

בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר

השפעת דת ותרבות על הסביבה הימית

(מקרה בוחן- קיבוץ מעגן מיכאל והכפר ג'יסר א-זרקא)

הילה פוקס - 034814434

ננסי כץ - 328989231

יהושע אסקיו - 040703647

מנחה – נתליה גוטקובסקי

קורס "פרויקטים בחקר הסביבה" – תשע"ג

ביה"ס ללימודי סביבה ע"ש פורטר

מרץ 2013

תוכן העניינים:

3	תקציר
3	תודות
4	מבוא
5	סקירת ספרות
5	השפעת תרבות על הסביבה הימית
7	השפעת הדת על הסביבה
9	היחס ביהדות לסביבה
12	היחס באסלם לסביבה
13	רקע כללי והשוואה בין היישובים
16	התרבות הקיבוצית-ישראלית מול התרבות הערבית-ישראלית
17	הקיבוץ והתרבות הקיבוצית
18	החברה הערבית ותרבותה
22	שאלת המחקר, מטרות המחקר והשערות המחקר
23	מערך המחקר, חשיבות המחקר, סיכום ומסקנות
25	ביבליוגרפיה

תקציר

המשבר הסביבתי הינו משבר עולמי המראה את סימניו באוויר, בים וביבשה. לתרבות ולדת השפעה רבה על המצב הסביבתי ומכאן גם על המשבר הסביבתי. עבודה זו מבקשת לבדוק את ההשפעות של התרבות והדת על הסביבה. במחקר זה נחקרה באופן ספציפי הסביבה הימית. סביבה זו הופכת להיות משאב חשוב ונדיר מבחינה חברתית בישראל. הסיבות לכך הן, בין היתר, העובדה כי מרבית אוכלוסיית ישראל גרה בסמוך לחופים, כך שהים הוא מקור הנופש והפנאי הישיר שלה ואנשים רבים מעוניינים לגור בסמוך לים אך למגורים בסמוך לים יש ערך כלכלי גבוה. בנוסף יש עדיין דייגים המתפרנסים מתוצרי הים. במדינת ישראל חי רוב יהודי ומיעוט ערבי (20% מכלל האוכלוסייה). עבודה זו מנסה לבדוק את היחס של הדת (במקרה שלנו יהדות ואסלאם) אל הסביבה הימית והאם ישנה השפעה של הדת על סביבה זו.

אנו סבורים שישנה השפעה רבה של הדת והתרבות על הסביבה הימית. למידת ההשפעות הללו יכולה להביא להבנת רגישותה וחשיבותה ולהיטיב עם שמירתה של סביבה זו. אפיון היחס לשמירה על הסביבה יבואו מתוך רקע תרבותי ודתי של האוכלוסיות השונות ויגעו באופן מדויק בגורמי המוטיבציה לשמירה על הסביבה בקרב הקבוצות אותן בחנו בעבודה זו. בחרנו לבחון שתי אוכלוסיות במדינת ישראל והמחקר נערך ע"י חלוקת שאלונים. מקרי הבוחן הם: קיבוץ מעגן מיכאל והכפר ג'יסר א-זרקא.

תודות

אנו רוצים להודות לצוות הקורס "פרויקטים בחקר הסביבה" בביה"ס ללימודי הסביבה ע"ש פורטר באוניברסיטת ת"א. בראש ובראשונה לפרופ' אביטל גזית, על שחשף אותנו במהלך הקורס למגוון אתגרים סביבתיים בתחום הסביבה הימית. כמו כן אנו רוצים להודות לנתליה גוטקובסקי, אשר כיוונה וליוותה אותנו ליווי צמוד לאורך העבודה. הערותיך היו ממקדות ומלמדות וילוו אותנו גם בכתיבת התזה. אנו מודים מקרב לב לסאידה עלי, סמי עלי ואביהם עלי דיב עלי ולבני הדודים הדייגים מכפר הדייגים בג'יסר א-זרקא אשר אירחו ושוחחו עמנו באדיבות רבה.

1. מבוא

לדת ולתרבות ישנה השפעה רבה בכל תחומי החיים, בין היתר הן משפיעות על הסביבה ועל ההתייחסות אליה. משוניס (1999) מגדיר תרבות כמערכת הערכים, האמונות, דרכי ההתנהגות והעצמים החומריים המהווים את אורח חייו של עם. התרבות כוללת את מה שאנחנו חושבים, דרכי הפעולה והדברים הנמצאים בבעלות. התרבות מעצבת את האישיות של האדם – מחזקת תחומים מסוימים ומחלישה אחרים (הישגיות, שיתוף, שלוה, רגשות לגיטימיים). באמצעות התרבות יכול האדם לשנות את סביבתו הטבעית.

על פי משוניס (1999) הדת היא מוסד חברתי העוסק בשאלות לגבי משמעותם הסופית של החיים, שאין בכוחו של שום מוסד חברתי להתמודד עמן. האמונה הדתית מבוססת על מושג הקודש - כוחות הנתפסים כעל טבעיים, אשר עלינו לקבל את מרותם. כיוון שהדת מבוססת על אמונה, ושכנוע פנימי היא אינה נתפסת כמדעית. כאמור, התרבות והדת משפיעות על הסביבה הימית המוגדרת כ"מצב הים ביחס לסביבתו" (המשרד להגנת הסביבה, 2013).

ישנו שוני רב בין סוג ההשפעות ומידת ההשפעות של הדת והתרבות על הסביבה באופן כללי ועל הסביבה הימית באופן ספציפי, אך ברור שגורמים אילו משפיעים על ההתייחסות לים, המסורת הקשורה אליו, השימושים בו, שמירה על ניקיון החופים ועוד.

מטרת מחקר זה, אם כך, היא לבחון את ההשפעות של דת ותרבות על התייחסות לסביבה הימית. בכוונתנו לבחון את הסוגיה ביחס למקרה מבחן של שני יישובים. בחרנו להתמקד בשני יישובים: גייסר א-זרקא ומעגן מיכאל. שני היישובים בעלי נתונים פיזיים דומים ביחס לים: שניהם נושקים לחוף, לשניהם חקלאות דייג ועוד. מאידך, ניכרים הבדלים מהותיים בדתות (אסלם מול יהדות) ובתרבות. הבדלים אלה באים לידי ביטוי ביחס לסביבה הימית.

2. סקירת ספרות

התרבות והדת משפיעות על תחומים רבים, בין היתר על היחס לסביבה. המחקר הנוכחי יבחן באיזו מידה משפיעות התרבות והדת על הסביבה הימית. על מנת לבחון השפעות אלה ייבחנו הנושאים הבאים: ראשית, נסקור את נושא הדת ונתמקד ביחס לסביבה בשתי דתות: יהדות ואיסלם. נמשיך, ברקע על שני היישובים שהם מקרה בוחן של עבודה זו: מעגן מיכאל וגייסר א-זרקא. נסיים, בסקירה "מהי תרבות" בדגש על התרבות הקיבוצית לעומת התרבות החמולתית.

2.1. השפעת התרבות על הסביבה – כללי

על פי מילון אבן שושן, תרבות היא סך ההישגים הפנימיים-הרוחניים של האדם במדע, באמנות, בארגון חיי החברה, בדת, במוסר וכדומה. במונח המצומצם יותר- השכלה, קנין דעת, נימוס, דרך ארץ, אצילות, התנהגות ואורך חיים (מילון אבן שושן, 1964).

אך בבואנו לשאול שאלות הנוגעות להתנהגות, לקהילה, עלינו להגדיר גם מהי תרבות מנקודת מבט סוציולוגית – אנתרופולוגית.

משוניס (1999) מגדיר תרבות כמערכת הערכים, האמונות, דרכי ההתנהגות והעצמים החומריים המהווים את אורח חייו של עם. התרבות כוללת את מה אנחנו חושבים, דרכי הפעולה והדברים הנמצאים בבעלות. התרבות מעצבת את האישיות של האדם – מחזקת תחומים מסוימים ומחלישה אחרים (הישגיות, שיתוף, שלוה, רגשות לגיטימיים). באמצעות התרבות יכול האדם לשנות את סביבתו הטבעית. תרבות מורכבת מסמלים, שפה, ערכים ואמונות כמו גם מעצמים חומריים המייצגים אותה.

על פי Dillan (2006) תרבות הינה יצירה אנושית מתפתחת, תוצר של כוחות פנימיים או בחירות אישיות בנוסף להשפעות מבחוץ.

קלקהון (kluckhohn), אנתרופולוג אמריקאי, מציין 11 הגדרות למושג "תרבות":

1) כל דרך החיים של אדם (2) המורשת החברתית שהיחיד רוכש מקבוצתו (3) דרכי החשיבה, הרגש והאמונה (4) כל ההתנהגות בכללותה (5) תיאוריה באנתרופולוגיה המתארת את הדרך בה קבוצה של אנשים מתנהגים (6) מחסן ללימוד משותף (7) סט של נורמות להתמודדות מול בעיות חוזרות (8) התנהגות נלמדת (9) מנגנון נירמול (נורמלי) רגולציה התנהגותית (10) סט של טכניקות להסתגלות לסביבה החיצונית ולבני אדם אחרים (11) שיקוע של ההיסטוריה (weber).

2.2 תרבות וסביבה

לבני האדם צרכים שונים. חלקם פיסיים: מזון, מחסה, שינה, וחלקם חברתיים ותרבותיים: חינוך, תחבורה, פנאי ועוד.

לסביבה הטבעית ישנה השפעה גדולה על התפתחות התרבות האנושית ועל אופייה. האליטה החברתית היא זו המחוללת את השינוי, או ההתפתחות, של החברה האנושית (שביט וריינהרץ, 2009).

הבדלים תרבותיים נגזרים מנסיבות גיאוגרפיות, היסטוריות וסוציולוגיות. לכן ברבע הראשון של המאה ה-19 החלו כמה פילוסופים יהודיים לתאר את היהדות כישות אנתרופולוגית, כתרבות.

דרוין ודומיו, מצביעים על הקשר בין סביבה ותרבות ומכך החשיבות של ההתיישבות בארץ ישראל בגיבוש התרבות היהודית והישראלית. (חלמיש ורביצקי, 1991).

עמדה זו מקבלת חיזוק אצל ארנסט באקל, היסטוריון בריטי, אשר טוען כי היהודים הסתגלו לחברה ולתרבות של הסביבה בה חיו בגולה וביטלו את חשיבותו של ההיבט הגיאוגרפי. תחייה לאומית-תרבותית תוכל להתממש רק

בסביבה הטבעית, כך טוען באקל, כלומר בארץ ישראל (שביט וריינהרץ, 2009). על ההיבט הציוני בהקשר זה נרחיב בהמשך.

התיאוריה האקלימית, אשר התפתחה ונוסחה בתקופת ימי הביניים, גורסת כי אופיו של אדם ותכונותיו ולפיכך גם התרבות והמשטר הפוליטי שהוא מפתח, מוכתבים ע"י התנאים הסביבתיים, הגיאוגרפיים והאקלימיים. אחת מן העמדות בתיאוריה זו טוענת כי בסביבה גיאוגרפית ואקלימית קשה תיווצר תרבות וחברה אנושית מגוונת ועשירה יותר מפני שהיא כופה על האדם לעבוד ולהתאמץ על מנת לספק את צרכיו, שאינם נמצאים בטבע מן המוכן (חלמיש ורביצקי, 1991).

ארנסט רנאן, היסטוריון והוגה צרפתי, נותן זווית נוספת לעמדה זו. רנאן טוען כי היהודים השמים היו קבוצה נחותה מהבחינה התרבותית וכי חסרו להם הכישורים המנטליים הדרושים ליצור תרבות. טענה זו נתפסה כהתקפה על המונותיאיזם היהודי ועל היהדות כתרבות של עם. רנאן קובע כי התרבות הרוחנית של עם, מורכבת מהירושה המשותפת של זיכרון העבר ומההסכמה ומהרצון לחיות יחד.

המילה "NACIO" נגזרת מהפועל "NASCI" שמשמעותו "להיוולד". לכן, טוען רנאן, אי אפשר להפוך לבן אדם של אומה אחרת. אפשר להצטרף לקבוצה מבחינה משפטית או ציבורית לדוגמא אזרחים של מדינה כלשהיא אבל לא להפוך לבן של קבוצה טבעית אחרת. לדוגמא: יהודי-גרמני הוא אדם השייך ללאום היהודי ונולד בגרמניה או אזרח גרמניה (שביט וריינהרץ, 2009).

טענה זו משתקפת גם בביטוי "ערביי-ישראל" אשר תיאר את הפלסטינים תושבי ישראל החל משנת 48' ועד היום. אדם השייך ללאום הערבי ונולד בישראל או נמנה עם אזרחיה. ביטוי זה מנציח למעשה את הנבדלות של הערבים בחברה הישראלית.

בהקשר זה, אפשר גם לציין כי באנתרופולוגיה ישנה התייחסות למושג "יליד". "יליד" תמיד נמצא במקומו. הוא נולד במקום ומאז שוכן בו. המקום הוא מעין המשך של גופו. הוא מקיים קשר טבעי, בשבילו המקום הוא הקוסמוס. הכל יוצא ממנו וחוזר אליו. לאדם אופי כפול: ראשוני ומפותח, פראי ונאור, טבעי ותרבותי (גורביץ', 2007).

היבטים נוספים של תרבות אנו פוגשים עם הצמיחה הדמוגרפית של העשורים האחרונים. התרבות שלנו מקבלת אופי עירוני. למעלה מ-90% מתושבי ישראל גרים היום בערים. כיוון שכך, הערים הגדולות מתפתחות ויש צורך בסלילת כבישים ודרכי גישה מהן ואליהן, תרבות הצריכה, היבט נוסף של תרבות שלא נרחיב עליו בעבודה זו, מביאה גם היא לבניית מרכזי בילוי ומלונות, אתרי נופש לאורך החוף ועוד. כל אלה מרוחקים מהעיר ובאים על חשבון השטחים הפתוחים המאפשרים תרבות מסוג אחר (רפיד, 2001).

תרבות הפנאי והרגלי הצריכה שלנו מביאים שינויים סביבתיים נוספים. בין היתר מושפעת מתרבות הפנאי גם הסביבה הימית. כמקום מפגש בין הים והיבשה, החוף הוא 'אזור מעבר' המקשר ומפריד בו זמנית. מבחינה זו, החוף הוא קטגוריה השונה באופן מהותי הן מהים והן מהיבשה, אך יש לה מאפיינים של השניים. כשהוא צמוד לעיר, החוף הוא אזור גבול בין העיר והים המייצג את הממשק בין הטבע והתרבות: הים מייצג את הטבע, בעוד העיר מייצגת את הציוויליזציה. המשא ומתן בין הטבע והתרבות מתנהל באמצעות הפעילות האנושית הייחודית לחוף והעיצוב האדריכלי שלו (עזריהו).

הסביבה החופית והימית מהווה גם מרכיב חשוב ביותר בתחבורה העולמית. תיירות חוף, הפלגות נופש ומרינות כמו גם פיתוח מואץ של הספורט הימי (חובבני ומקצועי) בשנים האחרונות, מעיד על דפוסי תרבות התופסים את החוף והסביבה הימית כמקום לבילוי ונופש. הפיתוח התעשייתי הגדל ורמת החיים העולה הביאו לצריכה גדולה של דלק ולצורך להובילו למרחקים גדולים, הן למטרות תעשייה ונופש. חשוב לציין כי הובלת דלק במיכליות ענק הינו יעיל אך חושף סכנה גדולה בשל תאונות או מעשי חבלה מכוונים במרחב הימי (רפיד, 2001).

3. השפעת הדת על הסביבה – כללי

בתחום של סוציולוגיה של הדתות, מבדילים בין שני סוגי הגדרות לדת: הגדרה מהותית והגדרה פונקציונאלית. ההגדרה המהותית באה להסביר מה היא דת. הדת מתבססת על אמונה בתופעות על-טבעיות, כאלה שאי אפשר לחוות אותם דרך החושים הרגילים או דרך האינטלקט. הדת קובעת מערכת של אמונות, פרקטיקות, והתנהלות בחיי היומיום לפי מה שמותר או אסור על פי המקורות בהם הדת מתבססת.

הערך הפונקציונלי בא להסביר מה תפקידה של הדת. ערך זה מתאר את התועלת או ההשפעה שיש לדת על אנשים או על החברה. הדת גורמת להשתלבות חברתית לתוך קהילה עם ערכים מוסריים. הדת מספקת מערכת אמונות ופרקטיקות של אנשים כדי לפענח ולהתמודד עם האתגרים בחיים. הדת בונה מושגי משמעות שמתוכם אנשים מתבססים בחייהם (Furseth, Pepstad 2006).

על פי משוניס (1999) הדת היא מוסד חברתי העוסק בשאלות לגבי משמעותם הסופית של החיים, שאין בכוחו של שום מוסד חברתי להתמודד עמן. אנחנו, כיצורים אנושיים, מארגנים את החוויות שלנו ומבדילים בין חוויות היום-יום אשר בתחום החולין, וחוויות הנכללות בתחום הקודש, כלומר כל המוגדר כעל טבעי ומעורר תחושות של הערצה, יראת כבוד והתפעלות. מכך שהפרדה בין קודש לחול היא תמצית האמונה הדתית.

האמונה הדתית מבוססת על מושג הקודש- כוחות הנתפסים כעל טבעיים, אשר עלינו לקבל את מרותם. הדת מבוססת על אמונה, על שכנוע פנימי ולא על עובדה מדעית. לכן אין בכוחו של השכל הישר או בכוח השיטות המדעיות לאשר או להפריך דוקטרינה דתית. בני אדם בהיסטוריה, התייחסו לכל אירועי החיים מלידה ועד מוות, כפעילותם של כוחות על טבעיים.

הדת מסבירה לאדם את מקומו מול האלוהים, מקומו מול הבריאה ומקומו מול העולם. כאשר אנו רוצים להתייחס לדת ולמקום בו הדת מעמידה את תפקידו של האדם בעולם, צריך להתחיל מתיאור בריאת העולם על פי המקורות:

בראשית פרק א, כ"ו: **וַיִּבְרָא אֱלֹהִים אֶת-הָאָדָם בְּצַלְמוֹ, בְּצֶלֶם אֱלֹהִים בָּרָא אֹתוֹ: זָכָר וּנְקֵבָה, בָּרָא אֹתָם. בַּח וַיִּבְרָךְ אֹתָם, אֱלֹהִים, וַיֹּאמֶר לָהֶם אֱלֹהִים פְּרוּ וּרְבוּ וּמְלֵאוּ אֶת-הָאָרֶץ, וְכִבְשֶׁהָ; וַרְדּוּ בְּדַגַּת הַיָּם, וּבְעוֹף הַשָּׁמַיִם, וּבְכָל-חַיָּה, הַרְמֵשֶׁת עַל-הָאָרֶץ.**

השאלה על מקומו של האדם בעולם תופסת מקום משמעותי בהגות האנושית.

נציגי דת ופילוסופיה, מפרשים את המקורות, כדי להסביר מחדש מה הוא תפקידנו בעולם. לייב וויט, במאמרו "השורשים של המשבר הסביבתי" (1967), מעלה לראשונה את שאלות המוסר לגבי זכות האדם "לשלוט" על הבריאה. לפי תפיסתו של וויט, השורשים של המשבר אדם-סביבה ופתרונותיהם, תלויים בתפיסת האדם את עצמו בתוך הבריאה. המשבר הסביבתי מכריח את האדם להתעמת עם שאלות מוסריות על הקשר שלו עם הסביבה. שאלות של קיימות והישרדות, שימור ופיתוח ובעיקר זכויות וחובות מול היקום והטבע בו הוא מהווה רק חלק מתוך מערכת גדולה ומורכבת בהרבה.

על פי הרפר (2004), היחס בין דת לאקולוגיה הינו קשר היסטורי, הצומח מהיחס בין דת למדע. התפיסה המדעית המערבית מבקרת ומאתגרת את האונטולוגיה הדתית. התנועה החילונית המערבית מציגה עוינות ביחס להשקפות העולם הדתיות. אחד המאפיינים של התפיסה המדעית, היא שהמדע בודק כל תופעה לעצמה. בניגוד לכך, הנחת יסוד של המדע הסביבתי היא ש "הכל קשור להכל". כל הרכיבים של מערכת החיים הם ביחס של תלות הדדית.

לאור המשבר הסביבתי העכשווי, אנשי אקדמיה חילונים ודתיים, החלו לחקור את הסיבות הפילוסופיות והדתיות ליחסו של האדם לסביבתו. חלק מחקירה זו כוללת הסתכלות על השורשים הפילוסופיים שהשפיעו על תפיסת האדם ומקומו בעולם, כחלק מן המערכת או כשולט ונבדל ממנה, ומידת האחריות שיש לדתות ביצירת דפוסי ההתנהגות ויחס שהובילו להחרבת הטבע במאות האחרונות, תופעה שגוברת בימינו.

וייט (1967) טוען, שעל פי הדתות המונותאיסטיות: יהדות- נצרות- אסלאם, האדם הוא מרכז הבריאה. זו תפיסה אנתרופוצנטרית. לפי התפיסה זו, האדם נמצא במקום עליון, ולכן יש בידו הזכות לשלוט על הבריאה. גם כאשר אדם דואג לסביבתו, לשימורה ולחידוש משאבי הטבע בה הוא עושה זאת בשביל עצמו ובשביל צאצאיו. כלומר הסביבה קיימת לרשותו ונועדה לשימוש הבלעדי של האדם. התפיסה מעוררת דיונים ביקורתיים בשיח הסביבתי העכשווי.

האם זה מוסרי להאמין שאדם הוא מרכז הבריאה? מה עם כל יתר היצורים החיים? מה מקומם? התפיסה הביוצנטרית מעלה שאלה זו ומבקרת את העיקרון שכל הבריאה נועדה לשרת את צרכי בני האדם. לכל יצור חי יש ערך וחשיבות. כל יצור חי תורם את חלקו ברשת החיים שבזכותה כולנו קיימים.

פילוסופים ואנשי דת מפרשים את המקורות כדי להסביר את המשמעות העמוקה של תפיסת האל האחד המקיים את היקום וטוענים כי בני האדם ושאר הבריאה, שייכים לרשת החיים שהאל ברא. כלומר- אלוהים הוא מרכז הבריאה, ולא האדם. בנוסף לשתי התפיסות האחרונות קיימת גם תפיסה שלישית- אקוצנטרית, שצמחה מתוך תנועת האקולוגיה העמוקה. על פי תפיסה זו האדם הוא חבר שווה בקהילה ואינו שונה מכל גורם אחר בה: חי, צומח או דומם.

התנועה הסביבתית בתחילתה הייתה בעיקר חילונית. בשנות החמישים, קמה קבוצה של תאולוגים נוצרים, חלקם מתמטיקאים ומדענים, שניסו להסביר את הקשר בין האלוהים, האנושות והטבע, ואת המפגש בין תאולוגיה למדע. Dr.Richard Baer, היה אחד התאולוגים שהמליץ על מערכת עקרונית לתפיסה נוצרית סביבתית.

הניסיון להסביר הגדרות כלליות לדת, יכולה להסתיר את העובדה שכל דת היא מיוחדת למסגרת קונטקסטואלי, רקע היסטורי ומהלך דינמי, בהם הדת בא לענות לצרכי האדם והחברה (Furseth Pepstad).

לסיום, טרוסטר (2004) טוען כי לדתות תפקיד מכריע בתולדות האנושות, למען השמירה של כדור הארץ. כיוון שכיום אנו מתמודדים, כאנושות, עם משבר סביבתי עולמי, המשבר מאחד אותנו מול אתגר משותף ומכאן שלדתות יש תפקיד בסיסי בהובלת תפיסה מוסרית המאחדת את הערכים הרוחניים והסביבתיים למען תיקון העולם. המדע המערבי לא יכול לספק את התחושה אותה מעניקה הדת: תחושת הוליסטית, טרנסנדנטית, תחושה של תלות הדדית של "הכל קשור לכל". המדע אינו יכול לספק תשובות קיומיות כפי שהדת מעניקה.

3.1 יהדות וסביבה

על פי רבי לורנס טרוסטר (2004), ב-30 השנים האחרונות נכתבו מגוון עבודות הנוגעות בקשר של יהדות וסביבה. טרוסטר טוען שהיהדות צריכה לפתח "תאולוגיה סביבתית" שתיתן הדרכה מעשית ותפיסה אתית לחיי היומיום. כמו כן, בהלכה היהודית קיימות מצוות מעשיות בנוגע ליחס אדם-סביבה. לדוגמא: מצוות "בל תשחית" אשר נועדה למנוע בזבז והשחתה בעולם, ומצוות "צער בעלי חיים" המכוונת ליחס של כבוד לבעל החי ועוד (טבע עברי, 2012).

לפי דבריו של טרוסטר, העולם לא שייך לנו, הוא שייך לאלוהים. אלוהים אוהב ומעריך את ההרמוניה הקיימת ברשת החיים. כך שאסור לאדם להפריע ולפגוע בהרמוניה הקיימת ברשת הבריאה.

אברהם יהושע השל (1907-1972), חסיד ופילוסוף יהודי-פולני, שהיה מהראשונים לקידום דו-שיח ושיתוף פעולה בין-דתות שונות, מוצא בבריאה ביטוי של ענווה ופלא. דרך התבוננות על הבריאה, הוא מצליח להבין כמה קטן הוא מול תהליכי האבולוציה של היקום. הוא בוחן שתי דרכים עיקריות בהן האדם מתייחס לעולם סביבו: שימוש והערכה. בדרך הראשונה אנו רואים במה שסובב אותנו דברים שיש לתפעל, כוחות שיש לנהל, חפצים שיש להשתמש בהם. בדרך השנייה אנו רואים במה שסובב אותנו דברים שיש להכיר בהם, להבין, להעריך ולהעריך. כמו כן, האחוה עם הסביבה תלויה בהערכה.

בארצות הברית, החל משנות ה'90, התפתחו ארגונים חברתיים שונים המתעסקים בחיזוק הקשרים בין המסורת והחיים היהודיים לבין הערכים האקולוגיים ועשייה חברתית-סביבתית. ארגון בשם "אלף", שהינו מרכז יהדות רפורמי למען חידוש השקפת החיים היומיומית ביהדות, עוסק בחקר הרבדים האתיים של הכשרות. מטרת הארגון הינה לחבר את רעיון הכשרות ולבחון מה אנחנו יכולים להרשות לעצמנו לאכול תוך התחשבות בערכים ומחויבויות נוספות הקשורות לאדמה ונובעות מהמסורת היהודית. לדידם, הכשרות המסורתית באה להצביע על ההתנהגות המוסרית של האדם ועל היחס הרצוי שלו למזון ולמקורות המזון. פועלו של ארגון זה החל גם מיוזמתו של רבי מרשל מייר. מייר אסף אנשי דת יהודיים, מכל הזרמים יחד עם יהודים פועלי סביבה וחברה, המתעסקים בענייני צרכנות וכו'. במפגש הזה, הבחינו והתדיינו על ההלכה ועל המחויבות של הדת לעשייה חברתית. מתוך כל הפרספקטיבות האלה נבחנו גם ערכים ותחומי מוסר המחברים אותנו למה שאנו אוכלים.

בשביל הזרמים היהודים שחוקרים ומחדשים את המשמעות של הכשרות, האקו-כשרות הינה דרך חיים של חקירה לאתיקה סביבתית בדרך המסורת היהודית. זוהי למעשה צורה חדשה ללכת בדרך היהדות. מתוך שילוב זה נובעות שאלות שונות. לדוגמא: מה הוא המחיר הסביבתי של האוכל שאנחנו אוכלים (אנרגיה, נייר, מכונות, כסף) וכיצד מושגי הכשרות יכולים להדגיש גם את הגורמים הללו?

השיח בפרויקט, והניסיון לחקור ולהבין את משמעות האקו-כשרות, הולידו את הגדרת האקו כשרות על-ידי המעורבים: לפתח ערכים של שימור האדמה, בדרך המצוות, להשתמש בדרך המצוות הקיימות ועל ידי כך להרחיב משמעותן.

ארגון נוסף העוסק בנושא הוא האיחוד לסביבה והחיים היהודי "The Coalition on the Environment and Jewish Life (COEJL)". ארגון זה החל לפעול בשנת 1993, ואסף את מובילי הארגונים היהודים באמריקה, רבנים, ראשי קהילה ואף סנטורים יהודיים בכדי להגיב למשבר האקולוגי. המעורבים הסכימו שיש לקהילה היהודית מקום ללקיחת אחריות מול המצב העולמי. עד היום, הארגון ייסד כ-150 פרויקטים סביבתיים לקבוצות יהודים. מרביתם הינן תוכניות חינוכיות העוסקות בנושאים אקולוגיים.

ארגון יהודי נוסף המשמעותי לשיח היהודי אקולוגי היא הברית הציונית הירוקה "Green Zionist Alliance" (GZA). "הברית" נוסדה בשנת 2001 על ידי ד"ר אלון טל, הרב מיכאל כהן וד"ר אילון שוורץ. התארגנות זו מציעה מקום לכל האנשים, ללא קשר להשתייכות פוליטית או דתית וללא מטרות רווח, לדאוג לאחריותה של האנושות לשימור כדור הארץ ככלל ולאחריותו המיוחדת של העם היהודי בפרט, לשמור על האקולוגיה של ישראל. הארגון פועל להעלאת מודעות ולגיוס אנשים ברחבי העולם לדאגה לסביבה בישראל, וזאת בכדי להגן ולתמוך בתנועה הסביבתית שלה.

בנוסף, הארגון בוחן כיצד לשפר את הנהלים סביבתיים בהסתדרות הציונית העולמית והסוכנויות המרכיבות אותה, ושואף לעורר את האנשים לפעול לשינוי חיובי. ניתן לראות בפועלו של ארגון התמקדות בסביבה תוך התחשבות בבסיס פלורליסטי ורב תרבותי מגוון. מתוך כך מתבסס ניסיון לגישור ההבדלים בין ובתוך דתות ואנשים עוזר לבנות עתיד של שלום ובר קיימא עבור ישראל והמזרח התיכון.

ארגון ה-GZA פועל באמצעות תוכניות ומשאבים עבור יחידים, בתי ספר, וקבוצות בקהילה. חלק משמעותי מפעילויותיו קשור לחינוך. יתר על כן, ארגון שואף להשפיע על המדיניות הסביבתית של ישראל באמצעות ייצוג מוגבר בקונגרס הציוני העולמי והסוכנויות המרכיבות אותה.

חוקרת שניתן להתייחס לדבריה בהקשר לפעילויות אלו היא נעמי צור, חברת מועצת עיריית ירושלים וסגנית ראש העירייה ניר ברקת ופעילה ציבורית העוסקת בתחומי קיימות בעיר ירושלים. על פי צור, תיקון העולם הוא אחד מהמושגים האתיים המעוגנים עמוקות ביותר ביהדות. לטענתה, תיקון זה יושג באמצעות החתירה לצדק חברתי, החזרת האיזון לעולם שלנו ועל ידי מתן עזרה לנמצאים במצוקה. בנוסף, היא טוענת כי עלינו ליישם רעיון זה לעולם הפיזי, החברתי והמוסרי שלנו על מנת להימנע בחזית איכות הסביבה בעולם. מדבריה של צור ניתן להסיק כי את הבסיס להגדרת חובתנו כיהודים לקחת אחריות על הסביבה הפיסית וחברתית שלנו ניתן למצוא במקורות רבים. כאשר אנו בוחנים מחדש את עקרונות היסוד של היהדות דרך עדשה סביבתית ניתן לראות כי שינויי האקלים על כדור הארץ כפי שאנו מכירים אותו הם למעשה איום על עבודתו של בורא העולם. מבחינתה, זוהי קריאה ברורה שנכשלו במילוי חובתנו כדיילים של עבודתו של אלוהים.

בהמשך לשיח היהודי אקולוגי ניתן לראות בכתביו של דוד קרנץ מקור מעניין המדבר על הקשר בין היהדות והים. קרנץ הינו אחד המייסדים של הברית הציונית הירוקה. במאמרו "ברית ים" מספר קרנץ על חשיבות הים במסורת ובחיים היהודיים. לפיו, מכיוון שישראל היא בית לארבעה ימים (ים המלח, הכנרת, הים התיכון והים האדום) ועל

כן רוב האנשים ורוב יהודי העולם מתגוררים בסמוך לים. עקב כך, אנחנו כיהודים וכאנשים קשורים קשר בל יינתק לים.

הארגון אליו משתייך קרנץ (הברית הציונית) הינו הארגון היהודי הראשון בקואליציה הדתית הלאומית לטיפול בבריאה, ה-NRCCC. קואליציה זו מורכבת מנציגים מדתות שונות, החולקים את אותם ערכי ליבה, כמו גם אמונה, שהדתות שלנו מחייבות אותנו להגן על כדור הארץ. יחד, חברי הקואליציה מפתחים מוסר דתי בהקשר ימי. הקואליציה כבר נפגשה בווינגטון והוואי עם מנהיגות האוקיינוסים הלאומי ומנהלי אטמוספירה.

במדינת ישראל, ראוי לציין את פועלה של טליה שניידר. שניידר היא מייסדת בית הספר לקיימות יהודית המציע לימוד מעמיק בחברותות של כתבים יהודיים בנושאי קהילה. דוגמאות לנושאי הלימוד בבית הספר הם: שמיטה וקטסטרופה אקולוגית, מעגל התזונה (אוכל, יהדות ואקולוגיה), גלות וגאולה בהיבט האקולוגי, כוח הרצון כמנוע לתיקון סביבתי ועוד.

אסלם וסביבה

על-פי דבריו של סארדר (AL-RAHIM 1991) התפיסה האסלאמית של ה"אחד" מעמידה את ערך החיים של הבריאה כולה. אם הכל הוא אחד, והכל אלוהים, להכל יש ערך, וכיוצא מכך זכות חיים.

המילה הבסיסית באמונה האסלאמית היא ה"תאוויד", האחד. מקורו של היקום הוא האחד, הכל חוזר לאחד, והאחד נמצא בכל. העולם נברא ונשמר מתוך רצונו של אלוהים ועל כן יש לו מטרה. מרכז כל הדברים הוא אלוהים, האחד. מתוך רעיון זה נוצרת התפיסה התיאולוגית אקולוגית באסלם.

Zain-al-Abideen (AL-RAHIM 1991) מסביר את התפיסה האנתרופוצנטרית בכך שאלוהים נתן אחריות ואמון לאדם להיות השומר של הבריאה. הוא טוען כי המעמד הגבוה של האדם מול הבריאה הוא חלק מהאמון שנתן אלוהים באדם למען ישמור על הבריאה שלו. הוא מוסיף ואומר שהאדם הוא ה"משרת" של האלוהים ולכן אחריותו גבוהה. בנוסף לכך, Abideen טוען שהאיחוד, אמון ואחריות, הם העמודים המרכזיים של האסלאם ככלל ושל האתיקה הסביבתית של האסלאם כפרט.

בשנת 1986, התפרסמה לראשונה ההכרזה המוסלמית על הטבע (The Muslim Declaration on Nature) במסגרת של הכנס הבינלאומי - "איחוד הדתות והשימור", שהתקיים באסיסי, איטליה. בכנס זה השתתפו נציגי חמשת הדתות הגדולות בעולם: נצרות, אסלם, בודהיזם, הינדואיזם ויהדות. בהכרזה זו טוען Naseef כי עבור המוסלמים תפקידו של האדם בבריאה הוא של ה"חאליפא" שהינו הנאמן של "אללה", שליחו באדמה. אנחנו לא בעלי האדמה, ולא יכולים לעשות איתה לפי רצוננו. האדמה שייכת לאלוהים הסומך עלינו ומאמין בנו שנשמור עליה.

התפתחות התנועה הירוקה בתוך האסלם נשתתה רבות על פועלו של פזלון קאליד, מייסד ארגון "הקרן האסלאמית לאקולוגיה ומדעי הסביבה". קאליד מוכר כאחד מחמישה-עשר האקו-תיאולוגים בעולם, לצד הדלאי לאמה והאפיפיור. קאליד אומר כי: "הדרך הכי טובה להפעיל את החברה לעשייה זה דרך האמונה". קאליד מתאר את הארגון כשואף לעורר מודעות בעולם המוסלמי לגבי הקשר בין תורתו של מוחמד לבין הערכים הסביבתיים.

ניתן לראות כי פעילויות הארגון ענפות ומגוונות. הארגון עוסק בתחומים רבים, החל מחינוך סביבתי בבתי ספר, דרך בניית קשרים בין אנשי דת, מדע וחינוך, וכלה בחיזוק מנהיגים דתיים לעיסוק באקולוגיה על ידי סדנאות מקצועיות ועוד. לדוגמא, בגאנה, בשנת 2010 נערכה סדנה של שינוי אקלים למנהיגים מוסלמים ובה נחקר תפקיד מנהיגי הדת המוסלמים במאבק הסביבתי. בדומה לכך, סדנאות דומות התקיימו באלג'יריה, אינדונזיה, טנזניה ומערב אפריקה.

בביקור שערכנו בכפר ג'יסר א-זרקא, סיפר סמי עלי, יו"ר הוועד העממי למען ג'יסר א-זרקא, כי בהלכה של מוחמד וגם בקוראן- הים הוא אחד המקומות הכי טהורים ומטהרים. מוזכר גם שכל בעלי החיים הימיים מותרים לאכילה. מן המסורת המוסלמית נטען שהחליפה ה-2, עומר בן אל-חיטאב – ביקש ממאמיניו כי ילמדו את בניהם את מלאכת הסייף, רכיבת סוסים ושחייה. כלומר נושא הים מוזכר בקוראן ובמסורת המוסלמית ויש לגביו כללים וחוקים.

4. רקע כללי והשוואה בין היישובים

בדיקת נושא הסביבה הימית דווקא ביישובים מעגן מיכאל וג'יסר א-זרקא משך אותנו כיוון שמדובר בשני יישובים עם נתונים פיזיים וטופוגרפיים דומים מחד ומאידך שוני רב מאוד קיים בנתונים הדמוגרפיים, אופי הבנייה, כלכלה ועוד... ג'יסר א-זרקא הוא כפר הדייגים האחרון בישראל. יישנם ערי חוף שתושביהם עוסקים בדייג אך כפר שלאורך כל ההיסטוריה שלו עסק בדייג וחלק מתושביו עוסקים בכך עד היום היא תופעה יוצאת דופן. בנוסף אנו שלושתנו תושבי האזור ומגיעים לחופי היישובים הללו במהלך השנה. ההתבוננות על השוני בין החופים משכה אותנו לחקור דווקא אותם.

רקע היסטורי:

תושבי ג'יסר א זרקא הם שילוב של שבטים בדואים שהגיעו ממצרים יחד עם שבטים בדואים שהגיעו מבקעת הירדן, בסוף המאה ה-19. בכפר 4 חמולות: ג'ורבאן, אמאש, נג'אר ושיהאב. פירוש השם "ג'יסר א-זרקא" הוא "הגשר הכחול" - כך תואר נחל תנינים בראשית המאה ה-20. בתחילה התיישבו שבטי הכפר בביצות כבארה סמוך לשפך נחל תנינים והתפרנסו מדייג בביצות ובים, מהכנת כדים ומהכנת מחצלות מצמח הגומא (רפפורט, 2010). מאוחר יותר, בראשית המאה ה-20, עבדו תושבי הכפר בחקלאות בשדות החקלאים של זיכרון יעקב ובברוא המלריה. בשנת 1924 הציע פיק"א לתושבים שטח חלופי להתיישב בו סמוך לחוף, הוא מיקום הכפר הנוכחי. במלחמת העצמאות הכפר לא נפגע הודות ליחסיו עם תושבי זיכרון יעקב (ויקיה, 2012). עד שנות ה-60 היה מוכתר מחמולת ג'ורבאן שכיהן כראש הכפר, היום ראש המועצה הקרואה הוא מחמולת אמעש. עד שנות ה-80 לא היו נישואין של בני הכפר עם ערבים מכפרים אחרים בשל הסטיגמות הקיימות על תושבי הכפר במגזר הערבי.

בסיוורנו בכפר (2013-1-8), סיפרה לנו סאיזה עלי, מנהלת עמותת "בסמלה" (בשם האל) ופעילה חברתית מרכזית בכפר, כי ג'יסר הינו כפר ייחודי במגזר הערבי. תושביו סובלים מגזענות גם מצד היהודים וגם מהמגזר הערבי. היא אף טענה שמרבית אנשי הכפר מעדיפים את היחסים עם היהודים על אלו עם הערבים כיוון שתושבי הכפר סובלים מסטיגמה שלילית במגזר הערבי.

המורים המלמדים בכפר אינם תושביו וכתוצאה מיחס זה, הדימוי העצמי של הנוער נמוך. עד שנות ה-60 הכפר לא היה מחובר למים זורמים, עד שנות ה-70 לא היו מחוברים לחשמל. רק בשנות ה-80 בנו חטיבת ביניים- בפיגור רב אחרי שאר הכפרים באזור. היחס למורים מהכפר הוא רע כיוון שהפיקוח הוא של אנשי חינוך מהמשולש (טירה, קלנסואה וטייבה) אשר מונעים קידום של אנשי חינוך מהכפר. הדבר גורם לכך שרוב היוצאים לרכוש השכלה אקדמאית נוטים לכיוון המדעים המדויקים. ורק מעט סטודנטים פונים ללמוד הוראה. באופן כללי טוענת סאידיה, אחוז האקדמאים עדיין נמוך אבל עולה בהתמדה. לדברי סמי עלי אחוז הסטודנטים בכפר מגיע לכ 3%.

"הים זה הלב של הכפר, אין ג'יסר בלי הים, הים הוא גם מפלט לנפש וגם מפלט למצור הפיסי שאנשי הכפר נמצאים בו", אומר סמי עלי, יו"ר הוועד העממי למען ג'יסר א-זרקא. כוונתו לגדר החיה שבין קיסריה לג'יסר. בעבר, חיי היומיום הסתמכו על נחל תנינים ועל המעינות בסביבה. כל הצרכים מולאו ע"י אלה. גם היום לטענתו כאשר חברת מקורות סוגרת את המים, כיוון שהמועצה לא עומדת בתשלום, אנשי הכפר יורדים לים לכבס, לשטוף חפצים ולהתרחץ.

כפר הדייגים, הנמצא על החוף, מורכב היום כולו ממשפחת ג'ובראן. עד שנות ה-50 הצליחו הדייגים להתפרנס מהדייג. אך הכפר החל לגדול, התנאים הפכו קשים יותר והמדינה לא אפשרה להם להתפתח, למרות בקשות מצד גורמים בכפר להגביל את הדייג של סירות הדייג הגדולות. בנוסף, כמות הדגים ירדה משמעותית בשנים האחרונות. כל האחרונים הביאו לכך שכיום לא מצליחים הדייגים להתפרנס מהדייג. הדייג הפך למעין תחביב וחלק משימור מסורת והיסטוריית הכפר. אבא של סאידיה, עלי דיב עלי, מספר כי בשנות ה-80 היו מוציאים מן הים דגים גדולים מאוד בשם מוסקרים שהיום כבר לא רואים בכלל. "היום מוציאים בורי, מושט, דניס, פלמידה, קצת לוקוס וקצת סרדינים. אין דגים גדולים כמו פעם".

סמי אומר שהחלום של התושבים הוא הקמת חוף תיירותי עם שוק מקומי. "לא כמו בת"א אבל מפותח ומודרני. טיילת, כפר דייגים ופיתוח מעגנה, רציף ומחסנים חדשים". לטענתו כבר יש תכנית בשלבי אישור שנמצאת בהליכים כבר 18 שנה. הוא טוען שהמנוף היחיד לפיתוח הכפר הוא התיירות, כיוון שאין לאנשי הכפר שטחים חקלאיים או תעשייה מפעלים.

שביל ישראל עובר בכפר, אך לטענתה של סאידיה המטיילים עוברים בלי להבין דבר על הכפר.

ניקיון החוף והשמורה- צמוד לכפר מצד צפון קיים "פארק השלום", שטח שלפי טענת סאידיה שייך לכפר ונמצא בין הכפר למעגן מיכאל. אין מי ששומר על ניקיון הפארק ולכן העמותה של סאידיה מבצעת בו מבצעי ניקיון בשיתוף הנוער של הכפר. על הרגלי השחייה בים מספרת סעידיה ש "בקיץ כולם בים, נשים הולכות לאורך החוף ובאות עם הילדים להתרחץ בחוף, גם הגברים. באים גם לפיקניקים. מגיעים להתרחץ בחוף מכל האזור ומשאירים הרבה זבל". לבסוף, העמותה של סאידיה מנקה את הלכלוך. קיימים גם מבצעי ניקיון בשיתוף בית הספר שדה 5-6 פעמים בשנה. בנוסף סמי טוען שישנם עבריינים מהכפר ומחוץ לו, ששופכים פסולת על החוף והוא מבקש את עזרת רשויות האכיפה שאינן זמינות מספיק.

לפי אתר המועצה המקומית ג'יסר א זרקא (2012), קיימת ביישוב מצוקת מגורים, במיוחד היות ולמעלה מ50% מתושבי היישוב הם מתחת לגיל 20.

מעגן מיכאל נוסד בשנת 1949 על ידי גרעין של תנועת הצופים העבריים. הוא נקרא על שם פקיד פיק"א ומשתייך למועצה אזורית חוף הכרמל. חלומם של המתדיישים הראשונים היה להקים קיבוץ בקרבת הים שיעסוק בחקלאות ימית (אתר קיבוץ מעגן מיכאל, 2012).

נקודות דמיון: ממקורות ממשלתיים ניתן ללמוד את נקודות הדמיון הבאות: שני היישובים סמוכים זה לזה, לשניהם יש רצועת חוף, הגובה הממוצע במטרים של שני היישובים כמעט זהה: בין 10-20 מטר מעל פני הים (הלמ"ס, 2012).

לעומת זאת נקודות השוני העיקריות הן:

אוכלוסייה: אוכלוסיית ג'יסר א-זרקא מונה 12,709 איש והיא כולה ערבית מוסלמית. סאיידה עלי טוענת שכל הכפר מוסלמי, "יש מי שהדוק יותר ומי שפחות". לעומתה אוכלוסיית מעגן מיכאל כוללת 1600 איש והיא ברובה (1.5 מתוך 1.6) אוכלוסייה יהודית.

סמי עלי טוען שבשנות ה-80 היה ממוצע הילודה בכפר 13-15 ילדים במשפחה, בשנות ה-90 ירד ל-11-13 ילדים והיום ממוצע של 5 ילדים במשפחה. יש לציין שמרבית התושבים היהודיים של מעגן מיכאל הם חילונים, על כך יפורט בפרק בנושא השפעות התרבות על הסביבה הימית.

חלוקה תעסוקתית: לפי אתר המוסד לביטוח לאומי (2013), ממוצע המובטלים בג'יסר עומד על 0.9% בזהה לממוצע הארצי, עיקר תושבי ג'יסר הם שכירים (למעלה מ-4500 תושבים) ומיעוט מהם עצמאיים (120), שכר ממוצע לשכיר בג'יסר הוא 4777 בעוד שהממוצע הארצי עומד על 9013 לשכיר בממוצע. לא ניתן היה להעלות נתוני אבטלה של קיבוץ מעגן מיכאל. מן הנתונים עולה שסוג העבודות בהם עובדי תושבי ג'יסר א-זרקא מספק להם פרנסה בסיסית בלבד. בסירנו בכפר טענה סאיידה ש כ-80% מאנשי הכפר הם שכירים במקצועות שונים כגון: עובדים בחקלאות, ניקיון, פועלים במפעלים באזור, מעט מאוד גם עובדים בבריכות הדגים במעגן מיכאל. לדבריה כ-100 משפחות בערך התפרנסו עד שנות ה-80 מדיג. היום כ-20 משפחות כולם בני חמולת ג'ובראן. במרכז הכפר פגשו את אמין. הוא מעיד על עצמו שהיה דיג, בניו כבר לא עוסקים בדיג יש לו בן אחד רופא שגר באיטליה הרבה שנים וחזר לארץ לא מזמן, ומתגורר כיום במושב "הבונים" הסמוך. יש לו דודים רחוקים שדגים מדי פעם אבל היום אף אחד לא מתפרנס מזה, הוא מספר. "אין דגים-אין פרנסה".

אופי היישוב: מעגן מיכאל הוא קיבוץ ואילו ג'יסר היא מועצה מקומית משנת 1961 עם מבנה ערבי חמולתי. שטח שיפוט: שטח השיפוט של מעגן מיכאל הוא 7000 דונם בעוד שטח השיפוט של ג'יסר א-זרקא הוא 1500 דונם בלבד (רפורט, 2010). כלומר היחס הוא פי 4.6 לטובת מעגן מיכאל בעוד שיחס האוכלוסייה בין היישובים הוא פי 8 לטובת תושבי ג'יסר א-זרקא כך שניתן לזהות כאן אי צדק חלוקתי. מדד סוציו-אקונומי: ג'יסר נמצאת בתחתית האשכול הלפני אחרון במדד הסוציו אקונומי, לעומתה מעגן מיכאל משתייך לעשירון העליון (מגזין המושבות, 2012).

חינוך- בג'יסר קיימים כ-27 גני ילדים, 4 בתי ספר יסודיים, 2 תיכונים – רגיל וטכנולוגי, חטיבת ביניים רגילה וחטיבה לחינוך מיוחד אזורית. בתיכון ישנה מגמה סביבתית אך מספר התלמידים בה מועט. בנוסף ציינה בפנינו סאיידה עלי בסירנו בכפר כי ישנו מתנ"ס, מועדון נוער ומועדון לקשיש אך כולם סגורים כיוון שהמועצה בגרעון כבר 8 שנים.

במעגן מיכאל קיים תיכון אזורי וגם בו קיימת מגמת סביבה וגן בשיטת מונטסורי.

צפיפות: צפיפות של 7500 איש לקמ"ר בג'רסר לעומת כ- 200 איש לקמ"ר במעגן מיכאל (רפפורט, 2010). הדבר מעיד שוב על יחס לא הוגן בין כמות האוכלוסייה לגודל שטח המחיה.

קרקעות: כאמור הצפיפות בג'רסר א-זרקא היא רבה מאוד. שלושה יישובים יהודיים תוחמים את היישוב: מצפון מעגן מיכאל, מדרום קיסריה וממזרח המושב בית חנניה. בשנת 2011 הוגשה בקשה לספח 790 דונם מבית חנניה, 890 דונם ממעגן מיכאל ו-145 דונם מקיסריה לטובת הגדלת היישוב. תושבי שלושת היישובים הודיעו על התנגדות לתוכנית. תושבי מעגן מיכאל מבקשים שעיקר השטח ילקח מבית חנניה השכנה, ונציגי המועצה האזורית חוף הכרמל מבקשים לנצל ראשית כל את עתודות הקרקע בג'רסר א- זרקא עצמה ולבנות לגובה (חובל, 2011).

בסיוורנו בג'רסר טענה בפנינו סאידה עלי שאנשי הכפר בונים בשטחים שבין השמורה לכפר, לטענתה אלו הם שטחים של אנשי הכפר. הבניה נעשית ללא אישור ולכן הבונים נאלצים לשלם למנהל כנס על כך.

כלכלה: בג'רסר א-זרקא יש עדיין מעט תושבים המתפרנסים מדייג בים התיכון, במעגן מיכאל לעומת זאת ישנם בריכות דגים על היבשה. חיים אנגוני מנהל אגף בכיר לדייג ולחקלאות ים, מציין כי ממוצע הדייג במעגן מיכאל עובר את 1000 ק"ג דגים לדונם ואילו השלל לדונם של דייגי ג'רסר בממוצע הוא כ- 1.6 ק"ג לדונם (לפי חישוב של דייג עד מרחק 3 ק"מ מהחוף). כלומר שהיחס הוא פי 625 לטובת מעגן מיכאל! יש לציין כי שטח בריכות הדגים הכולל של מעגן מיכאל מגיע לכ- 800 דונם.

החופים: מאתר המשרד להגנת הסביבה (2012), עולה כי אורך חוף ג'רסר א זרקא הוא 0.8 ק"מ, גבולו המזרחי הוא מצוק כורכר ואחריו היישוב ג'רסר, בקצהו הצפוני תל עתיק וממערב מעגן סירות. חוף מעגן מיכאל הוא שמורת טבע בגודל 671 דונם.

4.1 התרבות הקיבוצית-ישראלית מול התרבות הערבית-ישראלית

תרבות הינה מרכיב עיקרי ביצירת חברה וקהילה ובגיבוש זהות לאומית וזהות אישית. בישראל, יש לציין, יצרה הציונות מהפכה גם בתרבות. הציונות באה לתת תשובה לאתגר הזהות היהודית בעולם שחרת על דגלו את החירות. הציונות ביקשה את חירותו של עם ישראל, לאחר שעולם חדש ומהפכני זה הביא להגדרה מחודשת של הזהות היהודית ואפשרויות הקיום היהודי. הציונות צמחה כתנועה לשחרורו של עם ישראל. אחד מהתנועות שישמו רעיון זה וחיברו את עם ישראל עם ארץ ישראל היתה תנועת ההתיישבות הקיבוצית (אבינרי, 1980).

הקיבוץ הינו יישוב בעל אופי ייחודי בישראל ובעולם ומאפיין התיישבות יהודית בלבד. החברה הערבית הינה מיעוט אזרחי ודתי בישראל. התרבות הערבית ישראלית צמחה על רקע התרבות הערבית העולמית, מאורח החיים השבטי, מסורתי ובעיקר דתי אסלמי. לעומתה, התרבות הקיבוצית צמחה מאורח החיים השיתופי והחילוני בשנות ה-20-30 של תחילת המאה, בעיקר בתקופת העלייה השנייה ושלישית.

"בעלותם ארצה הציפה את החלוצים, שזה מקרוב באו, התחושה המשכרת "הכול פתוח"... אין מסורות מקודשות, אין הרגלים, הכול ניתן לעצוב מחדש (...). היו אלה חוויות עמוקות שביקשו את ביטוין התרבותי, והוא אכן הגיע" (זעירא, 2002).

ממול, ניצבת האומה הפלסטינית המאופיינת במשבר זהות בסיסי. במאמרו על המחלוקת בשאלת הערבים, מציין חזן, כי נקי מרכזית במחלוקת היא האם היהודים בפלשתינה מתמודדים מול אוכלוסייה ערבית או אומה ערבית (חזן, 2007).

במסמך "החזון העתידי לערבים הפלסטינים בישראל" משנת 2006, ניסחו ואפיינו מחברי המסמך את זהותם כך:

"אנו הערבים הפלסטינים החיים בישראל, ילידי הארץ ואזרחי המדינה, חלק מהעם הפלסטיני והאומה הערבית ומן המרחב התרבותי הערבי, האסלאמי והאנושי.

מלחמת 1948 הביאה להקמת מדינת ישראל על 78% משטח פלסטין ההיסטורית. אנו שנתרנו במולדתנו (כ-160,000 נפשות) מצאנו עצמנו בתוך גבולות המדינה היהודית, מנותקים משאר בני עמנו הפלסטיני ומהעולם הערבי, נאלצנו לשאת אזרחות ישראלית והפכנו למיעוט במולדתנו ההיסטורית."

4.2 הקיבוץ והתרבות הקיבוצית

רקע לצמיחתו של הקיבוץ:

כיוון שבימי הביניים נאסרו על היהודים עיסוקים רבים, נדחפו היהודים למסחר ובנקאות. העם היהודי חסר, בהשוואה לעמי תרבות אחרים, מעמד פועלים איתן ומושרש בענפי הייצור הראשוניים החרושת וחקלאות. כך הפכו היהודים לעם שהוא למעשה גם מעמד של בורגנות זעירה והיו חשופים לשנאת המעמדות הגבוהים והנמוכים וכפו על היהודים חיים של תלות משפילה ביחס הסביבה אליהם. הציונים הסוציאליסטים, ציפו וחתרו גם לשינוי המבנה החברתי של העם היהודי באמצעות יצירת מעמד עובדים בחקלאות ובתעשייה וגם לחידוש זיקו של העם היהודי לארץ- שתהיה לו למולדת (בריינקר, 2007).

במאמרו "להיות ישראלי", מציג דה שליט שתי גישות ביחס לגיבוש הזהות היהודית על רקע הוויכוחים האידיאולוגיים בשאלת עם ישראל וארץ ישראל. גישה אחת היא הגישה הצנטריפטלית, כלומר אנשים השואפים להיות במרכז ועל-ידי כך מגדירים עצמם. הגישה השנייה היא הגישה הצנטריפוגלית, כלומר אנשים השואפים לברוח מהמרכז ומגדירים עצמם על-ידי מתן דגש לזהות קולקטיבית (דה-שליט, 2003).

