על כשלים בחלוקת המים.
-----------------	--------------------------	--	---	---

<p>ניהול נהרות חוצי גבולות בין קנדה לארה"ב</p>	<p>כחלק מהסכמי גבולות המים בין ארה"ב לקנדה היה צורך להסדיר את ניהול משאבי המים המשותפים.</p>		<p>כחלק מהסכמי גבולות הוקמה ב-1909 ועדה בינ"ל משותפת לניהול משאבי מים משותפים, בעלת סמכויות בנושא הקצאות המים. הסכמי גבולות המים מכירים בתלות ההדדית שיש לכל אחת מהמדינות בשנייה בסוגיות המים.</p>	<p>הועדה עוסקת גם במחקר מדעי. הועדה בלתי תלויה בגורמים פוליטיים ופועלת כגוף משותף המייעץ לשתי הממשלות. חבר המנהלים של הועדה המשותפת כולל אנשי ציבור, ארגונים ללא מטרות רווח, אנשי מגזר פרטי ואנשי אקדמיה הקובעים ביחד את מדיניות הניהול של הועדה. הועדה מעודדת מעורבות ציבורית ומעורבות בעלי העניין בקבלת החלטות. הועדה נחשבת להצלחה מבחינת ניהול הוגן של משאב המים.</p>
<p>אגן נהר דלוואר</p>	<p>נהר הדלוואר הינו נהר ארוך מאוד החוצה מספר מדינות בארה"ב ומשרת כ-15 מיליון משתמשים.</p>	<p>עומס השימוש בנהר הביא לדלדולו. בין השאר העיר ניו-יורק בנתה מספר מבנים במקורות הנהר על מנת להעביר מים אל עבר נהר ההדסון.</p>	<p>הקונפליקט בנושא חלוקת המים התנהל בין המדינות פנסילבניה, ניו יורק וניו ג'רזי תוך תביעות ותביעות שכנגד במשך מספר עשורים. לבסוף, בשנת 1961, הוחלט על הקמת ועדה בין מדינתית ובעלת נציגות נשיאותית אשר הסדרת השימושים בנהר היא בסמכותה הבלעדית.</p>	<p>הגדרת השותפים לתהליך לפי הגבולות הפיזיים של האגן כולו ולא לפי הגבולות הפוליטיים של הנהר סייעה לאיכותו של התהליך. הדגשת מעורבות הציבור בתהליך הביאה לפיתוח תוכניות חינוך וקהילה ביישובים לאורך האגן, מתוך מטרה לחנך את התושבים לשמור על הנהר ולקיים שימוש מושכל במים.</p>

<p>התמיכה הציבורית סייעה לארגונים רבות בהגברת האפקטיביות של מאבקהם.</p> <p>הארגונים הצליחו חלקית במטרתם למנוע הקמת סכרים ומאגרים בנהר.</p>	<p>ארגונים סביבתיים טענו כי הכלכליות של הפרויקט ההידרואלקטרי מוטלת בספק, והצליחו לגייס תמיכה ציבורית שסייעה לגיוס תמיכה בקונגרס.</p> <p>במאבק נגד אחד הסכרים הציעו הארגונים מקורות מים חלופיים, בד בבד עם הקמת לובי להפעלת זכות הוטו של EPA נגד הפרויקט. הוטו הושג בשנת 1990, והפרויקט נעצר.</p>	<p>ארגוני סביבה התנגדו לפרויקטים השונים מחשש לפגיעה חמורה בסביבה.</p>	<p>הנהר בעל הזרימה החזקה היה מבוקש להקמת מפעלים להפקת חשמל הידרו אלקטרי משנות ה-50 והלאה. כמו כן, היו כוונות שונות להקמת סכרים ומאגרים על פני הנהר.</p>	<p>נהר הקולורדו</p>
--	--	---	---	----------------------------

חקר מקרה בסין

<p>הועדה ממעטת לשתף ממשל מקומי ונציגי ציבור אלא במקרים של משברים חמורים וקונפליקטים או בתכנוני הקצאות. על אף הניסיונות לנהל את הביקושים ולהתמודד בצורה שוויונית עם המשבר, גידול האוכלוסין והפיתוח הכלכלי הקשו מאד על ניהול מוצלח של המשאב.</p>	<p>על מנת להתמודד עם מאבקים בנושא זכויות מים, בעיקר בין חקלאים למשתמשים עירוניים, הוקמה בשנת 55 ועדה ממשלתית לשימור הנהר הצהוב המטפלת בניהול, שימור, מחקר ותכנון אגן הנהר. הועדה מטפלת ביישום ואכיפת חוקי המים של סין על אגן הנהר. בשל התעצמות קונפליקטים בנושא ההקצאות הוקם מאוחר יותר גוף נוסף, לפיקוח על ההקצאות.</p>	<p>הפיתוח לאורך הנהר וגידול האוכלוסין של הקהילות לצידו הביאו לניצול יתר, ליובש בחלקים מסוימים של הנהר ולנזק חקלאי כלכלי וסביבתי. כמו כן, התפתחה בעיה נוספת של הזרמת שפכים לנהר.</p>	<p>נהר משמעותי בהיסטוריה ובתרבות הסינית. נפרש על פני 9 מדינות. מספק 12% מתצרוכת המים של האוכלוסייה ו-15% מצריכת המים לחקלאות ומימיו משמשים ליצירת מאגרי חירום להעברה לערים בצפון סין. הנהר נמצא תחת תהליכים מואצים של בניית סכרים ומאגרים מזה כ-60 שנה.</p>	<p>הנהר הצהוב</p>
<p>היה זה מקרה ראשון בסין של עצירת הקמת סכר כתוצאה מהתנגדות ציבורית. ארגוני סביבה לא היו מעורבים ישירות במאבק זה, אך הפיקו ממנו לקחים ומסקנות.</p>	<p>כתגובה להתנגדות הוקמו קבוצות עבודה, בראשות גורמי ממשל, לדון בפרויקט, אשר בסופו של דבר הביאו לביטולו.</p>	<p>התנגדות ציבורית חזקה, מתוך חשש לגרימת נזק לאתר היסטורי, שיצרה לחץ על הממשל המקומי כנגד הפרויקט.</p>	<p>סכר שתוכנן לקום במחוז סצ'ואן</p>	<p>סכר יונגליהו</p>

במסגרת מחקרנו, בכוונתנו להעמיק בחקר המקרים הללו ואחרים, במטרה ללמוד מן הניסיון העולמי הנצבר ולאתר בעזרתו מודלים וכלים יעילים אשר עשויים לסייע למיתון קונפליקט

פוטנציאלי במקרה הנחקר על ידינו, פרויקט מובל השלום. מתוך סקירה ראשונית זו, ניתן לאבחן מספר מאפיינים בסיסיים באקלים המדיני אשר עשויים לסייע במיתון קונפליקט, במקרה של התפתחותו בין מקבלי ההחלטות לבין בעלי עניין נוספים, סביב תשתיות מים:

- **חקיקה תומכת** - בסיס חוקי המעודד שיתוף ציבור, שקיפות, ומודעות לשיקולי סביבה (למשל חוק חובת עריכת תסקירי השפעה על הסביבה, הקיים בארה"ב, אך לא בסין)
 - **מודעות ציבורית** – מודעות ומעורבות ציבורית בנושאי סביבה בכלל ומים בפרט, וכן מודעות להשפעתם על בריאות הציבור חשובים על מנת להציף מוקדם מספיק דילמות וקונפליקטים ולמנוע הקצנת עימותים
 - **אקלים פוליטי** – ניהול פוליטי משתף ופחות ריכוזי ומודעות סביבתית בקרב מקבלי ההחלטות.
 - **תשתית מידע חשוף לציבור** – האינטרנט ומאגרי המידע הרבים, הזמינים לציבור יותר ויותר, מסייעים להגברת מודעות ויתר שקיפות
 - **תשתית של ארגונים בעלי אופי סביבתי/חברתי** - ארגונים לא ממשלתיים חזקים ומבוססים יכולים לייצג את הציבור ואת האינטרסים של בעלי העניין "חסרי הקול". כמו כן, ארגונים אלו משתכללים עם הזמן וצוברים ידע, הבנה ומומחיות אשר משפרת את רמת הייצוג שלהם.
- לסיכום**, בטבלה הנ"ל ריכזנו מקרים שונים של התפתחות קונפליקטים סביבתיים סביב הקמת תשתיות מים בשתי מדינות שונות מאוד, הן מבחינת אופי המשטר והן ביחס לסביבה מבחינה חוקית וציבורית. אלו יכולים, תוך בחינה מעמיקה במסגרת המחקר, לשמש אותנו כתשתית ידע וניסיון להבנת דרכים למיתון הקונפליקטים הללו ולסיומם בהצלחה, מבחינה סביבתית, חברתית ופוליטית כאחד.

11. מסקנות והמלצות להמשך

לאור תהליך איסוף הנתונים וניתוח התוצאות הראשוניות שעלו במסגרת הכנת הצעת המחקר, ניתן להעלות מספר נקודות מרכזיות שידריכו אותנו בהמשך המחקר ובתהליך החשיבה על בניית מודל לניתוח הקונפליקט ולבניית הסכמות סביב הסוגיות המרכזיות למובל השלום. ים המלח מהווה נכס סביבתי משותף. ייבושו כתוצאה מפעילות אנושית יוצרת מחסור סביבתי שסביבו עשוי להיווצר קונפליקט. (הגדרות מתוך: Libiszewski, 1992). ניכר כי התהליך הכרוך באיתור המודל לניהול קונפליקט סביבתי בנושא מובל השלום הינו סבוך ומורכב מסיבות שונות, בהן דנו בהרחבה בסעיפים הקודמים, וביניהן:

1. לפרויקט בעלי עניין רבים (ירוקים, יזמים, תושבים, תיירות ותעשייה, בישראל, ירדן והרשות הפלסטינית וכן בעלי עניין ברמה גלובלית במעגלים רחוקים יותר) אשר את חלקם סקרנו בסעיפים הקודמים. העובדה שיש שונות רבה באופן שבו משפיע הפרויקט על בעלי העניין חושף פוטנציאל להיווצרות קונפליקט סביבתי בקנה מידה רחב.
2. בהיותו משאב נדיר וייחודי בעולם, התופעות המאפיינות את ים המלח הן מורכבות ואינן מובנות לגמרי לקהל הרחב. מאפיין זה עשוי להגביר את עוצמת הקונפליקט (בן גל, 2004).
3. קיימים תנאי אי שוויון מהותיים בין המדינות המעורבות בתהליך, הנוגעים ל: אופי הממשל במדינות השונות (דמוקרטיה, שקיפות, מודעות ציבורית); ההבדלים התרבותיים העמוקים בין השותפים (כולל חוזקה של החברה האזרחית וארגוני סביבה); תנאי אי שוויון כלכליים (המשפיעים על אופן הקצאת משאבים); תנאי אי שוויון חברתיים (כולל בנושא מקומן של נשים בחברה ויחסי המגדר) וכו'. כל אלה מקשים על יצירת יחסי אמון. הדבר מכביד במיוחד בתהליך בו נדרש שיתוף פעולה רב ליצירת הצלחה (Lipchin, 2007, בן גל, 2002).
4. זהות הגוף המכנס את השחקנים (גורן; הרלב, 2008) הרלוונטיים לדיון נראית משמעותית מתמיד. זאת לאור הביקורת המוטחת מצד ארגוני החברה האזרחית על התהליך שמוביל הבנק העולמי בתקופה זו ממש (אוגוסט, 2008).

אנו מאמינים כי יש חשיבות רבה למחקר בנושא זה, אשר עשוי לתרום באופן משמעותי להבנת הקונפליקט הפוטנציאלי ולניהולו באופן מושכל ואפקטיבי, אשר ייטיב עם בעלי עניין ועם הסביבה.

נספח 1 - סיכום שיחה עם אבי רותם מהנדס המועצה האזורית תמר

(ראיון טלפוני: התקיים בתאריך 26/5/08)

רקע כללי:

אבי רותם הוא מהנדס מועצה אזורית תמר, אשר, יחד עם מועצה אזורית מגילות, חולשת על כל אזור ים המלח בצידו הישראלי. כמהנדס המועצה, לאבי תמונה מעמיקה על היקף הקשיים הנוצרים כתוצאה משינויי המפלס ועל השפעתם על ההתנהלות התכנונית של המועצה.

האם תוכל לסקור את החששות העיקריים של תושבי האזור בנוגע לפרויקט מובל השלום?

- חוששים מהתערבות מעשי האדם בטבע. ההרכב הכימי של ים המלח הוא ייחודי. היס קיבל מים ממקורות יבשתיים (מי תהום ומי גשמים) מאז ומתמיד, ולא ניתן לחזות באופן משביע רצון את השפעת החדרת רכז (תמלחת) מי ים אליו.
- החששות להשפעת החדרת הרכז לימה רבים, וביניהם: פריחת אצות, התפתחות פטרייה שצבעה אדום (דונאליילה), היווצרות גושי גבס וכו'. לא ברורה מה תהיה ההשפעה על התיירות של תרחישים כאלו על התיירות: זו עשויה להיות אטרקציה או להיפך.
- כמו כן עשוי להיווצר שינוי מיקרו אקלימי באזור: הלחות עשויה לעלות כתוצאה משיכוב לאורך זמן של מי ים בשכבה העליונה של הימה, אשר קצב ההתאדות שלהם גבוה יותר. עליית הלחות הפוטנציאלית, המצטרפת לטמפרטורות גבוהות מאוד באזור עשויה ליצור עומסי חום שבהם לא ניתן לחיות ולמנוע מגורים באזור. כמו כן, הדבר ישפיע על האקולוגיה והביולוגיה של האזור, ואולי אף באופן הרסני.
- חשש מהמלחת מי תהום בתוואי המובל.
- אין ערובה לכך שהחדרת מי רכז לים המלח תפתור את בעיית היווצרות הבולענים. החשש הוא שמי הרכז, אשר הינם פחות מלוחים מים המלח, יצליחו להמיס את שכבת המלח בתת הקרקע ויביאו להמשך היווצרות בולענים.

מהם, לדעתך, כנציג תושבי האזור, החלופות הראויות לבחינה ל"הצלת" ים המלח?

- תושבי האזור מבקשים לבחון את מירב החלופות העומדות על הפרק על מנת להעלות את מפלס הימה.
- בין החלופות, נכון לכלול גם את החלופה הצפונית, בגרסתו של אלי רז, תושב המועצה ועיקריה: מספר מתפילים על חוף הים התיכון, אשר השפעתם על הסביבה מבוזרת יותר ועשויים לספק את כמות המים הנדרשת במחיר נמוך יותר ותוך פגיעה קטנה יותר בסביבה. הדבר דורש בחינה מעמיקה. העברת המים תתבצע באמצעות הפיכת כיוון הפעולה של המוביל הארצי מהים התיכון לכיוון הכינרת ושחרור מים שפירים מהכינרת דרך הירדן הדרומי אל ים המלח.

האם המועצה לוקחת חלק בפעילות כלשהיא הנוגעת לפרויקט?

- נציגי המועצה השתתפו בדיונים ציבוריים בנושא.

- אלי רז מייצג את עמדת המועצה ופעיל בשמה בנושא.
- המועצה הייתה מעורבת בכתיבת מסמך מדיניות ים המלח.
- כיום מרגישים חברי המועצה כי הם אינם מעורבים מספיק. אין תוכניות מגירה או תכנון ארוך טווח לתרחישים השונים העומדים על הפרק.

האם אתה מאמין כי תהיה במה שתאפשר הצפת התנגדויות לפרויקט?

- אם המובל יעבור כולו בירדן, לא תהיה לתושבים השפעה מהבחינה התכנונית. אם המובל יעברו בישראל, תידרש תכונת מתאר ארצית ברמה מפורטת והיא תידון במועצה הארצית. במסגרת דיוני המועצה ניתן יהיה להגיש התנגדויות לפי חוק התכנון והבנייה.
- במקרה שיהיה תהליך של בניית קונצנזוס, המועצה תשמח להשתתף בו ומרגישה כי יש לה חלק משמעותי בו והשתתפותה הכרחית, כיוון שבתחומי הקו הירוק הם חולשים על האזור.

מהן ההשלכות להמשך ירידת המפלס מבחינה המועצה האזורית?

- ככל הנראה, המפלס ימשיך לרדת ב-20 שנה הקרובות גם אם ייבנה מובל, כיוון שהתהליך כולו, הכולל: בדיקת החלופות, תכנון, בנייה ולאחר מכן ייצוב המפלס והעלאתו הינם תהליכים ארוכים.
- קו החוף המשתנה לא מאפשר פיתוח. התיירות מרוכזת באגן הדרומי בלבד ומבוססת על בריכות האידוי של המלונות. לא ניתן לפתח מתקני תיירות באגן הצפוני בהינתן ירידת המפלס. באזור מרחצאות עין גדי למשל המתקנים מרוחקים כיום מרחק רב מקו החוף.
- החקלאות בעין גדי (מטעי תמרים) נפגעה בגלל הבולענים ויש חשש לפגיעה נוספת במקרה שהתופעה תימשך.
- כיום התיירות נפגעת פחות. המלונות נמצאים באגן הדרומי ושם פחות מורגשת ירידת המפלס. אין תיירות משמעותית באגן הצפוני.
- תוכנית מתאר תמר, תמ"מ 14/4, מגדירה כי הבניה והפיתוח אסורים מתחת לקו 390- מתחת לגובה פני הים. זאת על מנת לאפשר העלאת המפלס בעתיד. בשטחים הללו גם נוצרו בולענים ולכן הבנייה אינה בטיחותית. לעומת זאת בצד הירדני יש כבר בניה של מתקנים ובתי מלון גם בגובה נמוך יותר, של 400-.

המפעלים הפטרו-כימיים נמצאים בשטח המועצה, האם יש תאימות בין עמדות המועצה ועמדות המפעלים בנוגע לפרויקט?

- היום עמדת המועצה המקומית ועמדת המפעלים מתואמות. החששות משינוי הרכב המים משותף, וכן ההגבלות על הפיתוח מקשות על שני הצדדים.

מהם, להערכתך, האינטרסים השונים לביצוע הפרויקט?

- לא ברור שהצלת ים המלח היא האינטרס העיקרי לביצוע הפרויקט מבחינת מדינת ישראל. ככל הנראה, שיתוף פעולה אזורי הוא אינטרס מרכזי יותר במערכת השיקולים. הפוליטיים הם מרכזיים מאוד.
- מבחינת ירדן, האינטרס המרכזי הוא התפלת מים.

תוכן הראיון אושר על ידי המרואיין ומקובל עליו.

נספח 2 - סיכום ראיון טלפוני עם חנן גינת

-נערך ב-4.7.08-

רקע כללי:

חנן גינת משמש היום כמנהל מו"פ מרכז מדע ים המלח והערבה. המרכז פועל בחסות משרד המדע ואוניברסיטת בן גוריון. המרכז נבחר להיות שותף למחקר בנושא מובל השלום, ולקח חלק פעיל בבדיקה המבוצעת במימון הבנק העולמי לבחינת חלופת R-D. המרכז שותף לסקר הסביבה והחברה, המצטרף לסקר ההיתכנות של הפרויקט.

האם תוכל לתת תיאור קצר של הפרויקט ומטרותיו מנקודת ראותך?

הרעיון המקורי הוצג ע"י הרצל ומאז התגלגל בגלגלים רבים. בין השאר, בשנות ה-80 נחצב תוואי קטיפי בגוש קטיף על מנת לבדוק את קושי הסלע. אז המטרה העיקרית הייתה ניצול חשמל. היום המטרות הן אחרות:

1. **הזרמת והתפלת מים, בעיקר לירדן** – לירדנים בעיה חמורה של אספקת מים. למרות עוצמת הבעיה, המלך הירדני עצר את הפרסום והקידום של הפרויקט עד לסיום בדיקת ההיתכנות המתוכננת. לכן, החזון של תשובה להקים את המובל תוך שנתיים, למעשה לא מתואם עם ישראל וירדן.

החשמל שיופק ישמש להתפלה ושאיבה. לקבלת סדרי גודל, צריכת החשמל של שאיבת המים מים סוף בלבד הינה 600 מגה-ואט. בנוסף, יש להעלות את המים לגובה עד ים המלח כאשר גובה קו פרשת המים של הערבה 200 מ', ולאחר מכן להעלות אותם מרחק נוסף עד לעקבה. כמות המים שתישאב ליום מוערכת ב-5.5 מלמ"ק, וככל הנראה יהיה צורך במספר תעלות/צינורות/מובלים על מנת להוליכה לאורך התוואי הנבחר.

2. **הצלת ים המלח** – הפסקת ירידת המפלס. בחלופת מצב קיים, גובה פני הימה יגיע לשווי משקל בשנת 2,100 והימה תצטמצם לשטח שבין מצפה שלם לעין גדי, שם יש בור שינקז את המים שמגיעים לימה. היום מתנקזים לימה 400 מלמ"ק במקום 1700 מלמ"ק בשנה לפני כן (באגן הניקוז של ים המלח חיים היום 25 מיליון ולא מיליון כמו בעבר ורוב מקורות המים של הימה הוטו לשתיה ע"י ישראל, ירדן וסוריה). בניית מובל השלום תאפשר להפסיק את ירידת המפלס (אך לא להעלותו) ע"י הזרמת כ-1000 מלמ"ק בשנה.

3. **שיתוף פעולה אזורי** – חנן מאמין כי הפרויקט ללא ספק יקדם את השת"פ האזורי ויעמיק אותו. הוא מבקש לצטט מדבריו של ד"ר מיכאל בייט, לשעבר המדען הראשי של משרד התשתיות, כי אם הפרויקט יחסוך מלחמה, יש אינטרס משותף לבצעו.

האם תוכל לתאר את בדיקת ההיתכנות שבה אתם לוקחים חלק?

הבדיקה הנוכחית של הפרויקט החלה לפני שנה וחצי, בעיקר ביוזמתם של הירדנים. בעבר נבחנו 3 תוואים עיקריים, M-D (בתוואי קטיף), R-D והחלופה הצפונית. לפני שנה וחצי חזרו לחלופה שהייתה נחותה לפני כן, חלופת R-D. מטרת המחקר היא להכין את המידע הנדרש לבחינה כוללת של החלופה. באשר לבחינת חלופות אחרות, יתכן ויהיה צורך לבצעו בשלב ב' של המחקר הנוכחי. ההסתייגות הנוכחית מחלופות אחרות נובעת מלחץ ירדני, בשל החשש להיות תלויים במי שתייה

שאינן להם גישה אל מקור השאיבה שלהם (חלופת M-D). ישראל מבקשת לבצע את הפרויקט יחד עם ירדן, הן על מנת לקדם שת"פ אזורי והן על מנת לקבל מימון של מוסדות בינ"ל. כמו כן, האלטרנטיבה של התפלה מאסיבית (חלופה צפונית) כרוכה באובדן שטחי חוף רבים, צריכת אנרגיה רבה הכרוכה בזיהום במרכזי אוכלוסייה בישראל, וכן הגברת זיהום מוקדי של הים התיכון כתוצאה מפליטות ממתקני ההתפלה, בקרבה לחופים מוכרזים ומרכזי אוכלוסייה. אורך הבדיקה המתוכנן: שנתיים. חל עיכוב של כחצי שנה לפני התחלת הבדיקה בשל לחץ של הארגונים הירוקים ובעיקר ידידי כדוה"א. נערכו דיונים בנושא בבנק העולמי, אשר שקל שלא להיכנס לפרויקט.

בסופו של דבר, המחקר יצא לדרך, התפרסם מכרז, ו-2 חברות זכו (חברה צרפתית וחברה אנגלית). האחת אחראית על סקר ההיתכנות והשנייה על סקר השפעת המובל על החברה והסביבה.

החברות הזוכות פועלות בשיתוף עם SI- specialized institutes – גופים בעלי ידע מקומי ייחודי בנושא. מו"פ הערבה הוא אחד מהגופים הללו ומסייע למחקר בנושא כדאיות כלכלית, השפעה על הסביבה וכו'. שלוש שאלות עיקריות שייבדקו בסקר:

1. מה תעשה השאיבה למפרץ עקבה-אילת?
 2. מה יקרה בערבה בעקבות הובלת המים לאורכה (החשש מהמלחת מי תהום)?
 3. מה יקרה בים המלח (כולל שאלות כמו איפה ישפכו את מי הרכז)?
- דילמה שהבדיקה תצטרך להתייחס אליה: השוואה בין חלופת מצב קיים לבין הסיכונים בחלופת מובל השלום. (אפשר לומר: מה עדיף ים אדום/לבן או אין ים?).
- כמו כן, יתייחסו לשאלות כמו:

1. מה יהיה אופי הפיתוח כלכלי והאם הפרויקט הוא כלכלי בפני עצמו?
 2. ניתוח ההשפעות הכלכליות והחברתיות על האזור, בהתייחס להשפעות של הפרויקטים המתוכננים (בריכות הדגים, תיירות וכו') על הצביון האזורי.
- לא בטוח שהמחקר יצליחו לענות על מגוון השאלות הרב העומד על הפרק, אולם הרחבת הידע בנושא תתרום רבות למקבלי ההחלטות בבואם לאשר או לדחות את הפרויקט.

מהי עמדת תושבי הערבה בנוגע לפרויקט?

בערבה התיכונה יש חשש גדול מהסכנה להמלחת האקוויפר, כיוון שמי התהום שם תלויים יותר בצד הירדני. התכנון הנוכחי, בהתאם להצעה של חברת ארזה שביצעה בדיקה בנושא לפני כעשור הוא להעביר את המובל בעיקר בירדן. לכן, אפשר לומר שתושבי הערבה הדרומית, אשר רוב האקוויפר שלהם מנותק ממקורות מים בירדן, נושאים פחות בסיכון. בכל מקרה, התכנון הוא שבמקרה שיומלח האקוויפר, יקבלו התושבים מים מותפלים מהפרויקט. התכנון הוא להעביר לישראל 150-200 מלמ"ק מותפלים בשנה. ערבה תיכונה לא פועלים היום כקבוצה מסודרת אלא מביעים חששות, למשל במסגרת השימוע הציבורי שערך הבנק העולמי.

האם אתה מאמין כי ניתן להפיק תועלת משיתוף בעלי עניין בהחלטות על שאלת ביצוע הפרויקט

ואופן ביצוע?

טוב לנסות לשותף את בעלי העניין. בערבה יש אנשים פתוחים, שניתן יהיה לבצע איתם תהליך פורה של בניית הסכמות. לאנשי ערבה אין וטו אבל יש להם קול ונכון שייקחו חלק בהחלטה שעתידיה להשפיע עליהם מאוד. חנן מאמין כי השיתוף יהיה אקט פוליטי בעיקרו. בעלי עניין עיקריים לדעתו:

- תושבי הערבה ירדנית והישראלית
- תושבי אילת ועקבה
- תושבי אזורים המלח
- מדינות ישראל וירדן
- מפעלי ים המלח בישראל וירדן
- משקיעים פוטנציאליים בארץ ובעולם
- ארגונים ירוקים (כנציגי הדורות הבאים) - היה מפגש בת"א לפני שבועיים של נציגי הארגונים הירוקים, אשר מוטרדים מהנושא אבל לא פועלים כיום בצורה מסודרת. נכון יעשו, לדעת חנן, אם ימתינו לתוצאות הבדיקה ולא יפסלו על הסף תוכנית שמטרתה לשפר את מצבו המחמיר מיום ליום של ים המלח.

מילות סיכום

חנן חושש מהסכנות הרבות הכרוכות בביצוע הפרויקט ובו-זמנית מבין את יתרונותיו המשמעותיים. הוא מאמין שנדע יותר בסיום המחקר וכי הכרחי להמתין לסיום הבדיקה על מנת לגבש דעה על טיבו של הפרויקט.

תוכן הראיון אושר על ידי המרואייין ומקובל עליו.

נספח 3 - ניתוח נתוני השימועים 'התקיימו ברשות הפלסטינית באוגוסט 2007'³⁷

Ramallah- RDS Consultation		
August 9, 2007		
Organization	Name	
Office of the President	Ali Nazzal	1. מגזר ציבורי- ממשל כללי
CEO/Alpha for Research	Faisal Awartani	2. מגזר פרטי- חברת ייעוץ טכנולוגי
Tetra Tech	Aboud Al-zqim	3. מגזר פרטי- תאגיד ייעוץ והנדסה בינלאומי
MOP	Adla Khalaf	4. מגזר ציבורי- ממשל כללי- משרד התכנון הפלסטיני
Tetra Tech	Ross Berman	5. מגזר פרטי- תאגיד ייעוץ בינ"ל
Tetra Tech	Fred Bobrist	6. מגזר פרטי- תאגיד ייעוץ בינ"ל
CEP	Rami Abdulhadi	7. מגזר פרטי- המרכז לתכנון ובנייה
Oral/Nablus	Rana Al-Habash	8. אישה?
MOI	Fadwa Elshar	9. מגזר ציבורי- משל כללי- משרד הפנים הפלסטיני
Envir-Q &A (sp?)	Jameel Motour	10. ?
ACE Int'l	Ghassan Thaher	11. מגזר פרטי- ייעוץ הנדסי
CEP	Ahmad Quran	12. מגזר פרטי- המרכז לתכנון ובנייה
MOA	Kasim Abdo	13. מגזר ציבורי- משל כללי- משרד החקלאות הפלסטיני
CH2M	Hirba Hussein	14. מגזר פרטי- תאגיד ייעוץ סביבתי- הנדסי בינלאומי
ASIR	Karn Assaf	15. מכון מדעי למחקר ומעבר טכנולוגיה
Sohell comp.	Husam Abu Fares	16. ?
An-Najah Univ.	Anan Jayyonzi	17. מדען
Najah Univ.	Samir Helou	18. מדען
CPSD	Hisham Avartani	19. מגזר פרטי- שלישי- המרכז לפיתוח המגזר הפרטי הפלסטיני
MOP	Taghreed Hithuawi	20. מגזר ציבורי- משל כללי- משרד התכנון הפלסטיני- אישה
PHG	Subha Ghannam	21. מגזר שלישי- עבודה עם קהילות מקומיות בנושא מיסאשה
CDM int'l.	Shakeer Bitar	22. מגזר פרטי- תעשייה
PHG	Muath Abu Sadah	23. מגזר שלישי- עבודה עם קהילות מקומיות בנושא מים
	Naser Arurui	?
HWE	WYdan Sherik (sp?)	24. מגזר שלישי- עמותה לקידום מחקר
HWE/ACE	Amjad Alieri	25. מגזר שלישי- עמותה לקידום מחקר/ מגזר פרטי- ייעוץ הנדסי

³⁷ שתי העמודות השמאליות בטבלה מפורסמות באתר הבנק העולמי תחת משתתפי השימועים- לצורך מיון התוצאות אנו בדקנו במחקר באינטרנט מי הם הארגונים מהם מגיעים החתומים על השתתפותם בשימוע.

Life Source	Susan Koppelman	26. מגזר שלישי-עמותה פלסטינית-ישראלית- אישה
Life Source	Nachy Kanfer	27. מגזר שלישי- עמותה פלסטינית ישראלית- אישה
Sigma-Arabesque	Hashim Abulafi	28. ?
ACE	Abdallah Anad	29. מגזר פרטי- ייעוץ הנדסי
WB	Ibrahim Dajani	30. מגזר ציבורי-הבנק העולמי
MOF	Issam Nofal	31. מגזר ציבורי- ממשל כללי-משרד החוץ הפלסטיני

Jericho RDS Consultation- August 9, 2007

Institution	Name	ארגון
Massar Associates	George Rafidi	32. מגזר פרטי- חברת השקעות
Massar Associates	Dr. Simih Abid	33. מגזר פרטי- חברת השקעות
CH2M Hill	Amer Battikly	34. מגזר פרטי- תאגיד ייעוץ בינ"ל
Sigma Arabesque	Bassam Abuleil	35.
Sigma Arabesque	Hashim Abulafi	36.
Terra Tech	Ross Berman	37. מגזר פרטי- תאגיד ייעוץ בינ"ל
Nippon Kori	Koji Yamada	38. ?
Palestine Wildlife Society	Imad Atrash	39. מגזר שלישי- החברה לחיות הבר
Center for Engineering and Planning	Shirean Shellech	40. מגזר פרטי- המרכז לתכנון ובנייה אישה
Center for Engineering and Planning	Rami Abdulhad	41. מגזר פרטי- המרכז לתכנון ובנייה
Engineer for FOEME	Wisam Qavant	42. מגזר פרטי/שלישי
FOEME	Mohammed Sagydih	43. מגזר שלישי- עמותה סביבתית חוצת גבולות
YEC Japan	N. Osakabe	44. מגזר פרטי- תאגיד ייעוץ בינ"ל
Head of Auja Council	Soleman Romaneen	45. מגזר ציבורי- ממשל מקומי
Member of Auja Council	Hussein Saaideh	46. מגזר ציבורי- ממשל מקומי
Environment Student	Shadha Musallam	47. סטודנט
PA	Dr. Sami Musallam	48. ממשל כללי- הרשות הפלסטינית
WEDO/FOEME	Nader Allchateeb	49. מגזר שלישי- עמותה סביבתית חוצת גבולות
ARIJ	Dr. Hilmi Salem	50. מגזר שלישי- המכון למחקר יישומי , עוסק בפיתוח בר קיימא
Tetra Tech	Fred Zobist	51. מגזר פרטי- תאגיד ייעוץ בינ"ל
Tetra Tech	Aboul Alzaim	52. מגזר פרטי- תאגיד ייעוץ בינ"ל

ביבליוגרפיה

- אלתמן רחל, ארזה צ'רצ'מן. (1995) התמודדות עם קונפליקטים בתכנון העירוני בישראל: בחינת ישימות של שיטות לפתרון, מיתון ויישוב מחלוקות. המרכז לחקר העיר והאזור, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון. חיפה.
- בייט, מ. (2007) ים הולך ונעלם. מים והשקיה מס' 490, אוגוסט 2007.
- בן גל (יוסילבסקי), מיכל. אפריל (2004) ניתוח מסגרות הבנה (FRAMES, REFTAMING) ככלי לניהול ויישוב סכסוכים בנושאי איכות הסביבה. עבודה לשם קבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה". אוניברסיטת חיפה, חיפה.
- גבריאלי, א. (2008) הרצאה בקורס פרויקטים בחקר הסביבה, 4.6.08.
- גנאור, י. גבריאלי, א. רוניק, א. (2006) קינטיקת ההשקעה של גבס כתוצאה מערבוב מי ים עם מי ים המלח והאפשרות ל"הלבנה" של פני המים. דו"ח מדעי מסכם לשנת המחקר השנייה. מוגש למשרד התשתיות הלאומיות. דו"ח מס' ES-28-2006.
- החלטת ממשלה מס' 2863 מיום 5.1.2003
- החלטת ממשלה מס' 1366 מיום 11.3.2007
- המשרד לאיכות הסביבה. (2002) ניהול קונפליקטים בתכנון, פיתוח ואיכות הסביבה. דו"ח סדנה שנערכה בינואר 1999 במעלה החמישה. הפקה: יחידת הפרסומים, המשרד לאיכות הסביבה אגף תכנון.
- המשרד להגנת הסביבה, מכון ירושלים לחקר ישראל (2006) מסמך מדיניות אגן ים המלח - הערכת מצב ומשמעויות לעתיד בתנאים של המשך ירידת מפלס הים, מוגש לממשלת ישראל
- המשרד להגנת הסביבה, להציל את ים המלח (אתר האינטרנט של המשרד, ביקור מיום 24.7.08): <http://sababa.sviva.gov.il/sea/DeadSea/DeadSea2.asp>
- ורנסקי, אריאלה (1994) התמודדות עם קונפליקטים בתכנון העירוני והאזורי: הערכת ישימותן של גישות חלופיות, בהתמקדות בכבישים ארציים. מרכז לחקר העיר והאזור ומוסד הטכניון למחקר ופיתוח בע"מ. חיפה.
- יועז, יובל (2003) הזכות לאיכות סביבה מינימאלית הוכרה, הזכות לסביבה נאותה עדיין לא. מרץ 2003, הארץ.
- כימיקלים לישראל, דו"ח כספי לשנת 2007
- לוי, נ. (2002), *ניהול סביבתי חוצה גבולות בתנאי אי שוויוניות*, הצעה המוגשת כתוכנית מחקר לעבודת דוקטור, מרץ 2002. בהנחייתו של פרופסור ערן פייטלסון, המחלקה לגיאוגרפיה, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- לסטר ראובן, אוהד חשן. (2004), סביבה, מנהל ומשפט בישראל – המנהל המרכזי חלק ב, מנהל סביבתי בעולם, רשויות ציבוריות בישראל, מבקר המדינה. מכון ירושלים לחקר ישראל

לסטר ראובן, אהוד חשן. (2004) סביבה, מנהל ומשפט בישראל, שורשים ובסיס, מכון ירושלים לחקר ישראל.

מאוטנר, מנחם. (1995) ירידת הפורמליזם ועליית הערכים במשפט הישראלי.

מרכז מחקר ומידע של הכנסת (2002) מסמך רקע לדיון בנושא: הסכם שיתוף הפעולה ישראל-ירדן להצלת ים המלח: "מובל השלום"

פיש, דניאל. (2002) דיני איכות הסביבה בישראל, הוצאת מחשבות, עמ' 14 - 81

רון, א. (2008) הצלת ים המלח – חלופות לפתרון. מצגת בקורס פרויקטים בחקר הסביבה, 14.5.08

רז, א. (2008) התעלה והתועלת. מצגת בקורס פרויקטים בחקר הסביבה, 5.5.08

Al Husseini et al (2007) An Environmental and Socioeconomic Cost Benefit Analysis and Pre-design Evaluation of the Proposed Red Sea /Dead Sea Canal Project. *Royal Scientific Society - Environmental Research Center*. March 2007 Amman, Jordan
http://www.foeme.org/index_images/dinamicas/publications/publ73_1.pdf 10/7/08

Atili et al (2007), Red Dead Sea Project: A Palestinian Perspective, *The Private Sector Development Center: Palestinian Businessmen Association- Jerusalem*. May 2007. Reserach Report Series #34. Accessed at 10.7.08 From World Bank Website:
<http://go.worldbank.org/4WKGP2R460>

Batir W.(2006) *Environmental Profile of Jordan 2006*, Ministry of Environment, Jordan: Accessed 9/7/08
http://www.environment.gov.jo/Jordan_environmental_profile_2006.pdf

Burgess, Heidi, and Guy M. Burgess.(1997). *Encyclopedia of Conflict Resolution*. California.

Friends of the Earth, Middle East (2008) Comments of EcoPeace / Friends of the Earth Middle East to the World Bank Terms of Reference for the Red Sea – Dead Sea Water Conveyance Project: Feasibility Study – Environmental, Technical and Economic and Environmental and Social Assessment

Fontana A. and Frey J.(2000) The interview – from structured questions to negotiated text, In Lincoln N. and Denzin Y.,(2000) *Handbook of qualitative research*, Sage Publication, London – New York

Hunter, John S. Dryzek and Susan. (1987). "Environmental Mediation for International Problems." *International studies Quarterly* 31: 87 – 102.

Jaraish A, et Al, (2007), An Environmental and Socioeconomic Cost Benefit Analysis and Pre-design Evaluation of the Proposed Red Sea/Dead Sea Canal-Socio-Economic Study in Israel and Palestine, *WEDO*, Bethlehem, May 2007

Accessed at 3.7.08 From Friends of the Earth Website:

http://www.foeme.org/index_images/dinamicas/publications/publ74_1.pdf

Libiszewski, Stephan.(1992). "What Is an Environmental Conflict?" This article is the revised version of a paper presented at the first coordination meeting of the Environment and Conflicts Project (ENCOP) in Berne/Zurich.

Lipchin C. et Al, (2006) *A Future for the Dead Sea Basin: Options for a More Sustainable Water Management*, Full Report given by the researcher and available at the authors. Excerpts available at: , <http://maps.arij.org/deadseaproject/index.php>

Ministry of Foreign Affairs- Jordan: All Documents Accessed On 9/7/08

http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=16720

[-http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=15124](http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=15124)

2007 אוגוסט -http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=19347

2008 פברואר -http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=21167

2006 ינואר -http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=18025

:2006 דצמבר -http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=13536-

2007 -http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=16994

2007 - http://www.mfa.gov.jo/events_details.php?id=19669

2005 - http://www.mfa.gov.jo/interviews_details.php?id=144&menu_id=35

http://www.mfa.gov.jo/pages.php?menu_id=783

http://mfa.gov.jo/pages.php?menu_id=791

Ministry of Water and Irrigation, Jordan: All Documents Accessed On 9/7/08

http://www.mwi.gov.jo/mwi/news_Greek.aspx

<http://www.mwi.gov.jo/mwi/investplan/RSDSC.aspx>

http://www.mwi.gov.jo/NWMP/volume_1/chap_7.htm

Ministry of Tourism, Jordan. Accessed On 9/7/08

<http://www.kinghussein.gov.jo/tourism4.html>

Oren, A., Gavrieli, I., Gavrieli, J., Kohen, M., Lati, J., and Aharoni, M. (2004) Biological Effects of Dilution of Dead Sea Brine With Seawater: Implications for the Planning of the Red Sea – Dead Sea "Peace Conduit" *Journal of Maritime Systems* 46, 121-131

Percival, Robert V., and Dorothy C. Alevizatos (Eds.). (1997). *Law and the Environment*. Philadelphia: Temple University Press.

Simmel, G. (1964) *Conflict and the Web of Group Affiliation*, The Free Press, New York.

Silverman D. (2000) Analyzing Talk and Text, In Lincoln N. and Denzin Y., (2000) *Handbook of qualitative research*, Sage Publication, London – New York

Soroos, Marvin S. 1994. "Global Change, Environmental Security, and the Prisoner's Dilemma." *Journal of Peace Research* 13: 317 - 332.

Susskind, Lawrence, and Jeffrey Cruikshank. 1987. *Breaking the Impasse*. Basic Books, Inc. USA.

Turner L.J. China environment series, Issue 8 2006. Woodrow Wilson International Center for Scholars.

http://www.wilsoncenter.org/topics/pubs/CEF_SpecialReport.8.pdf

The World Bank, Red Sea – Dead Sea Water Conveyance Feasibility Study and Environmental and Social Assessment: <http://go.worldbank.org/4WKGP2R460>

ראיונות נערכו עם:

חנן גינת – מנהל מו"פ מרכז ים המלח והערבה

אבי רותם – מהנדס המועצה האזורית תמר

יצחק גורן – לשעבר מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה ומוביל כנס המשרד בנושא ניהול קונפליקטים

אמיתי הרלב – מנהל חברת "מודוס" לגישור סביבתי

אופן הצגת תעלת הימים בתקשורת

לרה פארן ת.ז.: 031726326
ניצן גלברט ת.ז.: 060744877
צפנת גל ת.ז.: 053051983
דויד ליפשיץ ת.ז.: 032866634

קורס פרויקטים בחקר הסביבה, תשס"ח
ביה"ס ללימודי הסביבה ע"ש פורטר
אוניברסיטת תל אביב

ספטמבר 2008

תודות

פרופ' שי לין, אוניברסיטת חיפה- על המענה המהיר והנכונות לעזור
דר' פביאן סיקרון, אוניברסיטת חיפה- על שיטת המחקר המקורית
פרופ' אביטל גזית, אוניברסיטת תל-אביב- על עזרתו בעבודה ובהנחיה
עו"ד איתי אליאב ודר' דיוויד כץ – על היעוץ המכוון, והנכונות המתמדת

תוכן עניינים (עמ' 63 - 103)

מבוא	.1
מוטיבציה למחקר	.1.1
השפעת הציבור על קונפליקט סביבתי	.1.2
רקע	.2
סקירה היסטורית	.2.1
מדיניות עכשווית - החלטות מדיניות בנושא תעלת הימים	.2.2
רקע תיאורטי בתקשורת	.3
מושגי יסוד בתקשורת	.3.1
הנחות יסוד בתקשורת	.3.2
השפעות התקשורת על דעת הקהל	.3.3
ייחודו של האינטרנט	.3.4
הגדרות המחקר	.4
שאלת המחקר	.4.1
השערת המחקר	.4.2
מטרות המחקר	.4.3
מתודולוגיה	.5
הסיבות להיבחרות המדיה המקוונת	.5.1
ביסוס שיטת המחקר	.5.2
שיטות המחקר	.5.3
הדגמת המתודולוגיה	.5.4
בעיות במתודולוגיה	.5.5
סיכום שיטת המחקר	.5.6
לוח זמנים משוער	.6
הצעות להמשך המחקר/מחקרים נוספים	.7
ביבליוגרפיה	.8

אופן הצגת תעלת הימים בתקשורת

○ מבוא

○ מוטיבציה למחקר

לתקשורת השפעה רבה על דעת הקהל. מרבית הציבור נחשף לקונפליקטים בעלי אופי סביבתי בעיקר באמצעי התקשורת השונים. לדעת הקהל עשויה להיות השפעה מכרעת על עתידם של קונפליקטים בעלי אופי סביבתי. ניתן ללמוד זאת ממספר דוגמאות, בהן בעבר, מחאה ציבורית גרמה לביטול פרויקטים אשר היה בהם פוטנציאל לגרום נזק לסביבה. דוגמא למקרה כזה היא תוכנית ספדי עליה נרחיב בהמשך.

על כן, ישנה חשיבות רבה לבחינת השפעה זו, גם במקרה המבחן של פרויקט מסדר הגודל של תעלת הימים. מכיוון שנושא המחקר הינו פרויקט בסדר גודל לאומי, ואף בינלאומי, לדעת הקהל ישנה חשיבות מכרעת באשר לגיטימציה אשר ניתנת לפרויקט זה. במובנים מסוימים ניתן לומר, שאם דעת הקהל הינה שלילית לגבי הקמת פרויקט בסדר גודל שכזה, ייתכן מאוד שלפרויקט (במתכונתו הנוכחית) אין כלל לגיטימציה מלכתחילה.

○ השפעת הציבור על קונפליקט סביבתי

לשיח ציבורי חשיבות גדולה בדרך השפעתו על עתיד קונפליקטים ציבוריים. בפרק זה נציג דוגמא למקרה כזה בו שיח ציבורי סביבתי הצליח ליצר התנגדות ציבורית גדולה לתכנית מסוימת ולבסוף אף הכריע את גורל התוכנית. תוכנית מערב ירושלים : (תוכנית ספדי) בשנת 1998, הוחלט ע"י הועדה הארצית לתכנון ובניה בהחלטה מתוכנית מתאר מחוזית (תמ"מ) 37/1 על הפשרת שטחים פתוחים ממערב לירושלים בשטח של מעל ל-26 אלף דונם קרקע, לצורך עתודות בניה אשר יסופחו לעיר. בשטחים אלה, אמורות היו לקום כ-20 אלף יחידות דיור לרווחת תושבי העיר.

ההחלטה עוררה התנגדות ציבורית חריפה בקרב גופים ירוקים ואחרים, ובאחת העתירות אשר הוגשו כנגד התוכנית נטען שעדיין לא מוצו עתודות הבניה בתוך ירושלים, והתוכנית תעורר פירבור של העיר, זיהום אויר, וכמובן, הרס של שטחי טבע פתוחים (שטחי יערות אורנים, וגם מעיינות טבעיים, אשר מהווים בתי גידול למינים רבים, כגון: הצבי הישראלי, צבועים, ציפורי שיר וטרף, מכרסמים פרפרים ועוד..). ונוף בראשיתי אשר לא ניתן יהיה להשיב. אחת העתירות כנגד התוכנית, אף הוגשה בשם הצבי הישראלי.



מתוך : אתר הקרן הקיימת לישראל <http://www.kkl.org.il>

ההתנגדות לתוכנית נסקרה בצורה מאוד אינטנסיבית ע"י התקשורת החזותית, כמו גם ע"י התקשורת האלקטרונית. עצומות הוקמו ברשת במחאה על מימוש הפרויקט, ונאספו אלפי חתימות כנגדה.

באוקטובר 2006, בדיון במשרדי הועדה הארצית לתכנון ובניה אודות העתירות אשר הוגשו כנגד התוכנית, הוחלט לדחות את ההחלטה אודות מימוש הפרויקט בחודשיים, על מנת לאפשר לגוף המתכנן להשיב לעתירות אלו.

הסיקור האינטנסיבי של התקשורת גרם לכך, שבעת הדיון התקיימה הפגנת המונים מחוץ למשרדי הועדה, כאשר אישי ציבור רבים מקצוות הקשת הפוליטית מובילים את ההתנגדות לתוכנית.

בפברואר 2007, התכנסה ישיבת המועצה הארצית לתכנון ובניה לדון בעתיד הפרויקט. תוצאות אותה ישיבה, היוו את החותמת הסופית לביטולה של התוכנית. הועדה אישרה את ביטול הפרויקט ברוב של 24 בעד, 3 נגד ונמנע אחד.

חברי המועצה הדגישו כי לא השתכנעו בצורך לאשר התוכנית למול הפגיעה האפשרית שלה הן בשטחים הפתוחים במערב ירושלים, ובעיקר בקידום ושיווק עתודות הבניה בתוך העיר והפגיעה ברקמה העירונית הבנויה.

גם בעת דיון זה, התקיימה הפגנת מחאה המונית מחוץ למשרדי הועדה הארצית לתכנון ובניה. ביטול התוכנית היווה נקודת ציון חשובה במאבקם של הגופים הירוקים בארץ.

סיקור התקשורת את השלבים השונים של ההתנגדות, החל מהעתירות אשר הוגשו כנגדה, צבירת התאוצה של ההתנגדות בקרב הגופים הירוקים ואחרים, וכלה בסיקור ההפגנות אשר התקיימו מחוץ לכותלי הועדה הארצית לתכנון ובניה, שיחקה תפקיד מרכזי בגורם לגניזת התוכנית לבסוף. היא זו אשר הביאה את ההתנגדות אל סף ביתם של האזרחים (או, ליתר דיוק, אל מסכי הטלוויזיה, מקלטי הרדיו או מסופי המחשב), ובכך רתמה אותם אליה.

ניתן ללמוד מכך שסיקור אירועים ע"י התקשורת, משפיע בצורה רבה, ולעיתים אף מכרעת, על עתיד אירועים, החלטות, ואף פרויקטים מסדרי גודל של תוכנית ספדי, וייתכן מאוד אף מסדרי גודל של תעלת הימים.

רקע

○ סקירה היסטורית

עד שנות ה-30 של המאה ה-20 היה קצב זרימת נהר הירדן ומי הגשמים לים המלח זהה לקצב בו התאדו המים מפני ים המלח. נהר הירדן הוליך לים המלח בממוצע רב שנתי כ-1,200 מיליון מ"ק מים בשנה, ומהסביבה הגיעו עוד 400 מיליון מ"ק. 1,600 מיליון מ"ק מים התאדו בשנה. בעקבות הסכרים שהוקמו על נהר הירמוך וביציאה מהכינרת, הופסקה כמעט זרימת המים דרך נהר הירדן לים המלח. כתוצאה מכך, כמות המים המתאדים מפני השטח של ים המלח עלתה על כמות המים שזרמו אליו, דבר זה גורם לירידה מהירה יותר של מפלס הים. תעלת הימים אמורה בין שאר הדברים גם לפתור את בעיית ירידת מפלס מי ים המלח. מכיוון שפני ים המלח נמוכים מפני הים התיכון במאות מטרים (בערך 400), ניתן לנצל הפרשי גובה אלו כדי ליצור מפלי מים מלאכותיים מהם ניתן להפיק אנרגיה חשמלית. על עובדה זו קמו ונפלו תוכניות רבות במשך השנים, אשר ניסו לממש את הפוטנציאל הגלום במיקומו המיוחד של ים המלח ובין היתר להצילו מהכחדה. אנו נביא סקירה היסטורית קצרה בכדי להראות את השתלשלות העניינים מהמאה ה-19 עד ימינו אנו.

כבר במאה ה-19 הועלה הרעיון לראשונה ע"י קפטן אנגלי בשם ויליאם אלן בספרו: "ים המלח - דרך חדשה להודו", שם הביא תיאור לתעלה שתחבר בין ים התיכון לים סוף. כ-50 שנה לאחר מכן הגה המהנדס מקס ורקארט תכנית המפרטת כריית תעלה שתוביל את מי הים התיכון דרך עמק יזרעאל ודרך עמק בית שאן ושקע הירדן - לים המלח, וב-1902 כתב בנימין זאב הרצל בספרו "אלטנוילנד" על תעלה שתזרים מים מים-התיכון לים-המלח. רעיונו התבסס על הפרשי הגובה המשמעותיים בין הימים. המטרה: לשמר את ים המלח ובתוך כך לנצל את נפילת המים לייצור חשמל.

שנות ה-70:

בעקבות "משבר האנרגיה" ב-1974, מונתה וועדה ע"י שר הפיתוח דאז, גבתי, בראשותו של פרופ' שלמה אקשטיין. תפקיד הוועדה היה לבדוק את כדאיות הקמת מפעל הידרו-אלקטרי באזור ים המלח, מסקנות הוועדה היו שהתוכנית ברת ביצוע.

בעקבות דו"ח הוועדה הנ"ל מונתה וועדת ייעוץ להכנת קדם התכנון של פרויקט מוביל המים. לביצוע העבודה הוקמה "מנהלת פרויקט" במסגרת חברת חשמל, ותה"ל התבקשה להכין בדיקות מקדימות ותוכניות הנדסיות.

בשנת 1977 הוחלט על כינון וועדת היגוי ציבורית בראשותו של פרופ' יובל נאמן. תפקיד הוועדה היה לבדוק ולהעריך הצעות תוואי שונות ובעזרתם של תה"ל אף היתכנות הנדסית וכן היבטים סביבתיים וכלכליים של הפרויקט. וועדה זו בחנה 4 אפשרויות לביצוע תעלת הימים: נתיב העמק, נתיב פלמחים-קומראן, נתיב קטיף-מצדה ונתיב ים סוף-ים המלח.

המסלול שהומלץ על ידי וועדה זו היה קטיף-מצדה. בדוח מתוארות המלצות שונות על תוואי זה, ספקות לגבי נקודות מסוימות בכל אחת מן החלופות ומסקנות שונות- העברת המשך הטיפול בפרויקט לגוף עסקי-תפעולי לבדיקות נוספות של היבטים אחרים, למשל כלכליים, וביצוע מלא של הסקרים הדרושים בכל אחת מן החלופות. את החלופה 'ים סוף- ים המלח' הקפואו בנוסף לעוד מס' חלופות, פרט לעבודות כלליות מאוד.

שנות ה-80:

בעקבות דו"ח הביניים של "ועדת ההיגוי של פרויקט מוביל המים הבן-ימי" (1980) קיבלה הממשלה באוגוסט החלטה "...לאשר באופן עקרוני את התוכנית של כריית תעלה שתחבר את ים-התיכון ואת ים-המלח לצורכי הפקת חשמל וכן לצרכים אחרים של פיתוח הארץ..."

ב-1981 הוגש הדוח הסופי של ועדת ההיגוי של פרויקט מוביל המים הבין-ימי, אז הוחלט לאמץ את המלצות וועדת נאמן ולהקים חברה ממשלתית. מטרתה הראשית של "חברת מפעל הימים בע"מ" הייתה הפקת אנרגיה הידרו-אלקטרית.

בשנת 1983 ועדת ההיגוי של הפרויקט בראשות פרופ' יובל נאמן מצאה שחלופת הים האדום היא הנחותה כלכלית מבין כל החלופות. ובשנת 1985 הופסקה כריית התעלה, בוטל הפרויקט ונסגרה חברת 'מפעל הימים'. העבודה לא חודשה שוב מעולם.

שנות ה-90:

עם האצת תהליך השלום קידמו שמעון פרס ומשה שחל את תכנון התעלה כאשר היא אמורה לצאת מאזור מפרץ אילת, משם תעבור לצידו הירדני של הגבול עד לנקודה הגבוהה ביותר באזור באר מנוחה - פארן מהצד הירדני, ומשם יוזרמו המים לכיוון ים המלח תוך ניצול הפרשי גובה של כ-600 מטר. אורך התעלה בצד הירדני כ-180 ק"מ, מתוכם 134 ק"מ בתעלה מקורה. הפרויקט אמור להזרים מאות מיליוני מ"ק מים בשנה מים סוף לים המלח, להתפיל מים עבור ירדן והרשות הפלשתינאית ולייצר חשמל עבור ישראל, ירדן והפלשתינאים.

בנקודת היציאה, באזור הדרומי של ים המלח, מתוכנן מתקן ההתפלה הגדול בעולם שיפיק כ-800 מיליון מ"ק בשנה. עודפי המים יועברו לים המלח כדי לנסות לפתור את הירידה במפלס שלו. בנוסף, בתוואי התעלה מתוכננת לקום תחנת כוח הידרואלקטרית שתנצל את הבדל הגובה בין ים סוף לים המלח לייצור 800 מגה-וואט חשמל.

שנות ה-2000:

בשנת 2003 החליטה ממשלת ישראל על הכנת מסמך הבוחן ומשקלל את נתוני התשתית הקשורים לים המלח ואשר יעריך את משמעותם הסביבתית, הכלכלית והמשפטית ולהציג מסקנות כבסיס לקבלת החלטות על עתיד האזור.

בספטמבר 2007 הוגש דו"ח שהוכן ע"י מוסד שמואל נאמן. הדו"ח בוחן מספר חלופות לפתרון בעיית מפלס ים המלח מהיבטים סביבתיים וכלכליים, תוך ציון אלמנטים דמוגרפים, חקלאיים ומדיניים בכל אחת מהחלופות.

מתוך הדו"ח :

"יש לציין כי אין פתרון קל למצב הסביבתי הגרוע בו נמצא ים המלח. אין פתרון אידיאלי ואין אף אחת מהחלופות שנבדקו שאינה כוללת סיכונים, אי וודאות וקשיים... בליבת נושא הדיון העובדה כי קיימת תכנית לסיוע בין לאומי לפתרון בעיית המים החמורה בממלכת ירדן, כשבצמוד לפתרון זה מושג פתרון לבעיה הסביבתית החמורה של ירידת מפלס ים המלח. הדבר מהווה הזדמנות להישג סביבתי חשוב למדינת ישראל ולמדינות באזור וחשוב לשמור על מומנטום זה"

.....

מתוך כל השינויים שעברה התכנית ניתן לראות כי היעד העיקרי שליווה את כל גלגולי הרעיונות לניצול התנאים הטופוגרפיים של ים-המלח היה הפקת אנרגיה, ליעד זה נוספה הדאגה לשימור מפלס ים-המלח ההולך ויורד, ועם הזמן, הסכם השלום עם ירדן הוסיף נדבך נוסף, כאשר לאורך כל הדרך לגורמים השונים אינטרסים שונים. הסקירה ההיסטורית מציגה תכנית הפושטת ולובשת צורה אחרת כל פעם מחדש בהתאם להלך הרוח, ולבעלי התפקידים בזמנים השונים.

א.1. מדיניות עכשווית - החלטות מדיניות בנושא תעלת הימים

עד כאן דיברנו על ההתרחשויות העבר, אך במחקרנו אנו באים לחקור השפעת התקשורת על דעת הקהל בהווה. על כן נבחן את המדיניות העכשווית, כפי שהיא מוצגת באתרי הממשלה ואתר הבנק העולמי.

בהחלטת הממשלה מספר 1311 מתאריך ה-6/3/2008 הוחלט "להקים ועדת משנה של ועדת השרים לענייני חברה וכלכלה (להלן "ועדת המשנה") שהרכבה: שר התיירות (יו"ר), שר האוצר, שר התעשייה המסחר והתעסוקה, השר להגנת הסביבה, שר החקלאות ופיתוח הכפר, שר התשתיות הלאומיות, שר הפנים והמשנה לראש הממשלה. מנכ"ל משרד ראש הממשלה יוזמן אליה." אשר עיסוקה הוא "תוכניות לפיתוח תעלות מים-סוף וים-המלח ו/או מן הים התיכון לים המלח (להלן - "תעלת הימים")."

עוד הוחלט כי "שר התיירות יבחן את הדרכים לביצוע פיתרון הביניים להגנת חופי ים המלח לתקופה שבין ביצוע שלב ההגנות הזמניות לשלב הגנות הקבע (להלן: "תקופת הביניים"), בתוך פרק זמן שלא יעלה על שישה חודשים". וכן כי "בחינת נושא תעלת הימים המהווה חלופה לטווח ארוך, הכרוכה בהבנות ותיאומים בין מדינת ישראל וממלכת ירדן ובתיאום ומימון בינלאומי, תטופל על ידי המשרדים שהנושא בתחום סמכותם (הכוונה למשרד התשתיות הלאומיות וכן לפעולות משרד המשנה לראש הממשלה). משרדים אלו ידווחו אחת לשישה חודשים לוועדת המשנה על התקדמות הנושא" (www.sviva.gov.il).

תעלת הימים הינה פרויקט בקנה מידה עולמי המוערך על פי משרד התשתיות הלאומיות בכ-2 עד 3 מיליארד דולר (www.mni.gov.il). פרויקט בסדר גודל כזה דורש סקר היתכנות לבדיקת ומניעת הנזקים האפשריים. מכיוון שים המלח גובל בירדן, ישראל והרשת הפלשתינאית כל החלטה העלולה לשנות או לפגוע בים זה דורשת הסכמה תלת לטרלית.

מסיבה זו, הוחלט לערוך סקר התכנות (Terms Of Reference) שיערך ע"י הבנק העולמי, גוף ניטראלי. "שלושת הצדדים – ירדן, ישראל והרשות הפלשתינאית, ניסחו חזון משותף של רעיון תעלת הימים ים סוף – ים המלח, המתמקד ב:

1. הצלת ים המלח מהתדרדרות אקולוגית
2. התפלת מים ויצירת חשמל במחיר נגיש לירדנים, ישראלים ולרשות הפלשתינאית
3. ובניית סמל של שלום ושיתוף פעולה במזרח התיכון" (web.worldbank.org)

ניתן למצוא במדיה המקוונת נתונים שונים לגבי סקר ההיתכנות. על פי אתר הבנק העולמי, סקר ההיתכנות ממומן ע"י חמישה תורמים בישראלים: צרפת, יוון, יפן, הולנד וארה"ב. הסקר מתוכנן לשנתיים והוא מוערך ב-15.5 מיליון דולר. (web.worldbank.org). לעומת זאת, על פי אתר משרד התשתיות הלאומיות "עלות הסקר מוערכת עד 20 מיליון דולר והוא צפוי להימשך 3-4 שנים."

על פי אתר משרד התשתיות יכול הסקר חמישה מרכיבים:

- א. ההשפעה הסביבתית על מפרץ אילת כתוצאה משאיבת מי ים.
- ב. ההשפעה הסביבתית על ואדי ערבה כתוצאה ממעבר התעלה.
- ג. היתכנות הקמת מתקן להתפלת מי ים סוף לחופי ים המלח – בעיקר לצרכי ממלכת ירדן והרשות הפלשתינית.
- ד. היתכנות הקמת תחנת כוח הידרואלקטרית.
- ה. השפעות על איכות מי ים המלח כתוצאה מעירוב מי ים סוף עם מי ים המלח (הן הסביבתיות והן הכלכליות למפעלי האשלי"ג הישראלי והירדני)."
(www.mni.gov.il)

מדיניות הממשלה הינה עמוד טווח עליו יש להסתמך בכול הנוגע לפרויקט בסדר גודל זה. על כן, המדיניות העכשווית שהצגנו כאן תהווה עבורנו במחקר אבן בוחן, שבאמצעותה נוכל לנתח את אמיונות המידע בכתבות אשר נבחן. בפרק המתודולוגיה נדון בסיבות לבחירת טווח הזמן שממנו נלקחו הנתונים, ובדרך בה נבצע את ניתוח הכתבה באמצעות מידע זה.

רקע תיאורטי בתקשורת

1.1. מושגי יסוד בתקשורת

1.1.1. סוגי תקשורת

ישנם שלושה סוגי תקשורת:

3. תקשורת תוך אישית –

תקשורת בין אדם לבין עצמו.

4. תקשורת בין אישית –

א. תקשורת בין אישית ישירה – תקשורת פנים אל פנים ללא אמצעי תיווך.

ב. תקשורת בין אישית מתווכת – שימוש באמצעי לתיווך התקשורת (לדוגמא: מיקרופון וכ"ו).

5. תקשורת המונים –

תקשורת שמשתמשת באמצעי שמתגבר את המסר של המוען ומאפשר לו להגיע להמונים.

לדוגמא: טלוויזיה, רדיו, אינטרנט, עיתונות וכ"ו.

מה שקובע את סוג התקשורת הוא לא רק המדיום כי אם גם השימוש בו. ניתן להשתמש בטלוויזיה גם לתקשורת בין אישית מתווכת וגם להמונים.

1.1.1. לתקשורת המונים ישנם שלושה מודלים בסיסיים:

א. המודל הליניארי הבסיסי של תקשורת המונים:

מוען ← מסר ← נמען.

❖ מוען:

תכונות המוען:

▪ יקר.

▪ כפוף לאילוצים ארגוניים.

▪ מורכב.

❖ מסר (חויית התקשורת):

תכונות המסר:

▪ מהיר וסימולטאני – המסר עובר בקלות ממקום למקום. ניתן להעביר את

המסר במקביל להתרחשות.

▪ פומבי – כולם חשופים למסר.

- מתכלה – מייד לאחר העברת המסר הוא כבר לא קיים יותר. אחד המאפיינים של תקשורת המונים הוא שהיא לשימוש ולזריקה. העיתון של היום הוא עטיפת הדגים של מחר. למסר אין אורך חיים רב.

❖ נמען (קהל):

תכונות הנמען:

- הטרוגני. אין מכנה משותף לנמענים של המסר.
- אנונימי. אנונימי למוען.
- גדול.

ב. מודלים מעגליים

❖ מודלים מעגליים בנויים בצורת מעגל ומסר דו כיווני בין המוען לנמען. קיים משוב לדבריו של המוען מצד הנמען.

ג. מודלים סמיוטיים

❖ סמיוטיקה – תורת הסימנים.

❖ מודלים שעסוקים בפרשנות שניתנים לסימנים על-ידי קהלים שונים.

❖ דנוטציה – המשמעות המיידית המשותפת לחברה הברורה למסמן. כל אחד מבין מה הכוונה ונותן משמעות אחידה.

❖ קונוטציה – משמעות הרבה יותר רחבה. כל אחד נותן משמעות אחרת.

3.1.1 ביקורת על המודלים

❖ לינאריים – ממעיטים בנמען. שמים דגש נרחב מדי על המוען, כאילו הנמען כמעט ולא קיים.

❖ מעגליים – מניחים סימטריות. המוען והנמען שווי ערך בתהליך, למרות שהדבר לא כך.

❖ סמיוטיים – ממעיטים במוען. נותנים משקל גדול מדי לנמען כאילו המשמעות של המוען מועטה. אין למוען אחריות.

a. הנחות יסוד בתקשורת

ישנן שלוש הנחות יסוד בתקשורת:

1. **אובייקטיביות:** התקשורת טוענת שהיא שואפת להיות אובייקטיבית. אחד הקריטריונים לאובייקטיביות הוא היכולת להפריד בין מה שמוגדר כעובדות למה שמוגדר כפרשנות. מצד אחד יש לנו מקומות מוגדרים בטלוויזיה שאנחנו יודעים שהם מוגדרים כפרשנות, אבל מצד שני יש לנו את הציפייה שחדשות ידווחו עובדות. אל מול הטיעון החדשותי לדיווח עובדות אובייקטיבי, עומד טיעון הפרשנות שאומר שכל "דיווח" חדשותי הוא בעצם פרשנות. ברגע שאנחנו בוחרים לדווח על אירוע מסוים, כבר נקטנו עמדה מסוימת. קיים טיעון שאומר שמילים אף פעם לא שקופות וחסרות משמעות. גם דיווח חדשותי הוא בעצם פרשנות מסוימת.
 2. **דיווח שכלתני:** ההנחה בדיון אובייקטיבי היא שאנחנו מניחים רק דברים שכלתניים שהם נטולי רגש. הציפייה לדיון שכלתני רציונאלי על "עובדות" בחדשות הוא לא אידיאלי. תמיד ייכנס הצד הרגשי והפרשני.
 3. **איזון:** ההנחה של אובייקטיביות היא שאנחנו מצפים שיהיה איזון בהצגת החדשות. אין חדשה שאין בה קונפליקט. החדשות תמיד עוסקות בקונפליקט. ברגע שיש לנו דרישה לאיזון בין צדדי הסיפור, אנחנו מקצינים את הסיפור. לכל סיפור יש בדרך כלל יותר משני צדדים. השאלה החשובה היא בין מה למה אנחנו מאזנים. האם בין שני קטבים רדיקליים או בין שני צדדים יותר פרגמטיים? בדרך כלל, כדי להציג את הדרמה במיטבה, מציגים את שני הצדדים הכי רדיקליים.
- למרות השאיפה לקיומן של שלושת הנחות אלה במציאות הדבר אינו אפשרי. "הסיקור התקשורתי, כמו כל ייצוג אחר של המציאות, מצייר תמונה אחת, חלקית ולקויה של המציאות, שבהכרח איננה משקפת "הכל" באופן מדויק, מאוזן, אובייקטיבי וחסר פניות. קל וחומר נכונים הדברים כשמדובר בסיקור סכסוכים, כלומר כשהמציאות שנויה במחלוקת חריפה".³⁸
- מכיוון שהעבודה שלנו תבדוק את השפעת התקשורת על הציבור יש צורך לבחון תיאוריות הדנות בהשפעת התקשורת על דעת קהל.

1.1. השפעת התקשורת על דעת קהל

ישנן מספר תיאוריות בתקשורת הדנות בהשפעת התקשורת על דעת הקהל. נסקור שתיים מהתיאוריות המרכזיות עליהן נבסס את מחקרנו:

1.1.1 אסכולת קביעת סדר היום הציבורי

תיאורית אסכולת קביעת סדר היום הציבורי שייכת למסורת ההשפעות החזקות. מסורת ההשפעות החזקות מניחה שלתקשורת ההמונים יש השפעות חזקות עלינו. המסורת הזאת התפתחה בשנות ה-30. כיום היא מקבלת פחות תמיכה למרות שישנם רבים שעדיין תומכים בה.

³⁸ כספי, דן' (עורך) (1995). תקשורת המונים. ב'. תל אביב: האוניברסיטה הפתוחה, ע"מ 108.

על-פי המסורת, האדם מנותק מהחברה שלו וכל אדם הוא מעין אטום נפרד. לכן, ברגע שהאדם חשוף ישירות לאמצעי התקשורת, הוא מושפע מהמסרים שלה מאוד בקלות משום שאין השפעות נוספות. המסורת מבוססת על מחקרי תעמולה, דעת קהל ומחקרי השפעת הקולנוע.

האסכולה:

לפי אסכולה זו, ברגע שאנחנו לא מעלים נושא לסדר היום הציבורי, הוא טרם קיים. התקשורת היא הקובעת את סדר היום הציבורי. היא קובעת במה ידונו, ובמה לא. המקור של החשיבה מתייחס לשני חוקרים:

- **וולטר ליפמן 1922 – The picture in our heads**. בפרק מספר שנקרא "דעת קהל" הוא מתייחס לתקשורת. הוא טוען שהתקשורת מייצרת לנו תמונה בראש שהופכת להיות חלק מדעת הקהל שלנו. הוא הראשון לו מיוחסת המחשבה שלתקשורת יש חלק עצום בקביעת דעת הקהל.
- **ברנרד ס. כהן, 1963-**

"Media don't tell people WHAT to think, but they do tell people what to think ABOUT..."

כהן ניסח לראשונה את הטענה שהתקשורת מעצבת את דעת הקהל. הוא טען שהתרומה המשמעותית של התקשורת היא לא בכך שהיא אומרת לנו **מה** לחשוב, אלא בכך שהיא אומרת לנו **על מה** לחשוב. כלומר, הטענה הינה שהתקשורת לא מכריחה אותנו מה לחשוב על נושא מסוים, אלא הכוח של התקשורת הוא בכך שהיא מכריחה אותנו על מה לחשוב – ומה שנחשוב על הנושא זה כבר תלוי בנו.

למעשה, האסכולה טוענת שמה שלא נמצא בתקשורת כלל לא נמצא במודעות שלנו.

סוגי מחקרים בתחום:

1. מחקרי קורלציה: במחקרים אלו החוקרים ניסו להראות שיש קשר בין מה שהציבור חושב שזה חשוב לבין מה שהתקשורת חושבת שזה חשוב. המחקרים של מקומבס ושום מצאו קשר חזק בין התקשורת למה שהציבור חושב.
 2. מחקרי מעבדה: במחקרים אלו הנבדק ממלא שאלון, ולאחר צפייה בטלוויזיה בוחנים האם ולמה השתנה סדר העדיפויות שלו.
 3. מחקרי שדה: במחקרים אלה החוקרים עוקבים אחרי קבוצת מחקר ופעם בכמה זמן בודקים כיצד השתנה סדר העדיפויות הציבורי שלהם. אם רואים תמורה דרמטית בחשיבות של נושא מסוים יש לבחון מדוע זה קורה. יכול להיות למשל, שהתקשורת העלתה נושא על סדר היום הציבורי, ולכן סדר העדיפויות השתנה.
- מחקרים אלו הבודקים את הקשר בין תקשורת לדעת קהל מהווים בסיס למחקרנו. מחקרנו יבחן את מדיית האינטרנט ויתבסס על טוקבקים המשמשים ככלי לבדיקת דעת הקהל.

i. אסכולת ההשפעה האידיאולוגית או הבניית המציאות

לפי אסכולה הזו, כאשר התקשורת מסקרת סכסוכים, היא נוטה לעשות אחד משלושת הדברים הבאים:

1. להכריע בין שתי גרסאות
2. להוסיף גרסא שלישית של המציאות
3. לחשוך את המחלוקת הקיימת בין הצדדים לגבי הגדרת המציאות

נשאלת השאלה כיצד ניתן להעריך את הפער הקיים בין המציאות למציאות התקשורתית? דרך אחת היא לערוך השוואה עם המדדים הסטטיסטיים של המציאות ולהשוות לכמות הדיווחים העיתונאיים. אולם גם למדדים אלו יש הטיה מכיוון שמי יקבע איזו הפגנה ראויה יותר לסיקור? בסופו של דבר הסיקור התקשורתי משול למעין רשומון. אוסף של גרסאות אידיאולוגיות שונות. בעצם, "אמצעי תקשורת ההמונים מציגים בהכרח תמונה לא אובייקטיביות של המציאות, ובדיעבד הם משפיעים על הראייה הערכית והאידיאולוגית של הנמענים. לפי אסכולה זו, לתקשורת חלק נכבד בבניית תמונת העולם של החשופים אליה. השפעה זו מכונה השפעה אידיאולוגית או הבניית המציאות"³⁹

כיצד התקשורת בונה מציאות? באמצעות מסגור.

מסגור היא הדרך שבאמצעותה התקשורת משפיעה עלינו איך לחשוב. מסגור הוא ייצור נקודת מבט דומיננטית שדרכה אנחנו מתבוננים על המציאות, הוא משקף תפיסות חברתיות רחבות יותר. לא מדובר בגחמה פרטית של עורך או עיתונאי מסוים, אלא מדובר בנקודת מבט שזוכה לייצוג בתקשורת בעוד אחרות לא זוכות. אם נבחרה נקודת מבט מסוימת בתקשורת, זו תהיה הדרך שבה הציבור יתפוס את המציאות. לפי גישה זו, המציאות שלנו מוכתבת על-ידי המסגרות שדרכן אנחנו רואים אותה. המסגור פועל באמצעות פרקטיקות עיתונאיות.

ישנן סוגי פרקטיקות של הטמעת מסרים באמצעות עריכה עיתונאית:

1. ברמת המיקרו:

- על-ידי ניסוח הכותרת.
- על-ידי שכתוב ועיבוד גוף האייטם.
- על-ידי עיצוב האייטם הבודד.

2. ברמת המאקרו:

- על-ידי הגדרת סוג האייטם. כאשר פריט מוגדר בתור "חדשה" או בתור "פרשנות" הוא מקבל למעשה תפיסת עולם מסוימת.
- על-ידי בולטות יחסית. ישנן דרכים שונות להבליט ידיעות: תמונות, כותרות וכ"ו. אם עיתונאי מבליט ידיעה מסוימת, הוא ממסגר אותה כדבר חשוב.
- על-ידי מסגור הקשרי. כשאר ישנן כמה ידיעות אחת ליד השנייה היוצרות הקשר ביניהם.

3. דרכים נוספות:

- לשון-הלשון היא אחת הדרכים שבהם התקשורת עוסקת בעיצוב המציאות. נקודת המבט הדומיננטית באה לידי ביטוי בהיבטים מילוליים ויזואליים. למשל:
 - a. מחבלים לעומת לוחמי חירות.
 - b. מפוני התנחלויות לעומת עקורי ישובים
 - c. פועלים ערבים לעומת עובדים יהודים
 - d. נטלו את החוק לידיים לעומת צייתו לצו מצפונם
 - e. שרי הליכוד מושכים זמן לעומת שרי העבודה דנים בכובד בראש

³⁹ שם, ע"מ 108

f. מרואיין שמאלני מתעקש לעומת מרואיין ימני דבק בעמדתו
א. נוכחות מצלמה- קיימת טענה שנוכחות המצלמות יוצרת אקשן. ברגע שיש מצלמות עושים איזושהי פעולה פרובוקטיבית ע"מ להעלות נושא מסוים לסדר היום. המציאות שלנו משתנה בעקבות נוכחות המצלמות- אנשים מודעים יותר למה שהם עושים.

ב. תמונות
עיצוב עמוד

לסיכום, על-פי אסכולת קביעת סדר היום הציבורי ואסכולת ההשפעה האידיאולוגית התקשורת לא רק משפיעה לנו על מה לחשוב, אלא היא גם משפיעה עלינו איך לחשוב (מסגור).

חשיבות עליונה ניתנת למסגור במחקרנו. אנו נצא מתוך נקודת הנחה כי רוב הציבור שואב את המידע על החלטות מדיניות מתוך המוגש לו בתקשורת. על כן בחינת דרך הצגת הנושאים בתקשורת תהיה קריטית במחקרנו.

1.1. ייחודו של האינטרנט

לתקשורת פנים רבות, אך במחקרנו אנו מתמקדים בערוץ תקשורת אחד, האינטרנט. לאינטרנט תכונות ייחודיות ולכן יש לבחון את תכונותיו לעומק.

האינטרנט החל להתפתח כטכנולוגיית מחשבים שאפשרה לקבוצות מדענים להחליף ביניהם מידע ונתונים. רשת האינטרנט ייחודית במובנים רבים ומשמשת גם כפלטפורמה טכנולוגית לצורות תקשורת "מסורתיות" שונות ואף כמקור לצורות תקשורת ייחודיות המותאמות לה במיוחד. הזמינות הגבוהה של הרשת, העלויות הנמוכות יחסית של השימוש בה, מגוון התכנים והפורמטים שמשמשים בה ובמיוחד ההיצע הנרחב המאפיין אותה הפכו את האינטרנט למרחב שיח דומיננטי מאד בתקופתנו. הרשת משמשת כיום כלי עבודה, בידור ותקשורת משמעותי אשר מעוצב בדמותה של החברה המשתמשת בו אולם הוא גם משפיע רבות על פני חברה זו.

3.3.2. מחקר חברתי של האינטרנט

"אפשר למפות את הגישות הרווחות במחקר החברתי של האינטרנט על פני ציר שבקוטב האחד שלו תפיסת האינטרנט כמרחב מדומיין ומשחקי המציע בריחה מן העולם האמיתי, ובקוטב האחר תפיסת האינטרנט כמרחב הניזון מן המציאות ומשפיע עליה"⁴⁰

חלק מהחוקרים רואים בהתפתחות הקהילה הווירטואלית סימן לכך שהקהילות הגיעה אל סופה. יש כאלו שאף רואים בהתפתחות הקהילה הווירטואלית גורם אקטיבי לשבר של קהילות אמיתיות. חוקרים אחרים מצביעים דווקא על זיקה חיובית בין הווירטואלי והמציאותי, כלומר, דווקא קהילות וירטואליות משפיעות על קהילות מסורתיות ומכוננות אותן מחדש.

⁴⁰ גולדשמיט, ר' (2006). מקומם של ה"טוקבקים" בשיח הציבורי בישראל. ירושלים: הכנסת מחלקת מידע ומחקר. ע"מ 2.

באופן דומה, הגישות השונות גם מייצגות עמדות מנוגדות בכל הקשור למרחב הציבורי ולדעת הקהל. חלק מהחוקרים רואים ברשת מרחב מדומיין שלא משפיע ישירות על המרחב הציבורי ועל דעת הקהל (כפי שצורות התקשורת המסורתיות עושות), לעומת זאת, אחרים רואים בה זירה דמוקרטית חדשה המשפיעה ישירות על המציאות, יוצרת מעורבות רבה יותר של הציבור ואף מאפשרת שינוי ביחסים בין יצרני התקשורת וצרכניה. לעומת הכיוונים הברורה שהיתה בעבר, של מוען ונמען, הרי האינטרנט בכלל, ובפרט כלי ההתבטאות של היחיד, כמו הטוקבקים, הבלוגים ואתרי האינטרנט הפרטיים, הם זירה הקוראת תיגר על ההגמוניה התקשורתית ועל הבעלות, כביכול, על הידע. הכותב (כלומר העיתונאי או העורך) כבר אינו אוטוריטה בלעדית, והוא חשוף לביקורת מתמדת של קוראיו, המטילים ספק הן במידע שהוא מספק והן בעמדותיו. זאת בניגוד לחד-סטריית ולאסימטריה שמאפיינת את אמצעי התקשורת המסורתיים. האינטרנט בעצם טומן בחובו אפשרות של שינוי יחסי הכוח.

הגישה הדטרמיניסטית-טכנולוגית

i.

שני חוקרים קנדיים, מרשל מקלוהן והארולד אדמס איניס, עיצבו מסורת אינטלקטואלית המייחסת להתפתחותם של מצעי תקשורת השלכות מפליגות על המרקם החברתי. לטענתם, התפתחותו של אמצעי תקשורת חדש איננה רק תולדה של נסיבות היסטוריות חברתיות, אלא בראש ובראשונה גורם המשפיע על נסיבות אלה ואף קובע אותן. גישה זו ידועה בתור דטרמיניזם טכנולוגי. שם זה מבטא את האמונה, שהטכנולוגיה (ובפרט טכנולוגיית התקשורת) קובעת את פני האנושות ומכוונת את דרכה ההיסטורית באופן מוחלט ובלתי נמנע.

מקלוהן הבחין בין שלבים היסטוריים עיקריים בהתפתחות החברה, שכל אחד מהם מעוצב על ידי אמצעי תקשורת כלשהו. לטענתו, ההשלכות האישיות והחברתיות של כל אמצעי תקשורת נובעות מהחידוש הטכנולוגי בעצמו ולא מהתכנים המועברים באמצעותו. תפיסה זו מתמצה באמירתו המפורסמת "המדיום הוא המסר". המכונה ולא מוצריה היא המשפיעה על האדם ועל סביבתו החברתית. במילים אחרות, לדעת מקלוהן, חברה שמדיום המרכזי בה הוא הטקסט המודפס, תראה את המציאות מבעד למשקפיים של שפת הדפוס ואילו חברה שהמדיום המרכזי שבה הוא הטלוויזיה, תתפוס את המציאות במונחים של שפת הטלוויזיה. בלי קשר לתכנים המודפסים או משודרים. הטיעון הכללי הוא שהמדיום עצמו, על תכונותיו הטכנולוגיות או הצורניות הייחודיות הוא אשר קובע את מערכת היחסים בחברה, מארגן את פעולתה ומעצב את תפיסת המציאות שלה.

לפי חלק מהגישות במחקר החברתי של מדע וטכנולוגיה, טמונים בחובם של שינויים טכנולוגיים ומדעיים זרעי השינוי החברתי. לפי תפיסה זו, שינויים טכנולוגיים גוררים בעקבותיהם שינויים חברתיים. לעומת זאת, ישנם חוקרים הגורסים, כי יש לראות בטכנולוגיה גורם המגביל טווח של התנהגויות חברתיות. לטענתם מימוש התנהגויות כאלה או אחרות אינו יכול להיות מוסבר במונחי הטכנולוגיה עצמה, אלא תלוי בהקשר החברתי שבתוכו היא משמשת. לשיטתם, הנורמות, הזהות החברתית, קהילת המשתתפים וגורמים נוספים הם שמכתיבים את דפוסי הפעולה, ולא הטכנולוגיה כשהיא לעצמה. סוגיה זו רלוונטית לענייננו, שכן על-פי תפיסות הדטרמיניזם הטכנולוגי אפשר לראות בטוקבקים גורמים לשינוי בתרבות השיחה, ומנגד אפשר לראות בהם גורמים המאפשרים הרחבה של צורות שיח אך אינם מחייבים

שינוי בתרבות השיחה. על-פי הגישה השנייה תפורש התפתחותו של דפוס שיחה מסוים כאפשרות באמצעות הטכנולוגיה של הטוקבק, אך לא כהכרחית.

הגישה הדטרמיניסטית טכנולוגית יכולה לחזק את מחקרנו משום שהיא טוענת כי למדיום הטכנולוגי שבו נצרכת התקשורת יש השפעה רבה על החברה. במחקרנו נעסוק באינטרנט, כלי תקשורת השונה מאד מכלי תקשורת מסורתיים. ניתן לשער כי אופיו המיוחד של האינטרנט, ובייחוד היותו אינטראקטיבי יכול להשפיע רבות על דרך התנהלותם של מאבקים ציבוריים. טכנולוגיית האינטרנט בעצם מתפקדת ככלי ביטוי שמיש ונפוץ בקרב הקהל הרחב, דבר היכול להשפיע באופן בולט על הכרעתם של נושאים מסוימים, בייחוד משום שאינטרנט מאפשר לנמען הפרטי לבטא את עצמו וכן להבין שרבים חולקים עימו את אותה דעה.

1.1.1. הטוקבקים

הטוקבק במתכונתו המוכרת באינטרנט התפתח רק בסוף שנות ה-90, אך אפשרות התגובה של הציבור על הנעשה בתקשורת אינה חדשה, והיא קיימת באמצעי התקשורת המסורתיים זה שנים רבות, במדורי המכתבים למערכת בעיתונות הכתובה ובשיחות עם מאזינים בתוכניות רדיו. יחד עם זאת, הפורמט הייחודי של הטוקבקים כחלק יוצר שוני מהותי בין הטוקבקים ובין הפורמטים הקודמים של תגובות מהציבור.

אף שהטוקבק אינו תופעה בלעדית לישראל, והוא מתקיים במרחב המקוון כולו, בישראל יש לו מאפיינים ייחודיים. כמות האתרים העיתונאיים המאפשרים טוקבקים וכן החיבור של הטוקבקים אל גוף הכתבות (לא בהפניה לאתר אחר או לדף נפרד באתר) אינם קיימים בעיתונות המקוונת באנגליה, בצרפת, בגרמניה או בארצות-הברית. במלזיה, בתאילנד, בפולין ובמדינות אחרות שעוברות שינוי טכנולוגי וכלכלי קיצוני התגובות בעיתונות המקוונת נפוצות יותר.

הטוקבק הוא מדיום המאופיין בספונטאניות, בחד פעמיות, במיידיות, בתיווך מינימלי ובאנונימיות. מאפיינים אלה קשורים גם לממד האינטראקטיביות של המדיום ולתחושה שהוא מאפשר חופש ביטוי ייחודי. כל אלה משפיעים על הפופולריות הרבה של הטוקבקים. תכונות אלה מאפיינות במידה רבה את האינטרנט ככלל, ולכן יש להבין את התפתחות הטוקבק ונורמות התקשורת באמצעותו גם כחלק מהמרחב המקוון.

אולם המיידיות, הספונטאניות והאנונימיות של הטוקבקים הפכו אותם גם לזירה נוחה וזמינה להשתלחויות בוטות בכותבים, במושאי הכתבה ובמגיבים אחרים, ועוררו דיון ציבורי בדבר ערכה הסגולי של הבימה שהם מאפשרים.

לצד מוקירי חופש הביטוי הרואים בטוקבקים זירה של מעורבות חברתית, בימה חדשה שהעם יכול לומר מעליה את דברו או מרחב להפגת מתחים ותסכולים, אחרים רואים בהם זירה אלימה שמאפשרת הפצת השמצות ולשון הרע. לדעתם של אלה, הטוקבקים הם סימן של תופעה תרבותית רחבה יותר, אשר בה תופסת את מקומה של הדמוקרטיה הייצוגית – כלומר בחירת נציגי הציבור – דמוקרטיית המונים מוחלטת המבקשת להשפיע ישירות על ההחלטות בכל דבר ועניין. לפי תפיסה זו,

באצטלה של חופש הביטוי התקשורת הופכת להיות נתינה של תרבות הרייטינג. מספר הטוקבקים בתגובה על כתבה נחשב סממן לחשיבותה, וסדר-היום העיתונאי נעשה מושתת על סיפוק צרכני העיתונות המקוונת.

על-פי תפיסה זו מדובר באשליה של דמוקרטיה, ולא בתופעה דמוקרטית אמיתית, שכן כיום גופים רבים מעסיקים "טוקבקיטים בתשלום". אלו מגיבים סדרתיים המשרתים אינטרסים של אנשים פרטיים או של מגזרים ספציפיים מתוך כוונה להשפיע על דעת הקהל, ולפיכך, טוענים המחזיקים בתפיסה זו, ניכר כי הטוקבקים אינם "מדגם מייצג" של דעות כפי שנוטים להתייחס אליהם. כיום מתרחבת המודעות לתופעת הטוקבקיטים בתשלום, ובקרב כותבי הטוקבקים יש נטייה לנסות לחשוף אותם.

בראשית דרכם של הטוקבקים הופעל סינון מוגבל מאוד על התכנים בהם. אולם כיום מערכות העיתונות המקוונת מעסיקות עובדים שתפקידם לסנן את הטוקבקים לפני עלייתם לרשת על-פי קריטריונים מוגדרים. סינון זה נעשה לנוכח מאפייניו האלימים של השיח שהתפתח בטוקבקים, מתוך אינטרס לשמר את תרבות הדיון, לנוכח ביקורת רווחת בנושא וכפי הנראה גם מתוך חשש מתביעות משפטיות.

הפונקציות החברתיות של הטוקבקים:

הטוקבקים הפכו למוקד משמעותי בשיח המקוון בפרט ובשיח העיתונאי בכלל. אפשר ללמוד זאת מכמות הטוקבקים, מהשימוש בטוקבקים "מוצלחים" במיוחד כאייתמים עיתונאיים (גם בטלוויזיה, וגם בעיתונות הכתובה) ומחדירת השפה המקוונת (של הציטים, של הבלוגים ושל הטוקבקים) לשיח הציבורי ולשפה המדוברת והכתובה.

מכיוון שהטוקבקים הפכו לדומיננטיים מאד בשיח הציבורי כיום, יש צורך לבחון את הפונקציות החברתיות שלהם. ניתן להבחין בשלוש פונקציות חברתיות:

1. **הטוקבק כזירה לשחרור כעסים ותסכולים** - יש הטוענים כי פונקציה זו משמרת את הסדר החברתי דווקא משום שהיא מאפשרת שחרור לחצים ותחושת פורקן. לעומת זאת, אחרים עשויים לטעון כי להתפתחות תרבות של תלוונות יש השפעה שלילית על דפוסי החשיבה והשיח הציבורי.

2. **יצירת סולידאריות חברתית** - למרות הנטייה הרווחת לראות בטוקבקים זירה אלימה, השיח המקוון ובכללו הטוקבק עשויים לשמש דווקא ככלי ליצירת סולידאריות חברתית. לדוגמא, בטוקבקים שלצד כתבות על חיילי צה"ל אשר נפלו בלחימה בלבנון, הובעו בעיקר תנחומים ותמיכה במשפחות, בחיילי צה"ל ובעם ישראל ככלל. יחד עם זאת, בסולידאריות חברתית נכלל עיסוק בהגדרת גבולות החברה, שהם גבולות הסולידאריות החברתית, ולכן גם בטוקבקים עצמם אפשר למצוא עדויות לניסיון להדיר אוכלוסיות הנתפסות כמאיימות על הסולידאריות החברתית.

3. **דמוקרטיזציה של השיח הציבורי** - פונקציה חברתית זו היא ההתנסות חדשה יחסית במרחב השיח המקוון והאפשרות להשתתף בו עשויות לעודד שיח דמוקרטי ומעורבות רבה יותר במתרחש בחברה. יחד עם התפתחות האפשרות הדמוקרטית מתרחב גם הניסיון ליצור מנגנוני פיקוח אשר יגבילו את

מרחב השיח. מנגנוני פיקוח אלה עשויים לפגוע בחופש הביטוי הישיר והעצמאי ולהחזיר את מתווכי השיח (עורכים, מוציאים לאור ומפיקים) לעמדת הכוח שיש להם באמצעי התקשורת המסורתיים.

לסיכום, הפונקציות השונות והמגוונות של הטוקבקים ומרחב הפרשנויות שחוקרים ומבקרים מייחסים למדיום זה מצביעים על קשת האפשרויות הרחבה שלו הן לחיוב והן לשלילה. כדי לאפשר הבנה של הטוקבקים בהקשרם בסביבת העיתונות המקוונת תוצג השוואה בין תגובות בעיתונות הכתובה ובין תגובות בעיתונות המקוונת.

טוקבקים לעומת מכתבים למערכת

ממבט ראשון נראה כי הטוקבקים הם העתקה של רעיון תגובות הקוראים מהעיתונות הכתובה לזו המקוונת. אולם, השימוש בטוקבקים ברשת נרחב לאין שיעור וזוכה לתפוצת כותבים וקוראים הגדולה פי כמה מזו הקיימת העיתונות הכתובה. בנוסף, עצם חיבור התגובות לכתבות מכניסה את התגובות להקשר ופותרות פתח לא רק לתגובתיות (reactivity) אלא גם לאינטראקטיביות. התגובות ברשת גם מופיעות כמעט תמיד יחד עם פרסום הכתבה. נראה כי שני אלמנטים אלה – הצמידות והסינכרוניות, המאפיינים את הטוקבקים, גורמים להם להיתפס כמעט כחלק מהכתבה עצמה.

מאפיין ייחודי נוסף של האינטרנט הוא מיידיות היכולת להגיב. מיידיות התגובה המאפיינת את האינטרנט מגבילה את הסינון הטבעי של התגובות. כדי להגיב במדור המכתבים למערכת הקורא נדרש ליטול אמצעי כתיבה, לכתוב, לשלוח בדואר או בפקס ולהמתין ימים אחדים עד פרסום התגובה. בעיתונות המקוונת רצף הפעולות דומה, כביכול, אבל הפעולה פשוטה, נגישה ומיידית יותר, ולכן יותר אנשים משתתפים בשיח והם אף עושים זאת באופן ספונטאני יותר.

בנוסף, כפי שאימיילים הפכו לצורת תקשורת רווחת והמכתבים במתכונתם הישנה נעשו אטרקטיביים פחות, כך הטוקבקים מיייתרים במידת מה את המכתבים למערכת. מערכות העיתונות המקוונת מפעילות גם הן סינון, אולם העובדה שיש מקום אינסופי לטוקבקים לעומת המקום המוגבל של המכתבים למערכת בעיתונות הכתובה והעובדה שהם מופיעים כמעט מייד עם כתיבתם הפכו אותם למרחב הנתפס כחופשי, נגיש ואטרקטיבי יותר מזה של מכתבים למערכת.

הבדל נוסף בין מכתבים למערכת ובין טוקבקים הוא הדומיננטיות היחסית של הומור ומשחקיות בטוקבקים. המשחקיות היא מאפיין מהותי של הכתיבה ברשת. זו באה לידי ביטוי בתחושת באסוציאטיביות, במשחקי מלים, במשחקי זהות ובהתפתחות שפה מילולית וסימבולית חדשה. ממד זה בא לידי ביטוי בבחירת כינויים הומוריסטית, בנקיטת שפה שנונה ובניסיונות מסוגים שונים לגרום לגולשים לקרוא את התגובה. הטוקבקים ברשת עשויים להיות קצרים מאוד או ארוכים ומנומקים, כבדי ראש וכאלה שנעשה בהם שימוש במקורות טקסטואליים קלאסיים – או עילגים ורצופי שגיאות. המגוון הגדול יוצר ספקטרום רחב יותר מזה שמתאפשר במכתבים למערכת.

לסיכום, ניתן לומר כי העיתונות המקוונת משנה באורך דרמטי את יחסי הכוחות בין המוען (קרי העיתונאי/ העורך) לנמען (צרכן התקשורת). בניגוד לכלי תקשורת אחרים, בהם הנמען פסיבי יחסית, באינטרנט הוא בא הרבה יותר לידי ביטוי. חוקרים שונים חלוקים בדעותיהם לגבי הפונקציות השונות שאותן ממלאים הטוקבקים. אולם אין ספק כי השפעתם על החברה רבה.

במחקרנו נתמקד בכלי ביטוי זה מתוך הנחה שהוא משמש היום ככלי ביטוי עיקרי. אנו נתמקד בפונקציה השלישית של הטוקבקים, דמוקרטיזציה של השיח הציבורי, מתוך הנחה שקיומם של הטוקבקים מאפשר לציבור רב להתבטא בנושאים שבעבר הוא לא יכל להביע בקלות את דעתו.

בפרק זה סקרנו את אבני היסוד של מחקרנו, אסכולת קביעת סדר היום הציבורי, אסכולת הבניית המציאות וייחודו של האינטרנט. בהמשך נציג כיצד אלו מתבטאים במתודולוגיה.

1. הגדרות המחקר

1.1. שאלת המחקר

כיצד מוצגת תעלת הימים בתקשורת האלקטרונית ההמונית, מה השפעתה על דעת הקהל והאם היא מייצגת את המדיניות הרשמית?

1.1. השערת המחקר

המסרים המועברים לציבור בנושא תעלת הימים בתקשורת האלקטרונית ההמונית משפיעים על דעת הקהל השלטת, וזאת מבלי להציג לציבור את כל המידע הנחוץ להכרת בעייתיות הנושא על כל היבטיה

4.1. מטרת המחקר

4.3.1. לבדוק את מידת ואופן הצגת תעלת הימים בתקשורת האלקטרונית ההמונית

4.3.2. לבחון האם קשר בין אופן הצגתה לדעת הקהל בציבור

1. מתודולוגיה

בפרקים הקודמים הגדרנו את יסודות המחקר שלנו, עליהם תבסס המתודולוגיה. בפרק זה נסביר את שיטות המחקר. ניתן לשיטות אסמכתא מחקרית, ולבסוף נציג דוגמאות לשיטת המחקר.

4.2. הסיבות להיבחרות המדיה המקוונת

התקשורת מוצגת בכמה מדיות, בין אם זו המדיה הכתובה – עיתונים וספרים, המדיה הטלוויזיונית או המדיה המקוונת. במחקרנו, כפי שהזכרנו, החלטנו להתמקד בעיתונות מקוונת, זאת מכמה סיבות:

בעשור האחרון תחום המדיה המקוונת הלך וגדל והוא מהווה כוח עולה בתקשורת. הוא מכיל מגוון רחב של אתרי תקשורת שונים ומאגרי מידע עצומים ברשת. דבר זה מאפשר לאנשים חופש רב יותר ללא מגבלות של תפוצה או קליטה.

העיתונות המקוונת היא חנימית, אין צורך ללכת ולקנות עיתון, המידע ברשת הוא חופשי ונגיש. ניתן למצוא באתרים הרבים שפע של מידע, כמות האינפורמציה אינסופית באינטרנט, עדכניות המיידית אופיו הדינאמי והאינטראקטיבי העלו את פופולאריות המדיה המקוונת באופן משמעותי על חשבון המדיה "הישנה". הצרכנים יכולים לבחור את המידע שברצונם לצרוך. כל הסיבות הללו העלו את פופולאריות מדיה זו.

העיתונות המקוונת מאפשרת חיפוש נוח של המידע הנדרש עבור המחקר (כתבות, מאמרים וכו'). זאת באפשרות מנועי חיפוש באתרים, גישה למאגרי ארכיון, חיפוש מילים בתוך כתבה ועוד. יתרון נוסף שמדיה זו מאפשרת היא קבלת תגובת הקוראים באופן מידי וספציפי ותוכן המופץ. בניגוד למדיה הכתובה או הטלוויזיונית, המדיה המקוונת היא אינטראקטיבית, ולכן קל לנו לבחון את דעת הקהל בנושאים המופצים.

סיבות אלו הביאו אותנו להחלטה כי המדיה המקוונת היא המתאימה ביותר לסוג מחקרנו הדורש תגובה מיידית של הקהל לכתבה ספציפית, ותהיה היעילה ביותר לחקור. היא מאפשרת לנו לחקור את תגובות הציבור לכתבות ללא צורך לארגן קבוצות מיקוד, לכן, בין היתר עלויות המחקר מוזלות.

בהמשך הפרק נתמקד באופן בו נערוך את שיטת המחקר שלנו, והבעייתיות העלולה להופיע בה.

4.3. ביסוס שיטת המחקר

בכדי לבסס את שיטות המחקר שלנו, הבאנו דוגמא למחקר חדשני בתחום הטוקבקים שנערך ע"י ד"ר פאביאן סיקרון, מאוניברסיטת חיפה.

המחקר, (Sikron et al, 2008) ניסה להבין כיצד נתפס בעיני הציבור, הגורם האנושי אשר מוביל לשרשרת האירועים אשר בסופו של דבר מובילות לתאונות דרכים. המחקר בחן את מגמת התגובות של הציבור (באמצעות טוקבקים לכתבות אשר פורסמו באתר אינטרנט) תוך ניתוח מבני שלהן, לידיעות בנושאי תאונות דרכים, על מנת לבחון יישום אסטרטגיות שונות למניעת תאונות דרכים. כך הכוונה היא ללמוד אילו אסטרטגיות יהיו יעילות יותר ואילו פחות, בניסיון לצמצם את היקף תאונות הדרכים.

1..5. מקור המידע למחקר Sikron et al, 2008

נסקרו כתבות אשר התפרסמו באתר האינטרנט של עיתון 'ידיעות אחרונות' (www.ynet.co.il) בחודשים יוני-יולי של שנת 2003 ושנת 2005, בהן דווח על תאונות דרכים המוגדרות כקטלניות (תוצאותיהן היו לפחות הרוג אחד).

מכיוון שהטוקבקים באינטרנט הן אנונימיות, לא ניתן לבצע סיווג סוציו-אקונומי, או להסיק לגבי מאפיינים דמוגרפים שונים מתוכן. למרות זאת, מניתוח לשוני, ניתן לעיתים להסיק לגבי מינו של המגיב.

1.1.1. איסוף הנתונים במחקר Sikron et al, 2008 :

במחקרה של סיקרון איסוף הנתונים התבצע בשלושה שלבים : בשלב הראשון התבצע חיפוש בארכיון האתר אחר ידיעות אשר כותרותיהן מכילות מילים כגון : "תאונות", "מוות". בשלב השני, נפתחו קישורים ('לינקים') אשר הפנו לרוב לידיעות העוסקות בנושא דומה, ומכילות תוכן דומה לכתבות מהן נפתחו. בשלב השלישי, נעשה חיפוש אחר ידיעות אשר פרסמו ע"י אותם כתבים אשר פרסמו את הידיעות שנמצאו לפני כן.

1..1. ניתוח הנתונים במחקר Sikron et al, 2008 :

בשלב הראשון של הניתוח התוכני, החוקר הראשון קרא את כל הטוקבקים והוציא מתוכן יחידות משמעות, המביעות דעות שונות לגבי הסיבות לתאונות דרכים, או לגבי אסטרטגיות למנוע אותן. בתהליך איטרטיבי, של פיתוח 'נושאים' (או – קטגוריות), טיוב אותם נושאים וחלוקתם גם לתתי נושאים, ניתן לכל יחידת משמעות קוד משלה. הקודים נבחרו למעשה בהתאם לקונטקסט של תוכן הטוקבקים, והסגנון של כל הטוקבקים. כך למעשה חובר קובץ קודים, ובו התיאור המדויק של נושא ותת נושא. בשלב הבא, החוקר השני בחר באופן אקראי שלושה כתבות מתוך המאגר, ויצר קטגוריות משלו, תוך כדי שיוך קוד לכל יחידת משמעות. בשלב השלישי, שלושת החוקרים בדקו את מידת ההתאמה בין הקטגוריות או הנושאים שחוברו ע"י שני החוקרים הראשונים, וניתחו אותן על פי אמות מידה מקובלות בספרות. כתוצאה מכך חובר קובץ קודים משותף. בשלב הבא, החוקר הראשון והשני בדקו שלושה כתבות נוספות, וניתחו את הטוקבקים שלהן עפ"י קובץ הקודים. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין הניתוחים של החוקרים.

5.2.1. דיון בשיטת המחקר Sikron et al, 2008 :

בניתוח הטוקבקים זהו 'נושאים' כגון : הגורם האנושי, תשתיות, ואכיפת החוק, 'נושאים' החופפים למידע הקיים בספרות המדעית. יתרה מכך, הגורם האנושי היה ה 'נושא' המוביל מבחינת היקפו בקרב התפיסות המקובלות בקרב ציבור 'משתמשי הכבישים', בדומה לקיים בספרות המדעית. העובדה שתגובות הגולשים היו ברובן בעלי נטיות לגבי אופי הנהגים, מתאימה גם ל 'טעות האפיון הראשונית', לפיה לאנשים יש נטייה לאפיין אירוע בעל אופי שלילי כמשהו הנגרם כתוצאה מאופי או מזג האדם, ולא דווקא לסיבות אשר הובילו לאותו אירוע. ניתן לראות, עפ"י המחקר הנ"ל, שהטוקבקים יכולים להיות מקור מידע איכותי מהימן, וניתוח כמותי של מקור מידע מסוג זה יהיה בעל תוצאות המשקפות מציאות מסוימת. כל זאת, בתנאי שניתוח התוצאות יהיה סלקטיבי לגבי הגורמים או התפיסות אותן רוצים לנתח.

5.2.2. קשר בין המחקרים

נוכל לראות, כפי שנציג בהמשך, כי ישנם קווי דמיון בין מחקרה של סיקרון לבין מחקרנו.

איסוף המידע נערך באופן זהה – בשני המחקרים המידע נאסף מתוך אתרי אינטרנט מוגדרים, שיטת החיפוש בתוך האתרים דומה.

שימוש בטוקבקים במקום בקבוצות מיקוד – הטוקבקים מאפשרים לנו החוקרים גישה לדעות הציבור מבלי הצורך לאסוף קבוצות מיקוד.

שימוש בשיטת סיווג הטוקבקים – בשני המחקרים ניתן סיווג, בעזרתנו ניתחו החוקרים את הטוקבקים ויכלו לכמת את הנתונים.

1.1. שיטות המחקר

בהסתמך על מחקרה של סיקרון, נבסס את מחקרנו על המדיה המקוונת, ונתמקד בהשפעת על הקהל דרך ניתוח הטוקבקים. שיטת המחקר תתחלק ל-3 גורמים:

- מציאת שלושה אתרים על פי קריטריונים.
- חיפוש בארכיון האתרים, אחר חומר בנושא.
- ניתוח הכתבות שאותרו על פי כמה פרמטרים.

אך תחילה נגדיר את טווח זמן המחקר.

5.2.4. טווח זמן של המחקר

המידע באינטרנט רב ומכיל כתבות של למעלה מהעשור האחרון. נושא תעלת הימים נמצא בתקשורת עשרות שנים אך אינו נמצא באופן קבוע בכותרות. בנוסף מחקרנו בא לחקור את ההתפתחויות האחרונות שהתרחשו בתחום תעלת הימים. בהתבסס על הקריטריונים הללו נרצה להגדיר טווח זמן בו נוכל לקבל גודל מדגם ריאלי של כתבות וטוקבקים אותן נוכל לעבד. מסיבות אלו נלקח טווח מחקר של השנתיים האחרונות, ינואר 2007 עד דצמבר 2008. בטווח שנים אלו עלה הנושא מחדש לכותרות, דבר המשתקף בכמות הכתבות שנמצאו בשנים אלו לעומת שנים עברו.

5.2.5. דרכים לאיסוף מידע אינטרנטי

1.1.1. שלב 1 - אתרים נבחרים והסיבה להיבחרותם

השלב הראשון בשיטות המחקר הינו מציאת מספר אתרים, מתוכם נדלה את הכתבות למחקר. כאשר ניגש למלאכת מציאת אתרים ניקח בחשבון שני פרמטרים:

- פופולאריות של אתר – חשוב לנו שיצרכו את האתר צרכנים מסוגים שונים, כך שנקבל מגוון רחב של דעות. את מדרג הפופולאריות של אתרים נוכל למצוא באתר Alexa.com.

זהו אתר המדרג את כל האתרים ברשת על פי חתכים רבים ושוניים. נבחן את המדרג של האתרים בישראל, בשפה העברית.

- כמות המידע – זהו הפרמטר השני שניקח בחשבון כי לעיתים אתרים פופולאריים מעלים כתבות בעלות אינפורמציה דלה, המיועדות לתפוס את הקורא המזדמן, וכן אינה מתמקדות בנושאים סביבתיים. על כן נערוך חיפוש בתוך האתרים ונמצא את האתר בעל כמות החומר הרבה ביותר בנושא תעלת הימים.

האתרים שנבחר הינם :

- *Ynet* – אתר פופולרי, המייצג עיתון נפוץ גדול – "ידיעות אחרונות".
- *Nrg* – אתר בעל פופולאריות בינונית, המייצג עיתון נפוץ גדול – "מעריב".
- *הארץ* – אתר בעל פופולאריות נמוכה יחסית, המייצג את עיתון – "הארץ", אך בעל כמות מידע רבה בנושא תעלת הימים.

1.1.1.1 שלב 2 - איסוף מידע באתרים

לאחר שנבחר את האתרים אותם נחקור, נגדיר את הדרך בה נדלה את הכתבות מהאתר.

1. ראשית עלינו לערוך חיפוש בארכיון האתר, כאשר מילות החיפוש שקבענו הן: "תעלת הימים", "מובל השלום".
2. שנית נבדוק האם ישנו קישור מהכתבה שמצאנו לכתבות נוספות. על פי רוב יהיה קשר בין הכתבה המרכזית לכתבות אליהן יש קישור. כך נוכל למצוא חומר נוסף בעניין, וכן לראות את כמות החומר בנושא והגישה של אנשים אליו.

1.1.1.1 שלב 3 – ניתוח הכתבות והטוקבקים

שאלת המחקר מורכבת משלוש שאלות, עליהן יש לענות:

- כיצד מוצגת תעלת הימים בתקשורת האלקטרונית?
- מה השפעתה על דעת הקהל?
- האם התקשורת מייצגת את המדיניות הרשמית?

בכדי לענות על שאלות מחקר אלו עלינו להתאים אליהן את ניתוח המידע. ניתוח הכתבות ייערך על ידי ארבעתנו וייערך מיצוע בין תשובותינו, זאת כדי למנוע את בעיית הסובייקטיביות.

שאלה 1: כיצד מוצגת תעלת הימים בתקשורת האלקטרונית – פרמטרים לניתוח כתבה

בכדי להבין כיצד מוצגת תעלת הימים בתקשורת המקוונת עלינו לנתח את הכתבות שבחרנו. הניתוח יתבצע בכמה שלבים.

סיווג על:

תחילה נסתכל במבט כולל על הכתבה, נקרא לכך סיווג על. מתבסס על:

1. הקטגוריה בה נמצאת הכתבה באתר – האם היא בקטגוריה: ירוק / כלכלי / חדשות/ מדע / לא ידוע. אלו המוספים בהם ניתן למצוא את מרב כתבות בנושא תעלת הימים. הקטגוריה שבה נמצאת הכתבה מעידה על "אופיי" הכתבה. כתבות הנמצאת בקטגוריה "ירוק" מציגות את הפן האקולוגי, כתבות הנמצאות בקטגוריה "כלכלי" מציגות את הפן הכלכלי וכן הלאה.
2. סיווג הכתבה – האם היא: חדשות / פרשנות (דעה) / מחקר / לא מצויין. לסיווג הכתבה יש משמעות משום שכאשר כתבה מסווגת כחדשות, ניתן להעריך שציבור הקוראים יתייחס אליה כיותר אובייקטיבית מאשר אם היא מסווגת כפרשנות. ההתייחסות אליה כאובייקטיבית או סובייקטיבית יכולה להשפיע על דעת הקהל.

ניתוח הכתבה:

אחר כך ניגש לניתוח ספציפי של הכתבה. נחלק את הכתבה למספר גורמים וננתח על פי הפרמטרים הבאים:
סיווג ראשוני:

- מסר הכותרת וכותרת המשנה - האם היא: מגמתיות בעד / מגמתיות נגד / ניטרליות
- מסר הפסקאות – נעבור על כל פסקה וננתח האם היא: מגמתיות בעד / מגמתיות נגד / ניטרליות

ננתח את הפרמטרים הללו תוך התייחסות לשפה ולצירופי מילים מגמתיות. וכו'.
לבסוף, לאחר שיהיו קיימים בידינו פרמטרים אלו עבור כל חלק בכתבה, נערוך מיצוע של התוצאות ונסכם את מסר הניתוח הכמותי של הכתבה – ככתבה: מגמתיות בעד / מגמתיות נגד / ניטרליות
סיווג משני:

1. השיקולים שהניעו את כותב הכתבה - האם היו: אקולוגיים/ כלכליים/ הנדסיים/ פוליטיים/ לא נבחן מספיק/ ללא שיקול.

ניתוח זה יאפשר לנו להבין את המסר שהכותב מנסה להעביר לקוראים. אך אנו רוצים לדעת האם מסר זה אכן הועבר והוטמע בקוראים, על כן נבדוק את תגובותיהם דרך הטוקבקים.

שאלה 2: מה השפעתה על דעת הקהל – פרמטרים לניתוח טוקבקים

שאלת המחקר השנייה עוסקת בהשפעת התקשורת על דעת הקהל, בכדי לבדוק זאת יהיה עלינו לבדוק את דעת הקהל עבור הכתבה הספציפית שחקרנו, זאת כדי לבחון כיצד כתבה זו השפיע על

הקוראים. על כן בשלב זה עלינו לחקור את הטוקבקים של הכתבה. לשם כך יצרנו מספר פרמטרים שנבדקו:

1. סיווג ראשוני - מספר הטוקבקים מגמתיות בעד / מגמתיות נגד / ניטרליות / לא רלוונטי. סיווג זה זהה לסיווג הסופי בכתבה בכדי שנוכל ליצור השוואה.
2. סיווג משני - השיקולים שהניעו את הטוקבקיסטים, האם היו: אקולוגיים/ כלכליים/ הנדסיים/ פוליטיים/ לא נבחן מספיק/ ללא שיקול.
3. חישוב מספר הטוקבקים פר כתבה ליצירת הסטטיסטיקה.

ניתוח הקשר בין הכתבה לטוקבקים – השפעתה על דעת קהל

לאחר שקיים הסיווג של הכתבה והסטטיסטיקה של מגמתיות הטוקבקים, נוכל לבדוק את הקשר בין דעת הקהל לצורת הצגת הנושא בתקשורת. הקשר בין שני משתנים אלו הינו קשר כמותי, הוא מבוסס על הניתוח הכמותי של הסטטיסטיקה של עמדת הציבור, הטוקבקים, לעומת העמדה שהכתבה מציגה. בכדי לעשות זאת עלינו לקחת את הסיווג הראשוני והמשני שיצרנו עבור הכתבה ועבור כל טוקבק של הכתבה.

- סיווג ראשוני: מסר הכתבה/ טוקבק – מגמתיות בעד/ מגמתיות נגד/ ניטרליות

- סיווג משני (השיקולים): מסר הכתבה/ טוקבק – אקולוגי/ כלכלי/ הנדסי/ פוליטי/ ללא שיקול.

כעת נערוך ניתוח סטטיסטי ונמצא את עמדת הכתבה ואת עמדת הרוב בטוקבקים ונשווה ביניהם. ההשוואה תבדוק האם עמדת הכתבה ועמדת הקהל זהות או מנוגדות. אם נמצא כי עמדת הכתבה ועמדת הקהל זהות, אזי, נוכל להסיק כי הייתה השפעה על דעת הקהל. אך אם נמצא כי דעת הקהל הפוכה נסיק כי לא התקיימה השפעה על דעת הקהל.

שאלה 3: האם תקשורת מייצגת את המדיניות הרשמית – השוואה בין מדיניות הממשלה

להצגתה בתקשורת

בבואנו לחקור את השאלה השלישית והאחרונה של מחקרנו, הלך המחשבה שלנו יהיה לבדוק האם ישנו דיסוננס בין המידע שמוצג בתקשורת לעומת המידע המתקבל ממשרדי הממשלה. יש לזכור שאנו חוקרים רק את המדיה המקוונת, על כן, נערוך חיפוש באתרי הממשלה אחר מידע על מדיניות הממשלה בנושא תעלת הימים.

נצא מנקודת הנחה כי כאשר נקבעות החלטות מדיניות, המידע מועבר לציבור בתקשורת. בטווח זמן המחקר הגדרנו כי בשנתיים האחרונות החלה החיאה תקשורתית של הנושא ועל כן נסיק כי זהו טווח הזמן בו יתפרסמו ההחלטות המדיניות העדכניות ביותר.

כעת כאשר בידנו מדיניות הממשלה העדכנית ביותר בנוגע לתעלת הימים, כפי שהצגנו בפרק הרקע מדיניות עכשווית, נגדיר אותה כאבן בוחן, ממנה נשליך לגבי אמינות הכתבות שחקרנו. נערוך

ניתוח של הכתבות במחקר ונבחן האם מדיניות הממשלה שהוגדרה על ידנו כאבן בוחן, מוצגת בכתבה. נערוך סיכום סטטיסטי כאשר נבחן האם הכתבה מבוססת או לא מבוססת על אבן הבוחן. סיכום סטטיסטיקת הכתבות: מבוססות / לא מבוססות.

בכדי להמחיש את הקלות בה נכתבות כתבות שאינן מבוססות על החלטות מדיניות רשמיות, נערוך הדגמה בכתבה הבאה.

דוגמא לכתבה לא מבוססת

להלן ציטוטים מובחרים:

פרס ותשובה מתניעים את תעלת הימים

כינוס מיוחד של הפורום לקידום הפרויקט בים המלח, נערך היום בהשתתפות נשיא המדינה ובכירים במשק. פרס: "הפרויקט לא מקפח אף אחד ולא לוקח פרוטה ממשלם המסים". תשובה: "הפרויקט יביא לשינוי ולפריחה באיזור כולו"

פרוייקט "עמק השלום", המכונה גם "תעלת הימים" של יצחק תשובה, יצא היום (ו') לדרך.

באירוע השתתפו בין השאר חברי הפורום שבראשם משרה טרי יוסי פלד, רוני מילוא, הרב ישראל לאו, פרופ' גבי ברבש, נחמן שי ויו"ר בנק לאומי איתן רף.

תעלת הימים עתידה לחבר את הים האדום עם ים המלח ואורכה יהיה 166 ק"מ. בעזרת התעלה, כך נטען, ניתן יהיה להתפיל מיליון קו"ב מים בשנה - כשליש מתצרוכת המים של ישראל, של ירדן ושל הרשות הפלשתינית.

מתוך אתר nrg - <http://www.nrg.co.il/online/16/ART1/746/558.html>

המסר המועבר מתוך כתבה זו היא כי פרויקט תעלת הימים יוצא לדרך, אך לאחר קריאה לעומק אנו מבינים כי למעשה אין מדברים על תעלת הימים הנבדקת בסקר ההיתכנות אלא תעלה אשר מנסה תשובה לקדם. הכתבה כולה נותנת תחושה כי זהו פרויקט המקודם על ידי גורמים רבים. הכתבה נותנת נתונים הנראים מאוד אמינים.

למעשה כתבה זו נותנת תחושה כי לכאורה פרויקט "תעלת הימים" של תשובה היא "עסקה סגורה" שנשיא המדינה מעורב בה וגורמים רבי מעלה אחרים. אך מכיוון שבידנו נתוני החלטות הממשלה אנו יודעים כי כתבה זו אינה מבוססת. התעלה היחידה הנשקלת על הפרק הינה ה-"red dead canal". כמו כן, אנו יודעים כי בכדי להרים פרויקט כזה המשפיע על שלושה גורמים יש צורך באישורים רבים, שאינם קיימים עבור "תעלת הימים" של תשובה. זהו תהליך מסובך הדורש מחקר של השלכות ההשלכות הסביבתיות, ואינו מתחיל ונגמר ברצונות כלכליים של גורמים עסקיים.

1.1.1. לסיכום

בפרק זה הצגנו את שיטות המחקר בעזרתן ענינו על שאלות המחקר שלנו.

- "כיצד מוצגת תעלת הימים בתקשורת האלקטרונית?" – על שאלה זו נענה באמצעות פרמטרים לניתוח כתבה, שיצרנו.
- "מה השפעתה על דעת הקהל" – בכדי לענות על שאלה זו יצרנו פרמטרים לניתוח טוקבקים ולבסוף נערוך השוואה של פרמטרים אלו לפרמטרים של ניתוח כתבה.
- "האם תקשורת מייצגת את המדיניות הרשמית" – כאן הגדרנו אבן בוחן אותה נשווה למידע הקיים בכתבות.

1.1. הדגמת המתודולוגיה

על מנת לפשט את יישום השיטה אותה פיתחנו אנו מציגים מיד בהמשך הדברים הנ"ל הדגמה של יישום השיטה מתחילתה ועד סופה בעזרת ניתוח כתבה וטוקבקים. ניקח לדוגמה כתבה שנלקחה מאתר עיתון "הארץ", 26.2.08:

תעלת הימים זה ירוק/ מאת שחר אילן

עוד כמה עשרות שנים ים המלח אולי יהפוך לשממת המלח הנמוכה ביותר בעולם. אולי הוא בכלל יהיה שלולית המלח הנמוכה ביותר בעולם. תיירים חובבי אסונות אקולוגיים ישתתפו בטיולים מיוחדים שיכללו את שדות הבולענים ואת בתי המלון המוצפים. וכולם בוודאי יאשימו את הממשלה במחדל הגדול. אבל בפועל יש סיכוי סביר שבין הגורמים העיקריים לחורבנו הסופי של ים המוות יהיו דווקא כמה ארגונים ירוקים.

יש היום רק אפשרות מעשית אחת להציל את ים המלח, וזהו פרויקט תעלת הימים ו"עמק השלום" שעליו מבקשים להכריז בשבוע הבא נשיא ישראל שמעון פרס ונשיא צרפת ניקולא סרקוזי. אבל ארגונים סביבתיים, ובראשם ארגון "ידידי כדור הארץ - המזרח התיכון", נאבקים בפרויקט. הם מבקשים לעכב אותו לצורך בדיקות השפעה סביבתית ובדיקות היתכנות, ושאר בדיקות שמטבען מכניסות מקלות בגלגלים וגורמות לתוכניות להישכח במגירות.