לאחר מלחמת העולם ה-1 והצהרת בלפור, ישנה ציפייה גדולה לעלייה לארץ ישראל. מקימים גופים כמו "ההגנה" ו"ההסתדרות הכללית של העובדים העבריים בארץ ישראל" וצומחות צורות התיישבות חדשות: מושב, מושב עובדים, קבוצה, קיבוץ. זו הדרך בה רואה מעמד הפועלים את הגשמת הציונות (בריינקר, 2007).

הקיבוץ הוא צורת יישוב ייחודית שהשתלבה בתהליך יישובה מחדש של ארץ ישראל. דגניה הינו הקיבוץ הראשון שהוקם על שפת הכנרת בראשית המאה העשרים ע"י אנשי העלייה שניה אשר ביקשו לעבד שטחי קרקע באזור ולנהל את חייהם באורח שיתופי.

הקיבוצים הוקמו לרוב באזורי ספר ושימשו כאמצעי ליישוב הארץ ולהגנה על גבולותיה. הקיבוץ-הוא צורת התיישבות שיתופית ייחודית למדינת ישראל, המבוססת על שאיפת הציונות להתיישבות מחודשת בארץ ישראל ועל

ערכים סוציאליסטיים שוויון בין בני האדם ושיתוף כלכלי ורעיוני. הקיבוץ הוא בדרך כלל יישוב קטן המונה מספר מאות תושבים ופרנסתו מחקלאות ותעשייה (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2012).

בימי ראשית המדינה, הקיבוצים שימשו מכשיר מרכזי למימוש הציונות ונחשבו לאליטה החברתית של היישוב בארץ. הקיבוצים החלו כקהילות אשר דגלו בשיתוף מלא של הרכוש ובשוויון, הן בייצור והן בצריכה, עקרונות שמוצגים בחלק מספרות המחקר כאוטופיה (התנועה הקיבוצית, 2003).

מדברים על , האדם העברי, החדש, וארץ ישראל נעשית מרכז תרבותי חשוב ליהודים הנמצאים עדיין בגולה. אידיאל "החלוץ" הרואה עצמו שליח האומה, מכשיר את הארץ ונעשה למרכז של עשייה חינוכית ושל תרבות עברית חדשה (ברינקר, 2007).

אותה דמות של "החלוץ", התאפיינה במאמץ החלוצי להפוך את "ארץ ישראל של מעלה" ל"ארץ ישראל של מטה" כלומר לטריטוריה יהודית של ממש. תשוקת החלוצים, שמנגד לה ניצבת תשוקתם של הפלסטינים אל אותה פיסת ארץ, היא זו העומדת ביסוד המאבק שנראה אין סופי :

"להיות בארץ ישראל היה מבחינתם להיות לא רק במקום קונקרטי מוגדר. להיות בארץ ישראל היה מבחינתם להיות" (ההדגשה במקור - נוימן, 2009).

בשלהי המאה העשרים עברו הקיבוצים משבר שהביא לשינוי מהותי באופי של רבים מהם. לצד מודל הקיבוץ השיתופי או הקיבוץ המסורתי, שבו ניתן שכר שווה לכל החברים, צמח מודל הקיבוץ המתחדש או הקיבוץ המופרט. שינויים אלה, גרמו לערכי השוויון והשיתוף בהם דגלו לשנות את צורתם אך לא שינו את אורך החיים השיתופי, קהילתי, את התרבות הענפה ואת החינוך המשותף. (התנועה הקיבוצית, 2003).

למרות חלקה הקטן יחסית באוכלוסייה, אורך החיים הקיבוצי הכתיב תרבות ייחודית אשר השפיעה מאוד על התרבות הישראלית בכללותה. עם השנים, חלקה של האוכלוסייה הקיבוצית באוכלוסייה הכללית בישראל הלך וירד. בשנת 1948 8% (שהם כ-48,000 נפש מתוך 600,000) מכלל האוכלוסייה בישראל גרו בקיבוצים. לעומת זאת, נכון לשנת 2007, סך כל תושבי הקיבוצים מגיע ל-119,700 נפש, שהם פחות משני אחוזים מאוכלוסיית המדינה. על פי הלמ"ס (2012) כיום חיים כ-141,000 נפש ב-274 קיבוצים, מהם רק 70 נותרו שיתופיים.

הפרק הבא יעסוק בחברה הערבית ובתרבותה. התרבות הערבית בארץ קשורה בקשר ישיר עם שאלת הזהות הערבית-פלסטינאית והיחס למקום הפיסי בו חיים היהודים הישראלים והפלסטינאים הישראלים.

4.3 החברה ערבית ותרבותה

החברה הערבית בישראל חיה באזור במשך דורות רבים. לאחר דיכוי המרד היהודי האחרון, מרד בר כוכבא,

בשנים 132-135 לספירה, קבע השלטון הבריטי את השם הלטיני *Palestina* במקום השם יהודה. השלטון הרומאי-ביזנטי חילק במאה החמישית את ארץ ישראל לשלוש יחידות: "פלסטינה פרימה" – יהודה ושומרון וחלקו הדרומי של עמק הירדן המזרחי, "פלסטינה סקונדה" – מקיפה את עמק יזרעאל, הגליל המרכזי והמזרחי, הגולן וחלקו הצפוני של עמק הירדן המזרחי ו-"פלסטינה טרציה" – הכוללת את דרום עבר הירדן המזרחי, הנגב ומדבר סיני. הכובש הערבי המוסלמי שמר ביסודו של דבר על חלוקה אדמיניסטרטיבית זו. העות'מאניים ערכו חלוקה נוספת של שלושה מחוזות (סנג'קים): עזה, ירושלים ושכם (פורת, 1971).

רבינוביץ' (1993), מציין במאמרו את המורכבות ביצירת הזהות הפלסטינאית-ישראלית. פלסטינים אזרחי ישראל, קיבלו אזרחות זו כתוצאה מכך שנשארו ב-1948 בתחומי ישראל או נולדו בה מאז '48, או אזרחים אשר חזרו לישראל לאחר בשנות ה-50 במסגרת איחוד משפחות או בצורה לא חוקית בגניבת הגבול. בכלי התקשורת הם נקראו "בני מיעוטים" ובלמ"ס נרשמו עד לשנת 1972 בכינוי "לא יהודים". במהלך שני ה-60 ו-70 החלו להיכנס הביטויים: "ערבים" ו-"ערביי ישראל", כינויים המציינים בעלות והמקובלים מאוד גם היום בתיאור קבוצה אתנית זו. הביטוי "פלסטינים" מתייחס בד"כ לתושבי השטחים שנכבשו ע"י ישראל ב-1967 או לפלסטינים החיים במדינות ערב או במדינות מחוץ למזרח התיכון. לביטוי "פלסטינים" ישנו דימוי שלילי של מחבלים ופורעי חוק בקרב אזרחי המדינה היהודים ובעיה מתעוררת כאשר משתמשים בביטוי זה לציון שיוך גיאוגרפי: מדינת ישראל או בערבית "פלסטיין". השימוש הישראלי במושג "ערבים" לציון הפלסטינים מסיט את המחלוקות לתחום פחות מאיים של שוני תרבותי.

קהילת הערבים אזרחי ישראל נוצרה, כפי שמרמז כינויים בערבית, במהלך מלחמת העצמאות, בין השנים 1948 ו-1949. החלטת האו"ם בכ"ט בנובמבר 1947 הורתה על סיום המנדט הבריטי, והקמת שתי מדינות עצמאיות – מדינה ערבית ומדינה יהודית. ההנהגה היהודית קבלה את תוכנית החלוקה, וההנהגה הערבית, בהשפעת חאג' אמין אל-חוסייני, דחתה אותה מכול וכול. לאחר מלחמת העצמאות, בשנת 1949, נחתמו הסכמי רודוס, ונקבעו קווי שביתת הנשק (הקו הירוק) (הנדל ומנצור, 2007) ובתחומי מדינת ישראל נותרו תושבים ערבים ואליהם צורפו במסגרת חילופי השטחים גם תושבי ואדי ערה (נחל עירון) והמשולש (טירה, קלנסוואה וטייבה). חלק מהפליטים הספיקו לחזור לבתייהם שבתוך תחומי הקו הירוק בטרם נסגרו הגבולות לחלוטין, אולם רובם המכריע של הפליטים נותרו במחנות שאליהם נמלטו, ולא הורשו לחזור.

פלסטינים תושבי ישראל מהווים כ-1,413,500 בני אדם – נתון אשר כולל גם את ערביי מזרח ירושלים, והתושבים הדרוזים ברמת הגולן שהם בעלי מעמד של "תושב קבע" ואינם מחזיקים באזרחות ישראלית. פלסטינים תושבי ישראל מהווים קרוב ל-20% מכלל האוכלוסייה בישראל. לפי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה לשנת 2006, 83% מתוך ערביי ישראל הם מוסלמים, 12% נוצרים ו-5% דרוזים. מבחינת אזורי התיישבות, כ-60% מהערבים בישראל מתגוררים בגליל, 20% ביישובי המשולש, 10% בנגב, ו-10% בערים המעורבות (לפי נתוני הלמ"ס לשנת 2006).

המרכזים החשובים של ערביי ישראל הם נצרת וחיפה כיוון שרוב מערכות העיתונים, הוצאות הספרים, מרכזי המפלגות והארגונים השייכים לקהילה זו ממוקמים בערים אלה.

הן הפלסטיניים והן הבדואים רואים עצמם חלק מהתרבות הערבית, והם משתמשים באמצעי התקשורת בשפה הערבית הספרותית (שהיא אחידה בעולם הערבי). השפה הערבית היומיומית המדוברת בקרב פלסטינאים אזרחי ישראל מגוונת מאוד וכוללת מספר רב של ניבים. השפה הערבית הספרותית מוכרת כשפה רשמית במדינת ישראל (הוועד הארצי של ראשי הרשויות המקומיות הערביות בישראל, 2006).

היבט מעניין נוסף לשפה כמחוללת שינוי, אפשר לראות אצל רנאן. השפה היא הכלי מכונן, טוען רנאן. היא קובעת את אופי הדת ואת היכולת ליצור ולהתפתח. העברית, כמו גם הערבית, יצרו קיפאון מחשבתי ובלמו את כושר היצירה והיכולת ליצור "תרבות", בניגוד לשפות ההודו-אירופאיות שהיו גמישות ומתפתחות (שביט וריינהרץ, 2009).

הקשר של האוכלוסייה הפלסטינית לסביבתה, מושפע מאורך החיים המסורתי. אורח חיים זה כולל בין היתר חקלאות בעל חסכונית במים ונקיה מכימיקלים, שימוש בצמחי תבלין ומרפא ושימוש במוצרים אשר נעשים בבית או משימוש חוזר במוצרים, הכרות עם הסביבה הקרובה ושייכות למקום. למרות שרב הצעירים הערבים היום חיים באורח חיים מעט שונה, חלק נכבד מהמסורות האלו נשמרות ומשולבות באורח החיים המודרני (נגב וגראב, 2009).

חמולה היא מילה ערבית המתארת משפחה מורחבת. תכונה בולטת אצל ערביי ישראל היא החמולתיות שקיימת ביניהם ומאפיינת כל עיר ערבית טיפוסית. בישראל מספר חמולות גדולות ומרכזיות אשר כל אחת מהן מונה יותר מחמשת אלפים איש וברוב המקרים מנהלת או שולטת בעיר מגוריה. במקרה של ג'יסר א-זרקא, מייסדי הכפר היו כ-80 משפחות מחמולות שיהאב ונג'אר, שהגיעו לארץ ישראל ממצרים עם חילות מוחמד עלי (1834), וכן בני החמולות ג'ורבאן ועמאש, בדווים בני השבט ערב אל-ע'זרניה, שנדדו במאה ה-19 מעמק הירדן. אורח החיים החמולתי יוצר תרבות שבטית, מסורתית אשר מייצרת קהילה וחיי חברה ייחודיים (יובל, 2010).

התרבות הערבית בישראל שרויה במשבר קשה, שהולך ומעמיק. היא יצאה מהעידן התמים של התרבות החמולתית, אבל מתקשה לעצב תרבות מודרנית עצמאית ואיכותית, שתענה על מצוקת הזהות הישראלית-פלשתינית של ערביי ישראל.

בדיאלוג התרבותי-חברתי המתנהל בין דור הצעירים (הבנים) לבין דור המבוגרים (האבות) בחברה הערבית, נפוצה מאוד הטענה של האבות הנאמרת לסיכום הוויכוח: "נכון שאז לא היו לנו מכוניות, טלוויזיות, מכשירי וידאו ומחשבים, ולפעמים לא היה מה לאכול, אבל החיים היו יותר רגועים ובין האנשים שררו אהבה, ידידות ושיתוף פעולה". את הטעון הזה הם מחזקים בחוויה החברתית של אז ובדפוס הביילוי: המפגשים בדיוואן, החתונות והשמחות, החגים, עונות הקציר, וכל החוויות שנוצרו כתוצאה מהמפגש האישי, הישיר והבלתי אמצעי של הקולקטיב. אצל דור האבות, תרבות הפנאי נתפסת כפונקציה חברתית, כצורך של הקולקטיב שהכתיב את אופן הביילוי (הנדל ומנצור, 1999).

באותם ימים ש"לא היו טלוויזיה ומכוניות", רוב התושבים עבדו בחקלאות ובתוך היישובים שלהם. הזמן שלהם התחלק בין עבודה לביילוי, ואופי העבודה והביילוי היו קולקטיביים. בדרך כלל, כל בני המשפחה עסקו באותה

עבודה, בחלקה המשפחתית. בעונות חקלאיות, לרבות בקיץ, היה שיתוף פעולה בין-חמולתי. מערכת היחסים החברתיים שיצר שיתוף הפעולה בעבודה, הביאה גם לשיתוף פעולה בבילוי הזמן הפנוי. דפוסי התרבות והבילוי האלה אפיינו את החברה הערבית הכפרית עד שנות החמישים. כולם מבוססים על יצירה וחוויה קולקטיביות ומסורתיות, בהבדל מדפוסי בילוי עירוניים (בדרך כלל בערים מעורבות של ערבים ויהודים, כגון חיפה, עכו, לוד ורמלה), שם היו הבילויים מבוססים על חוויה אינדיבידואלית כמו ביקור בתיאטרון וקולנוע. באמצע שנות השבעים, לאחר יום האדמה ב-30.3.76 וכל התמורות הפוליטיות שעברו על העם הערבי הפלשתיני, מביקור סאדאת, דרך הסכם השלום עם מצרים, ועד הסכמי אוסלו ועד בכלל, מחק תהליך הפלשתיניזציה התרבותית כל ויכוח על הזהות התרבותית של האוכלוסייה הערבית-פלשתינית בישראל. גיבוש הזהות הלאומית התרבותית של המיעוט הערבי בישראל כזהות פלשתינית העלה את שאלת ההכרה בהם כמיעוט לאומי ולא "מיעוטים בני עדות ודתות שונות". האינטלקטואלים הערבים הם שהובילו אז את המאבק להכרה בזהות הלאומית הפלשתינית של האוכלוסייה הערבית בישראל.

השאלה הייתה אז, כמו היום, לא רק פוליטית אלא תרבותית, טיפוח התרבות הערבית בישראל הוא לא רק מימוש זכות אזרחית של חמישית מאוכלוסיית המדינה, אלא גם אחד מאבני הפינה להקמת חברה רב-תרבותית, בישראל ובמזרח התיכון (הנדל ומנצור, 1999).

ראוי להדגיש כי בחברה הערבית, כמו בכל חברה אחרת, ישנם עקרונות ומאפיינים שניתן למצוא גם בחברות אחרות ויש כאלה אשר ייחודיים רק לה. החברה הערבית מאופיינת יותר מחברות אחרות בכך שהיא "חברה המבטאת את עצמה במילים". ההיסטוריון פואד עגימי אשר בדק את התחדשות החברה הערבית, מצא, כי השפה הערבית הייתה גורם בעל משקל מרכזי בתפיסת הלאום הערבי עד כי לעיתים היה בכוחה בלבד להגביל את הקדמה וההתחדשות התרבותית.

הגאווה הערבית הופכת את החברה האסלאמית לחברה מוחצנת שנוהגת בתוך משולש ערכי בעל שלושה ממדים: כבוד, בושה, נקמה. הכבוד הוא הממד החשוב ביותר, לעיתים יותר מהחיים עצמם. ברגע שהכבוד נפגע, נגרמת הבושה, אשר אותה ניתן למחוק רק באמצעות הנקמה. שילוב של שלושת המאפיינים המרכזיים — השפה, החברה, והמנהיגות, בנוסף להשפעתם של ערכי הגאווה הערבית יוצרים חומה בצורה שמפרידה בין התרבות המערבית, לתרבות הערבית (הנדל ומנצור, 2007). סמי עלי, יו"ר הוועד העממי למען גייסר א-זרקא, טוען שישנה הפרדה בין תרבות אסלמית ותרבות ערבית. "תרבות אסלמית קשורה לדת, יש דתיים הדוקים ויש פחות הדוקים אך אין מה שמכונה ביהדות חילוניים. ובתרבות ערבית ההתייחסות היא לאורך החיים בחברה ופחות לקשר לדת. בגייסר כולם דתיים אבל לא כולם הדוקים".

5. שאלות המחקר

שאלת המחקר של עבודה זו היא: מהן ההשפעות של התרבות והדת על הסביבה הימית? המקרה הנבחר הוא הכפר גייסר א- זרקא וקיבוץ מעגן מיכאל. על פי המשרד להגנת הסביבה (2012), סביבה ימית היא מצבו של הים מבחינה סביבתית. בעבודה זו אנו בוחנים את השפעת הדת והתרבות והיחס לים ולחופיו באזורים הנבחרים, ואת השימושים השונים בים ובחופיו הנגזרים מכך.

6. מטרות המחקר

בין היישובים גייסר א- זרקא ומעגן מיכאל ישנם קווי דמיון רבים אך נראה כי אופן התפיסה הימית בניהם שונה. נראה, כי התייחסות תושבי גייסר לסביבה הימית היא ישירה ובלתי אמצעית, לעומת תושבי מעגן מיכאל שפחות תלויים כלכלית בים, היות שיש בבעלותם ברכות דגים יבשתיות שהתפוקה שלהם עצומה יחסית לתפוקה של דיגי גייסר א-זרקא הדגים מהים. מצד שני נראה שהיחס לסביבה הימית במעגן מיכאל טוב יותר מבחינת נקיון החופים ושמירתם. אנו מעריכים שלהבדלים אילו יש שורשים בדת והתרבות השונות של שתי האוכלוסיות. יש לציין שהדת של תושבי מעגן מיכאל היא יהדות. אולם רוב רובם של התושבים הם חילונים כך שההתייחסות לטבע היא פרי של הערכים של שמירת טבע מודרניים ופחות של ערכים יהודיים. לעומת זאת, תושבי גייסר א- זרקא הם מסורתיים יותר, וערכי הדת באים שם יותר לידי ביטוי על חשבון ערכים מודרניים של שימרת טבע.

לכן, המטרה הכללית של מחקר זה היא לבדוק את ההשפעות התרבותיות והדתיות על הסביבה הימית. ולבחון השפעות אילו ביישובים הספציפיים: מעגן מיכאל וגייסר א- זרקא.

7. השערות המחקר

ההשערה המרכזית שלנו היא שלתרבות ולדת יש השפעה רבה על היחס לסביבה הימית. להערכתנו האמונה המוסלמית שמחייבת שמרנות רבה יותר בקרב מאמיניה גורמת להסתכלות על הים כמקור הכנסה ופחות כמקור נופש ופנאי. לדוגמא רחיצת גברים בים היא דבר נפוץ יותר יחסית לנשים ואין תרבות של שהייה והשתזפות בים גם בימי הקיץ. לעומת זאת התפיסה החילונית, קיבוצית של מעגן מיכאל מתייחסת אל הים כמקור נופש ופנאי בלבד. גם כתוצאה מתפיסה חילונית פתוחה יותר עם שאיפה לשוויון בין המינים וחיפה לתרבות פנאי מערבית. העובדה שקיבוצים נחשבים לאליטה חברתית בוודאי משפיעה גם על השימוש וההתייחסות לסביבתם. בנוסף, התייחסות זו היא פרי העובדה שתושבי הקיבוץ פיתחו חקלאות ימית בברכות דגים על היבשה. בנוסף לקיבוץ מפעל מצליח, כך שהתלות של תושבי הקיבוץ בים איננה קיומית כמו של חלק מתושבי גייסר א-זרקא.

אוכלוסיית גייסר א- זרקא סובלת ממצוקה קיומית של מחסור בשטח לבנייה, צפיפות רבה, אבטלה, פרנסה בתנאי דחק ומצב סוציו אקונומי נמוך. אנו מעריכים שכל האחרונים גורמים לתושבי המועצה המקומית להתעסקות בהישרדות ולא בבילויים ובפנאי דברים אותם מסמל הים.

בנוסף, נוכח מיעוט עתודות הקרקע בגייסר א-זרקא סביר להניח שהבנייה תהיה בצמוד יותר לחוף היות ואין לתושבי המועצה שטחים לבנות בהם את בתיהם. לעומת זאת, תושבי מעגן מיכאל יכולים לגור רחוק יותר מקו החוף כיוון שיש לקיבוץ שטחים רבים להרחבה עתידית.

8. מערך המחקר

מתוכנן מחקר כמותני המבוסס על שאלון שמטרתו לבדוק את ההשפעות של דת ותרבות על הסביבה הימית. השאלון יועבר לכמה קבוצות גיל בכל יישוב על מנת לזהות שינוי של תפיסת הסביבה הימית לפי קריטריונים של: מין, גיל, עיסוק ועוד..

9. חשיבות המחקר ורעיונות למחקרי המשך

למחקר הנוכחי יש מספר נקודות חוזק. ראשית, במהלך החיפוש אחר מקורות ספרות מצאנו שהמקורות בנושא התפיסה הימית מועטים או לא קיימים כלל. כך שחשיבותו הראשונית של המחקר היא בחקר ראשוני בנושא השפעות הדת והתרבות על הסביבה הימית. המחקר פותח צוהר לנושא תפיסת הסביבה בדתות בכלל ובדת המוסלמית בפרט נושא שאין עליו חומרים רבים ושאינו מפותח דיו בספרות. מן המחקר עולים הבדלים משמעותיים בין היישובים, חלקם מעידים על חוסר צדק חלוקתי בין היישובים ועל מחסור עתודות הקרקע של תושבי המועצה המקומית גייסר א-זרקא. המחקר מציף נקודות אלה ויכול להוות מסמך לצורך שכנוע / הצגה מול הרשויות למשל בנושא בעיית הדיור בגייסר. בנוסף, בעידן בו מנסה התנועה הסביבתית למשוך אלה כמה שיותר תומכים, המחקר מעלה נושאים תרבותיים ודתיים שיכולים למשוך קהלים גדולים להתעניין בנושא הסביבתי ואף לעסוק בו. במקרה הספציפי של היישובים מעגן מיכאל וגייסר א- זרקא המחקר יכול להוות כר לשיתוף פעולה ולפיתוח תיירות סביבתית כמנוף לאוכלוסיות אילו.

כמובן שהיה מומלץ אילו ערכנו את המחקר בפועל, בתוספת של רעיונות עומק עם דמויות מרכזיות בשני היישובים. מחקר המשך אפשרי יכול להיות מחקר איכותני, פרשני שיבדוק לעומק את התפיסות הדתיות והתרבותיות הנוגעות לסביבה בקרב תושבי היישובים. מחקר שכזה יכול להיות מקרה בוחן לתפיסת סביבה בקרב אוכלוסיות יהודיות וערביות באופן כללי.

10. סיכום ומסקנות

בעבודה זו סקרנו את הספרות בנושא השפעות דת ותרבות על הסביבה הימית. בנושא הדת, הספרות מצביעה על כך שגם לאסלם וגם ליהדות יש יחס חיובי לסביבה. באסלם מצאנו כי קיים דגש של שמירה על הסביבה כמקור פרנסה וטהרה. ביהודית מצאנו שקיימים גופים רבים העוסקים בתחום שבין היהדות לסביבה. מבחינת התרבות, הגדרנו מהי תרבות וסקרנו את השורשים של התרבות היהודית / ציונית מול התרבות העברית בארץ ישראל. לבסוף, עמדנו על ההבדלים בין התרבות היהודית, חילונית, ציונית המאפיינת את תושבי מעגן מיכאל לעומת תרבות האסלאמית, חמולתית, בדואית המאפיינת את תושבי גייסר א- זרקא.

בעידן של משבר סביבתי הדת והתרבות הם קריטריונים משמעותיים בהבנת תפיסות שונות, בחרנו להתמקד בנושאים תרבות ודת כיוון שאנחנו חושבים שקריטריונים אילו יכולים להיות בסיס לשמירה רבה יותר על הסביבה. מסקנתנו היא שההבדלים התרבותיים והדתיים חייבים להילקח בחשבון כאשר פונים לעשות שינוי סביבתי כלשהו. מדינת ישראל יכולה להוות מקרה חקר לנושא השפעות תרבותיות ודתיות על הסביבה, היות והאוכלוסייה בה מגוונת הן מבחינת תרבותית והן מבחינה דתית. החומר שקראנו יכול לשמש מובילי שינוי בניסיון להשפיע על אוכלוסיות שונות דרך דת ותרבות ובפרט ערבים ויהודים / חילוניים במדינת ישראל, אותם חוקר מחקר זה.

בעבודה זו אנו מציעים לערוך מחקר כמותני לבדיקת ההשפעות של דת ותרבות על הסביבה הימית. תוצאות המחקר יכולות לשמש בסיס להסתכלות כוללת של מהלכים סביבתיים. ולחובה לקחת קריטריונים חברתיים לתוך המשוואה הסביבתית. מסקנותינו היא של מהלך בתחום הסביבתי חייב לבוא מתוך ראיה הוליסטית שלא שמה את מלא יתבה על פיתרונות טכנולוגיים אלה מתבוננת באדם כמכלול בין היתר על תרבותו ודתו. הסתכלות הוליסטית שכזו תביא לדעתנו לשינויים סביבתיים עמוקים יותר וכאילו שיחזיקו מעמד זמן רב יותר.

11. בבליוגרפיה:

מקורות בעברית:

אבינרי, ש' (1980). הציונות כמהפכה, בתוך "הרעיון הציוני לגונו: פרקים בתולדות המחשבה הלאומית היהודית". עם עובד.

אבן שושן, (1964), מילון עברי עברי, מהדורה 12.

ברינקר, מ' (עורך) (2007). ההגות היהודית המודרנית בתוך "זמן יהודי חדש", כרך א', כתר.

גורביץ, ז' (2007). על המקום. עם עובד.

הייטנר, א' (2007). נכס לתרבות הישראלית (א') / עיתון שווים.

הנדל, י' ומנצור א' (1999). מתוך "פנים" – הקרן לקידום מקצועי, הסתדרות המורים בישראל, גיליון 10.

חבס, ב'. (מתוך הספר: "כאן על פני אדמה" בעריכת מוקי צור, תאיר זבולון, חנינא פורת), הוצאת הקיבוץ המאוחד וספריית פועלים, תשמ"א.

חלמיש, מ' ורביצקי א' (1991). "ארץ ישראל בהגות היהודית בימי הביניים". הוצאת יד יצחק בן צבי.

כבהא, מ' (2010). הפלסטינים עם בפזורתנו, יחידה 6, בסדרה "המזרח התיכון בימינו", רעננה: הוצאת האוניברסיטה הפתוחה.

משוניס ג' (1999). אוניברסיטה הפתוחה.

נגב, מ', גארב, י' (2009). קידום החינוך לקיימות במגזר הערבי, דו"ח מסכם, אוניברסיטת בן גוריון.

נוימן, ב' (2009) תשוקת חלוצים, עם עובד.

עזריהו, מ' (2001). "הטבע העניק לנו את הים" מתווה להיסטוריה תרבותית של חוף תל-אביב 1918-1948. אופקים בגיאוגרפיה גיליון 53, החוג לגיאוגרפיה, אוניברסיטת חיפה.

פורת, י' (1971). צמיחת התנועה הלאומית הערבית-הפלסטינאית, 1918 – 1929, יצא לאור על ידי האוניברסיטה העברית ומכון ללימודי אסיה ואפריקה.

רינאוי-זועבי, ג' (עורכת) (2006). מסמך "החזון העתידי לערבים הפלסטינים בישראל". הועד הארצי לראשי

הרשויות המקומיות הערביות בישראל.

רבינוביץ, ד' (1993). נוסטלגיה מזרחית, איך הפכו הפלסטינים ל"ערביי ישראל".

רפיד, פ'. (2001). "לסביבה באהבה", השפעת צרכי התרבות והחברה על הסביבה, (המשרד לאיכות הסביבה מחוז ת"א), אורית בן-צבי אסרף (איגוד ערים לאיכות סביבה דרום יהודה).

שביט, י' ורינהרץ י' (2009). "דרווין וכמה מבני מינו: אבולוציה, גזע, סביבה ותרבות- יהודים קוראים את דרווין, ספנסר, באקל ורנאן". הוצאת הקיבוץ המאוחד.

מקורות באנגלית:

An introduction to the sociology of religion: classical and contemporary perspectives.

Furseth I. Pepstad. P (2006) Ash gate Publishy Company.

Cohen, Jeremy (2001) On Classical Judaism and Environmental Crisis, Lekington Books.

Chazan, meir (2007). The Dispute between Aharonovitch and Arlosoroff over the Zionist Stance On the 'Arab Question'. Middle Eastern Studies, Vol. 43, No. 6.

De shalit, avner. "Being Israeli". Government and opposition. Vol 39. Issue 1.

dillan.j ; ketsey.e ; duque.m (2006). " Identity and culture: theorizing emergent environmentalism". , school of education, king's college London, uk.

Harper L. Charles(2008) Religion and environmentalism Creighton University.

Lawrence Troster R: (2004). From Apologetics to New Spirituality:Trends in Jewish Environmental Theology . New York, NY 10016

Lowrance. S: (2012) Nationalism without Nation: State-building in Early Twentieth-Century Palestine, Middle East Critique, 21:1, 81-99

Mc Daniel, Jay (2007)Ecotheology and World Religions Fordham University Press.

מקורות מהאינטרנט:

אתר הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, נדלה בתאריך 1/12/2012 מתוך האתר:

<http://www.cbs.gov.il/reader>

אתר המועצה המקומית גסיר א זרקא, נדלה בתאריך 1/12/2012 מתוך האתר:

<http://www.vaada-shomron.org.il/yishuvim/gaser.htm>

גסיר א- זרקא, נדלה בתאריך 1/12/2012 מתוך אתר ויקיה בכתובת:

http://he.danielventura.wikia.com/wiki/%D7%92'%D7%A1%D7%A8_%D7%90-%D7%96%D7%A8%D7%A7%D7%90

אתר הקיבוץ מעגן מיכאל, נדלה בתאריך 1/12/2012 מתוך האתר:

[/http://www.maaganm.co.il](http://www.maaganm.co.il)

אתר המשרד להגנת הסביבה, חוף גסיר א זרקא. נדלה בתאריך 3/12/2012 מתוך האתר:

<http://www.sviva.gov.il/Pages/HomePage.aspx>

אתר התנועה הקיבוצית, פרוטוקול ישיבות ועידת התנועה (דצמבר 2003) נדלה בתאריך 1/12/2012 מתוך האתר:

[/http://www.kibbutz.org.il](http://www.kibbutz.org.il)

אתר אקולוגיה ויהדות "טבע עיברי", נדלה בתאריך 5/12/2012 מתוך האתר:

<http://www.tevaivri.org.il/page-Vision>

אתר מגזין המושבות, נדלה בתאריך 20/12/2012 מן האתר:

http://www.magazin.org.il/inner.asp?page=23&article=343&search_str=%EE%F2%E2%EF%20%EE%E9%EB%E0%EC

אתר המוסד לביטוח לאומי, נדלה בתאריך 3/1/2013 מן האתר:

<http://www.btl.gov.il/Mediniyut/Situation/statistics/BtlStatistics.aspx>

החזון העתידי לערבים הפלסטינים בישראל: התרבות הערבית הפלסטינית בישראל", הוועד הארצי של ראשי הרשויות המקומיות הערביות בישראל, גרסה אלקטרונית, (2006). נדלה בתאריך 3/12/2012 מתוך האתר:

<http://www.dayan.org/kapjac/files/ArabKnesset17.pdf>

יובל, יי (2010). גסיר א זרקא- כפר הדייגים האחרון לחופי ישראל, נדלה בתאריך 20/12/2012 מהאתר ynet

<http://www.ynet.co.il/yaan/0,7340,L-24143-PreYaan,00.html>

רפפורט, מי (2010). כך הפכו מייבשי הביצות הפלסטינאים מגסיר א זרקא לקוץ בליבו של האזור היוקרתי ביותר בשרון, נדלה בתאריך 20/12/2012 מאתר הארץ:

<http://www.haaretz.co.il/misc/1.1205308>

חובל, ר' (2011). קיסריה, בית חנניה ומעגן מיכאל: גסיר א- זרקא לא תורחב על חשבונינו. נדלה בתאריך 3/1/2013 מתוך אתר הארץ:

<http://www.haaretz.co.il/news/education/1.1373515>

Islamic Foundation for Ecology and Environmental scienc

נדלה בתאריך 2/2/2013 מן האתר: http://www.ifees.org.uk/pdf/newsletter_EcoIslam8.pdf

Is it Jewish to be Green? Naomi Tsur,

נדלה בתאריך 3/2/2013 מן האתר:

<http://coejl.org/resources/is-it-jewish-to-be-green>

McDermott, Mat (2011) Humans Are Trustees Of Allah's Creation: Islam & The Environment,

נדלה בתאריך 12/12/2012 מתוך האתר:

<http://www.treehugger.com/culture/humans-are-trustees-of-allahs-creation-islam-the-environment.html>

BISMILLAH AL-RAHMAN AL-RAHIM Towards an Ethic of Environment, Trustees or Tyrants, Man and Ecology: 2004 (WRITTEN 1991).

נדלה בתאריך 13/12/2012 מתוך האתר:

, <http://www.arcworld.org>

מקורות נוספים:

אנגיוני חיים, מנהל אגף בכיר לדיג ולחקלאות מים פקיד הדיג הראשי, המשרד לחקלאות ולפיתוח הכפר. התכתבנו בתאריך 1/1/2013.

סמי עלי, יו"ר הוועד העממי למען גייסר א-זרקא, שוחחנו בתאריך 7/1/2013

סאידיה עלי, מנהלת עמותת "בסמלה" (בשם האל) ופעילה חברתית מרכזית בכפר, שוחחנו עימה בתאריך 7/1/2013

איים מלאכותיים בישראל



הצעת תזה "פרויקטים בחקר הסביבה"
בית הספר פורטר ללימודי הסביבה
אוניברסיטת תל אביב

אהובה מרינסקי ת.ז. 032733115
מורן קלדר ת.ז. 043147818
רות רותם וינר ת.ז. 065672370

תוכן עניינים

4	תקציר	
4	תודות	
4	מבוא	
5	איים מלאכותיים בעולם	
7	החלטות מדיניות הנוגעות לבניית איים מלאכותיים בישראל	
8	רקע כללי על ים תיכון	
9	רקע כללי על מזרח ים תיכון	
10	חופי ישראל	
11	הסכמים בינלאומיים בנושא שמירה על ים תיכון	
11	משטר הסעת החולות	
14	השלכות בניית אי מלאכותי על סחף החול	
15	טכנולוגיות אפשריות לבניית איים מלאכותיים	
15	א. טכנולוגיות בניית האי	
16	1.1 שיטת המילוי	
16	1.2 פולדר - סוללת מילוי ימית	
17	2.1 כלונסאות	
17	2.2 פלטפורמה על עמודים :	
17	2.3 פיגומים :	
17	3.1 פלטפורמות צפות -	
18	4. שיטת בורט	
18	ב. הצבה על הקרקעית :	
19	ג. שוברי גלים :	
19	השפעות אקולוגיות של הטכנולוגיות השונות	
20	1. שיטת המילוי	
22	2. שיטת הכלונסאות :	
22	3. איים צפים	
23	4. התבססות של מינים פולשים על גבי מתקנים ימיים	
23	5. שוברי גלים :	
23	אפשרויות טכנולוגיות נתיב תשתית תחבורה לאי המלאכותי	
24	תשתיות התחבורה ביחס לשטח הקרקעית :	
25	אפשרויות לנתיבי תחבורה ביחס לטכנולוגיה :	
25	1. גשר גישה כתשתית תחבורה-	
25	1.1. גשר גישה בצורת תיבה-	
25	1.2. גשר גישה התלוי על עמודים -	
26	1.3. גשר גישה צף - Submerged Floating Tunnels (SFT)	
26	2. מנהרה כתשתית לתחבורה תוואי צנרת מתחת לקרקעית הים-	
26	2.1. מנהרה בשיטת חפירה של צינור שקוע, Immersed Tube-	
27	2.2. פלטפורמות צפות, Submerged Floating Tunnel (SFT) -	

27.....	שיטת צינור שקוע (TBM).....	2.3.
27.....	מנהרה כתשתית תחבורה תוואי צנרת על קרקעית הים.....	3.
27.....	חפירת תעלה לפני הטמנה Pre-lay -.....	3.1.
27.....	הנחה על הקרקעית ולאחר מכן הטמנה Post-lay.....	3.2.
28.....	שיטת קידוח (HDD) Horizontal Directional Drilling - שיטה.....	3.3.
	הים כתשתית תחבורה לאי המלאכותי, באמצעות כלי שיט, (אוניות נוסעים או	4.
	28..... ספינות מסע).....	
29	ההשפעות האקולוגיות של הטכנולוגיות בניית תשתית נתיב תחבורה לאי המלאכותי	
29.....	הנזק הצפוי לסביבה הימית בשימוש גשר גישה כפתרון תחבורה לאי המלאכותי.....	1.
	הנזק הצפוי לסביבה הימית בשימוש מנהרה לכלי תחבורה או מנהרה לתוואי צנרת	2.
30.....	לאי המלאכותי.....	
	הנזק הצפוי לסביבה הימית בבואנו להשתמש בים כתשתית תחבורה לאי	3.
30.....	המלאכותי באמצעות כלי שיט.....	
32	שאלות המחקר.....	
32	מטרות המחקר.....	
32	השערות המחקר.....	
32	שיטות המחקר.....	
32	חשיבות ותרומת המחקר.....	
33	סיכום.....	
34	מקורות.....	
40.....	נספחים.....	

תקציר

מטרת המחקר הנוכחי הייתה לבחון השפעת איים מלאכותיים בישראל על משטר הסעת החולות כתלות בטכנולוגיות הבנייה. זאת לאור, הצורך למציאת עתודות קרקע נוספות כחלופה להקמת מתקן יבשתי אם למגורים ואזורי מסחר או למתקני תשתיות לאומיות וציבוריות. במסגרת המחקר, נעשתה סקירה על תנאי ים התיכון, בייחוד באזור מזרח ים תיכון. בהמשך, התמקדנו בהיבט האקולוגי של הסעת החולות בחופי ישראל. לאחר מכן, סוקרו מספר שיטות טכנולוגיות שונות הן עבור בנייה והן עבור ביסוס תשתית תחבורה אשר כללו התייחסות להשפעותיהן על בעיות אקולוגיות, כלל, והסעת החולות, בפרט. המאמר הנוכחי, מוסיף נדבך נוסף לספרות בהרחבת הידע האקולוגי בתחום איים מלאכותיים, תוך התמקדות בהשפעה על הסעת חולות בים תיכון. יתרה מכך, המחקר מתייחס להשפעות נוספות כמו בתי גידול, היתכנות הנדסית ועוד.

תודות

אנו רוצות להודות לצוות הקורס "פרויקטים בחקר הסביבה" בביה"ס ללימודי הסביבה ע"ש פורטר באוניברסיטת ת"א. ביניהם, תודה לפרופסור אביטל גזית ולצוות המתרגלים. תודה מיוחדת, לנתליה גוטקובסקי על התמיכה והליווי לאורך הסמסטר. בנוסף, נרצה להודות:

- לפרופסור מיכה בורט, אמריסטו, מהטכניון, על הזמן שהקדיש לפגישה
- למר' מנחם גרינבלום, מנכ"ל משרד המדע והטכנולוגיה ולמר' יונתן גולדפינגר, יועץ בכיר למנכ"ל משרד המדע והטכנולוגיה, על הזמן שהקדישו לפגישה ועל החומרים ששלחו.
- למנהל הפרויקט מר' גדעון רז, לוועדה שאמונה על בחינת היתכנות בניית איים מלאכותיים בחופי בישראל, על שענה לשאלותינו.
- למר' אלפרד אדרואן, אגף ים וחופים המשרד להגנת הסביבה על ההסברים הרבים וההכוונה בדרך.
- למר' ברק כץ, אתוס אדריכלים- על הזמן שהקדישו בשיחות הטלפון בראיונות והרחבת הידע שלנו בעת ביצוע עבודה זו.

מבוא

הים אינו הסביבה הטבעית של האדם, הזקוק לקרקע מוצקה תחת רגליו ולאוויר לנשימה. למרות זאת, יחסי האדם עם הים הינם ארוכי שנים וקיימת תלות מצד בני אדם בים לצורך מחייה ופרנסה. איים מלאכותיים, יבשה בתוך הים, הם ניסיון האדם להסתגל ולהתאים את הסביבה הימית לצרכיו. זהו אתגר מרגש ולא פשוט הכולל היבטים רבים, בין השאר היבטים אקולוגיים.

ההגדרה של אי מלאכותי ומתקנים ימיים, על פי החוק הבין-לאומי, עמומה ומצויה בתוך שבין יבשה לאי טבעי. למשל, אין הבחנה בין המתקנים השונים: אי מלאכותי, אסדה, מתקן צף וכדומה. יתרה מכך, המעמד המשפטי של איים מלאכותיים (או מתקן ימי קבוע אחר) נקבע בהתאם למיקומם, כלומר הימצאותם במים טריטוריאליים, מים לאומיים, מים כלכליים וכו'. הריבונות של "מדינת האם" בתחום איים ומתקנים המצויים במים הטריטוריאליים זהה לריבונות המדינה בשטחיה היבשתיים (אביב, 2011).

בעבודה הנוכחית, נתייחס לאיים מלאכותיים כמבנים, הבנויים בכל טכנולוגיה שהיא, הניצבים במקום אחד בתוך הים ומעוגנים לקרקע בדרך כלשהיא. לדידנו, חשיבות האי המלאכותי היא בתפקידו

לשמש כעתודה קרקעית למתקנים ותשתיות שבמקרה אחר היו ממוקמים על היבשה. לפיכך, מתקנים ותשתיות אשר תפקידם ימי מלכתחילה לא יחשבו בעבודתנו כעונים על ההגדרה של איים מלאכותיים. יצוין כי בשונה מאיים טבעיים, לאיים מלאכותיים ומתקנים ימיים אין מים טריטוריאליים ולא מסונפים אליהם שטחי השיפוט הנוספים המוגדרים לשטחי היבשה. מדינת החוף אליה משויך האי/המתקן הימי אחראית מתוקף אמנה (UNCLOS) להגנת הסביבה הימית הסמוכה לאי.

כאמור, ההצדקה העיקרית להקמת מתקנים ימיים הוא העדר עתודות קרקע באזור היבשה (שלף, 1994). אין עוררין, כי בשל הגידול באוכלוסייה ומיעוט עתודות הקרקע בישראל, קיים צורך בבחינת הקמת מתקן ימי כחלופה להקמת מתקן יבשתי אם למגורים או לתשתיות. ערך עקיף לבניית אי מלאכותי לתשתיות, הינו פינוי קרקעות בעלות ערך כלכלי גבוה המאפשר את מימון ההשקעות הניכרות הנדרשות להקמת איים מלאכותיים והקמת התשתיות עליהם (פפאי, אורטל וטלמון, 2003).

נושא האיים המלאכותיים נבחן כבר במשך עשרות שנים לאור חשיבתו, אך לא תמיד מוקדשים זמן ותשומת לב לבחינת ההשפעות האקולוגיות והשלכות בנייתם. כזכור, הים מספק מקורות מחייה ושירותים אקולוגיים רבים לבני האדם, לכן יש לשקול בכובד ראש את השפעת התערבות האדם בים ע"י איים מלאכותיים.

עם זאת, פתרון האיים המלאכותיים אומץ במספר מדינות בעולם, עליהם נבנים נמלי ים, אתרי סילוק פסולת, שדות תעופה בינלאומיים, אזורי לוגיסטיקה, אזורי תערוכות, אזורי מגורים ונופש ועוד. ברחבי העולם נבנו איים מלאכותיים רבים בטכנולוגיות שונות ומגוונות. ברם, בים התיכון התנאים הינם שונים ויש להתחשב בכך. לדוגמא, מרבית האיים ברחבי העולם נבנו במפרצונים ולגונות בעוד שהים התיכון הוא ים פתוח עם גלים גבוהים, תנאים אשר מקשים על קיום אי מלאכותי.

בעבודה הנוכחית, נסקור את הנעשה בעולם ובישראל בנושא איים מלאכותיים. נעמוד על הייחודיות של ים תיכון ועל תופעת סחף החול אשר לה תפקיד חשוב בבניית חופי ישראל. כמו כן, נבחן את הטכנולוגיות הקיימות לבניית איים בעולם ואת הטכנולוגיות להקמת תשתיות תחבורה. כמו כן, נסקור את הידע והמחקרים שנעשו עד כה בנושא ההשפעות האקולוגיות על הסביבה הימית של איים מלאכותיים ותשתיות.

אנו מציעות מחקר המתמקד בנושא סחף החול. זאת כיוון שסחף חול הוא תהליך משמעותי בבנייה והרס החופים בישראל. יתרה מכך, הוא משפיע על כל המערכת האקולוגית של חופי הים התיכון בישראל. על כן לאיים מלאכותיים בפרט ולמבנים ימיים בכלל עלולה להיות השפעה גדולה על סחף החול, לכן יש לבחון נושא זה לעומק.

אמנם, קיימים היבטים והשפעות אקולוגיות נוספות הנובעות מהקמת איים מלאכותיים, כגון: הרס בית הגידול על הקרקעית, עכירות המים כתוצאה מחפירה של חומרי גלם או מבניית אי בטכנולוגיית המילוי, זיהום המים כתוצאה משימוש בחומרים רעילים. עם זאת, נתמקד בנושא סחף החול וההשלכות של בניית אי מלאכותי בחופי ישראל הן בגלל היותו בעל השפעה גדולה והן בגלל הייחוד של חוף הים התיכון בישראל בהקשר לסחף החול.

איים מלאכותיים בעולם

ברחבי העולם הושקעו מאמצים לפיתוח שיטות בנייה בים במטרה לפתור, בין היתר, בעיות הנגרמות בשל צפיפות אוכלוסיין. בניית שלוחה ליבשה בים או בניית אי בלב ים נפוצה במדינות רבות. בניה של איים רחוק מרצועת החוף ובלב ים התאפשרה רק בשנים האחרונות עם התפתחות הטכנולוגיה ונפוצה במספר

מדינות, כמו הולנד, בלגיה, צרפת, מונקו, סינגפור, הונג קונג דובאי ועוד (נספח 2). כאמור, התנאים הגיאוגרפיים, הגיאולוגיים והטופוגרפיים השונים ממקום למקום, יצרו מגוון איים שונה (שלף, 1994). התוספת הקרקעית הראשונה, נבנתה לפני הספירה, על ידי הרומאים בהולנד. אלו היו גבעות שנבנו בשיטת המילוי והגיעו עד לגובה של 10 מטרים מעל לפני הים. הן שימשו כהגנה מהשיטפונות בזמן הגאות ונקראו "Dwelling Mounds" (Schwartz, 2005). שיטת מילוי החול הייתה השיטה הראשונה שישמה, מאז התווספו עוד שיטות בנייה לאור ההתפתחות הטכנולוגית ולצד השימושים השונים והמגוונים שלשמן הוקמו איים מלאכותיים.

ניתן לגשת לבניית אי מלאכותי כהזדמנות ליצור מערכת עירונית, חדשה שהיא כולה תוצר חשיבה המאפשר לתכנן ברמות הגבוהות ביותר והידידותיות ביותר למשתמש, (לרמן, 2003). להמחשת הנושא בחרנו להציג מספר דוגמאות לאיים מלאכותיים שנבנו בעולם:

יפן נחשבת למובילה בפיתוח ובניה של איים מלאכותיים, עם כ-90 איים שנבנו בשיטות שונות. לצרכי הרחבת נמלים, שדות תעופה, תשתיות לאומיות, מגורים, מסחר, עסקים, פנאי. בין האיים הראשונים נפתח בשנת 1983 מתחם הנופש טוקיו-דיסני, המשלב פארק דיסנילנד ואתר תיירות, בשל הצלחתו, בשנת 2004 נחנך פארק נוסף במפרץ פאניו סמוך להונג קונג, (International listings, 2008). שדה התעופה הבינלאומי של קנסאי, (נספח 3), תפס תשומת לב עולמית עוד בשנות ה-90 בשל היותו התשתית הגדולה והמורכבת שנבנתה בלב ים באמצעות טכנולוגיה של מילוי חול. האיים פורט איילנד (Port Island) ורוקו איילנד (Rokko Island) בעיר קובה שביפן, הינם דוגמא לאיים מלאכותיים למטרות תשתית יש בהם שילוב של נמל, אזורי תעשייה, מגורים ומבני ציבור. לעומתם, האי אודאיבה (Odaiba) שהוקם לפני כעשור במפרץ טוקיו נחשב לאזור המודרני ביותר של טוקיו וכולל בניינים ומרכזי קניות מהחדשים בעולם, (נספח 8), (אידלברג, 2008).

דובאי גם היא נחשבת למובילה בפיתוח ובניה של איים מלאכותיים שבחופיה נבנו מאות איים, בטכנולוגית מילוי חול. זאת למטרות נופש, מגורים, עסקים ומבני ציבור. מיליוני בני אדם עושים שימוש יום יומי באי. אם כחלק מפרויקט כפפות התמרים ואם מפרויקט העולם. יש לציין, כי שני הפרויקטים נמצאים בים הפתוח, ומשמשים בעיקר למטרת מגורים ונופש. פרויקט "העולם" המפורסם, כולל לבדו למעלה מ-300 איים קטנים דובאי אינה מסתפקת באשר בנתה עד כה ובכוונתה להקים פרויקט איים נוסף בשם היקום (נספח 4) (שלף, 1994) (International listings, 2008).

מדינת סינגפור שמה לה למטרה להרחיב את שטחה באופן משמעותי, כ-6% מדי שנה, באמצעות בניית איים. המדינה רואה חשיבות בכיבוש הים לטובת בניית מבני תשתיות, תעשיות ומגורים כפתרון למצוקת הקרקעות שלה. עד כה נבנו בה כ-58 איים, אחד האיים המפורסמים הוא האי המלאכותי סאט גרונג (St. Jurong) (נספחים 5,6) המשמש היום מתחם למפעלים פטרוכימיים ומהווה ציר מרכזי (Hub) למפעלים בתעשיות הנפט, הפלסטיק, המתכות הכבדות, הרכב, ועוד. האי נבנה מחיבור של 7 איים מלאכותיים, באמצעות מילוי חול, (נספח 7), (Wild shore of Singapore, 2010).

כאמור, הקמת איים בים, כפתרון למצוקת הקרקעות אומץ במספר מדינות ונבחן גם בישראל. נראה כי, התפתחות הטכנולוגיה לצד הצורך במרחבים נוספים להתיישבות תביא בעתיד מדינות נוספות לאמץ פיתרון זה.

החלטות מדיניות הנוגעות לבניית איים מלאכותיים בישראל

בהתמקדות למדינתנו רעיון הקמת איים מלאכותיים בחופי ישראל עלה לראשונה בשנת 1965, כשמר' עזר ויצמן, מפקד חיל האוויר דאז, ביקש לבחון הקמת שדה תעופה צבאי חדש חלופי לשדה דב (תבור, 2009; אלמגור, גיל ופרת, 1999). במקביל צוות פרופסורים מהטכניון, הכלל בין השאר את מיכאל בורט, גדליה שלף ויורם צימלס, הגה תכנית להקמת אי מלאכותי למגורים מול חופי תל-אביב (שלף, 1994). לקראת סוף שנת 1973, עמד להתפרסם מכרז לבניית האי, אלא שאז פרצה מלחמת יום הכיפורים וכל התוכניות נגנזו (תבור, 2009).

בסוף שנות ה-90, בתקופת כהונתו של שמעון פרס כראש ממשלה, הנושא תפס תאוצה בשנית. כיוון, שאזור הים מול חופי ישראל אינו דומה לארצות כמו הולנד, יפן, הונג-קונג, קוריאה, טיוואן וסינגפור (שלף, 1994, 1999; אלמגור, גיל ופרת, 1999). במרץ 1997, הוקם צוות בין-משרדי בשיתוף ממשלת הולנד ובראשות מנכ"ל משרד התחבורה דאז, מר נחום לנגנטל (תבור, 2009). מטרת הצוות הייתה לבצע בדיקת היתכנות הנדסית עקרונית לבניית אי מלאכותי, בים תיכון עבור מגורים או שדה תעופה. הסקר, "מיזם איים מלאכותיים", התבסס על נתונים קיימים וחדשים אשר עובדו באמצעות מודלים והדמיות דו-ממדיות ממוחשבות. באמצעותם ניסו להעריך את ההיבטים ההנדסיים הכרוכים בבניית אי בים פתוח, זמינות ואיכות חומרי המילוי ליצירת אי ונוקים סביבתיים בקרבת האיים וברצועת החוף כתוצאה מבניית מבנים מול חופי ישראל (Beyth, 1998). הסקר הניח אבן יסוד בקביעתו כי קיימת היתכנות לבניית איים כבר בשנת 2005 (The Dutch/Israeli Steering Committee, 2000).

ב-3 ביוני 2001, בהמשך לממצאי הדוח, התקבלה החלטת ממשלה לביצוע בדיקות הפיסיות לבניית איים באמצעות יועצים חיצוניים (החלטות ממשלה משיבת קבינט חברתי כלכלי, 2001). בהחלטת ממשלה נוספת, מה-10 לנובמבר 2002, מונה המשרד לרמן אדריכלים ומתכנני ערים, כיועץ חיצוני לבחינת היבטים כלכליים ותכנוניים בהקמת אי למגורים מול חופי מטרופולין תל אביב. הדו"ח שהכינו הציג התייחסויות, מגמות ותחזיות להקמת תשתיות בנייה וטכנולוגיה למגורים בהיבטים כספיים, תכנוניים, חברתיים, ציבוריים (לרמן, 2003). הדו"ח קבע כי מול חופי תל אביב קיימת עדיפות להקמת אי עבור מגורים (נספח 9), ואילו מול חופים הצפוניים לנתניה קיימת עדיפות לבניית שדה תעופה חלופי לשדה דוב. בנוסף, הוערך כי בנסיבות אלו יהיה הפרויקט כדאי בין השנים 2015-2022. כמו כן, הומלץ על אי בצורת טיפה בגודל של 2,000 דונם במרחק 1,500-1,000 מ' מקו החוף עבור 33-44,000 תושבים (לרמן, 2003; כץ, 2004).

באפריל 2005, החל את עבודתו צוות רב-תחומי של מתכנני ערים, אדריכלים, מומחים לנושאי ים, תעופה, כלכלה ושמאות בראשות ואחריות חברת אביב ניהול, הנדסה ומערכות מידע בע"מ. זאת לשם בניית מדדי הערכה לבחינת חלופות לאיי תשתיות.

ביולי 2007, הוגש למשרד הפנים דו"ח מסכם, "מסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות". הדו"ח מציג דרוג שימושים והתווית סדרי קדימויות להקמת מתקני תשתית על אי מלאכותי עפ"י קריטריונים איכותיים כמותיים וכלכליים כחלופה לבנייה על היבשה. בהיבטים של מיקום האי, טכנולוגיית בנייה, ממדי האי בהתאם לסוג התשתית ביחס לאומדן ההשקעה ובהתחשב בהשפעות הסביבתיות. המסמך קבע, כי לא ניתן להניח באופן פשטני ש"כל התשתיות הולכות אל הים והים איננו מלא" וכי: "למיקום תשתיות על איים מלאכותיים השלכות כבדות משקל בתחומים שונים אשר נבחנו במסגרת העבודה: תכנוניים, סביבתיים וכלכליים" (אביב, 2007). המלצתו המרכזית, מצביעה על כדאיות

גבוהה יותר של הקמת איים "קטנים" בני מאות דונמים עבור אשכולות מתקני תשתית, כגון: תחנות כוח, מסוף גט"ן (גז טבעי נקי), ומתקני התפלה, על פני איים "גדולים" של אלפי דונמים עבור מתקנים, כגון: שדות תעופה ונמלים ימיים (אביב, 2007).