המתנגדים משולים בעניין הזה לקרוב משפחה שמסרב לאפשר לנתח את יקירו המיטלטל בין חיים למוות, בטענה שהניתוח יגרום לצלקת. מעניין מאיזה נזק אקולוגי בדיוק הם חוששים? מפגיעה בתהליך ההתייבשות הייחודי של הים? מהיעלמות תופעת הבולענים הנדירה? עם המים של ים סוף יכולה להיווצר שם אקולוגיה מחודשת. אבל אם תיווצר תנועת התנגדות גדולה יכול להיות שזה לעולם לא יקרה.

ארגון "ידידי כדור הארץ" טוען שלא נבחנת ברצינות אלטרנטיבה של שיקום ים המלח באמצעות הזרמת מים מתוקים מהכנרת. נכון. גם לא נבחנת ברצינות אפשרות להעביר את ים המלח לאזור גשום יותר, או להטות אליו את אפיק הדנובה. על פי הערכת המכון הגיאולוגי, יידרשו 850 מיליון מ"ק מדי שנה רק כדי לעצור את ירידת המפלס. מדובר ביותר ממחצית מצריכת המים השפירים של ישראל. מעניין למה האפשרות לשפוך אותם לים המלח לא נשקלת ברצינות.

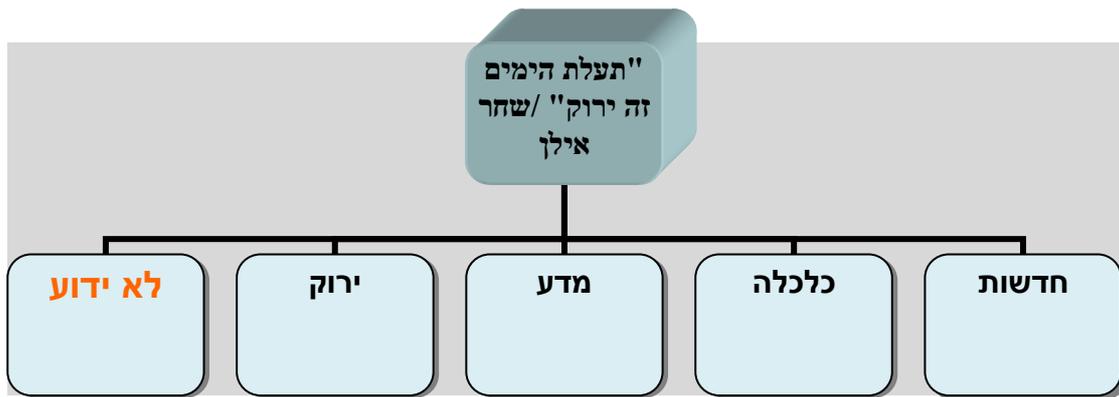
המיליארדר יצחק תשובה מעוניין לבנות לאורך "עמק השלום", שבו תעבור התעלה, אגמים, בתי מלון, פארק ספארי ומרכזי בילוי. מתנגדי התוכנית טוענים שהערבה אינה שממה הטעונה הפרחה אלא אזור בעל חשיבות וייחוד עולמי מבחינה נופית. כאילו אם רק תנסה את הדברים בז'רגון ירקרק, תוכל באמת לשכנע משהו שהאזור הריק בין אילת למדינת ישראל הוא שכיית נוף אטרקטיביות שאין לגעת בה. תוכל גם לשכנע שלחפור אגמים ולבנות בתי מלון ולהביא אלפי תושבים ומי יודע כמה תיירים שיתפסו חלק קטן מהאזור, זה דבר רע ומזיק.

על הארגונים הירוקים לאמץ הנחת יסוד שונה לחלוטין: לא איך לעכב את תעלת הימים, אלא איך לעודד את כרייתה ולעשות את זה במינימום נזק לסביבה - הכי הרמוני, הכי ידידותי לאדם ולטבע, הכי פחות בעייתי. אחרת עלול להיווצר הרושם שכמו החרדים, יש גם ארגונים ירוקים הסבורים ש"חדש אסור מן התורה".

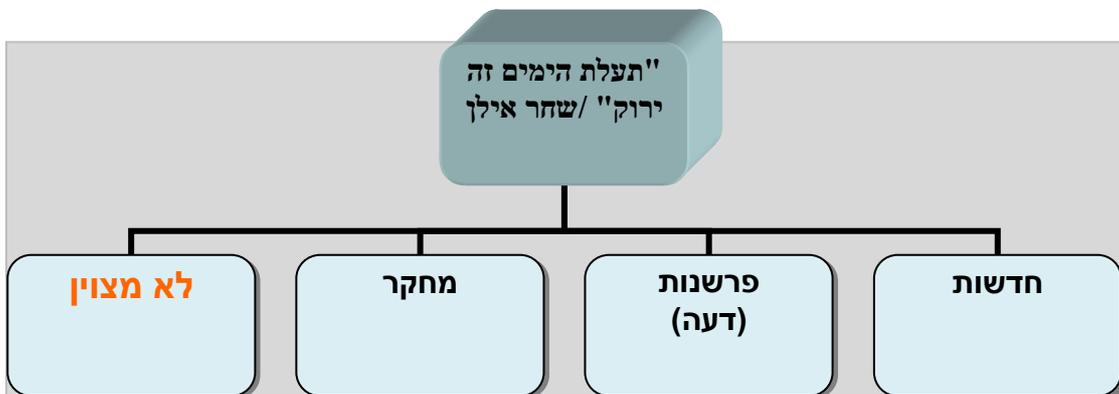
כדאי גם לזכור: כשם שרצועת הביטחון האמיתית בין ישראל למצרים היא רצועת בתי המלון על חופי סיני, תעלת הימים תהיה רצועת הביטחון האמיתית בין ישראל לירדן. מה ששומר באמת על יחסים בין מדינות היא התחושה שיש להן מה להפסיד. יש הרבה יתרונות לשלום, ובין היתר הוא ירוק להפליא; השריפות ביערות הגליל במלחמת לבנון השנייה הזכירו לנו כמה מלחמה יכולה להיות שחורה.

אחת הבעיות הגדולות של ישראל בעשורים האחרונים היא הפחד מפני חזון ומפני מפעלים גדולים מדי. חזון מביא אתו תקווה וגאווה, שני היבטים שחסרים היום מאוד לציבוריות הישראלית.

תעלת הימים היא הזדמנות מצוינת לנפץ את הפחד מפני החזון ולהזכיר לעצמנו שאנחנו יודעים לפתח לא פחות משאנחנו יודעים להחריב, שאנחנו יכולים להועיל לשכנינו ולא רק להזיק להם, ושישראל כולה היא פרויקט מגלומני אחד גדול שהצליח להפליא.



1.1.1. כיצד סווגה הכתבה ע"י האתר?



5.3.2.3. ניתוח תוכן הכתבה

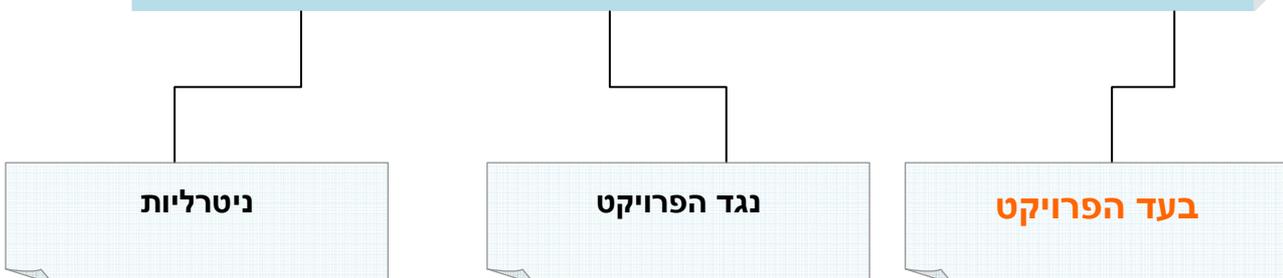
כאמור, הכותרת מביעה מסר חשוב מאוד ולכן משמעותה רבה. "תעלת הימים זה ירוק" הינה כותרת עם מסר ברור אשר פונה אל מתנגדיה העיקריים של התוכנית וטוענת כנגדם כי תעלת הימים משרתת את האינטרסים שלהם ולכן זעקתם לשווא. לכן במקרה זה לא נתקשה לקטלג את סוג הכותרת עפ"י הקריטריונים שקבענו:

מהו המסר הנובע מהכותרת וכותרת המשנה (במידה ויש כזו)?



5.4.1.3. ניתוח פסקה

"...יש היום רק אפשרות מעשית אחת להציל את ים המלח. וזהו פרויקט תעלת הימים ו"עמק השלום" שעליו מבקשים להכריז בשבוע הבא נשיא ישראל שמעון פרס ונשיא צרפת ניקולא סרקוזי. אבל ארגונים סביבתיים, ובראשם ארגון "ידידי כדור הארץ - המזרח התיכון", נאבקים בפרויקט. הם מבקשים לעכב אותו לצורך בדיקות השפעה סביבתית ובדיקות היתכנות, ושאר בדיקות שמטבען מכניסות מקלות בגלגלים וגורמות לתוכניות להישכח במגירות..."



כל פסקה ופסקה מהכתבה נבחרת באופן זה והמגמתיות הכוללת של הכתבה נעשית ע"י מגמתיות רוב הפסקאות. במידה וישנן פסקאות בעד ונגד הפרויקט במידה שווה הכתבה מסווגת כניטרלית. במקרה של כתבה זו הרוב המוחלט של הפסקאות היה בעד הפרויקט ולכן כתוצאה מניתוח כמותי זה הכתבה מסווגת כבעלת מגמתיות בעד הפרויקט.

1.1. ניתוח טוקבקים

ניתוח הטוקבקים נעשה ע"י כל אחד מהחוקרים באופן עצמאי. החוקר קורא את הכתבה ואת הטוקבקים כולם. הסיווג נעשה עפ"י הקריטריונים עליהם הוחלט מראש בשיטת המחקר.

דוגמאות:

2. טוקבק מס' 5:

"מאמר מצוין, מסכים לכל מילה, לירוקים חסרה בהרבה מקרים יכולת לראות דברים במאקרו..."

ניתוח הטוקבק:

טוקבק זה פשוט וברור להגדרה, הכותב בעד הפרויקט אף ללא התניה בבדיקות ובסקר היתכנות.

בעד / נגד / ניטרלי

3. טוקבק מס' 13:

"דמגוגיה זולה מאוד מאוד..."

התייחסות עניינית? או רק לעג לעמדות אנשי הסביבה? ממתי בדיקת נזקים ובדיקת השפעות של פרויקט כל כך גדול הן מקל בגלגלים ולא חלק הכרחי וחיוני בפרויקט שכזה?..."

ניתוח הטוקבק:

בקריאה ראשונה ניתן לטעות ולחשוב כי כותב הטוקבק מתנגד לדבריו של כותב המאמר ולפיכך עמדתו נגד הקמת הפרויקט, תשומת לב נוספת לדבריו של הטוקבקיסט מסווגת את התגובה כניטרלית שכן עמדתו היא כי יש לעשות את הבדיקות הנדרשות, לסיים את סקר ההיתכנות ורק לאחר מכן להחליט על הקמת או אי הקמת הפרויקט.

בעד / נגד / ניטרלי

לאחר שנבחנו כל הטוקבקים בכתבה ע"י החוקרים וסווגו עפ"י הקריטריונים עליהם הוחלט מראש לפי ראיות כל אחד ואחד, נעשה מיצוע התוצאות של ארבעת החוקרים.

להלן דוגמא למסמך (המובא כאן באופן חלקי) אותו מילא כל אחד מהחוקרים עפ"י מס' הטוקבק.

הטבלה משמאל מייצגת את מיצוע התוצאות בין כל החוקרים ואת האחוזים שניתנו לכל אחד מהקריטריונים על פיהם ניתן לקבוע את מגמת דעת הטוקבקיסטים ולבחון את השוואה בין מגמת הכתבה למגמת הטוקבקים.

	לא רלוונטי	ניטרלי	נגד פרויקט מובל השלום				בעד פרויקט מובל השלום				טוקבק	
			לא שיקול	פוליטי	הנדסי	כלכלי	אקולוגי	לא שיקול	פוליטי	הנדסי		כלכלי
	*											1
									*			2
		*										3
											*	4
										*	*	5
		*							*			6
												7
						*		*				8
							*	*				9
								*				10
								*				11
									*			12
										*		13
	*											14
	*											15
		*										16
							*	*				17
	*								*			18
												19
											*	20

לא רלוונטי	ניטרלי	נגד	בעד	
19	11	33	18	
23.5	13.6	40.7	22.2	%
				100%

1.1. בעיות במתודולוגיה

כיוון שבכל שיטת מחקר ישנן "נקודות תורפה" שונות שעליהן יש להתגבר ולמצוא פתרונות מצאנו לנכון למנות את הבעיות שעלו תוך כדי כתיבת המתודולוגיה ולנסות ולבדוק כיצד ניתן לפתור כל בעיה ובעיה באופן ספציפי.

1. **בעיה:** הבעיה הראשונה עלתה כבר בסיווג הטוקבקים בקטגוריות השונות. ישנם טוקבקים אשר דעת הכותב לא ברורה ולכן חלק מהחוקרים סיווגו אותו בקטגוריה שונה. **פתרון:** הוחלט כי ע"מ לנטרל ככל האפשר את סובייקטיביות החוקרים ייעשה בסוף הקטלוג מיצוע של התוצאות כולן כך שתתקבל התוצאה האובייקטיבית ביותר.

2. **בעיה:** הבעיה השנייה שנוצרה, כמו בהרבה מחקרים בתחום מדעי החברה, היא הקושי במעבר בין פרמטרים איכותיים לכמותיים- כיצד ניתן לכמת את הידע המקצועי של מחבר הכתבה לתוך שכלול התוצאות? אין ספק כי יש משמעות גדולה לכתב העומד

מאחורי הכתבה. לדוג' בכתבה הנוכחית המוצגת, הכותב, שחר אילן, הינו פרשן לענייני חרדים אשר חיפוש קצר מעלה כי אין לו קשר כלל ועיקר בעברו עם נושאים כגון אלו. יכול להיות כי אם מס' אנשים שהגיבו היו מודעים לכך הייתה תגובתם משתנה. **פתרון:** כמו בכל מחקר איכותי ישנם פרמטרים אשר לא ניתן לכמת ולכן אלו שאינם הכרחיים ביותר למחקר לא יובאו בחשבון בנייתוח הכתבה. ייתכן ובמחקר עתידי רצוי יהיה להתייחס לסוגיה זו.

3. **בעיה:** טוקבקים "מושטלים". הכוונה לטוקבקים אשר נכתבים מטעם גורמים המזוהים עם צד זה או אחר ע"מ לצודד בהם ולקדם את רצונם. לדוגמא: להתנגד למוצר כלשהו, לדעה מסוימת, להביע תמיכה או התנגדות לפרויקט, בכפוף לנושא הכתבה. טוקבקים כאלו משפיעים על תוכן התגובות וכך מטים את תוצאות המחקר. **פתרון:** כיוון שקשה לזהות באופן וודאי תגובות מעין אלו ישנו האילוץ להתעלם מבעיה זו ולהתבסס על ההנחה כי עם מדגם נתונים גדול נעשית הבעיה זניחה יותר עד שהשפעתה אינה משמעותית כלל.

4. **בעיה:** טוקבקיסטים אשר מגיבים יותר מפעם אחת. כיוון שכך הם לעיתים מביעים את דעתם מס' פעמים ונוצרת הטיית תוצאות.

פתרון: במקרים בהם ברורה זהות הטוקבקיסט באופן וודאי ואין ספק כי הוא אותו אדם שכתב אותה תגובה מס' פעמים סופרים את כל תגובותיו פעם אחת בלבד.

5. **בעיה:** טוקבקים של אותו אדם המציג את עצמו בזהויות שונות ואין אפשרות לדעת כי זהו אותו אדם.

פתרון: במקרה זה אין פתרון כיוון שאין אפשרות לזהות טוקבקים כאלו. אנו נאלץ להתעלם במקרה זה מהבעיה ולהניח כי הינה זניחה במדגם נתונים גדול ככל האפשר.

6. **בעיה:** דעה לא ברורה של כותב הטוקבק. הכותב מתייחס לנושא הכתבה, הוא אינו ניטרלי בדעותיו אך לא ניתן לזהות את כוונתו.

פתרון: השמטת הערך. אותו טוקבק לא נספר כלל.

7. **בעיה:** תגובה לא רלוונטית של כותב הטוקבק (מגיב באופן שלא קשור לכתבה, התייחסות לא עניינית לכותב אחר וכו')

פתרון: קטלוג הטוקבק כלא רלוונטי.

8. **בעיה:** האם טוקבקים הם אכן מדגם מייצג? בעיה נוספת וחשובה שעלתה מהמתודולוגיה נובעת כתוצאה מהייחוד של קבוצת מדגם זו שנבחרה. קבוצת מדגם של טוקבקים עלולה להיות מוטית בשל העובדה כי ישנם צרכנים הנכנסים למוספים וכתבות אשר להם אוריינטציה המתאימה לדעותיהם. לפיכך התגובות לכתבה הן בהתאם לאנשים הקוראים אותה ומגיבים ועשויות להיות מוטות עפ"י דעות האנשים הבוחרים לקרוא אותה. **פתרון:** אז איך נדע בכל זאת האם מדגם זה מייצג נכונה את דעת הציבור הרחב? בכדי לפתור בעיה זו נערוך בקרה על מחקרנו באמצעות שאלונים. אלו יכללו כתבה אותה יתבקשו הנשאלים לקרוא ומיד לאחר מכן להוסיף תגובה משלהם לכתבה. לבסוף תשאל קבוצת המדגם את השאלה הבאה:



5.4. סיכום שיטת המחקר

- בחירת הכתבות
- סקירת הכתבות וניתוחן
- סקירת הטוקבקים וקטלוגם לפי הקטגוריות השונות
- השוואה בין הכתבות לטוקבקים- האם ישנו קשר כלשהו בין הדעה המובעת בכתבה לדעת המגיבים לכתבה, ואם כן, מהו סוג הקשר
- בחינת הקשר בין מיקום הכתבה באתר וסיווגה לבין מגמתיות דעת המגיבים לכתבה
- השוואה בין תוכן הכתבות למדיניות העכשווית- האם ישנה התאמה?
- חיזוק המתודולוגיה על-ידי שאלונים
- סיכום התוצאות- האם ישנה השפעה על הציבור בהתאם לדברים המתפרסמים בתקשורת?
- האם ההשפעה לגיטימית? (בהתאם למדיניות המקובלת)

1. לוח זמנים משוער

- נובמבר 2008 – ינואר 2009 : סקירה ספרותית של התיאוריות המתארות השפעות אפשריות של התקשורת על דעת הקהל.
- פברואר 2009 – אפריל 2009 : סקירה ספרותית של התפתחות כיסוי אירועים סביבתיים על ידי התקשורת בכלל, והאלקטרונית בפרט, והשפעת התקשורת על דעת קהל בכלל ובנושאים סביבתיים בפרט.
- מאי 2009 – אוגוסט 2009 : איסוף מקורות המידע (הכתבות באתרים הנבחרים העוסקות בנושא תעלת הימים/מובל השלום, והטוקבקים לכתבות אלו)
- ספטמבר 2009 – פברואר 2010 : ניתוח מקורות המידע עפ"י הקריטריונים אשר הוצגו בשיטת המחקר
- מרץ 2010 – אפריל 2010 : עריכת התוצאות שהתקבלו בניתוח מקורות המידע לעיל
- מאי 2010 : עריכת שאלונים בקרב קבוצת מדגם מייצגת על מנת להשוות לתוצאות שהתקבלו ולתקן במידת הצורך, כפי שהוצג בסעיף הבעייתיות בשיטת המחקר והצעות לתיקון
- יוני 2010 – אוגוסט 2010 : הסקת מסקנות, והשוואתם למקורות הספרות הרלוונטיים
- ספטמבר 2010 – אוקטובר 2010 : כתיבת עבודת מוסמך

1. הצעות להמשך מחקר/מחקרים נוספים

1. האם סיקור תקשורתי מגמתי עשוי לגרום להתאגדות ציבורית (בעד או נגד קונפליקט סביבתי)?
2. השוואה בין סיקור של שיח סביבתי אחר לסיקור של תעלת הימים ומציאת פרמטרים הגורמים להצלחת מאבק סביבתי או לכישלונו.

8. ביבליוגרפיה

- גולדשמיט, ר. (2006). מקומם של ה"טוקבקים" בשיח הציבורי בישראל. ירושלים: הכנסת-מחלקת מידע ומחקר.
- ועדת ההיגוי של פרויקט מוביל המים הבן-ימי, (1980). סקר היתכנות הנדסית והערכת עלות-תועלת, שלב ב'. דו"ח ביניים. משרד האנרגיה והתשתיות, משרד האוצר.
- ועדת ההיגוי של פרויקט מוביל המים הבן-ימי, (1981). דו"ח סופי. משרד האנרגיה והתשתיות, משרד האוצר.
- כספי, ד. (עורך) (1995). תקשורת המונים. א' + ב'. תל אביב: האוניברסיטה הפתוחה.
- ליבס, ת., ובר נחום, י. (1994). תקשורת מפרגנת: "סוכל ניסיון פיגוע בחוף ניצנים". בתוך: ד. כספי, ל. יחיאל. (עורכים). אמצעי תקשורת המונים בישראל (עמודים 393-405). תל-אביב: האוניברסיטה הפתוחה.
- מקומבס צ.א., ושו, ד.ל. (1995). התפקוד של אמצעי תקשורת ההמונים כקובעי סדר היום. בתוך: ד. כספי (עורך) תקשורת המונים – מקראה (עמודים 109-121). ת"א: האוניברסיטה הפתוחה.
- צוות חברת ים תיכון-ים המלח (1985). מפעל הימים.
- רובין, ברי (עורך), 2001. שימוש יעיל במקורות מים מוגבלים: הפיכת ישראל למדינת מודל. רמת גן: מרכז בס"א, אוניברסיטת בר-אילן
- רז, אלי (1993). ספר ים המלח. רשות שמורות הטבע.

Cohen, B. C. (1963). The Press and Foreign Policy, p. 120, Princeton University Press.

Sikron, F., Baron-Epel, Orna, Linn, S. (2007). The voice of lay experts: Content analysis of traffic accident "talk-backs", Transportation Research, part F 11. Elsevier. p 24-36

אתר הקרן הקיימת לישראל:

http://www.kkl.org.il/kkl/hebrew/nosim_ikaryim/kkl_eichut_hasviva/tmicha_bemaavakim_leechut_hasviva/sfadipro.x

אתר הבנק העולמי:

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/MENAEXT/0,,contentMDK:20664264~pagePK:146736~piPK:146830~theSitePK:256299,00.html>

מסמך קונספט של הבנק העולמי -

http://siteresources.worldbank.org/MENAEXT/Resources/RDS_Background_Note_V050707.pdf?resourceurlname=RDS_Background_Note_V050707.pdf

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/MENAEXT/0,,contentMDK:20664287~pagePK:146736~piPK:146830~theSitePK:256299,00.html>

אתר המשרד לאיכות הסביבה :

http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=object&enDispWho=News%5E11471&enZone=gov_decisions&&enVersion=0

אתר משרד התשתיות הלאומיות:

<http://www.mni.gov.il/NR/exeres/7475B2C8-B41F-4ADA-BD1F-7239605AC272.htm>

אתר מכון ויצמן למדע :

<http://stwww.weizmann.ac.il/energy/EnergySources/Hydro/TunnelSeas/Tunnel1.htm>

אתר nrg מעריב :

<http://www.nrg.co.il/online/16/ART1/746/558.html>

אתר הארץ :

<http://www.haaretz.co.il/hasite/spages/993858.html>

תפיסת הממשלה את פרויקט תעלת הימים: מבט השוואתי על השיקולים השונים לאורך השנים



איור: עמוס בידרמן

עורכות הפרויקט

כזום טל (031750599), בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר
נבו מיכל (036321073), בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר
פיים יערה (052789344), בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר

מנחה מסייע: נועם סגל

קורס "פרויקטים בחקר הסביבה" - תשס"ח

בית-הספר ללימודי הסביבה על שם פורטר

ספטמבר 2008

תוכן עניינים (עמ' 99 – 132):

רקע

מתודולוגית המחקר

השערת המחקר

מטרות המחקר

שיטות המחקר

סקירה היסטורית

שנות ה-50

שנות ה-60

שנות ה-70

שנות ה-80

שנות ה-90

שנות ה-2000

תהליכי קבלת החלטות

רקע תיאורטי

מודל פח הזבל

ממצאים ראשוניים

שנות ה-50-60

שנות ה-70

שנות ה-2000

סיכום ממצאי ראשוניים

מסקנות והמלצות להמשך או להיבטים שלא נבחנו בעבודה זו

ביבליוגרפיה

רקע

במהלך המאה ה-20 ירד מפלס ים המלח ביותר מ-25 מטר, וכיום מגיע המפלס לגובה של כ-418 מטר מתחת לפני הים. גירעון המים מסתכם בכ-650 מיליון מ"ק לשנה. הגירעון נובע בעיקר משאיבת מים מהכנרת ומהירמוך לאספקה השוטפת בישראל, בירדן ובסוריה, וכן משאיבת מי ים המלח לבריכות האידוי של מפעלי האשלג בירדן ובישראל. ירידת המפלס עומדת על כמטר בשנה ובעטיה חלים שינויים משמעותיים, הפוגעים בתשתיות, בערכי טבע ונוף ובתדמית האזור. לעומת המפגעים התשתיתיים והסביבתיים שמקורם בירידת המפלס, עליית מליחות המים המלווה תהליך זה, מסייעת לתעשיות ים המלח בכך שהיא מגדילה את יעילות הפקת המלחים באופן ניכר⁴¹.

מצבו הנוכחי של ים המלח מבטא את מצוקת המים האזורית. כיום נגרעים מדי שנה יותר ממיליארד מטרים מעוקבים של מים שפירים, שבעבר זרמו לים המלח. פעילות המפעלים בבריכות האידוי מגדילה את גרעון המים בכ-250 מלמ"ק נוספים.

כתוצאה מגירעון המים, תהליך ההתייבשות מביא לירידת מפלס שגורמת לשינויים מתמידים במיקום קו החוף ובתנאים הפיסיים השוררים לאורכו. שינויים אלה משפיעים על יציבות התשתיות, מאיימים ופוגעים בפועל במבנים, כבישים, גשרים, שטחי חקלאות ותשתיות הנדסיות אחרות. הנגישות אל הים נמנעת, שגרת החיים באזור משובשת, האטרקטיביות התיירותית של האזור נפגמת ואי הודאות באשר לעתידו גוברת. אי הודאות לגבי המגמות הקיימות והסיכון הנשקף מהן, גרמה לעצירת תוכניות פיתוח ומנעה קידום תוכניות עתידיות.

עיקרו של פרויקט "תעלת הימים" הוא העברת מים ממקורות שונים אל ים המלח. בנימין זאב הרצל העלה את הרעיון כבר בשנת 1902 בספרו "אלטנוילנד". במתכונת שונה מעט, קודמה התוכנית כמה עשורים אחרי קום המדינה על ידי שורה של אישי ציבור. הפרויקט הוצע ונדון מספר פעמים. בשנות ה-70, ה-80 וה-90 נעשו ניסיונות מאומצים להוציא את פרויקט "תעלת הימים" אל הפועל. כיום הפרויקט מקודם, תוך כדי מעורבות גבוהה של המגזר העסקי.

עם זאת, מטרות הפרויקט היו שונות בכל תקופה: כאשר הפקוייקט נהגה הדגש הושם על הספקת אנרגיה ע"י ניצול הפרשי הגובה להפעלת טורבינות להספקת חשמל⁴², ואילו בשנות ה-90 הודגש בעיקר ניצול הפרשי הגובה לשם התפלת מים. היו גם מטרות נוספות לכל הצעה כדי להגביר את יעילותן. הוצגו אפשרויות אחדות ליישום הפרויקט בכמה תוואים. נגד הפרויקט הועלו נימוקים אחדים, אך הוא לא יושם בעיקר מסיבות כלכליות.

⁴¹ רון תקווה, "מחקר וניטור ים המלח לאור ירידת המפלס", הכנסת, מחלקת מידע ומחקר, 2006
⁴² וריצבורגר, א' וגראטש, א', מפעל המים, 1985

במחקר זה נציג את התפתחות פרויקט תעלת הימים והגישות השונות שהפגינו ממשלות ישראל כלפיו. אנו נתחיל את החיפוש החל משנות ה-50, התיעוד לשנים אלו כבר חשוף לציבור וניתן לבחון את ההצעות לניצולו של ים המלח ואת הפתרונות שהוצעו להצלתו. החשיפה הראשונה שלנו, של המסמכים המובאים בהמשך, כבר מראה כיוונים חדשים וסקרי סביבה שלא ידענו על עצם קיומם. לשם השלמת מחקר זה יש צורך בעיון במסמכים של שנות ה-80, אשר בקרוב תוקפת הגניזה שלהם מסתיימת.

מתודולוגיית המחקר

השערות מחקר

אנו צופות כי ההחלטות בדבר קידום פרויקט תעלת הימים התקבלו בתהליך לא סדיר וספוראדי לאורך השנים. השיקול המרכזי לבחינת הפרויקט השתנה בתקופות שונות בהתאם להערכות מצב ומוטיבציות שונות של בעלי התפקידים ולא דווקא עפ"י ההיזדרדות במצבו הפיזי של ים המלח. כמו כן השיקול הסביבתי קיבל חיזוק עם הקמתו של המשרד לאיכות הסביבה (בסוף שנות ה-80).

מטרות המחקר

למפות את הדינאמיקה בין מקבלי ההחלטות והמשקל שהם מעניקים לשיקולים השונים (כלכלי, סביבתי, בטחוני ומדיני).

- לבחון האם הקמתו של משרד לאיכות הסביבה תרמה להתחשבות גבוהה יותר בשיקולים סביבתיים ע"י הממשלה.
- לבחון את תעלת הימים כמקרה מבחן לדרך בה מתקבלות החלטות בדבר הקמת פרויקטים עצומים בישראל.

שיטות המחקר

א. איסוף פרוטוקולים ודוחות ממשלתיים

מקורות לממצאים :

לשנים 83-58 : סיכומי שיחות, דוחות ומכתבים – גינזך המדינה

לשנים 99-83 : החומרים ברובם אינם חשופים כעת לציבור

לשנים 08-99 : אתרי האינטרנט של הכנסת והמשרד להגנת הסביבה והתבטאויות פומביות של שרים.

ב. ניתוח והשוואת היחס בין השיקולים השונים בכל מסמך

ניתוח פרוטוקולים

א. רישום נציגי כל משרדי הממשלה שהשתתפו בדיון

ב. בדיקת כמות המלל שנאמרה על ידי משרדים סביבתיים לעומת משרדים כלכליים או ביטחוניים

ג. ניתוח האינטרסים שבלטו בייצוגם בדיון

ניתוח דוחות

ניתוח איכותני של תוכן כל דוח

ג. השוואת התוצאות המתקבלות לאורך העשורים

סקירה היסטורית

שנות ה-50

בשנת 1949 נתפסה עין גדי ע"י צה"ל וכך נקבעה האחיזה הישראלית בחוף המערבי של ים המלח. העבודה במפעל האשלג הדרומי חודשה ב-1952, במסגרת חברת "מפעלי ים המלח" ובאותה שנה קמה התיישבות ראשונה בנאות הכיכר, כחווה חקלאית המבוססת על גידול ירקות חורף⁴³. ב-1953 עלתה היאחזות נחל עין גדי והפכה ב-1956 לקיבוץ. הקמת הקיבוץ נתפסה כחידוש הישוב החקלאי יהודי בעין גדי לאחר כ-1200 שנים. באותה שנה הוקמה המועצה האזורית תמר ע"י משרד הפנים. ב-1958 בוצעו סקרים הנדסיים נרחבים ביוזמתם של מנהל מפעלי ים המלח דאז, מרדכי מקלף, והמדען מ. כהנר. על פי סקרים אלו נקבעו מגמות הפיתוח העסקי של המפעלים. נושא תעלת הימים עלה באופן לא מסודר בתכתובות בין משרדי הממשלה השונים כפרוייקט חיבור הים התיכון עם ים המלח לצורך הפקת חשמל. לא היו דיוניים רשמיים בנושא.

שנות ה-60

ניצני המלונאות נראו בעין גדי ב-1960 בדמות אירוח כפרי בקיבוץ. ענף המלונאות המוכר כיום בדרום ים המלח החל להתפתח עם פתיחתו של מלון עין בוקק ב-1963 ביוזמה מוסדית, ומלון גלי זוהר שהוקם ב-1965 ביוזמה פרטית. ב-1961 הוסדר חוק שבמסגרתו קיבלו מפעלי ים המלח מהמדינה זיכיון בלעדי להפקת מחצבים בים המלח ושימוש בשטחי עזר בהיקף של כ-600 קמ"ר מאזור סדום ועד לאזור מצדה. זיכיון זה הוארך עד לשנת 2030. חוק הזיכיון הקנה לחברה מעמד של מעין מדינה בתוך מדינה, אשר כללי וחוקי מדינת ישראל אינם חלים עליה. הדבר נעשה כדי לפתח את הנגב ואת כלכלת מדינת ישראל. חובות המפעל מתמקדים בניצול, הפקה, ייצור ושיווק אוצרות הטבע הנמצאים בים המלח. המטרה העיקרית העומדת מול עיני מנהלי מפעלי ים המלח הוא רווחיות כלכלית⁴⁴. ב-1968 הוקמה החברה הממשלתית כימיקלים לישראל שאיגדה מספר מפעלי תעשיות כימיות בישראל ובהם מפעלי ים המלח. בשנת 1967 תוצאות מלחמת ששת הימים אפשרו גישה מחודשת לצפון ים המלח וחיבורו של האזור למרכז המדינה, דרך ירושלים. ההתיישבות המחודשת החלה ב-1968 כהיאחזות נחל בחוף קליה. בשנים 1968-1971 נסלל הכביש מעין פשחה לעין גדי, וכך יצאה עין גדי מבידודה והתיירות הפכה למרכיב חשוב בכלכלתה⁴⁵.

⁴³ המשרד לאיכות הסביבה ומכון ירושלים לחקר ישראל, מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006

⁴⁴ אסנת מירון, מפעלי ים המלח "הירוקים במדבר" – האמנם? הביוספירה, כרך כד', 1995.

⁴⁵ המשרד לאיכות הסביבה ומכון ירושלים לחקר ישראל, מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006

האמרת מחירי הנפט בעקבות משבר האנרגיה בראשית שנות ה-70 העלה מנכבי העבר את רעיון ניצול הפרשי הגבהים בין הימים לשם ייצור חשמל. ב-1974 מינה שר הפיתוח דאז, חיים גבתי, ועדה בראשות פרופ' אקשטיין לבדיקת כדאיות הרעיון. המסקנה החיובית הביאה למינוי ועדת ייעוץ ומנהלת פרויקט שביצעה בדיקה מוקדמת של ייתכנות הנדסית והערכת עלויות. ב-1976 במאמר של ולרי ברכיה, שפורסם בעיתון הביוספירה, של משרד הפנים, השירות לשמירת איכות הסביבה, נסקרה תוכנית תעלת הימים. "חידושים בטכנולוגיה של כריית מנהרות הופכים רעיון זה למעשי מבחינה טכנית וכלכלית". סה"כ המטרות שפורטו לתוכנית (לא כל נתיב כלל את כל המטרות):

- מפעלי ים המלח: חשש מפגיעה בפוטנציאל הייצור של המפעלים כתוצאה מנסיגת קו המים.
- מקורות כוח: מקורות אלטרנטיביים לדלק, וגם לסיפוק העלייה בדרישה.
- תחנות כוח גרעיניות: מאחר והאזור שומם מאדם.
- מי קירור לתעשייה: לתעשיות המתפתחת במרחב הנגב.
- התפלת מים: בצמידות לתחנת כוח גרעינית על מנת לתרום מים מתוקים לאוכלוסייה ולחקלאות באזור.
- תיירות: הקמת אגמים לאורך המוביל.

במאמרה של ברכיה יש ניסיון ראשון לזהות את ההשלכות הסביבתיות בהתבסס על דוח אקשטיין: "יישומה של התוכנית יהיה בעל השלכות סביבתיות, בעצם התקנת המרכיבים השונים, מנהרה, תעלה, צינורות מאגרים ומסופים ומתוך הפיתוח הכולל הקשור בכך". ההשלכות הסביבתיות שהיא מזהה הן, הרכב כימי של המים, טמפי' מים, הצפת חלקים שתשפיע על החי והצומח, סכנת דליפת מים לאקוויפר, ניגוד אינטרסים עם שימושי קרקע אחרים, השפעה על ערכים אסתטיים של הנוף, תיעוש שיגרום לבעיות חמורות של זיהום אוויר ומים והשפעות מיידיות וארוכות טווח מעצם בניית המוביל".

לעומת זאת היא כותבת, שאי פיתוח המוביל והמשך ירידת המפלס יגרמו לנסיגת קו המים, פגיעה בחי ובצומח ובעיקר בתיירות ובנופש, והסיכוי להגביר את פיתוח הנגב ואכלוסו ימנע.

ב-1977 גרם תהליך הייבוש לחציית ים המלח לשניים באזור "הלשון", שם נחשפה קרקעית מצר לינץ', המפריד בין האגן הצפוני לאגן הדרומי, שהיה אזור רדוד יחסית. עקב כך נחצבה התעלה באזור היבש של מצר לינץ', להולכת מים מהאגן הצפוני לדרומי. האגן הדרומי הישראלי הוסדר כולו ב"בריכות" גדולות כדי לשמור על קיומו, בעוד שהאגן הדרומי הטבעי הירדני התייבש לגמרי (בשנת 84 בנתה ירדן את מפעלי כריית המלח שלה, וסגרה את האגן הדרומי שבשטחה בבריכות, וחצבה תעלה לאורך החוף המערבי לשעבר של "הלשון").

בשנות ה-70 החלה להיות מוכרת תופעת הבולענים, כשאינרציה מספר מקרים של קריסת פני הקרקע במערב ים המלח, מעין גדי ודרומה (בשנות ה-90 החלה התופעה להתפשט צפונה מעין גדי, בד בבד עם המשך התפתחותה באתרים הדרומיים וביניהם. תדירות התופעה והתפשטותה צפונה, לאורך ים-המלח, מתגברים עם הזמן), התפתחות הבולענים קשורה באופן ישיר לירידת המפלס של ים המלח.

בשנות ה-80 פורסמו עשרות מחקרים ועבודות מדעיות על התרומה הצפויה של התעלה לכלכלה, לתיירות ולמשק האנרגיה בישראל.

פרופ' יובל נאמן, שר המדע והאנרגיה דאז היה מהדוחפים לכריית תעלת הימים. בשנת 80 הוקמה "ועדת נאמן" שבחנה את כדאיות החלופות השונות. בשנת 81 סיימה הועדה את עבודתה והגישה לממשלה את מסקנותיה, המצביעות על כך שהפרויקט כדאי ובר ביצוע. אי לכך במרס 1981 החליטה הממשלה לאמץ את המלצות ועדת נאמן, והקימה חברה ממשלתית בהנהלת דר' וירצבורגר, "חברת ים-תיכון-ים-המלח בע"מ". החברה נועדה לתכנן ולהקים את המפעל, אף שהחלטה להקים את החברה לא כללה החלטה לביצוע הפרויקט עצמו. במשך 3 שנים בוצעו עבודות תכנון מקיפות באמצעות חברות ישראליות וקונסורציום של חברות אמריקאיות ובריטיות. המחקרים בוצעו בתחומי הגיאולוגיה, מטרולוגיה, הידרולוגיה והערכות כלכליות. בעיקרון דובר על 6 תוואים אפשריים:

1. מחיפה לנהר הירדן
2. מחדרה לנהר הירדן
3. מפלמחים לים המלח
4. מאשקלון לים המלח
5. מגוש קטיף לים המלח
6. מים סוף לים המלח

הוועדה המליצה לקדם את תוואי קטיף-מעלה-יאיר משיקולי הנדסה, כלכלה וסביבה⁴⁶. בתום ארבע שנות סקר הוחלט להקים את הפרויקט בשלבים. בתחילה תוכנן להקים מפעל לאגירה שאובה בים-המלח – שלב ראשון של מפעל הימים⁴⁷. באותו הזמן תמכו בפרויקט שר האנרגיה מר יצחק מודעי וראש הממשלה מר מנחם בגין. ביוזמתו של ראש הממשלה אז אף גויסו בתחילת שנות ה-80 על-ידי הבונדס כ-100 מיליון דולר לקידום הפרויקט⁴⁸. החלו בעבודות לשלב הראשון ונחפרו מאות מטרים שהיו אמורים לשמש את ניקבת התחנה. בסופו של דבר החליטה הממשלה להפסיק את העבודות הפרויקט נגנו ופורקה החברה שאמורה הייתה לעסוק בהקמתו, והניקבה נותרה שוממה ועזובה. מבקר המדינה ביקר את אופן קבלת ההחלטות בפרויקט ואת העדרו של דיון מסודר ומעמיק בממשלה או בוועדת השרים לענייני כלכלה⁴⁹.

מבחינת כדאיות בהספקת חשמל, עפ"י הדוח המיוחד של מבקר המדינה מ-1984, כמות החשמל האמורה להיות מופקת בפרויקט נאמדה ב-1,850 מיליון קווט"ש לשנה ב-20 השנים הראשונות. כמות החשמל הדרושה לשאיבה מהים התיכון מוערכת ב-560 מיליון קווט"ש בתקופת ההפעלה הראשונה. נמצא גם, כי האטת הפרויקט עשויה להגדיל את יעילותו עקב עיתוי הקמתן של תחנות חשמל אחרות, אולם מסקנה זו לא הודגשה בדוח שבחן את כדאיות הפרויקט. המבקר אף הוסיף

⁴⁶ אמיר לופוביץ, הפסקת פרויקט "תעלת הימים", הכנסת מרכז מחקר ומידע, 2001.

⁴⁷ א' וריצבורגר וא' גרטאש, מפעל המים, 1995, עמ' 3-4, 1-20.

⁴⁸ גדעון עשת, ידיעות אחרונות, 6 באוקטובר 1993.

⁴⁹ דוח מבקר המדינה, פרויקט תעלת הימים, דוח ביקורת שהוכן לפי בקשת הוועדה לענייני ביקורת המדינה של הכנסת, נובמבר 1984, ירושלים.

כי בהערכה כלכלית של כדאיות הפרויקט צריך לזכור ששיעור התרומה של הפרויקט למשק אנרגיה, לפי חישובי החברה, יצטמצם בהדרגה בד בבד עם גידול צריכת החשמל בארץ והקמת תחנות חדשות ויגיע לממדים שוליים.

פרופ' יובל נאמן הסביר בוועדת הכלכלה של הכנסת ב-9 ביולי 1985 את הבעייתיות בבדיקת הכדאיות של פרויקט תעלת הימים. לדעתו, כיוון שהערכת הכדאיות מבוססת על שני נעלמים – מחירי הכסף ומחירי הנפט ב-50 השנים הקרובות – תומכי הפרויקט ומתנגדיו כאחד אינם יכולים להוכיח את טענותיהם. המתנגדים לפרויקט הציגו שתי טענות השוללות את הכדאיות הכלכלית של הפרויקט בשתי סוגיות עיקריות: שערי הריבית שהובאו בחשבון וחישוב עלויות הדלק העתידיות. פקידים באוצר טענו שהערכת סכום "ההוצאה הבלתי-צפויה" קטנה מדי, והדבר הקטין הקטנה מלאכותית את ההוצאות הצפויות, והגדיל לכאורה את כדאיות הפרויקט. כמו כן נטען שמחירי הדלק שהוצגו בתחשיבי כדאיות הפרויקט היו גבוהים מדי, וכך החלופה לייצור הידרואלקטרי של חשמל נעשתה לכאורה רווחית יותר. בהקשר זה טען שר האנרגיה משה שחל כי ההחלטה להפסיק את הפרויקט נבעה משינוי בעלויות ההון והדלק. עלויות אלו השתנו בזמן הבדיקה.

כאמור, האוצר הצטרף למתנגדי הפרויקט. כלכלנים מאגף התקציבים באוצר טענו כי הדוח המצדיק את הפרויקט שיבש את הנתונים הכלכליים. גם מבקר המדינה דן באי-ודאות הרבה בפרויקט. המלצתו הייתה "להתייחס בזהירות הראויה לנתוני העלות שהחברה הציגה, ובמשנה זהירות לתחשיבים שנערכו בעניין כדאיות הפרויקט על כל היבטיו". לדעת המבקר, יש בעיות באופן החישוב, ושימוש במקדמים אחרים היה עשוי להביא למסקנה שהקמת הפרויקט אינה כדאית. נוסף על כך ביקש המבקר להדגיש את הסתייגותם של מנהל הרשות לתכנון כלכלי ושל סגנו, שהגיעו למסקנות אחרות על כדאיות ביצוע הפרויקט.

שנות ה-90

בשנות ה-90 החלו להישמע הסתייגויות, בעיקר של ארגונים סביבתיים, שביקשו לתקן את המצב שיצר הזיכיון הבלעדי של מפעלי ים המלח (מפעלי ים המלח קיבלו את הזיכיון הבלעדי להפקה עוד לפני גיבושו של חוק התכנון והבנייה. כתוצאה מכך, התבצעו פעולות הקמה והרחבה של המפעלים ללא כל פיקוח מקומי או כלל ארצי), כדי למנוע מצבים שבהם פיתוח המפעלים פוגע באיכות הסביבה או בגורמים שכנים אחרים. ב-1995 התקבל חוק המכפיף את הפיתוח העתידי בשטחי מפעלי ים המלח לחוק התכנון והבנייה

בכתבה בעיתון גלובס⁵⁰ צותת דר' וירצבורגר, " אין היום שום מרכיב כלכלי שהשתנה מאז 84, אז סברתי שהפרויקט כלכלי וגם היום אני סבור כך. אם הנושא לא היה נופל בזמנו משיקולים לא ענייניים, היה קל יותר לפתח את הנגב ולשתף את הירדנים בנושאים הקשורים לתעלת הימים..." שר האנרגיה והתשתית, משה שחל, אמר במאי 1994 כי עם התקדמות תהליך השלום שוב נעשה פרויקט תעלת הימים אטרקטיבי, שכן נוסף על התועלת שבהתפלת מים וייצור חשמל, תנאי המימון השתפרו עקב התמיכה הבין-לאומית שמדינת ישראל זכתה לה אחרי החתימה על

⁵⁰ בינדר אורי, ההיסטוריה חוזרת, גלובס, 10/1993.

ההסכמים. לדבריו, עלה הפרויקט שוב לסדר-היום גם בשל היכולת להשתמש באנרגיה המופקת באמצעותו להמתקת מי ים בכמות שתענה על צורכי ישראל, ירדן והפלסטינים. עוד הוסיף השר שחל שעל-פי נתונים שנאספו עוד בימי השר יובל נאמן "ניתן יהיה להתפיל 800 מיליון מטרים מעוקבים מים באותה כמות אנרגיה שתיווצר מהבדלי הגובה. כדי להבין את משמעות הדבר, כמות המים הזאת היא כמחצית כמות המים הנצרכת על ידי שלוש היחידות ישראל, ירדן והפלסטינים. מחיר ההתפלה המדובר הוא כ-50-60 סנט למטר מעוקב בתנאי ריבית של 5% למימון הפרויקט." השר ציין כי ההתקרבות בין ירדן לישראל עשתה את התוואי ים-סוף-ים-המלח לתוואי מועדף⁵¹.

דוד ליפקין כתב באוקטובר 1994 בעיתון "מעריב" שממצאי סקר השוואתי ראשוני קובעים כי מבחינת עלות ההתפלה של המים וצריכת האנרגיה, החלופה העיקרית – תעלת גוש-קטיף-ים-המלח – היא הזולה משלוש החלופות הנבדקות. מבחינת החיסכון באנרגיה מתברר כי החלופה בתוואי המרכזי היא החסכונית ביותר: בתוואי זה יידרשו רק 0.5 קוואט"ש למטר מעוקב, ואילו להתפלה בתוואי חוף הים יידרשו 4.9 קוואט"ש, ובתוואי הצפוני – 1.5 קוואט"ש. מבדיקת ההיתכנות הכלכלית מתברר שעלות הקמת תעלת הימים תסתכם בכ-2-1.5 מיליארד דולר, אך יידרשו השקעות נוספות במתקני התפלה, במתקנים לייצור חשמל ובהקמת רשת הובלת מים מותפלים בישראל ובירדן. ב-29 ביוני 1994, בראיון בעיתון הארץ, גבי זוהר ראיין את מר ארידור, לדעתו, אם אמנם התפלת מים משתלמת מבחינה כלכלית, רצוי להקים מפעל התפלה ברצועת החוף של ישראל ולא באזור ים-המלח.

במשך השנים הועלו טענות מדיניות נגד הפרויקט הקשורות ביחסים עם ירדן וביחסים עם הפלסטינים. בעניין היחסים עם ירדן לפני שנחתם עמה חוזה שלום, הבעיה היתה פעולה חד-צדדית של ישראל המשפיעה על ירדן. בעניין היחסים עם הפלסטינים, הבעיה היתה מעבר של התעלה בחבל עזה לפי אחד מהתוואים המוצעים שלה.

שנות ה-2000

בשנות ה-2000, בניגוד לשנים עברו, כמות בעלי העניין, הן גופים עסקיים והן עמותות סביבתיות, גדלה בצורה משמעותית. מפרויקט לא מוכר וערטלאי בשנות ה-50 צמחה קבוצת מתעניינים גדולה בקרב הציבור ובקרב מקבלי החלטות, בעלי עניין בעתיד ים המלח⁵², ופרויקט "תעלת הימים":

1. תושבי ים המלח (חקלאים, תיירות, מפעלי ים המלח)

2. תושבי הנגב המזרחי (עובדי המלונות ומפעלי ים המלח)

3. תושבי ישראל

4. תושבי ירדן

5. תושבי הרשות הפלסטינאית

6. תושבי העולם

⁵¹ אמיר לופוביץ, הפסקת פרויקט "תעלת הימים", הכנסת מרכז מחקר ומידע, 2001.

⁵² המשדר לאיכות הסביבה ומכון ירושלים לחקר ישראל, מסמך מדיניות אגן ים המלח, 2006, עמ' 116.

7. יזמים פרטיים מישראל שהצהירו בגלוי על כוונותיהם: יצחק תשובה, נוחי דנקנר, שרי אהרונסון, סטף ורטהיימר.
8. בעלי מפעלי האשלג (אחים יולי וסמי עופר), בעלי המפעל בצד הירדני (חברה קנדית)
9. פוליטיקאים ישראלים ופולסטינאים
10. המלך עבדאללה
11. הנסיך הסעודי וליד בן-טלאל

מר רפי בן-בנישתי, יועץ מיוחד במשרד לשיתוף פעולה, אמר כי לדעתו לישראל צריך להיות עניין רב בהקמת התעלה, אף שהפרויקט אינו כדאי להתפלת מים או לייצור אנרגיה. עוד אמר מר בן-בנישתי שאפשר להקים את הפרויקט בשלבים, ובשלב הראשון להניח צינור מים-סוף אל ים-המלח, שיביא לייצוב המפלס (המפלס יורד בכמטר בשנה – כ-650 מיליון מ"ק), בעלות של 500 מיליוני ₪, ובעלות אחזקה של 15 מיליוני ₪ בשנה. לדבריו, בהמשך יהיה אפשר להקים מתקנים להתפלת מים שישרתו את הירדנים. עוד הוסיף שלירדנים כדאי מבחינה כלכלית להתפיל מים בים-המלח ולהובילם לעמאן במחיר של דולר למ"ק. הכוונה בפרויקט כזה גם להקים בים-המלח מינהלה משותפת לישראל ולירדן.

בינואר 2003 התקבלה החלטת ממשלה מס' 2863, עתיד ים המלח. בהחלטה זו נידון עתיד ים המלח בהקשר כלכלי לאומי, והצלת ים המלח לא מוזכרת בו כלל מסיבות סביבתיות. בהחלטה זו מבקשים להכין מסמך מדיניות לעתיד ים המלח וסביבתו.

בעקבות זאת במרס 2004 הוגש דוח ביניים לתרחיש של ברירת המחדל. באוקטובר 2005 הוגש הדוח המסכם לאותו תרחיש. עיקרי הממצאים והמסקנות בדוח הביניים מציגים נתונים ותחזיות בנוגע למצב הקיים והצפוי באזור ים המלח בתרחיש של ברירת מחדל, כלומר מה צפוי להתרחש באזור ים המלח ללא נקיטת אמצעים לריסון ירידת המפלס:

1. המשך ירידת המפלס והתהליכים השליליים הנובעים מכך (כאמור לעיל).
 2. נזקים כלכליים הנובעים מירידת מפלס ים המלח: נזקים לתשתיות, לחקלאות ולתיירות ופגיעה בערכי טבע, מדע ומורשת. עלות הנזק נאמדת בעשרות מיליוני שקלים בשנה.
 3. גידול בהיקף הייצור של מפעלי ים המלח: כאמור, עליית המליחות של מי ים המלח המלווה את מאזן המים השלילי באגן, שיפרה במידה ניכרת את תהליכי הייצור של מפעלי ים המלח והגדילה את היקף הייצור שלהם.
- בהקשר זה הוזכרו בדוח ממצאים נוספים:

- היעדר מנגנון תיאום בין-לאומי: ים המלח הוא אגם בין-לאומי, אולם החלטות תכנוניות וקווי מדיניות בישראל ובירדן מתגבשים במסגרת הדין המקומי ולא במסגרת מנגנון משותף ומתואם.
- חוסר תיאום בין הדרגים השלטוניים השונים בנוגע לים המלח: החלטות שלטוניות בישראל בנושאים הקשורים לירידת מפלס ים המלח ולהשלכותיה, מתקבלות בדרגים

שונים: ארציים, מחוזיים ומקומיים. לנוכח מצב זה, יש ליצור רמת תיאום מיטבית בין הדרגים⁵³.

בינואר 2006 התקיים יום עיון בנושא עתיד ים המלח בבית נשיא המדינה, משה קצב. במהלכו נדונו הסוגיות השונות והוצגו עיקרי הממצאים וההמלצות של מסמך המדיניות לעתיד ים המלח. נשיא המדינה הביע התנגדות לתפיסה שעומדת בבסיס מסמך המדיניות, שלפיה יש להשלים עם המצב הקיים. לדעת נשיא המדינה "ברירת המחדל" אינה אמורה להיות תרחיש חלופי. הוא הוסיף, כי בכוונתו להמליץ בפני ראש הממשלה לפעול לסיום בדיקות ההיתכנות של יתר החלופות בתוך שלוש שנים, וכן להקים ועדת שרים מיוחדת לנושא. כמו כן, הוא סבור כי יש לבחון חלופות נוספות על אלה שהועלו⁵⁴.

במרץ 2007 התקבלה החלטת ממשלה מס' 1366, מסדרון השלום – פרויקטים לפיתוח כלכלי-אזורי. החלטה זו מגדירה כ"פרויקט לאומי" את מובל השלום, ומטרתו להגביר את היציבות האזורית באמצעות פיתוח כלכלי. התזכורת היחידה להגנת הסביבה בהחלטה זו, היא הזמנת נציג מהמשרד להגנת הסביבה לדיונים.

בשנת 2007, שמעון פרס, מפרסם כתבה בעיתון הארץ⁵⁵, ובה הוא מסביר את לדעתו את נחיצותו של פרויקט עמק השלום: "עמק השלום פותח אפוא דלת לאפשרויות חדשות. הוא עשוי להיות גשר בין שלושה שותפים שהטבע והשלום כאחד מחייבים אותם לשתף פעולה. זה ייקח זמן, זה ייתקל בקשיים, אבל כל יוזמה גדולה יוצרת מריבה גדולה, הן עם טבע הקרקע והן עם טבע האדם. עמק השלום הוא הזדמנות יוצאת דופן לשינוי אורח. לשיפור יחסים, להתנסות משותפת. עמק השלום הוא ראשיתה של תקווה כלכלית, שתשמש את המשא ומתן המדיני שייערך במקביל, כשהאחד אינו תלוי ברעהו, ואינו צריך לחכות לחברו. ישראל, ירדן והפלסטינים כבר נתנו הסכמתם לתוכנית זו. ארה"ב, ארצות אירופה ויפאן הודיעו על תמיכתן בו. זה ההסכם הכלכלי הראשון בין שלוש השותפות, והראשון שיימתך על ידי מעורבות גלובלית. פרויקט עמק השלום יכול לקדם את תהליך השלום. והוא יכול לצאת לדרך כבר עכשיו."

⁵³ המשרד לאיכות הסביבה, משרד התשתיות הלאומיות ומכון ירושלים לחקר ישראל, מסמך מדיניות לעתיד ים המלח – בחינת תרחיש של "ברירת מחדל" – דוח ביניים והמלצות ראשונות, ירושלים, מרס 2004.

⁵⁴ פרוטוקול שנרשם ביום העיון לעתיד ים המלח בבית נשיא המדינה, 11 בינואר 2006

⁵⁵ שמעון פרס, באוויר, בים וביבשה, הארץ, 03/2007.

סיכום ההתפתחות בפרויקט תעלת הימים (מובל השלום):

שנות ה- 2000	שנות ה- 90	שנות ה- 80	שנות ה- 70	שנות ה- 50-60	מטרה
פרויקט שלום	התפלת מים	הפקת חשמל	הפקת חשמל	הפקת חשמל	
- ועידת יוהנסבורג - החלטת ממשלה - תמיכת הבנק העולמי	- חתימת הסכם שלום - התעניינות בינלאומית	- הקמת ועדת נאמן - אישור הפרויקט - חברה ממשלתית - ביטול - דוח מבקר המדינה	- בדיקת כדאיות ע"י ועדת אקשטיין - החלטה להקים ועדה לבדיקת ייתכנות ועלויות	בדיקות כלליות של המשרדים השונים	ציוני דרך בולטים
שיקול מדיני כלכלי	יש להמשיך ולחקור, מהחומר עד כה יש קושי לקבוע מסקנות סופיות			שיקול כלכלי וביטחוני	השיקול המכריע לקידום הפרויקט

לסיכום, ניתן לראות על גבי ציר הזמן כיצד בכל עשור החל משנות ה- 50 ועד היום חלו שינויים הן במטרת הפרויקט, והן בעוסקים בדבר. רואים שהחל משנות ה- 50 הייתה התעניינות בים המלח והפוטנציאל הגלום בהפרשי הגובה שבינו לבין ים התיכון או הים האדום. את הבדיקות והמגמות שהתרחשו בשנות ה-50 עד ה-70 יש צורך להמשיך לחשוף על ידי ניתוח החומר הרב החשוף לציבור בארכיוני גנזך המדינה. החומר הנוגע לשנות ה-80 וה-90 איננו חשוף בנתיים לציבור אך ייחשף בשנים הקרובות, יש לשקול את בחינתו המעמיקה במחקר המשך עתידי. משנות ה- 2000 ואילך יש לעקוב בדריכות אחר ההתפתחויות, מאחר ואנו עדים לקידום מהיר של הפרויקט ע"י גורמים אינטרסנטים שונים.

תהליכי קבלת החלטות

במחקרנו זה אנו בוחנות את תהליך קבלת ההחלטות על ידי ממשלת ישראל בכל הנוגע לפרויקט תעלת הימים. לשם כך אספנו חומר בנוגע למודלים בקבלת החלטות – נושא הזר לשלושתנו. מצאנו מודל היכול לשמש כהסבר לתהליך אותו תיעדנו- למודל זה נתייחס בהמשך.

כצעד ראשון, הגדרנו את ממשלת ישראל כגוף אותו נבחן. אנו חוקרות את הממשלה כגוף האחראי על קבלת ההחלטות מאחר והרשות המבצעת "מוסמכת לעשות בשם המדינה, בכפוף לכל דין כל פעולה שעשייתה אינה מוטלת בדין על רשות אחרת".⁵⁶ כמו כן, לפי חוק התכנון והבנייה, הממשלה היא מוסד התכנון העליון במדינת ישראל ולכן היא זו שתדון ותכריע האם לקדם את הפרויקט ובאיזו אלטרנטיבה לבחור.⁵⁷

רקע תיאורטי

קבלת החלטות ברמת מדינה או ברמת ארגון ציבורי הינה פעולה המיוחסת לבעל סמכות. סמכות זו מאפשרת למקבל ההחלטות לכוון אחרים לשם יישום ההחלטות, לפקח על ביצוען ולהשפיע על כללי המשחק, על ההליכים ועל הפעולות שיש לנקוט. מקבל ההחלטות פועל לעתים קרובות בכמה רמות התייחסות: הוא עשוי לעסוק הן בהווה והן בעתיד; הן בבסיסי והן בשוטף; הן בקביעת העקרונות המנחים והן ביישומם. תהליך קבלת ההחלטות ננקט במטרה להפעיל אנשים וארגונים חיצוניים, לשם השגת תוצאות רצויות. משום כך, על מקבל ההחלטות לשקול את מחיר כל התשומות הנוגעות לחלופות שלפניו, תוך התייחסות לסיכונים, ליתרונות ולחסרונות הצפויים.⁵⁸

קיימים מודלים רבים לקבלת החלטות, מודלים אלה מכילים בדרך כלל את המרכיבים הבאים:

- **איסוף נתונים** – איסוף הנתונים המשמשים בסיס לקבלת החלטה. לעיתים מדובר בנתונים הזמינים מיידית למחליט, ולעיתים מדובר בנתונים המצריכים השקעה רבה.
- **גיבוש חלופות** – הצגה שיטתית של החלופות העומדות על הפרק.
- **שקילת החלופות השונות** – השוואה בין האפשרויות, באמצעות בדיקת יתרונות וחסרונות של כל אחת מהן. שקילת החלופות עשויה להתרחש בצורה שיטתית או בשיטה אינטואיטיבית.
- **בחירת חלופה** – בחירת החלופה המועדפת.

⁵⁶ חוק יסוד: הממשלה

⁵⁷ חוק התכנון והבניה, תשכ"ה 1965

⁵⁸ משה ברדה, "תהליך קבלת ההחלטות בישראל בנושאי ביטחון לאומי", הכנסת מרכז המחקר והמידע, 2006.

כמובן שמודלים שונים מוסיפים שלבים נוספים או מחסירים חלק מהשלבים אותם מנינו. בחלק מהמודלים שלבים מוצעים בסדר שונה, או מנתחים רק שלב אחד מתוך הארבעה.⁵⁹

בואנו לבחון האם אחד המודלים מתאים לתהליך בו צפינו בהקשר לתעלת הימים נתקלנו בבעיה. זאת כיוון שמצאנו שהשלבים השונים חסרו או חזרו על עצמם שוב ושוב לאורך השנים. הסבר לתהליך לא מסודר שכזה מצאנו במודל "פח הזבל".

מודל פח הזבל:

זהו מודל קבלת החלטות של התיאורטיקן האמריקאי קארל וויק (Weick), מפורצי הדרך של גישת תרבות כארגון. זהו מודל מאקרו, המתאר את הארגון ודפוס קבלת ההחלטות בו ולפיו קבלת ההחלטות היא אקראית ולא צפויה.⁶⁰

לפי המודל כל החלטה שצריכה להתקבל היא "פח זבל" אליו נזרקים על ידי מגוון גורמים כל מיני רעיונות: בעיות, פתרונות, תמיכה פוליטית. הפתרונות אינם נתפרים עבור בעיות ספציפיות - הם מתפתחים בנפרד, והאנשים שתומכים בהם מחפשים בעיות שאותן הפתרון שלהם יכול לפתור, והזדמנויות החלטה שיכולות ליישם את הפתרון שלהם. מדיניות מיושמת כאשר פח זבל מוצג בזמן הנכון כדי לקלוט לתוכו מדיניות מסוימת, בעיה מתאימה ותמיכה פוליטית מתאימה, כדי לשכנע את מקבל ההחלטות לקחת את החבילה הזו וליישם אותה.

מודל קבלת החלטות זה מייצר תהליך אקראי ולא צפוי. ההחלטות לא כולן מתואמות, הן מניחות דעת ואקראיות. זהו איננו המצב האופטימאלי, כי אם "אנרכיה מאורגנת" – הדברים מתקבלים לא באופן שיטתי מלמעלה למטה אלא בצוותים שונים של הארגון, אך ישנו תיאום כלשהו ולכן זו לא אנרכיה מוחלטת.

ההחלטות נעשות בציר הזמן (אנכי) וציר אופקי. בכל נקודת זמן מתקבלות החלטות על ידי מקבלי ההחלטות כיחידים ובצוותים שונים של הארגון. לאקראיות בקבלת ההחלטות יש כמה גורמים שתורמים:

- תחלופת אנשים: ארגון מתפתח בצורה בלתי צפויה וישנה בעיה של זיכרון ארגוני, של ניהול הידע, של ידיעה מה או איך ואם התקבלו החלטות. היוזמות עצמן לעיתים גורמות לכך שהארגון יתקדם באופן שלא תכונן מראש.
- זרימת המידע בארגון: חלק נובע מהתחלופה. יש קושי של תיאום בארגון, יש קושי בהעברת מידע בין היחידות והמחלקות במבנה הארגוני.
- ההחלטות מתקבלות ומיושמות בשני מצבים: כשמזהים בעיה שצריכה פתרון או כשארגון מאמץ רעיון או יוזמה מבלי שהוגדרה בעיה שאותה יוזמה צריכה לפתור.

⁵⁹ אירווינג ל. גיניס וליאון מאן, תהליך קבלת החלטות - ניתוח פסיכולוגי של קונפליקט, בחירה ומחויבות, הוצאת משרד הביטחון, 1980

⁶⁰ Karl E. Weick, 1979, *The Social Psychology of Organizing*, 2nd Ed. McGraw Hill.

- אין השוואה בין חלופות אלא אימוץ של הזדמנויות או יוזמות, לכן אין זו תמיד הדרך האופטימאלית.
- אימוץ יוזמות יכול להיעשות בצורת שכנוע, ויכוח או בצורה פוליטית.

לסיכום, המודל מצביע על כך שהחלטות לא מתקבלות במציאות בצורה רציונאלית, סיסטמית ומתוכננת, אלא בצורה כמעט אקראית כאשר פתרונות הם מענה לכמה בעיות במקביל. ההיגיון שנמצא בקבלת החלטות נעשה בדיעבד.⁶¹

בהמשך העבודה נציג מסמכים המצביעים על התאמתו של מודל "פח הזבל" לתהליך שליווה את קידום תעלת הימים. אך בשלב זה נציג את רק את ממצאיו מבקר המדינה אשר מסמכים בקצרה נקודות מהותיות, שלדעתנו, מציגות כיצד מיושם המודל במציאות הלכה למעשה.

משרד מבקר המדינה בדק בחודשים מארס-אוגוסט 2002, את סדרי עבודת המטה בגופי המטה המרכזיים במשרדי הממשלה, ובבדיקתו עלו הממצאים הבאים:

1. ליקויים בעבודת המטה במשרד ראש הממשלה:

היעדר שיטות עבודה סדורות וכלים מתאימים לתיאום פרויקטים בין-משרדיים. לעבודת המטה של משרד ראש הממשלה השפעה רבה על פעולות כלל משרדי הממשלה והוא אכן פעל לתיאום של פרויקטים בין-משרדיים. למרות זאת, לא נוצרו במשרד ראש הממשלה שיטות עבודה סדורות, כלים מתאימים וכוח אדם מקצועי קבוע לצורך כך.

2. ליקויים בתהליך קבלת החלטות בממשלה:

ממשלות ישראל מחליטות בתקופות כהונתן מאות ואף אלפי החלטות. בבדיקה נמצא כי תהליך קבלת החלטות בממשלה לא תמיד לווה בעבודת מטה סדורה, כדלקמן:

- תקנון עבודת הממשלה לא מקיף: תקנון עבודת הממשלה אינו מקיף דיו והוא מחייב רענון.
- מחסור במידע לקבלת החלטות: חומר הרקע, שהגישו המשרדים ושמזכירות הממשלה שלחה לשרים, חסר לעתים את הידע הנדרש ליצירת תשתית עובדתית נאותה לקבלת החלטה מיטבית.
- אי מתן זמן מספיק לבחינת הצעות להחלטה: משך הזמן שניתן לשרים ולמשרדים לעיין בהצעות להחלטות ממשלה – טרם אישורן בממשלה, היה פעמים רבות מועט ולא הייתה שהות מספקת לשרים לגבש את עמדותיהם כראוי.
- אי קיום הליך סדור ושיטתי של שילוב החלטות הממשלה בתכניות העבודה של המשרדים: החלטות ממשלה רבות לא יושמו בידי משרדי הממשלה, או יושמו רק בחלקן ואחרות חרגו מלוח הזמנים שנקבע למימושן. המעקב של מזכירות הממשלה

⁶¹ Karl E. Weick, Kathleen M Sutcliffe and, David Obstfeld, "Organizing and the Process of Sensemaking", in: *Organization Science*. Vol. 16, n° 4, p. 409-421, Jul/Aug, 2005

אחר ביצוע החלטות הממשלה היה חלקי: מזכירות הממשלה לא סיפקה לממשלה מידע מלא ומפורט על מידת ביצוען של החלטותיה⁶².

דוח מבקר המדינה מצביע על מציאות בה החלטות מתקבלות בצורה לא סדורה ובחוסר תיאום בין משרדי הממשלה השונים. יש לשם לב לכך שמודל פח הזבל איננו מתייחס להתנהלות שכזו בצורה נורמטיבית ואינו קובע האם היא טובה או רעה, יעילה או רשלנית. לעומת זאת, מבקר המדינה רואה בהתנהלות זו טעם לפגם ודבר שיש לתקנו בהקדם. אם נוציא את הטון הביקורתי מתוך דו"ח מבקר המדינה ונתייחס אליו רק כאל תיאור מפורט של התנהלות משרדי הממשלה נמצא שהוא מתאר כיצד הממשלה מקדמת את פרויקט תעלת הימים באמצעות מודל "פח הזבל".

ממצאים ראשוניים

במהלך החודשים מאי- יולי 2008 ערכנו תחקיר בו חיפשנו מסמכים שיעידו על הדיונים השונים שנערכו בממשלות ישראל בנוגע לתעלת הימים.

מקורות המידע:

התחקיר החל באינטרנט, בעיקר בארכיון הממשלה באתר משרד ראש הממשלה⁶³, ובאתר האינטרנט של הכנסת. לצערנו גילינו שהמשרד להגנת הסביבה הוא היחיד המפרסם מסמכים בעניין באתר האינטרנט שלו. משרד התשתיות, המופקד בשנים האחרונות על הפרויקט לא מזכיר אותו, וכן גם לא נמצא חומר במשרד לפיתוח אזורי שהיה מופקד על הנושא בעבר. אתר האינטרנט של הכנסת מפרסם את דיוני הכנסת החל מאמצע שנות ה-90, משם לקחנו מספר מסמכים. ניסיונותינו להשיג פרוטוקולים של דיונים קדומים יותר עלו בתוהו כיוון שכל החומר הועבר לאחרונה לארכיון גנזך המדינה. במשרדי גנזך המדינה קיבלנו מסמכים רבים בהתאם למגבלות המוגדרות בחוק הארכיונים (תשט"ו – 1955):

- חומר ארכיוני בענייני חוץ וביטחון של משרד הביטחון, צבא ההגנה לישראל או שלוחה אחרת של מערכת הביטחון – מסמכים בני 50 שנה ומעלה.
- חומר ארכיוני של מוסד ממוסדות המדינה לרבות פרוטוקול החלטות של ישיבת הממשלה ושל ועדת שרים על נספחיו, למעט החלטה ונספחיה המסווגת כסודית – מסמכים בני 30 שנה ומעלה.
- פרוטוקולים של ישיבות ועדות הכנסת – מסמכים בני 15 שנה ומעלה.

בסך הכל, עיינו במאות מסמכים: מכתבים, פרוטוקולים, התכתבויות בין-משרדיות, דוחות כלכליים ומדעיים ועוד. כמובן שלא יכולנו לקרוא את כולם, ובוודאי שלא לנתח את כולם. אך אנו בוחרות להציג בפני הקוראים מספר מסמכים, מעשורים שונים ובעלי אופי שונה. מסמכים אלה

⁶² מבקר המדינה, דו"ח שנתי 53 ב' לשנת 2002 ולחשבונות שנת הכספים 2001, עמ' 44-7
⁶³ <http://www.pmo.gov.il/PMO/Archive/Decisions/2007/03/des1366.htm>

משכו את עינינו ומצאנו בהם עניין רב. מצאנו שגם מניתוח מוגבל של מסמכים בודדים אנחנו מצליחות להסיק מסקנות. אנו בטוחות שהמשך ניתוח מסמכים נוספים יעמיק את ההבנה של תהליך קבלת ההחלטות וירחיב את המסקנות של מחקרנו.

ממצאים משנות ה 50-60

נספח 1 – מכתב ממר רייכבך, 11 לאוגוסט 1956

מכתב מ- א. רייכבך - מנהל התעבורה - אגף תחבורה יבשתית

EUGENE REICHBACH
2109 BROADWAY
NEW YORK 23, N. Y.

169 August II, 1956

which is of great importance to Israel and England .

As you know I used before the war to be associated with the Negev project of late Theodor Zisu of London .I represented this movement in Roumania and was active as its economic adviser at the Evian Conference in 1938 .

Already at that time we suggested the possibility of building a Canal from ~~Suez~~ to Akaba.Unfortunately technical difficulties prevailing at that time did not permit us to hope in our life time to see the project go through .However technical developments in the excavation and blasting field have completely changed the picture .I am in contact with one of America's biggest firms in this line and have submitted them my project, which differs from the one that is presently under study by Israel and is based on 36 locks .My project is based on entirely different principles and can be built only by using methods of blasting and excavating that are not known in Europe but were already applied here and in Korea .

In the opinion of my builder who has thoroughly studied the project ,the project is feasible ,and can be built in 5 to 6 years .Furthermore my contractor ,who is by far one of the biggest in the world ,has expressed also his willingness to make financial arrangements to finance on long term this huge project .At a latter date I shall inform you who this contractor is and you will agree that it is among the few firms that are able to complete and finance such a project .

However my contractor is willing to go further with me in my project only if I can bring a letter, either from the Israel Ministry of Transport or from the Development Minister stating that they would be interested to receive further information from me .

Please be so kind and see as soon as possible your

בשנת 56 מר רייכבך בניו יורק כותב מכתב, כנראה לבכיר במשרד המשפטים הישראלי, בבקשה לקבל מכתב ממשרד התחבורה המזמין מידע נוסף אודות התעלה (או בקו עזה-עקבה).

- ג. התעלה תהיה ארוכה ב-130 ק"מ מתעלה סואץ.
 - ד. המקבר בתעלה יאריך מספ האניות המשתמשות בה כי לא רק שהתעלה תהיה ארוכה מתעלה סואץ אלא האניות יצאו ליט התיכון בקצרה רחוקה יותר מהיעד שלהן - גמלי אירופה.
- כאמור לא נערך כל מחקר כלכלי על החזאות לכריית תעלה כזו וכדאיותה. אך לפי אומדן גס של אנשי משרד הבטחון המתבסס בעיקר על מחיר כריית תעלות בחוטרי נפץ בארה"ב תהיה כריית התעלה כרוכה בהשקעות בסביבות 8 עד 10 מיליארד דולר (כחשואה); סך ההשקעות השונות במדינת ישראל מראשית קיומה ועד היום נמאד בכ-6 מיליארד דולר.)

התענינות המספן בנושא

- 2. המספן בדק את האפשרויות המסחוריות של הקמת תעלה כזו - באיזו מידה הדבר יקל או יקשה על שמירת הבטחון השוטף (מסתננים מעולות חבלה וכדו). המספן עדיין לא קבע עמדה סופית וברורה השקעה יש בהוכחו דיווח לכאן ולכאן. חלק מהבורקים חושב שקיום התעלה יקשה על שמירת היעדים המסחוריים בעוד שחלק הנוחר חושב שקיומה של התעלה עשוי דוקא להקל על שמירת יעדים אלה.
- כמו כן בדק המספן את האפשרויות של שמירת טוצרי טירן טוחמים במידה והכרת תעלה כנ"ל.

תעלה מאילת ליט המלח

- 3. בעוד שמטרתה העיקרית של התעלה אילת-אשקלון היא דרך החבורה בין-לאומית הרי גבולותיה גם חכניה אחת "צנועה" יותר שמטרתה בשלב ראשון לשמש דרך החבורה מנימית לצרכי המדינה ויתכן ששלב מאוחר יותר ניתן יהיה לפתחה גם לדרך החבורה בין-לאומית. המדובר בכריית תעלה מאילת ועד סדום (עין בוקק) בתוך הקמק של הסבר הסורי-אפריקני. רוחב תעלה זו יהיה בשלב ראשון כ-30 מטר (בהשוואה לכ-200 מטר רוחב תעלה אילת-אשקלון).
- תעלה כזו עשויה לשרת כמה מטרות:
- א. דרך החבורה אלטרנטיבית לכביש או מסילה ברזל שהאפשר גישה של אניות למפעלי האשלג בסדום ומפעלי הפוספטים בארזן.
 - ב. ניתן יהיה לנצל תעלה כזו וליבא באניות עמרות סדום ולהשביתן (או להעשירן) במפעלים שיוקמו לצורך זה בנגב לאורך התעלה ואח"כ ליצאן מחדש למזרח הרחוק ולמקומות אחרים.

3/..

- ג. עם קיומה של תעלה כזו עשוי להמיש עיתוח המישבות המשיית בברכה.
 - ד. היה ונאט ע"י ביצוע חכניה לצנטרון וירידת מפלט המים בים המלח ייבש הים בין איתר הוצאותיה של הוועדה כזו - גבול יבשתי חדש עשוי לחוות מקור למסחרים סמימה הגולל על מפעלי ים המלח ועוד. הדבר עשוי ע"י אנשי משרד הבטחון בבדיקה טמחית כולל שיהיה עם אנשי מפעלי ים המלח והמברר שחשש זה אין לו הרבה על מה לסמוך, ולכל היותר יתכן שמעגנות מסוימות של השנה יהיה צורך להזרים ליט המלח בסדום קטנות של מים (המסומים עד 10 מ"ק בשניה). הדבר ניתן להיעשות ע"י הנחת צינור ממערך אילת ליט המלח אל כשמש נוכך של התעלה אילת-סדום.
- בשלב מאוחר יותר יתכן שניתן יהיה להפוך תעלה זו למעבר בי"ל ע"י הרחבתה וכריית המסכה הסדום לאשקלון.
- לא נערך כל מחקר כלכלי על כדאיותה של תעלה ליט המלח בהשוואה לשטוש מדיכית החבורה יבשתיים (כביש, מסילה ברזל). לפי אומדן גס (מתבסס על מחירי כריית בארה"ב) כריית תעלה כזו כרוכה בהשקעה של כ-1.588 - 2 מיליארד דולר.

ס י כ ד ס

כאמור חכניה אלו נערכו במשרד הבטחון טאמפטיים של משרד זה ולמפרוה"ו ולמעשה אין לראות בחכניה זו יותר מסנוב ראשון ומ"תרגיל". אנשי משרד הבטחון העלו הנושא במני רוח"ט ושר הבטחון למני שבועות אחרים ובמים הקרובים עומדים לקיים עם צירן נוסף בנושא ע"ם שיהלים על סמך אנתונים דלעיל אם יש להמשיך לשטח הנושא ולקדמו ואיזה מודי יעסוק בכך.

הוכחה לי שנקבל העמק מהמזכיר שיוגש לרוח"ט ושר הבטחון והגובה רוח"ט לחוככו.

כ ב ר כ ה,

ג. דגן

סיכום השיחה המצורף כנספח 2 חושף פן מעניין של פרוייקט תעלת הימים והוא הצד הבטחוני. במסמך זה, הנחשף כאן לראשונה, מונה נציג משרד הביטחון את נקודות ההשקפה של הפרוייקט באספקטים בטחוניים:

- משרד הביטחון מתעניין בהתפתחות טכניקת כריית תעלות בחומרי נפץ גרעיניים והוא אף ערך חישובים להערכה הנדסית של הפרוייקט.
- משרד הביטחון בדק את המשמעויות הבטחוניות של הקמת תעלת הימים והאם היא תקשה על שמירת הביטחון בשוטף מול איומים של מסתננים ופעולות חבלה.
- אי הקמתו של הפרוייקט יביא לירידת מפלס המים בים המלח וייבוש הים. משמעותו של זה היא הארכת הגבול היבשתי שעלול להיות מקור לסכסוכים.

מסמך זה חשף בפנינו לראשונה את העניין הרב שמצא משרד הביטחון בפרוייקט. עובדה זו כלל לא באה לידי ביטוי בהרצאות הרבות ששמענו אודות הפרוייקט ובחומרים שמצאנו במהלך החיפוש הראשוני.

בהתחשב בעובדה שאנו הראשונות להוציא ולעיין במסמך זה לאחר 43 שנות אפסון בגנוז המדינה, ובהתחשב בעובדה שכפי שטוען מבקר המדינה, אין קשר בין משרדי הממשלה השונים – יתכן שהעובדות המצוינות במסמך זה נשכחו מלב כל המטפלים בנושא. יתכן שרוב הנוגעים בדבר כיום כלל אינם מכירים את האספקטים הללו של הפרוייקט.

עובדה מעניינת נוספת היא שלא מצאנו תיעוד מאוחר יותר לעניין שגילה משרד הביטחון בפרוייקט. אין באפשרותינו לדעת האם משרד הביטחון הפסיק לטפל בעניין, או שמא מסמכים שכאלה, אם ישנם, אינם גלויים היום.

ממצאים משנות ה-70

נספח 3 - מסמך סודי ביותר, פברואר 1972

סודי ביותר

תוכן הענינים

א. ראשי פרקים לשיחה עם נשיא הבנק העולמי (לאישור ראש הממשלה)

ב. מסמכים שיימסרו לנשיא הבנק העולמי:

(1) תזכיר קצר המתאר את גישתנו לישוב ושיקום הפליטים
במסגרת חוזה שלום:

The Arab Refugees and Peace in the Middle East

(2) תיאור הנסיון הישראלי בדבר שיתוף פעולה בין יהודים
וערבים בישראל ובשטחים המוחזקים:

Economic and Social Integration of the Arab
Population in Israel

(3) תזכיר מאקרו-כלכלי בדבר ממדי הפתוח וקצב הפתוח
האפשריים באזור הקליטה, והמימון הדרוש לצורך זה:

A Macro-Economic Framework for ^{the Possible} the Solution
of the Refugee Problem

(4) הצעות בדבר הכנה פרויקטים כלכליים בירדן הניתנים
לבצוע ללא קשר עם חוזה השלום:

Proposal for Project Preparation for the Economic
and Social Integration of the Arab Population

ג. שתי דוגמאות להקמת קרית תעשייה:

(1) קלקיליה (בעבריה)

(2) רמאללה (באנגלית)

פברואר 1972

סעיף 4 בנספח 2 מציע להעביר לידי נשיא הבנק העולמי מסמך שיעסוק ב"הצעות בדבר הכנת פרויקטים כלכליים בירדן הניתנים לבצוע ללא קשר עם חוזה השלום". הכוונה היא לפרויקט בעיקר לפרויקט תעלת הימים ולפרויקטים נוספים הנגזרים ממנו. הופתענו לגלות את העדות הזו כיוון שנהוג להתייחס לתעלת הימים כאל פרויקט מדיני באופיו רק משנות ה-90, לאחר חתימת הסכם השלום עם ירדן. מסמך זה מוכיח שהתייחסות שכזו הייתה עוד הרבה קודם לכן, כבר מתחילת שנות ה-70.

75 יולי
משרד התעשייה
המנהל למחקר ואוצרות טבע

- א -

דו"ח הועדה לבדיקת כדאיות הקמת מפעל הידרואלקטרי באזור ים המלח

<u>מבוא</u>	<u>עמוד</u>
פרק א' - סיכום הממצאים והמלצות	1
פרק ב' - הזרמת מי ים לים המלח והשפעתם על מפלסו	10
1. תוך שמירה על מפלס ממוצע של 399- מטר (אלטרנטיבה א')	10
2. הזרמה תוך הרמת המפלס מבלי לסכן את מפעלי האזור	12
2.1 הרמת המפלס ל-395.5 מ' בממוצע (אלטרנטיבה ב')	12
2.2 הרמת המפלס ל-393 מ' בממוצע (אלטרנטיבה ג')	12
3. הזרמת מי ים תוך הצפת המפעלים (אלטרנטיבה ד')	13
4. סיכום	13
פרק ג' - השפעת המפעל ההידרואלקטרי על מפעלי האזור	15
1. המצב ללא הזרמת מים לים-המלח	15
1.1 ירידה מפלס פני ים המלח	15
1.2 התחמות בריכות המלח	16
2. הזרמת מים לים-המלח ללא סיכון מפעלי האזור	17
2.1 מניעת התייבשות האגן הדרומי	17
2.2 שטיפת בריכות המלח	18
2.3 המלחת ים המלח עקב ההזרמה	19
2.4 השפעת טמפרטורת המים המוזרמים מים-התיכון לים המלח	20
3. הזרמת מים לים-המלח תוך הצפת מפעלי האזור	20
4. סיכום	21
פרק ד' - המפעל ההידרואלקטרי	24
1. מבוא	24
2. הובלת המים	24
2.1 הובלת מים במערכת משולבת באפיק הירדן	24
2.2 הובלת מים בצינור	25
2.3 הובלת מים במערכת משולבת בתואי דרומי	26
2.4 הובלת מים מים סוף	27

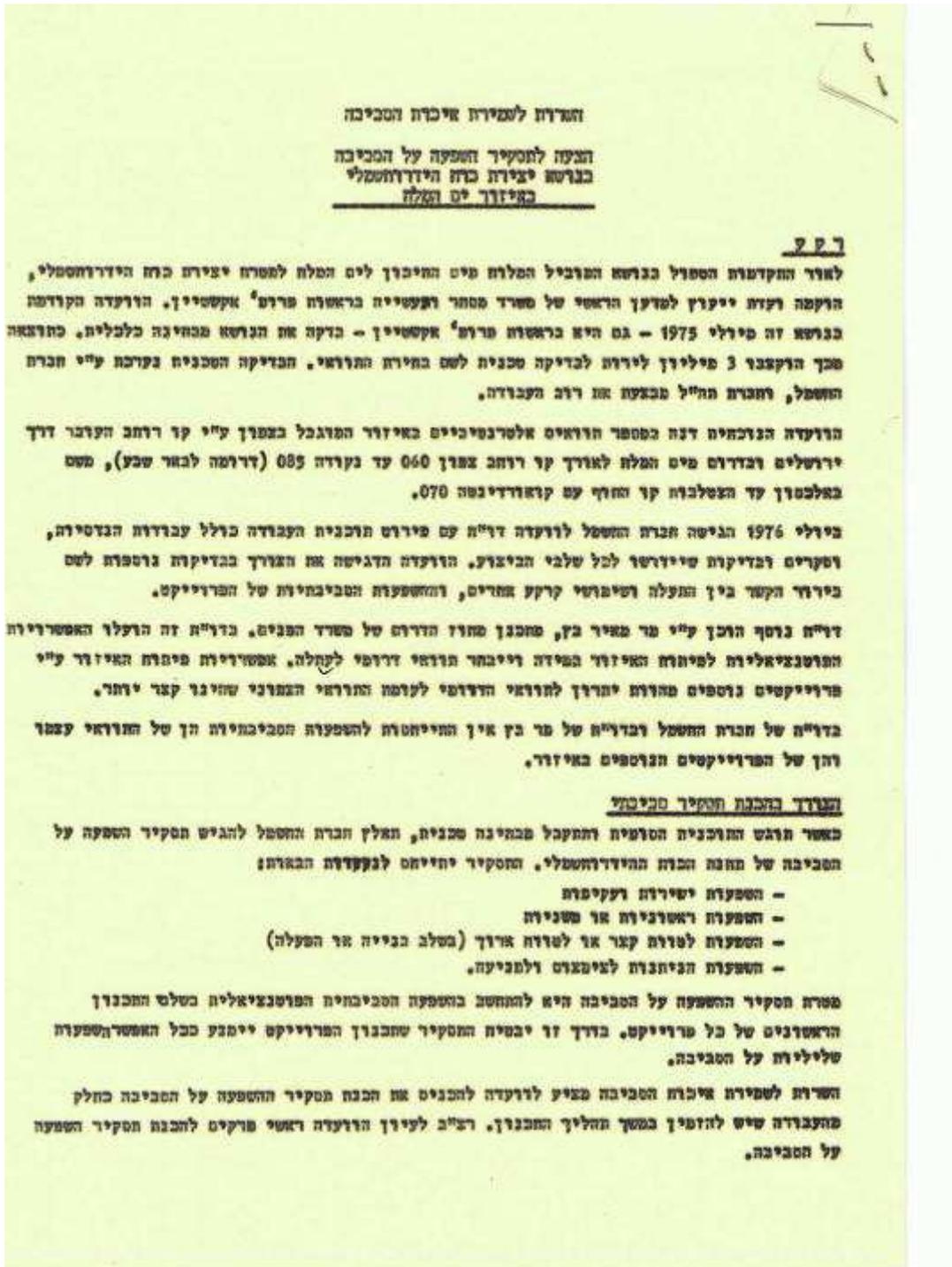
ביולי 1975 פורסם על ידי המנהל למחקר ואוצרות טבע של משרד המסחר והתעשייה "דו"ח הועדה לבדיקת כדאיות הקמת מפעל הידרואלקטרי באזור ים המלח". כפי שניתן לראות מהעמוד הראשון של תוכן העניינים של הדו"ח, הוא עוסק בעיקר בהשפעת הפרוייקט על מפעלי האזור. אין זו עובדה מפתיעה לאו העובדה שהוא נכתב על ידי משרד התעשייה.

עמוד		
27	הובלת מים במנהרה	2.5
27	סיכום	2.6
29	גודל המתקן ההידרואלקטרי	.3
29	כמויות החשמל המופקות	3.1
30	הפעלת המתקן ההידרואלקטרי לצריכת שיא ולשעת חרום	3.2
31	אומדן ההספק במפעל הידרואלקטרי	3.3
35	עלות החשמל בתחנת כח הידרואלקטרית	3.4
35	משטר הפעלה של התחנה ההידרואלקטרית	3.5
41	עלויות ייצור חשמל אלטרנטיביות	.4
42	עלויות אלטרנטיביות בתחנות כח תרמיות	4.1
42	עלות חלופת טורבינות גז	4.2
43	החסכון בדלק ובמט"ח הנובע מהפעלת תחנה הידרואלקטרית	4.3
45	רגישות הפרוייקט לטיות באומדני הפרמטרים	4.4
48	עלויות במערכת משולבת מיוחדת	4.5
48	סיכום	.5

פרק ה' - רווח אקולוגי

51	הרחקת תחנות כח משפלת החוף	.1
51	מבוא	1.1
51	קירור ע"י הזרמה חד פעמית	1.2
52	קירור ע"י סחרור מים	1.3
54	קירור בעזרת מגדלי קירור יבשים	1.4
54	תרומת הפרוייקט להרחקת תחנות כוח מהחוף	1.5
55	אספקת מים לתעשייה באזור הדרום	.2
55	אספקת מים לקירור	2.1
55	שימושים אחרים במי המוביל	2.2
56	המתקת מים	2.3
56	קיט ונופש	.3
56	סיכום	.4

כותרתו של הפרק האחרון של הדו"ח היא "רווח אקולוגי". הופתענו לגלות כותרת שכזו ואנו למדות ממנה הרבה. לפי הכותרת, אין מטרתו של הדו"ח לבחון השפעות אקולוגיות אפשריות, או יתרונות וחסרונות סביבתיים שיהיו לפרוייקט. אלא לבחון אך ורק את התועלות האקולוגיות שתצמח מהפרוייקט. גישה חד צדדית שכזו עשויה לגרום למקבלי החלטות לקבל החלטות על סמך מידע חלקי בלבד.



בשנת 1976 הגישה חברת החשמל דו"ח הנדסי וטכני לבחינת "תעלת הימים". במקביל לכך הוכן מסמך על ידי משרד הפנים הבוחן את השפעות על פיתוח האזור. בעקבות שני הדוחות הללו פנה השרות להגנת הסביבה (שהיה אז מסונף למשרד הפנים) בבקשה להטיל על חברת חשמל הכנת תסקיר השפעה על הסביבה.

לא ברור בפני איזו ועדה שוטח השרות להגנת הסביבה את בקשתו, אך ברור שאין לו את הסמכות להורות על כתיבתו של תסקיר שכזה. בנוסף עולה מהמסמך שבשנת 77 הבדיקות ההנדסיות והכלכליות היו בשלב מתקדם, אך בדיקות סביבתיות עדיין לא נעשו כלל.

ממצאים משנות ה-2000

22.10.02 ניתוח פרוטוקול מס' 99⁶⁴ - של ישיבת הוועדה לענייני מדע ופיתוח טכנולוגי, מתאריך 22.10.02

התלבטנו רבות כיצד לבחון ולכמת את השפעת הנציגים מהמשרדים הממשלתיים השונים ואת האינטרסים השונים שהם מייצגים. לבסוף החלטנו לספור את מספר המילים שבהם כל נציג השתמש. בחרנו בשיטה זו על מנת להראות את כוחם של המשרדים השונים ומידת התערבותם בישיבה.

לא בחרנו בשיטת ספירת מילים מסוימות שנאמרו במהלך הדיון, מאחר ובשיטה זו מאבדים את הקונוטציה של המילה, ז"א ניתן להשתמש הרבה מאוד פעמים במילה "סביבה", אך ההקשרים משנים את משמעויותיה, ולכן לא נוכל לבדוק אם השיקול הוא להגן על הסביבה בשיטה זו.

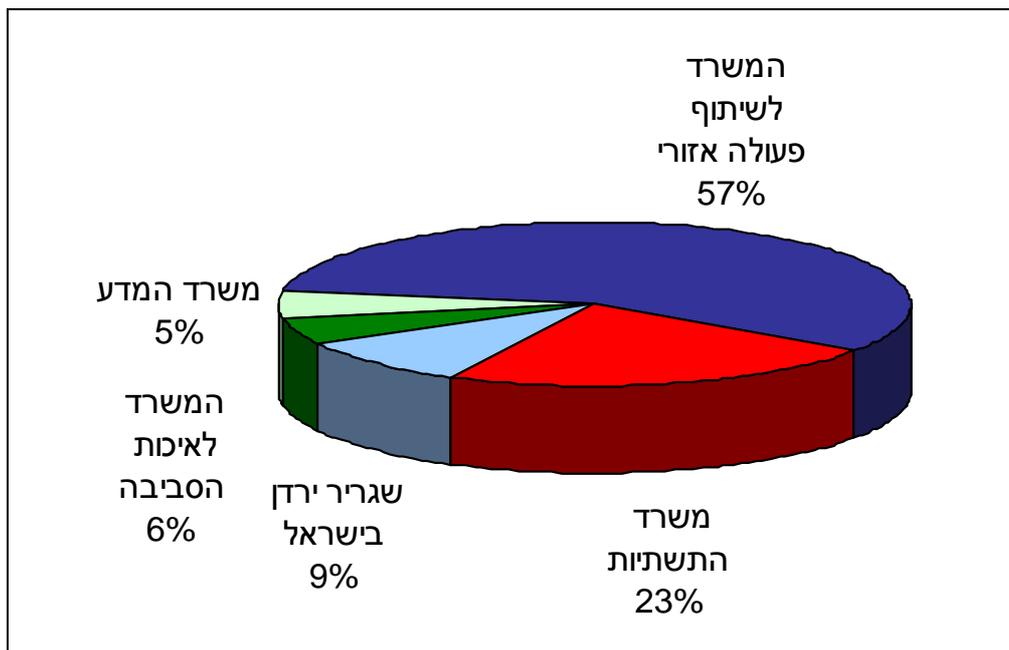
בפרוטוקול ייצוגי זה ספרנו את מספר המילים שכל נציג של משרד ממשלתי אמר בישיבה זו, להלן התוצאות:

שם המשרד	מס' מילים	שיקול המשרד
המשרד לשיתוף פעולה אזורי	2112	מדיני
משרד התשתיות	831	כלכלי
שגריר ירדן בישראל	348	מדיני
המשרד לאיכות הסביבה	203	סביבתי
משרד המדע	190	סביבתי
משרד החוץ	0	מדיני
משרד האוצר	0	כלכלי
משרד התעשייה והמסחר	0	כלכלי
משרד הבריאות	0	סביבתי
משרד החקלאות	0	כלכלי
משרד הפנים	0	כלכלי
משרד התיירות	0	כלכלי

את התוצאות מיינו עפ"י מספר המילים בסדר יורד. לאחר מכן הוספנו ליד כל משרד את השיקול אותו הוא מייצג, לדוגמה משרד התשתיות מייצג שיקול כלכלי, ולעומתו משרד איכות הסביבה מיצג שיקול סביבתי.

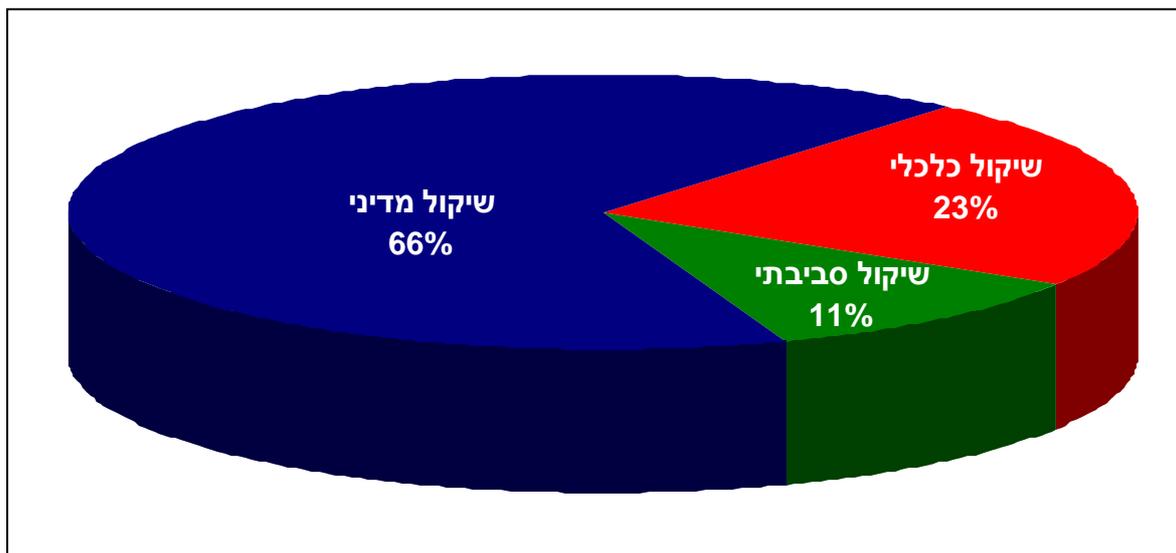
⁶⁴ http://www.knesset.gov.il/protocols/heb/protocol_search.aspx

את התפלגות התוצאות ניתן לראות בתרשים מספר 1 :



תרשים מס' 1

בתרשים מס' 2 ניתן לראות את ההתפלגות של ייצוג השיקולים :



תרשים מס' 2

בשני התרשימים ניתן לראות בבירור שאחוז המילים שנאמרו ע"י משרדים ממשלתיים המייצגים את השיקול המדיני הוא הגדול ביותר, סה"כ 66%. ורק במקום האחרון מיוצג השיקול הסביבתי, עם 11%, מהמילים בדיון.

נספח 6 - החלטה מס. 2863 של הממשלה מיום 05.01.2003 - עתיד ים המלח.

החלטה מס. 2863 של הממשלה מיום 05.01.2003.

מ ח ל י ט י ם (פה אחד):

- א. ממשלת ישראל מברכת על כל מהלך של שיתוף פעולה אזורי המשלב אינטרסים כלכליים לטובת המדינות.
- ב. הממשלה מכירה בכך כי קידום עתיד ים המלח מחייב עריכת בדיקות מעמיקות בסוגיות שונות הנוגעות להשלכות הכלכליות, הסביבתיות, הלימנולוגיות והגיאולוגיות בכל הנוגע לעתיד ים המלח וסביבתו (כגון: תשתיות, מפעלי תעשייה, תיירות, מיקום קו החוף, איכות המים ומחצבים). במסגרת זו יש גם צורך לבחון אפשרויות ודרכים להתמודדות עם בעיית ירידת המפלס.
- ג. השר לאיכות הסביבה, השר לשיתוף פעולה אזורי ושר התשתיות הלאומיות יקימו וירכזו צוות מקצועי אשר יפעל להכנת החומר המקצועי לצורך גיבוש מסמך מדיניות לעתיד ים המלח וסביבתו. צוות מקצועי יפעל בליווי ועדת היגוי שתורכב מנציגי המשרדים האמורים וכן נציגים של משרדי התעשייה והמסחר, התיירות, האוצר והפנים, היועץ המשפטי לממשלה והגופים הבאים: מועצה אזורית תמר, מועצה אזורית מגילות, מפעלי ים המלח ונציגי הארגונים הירוקים.
- ד. הצוות המקצועי יביא לממשלה, תוך שלושה שבועות מיום קבלת ההחלטה, תכנית עבודה מפורטת, כולל לוחות זמנים להכנת מסמך מדיניות ותקציב.
- ה. הצוות המקצועי האמור יבדוק את התכניות השונות שהוצעו בעבר בענין חיבור ים המלח לים סוף או לים התיכון.

בהחלטת ממשלה זו ישנם חמישה סעיפים :

- הסעיף הראשון ("ממשלת ישראל מברכת על כל מהלך של שיתוף פעולה אזורי המשלב אינטרסים כלכליים לטובת המדינות.") מדבר על שיתוף פעולה פוליטי-כלכלי, אינטרס הצלת ים המלח לא מוזכר בו כלל.
- הסעיף השני דן בעתיד ים המלח אך הבעייתיות הסביבתית נכנסת רק בסוף, לאחר השיקולים הכלכליים.
- הסעיף השלישי מקים צוות מקצועי למדיניות עתיד ים המלח. הממשלה מטילה על השר להגנת הסביבה לרכז את הצוות יחד עם השר לשיתוף פעולה אזורי ושר התשתיות הלאומיות.
- הסעיף הרביעי מטיל על הצוות המקצועי להביא בפני הממשלה, תוך 3 שבועות בלבד, תוכנית עבודה מפורטת הכוללת לוחות זמנים ותקציב. לוח זמנים שכזה הוא, לכל הדיעות, איננו ריאלי.
- הסעיף הזה, לדעתנו, ממחיש את ההתנהלות הלא רצינית ולא מסודרת של הממשלה הממשלה כלפי הפרוייקט.
- בסעיף החמישי ישנה התייחסות לחלופות הנוספות. הסעיף הזה מדגים כיצד פועל כאן "מודל פח הזבל" – בחירת התוואי של התעלה נדונה כבר במשך 50 ואף הוכרעה בעבר. אך בסעיף הזה הממשלה חוזרת ודנה בנושא ואף רוצה לקבל החלטה נוספת בעניין בפרק זמן לא סביר.

כלכלי-אזורי.

מחליטים:

להטיל על המשנה לראש הממשלה לפעול לקידום פרויקטים של פיתוח כלכלי אזורי, בשיתוף הממלכה ההאשמית והרשות הפלסטינית, באזור הכולל את מפרץ אילת, הערבה, ים המלח, בקעת הירדן ועמק הירדן במגמה להגביר את היציבות האזורית באמצעות פיתוח כלכלי. התכנית האמורה תוגדר כ"פרויקט לאומי" ותקבל עדיפות במסגרת פעולות הממשלה.

1. התכנית מורכבת משילוב של פרויקטים כדלקמן:

א. מובל (צינור/תעלה) המוליך מים ממפרץ אילת לים המלח (כ-160ק"מ) המיועד למנוע את המשך התייבשות ים המלח, להקמת פרויקטים תיירותיים וחקלאות בערבה, להתפלת מים וליצור חשמל (להלן: מובל השלום).

ב. שדהתעופה משותף ישראל/ירדני באזור עקבה.

ג. אזור תעשייה חקלאי בבקעת הירדן (אזור יריחו) בסיוע ממשלת יפן.

ד. אזור תעשייה ישראלי/ פסלטיני בצפון השומרון

ה. חיבור רשת מסילות הברזל של ישראל עם רשת מסילות הברזל הירדנית, קטע בית שאן-אירביד.

ו. פרויקטים נוספים (יובאו לאישור הממשלה).

2. האחריות הכוללת לקידום התכנית היא בידי המשנה לראש הממשלה, תכנון וביצוע התכנית יתבצעו בתאום ובשיתוף משרדי הממשלה הנוגעים בדבר, לרבות מערכת הביטחון, ובכפוף לכל דין. האמור לעיל אינו גורע מסמכות ואחריות משרדי הממשלה, לטפל ולקדם נושאים מקצועיים בתכנית הקשורים לתחומי פעולתם.

3. התכנית תבוצע במימון שעיקרו חוץ ממשלתי באמצעות גופים כמו הבנק העולמי, מדינות וגופים בינלאומיים, הסקטור העסקי ותורמים שונים. השתתפות הסקטור הפרטי בפרויקט תתבצע תוך מתן הזדמנות שווה לגופים מעוניינים, עפ"י כלדין.

4. צוות בינלאומי שיורכב מאישים ידועי שם בעולם (כולל נשיאים וראשי ממשלות בעבר) ישמש צוות מייעץ בדבר יישום התכנית.

5. בהמשך להודעת ראש הממשלה בישיבת הממשלה ביום 17/12/06, למנות צוות בהשתתפות נציג משרדי ראש הממשלה, המשנה לראש הממשלה, התשתיות הלאומיות ומנהל הרשות הממשלתית למים ולביוב (עפ"י תוארו בעבר נציב המים), אשר ישמש צוות מלווה של סקר ההיתכנות למובל השלום המתוכנן להתבצע ע"י הבנק העולמי.

לדיוני הצוות יוזמן נציג המשרד להגנת הסביבה.

בראש הצוות יעמוד מנהל הרשות הממשלתית למים ולביוב."

בהחלטה זו מטילים על המשנה לראש הממשלה לפעול לקידום פרויקטים של פיתוח כלכלי אזורי. התכנית האמורה תוגדר כ"פרויקט לאומי" ותקבל עדיפות במסגרת פעולות הממשלה. החלק העיקרי של התוכנית הוא הקמת מובל השלום כאשר מצוין בברור כי יעודו הוא "למנוע את המשך התייבשות ים המלח". יחד עם זאת, השר להגנת הסביבה לא עומד בראש צוות, ואף איננו מוזכר כחבר באף צוות לקידום הפרויקט. זאת בניגוד להחלטת הממשלה הקודמת בנושא (משנת 2003). בסוף ההחלטה מצוין שנציג המשרד יוזמן לדיונים אך לא כתוב באיזה דרג וניכר כי יהיו לו סמכויות מועטות משל נציגי הממשלה המצוינים בסעיפים 2 ו-3.

בשנת 2006, הוגש לממשלת ישראל ע"י המשרד לאיכות הסביבה ומכון ירושלים לחקר ישראל, מסמך מדיניות⁶⁵ אגן ים המלח, הערכת מצב ומשמעויות לעתיד בתנאים של המשך ירידת מפלס הים. ע"פ הדוח בטווח הנראה לעין לא יהיה שינוי במאזן המים הגירעוני של ים המלח וירידת המפלס תימשך בקצב של כמטר לשנה. במצב זה יימשכו התהליכים הגורמים לנסיגת קו החוף, לחשיפת משטחי בוץ, להתפתחות בולענים ולאובדן מים מאוגר מי התהום.

עיקרי המלצות הדוח המסכם הן:

1. אימוץ המפות שמוצגות במסמך המדיניות: במסגרת העבודה אותרו ומופו אזורים שבהם צפויים בולענים וכשלים קרקעיים ברמות היתכנות שונות, לצד אזורים שבהם התשתית יציבה ובטוחה, וניתן להפנות אליה פיתוח ללא מגבלות. המפות המוצגות במסמך זה יאומצו על-ידי מוסדות התכנון, המועצות האזוריות ומע"צ, וישמשו בסיס לכל התנהלות באזור ים המלח.
 2. הכנת תוכנית מתאר חדשה: בשל הנסיגה המתמדת הצפויה במיקומו של קו החוף ובשל היווצרות הבולענים ושקיעת הקרקע, על גופי התכנון להכין תוכנית מתאר חדשה לחופי ים המלח ולערך שינויים בתוכניות המתאר הקיימות באזור.
 3. בחינת המשך פעילות המפעלים הכימיים: הממשלה תביא לגיבוש התפיסה והתנאים להמשך פעילות המפעלים הכימיים, מעבר לטווח של שנת 2030 תום תקופת הזיכיון של מפעלי ים המלח.
 4. בחינת ההשלכות הצפויות לתשתיות: כל גוף האחראי לתשתית פיסית כלשהי באזור ים המלח יבחן בהקדם את ההשלכות הצפויות לתשתיות הנתונות תחת אחריותו באזורים המסומנים במפות כמועדים לכשל קרקעי.
 5. תיאום ותקצוב הפעולות: הממשלה תגבש מתווה ארגוני, שיבטיח תיאום ותקצוב הפעולות הנדרשות בנושא זה ממשרדי הממשלה השונים ומהמועצות האזוריות הקשורות בו. עלות הנזקים הישירים של ירידת המפלס לחקלאות ולתשתיות נאמדה בכ- 55 מיליוני ש"ח בערכים מהוונים למשך 20 שנה, וכ- 65 מיליוני ש"ח בהיוון למשך 50 שנה. אובדן הערך הכלכלי של ים המלח כמשאב סביבתי וערך טבע ייחודי נאמד בכ- 117 מיליוני ש"ח בשנה, ובכ- 2 מיליארד ש"ח בערכים מהוונים למשך 20 שנה.
- בדוח זה ציפינו למצוא את הייצוג של האינטרס הסביבתי, הגנה על ים המלח, אחרי הכל זהו המשרד שצריך לייצג את האינטרס הזה, אך כפי שהיצגנו, משרד זה בחר לעשות איסוף של כל החומר הידוע ולנסות להגיד עפ"י המצב הקיים, מה יש לעשות במצב הנתון, ולא הביע דעה לכאן ולכאן לשם ייצוג הסביבתי וחיבתו הסביבתית של ים המלח.

⁶⁵ http://www.sviva.gov.il/Environment/Static/Binaries/index_pirsumim/p0217_1.pdf

סיכום ממצאי הביניים

- ניתוח של מדגם קטן של מסמכים, אותם הצגנו בפרק זה, אפשר לנו להגיע למסקנות הבאות:
- קיימת חוסר בהירות רב לגבי המשרד הממונה על הפרויקט. במשך 50 שנה האחריות על הפרויקט הועברה ממשרד למשרד באופן שנראה, על פניו, כמעט אקראי.
 - בשנות ה-50 קיימת מעורבות גבוהה של משרד הביטחון בפרויקט. מעורבות זה נעלמת כליל מאוחר יותר, יתכן שהיא עדיין קיימת אך איננה חשופה לציבור.
 - האספקט המדיני של הפרויקט קיים כבר החל משנות ה-70, למרות שנהוג לייחס אותו כתוצר של הסכמי השלום עם ירדן בשנות ה-90.
 - היו משרדי ממשלה שהתעניינו אך ורק בתועלות של הפרויקט מבלי לבחון את השפעותיו השליליות הסביבתיות.
 - בשנות ה-70 מבקש השירות להגנת הסביבה להכין תסקיר השפעה על הסביבה. אך אין לו את הסמכות להורות על הכנת תסקיר שכזה.
 - בדיקות כלכליות והנדסיות של הפרויקט קודמו קודם לבדיקות סביבתיות שלו.
 - בשנות ה-2000 בולטת במיוחד חשיבותו של השיקול המדיני.
 - גם לאחר 50 שנות התדיינות טרם התקבלו החלטות סופיות, והחלטות רבות מתקבלות שוב ושוב, ולעיתים באופן מנוגד זו לזו.

מסקנות והמלצות להמשך מחקר או להיבטים שלא נבחנו בעבודה זו

במסמך אשר מונח לפניכם ניתחנו קמצוץ מהחומר הרב אליו נחשפנו במהלך המחקר. אנו משוכנעות שהמשך ניתוח של החומר יוכל לשפוך אור רב יותר על תהליך קבלת ההחלטות על ידי ממשלת ישראל. לדעתנו, הבנת התהליך תוכל לסייע לגורמים רבים העובדים מול הממשלה, ואף על הממשלה עצמה, לקיים תהליך מושכל יותר.

את המשך המגמות והשינויים באינטרסים שחלו בשנות ה-80 ניתן יהיה לחשוף בעוד בעתיד, כאשר תקופת הגניזה תסתיים. כמו כן יש להמשיך ולחשוף את המידע הקיים לגבי שנות ה-90. אנו רואות שקיים מידע רב, סקרים, בדיקות גיאולוגיות וכדו' שנעשו בעבר, ואנו מאמינות שחשיפתם תתרום להבנת התהליכים שהתרחשו בתהליך קבלת ההחלטות לגבי תעלת הימים, ואנו תקווה שהבנת התהליכים שהתרחשו בעבר תוכל לתרום הן לקבלת החלטה נבונה יותר בהווה ובעתיד.

רשימה ביבליוגרפית

1. וריצבורגר, א' וגראטש, א', מפעל המים, 1985.
2. זוהר, גבי, "שיחת היום עם ארידור", הארץ, 29 ביוני 1994.
3. חיון, דוד, "תעלת הימים יוצאת מהקפאה" גלובס, אוקטובר.
4. טל, אברהם, "סכנת בלאומליך לא חלפה", הארץ, 8 באוגוסט 1994.
5. ליפקין, דוד, "הקרב על התעלה". מעריב, 11 באוקטובר 1994.
6. עשת, גדעון, "חפירה חוזרת בפרויקט תעלת הימים". ידיעות אחרונות, 6 באוקטובר 1993.
7. קליין, זאב, "תעלת הימים כדאית מבחינה כלכלית אם תמומן בהלוואות בריבית נמוכה". מעריב, 29 ביוני 1995.
8. שנתון הממשלה התשמ"ה, ירושלים: מרכז ההסברה והפרסומים.
9. מסמך רקע, הפסקת פרויקט "תעלת הימים", דוח ביקורת שהוכן לפי בקשת הוועדה לכלכלה של הכנסת, ירושלים, נובמבר 2001.
10. דוח מבקר המדינה, פרויקט תעלת הימים, דוח ביקורת שהוכן לפי בקשת הוועדה לענייני ביקורת המדינה של הכנסת, ירושלים, נובמבר 1984.
11. הצעה לסדר היום, "הסכנה של הקפאת תוכנית תעלת הימים", 5 בדצמבר 1984.
12. ועדת הכלכלה של הכנסת, דיון ב-9 ביולי 1985.
13. מסמך מדיניות, אגן ים המלח, הערכת מצב ומשמעויות לעתיד בתנאים של המשך ירידת מפלס הים, משרד איכות הסביבה ומכון ירושלים לחקר ישראל, ירושלים, 2006.
- http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/index_pirsumim/p0217_1.pdf
14. משה ברדה, " תהליך קבלת ההחלטות בישראל בנושאי ביטחון לאומי", הכנסת מרכז המחקר והמידע, 2006
15. מבקר המדינה, דו"ח שנתי 53 ב' לשנת 2002 ולחשבונות שנת הכספים 2001, עמ' 7-44.
16. רון תקווה, " מחקר וניטור ים המלח לאור ירידת המפלס", הכנסת, מחלקת מידע ומחקר, 2006.
17. החלטת ממשלה 1366, " מסדרון השלום - פרויקטים לפיתוח כלכלי-אזורי ", 11.03.07
18. אירוונג ל. ג'ניס וליאון מאן, **תהליך קבלת החלטות- ניתוח פסיכולוגי של קונפליקט, בחירה ומחויבות**, הוצאת משרד הביטחון, 1980
19. Karl E. Weick, 1979, *The Social Psychology of Organizing*, 2nd Ed. McGraw Hill.
20. Karl E. Weick, Kathleen M Sutcliffe and, David Obstfeld, "Organizing and the Process of Sensemaking", in: *Organization Science*. Vol. 16, n° 4, p. 409-421, Jul/Aug, 2005

21. אסנת מירון, מפעלי ים המלח "הירוקים במדבר" – האומנם?, הביוספירה, כרך כד', 1995.
22. משרד ראש הממשלה, ארכיון החלטות הממשלה,
<http://www.pmo.gov.il/PMO/Archive/Decisions>
23. <http://www.snunit.k12.il/peace/doc073.html>
24. שמעון פרס, באוויר, בים וביבשה, הארץ, 26/03/2007
<http://www.haaretz.co.il/hasite/spages/841804.html>
25. פרוטוקול 99, ישיבת הוועדה לענייני מדע ופיתוח טכנולוגי, מתאריך 22.10.02
http://www.knesset.gov.il/protocols/heb/protocol_search.aspx

אוניברסיטת ת"א, ביה"ס ללימודי סביבה ע"ש פורטר

קורס פרויקטים בחקר הסביבה

פרויקט תעלת הימים: השלכות הידוכימיות



מרצה: פרופ' אביטל גזית

מנחה: ירון הרשקוביץ

מגישים:

040842718	יעל סגל
040191561	אייל צ'יצ'יאנוב
040519167	חמוטל בירן

תוכן עניינים

134.....	מבוא.....
134.....	רקע על ים המלח.....
137.....	ההשלכות ההידרוכימיות הצפויות כתוצאה מערבוב ים המלח וים סוף.....
141.....	סלעי משקע.....
143	מהו גבס.....
145.....	איך יראה ים המלח בעתיד.....
145.....	בעיות שתוצרנה בשל שקיעת גבס.....
146.....	ניסויים המראים את המתרחש מערבוב שני גופי המים.....
149.....	הגדרת רווית היתר.....
149.....	דרגת רווית היתר ביחס לגבס גבוהה יותר בים המלח מזו של הגוף מעורבב.....
150.....	גורמים המשפיעים על תהליך היווצרות הגבס והתגבשותו.....
152.....	השערת המחקר ומטרותיו.....
153.....	שיטות המחקר.....
156.....	ביקורת ומגבלות השיטה.....
158.....	תודות.....
159.....	רשימת ספרות.....

מבוא

בשנים האחרונות מפלס ים המלח יורד בקצב של כמטר בשנה. מאזן המים השלילי נובע עקב ירידה בכמות המים הנכנסים: שאיבת מי הכנרת ע"י המוביל הארצי, הטיית הירמוך ע"י סוריה וירדן, וניצול פלגי מים קטנים יותר לפני שהם נשפכים לים המלח. בנוסף, 30% מהירידה מיוחסת לאידוי מי הים על ידי מפעלי ייצור האשלג בישראל ובירדן. המחסור השנתי של מים, בהנחה של ירידת מפלס בשיעור של מטר לשנה, הוא $625 \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$ (Gavrieli et al 2003). אם המצב הנוכחי של מחסור בהזרמת מים שפירים והמשך אידוי מי הים ע"י התעשיות ימשך, מפלס מי הים צפוי להמשיך ולרדת.

הירידה החדה במפלס ים המלח גורמת לשינויים גיאומורפולוגיים רבים, כדוגמת היווצרות בולענים, התחתרות נחלים, פגיעה בכבישים וגשרים, ועוד. כל אלו גורמים לנזקים קשים, לבעיות בטיחות, לפגיעה בתיירות ובמפעלי התעשייה ומעל לכל, לפגיעה באקולוגיה הייחודית של האזור.

אחד הפתרונות שהוצעו במטרה "להציל" את ים המלח הוא תעלה שתחבר בין ים המלח לים סוף, פרויקט המכונה "תעלת הימים" או "מובל השלום". מטרת הפרויקט הן: מניעת ירידת מפלס ים המלח, חיזוק השלום בין ישראל וירדן ויצירת מים מותפלים לשתיה ע"י ניצול הפרש הגובה בין ים סוף לים המלח (כ- 400 מטרים). הרכז מההתפלה יוזרם לים המלח במטרה להעלות את גובה מפלס ים המלח ולייצבו על גובה של 400 מטרים.

להזרמת מי ים סוף למי ים המלח יכולות להיות השלכות מרחיקות לכת. מדובר על ערבוב בין שני גופי מים השונים אחד מהשני בהרכבם. אחד התרחישים המדאיגים שעלולים לקרות עקב הערבוב הוא היווצרות של גבס ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) בכמויות רבות. מי ים סוף מכילים ריכוז גבוה של יוני סולפאט (גופרה) וכאשר הם יערבבו עם ריכוז גבוה של קלציום (סידן) שקיים בים המלח צפוי להיווצר גבס. תופעה זו עלולה לשנות את הרכב ים המלח, את צבעו, את סגולותיו הרפואיות ועלולה לכן להזיק למפעלי ים המלח, לתיירות ולאופיו של ים המלח שהינו נכס טבעי וייחודי בארץ ובעולם.

רקע על ים המלח

ים המלח הינו ימה מלוחה וסגורה הנמצאת בבקעת הירדן, בשולי מדבר יהודה בין ישראל לירדן. חופיו הם המקום היבשתי הנמוך בעולם, כיום (אוגוסט 2008) גובה המפלס הוא 421.38 מטר מתחת לפני הים¹.

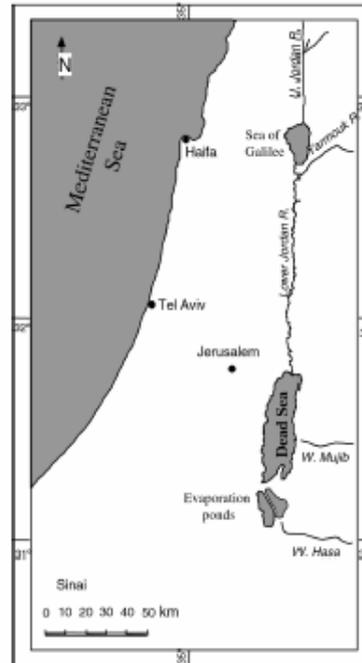


Figure 1. Location map of the Dead Sea.

איור מספר 1: ים המלח (מתוך: Gavrieli et al. 2003)

נתונים: אורכו המרבי של ים המלח- 55 ק"מ, רוחבו המרבי- 17 ק"מ, עומקו- 400 מטר. מימיו מאופיינים במליחות גבוהה - 34% מלח בהמסה ($TDS > 340 \text{ g/L}^{-1}$), בצפיפות גבוהה ($\text{Ca} / (\text{CHO}_3 + \text{SO}_4) > 1$; $\text{Na} / \text{Cl} < 1$) ובהרכב ייחודי של קלציום-כלוריד ($> 1.236 \text{ Kg/L}$). היונים העיקריים המצויים בים המלח (טבלה מספר 1) הם: מגנזיום, כלור, נתרן, סידן, אשלגן, וגופרית.

טבלה מספר 1: הרכב המלחים בים המלח (g/L^{-1}) במהלך קיץ 2002, צפיפות: 1.237 ב- 25°C (מתוך: Gavrieli et al. 2003)

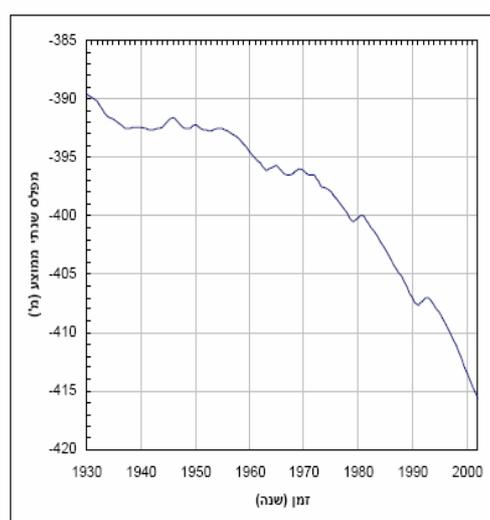
Na	K	Ca	Mg	Cl	Br	HCO ₃	SO ₄	TDS
34.3	8	18.3	47.1	228.6	5.4	0.3	0.4	342.4

השוואת ים המלח לאוקיינוס (הרכב כמעט זהה לזה של ים סוף) ולנהר הירדן (טבלה 2) מראה הבדלים גדולים בריכוז הסידן (גבוה בים המלח ונמוך בים סוף) ובריכוז הגופרית (נמוך בים המלח וגבוה בים סוף).

טבלה מספר 2: ריכוזי היונים העיקריים (mgL^{-1}) בים המלח, בירדן ובאוקיינוס (רז, 1993)

נהר הירדן	אוקיינוס	ים המלח	
224	10770	39158	נתרן
32	399	7956	אשלגן
95	1290	45345	מגנזיום
129	412	17127	סידן
762	19354	227545	כלוריד
9	67	5360	ברומיד
97	2712	471	סולפט
181	142	240	ביקרבוט
1529	35004	343202	מליחות (TDS)

במהלך המאה ה-20 מפלס מי ים המלח ירד ביותר מ-25 מטר (איור מס' 2). ירידת מפלס הים גרמה בשנת 1979 לסיומה של תופעת השכוב בים המלח, תופעה שהתקיימה כ-300 שנה (Stiller and Chung 1984). עד 1979 ים המלח היה גוף מים משוכב: ארבעים המטרים העליונים של המים באגן הצפוני היו בעלי מליחות נמוכה יחסית: כ-300 גרם לליטר. בשכבת מעבר (בין 40 ל-80 מטר) עלתה המליחות באופן הדרגתי, כך שבמי העומק התקיים ערך אחיד וגבוה - כ-332 גרם לליטר. הפרש המליחות התבטא בהבדלים בצפיפות המים: מים קלים יחסית (שמשקלם הסגולי כ-1.205 גרם למ"ל) בפני השטח, ומים כבדים יותר (כ-1.233 גרם למ"ל) בעומק. הפרש זה מנע משכבות המים להתערבב, כך שבשכבת המים התחתונה נוצרו תנאים אנאירוביים (חוסר חמצן), ועושר בסולפידים (יוני גופרית). ירידת מפלס הים גרמה לעלייה במליחות שכבת המים העליונה (Neev and Emry 1967), (אורן 1996), עד שבפברואר 1979 מליחות שתי השכבות השתוותה ונוצר ערבוב של גוף המים כולו (Stiller and Chang 1984).



איור מספר 2: מפלס ים המלח בשנים 1800-2000 (מתוך אתר קיבוץ עין גדי)

מאז אותו ערבוב של שנת 1979, מופיע בד"כ שכוב עונתי כאשר מגיעים לאגם שיטפונות בחורפים גשומים. שכוב כזה התרחש בחורף 1979-1980, כאשר מי השיטפונות שהתערבבו במי השטח יצרו שכבה בעובי של כ-5 מטרים. כמויות מים גדולות הרבה יותר נכנסו לים המלח בחורף 1991-1992 בו זרמו לים המלח שיטפונות וכן מים מהירדן שהוזרמו בעקבות פתיחתו של סכר דגניה. התוצאה הייתה היווצרות שכבה מהולה בעובי 5 מטרים, עם מליחות נמוכה עד כדי 260 גרם מלחים לליטר (מיהול לכ-70 אחוז מהמליחות המקורית). רק בסוף 1995 התבטל השכוב שנוצר בעקבות החורף הגשום ההוא (אורך 1996).

ההשלכות ההידרוכימיות הצפויות כתוצאה מערבוב ים המלח וים סוף

פרויקט תעלת הימים מחבר בין ים סוף לים המלח. תהליך המילוי של מי ים סוף ע"י תעלת הימים כולל שני שלבים. השלב הראשון הוא שלב המילוי, במהלכו גובה המפלס יעלה. לאחר הגעה לגובה הרצוי יחל השלב השני בו יושג שיווי משקל: כל אידוי מהאגם יפוצה ע"י הזרמת מי ים או רכז. חשוב לציין כי לרכז מי ים סוף ישנו כמעט אותו הרכב מלחים כמו למי ים סוף עצמו. במהלך העבודה המונח 'מי ים סוף' מתייחס גם למי הים וגם לרכז. לא לקחנו בחשבון השפעות שיכולות להיות על ים המלח כתוצאה מהוספת חומרים לרכז, מתהליך ההתפלה עצמו.

בעת החלת פרויקט תעלת הימים, ייווצר ערבוב בין שני גופי מים השונים בריכוז ובהרכב המלחים. ערבוב זה יכול לגרום לשורה של שינויים. נעמוד כעת על שינויים אלו, ונבחן את ההשפעות הצפויות בשני שלבי המילוי.

1. יצירת שכוב מחדש

הזרמה של נפח רב של מי ים סוף לים המלח תגרום למיהול של שכבת המים העליונה וליצירת שכוב. השכוב נגרם בגלל השוני בצפיפויות בין שני גופי המים: ים סוף (1.03 g/ml^{-1}) לים המלח (1.24 g/ml^{-1}). בשלב המילוי של ים המלח, לפני הגעה למצב של שיווי משקל, צפוי כי יגרם שכוב שכזה. מליחות השכבה העליונה תרד מפני שהמים המוזרמים יתערבבו עם מים שהם תערובת של מי ים סוף עם מי ים המלח ולכן מליחותם תהיה נמוכה יותר. המליחות של השכבה העליונה ומבנה השכוב תלוי בקצב המילוי: ככל שקצב המילוי יהיה נמוך יותר, שלב המילוי יערך זמן רב יותר והצפיפות של פני השטח תהיה גבוהה יותר. לאחר הגעה לגובה המפלס הרצוי, מים יוזרמו רק כדי לפצות על ההתאדות. מי הים הנכנסים יתאדו והמליחות של השכבה העליונה תעלה. בתנאים כאלו תחול השוואה בהרכב ובצפיפות של שתי השכבות, ומרגע זה ואילך לא צפוי שכוב קבוע, אלא רק עונתי (Gavrieli et al. 2003).

2. שינוי ברכב המלחים

הזרמה של מי ים סוף למי ים המלח לא תגרום להפיכת ים המלח לבעל הרכב מלחים כמו של ים סוף, עקב ריכוז המלחים הגבוה באגם. למרות זאת, במהלך שלב מילוי האגם, השכבה העליונה צפויה להימהל, ולהפוך לפחות מלוחה. כאשר יושג שיווי משקל, המיהול יפסק והמליחות תעלה. העלייה במליחות תווסת כבופר ע"י שקיעה של המלחים כהליט - NaCl וגבס - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Gavrieli 1997).

3. קצבי אידוי והשפעתם

מים יוצאים מים המלח אך ורק בתהליך של אידוי. קצב האידוי תלוי במליחות פני הים ובלחות היחסית של האוויר מעל. כאשר המליחות של גוף המים עולה, האנרגיה החופשית של מולקולות המים או האקטיביות שלהם יורדת, ולכן קצב האידוי יורד (Gavrieli et al. 2003). על מנת שיהיה ניתן לחזות את התהליכים הצפויים בים המלח במהלך הפעלת פרויקט תעלת הימים, הכרחי לדעת הערכה אמינה לגבי קצב האידוי כפונקציה של מליחות המים. במהלך השלב הראשון כאשר מליחות המים תרד הנפח הדרוש יהיה גדול, לעומת זאת במהלך השלב השני שבו ישמר שיווי משקל באגם, מליחות פני הים תעלה וקצב האידוי יקטן ולכן תידרש כמות מים קטנה יותר. ממחקרים שונים שנעשו ניתן לראות כי ככל שגובה המפלס יורד, המליחות עולה וקצב האידוי יורד. התוצאות מוצגות בטבלה מס' 3.

טבלה מספר 3: טווח של קצבי אידוי משוערים כפונקציה של מליחות ים המלח (מתוך: Gavrieli et al. 2003)

Salinity (g/Kg)	water level (m)	Period	Data source for calculation	Evaporation rates (m/yr)
225	-393	1942-46	Neumann 1958	1.70-1.75
240	-395	1959-60	Neev and Emery 1967	1.47-1.65
256-279	-401	1979-80	Anati et al. 1987*	1.30-1.54

4. שינויים מיקרוביאליים

בלועזית ים המלח מכונה 'ים המוות', אך הוא אינו מת כלל וישנם בו חיים כפי שגילה לראשונה החוקר בנימין אלעזרי-וולקני בשנת 1940.

בים המלח נמצאות אוכלוסיות צפופות של מיקרואורגניזמים ביניהם האצה החד תאית *Dunaliella* sp. על האצה מתיישבים מיקרואורגניזמים, בעיקר halophilic Archaea שצבעם אדום, אשר מתפתחים כתוצאה מהחומר האורגני שמופק ע"י האצה. תופעה זו המכונה במדע גם 'פריחה ביולוגית' גורמת להופעת צבע אדום במי ים המלח. פריחה זו התרחשה בעבר במהלך חורפים גשומים כגון 1980 ו 1992, כאשר נוצר מיהול של פני השטח ע"י מי הגשם (Oren et al. 1995).

בניסויים שנערכו בבריכות פתוחות ובמעבדה התקבל כי גידול אוכלוסיות המיקרואורגניזמים המביא להופעת הצבע האדום, מתרחש כאשר ים המלח נמהל ע"י מי ים או מים מתוקים בפקטור של 10% ויותר וכאשר פוספאט שהוא המינרל המגביל, מסופק למערכת (Oren and Shilo 1985). מהמחקרים מסתמן כי בשלב המילוי של ים המלח, עקב מיהול הים, תתכן פריחה מיקרוביאלית שכזו שתגרום להופעת צבע אדום ולעכירות.

ברור כי תהליך מיקרוביאלית זה הוא אינו תהליך רצוי מכיוון שהוא עלול להשפיע על האקולוגיה של ים המלח ועל התיירות. כמו כן עלולות להיות השלכות על פרויקט מובל השלום (שינויים לא צפויים בכמויות המים הנדרשות).

5. התפתחות תנאים של מחסור בחמצן בשכבת המים התחתונה

התפתחות של שכוב בים המלח תגרום לשכבת המים התחתונה להיות מבודדת מהאטמוספירה. דבר זה יגרום להתפתחות תנאים של חוסר חמצן (אנוקסיים) הדומים לאלו ששררו באגם לפני הפיכת השכוב ב- 1979. בשכבת המים התחתונה לא היה חמצן מומס והיא הכילה $15 \text{ ppm H}_2\text{S}$ ו 250 ppb יוני ברזל Fe^{2+} (Nishri and Stiller 1984).

תנאים אנוקסיים כאלו יתפתחו ככל הנראה כמה שנים לאחר התחלת הפרויקט. במצב של מחסור בחמצן (O_2) וניטראט (NO_3^-), יתרחש חיזור של סולפאט (SO_4^-) לסולפיד (H_2S). בתנאים של חיזור, ברזל יחזור ל Fe^{2+} .

התפתחות של שכבה אנוקסית לא משפיעה באופן ישיר על ים המלח וסביבתו, ולולא קיומם של תעשיות המינרלים דבר זה היה מעניין רק את הקהילה המדעית. ההשפעה על המפעלים יכולה להיות גדולה מפני שהם שואבים מלח מהשכבה העמוקה יותר. במהלך הזרמת התמלחת לבריכות האידוי רוב ה H_2S ישתחרר לאטמוספירה ויכול לגרום למטרד סביבתי. H_2S הוא גז רעיל ובעל ריח לא נעים. מבחינת התעשיות התמלחת המגיעה לבריכות צריכה לא להכיל H_2S , אחרת יצטרכו מפעלי המינרלים לטפל בתמלחת לפני השאיבה.

שיקוע מינרלים

ים המלח נמצא ברוויה עד רווית יתר ביחס למינרלים ארגוניט (CaCO_3), אנהידריט (CaSO_4) והליט (NaCl). המינרלים העיקריים ששוקעים בים המלח הם הליט וגבס.

שקיעת הליט

הליט, NaCl, החל לשקוע בצורה מסיבית בים המלח בשנת 1983 עקב עלייה במליחות הים (Steinhorn 1983) והמשיך לשקוע מאז (Gavrieli 1997). צפוי כי עקב הערבוב בין שני גופי המים ועקב היווצרות השכוב שקיעת ההליט תיפסק וכי במהלך השנים הראשונות לקיום הפרויקט מינרל ההליט המצוי בחלקים הרדודים של האגם יתפרק לנתרן וכלור (מפני שאזורים אלו יהיו מהולים יותר) ויישאר קשור באזורים העמוקים של האגם. שקיעת ההליט צפויה להתחדש בתקופת שיווי המשקל, לאחר ההגעה לגובה המפלס הרצוי, כי מליחות השכבה העליונה תעלה ותהיה שוב רוויה ביחס למינרל (Gavrieli et al 2003).

שקיעת גבס

אחת הדאגות העיקריות בנוגע לפרויקט תעלת הימים היא היווצרות מאסיבית של גבישי גבס. במחקרנו נתמקד בבעיה זו, ונעמוד על אופיה והשלכותיה.

הזרמה של מי ים סוף למי ים המלח תיצור ערבוב בין ריכוז גבוה של גופרה (2712 mgL^{-1}) המצויה בים סוף לריכוז גבוה של סידן ($17,127 \text{ mgL}^{-1}$) המצוי בים המלח. ערבוב כזה יוצר התגבשות של גבס. התגבשות כזו נצפתה בניסויי שדה ומעבדה (Katz et al. 1977; Levy and Kushnir 1984).

הדאגה העיקרית הינה שגבס יתגבש ויצוף על פני הים במשך זמן רב וייצור הלבנה של פני הים.

הלבנה היסטורית של ים המלח

הלבנה של ים המלח כבר התרחשה בעבר, ומתוארת במאמרם של בלוך, לייטמן ואלעזרי-וולקני שהתפרסם בכתב העת המדעי Nature ב-1943.

בבוקר ה 25 באוגוסט, 1943 המתבוננים בים המלח ראו מחזה 'הזוי': ים המלח שבדרך כלל צלול בתקופה זו של השנה הולבן כולו. אותה תצפית נעשתה הן בצפון האגם והן בדרומו והיה ברור לחלוטין כי במשך אותו הלילה האגם כולו נהיה לבן. רק בדצמבר של אותה השנה האגם נעשה צלול בחזרה. דגימות שנאספו וסוננו הצביעו על כך ש 80% מהמוצק הלבן שסוגן (0.018 g/L) מכיל ארגוניט CaCO_3 . אין הסבר ברור לתופעה שהתרחשה אז. הרוח נשבה בצורה רגילה, הטמפרטורה הייתה רגילה לעונה, לא נרשמה רעידת אדמה לפני או אחרי באזור ובאזורים סמוכים.

באותו ההקשר מעניין לציין כי בספר בראשית, יד, בפסוק ג נאמר: "כָּל-אֶלֶּה, חֲבָרוּ, אֶל-עַמֻּק, הַשְּׂדִים: הוּא, יָם הַמֶּלַח". המילה שידים יכולה להיות ההטיה ברבים למילה סיד ולכן יכולה לרמז על כך שתופעת הלבנה (כצבע הסיד) התרחשה גם בימים של אברהם אבינו. (Bloch, Littman and Elazari-volcani 1943).

סלעי משקע

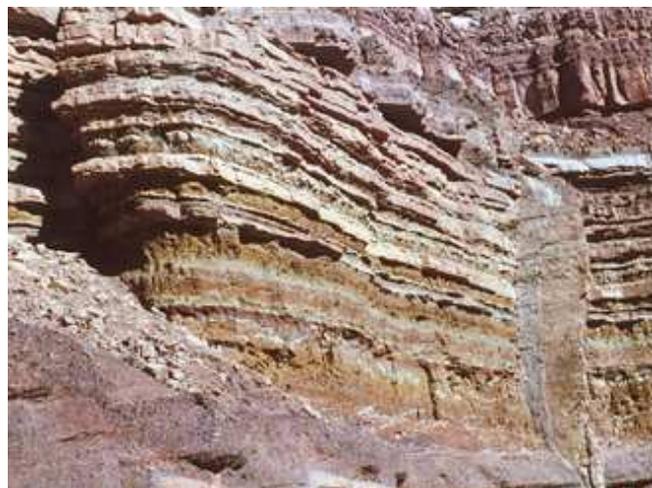
הסלעים המצויים על פני כדור הארץ ניתנים לחלוקה ברורה. נתחיל מהחלוקה הגסה ביותר של הסלעים תוך כדי התמקדות בקבוצות סלעים מסוימות אשר בסופו של דבר תוביל אותנו לסלע הגבס.

החלוקה הגסה ביותר של הסלעים הקיימים בעולם היא: (1) סלעי יסוד (2) סלעי התמרה (3) סלעי משקע. מקור סלעי היסוד הוא בבטן האדמה והם מורכבים ממינרלים הקיימים במגמה. הסלעים המותמרים נוצרים על ידי שינוי סלעי היסוד או המשקע המשנים את צורתם ואת המינרלים שבהם על ידי חום, לחץ או שינויים כימיים. סלעי משקע (סדימנטרים) נוצרו על פני כדור הארץ בתנאי טמפרטורה ולחץ רגילים מחומרים שמקורם בסלעים אחרים. מקורות החומרים הבונים את סלעי המשקע הם מגוונים: (1) חומר הנוצר מפירוק ישיר של סלעים קיימים, לדוגמא אבן חול שנוצרת כתוצאה של בליית סלע הגרניט. (2) סלע משקע שנוצר בסביבה מימית כגון ים או אגם המרכיב משקעים כימיים שיוצרים לדוגמא מלח או גבס. ישנם גם משקעים ביוכימיים היוצרים גיר. (3) סלעי משקע ממוצא אורגני כגון משקעי פחם ושוניות אלמוגים. (4) חומר הנפלט מהתפרצות געשית ושוקע. (5) אבק קוסמי וחלקיקי מטאוריטים ששוקעים אף הם (פלכסר תשנ"ב).

שתי תכונות חשובות המאפשרות זיהוי של סלע משקע הן: שכבתיות- סלעי המשקע שוקעים בתקופות שונות ובכל תקופה יש מרכיבים מעט שונים של החומר ששוקע על כן, בסלע עצמו ניתן לראות הבדלים בין שכבה אחת לשניה. עם זאת, יכול להיווצר מצב שבו נראה שיכוב גם בסלעים מגמתים עקב זרימת לבה. לכן, התכונה הבאה לא משאירה מקום לספק בזיהוי סלע המשקע והיא המצאות מאובנים (פלכסר תשנ"ב).



המחשת המצאות המאובנים בסלעי משקע⁴

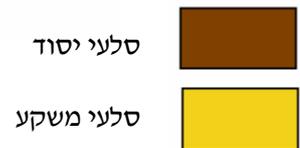
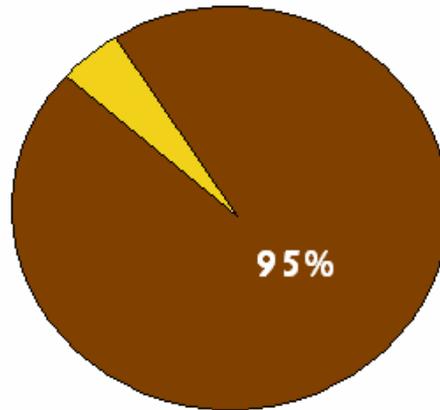
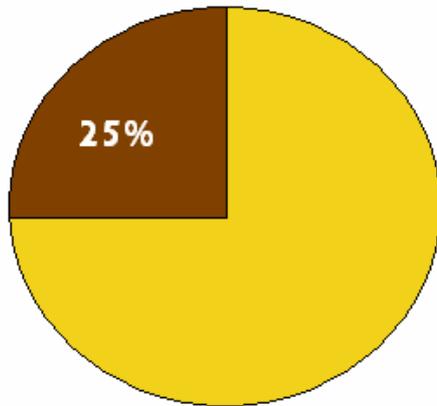


המחשת תכונת השיכוב בסלעי משקע²

סלעי המשקע מהווים כיסוי דק לסלעי היסוד הבונים את כל קרום כדור הארץ. היחס בין נפח סלעי היסוד בקרום כדור הארץ לנפח סלעי המשקע הוא 5%: 95% אך סלעי המשקע תופסים 75% מפני שטח היבשות לעומת סלעי היסוד הנחשפים רק ב 25% מפני השטח (פלכסר תשנ"ב).

א

ב

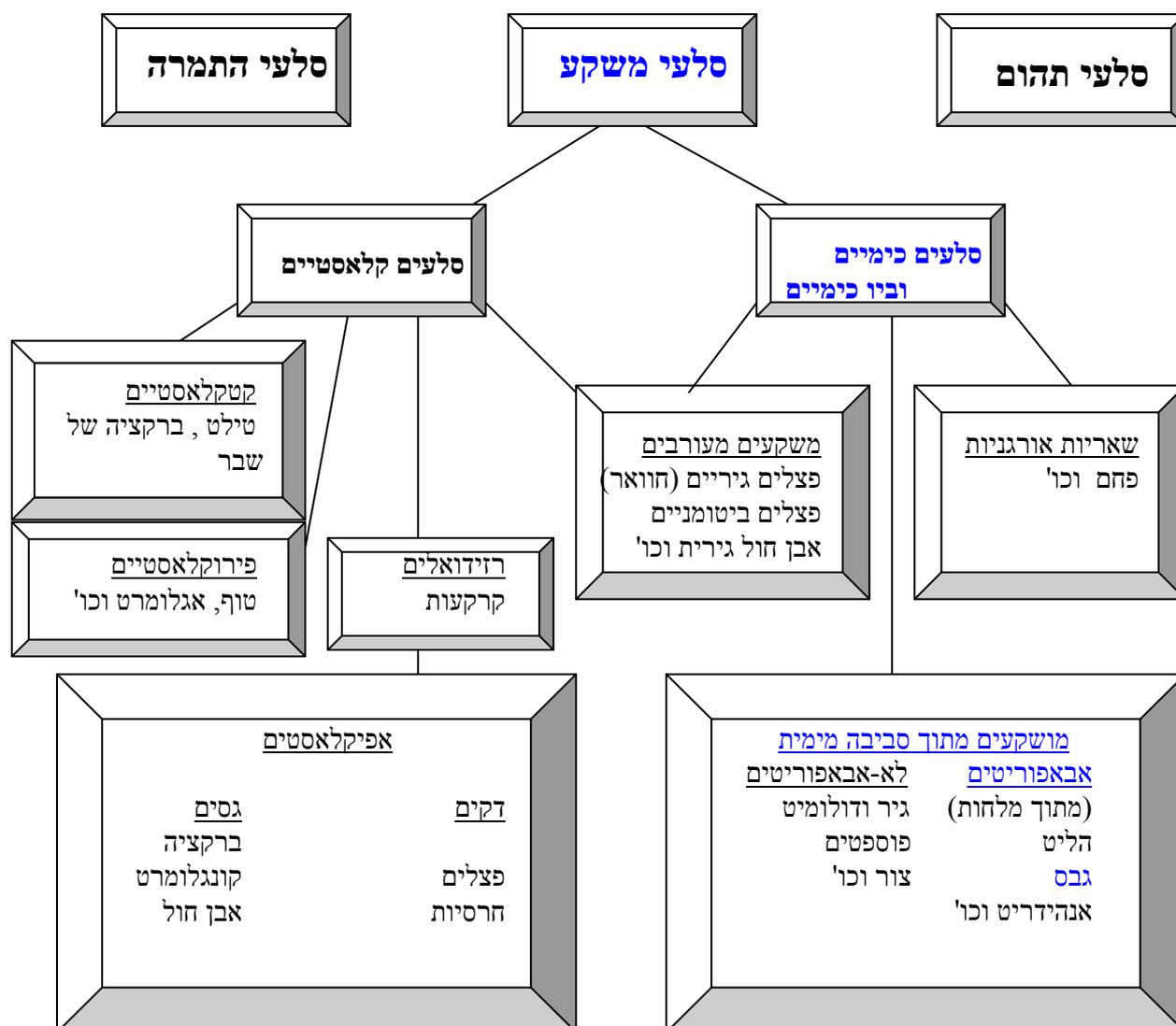


איור 3: יחסים בין סלעי משקע לסלעי יסוד: א. יחסי נפח בקרום כדור הארץ; ב. יחסי שטח על פני היבשות

את סלעי המשקע ניתן למיין לשתי קבוצות גדולות: (1) הסלעים הקלאסטיים (2) הסלעים הכימיים והביוכימיים. הסלעים הקלאסטיים נוצרו על ידי שבירת סלעים קודמים ויש להם מרקם קלאסטי של גרגירים רבים (פלכסר תשנ"ב). קבוצת הסלעים הכימיים והביוכימיים נוצרו בתוך סביבה מימית של ים או אגם בדרך כימית או ביוכימית.

בתוך קבוצת הסלעים הכימיים והביוכימיים ישנם קבוצות של סלעי התאדות (אבאפוריטים), סלעים קרבונטים, סלעי צור ועוד. סלעי התאדות (אבאפוריטים) נוצרים כתוצאה מהמצאות של יונים מומסים במי האגם, נהר או ים. התאדות מרובה של הסביבה המימית בה מצויים היונים המומסים גורמת למיצויים ולשקיעתם. דוגמאות לסלעים אבאפוריטים: מלח הבישול (NaCl), גבס ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), אנהידריט (CaSO_4) ומלחי אשלג וברום שונים. שקיעת האבאפוריטים קשורה לריכוז התמיסה בה הם נמצאים ולכן נראה את שקיעתם באגמים מתמלחים או בלגונות שקשרם אל מקור ימי הוא אינו רציף ומשמעותי. סדר שקיעת היונים יהיה ביחס הפוך למסיסותם. המסיסים פחות ישקעו לפני המסיסים יותר. על כן, הגבס ישקע לפני המלח. סדר שקיעת האבאפוריטים מהמסיס פחות למסיס יותר (כלומר מי שישקע ראשון עד לזה שישקע אחרון) הוא: (1) קרבונטים (גיר ודולומיט), חרסיות ותחמוצות ברזל. (2) אנהידריט וגבס. (3) מלח בישול (הליט) (4) מלחים שונים – אפסומיט, קרנליט וברומידים שונים.

מיון סלעי המשקע (השיוך של הגבס לקבוצות הסלעים מודגש בכחול):



איור 4: מיון סלעי המשקע (השיוך של הגבס לקבוצות הסלעים מודגש בכחול) (מתוך: פלכסר תשנ"ב)

מהו גבס

הגבס שנוסחתו הכימית היא $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, הוא שילוב של סידן, סולפאט ומים. על פי התרשים ניתן לראות שהוא משתייך לקבוצת סלעי המשקע הכימיים והביוכימיים. בתוך קבוצה זו מהווה הגבס חלק מהקבוצה האבאפוריטית המושקעת בסביבה מימית.

כיצד נוצר

מרבצי הגבס נוצרו כמשקע כימי בתוך לגונות ימיות. הגורם שאפשר את שקיעת הגבס הוא ניתוקן של הלגונות מן הים הפתוח (פלכסר תשנ"ב). ניתוק הלגונות מהים יוצר מאגר מים ללא תחלופה והתחדשות של המים. דוגמא ללגונה מסוג זה היא ברדוויל אשר בצפון סיני. תנאים אלו מהווים

סביבה מתאימה לשקיעת גבס. זאת משום ששקיעת הגבס נוצרת בסביבת היווצרות של התאדות יתר. רמת האידוי הנדרשת על מנת להשקיע גבס היא אידוי של 4/5 מנפח המים המקורי. בשל האידוי המאסיבי כמות המלחים עולה ביחס לנפח המים (שובל, תשס"ו). כתוצאה מכך יונים שונים בזה אחר זה, ביחס הפוך לדרגת מסיסותם, יגיעו לרוויה במים ויתחילו לשקוע כמלחים. המים בשלב זה לא יצליחו להמיס את היונים שיוצרים את הגבס, ולכן הגבס אף הוא יתחיל לשקוע (מזור, תשל"ז).

מראה הגבס

צבעיו של הגבס הוא שקוף, לבנבן, אפור או צהבהב ואינו תוסס בחומצה. הגבס נחרץ על ידי ציפורן (לעיתים קצת בקושי). דרגת הקושי שלו בסולם מוס, המודד את קשיות הסלעים, היא 2. לעיתים נוטים להתבלבל בין מרבצי גבס ומרבצי קוורץ. דרך נוחה להבדיל בין הסלעים השונים היא על ידי מבחן חריצת הציפורן. רמת הקושי של הקוורץ היא 7 ולכן להבדיל מגבס, אינו נחרץ בציפורן. אם נחמם חתיכות של הסלע ונאדה את המים שבו נקבל את המינרל חסר המים, אנהידריט (CaSO_4). מינרל זה קיים אף הוא בטבע וכמו הקוורץ, אינו נחרץ בציפורן (מזור, תשל"ז).



מינרל
הגבס⁴

שימושי הגבס

הגבס מהווה חומר תעשייתי הנצרך בתעשיית המלט. תפקידו העיקרי הוא להאט את קצב התקשות המלט במגעו עם המים. הגבס משמש גם כן לצרכי בנייה של קירות ועוד. גבס שרוף משמש להכנת טיח וגבס רפואי לקבע איברים שבורים בגוף. אם כן, ניתן לראות שלגבס ישנם שימושים רבים שרק חלק מהם הוזכרו כאן. הגבס הוא אוצר טבע כה חשוב ולראיה, בתקופת המנדט הבריטי ייבאו לישראל גבס מקפריסין. מאז תקופת המנדט הבריטי נתגלו בישראל כמויות אדירות של גבס. כמויות אלו ביכולתן לספק את כל דרישות התעשייה בעתיד. מקומות בהם התגלו מרבצים גדולים של גבס הם מכתש רמון שבו ניתן לראות שעובי מרבץ הגבס מגיע ל 200 מ' ובעמק הירדן במחצבת קיבוץ גשר (פלכסר, תשנ"ב).

איך יראה ים המלח בעתיד

לעומת הוודאות המוחלטת לגבי עצם תהליך היווצרות גבישי הגבס, קיימת אי וודאות לגבי פרטי התהליך ומשמעותו הסביבתית. אף מחקר עדיין לא הצליח ליצור תחזית אמינה לגבי גודל גבישי הגבס שישקעו. עם זאת, ישנן ההערכות לתרחישים שונים שעתידים לקרות אשר יקבעו את מראהו של ים המלח לאחר ערבוב שני גופי המים:

תרחיש א': קיימת אפשרות לשיקוע גבישי גבס קטנים מאד. שיקוע מסוג זה יצור מערכת אקולוגית שבה הגבישים מרחפים במים ונותנים להם צבע לבן. תופעה זו מכונה בשם "הלבנה". הלבנה יכולה להיווצר בשני תהליכים: 1) הלבנה ספונטאנית- היווצרות עכירות של גבס בתנאים לא טורבולנטיים (ללא ערבוב). הלבנה כזו תוצר במקרה ומהירות היווצרות גבישי הגבס גדולה ממהירות שקיעתם בתוך עמודות המים הנבדקות. 2) הלבנה משנית- עכירות שנגרמת ע"י השארת גבישים בתרחיף כתוצאה מטורבולציה (ערבוב) בעמודות המים והתנאי להשארות גבישים בתרחיף הוא שגודלם יהיה קטן. הלבנה משנית אינה מותנית במהירות הגדולה של היווצרות גבישי הגבס כמו הלבנה ספונטאנית אלא רק בגודל הגבישים הנוצרים ובתנאים הטורבולנטיים (לוי, 1985)

תרחיש ב': הגבס עשוי להשקוע לא בצורה של תרחיף לבן אלא שקיעה של גבישים גדולים. תרחיש זה יקרה במידה והגבס שישקע כגבישים קטנים יהווה גרעיני גדילה לגבישים גדולים יותר. כך שהגבס החדש שיווצר, יגדל על הגבישים הקטנים הקיימים. בצורה זו ייווצרו גבישים גדולים אשר ישקעו לקרקעית הים⁵ תרחיש שקיעת הגבס בצורה זו הוא הרצוי ביותר מבין התרחישים האחרים של שקיעת הגבס. במידה והגבס אכן ישקע לקרקעית הים, הבעיות אשר תפורטנה בהמשך, העוללות להיווצר בים המלח, ככל הנראה לא תתרחשנה.

תרחיש ג': תרחיש זה הוא תרחיש הביניים. הכוונה היא שתהיה מצד אחד, שקיעה של גבס לקרקעית הים ומצד שני ייווצר גם תרחיף לבן בחלק העליון של מי ים המלח. תהיה היווצרות של גבישים קטנים וכן התגבשות של גבס נוסף על אותם גבישים קטנים. הסיבה שישנה סברה שלא הכל ישקע היא משום שהמים אינם סטטים. במי ים המלח כמו בגופי מים אחרים, יש זרמים וערבול תמידי. ערבול זה עלול ליצור התנגשויות בין גבישי הגבס שנוצרו. בכוחן של התנגשויות אלו ליצור פירוק של גבישי הגבס הגדולים לגבישי גבס קטנטנים. במצב זה תיווצר תערובת של גבישים קטנים וגדולים בתוך מי ים המלח (קושניר ולוי 1981).

אם כן, ניתן לראות שאין תחזית אחת ברורה לגבי עתידו של ים המלח כתוצאה משקיעת הגבס בו. בשל מגוון התרחישים המשוערים שיקרו וחוסר הוודאות הקיימת, ישנן השערות רבות לגבי בעיות שעוללות להתרחש אצל גורמים רבים המושפעים ישירות מים המלח.

בעיות שתוצרנה בשל שקיעת הגבס

תופעה שקיעת הגבס עלולה ליצור השלכות שונות על גורמים רבים. פרויקט "מובל השלום" יעלה כסף רב אך גם הגורמים שיושפעו ממנו ומתופעת שקיעת הגבס, עלולים לחוות הפסד כלכלי רב. להלן מספר דוגמאות לבעיות שעוללות להיווצר לגורמים השונים המושפעים מים המלח:

פגיעה במפעלי ים המלח:

הארגון הבינלאומי "ידידי כדור הארץ" הפועל ללא מטרת רווח למען שמירת הסביבה בעולם ובמזרח התיכון, טוען ששינוי בהרכב המינרלי של מי ים-המלח עלול לפגוע ביכולת ניצול המינרלים על-ידי מפעלי ים-המלח.

במפעלי ים-המלח מועסקים כ-1,600 עובדים מיישובים ברחבי הנגב. מכירות מפעלי ים-המלח מהפקת מינרלים הן כחצי מיליארד דולרים בשנה. החברה היא אחת מיצרני האשלג והברום הגדולים בעולם. המוצר העיקרי שמפיקים מפעלי ים המלח הוא אשלג. שיטת ההפקה מבוססת על אידוי מים בבריכות אידוי שנמצאות בחלקו הדרומי של ים המלח. יתרונו המקורי של אזור זה היה במים הרדודים יחסית שהגבירו את האידוי הטבעי. אנשי הנהלת מפעלי ים המלח כמו גם ארגון "ידידי כדור הארץ", סבורים כי פרויקט "מובל השלום" עתיד לפגוע בפעילותו. ריחוף הגבס במי ים המלח שעתיד לקרות מערבוב שני גופי המים, ימשיך גם בבריכות האידוי, יקטין באופן ניכר את קצב האידוי ויגרום להקטנה משמעותית נוספת בכושר ייצור האשלג.

חוסר צורך בפרויקט "מובל השלום" כפרויקט ארוך טווח:

תרחיש תרחיף הגבס עלול לפגוע בפרויקט "מובל השלום" כולו. הזרמת מים מים סוף לים המלח עתידה להביא את פני הים לגובה הרצוי ובכך לפצות על כמות המים האדירה שמתאיידת. אם גבישי הגבס ירחפו על פני הים, תוגבר תופעת האלבדו. האלבדו הוא היחס בין כמות ה**קרינה האלקטרומגנטית** המוחזרת מגוף או משטח לכמות אשר שפגעה בו. תרחיף גבס לבן על פני המים, יגביר את החזרת הקרינה האלקטרומגנטית ולכן, כמות המים המתאדים תרד בצורה קיצונית. הקטנת האידוי תהיה טובה להעלאת מפלס ים המלח מצד אחד אך מצד שני, יפחת גם הצורך בהזרמת מים מים-סוף לים-המלח באופן ניכר, ולא יהיה צורך ב"מובל השלום" כפרויקט ארוך טווח (אהרן תשס"ג).

פגיעה בתיירות:

התרחיף הלבן על פני ים המלח יצור מים עכורים מאד. רחצה במים לבנים ועכורים היא לא דבר מזמין תיירות. תיירים עשויים לוותר על האטרקציה של ים המלח ויעדיפו ללכת לאתר תיירות בו הים הוא צלול וכחול. ענף התיירות של ים המלח עשוי לספוג מכה קשה מאד של ירידה בהכנסות. פגיעה בתיירות באיזור תפגע בהכנסת תושבי הישובים הצמודים לים המלח ובכלל בהכנסת ענף התיירות בישראל⁵.

הבעיות הללו עתידות להשפיע על גורמים ואנשים רבים. על כן, מושקע כסף רב בהבנה ובחקר השינויים העתידיים להתרחש בים המלח.

ניסויים המראים את המתרחש מערבוב שני גופי מים

בניסויים שנערכו ביקשו לחקור בתנאי מעבדה את ערבוב מי ים תיכון ומי ים המלח וכתוצאה מכך את שקיעת הגבס. חשוב לציין שמי ים התיכון כמעט זהים בהרכבם הכימי למי ים סוף ולכן תוצאות הניסויים הללו רלוונטיות להבנת תהליכי הערבוב בין ים המלח לים סוף.

מטרות ניסויים אלו הן :

- 1) זמן האינדוקציה – משך הזמן החולף מאז הערבוב ועד הופעת הגבשי הגבס הראשוניים.
- 2) מדידת גודל הגבישים בתערובת במים עומדים לעומת במים שנמצאים תחת תנאי ערבוב.
- 3) האם בנוכחות גבישי גבס גדל הגבס החדש שנוצר (האם הגידול הוא הומוגני או שיש נוקלאציה משנית תוך כדי הגידול).

הניסויים נעשו בשלוש שיטות מדידה :

א. מדידה תחת מקרוסקופ :

1) נבדק הקשר בין דרגת רווית היתר לבין זמני האינדוקציה. זמן האינדוקציה = עד הופעת גבישים בגודל 0.5 מיקרון במערכת לא מעורבת. הניסויים בוצעו ב 25 מעלות. בנסיונות אלו, זמן האינדוקציה נע בין 9 דקות ל 48 שעות עבור דרגות רוויה בין 1.28 – 3.03 באופן כללי, עולה זמן האינדוקציה ככל שיוורדת דרגת רווית היתר. אי ההדירות בקביעת זמן האינדוקציה יכולה לנבוע בעיקר מהשפעת אי הנקיונות (התמיסות לא סוננו) על תהליך הנוקלאציה.

2) נבדקו השינויים בגודל הגבישים עם הזמן וקצבי הגידול הלינאריים – גודלם הממוצע של גבישי הגבס הולך ועולה עם הזמן. שעה – 5 שעות גודל הגבישים בין 12-160 מיקרון, כך שקצב הגידול ההתחלתי הוא מהיר בין 7-116 מיקרון/שעה. לאחר 24 שעות מרגע הופעת הגבישים גודל הגבישים נע בין 35 – 200 מיקרון. התפלגות הגבישים היא הומוגנית (אותו הגודל). קצבי הגידול הלינאריים הלכו וירדו עם הזמן משום שדרגת רווית היתר בתמיסה הולכת ויוורדת ככל ששוקע יותר גבס. אפשר לראות שככל שעולה דרגת רווית היתר ההתחלתית, עולה גם קצב הגידול ההתחלתי.

3) נבדקה השפעת הטמפרטורה על זמני האינדוקציה ועל קצב הגידול הלינארי – נמצא שלטמפרטורה אין השפעה הנתנת למדידה במערכת זו על תהליך הנוקלאציה והגידול. ידוע מנסיונות של אחרים שזמן האינדוקציה של הגבס עולה ככל שהטמפרטורה נמוכה יותר. אלא שבדרגות רווית יתר נמוכות $DSG < 4$ ההשפעה היא חלשה מאד.

4) נבדקה צורת הגבישים – בדרי"כ פריזמתיים והיחס בין אורכם לרוחבם 10:1. במקרים מסויימים התקבלו גבישים דיסקואידים (רוחבם דומה לאורכם). גבישים אלו נוצרים גם בים המלח כיום. דיסקואידים נוצרים רק בדרגות רווית יתר של $DSG < 2$ אך גם פריזמתיים נוצרו בדרגות רווית יתר אלו. הגבישים הראשוניים היו פריזמתיים ובמשך הזמן הפכו לכמעט דיסקואידים.

ב. מדידות בטורבידימטריה :

במדידות אלו בדקו את הזמן שעובר עד הופעת גבישים ראשוניים שגודלם לפחות 4 מיקרון (לא זמן האינדוקציה), גדלי הגבישים בזמנים שונים בזמן הניסוי וכמויות הגבס שנאספו בתום כל נסיון. רוב הנסיונות היו ב 25 מעלות. ככל שיוורדת דרגת רווית היתר, הזמן שעובר עד הופעת הגבישים הראשוניים, עולה.

1) נבדקו כמויות הגבס ששקעו – כמות הגבס שנאספה בתום כל נסיון נעה בין 0.02 גרם/ליטר-3.5 גרם/ליטר. כמות הגבס ששוקעת תלויה לא רק ברווית היתר אלא גם בכמות הסולפט בתמיסה. נצפה שתמיסות המכילות יותר מים מים תיכון (כלומר יותר סולפט) משקעות יותר גבס. ניתן לראות שברוב הנסיונות לא שקעה כל הכמות התיאורטית. מכאן שרוב הנסיונות הופסקו בטרם

הגעת המערכת לשיווי משקל. רק בנסיונות שבהם חיכו זמן רב מאד (יותר משבוע) לפני הפרדת הגבישים, היתה כמות הגבס שנוצרה קרובה או שווה לתיאוריה.

(2) נדבקו גדלי הגבישים – הגודל המינימלי של הגבישים שניתן להבחין בהם הוא 4-8 מיקרון. זמן קצר (שעה-שעתיים) מרגע הופעת גבישים בגודל 4 מיקרון הם כבר גדלים ל 10-105 מיקרון. לאחר 24 שעות מרגע העירבוב גודל הגבישים 15-380 מיקרון. אך הגודל האופייני לאחר 24 שעות הוא 15-120 מיקרון. בטורבידימטריה מקבלים אחרי זמן נתון גבישים קטנים יותר מאשר בנסיונות המיקרוסקופיה.

(3) נבדקה השפעת הטמפרטורה - אין השפעה הניתנת למדידה במערכת זו על תהליך הנוקלאציה והגידול.

(4) נבדקה השפעת סינון התמלחת – דוגמאות שסוננו לעומת אלו שלא הראו כי הזמן שעובר עד הופעת גבישים ראשונים גדול פי 15 בערך מזה של תמיסות לא מסוננות. קצב הגידול במסוננות קטן פי 3 מאלו שלא סוננו. כלומר, תהליך הגיבוס מושפע מתרחיפים בתמיסה אשר מהווים מרכזי נוקלאציה והתגבשות לגבס.

(5) מהירות שקיעתם של הגבישים לקרקעית הכלי – 12 – 24 שעות – שוקעים הגבישים בין 4-8 מיקרון. גובה עמודת המים הוא 12 ס"מ. מכאן שקצב השקיעה של גבישי הגבס (גדולים מ 4 מיקרון) 0.5-1 ס"מ בשעה. יש לציין שבנסיונות אלו לא עורבבה התמיסה ובנסיונות בהם עומק עמודת המים בכלי הגיע עד 40 ס"מ נצפו הגבישים הראשונים על קרקעית הכלי ולא בתרחיף בתמיסה. במשך כל הנסיון, נשארה התמיסה, צלולה.

ג. גיבוס בנוכחות גבס:

לאחר 48 השעות הראשונות לא חל שינוי משמעותי בגודל הגבישים ולא נוצרו גבישים משניים הניתנים לזיהוי במיקרוסקופ. אחרי 96 שעות גודל הגבישים היה הומוגני אך גודלם עלה באופן משמעותי. בנסיון השני לאחר 96 שעות, התפלגות גדלי הגבישים לא היתה הומוגנית. רוב הגבישים היו בגודל 43 מיקרון (יותר מהגודל ההתחלתי) אבל כמות מסויימת של הגבישים היו בגודל 0.009 מ"מ במוצע. זה מכבר ידוע שבנוכחות גבס בתמיסה יתרחש תהליך הגידול על גבי הגבישים הקיימים. הגבישים הקטנים נוצרו כתוצאה מהתנגשות הגבישים הגדולים זה בזה תוך כדי הערבוב הנמרץ של התרחיף. תופעה זו נקראת: Collision breeding (לוי וקושניר, 1981). ניסויים אלו איפשרו יצירת תבנית של מאפייני שקיעת גבס כתוצאה מערבוב שני גופי המים. תבנית זו מהווה בסיס טוב להבנת התהליכים שעתידיים לקרות בים המלח.

מאפייני שקיעת הגבס כתוצאה מהניסויים

- (1) זמן האינדוקציה : זמן הופעת גבישי הגבס הראשונים היה בין 9 דקות ל 48 שעות. הניסויים הראו שזמן הופעת גבישי הגבס עולה וקצב גדילתם יורד ככל שירדת דרגת רווית היתר.
- (2) בכלי עם המים המערובבים קיבלו אחרי זמן נתון, גבישים קטנים יותר מאשר בניסויי המים העומדים. זאת משום שהערבוב יצר התנגשויות אשר פירקו באופן תמידי את הגבישים הגדולים יותר שנוצרו.
- (3) בנוכחות גבס בתמיסה יתרחש תהליך הגידול על גבי הגבישים הקיימים. הגבישים הקטנים מהווים גרעיני גדילה של לגבישים גדולים יותר (לוי וקושניר, 1981).

ניתן לראות כי מסקנה 2 מחזקת את הסברה שיתרחש תרחיף לבן ביס המלח. ביס המלח יש ערבול תמידי ולכן על פי הניסויים מסתמן כי תתרחשנה התנגשויות בין הגבישים שיווצרו. לעומת זאת, מסקנה 3 ממחישה את התרחיש השני שעלול להיווצר שגבישי הגבס אכן ישקעו וימ המלח לא יולבן. במידה וגבישי הגבס יגדלו על הגבישים הקיימים, יוצרו בסופו של דבר גבישים גדולים מספיק על מנת לשקוע.

ניסויים אלו חושפים לנו תכונות רבות של היווצרות הגבס ושקיעתו, ביחד עם זאת אין הם נותנים לנו תשובה ברורה לגבי עתידו של ים המלח. מעבר לכך, הם מגדילים את אי הבהירות הקיימת.

הגדרת רווית היתר

שקיעת גבס תתרחש בגוף המים אם קיימת רווית יתר ביחס ליוני הסידן והסולפאט המרכיבים את הגבס. דרגת רווית היתר נמדדת על פי הנוסחה הבאה:

$$DSG = \frac{(Ca \times SO_4) \times 10^3}{(5.58 - 0.38I)}$$

כאשר $DSG < 1$ התמיסה לא רוויה, כאשר $DSG > 1$ התמיסה רוויה. ניתן לחשב את כמות הגבס הפוטנציאלית שהתמיסה יכולה לשקע.

משמעות הערך I (חוזק יוני) היא: $I = 0.5 * (K^+ + Na^+ + 4Mg^{2+} + 4Ca^{2+} + Cl^- + 4SO_4)$ כלומר, ככל שיהיו יותר מלחים במים, הערך של I יגדל. ככל שהערך של I יהיה גדול יותר, כך דרגת רווית היתר תהיה גבוהה יותר (לוי וקושניר, 1981).

דרגת רווית היתר ביחס לגבס גבוהה יותר ביס המלח מזו של הגוף המעורבב

כאשר נבחן את ריכוזי המלחים ביס המלח לעומת היס האוקייני, נוכל להגיע למסקנה חשובה ביותר. דרגת רווית היתר של ים המלח ביחס לגבס גבוהה יותר מאשר דרגת רווית היתר של ים אוקייני. על פי הטבלה, ניתן לראות בבירור כי ערך ה- I (חיבור ריכוזי המלחים המרכיבים אותו) של ים המלח גבוה בהרבה מזה של כל ים אוקייני. לכן, ה- DSG של ים המלח גבוה משל ים אוקייני (ראה טבלה מס' 2).

דרגת רווית היתר ביס המלח לעומת זו בגוף המעורבב

עד כה, ידוע שים המלח רווי ביונים היוצרים את הגבס, במידה רבה יותר מאשר מים סוף. בנוסף, ידוע שכאשר נערבב את מי ים סוף עם מי ים המלח תוצר שקיעת גבס בצורה זו או אחרת. חשוב לציין, שערבוב מי ים סוף עם מי ים המלח מוריד את דרגת רווית היתר של ים המלח ביחס לגבס. ה- DSG של ים המלח לבדו = 1.64 לעומת זאת ה- DSG של ים המלח בערבוב עם ים סוף = 1.35

(גנאור ושות', 2006). אם כן, מה הוא הגורם המעכב אשר אינו מאפשר לגבס לשקוע בים המלח לבדו? ההנחה היא שאחד היונים בריכוזו המסוים אשר מצוי בים המלח הוא הגורם המעכב. יכול להיות שאין זה יון אחד המעכב, אלא מספר יונים אשר ביחסי ריכוזים שונים אינם מאפשרים שקיעה של גבס.

גורמים המשפיעים על תהליך היווצרות הגבס והתגבשותו

ישנם שני תהליכים פיסיקליים שיכולים ללוות את היווצרות תלכידי הגבס בים המלח. האחד, הוא גיבוש ספונטני (או הומוגני), והשני, גיבוש הטרוגני. הגיבוש ההומוגני הוא למעשה הגיבוש הראשוני בו מולקולות הגבס נקשרות האחת לשנייה ישירות מהתמיסה כדי ליצור תלכידים ראשוניים. עם חלוף הזמן, כשכמות הגבס הבלתי מגובשת פוחתת, מתרחש ביתר גידול גבישים על גבי גבישים קיימים, דהיינו גיבוש הטרוגני (גנאור ושות', 2006).

הגיבוש ההטרוגני יכול לבוא לידי ביטוי בהיווצרות תלכידים גדולים יחסית בגודלם אך קטנים במספרם היחסי. תלכידים כנ"ל, ישקעו בקצב מהיר יותר בהשוואה לתלכידים קטנים בעלי נטייה לריחוף. ים המלח מאופיין כיום בעיקר בגבישים גדולים ששקעו לקרקעית בקצב מהיר לאחר שהתרכבו מריכוז נמוך יחסית של מולקולות גבס. ככל שישנן יותר מולקולות גבס בתמיסה, עולה קצב ההיווצרות של גבישים קטנים שלא התלכדו לכדי גבישים גדולים יותר. מכאן, שקצב היווצרות מהיר של גבס וגיבוש ספונטני מהיר שלו, הם העלולים להביא למצב בו ים המלח יהיה רווי בתלכידים קטנים מרחפים שיגרמו להלבנת הים.

כדי למנוע את הלבנתו של ים המלח, יש להביא למצב שבו קצב הגיבוש הספונטני הנו נמוך באופן יחסי לקצב הגיבוש ההטרוגני.

על תהליך ההיווצרות של מולקולות גבס והתגבשותן לכדי תלכידים, משפיעים מגוון של גורמים כימיים ופיסיקליים, ביניהם: אקטיביות היונים סידן וסולפט ואקטיביות יונים אחרים בתמיסה; שיווי המשקל הדינמי האמיתי בין היונים סידן וסולפט מול זה של יונים אחרים בתמיסה; דרגת רווית היתר של היונים סידן וסולפט ודרגת רווית היתר של יונים אחרים בתמיסה; הטמפרטורה, הלחות, ה-PH, החוזק היוני והמוליכות החשמלית הכלליים בתמיסה; נוכחותם של תרכובות יוניות שונות ונוכחותם של תלכידים אחרים מגבס שנוצרים בתמיסה; הלחץ ההידרוסטטי השורר בתמיסה; יחסי שטח פנים בין מוצק ונוזל ועוד. לחלק מהגורמים הנ"ל ישנה גם השפעה על תרמודינמיקת השקיעה של הגביש הבודד בתוך המערכת.

בין המרכיבים הבסיסיים ביותר שמאפשרים את תהליך ההתגבשות של מולקולות הגבס לכדי תלכידים, הוא האנרגיה הדרושה עבור תהליך התלכדות המולקולות הקיימות, וזאת לאחר שהייתה מספיק אנרגיה לריאקציה הכימית שאפשרה את היווצרות הגבס מלכתחילה. אחד המשתנים בנוסחה לפייה מבצעים את חישוב אנרגיה זו, הוא דרגת רווית היתר (DSG) ביחס ליונים סידן וסולפט. באופן תיאורטי, בעבור תנאים קבועים, תהיה אנרגיה רבה יותר להתגבשות ספונטנית של גבס, ככל שדרגת רווית היתר גבוהה יותר. אולם, ירידה בחוזק היוני, כמו-גם, טמפ' נמוכה יותר יביאו להפחתה באנרגיה זו (תחת דרגה קבועה של רווית יתר), כפי שניתן להסיק ממבנה הנוסחאות לחישוב דרגת רווית היתר והאנרגיה החופשית של גיבס עבור התהליך המתואר (ראה להלן).

האנרגיה החופשית הדרושה להתגבשות ספונטנית מושבת באופן הבא :

$$\Delta G_r = RT \ln\left(\frac{AP}{K_{eq}}\right)$$

דרגת רווית היתר כזכור מוגדרת כך :

$$DSG = \frac{(Ca \times SO_4) \times 10^3}{(5.58 - 0.38I)}$$

אך ניתן להגדירה גם באופן הבא :

$$DSG = \left(\frac{AP}{K_{eq}}\right)$$

כאשר, AP ו K הם מכפלות האקטיביות של כלל היונים בתמיסה ו מכפלת המסיסות של גבס וסולפט בהתאמה.

מכאן, שהאנרגיה החופשית של גיבס תלוייה בקבוע R, בטמפרטורה ובלוגריטמוס דרגת רווית היתר.

במסגרת המחקרים שנעשו עד כה, דרגת רווית היתר שימשה כגורם בסיסי באמצעותו נעשה ניסיון לחזות את הסיכוי להתגבשות הומוגנית של נוקליאנטים. אולם, כשמודדים ע"פ נוסחאות אלה את דרגת רווית היתר והאנרגיה החופשית עבור התגבשות הומוגנית, מוצאים כי הם גבוהים יותר במי ים מלח טהורים מאשר במי ים מלח המעורבבים עם מי ים סוף -כשהיחס הוא 75: 25 בהתאמה (גנאור ושות', 2006). הסיבה לכך, היא שלמרות שבגוף המעורבב מכפלת המסיסות של סידן וסולפט גבוהים יותר, ישנה ירידה משמעותית ביותר בחוזק היוני, אשר מביאה בשה"כ לירידה בדרגת רווית היתר. כלומר, למרות שדרגת רווית היתר והאנרגיה החופשית להתגבשות נמוכים יותר בגוף המעורבב, ישנם יותר גבישים קטנים ומרחפים המהווים גורם פוטנציאלי להלבנת הים.

את מצב זה ניתן להסביר ע"י מספר אפשרויות :

- הערך הכללי של DSG, אינו אומר דבר אם לא בוחנים בפירוט את ערך כל אחד ממרכיביו. ניתן לקבל ערך DSG גבוה הודות לערך חוזק יוני מאוד גבוה המקפיץ בצורה משמעותית את דרגת רווית היתר הכללית. הדבר אפשרי אם מכפלת המסיסות הנה מספיק נמוכה כדי לא לאפשר התלכדות משמעותית של נוקליאנטים.
- קצב הגיבוש ההומוגני תלוי בגורם/ים נוסף/ים שלא בא/ים לידי ביטוי באופן שהאנרגיה הדרושה להתגבשות מחושבת.
- מלבד האנרגיה הדרושה להתגבשות, ישנו עוד גורם המשחק תפקיד חשוב בתהליך הפיסיקלי של ההתגבשות, אך איננו יודעים לחשבו ולקבוע באיזה אופן הוא משפיע.

- באופן כללי, מרכיבים מסוימים שברמה התיאורטית תורמים לעלייה בדרגת רווית היתר, משנים את ההשפעה בפועל שיש לדרגה זו על פוטנציאל ההתגבשות של הנוקליאנטים. בין אם אפשרות זו או אחרת היא הנכונה, חשוב להדגיש את העובדה, שערבוב גופי המים המביא לעלייה במכפלת המסיסות (שהיא ללא ספק גורם מעודד התגבשות הומוגנית), במקביל גורר ירידה בחוזק היוני הבא לידי ביטוי בירידה בריכוזי שבעה יונים לפחות שריכוזם גבוה מאוד בים המלח (ראה טבלה 2). בנוסף, על סמך סיכום של מקבץ ניסויי מעבדה, שנעשו עד כה, נצפתה מגמה כללית בה ארע קצב גיבוש שונה בטיפולים בעלי מכפלות מסיסות דומות ובעלי חוזק יוני שונה (כץ וסטרינסקי, 1977)

השערת המחקר ומטרותיו

לאור העובדה שקצב הגיבוש הספונטני של גבס בים המלח הנו נמוך יחסית וריכוזם של שבעת היונים (ראה טבלה 4) הנו גבוה משמעותית מזה שבגוף המעורבב (הדבר מתבטא בין השאר בחוזק היוני הגבוה בים המלח), ואילו בגוף המעורבב קצב הגיבוש גבוה יותר וריכוזי שבעת היונים נמוך יותר, אנו מעלים את השערת המחקר הבאה: ערבוב של מי ים המלח עם מי ים תיכון, מביא לירידה בריכוז יון/יונים המעכבים גיבוש ספונטני של גבס.

כדי לבחון את השערה זו, נקבעו לעבודה זו חמש מטרות:

1. לבחון את רמת ההתגבשות ההומוגנית בתמיסה בעלת מכפלת מסיסות גבוהה בין סידן וסולפט וחוזק יוני גבוה הנובע מריכוז גבוה של שבעת היונים (בטבלה 4).
2. לבחון האם תתרחש התגבשות הומוגנית בתמיסה בעלת מכפלת מסיסות גבוהה בין סידן וסולפט וחוזק יוני נמוך, הנובע מריכוז גבוה של שבעת היונים.

*הערה:

ריכוז גבוה- הכוונה לריכוז בים המלח של שבעת היונים שאינם סידן וסולפט, בטבלה 4. ריכוז נמוך- הכוונה לריכוז הקיים בגוף המורכב מעירבוב מי ים המלח וים סוף ביחס של 25:75 בהתאמה.

בהנחה שב-1 תתרחש התגבשות מועטה וב-2 תתרחש התגבשות גבוהה, יוגדרו המטרות הבאות:

3. מציאת היות/ים מציאת היות/ים שריכוזם במי ים המלח, מביא לעיכוב בהתגבשות ספונטנית של גבס.
4. בחינת ההשפעה שיש לאינטראקציה בין הגורם היוני ושורה של גורמים פיסיקליים על גיבוש ספונטני של גבס.
5. מציאת השילוב בין יחסי הערבוב והתנאים הפיסיקליים, אשר יביא להפחתה המינימלית בגורם היוני המעכב גיבוש ספונטני של גבס.

שיטות המחקר

כדי לנסות לאתר את היון/ים הקשור/ים בעיכוב ההתגבשות ההומוגנית של גבס, בשלב ראשון, יורכבו תמיסות ים מלח סינטטיות בהן, יופחת באופן הדרגתי ריכוזו של אחד היונים. כלומר, התמיסה תכיל את הריכוז האופייני של כל אחד מהיונים בים המלח, למעט אחד מהם, שריכוזו יהיה נמוך ב 20% מהריכוז הרגיל שלו במי ים המלח. בשתי תמיסות נוספת, אותם תנאים ישמרו, כשבאחת, הריכוז של אותו יון יהיה נמוך ב 40% מהריכוז המקורי בים המלח ובשנייה, ההפחתה תגיע עד ל-60%. באופן זה, יוכנו 21 תמיסות ($7 \times 3 = 21$): סה"כ שבעה יונים יבחנו בריכוז הדרגתי יורד בשלוש מדרגות של 20% מהריכוז המקורי בים המלח (ראה טבלה 4).

קצב הגיבוש הספונטני של הנוקלאנטים שיווצרו ייבחנו בכל 21 הטיפולים הנ"ל, בהתאם לשיטה שהונהגה ע"י גנאור ושות', 2006.

אם בניסוי זה, לא ימצא יון אחד שהפחתתו תביא לעלייה בקצב ההתגבשות, יוכנו הרכבי תמיסות נוספות בהם הריכוז של שני יונים או יותר יופחת, עד אשר ימצא ההרכב הראשוני בו ריכוז מופחת של כמה יונים מביא להסרת העיכוב בהתגבשות ספונטנית של גבישי הגבס. יתכן, כי הסרת העיכוב בהתגבשות תבוא לידי ביטוי בכמה שילובים של תמיסות בהן החוזק היוני (I) נמוך יותר ומביא לערך DSG נמוך. המתודולוגיה המוצעת, תאפשר לבחון אם המקור לעיכוב בהתגבשות נובע רק מעצם הירידה הכללית בחוזק היוני או/ו מירידה בנוכחות של יון/ים ספציפיים, שהירידה בערך I היא תוצר לוואי מקביל לה, אך לא בהכרח הגורם הסיבתי לדבר.

החלק הראשון והשני של הניסוי יתבצע במעבדה תחת תנאים מבוקרים- "סטרליים", כשהמטרה היא קודם כל למצוא את הגורם העיקרי שעשוי להיות מעכב התגבשות ספונטנית. ברור, כי תנאי המעבדה הם שונים מהתנאים הקיימים בים המלח עצמו, ולכן, בשלב השלישי של הניסוי (עבור מטרה 2, סעיף קודם), יעשה ניסיון לשלב את הטיפולים שהביאו להסרת העיכוב עם כמה פרמטרים פיסיקליים וכימיים בערכי קצה, וזאת כדי לבחון האם תכונות העיכוב משתנות באינטראקציה עם מספר גורמים פיסיקו-כימיים שערכיהם עשוי לנוע סביב טווח מסוים בים המלח עצמו (ראה טבלה 5). בהתאם לזאת, לשורה של גורמים כימיים ופיסיקליים חשובים, שערכיהם נותרו קבועים בחלק הקודם של הניסוי, ישונו הערכים בקפיצות של סטיית תקן אחת, שתי סטיות תקן ושלוש סטיות תקן מהערך הממוצע של אותו גורם, כפי שנמדד בים המלח באותה עונה (ראה טבלה 5). נתונים אלה, יאספו מהספרות וכן ימדדו ישירות מים המלח על ידינו במסגרת השנה הראשונה של הניסוי שיוקדש לשלב א' (שלצורך ביצועו, הנתונים עודנם טרם דרושים).

בשלב הרביעי של הניסוי, בהתאם לנתונים שיתקבלו משלושת השלבים הקודמים, יעשה ניסיון לקבוע את יחס הערבוב בין שני גופי המים אשר בו תתגלה ההפחתה המינמלית בריכוז היון/יונים המעכב/ים התגבשות ספונטנית של גבישי גבס. יחס זה, יקבע לאחר הבאה בחשבון של השונות באותם גורמים פיסיקו-כימיים שהשפעתם נמצאה חשובה (שלב 3) וערכיהם עשויים לנוע סביב טווח מסוים של ערכים אפשריים.

טבלה 4: הרכבי התמיסות לשלב א' של הניסוי ב g/ml

Na	K	Mg	Cl	Br	HCO ₃	SO ₄	יון
34,300	8000	47,100	228,600	5400	300	400	ריכוז מקורי בים המלח
27,140	8000	47,100	228,600	5400	300	400	20% הפחתה בריכוז נתרן
20,580	8000	47,100	228,600	5400	300	400	40% הפחתה בריכוז נתרן
34,300	6400	47,100	228,600	5400	300	400	60% הפחתה בריכוז אשלגן
34,300	4800	47,100	228,600	5400	300	400	20% הפחתה בריכוז אשלגן
34,300	3200	47,100	228,600	5400	300	400	40% הפחתה בריכוז אשלגן
34,300	8000	37680	228,600	5400	300	400	60% הפחתה בריכוז מגנזיום
34,300	8000	28260	228,600	5400	300	400	20% הפחתה בריכוז מגנזיום
34,300	8000	18840	228,600	5400	300	400	ריכוז מקורי בים מגנזיום
34,300	8000	47,100	182880	5400	300	400	20% הפחתה בריכוז כלור
34,300	8000	47,100	137160	5400	300	400	40% הפחתה בריכוז כלור
34,300	8000	47,100	91440	5400	300	400	ריכוז מקורי בים כלור
34,300	8000	47,100	91440	4320	300	400	20% הפחתה בריכוז ברום
34,300	8000	47,100	228,600	3260	300	400	40% הפחתה בריכוז ברום
34,300	8000	47,100	228,600	2160	300	400	ריכוז מקורי בים ברום
34,300	8000	47,100	228,600	5400	240	400	20% הפחתה בריכוז ביקרבוט
34,300	8000	47,100	228,600	5400	180	400	40% הפחתה בריכוז ביקרבוט
34,300	8000	47,100	228,600	5400	120	400	ריכוז מקורי בים ביקרבוט
34,300	8000	47,100	228,600	5400	300	320	20% הפחתה בריכוז סולפט

34,300	8000	47,100	228,600	5400	300	240	20% הפחתה בריכוז סולפט
34,300	8000	47,100	228,600	5400	300	160	40% הפחתה בריכוז סולפט

תמיסות סינטטיות יכולו ריכוזים של מי ים מלח בהם אחד היונים נמצא בריכוז מופחת (80%, 60% ו-40% מריכוז היון המקורי), כשיתר ששת היונים נותרים בריכוזם הקבוע בים המלח. כל תמיסה תותר תחת תנאים סטנדרטים כשרק ריכוז היון הנבחן משתנה (מספרים מודגשים בטבלה), ויבחן קצב הגיבוש הספונטני של נוקליאנטים כפי שנבחן בעבר ע"י גנאור ושות', 2006. הריכוזים המצוינים הם על סמך נתוני ההרכב הכימי של ים המלח משנת 2002 (Gavrieli et al. 2003).

טבלה 5: בדיקת יצבות טיפולים מעכבי גיבוש כתלות בשינוי ערך פרמטרים פיסיקו-כימיים

בריכה הממוקמת בסמוך לים המלח	גודל כלי על רמות ערבוב שונות	לחות	טמפרטורה	PH	דרגת רווית יתר (DSG)	חוזק יוני כללי	טיפול/ארבע סטיות תקן ממוצע ערך הגורם בים המלח
---	---	---	---	---	---	---	טיפול X
---	---	---	---	---	---	---	טיפול Y
---	---	---	---	---	---	---	טיפול Z

- סטיית תקן אחת ממוצע הערך

-- שתי סטיות תקן ממוצע הערך

--- שלוש סטיות תקן ממוצע הערך

טיפולים מסירי עיכוב התגבשות של נוקליאנטים בשילוב עם גורמים כימיים ופיסיקליים בעלי ערכים וריאביליים בים המלח עצמו. במטרה לבחון אילו תנאים מתירים את רמת עיכוב ההתגבשות ההומוגנית של גבס יציבה, או לחילופין מחלישים אותה, רמת העיכוב שהופיעה בטיפולים בשלב א' של הניסוי תבחן מחדש באינטראקציה עם עד שלוש סטיות תקן מהממוצע של ערך הגורם כפי שזה נמדד לאורך השנים בים המלח עצמו. לדוגמא, אם טיפול X נמצא מעכב התגבשות ספונטנית בשלב א' של הניסוי והטמפרטורה באותו טיפול הייתה 20 מ"צ וידוע ע"פ נתוני העבר כי ישנה סטיית תקן עונתית בטמפרטורה בים של 4 מ"צ, טיפול X יבחן מחדש עם טמפרטורה של 16 ו-24 מ"צ, 12 ו-28 מ"צ ו-4 ו-22 מ"צ.

ביקורת ומגבלות השיטה

באופן כללי, התנאים בניסויי המעבדה אינם מדמים את התנאים האמיתיים שישררו בים המלח עצמו. בים המלח ישנם פרמטרים חשובים העשויים לנוע סביב טווח רחב של ערכים וישנם גורמים (בין אם הם ידועים לנו ובין אם לאו) הקיימים בים המלח, ושאת השפעתם כלל לא ניתן לבדוק בניסוי שאינו מתרחש בים המלח עצמו. עם חלק מבעיות אלה, ניתן להתמודד במסגרת מחקר זה ואילו עם בעיות אחרות, הדבר בלתי אפשרי, כפי שמפורט, להלן :

* ההרכב הכימי של ים המלח בזמן אפס (תחילת ההזרמה) תלוי במידה רבה במשך הזמן שיחלוף עד

אז

עם שאלה זו, ניתן להתמודד במסגרת המחקר המוצע, וזאת ע"י יצירת תמיסות המרוכזות ברמה שונה, ואשר מביאות בחשבון פחות או יותר את ההבדל בריכוז המלח בים המלח במשך תקופה סבירה של זמן.

* קשה לנבא את האופן שבו יתרחש הערבול ומה יהיו השפעותיו

הדבר מביא לכך שלא ניתן להסיק באשר להרכב הכימי והתנאים הפיסיקליים שיתעצבו בנקודות שונות בים. באופן תיאורטי, לאחר פרק זמן מסוים של ערבול בין גופי המים, אמור לחול תהליך של הומוגניזציה בים. אולם, את משך זמן זה, קשה מאוד לנבא ומשמעות הדבר היא שבמהלך תקופה בלתי מבוטלת, יהיו נקודות בים שבהן התנאים הפיסיקו-כימיים לא יהיו ידועים. העדר היכולת לקבוע את הרכב המלחים והתנאים הפיסיקליים המלווים את תהליך היווצרות הגבס, הוא בעייתי ביותר, שכן לאותם תנאים יש השפעה קריטית על תהליך התגבשות הגבס בים.

* קשה לבחון בו זמנית, בטיפול אחד, את ההשפעה שתהיה להתגבשות הליט (NaCl), על קצב הגיבוש

של גבס, כשקובעים יחס ערבוב בו אין תצפיות של שקיעת הליט

במחקרים קודמים אמנם נקבע כי שקיעה מסיבית של הליט לא תביא לשינוי משמעותי במאזן הסיידן-כזה שיעכב התגבשות גבס בעקבות ירידה משמעותית במכפלת המסיסות, אך כאמור, מסיסות הגבס תלויה בחוזק היוני הכללי. בניסוי המוצע, באף טיפול יחידני, לא מביאים בחשבון שינויים במאזן הנתרן בעקבות התגבשות הליט. בנוסף, במטרה-3 יקבע יחס ערבוב מומלץ ע"פ החוזק היוני הכללי, בו לא תאובחן שקיעה של הליט. הדבר יעשה לא בעקבות חשש כי שקיעה של הליט עלולה לעודד גיבוש של גבס, אלא מהצורך לשמור על יציבות בערכי הפרמטרים המשפיעים (לרבות החוזק היוני). לפיכך, ההשפעה שעשויה להיות לשקיעה של הליט לא תבחן, בעוד שתיאורטית אם תופעה זו בפועל כן תתרחש בים המלח, הרי שהניסוי לא מאפשר לבחון את השפעתה. במילים אחרות, הצורך לנטרל את השפעה זו כדי לשמור על ערך קבוע של פרמטרים נבחנים, וכן קביעת יחס ערבוב בו אין תצפית להתגבשות הליט, מונעת אפשרות לבחון את מידת ההשפעה שעשויה להיות לתופעה זו, אם בכל זאת תתרחש- והרי, היא מתרחשת מעת לעת ובמידות שונות לאורך השנים

(סטרינסקי, 1977 ; לוי, 1985)

* אין התייחסות ליונים נוספים וליתר תרכובות כימיות שיועשרו בים המלח

בתמיסות המלאכותיות שייוצרו כדי להביא ליחס מסוים בין היונים ולחוזק יוני מסוים, ישנה הזנחה של מגוון תרכובות אורגניות ואנאורגניות (תרכובות חנקן, כגון ניטרט ואמוניום או חומצות זרחתיות שונות) אשר קיימות בריכוזים מסוימים בים המלח ובעיקר בים סוף. בכל הניסויים עד כה, לא הבחנו בדיון סביב ההשפעה האפשרית של חומרים אלה על המדדים המוערכים אשר משפיעים על תהליך

ההתגבשות. לפיכך, למשל, נתוני האקטיביות והחוזק היוני שחושבו במסגרת ניסויים עליהם אנו נסמכים, עלולים להיות בלתי מדויקים ורחוקים בתיאור המצב התרמודינמי הצפוי להתרחש בים המלח עצמו, בכל הקשור לריאקציות היווצרות הגבס והתגבשותו הספונטנית.

* השפעת פלוקטואציות אקלימיות באזור ים המלח

בין אם יוזרמו מי ים סוף בקצב אחיד או משתנה, ערבובם עם מי ים המלח יתרחש תוך איוד מתמשך של גוף המים המתערבב (Starinsky, 1977). קצב האיוד, לפחות בטווחי זמן קצרים, יהיה תלוי במידה רבה בטמפרטורה (קיץ-חורף, ימי שרב מול קור וכדומה), במשטר הרוחות ובעוצמתן, בלחות ובמליחות. מטרה-3 (ראה סעיף מטרות המחקר), נועדה לנבא את שיתרחש גם במצב של שינויים דרסטיים בפרמטרים, כגון: טמפ', לחות, הבזקי חום וקור לסירוגין ובמידה מוגבלת, הבדלים בטורבולנציה (גודל כלים שונה וערבוב מלכותי משתנה). יחד עם זאת, אפשרויות הערבול השונות התלויות למשל מהבדלים במשטרי רוחות, הן דבר שבלתי ניתן לדמותו בתנאי מעבדה, אלא רק בים עצמו.

* ערכי הפרמטרים המחושבים אינם בהכרח מדויקים

ישנם גורמי השפעה רבים שאנו מתבססים עליהם וקובעים את ערכם לצורך חישוב והצבה בנוסחאות, אך למעשה, את ערכם האמיתי של הגורמים הנ"ל בלתי ניתן למדוד בצורה מדויקת. גורמי השפעה אלה, בד"כ תלויים במגוון רב של פרמטרים המשתנים כל העת כתלות בדינמיקה הכימית השוררת בנקודות שונות בים ואשר היא בעצמה, גם-כן, איננה קבועה. גורמי ההשפעה הנ"ל, נקבעים על סמך הזנחה של אותם תהליכים העשויים לשנות את ערכם האמיתי בים המלח. כך למשל, האקטיביות של יונים מסוימים מחושבת על סמך הנחה שאותם יונים (ויונים אחרים הקשורים בקביעת ערך האקטיביות של יון אחר) נמצאים במצב של שיווי משקל תרמודינמי, בעוד שאין זה בהכרח המצב.

* תנאים מסוימים לא ניתן לחקות במעבדה

ישנם תנאים שכלל לא ניתן ליצור אותם (בצורה מלאכותית) בתנאי מעבדה, והשפעתם יכולה להיות משמעותית ביותר. כך למשל, בתנאי המעבדה אנו מסוגלים לערוך ניסויים בטווחים שונים של טמפ', לחות, PH, קרינה, טורבולנציה, קביעת מקדמי אקטיביות שונים וכדומה. אך למשל, גורמים כגון יחסי שטח פנים בין מוצק לנוזל ואפקט הדופן, קיימים באופן שונה לחלוטין בין מערכת הניסוי וים המלח, כך שכלל לא ניתן לבחון את השפעת גורמים כנ"ל במערכת הניסוי המוצעת.

* קשה לאמוד את יחסי הגומלין בין מגוון רב של פרמטרים

פרמטרים רבים משפיעים על תהליך ההתגבשות, ומעבר לקושי לאמוד את השונות האפשרית בערך של פרמטרים אלו, עוד יותר קשה להעריך כיצד אותה שונות עשויה לבוא לידי ביטוי בצוותא עם שונות בטווח ערכים של פרמטרים אחרים.

* לתרמודינמיקת השקיעה של גבישים קיימים, ישנה גם השפעה על הסיכוי להלבנת הים

הבדלים בקצב גיבוש הומוגני בין טיפולים שונים, הם אומנם דבר חיוני ביותר כדי לבחון אילו יחסי ערבוב עלולים להביא למצב של הלבנת הים. יחד עם זאת, ישנו תחום נוסף שמשחק תפקיד והוא קשור בתרמודינמיקה של שקיעת גבישים קיימים. יתכן וישנם תנאים שעשויים לעודד שקיעה מהירה יותר של גבישים קיימים, וההפך. במסגרת הניסוי המוצע, לא תהיה התייחסות לנושא זה, הואיל ולדעתנו העיסוק בתנאים המהווים מקור להיווצרות של אותם גבישים, חשוב להיחקר קודם לכן. אנו סבורים כי אם יש דרך למצוא יחסי ערבוב שיביאו להפחתה בכמות הגבישים המרחפים, אזי קודם יש מקום למצותה. במקביל, או בהמשך למחקר זה, בהחלט כדאי למצוא דרך לבחון את ההשפעה שיש

ליחסי הערבוב הרלוונטיים על תרמודינמיקת השקיעה של גבישים בגדלים שפוטנציאלית שוקעים לאט יותר, וכמותן עלולה להיות מספקת כדי להלבין את הים. כאמור, מחקר מסוג זה אומנם חורג מגבולות הצעת מחקר זו, אך יש לו מקום והוא אף עשוי להשלים את התוצאות שיתקבלו מהניסויים שאנו מציעים לעשות.

* רוב הנתונים התיאורטיים מתבססים על ניסויי מעבדה

הרעיון למחקר זה, מבוסס על מסקנות שנבעו מניסויי מעבדה בעלי אותן מגבלות שתוארו להלן. כלומר, יתכן והרעיון עצמו מבוסס על נתונים שאינם מאפיינים את מה שמתרחש בסביבה האמיתית בים המלח. כך למשל, ערך דרגת רווית יתר שנמדד בתנאי מעבדה עבור מי ים מלח מעורבבים עם מי ים סוף, הוא אינו הערך האמיתי שקיים בעקבות הערבוב של שני גופי המים. כמו-כן, רוב הניסויים שבוצעו עד כה, מייצגים מצבים שהושגו לאחר קבלת שיווי משקל כימי בין התמלחות ובין הגבישים, ואולם ב"תנאי השדה" יתכנו מצבים שלא ניתן לחזותם או לחקותם בהקשר האחרון. כך למשל, אם קצב התגבשות הגבס באגם יהיה איטי באופן ניכר מקצב עליית ריכוזי הסיידן והסולפט בתמלחת (כתוצאה מאיודדה), עשויים להיווצר מצבי על רוויה שלא יבדקו במסגרת הסימולציות בניסוי המוצע.

בסיכומו של דבר, על אף המגבלות המתחייבות מביצוע ניסוי מסוג זה, יש לזכור כי מילוי כל המטרות ע"פ השיטות המוצעות, יביא למידע חשוב שיהיה חיוני להסתמך עליו במסגרת קביעת יחסי הערבוב המדויקים בין שני גופי המים. אנו סבורים כי ביצוע פרויקט תעלת הימים תוך יישום נכון של המסקנות שינבעו ממחקר זה, יאפשר להפחית את הסיכוי להלבנה של ים המלח.

תודות

למורה הקורס, פרופסור אביטל גזית ולכל מרצי החוץ
למנחה הפרויקט, ירון הרשקוביץ
ותודה מיוחדת, לאיתי רוניק מאוניברסיטת בן גוריון

רשימת ספרות

- אורן, א, "חיים בים המלח", "גליליאו" גיליון 18, אוקטובר 1996.
- אהרן, ד, "מסמך רקע לדיון בנושא הסכם שיתוף הפעולה ישראל ירדן להצלת ים המלח: מובל השלום", מוגש לוועדה לענייני מחקר ופיתוח מדעי וטכנולוגי (2002).
- גנאור, י; גבריאל, א; רזניק, א., "קינטיקת ההשקעה של גבס כתוצאה מערבוב מי ים עם מי ים המלח והאפשרות להלבנה של פני המים", אוניברסיטת בן גוריון, 2006.
- לוי, י, "השפעת קצבי הוספת מי ים תיכון למי ים המלח וקצב האייד על תוכנות הגבס הנוצר בתמלחות", משרד האנרגיה והתשתיות, המכון הגאולוגי, האגף למיפוי וגאולוגיה ימית (1985).
- לוי, י; קושניר, י., "מדידות מעבדתיות של תהליך הנוקלאציה והגידול של גבס בתערובת מי ים תיכון ומי ים המלח" (1981).
- מזור, ע, "גאולוגיה בפטיש ישראלי", אוניברסיטת תל אביב, רמת אביב, תשל"ז (1976).
- פלכסר, ע, "גאולוגיה יסודות ותהליכים" הוצאת אקדמון, ירושלים, תשנ"ב (1992).
- שובל, ש, "צפונות כדור הארץ", האוניברסיטה הפתוחה, רעננה, תשס"ו (2006).
- Bloch, R., Littman, H.Z. and Elazari-Volcani, B. 1943. Occasional whiteness of the Dead Sea. *Nature* 154: 402.
- Gavrieli, I. 1997, Halit deposition in the Dead Sea: 1960-1993, in T.M. Niemi, Z. Ben-Avraham and J.R. Gat (eds.), *The Dead Sea – The Lake and Its Setting*. Oxford University Press: 161-170.
- Gavrieli, I., Bien, A. and Oren, A. 2005. The Expected Impact of the Peace Conduit Project (the Red Sea- Dead Sea pipeline) on the Dead Sea. *Mitigation and adaptation strategies for global change* 10: 3-22
- Katz, A., Kolodny, Y. and Nissenbaum, A. 1997. The geochemical evolution of the Pleistocene Lake Lisan – Dead Sea *Cosmochimica Acta* 41: 1609-1626.
- Levy, Y. and Kushnir, Y. 1981. Laboratory measurements of nucleation processes and the growth of gypsum in the Mediterranean – Dead Sea Mixed Brine. *Geological survey of Israel report*, and The Weizmann institute of science, Rehovot. 18 pages.
- Neev, D. and Emrey, K.O. 1967, *The Dead Sea: Depositional processes and environments of evaporates*. Geological survey of Israel Bulletin . 147 pages.
- Nishri, A., and Stiller, M. 1984. Iron in the Dead Sea. *Earth and planet science letters* 71: 405-414.

Oren, A., Gurevich, P., Anati, D.A., Barkan, E. and Luz, B. **11.1**
1995. A bloom of *Dunaliella Parva* in the Dead Sea in 1992:
biological and biogeochemical aspects. *Hydrobiologia* 279:
173-185.

Oren, A. and Shilo, M. 1985. Factors determining the development of algal and
bacterial blooms in the Dead sea: a study of simulation experiments in outdoor ponds.
Microbial. ecology 31: 229-237.

Starinsky, A. 1974, Relationships between Ca-chloride Brines and sedimentary rocks
in Israel. Ph.D. Thesis, Hebrew university. 177 pages

Steinhorn, I.: 1983. In situ salt precipitation at the Dead Sea. *Limnology and
oceanography* 28: 580-583.

Stiller, M. and Chang Y.C. 1984. Radium in the Dead Sea: a possible tracer for the
duration of meromixis. *Limnology and oceanography* 29, 574-586.

אתרי אינטרנט :

1.
<http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=dead sea &enZone=dead sea>
<http://www.eingedi.co.il/htmls/article.aspx?C2004=13265&BSP=125702>.

3.
<http://telem.openu.ac.il/courses/common/20117/17/index.htm>

4.
http://www.snunit.k12.il/sachlav/db/rosh/upload/.g66/Machtesh_Ramon_16_17.html

5.
<http://safa.daneshvar.ir>

6.
<http://www.neaman.org.il/NeamanHeb/UploadFiles/DGGallery/7054602651.pdf>

השפעת הוספת מי תמלחת על האצה מסוג

Dunaliella בים המלח



צילום: ירון הרשקוביץ

עורכי הפרויקט:

אורנה שויצר (036002624), הפקולטה למדעי החיים

יאיר פקר (040087645), הפקולטה למדעי החיים

ענת לוי (066100231), הפקולטה למדעי החברה

צחור שמש (033107533), הפקולטה למדעי החיים

מנחה מסייע:

ירון הרשקוביץ

קורס "פרויקטים החקר הסביבה"- תשס"ח

בית הספר ללימודי סביבה ע"ש פורטר

ספטמבר 2008

תודות

- לירון הרשקוביץ על כל העזרה והתמיכה
- לפרופ' אהרון אורן, שפינה מזמנו יותר מפעם אחת

סוף העולם

מילים ולחן: יגאל בשן

אני יורד בכביש לים המלח
למקום הכי נמוך בעולם
האוויר שורף צורב לי בעיניים
כל-כך אוהב לנסוע לשם

מתכסה בבוץ וצף לי על המים
אומרים שזה בריא למחזור הדם
ממול ירדן והשלום בינתיים
השמש מעלי ואני נרדם

סוף העולם סוף העולם
ים המוות ואני מרגיש קיים..

תוכן עניינים (עמ' 163 – 190)

166.....	תקציר.....
167.....	רקע על ים המלח.....
170.....	ים המלח כאתר תיירות כלכלי.....
171.....	חיים בים המלח.....
173.....	מנגנוני התמודדות עם מלח.....
171.....	רקע על האצה <i>Dunaliella</i>
175.....	רקע על ייצור דלק מהאצה <i>Dunaliella</i>
178.....	היפותזה ושאלת המחקר.....
179.....	מטרות ושיטות.....
181.....	סיכום והצעות להמשך מחקר.....
183.....	מקורות.....
186.....	נספחים.....

תקציר

בעשרות השנים האחרונות ים המלח סובל מירידה דרסטית של מפלסו, הודות למיעוט משקעים, פעילות מפעלי ים המלח והטיית הנחלים הזורמים אליו. בתקופה זו אנו עדים לדיונים רבים בנושא יצירת תעלה שתחבר בין ים המלח לבין ים סוף, זאת על מנת להעלות את מפלס הים, להתפיל מים וליצור שיתוף פעולה בין המדינות הסובבות אותו. בימים אלו נעשה סקר היתכנות של הבנק העולמי בנושא, ובמקביל בעלי אינטרסים שונים מושכים את הפרויקט לכיוונים שונים. בשנות השלושים של המאה ה-20 התגלו לראשונה חיים בים המלח ע"י בנימין אלעזרי וולקני, כאשר היצור הראשוני במערכת הוא האצה *Dunaliella*. אולם, תופעה זו ידועה בעולם ומתרחשת במספר אגמים מלוחים (great salt lake ביוטה).

מחקרים שנעשו בים המלח, בעיקר הודות לעבודתו של פרופ' אהרון אורן, מראים כי הכנסה של מים בעלי מליחות נמוכה יותר, יביאו להעשרה של האורגניזמים החיים במים. תופעה זו התרחשה בשנים 1980 ו-1992 שהיו שנים גשומות.

מטרתו של מחקר זה הינה לבדוק את ההשפעה של תוספת התמלחת על האצה *Dunaliella*. אנו נבדוק מספר משתנים בנוגע לביולוגיה של האצה *Dunaliella* תחת תוספת כמויות שונות של מי תמלחת ותוספת פוספט. יבדקו הביומסה של התאים, יעילות הפוטוסינתזה, אורך זמן דור וריכוז הגליצרול בתאי האצות. בחינת גורמים אלו תיבדק לאורך עונות השנה. בהמשך המחקר תיבדק האפשרות לנצל את האצות כמקור לאנרגיה חלופית.

נתונים ממחקרים על ים המלח בעבר (Oren, 1999) הראו כי כאשר ישנה זרימה של מים מהולים לים המלח התרחש שיכוב בעמודת המים, כך שהשכבה העליונה הייתה בעלת ריכוז מלחים נמוך יותר. בתקופה בה מתרחש שיכוב, ים המלח חווה פריחה ביולוגית של מיקרואורגניזמים שקודם לכן היו רדומים. המינים הדומיננטיים בים המלח הם האצה *Dunaliella* וחידקים הלופיליים אדומים. למרות שלמינים אלו מנגנונים מיוחדים שמאפשרים להם להתקיים בתנאי מליחות קיצוניים, ים המלח בשנים האחרונות הוא מלוח מדי כדי לאפשר חיים בכמות גדולה.

בהמשך נמצא כי עלייה בכמות האצות, גרמה לעלייה בכמות החידקים הניזונים מהם אשר הקנו לים המלח צבע אדום, הודות לתכולת הקרטנואידים שבהם. הצבע האדום, המעיד על נוכחות החידקים נראה בימות מלוחות בעולם, בעונות גשומות בים המלח ואף בבריכות מלח במפעלי אילת.

אם זאת חוקרים רבים, ביניהם פרופ' אהרון אורן, מביעים אי ודאות רבה על שיתרחש במידה ותוקם "תעלת הימים". נתונים רבים יתקבלו רק לאחר בניית התעלה כגודל הצינור, מיקום ועומק כניסת הצינור, ריכוז המלחים בתמלחת וריכוזי פוספט. כמו כן, לא ידוע האם הפריחה תתקיים לאורך כל השנה או רק חלקים ממנה.

במחקר זה אנו נתמקד בבדיקת השפעת תעלת הימים על הביולוגיה של האצה מהסוג *Dunaliella*. למחקר שני חלקים כאשר הראשון נוגע להיבטים שונים בביולוגיה של האצה, והחלק השני נוגע לבדיקת האפשרות לנצל את פריחת האצה (אם אכן תתרחש) כמקור לאנרגיה חלופית. אנו מקווים כי בכך יהיה ניתן להגיע להיבט סביבתי חיובי בפרויקט שעשוי להביא לתוצאות סביבתיות שנויות במחלוקת.

רקע

רקע על ים המלח

ים המלח ממוקם בין הרי מואב שבמזרח לבין הרי יהודה שבמערב, באגן השבר הסורי אפריקאי. ים המלח מוקף בשלוש אוכלוסיות: ישראלים, ירדנים והפלסטינאים.

- אורכו המרבי: 55 ק"מ
- רוחבו המרבי: 17 ק"מ
- עומקו: 400 מטר

הים מקבל את רוב מקורותיו מבקעת הירדן (הירדן והירמוך) ונחלי יהודה ומואב. ים המלח הוא אגן טרמינלי, כלומר כל המים אשר מצטברים בו יוצאים רק בצורת אידוי. עובדה זו יחד עם השקעת גבס ומלח וריאקציות ליצירת דולומיט יוצרים הרכב מים מיוחד עשיר מאוד במלחים - 34 אחוז מלחים בהמסה. בין היונים הדומיננטיים אפשר למצוא: מגנזיום די כלורי, נתרן כלורי, סידן די כלורי, אשלגן כלורי, מגנזיום די ברום וסידן גופרית.

בהשוואה בין מי ים המלח לבין מי אוקיינוס ומי נהר הירדן (טבלה 1) בהרכב היונים והמליחות (mg/l) ניתן להבחין בהבדלים גדולים ברמות המגנזיום הגבוהות וברמות הסולפט הנמוכות בים המלח ביחס לאוקיינוס.

טבלה 1: השוואה בין הרכב כימי ומליחות, mg/l (רז, 1993)

<u>נהר הירדן</u>	<u>אוקיינוס</u>	<u>ים המלח</u>	
224	10770	39158	נתרן
32	399	7956	אשלגן
95	1290	45345	מגנזיום
129	412	17127	סידן
762	19354	227545	כלוריד
9	67	5360	ברומיד
97	2712	471	סולפט
181	142	240	ביקרבונט
1529	35004	343202	מליחות

במעקב אחר הרכבו הכימי של ים המלח לאורך השנים ניתן לראות שינויים בעמודת המים מסוף שנות ה-70. ים המלח שאנו נתקלים בו כיום הוא בעל עמודת מים אחידה כתוצאה ממיעוט משקעים והטיית הנחלים. בעבר התקיים שיכוב בעמודת המים של ים המלח (כתוצאה מכניסת מים מהולים לים המלח), כאשר כמות האשלגן והמלחים המסיסים היתה נמוכה ביחס להיום (טבלאות 2, 3).

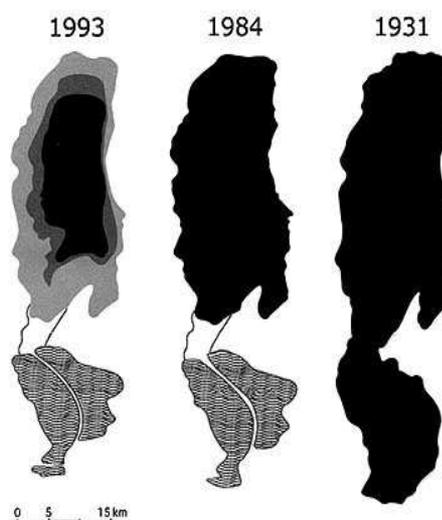
טבלה 2: ההרכב הכימי של מי ים המלח שנדגמו על-ידי בייט (1990) כן מובא בטבלה זו ההרכב הכימי באגן הצפוני על-ידי גבריאל (1984)

שנה	סך הכל מלחים מסיסים	ברום	סולפט	כלור	אשלגן	נתרן	סידן	מגנזיום	רווית הליט*	דרגות גבס
1977	339.6	5.30	0.45	244.9	7.65	40.1	17.2	44.0		
1984	340.2	5.47	0.46	225.2	7.82	38.8	16.9	45.0	0.94	1.63

טבלה 3: ההרכב הכימי של דגימות מי ים המלח בשנים 1959/60 (g/l) כפי שתוארו על-ידי ניב ואמרי (1967) וסוכמו על-ידי בייט (1980).

סך הכל מלחים מסיסים	ברום	כלור	אשלגן	נתרן	סידן	מגנזיום	
299.9	4.60	196.9	6.50	38.5	16.3	36.1	גוף-מים עליון
319.3	5.15	210.6	7.15	38.4	16.6	40.5	גוף-מים אמצעי
332.1	5.27	219.2	7.60	39.7	17.1	42.4	גוף-מים תחתון
322.1	5.12	212.4	7.26	39.1	16.8	40.6	ממוצע

בדגימות אלו ניתן גם למצוא מיקרואורגניזמים שונים, עליהם נרחיב בהמשך: אצה מהסוג *Dunaliella*, חיידקים ממשפחת *Halobacteria* ופטריית הלופיטיות והלוטולרנטיות. במשך כל ההיסטוריה המתועדת ים המלח חווה תנודות במפלסו, אך בשלושים השנים האחרונות ירדת המפלס עקבית ודרסטית (תמונה 1). בכל שנה יורד המפלס בכ 90-120 ס"מ. בשלושים השנה האחרונות המפלס ירד ב-25 מטר. הגורמים לירידה זו מקצתם נובעים משינויים טבעיים ומרביתם מהתערבות האדם, כגון ירידה משמעותית בכמות המשקעים, הטיית מקורות הירדן לחקלאות ושאיבות מים לבריכות האיזוי ע"י מפעלי האשלג בצד הישראלי והירדני.



תמונה 1: ים המלח ממבט על בתקופות שונות. (מדיניות ים המלח – המשרד לאיכות הסביבה)

לירידת מפלס ים המלח מספר השפעות שליליות:

הצטמצמות אגן ים-המלח: אורכו של אגן ים-המלח הצטמצם מ-75 ק"מ ל-55 ק"מ במאה השנים האחרונות.

השתנות תוואי הנוף – כתוצאה מהצטמצמות האגן.

פגיעה בחי ובצומח

תופעת הבולענים: מאז שנות ה-70 מתרחשת תופעה של קריסת פני השטח והיווצרות בורות במערב ים-המלח (מעין-גדי ודרומה). בשנות ה-90 החלה התופעה להתפשט מצפון לעין-גדי. התופעה גרמה לנזקי גוף ורכוש והביאה לנטישת מקורות תעסוקה והכנסה ולעיכוב תוכניות פיתוח (אהרון, 2002).

אחד מהפתרונות המוצעים לפתרון בעיית המפלס של ים המלח הוא פרויקט תעלת הימים, אשר נקרא גם "מובל השלום" וכיום תופס תאוצה הודות לקידום העניין ע"י הנשיא שמעון פרס.

מטרת התעלה, לפי המשרד לשיתוף פעולה אזורי, היא העלאת מפלס ים-המלח ובלימת הנזק הסביבתי לאגן ים-המלח. מטרה נוספת של הפרויקט היא התפלת מי ים. מטרת הפרויקט היא להוביל 1.8 מיליארד מ"ק בשנה ממפרץ אילת אל ים המלח, מתוכם יותפלו 850 מיליון מ"ק וישמשו לשתייה, 850 מיליון מ"ק הנותרים, יהיו בעלי מליחות של 80 גרם לליטר והם יוזרמו לים המלח על מנת לייצב את המפלס. לפי היוזמה ימומן הפרויקט על-ידי ארגונים בין-לאומיים והשקעות של הסקטור הפרטי.

על אף בדיקות ההיתכנות שנערכות שוררת אי ודאות גדולה לגבי השלכותיו של הפרויקט. במסמך הכנסת העוסק במובל השלום מצביעים ידידי כדור הארץ ומפעלי ים המלח על מספר היבטים שדורשים התייחסות:

(1) שיכוב עמודת המים: על דעת חלק מאנשי המדע, ועל בסיס ניסיון העבר, הזרמת מים אל ים-המלח תשנה את הרכב מימיו. ההרכב עלול להשתנות כך שהמים בשכבה העליונה יהיו דומים בהרכבם למי ים-סוף, דבר שיפגע במפעלי ים המלח, וכן עלולות להיפגע סגולות המרפא של ים-המלח.

(2) היווצרות שכבת גבס: התגובה הכימית של ערבוב מי ים-המלח ומי ים-סוף עלולה לגרום לשקיעה מסיבית של גבס. קיים חשש שבשישי הגבס ירחפו בשכבה העליונה של פני הים ותיווצר שכבה לבנה אשר תקטין את אידוי המים. אין ודאות לכמות גבישי הגבס שירחפו או ישקעו לקרקעית. אם גבישי הגבס ירחפו על פני הים, כמות המים המתאדים תרד בצורה קיצונית, וכך יפחת גם הצורך בהזרמת מים מים-סוף לים-המלח באופן ניכר, ולא יהיה צורך ב"מובל השלום" כפרויקט ארוך טווח.

(3) התפתחות מיקרוביולוגיה: ירידת רמת המליחות של ים המלח עשויה לגרום לשינוי בקצב גידול המיקרואורגניזמים הקיימים בו, ולתופעה הנקראת פריחה ביולוגית- גידול מסיבי בכמות המיקרואורגניזמים. בנוסף לכך מי ים-סוף עשירים בפעילות מיקרוביולוגית משלהם. הזרמת מי ים סוף עלולה להעביר לים-המלח מיקרואורגניזמים שחיים בים סוף.

(4) בולענים: אחד ההסברים לתופעת הבולענים הוא חדירת מים מתוקים לחוף ים-המלח עקב נסיגת מפלס הים, והמסת גושי מלח תת-קרקעיים. הזרמת מים מהולים לים-המלח עלולה

ליצור שכבת מים בעלת כושר המסה. מכאן שאין ביטחון ש"מובל השלום" יפתור את בעיית הבולענים.

5) אי-בהירות בדבר ההשפעה על ים סוף: לא ברור איזו השפעה תהיה להעברת כמות של 1.8 מיליארד מ"ק מים מים-סוף אל ים-המלח. עלולה להיווצר פגיעה בסביבה הימית של ים-סוף, כולל פגיעה באלמוגים.

6) פגיעה אפשרית באקוויפר: תיתכן פגיעה באקוויפר הערבה- חלחול מי ים כתוצאה מדליפה או תקלה במובל עלול להמליח את מי האקוויפר.

ים המלח כאתר תיירות כלכלי

ים המלח מהווה אתר ייחודי במדינת ישראל: מי הים משמשים לתעשייה, תיירות נופש ומרפא. הים נמצא במקום הנמוך ביותר בעולם. לים המלח עדויות היסטוריות וארכיאולוגיות רבות לעומת אגמים מלוחים אחרים. האקלים והתנאים הגיאולוגיים הביאו אותו להיות משמעותי עבור הכלכלה של כל האזור במהלך ההיסטוריה.

כבר בתקופת התנ"ך והתלמוד ניתן למצוא עדויות ליצירת מלח באזור. לפני 10,000 שנה שימש אספלט, שצף על פני המים, ליצירת סלים עמידים מים ולמטרות עיצוב שונות, ואילו לפני 4000 שנה כבר יוצא למצרים ושימש אותם כדבק לידיות ואף למומיות. בנוסף, האזור שמסביב ים המלח היווה את אחד המקורות היחידים לבשמת (סוג של פרח), ונמצאו עדויות בעין גדי למפעל בשמים מהמאה ה-17 לפני הספירה. משנת 1931 החלו להשתמש בים המלח למיצוי אשלג, וכיום מפעלי האשלג הם בין הגדולים בעולם (Nissenbaum, 1993).

ים המלח היווה אתר מרפא כבר בעבר הרחוק, לדוגמה המלך הורדוס נהג להתרחץ במי הים על מנת להירפא ממחלות שונות. בעת החדשה תיאר לראשונה, באמצע המאה ה-19, החוקר הנרי בייקר טריסטראם את ים המלח כמקום אידיאלי להקמת לאתר מרפא, ובשנות ה-60 החלו להיפתח אתרי מרפא ומרחצאות מוסדרים. בשנות ה-70 הפך ים המלח לאתר מרפא עולמי. בשנים אלו גם באו חולים רבים מכל העולם על מנת להיות מטופלים בסולריום 400 שנפתח בעין בוקק (Ynet, 20/6/08).

מחקרים רבים מראים כי טיפול רפואי בים המלח הוא יעיל למגוון רחב של מחלות, בעיקר מפרקים (Wigler, 1995; Sukenik, 1999). בשנים האחרונות ישנה מגמת עלייה מתמדת בענף הרפואה האלטרנטיבית, בו ים המלח משמש כאתר מרפא עיקרי. בים המלח נעשים מגוון טיפולים (בלניאותרפיה, פלותרפיה, קלימטרפיה וכו') הודות לשילוב הנדיר של המינרלים והאקלים בו (סוקניק, 2006).

עם הקמת אתרי המרפא וההכרה בייחודיות הים, לא איחרו לקום גם בתי המלון. בשנות השלושים הוקם המלון הראשון: "לידו". תחום התיירות בים המלח התפתח הרבה הודות ליהודה אלמוג, ראש המועצה הראשון של מועצה אזורית תמר בשנות החמישים. כיום המתחם כולל 15 מלונות ו-5000 חדרים. מפרסומי מדינת ישראל נמצאו 220 אלף כניסות ממדינות אירופה לאתר האינטרנט "מרפא ים המלח" כבר בשנה הראשונה לעלייתו לרשת (בשנת 2006). ניתן לראות כי ים המלח מהווה אתר כלכלי למדינת ישראל, לא רק עבור מפעליו אלא גם עבור האוכלוסייה האנושית.

מספר מצומצם של מחקרים בדקו את עמדות האנשים והתיירים בנוגע לים המלח ועתידו. אחד מהמחקרים נעשה ע"י ליקין ועמיתיו (Lipchin et al, 2004). המחקר בדק עמדות והשקפות של תושבים ישראלים, ירדנים ופלסטינים הגרים בסמוך לים המלח. מצד אחד רוב האוכלוסייה מבינה שיש בעייתיות במפלס מי ים המלח, אך נמצא רק רוב גברי ישראלי שרואה בים המלח שמורה לאומית. מצד שני מרבית הנשאלים רואים בחשיבות מפעלי ים המלח, וכמעט מחציתם מאמינים שאין מספיק מים שמועברים לצרכי החקלאות.

מוסד נאמן (2007) ביצע גם הוא מחקר בים המלח, אך מנקודת מבט שונה, כלכלית. הוא בחן והשווה בין החלופות השונות לשיקום ים המלח, וכן מקרה בו לא ישתנה המצב. המחקר מצביע כי במידה ותימשך הירידה במפלס או הכנסת מים שעלולה ליצור גבס ושינוי הרכב המים, הפגיעה בתיירות האזור יכולה להגיע ל- 15 מליון ₪ בשנה. המחקר מצביע על כך שהשארית המצב הנוכחי היא האפשרות הבעייתית ביותר מבחינה כלכלית, ואילו הוספת מי ים תיכון היא האפשרות המוצלחת ביותר. תעלת הימים מים סוף בעלת יתרונות פוליטיים, אך פחות כלכליים. המחקר מציין כי ישנה אי ודאות רבה בנושא, ולא ניתן לדעת בדיוק את ההשפעות השונות, הן סביבתיות והן כלכליות. לעומתם מחקר נוסף שבדק היבטים כלכליים בנוגע לים המלח (Becker & Katz, 2006) ובחן את שלושת האוכלוסיות סביב האגם מצא יחסים כלכליים אחרים. המחקר השווה בין הנזק הכלכלי של ירידת המפלס לבין הערך הכלכלי של הצלת ים המלח. במחקר נמצא כי המדינה הדומיננטית ביותר בהשפעה כלכלית היא ישראל. החוקרים בקר וכץ מצאו מובהקות סטטיסטית בין עלות הנסיעה לבין מספר הביקורים בים המלח, וכן נכונות לשלם למען הצלת ים המלח.

לסיכום, תכנית תעלת הימים להצלת ים המלח או לחילופין השארת המצב הקיים עלולים לפגוע בתיירות ובכלכלת ים המלח; בולענים, הרס תשתיות וירידת המפלס מצד אחד, הצפת בריכה 5 מול המלונות ופריחת האצות והמיקרואורגניזמים מצד שני (הרצאות קורס פרויקטים). ים המלח הוא נכס כלכלי, תרבותי ולאומי. אולם לגבי כל חלופה ניתן למצוא אי ודאות, עקב מיעוט מחקרים.

חיים בים המלח

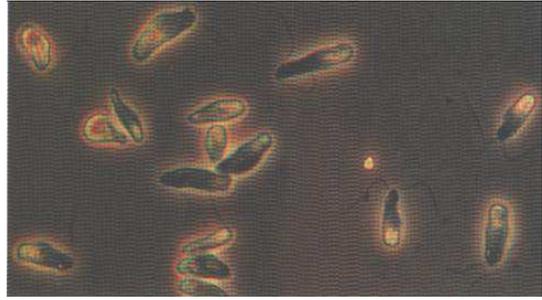
חיים בים המלח ידועים כבר משנות ה-30 של המאה הקודמת. בנימין אלעזרי וולקני תיאר כמה מיני חיידקים השייכים לממלכת ה-Archea ואצה מהסוג *Dunaliella* החיים בים המלח. וולקני השתמש בטכניקת העשרה כדי לגדל את אותם מיקרואורגניזמים. בנוסף לאצות וחיידקים אשר התגלו בדרך זו, נמצאו גם ריסנית ואמבות (Elazari-Volcani, 1944).

ים המלח הוא מאגר מים טרמינלי, אשר בשל ניתוק אספקת רוב המים המתוקים שהוזרמו אליו בעבר, הופך מלוח יותר ויותר משנה לשנה. בעבר (לפני 1979) נוצר שיכוב עקב כניסת מי נחלים, והיווצרות שכבה מהולה שצפה על גבי שכבת מי עומק מלוחים. בשכבת המים המהולה יחסית התקיימו תנאים אשר אפשרו את קיומם של המיקרואורגניזמים שתיאר וולקני. עם סגירת סכר דגניה והפסקת זרימת הירדן לים המלח, וכן הטיית נחל הירמוך בירדן וסוריה, הלכה והצטמצמה שכבת המים המהולה עד אשר בשנת 1979 הפך הים לשכבת מים מלוחה אחת (Gavrieli et al, 2005).

באשר למידע כמותי של ריכוזי מיקרואורגניזמים בים המלח קיים פער בנתונים אשר נאספו לאורך השנים. המחקר הכמותי היחידי מהתקופה שלפני הפסקת השיכוב התקיים ב-1963 (Kaplan & Friedman, 1970) והוא מציג נתוני צפיפות תאים של בין 2.3×10^6 לבין 8.9×10^6 תאים למ"ל. לאחר התאדות שכבת המים המהולה נבלמה התפתחותם של המיקרואורגניזמים, אך הם לא נעלמו כליל. רק כאשר יתרחש שינוי בתנאי הסביבה, ורמת המליחות תרד יוכלו צורות החיים בים המלח "להרים את הראש" ולהתרבות. מאז שנת 1979 תועדו שני אירועים בהם התקיימו תנאים אלו: 2 חורפים גשומים במיוחד בשנים 1980-1 ו-1991, במהלכם נפתח סכר דגניה ומים מתוקים זרמו לים המלח בכמות גדולה מנחל הירדן. באירועים אלו התרחשה פריחה של האצה *Dunaliella* ולאחר מכן של החיידקים מממלכת ה- *Archea*. באביב 1980 נמדדו כמויות של 1.9×10^7 תאים למ"ל, בעוד שבחורף 1991-2 אשר היה גשום אף יותר, תוארה צפיפות תאים של 3.5×10^7 (Oren, 1999).

פירוט המבנה של מארג המזון בים המלח ואופי הפריחות אשר תועדו:

1. שכבת מים מהולה של לפחות 10% מים מתוקים נוצרת כתוצאה מזרימת הנחלים לים המלח.
2. פריחת אצות ממיני *Dunaliella sp* מהווה את היצרן הראשוני היחידי בים המלח והגורם הראשון בשרשרת. מלבד שינוי ברמת המליחות, זקוקה האצה לזרחן שהוא נוטריינט מגביל בים המלח. זרחן יכול להגיע עם זרם המים מהירדן וכן ממי שיטפונות. האצה *Dunaliella* מייצרת גליצרול כדי להתמודד עם רמות המליחות הגבוהה (ראו הרחבה בהמשך). הגליצרול הוא מקור הפחמן להמשך מארג המזון. כאמור בחורפים הגשומים שתוארו התקיימו תנאים אלו.
3. זמן קצר לאחר פריחת האצות מתרחשת פריחת חיידקים אוהבי מלח, אשר גורמים לצבע מים אדמדם הודות לתכולת הקרטנואידים שבהם.
4. עם הפסקת זרימת מי הנחלים והתאדות שכבת המים העליונה עולה המליחות, ושוב נעלמת בהדרגה אוכלוסיית האצות ובעקבותיהן אוכלוסיות החיידקים. ערבוב עמודת המים גורם לפיזור האורגניזמים לאזורים אנאוקסיים (ריכוז נמוך/ללא נוכחות של חמצן) בעומק האגם, ולריכוזי תאים נמוכים ביותר בעמודת המים. לכך תורם גם מחסור בתרכובות זרחן, ולכן אוכלוסיית האצות הולכת ופוחתת מספר חודשים לאחר הפריחה. חלקן הופכות לגופי קיימא ששוקעים לקרקעית עד לשיפור התנאים הבא, וחלקן מתות. החיידקים ממשיכים להתקיים זמן מה על החומר האורגני שנשאר מהאצות, ונעלמים בהדרגה גם כן.



מיקרואורגניזמים שבודדו מים המלח: האצה מסוג דונליאלה וכמה מיני חיידקים הלופיליים (אורן, 96)

מנגנוני התמודדות עם המלח:

התכונה העיקרית המהווה בסיס לתפקודם של מיקרואורגניזמים החיים בסביבות מלוחות היא שבדומה לשאר היצורים החיים, קרום התא שלהם חדיר למים, כלומר – הריכוז הכללי של המומסים בתוך התא חייב להיות דומה לזה שמחוץ לתא. ברוב היצורים החיים נשמר ריכוז המלחים בתא נמוך יחסית

כל היצורים החיים, כולל אלו בים המלח חשופים לסביבתם וצריכים להתמודד עם תנאי הסביבה המשתנים ולהגיב להם. ים המלח הוא סביבה מלוחה מאוד- ריכוז המלחים בפני השטח הוא כ- 340 גרם לליטר לעומת כ-40 גרם לליטר בים סוף.

לאורגניזמים החיים בסביבות מלוחות יש שתי אסטרטגיות עיקריות להתמודד ולבצע אוסמורגולציה:

1. צבירת מלח בתוך נוזל התא, בדרך כלל בצורת יוני אשלגן וכלור, עד לריכוז דומה למי הסביבה.

2. סינתזת מולקולות אורגניות אשר לא משתתפות במסלול המטבולי המרכזי בתא.

חיידקים ממשפחת *Halobacteria* אשר חיים בים המלח משתמשים באסטרטגיה הראשונה (Rubler & Muller, 2001) בעוד האצה *Dunaliella* מייצרת מולקולות גליצרול, ועל כך נדון בהמשך.

ריכוז מלח גבוה בתוך התא מחייב עמידות האנזימים למלח על מנת לאפשר פעילות אנזימתית תקינה. אנזימים של יצורים רגילים ישקעו בתנאי מליחות כמו אלו השוררים בתאים של חיידקים אוהבי מלח. ע"י פענוח מבנה מרחבי של אנזים ferredoxin מהחיידק *Haloarcula marismortui* מים המלח נראה כי קיים בו אזור אשר לא קיים בחיידקים מסביבות לא-מליחות. אזור זה טעון במולקולות בעלות מטען שלילי חזק, שמושך אליו יונים חיוביים ומולקולות מים היוצרים מעין מעטה מגן על החלבון, ועשויים למנוע ממולקולות חלבון ליצור אגרגטים.

בזמן פריחת חיידקים מקבלים המים צבע אדמדם, הנובע מהמצאות פיגמנטים קרטנואידיים בחיידקים. בנוסף לקרטנואידיים, אצל החיידק *Halorubrum sodomense* נמצא פיגמנט נוסף, הקרוי בקטריורודופסין. חלבון זה, הדומה במבנהו לחלבון הרודופסין בעיניים, מסוגל לקלוט אנרגיית שמש ולהפיק ממנה זרם פרוטונים. ייתכן וחלבון זה מאפשר קיום לחיידקים כאשר יורד ריכוז האצות ואיתו החומר האורגני הזמין. לחלבון צבע אופייני סגול, אשר נצפה בפריחה הביולוגית שהתרחשה ב1980, אך לא בפריחה בשנת 1992 (Oren, 1999).

רקע על האצה *Dunaliella*

כפי שראינו לים המלח הרכב מלחים ייחודי ושונה מכל יתר גופי המים המלוחים בעולם. מימיו עשירים במלחי נתרן, מגנזיום וסידן, המכילים יוני כלור. יוני המגנזיום והסידן מהווים 57% מכל היונים החיוביים בים המלח, בהשוואה למי ים, בהם הם מהווים רק כ- 13% . בסוף שנות ה-30 ערך בנימין אלעזרי-וולקני, סטודנט לתואר דוקטור באוניברסיטה העברית בירושלים, מחקר על הביולוגיה בים המלח. הוא הצליח לבדוד מגוון של מיקרואורגניזמים, כגון אצות וחיידקים, ומאוחר יותר גם חד תאיים מסוגים של אמבות וריסניות. בעבודתו תיאר וולקני חיידקים הלופיליים (אוהבי מלח) שצבעם אדום, חיידקים אנארוביים (המסוגלים לחיות בתנאים של חוסר חמצן) ואצות ירוקיות חד-תאיות מסוג *Dunaliella*, שהיו מוכרות מסביבות מלוחות במקומות אחרים בעולם (אורן, 1996).

האצה *Dunaliella* היא אצה ירוקית, חד תאית בעלת יכולת תנועה, וחייה בסביבות ימיות. לאצה יכולת לאגור כמויות גדולות של קרוטנואידים מסוג בטא-קרופן, בעיקר תחת תנאי עקה קיצוניים כגון מחסור בנוטריינטים וקרירת שמש חזקה. בטא-קרופן היא מולקולה המשמשת כפרו-ויטמין (חומר מקור לויטמינים), בעלת ערך תזונתי גבוה. מסי מינים של *Dunaliella* אוגרים בתוכם יותר מ-10% בטא-קרופן מתוך המשקל היבש של האצה. לייצור מסיבי זה של בטא-קרופן פוטנציאל ביוטכנולוגי רב בתעשיית המזון והקוסמטיקה. לאצה יכולת רבייה וגטיבית באמצעות חלוקת התא לשני תאים, אך גם אפשרות לרבייה מינית ע"י מיזוג 2 גמטות (תאי מין) זהות ליצירת זיגוטה. לזיגוטה מעטפת חיצונית עבה המאפשרת לה לשרוד במגוון תנאים סביבתיים, ממים מתוקים ועד לתנאי יובש ומליחות. (תאים אלו מכונים "ציסטות").

תאי *Dunaliellan* חסרי דופן תא קשיחה, הם עטופים בממברנה אלסטית דקה, המאפשרת להם לשנות את צורתם כתוצאה משינויים אוסמוטיים. מספר מחקרים בדקו את השינויים הקורים בממברנה ובתכולת החלבונים בה, במעבר של התאים ממליחות נמוכה למליחות גבוהה. במחקרים אלו התגלו 2 חלבונים-

1. חלבון המסייע לתא לקלוט CO₂ בריכוזים גבוהים של מלח, בתנאים בהם מסיסות הגזים נמוכה.

2. חלבון המעורב בהעברת ברזל לתוך התא.

במחקרים נוספים נחשפו 76 חלבונים המופעלים כתוצאה מריכוזים עולים של מליחות (salt-induced proteins), בניהם מצויים אנזימי מפתח הפעילים בתהליכים מרכזיים בתא. ריכוזי היונים בתוך תא האצה הינם נמוכים, על מנת לאפשר לאנזימים המשתתפים בתהליכים המטבוליים בתא לתפקד ללא הפרעה. אז איך נשמר האיזון האוסמוטי בין תכולת התאים למדיום שמחוצה להם?

תוך כדי תהליך הפוטוסינתזה שמבצעים תאי האצה נוצר גליצרול (ראה נספח 2), הנאגר בתא ומשמש כאוסמוליט לשמירה על האיזון האוסמוטי. בנוסף לתפקידו זה, הוא גם שומר על פעילות אנזימטית במצבי עקה, כמו אלו המאפיינים את הסביבה הקיצונית בים המלח.

ריכוזו של גליצרול בתאי *Dunaliellan* יכול להגיע לרמות גבוהות ביותר (בתאים שגודלו בריכוז של 4 M NaCl נמצא ריכוז של 7.8 M גליצרול), ורמות אלו נשמרות בתוך התא הודות

למבנה מיוחד של ממברנת התא, הגורם לחדירות נמוכה לגליצרול. תכונה זו של הממברנה מאפשרת לתאים לשמור את הגליצרול בתוך התא. (הסיבות לחדירות הנמוכה של הממברנה לגליצרול אינן ידועות עדיין) (Oren, 2005).

הגליצרול המשמש לאוסמורגולציה *Dunaliella* מסונתז ע"י האנזים הכלורופלסטי glycerol dihydroxyacetone phosphate reductase (DHAP), שיוצר קומפלקס עם glycerol phosphate phosphatase. בעזרת פוטוסינתזה ושימוש במאגרי אנרגיה משלים האנזים את סינתזת הגליצרול (Goyal, 2007).

ריכוזיו הגבוהים של הגליצרול בתאי האצה יכול לשמש ליישומים ביוטכנולוגיים שונים, כגון ייצור מסחרי של התרכובת והפקת ביו-דיזל. בעבר נעשו נסיונות להפיק גליצרול מהאצה, אך היישום הכלכלי לא צלח, וכיום לא ידוע על שימוש בגליצרול למטרות הנ"ל. מחקרים לא רבים הוקדשו לחקר דינאמיקה של אוכלוסיות *Dunaliella* כיצדן ראשוני באגמים מלוחים ברחבי העולם. באגם המלח הגדול (Great Salt Lake) ביוטה, ארה"ב, דווח על ייצור ראשוני של האצה. במהלך העונה הקרה עולה מספרן של הציסטות, בעיקר בקרקעית האגם. כמו כן נמצאו בו חיידקים הלופיליים ממינים שונים (Oren, 2005).

רקע על ייצור דלק מהאצה: *Dunaliella parva*

בחלק השני של המחקר אנו נתמקד באפשרות לניצול האצות כמקור לאנרגיה חלופית. החלק הנ"ל תלוי בתוצאות שנקבל בחלק הראשון של המחקר, ולא ניישם את המידע, בחלק הראשון של המחקר. המידע הוא בסיס לשלב השני של המחקר.

קיימים 3 סוגי דלקים עיקריים:

דלק רגיל – דלק אשר נשאב ממעמקי האדמה – מיוצר מנפט.

ביודיזל – מיוצר מחומצות שומן.

דלק מגליצרול – התססה של גליצרול לאתנול ע"י חיידקים ושמרים.

היסטוריה של הביודיזל

כבר בשנת 1853, המדענים J. Patrick & E. Duffy גילו איך לייצר ביודיזל מחומצות שומן. התגלית התרחשה 40 שנה לפני המצאת מנוע הדיזל הראשון ע"י רדולף דיזל, אשר ב-10 לאוגוסט 1893 הציג את המנוע דיזל הראשון בעולם. היה זה מנוע ענק באורך 3 מטר אשר הוצג בעיר אגוסבורג שבגרמניה. מאז ה-10 באוגוסט נחגג בעולם כיום הדיזל הבינלאומי.