בשנים האחרונות, החלו להתעניין בפרויקט בניית איים מלאכותי בחופי ישראל, קבוצות יזמים פרטיות ומכוני מחקר רבים, ביניהם הפקולטה להנדסה אזרחית בטכניון, מתכנני ערים, ראשי ערים וקבוצות אינטרסים שונות. להלן מספר דוגמאות: בשנת 2010 הוגשה תכנית 'ויסנט 360' על-ידי המתכנן אלון גרינברג אשר עסקה בעיקר בהקמת בנייני מגורים תרבות ופנאי (גרינברג, 2010). בשנת 2011 פורסם כי ממשלת ישראל רקמה תכנית לפיה יוקם מול חופי עזה אי מלאכותי ובו יהיו נמלי ים, שדה תעופה בינלאומי, מרכזים לוגיסטיים, שטחי תיירות, מלונות, מתקני חשמל, מים ועוד במטרה להתנתקות סופית מרצועת עזה (נספח 11), (ולדמן, 2011). בפברואר 2012 השיקה קבוצת יזמים ישראלים ובינלאומיים בשיתוף איחוד המהנדסים והארכיטקטים לשיפור איכות הבניה בישראל, תכנית להקמת שדה תעופה בינלאומי על אי מלאכותי צף מול חופי ראשון לציון (בלומנקרנץ, 2012). צוות היזמים הציג מול מועצת עיריית ראשון לציון את התוכנית: "נתב"ג 2020 - האופציה הימית" כשהצדקה לתוכנית הייתה כי פינוי נתב"ג יאפשר קרקע לבניית 500,000 דירות במרכז הארץ (נספח 10), (צאום, 2012).

חשוב להדגיש שעל אף הנאמר והצעות שהוצגו לעיל מבחינה מדינית לא התקבלה החלטה להמשך

תהליך, בניית איים מלאכותיים, עד לשנת 2012.

בהחלטת ממשלה ב 17 ביוני 2012, מונה צוות היגוי בראשות מנכ"ל משרד המדע והטכנולוגיה, מנחם גרינבלום, דאז. במטרה לבחון כדאיות הקמת איים מלאכותיים מול חופי ישראל עבור מתקני תשתיות. שלושת התשתיות לבחינה הן: תחום הגז, התפלת מי-ים ותחנת כוח. במקביל, נבחן פתרון למשרפת בוצה ואחסון חומרים מסוכנים, אמוניה, (רז, התכתבות 7.1.13). כמו כן, הועדה בוחנת את הכדאיות הכלכלית להקמת איים עבור תשתיות לאומיות חיוניות. לפי מסקנות הועדה, בהנחה שיוקמו, יהיו האיים במים הטריטוריאליים של מדינת ישראל, במרחק של 7-10 ק"מ מקו החוף. מיקום סופי טרם נקבע, אך ברור שיוקמו צפונית לתל-אביב ודרומית לחיפה, בהתאם להנחיות בתמ"א 37 ח', להנחת תוואי צנרת הגז הטבעי בישראל (גרינבלום, ראיון 16.1.13).

לא ניתן לנתח את התפתחות נושא האיים מלאכותיים בישראל מבלי להזכיר את תגליות הגז הטבעי בשנת 2009. תגליות אלו שינו את חוקי המשחק, שכן מאותו רגע נוצרו אינטרסים פרטיים והצדקה כלכלית לקידום יוזמת הקמת איים מלאכותיים לשם תשתיות לאומיות בלב ים. תגלית זו, קשורה לעניינו היות והיא האיצה את תכנון תמ"א 37 ח'. יש לציין כי הוועדה לבחינת איים מלאכותיים מתבססת על הנחיות תמ"א אלו להבטיח שעבודת ההיתכנות תמליץ על אתרים שאינם פוגעים בעתיקות או בשמורות טבע, הן באשר למיקום בים והן באשר לנתיבי צנרת הגז, המים וכבלי החשמל (רז, התכתבות 7.1.13). הועדה צפויה להגיש המלצותיה לראש הממשלה, ביולי 2013. כמו כן, אנו סבורות כי האצת התמ"א והקמת אסדת תמר הן התקדמות גדולה לקראת לאיים מלאכותיים לצורך תשתיות בישראל.

רקע כללי על ים תיכון

כזכור, הדיון בבניית איים מלאכותיים בארץ מתמשך כבר עשרות שנים. אחד ההיבטים המרכזיים בדיון מתייחס למיקום האי, קרי ים תיכון. אחת הסוגיות המרכזיות הנוגעות להקמתם של איים מלאכותיים אל מול חופי ישראל, נוגעת לתנאים הקיימים באזור זה של ים פתוח וסוער ובהשפעת הקמת מתקן ימי גדול על זרם החול החופי. מרבית האיים המלאכותיים שנבנו בעולם, הוקמו באזורי מפרץ או

באזורים של מים רדודים ושקטים יחסית (אביב, 2011).

ים תיכון נמצא באזור בין יבשתי של אסיה, אפריקה ואירופה. הוא מחובר לאוקיינוס האטלנטי במערב באמצעות מיצר גיברלטר; מתחבר לים השחור במזרח באמצעות מיצרי דרדנלים וליים סוף בדרום מזרח באמצעות תעלת סואץ. ים תיכון הינו ים סגור למחצה, המחולק לשני אגנים, עומקו הממוצע 1500 מטר ועומקו המקסימלי הוא כ-5150 מטר. אורכו ממזרח למערב הוא כ-3800 ק"מ, רוחבו המקסימלי כ-1800 ק"מ, שטחו כ-2.5 מיליון קמ"ר ונפחו 3.7 מיליון קמ"ק. לים תיכון נשפכים ארבע נהרות גדולים- רון, פו, אברו והנילוס. בנוסף, ישנם עשרות נהרות קטנים אשר גם כן נשפכים אליו, קצב תחלופת המים הוא כשמונים שנה. אופיו הסגור של ים התיכון הינו אחת מהסוגיות המרכזיות בעת תכנון אי מלאכותי. ים תיכון מוגדר כים אוליגוטרופי, כלומר, בעל כושר ייצור ביולוגי ראשוני דל המהווה בסיס לשרשרת המזון. לכן, הוא אינו מהווה בסיס לפעילויות דיג אינטנסיביות. זהו ים פעיל מבחינה טקטונית וגעשית, הטופוגרפיה העיקרית שלו היא הררית, דבר הגורם לבלייה ולסחף (אלדר, 2000). ישנם הבדלים אקולוגיים והידרו-דינמיים בין מזרח למערב ים תיכון. למשל, במזרח התאדות גבוהה, כמות גשמים נמוכה ומספר נהרות מועט הנשפך אל הים לעומת המערב. ריכוז הזרחן יורד ממערב למזרח (Triantafyllou, Korres, 2007; Hoteit, Petihakis & Banks).

ישראל שוכנת באגן המזרחי של ים תיכון, הוא אזור הלבנט. באזור המזרחי של אגן הים התיכון טמפרטורות המים נחשבות לסובטרופיות ונעות בקיץ בין 29-31.5 מעלות. מליחות המים הממוצעת באזור זה מגיעה ל-3.9% והיא גבוהה ביחס למערב ומרכז ים תיכון. תנאים אלו, יוצרים סביבה ימית ייחודית. יש לציין כי ישנה מגמה של התחממות המגבירה את תהליך הטרופיזציה של ים תיכון, הנחשב נכון להיום כים סובטרופי. תהליך זה, מעבר לשינוי הטמפ', מתעצם הודות להגעתם של מינים פולשים המורגלים לאקלים חם יותר (Bianchi, 2007).

באזורו המזרחי של הים תיכון ישנם סלעי כורכר ומסלע ביוגני אשר נוצר משרידי בע"ח וצמחייה. סלעים אלו פריכים ומאפשרים לבעלי חיים למצוא מסתור בתוכם מפני קרינת השמש המפריעה להתפתחותם הסדירה. בטבלאות הגידוד, במסלע הכורכרי, מתפתחות שוניות הבנויות משלדי חלזונות. בגבול סלעים אלו ישנם מרבדים עשירים של אצות ובעלי חיים מסוגים שונים- ספוגים, נבוביים, אצטלניים וחי טחביים ובעלי חיים כמו רכיכות סרטנים ודגים. מגוון ביולוגי זה, נחשב כאופייני למזרח הים התיכון בלבד, מחופי יפו ועד צפון סוריה ואיי הבאהמה (טל, 2000).

רקע כללי על מזרח ים תיכון

בישראל, ישנה פתיחה של 12 מעלות המשתרעות עד מצרי סיציליה, מרחק של 2200 ק"מ ביים הפתוח ללא הפרעות ע"י יבשות או איים. קרי, בחוף הנמצא בין ביירות לרפיח ישנה אפשרות להיווצרות גלים גבוהים מאוד. גובה הגל מושפע משלושה גורמים- עוצמת הרוח הנושבת על פני המים, משך הזמן בו נושבת הרוח והיקף השטח עליו היא נושבת. ככל ששלושת הגורמים גדולים כך גובה הגל גבוה יותר (גוליק, 2000). אחת הסוגיות המרכזיות, הנוגעות להקמתם של איים מלאכותיים אל מול חופי ישראל, נוגעת לתנאים הקיימים באזור זה של ים פתוח וסוער ובהשפעת הקמת מתקן ימי גדול על זרם החול החופי. מרבית האיים המלאכותיים שנבנו בעולם, הוקמו באזורי מפרץ או באזורים של מים רדודים ושקטים יחסית. גורמים שונים העלו התנגדויות בעבר על רקע העדר הניסיון בעולם ביחס להקמת איים מלאכותיים

בתנאי ים פתוח כמו אלה הקיימים באזור הים התיכון. טענות אלה יכולים לעלות בהקשר של אי וודאות הקיימת באשר להערכת העלויות, באשר להערכת חומרת ההשפעות הסביבתיות וכדומה. בהעדר דוגמאות מקבילות בעולם, יש לנקוט בגישה מחמירה בעת ביצוע סקרי סיכונים והערכות בנושא, במטרה לצמצם אי-דיוקים וחוסר וודאויות בהקשר זה.

תכונה אופיינית נוספת למזרח ים תיכון הינה כמות גדולה של מינים פולשים המגיעים מים סוף בהגירה לספסית (lessepsian migration). הגירה זו קרויה על שם Ferdinand de Lesseps אשר היה מהנדס ודיפלומט צרפתי שקידם את חציבת תעלת סואץ. כיום, ישנם קרוב ל-550 מינים, מדגים ועד רכיכות, אשר חדרו מאז פתיחת תעלת סואץ ומאופיינים לבתי גידול בעומק של 0-70 מטר (יהל ואנגרט, 2012). חופי הלבנט הם העשירים ביותר במינים הפולשים מים סוף (טל, 2000). בנוסף למינים הפולשים בהגירה לספסית, ישנם מינים המגיעים בזרם האטלנטי ממצרי גילברטר (Bianchi, 2007). כמו כן, ישנם מינים המגיעים באמצעות ספינות ימיות, זיהומים, מסחר בפיתיונות ולעיתים אפילו באמצעות מחקר (Bianchi & Morri, 2000). כך, שסה"כ בים תיכון ניתן למצוא כ-12,000 מינים מקומיים ופולשים (Boudouresque, 2004).

בנוסף, לסכירת הנילוס והפסקת האספקה הטבעית של חולות מרמות נוביה אשר השפיעו על תנועת החולות בחופי ישראל, יש להתחשב בכרייה בעבר והיום לאורך החוף שדיללו באופן משמעותי את מאגר החולות הימי והיבשתי. בניית נמלים, שוברי גלים ומבנים ימיים נוספים כמו אי מלאכותי מגבירים את הפגיעה בהסעת החול הטבעית ויגבירו את הדילול בבתי גידול חוליים. כתוצאה מכך, תיגרר פגיעה קשה בהתפתחות הביולוגית ושמירה על מספר רב של מינים החיים בים תיכון (טל, 2000).

סביב ים תיכון שוכנות 22 מדינות ולאורך חופיו מתגוררים כ-145 מיליון תושבים. מעבר לכך, הוא מרכז כ-30% מנפח התחבורה וההובלה הימית העולמית והינו יעד תיירותי אטרקטיבי המושך כשליש מכלל התיירות העולמית לחופיו. מכאן, אין זה מפתיע כי ים תיכון סובל מעומסי זיהום כבדים (אלדר, 2000).

חופי ישראל

לאורך חופי ישראל, ישנן 14 שמורות ימיות, 20 שמורות חופיות, 16 גנים לאומיים, 2 רצועות מגן ימיות ו-2 שמורות איים. אורכו הכולל של קו החוף הוא 217 ק"מ, מתוכו 83.9 ק"מ מוכרז כחופים מוגנים ו-68.9 ק"מ מוכרזים כשמורות טבע (טל, 2000) (נספח 12). יתרה מכך, על-פי משרד הפנים, מנהל התכנון, הועדה למימי חופין (1999), ניתן לחלק את שימושי הקרקע לאורך רצועת החוף (עד מספר עשרות מטרים מזרחית לקו המים) לחמישה חלקים:

א. ראש הנקרה – צפון עכו: 17.5 ק"מ אורך חוף. קטע זה כולל חלק נכבד של חוף טבעי פתוח מצפון לנהריה, מצפון לעכו ובפאתי ישובים כפריים, קיימת רצועת חוף עירוני לאורך העיר נהריה.

ב. צפון עכו – חוף שקמונה: 25.2 ק"מ אורך חוף. קטע זה מאופיין בשטחים עירוניים רבים, שטחים סגורים של מתקנים ביטחוניים, תשתיות ושטח נמל חיפה. שמורת טבע שפך הנעמן נמצאת מדרום לעכו לאורך כ-2 ק"מ רצועת חוף.

ג. חיפה (חוף שיקמונה) – נוף ים (צפון הרצליה): כ-74 ק"מ אורך חוף. בקטע זה מספר שימושי קרקע

עיקריים, כגון: חופים טבעיים פתוחים כ- 40 ק"מ, שמורות טבע וגנים לאומיים כ- 14 ק"מ, חופים עירוניים כ- 15 ק"מ, חוף סגור בעתלית ותחנת הכוח בחדרה כ- 4.5 ק"מ. בנוסף, קיימים חופים להתיישבות כפרית ועירונית באזור.

ד. נוף ים-בת ים: כ- 23 ק"מ אורך חוף. שימושים באזור זה הם בעיקר לשטח עירוני, גוש דן והליבה המאוכלסת של מישור החוף. מחצית אורך החוף מהווה חזית לשטח עירוני וכוללת מספר מעגנות, אורך החוף הנותר כולל הן שטחים סגורים והן חופי רחצה מוסדרים.

ה. בת-ים – גבול רצועת עזה: כ- 49 ק"מ אורך חוף למעט נמל אשדוד, נמל אשקלון, קצא"א ומספר חופים עירוניים מול ערים אלו. חלקו הדרומי של מישור החוף מאופיין בשטחים פתוחים בעלי ערכיות טבעית ושטחים סגורים (בעיקר לצורכי צבא) (אביב, 2007). תוואי מורכב זה הינו שיקול מהותי שיש להתחשב בו בעת מציאת מיקום אפשרי לבניית אי מלאכותי מול חופי ישראל.

הסכמים בינלאומיים בנושא שמירה על ים תיכון

כפי שנזכר לעיל, ים תיכון מחולק בין מספר מדינות. לכן עלה צורך ביצירת הסכמים בינלאומיים לשם שמירה והגנה עליו. אמנת ברצלונה, אשר נחתמה ב-1976, הינה אחת מההסכמים הבינלאומיים החשובים בין מדינות ים תיכון. תחומי הפעילות העיקריים של האמנה הם הגנה מפני זיהום ממקורות יבשתיים וימיים, שיתופי פעולה במקרי חרום, פעולות ניטור ומחקר, שימור המגוון הביולוגי, חקיקה סביבתית מתקדמת ברמה לאומית, חופש המידע והסדרה של יחסי המדינות המחויבות להסכם (אלדר, 2000).

חשיבות הסכמים אלו נובעים מבעיות זיהום תעשייתי וחקלאי מהמרכזים העירוניים של מדינות השונות בהן קיימים ריכוזי מזהמים של מתכות כבדות, חומרי הדברה אורגנו-כלוריים, קוטלי עשבים, תרכובות זרחן אורגני, פחמימנים ומיקרו אורגניזמים פתוגניים אשר נמדדו במאות נקודות ע"י מחלקת ים תיכון של האו"ם. לזיהומים אלו ישנן השלכות חמורות, כגון: קיום קשיי רבייה חמורים של דגה כמו טונה, מקרל אפור וקיפון אפור, קשיי רבייה ותמותת עופות ים, מחלות לא מוכרות התוקפות את אוכלוסיית הדגים, הצטברות מסוכנת של כספית בטונה ובסרדינים, תמותת דולפינים, סילוק חמצן באזורי החוף ופריחת אצות החונקות את מי החופים (בן נדב, 2000).

לסיכום, בניית אי מלאכותי תכלול השפעות רבות על ים תיכון במספר היבטים. לפיכך, קיים צורך בראייה רחבה אשר תסקור כמה שיותר השפעות אפשריות ודרכי התמודדות עמן. זאת כדי לתכנן את האי באופן הטוב ביותר עם מינימום פגיעה בסביבה הימית. חלק מההיבטים הדורשים חקירה נוגעים להשפעת האי ומיקומו על המגוון הביולוגי, על בתי גידול, חומרי המילוי לאי, צורתו וגודלו של האי, דרכי תחבורה אל האי. במחקר הנוכחי בחרנו להתמקד בהשפעה של אי מלאכותי על הסעת החולות.

משטר הסעת החולות

בניית גוף מלאכותי בים ככלל, ואי מלאכותי בפרט ישנה את המאזן האקולוגי בים וואו במדף היבשת. כפי שתואר לעיל, ים תיכון הינו בעל אפיונים ייחודיים שיש לקחת בחשבון, אחד מהם הוא סחף החול אשר לו חשיבות רבה בבניית רצועת החוף הישראלית.

חול הינו אסופת גרגירים אשר גודלם נע בין 2000-62 מיקרון. בחופי ישראל גרגירי החול עשויים בעיקר מגרגרי קוורץ. אולם, במרבית אגני ההיקוות החול אינו מכיל קוורץ אלא גיר, דולמיט וקירטון.

ההנחה הרווחת הינה כי הנילוס מביא עמו לים התיכון סדימנטים אשר מקורם ממרכז אפריקה בהם יש טין, חרסית וחול קוורצי (גוליק, 2000).

על-פי דו"ח הועדה למימי חופין, מטעם משרד הפנים, מנהל התכנון (1999), הגורמים להסעת סדימנטים במדף היבשתי הם הזרמים והגלים. בראייה מפורטת יותר, הסעת החולות מתרחשת כתוצאה משילוב מספר מרכיבים אקולוגיים כמו גובה הגל, עומקו, עוצמת הרוחות, זווית שבירת הגל עם החוף וכו'. כמו כן, יש להתחשב במרכיבים נוספים, כגון: טכנולוגית בנייה בים, ייבוש ימי, זיהום וכו'. הסעת החול העיקרית נוצרת על-ידי שבירת הגלים היוצרת טורבולנציה ועל ידי הזרם האורכי. כידוע, גלים מעומק הים המתקרבים אל החוף עוברים שינויים בתכונותיהם. רכסים מתחדדים וגובהם גדל עד אשר הם נשברים באזור הנקרא אזור המשברים, רצועת המשברים כוללת את התחום בין שפת הים ועד לעומק בו מתחילים הגלים להישבר. לעיתים יכולים הגלים להישבר מחוץ לאזור זה, כפי שיפורט בהמשך. עם שבירת הגל משתחררת אנרגיה אשר חלק ממנה מכניס את חול הקרקעית לתרחיף בתוך עמוד מים, הגלים המתקרבים אל החוף מביאים עימם עמודי מים אלו. אופן שבירת הגל בחוף תלויה בזווית הגל אל החוף, מקביל או ניצב. כאשר הגל מקביל אל החוף נוצר זרם שלאורך החוף (long shore current) אשר מביא עמו את גרגירי החול. כמות החול המגיעה עם הגל תלויה בגובה הגל ובזווית שבין כיוון התקדמות הגל לנציב העומק באזור המשברים (גוליק, 2000).

כזכור, גובה הגלים מושפע מעוצמת הרוח הנושבת על פני המים, משך זמן הרוח והיקף השטח. ניתן לחלק את כיווני זרימת החולות לארבע אזוריים מרכזיים: האזור הראשון, בין אל עריש לרפיח, בו ההסעה לכיוון צפון מזרח. בין רפיח לראש הכרמל ההסעה יכולה להשתנות מצפון לדרום כתלות בכיוון הגלים. האזור השני, מרפיח עד תל-אביב, בו מרבית ההובלה הינה בעיקר צפונה. בין תל-אביב לראש כרמל אין כמעט הובלה, למעט מקרים מסוימים בהם ההובלה היא דרומה. האזור השלישי, מפרץ חיפה, בו עבור רוב כיווני הגלים האנרגיה נמוכה עקב רפרקציה, היא שינוי כיוון תנועת הגל עקב פגיעה בגורם מפריע, חזקה, אזור זה מהווה מלכודת סדימנטים. האזור הרביעי, בין עכו לראש הנקרה בו יש רפרקציה חזקה וכיווני הסעה משתנים (אביב, 2007; גולדשמיט וגוליק, 1980) (נספח 14, 13).

מעבר לאזורי הזרימה קיימת חלוקה של הסעת החולות ברצועת המשברים ומחוצה לה.. ההסעה מתבצעת על-ידי זרם המושרה על-ידי הגלים ונע במקביל לחוף, הוא הזרם האורכי. מחוץ לרצועת המשברים ההסעה מתבצעת על-ידי הפעולה המשולבת של זרם הים הכללי ופעולת הערבוב של הגלים. רוחב רצועת המשברים משתנה כתלות בגובה הגלים השוררים בזמן כלשהו ולרוב מגיע עד למיקום קו עומק 2.5 מ'. בסערות החורף הוא יכול להגיע אף לעומק של 5 מ' ובסערות נדירות יותר, המתרחשות אחת ל-20 שנה או יותר, הוא יכול להימצא אף בקרבת קו עומק 7 מ' (רוזן, 1993) (נספח 15).

חופי ישראל התאפיינו בעבר במאזן הסעת חולות חיובי ויצב לאורך אלפי שנים (רוזן, 2000). לדוגמא, כדי לגלות את שרידי אמת המים בקרבת קיסריה היה צורך להסיר כמויות חול אשר שמרו על אמת המים מפני שחיקה. שינוי מאזן החולות לכיוון השלילי, אשר החל לפני כחמישים שנה, עד לכדי ארוזיה, היא הסרת חול מהחוף, טמון בשתי סיבות עיקריות. האחת, כרייה מאסיבית מהחופים והשנייה, בניית מבנים בים כגון: מרינות, נמלים, שוברי גלים, סכרים ועוד (גוליק, 2000).

משנת 1948 שטחי מישור החוף עוברים תהליך מואץ של פיתוח אורבני הכלל בניית ערים ותשתיות. פיתוח זה גרר כרייה, לא תמיד חוקית, של חול דיונות וסלעי כורכר. תהליכים אלו לא נעשו מתוך ראייה סביבתית לטווח ארוך. במקביל, עתודות חול יבשתיות שהיו יכולות לשמש לבנייה נהפכו ללא זמינות כתוצאה מהתפתחות עירונית וסלילת כבישים. לפיכך, נגרמה הידלדלות בחולות אשר הגיעו מהחופים.

בעקבות התנהלות זו, תהליך התחדשות הסחיפה של החול לחופי הים נתקל בקושי באזור מישור החוף (Almagor, Gill & Perath, 2000). יש לזכור כי הבנייה המרובה בים, ושימוש בחול חופי נבעו מצורך הפיתוח והתייעוש שעבר על ישראל. על כן, ישנו קונפליקט תמידי בנושא זה אשר אין לו בהכרח תשובה אחת חד משמעית (בן שוהם וברכיה, 2000) (נספח 16).

בשנת 1964 נאסרה כריית חולות (ועדת הזיפזיף 1964), שהייתה שיטה נפוצה בשימוש רב לבנייה ופיתוח, שהשאירה צלקות רבות לאורך החופים. הכרייה, אשר גרעה כ-10 מיליון מ"ק חול, השאירה צלקות לאורך החופים אשר לא השתקמו עד היום. חלק מתנופת הבנייה התאפיינה גם בבניית מבנים בים. לדוגמא, נמל חיפה אשר נבנה בשנות השלושים ונמל אשדוד שנבנה בין השנים 1960-1964. בנוסף, הוקמו ברכות להשקטת מי קירור לתחנות הכוח רידינג, אשכול, מאור דוד רוטנברג. בנוסף, הוקמו מרינות, שוברי גלים מקבילים לחוף, דורבנות ניצבים לחוף וקירות ים. כיום, ישנם כ-50 מבנים היוצאים אל הים בשטחי ישראל (גוליק, 2000).

כידוע, זרם החול המגיע מאזור סיני נעצר רובו באשדוד, בגלל הנמל. בשנים האחרונות ישנן תכניות להעמיק את הנמל עד כ-22 מטר פנימה לים. פועל יוצא מכך תהיה החמרה ניכרת בחסימת סחף החולות צפונה. מכאן, ניתן להניח כי הימצאות אי מלאכותי בעומק של כ-25 מטר בים יהווה מחסום משמעותי ואף בעל נזקים חמורים יותר (ניר, 2001).

בנוסף לבנייה הקיימת בשטחי ישראל הפוגעת בסחף החול קיימות פגיעות כתוצאה מבנייה במדינות שכנות, המרכזית שבהן היא סכר אסואן במצרים, הן הסכר הנמוך, 1905-1965, והן הסכר הגבוה, 1965-1995 (גוליק, 2000; רוזן, 2000). סכר אסואן הגביל את זרימת החולות אשר נעו מאלכסנדריה במצרים ועד לעכו, מרחק של כ-650 ק"מ. בעקבות חסימה זו, החולות שקעו ויצרו את הדלתא של הנילוס. כיום, החול הנסחף לאזור חופי סיני וישראל מגיע ממפתן היבשת ומחופי הדלתא של הנילוס (גוליק, 2000). השפעה נוספת של הסכר, הייתה כניסתם של מינים זרים לתחומי ים התיכון, כפי שזכר לעיל (אורטל, 2000).

קיימות מספר נוסחאות לחישוב הסעת חולות לאורך החופים: נוסחת CERC, נוסחת בייקר ונוסחת LCHF. הנוסחאות נבדלות אחת מהשנייה בקריטריונים לחישוב, וכפועל יוצא גם בתוצאות הסופיות. נוסחת CERC מניבה תוצאה הגדולה פי ארבע מהאומדן של נוסחת בייקר וגדולה יותר מאומדן נוסחת LCHF. נוסחת CERC מתייחסת לכושר הסעה בחוף מסוים, אם קיים חול ללא הגבלה על הקרקעית. נוסחת LCHF מגלמת בתוכה מקדם אמפירי האמור לפצות על העדר חול זמין להסעה בגלל רכסי כורכר חשופים. בשונה מהן, נוסחת בייקר מתחשבת באנרגיית הגלים ובתכונות הסדימנט. שימוש בנוסחת בייקר לחישוב מראה כי הסעת החולות בממוצע מדרום לנמל אשדוד הינה בסדר גודל של 400,000 מ"ק צפונה ו-160,000 מ"ק דרומה, כלומר 240,000 מ"ק נטו צפונה. בחדרה, 75 ק"מ צפונה מאשדוד, מתקבל כ-340,000 מ"ק צפונה וכ-190,000 דרומה. מתוך נתונים אלה עולה כי רק 150,000 מ"ק חולות הוסעו צפונה בחיפה, כמות החולות אשר הוסעו בשנה ממוצעת יורדת ל-100,000 מ"ק, אך קיימות שנים חריגות בהן החולות הוסעו דרומה, זאת בגלל מזג אויר, ואז הם הגיעו לכמות של כ-256,000 מ"ק. מחישוב זה אינו ברור היכן שוקעת כמות החול החסרה בין אשדוד לחיפה. ישנן כמה אפשרויות לכך, האחת טוענת כי החולות מוסעים לעבר המים העמוקים. אך, כיוון שאין שינוי בגובה החול בקרקעית אופציה זו אינה ריאלית במיוחד. השנייה, טוענת כי החולות מוסעים לירכתי החוף ומשם הם מתנקזים לדיונות, אך גם אפשרות זו אינה מגובשת מספיק. השלישית, טוענת כי ישנה הצטברות חול בחתך הצדודית, אך אין עדיין טכנולוגיה בה ניתן לבצע את המאזן ולבדוק זאת באופן אמפירי (רוזן, 2000).

מהחישוב בנוסחת בייקר נמצא כי רוב החולות המוסעים בעומקים, החל מ-6 מטר, נעצרים

בהיתקלם במבנה מלאכותי בים ואינם עוקפים אותו. מכאן, בניית אי מלאכותי מעומק זה והלאה תעצור את הסעת החולות המתנקזים אליה לאורך זמן. שינוי זה יכול לפגוע בשיווי המשקל הסדימנטולוגי בנוסף על השינויים כתוצאה ממזג האוויר וסערות חזקות. שיקום הסדימנט בחופי ישראל עלול לקחת מספר שנים. יש לציין, כי למרות השיפור הטכנולוגי המאפשר מדידה יותר מהימנה נקודת הייחוס אליה מודדים אינה מדויקת מספיק. על כן, ישנו פער במידע וביכולת התמודדות עם נזקי הסעת החולות בהשוואה לשנים קודמות (רוזן, 2000).

התמודדות עם בעיית הסעת החול הקיימת כיום ומציאת תכנית מניעה להמשך תתייחס לגורמים שונים כמו גאות ושפל, גובה הגלים ורוחות (Van De Graaff & Van Overeem, 1979). זאת כיוון שאחד מהאלמנטים החשובים בהסעת החולות הם משטר הגלים ומשטר הזרמים, ובאופן עקיף גם משטר הרוחות. כזכור, הגלים משפיעים על הסעת חול לאורך החוף (ועדת חופין, 1991). מניתוח הנתונים עולה כי מגמת הסעת חולות הינה מדרום לצפון, הסעה זו קטנה ככול שמצפינים. במקרים של מזג אויר סוער יותר ניתן להבחין גם בהסעה מכיוון מערב (רוזן, 2000).

השלכות בניית אי מלאכותי על סחף החול

אי מלאכותי מול חופי ישראל יהווה גוף מלאכותי נוסף בים. על כן, יש לתכנן את מיקומו ביחס לחוף וביחס למבנים ימיים קיימים, את גודלו ואת טכנולוגיות הבנייה שלו באופן בו ההשפעה על הסעת החולות תהיה מינימאלית ככול האפשר. לפגיעה בהסעת החולות השלכות רבות. ביניהן הרס שרידי עתיקות על-ידי חשיפתם באמצעות הגלים והזרמים. בהעדר שכבת חול מגינה, מתמוטט המצוק החופי ונסוג בקצב מהיר. דבר הגורם להרס מסיבי למבנים ולחומות העתיקות, אשר חלקים רבים מהם מתמוטטים וצונחים לים. דוגמא לכך היא הנסיגה משמעותית בקו החוף שחלה מצפון למרינה בהרצליה וגורמת לתהליך מואץ של הרס המצוק החופי ובעקבותיו הרס מסיבי לשרידי העיר (ארנסון, 2000).

השלכה אחרת הינה היווצרות לשון חולית אשר תעכב את נדידת החול ואף תגדל במשך הזמן עד לכדי התחברות ליבשה זאת באמצעות טומבלו, היא לשון יבשה בתוך המים הניצבת לחוף. דבר זה יגרום לכך ששוב תיווצר החמרה בחסימת תנועת החול האורך חופית הן באזור האי והן בחופי ישראל. זאת ועוד, עקב קליטת זיהומים ימיים במפוצי הטומבלו ישנה סכנה של היחשפות לזיהומים של בני אדם, בעלי חיים וצמחיה ימית. (ניר, 2001).

הנאמר לעיל, נועד להדגיש את חשיבות ההתייחסות לסחף החול בעת תכנון בניית אי מלאכותי. מתוך ראייה זו, הוקמה ועדה משותפת ישראל-הולנד (The Dutch/Israeli Steering Committee, 1994) אשר מטרתה הייתה לבדוק השפעות אלו והיתכנות בניית איים בחופי ישראל. לפי הוועדה, ככל שהאי רחוק יותר מן החוף, עוצמת ההשפעה קטנה מעט באופן מקומי. אך תחום ההשפעה מתרחב לאורך קטעי חוף ועבור טווחים ארוכים יותר, כך שבכל מקרה צפויה התפתחות חסימה בהסעה האורכית. ניתן לפתח איים מלאכותיים כבר החל מעומק מים של 15 מ' מעבר לרצועת המשברים. מבנה של אי מלאכותי יגרום לשינויים סדימנטולוגיים ולכן תידרש תחזוקת חופים ומבנה רציפה והולמת לכל אורך חיי הפרויקט לצורך שמירת רציפות הסעת החול. קרי, ביצוע מגוון פעולות שיוחלט עליהן בעת התכנון, כגון: הקמת שוברי גלים מנותקים וביצוע פעולות העברת חול תקופתיות מכניות או (Sand by-passing) הידראוליות, שהינה השיטה הנפוצה והמועדפת כיום בכל העולם (אביב, 2007).

למרות הנאמר, יש לזכור כי כל הפרעה באשר היא, אם זה שובר גלים, גוף מלאכותי בים או תשתית

לתחבורה, פוגעת בהסעת החול האורך חופית (longshore sand transport) ואף תגרור מחסום בנקודה מסוימת אשר בתורו ישפיע ועלול ליצור ארוזיה לאורך החופים (נספח 17). למשל, בחופים הנמצאים "במעלה הזרם", קרי בנקודות ההתחלה של הסעת החול תהיה הרחבה נקודתית ואילו בחופים אשר במורד הזרם, קרי בנקודות סוף ההסעה תהיה הצרה ואף הרס החוף. יתרה מכך, במרכז הארץ, במקומות בהם ניתן למצוא מצוקי כורכר עלולה להיות נסיגה מוגברת מ-2-4 ס"מ לכ- 10-30 ס"מ אשר תגביר את חשיפת סלעי הכורכר (ניר, 2001).

כזכור, בעולם ישנם מספר איים מלאכותיים. עם זאת, איים אלו נבנו בתנאי ים שונים מאשר אלו המתאפשרים בים תיכון. על כן, ההשפעות על סחף החול הן טרם בניית האיים והן אחרי הבנייה הינן שונות. יתרה מכך, ישנם הבדלים בגדלי האיים, מרחקם מהיבשת ושיטות הבנייה. כך למשל בדובאי, נמצא כי ישנה הסטה בהסעת החולות והשפעה על המגוון הביולוגי. ברם, אופי שינויים אלו עדיין אינו נחקר במלואו וכרגע אין בשינויים אלו השפעה אקוטית (Salahuddin, 2006).

ברצוננו לצטט מדבריו של גדעון רוז (7.1.13), מהמשרד למדע וטכנולוגיה מנהל פרויקט איים מלאכותיים "פרק הזמן המצומצם העומד לרשותנו לא מאפשר קיום סקרים. אנחנו מסתמכים על סקרים שבוצעו בעיקר במסגרת העבודה על הכנת תמ"א 37 ח', עבודה הבודקת את נתיבי הנחת צנרת הגז הטבעי בים והקמת מתקני קליטת וטיפול בגז הטבעי. היצמדות להנחיות ה-תמ"א תבטיח שעבודת ההיתכנות תמליץ על אתרים שאינם פוגעים בעתיקות או בשמורות טבע, הן באשר למיקום בים והן באשר לנתיבי צנרת הגז, המים וכבלי החשמל."

לסיכום, משטר זרימת החולות לאורך חופי ישראל ספג מהלומות רבות בעקבות תיעוש והתפתחות הבנייה הן בישראל והן באזור מזרח ים תיכון. מכאן, בניית אי מלאכותי בים יהווה חסם נוסף בהסעת החולות הנוכחית. מנגד, עולה החשיבות בהוספת קרקעות לתשתיות ומגורים לאור גידול האוכלוסין והתעשייה בארץ. על כן, בניית אי מלאכותי לא רק שהוא בעל חשיבות רבה, אלא הוא הופך להיות כורכר המציאות. לפיכך, בעת תכנון האי יש לצמצם למינימום את הפגיעה במשטר זרימת החולות באמצעות שימוש נכון בטכנולוגיה בנייה וטכנולוגיית תחבורה.

טכנולוגיות אפשריות לבניית איים מלאכותיים

א. טכנולוגיות בניית האי

כיום, קיימות מספר טכנולוגיות שונות לבניית איים מלאכותיים המתיחסות לאופן בניית האי והחומר ממנו הוא עשוי. ניתן להגדיר את הטכנולוגיות בין היתר לפי כמות הקרקעית איתה הן באות במגע. לפי הגדרה זו ניתן לחלק את הטכנולוגיות באופן גס לשלושה סוגים:

- טכנולוגיות של מילוי או פולדרים- מתקנים אשר בסיסם יושב על קרקעית הים והם תופסים שטח קרקעית השווה או גדול לשטח הפנים שלהם.
 - אסדות ופלטפורמות על עמודים או פיגומים- גם הבסיס של מתקנים אלו יושב על קרקעית הים, אך הם יתפסו כ-50% או פחות משטח הקרקעית ביחס לטכנולוגית המילוי או הפולדרים.
 - מתקנים צפים – עיגונים לקרקעית הים נעשה באופן נקודתי ומינימאלי וחלקם אף לא באים במגע עם הקרקעית.
- מתוך חלוקה זו, ניתן להסיק על ההשפעה הסביבתית שיש לכל טכנולוגיה על החיים בים, על הקרקעית, על

זרמי הים והסעת החולות. בפרק הזה נעסוק בנושאים אלו בהרחבה.

1.1 שיטת המילוי - מרבית האיים המלאכותיים בעולם הוקמו בשיטת חומרי המילוי, המבוססת על בניית

קירות בהיקף האי ומילוי נפח האי בחומרי כרייה אשר מקורם בים או ביבשה (אביב, 2007). (נספח 18) הקמה של איים מלאכותיים גדולים על בסיס חומרי מילוי החלה בשנות ה-70 של המאה שעברה ביפן ומאז בוצעו פרויקטים שונים באתרים רבים בעולם (אביב, 2011). לפי שלף ושות' (1994), קירות הים מגנים על האי בפני פעולת הגלים ומקובל לבנות אותם מאבן טבעית בצורה של שוברי גלים או מבטון בצורת קיר או קאיסונים. בפרסום של המעבדות ההידראוליות של דלפט מתארים גם טכנולוגיות כמו נקניקיות חול, גביונים, ריפ ראפ, בלוקי בטון, ערימת יריעות או סכרים. שולי האי יהיו בדרך כלל מדורגים לכיוון ממנו מגיעים הגלים ואנכיים לכיוון ממנו אין גלים. גבהים משתנים של קרקעית הים יגרמו לגלים להישבר במרחק מהחוף. (Hydro delft, 1982).

בדוח המסכם של משרד הפנים מ-2007 מפורטים חומרי מילוי לגוף האי כמו חול, כורכר, חצץ, תפוזות סלעים וסלעים גדולים. בנוסף, מוצעים חומרי משנה כמו פסולת בניין, עודפי עפר ואפר פחם (אביב, 2007).

בשיטת המילוי ישנה משמעות גדולה למרחק האי מהחוף. כיוון שהגדלת המרחק תגדיל את עומק המים בהם יוצב האי ולכן תייקר את הקמת האי ותדרוש כמות גדולה יותר של חומר מילוי וחומרים לבניית הקירות ושוברי הגלים. יש לזכור כי במקרה של אי במילוי רוב המסה נמצאת מתחת לפני הים. אי אשר שטחו 1000 דונם ידרוש בסיס רחב בהרבה בשל השיפועים הנדרשים ליציבות (שלף ושות', 1994). המעבדות של דלפט מציינות שיפוע של 1:5 כיציב. בנוסף, גם לגודל האי יש השפעה על כמות חומר המילוי הדרושה, ככל שהרדיוס של האי יגדל יהיה צורך ביותר חומר מילוי. הפחתה של חומר המילוי יכולה להיעשות על ידי יצירת חללים ריקים בקונסטרוקציה של האי (Hydro delft, 1982).

כאמור, בשיטת המילוי משתמשים הרבה פעמים בקאיסונים, (נספח 19) אלו הם אלמנטים טרומיים בעלי צורת קופסא מלבנית או עגולה מבטון מזויין אשר ניתן ליצוק בחוף, לגרור לאתר הבנייה ולשקע במקום המיועד. הקאיסונים יוצרים קירות אנכיים ובכך מגדילים את היחס בין פני שטח האי לשטח בסיסו. הניסיון עם קאיסונים קיים כבר מתחילת המאה ובעזרתם נבנו קירות ים של נמלים. קאיסונים אשר נבנו בצילה וברוטרדם נבנו חלולים ואח"כ נגררו למקומם ומולאו בחומר מילוי. גודלם של הקאיסונים יכול להגיע לגודל בניין משרדים בגובה 30 מ' ויותר והעומס שלהם על קרקעית הים נשלט ע"י כמות המילוי המוכנסת לתוכם. הבנייה עם קאיסונים מאפשרת השארת חללים פנימיים וחסכון בחומרי מילוי (שלף ושות', 1994).

1.2 פולדר - סוללת מילוי ימית - שיטה זו מתאימה בעיקר לעומקי ים רדודים. בשיטה זו יוצרים 'פולדר'

(בריכה) שטח ים אשר מוקף על-ידי סוללה ומתוכו נשאבים המים עד לגילוי קרקעית הים (ינון, 1998). (נספח 20) ייבוש שטחי המים מתבצע על-ידי הנחת חומרים מתחת למים כדי ליצור סוללה המתרוממת מעל פני המים. יש צורך באטימת הסוללה ממעבר של מים על-ידי ליבת חמר, ציפוי פלסטי או חומר איטום אחר. עם גמר הכנת הסוללה שואבים את המים מהחלק הפנימי ולאחר ביסוס ניתן לבנות מתקנים על מה שהיה קודם קרקעית. יתרון השיטה הוא בחיסכון בחומרי מילוי. חסרונה העיקרי של השיטה הוא אי תאימות לים פתוח ומים עמוקים. בנוסף, יש להקים מתקנים מיוחדים להבטחה תמידית של אטימות הסוללה ואחזקתו השוטפת של המשטח כדי למנוע כשל. נדרשת גם הבטחה תמידית של מערכת שאיבה וניקוז אשר נמצאות בבקרה מתמדת ובכל זאת תמיד קיימת בה סכנה של הצפת המשטחים. בהתייחס לפוטנציאל ההקמה מול החוף הישראלי, הרי שאופי הים הפתוח והעובדה

שהקרקעית והסוללות ההיקפיות מבוססות על חול בעל חדירות גבוהה יחסית, מפחיתים את פוטנציאל ההקמה בעזרת שיטה זו. כמו כן, עומקי המים הרלבנטיים בחוף הים התיכון אינם מתאימים לשיטת הפולדרים, אשר מוגבלת מסיבות טכנולוגיות/כלכליות לעומקי מים של עד 7 מ' (אביב, 2007).

2.1 כלונסאות - כלונס הוא עמוד המוחדר בחלקו לקרקע ומשמש גם כיסוד המבנה. לפי הדוח של משרד הפנים שימוש בכלונסאות קיים בפרויקטים רבים בעולם, החל מאסדות קידוח, גשרים המשמשים כמקשרים (נספח 21) ועד לחוות אנרגיית רוח בים הצפוני. קיימת אי ודאות לגבי ישימותה הכלכלית וההנדסית של שיטה זו מול חופי מטרופולין ת"א (אביב, 2007). לפי סגל (1997) בנייה עם כלונסאות מתאימה לעומקים של עד 26 מ'. בשיטה זו חוסכים בחומרי מילוי בכך שביסוס האי או המתקן להקמת התשתית נעשה על יסודות כלונסאות אם כי שטח הכלונסאות חוסם כ-40% מהשטח הפתוח (רוזן, 2000).

2.2 פלטפורמה על עמודים: שיטה זו פותחה בשנות ה-70 בנורבגיה כבסיס למתקני קידוח והפקה של נפט וגז. יחידת הבסיס היא פלטפורמת ענק מבטון מזוין אשר שוכבת על קרקעית הים וממנה יוצאים עמודי תמך למשטח המתקן המורם מעל פני הים. היא מורכבת מתאים חלולים שניתן להציף עד למיקום המיועד למתקן ואז להשקיע באמצעות מילוי במים. משקל הבטון הגבוה יחד עם המים מאפשר את קיבוע המתקן ויציבותו. לאחר שהמתקן הוצב במקומו מונח מתקן הקידוח, שנבנה בנפרד, על העמודים באמצעות אסדה ויחידות הרמה.

2.3 פיגומים: בשיטה זו המתקן מורם מעל פני הים בעזרת פיגומים המעוגנים לקרקעית הים. אחד היתרונות הבולטים של השיטה הוא חסכון בחומרי מילוי וצמצום שטח המגע בין המשטח הבנוי לפני הים. שימוש בפיגומים קיים בפרויקטים רבים בעולם, ואפשר צבירה של ידע וניסיון רב בטכנולוגיה זו. שימושים נפוצים כוללים: אסדות קידוח על פיגומים, גשרים על פיגומים וחוות להפקת אנרגיית רוח בים הצפוני המוקמות על פיגומים (אביב, 2011).

3.1 פלטפורמות צפות - שיטה נוספת החוסכת בחומרי מילוי ועשויה להתאים למתקני תשתית בים היא בניית משטח בעזרת פלטפורמות צפות. בשיטה זו מרבית חומר המילוי נחסך על-ידי עיגון הפלטפורמה הצפה לקרקעית הים באמצעים שונים (אביב, 2007). לשיטתו של Hartono (1998) קופסאות חלולות בגודל 60-100 מ' ובעומק של 20-30 מ' מיוצרות בשיטת "פריקסט" (נבנה לפני ומובא לאתר כיחידה שלמה) על החוף ומובאות לאתר שם ממלאים את חלקן התחתון במים. (נספח 22) בתוך הים מונחות הקופסאות זו לצד זו מבלי לחבר בניהן. לכל קופסא 8 חלקים בולטים, 2 מכל צד, המונעים התנגשות עם הקופסאות הסמוכות ומעבירים כוחות אופקיים בין התיבות. הפלטפורמה בנוסף ראוי לציין כי ביפאן ארבעה שדות תעופה, כולם על איים מלאכותיים. הצפה מעוגנת ליסודות בטון בקרקע ע"י כבלים הנמצאים במתיחה ונקשרים לבליטות אלו. (נספח 23) לאחר העיגון מוציאים את המים מבטן התיבה וע"י כך נוצר מתח בכבלים. מלמעלה יוצקים משטח אחיד המונע חדירת מים כלפי מעלה ומהווה את פני השטח של האי. בזמן גאות ניתן למלא את הקופסאות במים בכדי למנוע מתיחות יתר של הכבלים. העיגון לקרקע מונע רק באופן חלקי את השפעת הגלים ולכן יש להקיף את האי צף בשוברי גלים בכדי ליצור "ים שקט". לשיטה זו מספר יתרונות: המתקן מודולרי וניתן בעתיד להרחיב את מתקן התשתית ואף להעבירו למיקום חדש. על-ידי כך ניתן להקטין את הסיכון הסביבתי שעלול להיווצר ממתקן קבוע. למשטח צף קיימת גם עמידות טובה יותר בפני רעידות אדמה.

בעוד בניית איים מלאכותיים מוגבלת לתחום מדף היבשת ולמים רדודים יחסית, בניית מבנים מוצפים מאפשרת למקם את המבנה ללא תלות בעומק המים. זמני ההקמה של מתקנים מוצפים קצרים יחסית כיוון שניתן לייצר את חלקי המבנה ליד נמל, להשיטם אל אתר ההקמה ולהרכיבם בזמן קצר יחסית בהשוואה לבניית איים. צמצום זמן ההקמה הימי חוסך עלויות ומצמצם השפעות המיוחסות לזמן ההקמה. בנוסף, היות והמבנים מוקמים מחיבור של יחידות עצמאיות, ניתן להרחיב מתקנים קיימים בהתאם לצורך, או לפרק יחידות על מנת להקטין את המשטח. חסרונה העיקרי של השיטה מתבטא בכך שהיא מתאימה בעיקר למים שקטים. בים פתוח יש להקים שובר גלים להגנה על המתקן ועל מנת להבטיח משטח יבש על פני הפלטפורמה (אביב, 2011).

3.2 שיטת P.S.P (Pneumatically Stabilized Platform) – זהה הוא רעיון המציע שיטה חדשנית להקמת פלטפורמה צפה. זוהי שיטה פניאומטית, בה מרותכים אל המשטח הצף צילינדרים (גופים מבטון בצורת גליל) (נספח 24) מלאים באוויר בלחץ משתנה ומספקים לגוף את כושר הציפה הנדרש. בקרה על לחץ האוויר בין הצילינדרים מאפשרת השגת יציבות מכסימלית תוך התחשבות בעומסים המופעלים על המשטח הצף באזורים שונים שבו. השיטה אמורה להתאים הן לים פתוח והן לים סגור, אך עדיין לא נוסתה בקנה מידה גדול (אביב, 2007).

3.3 אנייה: ניתן לבנות אנייה ולתכננה באופן מיוחד עבור מתקן ימי או להסב אנייה קיימת. קיימות בעולם אניות גדולות מאד המגיעות גם לממדים אשר יכולים להתאים לשימוש עבור מתקן התפלה. אורך אנייה כזו יכול להגיע למספר מאות מטרים ורוחבה למספר עשרות. אחד היתרונות של שיטה זו בישראל ובכלל הוא ניידותה. הניוד עשוי להידרש כתלות בצרכים המשתנים לאורך זמן או אף במקרה של היווצרות השלכות סביבתיות המחייבות העתקת המתקן או פירוקו. (אביב, 2011)

4. שיטת בורט - פרופסור מיכה בורט מציע שיטה שמטרתה הפחתה בשימוש בחומרי מילוי. עקרון השיטה הוא שימוש במכלים דמויי "אמבטיות" כתשתית לפתרונות בנייה בתוך פנים האי במרחב המים המוגנים. (בורט, 1997). (ראה נספח 25) גודל האמבטיות יכול להגיע עד 250X250 מ' עם שוקע של עד 20 מ' ועוד 5 מ' מעל פני הים. הן עשויות מבטון ומורכבות מיחידות מודולאריות המיוצרות על החוף ומושטות לאתר עצמו שם הן מורכבות. ליחידות רצפה כפולה בגובה 4 מ' אותה ניתן למלא במים או באוויר ובהתאם לכך לקבל ציפה או שקיעה של הפלטפורמות, למעשה הן מתפקדות כמו סירות או אניות מאוד גדולות ומצייתות לחוק ארכימדס – כמות המים שהאנייה דוחה זהה למשקל אותו היא סוחבת. האמבטיות מתאימות לכל טווח העומקים, בעומקים של 20 מטר (2 ק"מ מקו החוף במקרה של ישראל) הפלטפורמה יכולה לשבת על הקרקעית, בעומק יותר גדול יהיו לה כלונסאות או שהיא תהיה צפה ותחוזק לקרקעית באמצעות כבלים. בתוך האמבטיה יש נפח ראוי לבנייה, לפי בורט, הנפח הזה לבדו מאפס את עלות הקרקע. מדובר בכ- 6 קומות מתחת לפני הים כולל בארות אור המכניסות אור ואוויר, ועוד 15-10 קומות מעל פני הים (בורט, ראיון 20.12.2012).

ב. הצבה על הקרקעית:

אלמנט חשוב נוסף בו יש להתמקד בעת בניית אי מלאכותי הינו אופי הקרקעית. לשם כך, בעת

הצבת מבנה על הקרקעית הים יש לנתח שני מרכיבים עיקריים:

1. שקיעה – בקרקעית חולית כמו בים הצפוני השקיעה קורית בזמן הבנייה והיקפה לא גדול בעוד שבאדמת סחף חרסיתית השקיעה היא איטית ולוקח זמן רב עד שהקונסטרוקציה מתייצבת. ניתן להקטין

את השקיעה ע"י הסרה של שכבות מהקרקעית. שיטה של הנחת מצע ארוג וניקוז קרקעיים גם אפשרית לקיצור זמן התייצבות הקונסטרוקציה (Hydro delft, 1982).

2. יציבות – אם בקרקע ישנן שכבות שטחיות רכות היציבות תגדל עם הזמן כאשר המים בשכבות יאבדו מהלחץ שלהם. ניתן להגדיל את היציבות ע"י בניית שוליים ושיפועים שטוחים יותר, לבנייה כזו יהיו גם יתרונות הידראוליים. הזמן שלוקח להשיג יציבות במהלך הבנייה הוא פונקציה של חדירות שכבות הקרקע אשר תלויה בגודל גרגירי החול ובלחצים ההידרוסטטיים. לאדמת סחף תידרש עד חצי שנה להשגת יציבות סופית ולאדמה חרסיתית יכולות להידרש עד עשר שנים. ניקוז הקרקע יקטין את הזמן הדרוש להתייצבות הקונסטרוקציה. יציבות לאחר הבנייה יכולה להיפגע בשל רעידות אדמה, גלים או קרח ויש לנקוט אמצעי זהירות (Hydro delft, 1982).

ג. שוברי גלים:

התנאים הקיימים בישראל שונים מאוד מאלו השוררים במקומות בהם נבנו מרבית האיים המלאכותיים עד היום. מקומות אלו מאופיינים בד"כ במימי מפרץ שקטים ורדודים. בשל תוואי החוף של ישראל, הנעדר מעגנים ומפרצים מוגנים באופן טבעי, המבנה הימי ימוקם בתנאי ים פתוח בהם יהיה חשוף לסערות חורף וגלים גבוהים, לכן ישנה חשיבות רבה לשוברי גלים.

מעבר לאסדות מורמות בהם ניתן לקבוע את גובה הפלטפורמה מעל קו הגלים העליון, כל שאר הטכנולוגיות דורשות מיגון מתאים, וככל הנראה אינטנסיבי. לרוב המיגון נעשה באמצעות הקמת שובר גלים. מבנה סטנדרטי של שובר גלים הוא כמערום אבנים במבנה שכבתי מדורג, כאשר בבסיס שובר הגלים מונחים סלעים גדולים או קוביות בטון במשקלים של 20-30 טון. מעל הבסיס מורכב השובר מיחידות מבניות קטנות יותר. על גבי השובר, בחזית הפונה לים, מונחת שכבת שריון הבנויה יחידות בטון או סלע שתפקידה לספוג את אנרגיית הגלים ולהמירה לצורה אחרת של אנרגיה.

בתנאי הגלים של ישראל, המחייבים תכנון לגלים של 15 מ', שימוש בטכנולוגיה קונבנציונאלית יחייב הקמת שובר הגלים בצד המערבי של המתקן הימי בגובה של כ- 17 מ' מעל פני הים ובנוי מאלמנטים מאסיביים של בטון. ניתן להנמיך את שובר הגלים לגובה של 2-3 מ' מעל פני הים, תוך כדי הרחבתו באופן יחסי ובנית "לגונת" מים מוגנים מה שיקטין את ההשפעה החזותית של המתקן ויפחית קונפליקטים עם הגבלות בניה הקשורים לגובה המתקן והמבנים שעליו (אביב, 2011).

מעבר לשיטה הקונבנציונאלית להקמת שוברי גלים, ישנם גם שוברי גלים הבנויים מיחידות חלולות ומחוררות, שיטה כזו פותחה ע"י פרופסור מיכה בורט (1997). שובר הגלים בנוי מיחידות מודולריות היוצרות יחד תבנית של "ספוג". החומר המשמש ליצור מבני הספוג מהווה כ- 6-5% מנפח שובר הגלים ובכך נחסך חומר מילוי רב. יצוין כי שיטה זו עדיין לא נוסתה והוכחה בפרויקט בקנה מידה של מתקן תשתיתי גדול בים פתוח. (נספח 26)

השפעות אקולוגיות של הטכנולוגיות השונות

מידע רב חסר על ההשפעות האקולוגיות של הטכנולוגיות השונות, גם כיוון שלא ניתן מספיק דגש על הנושא וגם באופן טבעי מכיוון שחלק מההשפעות מתגלות רק בטווח הרחוק. להלן ההשפעות של השיטות השונות כפי שנחקרו. במקרים בהם לא נמצאו מחקרים הועלו השערות על ידינו, לדוגמא: מבנה היושב על הקרקעית יפגע לפחות בבע"ח ובצמחים שעל הקרקעית אותה הוא תופס.