כמה שנים לאחר מכן, בשנת 1900, הציג דיזל את המנוע שלו בתערוכה "World Fair" בפריס. המנוע פעל על דלק בוטנים וזכה במקום הראשון בתערוכה. למרות שהדלק פעל על שמן בוטנים ולא ביודיזל, שההבדל בניהם נעוץ בעובדה ששמן בוטנים לא עבר Transesterification (תהליך כימי שבו נעשית הגבה עם הבסיס של חומצות השומן במטרה להפוך את חומצות השומן לביודיזל). המנוע היה הוכחה לחזון של שימוש בביודיזל במקום סולר רגיל.

בנאום ב-1912 אמר דיזל כי "השימוש בדלק שמבוסס על חומצות שומן היום נראה לא משמעותי, אך במשך הזמן הוא יהפוך לחשוב כמו נפט ופחם". הסיבה שבעטיה בחר העולם

להעדיף את הנפט על דיזל מחומצות שומן היא כספית בעיקרה (מתוך אתר "Global Oneness") מכיוון שבעשורים הראשונים של המאה ה-20 מחירי הנפט היו זולים מאוד יחסית להיום, הנפט היווה מקור האנרגיה המועדף.

משנת 1970 ביקושים גבוהים לנפט, בצירוף עם מחסור הביאו לעליית מחירים של הנפט. הדבר גרם לארצות שונות (ביניהן ארה"ב, אוסטרליה, צ'כיה, צרפת, גרמניה ושוודיה) להבין כי לא ניתן להסתמך על הנפט כמקור אנרגיה בלעדי והם חיפשו אלטרנטיבות. כך החלה הפניית משאבים לכיוון מחקר אודות אנרגיה חלופית. בארה"ב הוקמה תוכנית שנקראה "Aquatic Species Program" ומטרתה הייתה הפקת ביודיזל מאצות. את התוכנית חנך הנשיא ג'ימי קרטר בשנת 1978 ואותה סגר הנשיא קלינטון בשנת 1996 – בנימוק שהיא לא הצליחה להגיע ליעדים שלה בתפוקת ייצור הביודיזל. ההסבר לכישלון היה שינויים במזג האוויר ופגיעה של הקור באצות ובקצב בהתפתחותם. יש לזכור כי כל התחשיבים לכלכליות הנושא חושבו במחיר הנפט של אותה התקופה, שהיה נמוך בהרבה ממחירו כיום.

למרות זאת, אחרים המשיכו להתקדם בכיוון ייצור ביודיזל מאצות ובאוסצק, אוסטרליה הוקם ב-1991 מפעל ראשון של ביודיזל בקנה מידה תעשייתי (Kaplan & Friedman, 1970). מאז הוקמו חברות נוספות אשר מתמחות בהפקת ביודיזל מאצות. המפורסמות שביניהן הן חברות "GreenFuel Technologies" וחברת "סימביוטיק", שהוקמה לפני שלוש שנים בשטח תחנת הכוח של אשקלון בתמיכת חברת החשמל. חברת "GreenFuel" Technologies פועלת באריזונה בארה"ב והוקמה ע"י איציק ברזיין.

הרעיון החדשני שעומד מאחורי החברות הללו הוא שהם משתמשים בגזי הפליטה של

תחנות הכוח הפחמיות, לאחר שעברו תהליך ניקוי מגופרית. הגזים שנשארו ובעיקר CO_2 מוזרמים לתוך הבריכה עד להשגת תנאי PH אופטימאליים. לכל יצור חי יש סביבה שמתאימה לו ביותר להתפתחות – אחת הדרישות הינה טווח ה- PH - אותו כלל תקף גם לגבי האצות, חלקן מתפתחות טוב יותר בתנאי PH מסוימים.

CO_2 אשר נצרך בתהליך הפוטוסינתזה ע"י האצות מהווה זרז גדילה של עד פי 30, הודות לעמידות הרבה של האצות לרמות גבוהות במיוחד של CO_2 .

כמו כן נעשה שימוש בזנים שונים של אצות בהתאם לעונות השנה ולטמפרטורה, משום שלכל זן של אצות יש טווח טמפרטורות אופטימאלי לגדילה. ע"י כך ניתן לשמור על תפוקה גבוהה לאורך השנה.

יש חסרונות רבים לגידול אצות בקנה מידה מסחרי בבריכות פתוחות. בין החסרונות: אי יכולת לשלוט ברמות תאורה, משך התאורה, טמפ' PH, מינים פולשים שיכולים לזהם את התרבית. הפתרון של החברות הללו לבעיות הוא ע"י קליטת המים לאחר תהליך הקירור של הטורבינות בתחנת הכוח, וכך לנצל את הטמפ' ואי הצורך לקבל רישיון מיוחד לשימוש במי ים. כדי להשתמש במי ים יש לקבל רישיון מיוחד ולעמוד בתנאים מחמירים לפי אמנת ברצלונה. בגלל שיתוף הפעולה שנוצר בין תחנות הכוח לחברות הביודיזל ניתן לחסוך את הזמן והכסף של בקשת רישיון נוסף, ולהשתמש ברישיון הקיים. בהנחה שרוצים לגדל מין אצה מסוים שגדל במים חמים, יש כאן חיסכון ניכר בחימום המים לטמפ' הדרושה – דרוש רק לשמור על טמפ' מתאימה. השלב

הבא הוא טיהור המים ע"י ריכוזי כלור גבוהים כדי לסלק אורגניזמים מתחרים. בסוף התהליך שופכים תרבית של אצות מהמין הרצוי לתוך המים ותוך שבוע עד 10 ימים מגיעים לריכוז מקסימאלי בהתאם לזן. לאחר שבוע קוצרים את האצות. החברות הנ"ל בדרך כלל שופכות חצי מהכמות לבריכה חדשה ורק את החצי השני הם קוצרים מה שגורם ליכולת לקצור כל יום, תלוי כמובן בקצב גידול אך כידוע באצות הוא הגבוה ביותר, הדבר מצמצם באופן ניכר גם את הסיכוי לזיהום. (עמי בן-אמוץ, איתי לברי, סיור מודרך במפעל "סימביוטיק" – מידע אישי)

במידה ומובל השלום יקרום עור וגידים, צפויה ירידה במליחות המים של ים המלח, עובדה זו בשילוב עם כניסת פוספטים והיווצרות השיכוב, דבר שאנו צופים שיקרה, יגרמו בתורם לפריחת אצות מהסוג *Dunaliella*.

היות והאצה מסנתזת גליצרול כאוסמוליט (Bental et al, 1989) אנו מציעים לבחון את האפשרות לנצל את האצה ולהפיק את הגליצרול, וממנו להפיק חומרים אחרים בעלי ערך כלכלי כגון דלק, אם כי ישנם אפשרויות ייצור אחרות (Zheng et al, 2008; Yazdani & Gonzalez, 2007; dharmadi et al, 2006; Pyle et al, 2008) כמו למשל חומר גלם לפליו – המיוצר כיום בצורה סינטטית והוא יקר ביותר.

הגליצרול כמוצר בפני עצמו הוא תוצר לוואי בתהליכים שונים, כגון ייצור סבון ומיצוי של חומצות שומן ליצירת ביודיזל. עקב העלייה בייצור ביודיזל נוצרו עודפי גליצרול, דבר שהביא לירידת מחירי הגליצרול, לסגירת חברות אשר התמחו בייצורו, ולבעיה להפטר מהעודפים (Rubler & Muller, 2001).

הרעיון להפוך את הגליצרול למוצר אחר בעל ערך כלכלי, הוא לא חדש (Gavrieli et al, 2005). בסקירה זו נתמקד ב:

1. מסלול מטבולי של הגליצרול באצה (ראה נספח 2)
2. קציר האצה
3. הפקת הגליצרול
4. הפיכת גליצרול לאתנול – דלק נקי.
5. בדיקת היתכנות ניצול חומצות השומן כמקור נוסף לייצור ביודיזל (Hu et al, 2008)

2. קציר האצה : כאן באים לידי ביטוי היתרונות של ים המלח מול מקורות אחרים. ההוצאה הכספית הגדולה ביותר היא יצירת תנאי גידול לאצות: ייצוב טמפ' גידול מתאימה, הוספת נוטריינטים חיוניים, הקמת הבריכה והמערכת של הצינורות שבהם מגדלים את האצות, וכדומה (Chisti, 2007) ים המלח בתנאי מליחות נמוכים מהתנאים כיום יוכל להפוך למאגר אצות טבעי בקנה מידה נרחב, וכבר הראנו כי ידוע שהתרחשו בו אירועי פריחת אצות בזמנים שהמליחות ירדה.

היתרון השני הוא שאין בעיה של זיהום מקור המים ע"י אצות מסוג שונה, וזאת עקב היות האצה מהסוג *Dunaliella* היצרן הראשוני היחיד. זאת כל עוד המליחות לא תרד מתחת

לסף מסוים שיאפשר לסוגי אצות נוספים (מים סוף למשל) להתפתח. כמו כן קציר האצה יהיה יעיל מאוד משום שהיא נמצאת בכמויות מאוד גדולות (עד 3.5×10^7 תאים למ"ל לפי א. אורן (Oren, 1999) באירוע פריחה) על פני כל הים, ואולי אפילו לאורך כל השנה.

3. הפקת הגליצרול מהאצות: הפקת מוהל התא והפרדת הגליצרול ע"י מאפיינים ספציפיים (אורן, 1996). כיום ידועות מספר שיטות למיצוי הגליצרול מהתאים:

א) על מנת לקבוע את רמת הגליצרול מתוך משקל התא היבש נשתמש בפוטוספקטרומטר.
ב) בכדי להפריד את מרכיבי התא ניתן יהיה להשתמש בצנטריפוגות (Freitas et al, 2008) - הגליצרול הוא אוסמוליט אורגני בלתי מיונן, בעל משקל מולקולארי נמוך ומסיסות גבוהה, ואינו מפריע לפעילות אנזימטית (מתוך אתר "Hlnet") תכונות אלה מאפשרות הפרדה על ידי צנטריפוגה.

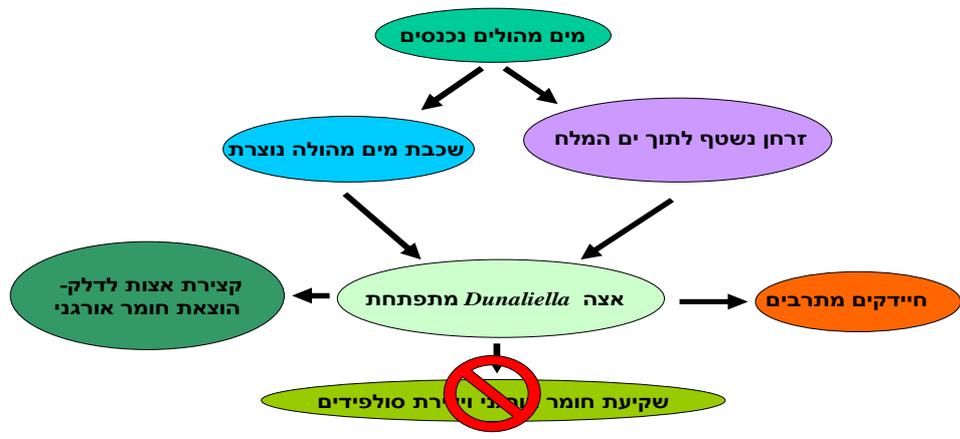
4. הפיכת גליצרול לאתנול: לאחר הפקת הגליצרול וקבלת מוצר נקי ניתן להמשיך את התהליך ולנצל את העובדה שלגליצרול ולסוכרוז יש מסלול מטבולי משותף (ראה נספח 3) וניתן בסופו של התהליך להגיע לאתנול. (Rubler & Muller, 2001; Frolow et al, 1996; Temudo, 2008) אתנול יכול לשמש בתור דלק בפני עצמו, למשל בברזיל משתמשים באתנול כדלק למכוניות.

5. בדיקת היתכנות לניצול של חומצות השומן כמקור נוסף לייצור ביודיזל: על מנת לייעל את התהליך באופן כלכלי עד תומו נרצה לבדוק את האפשרות של מיצוי בו זמני של חומצות השומן וניצולם לביודיזל. דרך זו דורשת בדיקה מעמיקה כשלעצמה משום שידוע שלאצה יש חומצות שומן אך נצטרך לערוך מבחנים על מנת לברר אילו סוגים ואת האחוז שהן מהוות מתוך משקל התא היבש, וזאת משום שיש להניח שהיכולות המטבוליות של האצה הן מוגבלות – ויש סיכוי סביר שייצור גליצרול בא על חשבון חומצות השומן או להיפך. אם נראה כמויות גליצרול גבוהות אז כמויות הליפידים יהיו נמוכות ביחס ישר, אך זוהי הנחה בלבד שיש לאמת אותה בניסוי.

היפותזה

הזרמת מי התמלחת ממפעל ההתפלה תגרום לירידה במליחות מי ים המלח. בהינתן זרחן שיישטף מהסביבה אל ים המלח תתרחש עלייה בכמות האצות, המהוות יצרן ראשוני במערכת, דבר אשר יוביל לעלייה בכמות החיידקים וכל אלו יגרמו לשקיעת חומר אורגני לקרקעית הים ויצירת סולפידיים, לדעתנו ניתן יהיה לקטין את החומר האורגני במים ע"י קציר האצה וניצול האצה ליצירת ביופיוול מהגליצרול.

היפותזה



שאלות המחקר

1. תחת אילו תנאים סבבתיים תהיה פריחת של האצה *Dunaliella* בים המלח?
2. האם ניתן יהיה לנצל את קציר האצה לביופיול?

מטרות המחקר

1. לאפיין את מין האצה החי בים המלח.
2. למדוד ביומאסה של האצה בתנאי מליחות וזרחן משתנים.
3. למדוד זמן מחזור חיים בתנאי מליחות וזרחן משתנים.
4. להעריך יעילות פוטוסינתזה בתנאי מליחות וזרחן משתנים.
5. לבדוק ריכוז גליצרול בתא בתנאי מליחות וזרחן משתנים.
6. לבחון יחסי גומלין אצות- חיידקים.
7. בשלב השני – על סמך תוצאות השלב הראשון של המחקר – ניישם את המידע שנצבר ליצירת ביופיול מהאצה

שיטות

שטח הניסוי יהיה בסמיכות לים המלח, כך שבריכות הניסוי יהיו תחת השפעת אותו אקלים כמו ים המלח.

מערך הניסוי מורכב מ 27 בריכות בנפח 1 קוב, כאשר ישנם 2 משתנים בלתי תלויים:

1. רמת מליחות בשלוש "תחנות"-
 - א. 100% מי ים המלח
 - ב. 70% מי ים המלח ו 30% מי תמלחת
 - ג. 50% מי ים המלח ו 50% מי תמלחת

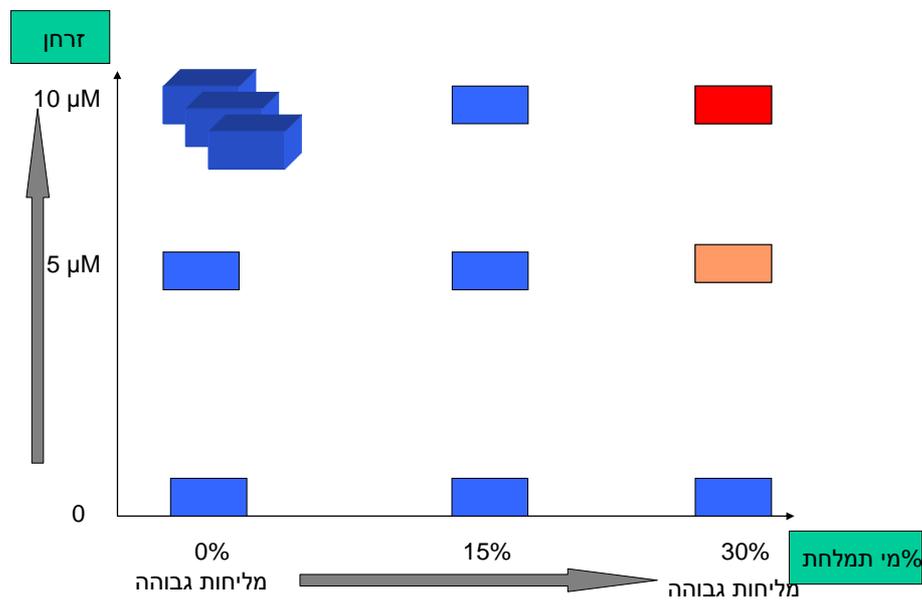
2. רמות זרחן בשלוש "תחנות"-

א. $0\mu\text{M}$

ב. $5\mu\text{M}$

ג. $10\mu\text{M}$

בכל תחנת מליחות יהיו 3 בריכות עם רמות זרחן משתנות. למשל- ברמת מליחות 100% ים המלח יהיו 9 בריכות: שלוש עם $0\mu\text{M}$ זרחן, שלוש עם $5\mu\text{M}$ ושלוש עם $10\mu\text{M}$ זרחן. כך גם בשתי תחנות המליחות הבאות. סה"כ 27 בריכות.



בכל אחת מהבריכות יילקחו דגימות מים במהלך כל עונות השנה, ובהן ייבדקו הפרמטרים הבאים:

1. אפיון מין האצה לפי רצף 18S DNA (Olmos et al,2000)

2. זמן מחזור וביומאסה יימדדו על ידי ספירת תאים במיקרוסקופ

(Oren et al,2004)

3. יעילות פוטוסינתזה תימדד ע"י מכשיר PAM (Herrmann et al,1997)

4. גליצרול ימוצה מהתאים ויחושב הריכוז בתא (אורן,1996)

5. יחסי גומלין אצות- חיידקים:

לאחר עונה אחת מתחילת הרצת הניסוי או נבחר בריכה שבה גדלו אצות, וממנה תילקח תרבית. התרבית תחולק ל-4 בריכות נוספות, אשר יכילו רמת מליחות וריכוז זרחן שיאפשרו את גדילת האצות (על פי המסקנות מהעונה הראשונה של הניסוי).

לשתי בריכות נוסף אנטיביוטיקה, ולשתיים הנותרות לא. מארבעת הבריכות יילקחו דוגמיות בהן ייספרו תאי האצות והחיידקים כל שבוע. אנו מצפים שבבריכות עם אנטיביוטיקה

לא יגדלו חיידקים, וכך נוכל להשוות בין אצות שגדלות בנוכחות חיידקים ובהעדרם, כאשר שאר התנאים קבועים. אנו מקווים להסיק מכך על טיב יחסי הגומלין בין האצות לחיידקים.

סיכום והצעות להמשך מחקר

המחקר שלנו מתרחש בבריכות, ולא בים עצמו מסיבות טכניות, ולכן קיים קושי לדמות את המערכת המורכבת בים המלח, לכך נוספת אי הודאות הכללית האופפת את פרויקט תעלת הימים, וישנם כמה גורמים שיש להם השלכה על המיקרוביולוגיה בים, ואליהם לא נוכל להתייחס במחקר זה:

1. לא ידוע מה תהיה רמת המליחות שתיווצר בים המלח. האם תהיה שכבה מהולה שתצוף מעל שכבה מלוחה יותר, ואם כן מה יהיה עומק השכבה.
2. לא ידוע מה תהיה רמת הפוספטים שתישטף אל ים המלח מהסביבה ומפעל ההתפלה עצמו, אשר בו יהיה שימוש בתרכובות זרחן לאחזקת ממבראנות ההתפלה.
3. פריחה מיקרובאליית :
 - a. האם תהיה פריחה רק בחלקים מהשנה או לאורך כל השנה
 - b. ואם בחלקים – אז מתי? ולמה דווקא אז?
4. האם ובאיזה אופן ייווצר גבס במים, ומה תהיה השפעתו על המיקרוביולוגיה.
5. האם יחדרו אורגניזמים חדשים מים סוף לים המלח, ולאיזה תהליך יגרמו.

דוגמא של פריחה של חיידקים ניתן לראות בבריכות המלח באילת. במקרה זה, כפי ששיערנו צבע המים אדום/ורוד וישנה נוכחות רבה של מיקרואורגניזמים במים.



תמונה 2: פריחה של חיידקים אדומים אוהבי מלח בבריכות המלח באילת. צילום: פרופ' אהרון אורן (מתוך אתר "סבבה").

לאחר פרק הניסויים הראשון העוסק בביולוגיה של האצה *Dunaliella* אנו מציעים לערוך ניסויים בהפקת הגליצרול:
נרצה לדעת מהי הדרך הטובה ביותר להפקה של הגליצרול והפרדתו ברמת ניקיון סבירה להמשך תהליך משאר חומרי התא.

נרצה לבדוק באיזה שלב התפתחותי מכילה האצה את כמות הגליצרול הגדולה ביותר, על מנת למקסם את כמות הגליצרול המופקת. לאחר מכן יש לבדוק את יעילות ייצור האתנול מגליצרול ע"י שמרים לעומת חיידקים.

שאלה שמתבקשת, במקרה והתרחיש אכן יתקיים, הינה האם הכנסת תמלחת למי ים המלח יכולה בסופו של דבר ליצור משאב כלכלי גבוה בעזרת האצות אשר ישמשו להפקת ביודיזל והפקת תכשירים וחומרים שונים (קרנוטנואידיים לדוג').

גורם כלכלי נוסף משמעותי באזור הוא התיירות. לכן, יש לבדוק מה תהיה השפעת הפריחה הביולוגית על התיירות. אנו התחלנו בפעילות ראשונית בכיוון זה, ואף קיבלנו תוצאות ראשוניות. שיטת המחקר:

המחקר יבדוק את עמדתם של התיירים בנוגע לים המלח ועתידו וייעשה בשיטת הערכה מותנית, ואליו ילווה שאלון רצייה חברתית על מנת לצמצם את ההטיה בעקבות שימוש בנכונות ולא התנהגות בפועל.

שאלון (ראה נספח 1) יחולק במשך חצי שנה ב-6 מבתי המלון שסביב ים המלח- 3 בחלקו הישראלי ו-3 בחלקו הירדני, לפי מספר הכוכבים (3,4,5). כל אורח יקבל עם הגעתו למזכירות המלון (check in) את השאלון. כמו כן, בתקופה זו יחולקו שאלונים למבקרים באתרים שמורת עין פשחה וחוף מינרל בעת כניסתם לאתר. בנוסף, באתר ים המלח בחסות משרד התיירות, מועצה אזורית תמר והתאחדות בתי המלון יתפרסם שאלון, כך שגולשים באתר מהארץ ומחו"ל יוכלו לענות על השאלון (גם אם ספציפית לא באתר, אך הביעו התעניינות בו). השאלון מתמקד באתר אינטרנט ישראלי, כי הערך הכלכלי בסביבת ים המלח מושפע בעיקר מהצד הישראלי (Becker & Katz,2006)

השאלון מחולק לארבע חלקים:

1. שאלון עמדות לגבי ים המלח
2. שאלון ספציפיות על ים המלח
3. חלק ויזואלי
4. שאלון רצייה חברתית

כפיילוט לשאלון, חולקו שאלונים ל-30 ילדים בגילאי ביה"ס יסודי. מבין התוצאות המובהקות נמצא כי 62% לא כל-כך מסכימים או כלל לא מסכימים להיכנס לים המלח בצבע אדום. כמו כן נמצא כי מעל 75% היו מעדיפים שלא יבצעו שינויים מבלי לדעת בביטחון מה הכנסת מי ים תגרום לים המלח. דוגמאות אלו ממחישות את הפגיעה האפשרית בתיירות נוכח השינויים הצפויים בים המלח בעקבות הזרמת מי התמלחת.

מקורות

1. אבנימלך י., ברון י., רוזנטל ג., יהושע נ. ושחם ג. 2007. ירידת מפלס ים המלח, חלופות לפעולה. מוסד שמאל נאמן.
2. אהרון א. 1996. "חיים בים המוות", גלילאו, גליון 18, עמ' 36-43.
3. אהרון ד. 2002. מסמך רקע לדיון בנושא: הסכם שיתוף פעולה ישראל-ירדן להצלת ים המלח: "מובל השלום". כנסת ישראל.
4. בייט מ. 1990. ים המלח ומדבר יהודה: 1900-1967: מקורות, סיכומים, פרשות נבחרות.
5. גבריאלי א. 1987. מקור גופי הליט בדרום ים המלח, ישראל: המכון הגיאולוגי, דו"ח 123, עמ' 87-11.
6. סוקניק ש., אבו שקרה מ., קודיש ש. ופלוסר ד. 2006. ים המלח וטבריה כאתרי מרפא לחולים הלוקים בדלקות פרקים, רפואה, כרך 145, עמ' 117-122.
7. מסמך הכנסת: "מדיניות ים המלח".
8. Becker N. & Kats D. 2006. *Economic valuation of resuscitating the Dead Sea*. Water10 Policy.8: 351-370.
9. Bental M. et al. 1990. *The role of intracellular orthophosphate in triggering osmoregulation in the alga Dunaliella salina*. Eur J Biochem. 188(1):117-122.
10. Chisti, Y. 2008. *Biodiesel from microalgae beats bioethanol*. Biotechnol Trends. 26(3): 126-131.
11. Dharmadi y., A. Murarka and R. Gonzalez. 2006. *Anaerobic fermentation of glycerol by Escherichia coli: a new platform for metabolic engineering*. Biotechno Bioeng. 94(5): 821-829.
12. Elazari-Volcani B. 1944. *A ciliate from the Dead Sea*. Nature. 154: 335-336.
13. Freitas L., De Oliveira J.V., Dariva c., Jacques R.A., and Caramao E.B. 2008. *Extraction of Grape Seed Oil Using Compressed Carbon Dioxide and Propane: Extraction Yields and Characterization of Free Glycerol Compounds*. J. Agric. Food Chem. 56: 2558-2564.
14. Frolow F., Hrel M., Sussman J. L, Mevarech M., Shoham M. 1996. *Insights into protein adaptation to a saturated salt environment from the crystal structure of a halophilic 2Fe-2S ferredoxin*, Nature Structural Biology. 3(5): 452-458.
15. Gavrieli I., Bein A., Oren A. 2005. *The expected impact of the peace conduit project (the Red Sea-Dead Sea pipeline) on the Dead Sea*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Chang. 10: 3-22.

16. Goyal A. 2007. *Osmoregulation in dunaliella, part 1: Effects of osmotic stress on photosynthesis, dark respiration and glycerol metabolism in dunaliella tetrleo and its salt-sensitive mutant*, Plant Physiology and Biochemistry. 45: 696-704.
17. Herrmann H., Hader D., Ghetti F. 1997. *Inhibition of photosynthesis by solar radiation in Dunaliella salina: relative efficiencies of UV-B, UV-A and PAR*. Plant, Cell and Environment. 20: 359-365.
18. Hu Q., M. Sommerfeld, E. Jarvis, M. Ghirardi, M. Posewitz, M. 2008. *Seibert and A. Darzins, Microalgal triacylglycerol as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances*. The Plant Journal. 54: 621-639.
19. Kaplan I. R. & Friedman A. 1970. *Biological productivity in the Dead Sea. Part 1. Microorganisms in the water column*. Israel J. Chem. 8: 513-528.
20. Nissenbaum A. 1993. *The Dead Sea- an economic resource for 10 000 years*, Hydrobiologia, Springer Netherlands. 127-141.
21. Olmos J., Paniagua J. and Contreras R. 2000. *Molecular identification of Dunaliella sp. Utilizing the 18S rDNA gene*. Lett Appl Microbiol. 30(1): 80-84.
22. Oren A. 1999. *Microbiological studies in the Dead Sea: Future challenges toward the understanding of life at the limit of salt concentrations*. Hydrobiologia. 405: 1-9.
23. Oren A., Gavrieli I., Gavrieli J., Kohen M., Lati J., Aharoni M. 2004. *Biological effects of dilution of Dead Sea brine with seawater: implications of the planning of the Red Sea-Dead Sea "Peace Conduit"*. Jour. Mar. Syst. 46: 121-131.
24. Pyle D.J., Garcia R.A. and Wen Z. 2008. *Producing docosahexaenoic acid (DHA)- rich algae from biodiesel-derived crude glycerol: effects of impurities on DHA production and algal biomass composition*. J Agric Food Chem, 56(11): 3933-3939.
25. Rubler M., Muller V. 2001. *Osmoadaptation in bacteria and archaea: common principles and differences*. Environmental Microbiology. 3(12):743-754.
26. Sukenik S., alneotherapy B. 1999. *At the dead sea area for knee osteoarthritis*. IMAJ.1: 83-85.
27. Temudo, M.F., et al. 2008. *Glycerol fermentation by (open) mixed cultures: a chemostat study*. Biotechnol Bioeng. 100(6):1088-98.
28. Wigler I, Elkayam O, Paran D & al, 1995. *Spa therapy for gonarthrosis. a prpspective study*. Rheumatol Int'. 15: 65-69.

29. Yazdani S.S. and Gonzalez R. 2007. *Anaerobic fermentation of glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry*. Curr Opin Biotechnol. 18(3): 213-219.
30. Zheng Z.M et al. 2008. *Physiologic mechanisms of sequential products synthesis in 1,3-prpanediol fed-batch fermentation by Klebsiella pneumoniae*. Biotechnol Bioeng. 100(5): 923-932.

אתרי אינטרנט:

1. אתר של המשרד להגנת הסביבה
http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWh at=Object&enDispWho=Articals^I3064&enZone=dead_sea_policy
2. אתר תיירות נענע על ים המלח (20/6/08)
<http://tours.nana10.co.il/Article/?ArticleID=514534&sid=93>
3. אתר פרסומי ממשלת ישראל (הורד ה20/6/08)
<http://www.info.gov.il/nr/exeres/E0B17E06-4BC9-44D4-A5FA-8CA4FC68CEB9.htm>
4. אתר ישובי מגילות ים המלח, רקע כללי (28/6/08)
<http://www.dead-sea.org.il/?CategoryID=0&ArticleID=151>
5. אתר סבבה (17/9/08)
<http://sababa.sviva.gov.il/sea/DeadSea/DeadSea2.asp>
6. היסטוריה של ים המלח, מאמר בynet (20/6/08)
<http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-3507666,00.html>
7. אתר HInet
<http://hinet.co.il/MagazineArticles/Article.asp?CategoryID=12970&ArticleID=4720>
8. Oren A. Rev. A hundred years of Dunaliella research: 1905-2005
<http://www.salinesystems.org/content/1/1/2>
9. אתר Global Oneness :
<http://www.experiencefestival.com/a/Biodiesel - History/id/1296562>
10. אתר של חברת PacificBiofuel :
<http://www.pacfuel.com/historybd.htm>
11. מאמר מתוך אתר של אוניברסיטת יורק, קנדה
<http://www.yorku.ca/yciss/whatsnew/documents/Lipchinpaper.pdf>
{Lipchin.C.D, R .Antonius,K. Rishmawi, A.Afanah,R.Orthofer, J.Trottier (2004) Public Perceptions¹ and Attitudes Towards the Declining Water Level of the Dead Sea Basin: A Multi-Cultural Analysis }

נספחים

1. שאלון.

שלום!
 בימים אלו מתקיימים מחקרים ודיונים בנוגע לגורלו של ים המלח (המפלס שלו יורד) ודרכי ההתמודדות עם המצב.
 שאלון זה אינו בחינה, אין תשובות נכונות ולא נכונות. אנא בטא את דעתך כמו שהיא.
 השאלון נכתב בלשון זכר, אך מופנה לשני המינים כאחד.
 תודה רבה על שיתוף הפעולה!

היגד	מסכים בהחלט	די מסכים	לא כל כך מסכים	בכלל לא מסכים
אני אוהב ללכת לים המלח				
אני אוהב לטייל באזור ים המלח				
אני אוהב להיכנס למים של ים המלח				
הצבע של המים לא משנה לי				
הכי חשוב להציל את ים המלח				
אני ארגיש מוזר להיכנס לים אדום				
לא אכפת לי מה יקרה לים המלח				
אני חושב שים המלח הוא משאב חשוב למדינה				
ים המלח מוצלח כי אפשר לצוף בו				
איכות הסביבה היא נושא לא חשוב				
אני חושב שלים המלח סגולות מרפא				

כמה פעמים ביקרת בחמש שנים האחרונות בים המלח?

- א. 0
- ב. 1-3
- ג. 4-6
- ד. 7 ומעלה

כמה פעמים בשנה תהיה מעוניין לטייל ולבלות באזור ים המלח?

- ב. 0
- ג. 1-3
- ד. 4-6
- ה. 7 ומעלה

מי לדעתך אחראי לשמור על ים המלח (הקף את כל האפשרויות)?

- א. ממשלה
- ב. ביה"ס
- ג. הורים
- ד. ילדים
- ה. תיירים
- ו. מפעלי ים המלח

קָרַן "שאלה" עוסקת בניסיון לבטל את פרויקט "תעלת הימים".
מה דעתך על קרן זאת?

- א. מסכים מאוד, אשמח לתרום כסף.
- ב. מסכים
- ג. מתנגד
- ד. לא משנה

קָרַן "צבע" עוסקת בניסיון למנוע את שינוי צבע ים המלח לאדום.
מה דעתך על קרן זו?

- א. מסכים מאוד, אשמח לתרום כסף.
- ב. מסכים
- ג. מתנגד
- ד. לא משנה

קָרַן "מני" טוענת כי ניתן להעלות את הערך הכלכלי של ים המלח (בעזרת ביודיזל).
מה דעתך על קרן זו?

- א. מסכים מאוד, אשמח לתרום כסף.
- ב. מסכים
- ג. מתנגד
- ד. לא משנה

מה אתה אוהב בים המלח?

מה אתה לא אוהב בים המלח?

צפה בתמונה והשב על השאלות:



מה דעתך על ים המלח?

דרג את ים המלח בצבעו האדום בין 1-5 (1 – לא אוהב, 5 – אוהב מאוד): _____
ייתכן שכניסת מים בעקבות תעלה, תגרום לשינוי צבע הים.

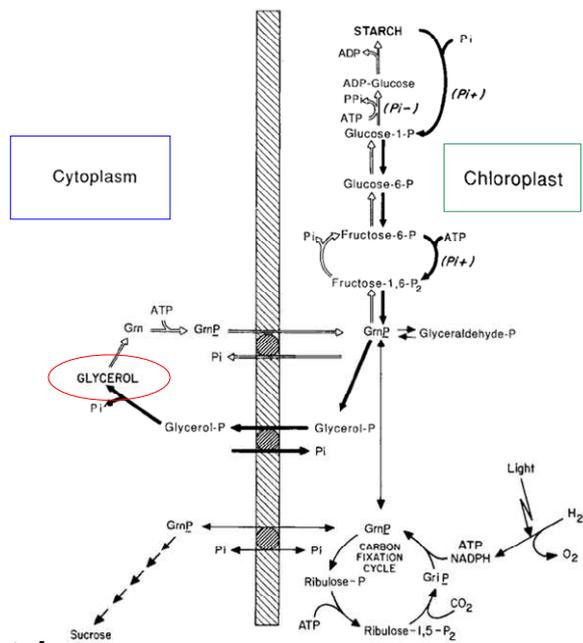


מה דעתך על הים עכשיו?

דרג את ים המלח בצבעו האדום בין 1-5 (1 – לא אוהב, 5- אוהב מאוד) _____

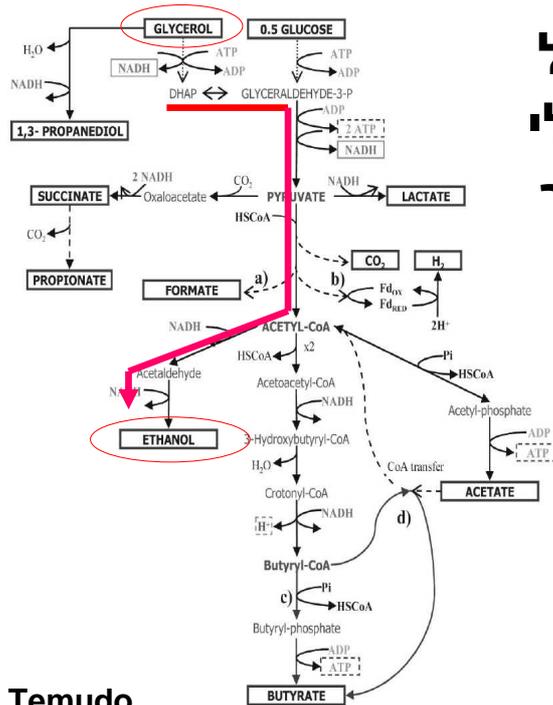
.2

מסלול מטבולי באצה

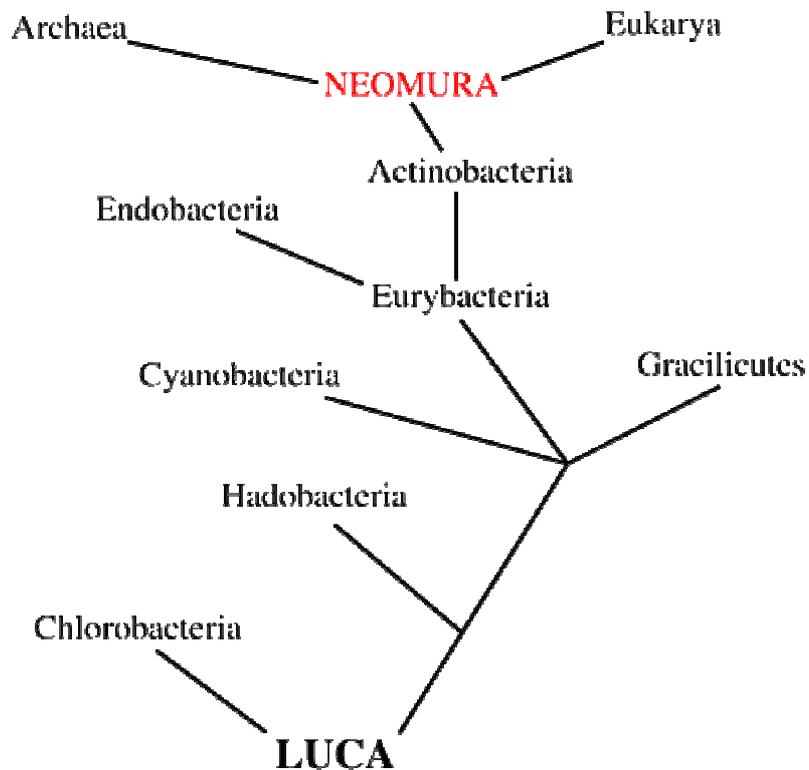


Michal Bental

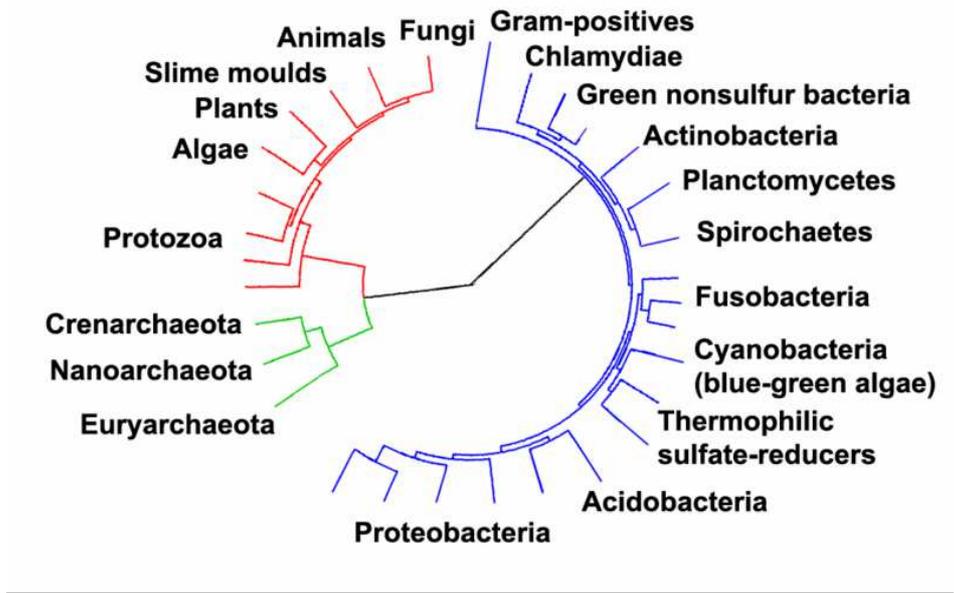
מסלול מטבולי בשמר



Margarida F. Temudo



<http://he.wikipedia.org>



<http://he.wikipedia.org>

פרויקטים בחקר הסביבה – תשס"ח
ביה"ס ללימודי סביבה ע"ש פורטר
2008



**בחינת השפעת הזרמת קולחים באיכות
שלישונית על בריאות הנחל
כבסיס לשיקום אקולוגי של הירדן הדרומי**



מענית איכילוב (040705998)

דפנה בלקין (035765049)

עדי מאייר (040459232)

מנחה הקורס: פרופ' אביטל גזית

מנחה מסייע: ירון הרשקוביץ'

תודות:

ירון הרשקוביץ', הפקולטה למדעי החיים אוניברסיטת תל אביב
רן מולכו, מהנדס רשות ניקוז כנרת
יפתח סיני, רשות הטבע והגנים
הלל גלזמן, רשות הטבע והגנים

תוכן עניינים (עמ' 191 – 232)

194.....	תקציר המחקר
195.....	הקדמה
196.....	1) חלק ראשון: הירדן הדרומי ונושא שיקום ים המלח
	1.1 בחינת הזרמת מי הירדן כפתרון לשיקום ים המלח (החלופה הצפונית)
	1.2 פוטנציאל התרומה של מים שפירים לאגן היקוות הירדן (חלופה צפונית)
	1.3 בחינת חלופה רביעית - שיקום חלקי של הירדן במקביל לשיקום ים המלח
	1.4 חשיבות שיקומו של הירדן הדרומי
	1.5 הבעיות בהזרמת מים שפירים לצורך שיקומו של הירדן
	1.6 פיתרון בדמות הזרמת קולחים איכותיים לצורך שיקומו של הירדן
200.....	2) חלק שני: בעיות מהן סובל הירדן הדרומי
	2.1 תיאור פיזי של נהר הירדן
	2.2 ספיקת המים ההיסטורית בירדן
	2.2 הגורמים והאירועים העיקריים אשר משפיעים על ספיקת המים בירדן היום
	2.3 הזיהום ומקורותיו
	2.4 גורמים מסייעים לזיהום ומעכבים טיפול
	2.5 הצמחייה ומערכת החי בירדן הדרומי, אז והיום
203.....	3) חלק שלישי: שיקום נחלים
	3.1 שינויים בתפיסת מקווי המים על ידי האדם
	3.2 רשימת רמסר של מקווי מים בעלי חשיבות בינלאומית
	3.3 שיקום נחלים בישראל
	3.4 משבר המים בישראל
	3.5 משבר המים והשפעתו על נחלי ישראל
	3.6 הקצאת מים לנחלים
	3.7 שיקום בתי גידול
	3.8 דרגות שיקום נחלים ובתי הגידול בהם
	3.9 הזרמת קולחים לנחלים
211.....	4) חלק רביעי: מחקר ושיטות
	4.1 הנחת היסוד למחקר
	4.2 השערת המחקר
	4.3 מקרי בוחן
	4.4 מטרות המחקר
	4.5 תחנות הדיגום בירדן הדרומי
	4.6 תחנות הדיגום ביובלי הירדן
	4.7 ניטור פיזיקאלי וכימיקאלי של הנחל
	4.8 פרמטרים לימנולוגיים נבחרים והשפעתם על איכות המים והאקולוגיה בנחל
	4.9 נתונים לימנולוגיים קיימים - ירדן הדרומי ויובליו
	4.10 ניטור ביולוגי של נחלים
	4.11 תגובת חסרי החוליות הגדולים לזיהום אורגאני
	4.12 כימות התגובה הביולוגית של חסרי החוליות
	4.13 ציין ביוטי מורכב - ציין השלמות הביולוגית B-IBI (במחקר שבוצע בירקון)
	4.14 ציין ביוטי פשוט - ציין רגישות הטקסונים TSI
	4.15 ניטור ביולוגי בירדן הדרומי
	4.16 אופן הדיגום הביולוגי
	4.17 נתונים ביולוגיים קיימים - ירדן דרומי
228.....	5) חלק חמישי: דיון
	5.1 שיקום חלקי של הירדן באמצעות קולחים איכותיים
	5.2 בעיות
	5.3 תרומת המחקר
	5.4 שימושים במים במורד הירדן
	5.5 מחקרים עתידיים
	5.6 סיכום
231.....	6) רשימה ביבליוגרפית

תקציר המחקר

אל הירדן הדרומי זרמו בעבר כמויות גדולות של מים, אך זרימה זו פחתה מאוד עקב ניצול מקורות המים לצורכי מחיה בצד הירדני והישראלי. מאידך, מוזרמים לירדן שפכים וקולחים מהישובים והמפעלים באזור, וכן מים מלוחים אשר הוטו אליו בתעלת "המוביל המלוח". גורמים אלו הביאו לפגיעה נרחבת במערכת האקולוגית ובשרותי המערכת של הנהר.

בחינת שיקום הירדן הדרומי אינה הכרח מתוקף בחינת הפתרונות לשיקום ים המלח. יחד עם זאת, הקשר הבלתי נפרד לימה, וכן איכויותיו הטבעיות ומשמעויותיו ההיסטוריות והתרבותיות של נהר הירדן, מחייבים התייחסות למצבו במסגרת הפתרונות לבעיית ים המלח.

המחקר מבוסס על הסבירות הגבוהה לבחירתה של "תעלת הימים" כפתרון לבעיית ירידת מפלס ים המלח. אחד מחסרונותיה העיקריים של חלופת ה- RED-DEAD, הוא שהיא אינה מהווה פיתרון לשיקומו של הירדן. על כן נציג אלטרנטיבה, הכוללת, במקביל להזרמת מי ים מדרום, פיתרון נקודתי לירדן, בדמות הזרמת קולחים באיכות גבוהה מצפון. מאחר והזרמת השפכים לירדן נעשית בין כה, הזרמתם לאחר טיהור היא רווח של הנחל אשר יזכה לזרימת מים קבועה, באיכות אשר תקטין את הפגיעה בערכיו האקולוגיים והחזותיים.

המחקר יבחן כיצד תשפיע הזרמת הקולחים האיכותיים על המערכת האקולוגית של מורד הירדן. לצורך כך יבוצע ניטור כימי, פיזיקאלי וביולוגי, בתחנות נבחרות לאורך הירדן הדרומי, לפני ואחרי הפעלת מכון טיהור השפכים החדש בביתניה.

במחקר נאפיין את המצב האקולוגי ("בריאות הנחל") באמצעות ציין רגישות הטקסוניים (TSI), המהווה את אחת השיטות המקובלות כיום בעולם לאפיון וניטור ביולוגי של נחלים. השיטה מבוססת על מדדי אסופת חסרי החוליות, באמצעותם ניתן לאבחן את מצב הנחל ולעקוב אחר תהליכי השיקום בתגובה לשיפור איכות המים ותנאי בית הגידול.

להערכתנו הפעלתו של מתקן טיהור השפכים החדש בביתניה תוביל למגמת שיפור באיכות המים בנהר במורד סכר אלומות. השיפור יבוא לידי ביטוי גם במדדים ביולוגיים הקשורים בחברת חסרי החוליות, אשר יעידו על שיפור מסויים במצב המערכת האקולוגית (Enhancement).

הקדמה

"נהר מופלא הוא הירדן. מתפתל הוא וניגר במהירות גדלה והולכת. בדרך עקלקלה להפליא, ממימי ים הכנרת המתוקים ועד מלחותיו המרירות של ים המלח. מתפתל הוא בחמה שפוכה, חותר כמטורף ומתאמץ בכל פרא כוחו להימלט מיד גורלו. דרכו של הירדן, למן מוצאיו הזכים כבדולח ועד סופו העכור והמר, פשוטו כמשמעו, אינה אלא מרוץ חסר-ישע לקראת מטרה חדלת תקווה. כמוהו כאשת לוט, מביט לאחוריו, אך אין לו מנוס".

(גליק נלסון, הירדן, מוסד ביאליק 'ירושלים' 1946).



הירדן הנקי, אזור דגניה
(מתוך סקר ירדן דרומי, גזית, הרשקוביץ 2006)

הירדן הדרומי - המשתרע בין הכנרת בצפון לים המלח בדרום - הינו אחד מסמליה המובהקים של ארץ התני"ך, והוא טבוע עמוק בהיסטוריה של עמי האזור ובתרבותם. למרות זאת, בחמישים השנים האחרונות, בדומה לים המלח הירדן הולך ומתייבש. בנוסף הוא סובל מאיכות מים ירודה בעקבות הזרמה של שפכים וקולחים במורדו. לא בכדי בחרנו לצטט את נלסון, אשר התרשמותו מהירדן נבעה גם בעקבות הקשר שלו לים המלח. עבור נלסון ורבים אחרים, זרימה שופעת של מים "חיים" אל עבר "ים המוות", מדגישה ומהווה חלק בלתי נפרד מתופעת הטבע הייחודית שנקראת ים המלח.

התמונות בשער - מימן בכיוון השעון:

- הגשר העותומאני, אתר גשר הישנה (גילי סופר - לא ערוך: www.gilisoffer.com)
- אתר הטבילה "ירדנית" (מסע אחר: www.masa.co.il)
- מבט אל הצד הירדני של אתר הטבילה על יד יריחו (גילי סופר - לא ערוך: www.gilisoffer.com)
- נהר הירדן באזור קיבוץ גשר (גילי סופר - לא ערוך: www.gilisoffer.com)
- תחנת הכוח ההידרואלקטרית בנהריים (גילי סופר - לא ערוך: www.gilisoffer.com)
- שיטפון בירמוך (אביטל גזית 2003).

1) חלק ראשון: הירדן הדרומי ונושא שיקום ים המלח

1.1) בחינת הזרמת מי הירדן כפתרון לשיקום ים המלח (החלופה הצפונית)

בשנים האחרונות מועלת הצעה על ידי גורמים שונים לבחינת חידוש זרימת מי הירדן לעצירת תהליך ירידת ים המלח. חלופה זו כוללת את שיקום חלקו הדרומי של הירדן, ומוצגת כחלופה בעלת הסיכונים הסביבתיים הנמוכים ביותר, מאחר והפתרון המוצע מחזיר את מערכת המים למצבה הטבעי וההיסטורי. (מוסד שמואל נאמן, בעיית ירידת המפלס בים המלח, חלופות לפעולה, 2007).

בתנאים הנוכחיים של ים המלח (ללא שיכוב) ושל צריכת המים בהווה של מפעלי ים המלח, ההערכה היא כי הכמות השנתית הנדרשת, בכדי לשמור על מפלס יציב, עומדת על 600 מלמ"ק. (לפי מוסד שמואל נאמן). כיום זורמים דרך הירדן לים המלח פחות מ-200 מיליון מ"ק, רובם מים מליחים מהמוביל המלוח בכנרת (המ"מ), ניקוז חקלאי ושפכים ברמת טיפול זו או אחרת.

1.2) פוטנציאל התרומה של מים שפירים לאגן היקוות הירדן (חלופה צפונית)

א. תרומה מהצד הירדני והסורי: מבדיקה של מקורות מים טבעיים הניתנים להזרמה דרך הירדן למטרת שיקום ים המלח, קשה לתאר מצב בו ירדן וסוריה יוותרו על חלק ממאזן המים שבתחומן: ממלכת ירדן מתמודדת בשנים האחרונות עם מצב גרעוני קשה בתחום המים שהולך ומחמיר. אין לצפות שהירדנים יוותרו על חלק מזרימות הירמוך המהווים 50% ממקורות המים שלהם. פיתוח משאבי המים בדרום מערב סוריה, מבוסס כולו על מי מקורות הירמוך ומשרת צרכים כלכליים והתיישבותיים בעלי חשיבות עליונה למדינה. אין שום תסריט סביר בעתיד הנראה לעין, המצביע על ייתכנות כלכלית או פוליטית לויתור סורי כזה או אחר על שימוש ממי הירמוך לצורך שיקום מפלס ים המלח.

ב. תרומה מהצד הישראלי: תיאורטית, על פי מוסד שמואל נאמן, ניתן לשקול את הפסקת הצריכה האנושית מהכנרת ולהזרים את המים לים המלח. בהצעה זו, מדובר למעשה בהפסקת הצריכה (שימושים חקלאיים ועירוניים) לכל הישובים באגן הכינרת וכן הפסקת שאיבת המים במוביל הארצי. מצב כזה יצור ייבוש של שטחי חקלאות ויוביל למדבור של עמק הירדן והגליל, ולהתפלה מאסיבית של מי ים.

ההצעה לייבוש השטחים החקלאיים בצפון הינה כמובן בעיתית, אך תומכיה טוענים כי למעשה החקלאות מהווה רק אחוז קטן מהתוצר בישראל. מנגד, יאמרו מתנגדי ההצעה כי לחקלאות חשיבות כלכלית וסביבתית גדולה הרבה יותר מכך. יצור ויצוא התשומות החקלאיות, הערכיות הרבה שבחקלאות וכן תרומתה לאיכות הסביבה והאוויר הינם גורמים אשר צריך לקחת בחשבון כשבאים להעריך את נזקי הטיית מי הכנרת.

את הפניית מי המוביל הארצי, לפי ההערכות, ניתן לכסות על ידי התפלת מים, זאת בכמות שתוטה לים המלח. (לפי המסמך, אם נניח עלות התפלה של 50 סנט למ"ק, הרי החלפת המוביל הארצי (כ-350 מיליון מ"ק לשנה), שוות ערך לכ-175 מיליון דולר בשנה. למעשה פרויקט כזה הינו יקר מאוד, הן מבחינת ההשקעה בהקמת מתקנים והן מבחינת ההוצאה השוטפת. יש לציין כי התפלת מים בקנה מידה שכזה מחייבת פרויקט ענקי הרחוק מאוד מכל הידוע והמוכר בעולם כיום. מדובר בפרוייקט עתיר אנרגיה ובכך לפחות בטכנולוגיות

הקיימות כיום, מדובר בפרוייקט שיגרום לפליטה מאסיבית מאוד של גזי חממה, דבר הנוגד את המדיניות הסביבתית הרווחת כיום בעולם.

1.3 בחינת חלופה רביעית - שיקום חלקי של הירדן במקביל לשיקום ים המלח

יחד עם חלק לא מבטל מהציבור, אנו רואות את אחד מיתרונות החלופה הצפונית בערך המוסף שזו משיגה בדמות שיקום הירדן הדרומי. יחד עם זאת, בהתבסס על השיקולים לעיל, סביר כי החלופה לחזרה לזרימה ההיסטורית של הירדן אינה מעשית. למעשה ניתן כבר לומר כי חלופה זו הורדה מסדר היום, וכי הפיתרון למצב ים המלח יבוא בדמות הזרמת מים מלוחים מים סוף או מהים התיכון. על כן יש למצוא פיתרון נקודתי לשיקום הירדן, אשר יבוצע במקביל לפיתרון שייבחר לצורך שיקומו של ים המלח.

על פי מוסד שמואל נאמן, ניתן לתכנן את שיקום הירדן הדרומי תוך הזרמת כמות מים שפירים מצומצמת יחסית, ללא תלות בשיקום ים המלח. זאת בסדר גודל של 50-100 מלמ"ק לשנה שייגרעו ממי החקלאים. כמות זו תוזרם עד ים המלח או לחלופין ניתן לאסוף מים אלו לפני השפך, ולהעבירם לירדן על מנת לתמוך במשק המים שם.

נציין שכמות מים בסדר גודל של 50-100 מלמ"ק, לא תוביל לשינוי משמעותי במצב ים המלח אשר כאמור, ככל הנראה ישוקם על ידי "תעלת הימים". יחד עם זאת, היא עשויה להוביל לשיקום משמעותי של הירדן עצמו, אשר היום מזרים כמות דומה של מים, אך באיכות ירודה ביותר.

נציין שוב, שלא מדובר על חזרה לספיקות ההיסטוריות של הנהר, ולכן אין לצפות לשיקום מלא של הירדן. על כן יש לבחון אלטרנטיבה זו כתלות ברמת השיקום אליה שואפים - באם מדובר בהחזרת המצב למצב הקדם של הנהר, האם לשיקום מערכות אקולוגיות בלבד או האם למען שיקום אזורים תיירותיים שונים לאורכו של הירדן ברמה זו או אחרת.

1.4 חשיבות שיקומו של הירדן הדרומי

כאמור לירדן קשר בלתי נפרד לתופעת הטבע הייחודית הנקראת ים המלח. על כן, להערכתנו הסיבות לשיקומו עולות בקנה אחד עם הסיבות לשיקומו ולחשיבותו של ים המלח. בנוסף, לשיקום נהר הירדן חשיבות אקולוגית, כלכלית וערכית העומדת בפני עצמה:

א. שיפור הנוף והמגוון הביולוגי: ככלל, גופי המים בישראל נפגעים בצורה אקוטית ורציפה מפועלו של האדם. לפי דו"ח "זכות הטבע למים", הרי שיבוש הביצות, כמו גם ניקוז ויבוש גופי מים, נתפס על ידי המתישבים הותיקים כאידיאל ציונות. מקום המדינה, עם פיתוח משק המים, הוחמרה הפגיעה במקווי המים בישראל. מקורות המים השפירים של מרבית הנחלים, נסכרו ומי הנחלים נשאבו והופנו לצריכה. התוצאה של הפגיעה המאסיבית והנמשכת בנופי המים של ישראל הייתה פגיעה משמעותית ביותר במאכלסיהם הייחודיים. כפועל יוצא ירד המגוון הביולוגי של מאכלסי המים בישראל באופן חמור. (זכות הטבע למים, דרישות מים עבור גופי מים ובתי גידול לחים" של רשות הטבע והגנים והמשרד להגנת הסביבה).

בשיקום הירדן קיים פוטנציאל לשימור המגוון הביולוגי המאפיין את מקורות המים ואת הנחלים בישראל, וכן קיים פוטנציאל לשיפור הנוף והסביבה.

ב. לירדן חשיבות היסטורית וערכית: לנהר הירדן היה תפקיד אסטרטגי חשוב בתנ"ך. הירדן נזכר כמה פעמים כגבול המזרחי של ארץ כנען וכמחלק בין שניים וחצי השבטים שקבלו נחלתם ממערב לירדן לשאר שבטי ישראל.

בדת הנוצרית הירדן נחשב לאתר מקודש. צליינים נוצריים שעולים לארץ נוהגים לטבול במימיו כחלק מהפולחן הדתי, וכן נוהגים לקנות בקבוקונים קטנים המכילים מי ירדן, למזכרת. האתר המוכר והנגיש ביותר בו נוהגים הנוצרים המגיעים לארץ לטבול הוא אתר "הירדנית", הנמצא במוצא הירדן מן הכנרת. אתר זה מהווה חלופה למקום פחות מוכר ופחות נגיש, הנמצא על גבול ישראל-ירדן: "מקום הטבילה", מול יריחו. במקום נבנו כנסיות רבות לזכר יוחנן המטביל וישו. הגישה למקום היום דורשת תיאום עם צה"ל. (ויקיפדיה).

ג. חשיבות פוליטית: בתכנון "ידידי כדור הארץ" לשיקום הירדן מצוי פארק משותף, ישראלי-ירדני. הפארק מתוכנן להשתרע על פני 4,000 דונמים, אל מעבר לשני צידי הגבול, כ- 10 קילומטרים דרומית לכנרת, באזור שיכלול את אי השלום בנהריים, (הוא מפגש הנהרות ירדן וירמוך), ואת חצר גשר הישנה. התוכניות להחייאת האזור מתבססות על מחקר ראשוני, שבוצע על ידי מתכננים מהסקטור הפרטי. אי השלום הועבר לריבונות ירדן עם חתימת הסכמי השלום. הפארק עתיד להרחיב משמעותית את שטח אי השלום ולהקל עבור הירדנים את הכניסה לתחומו. תחנת הכוח תהפוך למרכז מבקרים והמוזיאון והמבנים הישנים, ששימשו את עובדי התחנה ישופצו ויהפכו לחדרי אירוח אקולוגיים. האגם המלאכותי שבמקום, ששימש בעבר את תחנת הכוח, צפוי להיות מוצף ולהפוך לאתר צפרות בינלאומי, שיוקף על ידי מסלולי אופניים, פינות קמפינג ואטרקציות אחרות. בידידי כדור הארץ מאמינים, כי שחזורו המתוכנן של האגם המלאכותי, יחייב את הגעתם של מים נקיים לאזור, מה שיאפשר את התחלת החייאת הירדן.

ד. חשיבות כלכלית: לשיקום מלא או חלקי של הירדן אספקטים כלכליים משמעותיים. רווחים כלכליים יכולים להתממש על ידי הגדלת שירותי המערכת האקולוגית באמצעות הקמת פארקים ופעילויות נופש, הקמת אתרי עלייה לרגל עבור צליינים וכו'. בעבודתנו לא ניגע באספקטים אלו, אף על פי שנושא זה חשוב ביותר ובעל משמעות רבה בקרב מקבלי ההחלטות.

1.5 הבעיות בהזרמת מים שפירים לצורך שיקומו של הירדן:

א. משבר משק המים בישראל: מועלית השאלה, האם הפתרון המוצע, לשיקום הירדן על ידי הזרמת מים שפירים הינו יציב. במידה וישראל תחווה משבר כלכלי או שתיווצר דרישה הולכת וגוברת למים המוזרמים מגופים אחרים-עלולה להיווצר בעיה בהזרמה תמידית של מים שפירים לים המלח. הרחבה בנושא משבר משק המים בישראל מופיעה בחלק השלישי של העבודה.

ב. הצורך בשיתוף פעולה אזורי על רקע משבר המים במזרח התיכון: ידידי כדור הארץ, במאמרם 'לחצות את הירדן' מציינים כי לשם שיקום אמיתי של נהר הירדן נדרשת שותפות אמיתית של ירדן וישראל ברצון לשנות את מצב הנהר לחלוטין (בתקווה שבהמשך גם של סוריה). בהסכמי השלום שחתמו המדינות ב-1994 הסכימו המדינות כי יש צורך בשיקום

אקולוגי, היסטורי ותיירותי של נהר הירדן. למרבה האירוניה, דומה כי המדינות הולכות בדיוק בכיוון ההפוך. בהסכם בו דנו שתי המדינות רבות על מצב המים בנהר הירדן, קיימים קווי מדיניות ברורים בכיוון השני - ביניהם השוואת זכויות השאיבה של ירדן לאלו של ישראל והתפלת מי המוביל המלוח, העלולה לדרדר את המערכת האקולוגית שבנהר הירדן ולהחריף את מצב הירדן הדרומי.

"פיתוח מקורות הירדן והירמוך חושף את כל המגרעות שבפעולות חד-צדדיות ללא שיתוף פעולה בין אזורי. השותפות לא הגיעו לידי הסכמה בדבר חלוקה צודקת של המים, וכל אחת מקדמת את תכניותיה היא. ירדן נפגעת יותר מן האחרות מן המצב הזה, שכן היא המדינה התחתית באגן הניקוז, הן בירמוך והן בירדן כולה. אך גם סוריה וישראל נפגעות מן המצב. סוריה נפגעת מישראל, מדינה עילית בירדן העליון, שעושה כאוות נפשה בחלק הזה של הנהר, ואילו ישראל נפגעת מפעולותיה של סוריה בירמוך. ניצול מי אגן הירדן-הירמוך נעשה על פי שיקולים גיאופוליטיים ולא על פי שיקולים של תועלת כלכלית או חברתית..." (נהרות של אש, ארנון סופר, 1992, הוצאת הספרים של אוניברסיטת חיפה):

לפי דו"ח "חוצים את הירדן" של ידידי כדור הארץ, על אף הכרה בצורך בשיקום הירדן, התוכניות המקוריות של המדינות - לנצל את השפכים לטיפול בחקלאות, כמו גם להתפיל חלק מהמים הזורמים למטרות שתייה- יגרמו לחלקים מהירדן להיות יבשים לגמרי בקיץ.

אין הסכמה בין השותפות ירדן, ישראל והרשות הפלשתינית לגבי חשיבות השיקום של האקוסיסטמה של הירדן התחתון לצרכים של ניהול בר קיימא. לשותפות לאגן הירדן התחתון תפיסות שונות לגבי מידת החשיבות שיש להעניק לתהליך שיקום כזה. שיקום הירדן התחתון מחייב את השותפות בירדן העילי להקטין את ניצול הירדן-ירמוך (זיהום סביבתי חוצה גבולות ושיתוף פעולה חוצה גבולות בנושאי סביבה: ישראל, ארצות ערב והרשות הפלשתינית, דוח המוגש למועצה הלאומית לאיכות הסביבה הוועדה לשיתוף פעולה אזורי, נ' קליאוט, החוג לגיאוגרפיה, אוניברסיטת חיפה, 2003).

1.6 פיתרון בדמות הזרמת קולחים איכותיים לצורך שיקומו של הירדן:

מתוך השיקולים הנ"ל, סביר כי גם הקצאת כמות קטנה של מים שפירים מהכנרת, בסדר גודל של 50-100 מלמ"ק, לא מהווה פיתרון מציאותי לשיקום הירדן. על כן יש לבחון אלטרנטיבות אחרות וביניהן הזרמת מי קולחים באיכות גבוהה. מאחר והזרמת השפכים לירדן נעשית בין כה, הזרמתם לאחר טיהור היא רווח של הנחל אשר יזכה לזרימת מים קבועה, באיכות אשר תקטין את הפגיעה בערכיו האקולוגיים והחזותיים. הרחבה בנושא תפורט בחלק השלישי של העבודה. בעבודתנו נתמקד בשיקומו החלקי של נהר הירדן, ונתייחס לפן האקולוגי בלבד. במחקר נבדוק את השפעת שיפור איכות המים הזורמים, ללא שיפור בכמותם, על המערכת האקולוגית בנהר. המחקר שלנו יוצא מנקודת הנחה של חלופה רביעית, הלוקחת בחשבון את שיקומו של הירדן כחלק בלתי תלוי אך יחד עם זאת בלתי נפרד משיקומו של ים המלח על ידי "תעלת הימים".

(2 חלק שני: בעיות מהן סובל הירדן הדרומי

(2.1 תיאור פיזי של נהר הירדן

הירדן הינו גדול נהרותיה של ישראל. חלקו הדרומי של הנהר, היוצא מימת הכינרת אל ים המלח, קרוי "מורד הירדן" או "הירדן הדרומי". אורך חלק זה של הנהר בקו אוויר כ-105 ק"מ ואורך פיתולי האפיק כ-220 ק"מ. שטח אגן ההיקוות של הירדן הדרומי כ-13,600 קמ"ר. (ניטור נהר הירדן, 2007, המשרד לאיכות הסביבה).

בדרכו נשפכים לעברו יובלים רבים, והגדולים מביניהם (כולם מצדו המזרחי של הירדן) הם: הירמוך שבצפון, היבוק במרכז ונחל חשבון בדרום. ("מעיינות ונחלים בישראל 2008, דו"ח החברה להגנת הטבע על מצב המים במעיינות ונחלים).

(2.2 ספיקת המים ההיסטורית בירדן

בעבר, הזרים הירדן הדרומי החל ממוצאו מהכנרת ממקורות אלה: מי הירדן הצפוני שנכנסו לכנרת, מי המעיינות והגאוויות שזרמו לכנרת מרמת הגולן במזרח ומהרי הגליל התחתון במערב, מי מעיינות הנובעים בחופי הכנרת ובתחתית האגם, ומי גשמים היורדים על הכנרת. הכמות שזרמה לאפיק הירדן כוללת את כמות המים מהמקורות שתוארו לעיל, בניכוי הפסדי ההתאדות מפני המים באגם. בקטע הירדן עד מפגשו עם הירמוך מתווספות לירדן זרימות נחל יבנאל ומי נגר ממורדות ההרים במערב ומעמק הירדן במזרח. ("מעיינות ונחלים בישראל 2008, דו"ח החברה להגנת הטבע על מצב המים במעיינות ונחלים). במפגש הירדן עם הירמוך ספיקת המים בנהר כמעט והוכפלה. שאר המים התווספו לירדן במורד, עם כניסת היובלים המזרחיים והמערביים אשר תרמו כשליש נוסף מכמות המים.

סיכום מקורות המים העיקריים וכמות המים אותה הזרימו בעבר:

- הכינרת – 480 מלמ"ק/שנה
- נהר הירמוך – גדול יובליו של הנהר ואשר שיטחו מהווה 53% מכלל אגן היקוות הנהר – 460 מלמ"ק/שנה
- יובליו המזרחיים של הנהר – 160 מלמ"ק כאשר הגדול שבהם הוא נחל יבוק עם ספיקה של כ-70 מלמ"ק/שנה
- יובליו המערביים של הנהר – כ-200 מלמ"ק/שנה, בהם הנחלים: יבנאל, תבור, יששכר, חרוד, תרצה ושאר הנחלים היורדים מהשומרון אל בקעת הירדן. (ניטור מים ונחלים, דו"ח פעילות 2007, המשרד לאיכות הסביבה).

בסה"כ ספיקת המים הטבעית השנתית הממוצעת הייתה בעבר כ-1300 מלמ"ק, כאשר הזרימה אופיינה ע"י ספיקות בסיס שנתיות וכן ע"י זרימת שיטפונות. התורמים העיקריים היו כאמור נחל הירמוך וגלישות מהכנרת. (ר' הולצמן, וחובי, 2002).

(2.2 הגורמים והאירועים העיקריים אשר משפיעים על ספיקת המים בירדן היום:

(הנתונים נלקחו מהחברה להגנת הטבע)

- הקמת סכר דגניה.

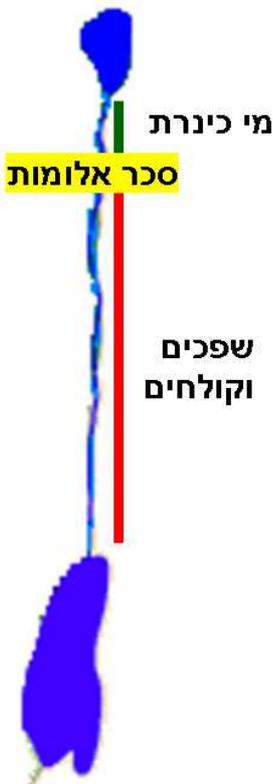
- תפיסת מי הירמוך ע"י מפעלי המים של ירדן וסוריה.
- המוביל המלוח שהוקם ב- 1967 במטרה להוריד את רמת המליחות בכנרת, אשר ב- 1964 אופיינה בריכוז כלור גבוה יחסית של כ- 400 מ"ג בליטר. המוביל המלוח מוביל את מי המעיינות המלוחים מצפון וממערב הכנרת, אל סכר אלומות שם הם נשפכים לירדן. עם הפעלתו הוזרמו אליו גם שפכי טבריה.

גורמים הובילו לשינויים דרמטיים במערכת ההידרולוגית של אגן הירדן הדרומי ובמערכת האקולוגית שהתפתחה סביבו. הספיקה השנתית הממוצעת בנהר פחתה עד כדי 30-50 מלמ"ק לשנה בחלקו הצפוני, ועד לכ-100 מלמ"ק בלבד לשנה בחלקו הדרומי. **למעשה כיום נותרו בירדן הדרומי כ-8% בלבד מהמים הטבעיים שזרמו בו בעבר.** (דו"ח ניטור נחלים, 2007).

2.3 הזיהום ומקורותיו:

בדגימת מורד הירדן לאורך מספר תחנות, שבוצעה ב-2007 ע"י המשרד להגנת הסביבה, נמצא כי:

- ממוצא הירדן בכנרת עד מורד סכר אלומות זורמים מי הכנרת, אין אבחנה במזהמים כל שהם. ערכי הגבה וטמפי' - אופייניים למימי האגם. ריכוז הכלורידים יציב ונע סביב 240 מ"ג/ל. כניסת המוביל המלוח וקולחי מתקני הטהור של טבריה ויישובי עמק הירדן (מתקן ביתניה), במורד סכר אלומות בספיקה של כ-0.5 מ"ק/שנייה הם שקובעים את איכות המים הירודה מכאן ולמורד הנהר.
- האזורים הבאים, עד וכולל קטע כניסת הירמוך מייצגים את איכות המים הירודה, המושפעת מכניסת ביובים לאורך קטע זה, בהם: המוביל המלוח המביא את קולחי טבריה ומתקן ביתניה, ניקוז בריכות הדגים של קבוץ אפיקים, שפכי הקבוצים אשדות יעקב (איחוד ומאוחד) - לאחר טפול ראשוני, קולחי מנחמיה - לאחר בריכת חמצון. שפכים וקולחין אלו תורמים לעליה בריכוזי הנוטריינטים ומתבטאים בעליה משמעותית בריכוז החנקן במים. כניסת מימי הירמוך נמשכת כל השנה אולם בספיקות נמוכות.
- תחנות הדיגום בגשר שיח חוסיין ותחנת השאיבה "בשפעה", מייצגות את כניסות המים שבבקעת בית שאן. עיקר תוספת המים לנהר מגיעה מנחל חרוד, אשר בספיקה של כ-600 מ"ק/שעה מעמים מזהמים בריכוזים גבוהים. עיקר המזהמים באים ממקור אורגני - שפכי תעשיות מזון ושפכים ביתיים - רובם ללא כל טיפול. יחד עם זאת - מתרחשים בנהר תהליכי טיהור עצמי, הממתנים את השפעת נחל חרוד, המהולים גם במימי עינות חסידה הנקיים. השפעת נחל יבנאל - המגיע לירדן במעלה קטע זה - זניחה ולא מורגשת בגלל ספיקתו הנמוכה.
- בתחנות הבאות: מגשר אדם עד לאתר הטבילה, מבחינים ביציבות בריכוזי נוטריינטים. עלייה בריכוז חמצן מומס במים וירידה בריכוז חיידקי הקולי מעידים על טיהור עצמי. צבע המים הירוק מעיד על ריבוי האצות במים. ככלל, מציינים בדו"ח, אין שינוי באיכות מי נהר הירדן לעומת שנים קודמות.



איור מספר 1:
איכויות המים בירדן הדרומי.

2.4 גורמים מסייעים לזיהום ומעכבים טיפול:

לפי "המועצה הלאומית לאיכות הסביבה, זיהום סביבתי על ידי שפכים-היבטים של צדק סביבתי, נורית קליאוט, שרון הופמאייר-טוקיץ', 2003, ישנן מספר גורמים המסייעים לזיהום רציף בנהר:

- אוכלוסייה קטנה יחסית שגרה באיזור. מספר התושבים המועט הינו חלק גדול מהעובדה שעדיין לא נמצא פתרון לבעיית השפכים באזור. יש צורך בהקמת מט"ש למספר רב של יישובי האזור. כמו כן, פיזור היישובים והמרחקים ביניהם, מקשה את חיבורם למערכת ביוב מרכזית או על הקמת מט"ש אזורי משותף. כיום חל עיכוב בהקמת מט"ש ביתניה, המתוכנן לקום בסמוך למתקן הישן שבקיבוץ אלומות, לטיפול בשפכי טבריה תחתית והמועצה האזורית עמק הירדן.
- החקלאים, שבאופן עקרוני יכולים לקלוט קולחים לשימושם, אך בעמקי הירדן ובבית שאן ישנן אגודות מים עצמאיות להן מקורות מים עצמאיים ולכן אינם מפעילים לחץ על טיפול שופכי האזור.
- האחריות הכלכלית והמוניציפאלית של השימוש בקולחים שמהווה מחלוקת בין החקלאים לבין המגזר העירוני. הראשונים טוענים שהמגזר העירוני, שמייצר את הקלחים צריך לשלם בעבור סילוק הקולחים ואילו יצרני הקולחים טוענים שהמגזר החקלאי, שהתרגל לקבל מהעיר קולחים חינם, צריך לשלם על כך.

2.5 הצמחייה ומערכת החי בירדן הדרומי, אז והיום:

שינויים רבים נצפו בצמחיה בירדן הדרומי במרוצת השנים, המורכבת בעיקרה מצמחים טבולים, צמחי גדה טבולים במים, צמחי גדה ועצים. הפגיעה הקשה ביותר נמצאה בצמחי המים הטבולים ובעצים (במיוחד בערבות ובהרדופים), הסיבה העיקרית הינה נטיעת חורשות האיקליפטוסים, היוצרות הצללה משמעותית על הנחל. כיום, בולטים בירדן הדרומי בעיקר האשלים וסבך הקנה. השינוי במשטר הזרימה, שהתאפיין בעבר בזרימות חזקות בחורף והפך לזרימות מתונות כמו גם השינוי באיכות המים ושאיבת המים היוצאים מהכינרת, גרמו לפגיעה קשה במערכות החי בנהר. כיום, מתקיימים בירדן רק מינים העמידים לתנאי חוסר חמצן וריכוזי מזהמים גבוהים. השינויים במימי הנהר גרמו לפגיעה בעיקר במחלקות הדגים, הדו-חיים והרכיכות. מהמערכת נעלמו מינים רבים, ביניהם הלותרה ומיני עופות שונים. ("מעיינות ונחלים בישראל 2008, דו"ח החברה להגנת הטבע על מצב המים במעיינות ונחלים).

(3 חלק שלישי: שיקום נחלים

(3.1 שינויים בתפיסת מקווי המים על ידי האדם

בשנים האחרונות ההשקפות ברחבי העולם בנוגע לשיקום נחלים שונו מראיה אנתרופוצנטרית-מעשית של שליטה בנחל וריסונו, לראיה אקו-צנטרית המוקירה את הנחל על ערכיו האקולוגיים והנופיים בנוסף לתפקודו הפונקציונאלי-טכני של הרחקת פסולת לים. האמצעים לשיקום ושמירה על הנחלים, בארץ ובעולם, משלבים פעולות תכנון ושיקום, חקיקה ואכיפה, הסברה ושיתוף הציבור.

הנחלים ממלאים לא מעט תפקידים עבור האדם מבחינה חברתית, תיירותית ורוחנית וכן תפקידים פונקציונאליים כגון מערכת ניקוז והסעה של שיטפונות ומערכת אקולוגית חיה. בכוחם של נחלים לספק בסיס לזהות מקומית ולשימור שטחים פתוחים וריאות ירוקות בעיר ומחוצה לה. על אף תפקידים אלו שלא ניתן להטיל ספק בחשיבותם, נחלי ארץ ישראל נפגעו בעשורים האחרונים פגיעה קשה בשל הניצול האינטנסיבי של מי התהום והמעיינות והשימוש המנצל והמזלזל בהם כבתעלות ביוב עבור שפכים עירוניים ותעשייתיים.

(3.2 רשימת רמסר של מקווי מים בעלי חשיבות בינלאומית

בשנת 1971 נערכה ברמסר שבאיראן ועידת רמסר שהייתה מהועידות הבינלאומיות הראשונות שבמסגרתה היה מקום לדיון אודות בעיית זיהום הנחלים ומקווי המים בעולם. תוצר הועדה היא "רשימת רמסר של מקווי מים בעלי חשיבות בינלאומית". כיום חברות בוועדה 158 מדינות והרשימה כוללת 1752 אתרים מרחבי העולם. האתרים הנכללים ברשימה נבחרו על סמך חשיבותם הבינלאומית מבחינה אקולוגית, בוטנית, זואולוגית, לימנולוגית או הידרולוגית. המדינות החתומות על האמנה מחויבות לפעול בארבעה תחומים בנושא מקווי מים עיליים: רישום של לפחות אתר אחד במסגרת הרשימה, שימוש מושכל במשאבי מים הכולל התחייבות על שימור מקווי מים, הכרזה על מקווי מים כשמורות טבע תוך הכשרת אנשי מקצוע למחקר וניהול מקווי המים, והתחייבות לשיתוף פעולה בינלאומי. בתאריך 12.11.1996 ישראל הכניסה לרשימה את שמורות הטבע עין אפק והחולה (www.ramsar.org). כאמור, אמנת רמסר מייחסת חשיבות למקווי מים בעלי ערכי טבע חשובים. אנו סבורות כי על אף שנהר הירדן לא הוכנס לרשימה, חשיבותו הבינלאומית אינה מוטלת בספק כנהר אשר משמש גבול בין שתי מדינות וכאתר דתי לאחת מהדתות הגדולות בעולם וכי בכך טמון הפוטנציאל השיקומי שלו.

(3.3 שיקום נחלים בישראל

בישראל, שיקום הנחלים החל בשנת 1989 עם הקמת רשות נחל הירקון על ידי משרד החקלאות, משרד הפנים והשרות לשמירת איכות הסביבה. עם הקמתו, קבל המשרד לאיכות הסביבה את הסמכויות לשיקום הנחלים בארץ. בשנת 1993 המשרד לאיכות הסביבה הקים יחד עם קרן קיימת לישראל את מנהלת הנחלים שאחראית על ריכוז סמכויות, תקציבים, ידע מקצועי ויכולות ביצוע (www.sviva.gov.il). תחומי הפעילות של המנהלת עוסקים בשימור, בשיקום, בתחזוקה ובפיתוח. במסגרת המנהלה פועלות יותר מ-20 רשויות נחלים הפועלות בראשות הרשויות

המקומיות בתחומן עובר הנחל. מנהלת מורד הירדן: עובדת בימים אלו על גיוס משאבים, קידום תכנון פרויקטים, קידום תכנון לביצוע קטע עובדיה, קידום מט"ש ביתניה מול המועצה האזורית ומנהלת הביוב וקידום מובלי מים מליחים. עד כה בוצע קטע שביל נחל אזור מנחמיה נחל יבנאל בעלות של כ-2.5 מליון ש"ח (מנהלת הנחלים, 2008).

בעבר, תכנון הנחלים התמקד בניצול משאביהם ובשימוש בהם כבמערכת להובלת מים וניקוז או בהגבלת סיכוני הצפות ושיטפונות. לשם כך ננקטו שיטות עבודה "קשיחות" כגון סיכור והחלפת הקרקע בתעלת בטון, פתרונות הנדסיים אשר תרמו להשמדת צמחית הגדות ולפגיעה בבית גידול האקוואטי. כיום מכירים בכך שלפתרונות אלו יכולת מוגבלת במניעת שיטפונות וכי הם מסבים נזקים אקולוגיים ונופיים לסביבה. לפיכך, הפתרונות היום נמנעים מפגיעה בבתי גידול ובמגוון המינים. פרויקטים רבים שנערכים כיום ברחבי העולם עוסקים בשחזור ערכי נוף וטבע שנחלים שבעבר הוסדרו בהם קונסטרוקציות קשיחות, כגון החזרת פיתולים, בריכות ומפלים, וכו'. Boon WWF 2002' (קפלן, 2004). גם השיקום האקולוגי עבר שינוי תפיסתי עם הזמן. בעבר היה נהוג כי השיקום הוא כעין הקפאה של נקודה נתונה בזמן שנתפסת כאידיאלית. כיום רווחת תפיסת ה"שיקום הטבעי"-Naturalization. תפיסה זו רואה את הנחל כמערכת אקולוגית דינמית שמשתנה עם הזמן ומאמינה כי יש לאפשר לטבע לחדש את עצמו ולהגיע למצב המיטבי (קפלן, 2004).

מנהלת הנחלים שואפת "להחזיר את החיים לנחלים" כלומר להרחיק את הגורמים המזהמים מהנחלים ולהחזיר את הזרימה והנוף של הנחל למצבם ההיסטורי ככל שניתן. עקרונות השיקום פועלים על פי "הגישה האגנית" שלפיה יש לשקם את כל האפיקים שבאגן ההיקוות של הנחל ולא רק את הערוץ הראשי בו מתמקדים.

הרעיון מאחורי גישה זו הוא ההכרה בכך שמפגע בנקודה מסוימת במעלה הנהר או באחד מיובליו ישפיע על כל השטח שבמורד אותה נקודה בהתאם לכיוון זרימת המים. לכן ההתייחסות היא אל אגן ההיקוות כיחידה הבסיסית לפיתוח, שימור וניהול השטח סביב ערוץ הניקוז (www.kkl.org.il).

3.4 משבר המים בישראל

שיקום הנחלים צריך להתחשב הן ביעדי השימוש של הנחל כגון פעילויות ספורט, דיג, נופש ומוקדי תפילה, והן בתפקודיו הטבעיים בהיבטים הפיזי, ההידרולוגי והאקולוגי. המטרות הבסיסיות בשיקום נחל הן הוצאת מקורות הזיהום ממנו והשבת הזרימה ההיסטורית באפיקו. אין ספק שהזרמת מים שפירים היא המצב האידיאלי עבור החי, הצומח והמערכת האקולוגית כולה. יחד עם זאת, בשל המשבר האזורי במשק המים לא ניתן להזרים כיום מים שפירים לנחלים, ובטח שלא בכמויות הרצויות.

משבר המים הינו משבר אזורי שאינו מייחד את משק המים הישראלי. סובלות ממנו גם ירדן, והרשות הפלשתינית כמו גם מדינות רבות אחרות מעולם. במסגרת הסכם השלום עם ירדן והסכמי אוסלו עם הרשות הפלשתינית, התחייבה ישראל לספק עשרות מלמ"ק מים שפירים בשנה

(www.knesset.gov.il). לפי הנתונים שפרסם נציב המים, בשנת 2003 הועברו 55 מלמ"ק לירדן ו-41 מלמ"ק לרשות הפלשתינית (קינן, 2005) ולפי דו"ח ועדת החקירה הפרלמנטאית בנושא משק המים כמות זו תלך ותגדל במהלך השנים (www.knesset.gov.il). מתוכם חלק ניכר נלקח ממימי הירמוך מיובלי העיקריים של נהר הירדן.

לפי רשימה שפרסם ה-FAO, ארגון המזון והחקלאות של האו"ם, מתוך 180 מדינות שנבדקו, ישראל נמצאת במקום ה-167 מבחינת כמות מים זמינים לנפש לאדם, עם ערך של 276 מ"ק לשנה. אחריה ברשימה מופיעות ירדן במקום ה-170 והרשות הפלשתינית במקום ה-179 (FAO, 2003-). לפי Falkenmark, ממוצע שנתי של 1,000 מ"ק לנפש הוא הערך המינימאלי לקיום חיים ותנובה חקלאית במדינות בעלות אקלים אשר מחייב השקיה למטרות חקלאות (FAO, 2003-a). ומכאן, שמדינה שכמות המים לאדם בשנה נמוכה מ-1,000 מ"ק לשנה נחשבת למדינה תחת מצוקת מים (water stress), ומדינה שבה כמות המים השנתית לאדם נמוכה מ-500 מ"ק נמצאת במשבר חמור (water scarcity) (www.waterconference.org).

למשבר החמור במשק המים הישראלי מספר סיבות, אשר ניתנות לחלוקה גסה כסיבות טבעיות וסיבות אנתרופוצנטריות/מלאכותיות. מאגרי המים השפירים בשטחה של ישראל מצומצמים יחסית ומספקים כ-1640 מלמ"ק בשנה (משרד הבינוי והשיכון, 2007). האקלים בישראל הוא חצי מדברי כאשר האזור האקלימי השולט באזורי מאגרי המים של המדינה הוא האקלים היס-תיכוני אשר מאופיין בחורף קר וגשום וקיץ חם ויבש. לפי גבירצמן, כ-70% ממי הגשמים חוזרים לאטמוספירה באידוי ישיר, 5% זורמים בנחלים ובמקווי מים, ו-25% מחלחים אל מי התהום (קינן, 2005).

יחד עם זאת, גידול האוכלוסייה והפיתוח העירוני המואץ, אשר לרוב סובל מתכנון שאינו תומך בשימור מים, מביאים לכך שכמות גדולה של מי גשמים אינה זוכה לחלחל אל מי התהום ולמלא את האקוויפרים כי אם להזדהם על פני הכבישים ולהתנקז אל מערכת הביוב. זאת בנוסף למים אשר אובדים בשל התאיידות גבוהה בעונת הקיץ החמה והיבשה. כמו כן בארות מים רבות יצאו מכלל שימוש עקב זיהום שנובע משימושי קרקע אינטנסיביים בקרבתן (משרד הבינוי והשיכון, 2007). גידול האוכלוסייה והעלייה באורח החיים מביאים לעליה מתמדת בצריכה הביתית, והחורפים השחונים מביאים לצריכת מים שפירים להשקיית גידולים חקלאיים ושטחי גינון גם בחורף.

3.5 משבר המים והשפעתו על נחלי ישראל

משבר משק המים משפיע על מגזרים שונים- החקלאות, התעשייה, המגזר הביתי, המגזר העירוני וכן גם על הטבע. באופן כללי, הקצאת מים לנחלים נתפסת בעדיפות אחרונה, למרות האפשרויות הכלכליות הגלומות בחידוש הזרימה בנחלים ועידוד התיירות ויזמות עסקית. מדו"ח שפרסמה "החברה להגנת הטבע" עולה כי בנחלי הארץ זורמת כיום כמות של מים שפירים המהווה 11.5% בלבד מכמות המים ההיסטורית שזרמה בנחלים.

ברוב הנחלים יש זרימה של אחוז נמוך ביותר של מים שפירים אשר נמהלים במהרה במי השפכים והקולחים הירודים אשר מוזרמים בהם. ישנם נחלים אשר אף יבשו כליל כמו נחל עינן. בירדן הדרומי, שהכנרת הזרימה אליו בעבר כ-750-700 מליון קוב בשנה, זורמים כיום כ-20 מליון קוב מי מעיינות מליחים המהווים 3% מהכמות ההיסטורית שלו (חליט, 2008).

על פי דו"ח רשות המים שנכתב בעקבות הבצורת של שנת 2008 אשר באה ברצף אחרי שנתיים שחונות קודמות, כמות המים המוקצית לחקלאות לשנה זו עומדת על 454 מלמ"ק, שהם 80 מלמ"ק פחות מההקצאה של שנה שעברה. במידה ובחורף 2008-2009 לא תהיה ירידת גשמים מעבר למוצק השנתי, הרשות תאלץ לקצץ 120 מלמ"ק נוספים מהחקלאות, התעשייה והגינן (www.water.gov.il). קיצוץ נוסף ניתן לראות בהקצאות המים לטבע: בשנת 2000 הוחלט בממשלה על הקצאת 50 מלמ"ק מים שפירים לטבע ולנחלים (www.sviva.org.il) אולם בימים אלו כבר נשמעות התבטאויות לפיהן מכסה זו עומדת לעבור קיצוץ של כשליש בשל המחסור במי השתייה (רינת, 2008).

3.6 הקצאת מים לנחלים

בשנת 2002 התפרסם מסמך מדיניות של רשות הטבע והגנים והמשרד להגנת הסביבה בנושא זכות הטבע למים. מסקנות המסמך הן כי על מנת לקיים בתי גידול ונופי מים באפיקי נחלים, שמורות טבע אקוטיות, נביעות טבעיות ושלויות חורף נדרשת כמות מים בהיקף של כ-845 מלמ"ק בשנה ממוצעת, מתוכם 192 מלמ"ק נדרשים עבור בתי הגידול הייחודיים של מערכת הירדן הדרומי (המשרד לאיכות הסביבה, 2002).

על מנת שניתן יהיה להקצות מים לנחלים מבלי שמשק המים "יאבד" אותם, נטבע המונח "הקצאת פיקדון" שמשמעו כמות המים אשר ניתן יהיה לתפוס במורד הנחל ולנצל למטרות נוספות כגון השקיה או התפלה. הקצאת הפיקדון היא למעשה ההפרש שבין כמות המים המוזרמת במעלה הנחל (הקצאה ברוטו) לכמות המים הקטנה יחסית שמשק המים מאבד בעקבות תהליכים טבעיים כגון התאיידות וחלחול (הקצאה נטו) (קפלן, 2004). מתוך 845 מלמ"ק אשר נדרשים לשמירה על בתי הגידול הלחים בארץ, הקצאת הנטו עבור האגנים המערביים והצפוניים עומדת על כ-50 מלמ"ק, בעוד ההקצאה נטו עבור האגנים המזרחיים והדרומיים עומדת על כ-130 מלמ"ק. ההסבר ליחס בין ערכי שתי ההקצאות נובע מהצורך להזרים אל ים המלח אשר סובל מירידת מפלס קשה כמות מים גדולה ככל שניתן (המשרד להגנת הסביבה, 2002).

באופן כללי, בעת חישובי הקצאות מים לנחלים יש להתחשב בשלושה גורמים. הגורם הראשון ונקודת המוצא הוא הזרימה ההסטורית-הטבעית שהביאה להתפתחותו של הנחל על בתי הגידול השונים שהוא מאכלס, לפני התערבותו של האדם. הגורם השני הוא המערכת האקולוגית. מקובל להניח כי 30% מהזרימה הטבעית של הנחל מהווה את הזרימה המינימאלית הממוצעת שיכולה לאפשר קיומה של מערכת אקולוגית בריאה ויציבה. שיעור זרימה של 10% מהווה זרימת הישרדות מינימאלית שביכולתה לשמור לפרק זמן קצר בלבד על המערכת האקולוגית שלא תעלם

(פרידלר וחואניקו 1996-קפלן 2004). לבסוף, הגורם השלישי שיקבע סופית את ההקצאה לנחל הוא ההיבט החברתי, בהתאם לאופי הפעילות לה מיועד הנחל המשוקם (קפלן, 2004).

שיקום הנחל כאלמנט נופי בלבד ידרוש הקצאת מים קטנה יותר מאשר שיקומו למטרות פעילויות ספורטיביות וגם איכות המים תוכל להיות נמוכה יותר. כאשר מסתכלים על הפן המעשי של השיקום ולא רק הפן האקולוגי של מערכת הנחל, המציאות בישראל נכון לשנת 2008 מכניסה גורם נוסף שיש לשקול בעת הקצאת המים לנחלים. משבר המים הוא כעין עננה שמעיבה על תכניות שיקום הטבע התלויות במים. אי לכך, במסמך המדיניות של המשרד להגנת הסביבה העוסק במדיניות ועקרונות התכנון של נחלי ישראל, "הקצאת המים לנחלים תהיה לעת הזו בשיעור המינימאלי אשר יאפשר את השגת מטרות ניהול הנחל" (קפלן, 2004). המטרה כרגע היא לנצל את כלל מקורות המים באגן ההיקוות, לאחר טיהור אלו המהווים כיום מטרד או גורם מזהם. המדיניות תגדיר הקצאות ברוטו ונטו ותקבע את נקודות ההזרמה והשאיבה של המים כך שתתאפשר החייאתם של מרבית מקטעי הנחל בטרם שאיבת המים במורדו.

3.7 שיקום בתי גידול

הבנת התהליכים האקולוגיים בנחל ויישומם בתכנית השיקום מאפשרים יצירת מערכת אקולוגית שתתקיים לאורך זמן ללא צורך במעורבות אדם. שיווי המשקל האקולוגי מאפשר קיומה של מערכת יציבה שביכולתה להתמודד עם הפרעות ולהגן על בריאות הנחל והמגוון ביולוגי שבו לטווח ארוך. שימור המגוון הביולוגי הפך בשנים האחרונות למטרה מרכזית בשמירת הטבע. בשנת 1992 חתמה מדינת ישראל בריו דה ז'נרו על אמנת המגוון הביולוגי והיא שוקדת על הכנת תכנית לאומית לשמירה על המגוון הביולוגי בישראל.

האמנה קובעת כי מדינה שתשמור על מגוון המינים בתחומה תהנה מיתרונות סביבתיים, חברתיים וכלכליים. המדינות החתומות על האמנה מחויבות בין היתר לשקם בתי גידול פגועים (www.sviva.gov.il).

בישראל כיום, קיימים 142 מיני יונקים, עופות, דוח-חיים, זוחלים, דגים ועופות אשר שרויים בסכנת הכחדה. בתי הגידול הלחים הם דוגמה למערכות אקולוגיות אשר נתונות בסכנת הכחדה בגלל התייבשות וזיהום. הנחלים מהווים בתי גידול ייחודיים שמקיימים אוכלוסיות ייחודיות שלא תוכלנה להתקיים במקומות בעלי תנאים אחרים. כך, מתוך כ-70 מיני צמחים שנעלמו מהנוף בישראל, 45 הם צמחים של בתי גידול לחים (www.sviva.gov.il). הגנה על המגוון הביולוגי דורשת שמירה על שונות גנטית אשר יכולה להבטיח קיומה של אוכלוסיה בריאה ויציבה לאורך זמן. לשם כך יש לדאוג ליצירת בתי גידול גדולים ורציפים.

3.8 דרגות שיקום נחלים ובתי הגידול בהם:

כאמור, תכונות הנחל הן הבסיס לשיקומו, שימורו והפיתוח הסביבתי באזורו, אולם מטרות השיקום תשתננה בהתאם למצבו וכן בהתאם לצרכים והרצונות החברתיים. בספרות המקצועית קיימות ארבע דרגות של שיקום נחלים (קפלן, 2004):

- **שחזור מלא (full restoration)** - חזרה מלאה למבנה ותפקוד הנחל כפי שהיה טרם הפגיעה. דרגת שיקום זו בלתי אפשרית עבור רוב הנחלים בארץ בשל המחסור במים, העלות הכלכלית הגבוהה, והעדר נקודת יחוס המלמדת אודות האקולוגיה של הנחל בעבר.
- **שיקום חלקי (Rehabilitation)** - איתור צרכים אקולוגיים הכרחיים לשיקום בתי גידול שנפגעו, שחזור חלק מזרימת המים ושיפור איכותם.
- **שיפור מסוים במצב (enhancement)** - מיקוד הטיפול במוקדי ההפרה והזיהום המרכזיים. דרגת שיקום זו רלבנטית במקרים בהם הנחל פגוע מאוד אך ניתן להשיג שיפור במצבו על ידי טיפול בגורמי ההפרה המרכזיים. מתאים לנחלים אורבאניים שדרגת שיקום גבוהה יותר אינה אפשרית לגביהם.
- **יצירת מערכת חדשה (Creation)** - כאשר המערכות האקולוגיות בנחל מופרות באופן בלתי הפיך אך קיים הצורך החברתי להשתמש בנחל כמקום לנופש בחיק הטבע. יצירת המערכת האקולוגית החדשה כוללת נטיעת צמחיה והזרמת מים ממקורות חיצוניים. מתאים לאזורים עירוניים או אזורים שיוגדרו מראש כפארק לשימוש אינטנסיבי.

התאמת דרגת שיקום הנחל נעשית על פי תנאי השטח ומגמות התכנון. בנחלים העוברים בשמורת טבע המטרה היא בדרך כלל שחזור מלא של הנחל. בנחלים העוברים בסמוך למרכזי אוכלוסיה מאמצי השיקום יכוונו לשיפור מסוים במצב או ליצירת מערכת חדשה. המטרה בכל פעולת שיקום היא להגיע לדרגת השיקום המקסימאלית האפשרית במגבלות התנאים הקיימים בשטח. במקרים רבים קיימים אילוצים שאינם מאפשרים השגת שחזור מלא ולאורם קיימת הצדקה לרדת בדרגת מאמצי השיקום. יחד עם זאת, יש להשאיר מקום לעלייה עתידית בדרגת השיקום בהתאם להתפתחויות טכנולוגיות, שינויים במשק המים או כל התפתחות עתידית אחרת (קפלן, 2004).

המשרד להגנת הסביבה מונה מספר עקרונות במתודולוגיה של שיקום נחלים, כאשר יש לבחון כל מקרה לגופו, שכן נחלים שונים מקיימים מערכות אקולוגיות שונות ומשמשים ליעודים שונים. באופן כללי העקרונות עוסקים בשמירה על אופים הטבעי של הנחל ושל המערכת האקולוגית. האמצעים לעמידה בעקרונות כוללים צעדי "עשה" כמו שיפור המצב האקולוגי של הנחל, החזרה של פיתולים היסטוריים ופיתוח בר קיימא בצידי הנחל. כמו כן הם כוללים צעדים פסיביים שמטרתם לשמור על הקיים: שמירה על מסדרון אקולוגי רציף שיאפשר רצף של זרימת מים ומעבר לבע"ח וזרעי צמחים, הגנה על אתרים מיוחדים כגון אתרי קינון ומקומות מסתור, התאמה בוטנית של הצמחייה למניעת השתלטות של מינים שאינם מתאימים לבית הגידול, שמירה על נקודות מפגש בין אקוסיסטמות אשר מאפשרות מגוון ועושר מינים רחבים יותר (קפלן, 2004).

3.9 הזרמת קולחים לנחלים

נכון להיום, יש הכרה מסוימת בזכות הטבע למים בישראל. בשנת 2004 אושרה הצעת תיקון לחוק המים (תשי"ט 1959) לפיה אל המטרות המעוגנות בחוק יתווספו "שמירה ושיקום ערכי טבע ונוף, לרבות נחלים ומעינות" (קפלן, 2004), אולם כל עוד משבר המים האזורי לא ייפתר, השבת הזרימה הטבעית ההיסטורית לנחלים תישאר בגדר חזון בלבד. על מנת להימנע ממצב של ייבוש

מוחלט של הנחלים, כמו במקרה של נחל עינן, יש לבחון אלטרנטיבות אחרות וביניהן הזרמת מי קולחים באיכות גבוהה. ניתן למצוא כיום רשויות מקומיות ומפעלים שונים אשר נוהגים להזרים שפכים גולמיים וקולחים ירודים אל הנחלים. בשנים האחרונות, מתוקף חוק המים וחוקים נוספים, המשרד להגנת הסביבה עוסק באכיפת החוק והגשת תביעות כנגד מזהמי נחלים. כמו כן, מאז הקמתה של המנהלה הארצית למים וביוב ב-1993, נושא השפכים העירוניים זוכה לטיפול טוב יותר מבעבר, ובאופן כללי ניתן לראות מגמת שיפור מבחינת סילוק מזהמים לנחלים (קפלן, 2004). יחד עם זאת, נחלים רבים עדיין סובלים מהזרמת שפכים והשלכת פסולת מזהמת.

מאחר והזרמת השפכים לנחלים נעשית בין כה, הזרמתם לאחר טיהור היא רווח של הנחל אשר זוכה לזרימת מים קבועה, אשר מדללת זיהומים קיימים בנחל ומקטינה את הפגיעה בערכיו האקולוגיים והחזותיים. לאור העובדות בשטח גיבש המשרד להגנת הסביבה מדיניות המאשרת הזרמת קולחים לנחלים, בתנאים הבאים: (1) הקולחים יהיו באיכות גבוהה ולא יגרמו למטרד אסתטי או לפגיעה בחי ובצומח בנחל או לזיהום מי תהום וים או למפגעי יתושים. כמו כן, המים לא יוזרמו למקטעי נחל המיועדים לרחצה או לדיג. (2) על הקולחים להיות מעל לרמת התקן 20/30 ולכלול פרמטרים נוספים כגון ריכוז תרכובות חנקניות, זרחן, חמצן מומס ופתוגנים. (3) תכנון השבת המים צריך לאפשר את אגירתם של הקולחים לזמן שהיה של כ-10 ימים טרם שחרורם לנחל, במהלכם יעברו שיפור נוסף באיכות המים ותתאפשר בקרה על הזרמתם לנחל (www.sviva.org.il).

לפתרון של בעיית ייבוש הנחלים באמצעות מי קולחים עדיפות גבוהה כיוון שמי קולחים הם מקור מים זמין וקבוע עבור רוב נחלי הארץ שעתיזו להתרחב כל עוד נמשכת המגמה של גידול אוכלוסין ועליה ברמת החיים. למעשה, כבר היום ניתן לראות אזורים שונים בארץ בהם יש עודף מי קולחים שאינם מנוצלים למטרות השקיה.

ההערכה היא שבשנת 2010 שפיעת הקולחים באזור המורד של הירדן הדרומי לא תספק את הדרישה להשקיה ונחלים וכי יהיה חוסר של 3.5 מלמ"ק בשנה. לעומת זאת מעריכים כי בבקעת הירדן יהיה עודף של 9.5 מלמ"ק מי קולחים בשנה ובגליל המערבי יהיה עודף של 49 מלמ"ק (ועדת ענבר, 2003). ניתן ללמוד מנתונים אלו על האפשרות לניוד מי הקולחים מאזורים בהם יש עודף לאזורים הסובלים מחוסר.

הזרמת עודפי הקולחים המטוהרים ברמה גבוהה בנחלים תסייע בהחייאת בתי גידול לחים שנמצאים בסכנת התייבשות, תדלל את המזהמים אשר מוזרמים אל הנחל ממקורות שונים ותאפשר לציבור הרחב ליהנות מנוף הנחל ומשימושי פנאי ונופש שונים. כמו כן, בתנאי שהקולחים מטוהרים במידה מספקת, הזרמתם לנחלים מספקת פתרון יעיל ונוח לסילוקם. כמובן שמבחינת שיקום המערכת האקולוגית, הזרמת הקולחים היא פתרון ביניים בלבד עד אשר ימצא הפתרון לבעיית משק המים באזור ויתאפשר להשיב לנחלים את זרימת המים השפירים באפיקיהם. בכל מקרה, יש לקחת בחשבון כי הזרמת קולחים לנחל משמעה נטילת סיכון כי במקרה של תקלה חמורה במכון הטיהור יוזרמו אל הנחל שפכים גולמיים שיגרמו לזיהום קשה.

מרבית המט"שים הקיימים כיום תוכננו ונבנו על מנת לעמוד בדרישות המינימום שנקבעו ב"תקנות 20/30" שמהוות חלק מפקודת בריאות העם משנת 1992 (מילת"ב 2006), אולם תקנות אלו אינן מספקות קולחים אשר עומדים בדרישות להזרמה לנחלים. בפברואר 2003 פרסמה ועדת ענבר דו"ח מסכם אשר הציע תקן איכות חדש למי קולחים, במטרה לשפר את אותן תקנות בסיסיות קיימות. התקן החדש הגדיר איכות מי קולחים שלישונית הנחלקת לשתי רמות, בינונית ומחמירה, כאשר ההבדל ביניהן הוא טיפול נוסף בנוטריאנטים (אמוניה, חנקן וזרחן). הקביעה באיזו רמה על כל מט"ש לעמוד תהיה בהתאם לשימושים שיעשו בקולחים. החמרת התקן יוצרת למעשה מקורות מים חדשים עבור משק המים הישראלי וחוסכת לו כ-150 מלמ"ק מים שפירים בשנה. כמו כן, איכות המים השלישונית מספיק גבוהה, ומאפשרת את הפנייתם לנחלים (ועדת ענבר, 2003).

לפי דו"ח ועדת ענבר, אזור מורד הירדן מאופיין בקרקעות אטימות ולכן לא נשקפת סכנת זיהום מי אקוויפר. על כן, כאשר בוחנים את האפשרויות של רמת התקן השלישוני, הועדה ממליצה כי באזור הכנרת והירדן התחתון המים יקבלו טיפול סניטרי בינוני, שכן לא נשקפת לאקוויפר סכנה ממי ההשקיה מהחקלאות, אשר זורמים לעבר הנחלים ומתנקזים אל הירדן (ועדת ענבר, 2003). הועדה שקלה אמנם את הבעיות שעשויות לנבוע כתוצאה מהשימוש בקולחים, אולם ההתייחסות נוגעת לחקלאות ומי תהום אך לא מתחשבת בהשפעות מי הקולחים על הנחל מבחינה אקולוגית. במאי 2005 התקבלה החלטת ממשלה שלאמץ את המלצות הועדה, ובהמשך להחלטת הממשלה מגובשת טיוטת הצעת החוק (www.sviva.org.il).

לעומת ועדת ענבר, הלפרין ועלוני פרסמו הנחיות לשימוש חוזר בקולחים לפיהן ניתן לעשות שימוש חוזר בקולחים ולהזרימם למאגרי מים ונחלים בתנאי שהשימושים בהם יהיו לנופש מוגבל, כלומר נופש על שפת המים, או שייט בסירות ללא מגע הגוף עם המים או הליכה בנחל רדוד.

ההתייחסות של הלפרין ועלוני בהקשר לשימוש במי קולחים נוגעת להיבטים בריאותיים בלבד ועל כן נקודת המוצא שלהם היא להקטין ככל האפשר את מגע הגוף עם המים. בהתאם הוחלט כי לא יינתן היתר לטבילת הגוף במאגר או נחל המכילים מי קולחים למעט שיט סירות והליכה בנחל רדוד בהם הסכנה לבליעת מים מינימאלית (הלפרין ועלוני, 2003).

כיום, הן מכוניס חדשים והן מכוניס קיימים נדרשים לעמוד באיכות שתאפשר השקיה בלתי מוגבלת. מט"שים ומפעלים המזרימים קולחים גם לנחלים נדרשים לשדרג את איכות הקולחים לרמה שלישונית הנדרשת לנחל. מכוני טיהור שפכים באזורים הידרולוגיים רגישים נדרשים לשדרג את איכות הקולחים לרמה שלישונית משופרת במטרה למנוע זיהום מקורות מים (www.sviva.gov.il).

כמו כן, נכון להיום, שיקום הנחלים בארץ מסתמך על מי קולחים באיכות שלישונית לפי דרישות התקן של ועדת ענבר (חל"ט, 2008). שדרוג המכוניס הקיימים, ותכנונם והקמתם של מכוניס חדשים דורשים תקציב בסדר גודל של מאות מיליוני שקלים (מילת"ב, 2006). גיוס כספים בהיקף שכזה על ידי הרשויות המקומיות יארך זמן ועל כן נראה כי גאולת נחלי ישראל על ידי מי קולחים,

תתעכב עוד מספר שנים לא מועט. יחד עם זאת, המגמה כיום הולכת לקראת הקמתם של מט"שים שלישוניים ועל רקע מגמה זו החלטנו כי יש להיערך ולחקור את השפעתם של הקולחים השלישוניים על האקולוגיה של נהר הירדן, זאת לאחר שועדת ענבר בחנה את ההשפעה על מי התהום והנחיות הלפריין-עלוני בחנו את ההשפעות הבריאותיות.

(4 חלק רביעי: מחקר ושיטות

(4.1 הנחת היסוד למחקר:

בדוחות של משרד התשתיות ושל מילת"ב מוזכרות תוכניות לשידרוג מכון טיהור השפכים בביתניה שבמעלה הירדן. למעשה המט"ש המחודש אמור היה להיות פעיל משנת 2002, אך כיום קיימות תוכניות בלבד. המט"ש החדש בביתניה אמור לרכז את שפכי טבריה והמועצה האזורית של ישובי עמק הירדן (מתוך דוח פעילות 2006 של מילת"ב). כיום, שפכים גולמיים וקולחים באיכות שניונית ומטה, מוזרמים מרשויות אלו לירדן, החל מסכר אלומות, והם למעשה מהווים את הזיהום העיקרי בירדן היום. נציין כי לא הצלחנו להשיג נתונים מדוייקים לגבי איכות המים שיספק המכון, אך אנו סבורות, כי בהתאם לתקנות החדשות של ועדת ענבר, המכון ישודרג לרמה שלישונית. כמו כן, אין לנו נתונים לגבי ספיקת המים של המכון וכן לגבי ייעודם.

לצורך המחקר נצא מנקודת הנחה, שהמכון העתידי יזרים מים באיכות שלישונית לירדן, במקום המים בעלי האיכות הנמוכה שהוא מזרים אליו היום. שפכים ומקורות זיהום נוספים ימשיכו לזרום לירדן במורדו ממקומות שונים, אבל למעשה הזיהום האורגני העיקרי יצומצם. חשוב לנו לציין שאנו מודעות לעובדה שמים באיכות שלישונית הינם מצרך יקר. בישראל שנתונה במשבר מים חמור, עלול להיווצר מאבק על זכויות השימוש במים (למשל לטובת חקלאות). נתייחס לסוגיה זו בפרק הדיון.

(4.2 השערת המחקר:

במחקר ננסה לבדוק כיצד שידרוג המכון ישפיע על המערכת האקולוגית בנהר. השערת המחקר היא שהפעלתו של מתקן טיהור השפכים החדש בביתניה תוביל למגמת שיפור באיכות המים בנהר במורד סכר אלומות. השיפור יבוא לידי ביטוי גם במדדים ביולוגיים הקשורים בחברת חסרי החוליות, אשר יעידו על שיפור מסויים במצב המערכת האקולוגית (Enhancement).

למרות המשך הזיהום ממקורות נוספים, אנו צופות לשיפור מסויים של המערכת האקולוגית, שכן אספקת נתח המזהמים העיקרי אל הנהר תפחת. כמו כן נצפה למצוא שיפור ניכר בנקודות מסויימות, שהיו נתונות בעבר תחת הזיהום כבד, ולאחר שידרוג המט"ש יוזרמו בהם רק קולחים איכותיים.

נציין כי הזרמת קולחים בספיקה הקיימת כיום לא תוכל להביא לשיקום אקולוגי מלא של הנהר. שיקום מלא יוכל להתקיים במידה ויוזרמו בנהר מים שפירים בכמות גדולה. אחת הסיבות לכך היא היעדר האפשרות לשינוי אופי בית הגידול. מאחר ואנו לא צופות שינוי בכמות המים שתוזרם, בית הגידול ימשיך להיות בריכתי, ולא ניתן יהיה להחזירו למצבו ההיסטורי שאופיין בזרימה חזקה.

4.3 מקרי בוחן:

את השערת המחקר ביססנו על תוצאות מספר מחקרים וסקרים, אשר חלקם עשו שימוש בחח"ג לצורך ניטור ביולוגי של נחלים בישראל:

1. **מחקר נחל ירקון:** על מנת לבחון את האפשרות לשימוש בחסרי חוליות גדולים (להלן חח"ג) לשם בחינת "בריאות" הנחל (שלמות ביולוגית), בוצע מחקר בנחל ירקון, נחל האיתן היחיד במישור החוף שמעלה הנחל שלו יחסית אינו מופרע. המחקר נערך במשך שלוש שנים במהלך נדגמו שמונה תחנות אשר מייצגות בתי גידול בעלי איכויות מים שונות. שלוש התחנות במעלה הנחל נקיות מזיהום אורגני, שלוש התחנות במרכז הנחל מכילות מים הסובלים מזיהום אורגני בינוני עד כבד ושתי התחנות במורד הנחל מכילות מים באיכות משופרת חלקית. החח"ג שנאספו מוינו, נספרו והוגדרו עד לרמה הטקסונומית האפשרית הנמוכה ביותר. נמצא כי בקטע המרכזי, עם כניסתם של מי נחל קנה המזוהם משפכים וקולחים באיכויות שונות, משתנה הרכב החח"ג שנאספו לחח"ג בעלי מנגנונים מיוחדים המקנים להם יכולת עמידות במים הנמצאים תחת זיהום אורגני המכילים ריכוזי חמצן נמוכים. השיפור במצב המים במורד הנחל מאפשר קיומם של מינים רגישים לזיהום אשר נעדרו מהקטע המרכזי המזוהם. יחד עם זאת, נמצא כי השיפור חלקי בלבד כיוון שלמרות השיפור, חסרו במורד הנחל מינים רגישים אשר הופיעו במעלה הנחל הנקי מזיהום (www.yarqon.org.il).

2. **מחקר נחל אלכסנדר:** מקורות הזיהום העיקריים של הנחל הם שפכי שכם וטול כרם אשר יחד עם שפכים ממקורות אחרים זורמים בנחל שכם ונשפכים אל נחל אלכסנדר. עם פרוץ אינתיפאדת אל-אקצע בשנת 2000 הופסק שיתוף הפעולה הישראלי-פלשתיני להפסקת זיהום הנחל. בעקבות זאת החלה תכנית חירום זמנית, שמטרתה היתה לשפר את איכות המים בנחל באמצעות ייבוש נחל שכם.

על מנת ללמוד אודות השפעת הפרויקט על איכות המים בנחל אלכסנדר נעשה ניטור כימי וביולוגי של תחנות שונות לאורך הנחל טרם יבוש נחל שכם ולאחריו. תוצאות המחקר הראו כי ייבוש נחל שכם הוביל לשיפור בבריאות הנחל מ"גרועה" "וגרועה מאוד" ל"בינונית". מסקנה זו התקבלה בעקבות עליה בשפיעות היחסית של המינים הרגישים לזיהום לאחר ייבוש נחל שכם וירידה בשפיעות היחסית של המינים העמידים לזיהום אורגני. נציין שהמינים העמידים המשיכו להתקיים בנחל גם לאחר יבוש נחל שכם, שכן אל נחל אלכסנדר מגיעים מזהמים ממקורות נוספים. (גזית וחובריו, 2003).

3. **סקר נחל חרוד:** סקר אקולוגי שנערך בשנת 2002 בנחל חרוד, שמונה שנים לאחר הסקר האקולוגי הראשון, נועד לבדוק את השינויים שחלו במצב הנחל מאז תחילת תהליך השיקום. הסקר כלל סקר הידרולוגי, סקר בוטני וסקר הידרו-ביולוגי. הסקר דגם 28 תחנות לאורך הנחל ויובליו במטרה לבחון את כמות ואיכות המים ומצב בתי הגידול השונים על החי והצומח שבהם. זאת לצורך עדכון המלצות בנושא הזרמת המים לנחל להבטחת שיקומו האקולוגי. נמצא כי איכות המים גרועה כפי שהייתה בסקרים קדומים, אם כי ביחס לשנים קודמות, בתחנה מספר III חל שיפור ניכר בהשוואה למצב בעבר בזכות שיפורים במט"ש קולחי תנובה שהביא לירידה בריכוזי המזהמים במים. (גלזמן וחובריו, 2002).

כלומר, ניתן להשפיע נקודתית על איכות המים בנחל, בעקבות שידרוג של מכון טיהור בודד. אנו רואות סיבה להאמין כי כל עוד יש שיפור באיכות הקולחים שמוזרמת לירדן, רמת הזיהום במים תקטן, וכך למערכת האקולוגית יהיה סיכוי טוב יותר להשתפר.

4. סקר ירדן דרומי: נציין גם את הסקר הראשוני להערכת מצב בריאות הנחל שהתבצע בירדן הדרומי (גזית והרשקוביץ 2006). בסקר נעשה שימוש "בציין רגישות הטקסונים" (יורחב להלן).

4.4 מטרות המחקר:

מטרה ראשית:

לבחון כיצד תשפיע הזרמת הקולחים האיכותיים על המערכת האקולוגית של מורד הירדן.

מטרות משנה:

1. לבחון כיצד תשפיע הזרמת הקולחים האיכותיים על איכות המים.

2. לבחון כיצד תשפיע הזרמת הקולחים האיכותיים על "בריאות הנחל"

(בריאות הנחל היא ביטוי איכותי למצב המערכת האקולוגית של הנחל).

4.5 תחנות הדיגום בירדן הדרומי

לצורך המחקר נבחרו 11 תחנות לאורך הירדן הדרומי. התבססנו על תחנות קבועות שבהן מתבצעות דגימות שנתיות על ידי רשות הטבע והגנים. כמו כן התבססנו על תחנות נוספות בהן נעשה שימוש בסקר האקולוגי האחרון שבוצע בירדן התחתון (גזית והרשקוביץ 2006).

נציין שמרבית התחנות ממוקמות בקטע הצפוני של הנהר (באזור עמק הירדן ועמק בית שאן), ממוצא הכנרת ועד תחנת השאיבה בשפעה. אזור זה כולל בתוכו את הקטע הנקי עד למעלה סכר אלומות, וכן את מורד סכר אלומות, שהיא הנקודה בה נכנסים לנהר קולחי ביתניה ומתחיל הזיהום העיקרי.

נציין גם, שאזור זה נגיש יותר לדיגום, מאחר שגדות הנהר נמצאות בשטח הישראלי ובמרחק רב מהגבול. קיימת בעיה מסויימת לדגום את התחנות הדרומיות יותר. בנקודות אלו הנהר מהווה את קו הגבול בין ירדן לישראל ורובו עובר תחת שטחי הגדה הפלשתינית. מניסיונם של אנשי רשות הטבע והגנים, סביר שהדיגום בתחנות אלו לא יתאפשר בצורה סדירה, ויהיה תלוי במצב הביטחוני. התחנות באזור זה מועטות וממוקמות באזורים שהגישה אליהם נוחה כגון מעברי גבול מוסדרים ואזורי תיירות.

להלן מוצגות תחנות הדיגום על גבי מפות:

הנתונים נלקחו מדו"ח פעילות מסכם לשנת 2007 "ניטור מים ונחלים" מטעם המשרד להגנת הסביבה, אשכול תשתיות, האגף למים ונחלים וכן מסקר אקולוגי – ירדן דרומי, שנערך על ידי גזית, הרשקוביץ ובן דוד, אוני' ת"א בשנת 2005.



מפה מספר 1:
ארבע תחנות הדיגום הצפוניות לאורך הירדן הדרומי.

הטיהור בביתניה. אין כניסה של מי כינרת דרך סכר אלומות, ולכן אלו המים אשר קובעים את איכות מי הנהר מנקודה זו ואליך. גם בתחנה זו כמעט ולא מורגשת זרימה.

תחנה 4: התחנה נמצאת בסמוך לגשר "בית זרע". צבע המים, הקצף על המים וריח הביוב מעידים שאין למעשה שיפור באיכות המים לאורך זרימתם באפיק, מסכר אלומות. המים רדודים והזרימה מהירה בעקבות היצרות האפיק. התשתית אבנית (חצץ ואבנים קטנות). נציין שהשפכים של בית זרע והמוסד החינוכי אשר זיהמו בעבר את הנהר בסמוך לתחנה זו, חוברו באמצעות קו סניקה חדש למתקן ביתניה ב-2006.

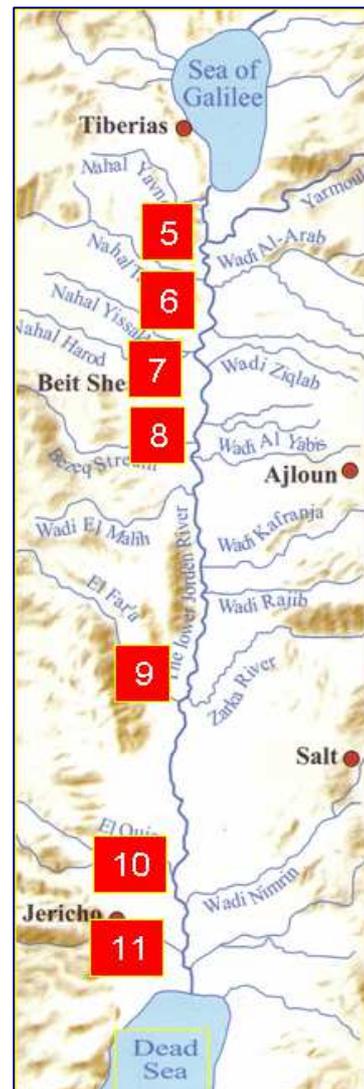
תחנה 5: ממוקמת בגשר דלהמיה. במעלה תחנה זו כניסת מזהמים חדשים: (1) תשטיפי רפת וניקוז מדגה של קיבוץ אפיקים (2) קולחי הקיבוצים אשדות יעקב איחוד ומאוחד אחרי טיפול בבריכת חימצון בלבד. איכות הקולחים האלו, לאחר טיפול במתקנים ישנים שאינם עומדים בתקנים תורמת לזיהום הנהר. צבע המים עכור – חום, והזרימה החזקה (כתוצאה מהיצרות האפיק והשיפוע החזק), גורמת ליצירת קצף.