1. **שיטת המילוי:** אי בשיטת המילוי תופס את שטח הקרקעית הרב ביותר ולכן באופן טבעי משמיד את כל מה שנמצא על השטח שהוא תופס – שוניות אלמוגים, בעלי חיים מסוג בנתוס שלא הספיקו לברוח בזמן בניית האי. כמו כן תפגע בניית האי בכל שרשרת המזון התלויה באוכלוסיות שהושמדו. בנוסף, לאי התופס שטח נרחב מהקרקעית כמו אי בשיטת המילוי צפויה להיות השפעה רבה ביותר על זרם החול. מילוי האי יעשה בדרך כלל באמצעות ספינות ודוברות מוסבות, לרוב בשיטה של התזה פתוחה. (נספח 27) שיטה זו יוצרת מפגעים סביבתיים שונים כפיזור של חלקיקי חומרי מילוי באוויר ובים, מעבר לשטח המיועד למילוי, דבר הגורם לכיסוי אזורים נרחבים בסדימנטים, לפגיעה באיכות המים ולמפגעים ויזואליים. ישנן שיטות יקרות יותר המאפשרות פיזור מדויק יותר של חומרי המילוי ע"י שימוש בצינורות ושרוולים (אביב, 2011).

1.1 **חומרי מילוי -** כאמור, הוצעו בישראל מספר חומרי מילוי אופציונליים לגוף האי כמו חול, כורכר, חצץ, תפזורת סלעים וסלעים גדולים וחומרי משנה כמו פסולת בניין, עודפי עפר ואפר פחם (אביב, 2007). לפי אלמגור, גיל ופרת (2000) אפר פחם ופסולת בניין אינם אופציה מעשית כיוון שהכמויות שלהן זניחות ביחס לכמות חומר המילוי הדרושה לבניית אי. במסמך המדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות שהוכן על ידי חברת אביב ב-2007, נבחנה האפשרות לכרות חול ממעמקי הים, מעומקים של 30 מ'. בסקר ראשוני נמצא כי מתחת לפני השטח הימי בעומקים אלה ישנם מרבצי חול משמעותיים. עם זאת, כרייה כזו מחייבת שימוש בציוד מכאני כבד ותיצור שינוי מקומי בתצורת קרקעית הים. כמו כן, בזמן עבודות הכרייה צפויה גם הרחפה של סדימנטים בסביבת הכרייה. לתופעות אלה השפעה אקולוגית בעיקר בקרבת אזור הכרייה וסמוך לתקופת הכרייה. למרות שהמערכות האקולוגיות בעומקים אלה דלות יחסית, אין להתייחס להשפעות אלה בביטול. מקור נוסף לחול וחומרי מילוי הוא ייבוא ממדינות שכנות (מצרים, ירדן, טורקיה), אך הדבר כרוך בתנאים הגאופוליטיים העתידיים ובעלויות הובלה ניכרות (אביב, 2011). סלע הכורכר המצוי בים הוא החלופה המועדפת למילוי עקב תכונותיו המכאניות המתאימות וזמינותו לפי הסקרים הסדימנטולוגיים ועקב עלותו, שאינה דורשת תהליכים יקרים של הפרדת חול (ניר, 2001).

לפי אלמגור, גיל ופרת (2000) ישנם מרבצי כורכר לאורך החוף של ישראל על מחשופי הכורכר התת ימיים המזרחיים ובארבעה רכסי כורכר תת ימיים במפרץ חיפה בעומק 10-20 מ' ובמרחק של 2.5 ק"מ מהחוף. (נספח 28) בנוסף הם מציינים עתודות כורכר אופציונאליות לכרייה בדרום אשדוד, אזור זה לא נבדק עדין מבחינת הרכב הקרקעית והכמויות של החומר הראוי לכרייה. על פי Gayman (1975), רכסי כורכר מתאימים לכרייה נמצאים גם באזור נתניה. Gayman (1975) מפרט את הנזקים העלולים להיגרם לאוכלוסייה הימית כתוצאה מכריית הכורכר. לצורך הקמת אי קטן בגודל 150 דונם תידרש כרייה ע"י דחפור סלעים ימי במשך 16 שעות ביממה, 200-300 ימים בשנה בהתאם למזג האוויר על פני כשנתיים. ניתן לחלק את הנזקים שהיא צפויה לגרום לשני חלקים עיקריים (נזקים דומים יגרמו גם מכריית חול):

*נזק באזור הכרייה לקרקעית הים ולבעלי החיים והצמחים הנמצאים עליה ותלויים בה.

*מיון ושטיפה של חומר הכרייה יגרום לענן עכור בתוך המים (נספח 29), הענן צפוי להישאר במים שעות, ימים ואולי אף שבועות. הענן יתפשט בהתאם לזרמים, בימים בהם אין השפעת זרמים ורוח יתהווה הענן סביב אזור הכרייה בצורה כדורית.

1.1.1 **נזק לקרקעית ולבעלי החיים:** אוכלוסייה של קרקעית סלעית היא בדי"כ יותר מגוונת מאוכלוסייה של קרקעית רכה וחולית. כריית הרכס תיצור בורות בעומק של כ-3 מ' וברוחב של 150 מ' בכל אורך רצוי. הבורות יהוו מלכודות חול והמילוי ייקח כמה עשרות שנים. בזמן הכרייה כל הצמחים הבנתים וכמעט כל בע"ח הנייחים צפויים להישמד, הדגים הגדולים יותר והסרטנים צפויים לברוח

מהאזור, אך ימותו מוקדם כיוון שכל בתי הגידול בהם ירצו להתיישב כבר תפוסים. הרס בתי הגידול ישפיע עד 50 מ' מאזור הכרייה. בית הגידול החדש יאוכלס באופן חלקי ע"י אוכלוסייה דומה לזו שהייתה בו לפני. בנוסף, שימוש בסדימנט רך מהים, בהתאם לטכנולוגיה ההולנדית, יכול לפגוע בבית הגידול הבלעדי של החסילונים המהווים נתח חשוב מהכנסתם של דייגי ישראל (שפניר, 2012).

באופן כללי מומלץ להשאיר רווחים צרים בין בור אחד למשנהו ולכרות בורות בצורה כמה שיותר אי רגולרית על מנת לאפשר חשיפה של כמה שיותר סלע וכך ליצור יותר אזורים סלעיים על פני אזורים חוליים. (נספח 30) דבר זה יאפשר לאוכלוסייה המקורית של קרקעית סלעית להתקיים (Gayman, 1975).

1.1.2 **נזק כתוצאה מעכירות:** ענן עכור מתהווה כתוצאה מכריית כורכר באזור בו יש חומר דק. הענן גורם לירידה בכמויות האור החודרות אל המים וכתוצאה מכך מואט הייצור הראשוני של צמחים ובהמשך הייצור הראשוני של כל האורגניזמים התלויים בצמחים למזון. אם הרבה מהצמחייה תפגע חלק מהאוכלוסייה עלול להיכחד (Sherk, 1971). לעכירות השפעה שלילית גם על ספיגת החמצן על ידי אורגניזמים במים הנושמים באמצעות זימים, חלקיקים קטנים יתפסו בזימים ויקטינו את מעבר החמצן מהמים לדם מה שיגרום לחנק. באופן טבעי בע"ח שרגילים למים עכורים יתמודדו עם העכירות טוב יותר מאלו הרגילים למים צלולים. העכירות תשפיע גם על טורפים אשר תלויים בעיניים שלהם לצורך צייד. בנוסף, יושפעו באופן משמעותי אורגניזמים המסננים מים לצורך תזונתם, במים חומרים אורגנים ולא אורגניים, בע"ח המסננים בולעים את כל החלקיקים אך רק החלקיקים האורגניים מזינים אותם. כתוצאה מהחפירה כמות החלקיקים הלא אורגניים במים גדלה ואם לא יחזרו המים למצבם הטבעי יגוועו בע"ח אלו ברעב. ראוי לציין שכרייה של חומרים מסוימים בים המכילים חומר אורגני עשויה להגדיל את תכולת החומר האורגני במים אך לא כך עם הכורכר. אפקט העכירות על צאצאים צעירים גדול מההשפעה על בע"ח בוגרים, החלקיקים במים עשויים לעכב או לעצור את התפתחות הצאצאים.

ההנחה היא שכדי להקטין את הפגיעה בסביבה יש להקטין את גודל הענן העכור ואת צפיפותו. פעולות אלו הן מנוגדות כיוון שהקטנת הצפיפות מושגת בקלות ע"י ערבוב הענן העכור עם המים בסביבתו, אך כתוצאה מכך מתפרס הענן על שטח רב יותר. הכרייה צפויה להפריע ל-1200 מטר מעוקב כל שעה (Gayman, 1975)

כאמור, אפר פחם ופסולת עפר יכולים להוות חומר מילוי משני. אלו לא צפויים להתערבב או לחלחל למים כיוון שכלואים בתוך קירות הבטון. Frider, Shelef & Kress (2002) חקרו שינויים כימיים באפר פחם כתוצאה מערבוב עם מי ים. החומרים היחידים בעלי משמעות אקולוגית ששוחררו לסביבה היו כספית וקדמיום, עם זאת, ריכוזם במי הים היה נמוך מריכוז הנחשב מסוכן לפי הקריטריונים ולכן המסקנה היא כי אפר פחם מתאים ליישומים ימיים.

1.1.3 **רעילות כימית של חומרי מילוי וחומרי הקמה** חומרי ההקמה של המתקן יכולים להשפיע על איכות המים הן כסדימנטים מרחפים בזמן ההקמה, והן בפיזורם למים בתהליכים כימיים ופיסיקאליים אליהם נחשפים המתקנים לאורך זמן. חומרי מילוי עלולים להכיל רמות שונות של חומרים רעילים ומסוכנים, כגון: ברזל, אלומיניום, מנגן, טיטניום, נחושת, אבץ וזרחן. בנוסף, מתקנים ימיים מצופים

בחומרים למניעת חלודה ולמניעת התיישבות של צמדת ים, חלקם רעילים מאוד לסביבה הימית ולא מתפרקים, כמו צבעי TBT.

על מנת למנוע פגיעה המיוחסת לרעלנים השונים, יש לנטר את מקור חומרי הגלם לבנייה מבחינת ריכוז חומרים אלה עוד בשלב האיתור, להשתמש במקור "נקי" במידת האפשר ולצפות את חלקי המתקן התת-ימיים בחומרים הנחשבים "ידידותיים לסביבה".

1.1.4 רעילות ביולוגית של חומרי מילוי במידה ולא תבצע שאיבה של חול מילוי מקרקעית הים בסמיכות לאתר וחומרי המילוי יילקחו ממקור רחוק יותר, תיתכן העברה של בקטריות ומזהמים ביולוגיים אחרים. הסכנה גדולה במיוחד אם מדובר במקור יבשתי. בדומה לרעילות כימית, יש לבצע ניטור ביולוגי של מקור חומרי הגלם, ובמידת הצורך לטפל בחומרים לפני שלב ההקמה (אביב, 2011).

2. שיטת הכלונסאות: גם היא פוגעת בקרקע עליה היא יושבת אולם היא תופסת רק 40% משטח הקרקע על כן הפגיעה שלה פחותה. יתרון השימוש בכלונסאות הוא מעבר חלקי של סדימנטים, אך בכך גם טמון חסרונו. קרי, עם הזמן תיווצר ככל הנראה חסימה חלקית, שייתכן כי תהפוך למלאה ותדרוש עבודות תחזוקה יקרות (אביב, 2007).

2.1 פיגומים: לשימוש במתקן על פיגומים לעומת טכנולוגיות אחרות יתרון בכך שהוא משאיר טווח ימי פתוח יחסית מתחת למתקן. בשונה מאיים מלאכותיים ושוברי גלים, מבנה הפיגומים אינו מהווה חסם מלא לתנועת מי הים ובכך הוא מצמצם משמעותית את הפגיעה במשטר הזרמים ומשטר הסעת החולות וכן מפחית השפעות סביבתיות הקשורות בשינוי דפוסי התנועה של אורגניזמים ימיים. ניתן למקם את משטח העבודה גבוה מעל פני הים, ולכן אין צורך להקים שובר גלים ואין תלות מגבילה בין תפקוד המתקן לבין שינויים במפלס הים (אביב, 2011).

למרות זאת, על-פי רוזן (2000), הפיגומים עלולים לגרום לחסימה בתנועת החולות האורכית. האזור השקט יחסית מגלים שמאחורי המתקן יגרום להתפתחות זרמים בקרבת קו החוף אשר יסיעו חול וישקעו אותו אל תוך האזור שמתחת למתקן. כך תיחסם עיקר הסעת החול ועם הזמן תיווצר ככל הנראה חסימה חלקית, שייתכן שתהפוך בהמשך למלאה ותדרוש עבודות תחזוקה.

3. איים צפים: שיטת האיים הצפים תופסת כאמור הכי פחות קרקע, ולכן פוגעת בחי שעל הקרקעית במידה הפחותה ביותר. למרות זאת, יסודות הבטון שעל הקרקעית יפגעו בה לפחות בשטח עליו יוצבו. על אף שמתחת לאי צף ישנו מרווח היכול תיאורטית לשמש לתנועה, יש לו בכל זאת השפעות ימיות שליליות על תנועת זרמים והסעת חול. מבחינה סדימנטולוגית, ההשפעה היא דומה לזו של אי הבנוי על מילוי, אולם היא מתונה יותר ונמשכת על פני זמן רב יותר. גם מתקן צף גורם להקטנת גובה הגלים מאחוריו ועקב כך לחסימה בשטח התנע לאורך החוף בתחום רצועת המשברים. תופעה זו יוצרת גרדיאנטים המשפיעים על זרמים שגורמים להסעת חול לתוך התחום ה"מוצל" על-ידי האי, לשקיעתו שם וליצירת לשוניות חול החוסמות לאורך זמן את ההסעה האורכית (רוזן, 2000). אמנם מבחינה טכנולוגית שיטה זו יכולה להתאים לעומקים גדולים שם ההשפעה על סחף החול תהיה פחותה אך לשובר הגלים, במידה ויהיה צורך בו, תהיה גם כן השפעה על סחף החול והקרקעית. בשנים האחרונות מתקיים ניסוי ביפן להקמת שדה תעופה על גבי פלטפורמה צפה, בנמל יוקוסוקה אשר במפרץ טוקיו, בין היתר נבחנות ההשפעות הסביבתיות של הפלטפורמה (Sato, 2002). לפי Kyojuka, Kato & Nakagawa (2001), השפעות הפלטפורמה הצפה על הזרמים ועל איכות המים היא מינימאלית, שינויים בזרמים נמדדו עד לעומק 5 מ' בלבד. בזמן הבנייה שינויים בזרמים הביאו להשפעה על איכות המים, אך שינויים אלו נמדדו רק בקרבת הפלטפורמה ולא בכל המפרץ. הטמפי בצד המזרחי של הפלטפורמה הייתה גבוהה יותר מהטמפי של שאר המים ובצד המערבי

נמוכה יותר, שה"כ נמדד הפרש טמפי של 0.1 מעלות במדידה אופקית ללא קשר להימצאותו של שובר גלים, ההשפעה האנכית הייתה גם היא קטנה מאוד ומוגבלת לפני השטח. בנייה של שוברי גלים יחד עם הפלטפורמה תגדל ההשפעה הסביבתית אך ישנן טכנולוגיות עכשוויות באמצעותן ניתן לשקם את הנזק. שוברי גלים חדירים למים משפרים את זרימת המים ומגדילים את כמות החמצן המומס במים.

4. **התבססות של מינים פולשים על גבי מתקנים ימיים** מחקרים עדכניים, נתוני דיג ותצפיות, מראים שהתבססות של מינים פולשים בחוף הים התיכון בארץ מואצת לצד תשתית של מתקנים מלאכותיים ונסמכת עליהם בהתפתחותה. מבנים מלאכותיים מספקים תשתית מורכבת ומגנה שלא קיימת בחופים החוליים והחשופים. על גבי תשתית של עמודים וסלעים המשמשים מתקנים מלאכותיים גדלות אצות וחברה בנטית כחלזונות, ספוגים וחיתוכיים, המהווים מזון למינים שונים של דגים. מבנה מלאכותי אם כן, יכול להוות "איי" של מקלט ומזון ואתר רבייה למינים לא מקומיים, שבמידה ולא היה קיים לא היו מצליחים לשרוד באזור. אקוסיסטמות בעקה וכאלה שהן בעלות שונות מינים נמוכה נחשבות פגיעות במיוחד לפלישת מינים מהגרים, ולכן השפעתם באזורנו היא מהירה ומשמעותית. בשל הדלות של מזרח הים התיכון מבחינת מגוון המינים והביומסה שבו, המתבטאת בעוצמות נמוכות של תחרות וטרפייה, מינים שמקורם בים סוף מצליחים להתבסס בחופי הארץ במהרה (אביב, 2011). להתבססות מינים פולשים יכולה להיות גם השלכה חיובית: ישנם מיני דגים שהתבססו ולהם ערך כלכלי רב. מתקן מלאכותי בלב ים שסביבו תפתח פאונה עשירה יכול להוות מקור דיג עשיר ואתר רבייה למינים רבים של דגים (גולני, 2000).

5. **שוברי גלים:** הקמה של שוברי גלים ענקיים לצורך הגנת מבנה מוצף תיצור בעיות סביבתיות דומות לאלה של איים עם חומרי מילוי, מבחינת שינוי משטר זרמים. לחילופין, ניתן לקבע את המבנה באמצעות מערכת מורכבת של עוגנים וכבלים או באמצעות מערכת ייצוב דינמי. עם זאת, מערכות כאלה הן יקרות יותר וגם להן השלכות סביבתיות מסוימות. קיים יתרון סביבתי מסוים לטכנולוגיות הלגונות וליחידות ספוגיות כיוון שהן מאפשרות מידה של שטף מים ומעבר אורגניזמים ימיים דרך או מתחת לשוברי הגלים וכיוון שבבנייתם נדרש פחות חומר מילוי (אביב, 2011).

אפשרויות טכנולוגיות נתיב תשתית תחבורה לאי המלאכותי

כיום, קיימות מספר רב של חלופות לגישה מקו החוף לאי המלאכותי- גשר גישה, מנהרה, כלי שיט ודרך אווירית. בחירת סוג התשתית מותאמת למאפייני הסביבה הימית של אזור הפרויקט כאשר לרוב, טכנולוגיית הבנייה, של אותו נתיב תשתיות, תהיה שונה ממקום למקום משום שקיימים מאפייני סביבה שונים, כגון: סוג הקרקע, משטר הגלים, עומק המים, סוג המקומות הרגישים ועוד, (Kuesel, 1986).

כמו-כן, לשם התנהלות תקינה של האי, כפי שקיים בכל מקום מגורים או אזור תעשייה, נדרשות תשתיות בסיסיות, כגון: חשמל, ביוב, תקשורת ומי שתייה, המחייבות מעבר צינורות בלב ים. על כן, בבואנו לנתח את נושא תשתיות התחבורה, נתייחס הן לתוואי דרך לכלי תחבורת נוסעים והן לתוואי צינורות להולכת תשתיות בסיס ותוצרים. נעשה כן, בכדי להבחין בין שני שימושי מרכזיים: תוואי למעבר צינורות תשתית ותוואי מעבר לכלי תחבורה.

הבחנה זו מהותית לנושא מחקרנו היות ולכל אחת מהשיטות פגיעה שונה בסביבה הימית- בטווח הקצר באופן ההקמה של נתיב התחבורה ובטווח הארוך, בכל הקשור להשפעה על הסביבה הימית ככלל ועל מאזן החולות בפרט (Rasmussen, 1997).

בתהליך תכנון נתיב תשתית התחבורה בארץ, יש לקחת בחשבון שההשפעה על הסעת החולות

והפגיעה בסביבה הימית תהיה מינימאלית, (מנהל התכנון, הועדה למימי חופין, 1999). על-פי רוזן, (2000), רצועת החוף, עקב הפיגומים, עלולה לגרום לחסימה בתנועת החולות האורכית. בטווח הקצר החול הנע יצטבר ליד העמודים העבים, ויהיה צורך להעבירו מצד לצד בצורה מלאכותית (ניר, 2001). ניתן להגדיר את נתיב התשתיות לתחבורה ביחס לשטח הקרקעית איתה הוא בא במגע. לפי הגדרה זו נחלק סוגי התשתיות אותם ארבעה סוגים עיקריים:

תשתיות התחבורה ביחס לשטח הקרקעית:

- 1. תשתית תחבורה המונחת על הקרקעית בצורת גשר גישה או מנהרה לשם יצירת הפרדה מפלסית** תוקם באמצעות קורות בטון או פלדה - הקורות האופקיות משמשות בסיס תחבורה יציב למעבר לכלי תחבורה או צינור תשתית. הקורות האנכיות, כלונססים, מחזקות את המבנה לקרקעית הים בכדי לייצר יציבות ומשמשות כיסוד. גובה העמודים, העובי והמרחק ביניהם משפיעים על שטח הקרקעית אותו הם תופסים ומשתנים בין החלופות. במצב זה, היאחזות המבנה בקרקע פוגע בחיים שעליו ועשוי להסיט את סחף החול הטבעי עד לצורה קיצונית היוצרת טומבלו. כך לדוגמה קרה מדרום לנמל עזה, רק שנתיים מתחילת בנייתו, (נספח 32) (אלמגור, פרת וגיל 1999).
- 2. תשתית תחבורה שאינה מונחת על הקרקעית בצורת גשר גישה צף או מנהרה תת-קרקעית** - גם כאן, הקורות האופקיות מייצרות בסיס תחבורה יציב והקורות האנכיות מעוגנות לקרקעית בנקודות מינימאליות לרצועת החוף ולאי עצמו, באם מדובר בגשר שבסיסו מעל המים או מנהרה תת-קרקעית הנמצאת מתחת לאדמה. כפי שצוין לעיל, הפלטפורמה הצפה מעוגנת ליסודות בטון בקרקע על-ידי כבלים הנמצאים במתיחה ונקשרים לבליטות אלו. החלל הפתוח שנוצר בין הקרקע לשכבת הבטון העליונה מאפשר מעבר חול בצורה חופשית יחסית.
- 3. תשתית תחבורה ימית בכלי שיט, (אוניות נוסעים או ספינות מסע)** - מחד גיסא, מדובר בשימוש במשאבים ובטכנולוגיות קיימות שאין להם מגע עם הקרקעית פרט לעיגונם בחוף, מאידך גיסא, התוצרים הנלווים מהשימוש בהם, קרי, דלק וזיהום אוויר, עשויים לפגוע בסביבה הימית הן לשוכני הקרקעית והן לאדם המגיע לחופים.
- 4. תשתית תחבורה לגישה אווירית בכלי טייס** - הטכנולוגיה הקיימת יכולה להתאים כפתרון להעברת כוח עובדים, סחורות בנפחים משמעותיים וחלופת תחבורה ימית בעת חירום. מבחינת הפגיעה בקרקעית יש לקחת בחשבון את גודלו של האוי, הקצאת שטח למנחת מסוק וכן התאמת טכנולוגיית הבנייה. נציין, כי בעוד פתרון זה ממומש לדוגמא, כדרך גישה לאסדת הקידוח 'לווייתן' באמצעות מסוק הנותן מענה תחבורתי על בסיס יומי ומעביר כ-160 עובדים באופן קבוע, החלופה נפסלה בכל הקשור לאי מלאכותי במסמך המדיניות (בדיקת היתכנות להקמת מתקנים ימיים כעתודה למיקום תשתיות מתקן התפלה) רשמי משנת 2011 ונפסלה כפתרון ראשי ויעיל (אביב, 2011).

מעבר לשיקולים הטכנולוגיה הקשורים לסביבה הימית, תכנון תוואי תשתית התחבורה מושפע באופן ישיר מייעוד של האי. בין אם מיועד למגורים ובין אם לתשתיות.

להמחשה, סוג נתיב תשתית התחבורה שנבנה בין שדה התעופה בקנסאי לעיר קיסרוזו, (Kisarazu),

הינו עורק תחבורה ראשי הבנוי מחיבור כמה גשרים זה לצד זה ובו שני סוגי נתיבי תחבורה מנהרה תת-קרקעית וגשר גישה. בתוואי דרך זה, נמצאות שתי מסילות רכבת וכמה מסלולי כבישים לנסיעת רכבים

פרטיים ותחבורה ציבורית (Honda, Shiraishi & Motoyama, 1990). בתכנון עורק תחבורה זה הושקעו מאמצים רבים ובבנייתו נעשה שימוש במספר טכנולוגיות בנייה בהתאם לתוואי פני הים המשתנה, (נספח 31א' ב').

דוגמא נוספת לשילוב טכנולוגיות ושילוב סוגי נתיבי תחבורה בנתיב אחד, הוא ארסונד, (Øresund), עורק התחבורה המחבר בין דנמרק לשוודיה שנפתח לתנועה בשנת 2000. על עורק תחבורה זה נמצאים כבישים מהירים, 21 נתיבי רכבות, זאת על תוואי תשתית מתחלף, מנהרות על החוף כקישור לכבישי התנועה, גשרי גישה ומנהרות.

בראיון טלפוני הציג בפנינו אלפרד אדרואן, מנהל אגף חופים וים במשרד לאיכות הסביבה, את הצורך בבחינת והתאמת החלופות: "קשה לומר איזו חלופה עדיפה כתשתית לתחבורה – גשר, מנהרה או ספינות. יש לחקור את הפתרונות אשר פיתחו הסינגפורים, ללמוד מהם, ולעשות התאמות לתנאי הים בישראל. ההשפעות הסביבתיות בכל אחת מהחלופות פוגעות בצורה שונה בסביבה הימית, בחיים שבים, שעל הקרקעית, בזרמי הים ובמאזן החולות בפרט", (אדרואן, ראיון טלפוני, 14.1.13).

אפשרויות לנתיבי תחבורה ביחס לטכנולוגיה:

1. גשר גישה כתשתית תחבורה - פתרון זה מתבסס על טכניקה שמהותה יצירת הפרדה מלאכותית באמצעות קורות אופקיות ואנכיות עשויות עץ, בטון או פלדה, מעל תוואי שאינו יציב, לשם העברת סחורות, מבקרים ועובדים. על בסיס ציר זה, ניתן לסלול כבישים, לבנות פסי רכבת ולהניח צינורות לתשתיות. מדובר במבנה הנדסי מורכב הנבנה בשלבים, (Honda, Shiraishi & Motoyama, 1990). בין גשרי הגישה המפורסמים בעולם ניתן למצוא את "גשר הזהב" בסן פרנסיסקו אשר הוקם בשנת 1937 והיה הגשר התלוי הראשון בעולם. הסתכלות על ההיבט הטכנולוגי-הנדסי מגלה כי התנאים לבניית גשר גישה בים שונים מאלו הנחוצים לבנייה על היבשה. על כן, נציג את ההשפעה על הסביבה הימית בכל אחת מהחלופות ונסקור את הפתרונות הקיימים:

1.1 גשר גישה בצורת תיבה - השיטה נחשבת לשיטת בנייה ישנה יחסית. מדובר בציר יבשתי מלאכותי המונח מעל מפלס המים על קורות בטון עבות וכלונסאות הניצבות ושקועות בקרקעית הים. נמצא שימוש בשיטה זו בנמל התעופה הבינלאומית קנסאי שביפו, שם, אורכו של הגשר עומד על 700 מ'. החדשנות בזמן בניית גשר זה הייתה היכולת להצמיד מספר תיבות וכך לשלב כמה נתיבי תחבורה, רכבות וכביש צמודים על אותו תוואי עמודים, (נספח 33) (Honda et al., 1990).

1.2 גשר גישה התלוי על עמודים - הוזכרו לעיל שתי שיטות נפוצות לביסוס עמודי בטון. האחת, חיבור העמודים לפלטפורמת בטון שקועה המעגנת את המבנה, בטכנולוגיה הנקראת "Condeep". השנייה, ביסוס המתקן על עמודים אשר תשתיתם חפורה עמוק בקרקעית הים באמצעות קידוח מסוג Pile-Up. בשיטה זו מוחדר לקרקע צינור קידוח מלא במים ובו לחץ אוויר גבוה. עקב מפל הלחצים, חומר מהקרקעית נשאב לתוך הצינור ומוזרם החוצה למקום איסוף מוגדר והפגיעה הסביבתית היא נמוכה, (אביב, 2011). בתנאי קרקע ומסלע שונים ניתן להגיע לעומקים גדולים מאוד באמצעות קידוח מסוג Pile-Up. לדברי דר' דב צביאלי, יועץ לתהליכים ימיים וחופיים במשרד להגנת הסביבה, (ראה נספח 34), דוגמא טובה לכך היא הרציף אשר נבנה באשקלון על עמודים. הרציף מהווה דוגמא

למתקנים המחברים בעמודים, (Piles), ולא באמצעות תשתית מילוי על כל השטח, מצב המאפשר מעבר חלקי של החול המוסע ומצמצם את מידת ההשפעה על התופעות הקשורות להסעת החולות, (ראו בנוסף קישור זה להמחשה¹).

1.3. גשר גישה צף - Submerged Floating Tunnels (SFT) - טכנולוגיית בנייה הממנפת את

כוחות הפיתול, הלחיצה והמתחה של המיתרים לייצור משטחים יבשתיים מלאכותיים תלויים בלב ים, זאת ללא צורך בהנחת תוואי הגשר על קורות בטון השקועות בקרקעית. בתכנון מבנה מסוג זה, יש לקחת בחשבון שיקולים רבים, במרכזם, עמידות המבנה בפני הרוחות החזקות שבלב ים, (Ostenfeld, 2004). הגשר הראשון שנבנה בטכנולוגיה זו היה ביפאן בשנת 1990. גשר זה כלל שישה נתיבי תחבורה- ארבעה לרכבים, ושניים לרכבות. בשל סכנות מזג אוויר ורעידות האדמה, בתהליך התכנון הושם דגש על עמידות המבנה הן בבניית היסודות והן בשיקולים נוספים, כמו גובה המבנה מעל פני הים, שהינו פי שתיים מהגל הגבוה ביותר שנצפה באזור ב 100 שנה האחרונים, (נספח 35), (Kunisu, Mizuno, Mizuno & Saeki, 1994).

2. מנהרה כתשתית לתחבורה תוואי צנרת מתחת לקרקעית הים - עיקרון השיטה הוא יצירת מבנה הנדסי

בצורת תיבה הסגור הרמטית עם יציקת בטון או קורות פלדה. בתוך המנהרה תוך שמאפשרים סלילת כבישים ובניית פסי רכבת. בפועל, טכנולוגיית הפתרון מותאמת לתוואי השטח כאשר ברוב הדוגמאות ברחבי העולם נמצא שילוב טכנולוגיות בניה לאורך תוואי הדרך כולו, (Kuesel, 1986). לונדון הייתה חלוצה בהבנת התועלת המתקבלת מיצירת תוואי דרך תת-קרקעי לרכבת. כך, בינואר 1863, חנכה את הקו התת-קרקעי הראשון בעולם בין פדינגטון לפארינגטון המכונה כיום האמרסמית. טכנולוגיית יצירת תוואי הדרך לתשתית התבססה על פינוי השטח באמצעות פיצוץ דינאמי, שיטוח הקרקע והנחת תבניות שהוכנו מראש בהתאם לסוג הקרקע, לתקציב ולייעוד ציר התחבורה, (נספח 36), (Blindheim, Grov, & Nilsen, 2005).

כפי שהוזכר בפרקים הקודמים, התנאים לבנייה במים שונים מאלו שעל האדמה. על-כן, נדרשת התייחסות למרכיבים נוספים, כגון: סוג הקרקע, שיפוע קרקעית הים המשתנה מאזור לאזור, קוטר המנהרה ולחץ המים על דפנות המנהרה, (Hydro delft, 1982). בנוסף, יש לקחת בחשבון את ההשפעה של תנועת כלי התחבורה על השלד, חוזק המבנה ועמידתו בתנועות הסיסמית של האזור והסכנה לרעידת האדמה, סוג החומר ממנו הצינור עשוי והשפעתו על הסביבה הימית ועמידותו מפני שחיקה. כל אלו, משפיעים על התאמת סוג טכנולוגיית הבנייה, אופן הנחת התשתית, מגבלות השימוש בחומרים ועוד, (Zhang, Xiang & Du, 2010).

2.1. מנהרה בשיטת חפירה של צינור שקוע, Immersed Tube - קופסת בטון המוחדרת בחלקים של 90-

150 מטר לתוך ערוץ חפור בים. פתרון זה מקובל באזורי קרקע רכה ובמים רדודים או עמוקים. שיטה זו מוגבלת לעומק מים של 30 מטר ותלויה ברמת לחץ המים שיש באותו האזור. כך, במטרה לצמצם את השפעת הגלים על החפירה, יש לחפור כאשר הים שקט. תהליך יצירת התוואי מתבצע בשלבים: שלב החפירה והכנת בסיס המנהרה, שלב הנחה יסודות הבטון ושלב הכיסוי, (נספח 37), המנהרות התת-קרקעיות השקועות הראשונות נבנו ביפאן בשנים 1935-1944, (Akimoto, 2002).

¹ <http://www.youtube.com/watch?v=MRQ95MSOQTk>

3. **פלטפורמות צפות, Submerged Floating Tunnel (SFT)** - עיקרון זה לבניית אי צף כמתואר לעיל בחלק הקודם. יצוין, כי המנהרה הראשונה התת-קרקעית-הצפה המחוברת רק עם כבלים לקרקעית הים, נבנתה בשנת 1940 בסיאטל, וושינגטון, ארצות-הברית, (נספח 38) (Zhang et al., 2010).

3.1 **שיטת צינור שקוע (TBM)²** - שיטה זו, ידועה ונפוצה בעולם, לסלילת כבישים ומסילות רכבת תת-קרקעיות. החפירה מתבצעת באמצעות מכונה עצומת ממדים שתפקידה לחצוב מנהרות באזורים קשים בסלעים ובמקביל מבצעת דיפון של המנהרה בבטון. היתרון הבולט שלה היא מזעור הפגיעה בסביבה הטבעית והיכולת לייצר מנהרה בשיטה 'נקייה' יחסית ויעילה. במקביל לעבודת החפירה מתבצע תהליך פינוי חומרי הפסולת והכרייה משטח החפירות, (נספח 39), (Blindheim et al., 2005).

4. **מנהרה כתשתית תחבורה תוואי צנרת על קרקעית הים** - בדרך-כלל צינורות ימיים מונחים על קרקעית הים ונטמנים או מוגנים רק כשיש סיבה נקודתית לכך- הבטחת מניעת תזוזתם כתוצאה מהשפעת הגלים, הזרמים ופעולות דיג.

נורבגיה הייתה הראשונה לעשות שימוש בתשתית מנהרה תת-ימית באמצעות טכנולוגיית פיצוץ וקידוח לא שקוע ותמיכה, לשם הובלת תשתיות נפט. כך, בשנת 1983 בנתה יותר מ-23 מנהרות תת-קרקעיות כשהמנהרה העמוקה ביותר המכונה 'Eiksundet', הגיעה לעומק של 287 מטרים מתחת לגובה פני הים.

מר ברק כץ, האחראי על תסקיר השפעות לסביבה עבור תמ"א 37 מתאם משרד האדריכלים אתוס גורס כי כיום: "התפתחות הטכנולוגיה יצרה שיטות חפירה חדשות ליצירת מנהרות, כלומר, ניתן לחפור מנהרה ללא צורך בפתיחת הקרקע מלמעלה. שיטה זו אטרקטיבית כשנדרש להניח צנרת בלב ים או בכל מקום רגיש אחר. שיטות הטכנולוגיה לחפירה המקובלות כיום רבות, אך עיקרון השיטות זהה- חפירת מנהרות תת-קרקעיות בעזרת מקדח מיוחד הבנוי מצינור כפול, המסוגל להתמודד עם אתגרים קשים כמו פירוק סלעים, ללא צורך לפתוח את הקרקע" (ראיון טלפוני, 17.1.13).

על-פי תמ"א 37ח', קיימות שתי טכניקות להנחת תוואי הצנרת, השיטה תבחר על-פי אדמת הקרקעית, מיקום האזורים הרגישים, ציוד חפירה זמין, תקציב. (נספח 40)

4.1 **חפירת תעלה לפני הטמנה Pre-lay** - על-פי המסמך, תמ"א 37ח', זו השיטה המועדפת בשטחים קצרים הקרובים לקו החוף עד לעומק מים של 60 מטר, על ידי קידוח אופקי, (HDD). ניתן להטמין גם כבלי תקשורת כך שההגנה על התוואי מגנה על הכבלים מגלים וזרמים, ציוד הדיג ופעילויות תיירותיות מבלי לגרום להפרעות סביבתיות כלשהן.

4.2 **הנחה על הקרקעית ולאחר מכן הטמנה Post-lay** - הנחת הצינור בשטח המוצע להטמנת, בעיות יציבות ואבטחה יבואו על פתרון באמצעות עטיפת הצינור בציפוי בטון ובאמצעות הטמנת הקווים, (לרמן אדריכלים, תמ"א 37ח' - הצגת חלופות לטיפול בגז טבעי ובחירת אתרים ימיים לבחינה בתסקיר ובחירת אתרים ימיים לבחינה בתסקיר השפעה על הסביבה). (נספח 41)

בתכנון תוואי הצנרת בחופי ישראל, הוצע בתמ"א 37ח' לשלב בבניית התשתית שני סוגי טכנולוגיות לתוואי

² <http://www.youtube.com/watch?v=yFHR13HFMDg>

צנרת, קרקעית ותת-קרקעית, למזער נזק באזורים הרגישים כך שמקו החוף ועד 1000-60מטר עומק הים, תוואי הצנרת יהיה תת קרקעי ואחריו יונח על הקרקעית ולאחר מכן יוטמן בשיטת post-lay.

קיימות עשרות שיטות וטכנולוגיות חפירה והטמנה להלן פירוט על שיטת קידוח אופקית HDD (נספח 42) ללא צורך לפתוח את הקרקע מתאימה לאורכים קצרים יחסית של 1.5 ק"מ:

4.3. **שיטת קידוח (HDD) Horizontal Directional Drilling - שיטה שפותחה על ידי תעשיית הנפט בארצות הברית ונמצאת היום בשימוש להתקנה צינורות לחץ מתחת מכשולים, כגון: כבישים, נהרות גדולים ומסלולי המראה ונחיתה.** צינור המקדח יוצר תעלה בקוטר המקדח ללא צורך לפתוח את האדמה. עיקרון השיטה היא קידוח לכיוון אחד. תהליך הקידוח מתחיל משתי נקודות במקביל, כאשר החיבור הצינורות נפגשים צינור אחד מושך את השני לנקודת היציאה. בשנת 2011 ראש המקדח מתקדם באמצעות כוח מגנטי שנמצא מעל הקרקע בהשוואה לשיטות הקדומות שיטה זו פשוטה ברמת הביצוע מהירה ופשוטה. (Liu, 2011)

5. **הים כתשתית תחבורה לאי המלאכותי, באמצעות כלי שיט, (אוניות נוסעים או ספינות מסע)**

בבחינת חלופת תשתית לתחבורה בים נתייחס למשמעות הנזק הסביבתי שנוצר כתוצאה משימושים שונים בכלי שיט, נתאר בקצרה את הנעשה ברמת המדיניות בנוגע לשמירה על הסביבה הימית:

5.1. מדינת ישראל חתמה לאורך השנים על מספר מכובד של אמנות בינלאומיות למניעת זיהום ופגיעה באיכות הסביבה. בכל הקשור לזיהום ימי, **האמנה הבינלאומית למניעת זיהום הים בדלק** משנת 1954 הייתה ביטוי ראשוני להכרת מדינת ישראל בבעיה של זיהום הים. לאמנה זו נוספה בנובמבר 1973 האמנה הבינלאומית למניעת זיהום מאניות, "**אמנת מרפול 73 / 78**", אשר נועדה להפסיק את זיהום הים הנעשה בכוונה תחילה ולצמצם עד למינימום החדרת מזהמים לים כתוצאה מתאונות ימיות, (הימין-רייש, 2007) ביטוי מרכזי נוסף עליו חתומה ישראל היא **אמנת ועידת ברצלונה**.

5.2. **בשנת 1975** חתמה ישראל על התכנית הסביבתית של ה- UNEP - **תכנית הימים האזוריים**, אשר בחרה בים התיכון להיות הראשון לטיפול. במסגרתה, כונסה **ועידת ברצלונה** ובה חמישה פרוטוקולים ביצועיים. האמנה מהווה מסגרת משפטית וחוקית לביצוע תכנית הפעולה האופרטיבית לים התיכון, (The Mediterranean Action Plan - MAP).

5.3. באפריל 1978, אשררה מדינת ישראל את **האמנה להגנה על הים התיכון מפני זיהום**, Convention (for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution)

5.4. בשנת 1979, במקביל לאמנת ברצלונה, הוקמה בישראל הקרן למניעת זיהום ים, **מתוקף פקודת מניעת זיהום מי-ים בשמן**. בראשה נקבע, יעמוד מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה (שיר ודנה 1999). תפקידה, להציע תוכניות רב-שנתיות למניעת זיהום ים, דרכים לשילוב קבלת יעוץ מאנשי מקצוע בתחום וכן תקציבים לביצוע סקרים נחוצים (המשרד להגנת הסביבה, 2010). על-פי המכון הישראלי לדמוקרטיה, (שם), התגלתה בעיית היעדר תקציב לביצוע החוקים ולאכיפתם. הבעיה נפתרה רק באופן חלקי עם העברת

הפקודה למניעת זיהום מי ים בשמן [נוסח חדש], תש"ס-1980, שכללה בתוכה הוראה להקמת קרן עצמאית למניעת זיהום אשר ההכנסות אליה הגיעו מההיטלים ומהקנסות שנלוו לחוק.

5.5. ביוני 1995, תוקנה והייתה לאמנה לשמירה על הסביבה הימית וחופי הים התיכון (Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean). את התיקון לאמנה אשררה ישראל בשנת 2005. אמנת ברצלונה קבעה תקנים מחמירים במטרה לאפשר פיקוח על מצב הים התיכון. האמנה חייבה את המדינות החתומות עליה לנקוט בכל האמצעים הדרושים כדי לצמצם את זיהום הים ולהגן על הסביבה הימית.

ההשפעות האקולוגיות של הטכנולוגיות בניית תשתית נתיב תחבורה לאי המלאכותי

רוב ההשפעות האקולוגיות של בנייה בים בכלל ותשתית תחבורה בפרט אינן ברורות עדיין. בבחינות הייתכנות שנעשו במהלך השנים, בשנת 2003, 2007, 2011 על ידי יועצים חיצוניים, הוצג ניתוח כללי לחלופות בהיבטים הכלכליים, הנופיים החברתיים והתחזוקה לאורך זמן. לא נמצאו ראיות והעמקה בהיבטים ובהשלכות האקולוגיות לבניית נתיב תחבורה בים. בשיחה עם אלפרד אגף ים וחופים מהמשרד לאיכות הסביבה נמסר כי טרם התקבלה אצלם בקשה לקיום סקר ניטור לבחינת ההשפעות האקולוגיות הקשורות לבניית תשתיות נתיב תחבורה. יצוין כי, בבדיקת ההיתכנות להקמת תוואי צנרת עבור הגז הטבעי ובמסגרת תסקיר ההשפעות לסביבה נמצאה התייחסות להנחת תוואי צנרת שהינה חלקית לענייננו.

להלן ההשפעות של השיטות השונות כפי שנחקרו. במקרים בהם לא נמצאו מחקרים הועלו השערות על ידינו, לדוגמה: שאריות פסולת בנייה שנשארת על הקרקעית עשויות לפגוע בבע"ח ובצמחים שעל הקרקעית אותם הם תופסים.

1. **הנזק הצפוי לסביבה הימית בשימוש גשר גישה כפתרון תחבורה לאי המלאכותי**- בניית גשר גישה בצורת תיבה, (נספח 33), או על עמודים, (נספח 34), כפתרון לתשתית תחבורה, עשויה לגרום השלכות אקולוגיות משמעותיות. התפתחות הטכנולוגיה מאפשרת בניית גשר גישה צף, (נספח 38), אך גם טכניקה זו מחייבת חיבור לקרקע עם כבלים. על-כן, גם במקרה זה תהיה השפעה על הסביבה הימית. נטען כי עוצמת ההשפעה תלויה בסוג הטכנולוגיה שתבחר ליישום השיטה:
 - 1.1 **השפעה על סחף החול ובליה**- כל גשר גישה בצורת תיבה עשוי לעבור דרך האזורים הרגישים בהם מתקיימת הסעת חולות הנמצאים כ-40-30 מטר מקו החוף, בתוך הים. לפגיעה בהסעת החולות השלכות רבות, ביניהן הרס שרידי עתיקות על-ידי חשיפתן באמצעות הגלים והזרמים, נסיגת החוף בקצב מהיר, (בליה / ארוזיה), עד התמוטטות המצוק החופי או עצירת החול כך שנוצרת לשון חולית טומבלו (ארנסון, 2000). [ראה המשך פירוט עמ' 12].
 - 1.2 **נזק לקרקעית ולבעלי החיים**- בנייה באזורים הרגישים יכולה לפגוע בבית הגידול הבלעדי של בעלי חיים וצמחים המהווים נתח חשוב מהכנסתם של דייגי ישראל, (שפניר, 2012). נזכיר בהקשר זה את קביעתו של טל, (2000; ראה עמוד 9), כי ישנה חשיבות לשמור על שמורות הטבע המוכרזות ואלו שנמצאות בתהליך באשר הן.
 - 1.3 **נזק כתוצאה מעכירות**- ענן עכור הינו תוצר לוואי לתהליך הבנייה. הענן עשוי להיווצר מכלי בנייה המובילים ציוד על הקרקע או מהכנסת כלונס לקרקעית הים. ברמה המידית הענן מאט את היצרנות הראשונית באזור, (Sherk, 1971) (נספח 29). בנוסף, נמדדת השפעה שלילית על ספיגת החמצן על-ידי אורגניזמים במים הנושמים באמצעות זימים, [המשך פירוט בעמוד 19].
 - 1.4 **התפתחות שחיקה וזיהום המים**- המפגש בין פלדה למים מאיץ את תהליך

חמצון המתכות. על-פי סקר הניטור משנת 2010 של המשרד לאיכות הסביבה אשר פורסם בנובמבר 2011, חלה הרעה ברמת הזיהום ב-TBT בנמלים, אם-כי לא בקרקעית ובמעגנות, וחריגה בריכוז הכספית בכ-13% מהדגים.

עמודי הגשר הם אחד הגורמים העשויים להיות מקור לזיהום שכזה- הן מהחומר המתכתי עצמו והן מהטיפול להגנה מפני שחיקה שיעשה להם.

1.5 שאריות פסולת בניין בסביבה הימית- שאריות פסולת בנייה שנשארת על הקרקעית

עשיות לפגוע בבטיחות ובצמחים שעל הקרקעית, (טל, 2000).

1.6 השפעה על המרחב הציבורי- שימוש בגשר גישה יצור תחושה של מערכת נפרדת, מנותקת מהמתרחש על קו החוף. יצירת תוספת מלאכותית מעל המים, יפה ככל שתהייה, תשנה את תמונת הנוף הטבעית למתרחצים ולנופשים בחופים ועשויה לפגוע בערך הדירות ובבתי המלון. יתכן שגשר מעל פני הים יפגע בנוסף במתרחצים ובאלו העוסקים בספורט ימי, (לרמן אדריכלים, 2003).

מהנתונים עולה כי בחירה בגשר גישה צף, על פני גשר גישה בצורת תיבה וגשר גישה על עמודים עשויה להפחית את ההשלכות האקולוגיות על הסביבה הימית. כך, נטען כי חובה יהיה לבחון את השפעת סוג תשתית תחבורה זה על הסעת החולות במחקר.

2. הנוק הצפוי לסביבה הימית בשימוש מנהרה לכלי תחבורה או מנהרה לתוואי צנרת לאי המלאכותי

מבנה של מנהרה, בין אם צפה, (נספח 35), ובין אם המונחת על הקרקעית, (נספח 43), מהווה גוף זר במים המחובר בין האי המלאכותי לקו החוף, באזור בו מתקיים סחף החול הטבעי. ככל שנפח הגוף זר יהיה גדול יותר, סביר שהפגיעה תהיה חמורה יותר. מבנה של מנהרה תת-קרקעית לתחבורה, (נספח 37), או מנהרה תת-קרקעית לתוצרים, הינם פתרונות המפחיתים את הפגיעה בקרקע באזורים הרגישים. הטכניקה יכולה לעקוף את האזור הרגיש ולהמשיך את תוואי הצינורות/הצנרת מתחת לאדמה. השלכות של בניית מנהרה/תוואי צנרת כוללות בתוכן את ההשלכות של בניית גשר היות וגם מנהרה מחוברת לקרקעית עם כלונסאות. שתי השלכות עקיפות ראויות לציון:

2.1 שדות אלקטרומגנטיים: בעת ייצור חשמל והעברתו דרך כבלים נוצרים שדות אלקטרומגנטיים העלולים להפריע לנדידות בעלי-חיים ימיים ככלל ויונקים ימיים בפרט המשתמשים בשדה המגנטי של כדור הארץ לצרכי ניווט, וכן לבעלי-חיים כדוגמת דגי סחוס המשתמשים בשדות אלקטרומגנטיים לצורך מציאת טרף. במחקר שנערך על-ידי Kalmijn, (1982), וכן על-ידי, (אביב, 2011), עולה כי תתכן משיכה ולחילופין דחייה של דגי סחוס מהאזור בו יהיו שדות אלקטרומגנטיים, (בהתאם לעוצמתם), ובכך עלולים להיגרם שינויים במארג המזון ובמערכת האקולוגית.

2.2 רעש הצינורות: המים מעבירים צלילים במהירות של פי 5 יותר מהאוויר ולמרחקים גדולים יותר ועל-כן רעשים אלו מסוכנים במיוחד ויש לתת עליהם את הדעת, (Abdulla et al., 2008). מהנתונים עולה כי בחירה במנהרה תת-קרקעית עשוי להפחית את הנוק לסביבה הימית ברמה שעולה על-פני פתרון של מנהרה תת ימית ומנהרה שקועה. במחקר המוצע נמליץ לבחון את השפעת כל אחד מהפתרונות האפשריים להקמת תוואי תחבורה מקו החוף לאי המלאכותי על האזורים הרגישים.

3. הנוק הצפוי לסביבה הימית בבואנו להשתמש בים כתשתית תחבורה לאי המלאכותי באמצעות כלי

שיט, (אוניות נוסעים או ספינות מסע)

נראה כי פתרון זה הוא הפשוט והזול ביותר מאלו שהוצעו לעיל, אולם עד ליום זה לא נמצא סקר או מחקר המשווה בין הנזק היכול להיגרם לסביבה הימית מנסיעות תכופות מקו החוף לאי המלאכותי בהשוואה לבנייה של אחד מנתיבי התחבורה שהוצעו לעיל.

להלן ההשפעות האקולוגיות מאימוץ פתרון כלי שיט לאי המלאכותי, העשויות להיווצר בסביבה הימית:

- 3.1 על פי סקירה שבוצעה בשנת 1999 עבור 'סדר עדיפות לאומי - פורום המשק והכלכלה למען איכות הסביבה בישראל' של המכון הטכנולוגי לישראל על-ידי פרופ' יובל כהן, מראשי 'מרכז חקר ימים ואגמים', כלי שיט ומסופי דלק וכימיקלים מהווים גורם משנה לזיהום הים, (סדר עדיפות לאומי, יוני 1999; נספחים עמוד 162, 170).
- 3.2 על-פי 'סקר הניטור לשנת 2010 של המשרד לאיכות הסביבה שפורסם בנובמבר 2011 המהווה הממצא העדכני ביותר למצב הים היות וביום כתיבת מסמך אין נמצא מסמך מעודכן יותר, הרמה הנוכחית של חומרי דשן, מתכות כבדות וחומרים אורגניים בחלק משפכי הנחלים, הנמלים והמעגנות: "לא משביעה רצון", ועומדת על: "רמת זיהום אקולוגי בינונית עד תמורה".
- 3.3 מסיכום הממצאים חלה הרעה ברמת **הזיהום ב TBT בנמלים**, אך לא בקרקעית ובמעגנות. נמצאה בנוסף חריגה בריכוז הכספית בכ- 13% מהדגים, בייחוד במפרץ חיפה אך נקבע בסקר כי באופן אבסולוטי, המצב במפרץ חיפה ולאורך החוף הישראלי טוב יותר מאשר באזורים אחרים בים התיכון בהם קיימת בעיית אאוטרופיקציה.
- לדבריו של אלפרדו אדוראן, ככלל, קיימת ירידה בשיעור ה TBT במימי הנמלים בישראל ועליה בשיעורי הנחושת שהוא החומר הפעיל בדור החדש של הצבעים. *"הרי חייבים לצבוע את הספינות בכדי להפחית צימדת בע"ח וחי, שכן אתה צריך לצבוע במשהו שיהרוג את מה שמפריע לך"*, (אדוראן, ראיון טלפוני 14.1.13).
- 3.4 ככלל, הסקר חושף פגיעה שיטתית בכל נמלי ישראל של בתי הגידול של ייצורי הים השונים עד-כדי, לדוגמה, הימצאות החילזון הטורף הגדול ארגמנית אדומת פה בסכנת הכחדה עקב בליה והיעלמות ההגנות הביוגניות.
- 3.5 אומנם מתגלה בסקר מגמת שיפור ברמות זיהום הים עד מחצית העשור האחרון, אך למעשה **קיים קושי להעריך את ההשפעות שיש לפעילות האדם על סביבה הימית**. בשונה מהיום, בשנות ה-60 ו'70 בוצעו מחקרים על-ידי קבוצות מחקר שונות בעומקים ובשיטות שונות. חוסר רציפות המחקרים מקשה מאד על יצירת רצף מחקרי ראוי והסקת מסקנות ארוכת טווח, (דו"ח ניטור משרד איכות הסביבה 'איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון', 2010).
- 3.6 מנתוני המשרד לאיכות הסביבה, (הודעת הדובר באתר, 11.12.2012), עולה כי, לאור הפעילות הימית בשגרה ובשל קידוחי הגז והנפט, בכל רגע נתון, מצויות במימי הים התיכון כ-2,000 אוניות סוחר. כ-60 תאונות ימיות מתרחשות בממוצע מדי שנה בים התיכון, מהן, כ-15 גורמות לזיהום הים בשמן. לדברי מנכ"לית המשרד, עו"ד אלונה שפר (קארו): *"אסור להמשיך להסתמך על המזל וחייבים להיות ערוכים לתקלות שיתרחשו בקידוחים ויגרמו לאירועי זיהום קשים. ההסכם שהושג מאפשר לנו להמשיך ולקדם את פעילות הקידוחים במקביל לבניית מערך טיפול בזיהום שייתן מענה מהיר מקצועי באירועי חירום."*

על-פיו, אכיפת הפיקוח על זיהום הים לא מתבצע היום מעקב אחר לזיהום אויר הנוצר מפעילות כלי שיט, שכן סוג זיהום זה, אינו נכלל במסגרת חוק אוויר נקי. (אדוראן, ראיון טלפוני 14.1.13).

לסיכום, ביום כתיבת מסמך זה לא ניתן להעריך בוודאות מתוך הנתונים את כמות כלי השיט הצפויים להימצא במימי הים התיכון כתוצאה מבחירה בחלופה זו של כלי שיט, היות ואין וודאות לגבי סוג ומספר התשתיות הלאומיות שיבנו על האי המלאכותי.

ניתן להעריך על סמך נתונים אודות מספר העובדים באסדת ליוויתן כי מספר העובדים בכל תשתית יהיה בין 150-200, (אביב 2011).

שאלות המחקר

כזכור, שאלת המחקר נועדה לבחון האם קיומם של איים מלאכותיים בישראל משפיעים על משטר הסעת החולות כתלות בטכנולוגיות הבנייה, הן של האי עצמו והן של תשתית התחבורה.

מטרות המחקר

מטרותינו במחקר הנוכחי, הינן יצירת השוואה בין שיטות הבנייה השונות הקיימות בעולם תוך התאמתם לאזור חופי ישראל, בניית ארגז כלים אשר יוכל לשמש את מקבלי ההחלטות והרחבת הידע הקיים על מפגעי השיטות השונות בסחף החול.