תחנה 6: ממוקמת במורד כניסת הירמוך, באתר "גשר הישנה". גדות הנהר תלולות וגבוהות ומאופיינות בסלעי בזלת גדולים המייצבים אותן. איכות המים טובה יותר מאשר בתחנות

תחנות 1-2: התחנה הראשונה ממוקמת בסמוך למוצא הירדן מהכנרת (אתר "בית ירח"), והתחנה השנייה ממוקמת במעלה סכר אלומות. הסכר סגור לחלוטין ואין מעבר דרכו למורד הירדן. המים בתחנות אלו הם מי כינרת, המוזרמים לאפיק בכל ימות השנה לטובת מכוני השאיבה של משקי עמק הירדן ותחנת "דגניה 1" של חברת מקורות. מקטע זה נחשב לחלק הנקי של הנהר, והוא משמש לפעילות אנושית אינטנסיבית (שייט, נופש ודיג). נציין כי האפיק מאופיין בזרימה איטית של מים עמוקים וצלולים על גבי תשתית אבנית.

תחנה 3: התחנה נמצאת כק"מ במורד סכר אלומות, לאחר כניסת המוביל המלוח, קולחי

טבריה
וקולחי
מתקן



מפה מספר 2: שבע תחנות הדיגום הדרומיות

קודמות, עקב הטיהור העצמי שמתקיים. בנוסף, מימי הירמוך המתווספים לקטע זה בסמוך לאתר נהריים הם באיכות טובה ובמליחות נמוכה בהרבה מהירדן, ומכאן שגם הם תורמים לירידה בריכוזי המזהמים בירדן. באתר "גשר הישנה" שוחזרו וניבנו חלק מהמבנים של קיבוץ גשר מימיו הראשונים שלפני מלחמת העצמאות. כיום ניתן לבוא ולבקר במבנים ולצפות בקטע הנהר היפה, העובר תחת גשרי הקשתות הבנויים עליו.

תחנה 7: גשר שיח חוסיין. קטע הנהר העובר בבקעת בית שאן מושפע מאוד משאיבות המים ממנו למדגה ומניקוזי המים החוזרים מהמדגה אליו. קיימת ירידה הקלה בריכוזי מדדי הזיהום האורגניים ועלייה בריכוז החמצן המומס, המעידים על שינוי באיכות המים שהוא למעשה תוצאה של עירוב מי המדגה המושבים עם מימי הנהר מהמעלה. נציין גם את כניסת מי נחל חרוד, וכן מי הוואדיות במזרח הירדן, המזוהמים בביוב.

תחנה 8: המים נדגמים בסמוך לתחנת "שפעה" של חברת "מקורות" השואבת מים מהירדן לחקלאות בבקעת בית שאן הדרומית, באזור כפר רופין וטירת צבי. הספיקה נמוכה מאוד, במיוחד בסתיו, וזאת בעקבות השאיבות במעלה התחנה. צבע המים חום - ירוק. אין ריח ביוב. גדות הנהר תלולות ומכוסות בסבך צמחיה, הנשלטת ע"י קנה מצוי ועצי אשל. בשנה החולפת הגיעו לנהר יותר מי ניקוז מהמדגה והמאגרים שלגדותיו יחסית לשנים קודמות. מצב זה הוא תוצאה של פעולות החיסכון במים שנקטו יישובי בקעת בית שאן וסחרור המים בין הבריכות. המערכת האקולוגית של הנהר סובלת שנים ארוכות מהתייבשות, צמחיית הגדות נפגעת וכן בעלי החיים של המים והסבך גם יחד – בגלל המחסור הנמשך במים זורמים בנהר.

תחנה 9: ממוקמת בגשר אדם. בדומה לשתי התחנות הבאות נמצאת בשטח של הרשות הפלשתינית ולכן לא תמיד ניתן לדגום מסיבות ביטחוניות. המים באזור זה מושפעים רבות משיטפונות ביובלי הנהר ממזרח ומערב, אשר בשנים האחרונות פחתו בצורה משמעותית. בנוסף כניסות המים לנהר מהיובלים היורדים מתחום ממלכת ירדן פחתו בשנים האחרונות גם בשל העצירה של מי שיטפונות במאגרים שנבנו בהם. קיימת עלייה באיכות המים כתוצאה מטיהור עצמי במהלך הזרימה בנהר וכן עקב המיהול במי המדגה. יחד עם זאת, גם בקטע הדרומי של הנהר יש כניסת מזהמים ממקור ביובי וחקלאי. צבע המים ירוק – עכור. הגדות תלולות ומתנשאות 3-4 מ' מעל פני המים. סבך צמחיית הגדות נשלט ע"י קנה ועצי אשל.

תחנה 10: התחנה הממוקמת במעבר הגבול אלנבי, דומה בתכונותיה לתחנת גשר אדם, ומושפעת מירידה משמעותית בספיקת המים בשנים האחרונות. אין כניסות מזהמים נוספים ומתקיים טיהור עצמי לאורך הזרימה. קיימת עלייה במליחות כתוצאה ממעבר הנהר בשכבות קרקע מלוחות בדרום בקעת הירדן וכניסת מי נביעות מליחים.

תחנה 11: ממוקמת באתר הטבילה. בדומה לתחנות הקודמות הקטע הזה של הנהר סובל מהתייבשות בשנים האחרונות, ומאידך ממשיך להתקיים תהליך הטיהור עצמי. צבע המים ירוק עכור. גדות הנהר מתנשאת לגובה של 3-4 מ' מעל המים. נציין את חשיבותו של מקטע זה כאתר תיירות. האזור נחשב למקום בו חצה יהושע בן נון את הירדן, למקום בו עלה אליהו הנביא השמימה וכן למקום בו הוטבל ישו. כיום ניתן לבוא ולבקר בקטע הנהר הייחודי ובמנזרים שלגדותיו, אך דרוש תיאום עם צה"ל. נוצרים אדוקים אף מגיעים לטבול במים למרות הזיהום הגבוה.

(4.6) תחנות הדיגום ביובלי הירדן

- **נחל יבנאל במעלה השפך לירדן:** באביב הזרימה בספיקה ממוצעת של כ- 150 מ"ק/שעה ובסתיו – הספיקה פוחתת לכ-70 מ"ק/ש בלבד. מים צלולים, צמחית גדוה מפותחת, נשלטת ע"י קנה, ערברבה שעירה, שנית גדולה, וארכובית הכתמים. מקור המים ממעינות נחל יבנאל, המנוצלים במיעוטם להגמעת עדרים ורוב מימיהם משוחררים לנחל.
 - **נחל תבור בגשר כביש 90:** באביב זרימת המים מוערכת בכ - 10 מ"ק/שעה ובסתיו היא פוחתת ל 3-5 מ"ק/ש בלבד. מקור המים בקטע זה הוא מניקוז חקלאי לאחר שכל מימי מעיינות נחל תבור מאוחזים ע"י קיבוץ גשר במעלה הנחל. עודפי המעינות וכן עודפי הזרימות השיטפוניות, העוברים את האיחוז של הקיבוץ, הם המקיימים בחורף את הזרימה בנחל עד לחיבורו עם הירדן. בשאר עונות השנה, ובייחוד בקיץ ובסתיו, אין רצף זרימה עד נהר הירדן. המים צלולים ומקיימים צמחיית גדוה עשירה, אך מחלחלים באפיק במרחק של כ-200 מ' ממזרח לגשר
 - **נחל חרוד - גדול יובליו המערביים של הירדן:** דיגום נחל חרוד מבוצע מידי שנה ע"י רשות הטבע והגנים בדומה לדיגום נהר הירדן. הביוב הגולמי של בית שאן וכן של המפעלים באזור בקעת בית שאן מעמיסים זיהום כבד במורד הנחל, ומהווים מפגע אקולוגי ותברואי חמור. קטע הנחל שבתחום הגן הלאומי בית שאן מוליך מים באיכות טובה יותר, וזאת הודות למיהול זיהומי המעלה בכמויות גדולות של מי בריכות דיגום וכן הודות לסיכרונים ומפלונים המאיצים את הטיהור העצמי. תחנת הדיגום שלנו נמצאת במעלה המפגש של נחל חרוד עם נהר הירדן (בגשר כביש הפטרולים). המים בתחנה בצבע אפור עכור, יש ריח ביוב ויש קצף. הספיקה עולה לכ- 500 מ"ק/שעה באביב ולכ- 800 מ"ק/שעה בסתיו כתוצאה מהתווספות מימי עיינות חסידה הנקיים, התורמים למיהול המזהמים המגיעים מהמעלה.
- כאמור, מנהלת נחל חרוד מקדמת תכנון וביצוע של פעולות לשיקום הנחל וסביבתו. החל משנת 2004 ניכר שיפור באיכות קולחי "תנובה" המוזרמים לנחל לאחר שהייה במאגר ליטוש. פעולה זו הביאה לשיפור באיכות המים בקטע המרכזי של הנחל. בנוסף נציין כי מערכת אזורית לטיפול בשפכים מוקמת בימים אלו ע"י המועצה האזורית בקעת בית שאן ועיריית בית שאן. כמו כן, גם המועצה האזורית גלבע, המזרימה לנחל שפכים במעלה, מתכננת מערכת אזורית להולכת שפכי היישובים למתקן האזורי החדש שיוקם בבית שאן (מתוך דו"ח פעילות מילת"ב 2006, משרד התשתיות הלאומיות). שיפור באיכות מי נחל חרוד, היובל המערבי הגדול ביותר של הירדן, יתרום בצורה משמעותית לשיפור מי נהר הירדן במורד.
- **נהר הירמוך במורד אגם נהריים:** תחנה זו נדגמת על מנת לקבל תמונת מצב איכות המים המגיעים לירדן מנהר הירמוך. ידוע שאין עודפי מים ממעלה הנהר, לאחר שכל מימיו מתחלקים בין ההטיה של ממלכת ירדן לתעלת העיור לבין השאיבה המוקצית לישראל במפעל "ירמוכים" בעמק הירדן. המים היורדים דרך סכר אגם נהריים הם למעשה מי ניקוז בריכות דיגום של מסדה ושער הגולן, וכן ניקוז שדות של הקיבוצים הללו.

4.7 ניטור פיזיקאלי וכימיקאלי של הנחל

בחירת השפעת הזרמת הקולחים האיכותיים על איכות המים, תבוצע באמצעות ניטור לימנולוגי (כימי ופיזיקאלי) של מי הירדן בתחנות הנבחרות, לפני ואחרי הפעלת המכון החדש בביתניה. במהלך הדיגום יבדקו בתחנות פרמטרים באמצעות מכשירי שדה. פרמטרים אלה מאפשרים לקבל הערכה ראשונית לגבי איכות מי הנחל בתחנה הנבדקת. הבדיקות כוללות: מוליכות חשמלית, הגבה, ריכוז חמצן מומס וטמפרטורה. בנוסף יילקחו דגימות מים לאנליזה מפורטת של עכירות

המים, ריכוז הנוטריינטים (חנקן, אמוניה וזרחן) ריכוז חומר אורגני הזמין (צח"ב BOD), וכמות חיידקים צואתיים.

■ צח"ב - צריכת חמצן ביולוגית, הינו מדד לכמות החמצן הנצרך על ידי מיקרואורגניזמים לפירוק החומר האורגני במהלך חמישה ימים בתנאים אופטימאליים. על פי הנחיות המשרד לאיכות הסביבה מקור מים בו ריכוז צח"ב גבוה מ- 10 מג"ל, מוגדר כעשיר בחומרים אורגניים.

4.8 פרמטרים לימנולוגיים נבחרים והשפעתם על איכות המים והאקולוגיה בנחל

שפכים וקולחים מעמיסים את הנהר בחומר אורגני (מומס וחלקיקי), מינראלי דישון (בעיקר חנקן וזרחן), ומזהמים נוספים כגון דטרגנטים. להלן מוצגים חלק מהפרמטרים אשר קשורים לזיהום שמקורו בשפכים וקולחים, ואשר יבדקו בסקר הלימנולוגי שנערוך (מילשטיין 2002):

1. **חומר אורגני וחמצן מומס:** עם כניסתו של החומר האורגני לנחל, הוא מתחיל לעבור תהליכי פירוק על ידי חיידקים. הנשימה של חיידקים האלו מתרחשת ע"י פרוק החומר האורגני תוך כדי קליטה של חמצן. לכן עלייה בכמות החומר האורגני בנחל תתבטא בעלייה בכמות המיקרואורגניזמים וירידה בכמות החמצן. ריכוז החמצן המומס הפוחת מביא לתמותה של בעלי החיים שתלויים בחמצן. במקביל קיימת עלייה בשפיעות המינים שעמידים לתנאים של מחסור בחמצן.

2. **מינראלי דישון (תרכובות חנקן וזרחן):** תגובה אופיינית להעשרה במינראלי דישון היא תופעת האאוטרופיקציה. ככל שמתרחקים ממקור הזיהום, ריכוז החומר האורגני יורד (כתוצאה מפעילות החיידקים), וריכוז החמצן עולה. תנאים אלו, יחד עם ריכוזים גבוהים של מינראלים שמקורם בשפכים והם לא עברו פירוק, גורמים לשגשוג של מיני אצות פלנקטוניות. התופעה הזאת מלווה בשינויים קיצוניים בריכוז החמצן במים: בשעות היום ריכוז החמצן המומס במים עולה עד לכדי רוויה, כתוצאה מפעילות פוטוסינתטית אינטנסיבית של האצות. בשעות הלילה, בהיעדר פוטוסינתזה, ריכוז החמצן יורד בעקבות הנשימה המוגברת של אותן אצות. במצב כזה ריכוז החמצן עלול לרדת עד לתנאי היפוקסיה ואנוקסיה, תנאים שמסכנים את בעלי החיים שתלויים בחמצן.

3. **אמוניה (NH_4+NH_3):** האמוניה היא תוצר פירוק של אוריאיה (אחד ממרכיבי השתן), חומצות אמינו וחומרים חנקניים שמקורם בחי. היא נחשבת כחומר רעיל ביותר, בעיקר בצורתה הבלתי מיוננת (NH_3). המקור העיקרי של האמוניה הינם שפכים ביתיים וחקלאות העושה שימוש בדשנים. חשוב לציין שעלייה ב-pH, כמו גם עלייה בטמפ' גורמת ל- NH_4+ להפוך ל- NH_3 והרעילות גדלה. ב-1999 נקבע תקן מחמיר של 0.02 מ"ג לליטר אמוניה בלתי מיוננת כמותר להזרמה לנחלים ע"י ה-US-EPA (הרשות להגנת הסביבה בארה"ב). בישראל תקן קולחים של 3 מ"ג לליטר, כאשר הכוונה היא לאמוניה כללית (הכוללת גם את הצורה המיוננת וגם את הצורה הניטרלית המסוכנת יותר). בתנאי ה-pH והטמפ' המאפיינים את נחלי הארץ, כמות כזו של אמוניה כללית יכולה להוביל לריכוז 0.16 מ"ג/ליטר אמוניה בלתי

מיוננת, ריכוז הגבוה בהרבה מהתקן האמריקאי. נציין כי לירדן כמו לנחלים אחרים, מוזרמים גם שפכים גולמיים בהם ריכוז האמוניה אף גבוה מ-3 מ"ג/ליטר.

4. **ערכי הגבה – pH:** ערך ה-pH מהווה מרכיב חשוב לפעילויות תוך תאיות רבות, ועל כן יש לו השפעה מרובה על מאכלסי המים. כמו כן ה-pH משפיע על ריכוזים של חומרים אחרים (למשל על ריכוז הפרקציה הבלתי מיוננת והרעילה של אמוניה). הגורם העיקרי לשינויי pH במים מתוקים הינו חומצה פחמתית H_2CO_3 . ריכוז החומצה עולה כתוצאה מתגובה של פחמן דו חמצני מומס עם מים. בתנאי אוטרופיקציה, פוטוסינתזה אינטנסיבית הכוללת הטמעה של CO_2 מהמים, גורמת לירידה בריכוז החומצה הפחמתית ולעלייה ב-pH. בלילה, כשאין פוטוסינתזה והטמפי יורדת, ריכוז ה- CO_2 המומס עולה ואיתו ריכוז החומצה הפחמתית שמורידה את ה-pH. נחל לרמה חומצית.

5. **מוליכות חשמלית:** המוליכות החשמלית היא מדד לכושר המים לשמש כמוליך זרם חשמלי. המוליכות גדלה ככל שכמות היונים המומסים במים גדלה (כלומר ככל שמליחות המים גדלה). רוב מאכלסי המים המתוקים סובלים טווח רחב יחסית של מוליכות, אך מעל סף מסויים הם כבר לא מתקיימים. מליחות המים מושפעת באופן טבעי מהקרקע שמשחררת יונים למי התהום המזינים את הנחל, וכמו כן מהתאדות שמגדילה את ריכוז היונים. המליחות הגבוהה בירדן הדרומי מושפעת גם מהשפכים והקולחים המוזרמים אליו, ומכילים ריכוז גבוה של יונים. נציין גם את סכר אלומות ממנו מוזרמים לירדן מים מלוחים מתעלת המוביל המלוח.

6. **עכירות:** ערכים של עכירות מהווים מדד לכמות החלקיקים המרחפים במים. העכירות מהווה גורם בעל השפעה שלילית, בעיקר משום שהיא מונעת את האור מהאצות שבקרקעית הנחל וגורמת לתמותה שלהן. בנוסף היא יכולה לגרום להפרעות פיזיות לבעלי החיים כגון פגיעה במערכת הנשימה (פציעה של הזימים) או במערכת הראייה.

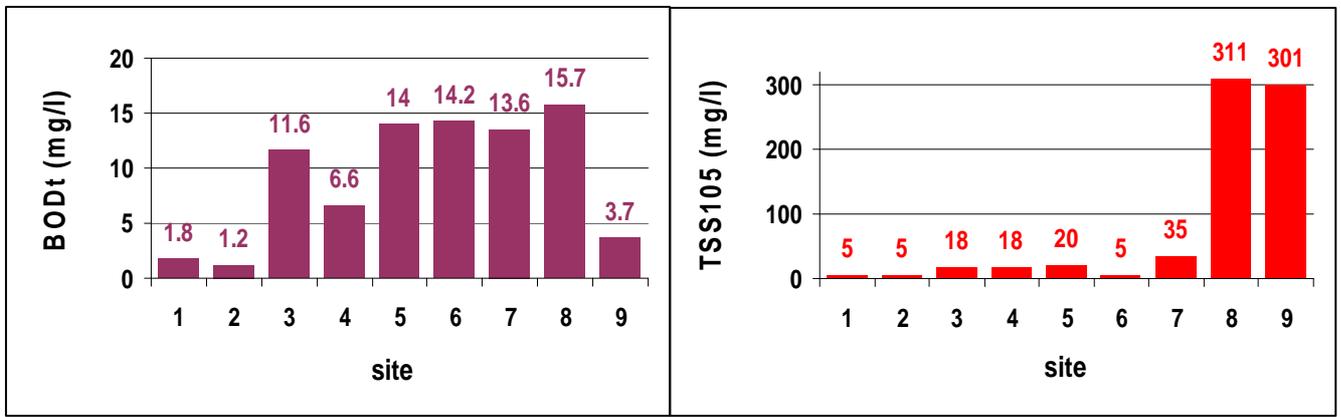
4.9 נתונים לימנולוגיים קיימים - ירדן הדרומי ויובליו

4.9.1 נתונים לימנולוגיים מתוך סקר של רשות הטבע והגנים:

היחידה לניטור סביבתי ברשות הטבע והגנים, פועלת בשנים האחרונות עבור המשרד לאיכות הסביבה ונציבות המים, במטרה לאסוף מידע על איכויות המים בנחלים, במאגרי קולחים ובמתקני טיפול בשפכים. ניטור איכות המים הזורמים בנחלי ישראל מבוצע פעמיים בשנה: דיגום האביב, נערך בחודשים אפריל-מאי, ודיגום הסתיו נערך בחודשים אוקטובר-נובמבר. הדיגום מתבצע בתחנות קבועות ב-13 נחלים, והוא כולל בדיקות בשדה, נטילת דוגמאות למעבדה וכתובת דוחות ניטור סביבתיים לכל נחל. להלן מוצגים חלק מהנתונים האחרונים (משנת 2007), שנמדדו בתחנות לאורך הירדן הדרומי, (כאמור, המחקר שלנו יכיל את אותן תחנות הדיגום):

ריכוז החלקיקים המרחפים והחומר האורגני המומס:

בתרשימים המוצגים להלן מוצגים נתונים לגבי ריכוז החלקיקים המרחפים וריכוז החומר האורגני המומס, אשר נמדדו לאורך הירדן בדיגום הסתיו האחרון.



2

1

- באדום תרשים מספר 1: ריכוז חלקיקים מרחפים (TSS105) ביחידות של מ"ג לליטר בתחנות דיגום לאורך הירדן הדרומי (12/11/07).
- באדום תרשים מספר 2: ריכוז חומר אורגני מומס (BOD) ביחידות של מ"ג לליטר בתחנות דיגום לאורך הירדן הדרומי (12/11/07).

כאמור תקן 10/10 החדש של ועדת ענבר מתיר הזרמה של קולחים לנחלים כאשר ריכוזי החלקיקים המרחפים והחומר האורגני המומס לא עולים על 10 מ"ג לליטר. ניתן לראות שפרט לשתי התחנות הראשונות, אשר נמצאות בקטע הנקי שבמעלה סכר אלומות, הקולחים לא עומדים בתקן החדש ואף לעיתים גבוהים גם מהתקן הישן (20/30).

נתונים לגבי פרמטרים לימנולוגיים נוספים:

טבלה מספר 1: נתונים לימנולוגיים בתחנות לאורך הירדן הדרומי (דו"ח פעילות מסכם לשנת 2007 "ניטור מים ונחלים" מטעם המשרד להגנת הסביבה, אשכול תשתיות, האגף למים ונחלים).

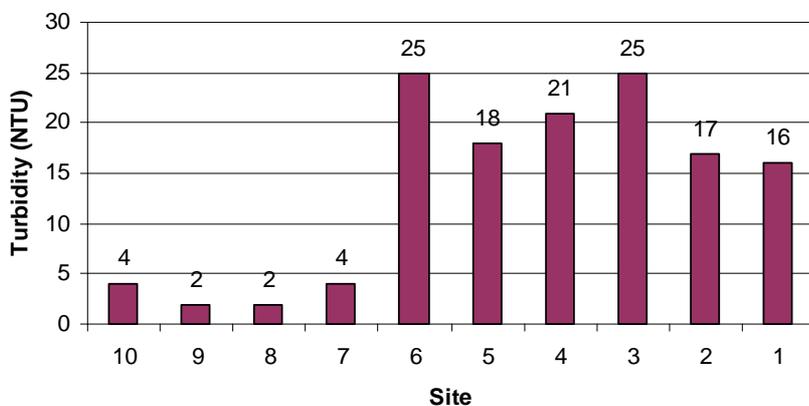
תחנה	תאריך	pH	Doxsat (%)	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Ptot (mg/l)	Fcoli (cfu/100 ml)	Cl (mg/l)
1	אביב	7.26	100	0.05	0.2	0.01	0.2	80	241
	סתיו	7.43	98	0.05	0.2	0.001	0.1	60	265
2	אביב	7.34	76	0.05	0.2	0.018	0.4	170	269
	סתיו	7.57	70	0.8	0.2	0.009	0.1	40	354
3	אביב	7.04	85	12	0.2	0.001	4.4	110000	1885
	סתיו	7	64	15	0.2	0.12	3.5	240000	1737
4	אביב	7.3	60	9.3	0.2	0.1	3.6	150000	1949
	סתיו	7.34	48	9	0.2	0.065	2.5	640000	1843
5	אביב	7.36	86	4.2	0.2	0.93	4.2	11000	1914
	סתיו	7.49	82	3.9	0.2	3.1	3.1	2500	2020
6	אביב	7.46	85	1.3	4.4	1.42	6.1	1400	1914
	סתיו	7.57	57	0.05	3.7	1.02	2.8	120	1850
7	אביב	7.91	166	1.4	3.4	0.96	1.9	1700	1659
	סתיו	7.65	84	0.5	2.9	0.48	1.9	3500	1744

1701	730	1.1	0.31	3.7	0.4	130	7.71	אביב	8
1829	460000	1.1	0.72	3.4	0.05	59	7.55	סתיו	
1807	920	1.6	0.04	6.2	0.6	43	7.91	סתיו	9

- **pH**: היחידות הם לוגריתמים נגטיביים של ריכוז יוני המימן בליטר. ערכים נמוכים מ-7 הם מים חומציים, ערכים שגבוהים מ-7 הם מים בסיסיים.
- **Doxsat**: אחוז רווית החמצן – מדד לריכוז החמצן במים. לכל טמפ' של מים יש אחוז רוויה אחר לחמצן (נובע מכך שמסיסות הגזים במים עולה ככל שהמים יותר קרים). ב-20 מעלות, 9 מ"ג חמצן מומס בליטר יהוו 100% רוויה.
- **ריכוזי החומרים נמדדו ביחידות של מ"ג לליטר**: NH_4 (אמוניום), NO_2/NO_3 (ניטריט וניטראט, תרכובות יוניות המכילות חנקן אשר מקורן בחומרי דישון), P_{tot} (הריכוז הכללי של זרחן שמקורו גם כן בחומרי דישון), Cl ריכוז יוני הכלור המהווה מדד להמלחה.
- **Fcoli** – קולי צואתי, נספר ביחידות ל-100 מיליליטר.
- ניטור האביב התבצע בתאריך 2/5/07 וניטור הסתיו התבצע ב-12/11/07.
- מסיבות ביטחוניות לא ניתן היה לדגום את תחנה מספר 9 (גשר אדם), באביב. תחנות 10 ו-11 לא נדגמו מסיבות דומות.

4.9.2 נתונים לימנולוגיים של הירדן הדרומי מתוך סקר אקולוגי מטעם אוניברסיטת תל אביב:

לבקשת ובמימון רשות ניקוז כנרת, בוצע בתאריך 3/11/2005 סקר לימנולוגי וביולוגי (חסרי חוליות), בעשר תחנות נבחרות לאורך הירדן הדרומי, ממוצא הכנרת ועד לסכר כביש 90. מטרת הדיגום היתה לבחון את המצב האקולוגי של מורד הירדן בקטע בו איכות המים מושפעת ממקורות שונים. מלבד הדיגום והאפיון הביולוגי של חסרי החוליות, נדגמו גם משתני הסביבה הבאים: טמפ' מים, מוליכות חשמלית, ריכוז חמצן מומס והגבה, וכן נבדקו במעבדה פרמטרים של עכירות המים, צח"ב וריכוז נוטריינטים כגון חנקה, אמוניה וזרחה. להלן מוצגות תוצאות נבחרות מהדיגום הנ"ל, ופרוט התחנות:



מיקום	תחנה
בית ירח	10
ירדנית	9
דגניה	8
מעלה סכר אלומות	7
מורד סכר אלומות	6
נפתולי בית זרע	5
גשר בית זרע	4
מנחמיה	3
צינור המים	2
סכר כביש 90	1

1) תרשים מספר 1: ערכי עכירות בתחנות דיגום לאורך הירדן הדרומי (3.11.05)

מתוך סקר אקולוגי ירדן דרומי, גזית, הרשקוביץ, המעבדה לאקולוגיית נחלים אוני תל אביב 2005

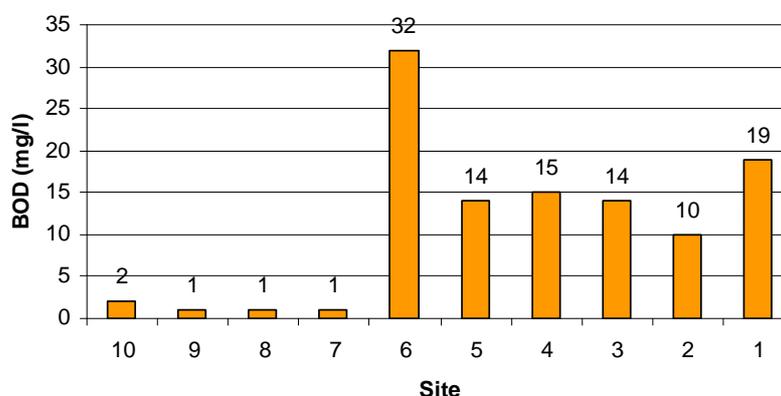
2) תרשים מספר 2

ריכוז צח"ב בתחנות

הדיגום לאורך הירדן

הדרומי (3.11.05)

מתוך סקר אקולוגי ירדן דרומי,
גזית, הרשקוביץ, המעבדה
לאקולוגיית נחלים אוני תל אביב
2005



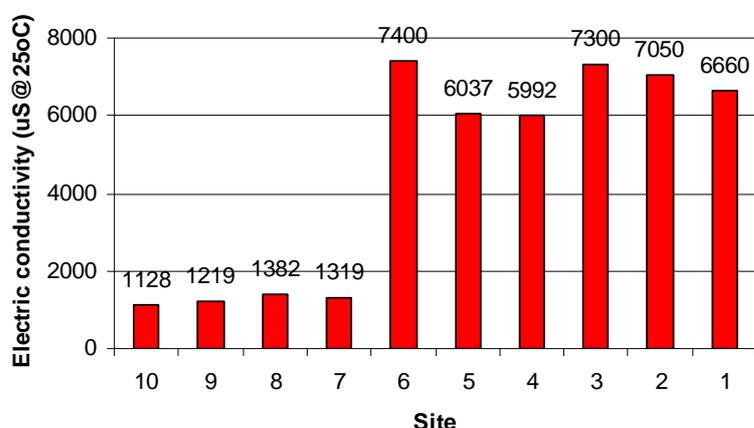
3) תרשים מספר 3

ערכי מוליכות חשמלית

בתחנות הדיגום לאורך

הירדן הדרומי (3.11.05)

מתוך סקר אקולוגי ירדן דרומי,
גזית, הרשקוביץ, המעבדה
לאקולוגיית נחלים אוני ת"א 2005



4.9.3 סיכום הנתונים

ניתן להבחין בשלושה קטעים עיקריים לאורך הנהר:

בתחנות 1 ו-2 זורמים מי הכנרת, ואין אבחנה במזהמים כל שהם. ערכי הגבה וטמפ' - אופייניים למימי האגם. ריכוז הכלורידים באגם היה יציב ונע סביב 240 מג"ל. פעילות שייט ונופש בנהר ובגדותיו מתקיימים מזה כמה שנים. כניסת המוביל המלוח וקולחי מתקני הטוור של טבריה ויישובי עמק הירדן (מתקן בתניה) במורד סכר אלומות בספיקה של כ - 0.5 מ"ק/שנייה הם שקובעים את איכות המים הירודה מכאן ולמורד הנהר, כפי שמתבטא מתחנה 3 ואילך.

התחנות: 3-6 מייצגות את איכות המים הירודה, המושפעת מכניסת ביובים נוספים לאורך קטע זה, בהם: המוביל המלוח המביא את קולחי טבריה ומתקן ביתניה, ניקוז בריכות הדגים של קבוץ אפיקים, שפכי הקבוצים אשדות יעקב (איחוד ומאוחד) - לאחר טפול ראשוני, קולחי מנחמיה - לאחר בריכת חמצון. שפכים וקולחין אלו תורמים לעליה בריכוזי הנוטריינטים ומתבטאים בעליה משמעותית בריכוז החנקן במים.

התחנות מס' 7 ו-8 מייצגות את כניסות המים שבבקעת בית שאן, בהם ניקוז בריכות דגים. עיקר תוספת המים לנהר מגיעה מנחל חרוד, אשר בספיקה של כ - 600 מ"ק/שעה מעמיס מזהמים בריכוזים גבוהים. עיקר המזהמים באים ממקור אורגני - שפכי תעשיות מזון ושפכים ביתיים - רובם ללא כל טיפול. יחד עם זאת - מתרחשים בנהר תהליכי טיהור עצמי, הממתנים את השפעת

נחל חרוד, המהולים גם במימי עינות חסידה הנקיים. השפעת נחל יבנאל - המגיע לירדן במעלה קטע זה זניחה ולא מורגשת בגלל ספיקתו הנמוכה.

תחנות 9 עד 11 לא נדגמו בשנת 2007 (תחנה 9 נדגמה רק בסתיו), מסיבות ביטחוניות. מתוך סקרים קודמים (2004-2005), בתחנות אלו מבחינים ביציבות בריכוזי נוטריינטים. עלייה בריכוז חמצן מומס במים וירידה בריכוז חיידקי הקולי מעידים על טיהור עצמי. צבע המים הירוק מעיד על ריבוי האצות במים. בנוסף קיימת עליה בריכוז המלחים בגלל כניסות מים מליחים וניקוז ההמסת שכבות קרקע מלוחות בבקעת הירדן. בסה"כ איכות המים במקטע זה מוגדרת כבינונית ביחס לשני האזורים האחרים.

4.9.4 נתונים לימנולוגיים עבור יובלי הירדן מתוך הסקר של רשות הטבע והגנים

טבלה מספר 2: נתונים לימנולוגיים בתחנות ביובלי הירדן המערביים (דו"ח פעילות מסכם לשנת 2007 "ניטור מים ונחלים" מטעם המשרד להגנת הסביבה, אשכול תשתיות, האגף למים ונחלים).

תחנה	תאריך	Doxsat (%)	TSS (mg/l)	BODt (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	Ptot (mg/l)	Fcoli (cfu/100 ml)
שפך נחל יבנאל	אביב	99	24	0.2	0.05	13.5	0.014	0.3	1800
	סתיו	104	16	0.65	0.7	12.3	0.007	0.1	1600
נחל תבור (גשר כביש 90)	אביב	148	5	0.3	0.05	6.1	0.022	0.2	4500
	סתיו	104	11	1	0.5	9	0.05	0.1	150
נחל חרוד (כביש הפטרולים)	אביב	96	266	55.2	4.7	1.6	0.74	1.1	11000
	סתיו	85	116	62	5.9	2.4	0.91	1.9	57000
שפך נהר הירמוך	אביב	106	5	0.9	0.05	3.6	0.029	0.2	70
	סתיו	108	5	1	1.2	4.6	0.03	0.1	210

▪ הסבר לגבי הפרמטרים והיחידות ניתן בתרשימים 4.9.1/4.9.2 וכן בטבלה 4.9.1.

▪ ניטור האביב התבצע בתאריך 16/4/07 וניטור הסתיו התבצע ב- 15/10/07.

4.9.5 סיכום הנתונים:

נחל יבנאל: ריכוזי נוטריינטים נמוכים וריכוז חמצן גבוה במים, מעידים על מצב תברואי טוב בנחל וסביבתו. הימצאות חלקיקים מרחפים, חיידקי קולי ואמוניה נובעת מרעיית בקר במימי הנחל.

נחל תבור: כאמור מימי מעיינות נחל תבור מאוחזים ע"י קיבוץ גשר במעלה הנחל, ורק עודפי המעיינות והזרימות השיטפוניות מקיימים בחורף את הזרימה עד לחיבור עם הירדן. בקיץ ובסתיו אין רצף זרימה עד נהר הירדן. המים צלולים ומצבם התברואי טוב כל עונות השנה. הימצאות חיידקי קולי ואמוניה היא כתוצאה מרעיית בקר במימי הנחל.

נחל חרוד: מתוך הנתונים של תחנה זו, וכן מנתונים של שאר התחנות הנדגמות בנחל במסגרת הסקר הכללי של ניטור הנחלים ע"י רשות הטבע והגנים, ניכר כי המצב התברואי הכללי של הנחל ירוד. מיהול המים במימי מעיינות חסידה, מתבטא היטב בעליית ריכוז החמצן המומס ובירידה בריכוזי חנקן כללי, זרחה וצח"ב ביחס לתחנות במעלה השפך לירדן. יחד עם זאת, מימי נחל חרוד יורדים אל נהר הירדן, כשלמרות המיהול הזה, הם מזוהמים ועמוסים חומר אורגני בלתי מעוכל. מצב זה שורר במימי הנחל שנים רבות, ומהווה גורם משמעותי גם לזיהום הירדן.

מתוך הטבלה ניתן לראות את התרומה הניכרת של חומר אורגני, אמוניה ומזינים שמגיעים לירדן מנחל זה לעומת שאר הנחלים.

נהר הירמוך במורד אגם נהריים: המים היורדים דרך סכר אגם נהריים הם למעשה מי ניקוז בריכות דגים של מסדה ושער הגולן, וכן ניקוז שדות של הקיבוצים הללו. כללית – המים באיכות טובה, ריכוז נוטריינטים נמוך וריכוז כלוריד מעט גבוה (800 - 450 מג"ל) בגלל ניקוז השדות. הספיקה מוערכת בכ - 300 מק"ש באביב וכ - 200 מק"ש בסתיו.

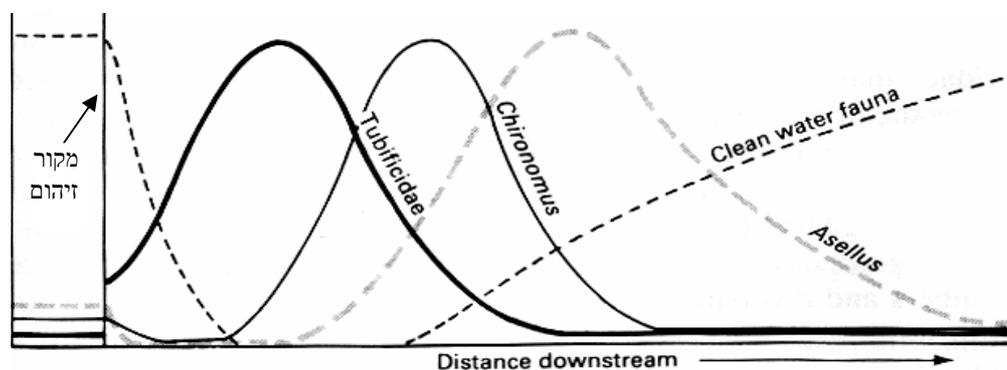
4.10) ניטור ביולוגי של נחלים

בניטור ביולוגי נעשה שימוש בתגובה ביולוגית לצורך בחינת איכות המים. הניטור הביולוגי מאפשר הערכה אינטגרטיבית של כל הגורמים הקשורים בזיהום, אשר בנוסף יש להם רלוונטיות לפגיעה אקולוגית בהתחשב באופי הנוכחי של הנחל (אופי הנחל המתבטא למשל בכמות המים, משטר הזרימה, טמפ' וכו'). בכך מהווה הניטור הביולוגי אלטרנטיבה או תוספת יעילה לשיטות הערכה אחרות, המבוססות בעיקר על ניטור כימי ופיזיקאלי של איכות המים. שיטות אלו לא מייצגות באופן מלא את מצב המערכת האקולוגית, אלא מציגות תמונת מצב רגעית, אשר מוגבלת ביכולתה לאתר אירועי זיהום חולפים או הפרעות סביבתיות שאינן קשורות בזיהום. הניטור הביולוגי עונה על הקושי הקיים בהבנת השפעת מכלול האינטראקציות בין מרכיבי הזיהום ודרגתם על המערכת האקולוגית. (מילשטיין 2002).

רוב הניטור הביולוגי שמתבצע היום מתבסס על רמת החברה (צמחי המים, חסרי חוליות גדולים או דגים). במחקר הנוכחי נערוך ניטור ביולוגי באמצעות מעקב אחר חברת חסרי החוליות הגדולים (חח"ג), הבנתיים, אשר מספק יתרונות מרובים.

4.11) תגובת חסרי החוליות הגדולים לזיהום אורגני

חסרי החוליות הגדולים, הינם אורגניזמים אשר גודלם עולה על $200\mu\text{M}$, והם מאכלסים את מקווה המים במשך שלב אחד לפחות משלבי התפתחותם (ביצה, זחל או בוגר). שינויים שחלים בבית הגידול וגורמים להרעה בתנאי הסביבה, יתבטאו לרוב בירידה בעושר המינים ובמגוון המינים, ועלייה בשפיעות המינים הטוראנטיים לתנאים אלו (הרשקוביץ, 2002). האיור מתאר את השפעות הזיהום האורגני על חסרי החוליות הגדולים.:



ניתן לראות שזיהום אורגני מביא להיעלמות של מאכלסי המים הנקיים, וגורם לעלייה בשפיעות של מינים אחרים בעלי עמידות לזיהום. בגרף מתואר מעקב אחרי שני מינים בולטים בעלי עמידות לזיהום אורגני: תולעים דל זיפיות ממשפחת ה- Tubificidae וזחלי ימשושים –

Chironomidae. למינים האלו יש מנגנוני נשימה מיוחדים שמאפשרים להם להתגבר על התנאים ההיפוקסיים שקיימים בנחל, כגון סיפון לנשימת אוויר או נוכחות של המוגלובין בהמולימפה. המינים האלו יכולים לאכלס מגוון רחב של איכויות מים, אולם דווקא תנאים של זיהום קשה בנחל, (שלא מאפשרים את קיומם של טורפים או מתחרים), מטיבים איתם, ומאפשרים להם לפתח אוכלוסיות גדולות.

ניתן לראות שככל שמתרחקים מהזיהום, אוכלוסיית המים הנקיים מתאוששת ואילו אוכלוסיות המינים העמידים חוזרות למימדים "רגילים". זה כאמור נובע מכך שכמות החומר האורגני יורדת וריכוז החמצן הולך וגדל.

היתרונות בשימוש בחסרי חוליות:

1) מדובר בחברה עשירה במינים, המאכלסת מגוון רחב של בתי גידול בנחל ובעלת מגוון רחב של תגובות לזיהום. 2) חסרי החוליות מהווים מרכיב מרכזי במארג המזון בנחל, לכן פגיעה בהם יכולה לייצג פגיעה במערכת האקולוגית כולה. 3) בעלי תנועה מוגבלת במים, ולכן מייצגים את התנאים המקומיים בתחנת הבדיקה. 4) הדיגום ועיבוד הדגימות פשוט וזול באופן יחסי. 5) קיים ידע נרחב לגבי רגישותם לדרגות זיהום שונות (הרשקוביץ 2002).

4.12 כימות התגובה הביולוגית של חסרי החוליות:

כאמור, הרכב אוכלוסיית חח"ג מושפע באופן ישיר ועקיף, משינויים כימיים ופיזיקאליים בבית הגידול, אשר מתרחשים הן באופן טבעי והן בהשפעת פעילות אדם. השינויים מביאים לכך שמינים העמידים בפני אותם שינויים, ישרדו וישגשגו בעוד שאוכלוסיית המינים הרגישים תצטמצם או אף תעלם לחלוטין מבית הגידול (הרשקוביץ, גזית 2002).

באמצעות מניפולציות מתמטיות פשוטות יחסית, פותחו עשרות **מדדים ביוטיים** המשקפים את אותם המאפיינים באסופת חסרי החוליות הגדולים (קשורים בהרכב המינים ובשפיעות של הפרטים). המדדים האלו חייבים להיות בעלי קשר מובהק לאיכות המים, ולהשתנות באופן משמעותי בהתאם לדרגת ההפרעה הסביבתית. הערכים של מרבית המדדים מתקבלים כתוצאה מהשוואה בין אתרים בלתי מופרעים יחסית (אתרי ייחוס), לאתרים מופרעים. באמצעות שקלול מתמטי של מספר מדדים ניתן ליצור "**ציון ביוטי**". קיימים ציינים פשוטים וציינים מורכבים יותר, והם מהווים למעשה את קנה המידה לאבחון מצב הנחל.

4.13 ציון ביוטי מורכב – ציון השלמות הביולוגית B-IBI (במחקר שבוצע בירקון)

המחקר בוצע ע"י ירון הרשקוביץ ופרופ' אביטל גזית מהמעבדה לאקולוגיית נחלים באוני' תל אביב. מטרתו כאמור, היתה לבחון את האפשרות לשימוש בחסרי חוליות גדולים לצורך הערכת מצב הנחלים בישראל (כאשר הירקון הובא כמודל).

באמצעות חברת חסרי החוליות נקבעה בריאות הנחל - ביטוי איכותי להערכת מצב הנחל בין "גרוע ביותר" ועד ל"טוב מאוד". כמו כן נקבעה גם השלמות הביולוגית - ביטוי מספרי להערכת מצב הנחל בין 1 ל- 5 ("מצב שלמות" בדרגה 1 מצביע על בריאות גרועה ביותר, בעוד שדרגה 5 מסמלת בריאות טובה מאוד).

השיטה שבה השתמשו במחקר מבוססת על דיגום אסופות חח"ג מאתרים שונים בנחל, ביניהם גם אתרים בלתי מופרעים במעלה, ששימשו כאתרי ייחוס. העיקרון הבסיסי ביותר על פיו מבוססת

השיטה הוא שלחלק ממאפייני אסופת החח"ג, יש כאמור קשר מובהק עם הפרעה הסביבתית. לכן, ע"י השוואה של מאפייני האסופות באתר הנבדק אל מול האתר הנקי (אתר הייחוס), ניתן להסיק מהי רמת ההפרעה במערכת.

במחקר השתמשו "בציין השלמות הביולוגית" - **B-IBI – Bentic Index of Biological Integrity** (ציין מורכב המשקלל מספר רב של מדדים). תחילה ביצעו איסוף של חסרי החוליות באתרים לאורך הנחל. החח"ג שנאספו מוינו, נספרו והוגדרו עד לרמה הטקסונומית האפשרית הנמוכה ביותר. האסופות אופיינו וכומתו למדדים, כאשר בהמשך נבחנה תגובת אותם מדדים לאיכויות המים השונות בירקון. רק שישה מאפיינים של האסופות הראו קשר מובהק לאיכות המים, ולכן רק הם היו רלוונטיים לבחינה כמדדים ביולוגיים. ששת המדדים הביטים האלו שוקללו ויצרו את "ציין השלמות הביולוגית" **B-IBI – Bentic Index of Biological Integrity**, באופן הבא: לכל מדד ניתנו ציונים מספריים 1, 3 או 5 על פי רמת התגובה הביולוגית (המעדה על רמת ההפרעה) - גבוהה, בינונית או נמוכה, בהתאמה. הציונים של כל המדדים סוכמו ואז נורמלו ע"י חלוקה במספר המדדים (6 מדדים).

כאמור ערכי ציין השלמות הביולוגית נעים בין 1 ("גרוע ביותר") ל-5 ("טוב מאד"). בעזרת ציין זה תוארה השלמות הביולוגית של קטעי הנחל השונים בירקון.

המחקר נערך במשך שלוש שנים במהלכן נדגמו שמונה תחנות אשר מייצגות בתי גידול בעלי איכויות מים שונות. שלוש התחנות במעלה הנחל נחשבות לנקיות מזיהום, שלוש התחנות במרכז הנחל סובלות מזיהום אורגני, ואילו שתי התחנות במורד הנחל מכילות מים באיכות משופרת חלקית. בהתאם למצופה מתוך איכויות המים, ציין B-IBI תיאר את בריאות הנחל כטובה במעלה, נמוכה מאוד בקטע המזוהם ובינונית במורד. תחנה אחת בקצה הקטע הנקי קיבלה הערכה נמוכה יחסית מהמצופה, בין "גרועה ביותר" ועד "בינונית". הערכה זו הוסברה על ידי הפרעות סביבתיות אחרות, שאינן קשורות לזיהום אורגני (כגון התייבשות, לחץ טריפה מוגבר, חומרי הדברה ועוד). תוצאות המדדים הביולוגיים בתחנה זו ממחישות את יתרונן של הניטור הביולוגי על פני ניטור כימי-פיזיקאלי (אשר לא הביא לידי ביטוי את ההפרעה בתחנה זו). הערכת השלמות הביולוגית על פי מודל הירקון יושמה בעשרה נחלים שונים. למרות מגבלות של מחסור באתרי יחוס, השימוש בחח"ג נמצא ככלי יעיל לקביעת בריאות הנחלים בארץ (גזית, www.yarqon.org.il).

4.14 ציין ביוטי פשוט – ציין רגישות הטקסונים TSI

דוגמא פשוטה לשימוש בציין היא "ציין רגישות הטקסון או TSI. הציין מבוסס על מידע קיים בספרות לגבי רגישות של טקסונים מסוימים לדרגות זיהום שונות. לכל טקסון של חח"ג, ניתן ערך רגישות יחסי אשר יכול לנוע בין 1 (לא רגיש לזיהום, למשל זחלי ימשושים) ועד 10 (טקסון רגיש ביותר לזיהום). פרופורציית כל טקסון מוכפלת בערך הרגישות הספציפי ולבסוף מסוכמות המכפלות של כל הטקסונים באסופה. ערכי הציין צפויים לרדת עם



תרשים 5:
עלייה בערכי ציין TSI בעקבות השיפור באיכות המים.

העלייה ברמת הזיהום בשל נוכחות מינים עמידים. ערכי ציין גבוהים מ- 5 מאפיינים לרוב אתרים בלתי מזוהמים ואילו ערכי ציין נמוכים מ-3 מעידים על איכות מים ירודה (גזית, הרשקוביץ 2003).

4.15) ניטור ביולוגי בירדן הדרומי

בחירת השפעת הזרמת הקולחים האיכותיים על בריאות הנחל, תבוצע באמצעות ניטור ביולוגי של חברת חח"ג בתחנות הנבחרות, לפני ואחרי הפעלת המכון החדש בביתניה.

לא ניתן להשתמש בציין המורכב B-IBI לצורך ניטור ביולוגי בירדן הדרומי, וזאת משום שהשימוש בו מבוסס על אתרי יחוס נקיים. בירדן קיים מקטע נקי, אך תנאי בית הגידול במקטע זה, המאופיינים במים "עומדים", לא מאפשרים השוואה אמינה ומדוייקת עם מקטעים שונים במורד הנחל אשר מאופיינים בבתי גידול של זרימה.

מדד מורכב המצריך שימוש באתר ייחוס, מחייב התחשבות באופיים הייחודי של נחלים או מקטעים של נחלים מטיפוסים שונים. השימוש בציין B-IBI מחייב בחירת מדדים ביוטים מתאימים וחישוב השלמות הביולוגית בקנה מידה מתאים לכל נחל או מקטע. לדוגמה, בנחל הירקון עושר טקסונים גבוה מ-8 מקבל ציון 5 ואילו בנחלי מקורות הירדן אותו ציון מתקבל בעושר מינים הגדול מ-15 טקסונים (גזית, www.yarqon.org.il). בדומה לכך, לא ניתן להשוות בין מאפייני אסופה טיפוסיים של בית גידול ברכתי, אל מאפייני אסופה טיפוסיים של בית גידול זורם.

במחקר שנבצע בירדן נשתמש בציין רגישות הטקסון (TSI), אשר לא מחייב שימוש באתר ייחוס נקי. כימות הנתונים במקרה זה מבוסס על מידע הקיים בספרות, ואין צורך בהשוואת מאפייני האסופה שנדגמו אל מאפייני אסופה של מים נקיים.

4.16) אופן הדיגום הביולוגי

האפיון של חברת חסרי החוליות הגדולים הבנתיים יתבצע באמצעות דיגום של מצעי גידול טבעיים בתחנות המחקר - דיגום סביבות צמחייה, ענפים השקועים במים או אבנים. הדיגום יתבצע באמצעות רשת פלנקטון (גודל נקבים 420 ננומטר), המתאימה לאיסוף חסרי חוליות גדולים. בנוסף ליצורים הבנתיים, נלכדים ברשת חסרי-חוליות השוחים חופשית במים. הדיגום יתבצע ממורד הנחל למעלה, וזאת על מנת שלא לדגום חסרי חוליות שנשחפו בזרם. בע"ח שנאספים נבדקים בשטח כאשר הם עדין חיים, אז נערך רישום ראשוני של טקסונים. לאחר מכן הדוגמאות מהמקטעים השונים משומרות באתנול (70%), ומעברות להמשך מיון הגדרה וספירה יסודיים במעבדה. הנתונים מהדיגום משמשים מאוחר יותר לקביעת עושר צפיפות ומגוון המינים, מהן יחושבו המדדים הביוטיים.

פרוטוקול הדיגום פותח בעבודתו של ירון הרשקוביץ במהלך המחקר שבוצע בירקון, ונעשה בו שימוש בסקרים הביולוגיים שבוצעו גם בנחל אלכסנדר, בקישון ובירדן הדרומי.

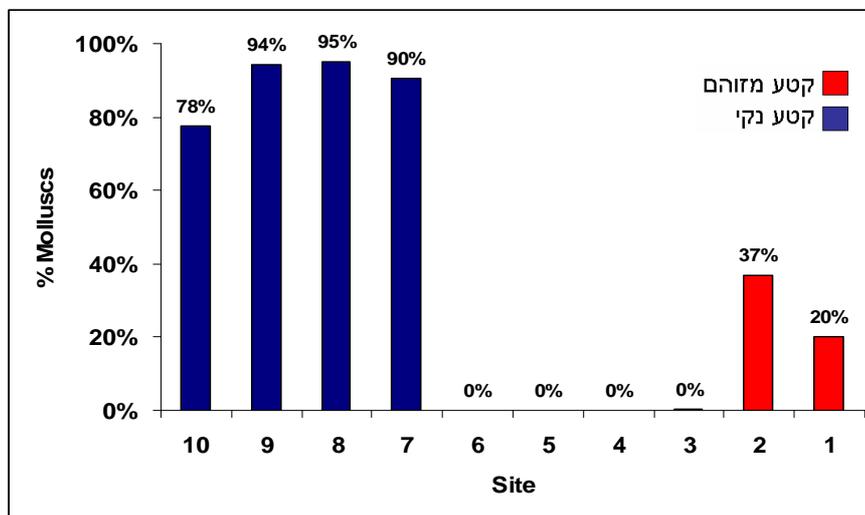
4.17) נתונים ביולוגיים קיימים – ירדן דרומי

להלן מוצגים נתוני דיגום חסרי חוליות שנערך בירדן בנובמבר 2005. הסקר בוצע ע"י ירון הרשקוביץ ופרופ' אביטל גזית מהמעבדה לאקולוגיית נחלים באוני' תל אביב, הוא לווה גם בדיגום לימנולוגי אשר את חלק מתוצאותיו הצגנו בפרק זה.

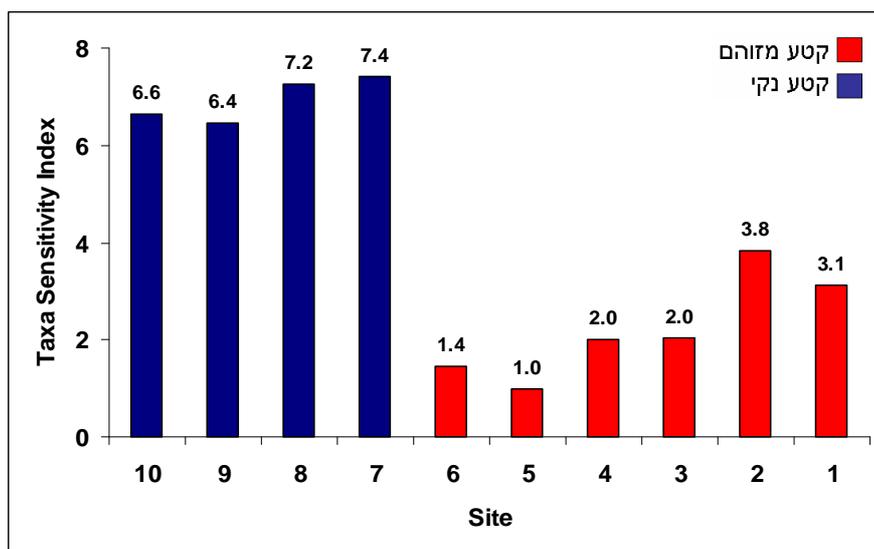
בעבודתם ציינו החוקרים את אחד ההבדלים הביולוגיים הבולטים בין הקטע הנקי למזוהם, והוא שליטה של טקסונים ממחלקת הרכיכות בקטע הנקי והעדרם ממרבית המקטעים המזוהמים. לעומת זאת, זחלי זבובאים (Diptera), היו הקבוצה הדומיננטית בקטע המזוהם שבמורד סכר אלומות.

בריאות הנחל של אתרי הדיגום חושבה באמצעות ציין רגישות הטקסונים (TSI). ערכי הציין באתרים שבמעלה סכר אלומות היו גבוהים בהשוואה לערכי הציין בתחנות שבמורד סכר אלומות. הערכים הגבוהים יחסית באתרי הדיגום שבמעלה הסכר הוסברו בשפיעות גבוהה של חסרי חוליות רגישים לזיהום, כדוגמת רכיכות. לעומת זאת, ערכי ה TSI הנמוכים במורד הסכר הוסברו בנוכחות של מינים עמידים לזיהום, כדוגמת זחלי זבובאים (גזית, הרשקוביץ, סקר אקולוגי ירדן דרומי 2006).

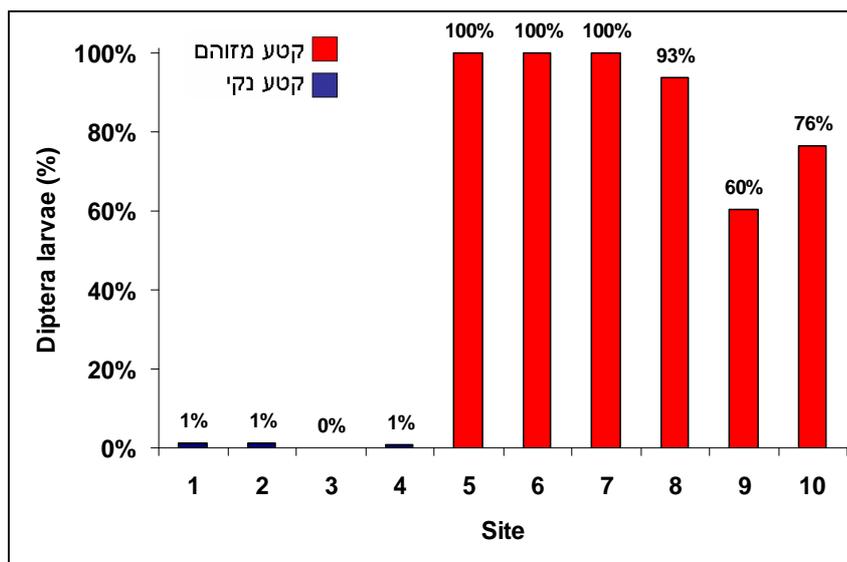
מיקום	תחנה
בית ירח	10
ירדנית	9
דגניה	8
מעלה סכר אלומות	7
מורד סכר אלומות	6
נפתולי בית זרע	5
גשר בית זרע	4
מנחמיה	3
צינור המים	2
סכר כביש 90	1



תרשים 6: אחוז המינים ממחלקת הרכיכות שנמצאו בתחנות לאורך הירדן הדרומי (גזית, הרשקוביץ, סקר אקולוגי ירדן דרומי 2006) (3.11.05).



תרשים 8: ערכי ציין רגישות הטקסונים (TSI) שחושבו עבור תחנות בירדן הדרומי (גזית, הרשקוביץ, סקר אקולוגי ירדן דרומי 2006) (3.11.05).



תרשים 7: אחוז טקסונים מסדרת הזבובאים שנמצאו בתחנות בירדן הדרומי (גזית, הרשקוביץ, סקר אקולוגי ירדן דרומי 2006). (3.11.05).

5) חלק חמישי: דיון

5.1) שיקום חלקי של הירדן באמצעות קולחים איכותיים

כאמור, אנו צופות שלאחר שיופעל מיתקן טיהור השפכים החדש בביתניה, תחל מגמת שיפור באיכות המים בנהר הירדן במורד סכר אלומות. שיפור באיכות המים יבוא לידי ביטוי בשיפור מדדים ביולוגיים בכלל זה הרכב ושפיעות יחסית של חסרי חוליות גדולים.

אין ספק שהזרמת קולחים לנהר, באיכות גבוהה ככל שתהיה, אין ביכולתה להביא לשיקום מלא של הירדן. הזרמה של קולחים יכולה להביא לשיפור מסויים במצב הנהר (enhancement).

השיפור יבוא לידי ביטוי בעיקר בנקודות בהן תוחלף הזרמת שפכים וקולחים, במים המטוהרים ברמה גבוהה יותר (למשל רמה שלישונית). כמו כן ככל שיותר מט"שים יעברו להזרמת קולחים ברמה שלישונית, נצפה לרמת שיקום גבוהה יותר. בהקשר זה יש להוסיף, כי חלק ממקורות הזיהום מקורם בירדן. על כן יש לשאוף לשיתוף פעולה, ולשדרוג והקמה של מכונני טיהור שפכים מתקדמים גם בצד המזרחי של הנהר. בכל מקרה, חשוב להדגיש כי במצבו הנוכחי של הירדן, כל פעולה לשיפור איכות המים, גם אם מדובר בצעד ישראלי בלבד, יכולה לתרום לשיפור מצב הנהר.

5.2) בעיות

א) קיים קושי להעריך ולכמת את רמת השיקום שהושגה, מאחר ולא קיים במחקר אתר השוואה נקי, שמאפייניו (כגון משטר הזרימה והטמפ'), דומים למאפייני הירדן. מחקר עתידי או מקביל, צריך לבחון אתרים "נקיים" הדומים לירדן. ניתן למשל לבדוק את מורדו של הירמוך, אשר למרות שאף הוא סובל מגירעון מים, נחשב לנקי מזיהומים, והוא זורם בתנאים הדומים לתנאים בנהר הירדן.

שילוב של נתונים מאתרים נקיים יעזרו להעריך את רמת השיפור שהושג בירדן, מאחר שבכך יתאפשר השימוש בשיטות ניטור ביולוגי המבוססות על בדיקה אתרי רפרנס (למשל מדד "השלמות הביולוגית" שהוזכר).

ב) נתייחס גם לקושי שבדגימת התחנות הדרומיות (15-17), שנמצאות בשטחי הרשות הפלסטינית. לתחנות אלה חשיבות גדולה למחקר, מאחר וקיים בהן "טיהור עצמי" של הנהר, אשר מהווה נדבך חשוב בפוטנציאל השיקום. נציין שכאמור, צוותים ישראלים מטעם רשות הטבע והגנים דגמו תחנות אלו בעבר, אולם לא תמיד ניתן לעשות זאת מטעמי בטחון. ניתן לשאוף לשיתוף פעולה עם גורמים ברשות הפלסטינית, אשר להערכתנו גם להם אינטרס בשיקום הירדן (לצורך כך אפשר להשתמש בשירותי ארגון "ידידי כדור הארץ – המזה"ת", אשר פועלים אף הם למען שיקום הירדן ולהם סניפים בישראל, ברשות הפלסטינית ובירדן).

5.3 תרומת המחקר

1. הערכת שיפור מצב המערכת האקולוגית בירדן בעקבות שידרוג מט"ש ביתניה, תהווה בסיס נתונים ראשוני, אשר באמצעותו ניתן יהיה להעריך את פוטנציאל השיקום של הנהר באמצעות הזרמה של קולחים איכותיים משאר מקורות הזיהום. שיפור המצב האקולוגי בנקודה ספציפית, יאפשר בחינה של המשך התהליך על ידי שידרוג והקמה של מט"שים נוספים.

2. אין כיום נתונים מספקים לגבי השפעתם של קולחים שלישוניים על נחל, בעיקר על נחלים שבהם אין מיהול במים שפירים. במחקר משנת 2001 שבוצע בירקון, נמצא כי ריכוזי הנחשת והאמוניה המותרים להזרמה אל הנחלים, בהתאם לתקן הישן (20/30), גבוהים בסדר גודל מהרמה האקוטית המחושבת עבור חסרי חוליות (מילשטיין 2001). תוצאות המחקר, בתחנות שקרובות למט"ש ביתניה יכולות להוות בסיס להערכה ראשונית לגבי התאמתם של קולחים מאיכות שלישונית על פי התקן החדש (10/10) לשיקום נחל. תחנות אלו יהיו מושפעות כמעט במאה אחוז מקולחים שלישוניים, ללא מיהול.

5.4 שימושים במים במורד הירדן

כפי שכבר צוין, מים באיכות שלישונית הינם מצרך יקר. על פי טבלת צריכה מתוכננת לשנת 2010 של נציבות המים (קינן 2005), ניתן לראות מגמת ירידה בשימוש במים שפירים בחקלאות, ועלייה בהכנסה לשימוש של מי קולחים. על סמך נתונים אלו, ובהתחשב במשבר המים, בעלויות הגבוהות של טיהור המים, ובהסתמכות על החקלאות כמקור גאוה לאומי, נראה כי המאבק של הגופים הירוקים למען הטבע מול הלובי של החקלאים אודות זכויות המים, יהיה מאבק ארוך וקשה.

על כן יתכנו מספר אלטרנטיבות לניצול המים במורד הירדן:

1. הקצאת קולחים שלישוניים לירדן תהיה במתכונת של "הקצאת פיקדון". המים יאספו במורד, ויפנו לטובת השקיה חקלאית. מצב זה כרוך בטיהור נוסף של המים לאחר הטייתם, או בהפסקה מוחלטת של הזרמת שפכים לירדן לכל אורכו. ניתן גם להתפיל את המים בשפך

הירדן, אך זו אפשרות פחות סבירה להערכתנו, מפאת כמות המים הקטנה ומחיר התהליך היקר.

2. המים יישארו ברשות הטבע ויסוחררו חזרה למעלה הנהר, כאשר במקביל תוזרם כמות שנתית קטנה לכיסוי הגרעון (הנוצר בעקבות אידוי ותהליכים טבעיים). גם אפשרות זו כרוכה בהשקעת כספים (עבור בניית התשתית ותחזוקתה).

3. הזרמה לים המלח. אין ספק שהזרמה של קולחים (בסדר גודל דומה לכמות המים הזורמת היום בירדן), לא יכולה לפתור את בעיית ירידת המפלס. כאמור המחקר יוצא מנקודת הנחה שהפיתרון שיבחר לסוגיית ים המלח הוא "תעלת הימים", ולכן המחקר לא מתמקד בפיתרון בעיה זו. יחד זאת, ברור כי הזרמה של מים לים המלח ממקור נוסף, תסייע לעליית המפלס.

5.5 מחקרים עתידיים

א) חשוב לבצע מחקר שיבחן את הכדאיות כלכלית בשיקום נהר הירדן באמצעות קולחים איכותיים. צריך לקחת בחשבון את מחיר המים המטוהרים, מחיר תשתיות ואת התועלת הכלכלית אשר ניתן להפיק מנהר ירדן משוקם. לשיקום מלא או חלקי של הירדן אספקטים כלכליים משמעותיים. רווחים כלכליים יכולים להתממש על ידי הגדלת שירותי המערכת האקולוגית באמצעות הקמת פארקים ופעילויות נופש, הקמת אתרי עלייה לרגל עבור צליינים וכו'. נושא זה חשוב ביותר ובעל משמעות רבה בקרב מקבלי ההחלטות.

ב) יש צורך להמשיך ולעקוב אחר שיפור מצבו האקולוגי של הירדן, בעקבות שיקום של יובליו אשר כיום מזרימים אליו זיהום. כפי שצוין, בתקופה זו מתבצע ניסיון שיקום של נחל חרוד, היובל המערבי הגדול ביותר של הירדן. נחל חרוד נחשב לאחד המזהמים העיקריים של הירדן, בעקבות שפכים וקולחים שהוא מזרים אליו מהמועצה האזורית בית שאן. קיימת תוכנית להקמת מט"ש חדש שירכז את שפכי בית שאן, המועצה האזורית בית שאן ומועצה אזורית גלבע (מילת"ב 2006). סביר להניח ששיפור מצב נחל חרוד, יוביל לשיפור נוסף במצב הירדן.

5.6 סיכום

בהתחשב בתנאים שהמציאות במזרח התיכון מכתובה, אין אפשרות כיום להביא לשיקום מלא של הנחל, (full restoration), ע"י חזרה לזרימה ההיסטורית, הן מבחינת כמות והן מבחינת איכות המים. בשלב זה, ניתן לשאוף להשגת שיפור במצבו של הירדן על ידי טיפול בגורמי ההפרה המרכזיים. מאחר ומצב הירדן כיום ירוד ביותר בעקבות הזרמת השפכים, יש בראש ובראשונה, לפעול למען סילוקם. אולם, סילוק השפכים המהווים את מקור המים העיקרי בירדן היום, עלול לגרום ליבוש הנהר. על כן הזרמתם לאחר טיהור נחשבת לדעתנו כפתרון המידי למצב. הנחל יזכה גם לזרימת מים קבועה, וגם לאיכות מים אשר תקטין את הפגיעה בערכיו האקולוגיים והחזותיים.

6) רשימה ביבליוגרפית

- גבירצמן א. (2002): היצעים- פוטנציאל המים בין הירדן לים בסוף המאה ה-20. מצוטט אצל משרד הבינוי והשיכון (2007): עקרונות מנחים לתכנון ישובים ושכונות בני קיימא.
- גזית א., הרשקוביץ י. (2002): חברת חסרי החוליות הגדולים כאמצעי לניטור נחלים בישראל: נחל ירקון כמודל לנחלי החוף, הפקולטה למדעי החיים אוניברסיטת תל אביב.
- גזית א., הרשקוביץ י., בן-דוד א. (2003): דו"ח מצב נחל אלכסנדר לפני הפעלת פרויקט החרום, המכון לחקר שמירת הטבע, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב.
- גזית א., מילשטיין ד. (2003): שימוש בחילוון המים שחריר הנחלים Melanopsis כביואינדיקור לבחינת איכות המים בנחלים, הפקולטה למדעי החיים אוניברסיטת תל אביב.
- גזית א., הרשקוביץ י. (2006): סקר אקולוגי ירדן הדרומי, הפקולטה למדעי החיים.
- גלזמן ה., אורטל ר., לשנר ה. (2003): סקר אקולוגי נחל חרוד-2002, דו"ח מסכם המוגש למנהלה לשיקום נחל חרוד, רשות הטבע והגנים.
- גליק נ. (1946): 'הירדן' מוסד ביאליק, ירושלים.
- הולצמן ר., שביט א., סגל מ., ונגוש א., פרבר א., גבריאלי א., גלזמן ה. (2002): מדידות ספיקה בנהר הירדן הדרומי מים והשקיה ירחון ארגון עובדי המים. מס' 423, עמ' 14-17.
- החברה להגנת הטבע (2008): מעיינות ונחלים בישראל 2008: דו"ח מספר 1-מצב המים במעיינות ונחלים, החברה להגנת הטבע.
- הלפרין ר., עלוני א. (2003): כללים לשימוש חוזר בקולחים בעיר, בנופש ובתעשייה.
- המשרד לאיכות הסביבה ורשות הטבע והגנים (2002): זכות הטבע למים- דרישות מים עבור גופי מים ובתי גידול לחים- מסמך מדיניות.
- ועדת ענבר (2003): ועדת התקינה- תקן איכות קולחים ("ועדת ענבר"), פארטו הנדסה בע"מ.
- ידידי כדור הארץ המזרח התיכון (2005): חוצים את הירדן.
- מוסד שמואל נאמן (2007): בעיית ירידת המפלס בים המלח, חלופות לפעולה.
- מילת"ב (2006): דו"ח פעילות לשנת 2006, המינהל לפיתוח תשתיות ביוב, משרד התשתיות הלאומיות.
- מנהלת הנחלים (2008): סיור וישיבה שנתית, דו"ח פעילות, תקציב ותכנית עבודה, מנהלת הנחלים.
- סופר א. (1992): נהרות של אש, הוצאת הספרים של אוניברסיטת חיפה.
- קינן ת. (2005): צדק במים: זכויות אדם ומים בישראל, ידידי כדור הארץ המזרח התיכון.
- קליאוט נ. (2003): זיהום סביבתי חוצה גבולות ושיתוף פעולה חוצה גבולות בנושאי סביבה: ישראל, ארצות ערב והרשות הפלשתינית, דו"ח המוגש למועצה הלאומית לאיכות הסביבה הוועדה לשיתוף פעולה אזורי, החוג לגיאוגרפיה, אוניברסיטת חיפה.
- קליאוט נ., הופמאייר-טוקיץ' ש. (2003): זיהום סביבתי על ידי שפכים-היבטים של צדק סביבתי, המועצה הלאומית לאיכות הסביבה.
- קפלן מ. (2004): נחלי ישראל- מדיניות ועקרונות תכנון, המשרד לאיכות הסביבה.

- רינת צ. (2008) : כמות המים לאתרי טבע תקוצץ בשליש, 11.5.2008, www.haaretz.co.il.
 - רשות הטבע והגנים (2008) : ניטור מים ונחלים - דו"ח פעילות מסכם לשנת 2007, היחידה לניטור סביבתי מדור ניטור נחלים.
 - רשות נחל הקישון (2006) : נחל קישון – דו"ח ניטור סתיו 2006.
 - תה"ל, נציבות המים (2000) : זרימות בנהר הירדן התחתון. דו"ח מס' 6130, עמ' 44.
-
- FAO (2003-a): Review of World Water Resources by Country.
 - FAO (2003-b): Water availability per person per year
-
- www.kkl.org.il
 - www.wikipedia.org
 - www.sviva.gov.il
 - www.ramsar.org
 - www.waterconference.org
 - www.yarqon.org.il

בחינת ההשפעות הסביבתיות והכלכליות הכרוכות בהתפלה אל מול ניהול משק המים בישראל



עורכי הפרויקט:

דרומי דרור 032811382 ביה"ס ללימודי הסביבה על שם פורטר
זינגר יניב 011558665 ביה"ס ללימודי הסביבה על שם פורטר
ניר בנימין 012482477 ביה"ס ללימודי הסביבה על שם פורטר
קלופמן יעל 200168094 ביה"ס ללימודי הסביבה על שם פורטר

מרכז הקורס: פרופ' אביטל גזית

מנחה/ים מסייע/ים:

ירון הרשקוביץ

דוד כץ

קורס "פרויקטים בחקר הסביבה" - תשס"ח

בית-הספר ללימודי הסביבה על שם פורטר

ספטמבר 2008

תודות

- תודה לפרופ' אביטל גזית על עריכת הקורס, על הזמנת המרצים, על ההרצאות המעניינות והמפרות, על ארגון הסיור בים המלח, על ההנחיה ובכלל על ההשקעה הרבה בקורס מורכב זה.

• תודה לאסיסטנטים:

- ירון הרשקוביץ (אקולוגיה)
- דר' דוד כץ (כלכלה)
- נעם סגל (סוציולוגיה)
- עו"ד איתי אליאב (משפטים)

אשר סייעו לנו במהלך הקורס, הנחו והדריכו אותנו.

- ברצוננו להודות בפרט לירון הרשקוביץ אשר עזר לנו אישית וליווה אותנו לאורך כל הדרך בהנחיה מסורה מאוד ובסובלנות ונתן מענה מהיר לכל פניה ובכל עת.
- תודה מיוחדת לאלי רז, מכון ים המלח למחקר ופיתוח, משרד המדע, על סיור והרצאה מרתקים, אשר גם סיפקו ידע שימושי רב להבנת המקרה הנחקר.
- תודה רבה לעו"ד גדעון ברומברג, מנהל עמותת ידידי כדור הארץ בישראל, אשר הודות לו נפתחו בעבודתנו אופקים חדשים.
- תודה לכל המרצים אשר השתתפו בקורס, ובאו במיוחד כדי לחלוק איתנו את ידיעותיהם, וסייעו בידינו לקבל תמונה מקיפה ורב צדדית של המקרה.
- תודה לדר' נורית קרס, מנהלת המחלקה לכימיה ימית בחקר ימים ואגמים לישראל שסייעה לנו בנושא ההתפלה והשפעותיה על הסביבה הימית.
- תודה לפרופ' מנחם גורן, אשר ייעץ הכוויין ותרם מידיעותיו לעבודה.

תוכן העניינים (עמ' 233–314)

241.....	מושגים.....
245.....	מבוא.....
246.....	חלק א': רקע ספרותי.....
246.....	1. ניהול משק המים.....
	1.1 מצב המים בעולם
	1.2 משק המים בישראל
	1.2.1 מים בישראל – היצע
	1.2.2 מים בישראל – ביקוש.
	1.2.3 ניהול ביקוש
255.....	2. התפלה כניהול היצע- משמעויות סביבתיות.....
	2.1 מבוא להתפלה
	2.2 מגמות התפלה בעולם
	2.3 התפלה בישראל- עבר, הווה, עתיד
	2.4 התפלה בקבלת ההחלטות
	2.5 ההשפעות הסביבתיות של מתקני התפלה
	2.5.1 שימושי קרקע.
	2.5.2 זיהום אוויר
	2.5.3 השפעה על הסביבה הימית
	5.3.1 השפעת השאיבה (intake)
	2.5.3.2 השפעת מי הרכז
	2.5.3.3 השפעת תוספים במי הרכז- כלור
	2.5.3.4 השפעת תוספים במי הרכז- מתכות כבדות
	2.5.3.5 השפעת תוספים במי הרכז- אנטי-סקלנטים (נוגדי אבנית)
	2.5.3.6 השפעת תוספים שונים נוספים
	2.5.3.7 השפעת תוספים במי הרכז- קואגולנטים
	2.5.4 הכתם האדום
	2.5.4.1 הופעת הכתם האדום
	2.5.4.2 מאפייני הברזל בסביבה הימית
	2.5.4.3 השפעות סביבתיות של ה"כתם האדום"
	2.6 סיכום
274	3. הערכת העלות אמיתית של התפלה.....
	3.1 מבוא לכלכלת סביבה
	3.1.1 רקע
	3.1.2 מושגים עיקריים בכלכלת סביבה
	3.1.3 הבעייתיות בכלכלה הקלאסית

	3.1.4 סקירת השיטות למדידת ערך כלכלי של מוצרים בלתי סחירים..
	3.1.4.1 שיטת ההערכה המותנית
	3.1.4.2 שיטת עלות נסיעה.
	3.1.4.3 שיטת ערך הנדל"ן
	3.1.4.4 שיטות להערכת תחלואה ותמותה
	3.2 עלויות ייצור מים במתקני התפלה
	3.2.1 עלויות חיצוניות
	3.2.1.1 עלויות חיצוניות שמקורן בזיהום אויר.
	3.2.1.2 עלויות חיצוניות שמקורן בתפיסת קרקע
	3.2.1.3 עלויות חיצוניות של פינוי מי הרכז והתוספים לים
	3.2.2 מחירי המים המותפלים – עלות ישירה וחיצונית
	3.2.3 סיכום
286	חלק ב': אופי המחקר.....
287	חלק ג' מטרות המחקר.....
288	חלק ד': שיטות המחקר.....
288	4. אמצעים לניהול משק המים (סקירת ספרות).....
	4.1 מקורות מידע
	4.1.1 כללי
	4.1.2 ניהול ביקוש מים- מקורות מידע מקומיים
	4.1.3 ניתוח ביקוש מים- מקורות מידע גלובאליים
	4.2 סידור הנתונים במאגר מידע
	4.3 עקומת היצע של ניהול משק מים
294	5. מחקר אוקיאנוגרפי.....
	5.1 ביצוע הניטור
	5.2 שיטות הדיגום
	5.3 מחקר אוקיאנוגרפי כימי
	5.4 ניטור ביולוגי
	5.4.1 השפעת זיהום ים על טפילות (רקע לשיטה)
	5.4.2 ניטור באמצעות בדיקת מגוון ועושר טפילים – שימוש במחקר
	5.4.3 עיבוד הנתונים
300	6. מחקר כלכלי.....
	6.1 הצעה לשיטת ההערכה המותנית (CVM)
	6.2 הצעה לשיטת עלות נסיעה (TCA)
302	חלק ה': תוצאות ראשוניות.....
302	7. ניהול משקי מים.....
303	8. מחקר אוקיאנוגרפי.....

8.1 פרופילים הפרמטרים הכלליים בגוף המים.

8.2 נוטריאנטים

8.3 כלורופיל ו- SPM

פרק ו': מסקנות והמלצות

307.....	9. ניהול משק המים.....
308.....	10. התפלה כניהול היצע- משמעויות סביבתיות.....
308.....	11. הערכת העלות האמיתית של התפלה.....
309.....	12. סיכום.....
310.....	חלק ז': רשימת מקורות.....

רשימת טבלאות

- טבלה 1.1 : היצע מים בישראל בתקופות השונות (נלקח מ- טל, 2008)
- טבלה 1.2 : היצע מים בישראל לאורך השנים (נלקח מ- הוועדה הפרלמנטארית, 2002).....
- טבלה 1.3 : השוואת הביקוש למים על פי נתוני דו"ח הכנסת מ-2002 לעומת 2008.....
- טבלה 3.1 : מחיר המים הבסיסי הכולל הממוצע של מתקן אשקלון* (נלקח מדרייזין, 2005).....
- טבלה 4.1 : עובי משקעים (מ"מ בשנה) בארבעה אתרים בקליפורניה בשנים 7-1975.....
- טבלה 4.2 : כמות המים במאגרים כאחוז מהנפח המרבי בקליפורניה בשנים 7-1975.....
- טבלה 4.3 : פירוט הישגיהם של האמצעים השונים אשר ננקטו במסגרת ריסון מרצון בארבעה מחוזות..
- טבלה 4.4 : פירוט הישגיהם של האמצעים השונים אשר ננקטו במסגרת קיצוב ואכיפה בארבעה מחוזות
- טבלה 4.5 : החיסכון המשוער בישראל בהתבסס על הישגי התוכנית בקליפורניה.....
- טבלה 4.6 : סיכום ממצאי הסקירה הספרותית בנוגע לאמצעי ניהול ביקוש ועלותם.....
- טבלה 4.7 : דוגמה לעריכת טבלה : ערך מצטבר של כמות נחסכת באמצעי ניהול שונים.....

רשימת תרשימים

- תרשים 1.2 : שימוש מים מעבר להתחדשות טבעית (ממוצע רב שנתני).....
- תרשים 1.3 : צריכת מים בישראל בשנים 1993-2000 על פי התפלגות לסוגי מים שונים.....
- תרשים 1.4 : התפלגות צריכת מים כוללת (שפירים, מליחים, ושפד"ן) בישראל בשנים 1986-2000 במגזרים השונים.....
- תרשים 1.5 : התפלגות צריכת מים שפירים בישראל בשנים 1996-2006 במגזרים השונים.....
- תרשים 1.6 : עקומת ההסתגלות הציבורית- תיאור מופשט המחשתי של ארבעה שימושי מים שונים של משפחה

.....	<u>פלונית</u>
.....	
	<u>תרשים 2.1 : תיאור סכימטי של שיטת אוסמוזה הפוכה</u>
.....	
	<u>תרשים 2.2 : פיזור מתקני ההתפלה בשיטות ההתפלה השונות סביב הים הערבי</u>
.....	
	<u>תרשים 2.3 : פיזור מתקני ההתפלה בשיטות ההתפלה השונות סביב הים התיכון</u>
.....	
	<u>תרשים 2.4 : פיזור מתקני ההתפלה בשיטות ההתפלה השונות סביב הים האדום</u>
.....	
	<u>תרשים 2.5 : מגמות התפלה בעולם עד סוף המאה ה-20, בהתפלגות בין שיטות ההתפלה השונות</u>
.....	
	<u>תרשים 2.6 : מצב התכנון והביצוע של מתקני התפלה בישראל נכון ל-2007</u>
.....	
	<u>תרשים 2.7 : רעילות כלור ביצורים ימיים, כפונקציה של משך החשיפה</u>
.....	
	<u>תרשים 2.8 : ריכוז הברזל במי הרכז במהלך הוספת התשטיפים</u>
.....	
	<u>תרשים 2.9 : הכתם האדום בפתח המוצא הימי</u>
.....	
	<u>תרשים 2.10 : הכתם האדום בפתח המוצא הימי ובהתפשטותו</u>
.....	
	<u>תרשים 2.11 : הכתם האדום בהתפשטותו</u>
.....	
	<u>תרשים 3.1 : הצגה תיאורטית של מחירי התפלה שונים בחישובי עלויות חיצוניות שונים</u>
.....	
	<u>תרשים 3.2 : הקטגוריות הנכללות בעלות ההתפלה, עם הבדלה בין נושאים מוכללים ומושמטים בעבודה זו</u>
.....	
	<u>תרשים 3.3 : מחיר מ"ק מים כנגד כמות</u>
.....	
	<u>תרשים 4.1 : קטגוריזציה התחלתית של מקורות מידע לשם ניתוחם בעתיד</u>
.....	
	<u>תרשים 5.1 : מיקום תחנות הדיגום באזור המוצא הימי של מתקן ההתפלה באשקלון</u>
.....	
	<u>תרשים 8.1 : פרופילים של טמפרטורה (3a), מליחות (3b), חמצן מומס (3c), אחוז חמצן מרוויה (3d), pH (3e) ועכירות (3f)</u>
.....	

תרשים 8.2 : ריכוזי אמוניום (NH_4^+) בתחנות השונות, בפני השטח

ובעומק.....

תרשים 8.3 : ריכוזי זרחן אנאורגאני (PO_4^{3-}) בתחנות השונות, בפני השטח

ובעומק.....

תרשים 8.4 ריכוזי זרחן אורגאני מומס (DOP) בתחנות השונות, בפני השטח

ובעומק.....

תרשים 8.5 : ריכוזי זרחן מומס כללי (TDP) בתחנות השונות בפני השטח

ובעומק.....

תרשים 8.6 : ריכוזי ניטריט וניטראט בתחנות השונות, בפני השטח

ובעומק.....

תרשים 8.7 : ריכוזי חומצה סיליצית (SiOH_4) בתחנות השונות, בפני השטח

ובעומק.....

תרשים 8.8 : ריכוזי הכלורופיל בתחנות הדיגום השונות. בפני השטח

ובעומק.....

תרשים 8.9 : ריכוזי החומר החלקיקי המרחף (SPM) בתחנות הדיגום השונות, בפני השטח

ובעומק.....

מושגים

אאוטרופיקציה (Eutrophication) היא תהליך בו נוצר מחסור ב**חמצן** בגוף המים עקב התרבותן המהירה של **אצות** הצורכות את החמצן המומס במים (התהליך נובע בדרך כלל מהעשרת המים במזהמים המשמשים מזון ליצורים חיים). אאוטרופיקציה נגרמת בגופי מים בהם יכולות להתפתח אצות; עקב הפרשה רבה של חומרים המשמשים כמזון ליצרנים הראשוניים, עלול לקרות מצב בו יופר האיזון ועלולה להתפתח תופעה של גדילת אצות מהירה מאוד, הצורכות כמויות גדולות של חמצן. התופעה גורמת לחוסר בחמצן ולעכירות גדולה של המים, מאחר ואצות פורחות בחלק העליון של גוף המים, ולכן עלולה להביא לתמותת יצורים חיים בגוף המים ובקרעית.

אוסמוזה הפוכה: שיטת התפלה המבוססת על תהליך בו ממבראנות חצי-חדירות מפרידות בין שתי תמיסות, האחת בריכוז גבוה של מלח והאחרת בריכוז נמוך של מלח. להבדיל מאוסמוזה רגילה, שבה המים זורמים מהרכז הנמוך אל הרכז הגבוה, כאן זורמים המים מהתמיסה בעלת ריכוז המלח הגבוה לתמיסה בעלת ריכוז המלח הנמוך, דהיינו, בכיוון ההפוך לתהליך האוסמוטי הרגיל, כתוצאה מהפעלת לחץ מלאכותי על התמיסה בעלת הריכוז הגבוה – הרבה מעבר ללחץ האוסמוטי הרגיל. מתקני ההתפלה המתוכננים להיבנות בישראל בשנים הקרובות מבוססים על שיטה זאת (טל, 2008).

אוקסידנטים - תרכובות כימיות הגורמות לחמצון של תרכובות אחרות.

אינדיקאטורים - חומרים המלמדים על נוכחות **תרכובות כימיות** מסוימות.

ביואקימלציה - הצטברות חומרים אנתרופוגנים במערכות ביולוגיות.

ביומגניפיקציה - קרויה גם העצמה ביולוגית, תהליך בו בכל שלב במארג עולה ריכוז המזהמים ברקמות.

ביופילמים - מבנים קרומיים רב תאים הנוצרים על ידי חיידקים המשתפים ביניהם פעולה.

בליעה אטומית - שיטה מדויקת ביותר לזיהוי איכותי וכמותי של יסודות. בשיטה זו ניתן למדוד ריכוזים נמוכים ביותר של יוני מתכות (מיקרו גרם לליטר). השיטה מבוססת על כך שכל יסוד במצב אטומי בולע ופולט אור באורכי גל מסוימים המאפיינים אותו.

ברזל שאריתי - הברזל שנותר לאחר בליה מקסימאלית.

גליקוליזה - מסלול להפקת **אנרגיה ביצורים חיים**. מקור המילה מיוונית, גליקו = מתוק, ליזה = פירוק.

דופליקט - בהקשר שלנו – חזרה על אותה דגימה.

דטרגנטים - חומר המשמש לניקוי, או תערובת של חומרים המשמשת לניקוי.

דיכרומאט - יון שלילי דו ערכי $K_2Cr_2O_7$, בעל צבע כתום עז, המשמש פעמים רבות כאלמנט טיטרציה לקביעת ריכוזי חמצן בתמיסה.

הידרוליזציה – פירוק מולקולות לרכיבים קטנים על ידי הכנסת מולקולת מים המפרקת קשר הכימי.

הומאוסטזיס - תהליך **ביולוגי**, בו **גוף חי** שומר על יציבותו הפנימית כשהוא מתבדל מהסביבה החיצונית באמצעות נטרול השפעות חיצוניות, ובאמצעות שינוי **חומרים** חיצוניים אשר מסתפחים אליו. מקור המילה **ביוונית**: הומו (פירושו "דומה"), סטאסיס (פירושו "מצב").

זואופלנקטון - (מהמלה היוונית "זואו" או "בעל חיים") חד-תאיים קטנים, סרטנאים, שטרנגלאים, שרימפס, חסילונים, קריל וכו', הניזונים מפיטופלנקטון או מזואופלנקטון; כן נכללים בקבוצה זו ביצים וזחלים של בעלי חיים ימיים אחרים (בעיקר דגים, סרטנים, ותולעים שונות).

חומצה מלאית - C₄H₄O₄ maleate – סוג של תרכובת אורגנית בעלת pH חומצי.

חומר מרחף SPM - כל חומר אשר אינו מומס, אך מצוי בעמודת המים, כגון מינרלים מסוימים, חומרים אורגניים, אצות ומיקרואורגניזמים. מעצם תכונותיו הפיסיות, עשוי להשפיע על איכות המים וצלילותם.

טיטרציה פוטנציומטרית - טיטרציית pH : טיטרציה אשר במהלכה נמדדים שינויי pH. על פי שינויים אלה ניתן לקבוע את נקודת הסתירה (הנקודה האקוויולנטית).

טפילים - (Parasites) **יצורים** (אורגניזמים) החיים בתוך או על יצור אחר, הקרוי **פונדקאי** או מאכסן (host), וממנו הם משיגים מזון או חומרים אחרים החיוניים לקיומם התקין ולהתרבותם.

טפילים הטרוקסניים - (Heteroxenous parasites) טפילים בעלי מחזור חיים מורכב, הזקוקים למאכסן ביניים כדי להשלים את מחזור החיים שלהם, לעומת Monoxenous parasites אשר הם טפילים בעלי מחזור חיים ישיר, כלומר בעלי מאכסן אחד בו הם משלימים את כל מחזור החיים שלהם.

טפילים חיצוניים - (ectoparasites) טפילים החיים על פני שטחו של הגוף. עם הטפילים החיצוניים נמנים **חרקים מוצצי דם**, כגון **יתושים** ו**זבובי צה צה**, בנוסף גם תולעים רב תאיות כמו מונוגיניאה. חלק מהטפילים החיצוניים הם פונדקאי ביניים של טפילים פנימיים.

טפילים פנימיים - (endoparasites) טפילים החיים בתוך גוף הפונדקאי. עם הטפילים הפנימיים נמנים **פטריות**, **חידקיים**, **חד תאיים**, **תולעים** ועוד. לדוגמה, תולעים כגון **תולעים עגולות** (Roundworms), **תולעי סרט** (tapeworms) ועוד החיות במעי יונקים רבים, כולל בני אדם. רוב הטפילים הפנימיים חיים ובמעיים, **ברקמות הגוף**, כגון **בשרירים**, **בלימפה**, וחלק קטן מהם פולש **לכלי הדם**.

ייצור שניוני - תוספת הביומאסה ביצורים צרכניים.

יצורים בנטיים/ בנטוס - יצורים החיים סמוך לקרקעית, עליה ובתוכה (תולעים, צדפות, אלמוגים, סרטנים וכו').

כלכלה: לעתים המושג כלכלה מעורר באנשים אסוציאציות של כסף, אך לא זו כוונתנו כאשר אנו משתמשים במושג. כלכלה הינה תחום הפעולה האנושית המכוון להשגת האמצעים החומריים הדרושים לאדם לצורך קיומו ורווחתו. "לכן, כאשר אנו אומרים על משהו שהוא יותר "כלכלי" ממשהו אחר, הכוונה היא שיש לו יותר תועלת לאדם—לאו דווקא מבחינה כספית.

ליאופיליזציה - ייבוש בהקפאה.

לירות – (פגיות). שלב התפתחותי ירוד **במתזור חיייהם** של חלק מבעלי החיים. הפגית הינה השלב בין העובר לבוגר, בטרם הגעתו לבגרות מינית.

מאכסני הביניים - בתוכם מתרחשים שלבי הביניים או השלבים הא-מיניים של הטפיל. (בפונדקאים הסופיים מתפתח השלב המיני או הסופי במחזור חיי הטפיל).

מאקרונוטריאנטים - נוטריאנטים (מזון או חומרים כימיים שאורגניזם זקוק לו על מנת לשרוד ולהתפתח ומצוי בסביבתו הטבעית) הנצרכים בכמויות גדולות (סדרי גודל של מ"ג לליטר).
מונוגיניאה - קבוצה גדולה של טפילים השייכים למערכת התולעים השטוחות, מחלקה: מונוגיניאה.

מחזור חיים - מכלול התהליכים והשינויים המתרחשים בפרט מהיווצרותו ועד הגיעו לבגרות מינית

מחזור חיים ישיר - מחזור חיים בו הטפיל אינו זקוק לנשא כדי להתרבות. לדוגמה, נמטודות.
מחזור חיים מורכב - מחזור חיים בלתי ישיר, הטפיל זקוק למאכסן על מנת גדל או להעביר את צאצאיו.

מי מלך - תערובת של חומצה חנקתית וחומצת מימן כלורי ביחס 3:1.
מלמ"ק - מיליון מ"ק.
מלמ"ש - מלמ"ק לשנה.

מעגל קרבס - מסלול **מטבולי** המשמש להפקת **אנרגיה** מתרכובות אורגניות **ביצורים חיים**. מתרחש בהמשך מטבולי **לגליקוליזה**.

מ"ק: נפח בגודל מטר על מטר על מטר (מטר קוב). נפח זה שווה ל 1000 ליטרים.

מתזואה - שם כולל ליצורים רב-תאיים, בעלי יכולת תנועה לפחות בשלב אחד של חייהם.

מתכות כבדות - כל **היסודות** בין **נחושת** ל**ביסמוט** **שמשקלם הסגולי** עולה על 4.0. **אורגניזמים חיים** צריכים כמויות מזעריות של חלק מהמתכות האלו, ביניהן: **קובלט**, **נחושת**, **מגנזיום**, **מוליבדן**, **ונדיום**, **אבץ** ו**סטרוניום**; אבל כמויות גבוהות של יסודות אלו הן **רעילות** לכל יצור חי. מתכות אחרות כמו **קדמיום**, **כספית** ו**עופרת** אינן נחוצות כלל לקיומו של אורגניזם, וכאשר הן מצטברות בגופם של אורגניזמים רבים הן רעילות להם.

נוטריאנט - מזון או חומר כימי להם זקוק האורגניזם כדי לשרוד ולהתפתח, ומצוי בסביבתו הטבעית.

ניטור - מדידה תדירה של נתונים ביוטיים או אביוטיים לשם מעקב, חיזוי שינויים ונקיטת אמצעים בתגובה לשינוי.

סדימנט - חומר משקע. בדרך כלל משמש כמילה נרדפת לחול.

סיליקה - צורן דו-חמצני, **תרכובת כימית** שהיא **תחמוצת** של **צורן**, **בכתוב הכימי** SiO_2 .

ספקטרוסקופיה - תחום מחקר בו נמדד **ספקטרום** של רמות **אנרגיה** או ספקטרום של **תדרי קרינה אלקטרומגנטית**, כמו למשל תדרי **אור**. שיטות ספקטרוסקופיות נפוצות **בכימיה**, **בפיזיקה** ו**בביולוגיה**, ומשמשות פעמים רבות לזיהוי חומרים.

פיטופלנקטון - (מהמילה היוונית "פיטו" או "צמח") אצות חד תאיות, חיידקים או אצות רב תאיות המבצעים פוטוסינתזה וחיות קרוב לפני המים, היכן שיש כמות מספקת של אור כדי לאפשר פוטוסינתזה.

פלאורסנציה אטומית - פליטה אופטית של אטומים במצב צבירה גזי, אשר עברו עירור אלקטרוניים לרמות אנרגטיות גבוהות יותר, עקב קליטה של קרינה אלקטרומגנטית.

פלוקולנטים - החומרים המשמשים בתהליך הפלוקולציה (ראה ערך), וגורמים ליצירת הצברים.

פלוקולציה (קואגולציה) - תהליך התלכדות של חלקיקים קטנים לחלקיק אחד גדול.

פרודוקטיביות – יצרנות, מדד המתאר את קצב המרת אנרגיה לחומר אורגני בתהליך הפוטוסינתזה.

פרוטוזואה – תת ממלכה המונה כ- 45,000 סוגים שונים של חד תאיים. חלקם הגדול הוא טפילים הגורמים למחלות רבות. הפרוטוזואה נעים בעזרת **שוטונים**, **ריסים** ואף ללא אמצעי עזר. **צורן** – מינוח נפוץ ב**כימיה** המתאר **אטום**, **יון**, **מולקולה** או חלק ממנה וכדומה, בהקשר של **תגובות** או תהליכים כימיים.

קואגולציה (הפתה) קואגולנטים – חומרים הנוטים לספוח אליהם חלקיקים וליצור תלכידים. **קו-אנזים** – **מולקולה** המסייעת ל**אנזים** ספציפי בתפקודו **כזרז** ואינה מתכלה כתוצאה מכך. **קולואיד** – **תערובת** כמעט הומוגנית בין שני **חומרים**. קולואיד, המהווה תערובת בעלת תכונות מסוימות של **תמיסה**, מורכב מחלקיקים זעירים ביותר של חומר אחד המעורבבים בצורה שווה יחסית בחומר אחר.

קופפודה – קבוצה של סרטנים זעירים המצויים באוקיינוסים וכמעט בכל בית גידול השוכן במים מתוקים ומהווים את המקור החלבוני הגדול ביותר באוקיינוסים. **קלאט אורגני** – **כימיה**, קלאציה היא תהליך בו נעשה **קישור** הפיך של **ליגנד** – הקלאטור (מכונה גם קלאנט, גורם קלאציה, גורם קומפלקסציה), **ליון מתכתי**, ובכך יוצר **קומפלקס** מתכתי, הקלאט. קלאט אורגני, מכיל בתוכו גם מולקולות פחמימניות -אורגניות.

קרבונטים – בעברית: פחמה. יון שלילי דו ערכי CO_3^{2-} , **מלח** או **אסטר** של **חומצה פחמתית**. **רמה טקסונומית/טקסונומיה** – ענף בביולוגיה העוסק במיון היצורים החיים על פי הדמיון/שוני ביניהם (טקסיס ביוונית = סידור) נקרא גם סיסטמאטיקה (שיטתיות). **רעילות** – הדרגה בה חומר מסוים הופך רעיל ועלול לגרום ל**אורגניזמים** פגיעה, **מחלה**, או **מוות**, בדרך כלל על ידי **תגובה כימית** או פעילות אחרת ברמה המולקולארית. **שפד"ן** – מפעל שפכי גוש-דן, מפעל טיהור השופכין הגדול והמשוכלל ביותר בישראל, אשר החל פעילותו באמצע שנות ה-80. המפעל מייצר מי קולחין ברמה גבוהה ביותר, והם המשמשים להשקיית אדמות חקלאיות, בעיקר בנגב המערבי (טל, 2008).

Eh – חימוזור = הפרש פוטנציאלים האלקטרי (redox potential). במדידות (באלקטרו-כימיה) ערך של הפרש הזה מסומן Eh ונמדד במילי-וולטים (mv). ככל שגבוה ריכוז הרכיבים המסוגלים להתחמצן מריכוז הרכיבים המסוגלים להתחזר, כך החימוזור (redox-potential) גבוה יותר. **BOD** – Biological Oxygen Demand, צריכת חמצן ביולוגית. תהליך כימי הקובע עומס חומר אורגני במים על סמך מידת הצריכה של חמצן מומס תוך זמן נתון.

Degasser – פועל על ואקום ומבצע סילוק גזים.

lysis – מוות של תא על ידי הרס הממבראנה שלו.

ppb – parts per billion (חלקים לביליון).

Pinocytosis – מעבר חומרים דרך קרום התא בניגוד למפל ריכוזי מומסים על ידי תהליך של "שתיית התא". בתהליך מוכנסים לתוך התא נוזלים, ללא גופיפים מוצקים. כך גם נקלטות מולקולות חלבון.

מבוא

בשלושת העשורים האחרונים ירד מפלס ים המלח ממינוס 399 מ' ב-1976 למינוס 420 מ', מפלסו כיום (רז, 2008); ומפלסו ממשיך ויורד בשיעור של 1.1-1.2 מ' לשנה. ללא התערבות חיצונית, ימשיך המפלס וירד עד להתאזנותו על מינוס 550 מ', בעוד כ- 150-200 שנה. כדי לשמר את המפלס הנוכחי יש להזרים 800 מלמ"ש, בנוסף לכמות הנכנסת כיום. קשר ישיר נמצא בין ירידת המפלס לתופעת הבולענים (רן, 2008), הנמצאת בהתפתחות מואצת מאז 1980. התופעה היוותה ומהווה פגיעה קשה לענפי החקלאות באזור, לתיירות ולתשתיות השונות, ומהווה סכנה לחיי אדם. מעבר לכך, התופעה הינה ביטוי להפרה חריפה של האיזון בים המלח ופגיעה בערך טבעי ייחודי בעל מורשת היסטורית, דתית ולאומית כאחד (רז, 2008).

בזיקה לבעיית ירידת המפלס והיווצרות הבולענים, אם כי לא בזיקה בלעדית, הועלה נושא תעלת הימים- העברת כמויות המים הדרושות לאיזון המפלס, מהים דרך תעלה מלאכותית אל ים המלח. הצעה זו נידונה באופנים שונים בעבר, אולם כיום מדובר ב"מובל השלום"- תעלה אשר תעביר 1.5-2 מיליארד קוב מים, מים סוף צפונה אל ים המלח, תוך אספקת מים שפירים לממלכת ירדן; מים אשר ייצורם יתאפשר על ידי התפלה, הודות לרווח האנרגטי בהזרמת מים במורד של כ- 420 מ' (רן, 2008).

היה ותוקם התעלה כמתוכנן, אחת המשמעויות העולות הינה התפלה מסיבית של מי ים סוף לאורך חופי ים המלח. בשל מגוון סיבות אשר לא נסקור בעבודתנו, קיימות מספר התנגדויות לתעלה, על ידי גורמים מקצועיים וחברתיים כאחד. עם זאת, מסתמנת תחושה של קונצנזוס חברתי, בו ישנה הסכמה כללית לבניית התעלה, ללא בחינה מעמיקה של ההשפעות הכרוכות בכך. גם כאשר נבדקת התעלה המוצעת בסקרי היתכנות, נעשה הדבר ללא בדיקה משווה גם של חלופות אחרות, רעיון מהווה ניגוד מוחלט לרעיונות בסיסיים בעיקרון ההיזהרות.

לאור האמור, מיקדנו התייחסותנו לפתרון הבעיה, דווקא בחלופות אשר אינן חלק מרכזי מהפיתרון הנידון. קיימת חלופה, אפוא, המוצעת, בין השאר, על ידי אלי רז ממכון ים המלח למחקר ופיתוח במשרד המדע, הכוללת התפלה מאסיבית לאורך חופי ים תיכון והזרמת המים המתפלים, הן לתושבי מישור החוף על ידי זרימה הפוכה במוביל הארצי, והן לכנרת. ים המלח יקבל על פי חלופה זו, מים שפירים דרך הירדן על ידי פתיחת סכר דגניה (רז, 2008).

מולה, קיימת חלופה נוספת, המובעת בין השאר על ידי גדעון ברומברג וארגון ידידי כדור הארץ בישראל, המציעים שילוב אמצעים לפתרון הבעיה. מדובר ברעיונות מתחומים שונים, בכללם ייעול משק המים, הגבלת מפעלי ים המלח, פתיחה חלקית של סכר דגניה אשר תאפשר זרימת מים שפירים בירדן הדרומי, ורק אם עדיין קיים גרעון במפלס, אז שילוב התפלה בהיקף מצומצם, או אף תעלת ימים בסדר גודל קטן יותר. על פי עמדה זו, ראוי כי התפלה מאסיבית תישמר כמפלט אחרון לפתרון הבעיה, וכי ראשית יש לנהל ולייעל את משק המים, בין השאר על ידי הקטנת הביקוש למים שפירים (ברומברג, 2008).

נקודת ההשקפה של בעיית הים המלח לתחום משק המים בישראל ברורה אפוא, והזיקה ביניהם גוברת לנוכח החלופות אשר הוצעו. בעיית המים איננה תופעה חדשה במדינת ישראל, אך לאחרונה שרוי השיח הציבורי סביב משק המים בתקופה של תנופה ופופולאריות רבה, בעיקר בשל קיומו הנוכחי של משבר מים חריף. לשם המחשה, מצב הכנרת לא היה כה ירוד מאז סוף שנת 2001, וב-2007 הצריכה של מים שפירים היוותה כ- 140% מההיצע שלהם.

בהתאם לזאת, תשווה עבודתה זו בין הרכיבים העיקריים של שתי הגישות הללו: התפלה מאסיבית לאורך חופי ים תיכון כהיבט העיקרי הנגזר מהצעתו של אלי רז, אל מול ניהול הביקוש למים שפירים, כהיבט עיקרי הנגזר מהצעתו של ברומברג. על מנת לבצע את ההשוואה בצורה אנליטית ומדעית, ובכדי שבעלי תפקידים בממשלת ישראל יוכלו להפיק את המירב מהשוואתנו, בחרנו להפגיש את שתי השיטות בעמק השווה של ניתוח עלויות כלכליות. העלויות הישירות של התפלה ידועות מחברות ההתפלה. למעשה ידועות גם חלק מהעלויות החיצוניות של התפלה, על סמך מחקרים אשר הופיעו בשנים האחרונות. לפיכך, בחרנו השפעה סביבתית הכרוכה בהתפלה אשר לא נחקרה עד כה, ומכאן שגם עלותה הכלכלית איננה ידועה. התופעה המתוארת הינה כתם אדום הנוצר בים בקרבת החוף, כתוצאה מהתפלת מים במתקן ההתפלה באשקלון. כוונתנו היא לחקור את מהות הכתם בשיטות ביולוגיות וכימיות, ולנסות לכמת את מחירו לציבור בעזרת שיטות הנהוגות בתחום כלכלת סביבה. את העלות הזו נוסיף לכל העלויות הידועות, וכך ננסה להתקרב למחיר האמיתי של מ"ק מים מותפלים. בנושא ניהול משקי מים, תיעשה סקירה מקיפה בה יסוכם עלויות של יישום אמצעי חסכון אשר נוסו, וכמות המים הניתנת לחיסכון בכל אמצעי. כך לבסוף, יהיה ניתן לדעת מהי הדרך הכדאית ביותר להוסיף עוד מ"ק אחד של מים למשק המים בכל שלב, מתוך האפשרויות של ניהול משק המים או הגדלת היצע על ידי התפלה.

חלק א': רקע ספרותי

1.1. ניהול משק המים

“Water is the earth's eye, looking into which the beholder measures the depth of his own nature.”

(הנרי דייוויד תיורו)

1.1 מצב המים בעולם

באופן כללי (ובאופן טבעי) האנושות התפתחה והתיישבה באזורים בעלי מאגרי מים מקומיים ומתחדשים (כפי שצוטט בדו"ח של האו"ם, 2006), אך כיום אין המצב כך. תרשים 1.2 מתאר אזורים בעולם בהם עולה השימוש במים על כמות הגשם שהאזור מקבל בממוצע. ניתן לראות בתרשים כי בעוד שברוב האזורים בעולם, כמויות המים הקיימות מספיקות לקיום האוכלוסייה באזור (האזורים הצבועים בירוק), ישנם אזורים רבים בהם השימוש במים עולה באופן ניכר מעל ההתחדשות הטבעית. אמנם זוהי עובדה כביכול מוכרת וידועה, אך עדיין מצאנו לנכון להזכיר אותה כאן, מכיוון שהיא הבסיס לבעיות הקשורות למים בישראל— בין אם מדובר בבעיית ירידת מפלס ים המלח או במצב משק המים בישראל.

Water use in excess of natural supply (average annual)



תרשי
ם
1.2:



שימוש מים מעבר להתחדשות טבעית (ממוצע רב שנתי) (דו"ח האו"ם, 2006).

– Total Actual Renewable Water Resources על פי מדינות העולם על פי דו"ח האו"ם מדרג את מדינות העולם על פי כמות המים המתחדשת בשנה בכל מדינה (או בקיצור, TARWR). מדד זה הינו מדד תיאורטי המנסה להעריך מהי כמות המים המקסימאלית העומדת לרשות אדם בכל מדינה, במידה ותצליח המדינה ללכוד כל טיפת מים הניגרת בשטחה. מדד זה כולל למעשה את כל ההתחדשות השנתית של מאגרי מים, מי תהום ונחלים הנגרמת כתוצאה ממשקעים בתוך המדינה, ומזרימת מים המגיעה מחוץ לגבולות המדינה (כלומר, מבחינת ה-TARWR של ישראל, המים של נחל עיון המגיעים לישראל מלבנון ייכנסו לסך הכול, בעוד שהמים שישראל מעבירה לירדן ולפלסטינים ינוכו ממנו). בסיכום דירוג מדינות העולם על פי כמות המים המתחדשת לכל אזור, "זכתה" ישראל במקום ה-167 מתוך 180 (Aquastat, 2002).

1.2 משק המים בישראל

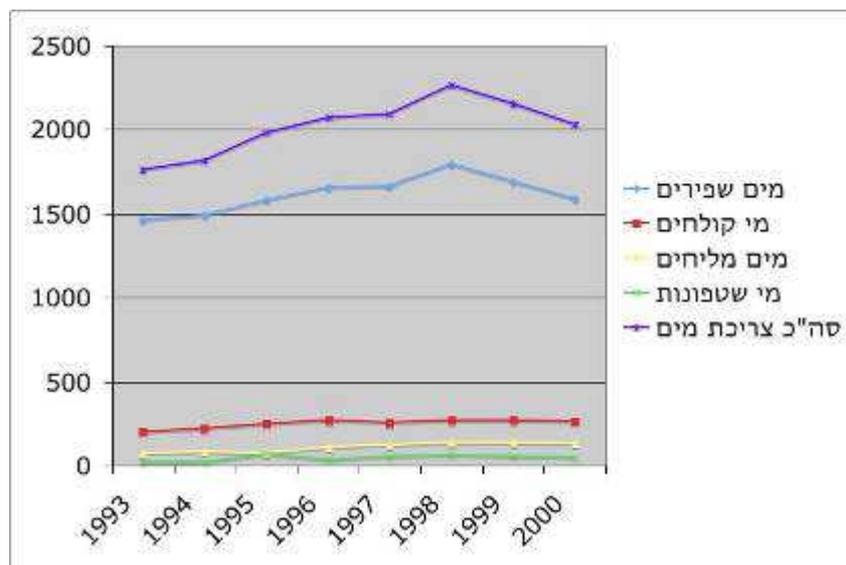
"משק המים נמצא מזה למעלה משלושים שנה במשבר עמוק ומתמשך, שהגיע לאחרונה לנקודה קריטית. המשבר בא לידי ביטוי בהידלדלות מקורות המים, שגרמה לגירעון מצטבר של כ-2 מיליארד מ"ק במאגרי המים הטבעיים של המדינה. תוצאה עגומה ומדהימה זאת היא פרי הבאזשים של מחדל מתמשך של הממשלות בישראל, אשר התעלמו מהכתובת הרשומה כבר שנים רבות על הקיר. המשבר לא נגרם רק בגלל השינויים האקלימיים, שגרמו לירידה בכמות הממטרים ואף לא בגלל העלייה החדה בהיקף האוכלוסין בחמישים השנים האחרונות וברמת החיים. הכישלון המהדהד הוא בעיקרו מעשה ידי אדם!"

(הועדת הפרלמנטארית, 2002)

”וירים משה את ידו ויך את הסלע במטהו פעמיים ויצאו מים רבים ותשת העדה ובעירם.”

-במדבר כ'

מעצם מיקומה הגיאוגרפי של ישראל (למעלה מ- 60% ממנה הוא מדבר) אין זה מפתיע כי סוגיית המים זכתה להתייחסות על ידי מרבית החברות אשר חיו באזור. כאשר מדובר במשק המים בישראל, יש לזכור שהמילה 'משק' זהה בשורש למילה 'שוק', ולכן גם נסתרות בה המושגים של ביקוש והיצע. אך ביקוש והיצע למה? עד כה דיברנו על מים באופן כללי, אך יש להבין ששוק המים בארץ הינו מורכב מבחינת סוגי המים שנכנסים לשוק. ב-1953 לדוגמא, הייתה ישראל המדינה הראשונה בעולם אשר הגדירה תקנים לשימוש במים מוחזרים. נכון ל-2006, 91% מכל מי הביוב העירוניים בישראל עוברים טיפול, ו-73% מהם ממוחזרים (לעומת 2.5% בארה"ב) (Tal, 2006). מלבד מים מושבים, קיים גם שימוש במים מליחים, מים אשר נלכדו בשיטפונות, ולאחרונה גם מים מותפלים. תרשים 1.3 ממחיש את המקורות השונים למים בישראל על פי היקפם.



תרשים 1.3: צריכת מים בישראל בשנים 1993-2000 על פי התפלגות לסוגי מים שונים.

היחידות בציר ה-y הינן במלמ"ק (הנתונים מתוך דו"ח הוועדה הפרלמנטארית, 2002).

אמנם הסתעפות מקורות המים השונים בישראל הינה נושא מעניין בפני עצמו, אך עבודתנו משווה מים שניתן לחסוך על ידי ניהול הביקוש לבין מים שניתן להתפיל. מכיוון שמים מותפלים הינם ברמה של מים שפירים, ראוי כי עבודתו תתמקד בשוק המים **השפירים** בישראל.

1.2.1 מים בישראל – היצע

”בשנת 2009, לא ניתן יהיה לספק את רמת הביקוש הנוכחית, אלא אם תהיה שנה גשומה בהרבה

מהמוצע.” (הרשות הממשלתית למים וביוב, 2008)

היצע הינו מושג בסיסי בכלכלה. ברור כי המשמעות של האמרה: "היצע המחבתות בישראל בשנת 2008 הוא 1000", היא שאם נספור את כל המחבתות בארץ שיכולים להימכר נגיע ל-1000, וברגע שהמחבת ה-1000 תימכר, לא תישארנה מחבתות בארץ. לרוע המזל, כאשר מדובר במים, פחות ברורה משמעות הביטוי- "היצע שנתי של 1000 מלמ"ק". קשה לספור מלמ"ק, בייחוד כאשר הם מתחת לאדמה או כשהם עדיין לא ירדו כמשקעים. סביר אפוא, כי אם נשתמש במלמ"ק ה-1000, אין הדבר אומר כי נוכל ללכת ברגל בקו ישר מטבריה לרמת הגולן. עם זאת, חרף הקשיים ביישום מושג ההיצע לתחום המים, עדיין נעשה בו שימוש על ידי העוסקים בתחום המים. באופן כללי, כאשר מומחי מים אומרים "פוטנציאל מים ממוצע", הם מתכוונים ל"כמות מים הניתנת להפקה, בממוצע רב שנתי, בלי לפגוע במקורות המים" (הוועדה הפרלמנטארית, 2002). טבלה 1.1 מסכמת את היצע המים הכללי של ישראל, הלוא הוא פוטנציאל המים הממוצע, מתוך דו"ח של הכנסת (מרץ 2008).

טבלה 1.1: היצע מים בישראל בתקופות השונות (נלקח מ- טל, 2008)

היצע המים הרב-שנתי בממוצע (1961-1990)	1,309 מלמ"ק
היצע המים הרב-שנתי בממוצע (1993-2008)	1,175 מלמ"ק
היצע המים בשנת 2007	1,033 מלמ"ק
היצע המים בשנת 2008	826 מלמ"ק

יש לציין כי מספרים אלה משקפים בתוכם מגמה הקיימת בארץ מאז קום המדינה: מיקוד פעולות ניהול שוק המים בישראל בניסיונות להגדלת ההיצע. ניתן לסכם ניסיונות אלה בארבע קטגוריות—ניהול הכנרת ואקוויפרים, בניית מאגרי מים לתפיסת מי גשמים, הקמת מתקני טיפול במי שפכים והתפלת מים מליחים ומי ים (Tal, 2006).

הקטגוריה הרביעית, התפלת מי ים, הינה הניסיון המשמעותי האחרון בהגדלת ההיצע. תוצאותיה אינן נלקחות בחשבון בטבלה שלעיל. התפלה מאסיבית לצורך הגדלת ההיצע של משק המים הישראלי החלה ב- 2005, עם כניסתו לפעולה של מפעל ההתפלה באשקלון, המייצר כ 100 מלמ"ש. ב-2007 הותפלו בישראל 141 מלמ"ק מים. החלטת הממשלה האחרונה בנושא ההתפלה מיולי 2007 קבעה כי עד 2013 כמות מי הים המותפלים תעמוד על לא פחות מ 505 מלמ"ש (טל, 2008). אנו נתייחס להתפלה באופן יותר יסודי בפרק 2.

למעשה, אמור היה פרק זה על היצע המים להסתיים בטבלה 1.1, המסכמת נתונים בצורה אבסולוטית ועם בטחון רב, כפי שניכר מרמת הרזולוציה של הנתונים (1,309 זה לא כמו 1300 וזה בטוח לא כמו -1200 1400). אך סקירתנו הספרותית העלתה נתונים אחרים, המעלים שאלות אשר מחובתנו להתייחס אליהם, כפי שמוצג בטבלה 1.2 המסכמת הערכות שונות לגבי היצע המים של ישראל.

טבלה 1.2: היצע מים בישראל לאורך השנים (נלקח מ- הוועדה הפרלמנטארית, 2002)

תקופה	הגורם המדווח	היצע-פוטנציאל המים הממוצע במלמ"ק
שנות ה-40'	"מומחי מים ציוניים"	3000
שנות ה-40'	הידרולוגי המנדט הבריטי	1500-2000
1966	מבקר המדינה	1500
1976	מבקר המדינה	1400
1989	צבי גרינולד ומיכאל ביבס	2323 (מים שפירים + מליחים. כולל יו"ש ועזה)
1993	האינציקלופדיה העברית	2229 (570 כנרת, 1199 מי תהום שפירים ומליחים, 135 שיטפונות, 325 מים מושבים)
1994	אבישי ברוורמן (עבור הבנק העולמי)	1600
2000	מאיר בן-מאיר (נציב המים)	1820 + 100 מליחים מותפלים
2002	שמעון טל (נציב המים)	1555

ראשית, נבחין כי הנתונים בשורה האחרונה של טבלה 1.1 (דו"ח כנסת, 2002) סותרים לחלוטין את הנתונים של טבלה 1.2 (דו"ח כנסת, 2008). שנית, אנו למדים מטבלה זו על היסטוריה מפוארת של חוסר וודאות בין ההערכות השונות (ההערכות הגבוהות ביותר הינן למעלה מפי 2 מהנמוכות ביותר). ושלישית, העמודה השמאלית של הטבלה מביאה את המספרים וההערות בדיוק כפי שהם הופיעו בדו"ח ממלכתי פרלמנטארי, ומפתיע כי בדו"ח ברמה שכזו, נעשית השוואה בין מספרים אשר לא מייצגים את אותם הדברים. נתון אחד מתייחס למים שפירים, נתון אחר למים שפירים + מליחים, נתון אחד לפי גבולות 67, נתון שני מהירדן מערבה... בוריאציות כאלו, כיצד נדע **בדיוק** מה מייצגים המספרים ללא הערות?

נפנה כעת לספרות הבינלאומית בתקווה לשפוך אור על המצב. ב-1989, הגתה מלין פלקנמרק מדד למדידת מחסור מים. מסקנותיה, אותן אימצו ארגונים רבים לרבות ארגון האו"ם, היו כי חברה עם היצע של פחות מ-1700 מ"ק מים לנפש לשנה, תחוש במחסור מסוים במים. בפחות מ-1000 מ"ק מים לנפש לשנה יהווה המחסור מכשול להתפתחות הכלכלית של החברה, ומתחת ל-500 מ"ק לנפש לשנה המחסור יהווה מכשול להתפתחות הכלכלית של החברה, ומתחת ל-276 מ"ק לנפש לשנה. נתון זה מיקם כאמור את ישראל במקום ה-167 מתוך 180 מדינות (לשם השוואה, בשבדיה, מדינת המוצא של פלקנמרק, עומדים לרשות התושבים כ-20,000 מ"ק לנפש לשנה—והיא רק במקום ה-48 באותה הטבלה). למרות שמדד פלקנמרק הינו שימושי לשם השוואה בין מדינות, ואולי אפילו לשם גאווה לאומית ("ראו מה מידת ההתפתחות הכלכלית הניכרת בארץ בשעה שאנו אמורים למות בצמא..."), אנו רואים שהוא כלל לא רלוונטי לישראל. נניח למדד ונתמקד בנתון אליו הוא מתייחס- 276 מ"ק לנפש לשנה. הקורא היסודי עלול לעצור בנקודה זו ולתהות האם נתון זה מתיישר עם אחד מהנתונים אשר מקורם במחקרים מקומיים. אם נחלק את ההיצע הממוצע בשנים 1993-2008 (1175 מלמ"ק), במספר אזרחי המדינה, נכון

לסוף שנת 2002 (על פי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה- 6,631,100 איש), נקבל 177 מ"ק לנפש לשנה—מספר הנמוך בהרבה מהמספר שפרסם האו"ם לישראל ב-2002 (נקבל מספר אף נמוך יותר- 163 מ"ק לנפש לשנה, אם נתחשב בכמות אשר סופקה לירדן ולפלסטינים באותה השנה, 52.4 ו 41.8 מלמ"ק בהתאמה).