השערות המחקר

מתוך שאלת המחקר עולות שלוש השערות מרכזיות. האחת, כי בניית אי בשיטה הצפה עם גשר גישה צף כאמצעי תחבורה לכלי תחבורה יהוו את המפגע הסביבתי הנמוך ביותר לזרימת סחף החול, זאת כי המגע עם הקרקע הוא הנמוך ביותר. ואילו, מנהרה תת-קרקעית להעברת צינורות תהווה את המפגע הסביבתי הנמוך ביותר עבור מעבר צנרת תשתית. השנייה, ככול שהמגע עם הקרקע יהיה גדול יותר, כך הפגיעה בתנועת סחף החול תהיה אקוטית יותר, כפועל יוצא מתוך ההשערה הקודמת. השלישית, למרות שהפגיעה תהיה פחות אקוטית עם אי צף, לאורך זמן כמות הנזקים מאי צף תהיה זהה לכמות הנזקים מאי לא צף, זאת כיון שעדיין האי מהווה גוף מלאכותי בים.

שיטות המחקר

על מנת לבדוק השערות אלה נשתמש במספר שיטות. האחת, איסוף הנתונים הקיימים כיום מבניית איים מלאכותיים בעולם. השנייה, ביצוע ראיונות עומק עם מומחים בתחום הן מהארץ והן מהעולם. שלישית, ביצוע הדמיה ממוחשבת של טכנולוגיות הבנייה השונות, אשר ימדדו על פי קריטריונים המתאימים לפגיעה בסחף חול, את ההשלכות של בניית אי מלאכותי בחופי ישראל.

חשיבות ותרומת המחקר

חשיבות המחקר נובעת מהצורך העולה בפיתוח עתודות קרקע נוספות. כפי שזכר לעיל, ים תיכון הינו מהמאוכלסים ביותר בעולם. במישור החוף, בין אשקלון לעכו הצפיפות האנושית עלולה להגיע

2000-3000 נפש למייל רבוע. בנוסף, יש להתחשב בכמות התיירים המגבירה את הצפיפות. ריכוז גבוה שכזה יוצר פעילויות כלכליות, תעשייתיות, חקלאיות וכו' המשפיעות באופן ניכר על הסביבה הימית. על כן, הרצון להשתמש בים כמשאב נדל"ני הופך להיות אקוטי ומהותי, בייחוד בשנים האחרונות (שפינר, 2000). מתוך כך, תרומת המחקר טמונה באפשרות לקדם ולשפר את היכולות בבניית אי מלאכותי אשר יתאים לחופינו. תרומה נוספת במחקר זה, הינה עבור תהליך תכנון והבנייה עצמו של האי המלאכותי. קרי, הכרת ההשלכות האקולוגיות של שיטות הבנייה השונות. כך, שבעת בחירת השיטה אחד מהשיקולים יהיו ההשלכות האקולוגיות הנלוות לכול שיטה.

עם זאת, יש להתייחס למגבלות אפשריות במחקר, העיקרית שבהן היא העובדה כי ים תיכון הינו ים סגור ועדיין לא נבנו איים מלאכותיים בים בעל אפיונים דומים לו. כמו כן, לא קיימת כיום טכנולוגיות המאפשרות מדידה וניטור מדויק של סחף החול בארצנו. מעבר לכך, יש לקחת בחשבון שינויים מדיניים העלולים להתרחש במצרים אשר להם השפעה ישירה על סחף החול המגיע אלינו. למשל, הרחבת הצבת גופים מלאכותיים בחופי סיני אשר יצמצמו עוד יותר את סחף החול המגיע אל חופי ישראל.

סיכום

בעבודה הנוכחית, סקרנו את נושא האיים המלאכותיים בעולם ובארץ. כחלק מסקירתנו, התמקדנו במאפייני הייחודיים של הים התיכון בהקשר של איים מלאכותיים כלל והתמקדנו בנושא סחף החול בפרט. לשם כך, סקרנו טכנולוגיות שונות לבניית איים מלאכותיים וטכנולוגיות לבנייה של תשתיות לתחבורה ולשינוע חומרים ופסולת אל ומהאיים המלאכותיים. בנוסף, התייחסנו למחקרים השונים אשר נעשו בנושא ההשפעות האקולוגיות של האיים המלאכותיים ושל התשתיות על הסביבה הימית, החיים בה והמשתמשים בה. מתוך סקירתנו, עלה כי ככל שהאי בעל נגיעה רחבה יותר עם קרקעית הים, כך גם השפעתם על החי והצומח שעל הקרקעית ועל זרימת סחף החול הינה גדולה יותר. אף על פי זאת, גם לשיטת בנייה צפה, בה הנגיעה עם הקרקעית היא מינימאלית, ישנן השפעות על סחף החול אשר עלולות להיות משמעותיות לאורך זמן ולדרוש תחזוקה יקרה.

כמו כן, עלה מעבודתנו, כי שיטות כמו מילוי חול הן בעלות משמעויות נוספות של יצירת ענן עכירות במים הפוגע במגוון הביולוגי. כפי שצוין, ענן עכירות נוצר הן משיטת מילוי החול והן כתוצאה מכריית חומרים לצרכי מילוי האיים מקרקעית הים. מתוך המידע אשר נסקר, עולה החשיבות שיש לתת לאופיו הייחודי של הים התיכון עם דגש על אזורו המזרחי. זאת עם, התמקדות בנושא השפעות על סחף החול בעת בניית איים מלאכותיים בישראל.

למבנים ימיים בכלל ולאיים מלאכותיים בפרט עשויה להיות השפעה גדולה על סחף החול. כפי שנזכר, חופי הים התיכון בישראל מושפעים רבות מתופעת סחף החול, זאת כיוון שהחוף הישראלי הוא חוף נבנה התלוי רבות בהסעת חול תקינה, דבר המדגיש את חשיבות השמירה עליו. יתרה מכך, מול חופינו כיום יש כ-50 מבנים ימיים אשר פוגעים בסחף החול. לפיכך, הוספת מבנה ימי נוסף יגביר את הנזק הקיים. במקביל וכפועל יוצא לסחף החול השפעה רבה על הסביבה הימית, על החיים בה ועל בני האדם המשתמשים בחופי הים התיכון בישראל.

השלכה נוספת בעקבות הימצאות אי מלאכותי, הינה שינויים סדימנטולוגיים. לפיכך, תידרש תחזוקת חופים ומבנה רציפה והולמת לכל אורך חיי הפרויקט לצורך שמירת רציפות הסעת החול. קרי, ביצוע מגוון פעולות שיוחלט עליהן בעת התכנון, כגון: הקמת שוברי גלים מנותקים וביצוע פעולות העברת חול תקופתיות מכניות או (Sand by-passing) הידראוליות, שהינה השיטה הנפוצה והמועדפת כיום בכל

העולם (אביב, 2007).

המחקר המוצע בעבודה הנוכחית, מתייחס להשפעת האיים המלאכותיים על סחף החול בחופי הים התיכון בישראל ונועד לגבש המלצות אשר נועדו לעזור למקבלי החלטות כדי שלבסוף שיטת בניית האי תהיה עם הפגיעה הנמוכה ביותר בחיים בים ובחופים. כלומר, ישנה חשיבות רבה לביצוע בדיקה לפני ולא אחרי מעשה. זאת בכדי, לחסוך השקעה כלכלית עתידית לתיקון נזקים אשר עלולים להיגרם מחוסר חשיבה ותכנון נכון של ההיבטים האקולוגיים ובייחוד ההשפעה על סחף החול.

ברצוננו להוסיף, כי במסגרת עבודה זו קצרה היריעה מלהרחיב על היבטים אקולוגיים נוספים להם יש לתת את המשקל בעת בניית אי מלאכותי. כך למשל ישנה חשיבות רבה על ההשלכות על בתי הגידול השונים הקיימים בחופינו. קרי, הרס בתי גידול במקום בו יוקם האי ואמצעי התחבורה אליו, אפשרויות ליצירת בתי גידול חלופיים, שמירה על אפשרויות התפתחות של מינים קיימים. היבט חשוב אחר, שיש להקדיש לו תשומת לב הוא השלכות של כריית חומרי גלם מקרקעית הים. כורכר הינו חומר המתאים למילוי, אך אין מספיק מלאי כורכר בארץ, זאת נכון גם עבור אפר פחם. בנוסף, במידה והאי ישמש לתשתיות יש לבחור את אמצעי התחבורה עם הפגיעה המינימאלית בעת העברת הסחורות אל האי וממנו. בראייה ביטחונית, ישנם היבטים כמו שימוש, לתשתיות או מגורים, אמצעי שמירה ומיגון ועוד. כיווני מחקר אלו ועוד הינם בעלי משקל רב זאת בכדי, למנוע נזקים עתידיים.

לסיכום, נושא בניית איים מלאכותיים הינו נושא בעל יתרון בולט ביותר והוא הוספת עתודות קרקע. עם זאת יש לקחת בחשבון חסרונות ומכשולים אפשריים הנלווים אליו בהיבטים ותחומים השונים. בעבודה זו, התמקדנו בהיבט אקולוגי ספציפי אשר בעינינו הינו מהמרכזיים ביותר בעת תכנון אי מלאכותי והוא סחף חול.

מקורות

אביב ניהול, הנדסה ומערכות מידע בע"מ, (2007). מסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות דו"ח

מסכם, משרד הפנים-מנהל התכנון, ישראל.

אביב ניהול, הנדסה ומערכות מידע בע"מ, (2011). הקמת מתקנים ימיים כעתודה למיקום תשתיות התפלה בדיקת היתכנות, ישראל.

אדורן אלפרד, ראש תא ים וחופים, המשרד להגנת הסביבה, ראיון טלפוני 14.1.13

אורטל, ר. (2000). שמירת הטבע בסובב הימי של ישראל, ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים, עמ' 42-47.

אידלברג, א. נימוסים בפיץ- חשיבותה של רצינות, נדלה בתאריך 2008, מתוך <http://tinyurl.com/a7os9jz>.

אלדר, א. (2000). תכנית פעולה לים התיכון, ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים, עמ' 3-7.

אלמגור, ג., גיל, ד., ופרת, א. (1999). איים מלאכותיים מול חופי ישראל, ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים, עמ' 286-297.

אלמגור, ג., גיל, ד., ופרת, א. (2000). איים מלאכותיים מול חופי ישראל, "ים וחופים", אגף ים וחופים המשרד לאיכות הסביבה, עמ' 286-297.

ארנסון, ש. (2000). פיתוח ערי החוף העתיקות בארץ ותכנון מימי החופים, ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים, עמ' 267-276.

בורט, מ. (1997). תפיסות וטכנולוגיות חדשניות בפיתוח איים מלאכותיים "ידידותיים לסביבה" מול חופי מדינת ישראל, מהנדסים, אדריכלים וטכנולוגים, 32-37.

בורט מיכה, פרופסור (אמריטוס). (20.12.2012), ראיון, טכניון, חיפה.

בלומנקרנץ, ז. התוכנית להקמת שדה תעופה מלאכותי על אי הוצגה היום בפני הנהלת עיריית ראשלי"צ. נצפה בתאריך 13.02.2012, מתוך <http://www.themarket.com/consumer/tourism/1.1640732>

בן נדב, ע. (2000). שנת האוקיינוסים- זמן לפעול, ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים, עמ' 48-54.

בן שוהם, ג., וברכיה, ו. (2000). תכנון ופיתוח לאורך חופי הים התיכון, ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים, עמ' 262-266.

גולדשמיט, ו., וגוליק, א. (1980). מתוך משרד הפנים, התכנון מנהל, חופין, 1999. הועדה למימי החופין של ישראל, מסמך מדיניות, ריכוז המידע.

גוליק, א. (2000). דינמיקה ומאזן החול בחוף הישראלי. ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים, עמ' 223-229.

גולני, ד. (2000) דגי הים בעולם ובישראל, חוברת ים וחופים, המשרד להגנת הסביבה, אגף ים וחופים, עמ' 159-163.

גרינבלום, מנחם (16.1.13). מנכ"ל המשרד למדע וטכנולוגיה, ראיון, לשכת השר, ירושלים.

גרינברג, א. אי מלאכותי מול חופי תל אביב, נצפה 2010, מתוך [slideshare](http://www.slideshare.net/alongr1978/cfakepath-3272677#btnNext).

החלטות ממשלה משיבת קבינט חברתי כלכלי (03/06/2001), ירושלים, ישראל.

הימין-רייש, נ. (2007). חקיקה סביבתית בישראל ואמנות בין-לאומיות, פרלמנט, גיליון 55, מתוך המכון הישראלי לדמוקרטיה נצפה 7.2.2013 <http://tinyurl.com/idi-org-il>.

הקרן למניעת זיהום הים. (2010). נצפה 7.2.2013. מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה
http://old.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=vie-w&enDispWhat=Zone&enDispWho=dead_sea&enZone=dead_sea
 ולדמן, ע. הפלסטינים בתגובה לאי המלאכותי מול עזה: "פנטזיה טהורה". נצפה 30.03.2011, מתוך
<http://reshet.tv/News/Politics/StatePolicy/Article,65595.aspx>
 טל, ר. (2000). שמירת הטבע בסובב הימי של ישראל, ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים,
 עמ' 42-47.
 כץ, ב. (2004). בניית שדה תעופה על אי מלאכותי מול חופי מטרופולין ת"א - שיקולים סביבתיים, חיבור
 על פרויקט לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת התואר מגיסטר למדעים בתכנון ערים
 ואזורים, הטכניון, חיפה.
 כץ, ב. (17.1.13), ראיון טלפוני, אמון על התסקיר השפעות לסביבה עבור תמ"א 37 ח', אתוס אדריכלים.
 יהל, ר. ואנגרט, נ. (2012), מדיניות שמירת הטבע בים התיכון, רשות הטבע והגנים, עמ' 2.
 ינון, ר. (1998). השיקולים והקריטריונים לבניית שדה תעופה מחוץ לחוף בישראל, עבודת גמר לשם מילוי
 חלקי של הדרישות לקבלת התואר מגיסטר למדעים בהנדסת תחבורה, הטכניון, חיפה.
 לרמן אדריכלים ומתכנני ערים בע"מ. (2003). היבטים כלכליים ותכנוניים בהקמת אי למגורים ושימושים
 אחרים מול חופי מטרופולין תל אביב.
 ניר, י. (2001). איים מלאכותיים מול חופי ישראל: חלום מתוק או חלום בלהות, דו"ח אדם טבע ודין - 118-
 130.
 סגל, ק. (1997), מערך אורבני על פלטפורמות צפות בים מוגן ובים פתוח, עבודת גמר לשם מילוי חלקי של
 הדרישות לקבלת התואר דוקטור למדעים, טכניון, חיפה.
 פפאי, נ., אורטל, ר., וטלמון, י. (2003). חופי ישראל 2003, דו"ח החברה להגנת הטבע ופורום ארגוני החוף
 על מצב חופי הים תיכון.
 צאום, א. נתב"ג 2012 - האופציה הימית. נצפה בתאריך 09.01.2012, מתוך
<http://cityncountrybranding.com/2012/01/09/%D7%A0%D7%AA%D7%91%D7%92-2020-%D7%94%D7%90%D7%95%D7%A4%D7%A6%D7%99%D7%9A%D7%94%D7%99%D7%9E%D7%99%D7%AA>
 רוזן, ס.ד. (1993). בניית נמל בחוף עזה - השלכות לגבי החוף הים תיכוני של ישראל, חקר ימים
 ואגמים לישראל בע"מ, חיפה.
 רוזן, ס.ד. (2000). המצב הסביבתי והסנדטימנולוגי של חופי ישראל - בדיקת קדם היתכנות להקמת איים
 מלאכותיים מול חופי ישראלים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים, עמ' 230-
 253.
 רוזן, ד. ס. (2000). אומדן ההשפעות הסביבתיות הצפויות עקב בניית איים מלאכותיים במימי החופין של
 ישראל בים התיכון באזור המרכז - התייחסות לתוצאות החקירה במודלים הסדימנטולוגיים.
 דו"ח סדימנטולוגי סופי, דוח חיא"ל מס' H 03/2000, חקר ימים ואגמים לישראל, חיפה.
 רוזן, ד. (7.1.13) התכתבות, מנהל פרויקט בדיקת היתכנות בניית איים מלאכותיים בחופי ישראל, עבור
 המשרד למדע וטכנולוגיה.

שיר, ד. ודנה, א. (1999). זיהום הים והחופים. נצפה 7.2.13 מתוך

<http://ichut.macam.ac.il/yamhuf.html#4>

שלף, ג. איים מלאכותיים בעולם. מתוך <http://tinyurl.com/apkytzc> נצפה בתאריך 17.1.13

שלף, ג., צימלס, י., בורט, מ., בועז, א., וירטהים, מ. (1994). *בדיקת פוטנציאל הקמת אי מלאכותי נוכח חופי תל-אביב: בדיקה מקדמית של היבטים הנדסיים, כלכליים, לאומיים ואזוריים, חיפה:*

מערכות סביבתיות בע"מ. עמ' 15-18.

שפינר, א. (2000). איכות הסביבה בחופי ים תיכון, ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה אגף ים וחופים,

עמ' 8-18.

תבור, א. איך התמססה התוכנית להקמת נמל תעופה על אי מלאכותי מול תל-אביב, נצפה בתאריך

17.1.13

<http://www.engineers.org.il/Index.asp?ArticleID=6368&CategoryID=1609&P=1>

Akimoto, K., Hashidate, Y., Kitayam, H., & Kumagai, K. (2002). *Immersed tunnels in Japan: Recent technological trends*. Kobe Research and Engineering Office for Port and Airport, Kinki Regional Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.

Almagor, G., Gill, D., & Perath, I. (2000). Marine sand resources offshore israel, *Marine Georesources & Geotechnology* 18,1,1-42.

Beyth, M. (1988). *Artificial island off the mediterranean coast of israel- background jerusalem and the ministry of transportation, public work & water management, den haag* 4-6.

Bianchi, C.N (2007) Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea.

Bianchi, C. N., & Morri, C. (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, 40(5), 367-376.

Blindheim, O.T., Grov, E., & Nilsen, B. (2005). Nordic sub sea tunnel projects.

Tunnelling and Underground Space Technology 20,570-580.

Boudouresque, C. F.(2004). Marine biodiversity in the mediterranean: Status of species, populations and communities. *Scientific Reports of Port-Cros National Park* 20, 97-146.

Carmel, Z., Inman, D.L. & Golik, A. (1984). Transport of Nile sand along the southeastern mediterranean coast, Porch. *19th International Conference of Coastal Engineers*,1282-1290.

Frider, S.E., Shelef, G., & Kress, N. (2002), Chemical changes in different types of coal ash

- during prolonged, large scale, contact with seawater, *Waste Management* 23 , 125–134.
- Gayman, W. (1975). Offshore dredging study: environmental ecological report, *Ocean management*, 4, 51-104
- Honda, A., Shiraishi, N., & Motoyama, S. (1990). Aerodynamic stability of kansai international airport access bridge. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 33 ,369-376.
- Hydro delft .(1982). *A publication of the Delft hydraulics laboratory*, Netherlands.
- Johanson, E.E., & Boehmer, W.R.(1975). *Examination of predictive models for dredged material dispersion in open water*. Int. Symp. Dredging Tech., 1st, Univ. of Kent at Canterbury, Paper D3.
- Kuesel, T.R.(1986). Alternative Concepts for Undersea Tunnels. *Turtling and underground space technology*, 1, 3/4,283-287.
- Kunisu, H., Mizuno, S., Mizuno, Y., & Saeki, H.(1994) .Study on Submerged Floating Tunnel Characteristics Under the Wave Condition. *The International Society of Offshore and Polar Engineers*,1.
- Kyozuka, Y., Kato, S., & Nakagawa, H. (2001), A numerical study on environmental impact assessment of Mega-Float of Japan, *Marine Structures*, 14,147-161
- Liu, T. (2011). Study of magnetic ranging technology in horizontal directional drilling. *Sensors and Actuators A: Physica*
- Nestor S. R.(1997). Concrete Immersed Tunnels Forty Years of Experience, *Tunnelling and underground space technology*, 12, 1
- Salahuddin, B. (2006). *The marine environmental impacts of artificial island construction Dubai* ,Masters project submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Environmental Management degree in the Nicholas School of the Environment and Earth Sciences of Duke University.
- Sato, C.(2002). *Results of 6 years research project of mega-float*, Shipbuilding Research Centre of Japan, Tokyo.
- Schwartz, M. (2005). *Encyclopedia of Coastal Science*. Springer: New- York. P. 55 from <http://preview.tinyurl.com/cyne45c>
- Shelef, G. & Kfir, I.(2003) *New technologies and tendency for the construction of man-made islands*, The Ministry of Infrastructures.
- Sherk, J.A. Jr. (1971). *The effects of suspended and deposited sediments on estuarine organisms*, *Literature summary and research needs*. Univ. Maryland, Nat.

Resour. Inst., Chesapeake Biol. Lab., Contrib. 443, 73

The Dutch/Israeli Steering Committee. (2000) *Artificial islands off the mediterranean coast of Israel, Feasibility R&D Study (Phase 1), Final report*, The Ministry of National Infrastructures, Jerusalem.

Triantafyllou, G., Korres, G., Hoteit, I., Petihakis, G., & Banks, A. C. (2007). Assimilation of ocean colour data into a biogeochemical flux model of the eastern mediterranean Sea. *Ocean Science*, 3, 397–410.

Top ten man made island paradises. (2008). retrieved 18.12.12,

From International listings <http://www.intlistings.com/articles/2008/top-10-man-made-island-paradises/>

Wibisono, H., (1995), An alternative structural system for an offshore airport. *Ocean engineering*. 23, 6, 545-550.

Wild shore of Singapore, Retrieved April 4, 2010, from <http://tinyurl.com/bc626ht>.

Van De Graaff, J., & Van Overeem, J.(1979). Evaluation of sediment transport formulae in coastal engineering practice, *Coastal Engineering*, 3,1-32.

Zhang, K., Xianga, Y., & Du, Y. (2010) *Research on tubular segment design of submerged floating tunnel*. *Procedia Engineering* ,4, 199–205.

נספחים

נספח 1- הצעה לאיים מלאכותיים ברוסיה ע"י סטודיו לאדריכלות: A.Asadov architectural

מקור: <http://englishrussia.com/2009/08/12/sochi-will-have-artificial-islands/>



נספח 2- פרויקט העולם בדובאי. שרשרת שבה מעל 300 איים קטנים.

מקור: blog.luxuryproperty.com/private-islands-luxury-artificial-island-paradise



נספח 3- ניסוי שדה תעופה צף במפרץ טוקיו ביפן

מקור: <http://www.neverthelessnation.com/2012/02/mega-float-floating-airport-concept.html>



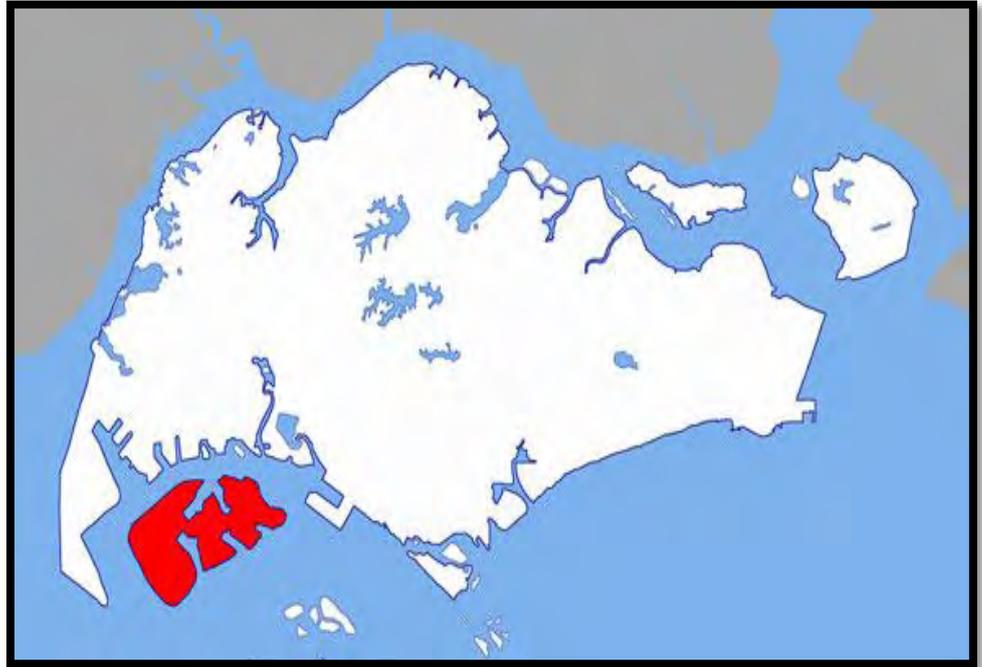
נספח 4- חלק מרצף האיים במדינת דובאי שני פרויקטים של כפות התמרים, מיתוך שלושה, במרכז פרויקט העולם, שהוצג בנספח 2 מסביבו הדמיה לפרויקט היקום.

מקור: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/24/The_universe.jpg



נספח 5- האי המלאכותי סאט גרונג *St. Jurong* משמש היום מתחם למפעלים פטרוכימיים ומהווה ציר מרכזי (Hub) למפעלים בתעשיות הנפט, הפלסטיק, המתכות הכבדות, הרכב, ועוד. האי נבנה מחיבור של 7 איים מלאכותיים, באמצעות מילוי חול.

מקור: <http://coastalcare.org/2012/09/singapore-and-jurong-island-reclamation/>



נספח 7- אי בסינגפור המשלב אתרי תיירות לדייגים וצוללנים לצד אי תשתיות. לפני ואחרי מקור: <http://tinyurl.com/bc626ht>

אחרי: למערכת איים מלאכותיים שבמרכזה לגונה מעשה ידי אדם, בצורת האות- C נבנה בשיטת מילוי החול המיובא מאינדונזיה.

לפני: תוואי השטח לפני שנבנה האי המלאכותי.



From Google Earth's historical views, this is what the area looked like 18 Apr 2000.



This artificial island lies off St. John's Island, near Kusu Island. It was created by burying the reefs of Pulau Seringat (formerly called Pulau Renget Besar), Pulau Seringat Kecil and Fairburn Reef. One of the touted features is the C-shaped 1 km long artificial lagoon.

נספח 8 - האי המלאכותי אודאיבה (Odaiba) יש שם חוקים מחמירים לטיפול בפסולת. צילום: איילת אידלברג



נספח 9- הדמיה לאי מגורים מול חופי תל אביב
 מקור: בדיקת היתכנות כלכלית ותכנונית לבניית אי למגורים משרד האדריכלים, לרמן אדריכלים אוקטובר 2003



נספח 10- תכנון שדה תעופה צף בחופי ראשון לציון
 מקור: <http://www.themarker.com/markerweek/1.1808605>

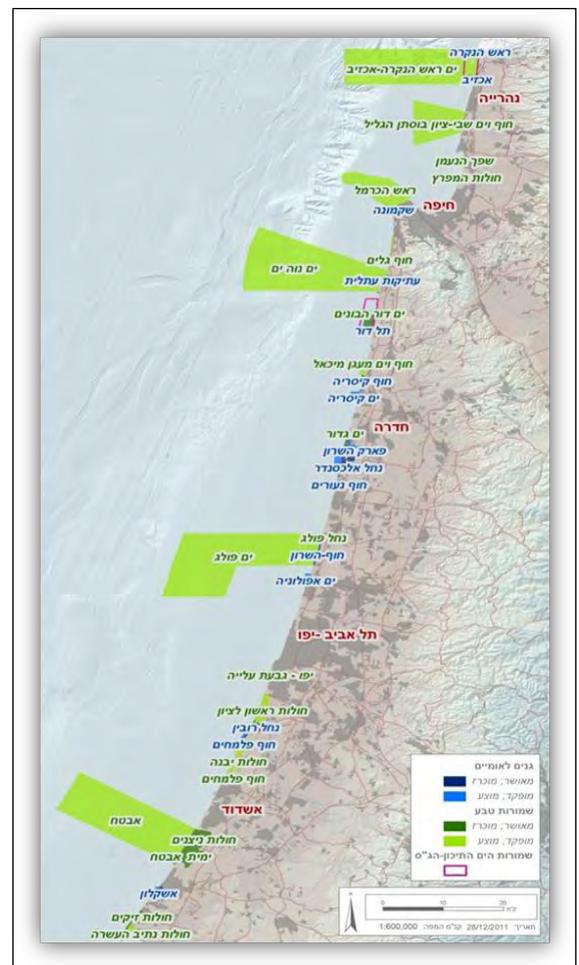


נספח 11- הדמיה של שדה תעופה מול חופי עשה
 מקור: <http://reshet.tv/%D7%97%D7%93%D7%A9%D7%95%D7%AA/News/Politics/StatePolicy/Article,65595.aspx>



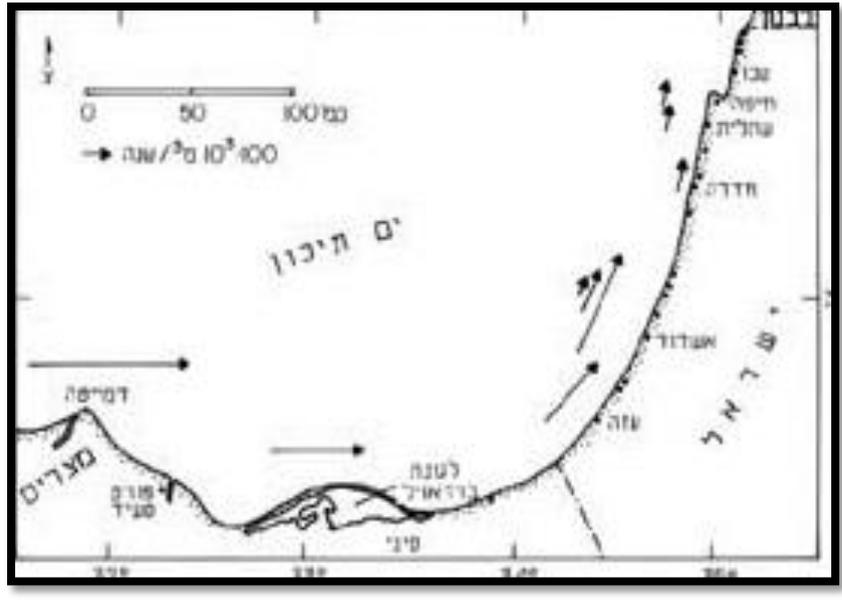
נספח 12- קו החוף של ישראל

מקור: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Sea_res_3.jpg



נספח 13- מודל הסעת החולות בים תיכון

מקור: Carmel, Inman, and Golik, 1984



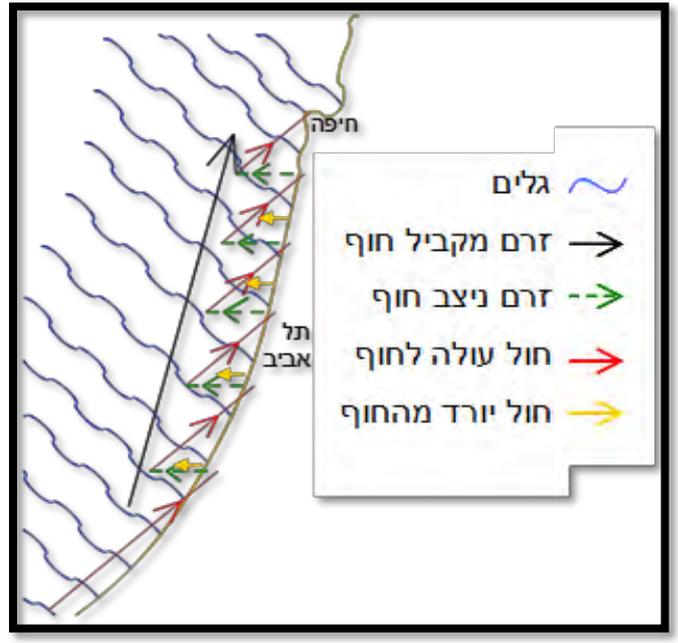
נספח 14 - כיווני זרימת המים בים תיכון

מקור: Bianchi, 2007



נספח 15 - כיוון תנועת סחף החול, האזורים הרגישים

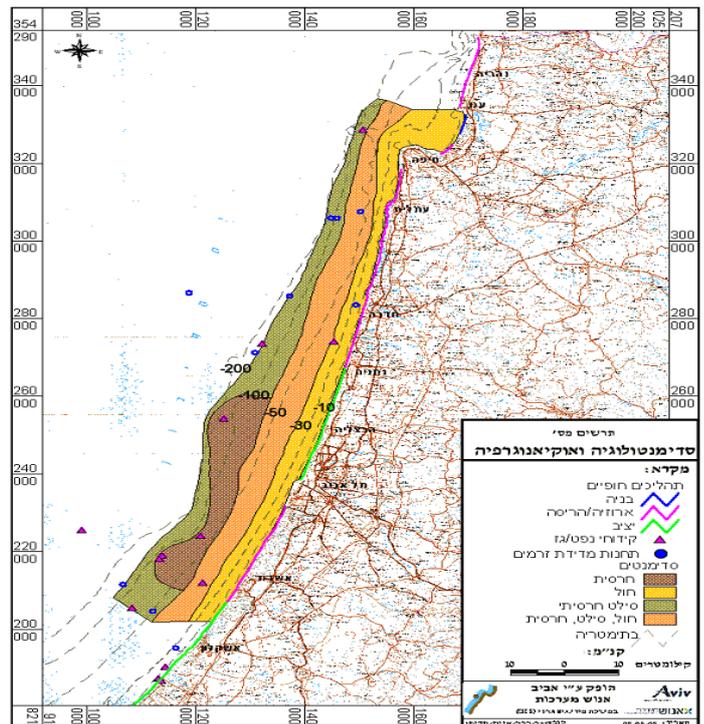
מקור: בדיקת היתכנות להקמת מתקנים ימיים כעתודה למיקום תשתיות מתקן התפלה- אביב, אפריל



2011

נספח 16 - מפת סדימנטולוגיה ואוקיאנוגרפיה

מקור: בדיקת היתכנות להקמת מתקנים ימיים כעתודה למיקום תשתיות מתקן התפלה- אביב, אפריל 2011

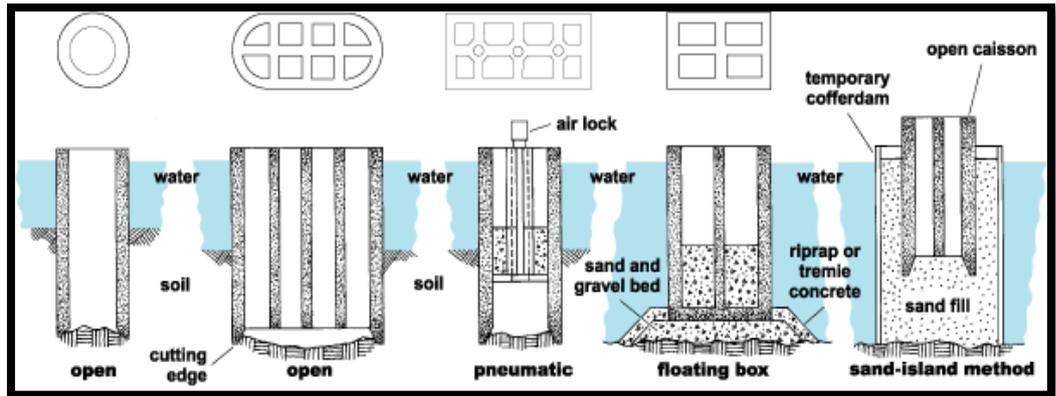


נספח 17 - השפעות הימצאות גוף מלאכותי בים

מקור: Almgor, Gill & Perath, 2000

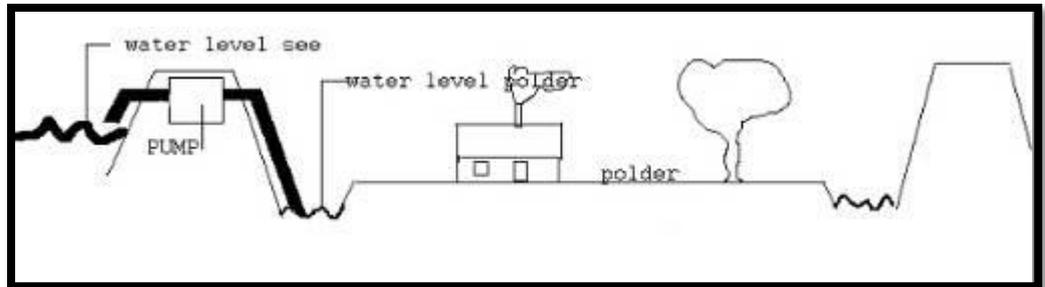
נספח 19 - חתכי רוחב – קאיסונים.

מקור: <http://www.accessscience.com/search.aspx?rootID=791099>



נספח 20 - חתך רוחב בפולדר

מקור: (אביב, 2007)



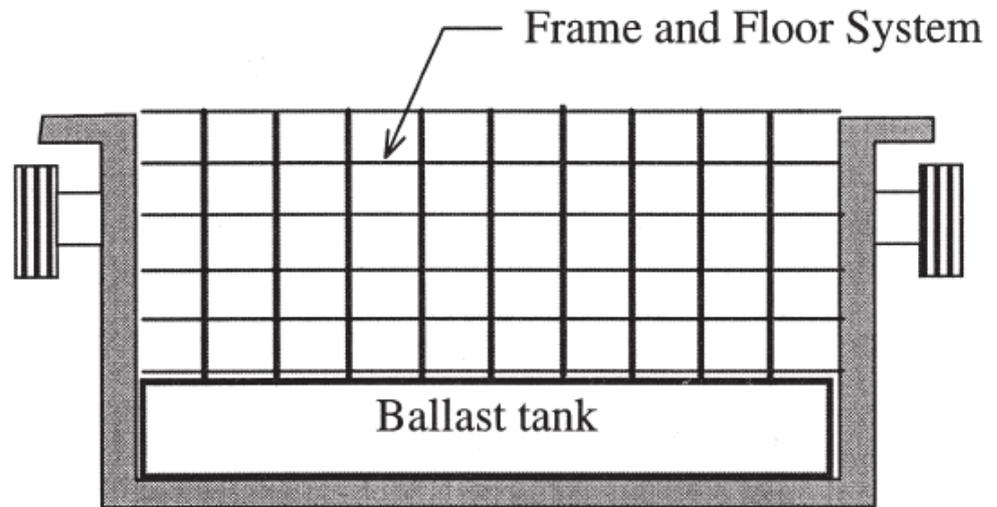
נספח 21 – תמונה של גשר על כלונסאות בטון.

מקור: http://www.123rf.com/photo_3597798_bridge-being-constructed-over-the-sea-at-mumbai.htm



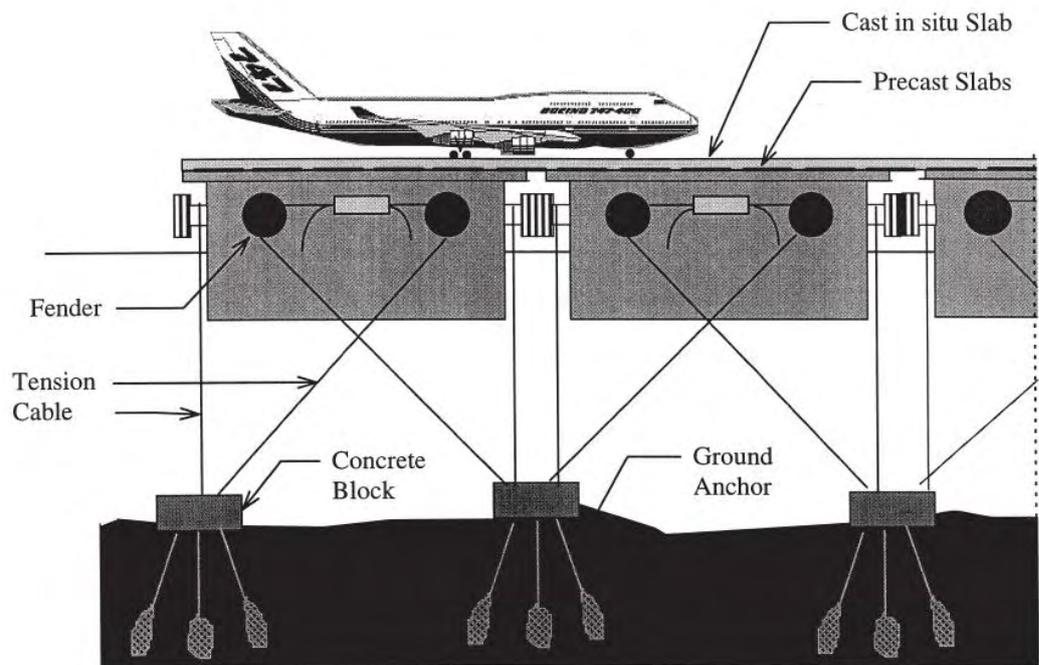
נספח 22 – קופסאות לפי שיטתו של Hartono

מקור: Wibisono, 1995



נספח 23 – חיבור הקופסאות בכבלים לקרקעית לפי שיטתו של Hartono

מקור: Wibisono, 1995



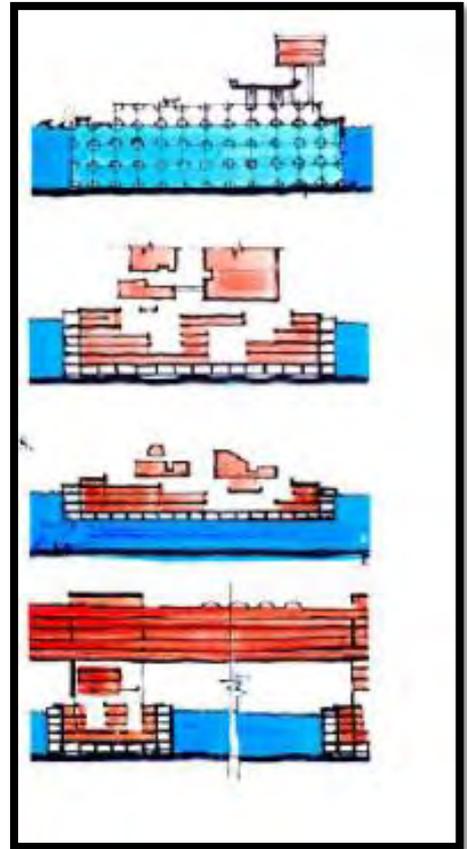
נספח 24 – צילינדר בשיטת P.S.P

מקור: אביב, 2007



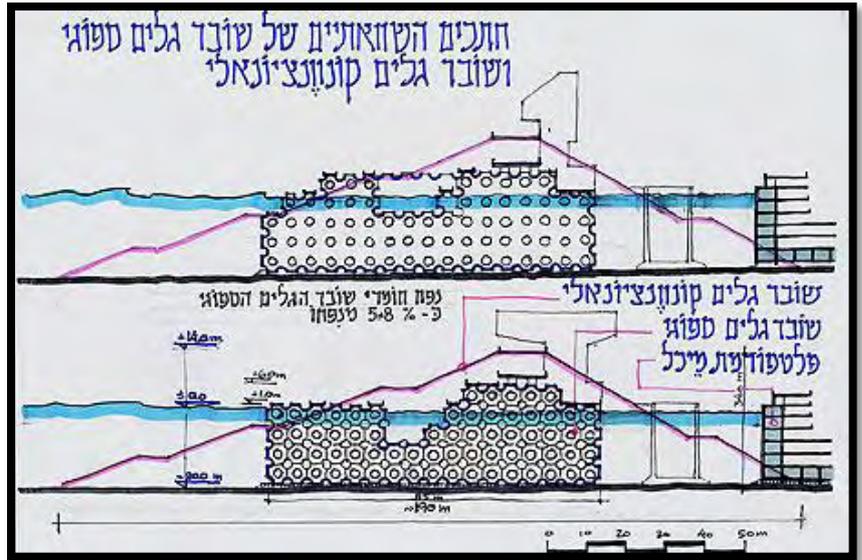
נספח 25 – שיטתו של מיכה בורט.

מקור: <http://www.professormichaelburt.com/>



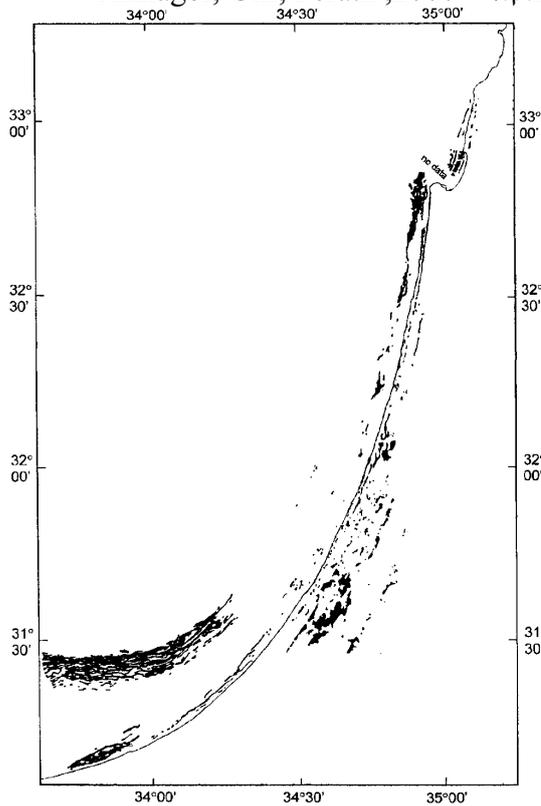
נספח 26 - שובר גלים ספוגי בשיטתו של מיכה בורט.

מקור: http://www.calcalist.co.il/real_estate/articles/0,7340,L-3497563,00.html



**נספח 28 – מרבצי כורכר לאורך החוף של ישראל-
ביבשה ובים**

מקור: Almgor, Gill, Perath, 2000



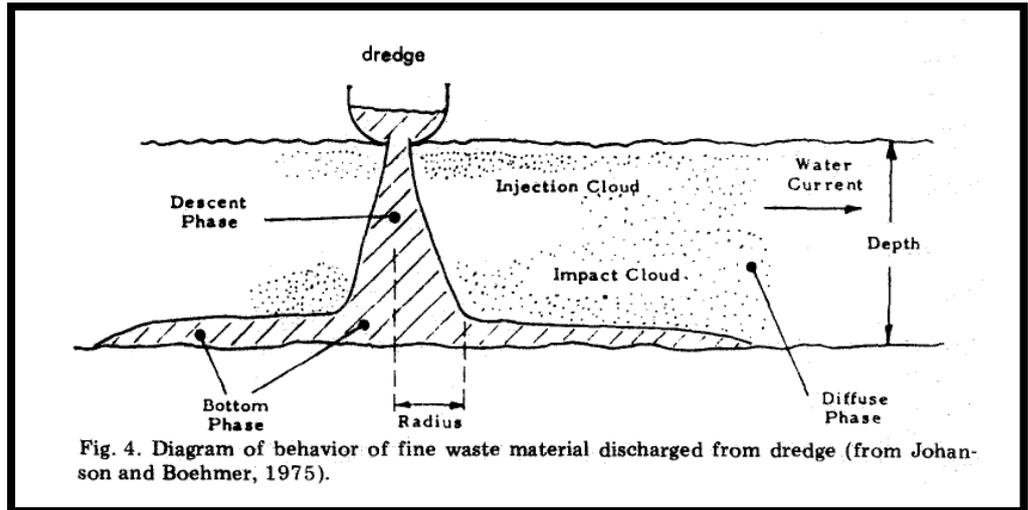
**נספח 27 – שיטת ההתזה למילוי אי.
מקור:**

<http://1.bp.blogspot.com/tfF75rqz7Wk/R6odJD DwgZI/AAAAAAAAAJ8/ET546LzvdIU/s1600-h/dredging.jpg>



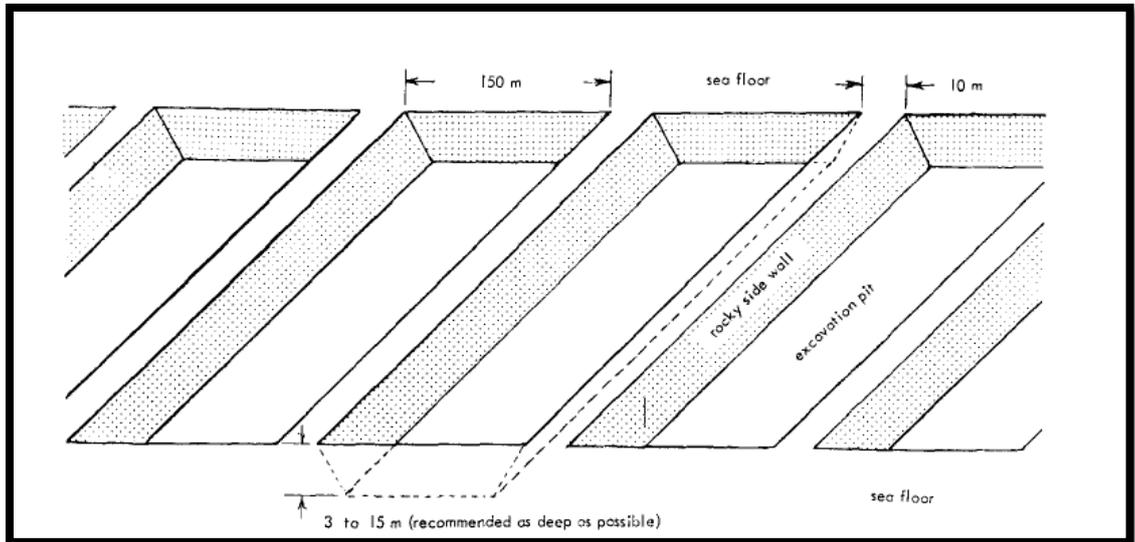
נספח 29 – חתך של תפרוסת ענן עכירות במים כתוצאה מכריית כורכר

מקור: Johanson, and Boehmer, 1975



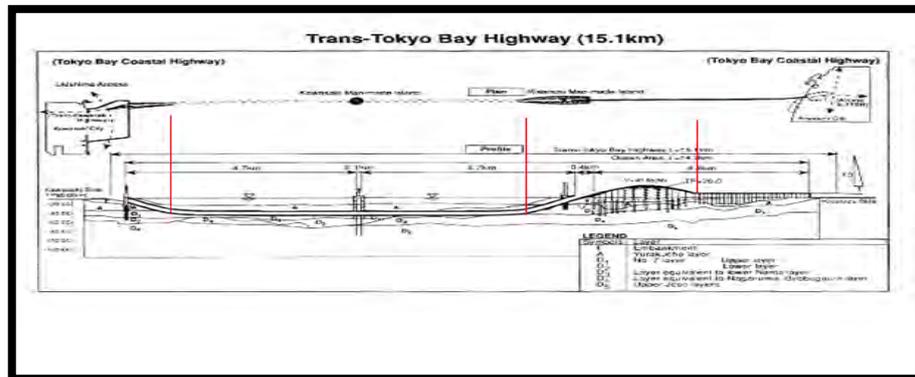
נספח 30 – המלצה לצורת כריית הבורות תוך השארת רווחים בניהם

מקור: Gayman, 1975

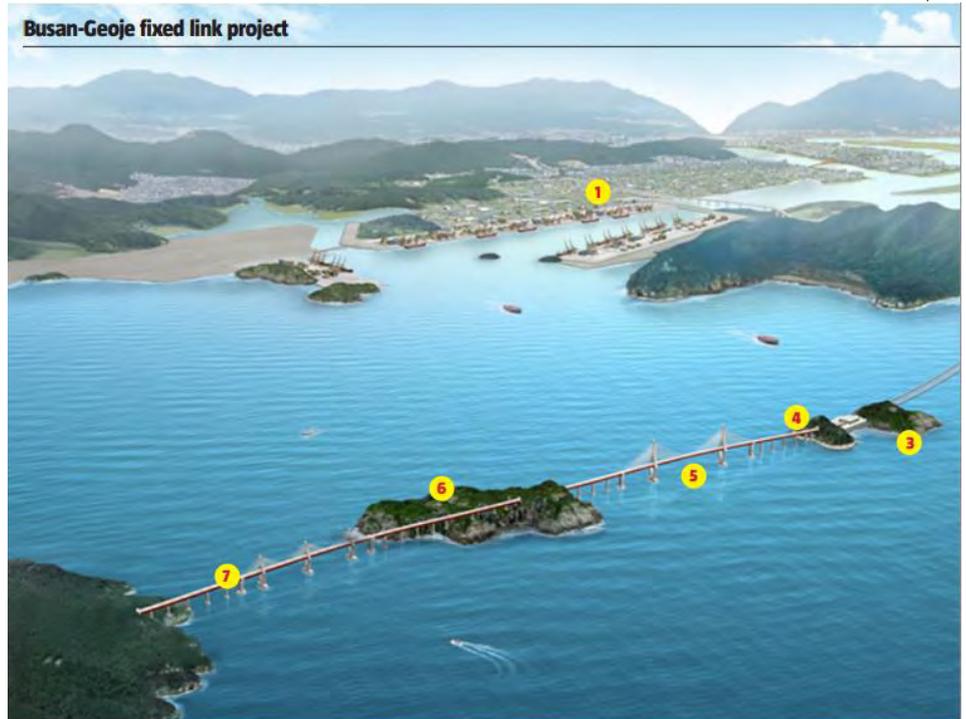


נספח 31 - דוגמאות לנתיבי תשתית תחבורה משולבים במספר טכנולוגיות בנייה וסוגי תשתיות

א31 - עורך תחבורה לטוקיו המורכב משני מגשר וממנהרה H.AKIHIRO 1990



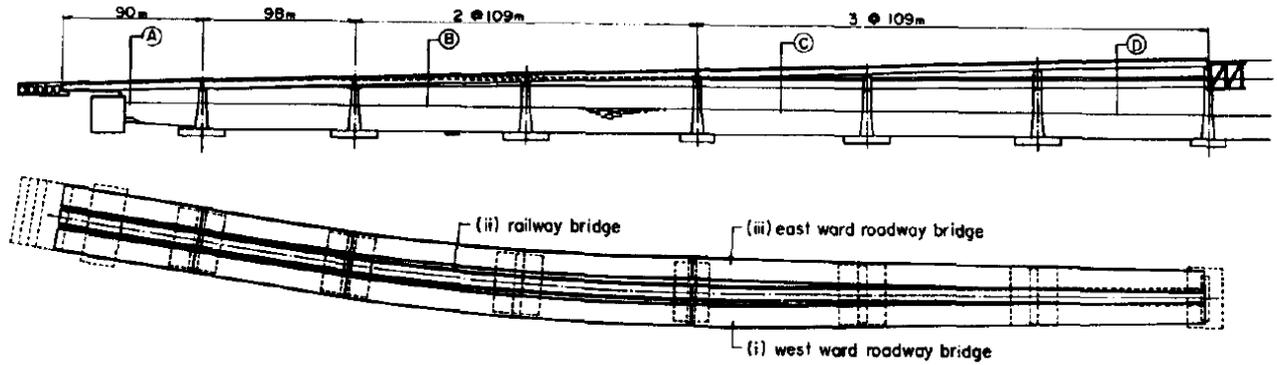
ב'31 – מעבר בוזאן ג'לאן (BUSAN-GEOJE) בסין. נבנה בפרק זמן של 6 שנים אורך של 8.2 קמ'
מקור : www.nce.co.uk



נספח 32 - טומבלו לחופי עזה

נספח 33 - גשר תיבה בקנסאי

מקור: A. Honda 1990



נספח 34 גשר על עמודים, הדמיה של אי בחופי ישראל

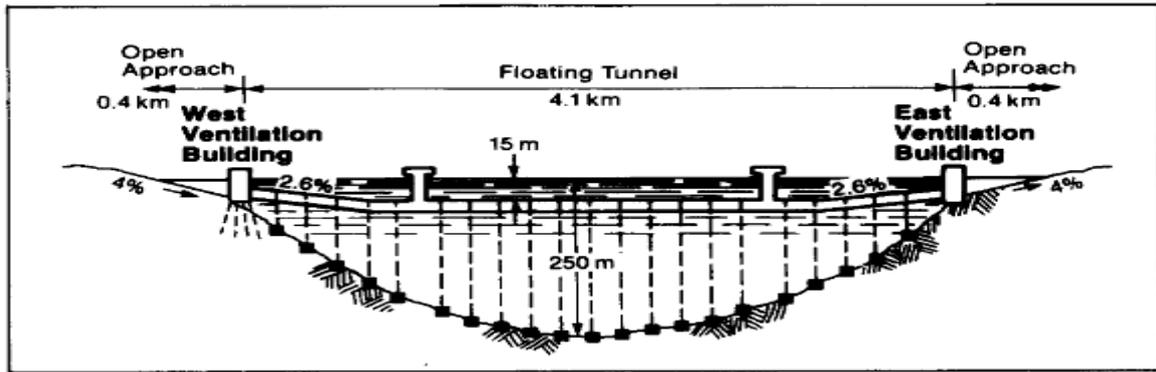
מקור: משרד הפנים- מינהל התכנון, מסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות דוח מסכמ, יולי 2007



נספח 35 - מנהרה ימית ראשונה שנבנתה מתחת למים אך לא מתחת לקרקעית הים אלה בשיטת הפלטות

הצפות מחוברת לקרקעית הים עם כבלים. Submerged Floating Tunnels (SFT).