אם נוסיף לאותם 1175 מלמ"ק את צריכת המים הלא שפירים של ענף החקלאות 2002, מי קולחים, ומים מליחים, 286, ו 146 מלמ"ק (בהתאמה), נקבל 242 מ"ק לנפש לשנה. אמנם מספר זה מתקרב מעט יותר ל 276 של האו"ם, אך ספק אם הארגון הבינלאומי התכוון לספור מים מליחים או מי ביוב, או באופן כללי לספור כמות מסוימת פעמיים (מי הקולחין הם הרי אותם מים שפירים בשימוש חוזר).

אנו מעלים חישובים אלה כדי להראות כי קיים חוסר התאמה במקורות לגבי היצע המים בישראל. יש לציין כי במקורות הספרותיים אותם סקרנו לא מצאנו התייחסות לאופן המדויק בו חושבו כמויות היצע המים, וגם לא התייחסות לסתירה בין מקורות בינלאומיים למקורות מקומיים, בין מקורות מקומיים למקומיים, או אפילו בין שני דו"חות של אותו המקור, אשר נכתבו בהפרש של שש שנים. חוסר התייחסות זו מפתיע במיוחד, בהתחשב במרכזיות שיח המים בישראל.

1.2.2 מים בישראל – ביקוש

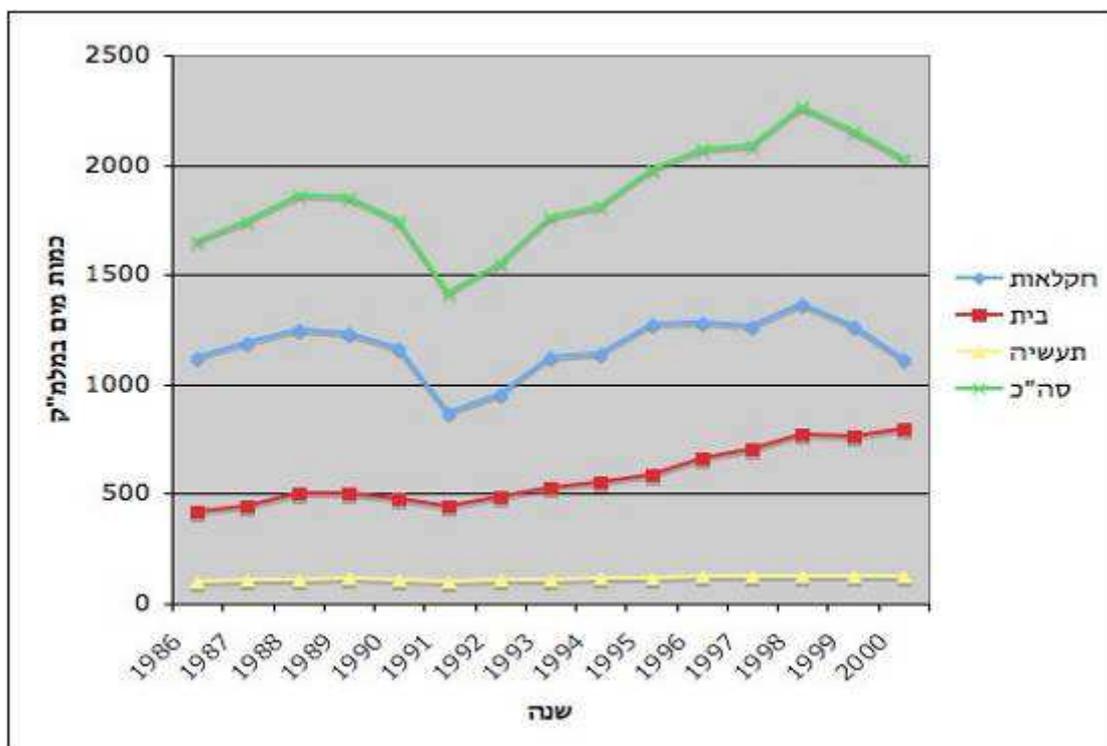
"Nature provides a free lunch, but only if we control our appetites"

(ויליאם רקלסהאוס, 1990)

"בשנת 2009, לא ניתן יהיה לספק את רמת הביקושים הנוכחית, אלא אם תהיה שנה גשומה הרבה מעבר למוצע."

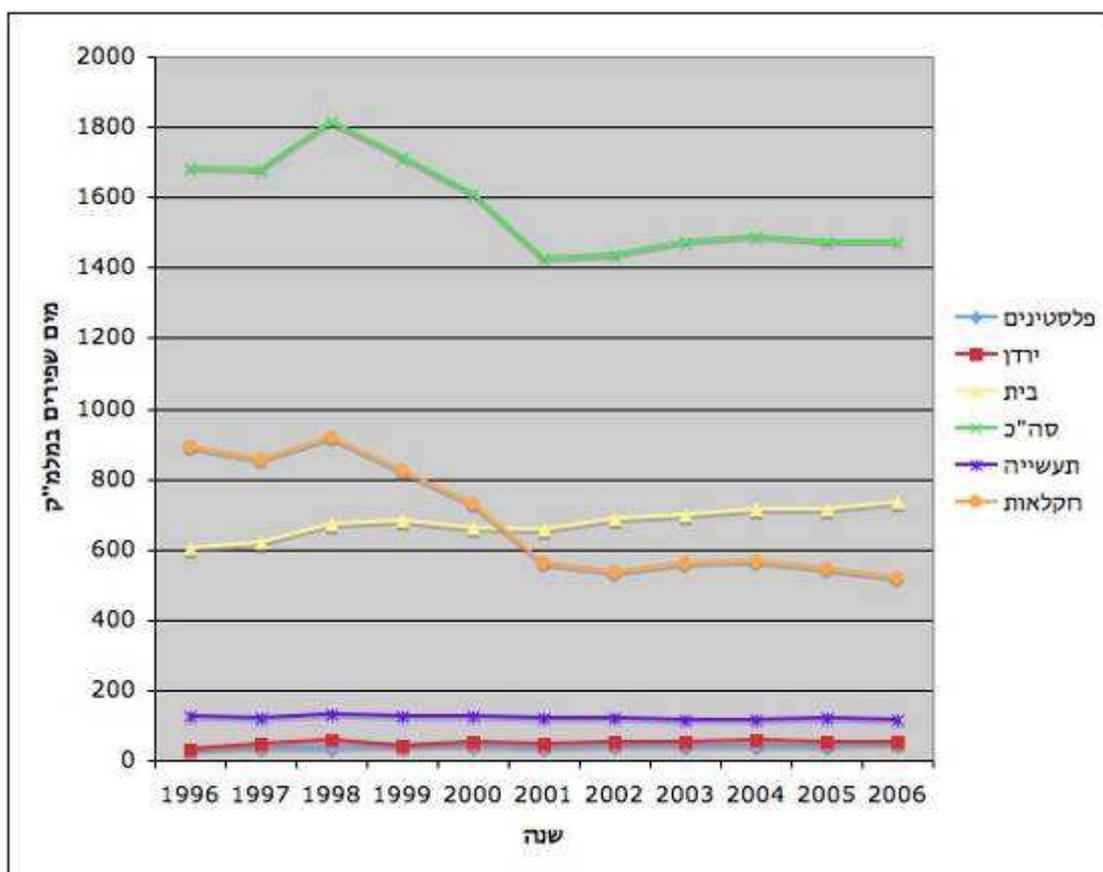
-הרשות הממשלתית למים וביוב, 2008

שוב מופיעה האמירה משנת 2008, ולא בשוגג. בפרק הקודם התמקדנו במילה **לספק**, והפעם נתמקד במילה **ביקושים**. אך בטרם ננתח את המספרים, הבה נשים ליבנו למבנה התחבירי של



האמירה. מהות המשפט הינה התנייתו: אם לא x , אז y . משמעות ה- y הינה כי ההיצע לא יהיה שווה לביקוש, לכן ישנן שתי חלופות ל- x : "אם ההיצע לא יעלה" או "אם הביקוש לא ירד". לא רק זאת שהמשפט מתעלם לגמרי מהחלופה השנייה ל x , אלא הוא גם מצליח להכניס אותה לתוך y , התוצאה הפוטנציאלית. מבנה המשפט אינו מפתיע, הוא משקף את ההתייחסות של אנשי תחום המים בארץ, לביקוש המים הביתי כביקוש קשיח.

תרשים 1.4: התפלגות צריכת מים כוללת (שפירים, מליחים, ושפד"ן) בישראל בשנים 1986-2000 במגזרים השונים (מתוך דו"ח הוועדה הפרלמנטארית, 2002).



תרשים 1.5: התפלגות צריכת מים שפירים בישראל בשנים 1996-2006 במגזרים השונים (מתוך דו"ח הכנסת, 2008).

עוד בטרם ננתח שני התרשימים אלה, נראה כי גם כאן, בדומה לנתוני ההיצע, מיד רואים את חוסר ההתאמה וחוסר העקביות בין דו"ח הכנסת מ-2002 (תרשים 1.4), ודו"ח הכנסת מ-2008 (תרשים 1.5). קשה מעט להשוות בין נתוני הדו"חות, מאחר והדו"ח מ-2002 מתייחס לביקוש כולל, ואילו הדו"ח מ-2008 מתייחס לביקוש מים שפירים; אולם עדיין ניתן להשוות את נתוני המאקרו—ביקוש כולל של מים שפירים—בשנים החופפות של שני הדוחות, 1996-2000. לשם כך נבחן שוב את הנתונים.

טבלה מספר 1.3 : השוואת הביקוש למים על פי נתוני דו"ח הכנסת מ-2002 לעומת 2008

שנה	ביקוש מים שפירים ע"פ דו"ח כנסת 2002	ביקוש מים שפירים ע"פ דו"ח כנסת 2008	הפרש בין השנים
1996	1659	1684	25
1997	1662	1681.9	20
1998	1796	1815.4	19
1999	1694	1717.3	23
2000	1586	1609.5	24

השוואה בין השנים השונות מעלה כי ההפרשים דומים מאוד אחד לשני, דבר העלול ליצור את הרושם כי אולי מדובר בהבדל סיסטמאטי בין קבוצות הנתונים. עם זאת, עדיין אין זה נראה נכון שנאלץ לנחש מה קרה ל-25 מלמ"ק מים שפירים (כמות מים בסדר גודל שישראל מעבירה לירדן מידי שנה). כפי שצוין בפרק הקודם, גם לחוסר ההתאמה זה לא נמצאה התייחסות בספרות הרלוונטית.

1.2.3 ניהול ביקוש

"וימעיץ הדעת טוב ורע לא תאכל מפני כי ביום אכלך מפני מות תמות."

בראשית ב'

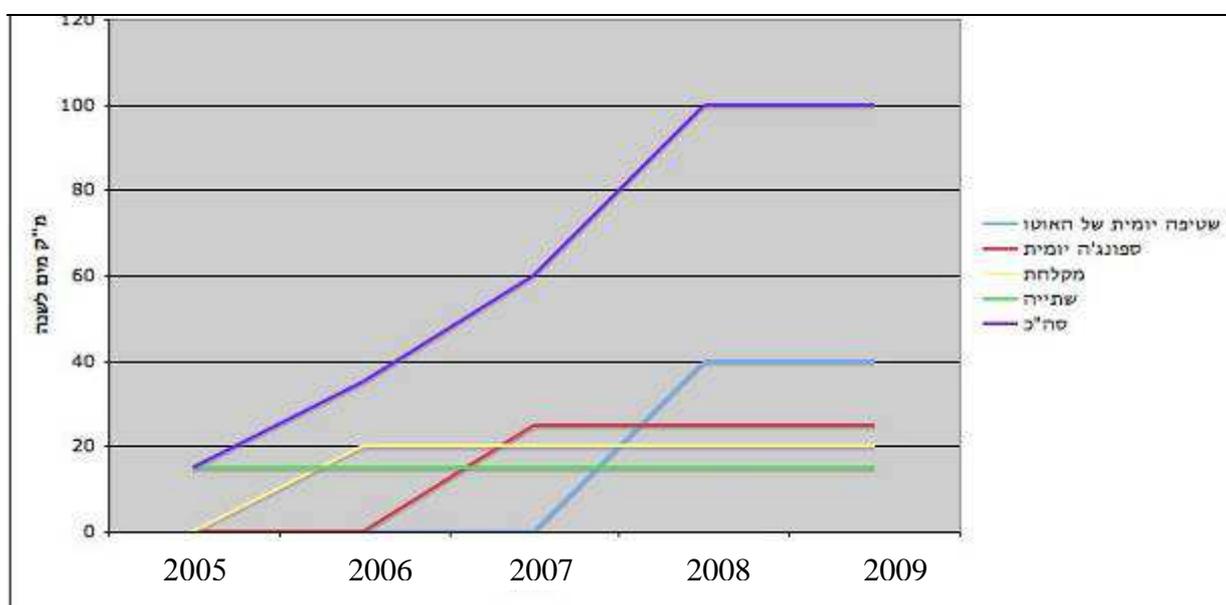
לאורך ההיסטוריה וברחבי העולם נעשו ניסיונות לניהול ולצמצום הביקוש למוצרים שונים. אולי אחד מהניסיונות הראשונים שתועדו היה בגן-עדן, כאשר אלוהים ניסה לנהל את הביקוש לפירות עץ-הדעת (בראשית ב'). בתקופה ההיא קשה היה ללמוד מניסיון העבר, אך שפר מזלנו, וכיום אנו חיים בתקופה בה העבר מתועד באופן מרשים, והכישלון של אלוהים (או יש שיאמרו של האדם) יכול רק לסייע לנו בניסיוננו לנהל ביקושים למשאבים שונים של ימינו.

עוד מקרה מעניין הוא הניסיון למתן ביקוש של הורים פוטנציאלים להתרבות ולהביא ילדים לעולם. צ'ארלס גאלטון דארווין (נכדו של דארווין המפורסם) טען פעם כי זו טעות לחשוב שאנו יכולים למתן את ההתרבות האנושית על ידי פניה למצפונם של בני אדם – להסביר להם כי עתיד העולם תלוי בכך שהם יגבילו מרצון את כמות הילדים שהם יביאו לעולם. השיקולים הינם אבולוציוניים: יהיו כאלה אשר יצייתו לבקשתנו ויהיו כמובן כאלה שלא. ייתכן והנטייה לשאוף להוליד ילדים רבים עוברת מדור לדור, וכך כעבור מספר דורות, סוג האנשים אשר מוכן לרסן את התרבותו ייכחד, והעולם יתמלא באנשים אשר מתרבים בצורה לא מרוסנת. בעיה נוספת בניסיון לנהל ביקוש על ידי פניה למצפונם של אנשים כרוכה בכך שפניה למצפון מסתמכת על יצירת רגשות אשם אצל אלה אשר לא מוכנים לציית לפנייה. פול גודמן כותב ש"שום דבר טוב לא הגיע אי פעם מרגשות אשמה." רגשות אשמה גורמות לאנשים לפתח חרדות, ואז, במקום להתרכז בסיבה שבגללה הם צריכים לרסן את ביקושם, הם נוטים להתרכז בחרדותיהם. תופעה זו, אם היא מתרחשת לאורך זמן רב, יכולה להוליד חברה חולנית למדי (Hardin, 1968).

אנו מביאים את הדוגמא של הביקוש להתרבות לא רק מכיוון שהניתוח של הארדין מעניין ומעמיק, אלא גם על מנת להמחיש את הנקודה שאם אנו רוצים ללמוד דרכים לנהל את משאב המים השפירים של מדינת ישראל, אל-לנו להגביל עצמנו רק לכל מה שקשור למים ולישראל. נהפוך הוא, ככל שנרחיב את אופקינו במרחבי הזמן, המקום, והנושא, כך יגדלו סיכויינו למצוא דרכי הסתכלות מנקודת מבט שונות ומגוונות אשר יפתחו בפנינו דרכים חדשות לנהל את משק המים בישראל בהצלחה.

ישנן דוגמאות אחרות של ניהול ביקוש מהן ניתן להפיק, לא רק תובנות ומסקנות בקשר לניהול ביקוש באופן כללי, אלא גם הערכות לגבי כמויות המים אשר ניתן לחסוך. ניתן לקחת כדוגמא, את הבצורת אשר פקדה את קליפורניה בשנים 1975-1977. עובי המשקעים בשנים אלו הגיע במקומות מסויימים לרמה של 30% מהממוצע הרב-שנתי. כמו כן, כמות המים שנותרה במאגרים בנובמבר '76 היוותה רק 26% מהקיבולת המרבית שלהם. רק במרץ '77 הממשל בקליפורניה החל להיערך להתמודדות עם הבצורת, בשני קווי מדיניות שונים: ריסון מרצון ובעזרת איסורי שימוש מנהליים (ללא אכיפה) וריסון באמצעות קיצוב ואכיפה. בדרך הראשונה הצליחו רשויות מקומיות מסוימות להגיע לרמות חסכון של עד 40%, בעוד שבדרך השנייה הצליחו להגיע לרמות של 69% (דר, 2002), ראה פירוט בפרק השיטות.

מחקרו של פרץ דר מעשי וקשור ישירות למים, שלא כמו מחקרו של הארדין, אשר הינו תיאורטי יותר ולא נוגע למים באופן ישיר. אולם כפי שאל לנו לפסול את מחקרו של הארדין בצורה אוטומטית כשאנחנו חושבים על ניהול משק המים בישראל, כך גם רצוי כי לא נשליך את ממצאי מחקרו של דר בצורה אוטומטית על משק המים בישראל. ישנם קווי דמיון ברורים בין משקי המים של קליפורניה ושל ישראל: אקלים דומה, תקופות בצורת בעלות חומרה דומה, תשלום בעבור המים על פי מדידה, ועוד. אך יחד עם זאת, ישנן גם סיבות רבות לחשוד כי מה שהוכח כהצלחה בקליפורניה של 1975, לאו דווקא יצליח בישראל של 2009. טיעון אחד לכך קשור בדבר אשר ניתן לקרוא לו "עקומת ההסתגלות הציבורית". ישנו גבול לכמות הדברים אשר יכולה משפחה לעשות בכדי לצמצם את שימושה במים. ככל שהיא מסתגלת לחיסכון במספר רב יותר של דרכים, כך יורד פוטנציאל החיסכון שלה— נותרות לה פחות דרכים להסתגל אליהן, וכל דרך קשה יותר להסתגלות מאשר קודמתה.



תרשים 1.6: עקומת ההסתגלות הציבורית- תיאור מופשט המחשתי של ארבעה שימושי מים שונים של משפחה פלונית.

לשם המחשה, נבחן את תרשים 1.6: בשנת 2005 המשפחה השתמשה ב-100 מ"ק לשנה, כך שפוטנציאל החיסכון שלה הוא 15 מ"ק לשנה (הרי היא חייבת לשתות). בעקבות משבר מים ולחץ ציבורי המשפחה החליטה להפסיק לשטוף את מכוניתה בשנת 2006, דבר אליו קל לה יחסית להסתגל. אולם, המשבר החריף, וכל שנה זנחה המשפחה עוד שימוש במים, אף על פי שההסתגלות הופכת יותר ויותר קשה (בשנת 2008 הם אף הפסיקו להתקלח). בשנת 2009 פוטנציאל החיסכון שלהם הוא אפס. על כן, קמפיין הסברה לחסכון ישיג תוצאות מרשימות בהרבה בשנת 2005 מאשר בשנת 2009.

לסיכום פרק הרקע על מצב המים בישראל, ניתן לומר כי בעוד שברור כי חסר מים, קיים חוסר וודאות רב לגבי הכמות החסרה, בשל מספרי היצע וביקוש הנעים לכאן ולכאן. ניתן גם לומר כי ישראל משקיעה משאבים רבים בהגדלת ההיצע, ומעט בהקטנת הביקוש. ייתכן כי חוסר שווי משקל זה נובע מחוסר יידע בנושא של ניהול ביקוש למים. למרבה המזל, מהארדין ועד קליפורניה (שבאופן אירוני גם ממדינת קליפורניה), ישנם מקורות רבים מהם ניתן ללמוד על ניהול ביקוש למים. מחקרנו לא ישאף רק לסקור דוגמאות אלו באופן שיטתי, אלא יבחן גם כל דוגמא לעומק בעזרת אלגוריתמים שונים, בכדי לראות כיצד המידע הנלמד מכל דוגמא ניתן להשלכה על ישראל של תחילת המאה ה-21. עוד על כך בפרק השיטות.

2. התפלה כניהול היצע ומשמעויותיה הסביבתיות

"לא ייבצר מאנשי המדע והטכנולוגיה שלנו, אם יקדישו לכך מיטב מחקריהם ויקבלו לשם כך כל הסיוע מצד המדינה - למצוא תהליך זול להתפלת מי-ים. השקייית השממה במי-ים מזוקקים תיראה היום לרבים כהזיה, אולם פחות מכל מדינה אחרת צריכה ישראל לחשוש מ'הזיוות' העשויות לשנות סדרי-בראשית בכוח החזון והמדע וכושר-חלוצי. כל היש בארץ זו הוא פרי 'הזיוות', שנתממשו בכוח החוט המשולש של חזון, מדע וכושר חלוצי".

(דוד בן גוריון, 1956)

2.1 מבוא להתפלה

בנוסף לאפשרויות אשר הוצגו להרחבת מאזן המים על ידי ניהול הביקוש, ניתן להרחיב את מאזן המים גם על ידי הגדלת ההיצע. כאשר מבקש מקבל ההחלטות להגדיל היצע מים, עומדות בפניו ארבע אפשרויות: יבוא מים, טיהור והשבה של מי שופכין, התפלת מים מליחים והתפלת מי-ים (Thomasa and Durham, 2003). כאמור, במסגרת השוואת החלופות לפיתרון בעיית ים המלח הנעשית בעבודה זו, נבחרה התפלת מי ים כפעולה מייצגת לחלופה הצפונית, אשר הוצגה על ידי אלי רז (רז, 2008). לפיכך, בהתייחסותנו להגדלת היצע מים, נתמקד באפשרות של התפלת מי ים. תהליך ההתפלה בהיקפו הנרחב ביותר מתרחש באופן טבעי במחזור ההידרולוגי של כדור הארץ, בו מספקת השמש את האנרגיה הדרושה לאידוי מתמיד של מי ים ולאידוי ודיות של מים מן היבשה אל האטמוספירה. לאחר עיבויים, מועברים חזרה כמים שפירים, בסיוע כוח הכבידה (MAP, 2003).

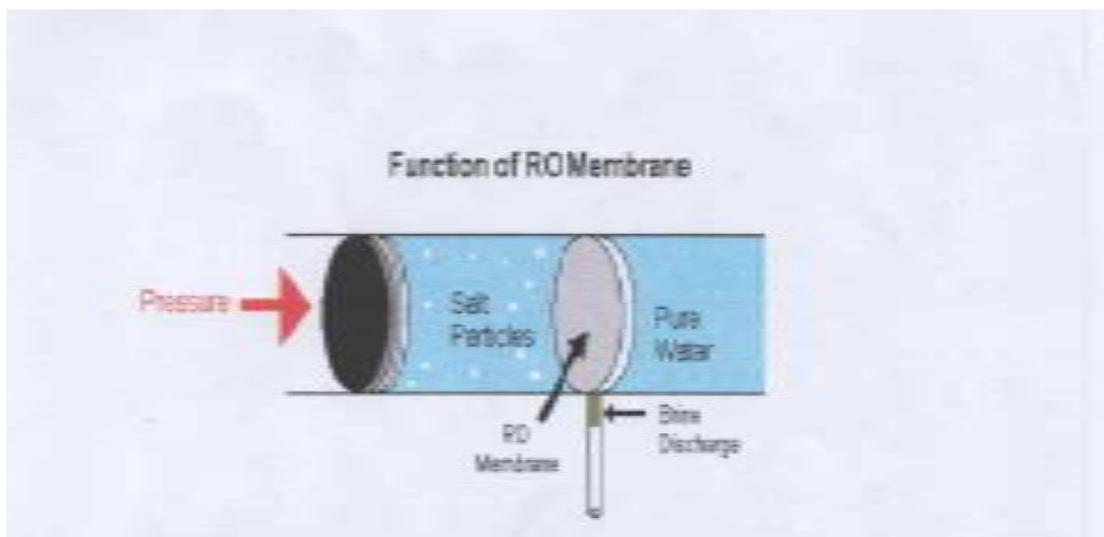
עם זאת, כאשר מדובר בתהליך התפלה, מדובר לרוב בתהליך אשר הינו מעשה ידי אדם. בעבר פותחו ונוסו טכנולוגיות שונות להתפלת מים, חלקן נוסו בקנה מידה מעבדתי ונותרו בשלב זה, עקב עלויות גבוהות אשר מנעו את מעבר הטכנולוגיה מהשלב הניסיוני לשלב המעשי של מתקנים

תעשייתיים. חלק מהטכנולוגיות אשר פותחו עם השנים יושמו להתפלת מים בכמויות גדולות. כיום נותרו שתי שיטות עיקריות להתפלת מים: שיטת האידוי (זיקוק) ושיטת האוסמוזה הפוכה (ווייס ויינון, 2005).

שיטת אידוי: כשני שלישים מהמים המותפלים בעולם מיוצרים בשיטה זו (Lattemann and Höpner, 2008). זהו התהליך אשר מחקה את התהליך הטבעי של המחזור ההידרולוגי (MAP, 2003). השיטה מנצלת את ההבדל בין נקודת הרתיחה של המים ונקודת הרתיחה של המלחים. המים מחוממים באיטיות ומועברים דרך סדרה של תאים. בעוברם דרך תאים אלה, מתאדים המים ומותירים את המלחים. העיקרון הפועל הינו איוד המים בזיקוק רב שלבי: המים עוברים שלבים, כך שבכל אחד מהם מתאדה כמות מים נוספת, והתמלחת הנוותרת מתרכזת (ווייס ויינון, 2005). ביישום תעשייתי של השיטה, אידוי המים נעשה על ידי העלאת הטמפרטורה לנקודת הרתיחה של המים, אך לצורך יעילות כלכלית נעשה שימוש בלחץ החיצוני על מנת להוריד את נקודת הרתיחה (MAP, 2003); לפיכך, החיסרון העיקרי בשיטה הינו צריכה גבוהה של אנרגיה. שימוש בשיטה היה נפוץ יותר בעבר, אולם כיום נפוצה השיטה בעיקר במקומות בהם קיימים מקורות אנרגיה עודפים, כגון מדינות המפרץ הפרסי (ווייס ויינון, 2005).

שיטת האוסמוזה הפוכה: באופן טבעי, מים זורמים מאזורים בעלי צפיפות נמוכה של מלחים לאזורים בהם צפיפות גבוהה של מלחים, עד אשר מושג שוויון לחצים. אוסמוזה מוגדרת כתהליך זרימה של תמיסות דרך ממבראנה חדירה למחצה, עד להשגת שיווי משקל משני צידי הממבראנה. הפעלת לחץ בצד אחד של הממבראנה יאיץ או יאט את תהליך המעבר; הפעלת לחץ הגדול מהלחץ האוסמוטי הטבעי תגרום לזרימה הפוכה כנגד מפל הלחצים, ועל עיקרון זה מבוססת שיטת האוסמוזה הפוכה. ברוב המתקנים להתפלת מים, מיוצר הלחץ באמצעות משאבות. ככל שהמליחות גבוהה יותר, נדרש ייצור של לחץ גבוה יותר כדי להתגבר על הלחץ האוסמוטי.

מערכת ההתפלה מורכבת ממספר שלבים: שלב ראשון הוא טיפול קדם, המכיל סינון חול ראשוני, לעיתים גם סינון דרך פחם פעיל, הזרקת כימיקלים שונים למניעת אבנית, פלקולציה (קואגולציה) של החומר האורגני, כימיקלים לתיקון ה-pH וסינון עדין. בשלב הבא עוברים המים המטופלים דרך ממבראנות חדירות למחצה; המים נלחצים ללחץ גבוה ואז מועברים דרך הממבראנות. בשלב זה המים מכילים עדיין גזים מומסים אשר הממבראנות אינן מוציאות מהמים. ניתן לנטרלם דרך degasser, הכלרה ועוד. השלב הסופי הינו תיקון רמת ה-pH והזרמת התוצר לצרכנים או למאגר מים (ווייס ויינון, 2005).



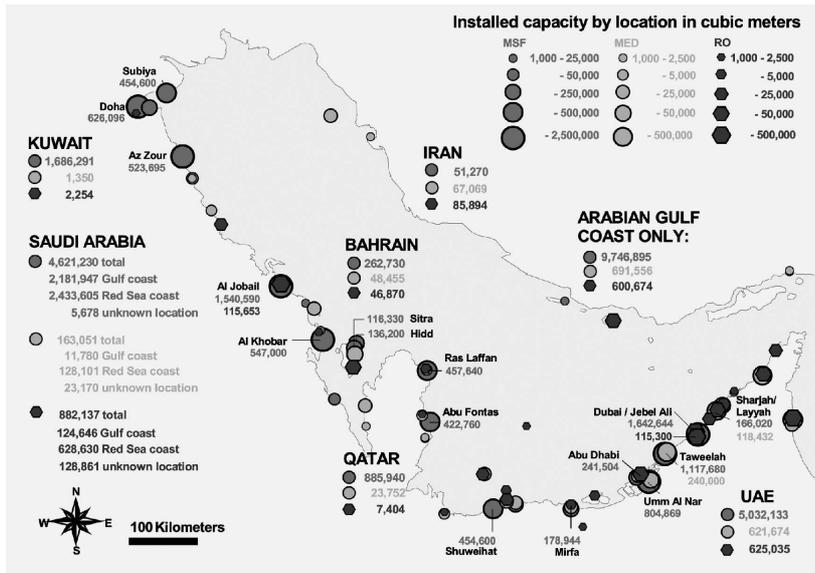
תרשים 2.1: תיאור סכימטי של שיטת אוסמוזה הפוכה. (נלקח מ- MAP, 2003).

2.2 מגמות התפלה בעולם

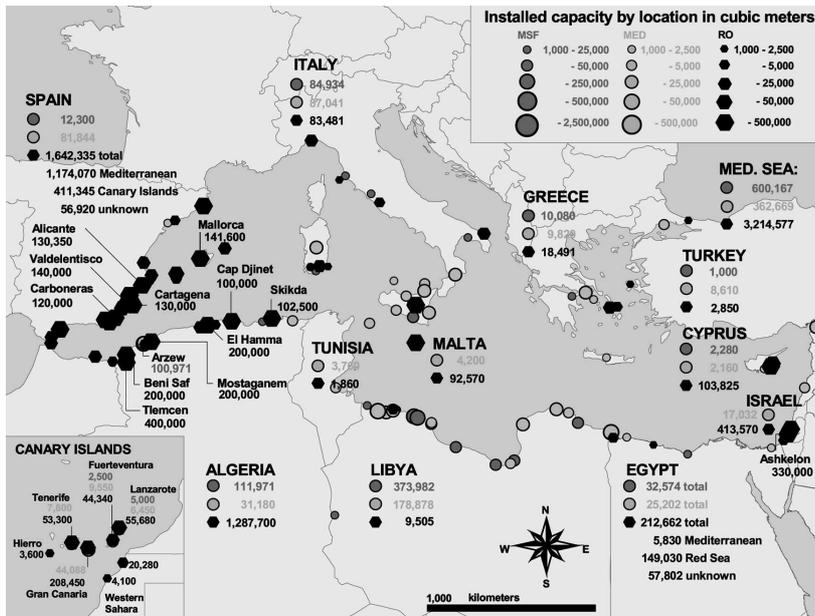
זמינות מים שפירים אינה תואמת את הביקוש במקומות רבים בעולם. התיישבויות חדשות באזורים צחיחים, יחד עם גדילה מתמשכת באוכלוסיית העולם והעלאת רמת החיים מביאים לעלייה חדה בביקוש העולמי למים. ברוב מדינות הים התיכון, בעיקר אלו השוכנות בדרום ובמזרח הים התיכון, המצב רגיש באופן מיוחד, היות ומקורות המים מוגבלים ביותר ומנוצלים בצורה אינטנסיבית, וכמות המשקעים השנתית נמוכה (Blue Plan, 2002 in MAP, 2003).

כתולדה של מגמה זו, הולך ועולה היקף ההתפלה העולמי בקצב מהיר, ועומד, נכון לסוף 2005, על 24.5 מלמ"ק ליום, כאשר 77% ממתקני ההתפלה בעולם נמצאים במדינות המזרח התיכון וצפון אפריקה. המספר הגדול ביותר של מתקני התפלה נמצא סביב הים הערבי, שם נעשית התפלה בהיקף של 11 מלמ"ק ליום (ראה תרשים 2.2), כמות השווה כמעט למחצית כמות המים המותפלים בעולם כולו. הריכוז השני בגודלו של מתקני התפלה נמצא בים התיכון (ראה תרשים 2.3), שם מותפלים כ- 4.2 מלמ"ק ליום, המהווים 17% מהייצור העולמי. ספרד לבדה מחזיקה בכ- 7% מהכמות העולמית, כאשר 70% ממתקניה נמצאים סביב חופי הים התיכון, ו-95% מהמתקנים פועלים בשיטת האוסמוזה הפוכה. הריכוז השלישי בגודלו נמצא בים האדום, שם נעשית התפלה בהיקף של 3.4 מלמ"ק ליום, המהווים 14% מהייצור העולמי (ראה תרשים 2.4).

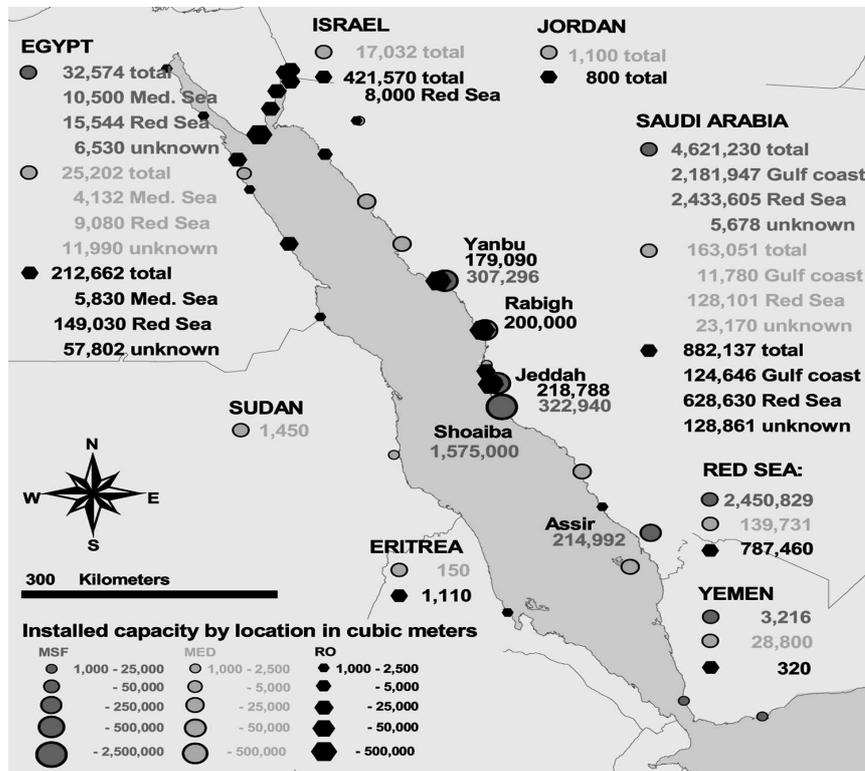
במקומות אחרים בעולם ההתפלה עדיין אינה מהווה נתח משמעותי ממאזן המים, אך מתרחש בהם תהליך ברור של הרחבת ההיקף. בקליפורניה לדוגמה, צפויים לקום 20 מתקני התפלה חדשים, בהיקף כולל של 2 מלמ"ק ליום עד שנת 2030 (Lattemann and Höpner, 2008).



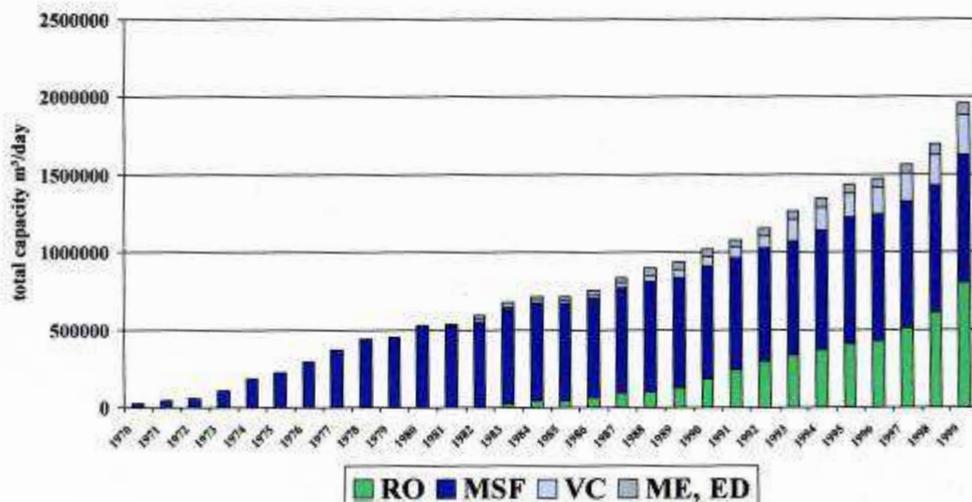
תרשים 2.2: פיזור מתקני ההתפלה בשיטות ההתפלה השונות סביב הים הערבי. (בלקח מ- Lattemann and Höpner, 2008)



תרשים 2.3: פיזור מתקני ההתפלה בשיטות ההתפלה השונות סביב הים התיכון. (בלקח מ- Lattemann and Höpner, 2008)



תרשים 2.4: פיזור מתקני ההתפלה בשיטות ההתפלה השונות סביב הים האדום. (נלקח מ- Lattemann and Höpner, 2008)



תרשים 2.5: מגמות התפלה בעולם עד סוף המאה ה-20, בהתפלגות בין שיטות ההתפלה השונות. (RO = אוסמוזה הפוכה. MSF = זיקוק רב שלבי (אידיוי). VC = זיקוק באמצעות דחיסת אדים. ED = אלקטרודיאליזה)

2.3 התפלה בישראל - עבר, הווה, עתיד

מאז קום המדינה זכה נושא ההתפלה לתשומת לב רבה, ואף הוקמו מתקנים ניסיוניים קטנים, המבוססים על שיטות שונות. חלקם עלו יפה וחלקם נכשלו, אולם בעיתן, אף אחת מהשיטות לא הוכיחה עצמה ככדאית כלכלית. בשנת 1964 הציע נשיא ארצות הברית, לינדון ג'ונסון, במסגרת מדיניותו של "Water for Peace", לסייע לישראל בהקמת תחנת כוח גרעינית ולידה מתקן להתפלת 200 מלמ"ק מי-ים לשנה; אך עד מהרה התברר כי טרם קיימת הטכנולוגיה להקמת מתקן כזה

בעלות הגיונית. בהתאם לכך ולאור בעיות נוספות אשר צצו בהקשר המדיני, ירד הנושא מהפרק (הועדה הפרלמנטארית, 2002).

במסגרת שנותיה הראשונות של מדינת ישראל, פותחו במימון הממשלה שיטות התפלה רבות דוגמת "שיטת זרחין" המפורסמת (התפלה על ידי הקפאה); ואכן ברבות השנים, נמכרו ברחבי העולם מאות מתקני התפלה המבוססים על שיטות אלו. בישראל, לעומת זאת, הסתכמו יוזמות ההתפלה במתקני אוסמוזה הפוכה למים מליחים, אשר נבנו באזורים צחיחים בהם אין אספקה של המוביל הארצי. המתקן הגדול ביותר נבנה באילת, ומתפיל כיום 45,000 מ"ק ליום מים מליחים, ועוד 10,000 מ"ק מי ים (Dreizin, 2007).

בשנת 1985, הוחלט לגנוז את תכנית תעלת הימים, אשר מספקת אנרגיה להתפלת מי ים, וזאת לאור מחירו הגבוה של הפרויקט והיעדר משקיעים. בעקבות הסכמי אוסלו והסכם השלום עם ירדן, הועלו מחדש בשנת 1994 שלוש תכניות לתעלת הימים (הועדה הפרלמנטארית, 2002), אך עד כה לא אושרה אף אחת מהן.

תכניות התפלה שעלו בשנות ה-90, לא זכו להתייחסות או שנדחו. בתקופה זו פרסמה חברת תה"ל את תכנית האב של 1988, אשר הזמין נציב המים. התכנית נמנעה מלהמליץ על התפלה כפתרון, עקב ספקות בהיתכנותה הכלכלית והטכנולוגית, אך נגנזה מאחר והציעה לקצץ את הקצבת המים לחקלאות.

בהמשך, הגישה נציבות המים למשרד האוצר תכנית להתפלת 35 מלמ"ק מי-ים ומים מליחים במחיר התפלה של 90 סנט למ"ק, אך התכנית לא זכתה להתייחסות. בשנת 1991, התקבלה החלטה מפורשת להתפיל 80 מלמ"ק מים, ובעקבותיה נשכרו שירותיה של חברה פרטית, בכדי להתחיל לתכנן את מתקן ההתפלה. אולם, במאי 1992 הוקמה ממשלה חדשה, וכאשר הוצג בפניה הפרויקט, סגן ראש הממשלה דאז, שמעון פרס הודיע שהוא מתנגד. גורל דומה נפל בחלקן של המלצות הוועדה להתפלת מים, שהוקמה בכנסת על-ידי ועדת הכספים באוקטובר 1991, בראשותו של חבר הכנסת גרשון שפט. הוועדה, אשר הגישה את מסקנותיה במרץ 1992, המליצה על הקמת שבעה מפעלי התפלה, בתפוקה של 50-45 מלמ"ק למתקן, על ידי גורמים עסקיים שייגשו למכרזים בינלאומיים, ובהשתתפות "מקורות". (הועדה הפרלמנטארית, 2002). אולם, גשמי חורף 1991/92 הביאו לדחיית ההמלצות ולהורדת נושא ההתפלה מסדר היום. כמו כן, שיקולים נוספים היוו מכשול למדיניות ההתפלה; בין היתר ניתן למנות את התנגדות המגזר העירוני, התנגדות "מקורות" להוצאת מכרזים בינלאומיים, התנגדות מסיבות כלכליות במשרד האוצר והתנגדויות מצד החקלאים, אשר חששו כי בסופו של דבר התפלה תעלה את מחירי המים גם לחקלאות, למרות שהחקלאות לא הייתה מתוכננת להשתמש במים מותפלים (הועדה הפרלמנטארית, 2002). בנוסף לכך, המעבר למים מושבים בחקלאות הוסיף גם הוא ודחה את הצורך בהתפלה לזמן מה (Dreizin, 2007).

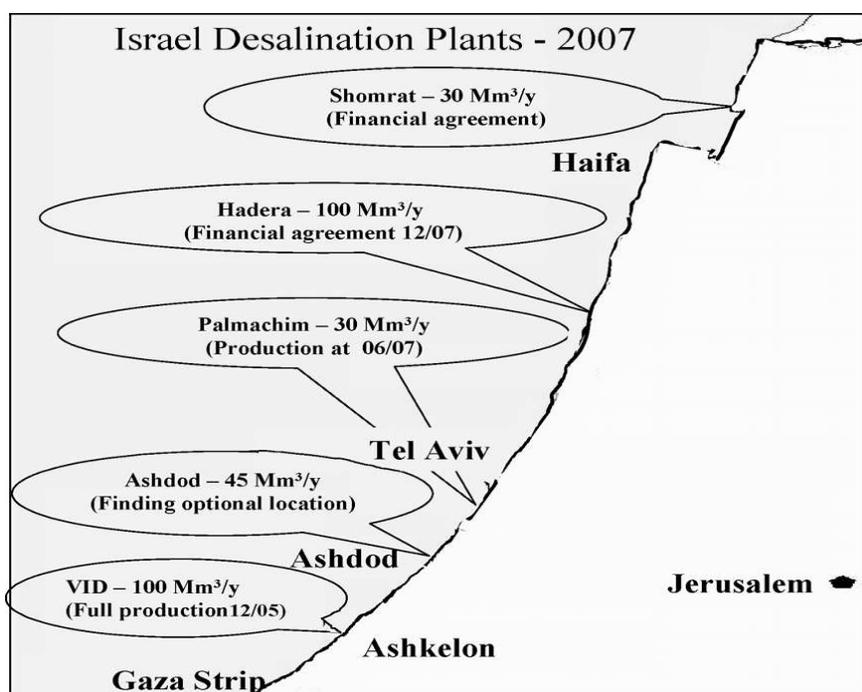
בעוד שדוח ארלוזורוב, אשר פורסם בתחילת 1997, עדיין סבר כי ניתן להימנע מהתפלה לפחות עד שנת 2010, וכי קודם לכך, יש לפעול ליעול משק המים (הועדה הפרלמנטארית, 2002), סברה נציבות המים

כבר באמצע שנות ה-90, לאחר רצף שנות בצורת, כי מוצו כל החלופות הקיימות, והגיעה העת לשלב התפלה במערכת אספקת המים. המשימה של תכנון פרויקט ההתפלה הופנתה ליחידת התכנון של הנציבות, אשר גייסה לעזרתה את שירותיה של חברת ADAN, המתמחה בהתפלת מים וטיפול

בשפכים. הממצאים אשר העלה צוות התכנון בנו את המסגרת ל"תכנית האב לבחינת משק המים" (Dreizin, 2007). כך, לאחר חמישים שנות הסתייגות מההתפלה, פורסמו מחקרים אשר ייסדו את תכנית האב הנוכחית הדוגלת בהתפלה.

תחזיות אשר נעשו ב-1999, על פי נתונים סטטיסטיים של צריכה וביקוש בשנה השחונה של 1998, הראו כי למרות כל הפרוייקטים העתידיים כגון חיסכון במים, שימוש חוזר וכו', עדיין קיים מאזן שלילי של 250 מלמ"ק בשנה, והממצאים חיזקו את הדעה לגבי חיוניותה של ההתפלה למאזן המים בישראל (Dreizin, 2007). ואכן לבסוף, ב-07.03.1999, בעקבות הבצורת ומצב המים המידרדר, וחודשיים לפני הבחירות, נתקבלה החלטת ממשלה מס' 4895, החלטה תקדימית בממשלה היוצאת, להיערכות מעשית להתפלת מי-ים בהיקף של 200 מלמ"ק בשנה, לרבות הכנת מסמכי מכרז (הועדה הפרלמנטארית, 2002).

ב-04.04.2002 התקבלה החלטת ממשלה 1682, להגדיל בעוד כ-200 מלמ"ק את היקף התפלת מי הים, כך שסך הכול יעמוד על כ-400 מלמ"ק עד סוף שנת 2004 (אתר המשרד להגנת הסביבה). ב-20.05.07, שוב הוגדר מחדש יעד ההתפלה בהחלטת ממשלה 1677 ונקבע על 505 מלמ"ק עד שנת 2013 (אתר משרד ראש הממשלה). מאז, טרם נתקבלה החלטה לשינוי יעד ההתפלה, אולם על פי נציב המים, צפוי כעת היעד להיקבע מחדש על היקף של 800 מלמ"ק לשנה (שני, 2008), ועל פי החלטת רשות המים, יימשך קידום ההתפלה, עד שהיקפה יהווה 50% ממי השתייה בישראל (Dreizin, 2007). פירוש הדבר הוא כי **מתקנים נוספים רבים צפויים לקום לאורך חופי הים התיכון** (ראה תרשים 2.6).



תרשים 2.6: מצב התכנון והביצוע של מתקני התפלה בישראל נכון ל-2007 (מתוך Safrai and Zask, 2007). מאז הוצאו מכרזים נוספים להתפלת 100 מלמ"ק גם בשורק, וגם באשדוד. כך מגיעים ליעד ההתפלה על פי החלטת הממשלה האחרונה בנושא (מספר 1677), אולם טרם פורסמה רשמית תכנית לעמידה ביעד של 800 מלמ"ק.

ריבוי התנודות סביב הקף ההתפלה, הוסבר כתולדה של מאבק בין נציבות המים, המעוניינת לענות על הדרישות למים ומשרד האוצר, המעוניין לרסן הוצאות ציבוריות (Tagar, 2007). התפלה הינה תהליך תעשייתי, וככזה, היא מגלמת עלויות ורווחים כאחד; עידן ההתפלה מתאפיין בטכנולוגיה אשר התפתחה לרמת יעילות, בה מחיר מים מותפלים הופך תחרותי עם מקורות מים קונבנציונאליים (Hull et al., 2006). לאורך השנים, התגבשה התנגדות מתמשכת להתפלה במשרד האוצר עקב ציפייה למחיר גבוה. המחיר הנמוך אשר הוצג בסופו של דבר התאפשר הודות למספר סיבות, בכללן שיפור בטכנולוגיית האוסמוזה ההפוכה, היתרון הכלכלי בתחזוק מתקן בקנה מידה רחב, תקופת ההחכרה הארוכה (25 שנים) והנחות והקלות אשר ניתנו למפעיל במסגרת הגדרת פרויקט ההתפלה כפרויקט קריטי. ברבות השנים עלו אמנם המחירים בעקבות עליית מחירי האנרגיה (Dreizin, 2007), אך ההיבט הכלכלי עדיין תמך בדעה להמשיך את קידום ההתפלה בישראל. זמינות הטכנולוגיה במחירה הסביר הפכה את ההתפלה לאפשרות המועדפת בעיני קובעי המדיניות בישראל להגדלת כמות המים הזמינים, הרבה לפני כל שאר החלופות. העדפתה נעוצה בעובדה כי היא מצריכה שינויים קטנים בלבד בסטאטוס קוו של אספקת המים, ויחד עם זאת מאפשרת הקלה בלחץ על משאבים טבעיים מקומיים (Hull et al., 2006). מחד, שיקולים טכנולוגיים, כלכליים ופוליטיים מציירים את ההתפלה כאטרקטיבית ופחות סיכונים לעומת החלופות, ובכך מחזקים את המצדדים בה ומטפחים את האמונה בקרב קובעי המדיניות כי שימוש בהתפלה הינו קריטי לפתרון משבר המים. מאידך, בעיני אחרים, התפלה הינה דוגמה לטכנולוגיה כפיתרון מהיר לשאלת משבר המים, וטענתם היא כי ישנה התעלמות מעלויות חיצוניות של השפעה סביבתית וחברתית. קולם, אפוא, משפיע כיום פחות מהמצדדים (Hull et al., 2006).

2.5 ההשפעות הסביבתיות של מתקני התפלה

אף על פי שלהתפלה קיים מחיר סביבתי, משבר המים החרף לא אפשר הקמת מתקן פיילוט לבחינת ההשפעות הסביבתיות של מתקני התפלה (Dreizin, 2007), ועל כן, עולה הצורך לבחון את ההשפעות הפוטנציאליות הכרוכות בהתפלה, הן על ידי סקירת הספרות בנושא, והן על ידי בחינת מעשית של ההשפעות הסביבתיות הנצפות במתקן התפלה פעיל..

2.5.1 שימושי קרקע

מתקני ההתפלה הינם מתקנים תעשייתיים לכל דבר, מערך הציוד, מיכלי הכימיקלים, משאבות במתקן והציוד הייעודי תופסים שטח אשר גודלו תלוי בגודל המתקן. כמו כן, לעיתים נדרשות בריכות אגירה גם למים המטופלים וגם למי הרכז (ווייס ויינון, 2005). לפיכך, מערך התפלת מי הים בכללותו, זקוק לשטחים נרחבים, חלקם על חשבון שטחים פתוחים וציבוריים אשר יכלו לשמש למטרות אחרות (בקר, 2004). בממוצע, למתקן התפלה בשיטת אוסמוזה הפוכה נחוץ שטח של 700 דונם ל-100 מלמ"ק, ובכך מוצאת מכלל שימוש אחר רצועת חוף של כ-100 מ' (קדמי, 2004, כפי שהובא על ידי בקר, 2004).

הערך הסביבתי של שימושי הקרקע משתנה בהתאם למיקומו, אך במקומות המוגבלים ברצועת חוף, כמו מדינת ישראל, ישנה חשיבות רבה לאובדן הקרקע הנגרמת עם הקמת מתקני התפלה (עינב, 2002). חופי הים במדינת ישראל משתרעים על פני כ-256 ק"מ בלבד, וחישוב פשוט מעיד כי

במדינת ישראל נותר שטח של 2 ס"מ חוף לאדם (אתר האינטרנט של עמותת "אדם טבע ודין"). ניתן אומנם להימנע משימושי קרקע בקרבת החוף, אולם משמעות הדבר הינה צורך להזרים כמויות מי ים ומי רכז בצנרת, פעולה אשר לה מחיר כלכלי, וסיכון סביבתי לזיהום מי התהום (עינב, 2002).

2.5.2 זיהום אוויר

כאמור, התפלת מים בכל שיטה דורשת אנרגיה לעצם הפעלת התהליך. כאשר מדובר באידוי, אזי דרושה אנרגיה רבה לחימום המים, וכאשר מדובר באוסמוזה הפוכה, מחייבת השיטה הפעלת לחץ גבוה כנגד הממבראנות, דבר הדורש גם הוא אנרגיה. הלחץ הדרוש להתפלת מי ים הינו 70 אטמוספרות (רן, 2008), וההספק הדרוש לשם כך נע בין 4-7 kw/h ליצירת מ"ק מים מותפלים (Lattemann and Höpner, 2008). מאחר והאנרגיה הדרושה לתהליך ברוב מתקני ההתפלה מתקבלת משריפת דלקים פוסיליים, אזי לייצור של 100 kw/h דרושה כמות של 21 ק"ג גז טבעי, 18 ק"ג נפט או 25 ק"ג פחם (listsin, 2008). בחישוב הממיר את השימוש במים מותפלים ליחידות אנרגיה הדרושה להפקתם, מוצאים כי תוספת האנרגיה לכל בית אב המשתמש במי התפלה מגיעה לכ-25% (Lattemann and Höpner, 2008). המשמעות היא כי במדינת ישראל, ייצור של 650 מלמ"ש, יביא לעלייה של כ-8% בצריכת החשמל הארצית, לא כולל הובלה והולכה (צוק, 2006). לאור האמור, מעורבת בתהליך גם פליטה משמעותית של גזי חממה ומזהמים שונים לאטמוספירה. בשיטת האוסמוזה ההפוכה מדובר על פליטה של 6 ק"ג CO₂, 0.005 ק"ג SO₂ ו-0.009 ק"ג NO_x לכל מ"ק מים מותפלים, ערכים הנמוכים בסדר גודל משיטת האידוי (MAP, 2003).

צריכת האנרגיה עולה עוד יותר עם העלייה במליחות (ווייס ויינון, 2005), ולכן, כאשר מתקן התפלה אחד נמצא במורד הזרם של מתקן התפלה אחר, כפי שהיה המקרה בצפון הים האדום (Höpner and Lattemann, 2002) עשויה לעלות מליחות מי ההזנה, דבר המביא לעלייה נוספת בצריכת האנרגיה.

2.5.3 השפעה על הסביבה הימית

אף על פי שרצועת החוף הצרה של ישראל סובלת מעומס זיהום ומניצול קרקע, לא נעשתה התייחסות מלאה ליכולת ההתמודדות עם סכנות סביבתיות וציבוריות הנוצרות בהתפלה. תשומת הלב לשאלות הסביבתיות הסתכמה בעיקר בהתייחסותם של המשרד להגנת הסביבה ושל מדענים מתחום האקולוגיה (Safrai and Zask, 2007), ובאופן דומה נוהג גם הציבור, אשר אמר מעט בנוגע להתפלה; ולראיה- שני ארגונים בלבד (ידידי כדה"א ומכון ערבה) ערכו מחקרים בנושא, כאשר החברה להגנת הטבע נמנית דווקא על התומכים בהתפלה, וטוענת כי השפעתה על הסביבה הימית זניחה (פפאי, 2006). עם זאת, להתפלה מחיר סביבתי בתחומים רבים הנוגעים לסביבה הימית, ואף על פי שנחקרו פחות, השפעתם אינה בטלה, כפי שיפרטו הסעיפים הבאים. חשוב לזכור כי ככל שמתרבים מתקני ההתפלה לאורך החוף, אזי ההשפעות אשר מפורטות להלן, תהיינה משמעותיות יותר, ועשויות להיחפך מתופעות מקומיות לאזוריות (Höpner and Lattemann, 2002).

2.5.3.1 השפעת השאיבה (intake)

מיקום נקודות השאיבה והגדרת אופי השאיבה משפיעים על הסביבה התת ימית, יציבות הקרקע (על ידי הרחפה), עכירות המים בסביבת השאיבה ושינוי משטר הזרמים באותו אזור. הים התיכון באזורינו אינו מתאפיין בזרמים חזקים או במחזורי גאות ושפל חזקים, ולכן מטבע הדברים, גם בתי הגידול והסביבה הימית התפתחו למצבם הנוכחי כשהם אינם סובלים זרמי ים חזקים; לפיכך שאיבה מאסיבית עשויה להוות השפעה שלילית על בתי הגידול (ווייס וינון, 2005). פתח השאיבה של מתקני ההתפלה ממוקם על פי רוב במרחק מה מן החוף, ומסלק בכל רגע כמויות מים גדולות בקרבת בתי גידול ימיים. אי לכך, בתהליך טמון פוטנציאל פגיעה כלפי הפלורה והפאונה השוכנים באזור. כמו כן, קיימת סכנה שבעלי חיים ימיים יחדרו למערכת בעת שאיבת המים. אומנם על פי רוב, מצויה רשת התומכת במסננים בגודל עין של 5 מ"מ, המונעת את חדירתם של מרבית הדגים ויצורים ימיים אחרים, אולם עדיין מייצרת השאיבה שני מקורות פגיעה פוטנציאליים. השאיבה והסינון של נפחים גדולים יחסית של מים גורמים לדגים ולאורגניזמים אחרים להתנגש במסננים, והדבר גורם לנזקים פיזיים כמו פגיעה בקשקשים ועקה המתבטאת בדיסאוריינטציה. תופעה זו גורמת לעליה בתמותה עקב מחלות ועליה בפגיעות לטריפה. נזק נוסף מהשאיבה נגרם ליצורים הימיים הקטנים מ-5 מ"מ, הנשאבים עם מי ההזנה, ובכך מהווה איום משמעותי לאוכלוסיות הפיטופלנקטון והזואופלנקטון, בכללן אוכלוסיית לרוות של מינים שונים, אשר יציבות אוכלוסייתן קריטית ליציבות המין הרלוונטי. לפיכך, ההשפעה הכוללת של מעבר אורגניזמים הינה הפחתה בגיוס בתי גידול המצויים, וצניחה בפרודוקטיביות האקוסיסטמה (MAP, 2003).

2.5.3.2 השפעת מי הרכז

מתקני ההתפלה מרכזים את המרכיבים השונים (מלחים) אשר מגיעים במי ההזנה למתקן, ומוציאים אותם דרך זרם מי הרכז; בהתאם לכך, מליחות מי הרכז תלויה באופן ישיר ברמת המליחות בזרם מי ההזנה (ווייס וינון, 2005). בכלליות, מליחות מי הרכז גבוהה פי 2 מריכוז הסביבה הימית ממנה נעשתה השאיבה (Safrai and Zask, 2007), וכתוצאה מפיתוחים חדשים בשיטת האוסמוזה ההפוכה, ממשיכה ועולה מליחות מי הרכז באופן מתמשך עם השנים (MAP, 2003). מרבית האורגניזמים יכולים להסתגל לסטיות זעירות במליחות ואף יכולים להיות טולרנטיים למצבים קיצוניים באופן זמני, אך לא לחשיפה מתמשכת; לאור האמור, הזרמת מי הרכז לסביבה הימית מביאה לעלייה במליחות באזור ההזרמה, ובכך משפיעה על פיזורם של יצורים ימיים (Lattemann and Höpner, 2008). המרכיבים השונים הנמצאים במי ההזנה משתנים בין מקורות המים השונים, העלאת ריכוזם של מרכיבים אלה מביאה מרכיבים מסוימים לרמה קריטית בהיבט של השפעה ביולוגית, כגון עלייה בריכוז מתכות קורט המומסות במים (MAP, 2003), (ווייס וינון, 2005).

כתוצאה מצפיפותם, הזרמים הנפלטים ממתקני ההתפלה משפיעים על תחומים שונים בים. מי הרכז הינם בעלי צפיפות גבוהה יותר ממי הים, ועל כן ישקעו ויתפשטו בקרקעית הים ובמים רדודים, דבר היוצר מדבריות מלח בסביבת המוצא. כך, חברות בנטיות, כגון אצות, רכיכות וחסרי חוליות אחרים, עשויות להיות מושפעות מהמליחות הגבוהה ומהמשקעים הכימיים. לעומת זאת, הזרמים הנפלטים ממתקני ההתפלה בהם מי הרכז מעורבבים עם מי קירור מתחנות כוח, עשויים

לצוף על פני המים ולהשפיע על אורגניזמים של הים הפתוח. לפיכך, פליטה קבועה של זרמים בעלי מליחות גבוהה, עשויה להיות קריטית לבעלי החיים הימיים, ועלולה להביא לשינוי מתמשך בהרכב ובמספר המינים באזור המוצא (Lattemann and Höpner, 2008). על מנת למנוע נזק לסביבה הימית, יש צורך במהילת מי הרכז במי הים מסביבם ביחס מיהול של 1:35. יחס מיהול כזה מחייב מערכת דיפוזורים מתוכננת ומחושבת היטב (ווייס ויינון, 2005).
כאשר מדובר בהתפלה אזורית, קרי מספר מתקני התפלה לאורך רצועת החוף, הופכת גם ההשפעה להיות השפעה אזורית. לדוגמה, בצפון הים האדום התרחשו שינויים במשטר זרמים בשל ריבוי מתקני התפלה באזור. בהתאם לכך, צפוי כי מאחר ובעתיד ייעשה שימוש נרחב יותר בהתפלה, תיגרם השפעה שהיא חוץ גבולית (Höpner and Lattemann, 2002).

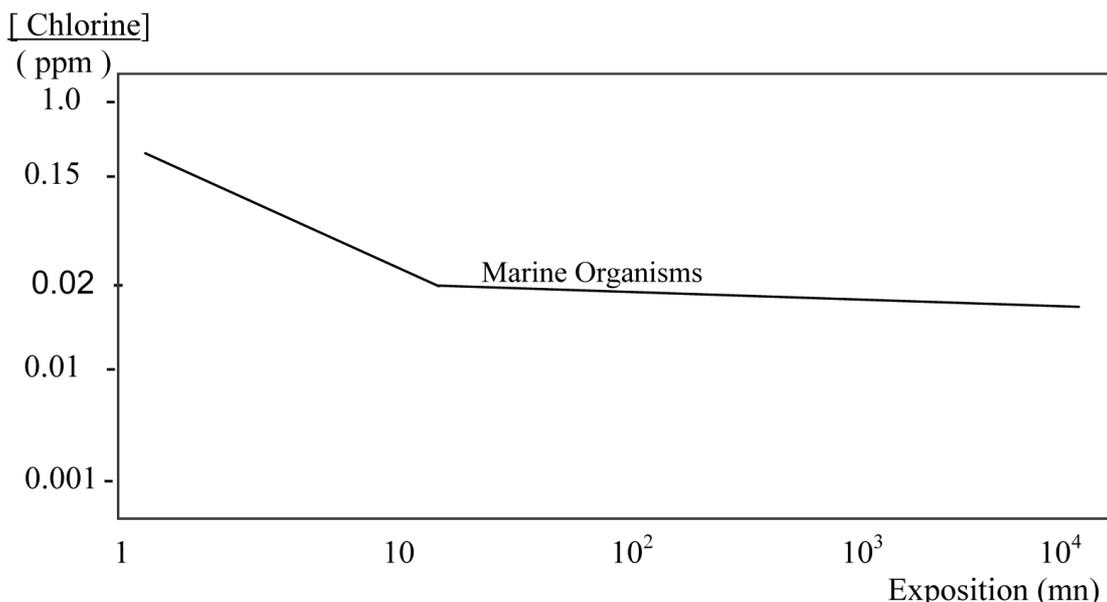
2.5.3.3 השפעת תוספים במי הרכז- כלור

כדי להפחית את הצטברות ה-Bio fouling על חלקי המתקן השונים, ברוב מתקני ההתפלה מוסף כלור לפתח השאיבה, והוא גורם ליצירת היפוכלורייט (NaHClO_3) והיפוברומיט (NaHBrO_3) במי הים (Lattemann and Höpner 2008).

"Bio fouling" הינו תהליך רב שלבי, בו מעורבות קבוצות רבות של אורגניזמים. התהליך מתחיל עם הצטברות של חומר פולימרי מגוף המים למשטחים מוצקים, המאפשר יצירת שכבת חיידקים ראשונית והתיישבותה במקום. לשכבה זו מצטרפים בהמשך חד תאיים *periphytes* למיניהם ולאחר מכן מיקרו-אצות, פרוטוזואה ופטרויות ולבסוף היצמדות שפוכת וחומרים אנאורגאניים (MAP,2003).

רמות ה-FRC (שיירי כלור חופשיים או צמודים) של $200-500\mu\text{g/L}$ תועדו בזרמים הנפלטים ממתקני ההתפלה בשיטת האידוי, פי 4-12 מהריכוז המותר על פי ה-EPA (המשרד להגנת הסביבה האמריקאי). במתקני אוסמוזה הפוכה נעשה גם שימוש בכלור, אך נעשה טיפול מיוחד להוצאת הכלור לפני כניסת המים למשאבה, בשל רגישות הממבראנה, ולכן צפויה ירידה של 90% ברמות ה-FRC עד ל- $20-50\mu\text{g/L}$. ריכוזי פליטה שבין $200-500\mu\text{g/L}$, שהם 0.2 - 0.5ppm (ראה תרשים 2.7) וריכוזי סביבה הגבוהים מ- $100\mu\text{g/L}$ (0.1ppm), מהווים סכנה משמעותית לחיים הימיים.

אף על פי שרמות ה-FRC בסביבה יורדות מהר בעקבות פירוק ומיהול כתוצאה מפליטת המים, עדיין קיים פוטנציאל גבוה להשפעות שליליות. כמו כן, כתוצאה מתגובות אפשריות של היפוכלורייט והיפוברומיט עם מרכבים אורגאניים במי הים, מגוון תוצרי הלוואי שיווצר גבוה וכולל יצירת טריהלומתאנים (THMs) כמו ברומפורם או חומצות הלואצטיות. רמות עולות וגבוהות של THMs תועדו בקרבת מתקני ההתפלה בריכוזים של יותר מ- $83\mu\text{g/L}$. עם זאת, נתונים אקו-טוקסיקולוגיים מצביעים על ריכוזים של $146\mu\text{g/L}$ ללא הפרעה של ממש ליצורים שונים, ועל כן, שיירי הכלור במי הרכז הינם בעל רעילות הגבוהה באופן ניכר מתוצרי הלוואי. אף על פי כן, ישנם שלבים התפתחותיים במחזור החיים ומינים מסויימים הרגישים לריכוזי כלור, בעיקר לנוכח העובדה כי THMs נמצאו כבעלי פוטנציאל קרצינוגני לבעלי חיים (Lattemann and Höpner, 2008).



תרשים 2.7: רעילות כלור ביצורים ימיים, כפונקציה של משך החשיפה (מתוך- Miri and Chouikhi, 2005)

2.5.3.4 השפעת תוספים במי הרכז- מתכות כבדות

הדרישות לריכוזי המתכות במי הרכז היוצאים משתנה מאתר לאתר, זאת היות וחלק מהיצורים הימיים רגישים יותר לרמת הכימיקלים והמתכות הנמצאים במי הים בסביבתם. לפיכך, כל אתר ואתר יחייב בדיקה פרטנית וקביעת ריכוזי הכימיקלים והמתכות המותרים במי הרכז על מנת למזער את הפגיעה בבתי הגידול בהם (ווייס ויינון, 2005).

במתקני ההתפלה הפועלים בשיטת האיזוי נעשה שימוש בסגסוגת של נחושת וניקל, ולכן יש לקחת בחשבון את זיהום מי הרכז בנחושת עקב קורוזיה. לעומת זאת, מי הרכז הנפלטים ממפעלי האוסמוזה ההפוכה עלולים להכיל ברזל, ניקל, כרום ומוליבדינום, אם כי בכמויות זעירות בלבד, ולכן זיהום על ידי מתכות במתקנים אלה, הוא על פי רוב מתחת לרמה הקריטית. ריכוזי נחושת בזרמים הנפלטים צפויים להיות בטווח של 15-100 µg/L. נוכחות הנחושת לא מצביעה בוודאות על נזק לסביבה הימית; לשם השוואה, ריכוזים טבעיים של נחושת בסביבה הימית, עומדים על הטווח שבין 0.1-100 µg/L (ערך מקסימאלי באזורי שפכי נחלים). עם זאת, נחושת, בדומה לרוב המתכות, מצטברת בסדימנט, והדבר עשוי להוביל לעליה בריכוזה בסדימנט באזורים אלה. נחושת הינה מיקרו נוטריאנט חיוני לרוב האורגניזמים, ועשויה להיות רעילה רק כאשר הופכת להיות זמינה בריכוזים גבוהים. רמת זיהום נמוכה של 15 ppb הינה בעלת סיכון נמוך ליצירת נזק לחי הימי. רוב יוני המתכות מסולקים מעמודת המים על ידי הטמעתם בסדימנט. ההצטברות בסדימנט, לעומת זאת, עשויה להוות הפרעה סביבתית משמעותית (Höpner, Lattemann, 2002). מתכות בסדימנט עשויות להיטמע על ידי הבנטוס, המהווה בסיס לשרשרת המזון האקוויטית, בתהליך הביואקומוציה (Lattemann and Höpner, 2008), וכך עשויה המתכת להצטבר במעלה שרשרת המזון (ביומגניפיקציה), ותיווצר פגיעה סביבתית גם בריכוזים נמוכים (MAP, 2003).

בריכוזים נמוכים, פיטופלנקטון משתמש בנחושת כקו-אנזים במערכות אנזימטיות של תהליכי גליקוליזה, מעגל קרבס, פוטוסינתזה ומטבוליזם של חלבונים. הזואופלנקטון מסלק את הנחושת

על ידי הפרשתה ממערכת העיכול, וכך היא שוקעת לקרקעית הים, אך בהמשך מתפזרת מחדש בהרחפת הסדימנט על ידי הבנטוס. באופן זה, כל שרשרת המזון צוברת נחושת. ברמות גבוהות, נחושת רעילה ביותר ומתפקדת כמעכב אנזימטי באורגניזם, כך שעשויה לגרום לתמותה של יצורים פגיעים. בפיטופלנקטון, נחושת מגבילה את הספיגה וההטמעה של חנקות ואת הספיגה של סיליקה. בדגים עלולים להיווצר שינויים בפיזיולוגיה, רבייה והתפתחות. החשיפה הממושכת של אורגניזמים לרמות גבוהות, מולידה לעתים תגובות פתולוגיות לא רצויות (דלקות או ניוון של רקמות, פגיעה במערכות תיקון ורה-גנרציה של רקמות פגועות ויצירת גידולים והפרעות גנטיות) (Rachid and Chouikhi, 2005).

2.5.3.5 השפעת תוספים במי הרכז- אנטי-סקלנטיים (נוגדי אבנית)

שכבות אבנית נוצרות על משטחי ציוד תעשייתי של התפלת מים. נוכחות האבנית המתקבעת מובילה לקשיים אופרטיביים ו/או ירידה ביעילות התהליך, ומשום כך מיושמות שיטות שונות למניעת אבנית בתהליכי הזיקוק. פוליפוספטים, המעכבים את הצטברות האבנית, מהווים אנטי-סקלנט זול, אם כי בעל יעילות מוגבלת, אשר חיסרונו העיקרי הוא רגישותו לטמפרטורה- הוא עובר הידרוליזציה לאורתו-פוספט (PO_4^{3-}) בטמפי שמעל $90^{\circ}C$. בשנים האחרונות חלה הגבלה משמעותית בשימוש בחומר זה. האנטי-סקלנט הנפוץ ביותר לשימוש הינו הפולימר של חומצה מלאית. פולימרים אלה מונעים את התיישבות החומר המומס על המשטחים, פוגמים בגדילת הגבישים על ידי עיוות מבנה הרשת כך שהמשקע הרך המיוצר, לא ייצמד על המשטחים המתכתיים (MAP, 2003).

בהקשר הסביבתי, קיים חיסרון משותף לסוגי האנטי-סקלנטיים השונים בהיותם מאקרונוטריאנטים, כך שעליה בריכוזם מעלה את הייצור הראשוני, ועשויה ליצור אאוטריפיקציה. עצם התופעה משפיעה גם ברמה האופרטיבית עקב עליה במינים הביו-פאולינג, דרישה מוגברת לחומרי הדברה, עליה בתוכן של החומר האורגאני וגם בעיות בסינון (Rachid and Chouikhi, 2005). כמו כן, חומרים נוגדי אבנית המוזרמים לסביבה הימית, מביאים להורדת ריכוזי יוני ה- Mg^{2+} ו- Ca^{2+} (Lattemann and Höpner, 2008), אשר הם מתכות חיוניות מבחינה ביולוגית (Höpner and Lattemann, 2002).

אנטי-סקלאנט נוסף הוא חומצה סולפורית אשר מאפשרת מזעור יצירת אבנית וירידה ב-pH. לאחר השימוש בה, התמיסה החומצית מוזרמת לים. לא ניתן לשלול את הנזק שנגרם למאפיינים הכימיים של המים ולאורגניזמים הימיים (Rachid and Chouikhi, 2005).

2.5.3.6 השפעת תוספים שונים נוספים

חומרים נוגדי קצף (Antifoaming agents): כדי להפחית את כמות הקצף הנפלט ממתקני האידוי, חומרים נוגדי-קציפה כמו פוליאיתילן ופוליפרופילן-גליקול מוספים לעיתים למי ההזנה. חומרים אלה אינם רעילים, אך עלולים להישאר בסביבה עקב התפרקות ביולוגית נמוכה (Lattemann and Höpner, 2008). בנוסף לכך, ישנו שימוש בדטרגנטים בריכוז התלוי באיכות מי הים הנשאבים. הנפוץ ביותר מוכר כ-Belite (Ca_2SiO_4 - קלציום וסיליקה). חומרים אלה פוגעים במערכת הממבראנלית התוך-תאית (Rachid and Chouikhi, 2005).

חומרי חיטוי: תהליך הניקוי תלוי בסוג הקצף הנוצר. במתקני האוסמוזה ההפוכה, משתמשים בתמיסות אלקליין (pH 11-12) להסרת משקעי סחופת וביופילמים מהממבראנות, בעוד שתמיסות חומציות (pH 2-3) מוספות לשם התמוססות מתכות או אבנית. תמיסות אלו מכילות לעיתים קרובות, חומרים כימיים נוספים כגון דטרגנטים או אוקסידנטים. תמיסות הניקוי, בייחוד תוספיהן, עלולות להזיק לחי הימי אם הן משוחררות לפני המים ללא טיפול (Lattemann and Höpner, 2008).

חומרים נגד קורוזיה – השפעתם אינה ידועה.

סודיום-סולפיד (Na_2S): מסייע בסילוק שיירי החמצן הנוכחים באופן שיגרתי לאחר תהליך אוורור המים. הרעילות של משקעי הסודיום סולפיד אינם ידועה.

2.5.3.7 השפעת תוספים במי הרכז- קואגולנטים

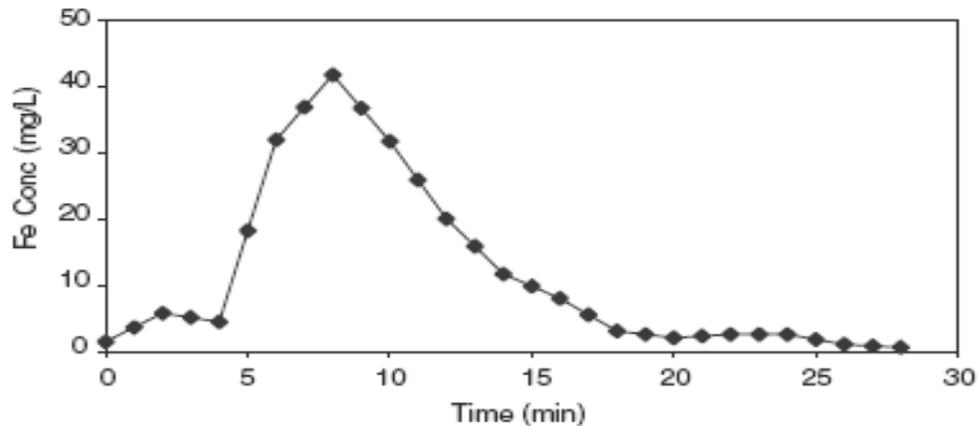
קואגולנטים מוספים למי ההזנה לצורך קואגולציה (הפתתה) וסינון של חומר מרחף בתהליך הקדם טיפול. המסננים נשטפים מעת לעת, והמים המוחזרים מכילים את החומרים המרחפים, יחד עם הקואגולנטים, ונפלטם לים ללא טיפול. לכימיקלים עצמם ישנו פוטנציאל טוקסי נמוך, אולם שחרורם עשוי לגרום לצביעה עוצמתית של הזרם הנפלט כאשר משתמשים במלחים מכילי ברזל ("מי רכו אדומים"), אשר יכול להפוך את מי הים לבוציים, לפגוע בחדירות האור או "לקבור" את היצורים הבנטיים הישיבים באזור הפליטה (Lattemann and Höpner, 2008). היות ותופעה זו נצפתה עד כה במתקן ההתפלה באשקלון בלבד, והיא המייחדת אותו משאר ההשפעות הסביבתיות אשר תוארו לעיל, נסקור את התופעה לעומק בפרק הבא העוסק ב"כתם האדום", הלא הוא תופעת "מי הרכז האדומים" המתוארת.

2.5.4 הכתם האדום

2.5.4.1 הופעת הכתם האדום

המתקן להתפלת מי ים הראשון בישראל הוקם במתחם קצא"א באשקלון. המתקן החל לפעול באוגוסט 2005 בשיטת האוסמוזה ההפוכה, ומספק 100 מלמ"ק לשנה, ובכך הינו המתקן הגדול מסוגו בעולם. שפכיו השונים מוזרמים לים בהיתר (Dreizin, 2007). קיומה של תחנת הכוח באשקלון העלה אפשרות להשתמש במי הקירור לצורך מיהול מי הרכז, וכך ניתן היה ליהנות מיתרונות התשתית הקיימת, ולהימנע מהקמה מיוחדת של מוצא אל תוך הים (Dreizin, 2007). סיבוך התשתיות אשר התגלה בהמשך הבנייה, הוא אשר הזים את התכנית המקורית לערבוב בצינור משותף (דרייזין, 2007), כך שהמוצא הימי הוקם במרחק 25 מ' ממוצא מי הקירור הקרוב ביותר. בסופו של עניין, מוזרמים מידי שנה 100 מלמ"ק מי רכו ורשימה ארוכה של מזהמים פוטנציאליים נוספים, בקו החוף, ללא צינור ובהיתר מהוועדה הבינמשרדית למתן היתרי הזרמה. עניין סביבתי מיוחד התעורר ב-2006, מספר חודשים לאחר הפעלת המתקן, כאשר פיקוח שיגרתי של חברת החשמל דיווח על הימצאות כתם אדום בפתח המוצא הימי של המתקן. מאז נוצר הכתם מידי שעה, לכל אורך היממה ולמשך כ-20 דקות בכל פעם (ראה תרשים 2.8). קוטרו נע בין עשרות למאות מטרים (ראה תרשימים 9-11), ומיקומו עשוי להגיע עד למרחק של כ-3 ק"מ מהמוצא הימי, כתלות בתנאי מזג האוויר והזרמים. בדיקות שנעשו על ידי אגף ים וחופים של המשרד להגנת הסביבה זיהו את מקור הצבע האדום כברזל הידרוקסיד בריכוז של 42mg/l. נקבע

כי נוכחותו של הברזל נגרמת כתוצאה משימוש כקואגולנט, קרי חומר התורם להשקעת המוצקים וסילוקם בתהליך הקדם, והזרמתו לים בכמויות של 500 טון בשנה. ההשפעות הנצפות אינן מסתכמות בהופעת כתם אדום בלבד; השוואת התנאים קודם להקמת המתקן באשקלון עם אלה שלאחריה, חשפה שינויים במספר פרמטרים, חלקם מעל לתקן. גורמים במשרד להגנת הסביבה סבורים כי שינויים אלה, בפרט הופעת הכתם האדום מספקים עילה לשימוש בעקרון ההיזהרות (Safrai and Zask, 2007). גם ראש אגף התפלה ברשות המים מתייחס לכמויות הברזל המוזרמות כעניין הסביבתי המשמעותי ביותר בהתפלה בארץ; ובהתאם לכך, רואה המשרד להגנת הסביבה בתופעת הכתם האדום בעיה הדורשת פתרון (Dreizin, 2007).



תרשים 2.8: ריכוז הברזל במי הרכז במהלך הוספת התשטיפים (נלקח מ- Safrai and Zask, 2007)



תרשים 2.9: הכתם האדום בפתח המוצא הימי. צולם על ידי המשרד להגנת הסביבה 2006.



תרשים 2.10: הכתם האדום בפתח המוצא הימי ובהתפשטותו. צולם על ידי המשרד להגנת הסביבה. 2006.

2.5.4.2 מאפייני הברזל בסביבה הימית

ברזל סולפאט (FeSO_4) וכלוריד הברזל (FeCl_3) משמשים כקואגולנט בטיפול הקדם במתקני ההתפלה בעולם, ביניהם גם המתקן באשקלון. שניהם הופכים מייד, בתנאי חמצון וערכי ה-pH של מי הים, לברזל הידרוקסיד תלת ערכי $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$. הידרוקסיד הברזל גורם להתלכדות חלקיקים, אלה הם תלכידי הברזל (אגרגטים), והם נלכדים בשלב הסינון המקדים בפילטרים, דבר המגן על הממבראנות של תהליך האוסמוזה ההפוכה (קרוס וחובריה, 2007). הפילטרים נשטפים בזמנים קצובים עם מי ים מסוננים ותשטיפים אלה מסולקים לים על החוף, יחד עם מי הרכז הנוצר בתהליך ההתפלה ובקרבת מי הקירור של תחנת הכוח רוטנברג מאשקלון (Safrai and Zask, 2007).

צורן הברזל העיקרי, אפוא, המופיע במי ים הוא הקומפלקס $\text{Fe}(\text{OH})_3^0$, ברזל תלת ערכי, הנמצא כקולואיד. במי ים, להם חוזק יוני גבוה, צפוי כי הברזל ייצור פלוקולנטים, יספח לחלקיקים או יופיע כקלאט אורגני. ריכוזו הטבעי בסביבה הימית הוא בתחום של 1-60 ננומולר. ככל שהסביבה יותר מחזרת (אנוקסית), הברזל הופך לצורן הדו ערכי (Fe^{2+}), היציב יותר. צורן זה יוצר קומפלקסים עם כלורידים והידרוקסידים, וחלק גדול ממנו נשאר בסביבה כיון חופשי. ל-pH ו-Eh השפעה גדולה על זהות צורן הברזל במי ים (Kester, 1986). פירוק פוטוכימי של תרכובות ברזל תלת ערכי יכול ליצור ברזל דו ערכי הנחוץ להתפתחות הפיטופלנקטון (Bernhard and George, 1986).

ברזל הינו יסוד חיוני לקיום חיים, אולם במקרים מסויימים עודף ברזל עלול להזיק. לדוגמה, באורגניזמים בנטיים הצורכים כמויות גדולות של סדימנט, עודף הברזל נשמר בליזוזומים

שלישוניים בתאים, לא מופרש, ולכן מצטבר ויוצר כתמים כהים באורגניזם (Bernhard and George, 1986). בניסויי מעבדה שנערכו ב-3 מינים של קיפודי ים ומין של צדפה נמצאה השפעה של כלוריד הברזל על התפתחותם, כולל שינויים ביוכימיים וגנטיים (Pagano et al, 1996). לעומת זאת, ברזל לא גרם ל-lysis בתאים של ציאנובקטריה אלא עורר את צמיחתן (Chow et al., 1998).

ישנן מספר דרכים בהן האורגניזמים קולטים את הברזל מהמים: אצות לרוב קולטות ברזל מומס, ואילו צדפות ויצורים אחרים קולטים אותו כחלקיקים. פרוקריוטים ימיים (בקטריה וציאנובקטריה) יכולים לייצר תרכובות אורגניות (siderophores) המסוגלות באופן ספציפי לקשור ברזל תלת ערכי כקלאט המאפשר את התמוססותו והפיכתו לצורן הניתן לניצול. אורגניזמים נוספים מסוגלים לקלוט חלקיקים וקולואידים של הידרוקסידים של מתכות בצורה ישירה על ידי pinocytosis.

כאמור, בטיפול הקדם במתקן ההתפלה מוסף אנטי-סקלאנט מסוג פוליפוספונט, לשיקוע גיר וקלציום סולפאט, וגם הוא מסולק לים עם מי הרכז והתשטיפים. חומר זה יכול ליצור קומפלקסים עם $FeCl_3$ הניתנים לפירוק פוטוכימי, ומחזר את הברזל לברזל דו-ערכי הזמן לפיטופלנקטון (קרוס וגליל, 2007).

2.5.4.3 השפעות סביבתיות של ה"כתם האדום"

ההשפעות הסביבתיות האפשריות הקשורות להפעלת מתקני התפלת מי ים נסקרו בספרות (ראה לדוגמה MAP, 2003 ומקורות מצוטטים בעבודה זו); אולם לפי מיטב ידיעתנו, ההשפעות הסביבתיות של ברזל סולפאט ($FeSO_4$) או כלוריד הברזל ($FeCl_3$), המוספים כקואגולנט בטיפול הקדם, לא נחקרו עד כה. זיהום בברזל ממתקני התפלה נזכר אמנם בספרות (MAP, 2003), אם כי במקרים אלה מקור הברזל הוא בקורוזיה של מתקנים המשתמשים בטכנולוגיה של זיקוק ולא אוסמוזה הפוכה, כך שריכוזי הברזל המוחדרים לסביבה קטנים יחסית.

כאמור, באשקלון התעוררה בעיה אסטטית בשל העובדה כי נוכחות הידרוקסיד הברזל גורמת לתשטיפים אלה "לצבוע" באדום את המים באזור (ראה נספח), והשאלה הנשאלת היא האם ההשפעה הינה אקולוגית או שמא היא אסתטית בלבד.

בעוד שמדענים מתחומים שונים מכריזים, על אף שלא בדקו את העניין, כי אין לברזל כל השפעה סביבתית (עינב, 2007), בכמויות הברזל העצומות המוזרמות, וריכוזו הגבוה בגוף המים, יהיה זה סביר לצפות לשורה של איומים לאקוסיסטמות ימיות (Safrai and Zask, 2007); ביניהם ניתן למנות:

1. יצירת תלכידים (אגרגטים) הסופחים אליהם גם חומר אורגני. היווצרותם מעלה את הזמינות של מזון לאורגניזמים מסוימים ומונעת מזון מאחרים ועקב כך ייתכנו שינויים בחברה החי באזור.
2. יצירת אזור בעל עכירות גבוהה (ריכוז חומר מרחף גדול) המונעת חדירת אור, ועקב כך פגיעה בייצור הראשוני בגוף המים ובקרקעית הרדודה.
3. הידרוקסיד הברזל עשוי לקשור פוספאט ולהפכו ללא זמין לביוטה, וכך לפגוע בייצור הראשוני.

4. תיתכן גם התפתחות מוגברת של חיידקים בקדם פילטרים, בשל אספקה או יצירה של שטחים המתאימים להתפתחותם. החיידקים מסולקים לים עם מי השטיפה ועשויים להשפיע על הסביבה.

5. התלכידים עשויים גם ליצור מיקרו-סביבה בה ברזל יכול להתמוסס ולהיות זמין לפיטופלנקטון (קרוס וגליל, 2007). העלייה בריכוז הברזל כמיקרו נוטריאנט עשויה להוות גורם מעודד לפריחת אצות, חלקן עשוי להיות אצות רעילות. העלאה ביצרנות במי הים עלולה להביא להשפעה שלילית בנוגע לשקיפות המים ויצירת שכבת בוצה אשר תוביל לירידה באיכות המים.

6. ריכוז חומר מרחף (SPM) גבוה עשוי להביא לפגיעה בבעלי חיים מסננים.

7. עקב שקיעת הידרוקסידים לקרקעית, תיתכן הצטברותם בסדימנט ויצירת אזור אנוקסי.

8. פגיעה אסטטית – יצור אזור של מים "אדומים" (Safrai and Zask, 2007).

עקב כך נשאלות שאלות רבות בהקשר להשפעות הסביבתיות האפשריות, ביניהן: האם הברזל הידרוקסיד השוקע מצוי באסוציאציה עם חלקיקים אורגניים שפירוקם צפוי בהמשך? האם הברזל הידרוקסיד משמש "מלכודת לזרחן" ולכן אתר שקיעת הברזל וחיזורו הפוטנציאלי הוא גם אתר שחרור זרחן זמין? מהו תחום הפיזור של תלכיד הברזל? האם הם שוקעים לקרקעית ומצטברים באזור שסמוך לחוף או שמוסעים לאזורים מרוחקים יותר ושם שוקעים? כיצד תושפע הביטה באזור, בין אם על ידי פגיעה בצלילות המים, הגברת ריכוז חומר מרחף או סיפוח חומרים ממי הים ובין אם על ידי הוספת של חומרים הקשורים אליו, כגון חומר אורגני, למי הים ולקרקעית?

2.6 סיכום

התפלת מי ים מהווה נושא מרכזי בחלופה הצפונית לפתרון בעיית ים המלח, כפי שהציע אלי רז. אי לכך, בעבודה זו, משמשת ההתפלה כנושא מחקר מייצג לצורך בחינת היבטים של החלופה. מבין שיטות ההתפלה הקיימות התמקדנו בשיטת האוסמוזה ההפוכה, לאור בחירתה כשיטת התפלה מועדפת בישראל.

בעיית זמינות מים שפירים צוברת תאוצה בעולם, אך מרכזית בעיקר במדינות צחיחות, ביניהן רוב מדינות המזרח התיכון והים התיכון. בהתאם לזאת, נמצאים מתקני התפלה בריכוזים הגבוהים ביותר סביב הים הערבי, הים התיכון והים האדום. מכאן ברור כי ישראל נמצאת בלב ליבו של אזור, בו התפלה הינה מקור חשוב והכרחי להפקת מים שפירים. עם זאת, במהלך 50 שנות קיומה הראשונות של המדינה, לא זכו להתייחסות מגוון רחב של תכניות התפלה, בעיקר לנוכח ספקות בהיתכנותה הכלכלית. לבסוף, לאחר רצף שנות הבצורת, בהן הובן כי מוצו כל החלופות הקיימות, הוחלט לשלב התפלה במערכת אספקת המים. מהחלטת הממשלה ב-1999 ועד היום, המשיך וגדל יעד ההתפלה מ-200 מלמ"ק אז ועד ל-800 מלמ"ק כיום. לאור הדברים, ברור כי מתקנים נוספים רבים יקומו לאורך חופי הים התיכון.

התפלה כיום הינה אפשרות מועדפת בשל מחירה הסביר, זמינות הטכנולוגיה וחוסר התלות בגורמים חיצוניים, כגון תנאי אקלים, לצורך אספקת מים יציבה. עם זאת, ישנן טענות כי בבחירת

ההתפלה כחלופה מרכזית לפיתרון בעיית משק המים, ישנה התעלמות מעלויות חיצוניות הנובעות מהשפעות סביבתיות.

מתקני התפלה גוזלים שטח חוף אשר ערכו הסביבתי והחברתי גבוה, מעלים את צריכת החשמל הארצית באופן ניכר, ובכך גם מוסיפים פליטת מזהמים וגזי חממה לאטמוספירה. מעבר לכך, ישנה השפעה רבת מימדים על הסביבה הימית, אשר דווקא היא זכתה להתייחסות מועטה במחקרים השונים עד כה. המשמעויות השונות של השפעות אלה הולכות ומתעצמות לנוכח תוכניות רחבות היקף של התפלה מאסיבית לכל אורך חופי הים התיכון בישראל, ולאור ריכוזם הגבוה באזור הים התיכון כולו.

בהיבט הפיסיקלי, כוללות ההשפעות נזק הנגרם משאיבת מי ההזנה, הן בפגיעה פיסית בדגה והן על ידי צמצום אוכלוסיות פלנקטון. בהיבט הכימי מוכרת ביותר בעיית מי הרכז הנפלט, אשר ריכוזם כפול מריכוז הסביבה הטבעי, דבר היוצר מדבריות מלח ועשוי להביא לשינוי בהרכב ובמגוון המינים באזור; אולם, תוספים שונים הנפלטים גם הם ממי הרכז, עשויים להסב גם הם נזק לסביבה הימית: כלור, משמש כחומר אנטי פאולינג, ועשוי להיות רעיל בעיקר בריכוזים אשר נצפו בשיטת האידי; מתכות כבדות, דוגמת נחושת, נוצרות במערכת ההתפלה כתוצאה מקורוזיה, ואף על פי ריכוזן הנמוך, הן מצטברות בסדימנט ועשויות להצטבר במעלה שרשרת המזון; ואנטי סקלאנטים המוספים להפחתת אבנית במערכת, מוזרמים לסביבה הימית ועשויים להגביר יצרנות ראשונית ובמקביל להוריד ריכוזם של Ca^{2+} ו- Mg^{2+} .

בנוסף לכל ההשפעות אשר פורטו, עלתה בעיה סביבתית נוספת: קואגולנטים מוספים בטיפול הקדם לצורך יצירת תלכידים במי ההזנה, אשר יסתננו בסינון הראשוני. כך, נשפטים הפילטרים והתלכידים המכילים חומר אורגאני וקואגולנט נפלטים לסביבה הימית. אף על פי שנהוג לחשוב כי לקואגולנט פוטנציאל טוקסי נמוך, הימצאותו בסביבה הימית התבררה כבעייתית, לפחות מבחינה אסתטית, וזאת על סמך התקדים של מתקן ההתפלה באשקלון, שם ברזל הידרוקסיד המשמש כקואגולנט יוצר כתם אדום בים מידי שעה, עם שטיפת המסננים, ונשאר גלוי לעין במשך כ-20 דקות כל פעם.

ברזל הינו יסוד חיוני לקיום חיים, אך בכמויות העצומות המוזרמות, ובריכוזו הגבוה הנוצר בגוף המים, עולות השערות שונות לגבי קיומם של מספר איומים לאקוסיסטמות ימיות. הברזל בצורתו הדו ערכית יכול להיקלט על ידי יצרנים ולשמש כמיקרו נוטריאנט; הימצאות התלכידים המכילים חומר אורגאני עשויה להיטיב עם מינים מסויימים אך לפגוע באחרים, כמו כן בשקיעתם לקרקעית הם עשויים ליצור אזורים אנוקסיים; ריכוז SPM גבוה עשוי לפגוע בבעלי חיים מסננים, ובנוסף לכך, לגרום לעלייה בעכירות אשר תפגע ביצרנות; קשירת פוספאט על ידי הברזל הידרוקסיד עשויה גם היא לפגוע ביצרנות, בעוד שאם יימצא בצורתו הדו ערכית ישמש כמיקרו נוטריאנט, אשר דווקא יגביר יצרנות ועשוי להביא לפריחות אצות בלתי רצויות; ולבסוף, קיימת פגיעה ודאית וברורה, הלוא היא הפגיעה האסתטית בעקבות יצירת אזור של מים "אדומים". בהתאם לבעיות הפוטנציאליות המועלות, ובכמויות הברזל המוזרמות, הפכה הזרמת הקואגולנט לעניין הסביבתי המשמעותי ביותר בהתפלה בארץ.

לאור שורת הבעיות הסביבתיות הפוטנציאליות, מיעוט המחקרים בנושא והופעת תרחישים בלתי צפויים אשר משמעותם טרם ידועה, עולה כי קיים חוסר ודאות סביב נושא ההשפעות הסביבתיות הכרוכות בהתפלה, ודאי כאשר מדובר בהתפלה מאסיבית, כפי שמציעה החלופה הצפונית. הואיל וברצוננו לבחון מספר חלופות, ולבחור את הכדאי ביותר, עלינו להתייחס לא רק למשמעות

הישירה שלהן בנושא משק המים או ליעילותן בפתרון בעיית ים המלח, אלא להרחיב את השקפתנו גם להיבטים הסביבתיים הכרוכים בהן. אולם, בחינת חלופות זו מול זו חייבת להיעשות על ידי השוואת פרמטרים משותפים, אותם ניתן יהיה לבחון זה מול זה. לצורך שזירת ההשפעות הסביבתיות בהתפלה בשיח של מקבלי ההחלטות, ניתן לבצע תרגום של ההשפעה על הסביבה למונחים כלכליים, אותם מכירים ובהם משתמשים בדרג המדיני, וכך תוכלנה להילקח בחשבון בקבלת ההחלטות.

3. הערכת העלות האמיתית של התפלה

המטרה העיקרית של הפרק היא להציע שיטות אמינות להערכת הנזק הכלכלי של "הכתם האדום" הנוצר על ידי מתקן ההתפלה באשקלון, בכדי להראות כיצד מתקרבים להערכת המחיר האמיתי של התפלה. פרק זה התבסס על סקירת ספרות אודות שיטות למדידת ערך כלכלי של מוצרים בלתי סחירים, הרלוונטיות לנזק הנגרם לרצועת הים מפעולת מתקן ההתפלה באשקלון.

3.1 מבוא לכלכלת סביבה

3.1.1 רקע

הכלכלה שזורה בכל תחום מתחומי חיינו וקיים קשר הדוק בינה לבין איכות הסביבה והגנה עליה. לכל פעולה אשר לה השלכה על הסביבה ישנה משמעות כלכלית. כלכלה סביבתית הינה כלי המאפשר קביעת יעדים וסדרי עדיפויות לאומיים בין צרכים חברתיים-משקיים בלתי מוגבלים, לבין משאבי סביבה שהם מוגבלים ("אדם טבע ודין", 2008).

הקשר בין סביבה לבין כלכלה הביא להתפתחות ענף כלכלת סביבה. ענף מדעי זה מאפשר הטמעת שיקולי הגנה על הסביבה לתוך המסגרות המסורתיות של קבלת ההחלטות המתקבלות בממשלה ובמגזר הפרטי. במדע כלכלת הסביבה פותחו מודלים לכימות העלויות החיצוניות אשר אינן מובאות בחשבון הכלכלי, לניתוחי כדאיות (עלות מול תועלת) ולשיטות ניהול סיכונים אשר יאפשרו להגיע לקבלת החלטות על הקצאות אופטימאליות- כלכלית וסביבתית כאחד (המשרד להגנת הסביבה, 2008). במסגרת ניתוח כלכלי של החלופות (ניתוח עלות-תועלת) מנסה הכלכלה הסביבתית להסביר את הקשר וההשפעה ההדדית הנוצרים בין כלכלה לבין סביבה. עבור מוצרים ציבוריים, לרוב אין מערכת השוק החופשי מניבה את התוצאה החברתית האופטימאלית. תיקון כשלי שוק מחייב התערבות ממשלתית, אשר מטרתה לגרום לשוק להניב את התוצאה הרצויה. אחד הפתרונות העיקריים שמציעה הכלכלה הסביבתית לפתרון בעיות הזיהום הוא הפעלת עקרון "המזהם משלם", או הפנמת עלויות חיצוניות ("אדם, טבע ודין", 2008).

3.1.2 מושגים עיקריים בכלכלת סביבה

המושג **השפעות חיצוניות** הינו מושג אשר מקורו במדע הכלכלה והוא מתאר עלויות או תועלות, הנוצרות כאשר מבצע פעילות מסוימת, אינו לוקח אותן בחשבון בעת שהוא מתמחר אותה. לדוגמא, כל קילומטר שאנו נוסעים ברכבנו גורם לזיהום אוויר אשר גורם לתחלואה. עלות של תחלואה זו המתבטאת בעלויות אשפוז בבתי חולים, הפסד ימי עבודה וכו', אינה משולמת על ידי הנהיגים הגורמים לזיהום, ולכן מוגדרת עלות זו כעלות חיצונית. תועלת חיצונית ניתן להדגים דרך משק המים, ידוע כי בישראל יש בעיה של רמות גבוהות של מלח במים, ידוע גם כי רמות מלחים

גבוהות במים פוגעות בצנרת המשמשת להעברת המים, במידה ויותפלו מים בישראל לשם התמודדות עם המחסור מים, נקבל תועלת חיצונית בדמות הקטנת הנזקים לצנרת (המשרד להגנת הסביבה, 2008).

מוצר ציבורי הינו מוצר שהפרט (אדם או גוף) עושה בו שימוש, כאשר לא ניתן לשלול מאחרים את ההנאה מהשימוש בו ומהרווח שהוא יוצר להם, והם אינם משלמים עבור זאת (מים, אוויר, ים). השימוש של הפרט במוצר ציבורי (עד לרמה מסוימת) אינו מפחית מהזמינות שלו לאחרים ("אדם, טבע ודין", 2008). מוצר ציבורי יכול להיות גם יערות או דבורים המהווים "שירותי חינוך", הניתנים על ידי הטבע ונצרכים על ידי הכלכלה האנושית. שירותים אלה הינם בעלי ערך כלכלי עצום, אשר איש לא טורח לחשבם או להכיר בערכם עד אשר הם הולכים ונעלמים. רבים משירותים אלה הם חיוניים לאנשים המנצלים אותם, אך הם אינם מחושבים כהטבה אמיתית או כחלק מהתל"ג (תוצר לאומי גולמי).

3.1.3 הבעייתיות בכלכלה הקלאסית

שירותי ה"חינם" הניתנים על ידי הטבע, למרות שנתפסים כמובנים מאליהם, הם המצע הבלתי נראה עליו נבנות כל החברות והכלכלות. אנו סומכים על האוקיינוסים לספק שפע דגה, על יערות לספק עץ ותרופות חדשות, על חרקים ויצורים אחרים לבצע האבקה של הגידולים שלנו, על צפרדעים וציפורים להגביל את אוכלוסיית המזיקים ועל יערות ונהרות לאספקת מים נקיים.

באופן אירוני, על ידי מתן ערך נמוך מדי לשירותים טבעיים, כלכלות נותנות, שלא בחוכמה, תמריץ לניצול לרעה ולהרס של אותן מערכות המספקות שירותים אלה; במקום להגן על נכסיהן הן בוזזות אותם. הטבע, בתמורה, מסוגל פחות ופחות לספק את מגוון השירותים הרחב הנדרש על ידי האוכלוסייה והכלכלה, ההולכים וגדלים, של כדור הארץ. אין זו הגזמה לטעון כי המשך השחיקה של מערכות טבעיות מסכנת לא רק את המשך הקיום של אורח החיים האנושי של ימינו, אלא בסופו של דבר את הסיכויים לעצם המשך קיומנו.

התוצר המקומי הגולמי (תמ"ג) למשל, מודד כביכול את נפח השירותים והסחורות רבי הערך ביותר. אלה המסופקים על ידי הטבע, עליהם נבנים כל היתר, נמדדים בצורה בלתי מספקת או שאינם נמדדים כלל. דינאמיקה לא בריאה זו נעשית מורכבת עוד יותר בכך שפעולות המזהמות או מרוששות הון טבעי, נמדדות כתורמות לרווחה הכלכלית. במילותיו של האקולוג נורמן מאיירס: "כלי הניתוח הכלכלי שלנו רחוקים מיכולת לחשב, שלא לומר לתפוס את כל טווח הערכים החבוי ביערות".

כשחברות וכלכלות משתמשות בסמנים מוטעים לגבי ערכם של דברים, הדבר מעודד אנשים לקבל החלטות המנוגדות לאינטרס ארוך הטווח שלהם עצמם, ולאלה של החברה והדורות הבאים. חישובים כלכליים ממעיטים בצורה גסה בערכו הנוכחי וערכו לעתיד של הטבע. בעוד מספר זעיר של סחורות הטבע נמדד בהיכנסן לשוק – מרביתן אינן נמדדות, ושירותי הטבע- המערכות תומכות החיים – אינם נמדדים כלל. כאשר סחורה נתפסת כסחורת חינם אשר ערכה הכספי הוא אפס, משדר השוק סימנים שהיא תקבל ערך כלכלי רק עם הפיכתה למוצר אחר. לדוגמא, הרווח מבירוא יער על אדמה מסוימת נמדד כחיובי בהנהלת החשבונות הלאומית, שכן העצים עובדו למוצרי נייר ועץ הניתנים למכירה בכסף, בעוד שדלילול אוצר העץ, ההגנה המסופקת על ידו לקו פרשת המים ולמדגה, אינם נמדדים בצד השלילה.

בשנת 1997, פרסם צוות מחקר בינלאומי, ברשות רוברט קוסטנזה, מהמכון לכלכלה אקולוגית באוניברסיטת מרילנד, מחקר פורץ דרך על חשיבותם של שירותי הטבע בתמיכה בכלכלות האנושיות. המחקר העניק לראשונה הערכה כמותית לערך הכלכלי הנוכחי לשירותי המערכות האקולוגיות ולהון הטבעי של העולם. החוקרים בצעו סינתזה של הממצאים מלמעלה ממאה מחקרים, על מנת לחשב את הערך הממוצע להקטר של כל אחד מ-17 השירותים המסופקים בידי המערכות האקולוגיות בעולם. מסקנתם הייתה שהערך הנוכחי של שירותי המערכות הכלכליות בעולם הוא בסביבות ה-33 טריליון דולר לשנה, למעלה מהתל"ג הגלובלי של 25 טריליון דולר. המחקר העלה גם אתגר חדש ורציני בפני הכלכלנים המסורתיים הרגילים - לשמור שיקולי רווח והפסד סביבתיים כ"חיצוניים" לחישוביהם.

בעוד שישנם ספקנים שוודאי יטענו כי ההערכות הגלובליות של קוסטנזה ועמיתיו מפריזות בערך הנוכחי של שירותי הטבע, הרי שאם ישנה הפרזה היא לכיוון ההערכה השמרנית ביותר; כך לדוגמה, ערכם של כמה biomes (כגון הרים, טונדרה ארקטית, מדבריות ופארקים עירוניים) לא נכלל בחישוב. מעבר לכך, ככל ששירותי המערכות האקולוגיות נעשים נדירים יותר כך ילך ערכם ויעלה (אברמוביץ, 1998).

11.2 3.1.4 סקירה של השיטות למדידת ערך כלכלי של מוצרים בלתי סחירים

כאמור, בתמחור של מוצרים או שירותים לא תמיד נכללות העלויות החיצוניות שלהם, בדגש על הנזק הסביבתי שהם גורמים. בהקמה של מתקן התפלה נהוג להתייחס רק לעלויות הישירות של התפלת מים מבלי לכלול עלויות חיצוניות (כשל שוק, נזק סביבתי) הכוללות: פגיעה בחי ובצומח ימי ויבשתי, זיהום אוויר, פגיעה בבריאות הציבור, פגיעה אסטטית בחוף, הדרת הציבור מקטע החוף הרלוונטי, רעש וכו'. הערכת אובדן ערך כלכלי של בילוי בחוף ובים כגון דיג כתחביב, שימוש חוף, הנאה ממראה של חיות לא לצריכה כגון צבים, ציפורים, יונקים ובתי גידול ימיים הינה מסובכת (Ofiara et al., 2000). על מנת למדוד את הערך הכלכלי של מוצרים אשר לא נסחרים בשוק, מוכרות מספר שיטות. להלן העיקריות שבהן:

3.1.4.1 שיטת ההערכה המותנית

שיטת ההערכה המותנית (CVM- Contingent Valuation Method) מבוססת על פנייה למדגם מייצג של הציבור בעזרת סקרים ושאלונים, כאשר מוצג מצב היפותטי בו הציבור נשאל על נכונותו לשלם או לקבל בהינתן מצב זה (המשרד להגנת הסביבה, 2008). לדוגמה, שואלים אנשים על נכונותם לשלם על אי-פגיעה בחוף ובים. יתרונה של השיטה הוא בכך שהיא משקפת ערך שימוש של מוצר או שירות וגם ערך ללא שימוש. חסרונה בכך שאנשים יגזימו במתן ערך, מאחר ואינם מבחינים בסדר גודל הסכנה (כך, 2007). דוגמה לשאלה שתופיע בסקר כזה היא: "כמה את/ה מוכן לשלם עבור הרחקת כביש ראשי הנמצא מתחת לחלון ביתך?" או לחילופין ניתן לשאול: "כמה היית מוכן לקבל כפיצוי על כך שנקים כביש ראשי מתחת לחלון ביתך?" תוצאות השאלון מנותחות בשיטת אקונומטרית (סטטיסטיקה כלכלית) וכך מקבלים הערכה כלכלית של השפעת הכביש (המשרד להגנת הסביבה, 2008). זו הטכניקה היחידה הנמצאת בשימוש רחב להערכה ישירה של מוצרים ציבוריים, או מוצר שאינו נסחר בשוק.

CVM כולל ארבעה יסודות קריטיים הקשורים אחד לשני: שוק היפותטי, טובין/מוצר העומד להערכה, שיטת התשלום, ושאלות הערכה. יש לתת תשומת לב רבה בקידום רקע הטובין והשוק במהלך עיצוב השאלון כדי ששניהם יוצגו בצורה מציאותית, אמינה ומעל לכל קל להבנה, על ידי המשיבים בסקר. הסוגים הבסיסיים של שאלות הנמצאות בשימוש מתייחסים לשאלות פתוחות וסגורות ושאלות הצעות מחיר נישנות, iterative-bidding questions. למשל, בשאלות פתוחות יישאל הפרט מהו הסכום המרבי אותו הוא מוכן לשלם, או מהו הסכום המינימאלי אותו הוא מוכן לקבל בקשר לרמה מסוימת של טובין היפותטי. שאלות מסוג iterative-bidding מתחילות מסכום מסוים (נמוך או גבוהה, תלוי ברצון לשלם או ברצון לקבל), ובהמשך מוסיפים לו או מורידים ממנו עד אשר המשיב אינו מוכן לשנותו.

היתרונות של שיטת CVM: השיטה הינה רבת תכליתית בטכניקות של הערכת מגוון רב של טובין בלתי סחיר בשוק, מאפשרת גמישות בהערכה ויעילה גם בהערכת ערך ללא שימוש של טובין. לפיכך, שיטה זו שימושית בחישוב שיפורים באיכות אויר ומים, בחישוב פעילויות פנאי וסוגיות סיכוני בריאות.

החסרונות: השיטה מבוססת על מידע או תגובה היפותטית, והדבר מבטיח אמצעי רווחה כלכליים עתידיים ולא אמצעי רווחה בדיעבד (Ofiara, 2001). השיטה מבוססת בעצם על אמירה של אנשים ואיננה בוחנת התנהגות, בעוד שכלכלה אמורה לבחון התנהגות בפועל ולא אמירות (כך, 2007). קיים חשש לחוסר מהימנות או אמיתות של תשובות המשיבים וזאת משיקולים שונים (Ofiara, 2001). הביקורת על השיטה טוענת כי אנשים אינם רגילים לשים ערכים כספיים על שירותי סביבה; לכן, בסיס מציאותי עשוי להיות חסר כדי לקבוע את הערך שלהם, הגם שידעו זאת. תגובה לשאלה על נכונות לשלם בשיטת CVM עלולה להיות מוטית היות והמשיב עשוי להביע את רגשותיו כלפי מדיניות או את תרגיל הערכה עצמה ולא את הבעת הרצון לשלם עבור השירות (Ward, 2005). חיסרון אחר בשיטה זו היא חוסר אבחנה של המשיבים בסדר גודל של בעיה סביבתית. אנשים לא מבחינים תמיד בין הצלת לווייתן אחד לבין הצלת אוכלוסיה שלמה של לווייתנים. כמו כן, נכונותם של אנשים לשלם עשויה להיות על פי יופי או גודל בעל החיים ולא על פי חשיבותו האקולוגית. אנשים רבים מסרבים לתרום למען מטרה מסוימת על אף הערכתם כלפיה. סיבות אפשריות לכך הן ההרגשה שגורם אחר אחראי על הנושא, או שהם אינם מאמינים שהכסף ישיג באמת את המטרה (כך, 2007).

על מנת להתגבר על חסרונות אלה, יש להקפיד על עריכה נכונה של הסקר. יש להזכיר לנשאלים כי תקציבם מוגבל, לוודא כי הם מבינים בדיוק מה "מוצר" שהם "קונים", להעדיף שאלות סגורות ולבנות שאלה הדומה ככל האפשר לבחירה האמיתית שהנשאלים מכירים; למשל, להגדיר כיצד יתבצע התשלום וכיצד ישיג הכסף את המטרה המוגדרת (כך, 2007), (Ofiara, 2001).

דוגמה ליישום שיטת הערכה מותנית (CVM): במחקר שנוהל בשנת 1984 (1988, 1989 Bockstael et al.) בוצעה הערכה לערך הכלכלי של שיפור איכות המים במפרץ Chesapeake. בשלב הראשון נשאלה קבוצת מדגם של משקי בית אשר התגוררו בסמוך למפרץ: "האם איכות המים במפרץ ראויים או אינם ראויים לשחייה ו/או לשאר פעילויות מים?" אותם משקי מים אשר ענו כי המים אינם ראויים, נשאלו: "האם אתה מוכן לשלם סכום X כתוספת מס לשנה במידה ותשופר איכות המים, כדי שתוכל לשחות במפרץ?" הסכום עליו נשאלו משקי הבית שונה

אקראית מ-5\$ עד 50\$ לנפש. מעיבוד הנתונים עלה כי הערכת הנזק לשנה כתוצאה מהזיהום במפרץ עבור כ- 300,000 תושבים מהאזור, עמד על ערך ממוצע של 83.6 מיליון \$. סכום זה משקף ממוצע בין הערכה פסימית ואופטימית, וכן, כלל אוכלוסיה המשתמשת בשרותי המפרץ וכזו אשר אינה משתמשת (Bockstael et. al. 1988, 1989)

3.1.4.2 שיטת עלות נסיעה

בשיטת עלות הנסיעה (TCA- Travel Cost Approach) משתמשים בעיקר בכדי לכמת את התועלות של אתרי פעילות נופש ופנאי, יערות, פארקים חוף ים וכו'. כאשר בוחנים מעבר לעלות כרטיס הכניסה את סך ההוצאות אותן מוכנים המשתמשים להוציא כדי לבלות בפארק, כגון הוצאות הנסיעה, החניה וכו'. לדוגמא, על פי שיטה זו ניתן לקבוע כי השמירה על חופי ים לשימוש הקהל הרחב שווה כספית לסכום הכולל, אותו שילמו המשתמשים בחוף כדי להשתמש בחוף במשך שנה כולל הוצאות נסיעתם תשלום דמי חנייה וכו' (המשרד להגנת הסביבה, 2008). ארבעה סוגי מדיניות עשויים להיות מוערכים בשימוש בשיטת TCM: שינוי בעלות הגישה לאתר, סגירת אתר נופש קיים, פתיחה של אתר נופש חדש ועלייה או ירידה באיכות המים באתר נופש. השיטה מבוססת על העקרונות כי מרחק גדול יותר מהאתר מייקר את עלות הגישה אליו (Ward, 2005), מחיר השוק בלבד אינו משקף את הערך של מוצר נקנה, וכי המחיר האמיתי כולל גם זמן ומשאבים אחרים שהקדישו הצרכנים כדי לרוכשו. כך, ניתן להעריך נכונות של אנשים לשלם לביקור במקומות אשר להם אין להם דמי כניסה. לשיטה מספר חסרונות: ערך זמן הנסיעה והשהות אינו ברור, קושי בכימות העלות בטיולים רב אתריים, בעיית אתרים חלופיים והצורך במספר סקרים בעונות שונות (כץ, 2007). שיטת TCA הינה הידועה ביותר בטכניקות להערכת מחיר טובין בלתי סחירים. השיטה מבוססת על התנהגות ממנה נגזרים אמצעים בדיעבד של רווחה כלכלית, פעילות פנאי שכבר התרחשה. שיטה זו מניחה כי הביקוש לאתר נופש גדול יותר לאלה המתגוררים בסמוך מאשר האלה המתגוררים רחוק. מודלים תיאורטיים אשר נבנו עם הזמן מאפשרים חישוב די מדויק של תועלות מאתר נופש (Ofiara, 2001).

דוגמה ליישום של שיטת עלות נסיעה להערכת ערך סביבתי: במחקר אשר בוצע ב-2002 ופורסם ב-(Becker et al., 2006), נעשה ניסיון להערכת הנזק הכלכלי של ירידת מפלס המים בים המלח עבור תושבי ישראל, ירדן והרשות הפלסטינית. במחקר נעשה שימוש, בין השאר, בסקר עלות נסיעה בקרב תושבי ישראל וירדן. המחקר לא התייחס לביקור של תיירים מהעולם. לצורך חישוב עלויות הנסיעה נלקחו בחשבון רמת השכר לשעה, משך הנסיעה בשעות, המרחק מהבית לים המלח ועלות ממוצעת של לינה. הממצאים הצביעו על כך כי עלות הנסיעה עמדה על 178 מיליון דולר לשנה. לסכום זה נוסף 11.2 מיליון דולר כעלות הנסיעה של הפלסטינים, וזאת בהסתמך על הרגלי הנסיעה של הירדנים. על פי הערכה, הסכום הכולל היה עשוי להיות כפול, אילו כלל גם תיירות חו"ל. מעבר לעובדה כי ככל שעלות הביקור גבוהה יותר, מספר הביקורים קטן, הצביע ממצא נוסף של המחקר על כך כי ככל שמפלס ים המלח יורד, מספר הביקורים במקום קטן.

3.1.4.3 שיטת ערך הנדל"ן

שיטת ערך הנדל"ן (**Hedonic Pricing Approach**) מנסה להעריך את השפעתו של מפגע או מרכיב חיובי באמצעות מבחן השוואתי. לדוגמא, מדידת השפעתו של מתקן לטיפול בפסולת על

ערך הדירות בישוב הסמוך למתקן. במקרה זו הבסיס להשוואה, יהיה מחירי דירות בישוב בעל מאפיינים זהים לישוב הנבדק, למעט קיומו של מתקן הפסולת. הפרשי המחירים הם למעשה המחיר הכלכלי של קיום המתקן (המשרד להגנת הסביבה, 2008). במילים אחרות, הנכונות לשלם עבור איכות הסביבה משתקפת בשינוי בערך הנדל"ן. המגבלה העיקרית של השיטה הינה היכולת לבדוד את ההבדלים בפרמטרים של איכות הסביבה בין שני אזורים (כך, 2007). נבנו מודלים אשר הם פשוטים למדי, להערכת הנזק הכלכלי של מפגעים למחירי יחידות מגורים, אך הם אינם נטולי בעיות. הדרישה הבסיסית של השיטה היא שהמשתנים, כגון המדידות לאיכות הסביבה, חייבים להתקיים בקשת רחבה של ערכים, בעוד שאמצעים אחדים של איכות סביבה ומאפייני בתים הינם זמינים בערכים לא רציפים, לדוגמה, מספר החדרים, קיום של מיזוג אוויר, בריכת שחייה, המיקום באזור מזוהם, ומאפייני השכונה, כגון רמת בתי הספר ורמת הפשע (Ofiara, 2001). ניתן למדוד בשיטה זו ערך כלכלי של אתר מסוים ביחס לנכסים השוכנים בקרבתו. למשל, במחקר שערך השמאי הממשלתי הראשי במשרד המשפטים נבדק ערך פארקים ויער בירושלים ובתל אביב כפי שמשקף במחירי הנכסים בקרבתו. השפעת האתרים הללו התחלקה לשניים: קרבת הפארק או היער לשכונת המגורים והנוף הנשקף מהנכסים לאתרים אלה. נמצא כי ערכם הציבורי של פארק גילה בירושלים היה \$705,000 ושל יער ירושלים \$19,219,100. ערך הנוף הנשקף מדירות מגורים לרצועת פארק הירקון היה \$10,476,500 (כך, 2007).

3.1.4.4 שיטות להערכת תחלואה ותמותה

זיהום ים עלול לגרום בצורה לא ישירה לפגיעה בבריאות בשל צריכת מאכלי ים מזוהמים או במגע עם מים מזוהמים. לאורך השנים פותחו שתי שיטות למדידת עלות תחלואה ותמותה - Human Capital Approach (HCA), ושיטת Contingent Valuation Approach/method (CVA/CVM). שיטת HCA מספקת אמצעי ישיר למדידת עלות תחלואה או תמותה. הטכניקה מעריכה את העלות הכלכלית כערך של הפסד הכנסה אשר היה לפרט בכוח העבודה. הפסד הכנסה יכול להימדד מנקודת מבט של המעסיק או המועסק. לכך יש להוסיף את עלויות הריפוי ועלויות המעסיק לגיוס ולהכשרת כוח אדם חליפי. היתרון של HCA הוא בקלות היחסית ביישום שלה. יתרון אחר שלה הוא בכך שהיא מבטיחה בדיעבד מדדים לעלויות של פגיעה בבריאות, ולכן מבוסס על התבוננות בהתנהגות. החיסרון הבולט של HCA הוא בבסיס התיאורטי שלה, לדוגמה, האמירה כי הכנסה משקפת את היצרניות השולית של הפרט והיא מדידה של ערך החיים. השיטה מתעלמת מערך הפנאי, הכאב, והסבל. שיטת CVA בוחנת את הרצון של האוכלוסייה לשלם כדי לצמצם ולמנוע תחלואה ותמותה. כמו כן שימוש בשיטה נעשה כדי להעריך מה שמכונה "חיי אדם סטטיסטי". אנשים נוהגים לקחת סיכונים בחיי היום יום שלהם כדי להגיע לסיפוק מסוים, כגון ההחלטה לעשן. היכולת לשקף את ההעדפות האישיות לצד קשרים משותפים לתיאוריה של תועלת ומקסום הרווחה, היא הסיבה לכך ששיטת CVA כה מושכת תפיסתית. חסרונותיה של הגישה מבוססים על המדידות וההנחות שלה. גישת הנכונות לשלם נשענת על כלי סקרים ושיטות הערכה מותנית. העלויות הכלכליות של מחלות וירידה בתוחלת החיים, מייצגות מדידות מראש וכאלו, הגישה סובלת מהטיות עם הערכה מותנית, כלומר הטיה אסטרטגית והיפותטית. יישומים של שיטת נכונות לשלם המבוססות על סקרים בוצעו כבר על מנת להעריך עלויות של מחלות שונות, כגון מחלות לב וכלי דם, תאונות דרכים, בטיחות אווירית, תמותה ופציעות לא

אנושות. על מנת להתגבר על רבים מחסרונותיה נמנעו מיישום ערכים של נכונות שולית לשלם בהקשר עם סיכוני תעסוקה, המבוססים על חשיפת העדפות, כגון פערים בגובה השכר על ידי שימוש במודלים hedonic wage (Ofiara, 2001). בשיטת hedonic wage מחושבת התוספת לשכר אשר אנשים דורשים כדי לקחת סיכונים בעבודתם. הדבר משקף את הערך אשר אנשים עצמם מייחסים לסיכונים. עם זאת, יש בעיות בשיטה זו. ניתן להשוות בין סוגי עבודות דומות. למשל, שוטרים וכבאים עוסקים בעבודות מסוכנות הרבה יותר מאשר עורכי דין ואנשי הי-טק, אך מרווחים פחות. ההנחה בשיטה זו היא שאנשים מודעים לסיכונים אשר הם לוקחים על עצמם. דרך אחרת לחשב ערך חיי אדם הוא על פי הסכום שאדם מבטח עצמו, אך עשירים אינם מבטחים עצמם ולעניים אין מספיק כסף כדי לבטח עצמם. בתי משפט נוהגים להעריך אובדן חיי אדם על פי הכנסה עתידית שלו. בשיטה זו קשישים זכאים להרבה פחות מאשר אנשים צעירים. לסיכום, הנכונות של אנשים לחשוף עצמם לסיכונים תלויה מאוד בנסיבות, כגון לקיחת סיכון וולונטרי, סיכון פתאומי או איטי (פיצוץ מול חומר מסרטן) וסיכון בשליטה של הפרט עצמו (כץ, 2007).