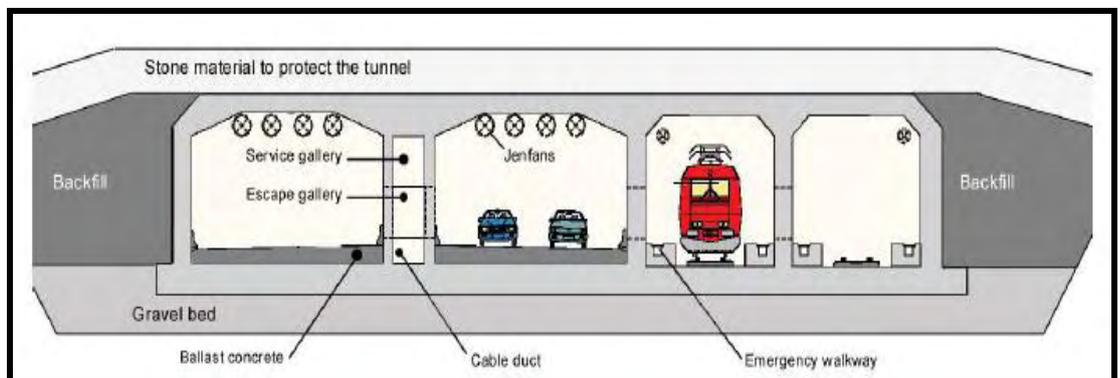
מקור: R. Kuesel 1986



נספח 36 - דוגמה למנהרה תת קרקעית עבור נתיבי תחבורה.
 מקור: <http://preview.tinyurl.com/a5apn7n>



נספח 37 - חתך מנהרות 'ארסונלד' (Oresund) בין קופנהגן לדנמרק ושוודיה. מורכב 3.5 ק"מ של ממנהרות שקועות בעומק של 10 מ' מתחת גובה פני הים ו 8 ק"מ של גשרים. המנהרות מורכבות מ 20 אלמנטים, שאורך כל אחד 175 מ'
 מקור: <http://preview.tinyurl.com/a5apn7n>

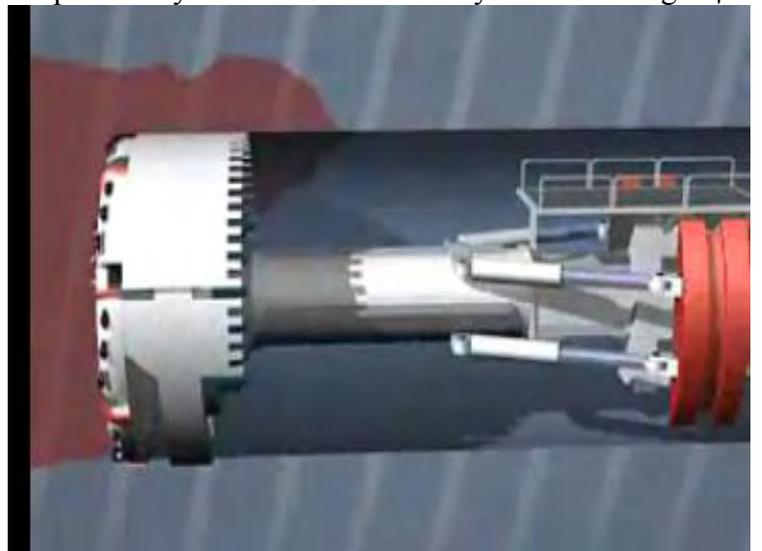


נספח 38 - צינור תוצרים עוברים מעל נהר, דוגמה לפלטפורמה צפה (Submerged Floating Tunnels (SFT)
 מקור: http://www.jpo.doi.gov/Photo%20Gallery/pages/Tanana%20Suspension%20Bridge_jpg.htm



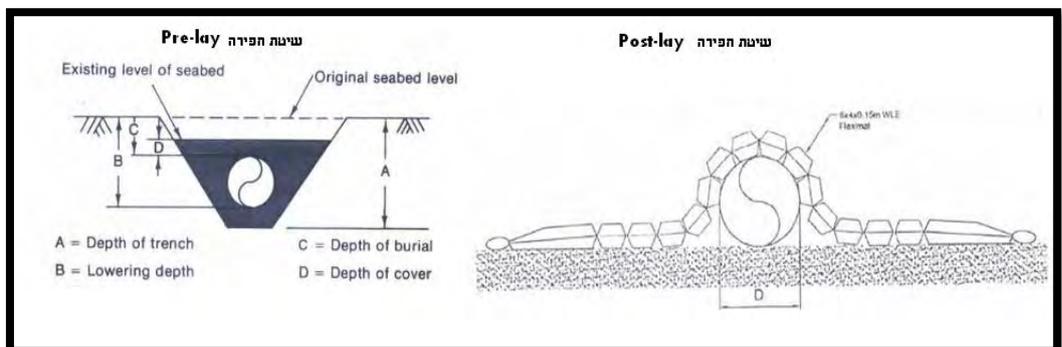
נספח 39 - דוגמא למקדח קידוח TBM

מקור: <http://www.youtube.com/watch?v=yFHrI3HFMDg>

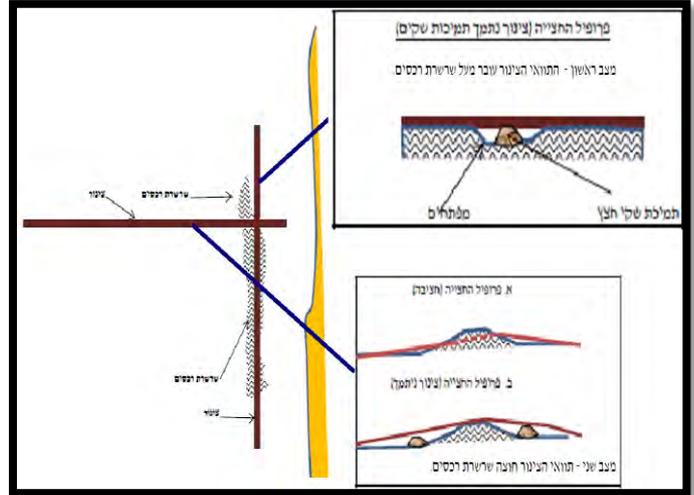


נספח 40 – הדגמה של שיטות החפירה. משמאל Post-lay מימן Pre-lay

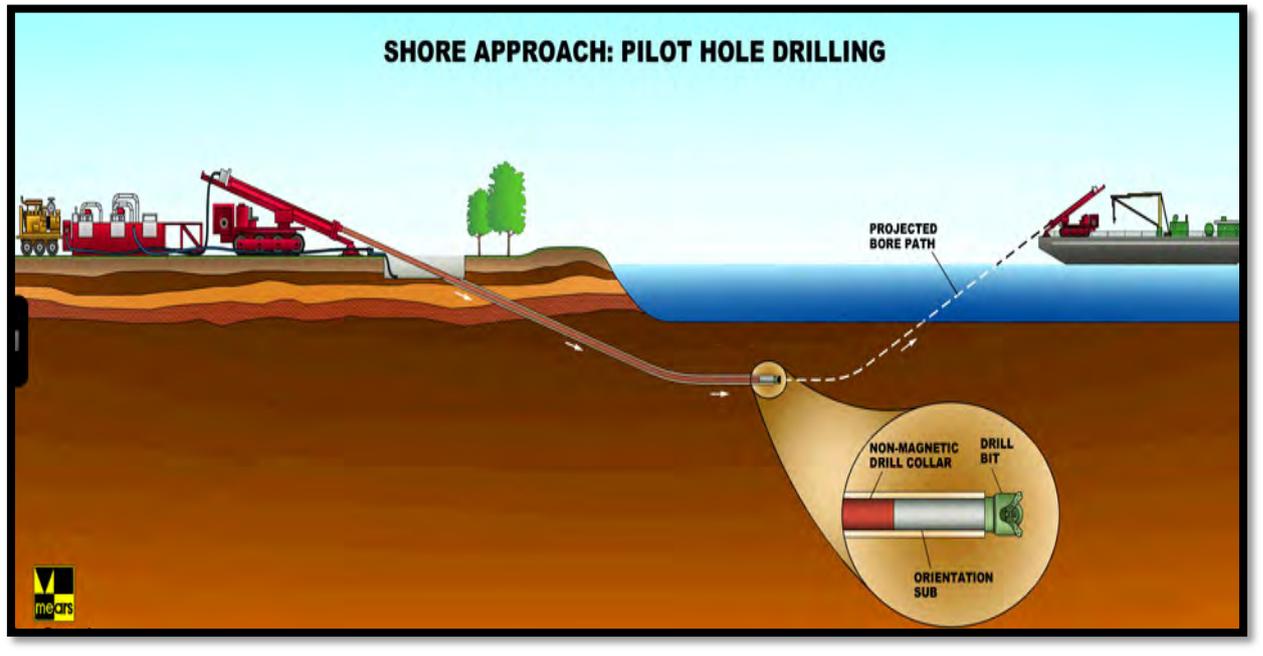
מקור: חלופות עקרוניות לטיפול בגז ובחירת אתרים ימיים לבחינה, בתסקיר השפעה על הסביבה, מרץ 2012

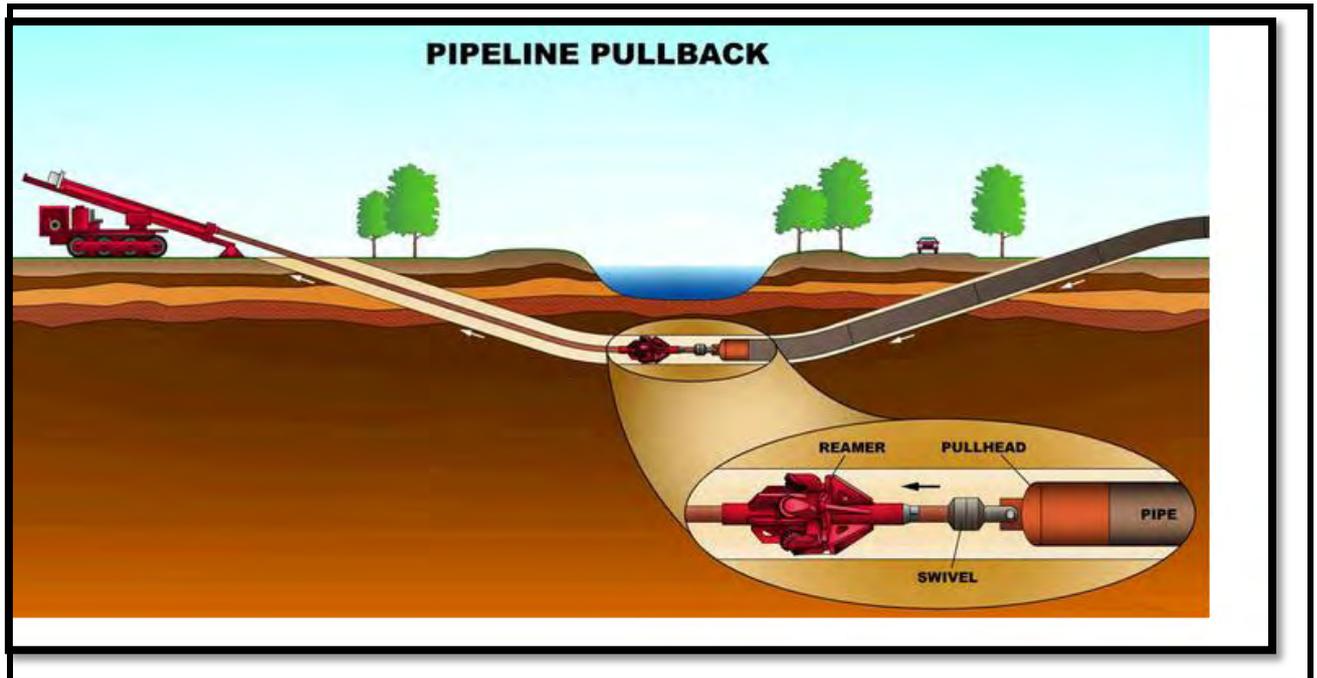


נספח 41- הדגמה כיצד ניתן להניח או לחפור צינו לתשתיות בסיס מהאי המלאכותי וחזרה מקור : חוות דעת תכנונית לבחינת מרכיבים ימיים לדיון במועצה הארצית ינואר 2013

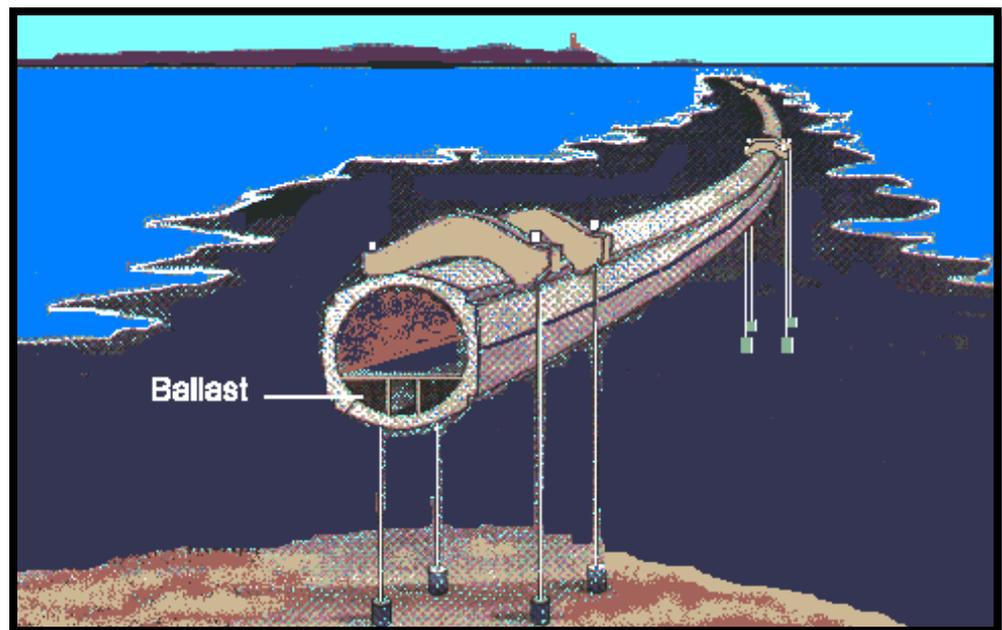


נספח 42 הדגמה של שיטת חפירה HDD מתחת לאוקיאנוס. מקו החוף ועד אסדת הקידוח מקור : <http://www.mears.net/index.php/horizontal-directional-drilling/hdd-media> '42





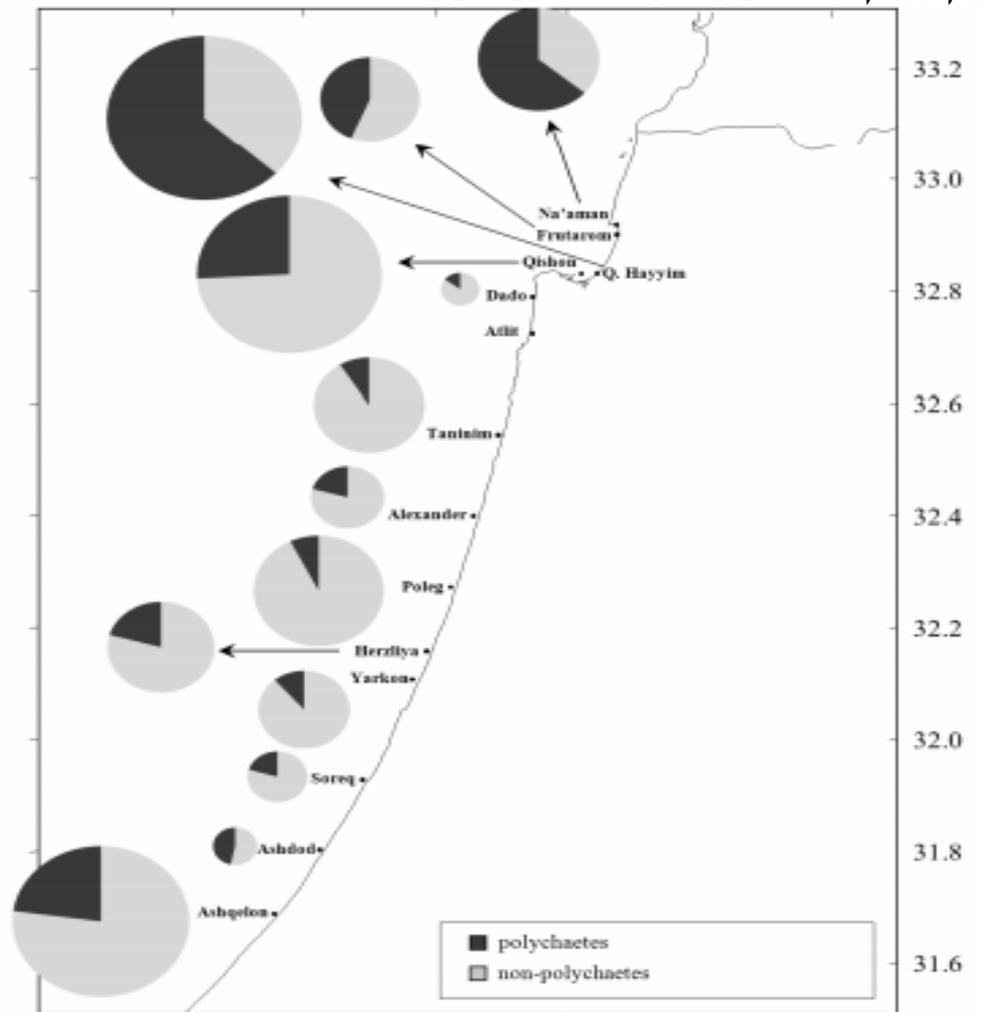
נספח 43- הדמיה למנהרה מתחת למים ועל הקרקעית
 מקור: <http://www.swedetrack.com/floatunn.gif>



נספח 44- צינור תוואי תוצרים מונח על הקרקע
 מקור: http://www.jpo.doi.gov/Photo%20Gallery/pages/08120081_JPG.htm



נספח 45- פירוט זיהום הים בישראל במתכות כבדות וTBT
מקור: סקר ניטור 2010 – המשרד להגנת הסביבה



השפעת החמצת ים סוף על שונית האלמוגים של מפרץ אילת

מקרה בוחן למיני אלמוגים מתת-המחלקות:
Hexacorallia ו-Octocorallia השישאים

קורס פרויקטים בחקר הסביבה
תשע"ג, אוקטובר 2012

מנחה: אלון-מרדכי אלירן

ליהיא גלעד
066143181

מיכל שביט
300015419

ערן שריקר
066585357

תוכן עניינים

i.....	1. רשימת איורים.....
iii.....	2. תודות.....
iv.....	3. תקציר (ליהיא, ערן, מיכל).....
1.....	4. מבוא (ליהיא, ערן, מיכל).....
1.....	5. רקע.....
1.....	5.1 שוניות האלמוגים (ערן).....
2.....	5.2 איומים על שוניות האלמוגים (ערן).....
3.....	5.3 CO ₂ באטמוספירה ובאוקיאנוסים (מיכל).....
10.....	5.4 מערכת הקרבונט וכימיה אוקיאנית (מיכל).....
16.....	5.6 עדויות גיאולוגיות והיסטוריות (ערן).....
18.....	5.7 שונית האלמוגים של מפרץ אילת (ערן).....
20.....	5.8 האלמוגים (ליהיא).....
22.....	5.9 יצירת שלד האלמוג (ליהיא).....
23.....	5.10 תפקיד הרקמה כמחסום מהסביבה החיצונית (ליהיא).....
24.....	5.11 דוגמאות למחקרים רלוונטיים (ליהיא).....
26.....	5.12 אלמוגי המחקר (ליהיא).....
28.....	6. השערת המחקר ומטרותו (ליהיא, ערן, מיכל).....
30.....	7. ביבליוגרפיה.....

1. רשימת איורים

- | | | |
|----|--|--------|
| 5 | Time series of (a) atmospheric CO ₂ at Mauna Lao (in ppmv) (red), surface ocean pH (cyan), and pCO ₂ (µatm) (tan) at Ocean Station ALOHA in the subtropical North Pacific Ocean (Dr. Pieter Tans, National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory); (b) aragonite saturation (dark blue) and (c) calcite saturation (gray) at Station ALOHA (Dr. David Karl, University of Hawaii). (Figure adapted from Doney et al., 2009) | איור 1 |
| 6 | North Pacific Ocean pH along 152°W in 2006 (pH _T , 25 °C) (Byrne et al., 2010) | איור 2 |
| 7 | Map of mixed surface layer (upper 50 m) pH values in the global oceans for the nominal year 1994. (As adapted by Bowler et al., 2010) | איור 3 |
| 7 | Global map of column C _{ant} (anthropogenic carbon) as given by Sabine et al. (2004) based on the ΔC* calculation method of Gruber et al. (1996) (As adapted by Sabine and Tanhua, 2010) | איור 4 |
| 8 | Changes in (1) global mean sea level (teal), (2) summer Arctic sea-ice area (yellow), (3) 0-700 m ocean heat content (orange), (4) sea-surface temperature (brown), (5) mean ocean-surface pH (blue), and (6) atmosphere pCO ₂ (red). The light purple shaded region denotes projected changes in pH and pCO ₂ consistent with the IPCC's twenty-first century A2 emissions scenario with rapid population growth. (As adapted by Doney et. al., 2012) | איור 5 |
| 9 | Atmospheric CO ₂ emissions, historical atmospheric CO ₂ levels and predicted CO ₂ concentrations, together with changes in ocean pH based on horizontally averaged chemistry (taken from Caldeira and Wickett, 2003) | איור 6 |
| 10 | Affect of anthropogenic CO ₂ emissions absorbed by the ocean (taken from Hoegh-Guldberg et al., 2007) | איור 7 |
| 12 | Relative proportions of the three inorganic forms of CO ₂ dissolved in seawater. The green arrows at the top indicate the narrow range of pH (7.5–8.5) that is likely to be found in the oceans now and in the future. (taken from Royal Society, 2005) | איור 8 |
| 15 | (a) Atmospheric CO ₂ used to force 13 OCMIP models over the industrial ('historical') period and for two future scenarios. (b) Increased in atmospheric CO ₂ lead to reductions in surface ocean pH. (c) Increases in atmospheric CO ₂ lead to reductions in surface ocean CO ₃ ²⁻ . Results are given as global zone averages for the 1994 data and the preindustrial ('Preind.') ocean. The latter were obtained by subtracting data-based anthropogenic DIC (solid line in the grey shaded area), and by subtracting model-based anthropogenic DIC (dotted line in grey shaded area). Future | איור 9 |

results for the year 2100 come from the 1994 data plus the simulated DIC changes for the two scenarios. Results are also shown for the year 2300 with modeling (thick dashed line). (taken from Orr et al., 2005)

- 16 Surface water aragonite saturation state (Ω_{arg}) for the pre-industrial ocean (nominal year 1765), 1994 (Key et al., 2004), and projected models for 2050 and 2100 as presented by Orr and colleagues (2005) assuming "business-as-usual" CO₂ emission scenario. (As adapted by Fabry et al., 2008) **איור 10**
- 20 פוליפ- פרט בודד, יצור דמוי שקית מוארכת, המחובר למצע או לשלד- יחידת המבנה הבסיסית של האלמוג (<http://www.solcomhouse.com/coralreef.htm>) **איור 11**
- 22 קליטת יוני קלציום וביקרבונט מהמים דרך נקבוביות פה האלמוג, ודרך שכבתו החיצונית (האקטודרם). משם נכנסים היונים אל חורירי שכבת העיכול (Furla et al., 2000)(coelenteron) **איור 12**
- 23 העברת יוני הביקרבונט (HCO_3^-) אל שכבת נוזל הcalicoblastic. (Furla et al., 2000) **איור 13**
- 25 *Oculina patagonica*. (A) מושבה כביקורת. (B) בתנאי pH נמוך נצפו שינויים מורפולוגיים: הארכת הפוליפים- נהיו דמויי שושנת ים. [לאחר מכן פירוק מבנה המושבה והתמוססות השלד כולו, אך במפתיע נשארו אחוזים במשטח הסלעי שלא התמוסס (ניתן לראות בתמונה C) הפוליפים שהתארכו שילשו את מסתם לעומת קבוצת הביקורת ששיקעה שלד גירני. כל חלקי האלמוג חסרי השלד שרדו את החומציות הגבוהה עד תום הניסוי- (C) אחרי שהיו 12 חודשים פוליפים רכי-גוף בתנאי pH נמוך, הם הוחזרו למי ים נורמלים וניתן לראות כי הפוליפים הבודדים מייצרים מחדש מושבה ומשקעים שלד גירני. (D) הדמיה לפי זמן, של אחוז השינוי (ממוצע+- סטיית תקן) בפרוטאין לפוליפ (ביומסה) ומשקל ציפה כולל לאורך 12 חודשים- בpH = 7.4 ובpH = 8.2 (נורמלי למי ים). לאחר ניתוח שונות, ניתן לראות שינויים סגניפיקנטיים (P < 0.001) לאורך הזמן, בפרטים אשר היו בחומציות גבוהה. ככל שמתמוסס השלד ויורדת מסתו- עולה מסת הפוליפ (המתארך) (Fine & Tchernov 2007). **איור 14**
- 26 *Ovabunda macrospiculata*: תגובה ביולוגית תחת תנאי חומציות נורמלים (pH=8.2) ותחת תנאי חומציות בניסוי (pH=7.3, pH=7.6) לאורך זמן. בניסוי I (אפריל עד מאי 2009) ובניסוי II (פברואר עד מאי 2010). בשני הגרפים העליונים מובאות התוצאות כממוצע יחס משקל שלד למשקל פוליפ למושבה. בגרפים התחתונים מובאות התוצאות של משקל 6 הפוליפים למושבה. [עקב תקלה טכנית בניסוי השני אין נתונים ל pH=7.3] (Gabay et al., 2011). **איור 15**
- 27 מרבדן צהוב *parerythropodium f. fulvum* (Photo: J. Dafni) **איור 16**
- 27 מניפתן ענק *suberogorgia hicksoni* (Photo by Lev Fishelson) **איור 17**
- 28 חרירן שכיח *porites lutea* (Photo by Dana Riddle) **איור 18**
- 28 מוחן *Platygyra daedalea* (Photo by Moshe Cohen) **איור 19**

2. תודות

תודה ל...

אלון מרדכי אלירן על ההנחייה ונתינת מענה לבעיותינו.

פרופ' יהודה בניהו על הייעוץ וההכוונה בנוגע למינים מתאימים ומחקרי עבר.

יעל מנדלברג על ההכוונה והתמיכה.

שאר צוות הקורס על המענה בשעות הצורך.

רנן פלדמן ופרופ' גיל גלעי להערותיהם על הנוסח הסופי.

3. תקציר (ליהיא, ערן, מיכל)

עליית דו תחמוצת הפחמן (CO_2) האטמוספרי, הנגרם בעיקר משימוש בדלקים פוסילים, מורידה את רמות ה-pH באוקיאנוסים וגורמת לתנודות גדולות במאזן הכימי של הפחמן במי הים. תופעת החמצת האוקיאנוסים מתועדת היטב מתוך ממצאים ועדויות מהשטח, וקצב שינויים זה יעלה במהלך המאה הנוכחית, אלא אם פליטה עתידית של CO_2 תופחת דרמטית. החמצת האוקיאנוסים משנה את המחזור הביוכימי של רכיבים ואלמנטים רבים בתוך הים. השפעה אחת שכזו היא ירידה במצב הרוויה של קלציום קרבונט (CaCO_3), אשר משפיע בעיקר על אורגניזמים ימיים בוני קונכיות, ביניהם האלמוגים. חלק מן האלמוגים מראים ירידה בקצב הקלסיפיקציה בתוצאות של ניסויים שנערכו בתנאי מעבדה תחת תנאי ריכוזי CO_2 גבוהים. יכולת האורגניזמים הימיים להסתגל לעלייה ברמות ה- CO_2 ולהשפעתה, אינה ברורה עדיין. השפעת ערכי ה-pH באוקיאנוסים גם כן אינה ברורה עדיין. בחינה של עדויות מן מעבר הגיאולוגי הראו כי ערכי ה-pH באוקיאנוסים היו מגוונים מאוד. בגלל השונות הרבה בין הפרמטרים שהרכיבו את הסביבה הימית בעבר, אירועים קדומים אלו יכולים להיות אנלוגיה חלקית בלבד למצב הנוכחי.

המבנה הכמעט סגור של מפרץ אילת גורם לשוניות האלמוגים של המפרץ להיות אחת מהשוניות המגוונות בעולם. מבנה זה גם הופך את החי והצומח במימי המפרץ לפגיעים ביותר לזיהומים ומחלות, שכן עומקם הרדוד ומבנה המפרץ, לא מאפשרים את הסעת הזיהומים אל מחוץ למפרץ והמזהמים מצטברים בסדימנטים. כמו כן, זוהי בין שוניות האלמוגים המנוצלות ביותר בעולם ומצבה התדרדר מאוד ב-20 השנים האחרונות.

אנו מציעים לבדוק מהן ההשפעות של ירידת ה-pH בים סוף על המבנה הפיזי (יחס משקל שלד לפוליפ, משקל השלד, הרכב השלד) של מיני האלמוגים הבאים בשונית האלמוגים של מפרץ אילת: חרירן שכיח (*porites*), מוחן (*Platygyra daedalea*), מרבדן צהוב (*parerythropodium f. fulvum*) ומניפתן ענק (*suberogorgia hicksoni*).

מטרות המחקר המוצע הן הבנת ההשפעות על האלמוגים המובילות להשלכות כלכליות ואקולוגיות, והבנה נוספת של הבעיה המעמידה יצורים רבים בעלי שלד גירני בסכנה והשלכותיה בהתאם על האדם.

4. מבוא (ליהיא, ערן, מיכל)

במהלך 250 השנים האחרונות, רמות דו-תחמוצת הפחמן (CO_2) באטמוספירה עלו ביותר מ-40%, מ-280 ppmv (parts per million volume) בתקופה הטרום תעשייתית ל-384 ppmv בשנת 2007 (Solomon et al., 2007). קצב עלייה זו, המונע על ידי שימושי האדם בדלקים פוסילים ובירוא יערות, הוא המהיר ביותר לאורך מיליוני שנים (Doney & Schimel, 2007). הריכוז הנוכחי, הוא הגבוה ביותר עימו מתמודד כדור הארץ ב-800 אלף השנים האחרונות (Lüthi et al., 2008). עליית ה- CO_2 באטמוספירה מתמתנת על ידי ספיגתו באוקיאנוסים, הנמדדת כשליש מכמות הפחמן האנתרופוצנטרי המתווסף לאטמוספירה (Sabine & Feely 2007; Sabine et al., 2004). אילולא ספיגה זו, ההערכה היא כי רמות ה- CO_2 האטמוספרי בימים אלו היו בסביבות 450 ppmv - רמות CO_2 שהיו גורמות לשינויי אקלים דרמטיים אף יותר ממה שאנו חווים כיום. למרות זאת, ספיגת CO_2 באוקיאנוסים אינה ללא השפעה. היא גורמת לשינויים משמעותיים באיזון הכימי וכך גורמת לירידה ברמות ה-pH. תופעה זו נקראת החמצת האוקיאנוסים (Henderson, 2006; Turley, 2005). רבים מהאורגניזמים והצמחים משקיעי השלד הגירני, ביניהם אלמוגים, בונים שלדם מסידן פחמתי CaCO_3 בתהליך השיקוע. תהליך זה מתאפשר על ידי העלאת pH באיזור השקעת השלד הגירני. לכן, אורגניזמים בעלי קיבולת נמוכה של בופר החומציות, יחוו תנודות תוך תאיות משמעותיות ב-pH עקב החמצת האוקיאנוסים. עקב כך, מסתמנת בעייתיות בתהליך יצירת השלד ובהחזקתו בצורתו הגירנית- בתנאים בהם החומציות נמוכה מהמצב הטבעי. ברגע שישנה החמצה של מי הים צפוי כי תהיה ירידה בהשקעת השלד הגירני, פירוק שלד קיים.

5. רקע

5.1 שוניות האלמוגים (ערן)

שוניות האלמוגים הן המערכות האקולוגיות הימיות המרהיבות והמגוונות ביותר על פני כדור הארץ. שוניות האלמוגים הידועות במורכבותן הרבה ויצרנותן הראשונית, מאכלסות ותומכות במאות אלפי מינים של בעלי חיים, רבים מהם לא מוכרים למדע (Hoegh-guldberg & Jones, 1999). הן בעלות מבנה גיאולוגי מיוחד הנבנה מסידן פחמתי (קאלציום קארבונט) (Kleypas et al., 2001). דוגמא למערכת מגוונת שכזאת ניתן לראות בשונית המחסום הגדולה (Great Barrier Reef) הממוקמת בים האלמוגים שליד אוסטרליה, המכילה יותר מ-3,000 שוניות אלמוגים שנבנו מיותר מ-360 מינים של אלמוגי אבן (Lough, 2008). השוניות משמשות כבית ליותר מ-1,500 מינים של דגים, 4,000 מינים של רכיכות, 400 מינים של ספוגים, 500 מינים של אצות, 23 מינים של יונקים ימיים, 6 מתוך 7 מינים בכלל העולם של צבי ים, ו-30% ממיני האלמוגים הרכים מכלל העולם, מאות מינים של עופות ימיים ועוד מינים רבים (Lough, 2008). יתרה מכך, בקנה מידה עולמי, מערכות אקולוגיות של שוניות האלמוגים מספקות סחורה ושירותים הנאמדים ביותר מ-375 מיליארדי דולרים אמריקאים בשנה הכוללים דיג, תיירות, מחסומי ים טבעיים המספקות הגנה להתיישבות שליד החופים, חומרי בנייה, תרופות ועוד (Pandolfi et al., 2005).

תפרוסת שוניות האלמוגים בעולם ידוע כמוגבל לאזורים רדודים, חמים, צלולים, מוארים באור השמש, רמות נוטרינטים וסדימנטים נמוכות, בנוסף ישנה חשיבות להיסטוריה האקלימית, הגיאולוגית והאוקיאנית של אזורי המחייה שלהן (Achituv & Dubinsky, 1990). מחקרם של Kleypas et al. (1999b) ערך ניתוח רחב ומקיף על התנאים הימיים הסביבתיים ותפרושת השוניות, שהבהיר את המגבלות הסביבתיות המשפיעות על התפתחות שוניות האלמוגים בקנה מידה עולמי. ישנם חמישה גורמים פיזיקאליים-כימיים עיקריים הקובעים את תפרושת השונית העולמית: טמפרטורה, מליחות, נוטרינטים, זמינות האור ורוויה של ארגוניט (מינרל קרבונטי הבנוי מסיידן פחמתי, CaCO_3) (Kleypas et al., 1999b). לדוגמא, טמפרטורת המים צריכה להיות בטווח מינימאלי של 16 מעלות צלזיוס וטווח מקסימאלי של 34 מעלות צלזיוס (Kleypas et al., 2006). קיימים גורמים נוספים הקובעים את מיקום של התפתחות השונית והיקף שלה כגון עכירות, שיקוע, ו-pH. משתנים אלה משפיעים על התהליכים הפיזיולוגיים המתרחשים על ידי פוטוסינתזה וקלאסיפיקציה, בנוסף לסיכוי השרידות של שוניות האלמוגים (Walker, 2005). מחקרם של Nie et al. (1997) ו-Lough & Barnes (2000) הראו כי לקצב הקלאסיפיקציה באלמוגי האבן *Porites lutea* שבשונית המחסום הגדולה (Great Barrier Reef- GBR) ישנו קורולציה גבוהה עם טמפרטורת פני הים, המעיד כי עליית טמפרטורה של מעלת צלזיוס אחת מספיקה בכדי לגרום לעלייה של בערך 4.5% בקצב הקלאסיפיקציה. בנוסף, קצב גידול במבנה שונית האלמוגים תלוי גם בטמפרטורה העונתית. ממצא טמפרטורות נמוך של האוויר בחורף במפרץ מקסיקו, נמצא בהתאמה עם ירידה בגידול של אלמוג האבן *Montaster annularis* (Slowey & Crowley, 1995). מכך, התבוננות על הגורמים הסביבתיים המגבילים את תפרושת שוניות האלמוגים חשובים מאוד בהערכה של שינויים אפשריים של שוניות האלמוגים כתוצאה משינויים בריכוזי ה- CO_2 באטמוספירה (Lough, 2008).

5.2 איורים על שוניות האלמוגים (ערן)

שוניות האלמוגים הינן מערכות דינאמיות הנתונות להפרעות טבעיות ואנתרופוגניות. מספר של הפרעות טבעיות ידועות כבעלות השפעה גבוהה על שרידות של שוניות האלמוגים טורפים טבעיים כגון כוכב הים מסוג כוכבן קוצני (*Acanthaster planci*) (Moran, 1986), תופעת האל-ניו וטיפונים בעלי עדויות היסטוריות להכחדה רחבת היקף של אזורי שוניות האלמוגים (Richmond, 1993) וירידה במליחות בעקבות משקעים רבים (Lough, 2008). נמצא כי הפרעות טבעיות אלה, ברמתן הבינונית, יכולות להיות בעלות חשיבות למגוון מינים גבוה בשוניות האלמוגים (Connell, 1978). מחקר שבוצע בפנמה ובהוואי הראה כי כתוצאה מהפרעות שנגרמו מהסביבה הטבעית וטורפים, אזורים שאיכלסו אלמוגים, נעלמו ואיפשרו את התישבותן מחדש של מספר מיני אלמוגים גבוה יותר (Grigg & Maragos, 1976). בעשורים האחרונים, אופין של הפרעות אלה והיכולת של השוניות להשתקם מהם השתנו (Hughes & Connell, 1999). השפעות טבעיות נוטות להתרחש בפולסטיליות (התפרצויות של הוריקנים וטורפים), אך כעת, הפרעות אלה מתרחשות בעקביות ומצטברות לאט (העשרה בנוטרינטים, זיהום וכדומה), או תופעות המתרחשות בתדירויות גבוהות, בהן זמן שיקום האלמוגים נמוך מאוד (לחץ דייג גבוה) (Connell, 1997). תרומה משמעותית לשינוי זה היא בעליית השפעת האדם על האקוסיסטמות. שוניות האלמוגים מסביב לעולם נמצאות תחת עקות כתוצאה ממגוון פעילויות האדם כגון: שימוש בדלקים, זיהום, דייג יתר (Richmond, 1993).

יתרה מכך, התערבות האדם במערכת האקלים העולמית הביאה עימה איומים נוספים על שרידותם של האקוסיסטמות של שוניות האלמוגים, שההפרעה המשמעותית ביותר הינה ההתחממות טמפרטורת מיי האוקיאנוסים, המגדילה את התדירות של תופעת ההלבנה (bleaching) ההמונית. בנוסף, כתוצאה מעליית ריכוזי ה- CO_2 באטמוספירה, חלה תופעה של החמצת האוקיאנוסים המשנים את המאזן הכימי של מי הים, על ידי ספיגה גבוהה משמעותית יותר של דו תחמוצת הפחמן, ומכך, הורדת היכולת של האלמוגים לבנות את השלד שלהם. איומים אלה מתרחשים בקנה מידה עולמי ואינם יכולים להיות מטופלים בצורה יעילה בקנה מידה מקומי (Lough, 2008).

ההשפעה הסוציו-אקונומית של החמצת האוקיאנוסים יכולה להיות מכרעת. נזקים לאקוסיסטמות של השוניות, הדייגים, תעשיות, ותיירות הנשענות עליהן, ניתנות לכימות של הפסדים כלכליים בסכומי עתק של מיליארדי דולרים אמריקאים שנה (Raven et al., 2005). במדינות לא מפותחות רבות, שלדי אלמוגים וקונכיות משמשים כחומר גלם לבנייה. כמו כן, מיליוני דייגים בכל רחבי העולם מוצאים את פרנסתם בקרבת השוניות (Roberts et al., 2006). ישנם עסקי תיירות המגלגלים מיליארדי דולרים אמריקאים במדינות השוכנות לחופי אלמוגים (Hoegh-guldberg & Jones, 1999), וכמובן שימוש בחומרי טבע רבים החבויים בדרי שוניות האלמוגים, חלקם משמשים בתעשייה וברפואה, וחלקם עשויים להתגלות בעתיד (Roberts et al., 2006). שוניות האלמוגים מגינות על החופים מבלייח כתוצאה מאנרגית הגלים, ולמעשה ידועים איים שלמים אשר נשטפו לים לאחר ששוניות האלמוגים שסבבו אותם נהרסו (Porter & Tougas, 2001). עם הזמן, הפגיעה בשוניות האלמוגים תפחית את יכולתם להגן על אזורי החוף (Raven et al., 2005).

5.3 CO_2 באטמוספירה ובאוקיאנוסים (מיכל)

Carbon exists throughout the planet in several 'reservoirs', including the terrestrial biosphere, atmosphere and oceans, as well as in sediments and fossil fuels (Royal Society, 2005). The exchange of carbon between the biosphere, atmosphere and oceans is known as the carbon cycle. One of the most common exchanges is that of carbon dioxide (CO_2) through plants. Another important exchange of carbon dioxide is its equilibrium between atmospheric CO_2 and dissolved oceanic CO_2 . Oceanic organisms utilize CO_2 in much the same manner as terrestrial organisms to create energy. Although the biological uptake of CO_2 per unit area in the oceans is lower than that of most terrestrial systems, the overall biological absorption, when accounting for the vast area of the oceans, is almost as large (Field et al. 1998).

The oceans are a substantial carbon reservoir. When measured on a timescale of hundreds of years, their greatest exchanges of carbon are with the atmosphere. Pre-industrial measurements estimate about 38,000 Gt oceanic carbon, compared with about 700 Gt in the atmosphere, and nearly 2,000 Gt in the terrestrial biosphere (as both biomass and soil) (Brovkin et al 2002). The carbon buried in some reservoirs, such as rocks and organic-rich shale, exchanges with the other reservoirs on geologically long timescales. As a result,

carbon in these reservoirs will not affect the atmosphere or oceans on short timescales (up to about 1000 years) unless exchange rates are artificially increased by human activity such as limestone mining, oil, gas and coal production. It is the carbon released by human activities that has produced increased atmospheric carbon dioxide concentrations to levels unprecedented for at least 420,000 years, as far as man has been able to measure with certainty (IPCC, 2001), perhaps up to 800,000 years (Lüthi et al., 2008).

Though rough reconstructions of atmospheres from the Cretaceous period (100 million years ago) estimate CO₂ concentrations three to ten times higher the present, and 20 times higher four hundred years ago, it is unlikely that past atmospheric concentrations would have led to a significant pH decrease in the oceans, since the rate of CO₂ exchange with the oceans was much slower than today (Royal Society, 2005). In fact, the fastest natural changes measured to date are those that occurred at the ends of the recent ice age, when CO₂ rose by about 80 ppm (parts per million) over 6000 years (IPCC, 2001). However, even this rate is a mere one-hundredth of the changes currently occurring. During slow, natural changes, the carbon system in the oceans has time to equilibrate through interactions with sediments, resulting in a steady state, and in smaller observed changes (Royal Society 2005).

Over the past 400,000 years, a period with four major glacial cycles, atmospheric CO₂ concentrations have not varied by more than 20% from a mean of about 240 ppmv (A US Carbon Cycle Science plan). However, atmospheric CO₂ levels have increased by nearly 40% over the past 250 years, from preindustrial levels of approximately 280 ppmv to nearly 384 ppmv in 2007 (Soloman et al., 2007), driven by human fossil fuel combustion and deforestation. Currently, approximately 79 million tons of CO₂ are released into the atmosphere every day as a result of fossil fuel burning, deforestation, and cement production (Feely et al., 2008). Based on the emission scenarios of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and general circulation models, CO₂ levels are expected to rise to over 800 ppm by the end of this century (Prentice et al. 2001). Oceanic CO₂ uptake accounts for nearly a third (Feely et al., 2008; Sabine & Feely, 2007; Sabine et al., 2004) to a half (Royal Society, 2005) of anthropogenic carbon added to the atmosphere, without which atmospheric CO₂ would be approximately 450 ppmv today (Feely et al., 2008; Sabine & Feely, 2007; Sabine et al., 2004). This uptake of CO₂, though acting to minimize climate change, causes a decline in ocean pH and alters fundamental chemical processes. These two effects are known together as ocean acidification (Henderson, 2006; Turley, 2005) and will be discussed in more detail below.

Uptake of anthropogenic CO₂ is considered the major cause for long-term increases in dissolved inorganic carbon (DIC) and decrease in calcium carbonate (CaCO₃) saturation state (Doney et al., 2009) (discussed further below) as evident by measurements at the Hawaii Ocean Time-Series (HOT) station ALOHA (Takashashi et al., 2006) (Figure 1). Correspondingly, average pH measurements have decreased approximately 0.02 units per decade since the 1980s at various sites around the world (Solomon et al., 2007). Average ocean surface water pH ($\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$) has fallen from 8.21 to 8.10 since preindustrial times, though local pH can vary by ± 0.3 units due to local, regional, and seasonal factors (Royal Society, 2005). This 0.1 pH change over the past 200 years is equivalent to approximately a 30% increase in the concentration of hydrogen ions.

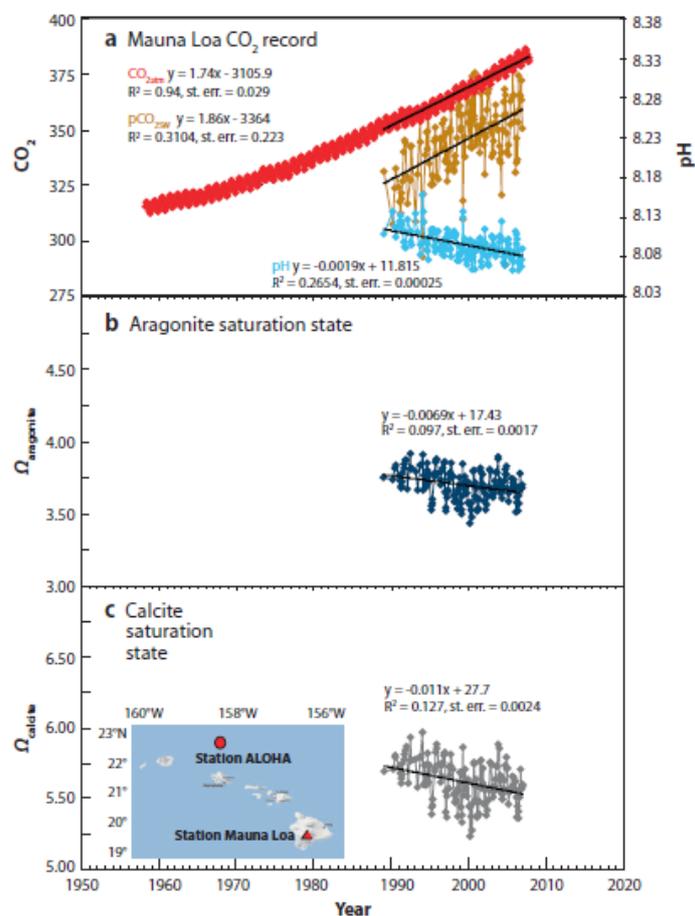


Figure 1
Time series of (a) atmospheric CO₂ at Mauna Lao (in ppmv) (red), surface ocean pH (cyan), and pCO₂ (µatm) (tan) at Ocean Station ALOHA in the subtropical North Pacific Ocean (Dr. Pieter Tans, National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory); (b) aragonite saturation (dark blue) and (c) calcite saturation (gray) at Station ALOHA (Dr. David Karl, University of Hawaii). (Figure adapted from Doney et al., 2009)

Using a sophisticated tracer technique (Gruber et al., 1996), oceanic DIC can be separated into naturally occurring dissolved carbon, and that added by human activity. This is

estimated by using the relationship between the variables in seawater, such as nutrients, DIC, and alkalinity, that are assumed to be free of excess CO₂, and then subtracting this value from the observed value. Utilizing this approach, total anthropogenic CO₂ absorbed by the oceans has been estimated to be about 48% of the total anthropogenic CO₂ emissions between 1800 and 1994. The uptake and redistribution of CO₂ varies geographically due to temperature and ocean circulation currents (Sabine et al., 2004). When averaged for the oceans globally, about 30% of the anthropogenic CO₂ is found at depths shallower than 200 m, with 50% at depths less than 400 m, leading to the conclusion that most of the CO₂ that has entered the oceans as a result of human activity still resides in relatively shallow waters (Royal Society, 2005). Such results are seen in Figure 2 (Byrne et al., 2010).

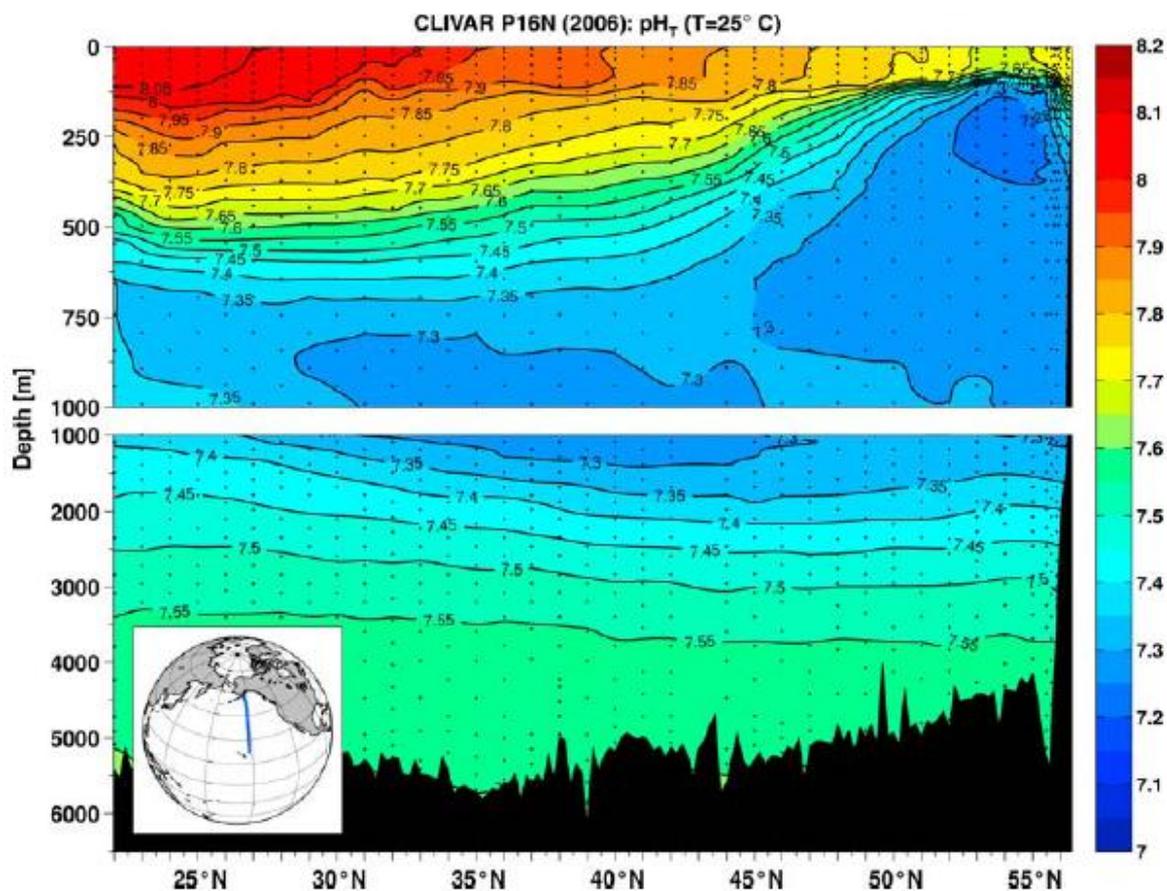


Figure 2
North Pacific Ocean pH along 152°W in 2006 (pH_T, 25 °C) (Byrne et al., 2010)

The two primary factors governing the spatial distribution of ocean pH (Figure 3) are temperature of the surface oceans and upwelling of CO₂-rich deep water into the surface waters. Based on current predictions, the ocean average pH will fall to 7.8 by the end of this century, a level that has not been experienced for several million years and which will occur

at a speed many times faster than has ever been detected during the Earth's history (Bowler et al., 2010).

Note that when juxtaposed next to a map of anthropogenic CO₂ concentrations (Figure 4) (Sabine and Tanhua, 2010), pH does not correspond directly to CO₂ concentrations. Comparing two areas of similar ocean area, more than 23% of the carbon dioxide can be found in the North Atlantic, whereas only about 9% is found in the southern region. This can be explained by the slow mixing time in the ocean interior. The highest concentrations are found in areas where surface water is moved to the deep oceans (Sabine and Tanhua, 2010). However, while the primary direct consequences of anthropogenic CO₂ are increasing ocean temperatures (Bindoff et al., 2007) and acidity (Doney et al., 2009), climbing temperatures create a variety of additional changes, such as rising sea level, increased ocean stratification, decreased sea-ice extent, and altered patterns of ocean circulation, precipitation, and freshwater input (Figure 5) (Doney et al., 2012).

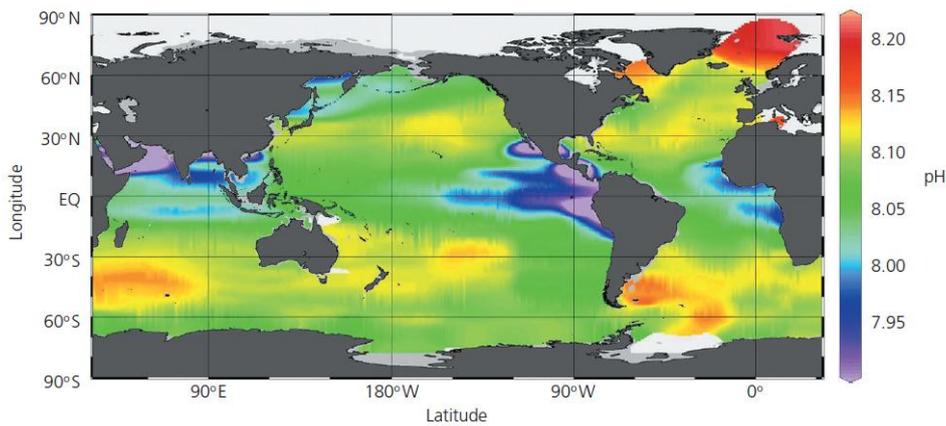


Figure 3
Map of mixed surface layer (upper 50 m) pH values in the global oceans for the nominal year 1994. (As adapted by Bowler et al., 2010)

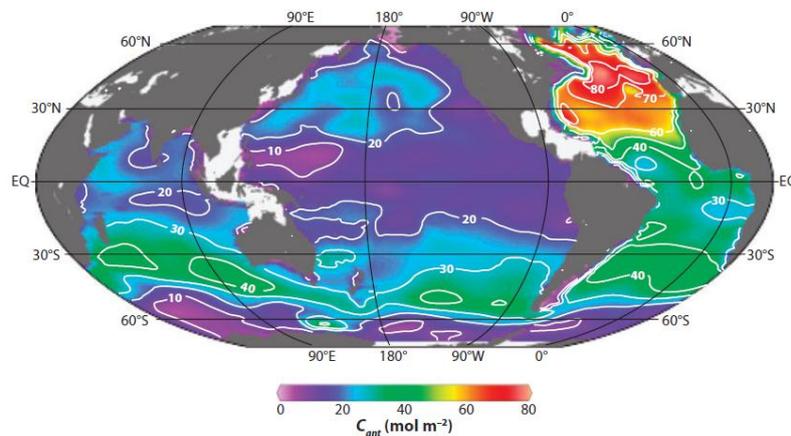


Figure 4
Global map of column C_{anti} (anthropogenic carbon) as given by Sabine et al., (2004) based on the ΔC^* calculation method of Gruber et al. (1996) (As adapted by Sabine and Tanhua, 2010.)

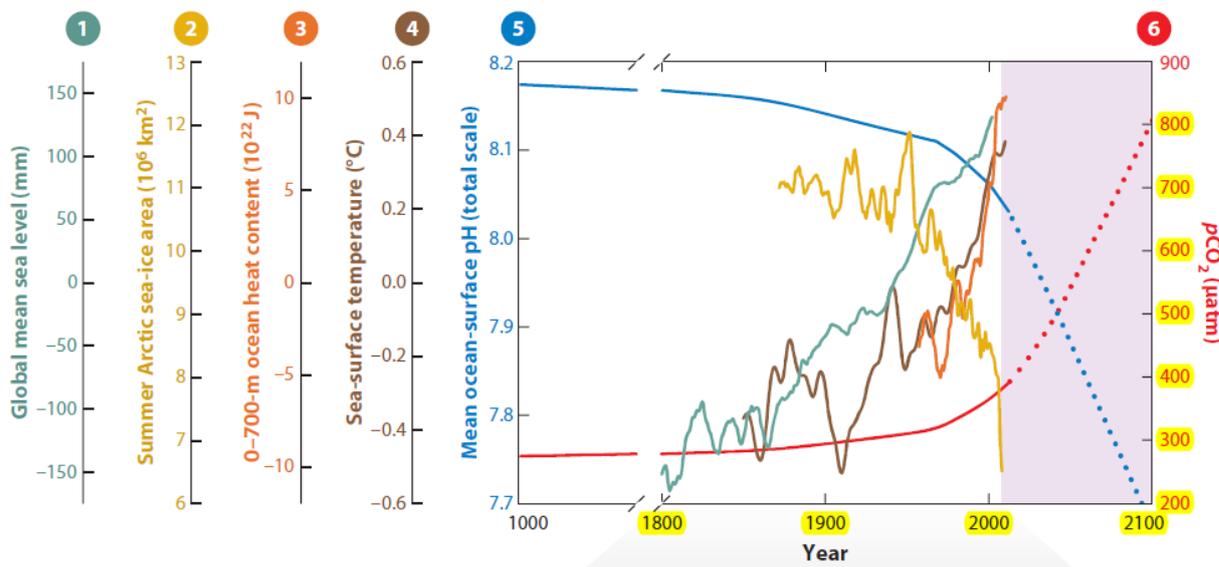


Figure 5

Changes in (1) global mean sea level (teal), (2) summer Arctic sea-ice area (yellow), (3) 0-700 m ocean heat content (orange), (4) sea-surface temperature (brown), (5) mean ocean-surface pH (total scale) (blue), and (6) atmosphere $p\text{CO}_2$ (red). The light purple shaded region denotes projected changes in pH and $p\text{CO}_2$ consistent with the IPCC's twenty-first century A2 emissions scenario with rapid population growth. (As adapted by Doney et. al., 2012)

Lower surface water temperatures increase CO_2 uptake, while warmer surface water temperatures encourage its release. At constant temperatures, pH decreases with an increase in CO_2 . In the deep oceans, CO_2 concentrations increase as sinking organic matter decomposes, a process which varies seasonally. These deep water CO_2 additions cause the pH to decrease in the deep oceans as the water transits from the North Atlantic to the Pacific Ocean. When this CO_2 rich water returns to the surface it creates surface water regions with lower pH. Not surprisingly, seasonal changes such as temperature and bio-productivity contribute to fluctuations in ocean pH (Gonzalez-Davila et al., 2003). Additionally, coastal waters are more likely to be affected by the terrestrial system, such as run-off from rivers, leading to wider variations in ocean pH in these areas (Hinga, 2002).

Looking at Figure 3, the lowest pH values are observed in the Equatorial Pacific and the Arabian Sea, both of which are regions of upwelling. Similarly the highest values are observed in areas of high biological production and export, where the 'biological pump' (explained further below) is active, resulting in higher pH values in the surface water (Royal Society, 2005).

Caldeira and Wickett (2003) summarize predicted average pH changes as a function of depth, accounting for historical and predicted CO_2 concentration levels. (Figure 6). In this model, the pressure of atmospheric CO_2 ($p\text{CO}_2$) was taken from the Lawrence Livermore National Laboratory ocean general circulation models, while emissions were those observed by the

IPCC, with an assumption that we will run out of fossil fuels in 2100 and emissions follow a logistic function for burning the remaining fossil fuel resources.

The ability of ocean CO₂ uptake is dependent of many factors. Chemical processes that may affect the CO₂ uptake include changes to the CO₂ buffering capacity (Sarmiento et al., 1995) and the effects of temperature on CO₂ solubility. Physical factors that affect uptake include increased ocean stratification due to increasing global temperatures. Warming of the oceans leads to increased vertical stratification (decreased mixing between the different levels in the oceans), which would reduce CO₂ uptake, reducing the oceanic volume available to CO₂ absorption from the atmosphere. Stratification will also reduce the return flow of both carbon and nutrients from the deep oceans to the surface. Biologically linked processes are more difficult to evaluate; however, the removal of nutrients from the upper oceans with a slower return flow from the deep oceans could have negative impact on life in the surface oceans.

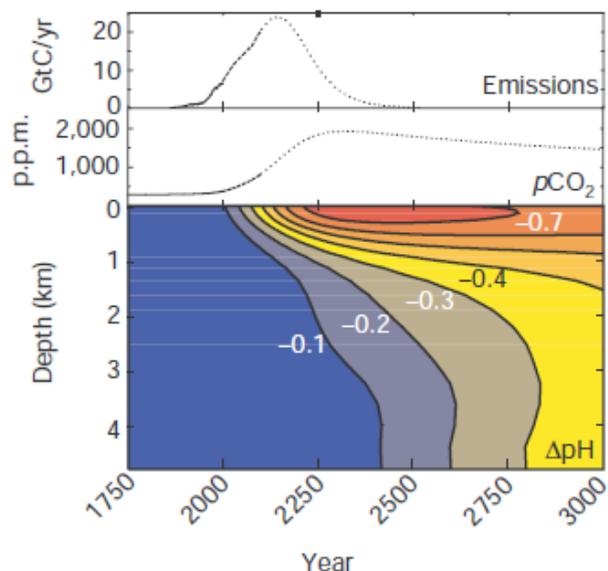
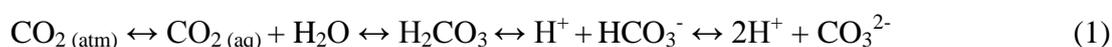


Figure 6
Atmospheric CO₂ emissions, historical atmospheric CO₂ levels and predicted CO₂ concentrations, together with changes in ocean pH based on horizontally averaged chemistry (Caldeira and Wickett, 2003)

Even the current level of acidification will take tens of thousands of years to re-equilibrate and return pre-industrial conditions. This delay is a result of the long ocean mixing process. This mixing is required to bring up compounds from the oceans' sediments to buffer the CO₂ effect on the ocean surface. Warming of the oceans, as a result of global warming, may also reduce the rate of mixing with deep waters, further delaying any possible recovery.

5.4 מערכת הקרבונט וכימיה אוקיאנית (מיכל)

Seawater carbonate chemistry is governed by a series of chemical reactions (Equation 1) (Doney et al, 2009), and further illustrated in Figure 7 (Hoegh-Guldberg et al., 2007):



Air-sea gas exchange equilibrates surface water CO_2 to atmospheric levels within approximately one year, so on a global scale, surface water CO_2 generally increases at close to the same annual rate as CO_2 in the atmosphere (Takahashi et al., 2009). The physical mixing time for the ocean is two to three orders of magnitude slower than the mixing time of the atmosphere and is the primary process controlling large-scale CO_2 uptake (Stuiver et al., 1983). Currently the rate of ocean carbon storage does not appear to be keeping pace with the rate of growth in CO_2 emissions (Bindoff et al., 2007)

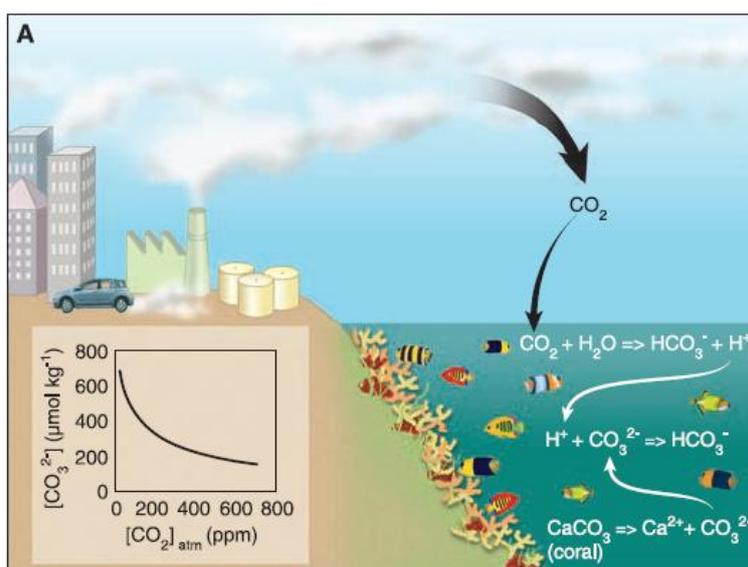


Figure 7
Affect of anthropogenic CO_2 emissions absorbed by the ocean (taken from Hoegh-Guldberg et al., 2007)

The oceans are able to hold much more carbon than the atmosphere or terrestrial biosphere (nearly 90% of global C) because most of the CO_2 that diffuses into the oceans reacts with seawater to form carbonic acid and its dissociation products (Sabine and Tanhua, 2010). Dissolved CO_2 gas reacts with water to form carbonic acid (H_2CO_3) which can then form bicarbonate (HCO_3^-) and carbonate (CO_3^{2-}) ions through hydrogen dissociation. These

reactions are near equilibrium and reversible (Millero et al., 2002). For surface seawater at a pH of ~8.1, approximately 90% of the inorganic carbon is HCO_3^- , 9% is CO_3^{2-} , and only 1% is dissolved CO_2 (Sabine and Tanhua, 2010). It can be noted that there is approximately an order of magnitude difference in abundance between each of the three forms; however, amounts vary somewhat with seawater temperature, salinity and pressure. Any change in the concentration of an individual component in the equilibrium will force other concentrations to shift as well (Kleypas and Langdon, 2006). The relationship between the relative concentrations of these species as a function of pH can be seen in Figure 8 (Royal Society, 2005).

The relative proportion of these three forms of DIC (CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^-) reflects the pH of seawater and keeps it within relatively narrow limits. In other words, the DIC acts as a natural buffer, known as the ‘carbonate buffer.’ When an acid (such as CO_2) is added to seawater, the excess hydrogen atoms react with carbonate ions and convert them to bicarbonate, reducing the concentration of hydrogen atoms (H^+), and therefore the acidity. Through this mechanism, the pH change is less than would be otherwise expected. Instead, there is only a slight increase in acidity, such that slightly alkaline conditions are still preserved. As more CO_2 is dissolved in the oceans, the buffer capacity decreases because the concentration of carbonate ions available for the buffer diminishes (Royal Society, 2005).

In summary, CO_2 increase in seawater results in a subsequent increase in bicarbonate and hydrogen ion concentrations, the latter of which lowers pH. However, due to the increase H^+ concentration, carbonate ion concentration decreases. The predicted 21st century pH drop (roughly 0.3-0.4 units), is equivalent to nearly a 150% increase in H^+ and a 50% decrease in CO_3^{2-} concentrations (Orr et al., 2005).

All three forms of dissolved CO_2 are important to biological processes of marine organisms, including photosynthesis of marine algae, the production of complex organic carbon molecules from sunlight, and calcification which provides structures such as calcium carbonate (CaCO_3) shells. When these organisms die or are consumed, a majority of the carbon stays in the surface waters or releases back to the atmosphere. However, some of the CaCO_3 and organic matter falls to the deep ocean. This process, where carbon is transferred from the atmosphere to the deep ocean, is referred to as the ‘biological pump.’ This ‘pump’ increases the ocean’s capacity to uptake CO_2 by removing carbon from the surface waters and taking it to greater depths. Changes in the strength of the ‘pump’ would have consequences on the amount of carbon transfer to the deep ocean, and therefore also have an effect on the amount of carbon removed from the atmosphere (Royal Society 2005).

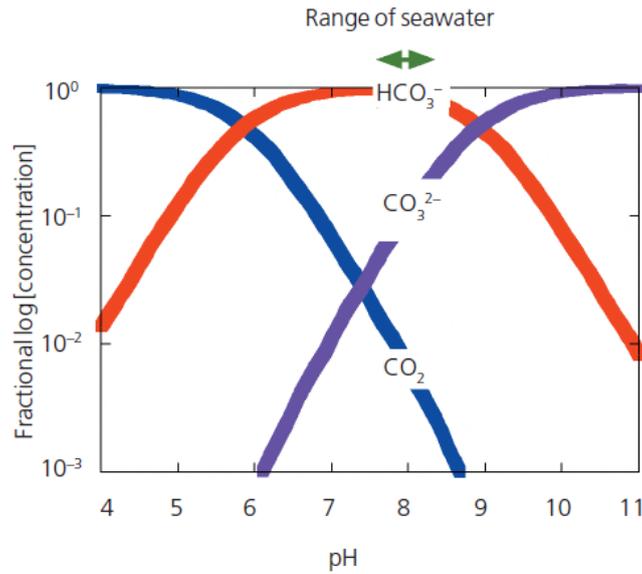
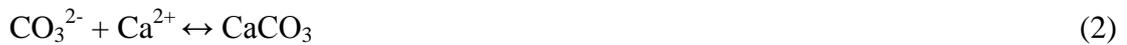


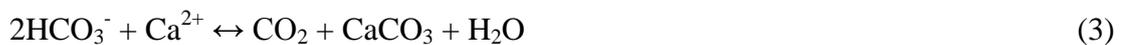
Figure 8

Relative proportions of the three inorganic forms of CO₂ dissolved in seawater. The green arrows at the top indicate the narrow range of pH (7.5–8.5) that is likely to be found in the oceans now and in the future. (taken from Royal Society, 2005)

Over long timescales, greater than centuries, the ocean’s ability to absorb atmospheric CO₂ depends on the extent of CO₃²⁻ dissolved in the water column, by equation (2).



Furthermore, an increase in CO₂ causes an equilibrium shift resulting in the dissolution of CaCO₃, as evident by equation (3). Conversely, the formation of CaCO₃ produces CO₂. Since coral reef skeletons are built of calcium carbonate, coral reefs are a net source of CO₂ to the oceans, and consequently, to the atmosphere (Zeebe and Wolf-Gladro, 2001; Kleypas and Landgon, 2006).



Some of this released CO₂ is converted to bicarbonate by the buffering process, while some is released, potentially to the atmosphere. Under current conditions, for each molecule of CO₂ produced during calcification, 0.6 molecules are released, and the rest is taken up by the buffer (Ware et al., 1992). This ratio is expected to increase as increased acidity hinders the capacity of the ocean to act as a buffer. It is estimated that by 2150, for each CO₂ molecule produced from calcification 0.79 molecules would be potentially released to the atmosphere (Zondervan et al., 2001). However, this calculation assumes that the rate of calcification

remains unaffected by changes in acidity. A decrease in calcification, as a result of ocean acidification, would counteract this increase, possibly decreasing total CO₂ emissions from the ocean and providing a negative feedback on increasing atmospheric CO₂ (Zondervan et al., 2001).

Calcium carbonate derives from shells and skeletons of marine organisms, such as plankton, corals, and invertebrates. In open sea environments, carbonates fall through the water column and are either dissolved or deposited as sediments (Berelson et al., 2007; Feely et al., 2004). The formation and dissolution rates of CaCO₃ vary with saturation of the mineral, defined as the ion product of calcium and carbonate ion concentrations (Equation 4).

$$\Omega = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]/k_{sp} \quad (4)$$

The apparent solubility product, K_{sp} , depends on temperature, salinity, pressure, and mineral phase. Calcium carbonate exists in two commonly occurring polymorphs: aragonite and calcite. Calcite is roughly 50% less soluble than aragonite (Mucci, 1983). It is unknown how organisms control the formation of each polymorph, though Falini and company (1996) suggest that macromolecules are responsible for the precipitation of either aragonite or calcite by marine organism.

Saturation states are highest in shallow, warm tropical waters, and lowest in cold, high latitude regions. Since the concentration of calcium (Ca²⁺) is approximately constant (depending mainly on salinity), changes in the saturation state are dependent mainly on the changes in CO₃²⁻ concentration.

This reflects the increased CaCO₃ solubility with decreasing temperature and increasing pressure, or, in other words, with increased depth (Feely et al., 2004). Aragonite and calcite saturation horizons are shallower in the Indian and Pacific Oceans than in the Atlantic Ocean because the longer deep-water circulation pathways allow for accumulation of more dissolved organic carbon (Broecker, 2003).

CaCO₃ 5.5 אוקיאני (מיכל)

Carbonate production in the water column is uncertain, with estimates ranging from 0.6-1.6 ± 0.3 Pg C yr⁻¹ based on satellite and sediment trap derived estimates (Balch et al., 2007; Milliman, 1993) to 0.4-1.8 Pg C yr⁻¹ based on carbonate export models (Moree et al., 2004; Murnana et al., 1999).

Lee's calculations (2001) based on production rate estimates from seasonal surface-ocean alkalinity changes, are consistent with the higher estimates. Dissolution rates are estimated to be from 0.5-1.0 Pg C yr⁻¹ based on sediment trap studies (Honjo et al., 2008), alkalinity gradients and water mass ages (Berelson et al., 2007), and models (Gehlen et al., 2007). Carbonate burial in deep marine sediments is estimated to be 0.1 Pg C yr⁻¹.

Ocean acidification is expected to decrease CaCO₃ saturation states, and increase dissolution rates, resulting in an increase in both ocean alkalinity and CO₂ uptake (Doney et al. 2008). According to Gruber and company (2004), atmospheric CO₂ would decline by approximately 10-20 ppm if all carbonate production were shut down by ocean acidification. This may be observed in the near future in coastal regions where coral reef calcification rates may decrease by as much as 40% by the end of the century (Andersson et al., 2005, 2007). However, the uptake rate of anthropogenic CO₂ from the atmosphere could completely overwhelm the natural buffering mechanisms, causing a decline in the ocean's efficiency for taking up carbon over the next two centuries (Doney et al. 2007).

Marine organisms that construct CaCO₃ structures, including shells, depend on bicarbonate and carbonate in seawater. Calcium carbonate will dissolve back to the water unless the concentration of carbonate ions is saturated (Royal Society 2005). Calcium carbonate is more soluble with increasing pressure, and decreasing temperature, and therefore, at greater ocean depth. As described above, CaCO₃ is also dependent on CO₂ concentrations. Due to these variables, a natural boundary, known as the 'saturation horizon' identifies a clear ocean depth above which CaCO₃ can form, and below which, it dissolves (Royal Society 2005). Not surprisingly, then, organisms that produce CaCO₃ shells live above the saturation horizon. As the oceans take up more CO₂, decreasing the pH of the seawater, the saturation state of CaCO₃ decreases, and the saturation horizon moves closer to the ocean surface.

As previously mentioned, aragonite is more soluble than calcite, and therefore has a saturation horizon nearer to the ocean surface. This likely makes aragonite producing organism (such as corals and pteropods) more vulnerable to the changes in ocean acidity (Royal Society 2005).

Orr and colleagues (2005) depict projected changes in pH and calcite and aragonite saturation states in the surface oceans in 2100 under several scenarios of future CO₂ emissions (Figure 9). Under every projected emission scenario, aragonite is under-saturated in the southern ocean, which would cause aragonite structures to dissolve. This area is already vulnerable as saturation levels are currently very low. In general, saturation levels are lower at higher altitudes, as seawater temperatures decrease. Across most of the oceans the present

saturation horizon of calcite occurs at depths between 1.5 to 5 km and, for aragonite at depths between 0.5 to 2.5 km below the surface of the oceans (Royal Society 2005).

Fabry and colleagues (2008) collected data from several studies to plot the project aragonite saturation state of the surface oceans for the years 1765, 1994, 2050 and 2100 (Figure 10). This model indicates that portions of the southern globe will experience under-saturated with aragonite, and that global average calcium carbonate concentrations will be nearly half of what they are today.

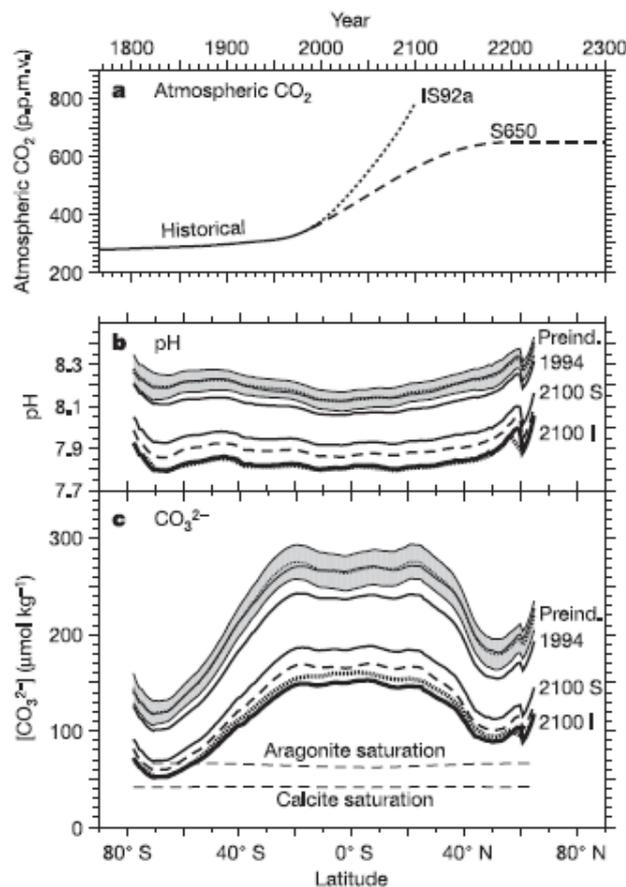


Figure 9

(a) Atmospheric CO₂ used to force 13 OCMIP models over the industrial ('historical') period and for two future scenarios. (b) Increased in atmospheric CO₂ lead to reductions in surface ocean pH. (c) Increases in atmospheric CO₂ lead to reductions in surface ocean CO₃²⁻. Results are given as global zone averages for the 1994 data and the preindustrial ('Preind.') ocean. The latter were obtained by subtracting data-based anthropogenic DIC (solid line in the grey shaded area), and by subtracting model-based anthropogenic DIC (dotted line in grey shaded area). Future results for the year 2100 come from the 1994 data plus the simulated DIC changes for the two scenarios. Results are also shown for the year 2300 with modeling (thick dashed line). (Orr et al., 2005)

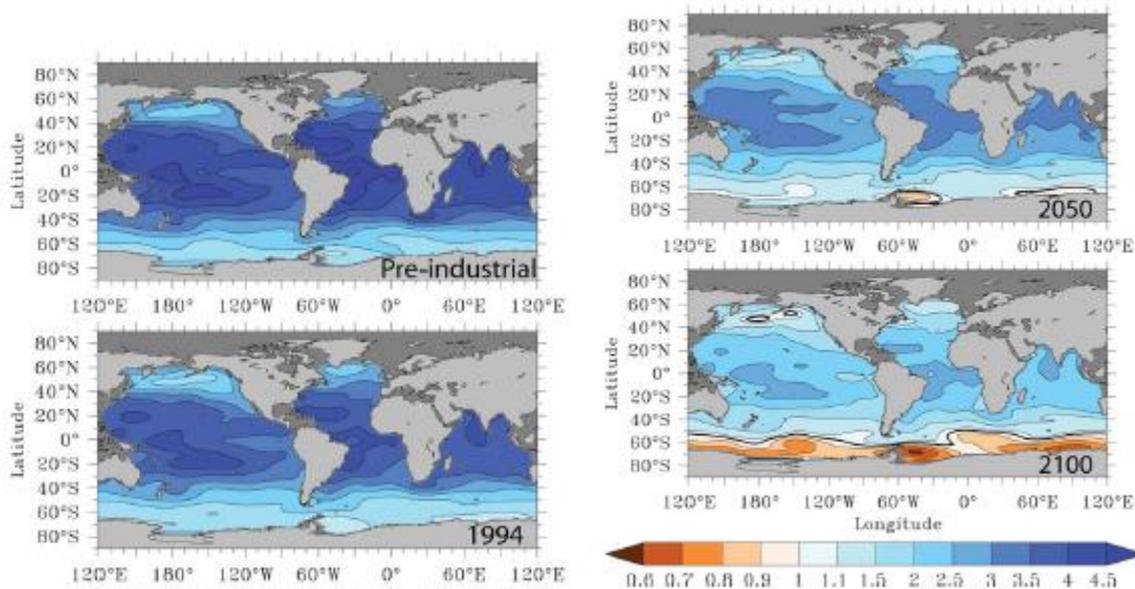


Figure 10

Surface water aragonite saturation state (Ω_{arg}) for the pre-industrial ocean (nominal year 1765), 1994 (Key et al., 2004), and projected models for 2050 and 2100 as presented by Orr and colleagues (2005) assuming "business-as-usual" CO₂ emission scenario. (As adapted by Fabry et al., 2008)

5.6 עדויות גיאולוגיות והיסטוריות (ערן)

עדויות היסטוריות לשינויים בכימיית הפחמן וקצבי הקלסיפיקציה באוקיאנוסים מחולק לשלושה פרקי זמן: העבר ההקרוב (מתקופה הטרומ-תעשיתית ועד היום) מחזורי עידני הקרח (מאות אלפי שנים), ועידן העל הפנרוזואיקון (540 מיליוני השנים האחרונות), עם דגש מיוחד על עידן הקנזואויקון (65 מיליוני השנים האחרונות). מדידות איזוטופיות (איזוטופ- אטום בעל אותו מספר אטומי, אך בעל מסה שונה) של יסוד בורון (B), לדוגמא, נפוצים מאוד בשימוש קביעת רמות ה-pH באוקיאנוס (Person & palmer, 2002), ואילו שינויים ב-CaCO₃ מוסבר על ידי קצב הקלסיפיקציה באורגניזמים או עומק הדיפוזיציה (ריבוץ- תהליך פיזיקאלי בו גז הופך למוצק) של CaCO₃ בעומק האוקיאנוס (Doney et al., 2009).

מספר מחקרים בחנו את תהליכי קלסיפיקציה האלמוגים מהמעשורים הקודמים עד למאות הקודמות, בכדי למצוא עדויות לירידה בקלסיפיקציה שרואים כיום. רוב מחקרים אלה מצאו מעט עד חוסר בעדויות על כך שהחמצת האוקיאנוסים גרמה לירידה מדידה בקצבי הקלסיפיקציה (Bessat & Buigues, 2001; Lough & Barnes, 2000). ניתוח של עדויות לקלסיפיקציה האלמוגים סותרים ומבלבלים בגלל הקושי לאתר סימני החמצה על פי שונות גבוהה באופן טבעי של רשומות ותיעודים, שבאופן אידיאלי יכללו דגימות רבות מאזורים רבים (Lough, 2004). כפי שצוין מקודם, ניתוח שכזה בוצע בסטים של דגימות אלמוגים מאזורים נרחבים של אתרים בשונות המחסום הגדול, אשר הראה כי קצב הקלסיפיקציה ירד ב-21% בין השנים 1988 ל-2003, אם כי סיבת הירידה לא יוחסה באופן וודאי להחמצת האוקיאנוסים (Cooper et al., 2008), מדידות איזוטופ הבורון משלדי האלמוגים משמש גם לאיתור שינויים ברמות ה-pH במים באזורי שוניות האלמוגים, אך שינויים ברמות ה-pH שתועדו לא היו בקורולציה גבוהה עם סימני הקלסיפיקציה (Pelejero et al., 2005). אכן, שימוש באיזוטופ

הבורון מאלמוגים כייצוג לרמות ה-pH בים אינו מקובל בקהילה המדעית באופן מובהק (Blamart et al., 2007).

בבחינת מחזורי עידן הקרח, תנודות בריכוזי ה- CO_2 באטמוספירה נעו בערך בין 180 ppmv ו-290 ppmv בהתאמה עם שינויים במסלול האורביטאלי של כדור הארץ המשפיע על עוצמת הקרינת מהשמש הפוגעת בפני השטח של כדור הארץ. בעומק הים מתרחש מחזורים מקבילים של ריכוז ופיזור של CaCO_3 בעקבות שינויים בשינוי המשקל של CaCO_3 . השימוש הראשוני במונח 'החמצת האוקיאנוס' בוצע בכדי לתאר את הירידה בריכוז יוני הפחמן בחציו המערבי של האוקיאנוס האטלנטי בתחילת של תקופת הקרח האחרונה (Broecker & Clark, 2001). נעשו שימוש במגוון שיטות (יחס בין אבץ/קאלציט Zn/Ca ויחס בין מגנזיום/קאלציט Mg/Ca בבעלי חיים חד תאיים ימיים, בעלי קונכיה גירית מחוררת, בחינת המאפיינים שלהם ואיזוטופ הבורון) בהערכת השינויים בריכוזי יוני הפחמן בפני שטח ובתחתית האוקיאנוסים שנטו לחזק את תיאוריה שינוי המשקל של CaCO_3 , אך עדויות ישירות לשינויים במערכת הפחמן באוקיאנוסים עדין לא נמצאו (Broecker & Clark, 2001).

במסגרת זמן ארוך יותר (לפני מיליוני שנים), חקר מאובנים סיפקו עדויות חזקות יותר לקורולציה הגבוהה שבין ריכוזי CO_2 באטמוספירה לטמפרטורה העולמית (Doney & Schimel, 2007), אך קורולציה פחות משכנעת בין ריכוז CO_2 באטמוספירה לבין הערכות של רמות ה-pH באוקיאנוסים. תקופות בהן ישנן ריכוזים גבוהים של CO_2 באטמוספירה נפוצות על פי העדויות הגיאולוגיות. חלק מהתקופות (פרם והקרטיקון) הציגו שקיעה מאסיבית של CaCO_3 במים רדודים, הכוללים מבנים של שוניות. נתון זה סותר את המצב כיום. עם בעבר התבצעה בנייה ושימור של CaCO_3 בשכיחות גבוהה כאשר הים חומצי (ריכוזי CO_2 גבוהים), היום בים חומצי, ישנן עדויות לתהליכי פירוק ובעיות בבניית שוניות האלמוגים. ייתכן כי סתירה זו מוסברת בכך שמצב הרוויה של פחמן היה גבוה בתקופות אלה למרות רמות ה- pCO_2 . בבחינת תכלילים (מקבצי גבישים שהתגבשו יחדיו), נבדק הנוזל של מי ים שהשתמרו בשכבות של הליט, הראה כי ריכוזי קאלציט (Ca^{2+}), מגנזיום (Mg^{2+}) וסולפט (SO_4^{2-}) השתנו פי 2 בריכוזים ב-600 מיליון השנים האחרונות (Mackenzie & Lerman, 2006). התשובה המלאה הינה מרוכבת מאוד ודורשת הבנה של פרקי הזמן שונים בהם התרחשו מגוון רחב של תהליכים שונים (אקלים, CO_2 באטמוספירה, נדידת יבשות, וולקניזם, תהליכי פליטת גז מתאן, התרחבות ריצפת הים ועוד) המשפיעים על מחזור הפחמן והמערכות הפמחניות בים, ועוד גורמים ארוכי טווח המשפיעים על הקלסיפיקציה, הערכות ביולוגיות ועוד (Doney & Schimel, 2007).

האנלוגיה החשובה ביותר לעליית ריכוזי ה- CO_2 האטמוספרי הוא אירוע החמת האוקיאנוסים החזקה במקסימום התרמלי בתקופת הפליאוקן-איאוקן (Paleocene-Eocene thermal maximum, PETM) מלפני 55 מיליוני שנים. ה-PETM אופיינה בכניסה מאסיבית של פחמן למערכת האטמוספירית ולמערכת האוקיאנית, ירידה בהרבדת CaCO_3 האופקית במעמקי האוקיאנוסים בלפחות 2 קילומטרים בפחות מ-2,000 שנים אשר לא השתקמה במשך עשרות אלפי שנים לאחר מכן, התחממות גלובלית של לפחות 5 מעלות צלזיוס בפחות מ-10,000 שנים, והעתקה מאסיבית של חברות פלנקטוניות (Zachos et al., 2005). ההכחזה המאסיבית העיקרית התרחשה בבעלי הקונכיות הגירניות המחוררות במעמקי הים. לכן אין זה וודאי האם החמצת האוקיאנוסים הייתה הגורם המרכזי או השינויים בסירקולצית האוקיאנוסים שהובילה לחוסר בחמצן בתחתית המים (Zachos et al., 2008).

ההשוואות במאפיינים הדומים שבין ה-PETM לבין התנאים של היום אינם מושלמים. ראשית, אין זה וודאי האם פליטת הפחמן ב-PETM הייתה גבוהה כפי שמתרחש כיום. שנית, ה-PETM ואירועים קטנים נוספים התרחשו בסביבה עם ריכוזי CO₂ וטמפרטורה גלובלית גבוהים. שלישית, יחסי מגנזיום/קאלציום, גורם חשוב המשפיע על מינרולוגית הקארבונט אצל אורגניזמים רבים, הייתה שונה באופן משמעותי מהמצב בתקופה זו. לבסוף, הביטוח הימית ב-PETM הייתה שונה מאוד מהביטוח כיום. אלמוגים ושוניות האלמוגים לא נבנו מחדש עד אחרי ההכחדה בקריטיקון השלישון (Wood, 2001).

5.7 שונות האלמוגים של מפרץ אילת (ערן)

שונות האלמוגים של אילת ממוקמת בקצה הצפוני של מפרץ עקבה (צפון הים האדום), שהוא גם הקצה הצפוני של תפוצת שוניות האלמוגים של האוקיאנוס ההודי (Por, 1989). אורכו של מפרץ אילת כ-180 קילומטרים, רוחבו משתנה בין 14-25 קילומטרים ומגיע ל-5 קילומטרים בלבד בקצהו הצפוני והדרומי. עומקו המרבי כ-1,800 מטרים. באזור אילת עומקו מגיע עד כ-700 מטרים ובמצרי טירן (נקודת חיבורו לים סוף) עומק המים כ-259 מטרים בלבד. מפרץ אילת מוקף מצפון, מזרחה ומערב במדבריות. האקלים המדברי, עם אידוי ממוצע של 0.5-1.0 סנטימטרים ביום, ללא נחלים ונהרות המזרימים אליו מים מתוקים באופן קבוע, גורמים למליחות גבוהה יחסית, כ-40.5 ppt (parts per trillion). טמפרטורת המים עומדת על ממוצע של 20 עד 26 מעלות צלזיוס, המושפעות מטמפרטורת האוויר וזרימת מים תרמוהילינית-מים חמים עשירים בחמצן מים סוף (Genin et al., 1995). רוחות צפוניות המנשבות ברוב ימי השנה מגבירה את האידוי וגורמת לזרימת מים חמים בעלי רמת מליחות נמוכה יחסית (למימי מפרץ אילת) זורמים על פני השטח מים סוף דרך מיצרי טירן למפרץ אילת. המים המגיעים מים סוף נעים צפונה לאורך החוף המזרחי וכתוצאה מתהליך האידוי המים מתקררים ומליחותם עולה. כך מתקבלים בצפון המפרץ מים כבדים מאשר בדרומו. המים הקרים והמלוחים עוזבים את מפרץ אילת בזרם תחתני קרוב לקרקעית מצדו המערבי של המפרץ (Genin et al., 1995). מערכת הרוחת המונסוניים, הפועלת באזור כספח למונסונים ההודו-פסיפיים, גם היא משפיעה רבות על זרימת המים. בימי החורף דוחפות רוחות אלה צפונה, כמויות מים גדולות מן האוקיאנוס ההודי. בתקופה זו עולים פני הים גם במפרץ אילת (אלון, 1983), ומתקיים ערבול אנכי-מי השטח שהתקררו מהאוויר שוקעים לשכבות עמוקות יותר ומניעים מים עשירים יותר בנוטריינטים לפני השטח העוזרים לפריחת אצות. עומק הערבול נע בין 400 ל-800 מטרים, וככל שהערבול עמוק יותר פריחת האצות תהיה חזקה יותר. לעומת הערבול האנכי, מתקיים גם ערבול מכאני הנוצר בקיץ מאנרגיית הרוח. ערבול זה מגיע לעומקים נמוכים יותר של עד עשרות מטרים (Genin et al., 1995). בתקופת האביב מתחלף כיוון הרוחות דרומה. בתקופה זו, יורדים פני הים במפרץ אילת, חושפים משטחים של חוף רדוד ובהם שוניות האלמוגים (אלון, 1983). כמו כן, קיימת תנועת הכרית (גיאות ושפל), המורגשת במפרץ אילת כל 12 שעות בערך, וטווח שינויי המפלס עשוי להגיע עד כדי מטר אחד ואף יותר. לתנועת המים בכרית יש חשיבות, היא משפיעה על הכיסוי במים והחשיפה לאור של יצורים רבים בקרבת החוף. לחלק מהם יש מחזור פעילות יומי הקשור בתופעה זו (דרום ודורנמל, 1992).

בחוף מפרץ אילת קיימים בתי גידול שונים: חופים סלעיים, חופים חוליים ומפרצים. בצפון המפרץ בנוי החוף הסלעי בעיקר מסלעים מגמתיים ורק בחלקו- מסלעי משקע. הסלעים יוצרים שרשרת הרים, המלווה את המפרץ. במקומות מסוימים, אין כמעט מישור חוף, וההרים ממשיכים בשיפועם התלול אל תוך המים. במקומות אלה מגיע עומק המים במרחק של מטרים מהחוף עד עשרות מטרים. ברוב המקומות חודר החוף הסלעי אל הים בשיפוע מתון מאוד, וכך נוצר מפתן יבשתי רחב יותר, המנוצל על ידי האלמוגים (אלון, 1983). לאורך רוב קטעי החוף משתפלת קרקעיתו של מפרץ אילת בתלילות רבה כלפי המרכז העמוק של המפרץ. לפיכך, חלקיקי חול וטין, החוזרים מן היבשה, ממהרים לשקוע למעמקים ונשארים שם מבלי שזרמי המים, או תנועת הגלים, יכולים לחזור ולהרימם מעל הקרקעית. זוהי אחת הסיבות שהמים במפרץ נשארים שקופים ומאפשרים לאור השמש לחזור דרכם עד לעומק רב, ולעודד, בין היתר, את התפתחותן האינטנסיבית של שוניות האלמוגים (דרום ודורנמל, 1992). חופי מפרץ אילת הם סלעיים ברובם, אך בשפכי הוודיות ובקירבתם נוצרו מניפות סחף והחוף שם חולי. על גבי מניפות הסחף אין התפתחות של שוניות האלמוגים, או שהן רחוקות מן החוף ודלילות ביותר. בריחוק מה מקו החוף, באזורים הסלעיים, מצויות בים שוניות האלמוגים. אלה מתמשכות במקביל לחוף בכעין חגורה צרה ובלתי רציפה. בין השוניות ובין קו החוף נותרת בדרך כלל תעלה רדודה, לגונה, שבה שוקעים גרגרי החול ושאריות אורגניות רבות, ולכן אין תנאים אלה מעודדים כאן את התפתחותם של רוב מיני האלמוגים. עומקה של הלגונה הוא 1-3 מטרים ומותנה בשיפועו של החוף. רוחבה הגדול, אך אינו עולה על 20 מטרים. במקומות שהחוף תלול והסלעים משתפלים ישירות אל תוך הים, שוניות האלמוגים עשויות להיות צמודות ממש אל החוף ואין שם לגונה בכלל (דרום ודורנמל, 1992). בצד האלמוגים החיים, היוצרים את נוף השוניות במים, מופיעים אלמוגים מאובנים לאורך החוף היבשתי. בדרום המפרץ מתבלטים האלמוגים המאובנים כשולחנות מרשימים המורמים מעל לכרית. בדיקת גיל של מדרגות האלמוגים מגלות, שגילן בין 250 אלף שנה בשכבות העליונות, עד 5,000 שנה בקרבת המים. משמע: במשך כל התקופה החדשה חלו שינויים גיאומורפולוגיים לאורך מפרץ אילת (אלון, 1983).

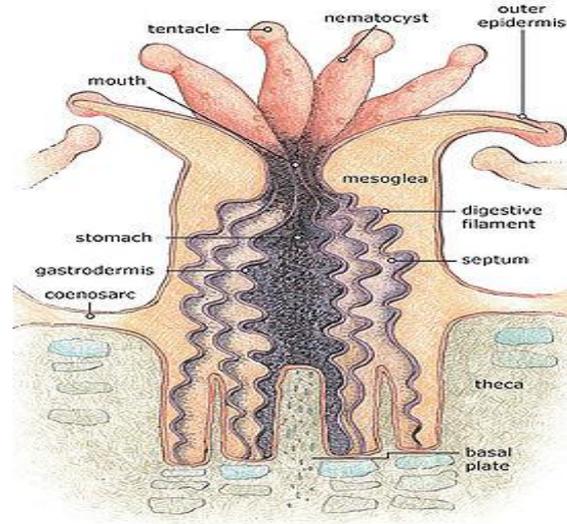
מערכת שונית האלמוגים של מפרץ אילת תומכת אופן יוצא דופן במגוון ביולוגי רחב הכולל 230 מינים של אלמוגים אבניים ו-120 מינים של אלמוגים רכים (Sandler et al., 1993; Fishelson, 1995). המבנה הכמעט סגור של מפרץ אילת גורם לשוניות האלמוגים של המפרץ להיות אחת מהשוניות המגוונות בעולם (Loya, 2004), והיא אחת משוניות האלמוגים הקטנות הנחקרות ביותר בעולם, אך מאחר ואין רצף מחקרי לאורך השנים, קיים מידע לא שלם, דבר המקשה על קביעת הגורמים והסיבות להידרדרות השונית (Rinkevich, 2005). מבנה זה גם הופך את החי והצומח במימי המפרץ לפגיעים ביותר לזיהומים ומחלות, שכן עומקם הרדוד ומבנה המפרץ, לא מאפשרים את הסעת הזיהומים אל מחוץ למפרץ והמזהמים מצטברים בסדימנטים (Erez et al., 2003). כמו כן, זוהי בין שוניות האלמוגים המנוצלות ביותר בעולם ומצבה התדרדר מאוד ב-20 השנים האחרונות. מחקרים העוסקים בשוניות האלמוגים של מפרץ אילת מצביעים כי הסיבה להתדרדרות במצב השונית, הוא הגורם האנושי (Loya, 2004).

החל משנת 1986 ועד לשנת 1995 חלה ירידה של 76% בכיסוי של האלמוגים החיים בשמורת האלמוגים כפועל יוצא של הזרמת ביוב גולמי של העיר אילת למימי המפרץ. בין השנים 1995 ל-2004, נמשכה ירידה זו ביתר שאת ככל הנראה בהשפעת הניטריפיקציה (תגובה כימית שבה חנקן מחוזר הופך מחומצן) שנגרמה על ידי כלובי

הדגים (Loya, 2004). יתרה מכך, מפרץ אילת חשוף ליותר מ-250,000 צלילות בשנה על שטח חוף של 12 קילומטרים בלבד. רוב הצלילות מתרחשות על שטח הפחות מ-4 קילומטרים בהן מצויות שוניות האלמוגים (Wilhelmsson et al., 1998). מחקר אחר שעסק בנושא התנהגות הצוללים בחופי אילת הצביע בוודאות על ההשפעה המזיקה של כמות הצוללנים הרבה בשטח שונית כל כך קטן, הנפגעת בעקבות לחץ הצלילה הגבוה על השונית (Chadwick-furman, 1997). על פי המחקר, כרבע מיליון אלמוגים נשברים בכל שנה על ידי צוללי קורסים בלבד. לחץ הצלילות האינטנסיבי במפרץ אילת, העלאה את האפשרות של הקמת שוניות אלמוגים מלאכותיות, בכדי להסיט את הצוללים הרחק משוניות האלמוגים הטבעיות (Wilhelmsson et al., 1998). מצב שוניות האלמוגים בים האדום דורג כקריטי: אם שיטות הניהול והטיפול לא ישתנו, שוניות אלו צפויות לקרוס בתוך 20 שנים (Abelson et al., 1999).

5.8 האלמוגים (ליהיא)

מחלקת האלמוגים Anthozoa: הינה מחלקה בעל-מערכת הנבובים, כחלק ממערכת הצורבים. פירוש השם המדעי הינו "פרח חיים", ואכן שוניות לעיתים מדומות לגנים ואף ליערות. מחלקה זו נבדלת משאר המחלקות בתת מערכה זו במס' תכונות מבנה: לרבים מהם, הבנויים בצורת מושבות, פוליפים רבים. פוליפ- פרט בודד, יצור דמוי שקית מוארכת, המחובר למצע או לשלד- יחידת המבנה הבסיסית של האלמוג, במרכז הפוליפ פה עליון המוביל למעין בית בליעה קצר. גוף הפוליפ חלול (חלל עיכול) ובתוכו מחיצות. את הפוליפ מעטרות זרועות ציד סביב פיו. הפוליפים מחוברים בניהם בחלקים הפנימיים ליחידה אחת ע"י מעטה רקמה דק. לרוב המינים שלד גירני או גירני קרני, פנימי או חיצוני (איור 11) (אלון, 1983).



איור 11

פוליפ- פרט בודד, יצור דמוי שקית מוארכת, המחובר למצע או לשלד- יחידת המבנה הבסיסית של האלמוג. (<http://www.solcomhouse.com/coralreef.htm>).

קיימות שתי תתי-מחלקות עיקריות של אלמוגים: אלמוגי אבן (שישאים) *Hexacorallia*, ואלמוגי שמונה (שמונאים) *Octocorallia*.

השישאים (*Hexacorallia*) – תת מחלקת השישאים מונה מעל 2500 מינים ידועים. לפוליפים שלהם לרוב מחיצות, שמספרן הוא מכפלה של שש, וזרועות ציד שמספרן הוא מכפלה של שש-מכאן שמם. אם יש להם שלד, הריהו חיצוני. השישאים נקראים גם אלמוגי אבן. רוב אלמוגים אלו הם בוני שונית (אלון, 1983), והינם המרכיב החשוב והשליט של השונית. הם אחראים על יצירת המבנה הביוגני (מבנה הנוצר בתהליכים ביולוגיים על ידי יצורים חיים) גדול הממדים, המשתרע על שטחים נרחבים בים. אלמוגי אבן מתחילים את חייהם כפוליפי יחיד ומסוגלים להגיע לגדלים מרשימים של מטרים ספורים. היכולת שלהם לבנות שלד כה גדול מתאפשרת כתוצאה מסימביוזה (חיי שיתוף) של פוליפ האלמוג עם אצות חד תאיות, שיתופיות, הנקראות זואוקסנטלות. השלד החזק מאפשר למושבת האלמוג להתמודד בהצלחה עם תנאי סביבה בלתי נוחים כמו סערות חזקות, זרמי ים חזקים ועוד (לויה וקליין, 1994).

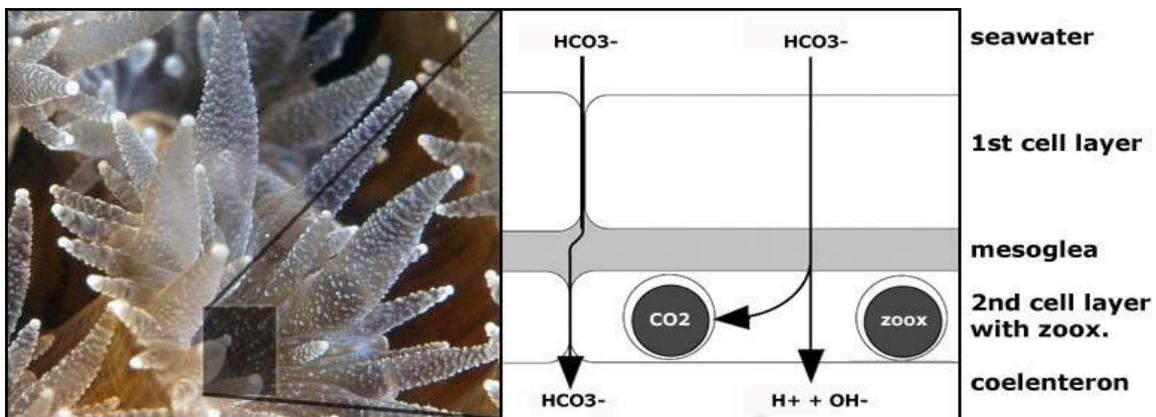
השמונאים (*Octocorallia*) – תת מחלקת השמונאים מונה מעל 3000 מינים ידועים (Cairns & Williams, 2005). רוב מיניה הם מושבתיים, לפוליפים שלהם יש בד"כ שמונה מחיצות אורך בתוך חלל הגבעול ושמונה זרועות ציד מנוצות סביב הפה-מכאן שמם. אם יש לאלמוגים אלו שלד, הריהו פנימי (אלון, 1983). השמונאים מתחלקים לשתי על-סדרות: הגורגונאים – *Gorgonacea*; והריפיוניתאים *Alcyonacea* הידועים גם בשם אלמוגים רכים (אלון, 1983; Bayer, 1973).

בשונה מאלמוגי אבן, אשר שלדם הוא חיצוני, באלמוגים רכים המעטפת החיצונית הינה אנדודרמיס, העוטפת את כלל המושבה ומכילה תאים מייצרי רירית, תאי חישה, תאי ספיגה, ותאי עוקץ (לויה וקליין, 1994). בשונה מאלמוגי אבן, אשר משקעים סידן פחמתי (CaCO_3) כארגוניט (צורתו הלא יציבה של CaCO_3) המהווה שלד גירני, מרבית האלמוגים הרכים הינם חסרי שלד מסיבי פנימי לתמיכה-אלא בעלי כמות קטנה של "מחסים" זעירות המורכבות ממגנזיום קרבונט (MgCO_3)- הנקראות גם sclerites (Konishi, 1981; Cohen & McConnaughey, 2003), ולצרכי תמיכה הם מחוללים לחץ הידרוסטטי (מיימי) ע"י שאיבת מים דרך "פה" הפוליפ מערכת התעלות. תגובה כזו נקראת "hydroskeleton" (Fabricius & Alderslade, 2001). כשאלמוגי האבן בשונית מתים מיתה טבעית או כתוצאה מטריפה או מתנאי עקה סביבתית (התחממות המים, סערות חזקות וכו'), נעלמת הרקמה החיה, אך השלד החזק נשאר כנדבך מוצק לדורות הבאים. באופן זה צומחת השונית כלפי מעלה במהלך הזמן. אלמוגי השמונה, לעומת זאת, אינם משאירים שלד לאחר מותם, ומחטי השלד נושרים לקרקעית. ניתן לומר, כי בתנאים אידיאליים, גובה פני הים הוא הגורם המגביל היחיד, המכתיב את גדילתה האנכית של השונית (לויה וקליין, 1994).

מגנזיום קרבונט בשלד האלמוגים הרכים מגיב בתגובה לינארית שלילית ל \log ריכוזי CO_2 , כשריכוז CO_2 עולה- ריכוז MgCO_3 יורד, בדומה לתגובת CaCO_3 באלמוגי אבן- בה הקלציט מגיב ויורד (Burton & Walter, 1991; Kleypas & Langdon, 2006).

5.9 יצירת שלד האלמוג (ליהיא)

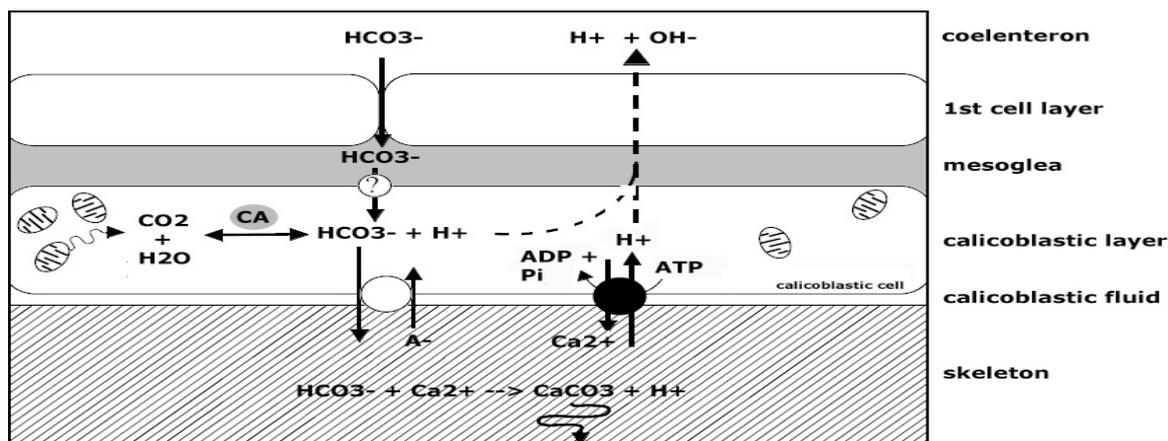
בניית שלד באלמוגים הינה מורכבת, ויכולה להתחלק לשני שלבים עיקריים: שלב ראשון: קליטת אבני הבניין- תהליך קליטת יוני ביקרבונט (HCO_3^-) מהמים ע"י השכבה החיצונית (אקטודרם) של פוליפ האלמוג. היונים עוברים בדיפוזיה דרך המזוגלאה ודרך שכבת שני תאים אל שכבת ה coelenteron. חלק מיוני הביקרבונט נפרד ל CO_2 וליוני הידרוקסיד (HO^-). חלק גדול ממולקולות ה CO_2 נקלט ע"י זואוקסנטלות (אצות שיתופיות בשכבת שני התאים). יוני ההידרוקסיד עוזרים לווסת את pH בשכבת ה coelenteron. משם נכנסים היונים אל חורירי שכבת העיכול (coelenteron). זהו תהליך תלוי דיפוזיה ולכן פסיבי-ללא צורך בהשקעת אנרגיה (איור 12) (Furla et al., 2000 ; Tim Wijgerde, 2009).



איור 12

קליטת יוני קלציום וביקרבונט מהמים דרך נקבוביות פה האלמוג, ודרך שכבתו החיצונית (האקטודרם). משם נכנסים היונים אל חורירי שכבת העיכול (coelenteron) (Furla et al., 2000).

שלב שני: העברת אבני הבניין לשלד הגדל- העברת יוני הביקרבונט אל שכבת נוזל calicoblastic. השקעת הקלציום קרבונט בחלקו התחתון של פוליפ האלמוג, ע"י השכבה החיצונית של עורו (אקטודרם). יוני הביקרבונט עוברים שוב בדיפוזיה דרך המזוגלאה. השלב הבא אינו פסיבי אלא אקטיבי; יוני הביקרבונט נשאבים אל נוזל ה calicoblastic ע"י מערכת נשאים נגד הזרם (A-). יוני סידן (Ca^{2+}) גם כן מועברים לשכבת שיקוע השלד הגירני ויוני מימן (H^+) נשאבים לתוך התאים ב calicoblastic באותו הזמן. ההליך כנגד המפל ריכוזים דורש אנרגיה המופקת מפירוק ATP. יש לשים לב כי כ-75% מהביקרבונט הזמין מופק מהמטאבוליזם במיטוכונדריה של תאי האלמוג עצמו! ולא מגיע מהמים-המיטוכונדריה פולטת CO_2 וע"י אנזים carbonic anhydrase (CA) הוא נהפך ליוני ביקרבונט. בסופו של דבר הסידן והביקרבונט מגיעים לרוויה כקלציום קרבונט CaCO_3 . יוני המימן משוחררים כל הזמן בחזרה לתאי האלמוג על מנת לשמור סביבה בסיסית, על מנת שלא יתחרו יוני המימן עם הקלציום (pH גבוה, מעט H^+). בשכבת calicoblastic- pH נשאר בערך 9.3 במהלך היום וצונה לכ-8 במהלך הלילה, מה שאומר שאלמוגים גדלים לרוב במהלך היום. (פעולת הזואוקסנטלות דורשת אור לטובת אנרגיית פוטוסינתזה) (איור 13) (Furla et al., 2000).



איור 13

העברת יוני הביקרבונט (HCO_3^-) אל שכבת נוזל calcicoblastic (Furla et al., 2000).