3.2 עלויות ייצור מים במתקני התפלה

עלות ייצור ישירה של מים מותפלים כוללת בתוכה את מגוון העלויות הכרוכות בהפעלת המתקן, כגון אנרגיה הדרושה לתהליך, כוח אדם, כימיקלים, וכו'. אולם, כפי שמתואר בהרחבה בפרק 2.5, בהתפלה כרוכות גם השפעות הסביבתיות, ואלה לא מחושבות כעלות ישירה ולא מגולמות במחיר מ"ק המפורסם על ידי מפעילי המתקנים. בפרק זה נביא דרכים שונות לאמוד מהו מחיר מ"ק מים מותפלים.

3.2.1 עלויות חיצוניות

כדי לכלול את כלל העלויות חיצוניות בהתפלה, יש צורך לכמת את כלל ההשפעות הסביבתיות (אלו שתוארו ואלו אשר טרם התגלו), כמו גם את כלל התועלות החיצוניות כגון הפחתת לחץ על מקורות המים הטבעיים. עם זאת, סקירתנו מוגבלת על ידי כמות המחקרים אשר נעשו עד כה, הרחוקים מלהתייחס לכלל ההשפעות הסביבתיות. השפעות סביבתיות שליליות נבחרו להיות מוקד העניין בסקירתנו, בעיקר לנוכח העובדה כי ההתפלה עומדת כחלופה מרכזית לפיתרון בעיית משק המים, וניראה היה כי בקרב מקבלי ההחלטות חסרה התייחסות לעלויות חיצוניות שליליות (Hull et. al, 2006). לפיכך מתוארות ההשפעות בקטגוריה של אויר, קרקע וים, כאשר העלויות החיצוניות הכרוכות בהשפעה על הסביבה הימית אינן מפורטות בשל מיעוט מחקרים בנושא. התייחסות לעלויות חיצוניות של הכתם האדום, כמרכיב בעלויות של זיהום ים, יהוו את מושא המחקר המרכזי של הפרק הכלכלי בעבודה זו, כפי שיתואר בפרק השיטות.

3.2.1.1 עלויות חיצוניות שמקורן בזיהום אויר

עלות האנרגיה המושקעת בייצור מים במתקני התפלה עומדת על 50-30 אחוז מעלות הכוללת. היעילות מחייבת פעילות רציפה של המתקן, דהיינו 24 שעות ביממה, 365 יום בשנה. כפי שפורט בסעיף 2.5.2, להתפלת 1 מ"ק מים נדרש יצור 4-7kW/h חשמל. במהלך ייצורו נפלטים לאוויר מזהמים שונים, כשהמזהמים העיקרים הינם: NO_x , PM, SO_2 , CO_2 .

על פי דו"ח האיחוד האירופי (2003) ניתן לכמת את העלויות החיצוניות של ההתפלה אשר מקורן ביצור חשמל. האיחוד האירופי בחן את השפעת זיהום האוויר בחמש קטגוריות פגיעה: תמותה, תחלואה, תשתית, חקלאות והתחממות גלובלית. בעוד ששלוש הקטגוריות הראשונות נבחנו ונאמדו במערב אירופה, השתיים האחרות נבחנו מבחינת השפעתן הכלל עולמית. העלויות החיצוניות הכוללות של מתקני ההתפלה המתוכננים לאורך חופי הארץ מוערכות בין 21.79 ל-40.95 מיליוני שקלים. המשמעות היא בין 7 ל-16 אגורות לכל מ"ק מותפל בנוסף לעלות ההתפלה הישירה.

מקור נוסף לחישוב העלויות החיצוניות הוא דו"ח הערכת סיכונים שפורסם ב-2003 (המשרד לאיכות הסביבה, 2003). הסקר אשר נערך בגוש דן בדק את שיעורי החשיפה הקריטית למזהמים ונזקיהם. כאן נלקחו בחשבון עלויות הנובעות מתחלואה ותמותה בלבד. העלות הכוללת מסתכמת בכ־40.95 מיליון (שער חליפין של ש"ח=4.5\$) אשר משמעותם הינה תוספת לעלות של מ"ק מותפל בשיעור של כ-13 אגורות. יש לציין כי עלויות אלו מתייחסות לערכי סף של זיהום, קרי, פליטות ממקורות סמוכים לאזור מעלות את הערכים של העלויות החיצוניות הנובעות מתחלואה ותמותה.

3.2.1.2 עלויות חיצוניות שמקורן בתפיסת קרקע

מתקני התפלה דורשים שטח חופי ושטח צמוד לחוף הנמצאים במחסור. יש לקחת בחשבון את **העלות האלטרנטיבית** של שטחים אלה. מתקן ההתפלה באשקלון המספק 100 מ"ק מים בשנה, תופס שטח של 70 דונם ורצועת חוף של 100 מטר. בכדי לחשב את העלויות האלטרנטיביות, ניקח בחשבון עלות של שטחי חוף ועלויות של שטחים פתוחים אשר אינם שטחי חוף. על פי מסמך המדיניות של שטחים פתוחים, ערך המלאי של שטחים פתוחים חולק לסוג השטח: חופים, שטחים פתוחים במרקם אורבאני וכאלה אשר אינם במרקם אורבאני. ערך המלאי של החופים הינו 870 מיליוני שקלים. בהערכת מקדם היוון של 5% ניתן לגזור את הערך השנתי של החופים: 43.5 מיליוני שקלים, כך שעבור ק"מ אחד של חוף המשמעות הינה שווי שנתי של 229 אלפי שקלים. הואיל ומתקני ההתפלה המוצעים ידרשו 0.315 ק"מ של חופים, הרי שהערך של שטחי חוף הנתפסים יהיו 72,118 שקלים. אם נחלק זאת ל 315- מלמ"ק, הרי שהעמסת העלות הנוספת אמורה להיות בגובה של 0.023 אג'. בשיטה דומה ניתן לחשב גם את סך העלויות החיצוניות הנדרשות לצורך ההתפלה, אשר כרוכות בתפיסת שטחים שאינם צמודי חוף. אלה מסתכמים אפוא ב-55,125 שקלים לשנה. העמסת גורם זה על עלויות התפלה של 315 מלמ"ק מניבה תוספת עלות של 0.0175 אג'. סך כל העלויות החיצוניות לצורך התפלה הכרוכות בתפיסת שטחים פתוחים עומד על 0.4 אג' (0.004 שקלים) למ"ק.

לסיכום, העלויות החיצוניות **ללא ההשפעה על הסביבה הימית** נעות בין 3%-5% מעלויות ההתפלה הכוללות. הן מורכבות ברובן מעלויות הקשורות לזיהום אוויר, ובנוסף בצורה מועטה מעלויות הכרוכות בתפיסת שטחים פתוחים. סך כל העלויות מסתכמות ב 0.0827 שקלים למ"ק או בסך 26,048,500 שקלים עבור 315 מלמ"ק מותפלים. נציין שזהו תרחיש ממוצע והעלויות עשויות להגיע עד גבול עליון של 0.16 שקלים; דבר שכמעט ומכפיל את העלויות החיצוניות. כמו-

כן, החישוב נעשה על יעדי התפלה דאז, ואילו אם היו נעשים ליעדי התפלה של 800 מלמ"ק, הרי שהעלות הכוללת הייתה 66,160,000.

3.2.1.3 עלויות חיצוניות של פינוי מי הרכז והתוספים לים

פרקים 2.5.3 ו-2.5.4 מפרטים בהרחבה על ההשפעות הפוטנציאליות על הסביבה הימית. בקר בעבודתו מ-2004, מציין כי מתקני ההתפלה דורשים שימוש בכלורידים וחומרים ביולוגיים המהווים דרגת סיכון נוספת לסביבה הימית. עוד מוסיף בקר כי טכנולוגיית אוסמוזה הפוכה דורשת ניקיון הממבראנות אחת למספר חודשים, וכי טיפול וניקוי הממבראנות כרוכים בשימוש בחומצות העשויות אף הן להוות מקור זיהום פוטנציאלי לסביבה הימית. עוד מציין בקר כי שינויים בסביבה הימית עלולים להתרחש גם בנקודת השאיבה, כאשר מי הים הנשאבים שואבים את כל האלמנטים בסביבה הימית, כולל דגים ואורגניזמים אחרים (בקר, 2004). אולם כאמור, לא נעשה חישוב כלכלי להערכת העלויות החיצוניות הנובעות מכך.

3.2.2 מחירי המים המותפלים – עלות ישירה וחיצונית

עד כה התייחסנו לעלויות חיצוניות ללא הנזק הסביבתי לסביבה הימית, אך יש להבחין כי אין למים תעריף אחיד, ומחירים נקבע על ידי הממשלה. המחיר כולל היטל הפקה בתוספת עלות ההפקה. היטל הפקה אמור לשקף את ערך המים לרשויות המקומיות במחיר של 2.4 ₪ למ"ק בשערי למחסור במים. ככזה, הוא נועד לשמש כלי לניהול התפעול של מקורות המים השונים תוך הפנמת מגוון שיקולים. הממשלה מספקת את המים לרשויות המקומיות במחיר של 1.407 ₪ למ"ק. ייצור כל מ"ק העיר (להבדיל מהמחיר אותו משלם הצרכן), ולחקלאות במחיר של 1.407 ₪ למ"ק. ייצור כל מ"ק מים הנצרך מעבר לאספקת המים הטבעית עולה בקרוב 0.6\$. לסכום זה יש להוסיף עלויות ציבוריות שאינן נכללות בתחשיב, כגון זיהום האוויר, פליטות גזי חממה, הזרמת מי הרכז לים ושימושי קרקע של מתקני התפלה. הערכות לגבי העלויות החיצוניות נעות בין 0.04 \$ למ"ק (בקר, 2004) ל-0.15\$ למ"ק (שמעון טל, תקשורת אישית, 2007).

גישה אחרת גורסת כי המחיר הראוי לכל משתמש במים צריך להיות מחירם השולי, כלומר עלות הייצור של מ"ק מים נוסף למשק. מאחר וכיום נעשה כבר שימוש בכל מקורות המים הטבעיים, המחיר השולי של כל כמות הנצרכת כיום מהמערכת הארצית עולה למשק הלאומי כמו התפלת מי ים.

מחיר המים על בסיס עלות שולית יכול, אם כך, את מחיר ההתפלה וההובלה בין 3.1-2.6 ₪ למ"ק (אתר האינטרנט של רשות המים) בנוסף לעלות החיצונית של ההתפלה. תחת הערכות שונות המוזכרות לעיל, מחיר זה יכול לנוע בין 2.76 ל-3.7 ש"ח למ"ק (תגר, 2007). על פי צוק (2006), העלות של התפלת מים איננה רק הסכום של 265 מיליון ₪ (בשער של 4.6 ₪ לדולר) עבור 100 מיליון מלמ"ק בשנה שהממשלה משלמת, אלא סכום נוסף של 41 מיליון ₪ עבור השקעה במתקנים ובניהול ובפיקוח.

מחיר התפלה למ"ק עומד על 3.1-2.6 ₪, ואילו הנזקים הנגרמים עקב מחסור במים מוערכים בכ- 8 ₪ לכל מ"ק שאינו מסופק לחקלאות. הנזקים גדולים בהרבה כאשר מדובר בשימוש עירוני (אתר האינטרנט של רשות המים). יש לציין כי אין אזכור של העלויות החיצוניות בתמחור זה.

בטבלה מספר 3.1 מציג דרייזון (2005) תחשיב מפורט יותר לעלויות של התפלת מים במתקן באשקלון:

טבלה מספר 3.1: מחיר המים הבסיסי הכולל הממוצע של מתקן אשקלון* (נלקח מדרייזון,

2005)

מחיר פריט	סנט למ"ק	% מחיר המים הבסיסי והכולל	הצמדה
מחיר קבוע בסיסי	31.1	59.2	מדד מחירים לצרכן
מחיר משתנה בסיסי:			
אנרגיה	13.4	25.4	מחיר החשמל
ממברנות	2.8	5.4	מדד מחירים צרכן ושער חליפין דולר שקל
מסננים	0.5	0.9	"
כימיקלים	2.1	4.1	"
לאחר טיהור	0.9	1.8	"
אחרים	1.7	3.2	"
סה"כ	21.4	40.8	"
מחיר המים הבסיסי הכולל	52.5	100	

המחיר הקבוע ישולם כל חודשיים על בסיס שער של 21.9 מיליון ₪ (לתפוקה של 100 מלמ"ש). המחירים צמודים למדדים שבטבלה. נוסחת ההצמדה כוללת את הרגישות הבאה של מחיר המים הבסיסי לשינויים במדדים היחסיים:

א. כל 1% שינוי במדד המחירים לצרכן ישנה את מחיר המים הבסיסי הכולל בכ-0.65%.

ב. כל 1% שינוי בתעריפי החשמל ישנה את מחירים בכ-0.25%.

ג. כל 1% שינוי בשער החליפין שקל-דולר ישנה את מחירים בכ-0.09%.

ייקור העלויות: משמעות צריכת האנרגיה הספציפית הגדולה יותר של התפלת מי ים לעומת זו הדרושה לאספקת מים ממקורות אחרים, כלומר 3-3.4 לעומת 0.4-1.0 kW/h למ"ק היא, שעלייה בעלות האנרגיה המותאמת בעיקר לעלייה במחירי הדלק, תעמיק את הפער ביניהם. גם עלות ההון המושקע באשקלון גבוהה מזו ההיסטורית של המוביל למשל. הפרויקט רגיש, אפוא, בצורה ניכרת לעלויות מחירים (דרייזון, 2005).

על פי מחקרם של Zhou et. al. (2004), אשר כלל בחינה של מתקני התפלה רבים מסוג אוסמוזה הפוכה (RO) ברחבי העולם, כולל מזרח התיכון וצפון אמריקה, עלות מ"ק מים עמד על יותר מדולר אמריקאי אחד, אך במספר פרויקטים חדשים המחיר ירד מתחת לדולר. יש לציין כי עלויות אלו אינן כוללות עלויות חיצוניות. המאמר כולל מידע גם על הובלת מים.

גישה מקיפה יותר להערכת העלות האמיתית של המים המותפלים במתקן באשקלון מוצגת על ידי ארגון "חיים וסביבה" (2006). הבעיה המרכזית היא כי חוסר עידוד, ייעול וחסיכון משמעותי שכל ליטר מים שמותפל ונצרך – הוא עוד ליטר של ביוב שיש לטפל בו. מדובר על עלויות גבוהות למדינה. אמנם מפעלי התפלת מים מבוססים על השקעות של השוק הפרטי בשיטת בנה, הפעל והעבר (Build, Operate, Transfer-BOT), אך למדינה עלויות משמעותיות בפרויקט: העלות הישירה היא התחייבות ממשלת ישראל לרכוש כמות מים מותפלים במחיר שסוכם בחוזה. כך, במתקן ההתפלה של אשקלון אשר החל כבר לפעול, התחייבה המדינה לקנות 100 מיליון מ"ק מים מותפלים בשנה, במחיר של 57.5 סנט למ"ק. בנוסף יש לממשלה הוצאות נוספות אשר רק את חלקן ניתן לאתר בתקציב המדינה:

א. השקעה ראשונית (ניהול המכרז, תשתיות נחוצות מחוץ לשטח המתקן כדי לשלב את המוצר בתוך מערכת אספקת מים האזורית והארצית) - בעלות מוערכת של כ-2.1 סנט למ"ק.

ב. עלויות שוטפות שנתיות עבור תשתיות תפעול תחזוקה, פיקוח וניהול בעלות של כ-3.7 סנט למ"ק.

ג. עלויות נוספות צפויות, הקשורות בסיכונים מסוימים אשר נטלה על עצמה הממשלה לאורך תקופת הפרויקט - 3.1 סנט למ"ק.

לחישוב העלות הבסיסית של מים מותפלים יש להוסיף עוד 8.9 סנט למ"ק, השווים לכ-40 מיליון ש"ח עלות נוספת שנתית למפעל ההתפלה באשקלון. ד"ר יוסף דרייזין, מנהל אגף התפלה בנציבות המים חישוב, כי כאשר מחיר המים המותפלים הוא 66 סנט למ"ק, ומפחיתים סכום של 15.2 סנט למ"ק של תועלות חזויות מהפרויקט (שיפור איכות אספקת המים המוניציפאלית, חסכון באנרגיית שאיבה הדרושה להובלת המים בצפון ועלייה באמינות אספקת המים), מחיר מים במתקן התפלה באשקלון הוא 51.2 סנט/מ"ק. "רק" 10.2 סנט למ"ק יותר ממחיר עלות ממוצעת של אספקת מים שוטפת באזור אשקלון. בהתחשב בכך שהממשלה עומדת בפני חתימה על חוזים המחייבים רכישה של מאות מלמ"ק מים מותפלים נוספים בשנה (בהם יתכן והמחיר והעלות יהיו אף גבוהים יותר) – עלות ההפרש והתוספת שהמדינה מתחייבת לשלם כל שנה היא של 141.4 מיליון ש"ח, זאת לפני הערכת העלויות הסביבתיות החיצוניות של שימושי קרקע, זיהום אוויר וים, תחלואה וכדומה (חיים וסביבה, 2006).

3.2.3 סיכום

המטרה העיקרית של הפרק הייתה להציע שיטות אמינות להערכת הנזק הכלכלי של "הכתם האדום" הנוצר על ידי מתקן ההתפלה באשקלון, בכדי להראות כיצד מתקרבים להערכת המחיר האמיתי של ההתפלה. פרק זה התבסס על סקירת ספרות על אודות שיטות למדידת ערך כלכלי של מוצרים בלתי סחירים.

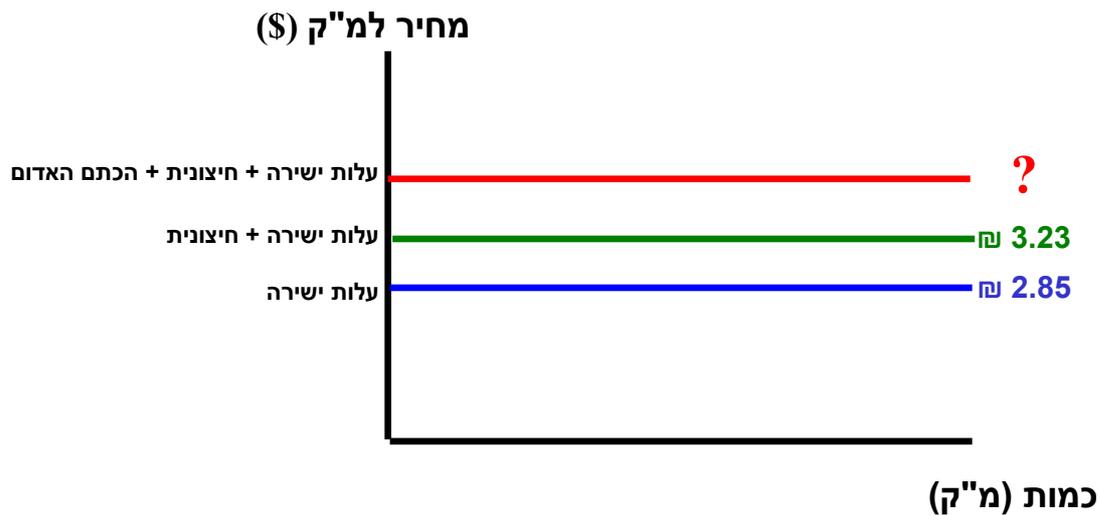
התמקדנו בשיטות הרלוונטיות לנזק הנגרם לרצועת הים מפעולת מתקן ההתפלה באשקלון. ואנו מציעים שתי שיטות האמורות להשלים אחת את השנייה לבחינת סוגיה זו: שיטת ההערכה המותנית (CVM) Contingent Valuation Method ושיטת עלות נסיעה Travel Cost Approach (TCA). לצד יתרונות השיטות הנ"ל, אשר יושמו עד כה במחקרים רבים, קיימים חסרונות אותם ניתן לנטרל, חלקית לפחות, על ידי תכנון נכון של השאלות. עקרונות להצעות ברוח זו פורטו לעיל והם יהיו נתונים לשינויים בהתאם להעדפות של החוקרים שיעסקו בכך. בפרק זה סקרנו גם את העלויות הישירות והחיצוניות של הפקת מים ממתקן ההתפלה באשקלון (אינו כולל את העלויות חיצוניות של הכתם האדום) וניסינו לתת ערך ממוצע לעלויות אלו. מתברר כי קיים קושי בהערכת עלות ישירה של ההתפלה בשל השינויים התכופים במדד, במחיר הדלק, במחיר ייצור חשמל ובשערי מטבע. לכך ניתן להוסיף את השוני במסד הנתונים של הגורמים השונים ואת האינטרסים שלהם.

כפי שראינו לעיל, קיים שוני בתמחור עלות ההתפלה במתקן באשקלון על ידי גורמים שונים. השוני הוא בתמחור עלויות ישירות ובתמחור עלויות חיצוניות. קושי נוסף הוא בהערכת העלויות החיצוניות. בכל אופן, טרם בוצע מחקר אשר מחשב או מעריך את הנזק הכלכלי הנגרם לסביבה הימית מפליטות המתקן. על מנת לקבל מושג לגבי **עלות ישירה** של הפקת מים ממתקן ההתפלה

באשקלון, ערכנו חישוב ממוצע של כל הערכים שהופיעו לעיל. עלות ישירה ממוצעת של מ"ק אחד של מים עמד על 2.83 ₪ ועלות ישירה וחיצונית ממוצעת של מ"ק אחד של מים עמד על 3.23 ₪ (ראה תרשים 3.1). יש להדגיש כי החישובים הנ"ל אינם כוללים את עלות הזיהום הימי ואינם מביאים בחשבון את השינויים בשערי מטבע, האינפלציה, עלות החשמל, ובמחיר האנרגיה שהתחוללו מאז קיום המחקרים המתוארים לעיל, לפיכך המחיר האמיתי של ההתפלה צפוי להיות גבוה יותר.

לאור הדברים, עולה כי המחיר הנקוב למ"ק מים על פי העלות הישירה אינו המחיר האמיתי של ההתפלה, ואף אם נוסיף את העלויות החיצוניות אשר חושבו זה מכבר במחקרים השונים, הרי שעדיין קיימות השפעות סביבתיות אשר טרם גולמו במחיר ההתפלה הכולל. כפי שהוצג בפרק 2.5, מתקן ההתפלה באשקלון לבדו מציג בעיות סביבתיות אשר טרם נחקרו מבחינה סביבתית או כלכלית.

סביר כי הזרמת הברזל תמשיך ותהווה בעיה סביבתית גם במתקני ההתפלה הצפויים לקום בישראל (קרס, 2008); לפיכך, אם נרצה להתקרב בהערכתנו למחירה האמיתי של ההתפלה, כפי שהוא צפוי להתקיים במתקני ההתפלה אשר יוקמו לאורך חופי הים התיכון של ישראל, אזי יהיה זה נכון להוסיף גם את העלויות הכלכליות הנובעות מתופעת הכתם האדום (ראה תרשים 3.1).



תרשים 3.1: הצגה תיאורטית של מחירי התפלה שונים בחישובי עלויות חיצוניות שונים

חלק ב': אופי המחקר

הגישה המנחה את המחקר

אנו מקבלים את הגישה הגורסת כי ראוי שמחקר להערכת השפעה סביבתית יעשה במחקר בינתחומי, כך שתוענק חשיבות הן לידע מדעי והן לתפיסות חברתיות וכלכליות (Beck, 2000). הגישה תיושם בעבודה על ידי ניתוח סוגיה סביבתית תוך שימוש בכלים משני תחומים "רחוקים": אוקיאנוגרפיה וכלכלה.

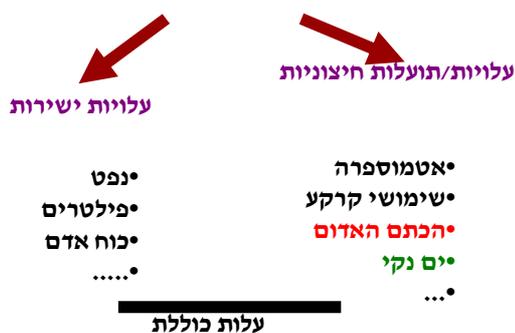
הבסיס הרעיוני לעבודתנו:

הגדלת מאזן המים בליטר אחד תהא כלכלית יותר באמצעות חיסכון לעומת התפלת מים. מאידך, קיים גבול פיזי לכמות המים שניתן לחסוך; לפיכך קיימת נקודה קריטית, אשר מעליה כלכלי יותר להתפיל מים ומתחתיה כלכלי יותר לחסוך במים.

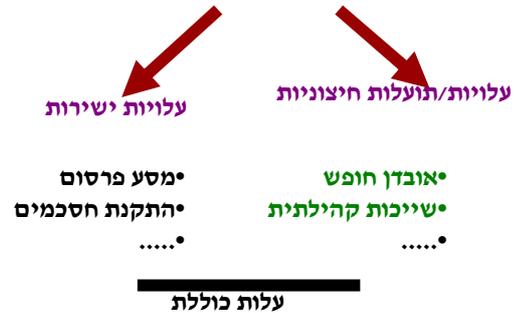
הפרקטיקה המובילה את המחקר

כדי למצוא נקודה זו, יש לסכם את כל העלויות הישירות והחיצוניות הכרוכות בהתפלת מי-ים ולהשוות עם העלויות הישירות והחיצוניות הכרוכות בניהול משק המים. מאחר וקיים מספר רב של מרכיבים בעלויות החיצוניות, הן של ההתפלה והן של הניהול, יתמקד מחקר זה בעלויות חיצוניות נבחרות. לאור העובדה שתופעת הכתם האדום טרם נחקרה בספרות, ובהתאם לגישתו של המשרד להגנת הסביבה הרואה בכתם האדום ובריכוזי הברזל הגבוהים את ההשפעה הסביבתית המשמעותית ביותר הכרוכה בהתפלה (Dreizin, 2007), יושם הדגש במחקר על היבטים סביבתיים וכלכליים של התופעה. כך, יוספו העלויות החיצוניות של הכתם האדום, לנתונים המוכרים מהספרות על אודות עלויות ישירות וחיצוניות בהתפלה.

התפלה בשיטת אוסמוזה הפוכה



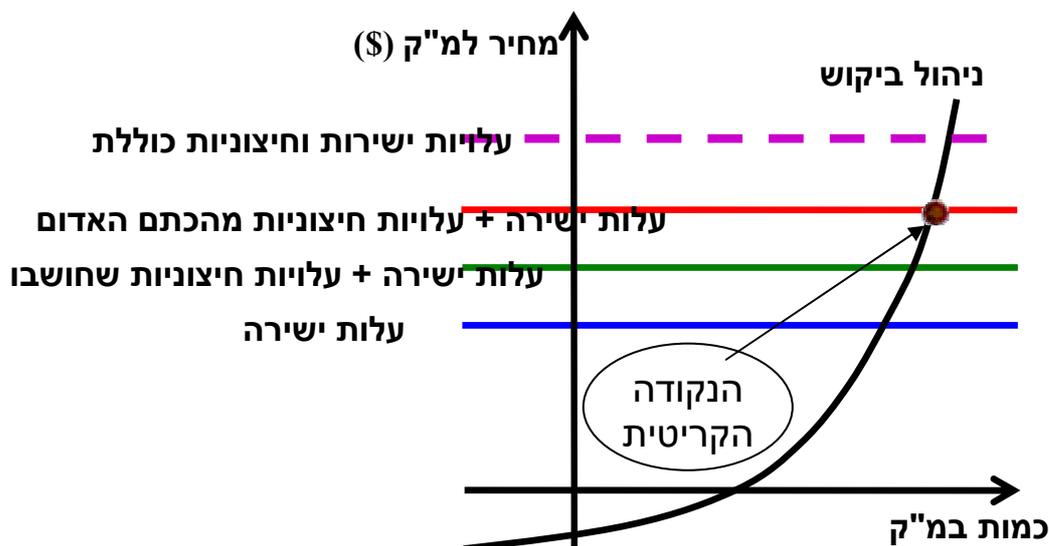
ניהול משקי מים באמצעי מסוים



- היבטים אשר חושבו ולהם אנו מתייחסים
- היבטים אשר לא חושבו ואנו מחשבים ומתייחסים אליהם = הכתם האדום
- היבטים אליהם אנו לא מתייחסים

תרשים 3.2: הקטגוריות הנכללות בעלות ההתפלה, עם הבדלה בין נושאים מוכללים ומושמטים בעבודה זו.

לאור האמור נובע כי הנקודה הקריטית, הלוא היא הנקודה אותה אנו מבקשים למצוא במחקרנו, איננה הנקודה אליה נגיע עם סיום המחקר, מאחר ואנו לא מתחשבים בכלל העלויות החיצוניות, אלא רק באלה אשר צוינו. הנקודה אשר תימצא במחקר זה, אם כך, תהיה קרובה יותר למציאות, מזו המסתמנת על פי החישובים כיום, מאחר והיא מוסיפה לחישוב עלות אשר טרם נכללה בו (ראה תרשים 3.2).



תרשים 3.2: מחיר מ"ק מים כנגד כמות. התרשים מציג עקומי היצע של מים מותפלים בתחשיבים שונים, מול עקום היצע של ניהול משק המים. הנקודה המסומנת באדום, היא הנקודה הקריטית, אותה מבקש מחקר זה לגלות, והיא המפגש בין עקום ההיצע של ההתפלה הכולל עלויות חיצוניות שונות, לרבות עלויות קיצוניות הנובעות מהכתם האדום. הנקודה האמיתית, אפוא, היא מפגש עקום ההיצע של ניהול משק המים עם הקו המקווקו.

שאלת המחקר:

בהתחשב בהערכה של עלות חיצונית של הכתם לצורך מציאת הנקודה הקריטית? מה כמות המים שמתחתיה כלכלי לייצל את משק המים ושמעליה כלכלי להתפיל מי ים?

חלק ג' מטרת המחקר

המחקר מטבעו הינו מחקר אינטר-דיסציפלינארי, ועל כן נגדיר את מטרתינו בהתאם לכל תחום.

1. אמצעים לניהול משק המים (סקירת ספרות)

מטרת המחקר:

לבחון את האפשרויות הקיימות לניהול משק המים, כימות היקפן ועלותן

מטרות ביניים (ראה שיטות ליישומן בפרק 4):

- לסקור את מקורות המידע הנוגעים לניהול משקי מים
- לסדר את הנתונים במאגר מידע
- ליצור עקומת היצע של מחיר ניהול משק מים מול כמות מים נחסכת.

2. מחקר אוקיאנוגרפי

מטרת המחקר:

להעריך את ההשפעות הסביבתיות של הכתם האדום על הסביבה הימית במתקן ההתפלה באשקלון

מטרות ביניים (ראה שיטות ליישומן בפרק 5):

- לבחון את תחום הפיזור של הברזל המיוחד לסביבה הימית
- לקבוע חומר אורגאני בקרקעית
- לאפיין את מצב הקהילה המיקרוסקופית
- לבדוק את הצטברות הברזל בבנטוס הישיב
- לבחון את בריאות ושלימות האקוסיסטמה באזור

3. מחקר כלכלי

מטרת המחקר:

לכמת את העלויות הישירות והחיצוניות הנובעות מהתפלת מי ים, בדגש על תופעת ה"כתם האדום" במתקן ההתפלה באשקלון.

מטרות ביניים (ראה שיטות ליישומן בפרק 6):

- להעריך את ההשפעות החיצוניות הכרוכות בכתם האדום על סמך נכונות הציבור לשלם תמורת מניעתו.
- להעריך את ההשפעות החיצוניות הכרוכות בכתם האדום על פי התנהגות הציבור

חלק ד': שיטות המחקר

4. אמצעים לניהול משק המים (סקירת ספרות)

השילוב של שתי הכותרות שלעיל מעט מטעה. תפקיד הפרק הוא לא למצוא שיטות לנהל את משק המים בישראל. לכן, כדי למנוע בלבול אנו נשתמש במושג "שיטות ניהול" עכשיו בפעם האחרונה, ומעתה ואילך נשתמש במושג "אמצעי ניהול".

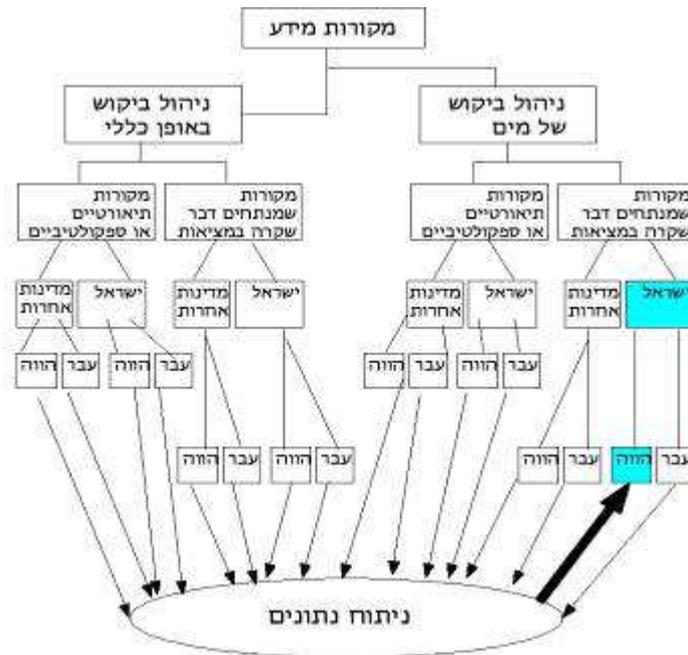
4.1 מקורות מידע

4.1.1 כללי

כפי שהוזכר בפרק הרקע של עבודותינו, התופעה של מחסור במים אינה בלעדית לישראל של שנות ה-2000. התופעה שכיחה באזורינו (המזרח התיכון) עוד מימי קדם, וכיום נאלצים להתמודד עימה במספר רב של מקומות ברחבי העולם. יתרה מזו, הרצון לנהל ולרסן ביקוש של מים הוא רק מקרה פרטי של הרצון לנהל ביקוש של מוצרים באופן כללי בארץ ובעולם. במילים אחרות, חומר ספרותי קיים בשפע.

לאור ריבוי מקורות המידע הפוטנציאליים, מהם ניתן ללמוד על אמצעים לניהול משק המים בישראל, אנו מוצאים לנכון להסתמך עליהם. מטרתנו, אם כך, היא לסקור את מקורות המידע הנוגעים לניהול משקי מים בפרט, ואת אלו הנוגעים לניהול ביקוש למשאבים בכלל, ולסדרם במאגר מידע. בנוסף, כל מקור מידע ינותח לעומק על סמך פרמטרים שונים, על מנת להחליט על האופן בו ניתן להשליך את המידע מהמקור על ישראל כיום.

4.1.2 ניהול ביקוש מים- מקורות מידע מקומיים



תרשים 4.1: קטגוריזציה התחלתית של מקורות מידע לשם ניתוחם בעתיד. (דו"ח אדם טבע ודין, 2008).

- על ידי מניעת זיהום וטיפול במקורות מים מזוהמים ייחסכו לישראל 80 מלמ"ש.
- התקנת חסכמים במגזר העירוני יחסכו 15% מהצריכה של המגזר. ב-2006 הביקוש העירוני/ביתי עמד על 737.4 מלמ"ש (טל, 2008), כך שהמשמעות של 15% חיסכון מהצריכה היא 110 מלמ"ש.
- ב-2003 הותקנו חסכמים במגזר הציבורי (בתי ספר, גני ילדים, משרדי הרשות המקומית, מתנ"סים, בריכות עירוניות, וכו'). העלות הייתה 29 מיליון ₪ ושעור החיסכון שהושג היה 25%, כ-12 מלמ"ש.
- פיתוח גינון חסכוני במים על ידי הרשויות המקומיות עשוי להביא לחסכון נוסף של כ-80 מלמ"ש באמצעות שדרוג מערכות ההשקיה והתאמת אופי הגינון לשימושי הקרקע ולצמחייה חסכונית במים.
- מחקר בטכניון הציג כי ניתן לחסוך כ-50 מלמ"ש על ידי יישום תוכנית כוללת למחזור מים אפורים.
- בנייה המשמרת מים ומאפשרת חלחול יכולה להביא לחסכון של 100 מלמ"ש.
- אכיפת תקנות לחסכון במים (כגון איסור אספקת מים לבריכות שחייה פרטיות) תוביל לחסכון במים.
- נקיטה באמצעים לעידוד חקלאות חסכונית במשאבים תביא גם היא לחסכון במים.

ניתוח הממצאים

יש לציין שאפילו דו"ח עדכני של עמותה מכובדת כגון "אדם טבע ודין" אינו דואג לציין את מחירי האמצעים שהוא מציע (חוץ מהתקנת חסכמים במבנים ציבוריים), לתת את כמות המים שניתן

לחסוך בכל דרך, או אף לסכם את הנתונים שהוא הביא. יש לשים ליבנו גם לכך כי בדו"ח מצוינים "אמצעים חופפים". הכוונה היא לאמצעים שאם יינקט רק אחד מהם באופן בלעדי תיחסך כמות מסוימת של מים, אך אם הם יינקטו יחדיו הרי שכמות המים שתיחסך לא תהא שווה לסכום הכמויות של כל אמצעי בנפרד, אלא נמוכה יותר. במקרה של דו"ח זה, המגזר העירוני כולל בתוכו את המגזר הציבורי, ולכן אם יותקנו בשניהם חסכמים לא ייחסכו 110+12 או 122 מלמ"ש, אלא מספר הקרוב יותר ל 110 מלמ"ש.

סיכום ראשוני של מספרי הדו"ח, אם כן, מצביע כי ניתן לחסוך 100+50+80+110+80 שהם 420 מלמ"ש (מבלי להתחשב באמצעי החיסכון אותם מציג הדו"ח ללא ציון כמויות). בכדי למצוא את העלות של יישום האמצעים הללו יש לבצע בירורים ממוקדים לגבי כל אחד מהאמצעים.

4.1.3 ניתוח ביקוש מים- מקורות מידע גלובאליים

במטרה לפתור את משבר המים בישראל של סוף שנות ה-90 נעשה ניתוח של משבר המים בקליפורניה (1975-1977), הדו"ח נכתב על ידי פרץ דר ב- 2002, פרק זה כולו, על נתוניו, טבלאותיו וניתוחיו, לקוח מעבודתו של פרץ דר (2002), אלא אם צוין אחרת.

סיכום ממצאי ניהול (כפי שמוצגים בדו"ח):

טבלה 4.1: עובי משקעים (מ"מ בשנה) בארבעה אתרים בקליפורניה בשנים 1975-7

1976/7		1975/6			
ממוצע שנתי	כמות שנתית	% מהממוצע	כמות שנתית	ממוצע שנתי	מקום
1829	609	90%	1651	33%	Crescent City
1499	431	68%	1016	28%	Shasta
508	279	40%	203	55%	San Francisco
940	279	59%	559	30%	Tuolumne

טבלה 4.2: כמות המים במאגרים כאחוז מהנפח המרבי בקליפורניה בשנים 1975-7

שנה/ חודש	ינואר	אפריל	אוגוסט	נובמבר
1975	72%	80%	90%	-
1976	74%	72%	60%	-
1977	44%	39%	30%	26%

עיון מהיר בשתי הטבלאות יביא את הקורא להבנה מיידית של חריפות המשבר. כמות המשקעים השנתית יורדת בצורה חדה, והמאגרים מתרוקנים משנה לשנה (יש להשוות חודש זהה בשנים שונות).

חלק מהרשויות התמודדו עם המשבר באמצעות אסטרטגיה של ריסון מרצון בעוד שחלק התמודדו עם המשבר באמצעות אסטרטגיה של קיצוב ואכיפה.

ריסון מרצון-אמצעים

- קביעת יעדים כאחוזי חסכון מהעונה הקודמת ;
- דיווח לצרכנים על גובה הצריכה לעומת העונה הקודמת ;
- הפצת מידע רציף על מצב עתודות המים במאגרים ומספר הימים שהן יכולות לספק ;
- דיווחים תקופתיים על מידת היענות הציבור ;
- הפצת מידע טכני על אביזרי חסכון שונים (ולעיתים אף הפצת ערכות חסכון) ;

טבלה 4.3: פירוט הישגיהם של האמצעים השונים אשר ננקטו במסגרת ריסון מרצון בארבעה מחוזות

רשות	ערכות חסכון	הסברה ציבורית	איסורי מנהליים	שימוש	יעד חסכון	חסכון בפועל
Sunnyvale	כן	כן	כן		25%	40%
San Jose	כן	כן	לא		25%	23.4%
Great Oak	כן	לא	לא		-	14.4%
Vallejo	לא	לא	לא		10%	20%

ריסון באמצעות קיצוב ואכיפה- אמצעים

- קביעת מכסות צריכה וקנסות כספיים למי שעובר אותם (למעשה תעריף יותר יקר— למעלה מפי 8 מהתעריף הנורמלי על כל טיפה מעבר למכסה). חברות מים שונות השתמשו בשיטות שונות לקביעת המכסות.
- איסורים מנהליים (לדוגמא, איסור הגשת מים אוטומטית במסעדות או איסור השקיית גינות). האיסורים לוו בעונשים.

טבלה 4.4: פירוט הישגיהם של האמצעים השונים אשר ננקטו במסגרת קיצוב ואכיפה בארבעה מחוזות

המחוז וספק המים	אופן הקיצוב המכסות	חסכון מתוכנן	חסכון בפועל
San Francisco	מכסה שנתית כאחוז משנה קודמת	26%	41.6%
Contra Costa	מכסות דן-חודשיות	30%	44.3%
East Bay	למשק בית	44%	53.0%
Marin	למשק בית לפי מספר נפשות	64%	69.1%

ניתוח הממצאים

חלק מהניתוח עושה בעבורנו פרץ דר-הלא גם הוא, כמונו, מעוניין להשליך את ממצאי קליפורניה על ישראל. הוא מתחיל במניית מספר קווים משותפים בין משקי המים של ישראל וקליפורניה: התעניינות ציבורית ערה במה שקשור באספקת מים, התשלום בעבור המים נעשה על פי מדידה, אקלים דומה, ועומק משבר המים בקליפורניה של 75' דומה לעומקו של משבר המים של ישראל של 2001. דר מסיים את ניתוחו עם טבלת חסכון משוער בישראל:

טבלה 4.5: החיסכון המשוער בישראל בהתבסס על הישגי התוכנית בקליפורניה, על פי פרץ דר (2002).

מדיניות חסכון	חסכון משוער באחוזים
חסכון מרצון + איסורי שימוש מנהליים	10%
קיצוב מכסה לפי אחוז מהצריכה משנה קודמת	20-25%
קיצוב מכסה לפי מספר נפשות במשק בית	30-35%

ניתן ללמוד רבות מהמקרה בקליפורניה על אסטרטגיות ריסון, אולם עד כמה שניראה זה טבעי להשתמש בטבלה המשוערת של דר, הרי שיש להיזהר מחפזון. אין רמז במחקרו של דר המצביע כי נלקחו בחשבון הבדלי התרבויות בין קליפורניה לישראל במידה הראויה. יתרה מכך, הוא גם אינו כותב כיצד הגיע למספרים המשוערים- אשר הם מעט יותר ממחצית ערכם של המספרים אשר נמדדו בקליפורניה. על כן, ראוי לבדוק את שיעור החיסכון בתוכניות נוספות לריסון הביקוש, ולהגיע לתוצאות מהימנות יותר, אשר אינן מבוססות על נטיותיה של תרבות אחת בלבד.

4.2 סידור הנתונים במאגר מידע

לצורך סידור הנתונים, ייעשה שימוש בפורמאט של טבלה 4.6.

שימוש בטבלה: כפי שבסקירה הספרותית הראשונית כבר עלו מספר אמצעים שונים לניהול משק המים, כך צפוי שהמשך המחקר יעלה נתונים נוספים אשר יוכלו למלא טבלה זו. לצורך דוגמה מובא אחד הנתונים הידועים לגבי חיסכון באמצעות חסכמים. האמצעי מוקם בקטגוריה המתאימה (טכנולוגי). גודל המגזר הרלוונטי נקבע כגודל המדגם בהם הותקנו החסכמים הלכה למעשה (ראה פרק 4.2.1), אחוז החיסכון במקרה זה זהה לפוטנציאל החיסכון בארץ, מאחר ומדובר בניסוי מקומי. רלוונטיות עמודת "פוטנציאל חיסכון" הינה למחקרים מחו"ל.

לאחר שטבלה 4.6 תהיה מלאה ניתן יהיה להשתמש בה כמפת דרכים לקביעת מדיניות ניהול ביקוש מים בישראל. אף על פי שהשימוש יהיה פשוט, הוא לא יהיה עיוור. המשתמשים יוכלו לסכום כמויות ועלויות, אך הם יצטרכו לקחת בחשבון גם את המגבלות של כל אמצעי, וגם אילו אמצעים ניתן לסכום יחדיו ואלו לו. תוך שימוש נכון בטבלה המשתמשים יגיעו לכמות מסוימת של מלמ"ק הניתנים לחסכון כל שנה, אחרי קביעת שנת ייחוס, ועלויות האמצעים. בעוד שהכמות הנחסכת יכולה לחזור על עצמה שנה אחר שנה, יתכן והעלויות של אמצעים מסויימים יהיו חד פעמיים. דבר זה כמובן וישפיע על חישובי כדאיות.

כזכור, ניהול ביקוש מים בישראל עומד להשוואת הכדאיות הכלכלית מול התפלה; לפיכך, בכדי למצוא את הנקודה הקריטית, נסכם את כלל הכמויות אשר הוצאות החיסכון שלהן הן מתחת למחיר ההתפלה כפי שיחושב בפרק הכלכלי. סיכום כל הכמויות אשר עלותן הינה מתחת למחיר ההתפלה המחושב, ייתן את כמות המים אשר כלכלי יותר לחסוך על ידי ייעול השימוש לפני שימוש בהתפלה.

לאחר שיבוץ הנתונים בצורה המונחה על ידי הטבלה, מגיעים לשתי העמודות האחרונות, אשר הן החשובות בסופו של דבר, לצורך השגת המטרה הבאה (עקומת היצע).

טבלה 4.6 : סיכום ממצאי הסקירה הספרותית בנוגע לאמצעי ניהול ביקוש ועלותם

קטגוריית האמצעי	האמצעי הספציפי שיושם	מקום וזמן היישום	גודל המגזר הרלוונטי (מלמ"ק)	עלות האמצעי	% חיסכון למגזר הרלוונטי	פוטנציאל חיסכון בארץ	חיסכון במלמ"ק	עלות למ"ק
כלכלי								
טכנולוגי	חסכמים במגזר הציבורי	2003 ישראל	48	29 מיליון ש"ח – חד פעמי	25% (12)	25%	12	לאחר 10 שנים: 24 אג'ומ"ק
רגולציה								
חינוכיים								
...								

4.3 עקומת היצע של ניהול משק מים

לצורך המחשת הנקודה הקריטית, נבנה תרשים (כמודגם בתרשים 3.2), בו ניתן יהיה לראות את עקום ההיצע של "ייצור" מים על ידי חיסכון, וכך למצוא את נקודת החיתוך עם מחיר ההתפלה האמיתי, הרי היא הנקודה הקריטית.

נסדר את כל אמצעי הניהול על פי עלות נדרשת, מהנמוך לגבוה, ונחשב ערך מצטבר של הכמות הנחסכת (סך כל הכמות אשר נחסכה באמצעים הקודמים + הכמות הנחסכת באמצעי הנוכחי) (ראה המחשה בטבלה 4.7). התרשים ייבנה כמערכת צירים של מחיר (ב-\$) מול כמות (במלמ"ק).

לשם בניית העקום, נציב את הנקודה על גבי התרשים, על פי הערך המצטבר (X) והמחיר למלמ"ק (Y). נבנה עקום, על פי הנקודות אשר הוצבו, כך שחיבור הנקודות יתווה את העקומה המבוקשת.

בטבלה 4.7 מופיעים האמצעים השונים לניהול עם מספרים דמיוניים, הן למחיר והן לכמות נחסכת, והם כבר מסודרים על פי סדר עולה. כמובן שבתוצאות במחקר אנו מצפים לאמצעים נוספים, אשר לא פורטו ביישום המחקר, כגון מתקנים לאגירת גשם, תמריצים כלכליים, הגבלת שימוש במים לחקלאות, הפחתת גינות ציבוריות וכו'. כאשר יהיו לפנינו הנתונים הנדרשים למילוי טבלה 4.6, יידרש רק לסדרם על פי מחירים בטבלה 4.7, וכאמור, להציב בתרשים.

טבלה 4.7 : דוגמה לעריכת טבלה: ערך מצטבר של כמות נחסכת באמצעי ניהול שונים(מספרים

דמיוניים)

מחיר למלמ"ק (\$)	העלות מחירים	פרסום	חסכמים	אכיפה
-0.1	300	150	70	0.15
300	300	450	520	80
300	300	450	520	600

5. מחקר אוקיאנוגרפי

5.1 ביצוע הניטור

תצאנה שלוש הפלגות דיגום- אביב, קיץ, סתיו/חורף. מטרת ההפלגה הראשונה (אביב) הינה לספק ממצאים ראשוניים לאפיון הסביבה הימית באזור הכתם האדום ומסביבו; זאת על מנת לסייע בקביעת תכנית דיגום נרחבת ומעמיקה יותר, אשר צפויה להתבצע בקיץ.

הפלגות הניטור לאתר המוצא הימי של מי הרכז ממתקן ההתפלה תיערכנה על ספינת מחקר אשר תצא מהמרינה באשקלון. לאחר סיור במקום בו פיזור הברזל במים נראה ויזואלית, ובעזרת מפות פיזור הטמפרטורה והמליחות באזור, הוחלט על מיקום תחנות הדיגום (מוצג בתרשים 5.1). מים יידגמו ב- 6 תחנות: Fe1, Fe2, Fe3, Fe4, Fe5, Fe6. בתחנות הרדודות יידגמו מים בפני השטח בלבד, ובשאר התחנות ייעשה דיגום המים בשני עומקים: בפני השטח ובקרבה לקרקעית.

תחנות Fe1 ו-Fe2 מתייחסות למעשה לאותה נקודה גיאוגרפית וממוקמות כ-230 מ' מזרחית למוצא הימי (להלן, תחנות המוצא); אולם, הן נבדלות זו מזו בתזמון הדיגום, כאשר Fe1 מתייחסת לדגימה אשר נעשתה לפני שטיפת הפילטרים (backwash) והזרמת מי השטיפה דרך המוצא הימי, ו- Fe2 מתייחסת לדגימה שלאחר הזרמת מי השטיפה, כלומר, מאותו רגע בו נצפה צבע אדום במי המוצא הימי.

תחנות Fe3, Fe4 מציינות שני דיגומים שונים אשר ייעשו בתוך הכתם (להלן, תחנות הכתם). תחנת Fe5 לעומת זאת, נמצאת במרחק מאזור הכתם ולאחר התפזרותו (להלן, תחנת התרחקות). כך למעשה, תחנות Fe2-Fe5, מתוות את קו ההתקדמות של הכתם (ראה תרשים 2). תחנת Fe6 תהווה תחנת הביקורת ותידגם במרחק 580 מ' מזרחית למוצא.



תרשים 5.1: מיקום תחנות הדיגום באזור המוצא הימי של מתקן ההתפלה באשקלון. ניתן להבחין בכתם

(מוקף בעיגול), אשר נע דרומה לאורך החוף. מפה מתוך Google earth 2008.

5.2 שיטות הדיגום

תדירות הדיגום: דיגום הקרקעית יבוצע פעם אחת (קיץ) במהלך המחקר, דיגום הבנטוס הישיב יבוצע פעמיים (אביב וסתיו) ודיגום המים (אפיון אוכלוסייה מיקרוסקופית) יבוצע שלוש פעמים (קיץ, סתיו/חורף, אביב).

דיגום הקרקעית יבוצע עם מחפר קופסא ורק השכבה העליונה תילקח לבדיקה (כ 2 ס"מ). החי הישיב (בנטוס) יידגם משובר הגלים בצדו הפונה דרומה ומנקודת ביקורת לא באזור. 10 פרטים מכל מין (כגון ספוגים, צלחיות, וכד') ומכל אזור דיגום, יילקחו לבדיקה. טפילי דגים: דגים יידגמו בעזרת רשת זימים בקרבת המוצא הימי של מתקן ההתפלה ובתחנת הביקורת המרוחקת מהמוצא הימי (Fe6). לאחר הרמת הרשתות ומיון ראשוני של הדגים, ידגמו 20 פרטים ממינים נבחרים לצורך בדיקת טפילים חיצוניים (אקטופרזיטים) ופנימיים (אנדופרזיטים). הדגים יונחו בארגזים מלאי קרח גרוס עד למעבדה.

פרופילים של טמפרטורה, מליחות, חמצן מומס, pH ועכירות בעמודת המים נמדדו בעזרת מכשיר YSI 6000 UPG מחברת Yellow springs instruments המחובר למחשב דגימות מים מהעומקים הרצויים יידגמו באמצעות משאבה מסוג FLOJET. מי ים לאפיון האוכלוסייה המיקרוסקופית (מיקרו אצות וחיידקים) יידגמו בפני השטח (וגם בעומק במידה ועומק המים בתחנת הדיגום יהיה מעל 5 מ'). דגימות מים לבדיקת נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט+ניטריט, חומצה סיליצית) ייאספו ויוקפאו. דגימות לזרחן אורגאני (מומס וחלקיקי) ייאספו ויוקרנו באור UV במעבדה ויוקפאו. דגימות מים לבדיקת כלורופיל יסוננו סינון ראשוני דרך פילטר $63\mu\text{M}$ ושוב יסוננו במעבדה דרך פילטרים של (Glass fine fiber) GF/F בשני מועדים שונים: ביום הדיגום, ובבוקר שלמחרת, כך שיתקבלו שני דופליקטים לכל דגימה. לאחר הסינון, ייעטפו הפילטרים בנייר אלומיניום ויוקפאו. והכלורופיל יימדד בשיטה פלואורימטרית (Holm Hansen et al., 1965). דגימות מים לבדיקת כמות חומר מרחף (SPM) יסוננו סינון ראשוני- $63\mu\text{M}$, ושוב יסוננו דרך פילטר 0.45 מיקרון אשר נשקל לפני הסינון ולאחריו.

5.3 מחקר אוקיאנוגרפי כימי

נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט+ניטריט, חומצה סיליצית ואמוניום) ייבדקו בשיטה פוטומטרית וזרימה מקוטעת (segmented flow) במכשיר SAN^{plus} SYSTEM תוצרת חברת (Kress) Skalar (IOC-SCOR-UNESCO, 1994; and Herut, 2001). זרחן אורגאני ייבדק כאורתו- פוספאט (PO_4^{3+}) לאחר הקרנת הדגימה עם אור UV (אולטרה-סגול) (Krom et al., 2005).

מיצויים עוקבים לברזל (sequential extractions) – השיטה מבוססת על מיצוי הברזל מהסדימנט עם סדרה של חומרים בעלי חוזק עיכול עולה כדי לשחרר בצורה עוקבת צורונים שונים של ברזל: ברזל המתחלף בקלות (exchangeable), ברזל הקשור לקרבונטים, ברזל הקשור לפאזה אורגנית וברזל השאריתי (Saez et al., 2003). הברזל המשתחרר בכל שלב ייבדק בשיטה של בליעה אטומית.

מתכות כבדות בסדימנט לאחר ייבוש בליאופיליזציה, הסדימנטים יעוכלו עם חומצה חנקתית HNO_3 (65%) בתאי לחץ (Uniseal), (Hornung et al., 1989) לבדיקת כספית, עופרת, וניקל;

ועם תערובת של חומצה פלואורית (HF) ומי מלך (aqua regia) (ASTM, 1983) לבדיקת נחושת, אבץ, מנגן, ברזל, כרום ואלומיניום. כל המתכות יבדקו בספקטרוסקופיה של בליעה אטומית בלהבה להוציא כספית אשר תיבדק בשיטה של Cold Vapour עם גלאי של פלואורסנציה אטומית. דיוק השיטות ייבדק באמצעות סטנדרטים בינלאומיים אשר יעברו תהליך כימי זהה לזה של הדגימות. **תכולת פחמן אורגני** תקבע באמצעות טרציה פוטנציומטרית לאחר עיכול עם דיכרומאט (Gaudette et al., 1974)

ייצור ראשוני יימדד באמצעות סמן רדיואיזוטופי, בסימולטור ב-8 משטרי אור, לצורך חישוב הפרמטרים הפוטוסינתטיים (Evans et al., 1987). **נשימה כוללת** תיבדק בבקבוקי BOD בהתאם ל-Robinson and Williams, 2005. **מדידת ייצור שניוני** של חיידקים תתבצע באמצעות סמן רדיואיזוטופי (Smith and Azam, 1993). **ספירת חיידקים** תתבצע בפרפרטים צבועי DAPI. **ריכוז הכלורופיל** בפרקציות גודל שונות בגוף המים יימדד בשיטה פלואורומטרית (Holm-Hansen et al., 1965). **ריכוזי נוטריאנטים** (פוספאט, ניטראט+ניטריט, חומצה סיליצית ואמוניום) ייבדקו בשיטה קולורימטרית וזרימה מקוטעת (segmented flow) במכשיר SAN^{plus} SYSTEM תוצרת חברת Skalar, בשיטות המפורטות ב- (IOC- Kress and Herut, 2001) (SCOR-UNESCO, 1994).

ריכוז חומר מרחף (SPM- suspended particulate matter) ייקבע על ידי הפרש משקלים לאחר סינון נפח ידוע של דגימה דרך פילטר 0.45 מיקרון אשר נשקל לפני הסינון. **בדיקת מתכות בחי הישיב** – בעלי החיים ישקלו, ייובשו בלאופיליזציה והברזל ייבדק בשיטה של בליעה אטומית לאחר עיכול עם חומצה חנקתית בתאים לפירוק חומר אורגני (Hornung et. al., 1989).

5.4 ניטור ביולוגי

5.4.1 השפעת זיהום ים על טפילות (רקע לשיטה)

במחקרים על סביבות מזהמות, אורגניזמים מסוימים עשויים לספק מידע חיוני על המצב הכימי, הפיזי, הביולוגי והאקולוגי של סביבתם, בעצם נוכחותם או היעדרותם. על כן, שינויים במגוון ובמבנה חברות טפילי דגים מקבלים תשומת לב גוברת לנוכח אפשרות של יישומם כאינדיקטורים לשלמות ולבריאות האקוסיסטמה (Sures, 2001).

מאז 1980 פורסמו בין 130-150 עבודות הנוגעות באופן ישיר בקשר שבין זיהום לטפילות, בעיקר בסביבות אקווטיות. ניסיונות לשימוש בטפילים כביו-אינדיקטורים בסביבות נגועות היוו מספר נושאים למחקר (MacKenzie. et al 1995, Lafferty 1997 in Sures, 1999).

מרבית המחקרים בדקו את ההשפעות של צורות שונות של זיהום על מספרם ועל פיזורם של טפילים, ושילוב השפעת הזיהום והטפילות על בריאות המאחסנים, בעוד שלצורך הערכת סביבות פגועות, נפוצים יותר חסרי חוליות חופשיים, בייחוד רכיכות כמו צדפות, המשמשים תפקיד של 'sentinel organisms' לניטור ריכוזי מתכות המצויות באקוסיסטמות אקווטיות (Sures, et. al., 1999)

Poulin, R. 1999 in B.Sures, לאור החשיבות התפקודית של טפילים בחברות בעלי חיים (Marcogliese, 2002 in Sures, 2004), ועמדתם במאגרי מזון (2004), ביואינדיקטורים יעילים במיוחד בניטור זיהומים אנתרופוגנים. בעוד שטפילים רבים רגישים באופן קיצוני לשינויי סביבה, אחרים עמידים יותר מהמאכסן שלהם, וריכוזם נוטה לגדול בתנאים של זיהום (Mackenzie, 1999).

זיהום יביא לעלייה בשיעור טפילות כאשר קיימת השפעה שלילית על מנגנוני ההגנה של המאכסן וכתוצאה מכך, פגיעותם גדלה; או על ידי הגדלת צפיפות אוכלוסייתם של המאחסנים המתאימים. זיהום יביא לירידה בשיעור טפילות כאשר מאחסנים מוטפלים סובלים יותר מהחשיפה לסביבה מאשר כאלה אשר אינם מוטפלים; כאשר טפילים יותר פגיעים לגורם המזהם מאשר המאכסן שלהם (Lafferty and Kuris, 1999 in Sures, 2004).

מזהמים לא בהכרח משפיעים על טפילי דגים באופן ישיר, אך עלולים לפעול בדרך עקיפה, כגון על ידי השפעתם על שלבים חופשיים של הטפיל (לרבות במים החופשיים) או שלבים המתפתחים בחסרי חוליות המהווים את מאחסני הביניים של הטפיל, כמו רכיכות, קופפודה ועוד (Dzikowski et. al., 2003). כמו כן, השפעות הזיהום עשויות להיות מגוונות בין המינים השונים של הטפילים ובין השלבים ההתפתחותיים השונים של הטפיל, מאחר וטפילים לרוותיים ובוגרים יושפעו באופן שונה (Sures, 2004).

היתרונות בשימוש בטפילים כאינדיקטורים לזיהום:

1. על פני כדור הארץ קיימות יותר צורות טפיליות מאשר חופשיות (Windsor, 1998 in K.Mackenzie, 1999), ואורגניזמים טפיליים מראים מגוון ביולוגי עצום, המשקף אדפטציות לצורת החיים הטפילית בטיפוסים שונים של מאחסנים ובסביבות מוגדרות.
2. בטפילים מסוג מתזואה בעלי מחזורי חיים מורכבים, שלבי ההתפתחות השונים בעלי צרכים ביולוגים רבים ושונים, כך שכל שלב מוערך באופן נפרד, על כן מגדיל באופן משמעותי את מספר האינדיקטורים הפוטנציאליים.
3. לטפילים רבים יש שלבי הדבקה הכוללים צורות חופשיות קצרות חיים אשר רגישים באופן משמעותי לשינויי סביבתי ויכולים להיות מושפעים גם על ידי שינויים מינורים בסביבה, ולכן

מייצגים חוליה מקשרת פגיעה במחזור החיים של הטפילים (Mackenzie, 1999).

שימוש אפשרי בטפילים כביו-אינדיקטורים יכולים להתחלק ל-2 קבוצות:

1. Effect indicators – ע"י התמקדות במדדים תאיים ותת-תאיים, ניתן להשתמש בנוכחותם או היעדרם של חלבונים (או רצפי הדנ"א/רנ"א) כתגים ביולוגיים. אם מסתכלים על תג ביולוגי ומולקולארי של אורגניזמים ותאים, טפילים יכולים להיות בעלי חשיבות כפקטורים המשפיעים על ההומיאוסטזיס הפיזיולוגי של המאכסן שלהם (Sures, 2004).
2. Accumulation indicators – לטפילים יש את היכולת לרכז רעלים סביבתיים ברקמות שלהם ויש לכך תועלת בניטור סביבתי. עד עתה, נחקרו מינים שונים של תולעים בהתייחסות ליכולת האגירה שלהם למתכות כבדות (Sures, 2001). אף על פי שטפילים אינם אוגרים בתוכם מזהמים

אורגאניים, הם יכולים לשנות את הספיגה של הכימיקלים של מאחסניהם, כולל מתכות (Evans et al., 2001, in Sures, 2004), (Bergey et al., 2002) בקרב טפילי דגים, נחקרו רק טפילים פנימיים מתזואיים לגבי יכולת אגירת מתכות. נראה כי טפילים מסוג פרוטוזואה קטנים מכדי להוות חומר מספק לאנליזות כימיות מהימנות. טפילים חיצוניים כמו מונוגיניאה, סרטנים ועלוקות הינם היצורים הראשונים המושפעים מהמים בסביבתם וכנראה דומים לאורגניזמים החופשיים בדרך האגירה שלהם, כמו תולעי ריסים, סרטנים לא טפיליים ותולעים טבעיות (Bergey, et. al., 2002 in Sures, 2004). עקב מגבלות אלו, מרבית המחקרים על אודות אגירת מתכות בטפילים נעשים על תולעים פנימיות (Sures, 2004).

5.4.2 ניטור באמצעות בדיקת מגוון ועושר טפילים – שימוש במחקר

מעבר לשימושים בטפילים כפי שתוארו עד כה, נחקרו גם שינויים באוכלוסיות ובחברות הטפילים עם התייחסות לזיהום סביבתי (Lafferty, 1999; Overstreet, 1997; Kennedy, 1997 in Sures, 2004) וזוהי השיטה בה יתמקד מחקרנו, לצורך הערכת הפגיעה הסביבתית אשר נוצרה עקב ההקמה והתפעול של מתקן ההתפלה באשקלון.

במקרה שלנו ייערכו דיגומים עונתיים של דגים אותם נבדוק לנוכחות טפילים- הן פנימיים והן חיצוניים, נספור אותם ונזהה אותם עד לרמה הטקסונומית הנמוכה (עד כמה שניתן).

טפילים הטרוקסנים (Heteroxenous parasites) עם מחזור חיים מורכב צפויים להתמיד רק בבתי גידול יציבים, בהם, הן השלבים החופשיים והן שלבי מאחסני הביניים הינם בעלי יכולת שרידות. תנאים קיצוניים צפויים לאפשר את התמדתם של טפילים מסוג מונוגיניאה (Monoxenous) עם מחזור חיים ישיר, בעלי מאכסן יחיד. זהו הרקע הרעיוני בשימוש בטפילים כאינדיקטורים אקולוגיים.

חוקרים נעשים מודעים יותר ויותר לפוטנציאל שלהם כ-probes (גלאים) רגישים במחקרים העוסקים בפגיעות סביבתיות (Paperna, 1997 in Dzikowski et. al., 2003). עקב כך, נעשה ניטור של פגיעה אנתרופוגנית באמצעות שימוש בטפילי דגים כאינדקסים אקולוגיים, במגוון בתי גידול: אוקיינוסים, ימים, נחלים ואגמים. ישנם תיעודים רבים על ההשפעה השלילית של זיהום על חברות טפילים, אשר לעיתים קרובות, מראים ירידה בעושר ובמגוון המינים (Dzikowski et al., 2003).

הדגים ימדדו וישקלו עד לדיוק 1 מ"מ ו-1 גר' (בהתאמה). פני השטח החיצוניים של הדג (עור, סנפירים, חלל פה) ייבדק, וטפילים שימצאו יירשמו ויקובעו בפיקסטיב מתאים. מערכת הזימים תופרד מכל דג ותקובע מיידית בצנצנות פורמלין 10%. בדיקת הטפילים תבוצע בהמשך על הזימים המקובעים. הטפילים יזוהו בעזרת ספרות רלוונטית וחלקם ישלחו למומחים רלוונטיים לבדיקה, זיהוי ואישור של מינים.

5.4.3 עיבוד הנתונים :

1. Species richness (S)
 2. Margalef's index of diversity (D, Margalef 1958 in R. Dzikowski et al, 2003)
 3. Shannon Weiner index of diversity (H0)
 4. Index of evenness (J)
 5. Heteroxenous\monoxenous ratio (Sh/Sm)
 6. "True" species richness extrapolated by $Y=a(1-e^{-bx})/b$ (Walter et al 1995)
- רמות ההדבקה יבוטאו על ידי Janion's index (J) אשר לוקח בחשבון, הן את *עוצמת הנגיעות (intensity) והן את *שכיחותה (prevalence) בתלות בגודל הדג, מקום תפיסתו והעונה בה נתפס. מהנתונים שנאספו מבדיקת הטפילים נבדוק את הפרמטרים הבאים :

- עושר מינים (Species richness)

- מגוון מינים (Species diversity)

המקדם Z יחושב באופן הבא :

$$Z_i = \frac{A \times B}{C^2} \text{ כאשר :}$$

A = מס' הטפילים השייכים למין נתון i

B = מס' הפרטים הנגועים בטפיל זה

C = סך כל המאכסנים שנבדקו

לדירוג של מיני טפילים על פי שכיחותם בקבוצה נתונה של תת-אוכלוסיות, נשתמש במקדם

$$\text{החשיבות (I) : } I = Z_i * 100 / \sum_{i=1}^s Z_i \text{ כאשר } i=1,2,\dots,s \text{ מיני טפילים.}$$

* שכיחות הנגיעות (prevalence) - אחוז המאכסנים הנגועים במין טפיל נתון מתוך כלל פרטי המאכסנים שנבדקו.

* עוצמת הנגיעות (intensity) - המספר הממוצע של טפילים ממין נתון המצויים במאכסן נגוע.

6. מחקר כלכלי

אנו מציעים שתי שיטות להערכת הנזק הכלכלי הכרוך בהשפעה הסביבתית של הכתם האדום על הסביבה הימית. מדובר בהצעה לקיום סקר בשיטת ההערכה המותנית Contingent Valuation Method (CVM) וסקר בשיטת עלות נסיעה Travel Cost Approach (TCA).

6.1 הצעה לשיטת ההערכה המותנית (CVM)

כזכור, שיטה זו מבוססת על סקרים ושאלונים בעזרתם פונים למדגם מייצג של הציבור, על ידי הצגת מצב היפותטי, ושואלים את הציבור על נכונותו לשלם או לקבל בהינתן מצב מסוים. במקרה זה, נבחן את מוכנות הציבור לשלם תמורת הפסקת הזרמת מי הרכז בקו החוף, ומציאת פתרון חלופי אשר יביא להפסקת תופעת "הכתם האדום". יתרונות וחסרונות השיטה תוארו לעיל. כדי לקבל תוצאות אשר ישקפו בצורה אופטימאלית את ערך הנזק הכלכלי של הכתם, אנו מציעים לפעול על פי העקרונות הבאים:

א. ייערך סקר (רצוי פנים אל פנים) בקרב האוכלוסייה המתגוררת באזור אשר יוכן על פי הכללים הנהוגים בעריכת סקרים.

ב. יפורטו בצורה ברורה וקצרה בפני הנשאלים פרטים על אודות מתקן ההתפלה ומטרותו, ואז תוצגנה לנשאלים תמונות של הכתם האדום, כפי שמופיעות בתרשימים 2.9-2.11. על סמך הממצאים של הבדיקות האוקיאנוגרפיות אשר נערכו בשלב המוקדם יותר של הצעת מחקר זו, יוסברו לנשאל במונחים פשוטים, מהות הכתם ופוטנציאל הנזק שלו למערכת האקולוגית הימית ולאדם.

ג. הסקר יבדוק את סוגי השימוש (שחייה, שיט בסירות, דיג, אופנועי ים וכו') ותדירויות השימוש בקרב המשתמשים וינתחו גם התוצאות בקרב אוכלוסייה שאינה משתמשת במים ובחוף (ערך ללא שימוש).

ד. בשלב הבא תוצג בפני הנשאלים **שאלה סגורה** בנוסח: "האם קיום הכתם האדום ימנע ממך להשתמש בחופים ובמים שבקרבת מתקן ההתפלה?" אלו ששיבו בחיוב יישאלו **שאלה סגורה** בנוסח: "האם אתה מוכן לשלם X ₪ תוספת מס בשנה עבורך (ועבור בני משפחתך) כדי להיפטר מהשפעת הכתם האדום הנוצר מפעילות מתקן ההתפלה באשקלון?" קבוצת המשיבים בחיוב תתחלק לקבוצות משנה ולכל קבוצה תוצג סכום שונה. על מנת לצמצם את אפשרויות ההטיה, ייערך סקר דומה בקרב קבוצת ביקורת ובפני המשיבים בקבוצה זו תוצג **שאלה פתוחה** בנוסח: "כמה אתה מוכן לשלם בשנה בצורת מסים עבורך (ועבור משפחתך) כדי להיפטר מהשפעת הכתם האדום הנוצר מפעילות מתקן ההתפלה באשקלון?" בפני חברי קבוצת הביקורת יודגש כי תקציבם מוגבל ואלו שינקבו בסכום הגדול מאחוז מסוים מהכנסתם השנתית לא יובאו בחשבון.

ה. ייאסף מידע על אודות הרקע של הנשאלים (קבוצת גיל, מצב סוציו-אקונומי, הכנסה חודשית, מספר הנפשות במשק הבית, מספר המשתמשים והלא משתמשים במשק הבית וכו').

ו. ייבנה מודל אשר יכלול את כל הפרמטרים לעיל ובהמשך ניתוח התוצאות.

למידע מפורט יותר על אודות עריכת השאלות ועל אודות השיטה בכללה, ניתן לעיין ב- Ofiara,

2001.

6.2 הצעה לשיטת עלות נסיעה (TCA)

כאמור, בשיטה זו נעשה שימוש בעיקר בכדי לכמת את התועלות של אתרי פעילות נופש ופנאי, יערות, פארקים חוף ים וכו' והיא בוחנת מעבר לעלות כרטיס הכניסה את סך ההוצאות שהמשתמשים מוכנים להוציא כדי לבלות בפארק כמו הוצאות הנסיעה, החניה, הלינה וכו'. במקרה של מתקן ההתפלה באשקלון ועל בסיס בדיקות ראשוניות שערך המשרד להגנת הסביבה, הכתם מתפשט לרדיוס של כ-3 קילומטר מהמתקן. טרם הוברר אם ההשפעה שלו חורגת מטווח זה.

המשמעות היא שהכתם עלול להביא לסגירת חופים, או מניעת שימוש של משתמשים פוטנציאליים ברצועת החופים והים אשר בטווח זה. שימוש בשיטת עלות נסיעה ישלים את שיטת CVM אשר תוארה לעיל, לאור העובדה כי מדובר בסקר אשר יעריך את הנזק הכלכלי העלול להיגרם לתושבי האזור בשל הצורך לנסוע לחופים ורצועות ים רחוקות יותר. להלן תאור שלבי הסקר המוצע:

א. ייבחר מדגם מיצג בקרב תושבי האזור המתגוררים ברדיוס של כ-20 קילומטר ממתקן ההתפלה באשקלון. ההנחה היא שהנזק שייגרם לתושבים המתגוררים מעבר למרחק זה יהיה זניח. ייעשה מאמץ לביצוע סקרים פנים אל פנים. על מנת למנוע הטיה, יתפרס הסקר על פני יותר מעונה אחת. בכל אופן, סקר זה, גם הוא, יושתת על הכללים המקובלים בעריכת סקרים.

ב. בפני הנשאלים יוצג רקע קצר על מתקן ההתפלה והכתם האדום (ראה פרק 6.1, סעיף ב'). בהמשך תוצג **שאלה סגורה** בנוסח: "האם הכתם האדום גרם לך להירתע מלעשות שימוש ברצועת החוף והים שבקרבת מתקן ההתפלה?"

ג. אלה אשר ישיבו בחיוב, יישאלו על מספר הנסיעות בשנה לחופים השכנים, סוגי הבילוי בחוף ובים (שיזוף, שחייה, שיט, דיג ספורטיבי), תוספת עלות נסיעה (דלק ובלאי הרכב), תוספת המרחק ותוספת הזמן לכל נסיעה. במידה ומדובר בנסיעה למספר יעדים יש לנטרל את המרכיב מהחישוב.

ד. באשר לעלות זמן נסיעה, החישוב יעשה על בסיס רמת ההכנסה של הנשאל או על פי ממוצע הכנסה בתחום בו עוסק הנשאל.

ה. ייאסף מידע על אודות רקע הנשאל, בדגש על מספר הנפשות בבית, מצב סוציו-אקונומי וכו'.

ו. ייבנה מודל לחישוב הנזק וניתוח כלל התוצאות.

מידע יותר מפורט לעריכת השאלות ובכלל ניתן למצוא בספר Ofiara (2001) עמוד 240.

חלק ה': תוצאות ראשוניות

7. ניהול משקי מים

למעשה, התוצאות הראשוניות של סקירת הספרות בנושא ניהול הביקוש למים נמצאות בפרק שיטות. אלו הן הכמויות הניתנות לחיסכון על פי דו"ח אדם טבע ודין (ראה פרק 4.1.2), והאחוז המשוער לחיסכון אשר מספק הדו"ח של פרץ דר על סמך מקרה הבוחן בקליפורניה (ראה פרק 4.1.3). על סמך נתונים אלו ניתן להתחיל במילוי טבלה 4.6.

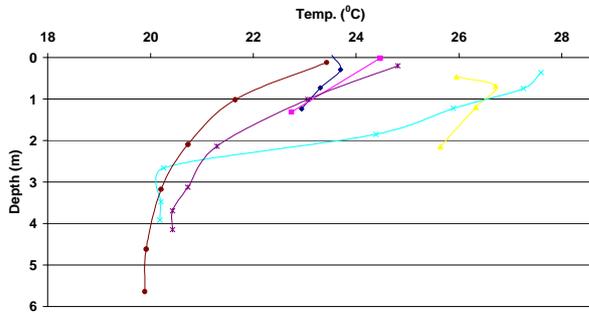
קטגוריה	האמצעי שיושם	מקום וזמן היישום	גודל המגזר הרלוונטי (מלמ"ק)	עלות האמצעי	% חיסכון למגזר הרלוונטי	חיסכון שנתי במלמ"ק	עלות למ"ק
כלכלי	עידוד חקלאות חסכונית		544	?	?	?	?
טכנולוגי	חסכמים במגזר הציבורי	ישראל 2003	48	29 מיליון ש"ח — חד פעמי	25% (12)	12	לאחר 10 שנים: 24 אג'ומ"ק
	חסכמים במגזר הפרטי	י תיאורט	737.4	?	15%	110	?
	פיתוח גינון חסכוני במים על ידי הרשויות המקומיות	י תיאורט		?		80	?
	מחזור מים אפורים	י תיאורט		?		50	
	בנייה המאפשרת חלחול ואגירת מים	י תיאורט		?		100	?
רגולציה	מניעת זיהום וטיפול במקורות מים מזוהמים	י תיאורט		?		80	?
	תקנות לחיסכון במים			?		?	?
חינוכיים							

8. מחקר אוקיאנוגרפי

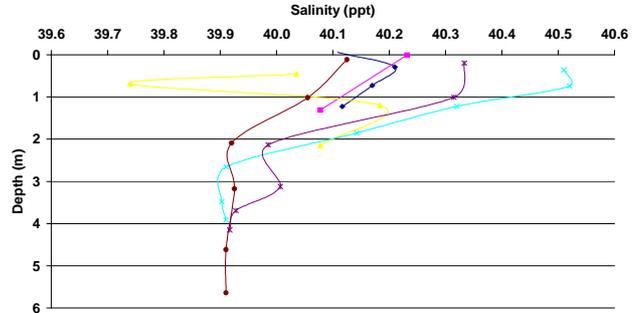
על סמך הפלגה ראשונה, אשר תוצאותיה עובדו זה מכבר, ניתן להציג חלק מן המגמות אשר נצפו.

8.1 פרופילי הפרמטרים הכלליים בגוף המים

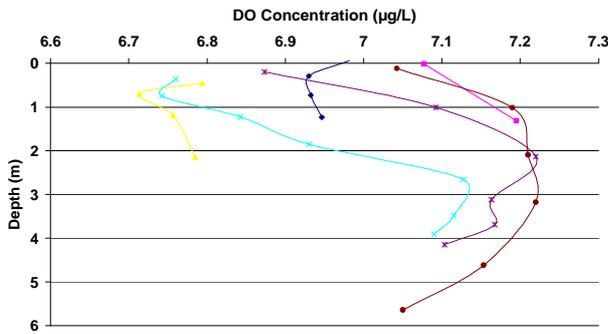
a.3 Temparture Profile



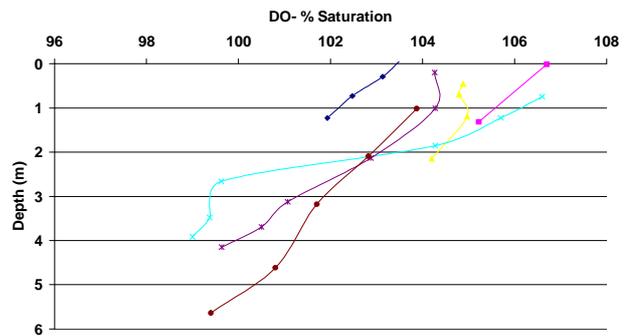
b.3 Salinty Profile



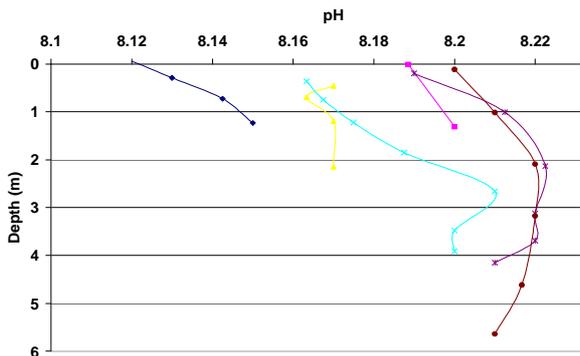
c.3 Dissolved Oxygen (DO) Profile



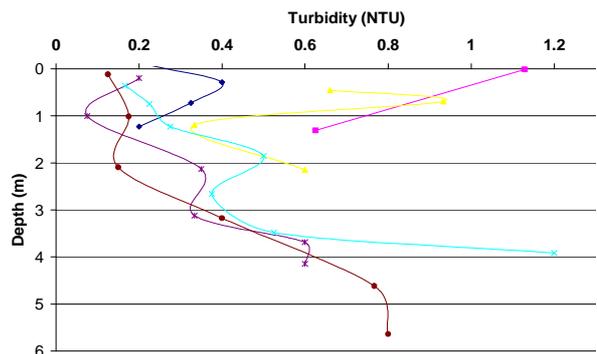
d.3 Dissolved Oxygen (DO)- % Saturation Profile



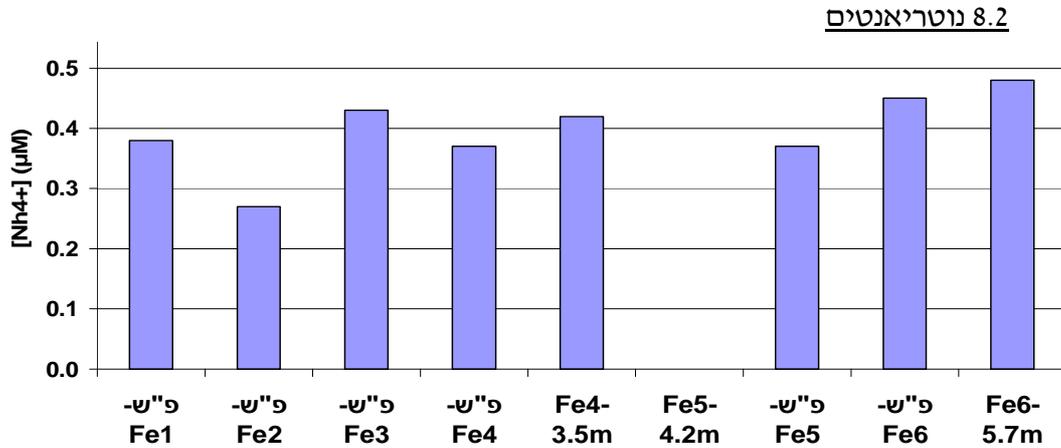
e.3 pH Profile



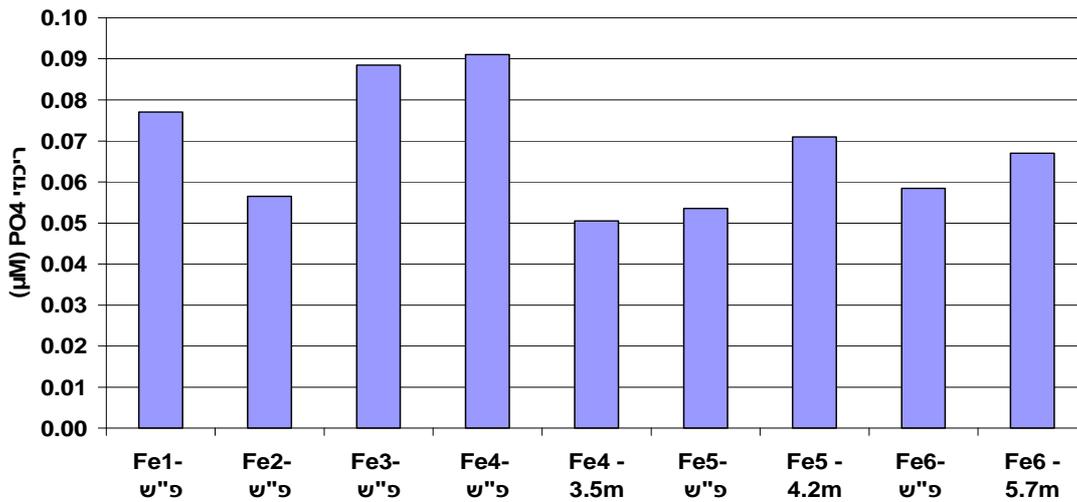
f.3 Turbidity Profile



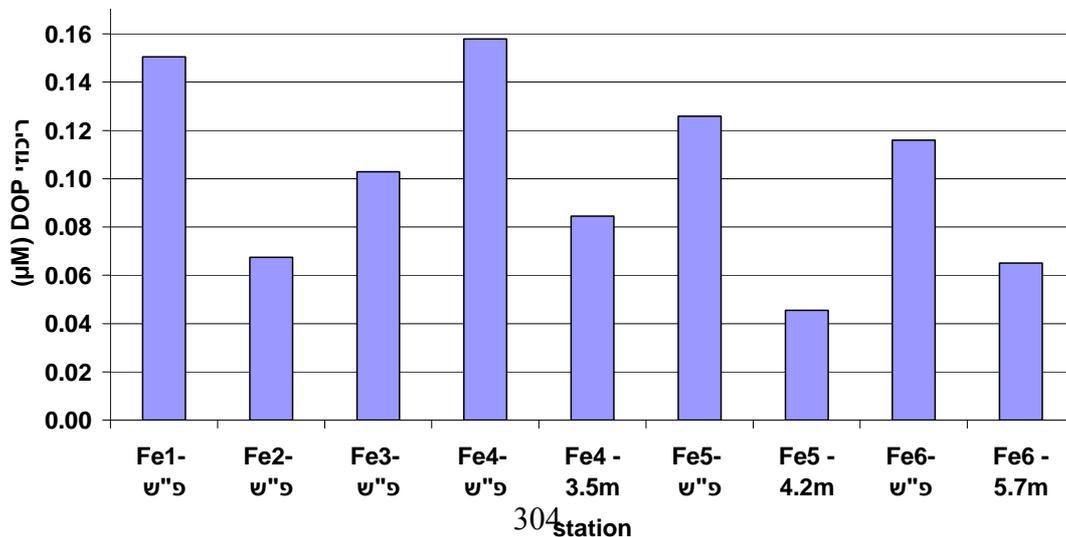
תרשים 8.1: פרופילים של טמפרטורה (3a), מליחות (3b), חמצן מומס (3c), אחוז חמצן מרוויה (3d), pH (3e) ועכירות (3f), בהתאם כפי שנמדדו בתחנות השונות באמצעות מכשיר ה-YSI.



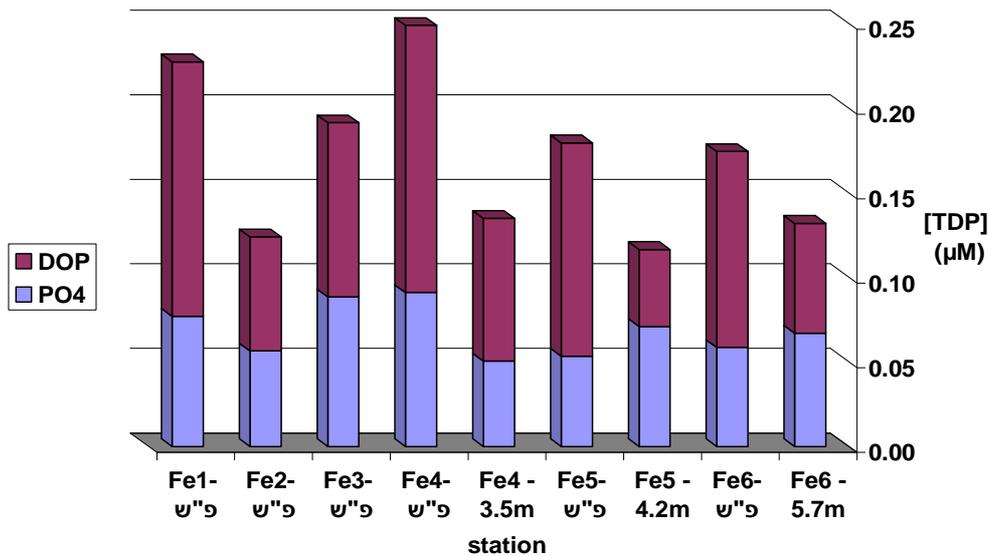
תרשים 8.2: ריכוזי אמוניום (NH_4^+) בתחנות השונות, בפני השטח ובעומק. (פ"ש = פני השטח). תחנה Fe5 בעומק הינה בעלת נתון חסר, מכיוון שנמצא כהריג.



תרשים 8.3: ריכוזי זרחן אנאורגאני (PO_4^{3-}) בתחנות השונות, בפני השטח ובעומק.

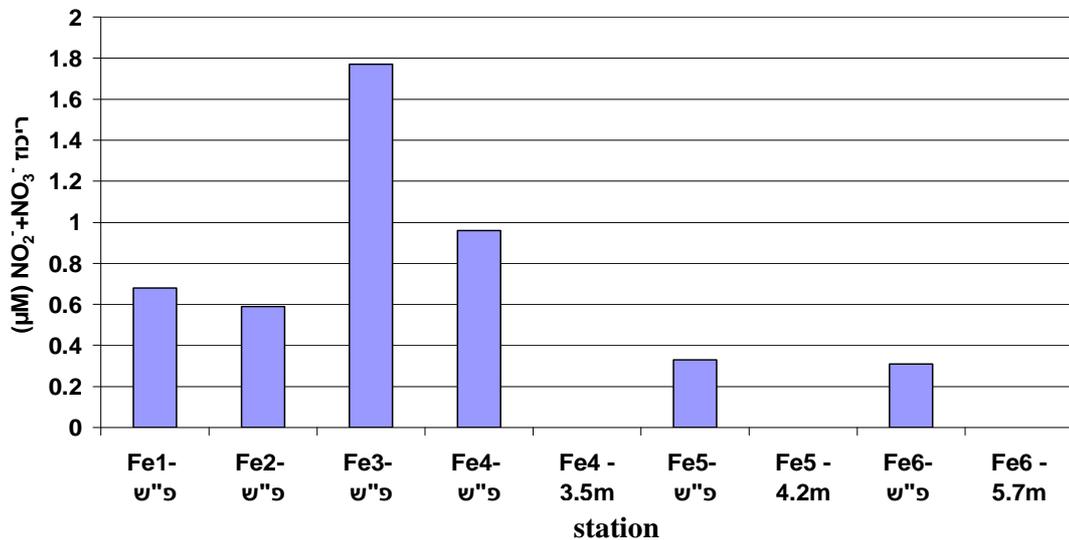


תרשים 8.4: ריכוזי זרחן אורגאני מומס (DOP) בתחנות השונות, בפני השטח ובעומק.



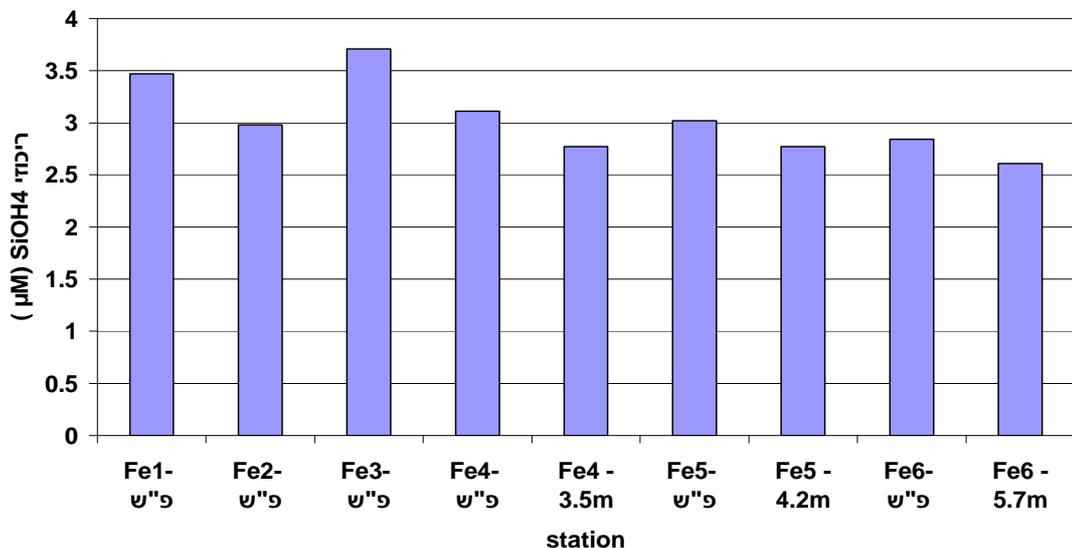
תרשים 8.5: ריכוזי זרחן מומס כללי (TDP) בתחנות השונות בפני השטח ובעומק. ניתן לראות את

החלוקה ריני זרחן אורגני לאורגני לאורגני רהחאת לוחוויית המופיזית רהרשימית 3 ו- 4 א

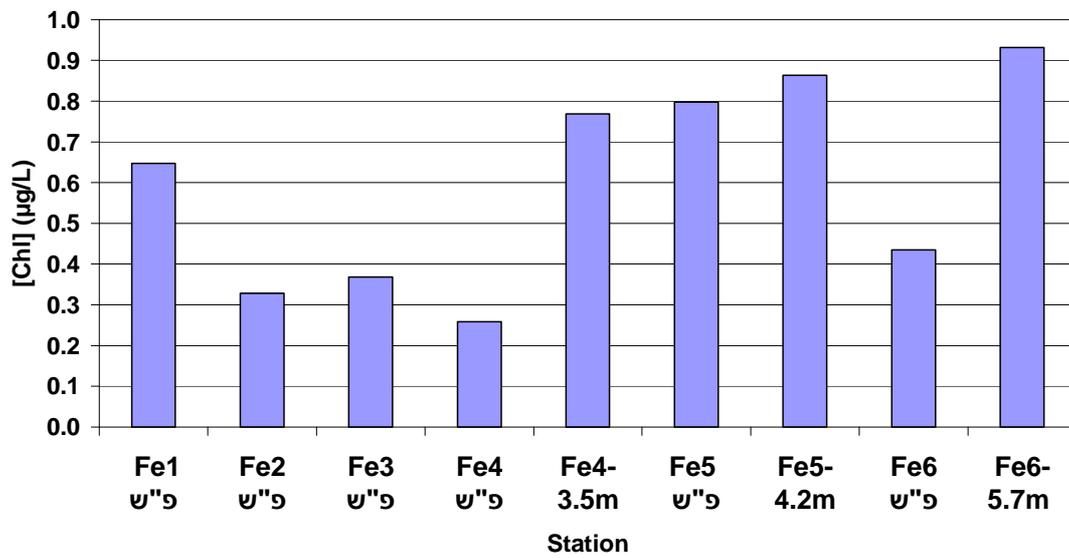


תרשים 8.6: ריכוזי ניטריט וניטראט בתחנות השונות, בפני השטח ובעומק. תחנות העומק מייצגות ערכים הקטנים

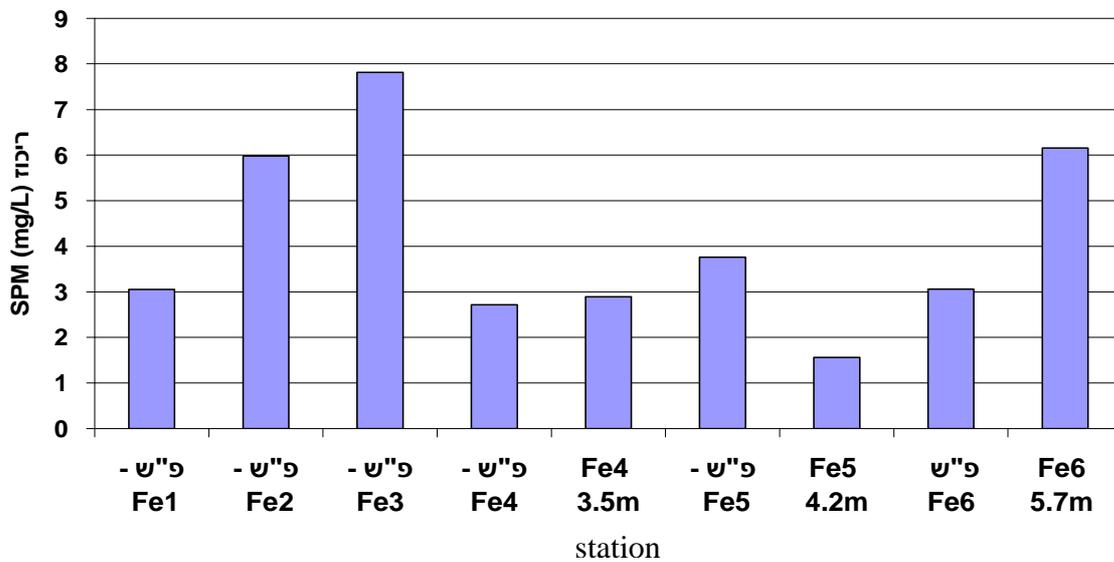
מ- $0.08 \mu\text{M}$ טווח הקריאה של מכשיר ה SAN^{plus} SYSTEM, ולפיכך מוצגות כריכוז 0.



תרשים 8.7: ריכוזי חומצה סיליציית (SiOH₄) בתחנות השונות, בפני השטח ובעומק.



תרשים 8.8: ריכוזי הכלורופיל בתחנות הדיגום השונות. בפני השטח ובעומק. הריכוזים מהווים ממוצע לריכוזי שני הדופליקטים אשר נעשו לכל תחנה. (פ"ש=פני השטח).



תרשים 8.9: ריכוז החומר החלקיקי המרחף (SPM) בתחנות הדיגום השונות, בפני השטח ובעומק.

פרק ו': מסקנות והמלצות

עבודה זו מקיפה מגוון רחב של נושאים הנוגעים כולם בצורה זו או אחרת לנושא משק המים בישראל. פתחנו עם בעיית מפלס ים המלח, אך דרך החלופות המוצעות לפתרון הבעיה, העברנו את המיקוד לשני היבטים עכשוויים בהקשר של משק המים: התפלה וניהול משק מים ישראל, כנציגיהם של שתי חלופות נבחרות. ביצענו השוואה בין ההיבטים בעזרת תרגום המשמעויות של כל אחד מהם לעלויות כלכליות, כאשר החידוש בעבודת המחקר הוא בהוספת עלויות חיצוניות חדשות להתפלה בישראל, המבוססות על תופעה אוקיאנוגרפית אשר טרם נחקרה. אף על פי שעבודה זו התרחבה וחלשה על תחומים רבים, ועל אף היקפה, נותרו עדיין היבטים רבים אשר דורשים מחקר, וזאת על מנת להגיע אל אותה מטרה- הנקודה הקריטית, אך באופן מדויק יותר וקרוב יותר למציאות.

9. ניהול משק המים

כבר בסקירת הספרות הסתמן כי למשימה, הפשוטה כביכול, נחוץ המשך מחקר, וזאת על מנת ליישב את הפערים הקיימים בנתוני משק המים בישראל, קרי ביקוש והיצע. הבחנו בחוסר התאמה במקורות לגבי היצע המים בישראל, בחוסר התייחסות לאופן המדויק בו חושבו הכמויות, ובהיעדר התייחסות לסתירה בין מקורות בינלאומיים למקורות מקומיים, בין מקורות מקומיים שונים ובין שני דו"חות של מקור זהה משנים שונות. כחלק ממסקנותינו, אפוא, אנו ממליצים ליישב את חילוקי הדעות ולרכז את נתוני המים של ישראל במקום אחד. כאשר לא ידועה בוודאות כמות המים בישראל, קשה להימנע ממשברי מים בעתיד.

גם ללא הבעייתיות אשר התגלתה במהלך הסקירה, החל פרק זה עם אי אילו הזנחות ועם מגבלות שונות של זמן ופרקטיקה. חלק מהזנחות אלו, נוגע לעלויות חיצוניות של ניהול ביקוש. נראה היה נכון להתמקד בשלב זה בעלויות החיצוניות של הגדלת היצע (התפלה), לאור העובדה אשר התבהרה בעבודה זו, כי ישראל משקיעה משאבים רבים בהגדלת ההיצע, ופחות בהקטנת הביקוש. אולם, כעת לכשזכה נושא ההתפלה להתייחסות נרחבת בכל הנוגע לעלות חיצונית, ראוי כי בעתיד יבוצע מחקר השוואתי דומה אשר ינסה לקרב גם את המחיר של ניהול אמצעי הביקוש אל מחירו האמיתי. דוגמא להשפעה חיצונית אשר הוזנחה: אובדן חופש- לפעולות אכיפה כגון איסור גידולי דשא, איסור בריכות פרטיות, הפחתה בגינות ציבוריות וכו', קיים מחיר חברתי ברור, אשר מיידית נכלל בהגדרה של מחיר כלכלי. קיימות גם השפעות סביבתיות בניהול משק מים, אשר מהן נגזרות עלויות חיצוניות, לדוגמה צמצום במי הקולחין הנגרם באופן ישיר על ידי צמצום הביקוש, עשוי לפגוע באספקת המים לנחלי ישראל, אשר רבים מהם ניזונים באופן כמעט מלא ממי קולחין מטהרים.

סקירת הספרות לא מגיעה לרזולוציה הבוחנת את מגבלות תכניות הניהול אותן היא סוקרת. כך לדוגמה, אם בסקירה מגלים אמצעי ניהול ביקוש אשר הביא לירידה של כ-50 מלמ"ק, אך ניתן היה ליעל זאת ל-80 מלמ"ק, יירשם הנתון כאילו יכולת החיסכון הינה 50 מלמ"ק. כמו כן סקירת הספרות בנושא נשארה מוגבלת לתוכניות ניהול אשר נוסו או נהגו, ולא היה ניסיון להפרות את הידע הקיים ולהגות תכניות חדשות אשר טרם נוסו. בכך נשאר מקום נוסף ליעול משק המים, אשר לא נלקח בחשבון.

היבט חשוב, אשר מחקר זה מודע לקיומו אך נאלץ להתעלם ממנו, הינו קיום תלות הדדית בין אמצעי ניהול שונים. כמות המים אשר ניתן לחסוך הרי מוגבלת, וכאשר מפעילים אמצעי חיסכון

אחד, סביר כי יכולת החיסכון על ידי אמצעי חיסכון אחרים תופחת במידה מה. כך לדוגמה, אם נחסכו כמויות גדולות על ידי אכיפה, אזי לאזרח הפשוט תהיינה פחות אפשרויות לחיסכון באמצעות פעולות התנדבותיות וכך פעולות לחינוך הציבור תהיינה פחות אפקטיביות.

10. התפלה כניהול היצע- משמעויות סביבתיות

בנושא ההתפלה והשפעותיה הסביבתיות, עמד המחקר כשלפניו פרושה ארץ בראשית. מיעוט המחקרים בנושא השפעות סביבתיות של התפלה, הותירו את הנושא פתוח למחקר בתחומים רבים, אך חסר בידע קיים. השפעות סביבתיות רבות אינן ידועות כלל, ולראייה, המחקר אותו בחרנו לבצע, הינו תקדים עולמי, אשר עד להופעתו ב-2006, לא היה מוכר כתופעה הקשורה להתפלה, אף בקרב המומחים המובילים בתחום ההתפלה (ספראי, 2007). יש לזכור כי ריבוי הנזקים הפוטנציאליים לסביבה הימית אינו מעיד בהכרח כי ההשפעה הסביבתית הינה כה חמורה, מאחר ורבים מהם טרם הוכחו באופן מובהק, ומסתמכים על השערות וחששות. עם זאת, לאור הדברים ברור כי רמת הידע המדעי בנושא אינה מן הגבוהות, וכי דרושים מחקרים רבים בתחום, ביניהם רצוי כי יהיו גם כאלה אשר יסקרו השפעות ארוכות טווח.

מחקר זה, אם כך, לא בוחן מעשית את כלל ההשפעות הסביבתיות אשר כרוכות בהתפלה, אלא מתמקד בסביבה הימית, ובתרחיש ייחודי, אשר עד כה מוכר ממתקן התפלה אחד. קיים צורך להמשיך ולחקור את ההשפעות הסביבתיות הנובעות מהפרמטרים כפי שפורטו בסעיף 2.5.3, ואת ההשפעות הסינרגטיות האפשריות משילוב כה רב של גורמי הפרעה.

לנוכח המצב בו ישראל עומדת בפני הקמת מתקני התפלה לאורך חופיה, רצוי כי ימשיכו ויבוצעו מחקרים דוגמת מחקר זה, אשר יבדקו השפעות שונות על הסביבה הימית כתוצאה מהתפלה. התפלה בישראל צפויה להיות פרויקט עצום בהיקף חסר תקדים (ביחס לשטח גיאוגרפי ולקצב ההקמה הצפוי), אך באותה עת, חוסר ודאות בולט בכל היבט. לפיכך, ראוי כי יבוצעו ניטורים באזורים המיועדים להקמת מתקנים, ויבחנו שינויים כימיים, פיסיקאליים וביולוגיים המתרחשים, החל בשלב הבנייה, וכלה בתפעולו השוטף.

עוד מגבלה במחקרנו הינה היעדר ההתייחסות לסינרגיה הנגרמת עקב ריבוי מתקני התפלה. כאשר מתקן התפלה אחד פוגע בסביבה הימית, הפגיעה צפויה להיות מקומית (Höpner, 2002), כך שאוכלוסיה מקומית תיפגע, אך סביר שאקוסיסטמות שכנות תוכלנה לתמוך בפלורה ופאונה האזורית. אולם, כאשר צפויים שבעה מתקני התפלה בין אשקלון לחדרה, ייתכן ותיפגע זמינות אקוסיסטמות למינים השונים, והפגיעה האקולוגית תגדל בצורה סינרגטית עם ריבוי המתקנים. סוגיה זו ראויה להיבדק במחקר נוסף.

11. הערכת העלות האמיתית של התפלה

מגבלות השיטות במחקר הכלכלי, נגזרות בראש ובראשונה ממגבלות המחקר האוקיאוגרפי. כך לדוגמה, ריבוי מתקני התפלה מגדיל את תצרוכת החשמל בשל עליה המליחות, והעובדה כי מי הרכז של המתקן במעלה הזרם הופכים למי ההזנה של זה שבמורד (פרק 2.3); כך עשוי מחיר ההתפלה לעלות, עם ריבוי המתקנים לאורך החוף. חוסר הידע בנוגע להשפעות ההתפלה, אפוא, מחלחל ישירות גם לחוסר הידע בדבר עלויות חיצוניות, במיוחד בכל הנוגע לסביבה הימית. על

מנת להמשיך ולהתקרב למחיר האמיתי של ההתפלה, יש צורך לכמת ולהעריך את העלויות החיצוניות אשר נלוות להתפלה, כתוצאה מהיבטים שאינם קשורים לאו דווקא לכתם האדום. כמו כן, המחקר הכלכלי הגביל עצמו לשתי שיטות להערכת עלויות חיצוניות: TCA ו-CVM, ומשום כך אינו כולל הערכה כלכלית של פגיעה במגוון ועושר המינים (ללא דגה) אשר דורש שיטות מחקר מסוג אחר (Ecosystem services). בנוסף, לא חושבה הפגיעה העלולה להיגרם לענף הדיג והחקלאות הימית (כגון כלובי הדגים באשדוד) כתוצאה מהנזק הסביבתי. ולבסוף, לא בוצעה הערכה לעלויות חיצוניות הנובעות מפגיעה בבריאות הציבור, כתוצאה מרחצה באזור מזוהם, צריכת דגים אשר הוצאו מהאזור ועשויים להכיל מתכות כבדות ועוד. בנוסף לכל האמור, חשוב לזכור, כי לא רק עלויות חיצוניות שליליות צריכות להילקח בחשבון הסופי, אלא גם תועלות חיצוניות. מחקר זה מכיר בכך, כי קיימות תועלות, כגון העובדה שמים מותפלים נוטים לפחות שיקוע ועל כן צפויים לגרום לנזק מופחת בכל הנוגע לצינורות הובלה, מכונות כביסה המלחת מי תהום כתוצאה מהשקיה וכו'.

12. סיכום

חשיבות המחקר הינה בהגברת המודעות לנזקים הסביבתיים הכרוכים בהתפלה, בדגש על הנזק לים ולחופים שבקרבת מתקני ההתפלה. לאור העובדה כי טרם בוצע כל מחקר על אודות משמעויות הכתם האדום למערכת האקולוגית הימית ולבריאות הציבור, עולה חשיבותה של הצעת המחקר בהיבט האוקיאנוגרפי-סביבתי.

כמו כן, בחינת הערך הכלכלי של הנזק לים חיונית על מנת לאפשר למקבלי ההחלטות תמונה רחבה יותר על אודות עלויות חיצוניות של מתקן התפלה, והכרה במשמעויות הנגזרות מהוספת מתקני ההתפלה רבים לאורך חופי הים התיכון. במידה ויתברר כי העלויות החיצוניות של הכתם האדום גבוהות מן הסביר, ייתכן כי מקבלי ההחלטות בארץ יבחרו לאמץ שיטות אחרות להגדלת מלאי זמין של מים במדינה, כגון הגברת חיסכון, מחזור מים (כגון הגברת השימוש במי-קולחין), ריסון הביקוש ועוד. בניית מודל ייעול עלויות לבחינת הדרכים הזולות ביותר לאספקת כמות המים הנדרשת למשק, תעניק למקבלי החלטות מידע טוב יותר למציאת שיווי משקל בין כמות ההתפלה הנדרשת לבין פעולות אחרות המגדילות מלאי זמין, לרבות ניהול ביקוש והגדלת היצע בדרכים אחרות.

ASTM. (1983) **American Society for Testing and Materials Designation -D 3683-78**. Standard test method for trace elements in coal and coke ash by atomic absorption, pp. 472-475.

Bernhard M. and George S.G.(1986) **Importance of chemical species in uptake, loss and toxicity of elements for marine organisms. In: The importance of chemical "speciation" in environmental processes.** M. Bernhard, F.E. Brinckman, P.J. Sadler Eds. Dalhem Conference. Springer Verlag, pp. 385-422

Beck U. (2000). **Risk society revisited**. Chapter 12, Pp.211-229 in Adam B., U. Beck and Loon J.V. (eds.) *The Risk Society and Beyond: Critical Issues for Social Theory*, 2002. Sage Publications LTD. London UK

Becker, N and Katz, D (2006) **Economic valuation of resuscitating the Dead Sea** . Water Policy 8 (2006) 351-370.

Chow C.W.K., House J., Velzeboer R.M.A., Drikas M., Burch M.D. & Steffensen D.A. (1998) **The effect of ferric chloride flocculation on cyanobacterial cells.** Water Research, vol. 32, no. 3, pp. 808-814.

Dreizin Y, Tenne A and Hoffman D (2007) **Integrating large scale seawater desalination plants within Israel's water supply system.** Desalination (2008). 220: 132-149.

Dzikowski R., Paperna I and Diamant A (2003) **Use of fish parasite species richness indices in analyzing anthropogenically impacted coastal marine ecosystems.** [Helgoland Marine Research Volume 57, Numbers 3-4 / October, 2003](#) 220-227.

Evans C.A., O'Reilly J.E. and Thomas J.P (1987). **A Handbook for the Measurement of Chlorophyll *a* and Primary Production**. Biomass Scientific Series no.8.

Gaudette H.E., Flight W.R., Toner L. and D.W Folger (1974) **An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments**. J. Sed. Pet. 44, 249:253.

Holm-Hansen, O., Lorenzen, C.J., Holmes, R.W. and Strickland, J.D. (1965) Fluorometric determination of chlorophyll. Journal de Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 30:3-15.

Hoepner T and Lattemann S (2003) **Chemical impacts from seawater desalination plants — a case study of the northern Red Sea** [Desalination Volume 152, Issues 1-3](#), 10 February 2003, Pages 133-140.

Hardin G (1968) **The Tragedy of the Commons**. Science Vol. 162. no. 3859, pp. 1243 - 1248.

Hoepner T, Lattemann S (2002) **Chemical impacts from seawater desalination plants- a case study of the northern red sea** . Desalination 152 (2002) 133-140.

Holm-Hansen O., Lorenzen C.J., Holmes R.W. and Strickland J.D. (1965) **Fluorometric determination of chlorophyll**. Journal de Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 30:3-15.

Hornung H., Krom M.D and Cohen Y (1989) Trace **metal distribution in sediments and benthic fauna of Haifa Bay, Israel**. Estuar.Coastal & Shelf Sci. 29, 43-56.

Hull N.H., Belluck D.A. and Lipchin C (2006) **A Framework for multi-criteria decision-making with special reference to critical infrastructure: policy and risk management, working group summary and recommendations**. Chapter 5 Pp. 355-369 in Arapis G., N. Goncharova and P. Baveye (Eds.) *Ecotoxicology, Ecological Risk Assessment and Multiple Stressors*. Springer. Netherlands.

IOC-SCOR-UNESCO (1994). **Manual and Guides 29. Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) core measurements.**

Kester D.R. (1986) **Equilibrium models in seawater: applications and limitations. In: The importance of chemical “speciation” in environmental processes.** M. Bernhard, F.E. Brinckman, P.J. Sadler Eds. Dalhem Conference. Springer Verlag , pp 337-364.

Kress, N. and B. Herut (2001) Spatial and seasonal evolution of dissolved oxygen and nutrients in the Southern Levantine Basin (Eastern Mediterranean Sea). Chemical characterization of the water masses and inferences on the high N:P ratio. Deep Sea Research, Part I, 48, 2347-237

Lattemann S , Höpner T (2008) **Environmental impact and impact assessment of seawater desalination.** Desalination 220 (2008) 1–15

Listsin D (2008) **Lecture: "Energy Issues in Desalination Techniques".** Given on June 17th 2008, under the 36th annual ISEEQS Conference, at the Rabin Auditorium in Technion institute.

Mackenzie K (1999) **Parasites as Pollution Indicators in Marine Ecosystems: a Proposed Early Warning System.** [Marine Pollution Bulletin Volume 38, Issue 11](#), November 1999, Pages 955-959

MAP (2003) **Sea Water Desalination in the Mediterranean: Assessment and Guidelines.** MAP. Technical Reports Series No. 139, UNEP/MAP, Athens, 2003.

Pagano G., His E., Beiras R., De Biase A., Korkina L.G., Iaccarino M., Oral R., Quiniou F., Warnau M. & Trieff N.M.(1996) **Cytogenetic, developmental, and biochemical effects of aluminum, iron, and their mixture in sea urchins and mussels.** Archives of Environmental Contamination and Toxicology, vol. 31, no. 4, pp. 466-474.

Ofiara D. D and Seneca J. J (2000) **Economic losses from marine pollution: a handbook for assessment.** Washington, DC : Press., Island.

Ofiara D. D (2001) **Assessment of Economic Losses from Marine Pollution: An Introduction to Economic Principles and Methods.** marine pollution bulletin Vol. 42, No. 9, pp. 709-725, 2001.

Paperna I (1997) **Fish parasites as indicators of environmental quality – introductory remarks. In: Paperna I (ed.) Fish parasites as indicators of environmental quality.** VII European Multicolloquium of Parasitology, Parma. Parassitologia 39:168.

Rachid M and Chouikhi A (2005) **Ecotoxicological marine impacts from seawater desalination plants.** [Desalination Volume 182, Issues 1-3](#), November 2005, Pages 403-410 /Desalination and the Environment.

Raventos N., Macpherson E., Garcia-Rubieis A. (2006) **Effect of brine discharge from a desalination plant on macrobenthic communities in the NW Mediterranean.** Marine Environmental Research 62 (2006) 1–14.

Robinson C., and P. J. le B. Williams (2005) **Respiration and its measurement in surface marine waters.** In del Giorgio, P.A. and Williams, P.J. le B. (eds.), Respiration in Aquatic Ecosystems, Oxford University Press, Oxford, pp.147-180.

Raventos, N., Macpherson, E., Garcia-Rubieis, A. (2006) Effect of brine discharge from a desalination plant on macrobenthic communities in the NW Mediterranean. Marine Environmental Research 62 (2006) 1–14

Saenz V., Blasco J., Gomez-Parra A. (2003) **Speciation of heavy metals in recent sediments of three coastal ecosystems in the Gulf of Cadiz, Southwest Iberian Peninsula.** Environmental Toxicology and Chemistry, 22, 2833-2839.

Safrai I., Zask A (2008) **Reverse Osmosis desalination plant - marine environmental regulator point of view.** Desalination 220 (2008) 72–84.

Smith S, Azam F (1993) **A simple economical method for measuring bacterial protein synthesis rates using ^3H leucine.** Mar. Microb. Food Webs, 6: 107-114.

Sures B (2001) **The use of fish parasites as bioindicators of heavy metals in aquatic ecosystems: a review.** Aquatic Ecology **35**: 245–255, 2001.

Sures B, Siddall R and Taraschewski H (1999) **Parasites as Accumulation Indicators of Heavy Metal Pollution** [Parasitology Today](#) [Volume 15, Issue 1](#), 1 January 1999, Pages 16-21

Sures B (2004) **Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution.** [Trends in Parasitology](#) [Volume 20, Issue 4](#), 1 April 2004, Pages 170-177.

Tagar Z. (2007). **Nature, agriculture and the price of water in Israel. Friends of The Earth Middle East.**

Tal A (2006) **Seaking Sustainability: Israel's Evolving Water Management Strategy.** Science Vol. 313. no. 5790, pp. 1081 – 1084.

Thomasa J.S. and B. Durham b (2003) **Integrated Water Resource Management: looking at the whole picture.** Desalination. 153: 21-28.

United Nations World Water Assessment Program (2006) **Water: A Shared Responsibility.** pub. by United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO). Paris, 2006.

Ward F. A. (2005) **Decision support for water policy: a review of economic concepts and tools.** Water policy ISSN 1366-7017 2007, vol. 9, n^o1, pp. 1-31 [31 page(s) (article)] (6 p.1/4).

Windsor D. A. (1998) **Most of the species on earth are parasites.** International Journal for Parasitology 28, 1939±1942.

Zhou Y, Tol R.S.J (2004) **Evaluating the costs of desalination and water transport.** WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 41, 2005.

בן גוריון ד. (1956) דרומה. עמ' 309-327 בחזון ודרך כרך ה', הוצאת עינת.

בקר נ. (2004) הערכה ראשונית של כימות ההשפעות החיצוניות של מתקני התפלה בישראל וניתוח עלויות השוואתי של חלופות ההתפלה. ידידי כדור הארץ המזהה"ת, 2004.

דרייזין י. - ראש אגף התפלה דאז (2007). ראיון טלפוני, אוקטובר 2007.

הוועדה הפרלמנטארית (2002). דו"ח ועדת חקירה פרלמנטארית בנושא משק המים, דין וחשבון.

וויס ע, ינון י, גבריאלי ס (2005). דו"ח מסכם: פתרונות סביבתיים לטיפול וסילוק מי רכז מהתפלה. המשרד לאיכות הסביבה.

עינב ר. (2003), היבטים סביבתיים של מתקן ההתפלה באשקלון. מים והשקיה, גיליון 438, עמ' 26-30.

עינב ר. - מקימת חברת Blue Ecosystems לייעוץ סביבתי (2007), דוא"ל 20.11.07.

פפאי נ. (2006). חופי ישראל 2006, דוח החברה להגנת הטבע על מצב חופי הים התיכון. קרס נ., נישרי ע., יעקובי י., שהם-פרידר א. (2007). השפעת ברזל סולפאט (קואגולנט בטיפול קדם במתקן התפלה באשקלון) על הסביבה הימית - הצעה למחקר מקדים. הוגש לאגף ים וחופים, המשרד להגנת הסביבה יולי 2007.

קרס נ. וגליל ב. (2006). השפעת כלוריד הברזל (קואגולנט בטיפול קדם במתקן התפלה באשקלון) על הסביבה הימית: נקודות למחשבה. חקר ימים ואגמים.

תגר ז. (2007) טבע, חקלאות ומחירי המים בישראל. ידידי כדור הארץ המזהה"ת.

אתרי אינטרנט

אברמוביץ נ. גינט קביעת ערך ל"שירותי החינם" של הטבע Worldwatch, January/February 1998, תורגם על ידי שחר דולב, 2008.

<http://heschel.org.il/economy/node/7>

אדם טבע ודין, 2008, <http://www.adamteva.org.il/>

דרייזין י. (2005), בטאון נציבות המים "אגמית" 171, ספטי-אוק' 2005.

http://www.climaton.co.il/Article_Details.asp?Article_Id=329

<http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=HomePage> 2008, המשדד להגנת הסביבה,

חיים וסביבה, הסתייגויות לתקציב לשנת הכספים 2007, דו"ח הסתייגויות, קבוצת "ירוק" – חברי השדולה הסביבתית-חברתית (2006).

[http://www.biu.livedns.co.il/\(S\(b5cjkp55nos1sbyl4n5u5145\)\)/Uploaded/Documents/82.dc](http://www.biu.livedns.co.il/(S(b5cjkp55nos1sbyl4n5u5145))/Uploaded/Documents/82.dc)

<http://www.pmo.gov.il/pmo> 2008, משרד ראש הממשלה,

צוק ש. (2006) **התפלת מים בישראל: העלות הסביבתית, החברתית והכלכלית למול התועלת שבתהליך**. אדם טבע ודין.

<http://forums.nana10.co.il/Article/?ArticleID=367898>

www.water.gov.il 2008, רשות המים,

הרצאות ומידע בעל פה

ברומברג ג. 2008, מצגת ידידי כדוה"א, הרצאה: Cross-Border Cooperation to Rehabilitate the Lower Jordan River / Dead Sea, 16.07.08, אוניברסיטת תל-אביב.

כץ ד. 2007 קורס "מבוא לכלכלת סביבה ומשאבי טבע", ביי"ס ללימודי סביבה, אוניברסיטת תל-אביב.

ספראי א., 2007 ממונה שפכים תעשייתיים, מקורות יבשתיים, המשדד להגנת הסביבה. ריאיון טלפוני, נובמבר 2007.

קרט נ. 2008- מידע שבעל פה. ניתן בחקר ימים ואגמים לישראל- חיפה, 18.8.08.

רון א. 2008 – אחראי פרויקט "מוביל השלום", הרצאה: הצלת ים המלח-חלופות לפיתרון. 14.05.08, אוניברסיטת תל-אביב.

רז א. 2008- מכון ים המלח למחקר ופיתוח, משרד המדע. הרצאה: התעלה והתועלת. 05.05.08, אוניברסיטת תל-אביב.

שני א.- ראש רשות המים של ישראל 2008. הרצאה: ניהול משק המים בישראל. 30.04.08, אוניברסיטת תל-אביב.

השפעת תעלת הימים על הקישוריות בין שוניות האלמוגים בצפון מפרץ אילת



אביטל קרולין-שון, 015777592
אורית כהן, 034379602
אסף ענבר, 037609369
רמי יערי, 038793345

מורי הקורס: פרופ' אביטל גזית
אסיסטנטים: ירון הרשקוביץ, ד"ר דוד כץ, נעם סגל, עו"ד איתי אליאב

יולי 2008

תודות :

תודה לכל הרשומים מטה על זמנם והידע החשוב שהעבירו לנו למען כתיבת עבודה זו.

- פרופ' אביגדור אבלסון, אוניברסיטת ת"א
- פרופ' יהודה בניהו, אוניברסיטת ת"א
- ד"ר יעקב סילברמן, האוניברסיטה העברית
- ד"ר חזי גידלור, מכון וייצמן
- ד"ר עופר בן צבי, אוניברסיטת תל-אביב
- ד"ר משה קיפלאווי, אוניברסיטת בן גוריון והמכון הבין-אוניברסיטאי באילת
- ד"ר דוד זכאי, רשות הגנים והטבע, אילת
- מר אסף זבולוני, המכון הבין-אוניברסיטאי באילת

תוכן עניינים (317 - 344) :

1. רקע.....319
 - התנאים הפיסיים במפרץ אילת
 - שונות האלמוגים במפרץ אילת
 - השפעות אנתרופוגניות על שונות האלמוגים במפרץ אילת
 - תעלת הימים והשפעות אפשריות על שונות האלמוגים במפרץ אילת
 - קשיים אפשריים במחקר
2. השערות המחקר.....333
3. מטרות המחקר.....334
4. שיטות המחקר.....334
 - בחינת הקישוריות בין אוכלוסיות אלמוגים מייצגים באמצעות סמנים גנטיים.
 - בחינת דפוסי התפוצה של לארוות בצפון המפרץ באמצעות דיגום של לארוות
 - מודל לבחינת השפעת השאיבה על הטמפרטורה, המליחות וריכוז הנוטריינטים של מי המפרץ
 - מודל לבחינת השפעת השאיבה על יכולת האספקה של לארוות ואופן הפיזור של לארוות בצפון המפרץ
5. מסקנות.....342
6. ביבליוגרפיה.....344

1. רקע

1.1 התנאים הפיסיים במפרץ אילת

1.1.1 מבנה והיסטוריה

מפרץ אילת הוא אגן צר ועמוק: אורכו 180 ק"מ, רוחבו נע בין 5 ק"מ בצפון המפרץ ל-25 ק"מ במרכזו ועומקו המירבי מגיע ל-1850 מטר. המפרץ הוא שלוחתו הצפונית מזרחית של ים סוף. השניים מתחברים במיצרי טיראן, במעבר צר ורדוד שעומקו מגיע ל-250 מטר בלבד (איור 1). המפרץ הינו חלק מהשבר הסורי אפריקאי. הוא החל להיווצר לפני כ-20 מיליון שנה כתוצאה מתנועת חצי האי ערב צפונה וגזירתו מיבשת אפריקה. רק לפני כ-5 מיליון שנה לערך, הוצף המפרץ במי האוקיינוס ההודי שזרמו אליו דרך ים סוף¹.



איור 1: צילומי לוויין של מפרץ אילת (משמאל) ושל צפון המפרץ וסימון מיקום משוער של אתר השאיבה (מימין)

1.1.2 טמפרטורה, מליחות ונוטריינטים

מיקומו של המפרץ באזור מדברי ומבנהו הצר והעמוק המהווה וסת לשינויי טמפרטורה, גורמים לכך שמי המפרץ הינם חמים יחסית ובעלי משרעת טמפרטורה צרה, מ-20 מעלות צלזיוס בחורף עד ל-26 מעלות צלזיוס בקיץ. רמת קרינה גבוהה ולחות יחסית נמוכה גורמים לקצב אידוי גבוה (200-400 ס"מ בשנה) אשר בשילוב עם מיעוט המשקעים, מיעוט מי השטפונות הנכנסים אל המפרץ, וחילוף המים המוגבל עם ים סוף גורמים לכך שרמת המליחות של מי המפרץ היא מן הגבוהות בעולם, בין 4.2-4%. הנוטריינטים, תרכובות החנקן והזרחן, נצרכים ע"י האורגניזמים האחראים על הייצור הראשוני ומכאן חיוניותם לכלל התהליכים הביולוגיים המתרחשים במפרץ. המקור העיקרי לאספקת נוטריינטים למפרץ הם מי ים סוף הנכנסים אל המפרץ דרך מיצרי טיראן. בשל רדידותם של המיצרים, רק המים החמים והעניים ביותר בנוטריינטים ממי ים סוף, שהוא ים אוליגוטרופי בפני עצמו, מגיעים אל המפרץ ולכן מפרץ אילת הינו עני מאד בנוטריינטים. מקור נוסף של נוטריינטים למפרץ הם תוצרים מעשה ידי אדם המוזרמים אל המפרץ, בעיקר בחלקו הצפוני (ראה סעיף 1.4). הנוטריינטים המנוצלים בשכבות המים העליונות, שוקעים ומצטברים כחומר אורגני אל תחתית המפרץ, שם חלקו מפורק לחומר מומס ע"י חיידקים. חומר אורגני מצטבר בקרקעית עד אשר ערבול של שכבות המים (ראה סעיף 1.1.3) ישוב ויעלה אותו אל השכבות העליונות, מה שעלול להוביל לפריחת אצות¹.

1.1.3 שיכוב וערבול

בעונת הקיץ כתוצאה מן הטמפרטורות הגבוהות והאיזוי המוגבר ישנו שיכוב (תרמוקלינה) של עמודת המים במפרץ, כך שככל שמעמיקים שכבות המים הופכות קרות יותר ומלוחות יותר (כלומר כבדות יותר) ואין ערבוב של מים בין השכבות השונות. לקראת סוף הקיץ מגיע השיכוב לשיא כאשר לרב עומקו המירבי של השיכוב נע בין 150 ל-200 מטר והפרשי הטמפרטורות בין השכבה העליונה לשכבה העמוקה ביותר מגיע ל-7 מעלות צלזיוס. בחורף, שכבות המים העליונות מתקררות, השיכוב נשבר וישנו ערבול של שכבות המים. עומקו של הערבול תלוי בטמפרטורות המים כאשר בעונות קרות יותר הערבול יהיה עמוק יותר. בעונה רגילה מגיע הערבול לעומק של 400 מטר¹. בשנת 1992, בעקבות התפרצות הר הגעש פינטובו, שגרם לירידת טמפרטורות באזור ולקרור של המים, הגיע הערבול במפרץ לעומק של 800 מטר. ערבול עמוק זה הביא להעשרה משמעותית של השכבות העליונות בנוטריינטים אשר הצטברו במשך שנים רבות בשכבות העמוקות, אליהם הערבול לא מגיע בדרך כלל. כתוצאה מכך התפתחה פריחה מאסיבית של אצות אשר יצרה הפרעה קשה למערכת האקולוגית במפרץⁱⁱ.

1.1.4 רוחות וזרמים

קצב האיזוי הגבוה במפרץ (שהולך וגובר ככל שנעים צפונה) יוצר הפרשי מפלסים בין צפון המפרץ לדרומו ובכך מניע את הזרם התרמוהליני, המכניס מים מים סוף אל המפרץ. מי ים סוף הנכנסים אל המפרץ הינם חמים יותר ומלוחים פחות ממי מפרץ אילת. הם נעים צפונה דרך שכבת המים העליונה (עד לעומק של 100 מטר), לאורך החופים המזרחיים של המפרץ. בדרך הם מתקררים והופכים למלוחים יותר בשל האיזוי הגבוה, כך שבהגיעם צפונה הם שוקעים וזורמים בחזרה דרומה מתחת לזרימה הנכנסת, לאורך החופים המערביים של המפרץ (דפוס הזרימה הוא כנגד כיוון השעון). באמצעות מדידות זרמים העריכו כי שטף המים הנכנס מים סוף אל מפרץ אילת הוא $0.03SV$ (30,000 מ"ק בשניה), אם כי מדידות אלו נעשו בעונת החורף והערכה מקובלת היא שבעונת הקיץ שטף זה יכול להיות קטן פי שלושה או ארבעהⁱⁱⁱ.

כיוון הרוחות מוגבל לרוחות צפוניות (צפון מזרחיות) או דרומיות בלבד ע"י ההרים משני צידי המפרץ. כאשר הרוחות הדרומיות הינן נדירות וחזקות הרבה יותר מהרוחות הצפוניות. משטר הרוחות ביחד עם המבנה הבתימטרי של חופי המפרץ אחראים לזרימות סיבוביות בשכבת המים העליונה, המתנהלות במספר מוקדים שונים לאורך המפרץ. עוצמות הזרימה, כיווני הזרימה ומספר המוקדים משתנה לאורך עונות השנה^{iv}.

גורם נוסף המשפיע על הזרימה במפרץ הוא משטר הגיאיות והשפל כאשר מידי 6 שעות משתנה כיוון זרימת המים באיזור הכרית (האיזור הנתון להשפעתו של משטר הגיאיות והשפל) כך שבזמן הגיאיות נעים המים לכיוון החוף ובזמן השפל המים נסוגים מהחוף¹.

כל הגורמים הללו מצטברים יחד ליצירת דפוסי זרימה מורכבים. בכדי לנסות ולקבל הבנה טובה יותר של הזרמים במפרץ, ובמיוחד לאורך החופים באזור של שונית האלמוגים, נעשו בשנים האחרונות מספר מחקרים של מדידות זרמים באמצעות מכשירי ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) בנקודות שונות לאורך החופים של מזרח^v, מערב^{vi} וצפון^{vii} המפרץ. במחקרים הללו, שנמשכים לעיתים מספר שנים, מנסים החוקרים לקבל תמונה של דפוסי הזרימה באזורי המדידה ע"י חלוקת הזרימה למספר גורמים. הזרימה מחולקת לרכיבים לאורך החוף ובניצב

לחוף, לזרימה בשכבות מים שונות: עליונה (2-4 מטר), אמצעית (12-15 מטר) ותחתונה (30-40 מטר) ולזרימה בזמנים שונים לאורך חודשי השנה. מחקרים אלו מראים שכיוון הזרימה העיקרי במזרח המפרץ הוא כלפי צפון, כיוון הזרימה העיקרי במערב המפרץ הוא כלפי דרום ובצפון המפרץ ישנו דפוס זרימה מורכב יותר, כאשר בשכבת המים העליונה (שכבת המים עד ל-2 מטר המושפעת בעיקר מרוחות) כיוון הזרימה העיקרי הוא כלפי דרום מזרח בעוד בשכבות העמוקות יותר כיוון הזרימה העיקרי הוא מערבה (יש לציין שדווקא המחקר שנעשה בצפון המפרץ נמשך לאורך תקופת זמן קצרה יחסית של מספר שבועות בלבד ובשל כך יש להיזהר בקבלת תוצאותיו).

1.2 שונית האלמוגים במפרץ אילת

1.2.1 האלמוגים בנוי השונית

בגלל הבתימטריה התלולה של קירות המפרץ, המבנה של מרבית שוניות אילת הן של שונית חוגרת¹. למרות ששוניות צפון מפרץ אילת הינן נמצאות בגבול התפוצה הצפוני ביותר של שוניות בעולם, מגוון המינים בהן הוא מן הגבוהים בעולם⁸.

האלמוגים בנוי שוניות (Hermatypic) בני זמננו שייכים בעיקר לסדרת אלמוגי האבן (scleractinia)¹. לאלמוגים הרמטיפיים תפקיד מפתח ביצירת מבנה השונית, הם מספקים מצע התיישבות ומחסה למגוון רחב של אורגניזמים ולכן פגיעה חמורה באלמוגים יכולה לגרום להתמוטטות כל אוכלוסיית השונית^{viii}. הפוליפ הוא יחידת המבנה הבסיסית של מושבת האלמוגים, והינו יחידת חיים עצמאית המכילה את כל מערכות החיים הדרושות לייצור חי על מנת להתקיים. מרבית אלמוגי האבן בשונית האלמוגים מאחסנים זאוקסנטלות, אצות חד תאיות הנמצאות בתוך ריקמת האלמוג ומקיימות מעבר חומרים הדדי עם האלמוג. לצורך קיומן זקוקות האצות הללו לאור, כדי לקיים תהליך פוטוסינתזה. האצות מעבירות פחמן אורגני לרקמת האלמוג, הנחוץ לשם השקעת השלד המהווה את בסיס השונית. האלמוגים ניזונים מטריפה של זואופלקנטון, שמעשירה אותו בנוטריינטים, אלה מועברים בחלקם לאצות. יחסי סמביוזה אלו הם המאפשרים חיים וגדילה בים אוליגוטרופי, ובמקומות בהם אצות אלו לא יכולות להתקיים לא תיווצרנה שוניות¹.

שלב החיים הבוגר, הפוליפ, הינו ישיב (sessile), צמוד למצע קשה, וקיבוץ של פוליפים יוצר מושבת אלמוגים, אך ישנם גם מיני אלמוגים סוליטריים. התפתחות הצורה המושבתית באלמוגים מאפשרת להם להגיע לצורות גידול מורכבות ומגוונות. לתנאי הסביבה הפיזיקאליים והביולוגיים חשיבות רבה בקביעת צורת המושבה, ובתנאי תאורה נמוכים, תנאים של תנועת מים חזקה, עכירות, סדימנטציה, משנה האלמוג את צורת גידולו (עד כדי פגיעה בשונית)¹.

1.2.2 דפוסי רבייה באלמוגי אבן

באלמוגי אבן תהליכי רבייה מינית ואל-מינית. תוצרי הרבייה המינית נקראים פלנולות (פגיות), שיכולות להתיישב בשונית המקור או להיות מופצות לאתרים אחרים. התפתחות השונית תלויה בגיוס פגיות חדשות, הפגית מתיישבת בשונית ועוברת גלגול (metamorphosis) ושינוי צורה עד להפיכתה לפוליפ ראשוני¹.

תהליך רבייה אל-מינית מכונה "רביית מקטעים", כיוון שהוא מתחיל עם שבירת מושבת האם ע"י גורמים פיזיקאליים כגון: סערות או זרמים חזקים או גורמים ביולוגיים כגון טריפה או

בלייה. המקטע יכול ליצור מושבה חדשה, שיתרונה הוא בגנוטיפ המותאם לסביבה וגודל התחלתי גבוה מאשר פוליפ ראשוני. אסטרטגיית רבייה על מינית יכולה להיות גם הנצה של פוליפ והיפרדותו ממושבת האם^{ix, 1}.

קיימות מספר אסטרטגיות רבייה באלמוגים. מרבית האלמוגים שרבייתם נחקרה הינם דו מיניים (Hermaphrodites) אך ישנם גם אלמוגים חד מיניים (gonochristic) כאשר אסטרטגיית הרמפרודיטית מהווה יתרון מכיון שגם אם לא נמצא פרט מהמין השני בסמיכות, הרי שמתאפשרת הפריה עצמית, אם כי קיימות מגבלות להפריה עצמית ע"י זמני הבשלה שונים של הגמטות הנקביות והזכריות⁹.

ישנם אלמוגים בהם מתקיימת הפריה פנימית בתוך גוף הפוליפ (brooding) וישנם אלמוגים בהם ההפריה היא חיצונית בגוף המים לאחר שחרור של תאי המין (broadcasting spawning). מרבית אלמוגי האבן בים סוף הם broadcasting spawners והפגית נוצרת ומתפתחת בגוף המים מחוץ לגוף ההורה^{9, 1}. הפלנולות של ה brooders לרוב מעטות יותר אך גדולות ומפותחות יותר ולכן סיכויי הטריפה נמוכים יותר מאשר בשיחרור של המוני תאי מין, בעוד היתרון ב broadcasting הוא בכמות הגדולה של הפלנולות הנוצרות, כך שהסיכוי להצלחת הרבייה עולה⁹.

במפרץ אילת איננו מכירים תופעה של mass spawning הידועה משונית המחסום הגדולה באוסטרליה, אלא בידוד רבייתי בין מיני האלמוגים השונים. שחרור תאי המין מתרחש בעיקר בקיץ (מאי-אוקטובר), בד"כ בשעות הלילה ולעיתים במשך מספר לילות. באירוע spawning ישנו תזמון של שחרור תאי המין של כלל מושבת האלמוגים באוכלוסיה של מין מסויים. ההיפותזה המקובלת טוענת כי היתרון של הבידוד הרבייתי הוא במניעת יצירת בני כלאיים לא פוריים, והוא מונע תחרות בין מינים ומאפשר את קיום מגוון המינים הגדול בשוניות צפון מפרץ אילת, בסביבה שאינה נתונה להפרעות גדולות ומתקיימים בה תנאים קבועים למדי. זאת לעומת, שונית המחסום הגדולה באוסטרליה, שם הרבייה המסונכרנת של כלל האלמוגים מהווה יתרון בסביבה בלתי יציבה, והוא גם הגורם למגוון המינים הנמוך יחסית באתר נתון⁸. ישנם גורמים שונים המשפיעים על הרבייה כמו שינויים בטמפ' ומליחות מי הים, אורך היום, זמינות המזון ושינויים במשטר הגאות והשפל. מעקב אחר רבייתם של 19 מתוך 20 מיני האלמוגים הנפוצים ביותר במפרץ אילת הראה כי תזמון רבייה קשור למופע הירח.

כל תהליכי הרבייה המינית מביאים כאמור להיווצרות פלנולות, השלב הפלנקטוני של האלמוגים, שיכולות להתגייס לשונית המקור, או לעבור הפצה למרחקים ארוכים ולהצטרף לאוכלוסיות אחרות (ראה סעיף 1.2.4). לכלל היצורים הישיבים בשונית ישנו שלב פלנקטוני אך תוצרי הרבייה מכונים בשם הכללי לארוות ולא פלנולות שהן יחודיות לאלמוגים (ראה סעיף 1.2.3).

1.2.3 הפלנקטון בשונית האלמוגים

הרוב הגדול של האורגניזמים המימיים הוא פלנקטון. השם פלנקטון ניתן לאורגניזמים אלו ע"י מדען גרמני Victor Henson מאוניברסיטת קיל ב-1887 מהמילה היוונית "פלנקטוס" שפירושו נווד. הפלנקטון מתחלקים לשלוש קבוצות עיקריות: זואופלנקטון, פיטופלנקטון ובקטריופלנקטון. פיטופלנקטון הם היצרנים הראשוניים, אוטוטרופיים והם מייצרים חומר אורגאני בעזרת אנרגיית השמש כאשר הם בעצמם מקור מזון לזואופלנקטון. הזואופלנקטון

משמשים מזון לדגים וכך הלאה. לכל אחד ממיני האורגניזמים הפלנקטוניים תפקיד חשוב במארג המזון בסביבה המימית וכך גם בשונית האלמוגים אשר שם הם משמשים מזון לטריפה של יצורים יושבי שונית^x.

מרופלנקטון הם אורגניזמים המבלים רק את תחילת חייהם בתור פלנקטון והם למעשה לארוות של אורגניזמים שונים ובחלקם האורגניזמים שוכני שונית האלמוגים. המרופלנקטון כולל לארוות של דגים, סרטנים, כוכבי ים, פלאנולות של אלמוגים ואף תאי ביצית של האלמוגים המתרבים בשיטת Broadcasting. לעומתם, **הולופלנקטון** הם אורגניזמים שהם פלנקטוניים לאורך כל חייהם, מספרם רב והם נמצאים בשפע בכל הימים והאוקיינוסים¹⁰, ועל כן כל פגיעה באוכלוסיה של ההולופלנקטון לא תהיה הרת אסון לשונית האלמוגים. להבדיל, פגיעה באוכלוסיית המרופלנקטון שיעודה להוות דור המשך של יצורים שוכני שונית עלולה להביא לאסון אקולוגי ארוך טווח במיוחד, אם הפגיעה עצמה היא לפרק זמן בלתי מוגבל (A. Abelson, personal communication).

על מנת לעקוב אחר פלנקטון עבור מחקר זה יש צורך להבין את דפוסי התפוצה, את יכולת התנועה ואת תפוצתם במפרץ אילת. שני המאפיינים החשובים לתנועת פלנקטון היא תנועה יממתית והתנהגות בזרם.

תנועה יממתית – ידוע שפלנקטון עולה ויורד בעמודת המים בהתאם לכמות האור^{xii, xi}. לדוגמה, במחקר שנעשה במפרץ אילת בצידו הירדני^{xiii}, נמצאו חמישה טיפוסים של אורגניזמים המאופיינים ע"י תנועה פלנקטונית: אורגניזמים בעלי תנועה פוטוסקטית חיובית לאור גבוה, שבה האורגניזמים עולים בעמודת המים בשעות האור, אורגניזמים המציגים תנועה פוטוסקטית חיובית לאור נמוך כאור הירח, אורגניזמים בעלי פוטוסקטיות שלילית לאור ושתי קבוצות שונות של אורגניזמים שלא הציגו התנהגות מוגדרת קבועה. המחברים טוענים שתפוצת הזואופלנקטון במפרץ אילת חייבת לנבוע משני גורמים: i. התנאים ההידרוגרפיים באיזור הכוללים את דפוסי הזרמים. ii. תנאי התאורה בהתאם לשעות היום והלילה ובהתאם לעונות השנה¹³. הנדידה והתחלופה של פלנקטון בין השונית והים הפתוח נובעת בעיקרה בעקבות מזון. לדוגמה מוקוס הנוצר ע"י אלמוגים הוא מקור אנרגיה חשוב לזואופלנקטון^{xiv}. סיבות נוספות לנדידה אנכית הן ריכוז המזון והטורפים באזור ויחסים תוך מיניים לצרכי רבייה^{xv, xvi, xviii}.

בניסוי נוסף שנערך בצפון מפרץ אילת^{xix} נמצא שבזמן שישנו שיכוב בעמודת המים (בעונת הקיץ), מעל 70% מהזואופלנקטון שגודלם $>100\mu\text{m}$ נמצאים במאה מטר העליונים, בעוד שבחורף העירבול גורם לאחידות בתפוצת הזואופלנקטון והפיטופלנקטון מתחת לגודל של $750\mu\text{m}$. אך לעומת זאת, לא נצפתה אחידות של זואופלנקטון גדולים יותר. לדוגמה, ה-copepod *Pleuromamma indica* שומר על התנועה היממתית שלו בשעות היום למרות הערבול הורטיקלי העונתי אך בשעות הליל הוא מושפע ממנו יותר. במחקר זה הבחינו גם שהאחידות (כיתמיות) של הזואופלנקטון יכולה להיגרם גם ע"י סחיפה ורטיקאלית פאסיבית וגם ע"י שחיה אקטיבית של האורגניזמים.

התנהגות בזרם – נמצא כי זואופלנקטון בעל יכולת לשחות כנגד הזרם הורטיקלי בזרמי upwelling (עליית מים משכבה תחתונה כלפי מעלה בגלל השפעת רוחות) ו-downwelling. המדידות נעשו בעזרת מכשור אקוסטי העוקב אחר תנועתם וע"י מדידת זרמים במקביל בשתי

נקודות בצפון מפרץ אילת. במהירויות זרם ורטיקלי גבוהות יחסית זואופלנקטון קטנים שחו אנכית כנגד הזרם במהירות גדולה מעל פי 10 מאורך גופם לשניה. מצד שני רואים שהפלנקטון נסחפו הוריוזנטלית עם הזרם בצורה פאסיבית. יש להדגיש כי בעוד מהירות הזרם הורטיקלי באזור היתה במוצע כמעט 1cm/s היא היתה רק כ- 10-15% ממהירות הזרמים ההוריוזנטלית^{xx}. מנגנון חישת העומק של פלנקטון איננו ידוע עדיין. התגובה לאור איננה משפיעה במקרה הזה של התנגדות לזרם כי התנגדות זו נצפתה בכל שעות היום, אפילו בלילות ללא ירח. כמו כן עדיין אין הסבר מתקבל על הדעת לשמירה זו על עומק קבוע. ייתכן שהסיבה היא הימנעות מסחיפה לעומק לא רצוי או ייתכן שהישארות בעומק שבו יש כמות מזון אופטימאלית גורמת לכך^{xxi}.

סיבה נוספת יכולה להיות הכתמיות (patch formation) שנוצרת בעקבות השמירה של הפלנקטון על עומק מסויים כנגד זרם ורטיקלי בכדי לעלות את הסיכוי למציאת בן זוג בתוך מיני פלנקטון שונים^{xxii}.

לענייננו, תופעת ה upwelling חשובה להסעת לארוות מרופלנקטוניות מקרקעית מדף היבשת לכיוון החוף^{xxiii}. הידע הקיים על תנועה יממתית של פלנקטון ועל יכולת התנועה כנגד הזרם הורטיקלי חיוני לתיכנון מדידות המרופלנקטון במחקר זה, וכן לתיכנון שעות השאיבה באמת תצא תוכנית תעלת הימים אל הפועל.

תפוצה ואיפיון הפלנקטון במפרץ אילת-

מדף היבשת התלול והצר במפרץ אילת מאפשר לאוכלוסיות פלנקטוניות ימיות (oceanic plankton) להטמע בפאונה הקרובה לשונית באזור הנריטי (מעל מדף היבשת). הקבוצה הפלנקטונית הנפוצה ביותר באזור הפלאגי (רחוק מהקרקעית) היא calanoid copepod ($<2\text{mm}$)^{xxiv}. האוכלוסיה באזור הנריטי, לעומת זאת, מורכבת מתערובת של מינים פלאגיים, לארוות (מרופלנקטון) שמקורן בשונית ומינים דמרסאליים (צמודי קרקעית) אחרים^{13,xxv}. נמצאו ריכוזים יחסית גבוהים של לארוות בים הפתוח (offshore) והם היוו עד 30% מאוכלוסיית הזואופלנקטון^{xxvi}.

נמצא כי בעונת הקיץ עולה ריכוז הזואופלנקטון בקרבת השונית (near reef), ותכולת הלארוות הינה גבוהה יותר. ריכוז הזואופלנקטון שנמדד בקרב השונית היה גבוה פי 2 מאשר ריכוזו במרחק 2 ק"מ מהחוף (offshore)²⁵. מתוצאות אלו אנו למדים על חשיבותו הרבה של אזור השונית והאזור החופי בכלל, לתנועת הלארוות לעומת הים הפתוח, ביחוד בעונת הקיץ. עם זאת, יש לציין כי בשנה שלאחר מכן התוצאות לא חזרו על עצמן וכי בעוד ריכוז הזואופלנקטון בקרבת השונית לא השתנה, בנקודות הדיגום שבים הפתוח נמדד ריכוז פלנקטון גבוה יותר. נצפתה יציבות של אוכלוסייה בקרבת השונית במהלך שנות המחקר לעומת האוכלוסייה הרחוקה ממנה. אותה יציבות נצפתה בשונית המחסום הגדולה באוסטרליה^{xxvii}. יציבות זו מוסברת ע"י הימצאות מזון כגון מוקוס של אלמוגים^{xxviii}, מחסה מפני טורפים וייתכן גם ששוניות האלמוגים היא אתר רבייה^{xxix}.

במחקר שנערך בשלושה אזורים בצידו המיצרי של מפרץ אילת זהו 62 טקסונים ומינים. בכל האתרים שנבדקו הקופיפודים היו הקבוצה העיקרית והיוו במוצע 75.5%~ מכל אוכלוסיית הזואופלנקטון. הקבוצה השניה בגודלה היו הלארוות שהיוו 19.7%~ מכלל הזואופלנקטון^{xxx}.

1.2.5 קישוריות של שונות אלמוגים

קישוריות בשונות צפון מפרץ אילת

קישוריות (connectivity) הינה מידת התחלופה של שלבי החיים השונים של אורגניזמים ימיים בין אתרים שונים. שלבי החיים של מרבית האורגניזמים הימיים כוללים ביצים, לארווה, מגוייסים, צעירים ובוגרים. למרבית האורגניזמים בסביבות ימיות ישנו שלב פלנקטוני כלארוות או גם כביצים ושלב חיים פלגי זה חיוני להפצתם של האורגניזמים הימיים^{xxxii}. עבור מרבית האורגניזמים הישיבים וצמודי המצע בסביבות ימיות בכלל ובשונות האלמוגים בפרט, הקישוריות הלוולית הינה הקשר היחיד בין אוכלוסיות מבודדות, היא מקיימת את המגוון הגנטי ומאפשרת הגירה לאתרים חדשים לשם הפצה או בעקבות שינוי בתנאי הסביבה. לכן, הבנת מידת הקישוריות וזרימת הגנים בין אוכלוסיות ימיות הינה הכרחית לניהול יעיל של שמורות טבע ימיות, ביחוד באזורים מושפעים אנתרופוגנית^{xxxiii}. תיכנון נכון של שמורות טבע ימיות דורש הבנה של תנועת הלארוות לתוך השמורה ומחוצה לה, מה שיקבע האם מגוייסים חדשים יגיעו מתוך השמורה או מאזורים בהם ההשפעה האנתרופוגנית חזקה יותר³¹. מאמצי שימור מקומיים עלולים להיות בלתי יעילים כאשר הקישוריות בין אזורים מרוחקים הינה גבוהה, מכיוון שהגיוס איננו מקומי. לעומת זאת, קישוריות גבוהה עלולה להציב קשיים נוספים בפני מאמצי השימור כיוון שהיא לעיתים חוצה גבולות פוליטיים, ובכך מציבה כתנאי להצלחה, שיתוף פעולה בין מדינות שכנות³². ביחס למאמצי שימור של שונות אלמוגים בעולם הרי שכל צפון מפרץ אילת ראוי שיהיה חלק משמורת טבע אחת. המציאות היא, שמפרץ שרוחבו ק"מ בודדים נמצא בגבולן של ארבע מדינות, ושמורת חוף אלמוג הינה שמורת קטנה ביותר במושגים של שמורות טבע ימיות. לכן מידת הקישוריות בין שונות חוף אלמוג והאוכלוסיות הקטנות בצפון מפרץ אילת, לבין שכנותיהן בירדן, מצרים וערב הסעודיות, הינה גורם קריטי להצלחת כל תוכנית שימור מצד אחד, והיא פרמטר מפתח לחיזוי ההשפעה של הכנסת הפרעה אנתרופוגנית בסדר הגודל של תעלת הימים.

מרחק ההפצה של לארוות עד לשלב הגיוס וכתוצאה מכך הקישוריות, תלויה מאוד במשטר הזרמים המאפיין את הסביבה הימית, וכן בהימצאות טורפים בסביבה ובתכונות הביולוגיות של מיני לארוות שונים⁹. ההנחה כי לארוות מופצות באופן פאסיבי אומנם אינה מדויקת כפי שיוסבר בהמשך, אך הינה הפשטה מקובלת במחקר^{xxxiii}. מחקר רחב היקף שנערך בים הקאריבי, התבסס על דפוסי הזרמים באזור ושרטט על פיהם את נתיבי ההפצה של לארוות. מאחר והלארוות בעלות יכולת תנועה מסויימת, דפוסי הזרמים מייצגים את הגבולות המקסימליים לקישוריות. התוצאות הראו כי לעיתים מדיניות שמירת טבע יכולה להיות בלתי יעילה, ללא התחשבות בדפוסי הזרמים. כך מאמצי שימור והגנה על אזור מסויים, הנמצא במורד הזרם, לא יובילו לשיפור משמעותי אם האזורים במעלה הזרם, המהווים את מקור הלארוות לשמורה, ימשיכו לסבול מהשפעה אנתרופוגנית חזקה. לכן יש לבחון את נתיבי הזרמים המקשרים בין אוכלוסיות מבודדות, לקבוע את מידת הקישוריות ביניהן ולתכנן את פעולות השימור וההגנה בהתאם³². בנוסף, מאחר וזרמי הים הם הווקטור העיקרי לזרימת גנים בין אוכלוסיות ימיות מבודדות, ממליצים החוקרים לערוך מחקרים גנטיים בכדי להראות האם דפוסי הזרמים אכן משקפים את הקישוריות בין האוכלוסיות.

כאמור, הקישוריות תלויה גם במאפיינים הביולוגיים של מיני הלארוות השונים: ביכולת התנועה של הלארוות, אריכות החיים (Longevity) וחשוב מכך הכשירות (Competence) של הלארוות להתיישבות⁹. כשירות היא היכולת לעבור מטמורפוזה מפגיות לשלב הפוליפ תחת השפעת משרן כלשהו. הפגית (או כל לארוה) יכולה להפוך לכשירה עוד לפני שיחרורה למים או לאחר פרק זמן בפלנקטון בהתאם להימצאות תנאים הדרושים להתיישבות ולשרידות ורבייה מוצלחת בעתיד^{xxxiv}. משך החיות והכשירות בלארוות של אלמוגים, הנקראות פלנולות, נחקר למכביר ועם זאת לא ניתן להצביע על דפוס קבוע ונראה כי זו היא תכונה המאפיינת מין ספציפי ואף יכולה להשתנות בהתאם למיקום גיאוגרפי עבור מין נתון. נמצא כי משך הכשירות תלוי בתכולה האנרגטית של הפלנולה עם עזיבתה את מושבת האם, ביכולתה להיזון מפלנקטון ובהמצאותן של זיאוקסנטלות שיכולות לספק אנרגיה להמשך הנדידה בים. עם זאת, ניתן לסכם כי הנתונים שהתקבלו מעידים על כך שמשך הכשירות של פלנולות יכול לנוע משבועות ועד חודשים, מה שמאפשר קישוריות בין אוכלוסיות רחוקות. כך לדוגמא, נמצא כי הפלנולה של אלמוג האבן *Pocillopora damicornis* המכילה זיאוקסנטלות, ובעלת היכולת לטרוף פלנקטון, מסוגלת לשמור על כשירותה במשך יותר ממאה ימים. לעומת זאת, משך הכשירות של פלנולה שאינה מכילה זיאוקסנטלות של אלמוג האבן *Acropora tenuis* הינה כ-20 יום בלבד⁹. נושא החיות והכשירות נבדק גם לגבי אלמוגים רכים אופייניים למפרץ אילת, ונמצא כי קיומן של זיאוקסנטלות משפיע בעיקר על משך החיות ופחות על משך הכשירות, הפרמטר החשוב לשלב הגיוס. גם לפלנולה בעלת הזיאוקסנטלות של *Xenia Umbellata* וגם במין חסר הזיאוקסנטלות *Dendronephthya hemprichi*, נמדדה כשירות של מעל 70 יום, בעוד למינים אחרים משני הסוגים נמדדה כשירות של כ-60 יום. החוקרים קבעו כי בהתבסס על משך הכשירות ומשך החיות של הפלנולות, כי פוטנציאל התפוצה של הפגיות הינו ארוך וכי תוך מספר שבועות יכולות להגיע פגיות שהינן כשירות להתיישבות מדרום ים סוף אל השוניות שבצפון המפרץ ולהתגייס אליהן בעתיד³⁴.

ישנו קושי להתחקות אחר תנועת הלארוות, יצורים זעירים ושקופים לרוב, להם טורפים רבים ולכן ישנן עבודות מעטות המציגות מרחקי תפוצה ממדידות ישירות, רובן עוסקות במינים בהם מרחקי הנדידה הם מס"מ ספורים ועד מאות מטרים בלבד^{31, 33}. הערכות בלתי ישירות המבוססות על אניטראקציות בין מינים הראו כי מרחק התפוצה עבור אורגניזמים ישיבים שונים יכול להגיע ממטרים ספורים ועד מאות ק"מ^{xxxv}. פוטנציאל תפוצה זה תרם להתבססות ההנחה כי אוכלוסיות ימיות הן מטבען "פתוחות" כלומר הן מקיימות תחלופת לארוות רבה, אך בשנים האחרונות מתערערת תפיסה זו עם הצטברות עדויות לטבען הסגור יותר (או הפתוח פחות) של אוכלוסיות ימיות³³. מחקרים עדכניים המבוססים על מודלים ממוחשבים כמו גם מחקרי שטח, הראו כי ללארוות יש נטייה להישאר קרוב לאתר המקור, ולהתיישב בסמיכות למקום שיחרורן למים^{xxxvi, xxxvii}. ההנחה כי הלארוות נודדות באופן פסיבי בהשפעת זרמי הים התבררה כלא מדויקת גם היא. מתברר כי ללארוות יכולות חישה מפותחות לזיהוי כיוון הזרם, לחץ המים, ההרכב הכימי של המים, אור ועוד. לארוות יכולות להגיב למגוון גירויים סביבתיים ובעזרתם לאתר את בית הגידול המתאים להתיישבות^{xxxviii}. עם זאת, מודלים רבים עדיין מתבססים בהצלחה על הנחת הפצה פאסיבית של לארוות כפלנקטון בשל יכולת התנועה המועטה כנגד הזרם. בהקשר לנושא שלפנינו, הרי שאם כל אוכלוסיות מפרץ אילת או אפילו ים סוף היו מקושרות ע"י תחלופת לארוות הרי שאז נתיב ההגירה בצפון מפרץ אילת היה הגורם המרכזי בשאלת השפעת

השאיבה של תעלת הימים. לעומת זאת, אם ימצאו עדויות לכך שאוכלוסיות צפון המפרץ מקושרות ביניהן אך אינן מקיימות תחלופת לארוות עם יתר אוכלוסיות המפרץ, כלומר מהוות אוכלוסיה סגורה ביחס לשאר המפרץ, הרי שנתבי התפוצה בין אוכלוסיות צפון המפרץ קיריטיים עוד יותר לשימור שוניות חוף אלמוג. בכל מקרה, נראה כי השאלה המרכזית היא הערכת הקישוריות וקביעת דפוסי התפוצה בצפון מפרץ אילת.

מעט מאוד ידוע כיום על דפוסי הקישוריות בצפון מפרץ אילת ועל מידת תחלופת הלארוות בין ריכוזי השוניות. מאמצי השימור של שונית חוף אלמוג התרכזו בינתיים בהקטנת הפרעות אנתרופוגניות באזור השוניות ומחוצה לה, ומעקב אחר קצב הגיוס של פרטים צעירים באזור השוניות וכן בצפון המפרץ^{xxxix}. אולם בשנים האחרונות מתחזקת ההכרה בחשיבות הקונקטיביות הלארוולית והקשר שבין אוכלוסיות צפון המפרץ, לתיכנון מדיניות שמירת טבע כוללת, ושני מאמרים חדשים העוסקים בתחום פורסמו בשנה האחרונה.

קישוריות בלארוות דגים נבחנה במין הנפוץ כרומית ירקרקת (*Chromis viridis*) בעזרת סמן כימי באוטוליטים (Otoliths), מבנים בתוך האוזן הפנימית של דגים המשמשים לשיווי משקל ושמיעה. האוטוליטים בנויים ממטריקס של חלבון עם קלציום קרבונט וקצב השקעת האוטוליטים משתנה בין קיץ לחורף, לכן נוצרות טבעות גידול המעידות על גיל הדג. השקעת האוטוליטים מתחילה עם בקיעת לארוות הדג, מינרלים שונים מתגבשים במטריקס של האוטוליטים וכוללים לעיתים מתכות קורט (trace metals) שריכוזן באוטוליט תלוי בריכוזן במים של סביבת המקור. בשל הפעילות האנתרופוגנית האינטנסיבית בצפון מפרץ אילת, המים מכילים מגוון יסודות קורט וניתן לקבוע את דפוס הנדידה של הלארוות בהתאם לגילן, ולריכוזן ומיקום יסודות שמקורם בזיהום באוטוליטים של הדג. המחקר כלל תחנות דיגום בצד הישראלי של צפון מפרץ אילת אך גם תחנת דיגום בעקבה ותחנה נוספת על גבול ירדן- ערב הסעודית. התוצאות הראו כי מקורן של לארוות המתגייסות לאתרים בצפון המפרץ איננו מקומי אלא באתרים בחוף הירדני וכי הלארוות נעות לאורך החוף המזרחי, דרך עקבה עד להגען לצפון המפרץ ולמערבו. עבודה זו מראה את חשיבות הקישוריות לקביעת מדיניות שמירת הסביבה הימית בצפון מפרץ אילת ומרמזת על דפוס התפוצה של הלארוות^{xl}. המחקר הנוכחי לא יתבסס על אותה הגישה משתי סיבות, האחת היא שלארוות של דגים הן בעלות כושר תנועה גבוה מאשר לארוות של חסרי חוליות³³, כך שמצבה של שוניות האלמוגים יושפע יותר מהקישוריות של יצורים ישיבים ובמיוחד של אלמוגי האבן בוני השוניות. כמו כן נודע כי החוקרים מתכוונים להמשיך ולהרחיב את המחקר באוטוליטים של לארוות דגים למיני דגי שוניות נוספים ואתרי דיגום רבים יותר (Ben-Tzvi, personal communication).

המחקר השני העוסק בקישוריות בחן את השונות הגנטית בקרב שיחן שכיח (*Stylophora pistillata*), אלמוג אבן נפוץ, באמצעות הסמן ITS (Internal Transcribed Spacer) הנמצא ב-DNA הריבוזומלי. מבחן AMOVA (Analysis of molecular variance) הראה כי מרבית השונות (78%) מוסברת ע"י השונות בתוך האוכלוסיות מה שמצביע על אוכלוסיה פתוחה ועל רמת קישוריות גבוהה בין האתרים שנבדקו^{xli}. למיטב ידיעתנו זהו המחקר הראשון והיחיד בינתיים שבדק קישוריות באמצעות סמנים גנטיים באוכלוסיות אלמוגים במפרץ אילת. תוצאותיו מדגימות

בבירור את חשיבות לימוד מידת הקישוריות בין אוכלוסיות צפון המפרץ לתיכנון מדיניות שמירה טבע יעילה.

שיטות ישירות למדידת קישוריות ע"י מעקב אחר פיזור חלקיקים אינרטיים או לארוות מסומנות בסמנים טבעיים או מלאכותיים, הביאו להצלחות מועטות. סימון פלורסצנטי, רדיאוקטיבי, או ביסודות נדירים הינו בעייתי בשל קצב המיהול המהיר בים הפתוח שגורם לאיבוד מרבית הלארוות המסומנות. מסקנת המחקר שנחשב אחת ההצלחות היחידות בשיטה הייתה ש 15-60% מלארוות של דג שונית חוזרים לאתר ההטלה שלהם, מסקנה לא חד משמעית. מעקב ישיר התאפשר לס"מ ספורים עד מאות מ' בלבד³³. שימוש בסמנים הנמצאים באופן טבעי בלארוות כמו יסודות קורט ואיזוטופים יציבים מיושם בהצלחה גדולה יותר בעיקר בקרב לארוות דגים ומאפשר מעקב בלתי ישיר על פני שטח נרחב יותר⁴⁰ אך איננו מתאים ללארוות של אלמוגים מכיוון שאין השקעה קלציטית בשלב הלארוולי כמו כן שיטה זו משקפת נקודת זמן מסויימת בלבד. לעומת זאת, המבנה הגנטי של אוכלוסיות מאפשר ללמוד על תנועת הלארוות בטווחי זמן ארוכים הרבה יותר³³. כאשר ישנה קישוריות לארוולית בין אוכלוסיות מתקיימת זרימת גנים ולכן שונות גנטית מקומית יכולה לספק הערכה בלתי ישירה על דגמי תפוצה בסביבות ימיות. באופן כללי במינים ימיים רבים, כולל אלמוגים, שונות גנטית נמוכה בין האוכלוסיות המקומיות מצביעה על קישוריות גבוהה ואילו שונות גנטית גבוהה מצביעה על קישוריות נמוכה כלומר מידת הפצה מועטה בין האוכלוסיות⁴¹. אנליזה של השונות הגנטית בתוך האוכלוסיות ובין האוכלוסיות בוצעה בהצלחה בשוניות אלמוגים אחרות בעולם כמו באפריקה ובאוסטרליה והינה שיטה מוכחת לבדיקת קישוריות^{xliii,xlii}. לכן בעבודה זו תיבחן הקישוריות באמצעות סמנים גנטיים במספר אלמוגי אבן נפוצים.

1.3 השפעות אנתרופוגניות על שונית האלמוגים במפרץ אילת

להפרעות טבעיות או אנתרופוגניות השפעה על התפתחות השונית ובמיוחד על ההרכב ומגוון המינים המאכלס אותה. יכולתה של השונית להחלים ולחזור לקדמותה תלויה בסוג ההפרעה, בתדירות ההפרעות ובעוצמתן. לעיתים, ההפרעות האנתרופוגניות עלולות לשבש את המאזן האקולוגי של הסביבה הימית עד כדי סיכון לקיום השונית. במיוחד כאשר הפרעות מתרחשות במקביל, התוצאה עלולה להיות הרת-אסון. להלן פירוט של ההפרעות האנתרופוגניות העיקריות במפרץ אילת והשפעתן על שונית האלמוגים¹.

1.3.1 זיהומי נפט

זיהומי נפט נוצרים כתוצאה מתאונות או מפריקה בלתי מבוקרת של של מיכליות הנפט המגיעות אל המפרץ. הנפט מכסה את שכבת המים העליונה בשכבה שמנונית הפוגעת בהתמוססות של חמצן במים ואשר מכילה תרכובות רעילות היכולות להשאר במים לתקופה ממושכת ולהרעיל את היצורים השונים באמצעות מעבר דרך שרשרת המזון. התגובות שנצפו באלמוגים שנחשפו לזיהומי נפט כוללות: הפרשת ריר מוגברת, נזק רקמתי, ירידה בקצב הגידול, פגיעה במנגנון התזונה, פגיעה במנגנון הרבייה ובחיוניות תוצרי הרבייה. ברמת החברה, פוגע הזיהום ביכולת השרידות של אוכלוסיות האלמוגים השונות וגורם לירידה בגיוס והתיישבות של פלנולות. בראשית שנות ה-70 השונית בשמורת חוף-אלמוג, הייתה חשופה למספר רב של זיהומי נפט כרוניים (ממוצע של 2-3 זיהומים כל חודש, בין השנים 1970-79), ובמקרים רבים כוסתה השמורה

כולה בנפט גולמי. בשנת 1970 השונית הייתה נתונה להפרעה נוספת. את אזור השונית במפרץ אילת פקד שפל קיצוני חריג. ירידת המפלס הקיצונית התרחשה במספר ימים ובזמן השפל נחשף שולחן השונית. כתוצאה מכך השוניות היו חשופות לגמרי לאוויר ולשמש במשך 3-4 שעות, בשעות החמות ביותר של היום, כאשר הטמפי נעה בין 36°C - 34°C . התוצאה המיידית הייתה תמותה של כ-80-85% מהאלמוגים בוני השונית לאורך החלק הצפוני של המפרץ. בזמן השפל הקיצוני, האלמוגים שהיו מתחת לפני המים לא נפגעו כלל¹.

שמורת חוף אלמוג, וריף הביקורת בטאבה נחקרו קודם לשפל ואחריו. אחוזי הגיוס ומגוון המינים היו דומים בשתי האוכלוסיות והשפעת השפל הקיצוני על השוניות הייתה דומה. שונית חוף אלמוג, שנחשפה לזיהומים, לא הצליחה להתאושש מן הפגיעה, ואחוזי הגיוס ומגוון המינים בשונית זו ירדו פי שתיים. בשונית בטאבה שלא נחשפה לזיהום, היו תהליכי ההתיישבות מוצלחים יותר, וקצב התאוששות השונית מהיר יותר.

שלב הגיוס הינו קריטי להמשכיותה של שונית האלמוגים וזהו שלב רגיש ביותר להפרעות אנתרופוגניות. בשנים האחרונות נעשו מספר עבודות לבחינת שיעורי הגיוס בשוניות אילת בכדי להעריך את יכולת ההתאוששות של השונית. באמצעות בחינת שיעורי הגיוס באלמוגי אבן על גבי לוחות קראמיים נמצא כי בשונית חוף אלמוג שיעורי גיוס גבוהים יותר, וקצב ההתאוששות מהיר יותר לעומת אתרים בחוף הצפוני של אילת, הנתון יותר להפרעות אנתרופוגניות. כאשר בחנו את אחוז שיעור גיוס אלמוגי אבן על לוחות קראמיים באזורים גיאוגרפיים שונים נראה כי שיעור הגיוס באילת (0.8) נמוך לעומת מקומות אחרים (אוסטרליה 18-4 עד 193 אחוז). גם במקרה זה המספר הנמוך נובע בעיקר מהגיוס הנמוך בצפון המפרץ עקב השפעות אנתרופוגניות חוזרות ונשנות³⁹.

1.3.2 העשרה בנוטריינטים כתוצאה מהזרמת שפכים, מסופי הפוספט והחקלאות הימית

חלק ניכר ממי השפכים של אילת ועקבה מוזרם אל המפרץ לאחר טיפול ראשוני במתקני טיהור. מי השפכים מכילים תוצרי הדברה ודישון של תעשיות חקלאיות הכוללים רעלים שונים וכמויות גדולות של נוטריינטים. מסועי הפוספט של נמל אילת ונמל עקבה הם מקור נוסף להעשרת המפרץ בנוטריינטים כאשר כמויות גדולות של אבק פוספט נישא ברוח מהמסועים ומגיע אל המפרץ. החקלאות הימית שהתקיימה במפרץ עד לאחרונה תרמה את תרומתה להעשרת המפרץ בנוטריינטים בצורה של שרידי המזון וצואת הדגים אשר שקעו והתמוססו במי המפרץ. התוצאה של ההעשרה המלאכותית של המפרץ בנוטריינטים היא פריחה מאסיבית של אצות הניזונות מהנוטריינטים. האצות מכסות את שוניות האלמוגים וגורמות לדעיכתם. במקרים קיצוניים, העשרה מאסיבית בנוטריינטים יכולה לגרום לתהליך של אוטרופיקציה כאשר פריחת האצות המאסיבית גורמת להצטברות של אורגניזמים מפרקים המתקיימים מפירוקן של האצות בסוף חייהן. המפרקים גורמים לעלייה בצריכת החמצן ומביאים להיווצרות תנאים אנארוביים במים ולמוות מתנק של כל היצורים הימיים^{1,8}.

1.3.3 עבודות בניה, פיתוח ותיירות

עבודות פיתוח ותיירות לאורך חופי המפרץ מזרימים אל המפרץ סדימנטים (משקעים) בצורת סחף או אבק. גם פעילויות הנעשות בתוך המים, כולל פעילותם של צוללנים לא מיומנים, יכולה להביא להעלאתם של סדימנטים מתחתית המפרץ. הסדימנטים מתיישבים על האלמוגים ופוגעים

בפעילותם. לאלמוגים ישנה יכולת מוגבלת לסילוק סדימנטים באמצעות הפרשות ריר או שימוש בזרועות אך מעבר לרמה מסויימת של סדימנטציה לאלמוג אין דרך להתמודד והוא עלול למות. השפעה נוספת של הסדימנטציה היא העכרתם של המים והפחתה של כמות האור הזמין לתהליך הפוטוסינטזה הדרוש לקיום האלמוגים. עוד השפעה של הסדימנטציה היא כיסוי משטחים סלעיים בתחתית המפרץ בחול ומשקעים אשר אינם מאפשרים את התיישבותן של פלנולות והקמתן של מושבות אלמוגים חדשות. לפעילות תיירותית של סירות וצוללנים יכולה להיות השפעות נוספות על השוניית בהן פגיעה פיזית בשוניית, זיהום מפסולת המושלכת אל המים ועוד^{1,8}.

1.4 תעלת הימים והשפעות אפשריות על שוניית האלמוגים במפרץ אילת

תחנת השאיבה של תעלת הימים מתוכננת לקום בצפון המפרץ, בגבול ישראל-ירדן (איור 1). עד כה אין מידע על תחנת השאיבה, מלבד מיקומה וקצב השאיבה המוערך במעל-60 מ"ק לשנייה. גם עומק המים ממנו תתבצע השאיבה אינו ידוע, אך מסיבות הנדסיות סביר שמיקום השאיבה תתבצע מעומק רדוד יחסית. ניתן לחלק את ההשפעות האפשריות של הקמת תחנת השאיבה על מפרץ אילת ושוניית האלמוגים להשפעות כתוצאה מפעילות הקמת התחנה, והשפעות כתוצאה מהפעלתה.

1.4.1 השפעות אפשריות כתוצאה מהקמת התחנה

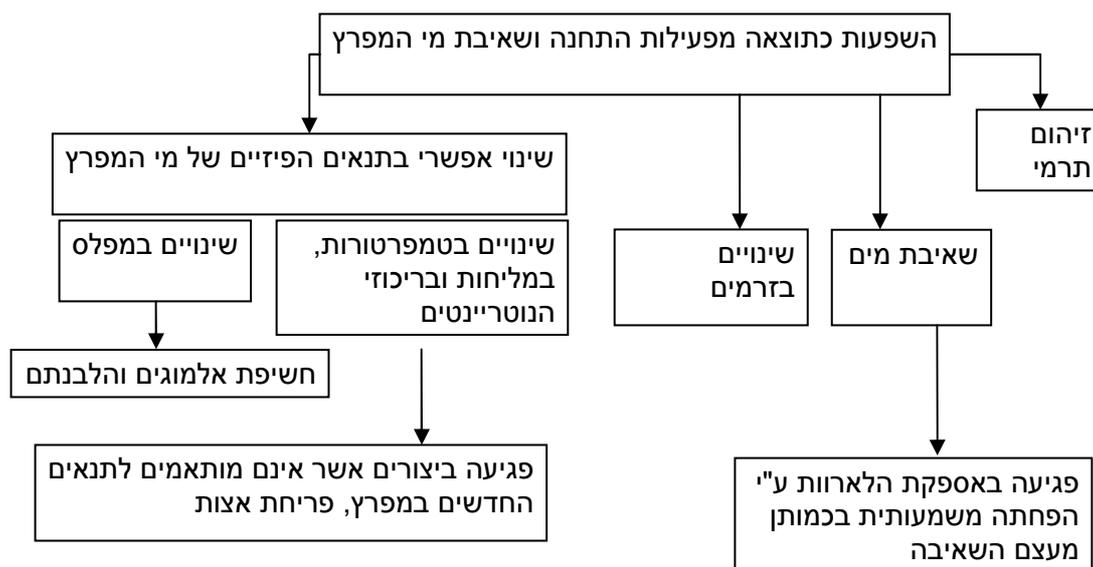
- פגיעה פיזית בבתי גידול באזור הקמתה של תחנת השאיבה
- זיהומי דלק ופסולת ממתקני הבנייה
- העלאת סדימנטים אשר יכסו את השוניית, יעכירו את המים ויצמצמו את האזורים הזמינים להתיישבות של פלנולות
- העלאת חומר אורגני שקוע (למשל מאיזור כלובי הדגים הקרוב לנקודת השאיבה) אשר יביא לפריחה של אצות

1.4.2 השפעות אפשריות כתוצאה מהפעלת התחנה/שאיבת מים מהמפרץ (איור 2)

- זיהום תרמי: במקרה שהפעלת התחנה תצריך את הקמתה של תחנת כח שתספק את האנרגיה הדרושה לשאיבה. שימוש במי הים לקירור הגנראטורים של תחנת הכח יכול להביא לעלייה של עד 4-5 מעלות צלזיוס בטמפרטורות מי הים באזור התחנה ולפגיעה הרסנית בשוניית¹.
- שינויים ברמות הטמפרטורה, מליחות וריכוז הנוטריינטים במפרץ: המים שישאבו עבור התעלה יוחלפו במים מים סוף באמצעות התגברות הזרימה התרמוהלינית. מי ים סוף חמים יותר, מלוחים פחות ובעלי ריכוז נוטריינטים שונה מהריכוז בצפון המפרץ, כך שישנו יסוד סביר להניח ששאיבה בקנה מידה גדול מספיק תשנה את הטמפרטורות, המליחות וריכוז הנוטריינטים של מי המפרץ. לשינויים אלה יכולה להיות השפעה על התהליכים הפיזיקליים במפרץ. ע"פ החישובים של מכון מחקר ירדני (The Royal Scientific Society) במחקר שמומן ע"י ארגון ידידי כדור הארץ המזרח התיכון, הטמפרטורה במפרץ בעקבות השאיבה תעלה בכמעלת צלזיוס אחת ומליחות המים במפרץ תרד בעשירית האחוז⁷.
- ירידה זמנית במפלס המים בצפון המפרץ: השאיבה מצפון המפרץ תגרום לירידה זמנית במפלס המים של צפון המפרץ עד אשר התגברות הזרימה התרמוהלינית תפצה על השאיבה ותחזיר את המפלס לרמתו הקודמת. בזמן שיקח למפלס להתאזן, חלקים משוניית האלמוגים

בצפון המפרץ יכולים להיחשף לאוויר ולשמש. ע"פ החישובים של מכון המחקר הירדני, ירידת המפלס הזמנית במפרץ בעקבות השאיבה יכולה להגיע לחצי מטר⁷.

- השאיבה יכולה להשפיע על דפוסי הזרימה המקומיים באזור צפון המפרץ. ע"פ חישובי מכון המחקר הירדני, השאיבה עבור תעלת הימים יכולה להשפיע על הזרימה באזור עד למרחק של 3 ק"מ מנקודת השאיבה, כאשר צורת השאיבה (שאיבה מצינור או שאיבה מתעלה) תקבע מה תהיה מידת ההשפעה של השאיבה על הזרימה⁷.
- פגיעה באספקת הלארוות בצפון המפרץ: דפוס הזרימה העיקרי במפרץ אילת הוא ממזרח למערב דרך צפון המפרץ (ראה סעיף 1.1.3). מאחר ותנועת הפלנקטון מושפעת בעיקר מזרמי היס (ראה סעיפים 1.2.3, 1.2.4) סביר ששאיבת מים מצפון המפרץ תגרע מביומסת הפלנקטון. במפרץ אילת אין מחסור בהולופלנקטון המשמש כחלק חשוב משרשרת המזון ולכן לא צפויה השפעה של שאיבה עבור תעלת הימים על כמותו (A. Abelson, personal communication). לכן, עבודה זו תתמקד במרופלנקטון, שגריעה ממנו תשפיע בוודאות על השוניית מאחר ואספקת הלארוות תיפגע.



איור 2: השפעות אפשריות כתוצאה מפעילות התחנה ושאיבת מי המפרץ.

1.5 קשיים צפויים במחקר

המחקר הנוכחי מציב בפנינו מספר "נעלמים":

א. מדובר בהפרעה עתידית, אופציונאלית, שאינה מוחשית. לעומת המאבק הציבורי האחרון בצפון מפרץ אילת להוצאת כלובי הדגים, במחקר זה קיים קושי כי הגורם הנידון עדיין אינו קיים. כלובי הדגים הוצאו ממפרץ אילת לאחר שנים של מאבק ציבורי ודיונים ממשלתיים. ממאבק ציבורי מוצלח זה ניתן ללמוד גם על חשיבותה של השוניית לציבור. ההחלטה הממשלתית להוצאת כלובי הדגים התקבלה לאחר מחקר מקיף ומעמיק שסקר את השפעת חוות הדגים על שוניית האלמוגים. הדו"ח שהוגש לממשלה הראה שישנו קשר בין הידרדרות מצבה של השוניית לכלובי

הדגים^{xliv}. המחקר שלפנינו מנסה לחזות את השפעת השאיבה לטובת תעלת הימים מבלי שיוכל להתבסס על מצב קיים.

ב. לא ניתן להשוות בין הפרוייקט הנוכחי לבין פרוייקטים דומים בעולם. במסמך שהפיץ הבנק העולמי^{xlv}, מצויין כי הפרוייקט אינו חסר תקדים וכי קיימים בעולם פרויקטים נוספים של הובלת מים בסדרי גודל דומים. להלן תסקיר קצר של הפרוייקטים המוזכרים במסמך של הבנק העולמי:

1. The Lesotho Highland Project, Lesotho

תוכנית להקמתם של מספר סכרים ותעלות להובלת מים באזור ההררי של לסוטו למטרות יצירת חשמל והובלה של מים מלסוטו לדרום אפריקה. מספר שלבים בתוכנית כבר מומשו^{xlvi}.

2. Sao Francisco River Water Transfer, Brazil

תוכנית להובלה מאסיבית של מים מנהר סאו פרנסיסקו, השלישי בגודלו בברזיל, לאזור הצחיח של צפון מזרח ברזיל במרחק של כ-700 ק"מ. הפרוייקט אושר ובנייתו עומדת להתחיל בקרוב למרות ההתנגדויות הרבות של ארגונים חברתיים וסביבתיים^{xlvii}.

3. Central Arizona Project, USA

תוכנית לבניית סכרים ותעלות להובלת מים מנהר הקולורדו לאזורים צחיחים במדינת אריזונה. הפרוייקט הושלם באמצע שנות ה-90^{xlviii}.

4. Wanjiashai Water Transfer Project, China

תוכנית להובלה מאסיבית של מים מממאגר מים שעל הנהר הצהוב אל ערים ואזורי תעשייה במרחק 285 ק"מ^{xlix}.

5. Ebro River Water Transfer, Spain

תוכנית להעברת 100 מיליארד ליטר של מים בשנה מאזור הדלתא של הנהר אברו לצורכי פיתוח וחקלאות של אזורים צחיחים בדרום ספרד. לאחר התנגדויות רבות לפרוייקט ולאחר שהתקיימו תסקירי השפעה על הסביבה, הפרוייקט הושהה ולאחר מכן אף בוטל בשנת 2004¹.

כפי שניתן לראות מהתסקיר, הדמיון העיקרי בין הפרוייקטים הללו לפרוייקט תעלת הימים (מעבר לכך שכל הפרוייקטים הינם בעלי השפעה סביבתית עצומה ובשל כך גם מעוררי מחלוקת) הוא בנושא הובלת המים ולא בנושא השאיבה של המים. בכל הפרוייקטים הללו, מדובר על הטייה של מים או שאיבה של מים מנהרות. בשום מקרה לא נמצא תקדים לפרוייקט בו מתבצעת או מתוכננת שאיבת מים כה מאסיבית ממפרץ צר ועשיר באלמוגים ודגה כפי שמתוכנן בפרוייקט תעלת הימים.

2. השערות המחקר

- המחקר הנוכחי יתמקד בשתי השפעות אפשריות של השאיבה עבור תעלת הימים:
- השאיבה עבור תעלת הימים עשויה לפגוע ביכולת האספקה של לארוות בצפון המפרץ ובקישוריות בין אוכלוסיות השונות בצפון המפרץ.
 - השאיבה עבור תעלת הימים עשויה להשפיע על הטמפרטורה, המליחות וריכוז הנוטריינטים של מי המפרץ.

3. מטרת המחקר

- בחינת מידת הקישוריות בין אוכלוסיות אלמוגים מייצגים ממערב וממזרח המפרץ.
- בחינת דפוסי התפוצה והריכוז של לארוות בצפון מפרץ אילת בכדי להראות כי רצועת המים הצמודה לחוף הצפוני של המפרץ הינה אזור בעל בעל חשיבות קריטית לאספקת הלארוות בצפון המפרץ ולקישוריות בין האוכלוסיות וחשוב כמות הלארוות שתישאב לשניה.
- פיתוח מודל לבחינת מידת ההשפעה של השאיבה עבור תעלת הימים על הטמפרטורה, המליחות וריכוז הנוטריינטים של מי המפרץ.
- פיתוח מודל לבחינת מידת ההשפעה של השאיבה עבור תעלת הימים על יכולת האספקה של לארוות ואופן הפיזור של לארוות בצפון המפרץ.

4. שיטות המחקר

4.1 בחינת הקישוריות בין אוכלוסיות אלמוגים מייצגים באמצעות סמנים גנטיים

כאמור, המחקר היחיד שבדק קונקטיביות באוכלוסיות אלמוגים במפרץ אילת נעשה שימוש ברצף ITS. עם זאת, השימוש בסמן גנטי זה זכה לביקורת רבה בשל הימצאות שונת גבוהה בין פרטים מאותה אוכלוסיה. אומנם לגבי *S. pistillata* הראו החוקרים כי השונות בתוך האוכלוסיה מסבירה רק 2% מכלל השונות ולכן במין אלמוג זה הסמן ITS מתאים להשוואה גנטית בין אוכלוסיות. אולם באלמוג הרך *Heteroxenia fuscescens* שנבדק גם כן לא נמצאה שונות גנטית בין אוכלוסיות שונות כולל דגימות מחצי האי סיני⁴¹. לכן אנו סבורים שיש לחפש סמן אחר, המתאים למגוון גדול של מיני אלמוגים, ויאפשר קבלת תוצאות אמינות לגבי מבנה האוכלוסייה בצפון מפרץ אילת. עם זאת, מאחר ותחנות הדיגום של המחקר לא כללו אתרים בירדן או במצרים ואין כוונה להרחיב את המחקר לתחנות נוספות (Zvuloni, personal communication) במחקר הנוכחי יערך בנוסף גם דיגום של פרטים מהמין *S. pistillata* ואנליזה גנטית באמצעות ITS, מכיוון שכך ניתן לקבל תוצאות מיידיות שמהיימנותם הוכחה, ולקבל תמונה (חלקית אומנם) של הקישוריות בין אוכלוסיות האלמוגים.

כמו כן ממחקר זה אנו למדים שישנה חשיבות רבה לדיגום פרטים צעירים בנוסף למושבות בוגרות, אם כי המחקר נערך בשישה אתרים ורק בשניים מתוכם נעשה דיגום של פרטים צעירים. בקרב המושבות הבוגרות נמצאה שונות גבוהה בין האוכלוסיות באתרים בחוף המערבי של אילת כמו כן חוף אלמוג לבין האוכלוסיות בחוף הצפוני. ללא דיגום הצעירים הייתה מתקבלת המסקנה כי ישנו קיטוע בקישוריות בין האתרים הצפוניים לבין האתרים הדרומיים בשטח ישראל, אולם במגוייסים הצעירים נמצאה שונות נמוכה בין האוכלוסיות כולן המעידה על קונקטיביות לארוולית גבוהה או מקור לארוות משותף. מסקנת החוקרים הייתה שהשונות בבוגרים היא תוצאה של הפרעה אנתרופוגנית מתמשכת הקיימת באתרים הצפוניים ומהווה גורם סלקטיבי בגללו רק פרטים (הפלוטיפים) בעלי התאמה גנטית שורדים, ולכן יש שונות גבוהה ביניהם ולא בגלל היות האוכלוסיה סגורה או העדר קונקטיביות. מקרה זה בו תנאים סביבה מקומיים יוצרים כוח סלקציה בשלבי החיים הראשוניים לגנוטיפים מסויימים הוא אחד מכמה מקרים יוצאים מן הכלל בהם השונות באוכלוסיות בוגרות אינה מעידה על קישוריות⁴¹. מכיוון

שלחץ סלקטיבי חזק יכול להסתיר את החתימה הגנטית של הקישוריות, המחקר הנוכחי יכול גם פרטים צעירים שרק התגייסו בנוסף לפרטים הבוגרים.

הדרישות מסמן גנטי הן רמה גבוהה של פולימורפיזם, שאינו מושפע מלחץ סלקטיבי ונותן שונות גבוהה בין אוכלוסיות אך לא בין פרטים^{li}. השיטות המקובלות כיום הן DNA ריבוזומלי, אלזוימים (Allozymes), DNA מיטוכונדריאלי ומיקרוסטליטים (Microsatellites) לכולן יתרונות וחסרונות⁵¹.

אלזוימים (Allozymes) הם תוצרי אללים שונים לגן מסוים, ההבדל בין האללים גורם לשינוי התנועה של האנזים בגיל אלקטרופורזה. בשונית המחוסם הגדולה באוסטרליה נבדקה השונית הגנטית באוכלוסיות תשעה אלמוגי אבן שכיחים, כמחציתם מסוג brooders והיתר מסוג broadcast spawners המייצגים טיפוסי לארוות שונים. העבודה שנעשתה בעזרת אלזוימים הוכיחה את יכולתה של השיטה לבדוק קישוריות, והראתה כי מידת הקישוריות לאורך מאות ק"מ אינה גבוהה כפי שסברו. ידוע כי אלזוימים בהיותם רצפים מקודדים וחיוניים עשויים להיות מאוד מושפעים מכוחות סלקציה⁵¹ ולכן אינם סמן מהימן מספיק להשוואה בין אוכלוסיות.

DNA ריבוזומלי כמו גם DNA מיטוכונדריאלי הן יחידות גנטיות בעלות מנגנון חלוקה עצמאי. DNA מיטוכונדריאלי הוא בעל שכיחות רקומבינציה נמוכה, הוא עוקב אחר שרשרת הורשה אימהית, מתאים לאנליזה פילוגנטית של אוכלוסיות בטווח זמן ארוך ופחות להשוואה גנטית בין אוכלוסיות⁵¹.

מיקרוסטליטים (Microsatellites) הינם אתרים של מספר חזרות על מוטיבים קצרים (Simple SSRs-Sequence Repeats) של 2-10 בסיסים, הם מהווים טביעת האצבעות של DNA ומשמשים בזיהוי פלילי ומחקר ביולוגי מגוון⁵¹. מחקר שבוצע בהצלחה רבה באזור דרום אפריקה באמצעות סמני מיקרוסטליטים באלמוג האבן השכיח *Pocillopora verrucosa* הוכיח כי הבנת נתיבי הקישוריות חיונית לשימור הסביבה הימית, במיוחד כאשר מוכח כי הקישוריות הירוולית חוצה גבולות מדיניים⁴². ישנם אתרי מיקרוסטליטים רבים והם בעלי פולימורפיות מאוד גבוהה, לרוב לא מקודדים ולכן מתאימים ביותר להשוואה גנטית בין אוכלוסיות אורגניזמים ימיים. בשנים האחרונות נעשו מספר עבודות לזיהוי מיקרוסטליטים באלמוגים המספקות את כל הכלים הדרושים לשימוש במיקרוסטליטים כסמנים הסטנדרטים באוכלוסיות אלמוגים⁴².

בשל המגוון הרב של אסטרטגיות רבייה, וסוגי פלנולות בין מיני אלמוגים⁹, ומגוון המינים העשיר במפרץ אילת⁸, בחינה של מין אחד אינה מספקת לשם הערכת הקישוריות בין אוכלוסיות האלמוגים בצפון המפרץ, אולם לא ניתן כמובן לעבוד עם כל או רוב מינים האלמוגים המצויים בסביבת אילת, ולכן מחקר זה יבדוק את השונית הגנטית בשישה מינים אלמוגים שכיחים ממפרץ אילת, בחמישה אלמוגי אבן ומין אחד של אלמוג רך (טבלה 1), בעלי דפוסי רבייה שונים⁸.

טבלה 1: מיני האלמוגים שנבחרו לעבודה הגנטית

שם המין	אסטרטגיית רבייה	הסמן הגנטי
<i>Stylophora pistillata</i>	brooder	ITS
<i>Alveopora daedalea</i>	brooder	Microsatellites
<i>Galaxea fascicularis</i>	brooder	Microsatellites
<i>Acropora humilis</i>	Spawner	Microsatellites
<i>Favia fava</i>	Spawner	Microsatellites
<i>Heteroxenia fuscescens</i>	brooder	Microsatellites

שלבי העבודה (עפ"י 42)

- א. בחירה ומיפוי תחנות דיגום בישראל, מצרים, ירדן ותחנה בערב הסעודית, במסגרת שיתוף פעולה עם גופי המחקר במדינות השכנות, כפי שיאפשר המצב הפוליטי הנתון.
- ב. איסוף פרטים בוגרים ומתגייסים צעירים ממושבות אלמוגים בכל תחנות הדיגום. חזרות בכל אתר יבוצעו במרחק של לפחות 3 מ' בין פרט לפרט למזער את השפעת הרבייה האלמינית.
- ג. הפרדה פיזית של ריקמת האלמוג ומיצוי DNA.
- ד. אמפליפיקציה של אתרי מיקרוסטיליטים באמצעות פריימרים יחודיים לאלמוגים, הידועים מעבודות קודמות.
- ה. הפרדת מקטעי המיקרוסטיליטים בג'ל ואנליזה של הבנדים שהתקבלו.
- ו. זיהוי המבנה וקיבעת מספר הגנוטיפים לכל אתרי המיקרוסטיליטים בכל הפרטים שנבדקו.
- ז. מציאת השונות הגנטית ע"י תוכנה לחישוב Pairwise F -statistics (F_{ST}) המותאמת לחישובים בתחום גנטיקה של אוכלוסיות.

4.2 בחינת דפוסי התפוצה של לארוות בצפון המפרץ באמצעות דיגום של לארוות

4.2.1 דיגום פלנקטון בצפון המפרץ ובמרכז

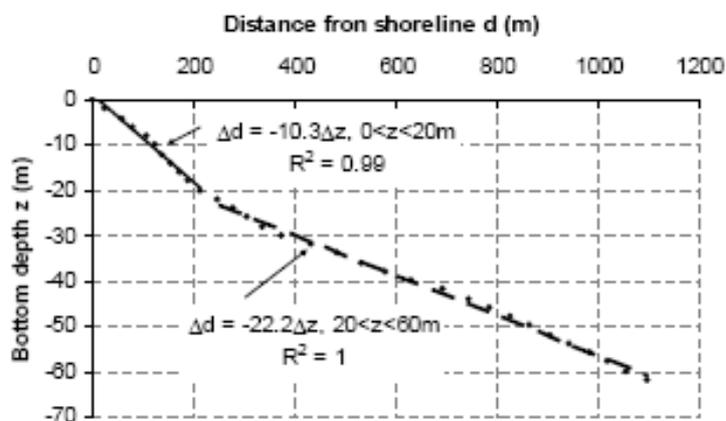
בכדי לבדוק אם צפון המפרץ חשוב לקישוריות בין שני צידיו יש לבדוק ריכוז מרופלנקטון בצפון המפרץ. הדיגום יתבצע באמצעות גרירה אופקית (במקביל לחוף) של רשת פלנקטון בעלת mesh size של $100\mu\text{m}$ ⁱⁱⁱ במרחקים שונים מהחוף אל עבר מרכז המפרץ (מהאזור המשוער של תחנת השאיבה), בעומקים משתנים (טבלה 2) עפ"י גרדיינט העומק מהחוף באזור השאיבה (ראה איור 3). בכל מרחק מהחוף, תתבצע גם גרירת רשת אנכית מהעומק המקסימלי על מנת לדגום את כל עמודת המים. הגרירות תעשנה בזמנים שונים (אמצע היום ולאחר השקיעה), בכל נקודה תהיינה שתי חזרות של גרירה ותחזורנה מספר פעמים בכל חודש בהתאם למחזור הירח¹⁹ ולאורך שנה. לרשת הפלנקטון יוצמד Flowmater על מנת לחשב את נפח המים שעברו דרך הרשת. (הערה: המרחקים מהחוף והעומקים השונים נבחרו אקראית. אין בספרות ניסויים דומים על מנת לבסס את קביעת המרחקים על סמך מידע מדעי קונקרטי)

טבלה 2: אזורי הדיגום המוצעים. כל עומק שתבצע בו דגימה מסומן ב-"x". מקומות שלא תבצע בהם דגימה מסונות ב "-" העומק המקסימאלי שממנו תבצע גרירת הרשת האנכית מסומן בקו שחור בולט.

עומק (מטר)	40	200	500	1000	2000	5000	מרחק מהחוף (מטר)
5	x	x	x	x	x	x	
10	-	x	x	x	x	x	
20	-	-	x	x	x	x	
30	-	-	x	x	x	x	
50	-	-	-	x	x	x	
70	-	-	-	-	x	x	
100	-	-	-	-	-	x	

על מנת לדגום פלנקטון אופקית בכל נקודה תיגרר הרשת במהירות של 1.5 קשר לאורך 5 דקות^{l.iii}. איסוף הדגימות מהרשת ייתבצע לאחר כל גרירה. על מנת לא לגרום נזק ללאריות יש להשרות את הדגימות במי ים מסוננים ולא בפורמלין כפי שמקובל בשמירת דגימות זואופלנקטון⁵². לאחר מכן יש לספור את הכמות הכללית שנדגמה, למיין את הפלנקטון למרופלנקטון וזואופלנקטון בעזרת dissecting microscope ולחלקם מורפולוגית ככל הניתן עפ"י משפחות. אנו ממליצים להשתמש בשיטות מולקולאריות לזיהוי מיני לאריות בדגימות במידה ויהיו זמינות בזמן תחילת העבודה. לדוגמה, חוקרים הצליחו לזהות 12 מיני Shellfish מסחריים מדגימות לאריות ע"י שיטת PCR-RFLP^{liv}.

איור 3: החתך ורטיקאלי של פרופיל העומק באזור המשוער⁷



4.2.2 חישובים

4.2.2.1 ריכוז מרופלנקטון כללי ולכל מין בעומקים שונים

ע"י מידע מה-flowmater ניתן לחשב את נפח המים שעברו דרך הרשת, כך ניתן למצוא את ריכוז כלל הזואופלנקטון והמרופלנקטון ל- m^3 וכן ניתן יהיה לחשב אחוז מרופלנקטון מכלל זואופלנקטון ל- m^3 . התוצאה אמורה לתת תמונת התפרסות המרופלנקטון לאורך עמודת המים בשעות שונות ובעונות שונות של השנה. מידע זה יכול להיות יעיל, באם תוקם תחנת השאיבה, על מנת להמליץ על זמן שאיבה ועומק שאיבה אופטימאליים. כמו כן, העומק המירבי שבו נמצא לארוות (מעל לריכוז סף מסויים) ישמש במודל לתיאור פיזור הלארוות (ראה פרק 4.4). חישוב אחוז מרופלנקטון לפי מין יחושב ע"י חלוקת מספר המרופלנקטון ל- m^3 ממין מסויים במספר הכולל של המרופלנקטון ל- m^3 שנמצאו באותו העומק. התוצאה יכול לפרוש תמונה של תפוצת מין מסויים של מרופלנקטון בעמודת המים ובמרחק מסויים מהחוף.

4.2.2.2 ריכוז בכל עמודת המים במרחקים שונים מהחוף

החישוב יתבצע על הדוגמאות שנאספו לאחר הגריפה אנכית של רשת הפלנקטון. ריכוז מרופלנקטון ל- m^3 יחושב כפי שמפורט בסעיף 4.2.2.1. התוצאה תראה אם ישנה כמות גדולה של מרופלנקטון בצפון המפרץ יחסית למרכזו ובכך תוכח חשיבות צפון המפרץ לקישוריות.

4.2.2.3 חישוב כמות מרופלנקטון שתישאב לשניית שאיבה

ניתן להניח שכל שניה יישאבו מעל $60m^3$ של מי ים מצפון מפרץ אילת. בעזרת מידע מה-flowmeter שנקבל לאחר כל גרירת רשת נוכל לחשב ריכוז מרופלנקטון באזור בשאיבה. ע"י הכפלת הנתונים הנ"ל תחושב כמות משוערת של מרופלנקטון שתישאב לשניית שאיבה.

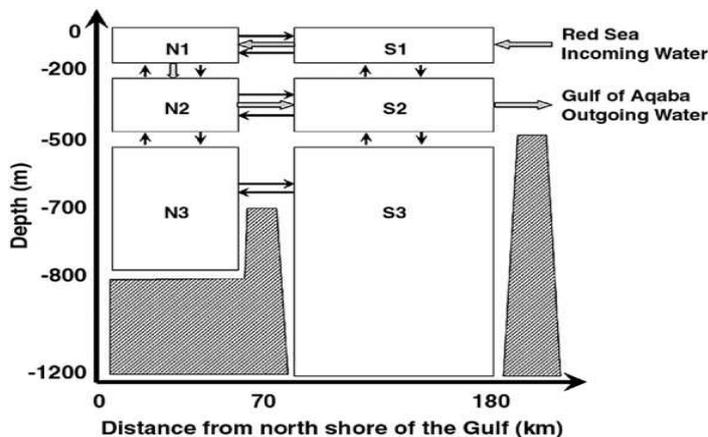
4.3 מודל לבחינת השפעת השאיבה על הטמפרטורה, המליחות וריכוז

הנוטריינטים של מי המפרץ

אנו מציעים להשתמש במודל קיים אשר יותאם לצרכינו. המודל בו אנו רוצים להשתמש הוא מודל של סילברמן וגילדור³ אשר נועד לבחון את ההשפעה של שינויים בזרם התרמוהליני בין ים סוף למפרץ אילת על התנאים הפיסיים במפרץ. המודל בוחן מספר השערות פתוחות בנוגע לזרם התרמוהליני. השערה אחת היא שהשטפים של הזרם התרמוהליני אינם קבועים אלא משתנים לאורך עונות השנה, כאשר בחודשי בחורף השטפים גדולים פי שלוש או ארבע מהשטפים בחודשי הקיץ. השערה שניה היא שישנו הבדל בזרימה בקיץ כאשר לאורך מרבית השנה הזרם התרמוהליני נכנס אל המפרץ דרך שכבת המים העליונה (עד 200 מטר) ויוצא דרך שכבת המים האמצעית (200 עד 500 מטר) ואילו בחודשי הקיץ, כתוצאה מהנתק שנוצר בין השכבות בשל תופעת השיכוב של עמודת המים, הזרם התרמוהליני נכנס ויוצא דרך שכבת המים העליונה. השערה שלישית היא שאחת לחמש שנים בממוצע, טמפרטורות מי ים סוף, הנכנסים אל תוך המפרץ עם הזרם התרמוהליני, יורדות בכ-2 מעלות צלזיוס מרמתם בשנה רגילה (אולי כתוצאה מארוע אקלימי חריג כמו התפרצות הר געש גדול) מה שגורם לערבוב עמוק יותר של שכבות המים במפרץ בתחילת החורף של אותה שנה. המודל מחלק את המפרץ לשש קופסאות (ראה איור להלן): שלוש קופסאות עומק לצפון המפרץ (שכבת מים עליונה, אמצעית ותחתונה) ושלוש קופסאות עומק לדרום המפרץ. הזרימה בין

הקופסאות מורכבת מהזרימה התרמוהלינית מדרום לצפון ובחזרה, מזרימה אנכית בין קופסאות העומק השונות המייצגת ערבוב הנוצר מתופעות של דיפוזיה וקונבקציה (בשל הפרשי מליחויות וטמפרטורות בין השכבות) ומזרימה אופקית בין קופסאות מאותה שכבת עומק המייצגת זרמי גאות ושפל וזרמים סיבוביים שמקורם ברוחות. כל הזרמים האלה מיוצגים במערכת משוואות דיפרנציאליות המתארות את שיעור השינוי בטמפרטורות, מליחות וריכוז הפוספט בכל אחת מהקופסאות לאורך הזמן. המודל מקבל כקלט את הנתונים הבאים:

- גודל השטף של הזרם התרמוהליני לאורך חודשי השנה
- טמפרטורה, מליחות וריכוז הפוספט של מי הים האדום הנכנסים למפרץ לאורך חודשי השנה
- נתונים ממדידות מטרולוגיות הקובעים את עוצמת האיידוי מהשכבות העליונות לאורך השנה
- קצבי הערבוב האופקי והאנכי בין הקופסאות



איור 4: חלוקת מפרץ אילת לקופסאות השונות במודל של סילברמן וגילדור. החיצים האפורים מתארים את הזרימה התרמוהלינית. החיצים השחורים מתארים את הערבוב האופקי והאנכי בין הקופסאות.

המודל הורץ במספר תצורות שונות בכדי לבדוק עבור איזו תצורה מתקבלות תוצאות הדומות ביותר לערכי הטמפרטורות והמליחות שנמדדו במפרץ במציאות, ונמצא שהתצורה המספקת את התוצאות המדויקות ביותר היא התצורה הכוללת את כל שלושת ההשערות שאוזכרו למעלה כלומר: שטפים משתנים בין החורף לקיץ, דפוס זרימה שונה בקיץ העובר רק דרך שכבת המים העליונה וירידה מחזורית כל 5 שנים בטמפרטורות מי ים סוף הזורמים אל המפרץ. אנו מציעים להשתמש במודל בתצורה הזו לאחר שנוסיף לו את אלמנט השאיבה. כל שנצטרך לעשות לשם כך הוא להוסיף למשוואות של המודל את שאיבת המים מצד אחד ואת הגברת הזרימה התרמוהלינית הנכנסת אל המפרץ מן הצד השני. השאיבה תתבטא בהחסרת המים שאמורים להילקח בשאיבה (60 מ"ק בשניה) מהקופסא העליונה של צפון המפרץ. הגברת הזרימה התרמוהלינית תתבטא בהוספת כמות מים לזו שנלקחת בשאיבה למי ים סוף הנכנסים אל הקופסא העליונה של דרום המפרץ.

לשם המחשה, נדגים את השינוי הזה על אחת המשוואות של המודל המתארת את השינוי בטמפרטורות בזמן בקופסא הצפונית העליונה. המשוואה הזו נראית כך:

$$V_{N1} \cdot \frac{dT_{N1}}{dt} = \Delta T_{HF-N1} + k_{v1} \cdot A_{H-N} \cdot (T_{N2} - T_{N1}) + k_{H1} \cdot A_{v-1} \cdot (T_{S1} - T_{N1}) + (Q_{T-H} - E_{S1}) \cdot T_{S1} - (Q_{T-H} - E_{S1} - E_{N1}) \cdot T_{N1}$$

המשוואה מתארת למעשה את מאזן החום של הקופסא הצפונית העליונה בכל יחידת זמן ע"י פירוט שטפי החום שנוספו או אבדו לקופסא. הרכיב הראשון בצד ימין של המשוואה (AT_{HF-NI}) הוא שטף החום המועבר בין הקופסא לאטמוספירה. הרכיבים השני ($k_{v1} \cdot A_{H-N} \cdot (T_{N2} - T_{NI})$) והשלישי ($k_{h1} \cdot A_{v-1} \cdot (T_{SI} - T_{NI})$) הם שטפי החום המועברים בין הקופסא הצפונית העליונה והקופסא הצפונית האמצעית ובין הקופסא הצפונית העליונה והקופסא הדרומית העליונה בשל הערבוב האנכי והאופקי בהתאמה. הרכיב הרביעי ($(Q_{T-H} - E_{SI}) \cdot T_{SI}$) הוא שטף החום שנכנס לקופסא ביחד עם מים מהזרם התרמוהליני שנכנסו לקופסא, והרכיב החמישי ($(Q_{T-H} - E_{SI} - E_{NI}) \cdot T_{NI}$) הוא שטף החום שיצא מהקופסא ביחד עם מים מהזרם התרמוהליני שיצאו מהקופסא (Q_{T-H}) הוא השטף של הזרם התרמוהליני הנכנס אל המפרץ, ו- E_{NI} הם שטפי המים שאבדו מהקופסא הדרומית העליונה והקופסא הצפונית העליונה, בהתאמה, כתוצאה מאידוי).

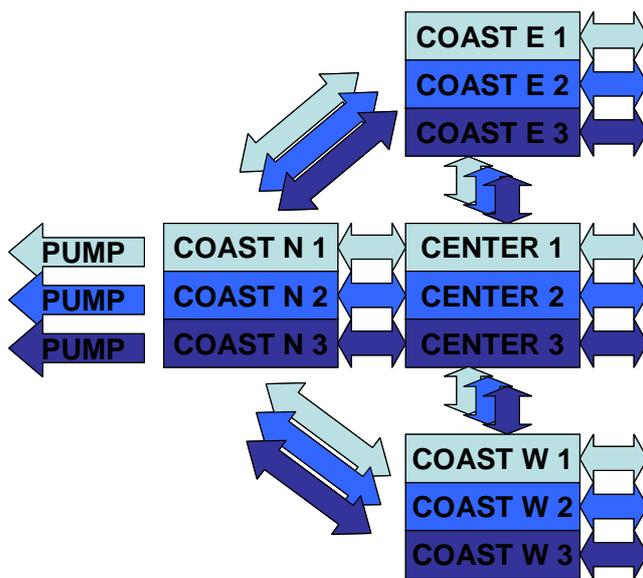
אנחנו נוסף למשוואה את אפקט השאיבה בעזרת פרמטר נוסף - Q_{RD} - שטף המים שנלקח בשאיבה, שיתווסף לשטף המים האובד כתוצאה מאידוי המקופסא הצפונית - E_{NI} , ולשטף התרמוהליני הנכנס אל המפרץ - Q_{T-H} . לאחר הכנסת השינוי למשוואה נקבל בסופו של דבר את אותה המשוואה עם רכיב חדש נוסף - $Q_{RD} \cdot T_{SI}$, כלומר הטמפרטורה בקופסא העליונה של צפון המפרץ תהיה מושפעת יותר, במידה מסויימת, מהטמפרטורה בקופסא העליונה של דרום המפרץ. כמובן שבחינה של משוואת החום עבור הקופסא הדרומית העליונה היתה מראה שהטמפרטורה בקופסא זו תהיה מושפעת יותר מטמפרטורות מי ים סוף הנכנסים אל המפרץ, כך שבאופן עקיף הטמפרטורות בצפון המפרץ גם הם יושפעו יותר מטמפרטורת המים של מי ים סוף. באמצעות טיפול זה בכל יתר המשוואות נקבל מערכת משוואות חדשה הכוללת בתוכה גם את אפקט השאיבה. אם נריץ את הסימולציה לאחר השינויים ונשווה לתוצאות הסימולציה לפני השינויים נוכל לבדוק איזו מידה של השפעה יש לשאיבה על רמות הטמפרטורה, מליחות וריכוז הפוספטים בכל אחת מהקופסאות. המודל הקיים בוחן שינויים בריכוז של פוספט. בכדי לבחון שינויים בריכוז של נוטריינטים אחרים ניתן להשתמש באותה מערכת משוואות לאחר התאמת נתוני הקלט לגבי ריכוז הנוטריינט המבוקש במי ים סוף, ובחירת קצב שקיעה וקצב מיחזור (שתי פרמטרים מהמשוואות של ריכוז הפוספט) המתאימים לנוטריינט המבוקש.

4.4 מודל לבחינת השפעת השאיבה על יכולת האספקה של לארוות ואופן הפיזור

של לארוות בצפון המפרץ

בכדי לבחון את השפעת השאיבה על יכולת האספקה של לארוות בצפון המפרץ אנו מציעים מודל הבנוי על קונספט זהה למודל הקופסאות מהסעיף הקודם. גם במודל הזה נשתמש בחלוקה מרחבית לקופסאות רק שהפעם מוקד ההתעניינות יהיה צפון המפרץ ושכבת העומק שבה קיימת פעילות של לארוות. ע"פ הערכות המומחים (דוד זכאי ומשה קיפלאווי, מידע בע"פ) העומק שאליו מגיעות הלארוות הוא בין 30 ל-80 מטר (ישנו הבדל בין לארוות של אלמוגים ללארוות של דגי השוניית). מכיוון שמדובר בהערכות בלבד המודל יתבסס על תוצאות הדיגום (סעיף 4.3). את המרחב של צפון המפרץ (האזור הצפוני במודל של סילברמן וגילדור, 70 ק"מ מהנקודה הצפונית

ביותר במפרץ עד אזור נואיבה) נחלק לארבע קופסאות: קופסת חוף מזרחית, קופסת חוף צפונית, קופסת חוף מערבית וקופסא מרכזית. את הגבול בין קופסאות החוף לקופסא המרכזית נקבע לפי המבנה הבתומטרי של המפרץ כך שהגבול יעבור בקו שבו באופן ממוצע העומק במפרץ מגיע לעומק המירבי של פעילות הלארוות. כל אחת מהקופסאות המרכזיות תחולק לשלש שכבות עומק, כפי שנעשה במחקרים של מדידות זרמים באמצעות מכשירי ADCP (ראה סעיף 1.1.4): שכבת מים עליונה (עד 4 מ'), שכבת מים אמצעית (עד 15 מטר) ושכבת מים תחתונה (עד העומק המקסימלי של פעילות הלארוות).



איור 5: חלוקת המפרץ לקופסאות במודל לתיאור ההפצה של לארוות במפרץ. החיצים מתארים את אפשרויות המעבר של הלארוות בין הקופסאות השונות בהתאם לזרמים בין הקופסאות. הצבעים השונים מייצגים את החלוקה לשכבות המים השונות.

אנו נפתח מערכת משוואות המתארת את שיעור השינוי ברמות הריכוז של לארוות בכל אחת מהקופסאות לאורך הזמן. אחת מהנחות המודל תהיה שהלארוות פרושות באופן אחיד בכל קופסא. הלארוות במודל ייוצרו בקופסאות החוף, היכן שמצויות שוניות האלמוגים. לארוות מכל הקופסאות יוסרו בקצב אחיד כך שאורך החיים של הלארוות במודל יתאים למשך הזמן הממוצע שבו לארוות נעות במפרץ לפני שהם מתיישבות (במקרה של לארוות של אלמוגים), מתבגרות (במקרה של לארוות של דגים) או מתות (ראה סעיף 1.2.4). ככל הידוע (סעיף 1.2.3), יכולת התנועה העצמית האופקית של הלארוות הינה מוגבלת ביותר, כך שתנועת הלארוות בכיוון האופקי מושפעת בעיקר מזרמי הים. גם במודל, המעבר האופקי של לארוות בין הקופסאות יחושב ע"פ הידוע לנו על הזרמים המקשרים בין הקופסאות השונות. אנו נשתמש במידע שנרכש ממדידות הזרמים לאורך החופים של מזרח, מערב וצפון המפרץ. עבור כל אחת משכבות העומק, הרכיב של הזרם לאורך החוף ישמש לתיאור הזרימה בין קופסאות החוף והרכיב של הזרם הניצב לחוף ישמש לתיאור הזרימה בין קופסת החוף לקופסא המרכזית. דפוסי הזרימה האופקיות בין הקופסאות ישתנו עם הזמן בהתאם לתוצאות המדידות המתארות את הזרימה בנקודות זמן שונות בשנה. התנועה האנכית של לארוות בין שכבות העומק השונות תלויה הן ביכולת התנועה העצמית שלהן והן בזרימה בין שכבות המים המאופיינת ע"י תופעות השיכוב והעירבול (סעיף 1.1.3). אנו נמדל את הערבוב האנכי של לארוות בין שכבות העומק באמצעות קצב ערבוב קבוע

לכל הקופסאות (כפי שנעשה במודל של סילברמן וגילדור) אשר יהיה חלש בקיץ בזמן השיכוב של שכבות המים ויתחזק בחורף בזמן העירבול של שכבות המים. את השאיבה נמדל באמצעות החסרה של לארוות משכבת עומק כלשהיא של קופסת החוף הצפונית כך שכמות הלארוות שתוחסר בשניה תהיה שווה לכמות המים הנשאבים בשניה כפול ריכוז הלארוות בקופסא באותו הזמן. מכיוון שאיננו יודעים מאיזו עומק מתוכננת השאיבה להתבצע, אנחנו נריץ את המודל מספר פעמים, כאשר בכל פעם השאיבה תתבצע משכבת עומק אחרת.

לסיכום, אלה הפרמטרים אשר המודל שלנו יקבל כקלט:

- העומק המירבי אליו הלארוות מגיעות
- קצב הייצור של לארוות (אולי שונה בכל קופסת חוף)
- אורך החיים הממוצע של לארוות עד להתיישבות/התבגרות/מוות
- דפוסי הזרימה האופקיים בין הקופסאות השונות לאורך השנה
- קצב הערבוב האנכי לאורך השנה
- קצב השאיבה ושכבת העומק ממנה תתבצע השאיבה

לגבי קצב הייצור של לארוות, ישנה בעייתיות מאד גדולה למדוד או אפילו להעריך את הפרמטר הזה. ניתן אולי לנסות להעריך את הפרמטר הזה באמצעות הערכה של מספר מושבות האלמוגים המצויים בקופסת חוף מסוימת והערכה של מספר הלארוות המיוצרות במושבת אלמוגים אחת. כמובן שהערכה זו תהיה פרועה ביותר אך נוכל להתמודד עם הבעיות הזו ע"י נקיטה בשתי אמצעים מקובלים בשימוש במודלים. אמצעי אחד הוא לדאוג שתוצאות המודל ינתנו בצורה איכותית ולא בצורה של מספרים אבסולוטיים כך שלא משנה ממש מהו קצב הייצור האמיתי של הלארוות אנחנו נוכל להגיד איזה אחוז מכלל הלארוות המיוצרות השאיבה תיקח. האמצעי השני שבו נוכל לנקוט הוא מה שנקרא בדיקת רגישות (Sensitivity Analysis) של המודל לערכים שונים של קצבי ייצור של לארוות. כלומר אנחנו נריץ את המודל עם ערכים שונים של קצבי ייצור של לארוות ונבדוק כיצד תוצאות המודל משתנות בהתאם לשינויים בפרמטר כך שנוכל להעריך עד כמה המודל רגיש לשינויים בפרמטר הזה, ונוכל גם לומר לכל טווח ערכים של הפרמטר מה יהיו התוצאות על פי המודל.

בסופו של דבר, תוצאות המודל יהיו אחוז הלארוות שיגרעו ע"י השאיבה מתוך כלל הלארוות שיווצרו בצפון המפרץ וכן ריכוזי הלארוות בכל אחת מהקופסאות עם השאיבה וללא השאיבה. תוצאות אלו יאפשרו לנו להעריך באיזו מידה יכולה השאיבה להשפיע על יכולת האספקה של לארוות ועל אופן הפיזור שלהם בצפון המפרץ.

5. מסקנות והמלצות

במחקר הנוכחי בחרנו להתמקד בהשפעת השאיבה על התנאים הפיסיקליים במפרץ ועל אספקת הלארוות בצפון המפרץ אילת. תיתכנה השפעות נוספות, שחלקן ציינו במסגרת עבודה זו וחלקן לא ניתן לחזות כלל. אנו ממליצים לתכנן מחקרים נוספים שיבדקו את ההשפעות הנוספות שלא נבחנו במסגרת עבודה זו.

בשל מורכבותה ורגישותה של המערכת האקולוגית בשונית האלמוגים קשה להעריך במדויק את ההשפעה של פרויקט בסדר גודל כמו השאיבה לתעלת הימים. מרבית המומחים איתם התייעצנו

סברו שתהיה השפעה שלילית של השאיבה על התנאים הפיסיים ועל המערכת האקולוגית בצפון מפרץ אילת. אולם, גם אם המחקר יבדוק את כל ההשפעות אותם אנו צופים הרי שעדיין ברור כי תיתכנה תופעות שלא ניתן לחזות, וההשפעה תהיה ארוכת טווח ומורכבת הרבה יותר ממה שניתן להעריך כיום, וגם לאחר ביצוע מחקר זה.

שונית האלמוגים היא אחת הסביבות המורכבות והמגוונות ביותר בעולם, ובאילת נמצאת השונית הצפונית ביותר בעולם. בעשרות השנים האחרונות סובלת השונית מהפרעות אנתרופוגניות רבות ורק כעת ישנם סימנים לשיפור, במיוחד לאחר הוצאת כלובי הדגים ממפרץ אילת. אספקת הלאריות חיונית לקיומה של השונית, וללא אספקת לאריות סדירה לא תוכל השונית להתאושש מהשפעות הזיהום, ומאמצי השימור יהיו לשווא. תהליכי הרבייה, נדידת הלאריות ותהליך הגיוס נחקר במשך שנים רבות אך עדיין רב הנסתר על הגלוי. לכן, גם אם לא ניתן לקבוע בוודאות כי השאיבה תפגע בשטף הלאריות הרי ראוי שיינקט עקרון הזהירות המונעת, ביחס לתהליך ביולוגי מורכב ועדין כל כך.

באם יצא הפרויקט אל הפועל אנו ממליצים להשתמש בתוצאות המחקר הנוכחי לצורך תיכנון המיקום של השאיבה וזמני השאיבה, כדי שהשאיבה לא תהיה רצופה, אלא תותאם לתנועת המרוקפלקטון בצפון המפרץ. בנוסף, אנו ממליצים שהפרויקט, במידה ויוקם, יבנה בשלבים, לאורך מספר שנים, וקצב השאיבה לא יהיה מקסימאלי מההתחלה. מומלץ לקיים במקביל עבודות ניטור על מצבה של השונית והשינויים בתנאים הפיסיקליים, ולהתנות את המשך הפרויקט בתוצאות הניטור.

- ¹ יוסי לוייה ורמי קליין, שוניית האלמוגים, משרד הבטחון/אוניברסיטת תל-אביב, 1994
- ¹ A. Genin, B. Lazar and S. Brenner, Vertical mixing and coral death in the Red Sea following the eruption of Mount Pinatubo, *Nature* 377 (2002) 507 – 510.
- ¹ J. Silverman and H. Gildor, The residence time of an active versus a passive tracer in the Gulf of Aqaba: A box model approach, *Journal of Marine Systems* 71 (2008) 159–170.
- ¹ T. Berman, N. Paldor and S. Brenner, Simulation of wind-driven circulation in the Gulf of Eilat-Aqaba, *Journal of Marine Systems* 26 (2000) 349–365.
- ¹ R. S. Manasrah, F. A. Al-Horani, M.Y. Rasheed, et al., Patterns of summer vertical and horizontal currents in coastal waters of the northern Gulf of Aqaba, Red Sea, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69 (2006) 567-579.
- ¹ A. Genin and N. Paldor, Changes in the circulation and current spectrum near the tip of the narrow, seasonally mixed gulf of Eilat, *Israeli Journal Earth Science* 47 (1998) 87-92.
- ¹ Final report, red sea - dead sea conduit, Marine Environment Component Study, The Royal Scientific Society / Environmental Research Centre, FoEME (2007).
- ¹ Y. Loya., The coral reefs of Eilat – past, present and future: three decades of coral community structure studies. In: Rosenberg, H., Loya, Y. (Eds.), *Coral Reef Health and Disease* (2004) p. 400, Springer-Verlag, Berlin.
- ¹ R. H. Richmond and C. L. Hunter, Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific and the Red Sea, *Marine Ecology Progress Series* 60 (1990) 185-203.
- ¹ T. Fenchel, Marine Plankton Food Chains, *Annual Review Ecology Systems* 19 (1988) 19-38.
- ¹ R. Bainbridge, Migrations. In: Watermen. N.Y. (Ed), *the Physiology of Crustacea* 7 (1961) 431-463, By T.H.: Academic Press.
- ¹ K. Banse, On the vertical distribution of zooplankton in the sea, *Progress Oceanography* 2 (1964) 53-125.
- ¹ R. Vaissier and G. Seguin, Initial observations of the zooplankton micro distribution on the fringing coral reef at Aqaba (Jordan), *Marine Biology* 83 (1984) 1-11.
- ¹ N. Marshall, Detritus over the reef and its potential contribution to adjacent waters of Eniwatok Atoll, *Ecology* 46 (1965) 343-344.
- ¹ J. F. Haney, Diel patterns of zooplankton behavior, *Bulletin of Marine biology Stn Asamushi* 43(3) (1988) 583-603.
- ¹ M. Z. Giliwicz and J. Pijanowska, Effect of predation and resource depth distribution on vertical migration of zooplankton, *Bulletin of Marine biology Stn Asamushi* 43:3 (1988) 695-709.
- ¹ B. W. Frost. Variability and possible adaptive significance to diel vertical migration of *Calanus pacificus*, a planktonic marine copepod *Bulletin of Marine biology Stn Asamushi* 43: 3 (1988) 675-694.
- ¹ M. D. Ohman, Behavioral responses of zooplankton to predation, *Bulletin of marine Science* 43 (1988) 530-550.
- ¹ V. Farstey, B. Lazar and A. Genin, Expansion and homogeneity of the vertical distribution of zooplankton in a very deep mixed layer, *Marine Ecology Progress Series* 238 (2002) 91-100.
- ¹ A. Genin, J. S. Jaffe, R. Reef, et al., Swimming against the flow: a mechanism of zooplankton aggregation, *Science* 308 (2005) 860-862.
- ¹ T. J. Cowles, R. A. Desiderio and M. E. Carr, Small- Scale planktonic structure: Persistence and trophic consequences, *Oceanography* 11:1 (1998) 4-9.
- ¹ P. J. S. Franks, Sink or swim: accumulation of biomass at fronts. *Marine Ecology Progress Series* 82 (2002) 1-12.

- ¹ A. L. Shanks, J. Largier, L. Brink, et al., Demonstration of the onshore transport of larval invertebrates by the shoreward movement of an upwelling front, *Limnology and Oceanography* 45:1(2000) 230-236.
- ¹ U. Sommer, U.G. Berninger, R. Böttger-Schnack, et al., Grazing during early spring in the Gulf of Aqaba and the northern Red Sea, *Marine Ecology Progress Series* 239 (2002) 251–261.
- ¹ T. Echelman and L. Fishelson, Surface zooplankton dynamics and community structure in the Gulf of Aqaba (Eilat), *Red Sea Marine Biology* 107 (1990) 179-190.
- ¹ S. Cornils, B. Schnack-Schiel, T. Al-Najjar, et al., The seasonal cycle of the epipelagic mesozooplankton in the northern Gulf of Aqaba (Red Sea), *Journal of Marine Systems* 68 (2007) 278-292.
- ¹ P. Sale, D. McWilliams and D. Anderson, Faunal relationships among near-reef zooplankton at 3 locations on Heron Reef, Great Barrier Reef, and seasonal changes, *Marine Biology* 49 (1978) 133-145.
- ¹ S. Richman, Y. Loya and L. Slobodkin, The rate of mucus production by corals and its assimilation by the coral reef copepod *Acartia negligens*. *Limnology and Oceanography* 20 (1975) 918-923.
- ¹ D. O'Brien and D. Ritz, Escape responses of gregarious mysids (Crustacea, Mysidacea): towards general classification of escape responses in aggregated crustaceans, *Journal of experimental marine biology and ecology* 116 (1998) 257-272.
- ¹ M. T. Khalil and N. S. A El-Rahman, Abundance and diversity of surface zooplankton in the Gulf of Aqaba, Red Sea, Egypt, *Journal of Plankton Research* 19 (1997) 927-936.
- ¹ S. R. Palumbi, Population Genetics, Demographic connectivity, and the Design of Marine Reserves, *Ecological Applications*, 13: 1(2003) S146–S158.
- ¹ C. M. Roberts, Connectivity and Management of Caribbean Coral Reefs, *Science* 278 (1997).
- ¹ L. A. Levin, Recent progress in understanding larval dispersal: new directions and digressions, *Integrative and Comparative Biology* 46:3 (2006) 282–297.
- ¹ R. Ben - David - Zaslav and Y. Benayahu, Competence and longevity in planulae of several species of soft corals, *Marine Ecology Progress Series* (1998).
- ¹ B.P. Kinlan and S.D. Gaines, Propagule dispersal in marine and terrestrial environments: a community perspective, *Ecology* 84 (2003) 2007–2020.
- ¹ B. J. Becker, Lisa A. Levin, F. Joel Fodrie, and Pat A. McMillan, Complex larval connectivity patterns among marine invertebrate populations, *PNAS* 104:9 (2007), 3267–3272.
- ¹ R. K. Cowen, K. M. Lwiza, S. Sponaugle, et al., Connectivity of Marine Populations: Open or Closed?, *Science* 287: 5454 (2000) 857 – 859.
- ¹ M.J. Kingsford, J.M. Leis, A. Shanks, et al., Sensory environments, larval abilities and local self recruitment, *Bulletin of Marine Science* 70 (2002) 309–340.
- ¹ A. Abelson, R. Olinky and S. Gaines, Coral recruitment to the reefs of Eilat, Red Sea: temporal and spatial variation, and possible effects of anthropogenic disturbances, *Marine Pollution Bulletin* 50 (2005) 576–582.
- ¹ O. Ben-Tzvi, M. Kiflawi, S. D. Gaines et al., Tracking recruitment pathways of *Chromis viridis* in the Gulf of Aqaba using otolith chemistry, *Marine Ecology Progress Series* 359 (2008) 229–238.
- ¹ A. Zvuloni, O. Mokady, M. Al-Zibdah, et al., Local scale genetic structure in coral populations: A signature of selection, *Marine Pollution Bulletin* 56 (2008) 430–438.
- ¹ T. Ridgway, C. Riginos, J. Davis et al., Genetic connectivity patterns of *Pocillopora verrucosa* in southern African Marine Protected Areas, *Marine Ecology Progress Series* 354 (2008) 161–168.
- ¹ D. J. Ayre and T. P. Hughes, Genotypic Diversity and Gene Flow in Brooding and Spawning Corals along the Great Barrier Reef, Australia, *Evolution*, 54:5 (2000)1590–1605.

¹ השפעת חוות הדגים על מי מפרץ אילת ועל שוניות האלמוגים, נייר עמדה, המשרד לאיכות הסביבה, רשות הטבע והגנים (2004).

¹ The World Bank, Red Sea – Dead Sea Water Conveyance Concept Feasibility Study and Environmental and Social Assessment (2007).

¹ Lesotho Highlands Water Project website, www.lhwp.org.ls

¹ C. Tortajada, Human Development Report, Sao Francisco Water Transfer (2006).

¹ Central Arizona Project website, www.usbr.gov/dataweb/html/crbpcap.html

11.3 ¹ X. Qingtao, G. Xinan and H. F. Ludwig, *The Wanjiashai water transfer project, china: an environmental integrated water transfer system*, *The Environmentalist* 19 (1999).

¹ C. Tortajada, United Nations Development Programme, Water Transfer from the Ebro River (2006).

¹ M. E. Hellberg, R. S. Burton, J. E. Neigel et al, Genetic Assessment Of Connectivity Among Marine Populations, *Bulletin of Marine Science* 70 (2002) 273-290.

¹ S. Mariani, M. J. Uriz, and X. Turon, Methodological bias in the estimations of important meroplanktonic components from near-shore bottoms, *Marine Ecology Progress Series* 253 (2003) 67-75.

¹ S.C. Goswami, Zooplankton Methodology, Collection & Identification - a field Manual, *National Institute of Oceanography* (2004).

¹ S. Wang, Z. Bao, L. Zhang, et al., A new strategy for species identification of planktonic larvae: PCR–RFLP analysis of the internal transcribed spacer region of ribosomal DNA detected by agarose gel electrophoresis or DHPLC, *Journal of Plankton Research* 28:4 (2006), 375-384.

רגעים נבחרים מקורס תשס"ח

צילומים: ירון הרשקוביץ ורועי קרויזמן



צילום 1: הגיאולוג אלי רז מסביר לתלמידי הקורס על השלכות של ירידת מפלס ים-המלח



צילום 2: תלמידי הקורס מסיירים לאורך חוף ים-המלח וחווים מקרוב את משמעות תופעת הבולענים



צילום 3: הסבר מפי יפעת פז (סגנית מנהל השמורה) על השלכות של ירידת מפלס ים-המלח על שמורת עינות צוקים.



צילום 4: מבט מקרוב על התופעה הגיאולוגית הייחודית של התחתרות נחלים בחוף שמורת עינות צוקים.



צילום 5: תלמידי הקורס מאזינים להרצאה של אחת הקבוצות.



צילום 6: חברי הקבוצה עונים על שאלות מהקהל בתום הרצאתם.

-
- ⁱ יוסי לוייה ורמי קליין, שונית האלמוגים, משרד הבטחון/אוניברסיטת תל-אביב, 1994
- ⁱⁱ A. Genin, B. Lazar and S. Brenner, Vertical mixing and coral death in the Red Sea following the eruption of Mount Pinatubo, *Nature* 377 (2002) 507 – 510.
- ⁱⁱⁱ J. Silverman and H. Gildor, The residence time of an active versus a passive tracer in the Gulf of Aqaba: A box model approach, *Journal of Marine Systems* 71 (2008) 159–170.
- ^{iv} T. Berman, N. Paldor and S. Brenner, Simulation of wind-driven circulation in the Gulf of Eilat-Aqaba, *Journal of Marine Systems* 26 (2000) 349–365.
- ^v R. S. Manasrah, F. A. Al-Horani, M.Y. Rasheed, et al., Patterns of summer vertical and horizontal currents in coastal waters of the northern Gulf of Aqaba, Red Sea, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69 (2006) 567-579.
- ^{vi} A. Genin and N. Paldor, Changes in the circulation and current spectrum near the tip of the narrow, seasonally mixed gulf of Eilat, *Israeli Journal Earth Science* 47 (1998) 87-92.
- ^{vii} Final report, red sea - dead sea conduit, Marine Environment Component Study, The Royal Scientific Society / Environmental Research Centre, FoEME (2007).
- ^{viii} Y. Loya., The coral reefs of Eilat – past, present and future: three decades of coral community structure studies. In: Rosenberg, H., Loya, Y. (Eds.), *Coral Reef Health and Disease* (2004) p. 400, Springer-Verlag, Berlin.
- ^{ix} R. H. Richmond and C. L. Hunter, Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific and the Red Sea, *Marine Ecology Progress Series* 60 (1990) 185-203.
- ^x T. Fenchel, Marine Plankton Food Chains, *Annual Review Ecology Systems* 19 (1988) 19-38.
- ^{xi} R. Bainbridge, Migrations. In: Watermen. N.Y. (Ed), *the Physiology of Crustacea* 7 (1961) 431-463, By T.H.: Academic Press.
- ^{xii} K. Banse, On the vertical distribution of zooplankton in the sea, *Progress Oceanography* 2 (1964) 53-125.
- ^{xiii} R. Vaissier and G. Seguin, Initial observations of the zooplankton micro distribution on the fringing coral reef at Aqaba (Jordan), *Marine Biology* 83 (1984) 1-11.
- ^{xiv} N. Marshall, Detritus over the reef and its potential contribution to adjacent waters of Eniwatok Atoll, *Ecology* 46 (1965) 343-344.
- ^{xv} J. F. Haney, Diel patterns of zooplankton behavior, *Bulletin of Marine biology Stn Asamushi* 43(3) (1988) 583-603.
- ^{xvi} M. Z. Giliwicz and J. Pijanowska, Effect of predation and resource depth distribution on vertical migration of zooplankton, *Bulletin of Marine biology Stn Asamushi* 43:3 (1988) 695-709.
- ^{xvii} B. W. Frost. Variability and possible adaptive significance to diel vertical migration of *Calanus pacificus*, a planktonic marine copepod *Bulletin of Marine biology Stn Asamushi* 43: 3 (1988) 675-694.
- ^{xviii} M. D. Ohman, Behavioral responses of zooplankton to predation, *Bulletin of marine Science* 43 (1988) 530-550.
- ^{xix} V. Farstey, B. Lazar and A. Genin, Expansion and homogeneity of the vertical distribution of zooplankton in a very deep mixed layer, *Marine Ecology Progress Series* 238 (2002) 91-100.
- ^{xx} A. Genin, J. S. Jaffe, R. Reef, et al., Swimming against the flow: a mechanism of zooplankton aggregation, *Science* 308 (2005) 860-862.
- ^{xxi} T. J. Cowles, R. A. Desiderio and M. E. Carr, Small- Scale planktonic structure: Persistence and trophic consequences, *Oceanography* 11:1 (1998) 4-9.
- ^{xxii} P. J. S. Franks, Sink or swim: accumulation of biomass at fronts. *Marine Ecology Progress Series* 82 (2002) 1-12.
- ^{xxiii} A. L. Shanks, J. Largier, L. Brink, et al., Demonstration of the onshore transport of larval invertebrates by the shoreward movement of an upwelling front, *Limnology and Oceanography* 45:1(2000) 230-236.

- ^{xxiv} U. Sommer, U.G. Berninger, R. Böttger-Schnack, et al., Grazing during early spring in the Gulf of Aqaba and the northern Red Sea, *Marine Ecology Progress Series* 239 (2002) 251–261.
- ^{xxv} T. Echelman and L. Fishelson, Surface zooplankton dynamics and community structure in the Gulf of Aquaba (Eilat), *Red Sea Marine Biology* 107 (1990) 179–190.
- ^{xxvi} S. Cornils, B. Schnack-Schiel, T. Al-Najjar, et al., The seasonal cycle of the epipelagic mesozooplankton in the northern Gulf of Aqaba (Red Sea), *Journal of Marine Systems* 68 (2007) 278–292.
- ^{xxvii} P. Sale, D. McWilliams and D. Anderson, Faunal relationships among near-reef zooplankton at 3 locations on Heron Reef, Great Barrier Reef, and seasonal changes, *Marine Biology* 49 (1978) 133–145.
- ^{xxviii} S. Richman, Y. Loya and L. Slobodkin, The rate of mucus production by corals and its assimilation by the coral reef copepod *Acartia negligens*. *Limnology and Oceanography* 20 (1975) 918–923.
- ^{xxix} D. O'Brien and D. Ritz, Escape responses of gregarious mysids (Crustacea, Mysidacea): towards general classification of escape responses in aggregated crustaceans, *Journal of experimental marine biology and ecology* 116 (1998) 257–272.
- ^{xxx} M. T. Khalil and N. S. A El-Rahman, Abundance and diversity of surface zooplankton in the Gulf of Aqaba, Red Sea, Egypt, *Journal of Plankton Research* 19 (1997) 927–936.
- ^{xxxi} S. R. Palumbi, Population Genetics, Demographic connectivity, and the Design of Marine Reserves, *Ecological Applications*, 13: 1(2003) S146–S158.
- ^{xxxii} C. M. Roberts, Connectivity and Management of Caribbean Coral Reefs, *Science* 278 (1997).
- ^{xxxiii} L. A. Levin, Recent progress in understanding larval dispersal: new directions and digressions, *Integrative and Comparative Biology* 46:3 (2006) 282–297.
- ^{xxxiv} R. Ben - David - Zaslav and Y. Benayahu, Competence and longevity in planulae of several species of soft corals, *Marine Ecology Progress Series* (1998).
- ^{xxxv} B.P. Kinlan and S.D. Gaines, Propagule dispersal in marine and terrestrial environments: a community perspective, *Ecology* 84 (2003) 2007–2020.
- ^{xxxvi} B. J. Becker, Lisa A. Levin, F. Joel Fodrie, and Pat A. McMillan, Complex larval connectivity patterns among marine invertebrate populations, *PNAS* 104:9 (2007), 3267–3272.
- ^{xxxvii} R. K. Cowen, K. M. Lwiza, S. Sponaugle, et al., Connectivity of Marine Populations: Open or Closed?, *Science* 287: 5454 (2000) 857 – 859.
- ^{xxxviii} M.J. Kingsford, J.M. Leis, A. Shanks, et al., Sensory environments, larval abilities and local self recruitment, *Bulletin of Marine Science* 70 (2002) 309–340.
- ^{xxxix} A. Abelson, R. Olinky and S. Gaines, Coral recruitment to the reefs of Eilat, Red Sea: temporal and spatial variation, and possible effects of anthropogenic disturbances, *Marine Pollution Bulletin* 50 (2005) 576–582.
- ^{xl} O. Ben-Tzvi, M. Kiflawi, S. D. Gaines et al., Tracking recruitment pathways of *Chromis viridis* in the Gulf of Aqaba using otolith chemistry, *Marine Ecology Progress Series* 359 (2008) 229–238.
- ^{xli} A. Zvuloni, O. Mokady, M. Al-Zibdah, et al., Local scale genetic structure in coral populations: A signature of selection, *Marine Pollution Bulletin* 56 (2008) 430–438.
- ^{xlii} T. Ridgway, C. Riginos, J. Davis et al., Genetic connectivity patterns of *Pocillopora verrucosa* in southern African Marine Protected Areas, *Marine Ecology Progress Series* 354 (2008) 161–168.
- ^{xliii} D. J. Ayre and T. P. Hughes, Genotypic Diversity and Gene Flow in Brooding and Spawning Corals along the Great Barrier Reef, Australia, *Evolution*, 54:5 (2000) 1590–1605.

^{xliv} השפעת חוות הדגים על מי מפרץ אילת ועל שוניות האלמוגים, נייר עמדה, המשרד לאיכות הסביבה, רשות הטבע והגנים (2004).

^{xlv} The World Bank, Red Sea – Dead Sea Water Conveyance Concept Feasibility Study and Environmental and Social Assessment (2007).

^{xlvi} Lesotho Highlands Water Project website, www.lhwp.org.ls

^{xlvii} C. Tortajada, Human Development Report, Sao Francisco Water Transfer (2006).

^{xlviii} Central Arizona Project website, www.usbr.gov/dataweb/html/crbpcap.html

1.1 ^{xlix} X. Qingtao, G. Xinan and H. F. Ludwig, *The Wanjiashai water transfer project, china: an environmental integrated water transfer system*, *The Environmentalist* 19 (1999).

¹ C. Tortajada, United Nations Development Programme, Water Transfer from the Ebro River (2006).

^{li} M. E. Hellberg, R. S. Burton, J. E. Neigel et al, Genetic Assessment Of Connectivity Among Marine Populations, *Bulletin of Marine Science* 70 (2002) 273-290.

^{lii} S. Mariani, M. J. Uriz, and X. Turon, Methodological bias in the estimations of important meroplanktonic components from near-shore bottoms, *Marine Ecology Progress Series* 253 (2003) 67-75.

^{liii} S.C. Goswami, Zooplankton Methodology, Collection & Identification - a field Manual, *National Institute of Oceanography* (2004).

^{liv} S. Wang, Z. Bao, L. Zhang, et al., A new strategy for species identification of planktonic larvae: PCR–RFLP analysis of the internal transcribed spacer region of ribosomal DNA detected by agarose gel electrophoresis or DHPLC, *Journal of Plankton Research* 28:4 (2006), 375-384.