כאמור, בכלליות ניתן לסכם את התהליך הכימי במשוואה הבאה: $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

5.10 תפקיד הרקמה כמחסום מהסביבה החיצונית (ליהיא)

רוב האורגניזמים הימיים בעלי השלד הגירני מייצרים סוג כלשהו של שכבה אורגנית חיצונית, המתפקדת כמחסום פיזיקלי, המפרידה בין גופם לבין המים הסובבים אותם (McConnaughey & Whelan, 1997); (McConnaughey & Gillikin, 2008). לדוגמא, תת מערכת הסרטנאים "סוגרים" סביבם שכבת שריון חלבוני שעוותני עבה יחסית. לעומתם, אלמוגי אבן יוצרים שכבת ארגונית (צורתו הלא יציבה של סידן פחמתי CaCO_3) מתחת שכבות רקמת האפיתל (Ries et al., 2009). המבנה ומרכיבי השכבה החיצונית האורגנית משתנים מאוד בין האורגניזמים. ישנם אורגניזמים המייצרים שלד אשר כולו מכוסה שכבה אורגנית חיצונית, כגון קיפוד הים *Arbacia Punctulata* בפלורידה וצדפת *Mytilus Edulis* במסצ'וסטס, אשר לרוב מראות עמידות רבה יותר לעליית ריכוזי CO_2 מאשר מייצרי קונכיה שברובה נשאת חשופה למי הים הסובבים אותה אחרי השיקוע, כגון תולעים ימיות (Ries et al., 2009). בהתאם, לצורך הערכת יכולת האורגניזם לווסת pH באיזור יצירת השלד הגירני, יש צורך בשילוב מספר גורמים- כגון מידת הכיסוי של הקונכיה החיצונית ע"י השכבה האורגנית, מסיסותם הביומינרלית וכו' (Ries et al., 2009).

כאמור, רבים מהאורגניזמים והצמחים משקיעי השלד הגירני, בניהם אלמוגי אבן, (Al-Horani et al., 2003;) (Cohen & McConnaughey, 2003), מספר סוגי אצות (McConnaughey & Whelan, 1997) ואף סרטנים (Cameron, 1985) מסתייעים בסידן פחמתי CaCO_3 לצורך השיקוע, ע"י העלאת pH באיזור השקעת השלד הגירני, הגורם לעליית CO_3^{2-} באותו האיזור. משימוש במידע ממיקרו אלקטרודות מכמה מחקרים בנידון, הראו כי pH באיזורי השקעת השלד הגירני עלה עד 2 יחידות מעל המדד במי הים מסביב (Al-Horani et al., 2003). לכן, אורגניזמים בעלי קיבולת בופר חומציות נמוכה יחוו תנודות תוך תאיות משמעותיות ב pH תחת תנאי ריכוז CO_2 גבוהים, יותר מאשר אלו עם הקיבולת הגבוהה (Fabry et al., 2008). בטווח הארוך, ירידת pH יכולה לגרום להוביל להחמצה של נוזלי גוף בחיות ימיות, דבר אשר משפיע בעקיפין גם על גדילתם (Marubini et al., 2008). ברגע שישנה החמצה של מי הים יצופה כי תהיה ירידה בהשקעת השלד הגירני- פירוק שלד קיים.

בנוסף להשפעה על השקעת שלד גירני, ישנם מס' סמנים פיזיולוגיים נוספים המראים קשר ישיר ליכולת העמידות לשינויי pH במי הים. לדוגמא, בעלי קצב מטבוליזם נמוך ואלו שבטבעם לא חווים שינויי CO₂, מראים פחות עמידות ל CO₂. (Fabry et al., 2008). לאחרונה נאסף מידע חדש על שיעורי ההשרדות, הגדילה, ההתפתחות, המטבוליזם ואיזון ה-pH של אורגניזמים בתנאים של העלאת ריכוזי ה-CO₂.

5.11 דוגמאות למחקרים רלוונטיים (ליהיא)

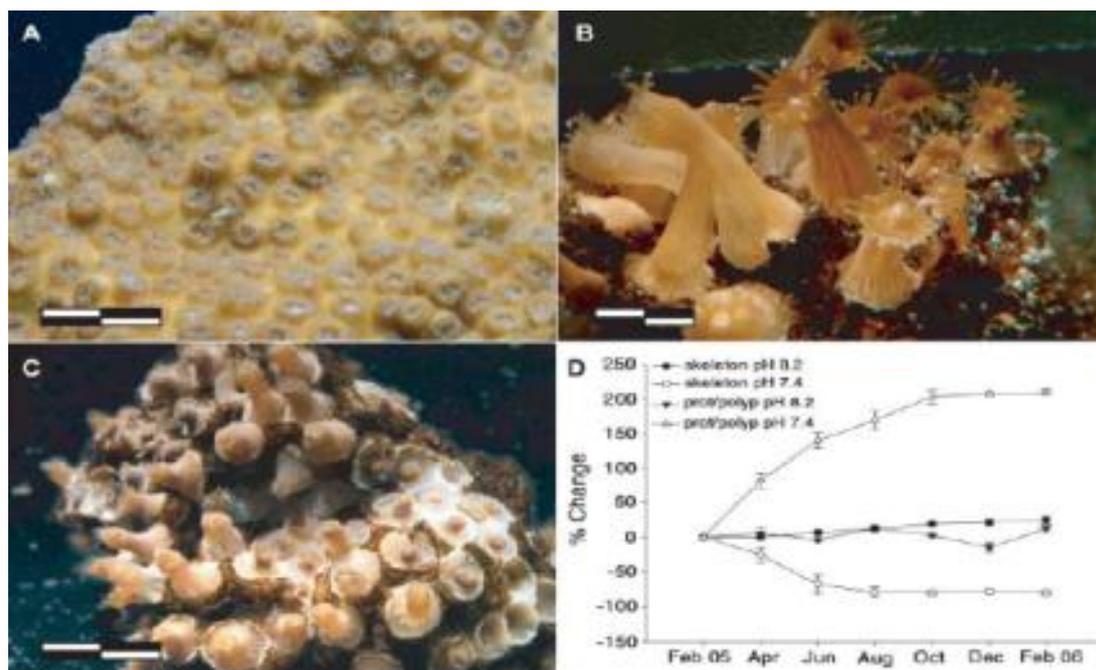
מספר מחקרים פורצי דרך, אשר תוכננו במיוחד על מנת לבחון את השפעות ה-CO₂ האטמוספרי, גילו אפשרות לתגובה דרמטית באלמוגים (Gattuso et al. 1998, Langdon et al. 2005, Marubini & Atkinson 1999, Marubini & Davies 1996) אוכלוסיות החיות בריף (Langdon et al. 2000, 2003), ואורגניזמים פלנקטוניים. (Bijma 1991, Riebesell et al. 2007). מחקרים רבים מראים גם כי התגובה בתהליך השקעת השלד הגירני לשילוב בשינויי ריכוזי CO₂ ושינויי טמפרטורה למשל (Reynaud et al. 2003) או שינויי נוטריינטים (Langdon & Atkinson 2005, Sciandra et al. 2003) הינה מאוד מורכבת ומשתנה בין המינים הנבדקים.

(2007) Fine & Tchernov הראו במחקרם כי:

בניסויים לקחו 30 פרגמנטים מחמש מושבות של שני מיני אלמוגי- אבן ים תיכוניים *Oculina Patagonica* (encrusting) כפי שניתן לראות בתמונה, ו-*Madracis Pharencis* (Bulbous), שנבדקו תחת ערכי pH של 7.3-7.6 ו 8-8.3 למשך 12 חודשים. האלמוגים נשמרו בתנאי טמפרטורה תואמי המצב הטבעי בים התיכון וכך גם מבחינת זרימת המים ומחזורי האור הטבעיים. לאחר חודש בתנאים החומציים נצפו שינויים מורפולוגיים- תחילה התארכות הפוליפ ובהמשך הפרדות המושבה והתמוססות של השלד כולו. באופן מפתיע הפוליפים נותרו מחוברים למצע הסלעי הלא מסיס (איור 14).

החוקרים הסיקו מכך שבהינתן תנאי עקה שאינם מאפשרים שלד- ישאר האלמוג המדובר כפנוטיפ חסר שלד. ממצאים אלה שופכים אור על היסטוריית האלמוגים, ומחזקים את ההגחה הפתאומית של אלמוגי אבן כ-14 מיליון שנה (Ma) אחרי אירוע ההכחדה בתקופת הפרם (Permian), וכי האלמוגים המשיכו להתקיים כאלמוגים חסרי שלד עד שכימיית האוקיינוסים איפשרה יצירת שלד (Doney et al., 2009).

Gabay ושות' (2011) היו הראשונים שחקרו את השפעת עליית ריכוזי ה-CO₂ על אלמוגי השמונה. הם חקרו שלושה מינים של שמונאים משתי משפחות אלמוגים (המכילים זואוקסנטלות-אצות שיתופיות). המינים שנבדקו היו *Ovabunda Macrospiculata* ו-*Heteroxenia Fuscescens* ממשפחת ה-Xeniidae (קסניים) ו-*Sarcophyton* sp. ממשפחת ה-Alcyoniidae (ריפיוניתיים) אשר הינם אלמוגים רכים. נבדקו תחת תנאי pH נורמליים- 8.2 ותחת תנאי pH נמוך של 7.3 ו 7.6 למשך חמישה חודשים. בין הפרמטרים שנבדקו היו: ריכוז החלבון ומשקל הפוליפ, במטרה לבחון את ההשערה שעליה בריכוזי ה-CO₂ משפיעה על אלמוגים שמונאיים. (איור 15).

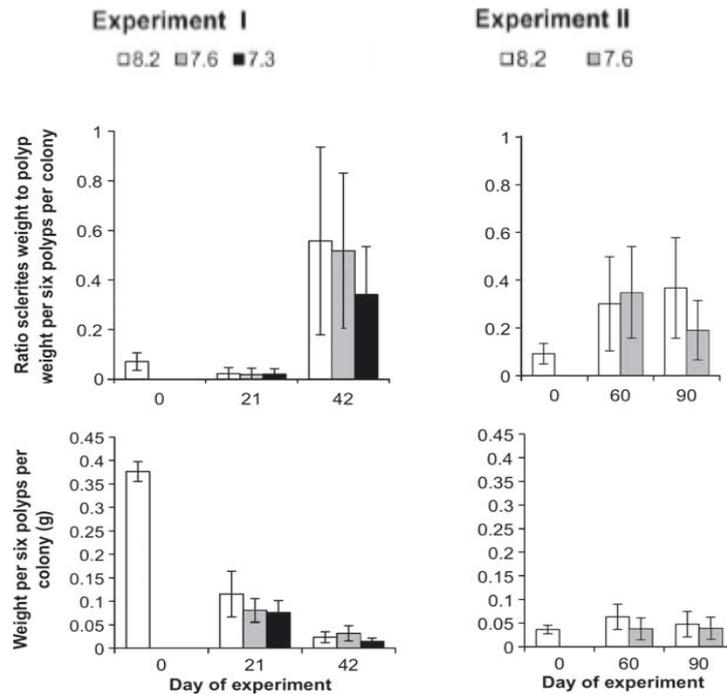


איור 14

של *Oculina Patagonica*. מושבה כביקורת. (A) מושבה כביקורת. (B) בתנאי pH נמוך נצפו שינויים מורפולוגיים: הארכת הפוליפים- נהיו דמויי שושנת ים. [לאחר מכן פירוק מבנה המושבה והתמוססות השלד כולו, אך במפתיע נשארו אחוזים במשטח הסלעי שלא התמוסס (ניתן לראות בתמונה C) הפוליפים שהתארכו שילשו את מסתם לעומת קבוצת הביקורת ששיקעה שלד גירני]. כל חלקי האלמוג חסרי השלד שרדו את החומציות הגבוהה עד תום הניסוי- (C) אחרי שהיו 12 חודשים פוליפים רכי-גוף בתנאי pH נמוך, הם הוחזרו למי ים נורמלים וניתן לראות כי הפוליפים הבודדים מייצרים מחדש מושבה ומשקעים שלד גירני. (D) הדמייה לפי זמן, של אחוז השינוי (ממוצע+- סטיית תקן) בפרוטאין לפוליפ (ביומסה) ומשקל ציפה כולל לאורך 12 חודשים- ב-pH = 7.4 וב-pH = 8.2 (נורמלי למי ים). לאחר ניתוח שונות, ניתן לראות שינויים סטטיסטיים (P < 0.001) לאורך הזמן, בפרטים אשר היו בחומציות גבוהה. ככל שמתמוסס השלד ויורדת מסתו- עולה מסת הפוליפ (המתארך) (Fine & Tchernov, 2007).

תוצאות המחקר גילו כי היחס בין משקל אלמנטי השלד (מחטי קלציום/מגנזיום קרבונט) לבין משקל הפוליפים או תוכן הפרוטאין לא הושפע ע"י העלאת החומציות הימית. בנוסף לא נראו שינויים בין קבוצת הטיפול לקבוצת הביקורת גם במשקל הפוליפים- דבר שכן היה ניכר באלמוג האבן. ממצאיהם מצביעים כי אלמוגים שמונאים יכולים להפעיל מנגנוני הגנה מסויימים כנגד עליה בריכוז ה- CO_2 . לכן החוקרים הציעו הסבר כי הרקמה הרכה שלהם פועלת כמחסום המשמר סביבה פנימית יציבה והמנעות מהשפעות עליית ריכוזי CO_2 (Gabay et al., 2011).

ממצאי המחקרים של המינים שנבדקו יכולים לשפוך אור על התמונה הרחבה יותר של עמידות אלמוגים בתנאי עקה. ניתן לראות כי בבדיקת השפעת עליית חומציות מי הים על אלמוגי השמונאים מראה תוצאות שונות מבדיקת השפעת עליית חומציות מי הים על אלמוגי השישאים. חשוב לציין שלמרות שהישרדות הפוליפים כגוף רך מאפשרת המשך קיום לאלמוגי אבן- פירוק ניכר של השלד בשוניות יגרום שינויים משמעותיים למבנה והתפקוד של אקוסיסטמת השוניות והשירותים אשר הן מספקות לאדם. יש לבדוק מינים נוספים ולאפשר הבנה רחבה יותר על ההבדלים בהשפעות על המינים השונים באיזורים החשובים השונים. בהתאם, אנו החלטנו לחקור נציגים מכל תת מחלקה ולבחון את השפעות החמצת מי הים עליהם. רוב מיני האלמוגים בסביבתנו נמצאים במפרץ אילת (אלון, 1983).



איור 15

Ovabunda Macrospiculata: תגובה ביולוגית תחת תנאי חומציות נורמלים (pH=8.2) ותחת תנאי חומציות בניסוי (pH=7.6, pH=7.3) לאורך זמן. בניסוי I (אפריל עד מאי 2009) ובניסוי II (פברואר עד מאי 2010). בשני הגרפים העליונים מובאות התוצאות כממוצע יחס משקל שלד למשקל פוליפ למושבה. בגרפים התחתונים מובאות התוצאות של משקל 6 הפוליפים למושבה. [עקב תקלה טכנית בניסוי השני אין נתונים ל pH=7.3] (Gabay et al., 2011).

5.12 אלמוגי המחקר (ליהיא)

הריפיוניתאים (מאלמוגי השמונה) מהווים, ביחד עם אלמוגי האבן, מרכיב חשוב של הפאונה הישיבה במפרץ אילת. הם שכיחים יותר בחלק הרדוד של השונית ומהווים את המרכיב השני בחשיבותו בכיסוי החי אחרי אלמוגי האבן- מגיעים לעיתים עד ל-50% כיסוי (Benayahu & Loya 1977,1981). מבין הריפיוניתאים מיני *Sinularia* נפוצים מאוד ולעיתים השכיחים ביותר, מבחינת התרומה לכיסוי שולחן השונית וקדמת השונית, ביחד עם מינים אחרים מהסוג *Litophyton*, *Parerythropodium* ו- (Benayahu & Loya 1977,1981). אנו החלטנו לקחת 2 נציגים מכל תת מחלקה, אשר שוכנים באילת, ולבחון את השפעות החמצת מי ים סוף עליהם. מתוך השמונאים בחרנו כמקרי בוחן שני מיני אלמוגים, האחד מתוך סדרת הגורגונאים: **מרבדן צהוב** (*Parerythropodium F. Fulvum*) מין שתפוצתו באוקיינוס ההודי ובים סוף. המושבות קרומיות. מאכלס אלמוגים מתים ואבנים. למושבות שני גוונים: צהוב-חום ואפור. הפרטים האפורים נמצאים בעומקים 3-40 מטרים, מאכלסים בעיקר אזורי שונית שעומקם 25-30 מטר (איור 16) (Benayahu & Loya 1977); אלון, (1983).



איור 16
 מרבדן צהוב (*Parerythropodium F. Fulvum*) (Photo: J. Dafni)

והשני מתוך סדרת הגוגונאים: **מניפתן ענק (*Suberogorgia Hicksoni*)** מין בעל-סדרת הגורגונאים ממשפחת הגורגוניות. בעל שלד הבנוי בצורת צירי אורך קרניים-גירניים הנשברים בקלות יחסית. המושבות בנויות מגזע בסיסי נמוך המעוגן בסלע, וממנו מסתעפים סעיפי משנה- המושבות מהוות מעין מניפה. פרטים גדולים מאוד, ובגובה 2-3 מטר חיים בוודאי זה מאות שנים. במפרץ אילת נמצאים בעומק של 15-40 מטר. מגיעים לשליטה בנוף בעומקים אלו – ומשמשים לבית גידול יחיד לחלזונית-הגורגוניות. במקומות רבים בעולם, משפחת הגורגוניות מספקות חומרי גלם יקר לתעשיות הקישוטים והתכשיטים (איור 17) (אלון, 1983).



איור 17
 מניפתן ענק (*Suberogorgia Hicksoni*) (Photo by Lev Fishelson)

מתוך השישאים בחרנו כמקרי בוחן 2 מיני אלמוגים: **חרירן שכיח (*Porites Lutea*)**: בין המרכיבים החשובים ביותר במרבית שוניות האלמוגים בעולם. במפרץ אילת הוא המין השליט בעומק 20-40 מטר. במקומות מסויימים לאורך המפרץ ניתן לראות מושבות-ענק העשויות להתאחד לבלט תת-מימי. פרטים לא גדולים וקוטר צורתם, כחצי כדור מגיעה ללא יותר ממספר עשרות סנטימטרים (איור 18) (אלון, 1983).



איור 18
 חרירן שכיח (*Porites Lutea*) (Photo by Dana Riddle)

מוחן (*Platygyra Daedalea*): אלמוג כדורי, צורת הפוליפים המחיצות וסידורם מזכירים את פיתולי קרום המוח ומכאן שמו. צורתו המיוחדת מהווה למוקד משיכת צוללים בין היתר וגם פה מהווה חשיבות. בני מין זה גדלים לאיטם כמו רוב האלמוגים הכדוריים ומושבה שקוטרה חצי מטר-ייתכן שהיא בת 200-300 שנה. ישנן עדויות שנמצא עד עומקים של 30 מטר (איור 9) (אלון, 1983).



איור 19
 מוחן (*Platygyra Daedalea*) (Photo by Moshe Cohen)

6. השערת המחקר ומטרותו (ליהיא, ערן, מיכל)

התחזית לשינויים העתידיים ב pH הימי בכל העולם הובילו לעשייה רבה בתחום המחקר של תגובות אורגניזמים לתנאים הללו. אך יש צורך להרחיב את הידע הקיים הנוגע להשפעות על מיני אלמוגים במפרץ אילת ככלל ועל אלמוגי השמונאים והשישאים בפרט. השערת המחקר שלנו היא שהחמצת ים סוף עלולה להשפיע על פרמטרים פיזיולוגיים של האלמוגים המוצעים לבדיקה. ההנחה היא כי שיעור השקעת השלד הגירני ואלמנטי השלד ה"מחטי" הפנימי במושבות האלמוגים יושפע מירידת ה-pH.

שאלת המחקר שאנו מציעים לבדוק היא: מהן ההשפעות של ירידת pH בים סוף על המבנה הפיזי (יחס משקל שלד לפוליפ, משקל השלד, הרכב השלד) של מיני האלמוגים הבאים בשונית האלמוגים של מפרץ אילת: חרירן שכיח (*Porites Lutea*), מוחן (*Platygyra Daedalea*), מרבדן צהוב (*Parerythropodium F. Fulvum*) ומניפתן ענק (*Suberogorgia Hicksoni*)?

מטרות המחקר המוצע הינן חקירת השפעות החמצת הים על המינים הנבחרים במטרה להגיע להכללות על משפחות נוספות; יצירת בסיס נתונים המאפשר השוואה לנתונים שנאספו בעבר ושיאספו בעתיד; וקבלת הסבר מקיף לתופעה, על ידי איפיון התנאים הסביבתיים והביולוגים של מפרץ אילת, תחת ההבנה כי כל אקוסיסטמה מורכבת ומגוונת עד מאוד. שונית האלמוגים במפרץ אילת נמצאת בחלקה הצפוני ביותר של תפישת שונית האלמוגים העולמית, ולמרות זאת מדגימה מגוון מינים בלתי רגיל של אלמוגים. יתכן כי הבנה נוספת תאפשר הגנה על השונית ממפגעים מהסוג הנידון. הבנה לגבי מינים מסדרות אלה תוכל לשפוך אור נוסף על הבעיה המעמידה יצורים רבים בעלי שלד גירני בסכנה והשלכותיה בהתאם על האדם. בנוסף, הבנת ההשפעות על האלמוגים, המובילות להשלכות כלכליות ואקולוגיות, תאפשר תכנון כלכלי ואקולוגי מתאים.

- Abelson A, Shteinman B, Fine M, Kaganovsky S. 1999. Mass transport from pollution sources to remote coral reefs in Eilat (Gulf of Aqaba, Red Sea). *Marine Pollution Bulletin* 38:25-29.
- Achituv Y, Dubinsky Z. 1990. Evolution and zoogeography of coral reefs. *Coral Reefs, Ecosystems of the world*. 25:1-9.
- Al-Horani F, Al-Moghrab S, de Beer D. 2003. The mechanism of calcification and its relation to photosynthesis and respiration in the scleractinian coral *Galaxea fascicularis*. *Mar. Biol.* 142, 419-421–
- Andersson AJ, Bates NR, Mackenzie FT. 2007. Dissolution of carbonate sediments under rising pCO₂ and ocean acidification: observations from Devil's Hole, Bermuda. *Aquat. Geochem.* 13:237–64.
- Andersson AJ, Mackenzie FT, Lerman A. 2005. Coastal ocean and carbonate systems in the high CO₂ world of the anthropocene. *Am. J. Sci.* 305:875–918.
- Balch WM, Drapeau D, Bowler B, Booth E. 2007. Prediction of pelagic calcification rates using satellite measurements. *Deep Sea Res. II* 54:478–95.
- Bayer FM. 1973. Colonial organization in octocorals. In: Boardman RS, Cheetham AH, Oliver WA (eds) *Animal colonies, development and function through time*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg. 69–93
- Benayahu Y, Loya Y. 1977. Space partitioning by stony corals, soft corals, and benthic algae on the coral reefs of the northern Gulf of Eilat.
- Benayahu Y, Loya Y. 1981. Competition for space among coral-reef sessile organisms at Eilat, Red Sea. *Bull. Mar. Sci.* 31(3):514-522.
- Berelson WM, Balch WM, Najjar R, Feely RA, Sabine C, Lee K. 2007. Relating estimates of CaCO₃ production, export, and dissolution in the water column to measurements of CaCO₃ rain into sediment traps and dissolution on the sea floor: a revised global carbonate budget. *Glob. Biogeochem. Cycles* 21.
- Bessat F, Buigues D. 2001. Two centuries of variation in coral growth in a massive *Porites* colony from Moorea (Franch Polynesia): a response of ocean-atmosphere variability from south central Pacific. *Palaeogeogr.Palaeoclim. Palaeoecol.* 175:381-92.
- Bijma J. 1991. Lunar pulses of carbonate output by spinose planktonic Foraminifera. In *Protozoa and Their Role in Marine Processes*, ed. PC Reid, CM Turley, PH Burkill, pp. 353–54. Plymouth: Elsevier
- Bindoff, N, Willebrand J, Artale V, Cazenave A, et al. 2007. Observations: Oceanic climate change and sea level. In: *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Eds. Solomon S, Qin D, Manning M,

- Blamart D, Rollion-Bard C, Meibom A, Cuif JP, Juillet-Leclerc A, Dauphin Y. 2007. Correlation of boron isotopic composition with ultrastructure in the deep-sea coral *Lophelia pertusa*: implications for biomineralization and paleo-pH. *Geochem. Geophys. Geosys.* 8:Q12001.
- Bowler C, Vardi A, Allen AE. 2010. Oceanographic and Biogeochemical Insights from Diatom Genomes. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 2:333–65.
- Broecker WS. 2003. The oceanic CaCO₃ cycle. In: *The Oceans and Marine Geochemistry, Treatise on Geochemistry*. Eds. Elderfield H. pp. 529–49. London: Elsevier.
- Broecker WS, Clark E. 2001. A dramatic atlantic dissolution event at the onset of the last glaciation. *Geochem. Geophys. Geosys.* 2:1065.
- Brovkin V, Bendtsen J, Claussen M, Ganopolski A, Kubatzki C, Petoukhov V, Andreev A. 2002. Carbon cycle, vegetation and climate dynamics in the Holocene: experiments with the CLIMBER-2 model. *Global Biogeochemical Cycles* 16:86.
- Burton EA, Walter LM. 1991. The effects of Pco₂ and temperature on magnesium incorporation in calcite in seawater and MgCl₂-CaCl₂ solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55: 777-785.
- Byrne RH, Sabine M, Richard A, Feely RA, Xuewu L. 2010. *Geophysical Research Letters*. Vol. 37, L02601, Doi: 10.1029/2009GL040999.
- Cai WJ. 2011. Estuarine and Coastal Ocean Carbon Paradox: CO₂ Sinks or Sites of Terrestrial Carbon Incineration?. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 2011. 3:123–45.
- Caldeira K, Wickett ME. 2003. Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425:365.
- Chadwick-Furman NE. 1997. Effects of SCUBA diving on coral reef invertebrates in the U.S. Virgin Islands: implications for the management of diving tourism. In: *Proceeding of the sixth International Conference on Coelenterate Biology*. Eds. Den Hartog JC. National Naturhistorisch Museum. 99-100.
- Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL. Cambridge University Press, Cambridge 385-432.
- Cohen A, McConnaughey TA. 2003. Geochemical perspectives on coral mineralization, in *Biomineralization*, edited by. Dove PM, et al., 151–187, Mineral. Soc. of Am., Chantilly, Va.
- Cooper TF, De 'Ath G, Fabricius KE, Lough JM. 2008. Declining coral calcification in massive *Porites* in two nearshore regions of the northern Great Barrier Reef. *Glob. Chang. Biol.* 14:529-38.
- Connell JH. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199:1302-10.
- Connell JH. 1997. Disturbance and recovery of coral assemblages. *Coral Reefs* 16:101-113.

- Doney SC, Mahowald N, Lima I, Feely RA, Mackenzie FT, et al. 2007. Impact of anthropogenic atmospheric nitrogen and sulfur deposition on ocean acidification and the inorganic carbon system. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 104:14580–85.
- Doney SC, Schimel DS. 2007. Carbon and climate system coupling on timescales from the Precambrian to the Anthropocene. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 32:31-66.
- Doney SC, Scott C, Mary R, Duffy E, et al. 2012. Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 4:11–37
- Doney SC, Scott C, Victoria J, Joan A, Richard A, et al. 2009. Ocean Acidification: The Other CO₂ Problem. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 1:169–92.
- Erez J.I, Zakai D, Silverman J, Lazar B. 2003. Eutrophication processes in the Gulf of Eilat (Aqaba), Red-Sea, and their effects on the coral reef ecosystem. EGS-AGU-EUG Joint Assembly.
- Fabricius K, Alderslade P. 2001. Soft Corals and Sea Fans: a comprehensive guide to the tropical shallow water genera of the central-west Pacific, the Indian Ocean and the Red Sea. Australian Institute of Marine Science, Townsville, 264.
- Fabry VJ, Seibel BA, Feely RA, Or JC. 2008. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Jour. of Marine Science* 65: 414–432.
- Falini G, Albeck S, Weiner S, Addadit L. 1996. Control of Aragonite or Calcite Polymorphism by Mollusk Shell Macromolecules. *Science* 271:67-69
- Feely RA, Sabine CL, Hernandez-Ayon JM, Ianson D, Hales B. 2008. Evidence for upwelling of corrosive “acidified” water onto the continental shelf. *Science* 320:1490-92.
- Feely RA, Sabine CL, Lee K, Berelson W, Kleypas J, et al. 2004. Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans. *Science* 305:362–66.
- Field CB, Behrenfield MJ, Randerson JT, Falkowski P. 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281:237–240
- Fine M, Tchernov D. 2007. Scleractinian coral species survive and recover from decalcification. *Science* 315:1811
- Fishelson L. 1995. Eilat (Gulf of Aqaba) littoral: life on the red line of Biodegrasation. *Isr. J. Zool.* 41:43-55.
- Furla P, Galgani I, Durand I, Allemand D. 2000. Sources and mechanisms of inorganic carbon transport for coral calcification and photosynthesis. *J Exp Biol* 203:3445–3457
- Gabay J, Benayahu Y, Fine M. 2012. Does elevated pCO₂ affect reef octocorals. *Ecology and Evolution*
- Gattuso JP, Frankignoulle M, Bourge I, Romaine S, Buddemeier RW. 1998. Effect of calcium carbonate saturation of seawater on coral calcification. *Glob. Planet. Chang.* 18:37–46

Gehlen M, Gangsto R, Schneider B, Bopp L, Aumont O, Ethe C. 2007. The fate of pelagic CaCO₃ production in a high CO₂ ocean: a model study. *Biogeosciences* 4:505–19.

Genin A, Lazar B, Brenner S. 1995. Vertical mixing and coral death in the Red Sea following the eruption of Mount Pinatubo. *Nature* 377(6549): 507-510.

Gonzalez-Davila M, Santana-Casiano J M, Rueda MJ, Llinas O, Gonzalez EF. 2003. Seasonal and interannual variability of sea-surface carbon dioxide species at the European Station for Time Series in the Ocean at the Canary Islands (ESTOC) between 1996 and 2000. *Global Biogeochemical Cycles* 17:1076.

Grigg RW, Maragos JE. 1976. Re-colonization of hermatypic corals on submerged lava flows. *Ecology* 55:387-95.

Gruber N, Friedlingstein P, Field CB, Valentini R, Heimann M, et al. 2004. The vulnerability of the carbon cycle in the 21st century: an assessment of carbon-climate human interactions. In: *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World*. Eds. Field CB, Raupach MR, pp. 45–76. Washington, DC: Island Press.

Gruber N, Sarmiento JL, Stocker TF. 1996. An improved method for detecting anthropogenic CO₂ in the oceans. *Global Biogeochemical Cycles* 10:4 pp. 809–837.

Henderson C. 2006. Ocean acidification: the other CO₂ problem. *New Scientist*.

<http://environment.newscientist.com/article/mg19125631.200>.

<http://www.solcomhouse.com/coralreef.htm>

Hinga KR. 2002. Effects of pH on coastal phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series* 238:281–300.

Hoegh-Guldberg O, Jones R.J, 1999. Photoinhibition and photoprotection in symbiotic dinoflagellates and their coral hosts. *Marine Ecology Progress Series* 280:105-114.

Hoegh-Guldberg O, Mumby PJ, Hooten AJ, Steneck RS, et al. 2007. Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. *Science* 318:1737

Honjo S, Manganini SJ, Krishfield RA, Francois R. 2008. Particulate organic carbon fluxes to the ocean interior and factors controlling the biological pump: a synthesis of global sediment trap programs since 1983. *Prog. Oceanogr.* 76:217–85.

Hughes TP, Connell JH. 1999. Multiple stressors on coral reefs: a long-term perspective. *Limnol. Oceanogr.* 44:932-40.

IPCC. 2001. *The Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press: Cambridge, UK, and New York, USA.

Kleypas JA, Buddemeier RW, Archer D, Gattuso JP, Langdon C, Opdyke BN. 1999. Geochemical consequences of increased atmospheric carbon dioxide on coral reefs. *Science* 284:118-20.

Kleypas JA, Buddemeier RW, Gattuso JP. 2001. The future of coral reefs in an age of global change. *Int. Earth Sci.* 90:426-37.

Kleypas JA, Langdon C. 2006. Coral reefs and changing seawater chemistry, Chapter 5. In: *Coral Reefs and Climate Change: Science and Management*. Eds. Phinney JT, Hoegh-Guldberg O, Kleypas J, Skirving W, Strong A. AGU Monograph Series, Coastal and Estuarine Studies, Am. Geophys. Union, Washington DC, vol. 61, pp 73-110.

Konishi K. 1981. Alcyonarian spiculite: limestone of soft corals. Proc. Fourth Intern. Coral Reef Symp. Manila. 1: 643 – 649.

Langdon C, Atkinson MJ. 2005. Effect of elevated pCO₂ on photosynthesis and calcification of corals and interactions with seasonal change in temperature/irradiance and nutrient enrichment. *J. Geophys. Res. Oceans* 110:C09S7

Lee K. 2001. Global net community production estimated from the annual cycle of surface water total dissolved inorganic carbon. *Limnol. Oceanogr.* 46:1287–97.

Lough JM. 2004. A strategy to improve the contribution of coral data to high-resolution paleoclimatology. *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.* 204:115-43.

Lough JM. 2008. 10th Anniversary Review: a changing climate for coral reefs. *J. Environ. Monit.* 10:21-29.

Lough JM, Barnes DJ. 2000. Environmental controls on growth of the massive coral *Porites*. *Exp. Mar. Biol. Ecol.* 245:225-43.

Loya Y. 2004. The coral reef of Eilat – past, present and future : three decades of coral community structure studies. In: *Coral reef health and disease*. Eds. Rosenberg E, Loya Y. Springer – Verlag: Berlin, Hildenberg, New-York.

Loya Y, Lubinevsky. 2004. Nutrient enrichment caused by in situ fish farms at Eilat, Red Sea is detrimental to coral reproduction. *Marine Pollution Bulletin* 49(4): 344-353.

Lüthi D, Le Floch M, Bereiter B, Blunier T, Barnola J-M, et al. 2008. High-resolution dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present. *Nature* 453:379-82.

Mackenzie FT, Lerman A. 2006. *Carbon in the Geobiosphere-Earth's outer shell*. Dordrecht, The Netherlands: Springer. 402 pp.

Marubini F, Atkinson MJ. 1999. Effects of lowered pH and elevated nitrate on coral calcification. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 188:117–21

Marubini F, Davies PS. 1996. Nitrate increases zooxanthellae population density and reduces skeletogenesis in corals. *Mar. Biol.* 127:319–28

Millero FJ, Pierrot D, Lee K, Wanninkhof R, Feely R, et al. 2002. Dissociation constants for carbonic acid determined from field measurements. *Deep Sea Res. I Oceanogr. Res. Papers* 49:1705–23.

- Marubini F, Ferrier-Pagès C, Furla P, Allemande D. 2008. Coral calcification responds to seawater acidification: a working hypothesis towards a physiological mechanism *Coral Reefs* 27:491–499
- McConnaughey TA, Whelan JF. 1997. Calcification generates protons for nutrient and bicarbonate uptake. *Earth Science Reviews* 42: 95–117.
- McConnaughey TA, Gillikin PD. 2008. Carbon isotopes in mollusk shell carbonates. *Geo-Marine Letters* 28: 287–299
- Milliman JD. 1993. Production and accumulation of calcium carbonate in the ocean—budget of a non-steady state. *Glob. Biogeochem. Cycles* 7:927–57.
- Moran PJ. 1986. The Acanthaster phenomenon. *Oceanography and Marine Biol. Annu. Rev.* 24:379-480.
- Moore JK, Doney SC, Lindsay K. 2004. Upper ocean ecosystem dynamics and iron cycling in a global three-dimensional model. *Glob. Biogeochem. Cycles* 18:GB4028.
- Mucci A. 1983. The solubility of calcite and aragonite in seawater at various salinities, temperatures, and one atmosphere total pressure. *Am. J. Sci.* 283:780–99.
- Murnane RJ, Sarmiento JL, Le Quere C. 1999. Spatial distribution of air-sea CO₂ fluxes and the inter-hemispheric transport of carbon by the oceans. *Glob. Biogeochem. Cycles* 13:287–305.
- Nie B, Chen T, Liang M, Wang Y, et al. 1997. Relationship between coral growth rate and sea surface temperature in the northern part of the South China Sea during the past 100 years. *Science in China (series D)* 40:173-182.
- Orr JC, Fabry VJ, Aumont O, Bopp L, Doney SC, et al. 2005. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437:681–86.
- Pandolfi JM, Jackson JBC, Baron N, Bradbury RH, et al. 2005. Are U.S. Coral Reefs on the Slippery Slope to Slime?. *Science* 307:1725-1726.
- Pearson PN, Palmer MR. 2002. The boron isotope approach to paleo-pCO₂ estimation. *Geochim. Cosmochim. Acta* 66:A586.
- Pelejero C, Calvo E, McCulloch MT, Marshall JF, Gagan MK, et al. 2005. Preindustrial to modern inter-decadal variability in coral reef pH. *Science* 309:2204-7.
- Por FD. 1989. The legacy of the Thetys, an aquatic biogeography of the Levant. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Prentice IC, Farquhar GD, Fasham MJR, Goulden ML, et al. 2001. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. In: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguier M, et al. Cambridge Univ. Press, New York, 183-237.

- Raven J, Calderia K, Elderfield H, Hoegh-Guldberg O, et al. 2005. Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. *The Royal Society policy document*. Clyvedon Press, Cardiff.
- Richmond RH. 1993. Coral reefs: present problem and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. *American Zoologist* 33:524-36.
- Reynaud S, Leclercq N, Romaine-Lioud S, Ferrier-Pages C, Jaubert J, Gattuso JP. 2003. Interacting effects of CO₂ partial pressure and temperature on photosynthesis and calcification in a scleractinian coral. *Glob. Chang. Biol.* 9:1660-68
- Riebesell U, Schulz KG, Bellerby RGJ, Botros M, Fritsche P, et al. 2007. Enhanced biological carbon consumption in a high CO₂ ocean. *Nature* 450:545-48
- Ries JB, Cohen AL, McCorkle DC. 2009. Marine calcifiers exhibit mixed responses to CO₂ induced ocean acidification. *Geology* 1131: 1134-37
- Rinkevich, B. 2005. What do we know about Eilat (Red Sea) reef degradation? A critical examination of the published literature. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 327:183-200.
- Roberts JM, Wheeler AJ, Freiwald A. 2006. Reefs of the deep: the biology and geology of cold-water coral ecosystems. *Science* 312:543-47.
- Royal Society. 2005. *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide*. London: The Royal Society, 57 pp.
- Sabine CL, Feely RA. 2007. The oceanic sink for carbon dioxide. In *Greenhouse Gas Sinks*, ed. D Reay, NHewitt, J Grace, K Smith, pp. 31-49. Oxfordshire: CABI Publishing.
- Sabine CL, Feely RA, Gruber N, Key RM, Lee K, et al. 2004. The oceanic sink for anthropogenic CO₂. *Science* 305:367-71.
- Sabine CL, Tanhua T. 2010. Estimation of Anthropogenic CO₂ Inventories in the Ocean. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 2:175-98.
- Sandler D, Adly E, Al-Khoshman MA, Warburg P, Bernstein T. 1993. *Protecting the Gulf of Aqaba. A regional environmental challenge*. Wshaington DC. 1.
- Sarmiento JL, Dunne J, Gnanadesikan A, Key RM, Matsumoto K, Slater R. 2002. A new estimate of the CaCO₃ to organic carbon export ratio. *Glob. Biogeochem. Cycles* 16:1107.
- Sciandra A, Harlay J, Lefevre D, Lemee R, Rimmelin P, et al. 2003. Response of coccolithophorid *Emiliania huxleyi* to elevated partial pressure of CO₂ under nitrogen limitation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 261:111-22
- Slowey NC, Crowley TJ. 1995. Intredecadal variability of northern hemisphere circulation recorded by Gulf of Mexico corals. *Geophy. Res. Lett.* 22:2345-2348.
- Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, et al. 2007. *Climate Change 2007: The Phphysical Science Basis*. In: *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge Univ. Press.

Stuiver M, Quay PD, Ostlund HG. 1983: Abyssal water carbon-14 distribution and the age of the world oceans. *Science* 219:849-851.

Takahashi T, Broecker WS, Bainbridge AE, Weiss RF. 1980. Carbonate chemistry of the Atlantic, Pacific, and Indian Oceans. *In: The results of the GEOSECS expeditions, 1973-1978 National Science Foundation*. Washington DC.

Takahashi T, Sutherland SC, Feely RA, Wanninkhof R. 2006. Decadal change of surface water pCO₂ in the North Pacific: a synthesis of 35 years of observations. *J. Geophys. Res.* 111:C07S05.

Takahashi T, Sutherland SC, Wanninkhof R, Sweeney C, Feely RA, et al. 2009. Climatological mean and decadal changes in surface ocean pCO₂, and net sea-air CO₂ flux over the global oceans. *Deep-Sea Res. II* 56:554-577.

Turley C. 2005. The other CO₂ problem. openDemocracy.
http://www.acamedia.info/sciences/sciliterature/globalw/reference/carol_turley.html .

Walker EEL. 2005. The role of weather and climate processes in coral growth. *M.Sc. thesis*, University of Reading.

Ware JR, Smith SV, Reakakudla ML. 1992. Coral reefs: sources or sinks of atmospheric CO₂?. *Coral Reefs* 11:127-130.

Wilhelmsson D, Ohman MC, Stahl H, Shelesinget Y. 1998. Artificial reefs and dive tourism in Eilat, Israel. *Ambio*. 27:764-766.

Williams GC, Cairns SD. 2005. Systematic list of valid octocoral genera.
<http://www.calacademy.org/research/izg/OCTOCLASS.htm>

Wood R. 2001. *Reef Evolution*. Oxford: Oxford Univ. Press. 414 pp.

Zachos JC, Dickens GR, Zeebe RE. 2008. An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature* 451:279-83.

Zachos JC, Rohl U, Schellenberg SA, Sluijs A, et al. 2005. Rapid acidification of the ocean during the Paleocene-Eocene thermal maximum. *Science* 302:1551-54.

Zeebe RE, Wolf-Gladrow D. 2001. CO₂ in Seawater: Equilibrium, Kinetics, Isotopes. *Elsevier Science*, Amsterdam B.V. 346 pp.

Zondervan I, Zeebe RE, Rost B, Riebesell U. 2001. Decreasing marine biogenic calcification: A negative feedback on rising atmospheric pCO₂. *Glob. Biogeochem. Cycles* 15:507-16.

אלון ע. 1983. החי והצומח של ארץ ישראל, החיים במים. משרד הביטחון-ההוצאה לאור. 122-124, 220-243.

דרום ד, צורנמל מ. 1992. מדריך הים וחופיו, חי וצומח. כתר הוצאה לאור.

לויה י, קליין ר. 1994. שוניית האלמוגים. תל אביב: הוצאת משרד הביטחון.



**קידוחי גז ונפט בים התיכון:
היבטי מדיניות, רגולציה וכלכלה**

**קורס פרויקטים בחקר הסביבה
התשע"ג-2013**

מגישים:

רותם איזק, ת"ז 301106027
מאיה האוספטר, ת"ז 017909611
קרן הרפז, ת"ז 301106027
יזהר יצחקי, ת"ז 036575652

מנחה:

מר דורון שולץ

תוכן עניינים

1.....	תוכן עניינים.....
3.....	תודות
4.....	מבוא לפרויקט
5.....	רקע – קידוחי גז ונפט בישראל
5.....	משק האנרגיה בישראל – לאור תגליות העשור האחרון
6.....	השפעות סביבתיות של הפקת גז ונפט ממעמקי הים (בקליפת האגוז)
10.....	סקירת ספרות – מדיניות סביבה.....
10.....	הערכת השפעות סביבתיות ככלי מדיניות מרכזי
11.....	יעילות הערכת ההשפעות הסביבתיות לאור מודל ביזור הסמכות במדינות שונות
14.....	מודל חלוקת (ריכוז) הסמכויות במדינת ישראל והשלכותיו
16.....	סקירת ספרות – הרגולציה הישראלית לגבי קידוחים בקרקע הים
17.....	מהי רגולציה
18.....	רגולציה סביבתית בישראל.....
22.....	סוגיית הרגולציה הסביבתית בישראל לעניין קידוחי גז ונפט
23.....	A Legal No Man's Land - או סוגיית העדר הריבונות הישראלית במים הכלכליים
26.....	החקיקה הישראלית בתחום הקידוחים אינה קובעת הסדרים לשם הגנה על הסביבה
29.....	חלוקת הסמכויות בנוגע להסדרה והפיקוח הסביבתיים בין משרד האנרגיה לבין המשרד להגנ"ס מכוח החקיקה הישראלית
30.....	חוסר בידע מקצועי בתחום הקידוחים בישראל שאינו מאפשר הצבת דרישות סביבתיות
31.....	סיכום ביניים לפרק הרגולציה הישראלית
32.....	סקירת ספרות – השוואת רגולציית הקידוחים במשפט הבינ"ל והמדינתי
32.....	מהו משפט משווה ומהי הרלוונטיות של משפט משווה למחקר?
32.....	הגנת הסביבה הימית בדין הבינ"ל – בדגש על המשפט המנהגי
35.....	הגנת הסביבה הימית בקשר לקידוחים באמנות נושאות
41.....	הרגולציה במדינות מובילות מהעולם
48.....	מסקנת ביניים מהסקירה המשווה
49.....	סקירת ספרות: הזווית הכלכלית לעניין רגולצית קידוחי הגז והנפט- הזווית הכלכלית
52.....	מדיניות סביבתית מבוססת תמריצים
53.....	מרכיבי המערכת הפיסקאלית במשק הגז והנפט הישראלי
55.....	מרכיבי המערכת הפיסקאלית בהשוואה למדינות אחרות
57.....	הביקורת הסביבתית על מרכיבי המדיניות הפיסקאלית
60.....	סיכום ומסקנות
61.....	השערת המחקר
61.....	שאלות המחקר
62.....	ביבליוגרפיה
70.....	נספחים.....

תמונות השער

– למעלה

An Oil Rig Offshore Vungtau, Taken on April 21, 2004, WIKIMEDIA Public Domain (Use is authorized for any Purpose);

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:An_oil_rig_offshore_Vungtau.jpg

– באמצע

Brazil - The first 100% Brazilian oil platform, the P-51 will produce about 180 thousand barrels of oil and 6 million cubic meters of gas per day when operating at full load, Taken on January 2, 2009, **WIKIMEDIA Commons** (CC, Some rights reserved);

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Oil_platform_P-51_\(Brazil\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Oil_platform_P-51_(Brazil).jpg)

– למטה

Burning Oil Rig Explosion, Taken on April 29, 2010 by **Visionshare** (CC, Some rights reserved);

<http://www.flickr.com/photos/visionshare/4563650519/>

תודות

נבקש להודות למורנו בקורס, פרופ' אביטל גזית, על הנחייתנו, "צעירי האקדמיה", בפתח דרכנו המחקרית ;
למנחה הקבוצה, מר דורון שולץ, על תרומתו מניסיונו ועל הנחייתו הבלתי מתפשרת והמקצועית בגיבוש נושא
המחקר, מטרותיו, השערותו ושאלתו ;
למר אלון אלירן, על עצותיו המועילות ועל הדוגמה האישית הסביבתית בכל מעשיו ;
וכמובן, ליתר המרצים והמדריכים, שהפיחו בידיעותיהם ובדבריהם חיים וצורה למושג שנתפש לעיתים רבות
"כדומם" – **הים**, מלא המסתורין והעוצמה, אשר הפלא הגדול ביותר בו, יש אומרים, הוא בכך שהוא עדיין חי
וסופג את שעולל לו האדם.

מבוא לפרויקט

עבודה זו מוגשת במסגרת הקורס 'פרויקטים בחקר הסביבה', אשר במהלכו נתבקשנו להציע הצעת מחקר בנושא המתאר יחסי גומלין בין ים אדם והשלכותיו על הסביבה. בעבודה זו בחרנו להתמקד בנושא קידוחי הגז והנפט בים התיכון והשפעותיהם על הסביבה, הקושר בטבעיות רבה בין שלושת המרכיבים ים-אדם-סביבה.

בשנים האחרונות נתגלו בשטחי המים שמול חופי ישראל מאגרי גז ונפט, כאשר לגילויים של מאגרים ישן השלכות כלכליות, בטחוניות, חברתיות וסביבתיות.

אין חולק, כי למדינת ישראל אינטרס ממשי בניצול המשאבים העומדים לרשותה, בביטחון ועצמאות אנרגטיים ובכספי התמלוגים. כל אלה הם אינטרסים רלוונטיים ולגיטימיים. אולם, אינטרסים אלה צריכים לבוא לידי איזון מול אלה שעניינם הגנה על הסביבה.

קידוח ימי (Offshore Drilling) הוא, לאמתו של דבר, מפעל תעשייתי פטרוכימי, ככל מפעל פטרוכימי אחר בישראל, עם זאת, הקידוח הוא מפעל יוצא דופן הואיל והוא אינו ממוקם ביבשה אלא בים, על ההשלכות המשפטיות, הסביבתיות והכלכליות המיוחדות הנובעות מכך.

בעבודה זו – ברמת הצעת המחקר וסקרי הספרות – בחרנו לבחון אספקטים שונים ברגולציה של נושא הקידוחים הימיים. הואיל ועבודה זו נכתבה על ידי ארבעה סטודנטים משלוש דיסציפלינות שונות – כלכלה, משפטים ומדעי המדינה, יש בה כדי להאיר את נושא הרגולציה של הקידוחים הימיים מזוויות שונות. בפרקי העבודה נסקור את משק קידוחי הגז והנפט בישראל, ולאחר מכן נבחן את המדיניות והרגולציה בקשר לקידוחים להפקת מקורות אנרגיה בים בארבעה תחומים ושלבים: **ראשית**, נציג את היבטי המדיניות בהפרדת סמכויות ובעריכת סקרי השפעה על הסביבה; **שנית**, נבחן את הרגולציה במשפט הישראלי ונעמוד על הפערים הקיימים בה במישורים שונים; **שלישית**, נסקור את מקורות המשפט הבין לאומי והמשפט המשווה המדינית הנוגעים לקידוחים; וכן, בשלב **רביעי**, נסקור את המדיניות הפיסקאלית לנושא הקידוחים בישראל ובעולם.

רקע – קידוחי גז ונפט בישראל

משק האנרגיה בישראל – לאור תגליות העשור האחרון

משק האנרגיה הוא המשק הכולל את סך המקורות והשימושים במשאבים המהווים בסיס להנעת הכלכלה ואורח החיים האנושי המודרני.

הצריכה הישירה של אנרגיה משמשת ומומרת להנעה, חימום, קירור, הקרנה ויצירת גלים בכלל תחומי החיים המוכרים לנו: ייצור חשמל, תעשייה, תחבורה, חקלאות, מאור ועוד. מקורות האנרגיה כוללים כרייה ושאיבה של דלקים מחצביים (נפט, גז טבעי ופחם), ניצול של אנרגיות מתחדשות (אנרגיה סולארית, תרמית וכו') ושימושים ראשוניים ומשניים באנרגיה אצורה או מונצלת.

הדלקים המחצביים, ובעיקר בצורות הנפט, הפחם והגז, משמשים הן בתור מרכיב העיקרי בהפקת אנרגיה לצרכים שונים והן כחומרי גלם. כך למשל, נפט, על תזקיקיו השונים, משמש הן כחומר גלם בתעשיית הפלסטיק והן כדלק להנעה של רכבים או של מכונות וטורבינות. התפישה הרווחת כיום גורסת כי לא קיים תחליף ריאלי לדלקים מחצביים; משמעות הדבר היא תלות ישירה של משק האנרגיה המודרני ביכולות, בטכנולוגיות ובקצב ההפקה של דלק.

הצרה היא, שרמת צריכת האנרגיה של האדם עולה על קצב ההתחדשות הטבעי של המשאב – המין האנושי ניצל את מרבית המאגרים הנגישים לו באופן מיידי, וכיום נדרש למחצבים שנגישותם קשה יותר, מורכבת ויקרה יותר ואף מסוכנת יותר מבחינה סביבתית ובטיחותית.

אחד האפיקים המרכזיים להפקת האנרגיה במצבו הנוכחי של המשק הגלובלי הוא באמצעות קידוחים להפקת מקורות אנרגיה – גז ונפט.

משק האנרגיה הישראלי, על אף הפוטנציאל האפשרי בו להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים, אף הוא נסמך על גז ונפט, כמשאבים עיקריים ומסורתיים, לצורך הפקת האנרגיה הנדרשת לו.

עד לעשור האחרון, ישראל נסמכה לחלוטין על ייבוא גז ונפט; השימוש במחצבי אנרגיה קרובים והיווצרות התנאים המאפשרים להסתמך עליהם ולראותם מקור אמין ויציב לאספקת אנרגיה למשק הישראלי, ובפרט בגז, החל לאחר סדרת תגליות שאירעו בשנות התשעים למאה הקודמת ובעשור האחרון.

עיקר ההתפתחות אירע במקביל לעליות חסרות תקדים בעלויות ההפקה, השינוע והרכישה של גז ונפט ובמקביל לתקריות שונות שפגעו באספקתו של גז טבעי שישראל שינעה ממצרים, כאשר החל מ-2009 מספר שותפויות ישראליות, במעורבות תאגידיים בין לאומיים שונים, הודיעו על גילויים של סדרת מאגרי גז ונפט (בעיקר גז) בים התיכון, במים הכלכליים הסמוכים לחופי מדינת ישראל. גילויים אלו, במרחקים ועומקים שלפני מספר שנים לא רב יחסית נחשבו ללא רלוונטיים בקנה המידה הישראלי, היוו "טלטלה" משמחת במשק האנרגיה הישראלי.

ברם, יחד עם השמחה על התגליות – שהיקפן נאמד בכ-800 BCM (עת פורסם דו"ח ועדת צמח)¹, הסתבר כי הדרך להפקת הנכונה, הבטוחה והיעילה ארוכה, ושאלות רבות עוד אופפות אותן בהקשרי המדיניות, החברה, הכלכלה, הביטחון והסביבה. למרבית השאלות, מעצם החידוש שבדבר, כמו גם בשל מיקומם, מאפייניהם והשפעותיהם של מיזמי הפקת המחצבים בלב הים, טרם נמצאו תשובות המוסכמות על הכל, ודומה כי לרשויות המדינה השונות – הכנסת, הממשלה ובתי המשפט – עבודה רבה בהסדרתן של המדיניות והרגולציה הנדרשות בכל הנוגע לקידוחי הפקת מקורות האנרגיה בים.

עם זאת, המשק והתעשייה כמובן אינם ממתנינים, ומהלכים נרחבים שנועדו להתאים תחבורה ותעשיות שונות לשימוש בגז יוצרים צפי להיקף שימוש הולך ועולה מתוך תמהיל הדלקים של מדינת ישראל עד שנת 2015².

השפעות סביבתיות של הפקת גז ונפט ממעמקי הים (בקליפת האגוז) 3

גז ונפט שייכים למשפחת הדלקים הפחמימניים. זהו חומר אורגני שחומם ונלחץ במשך מיליוני שנים, תוך שהוא נכלא בין שכבות וקמרים גיאולוגיים בעומקים שונים של הקרקע. דלקים פחמימניים נשאבים כיום מהאדמה, באמצעים מכאניים, ועוברים תהליכים שונים של טיפול, זיקוק והובלה עד לשימוש בהם, בעיקר בשריפה.

הגז הטבעי מורכב לרוב מתערובת של גזים שונים שהמרכיב העיקרי שבה הוא מתאן – גז נטול ריח, צבע וטעם, אשר נוצר במנגנון דומה לזה שבו נוצר הנפט. לגז הטבעי שריפה "נקייה" יותר ביחס לדלקים אחרים (פחם ונפט) ורמת פליטת החלקיקים שלו נמוכה ביותר⁴. צפיפותו של הגז הטבעי נמוכה יותר מזו של האוויר ועל כן הוא מוגבל בשינוע ודורש בקרה וניסות מתמיד של לחצים; יתרונו המרכזי של הגז הטבעי טמון במגוון השימושים האפשריים שלו. בין היתר, הוא משמש להפקת חשמל, ליצירת חום בתעשייה, להפקת דשנים בחקלאות ואף כחומר גלם ביצירת ניילון וגומי סינטטי. בה במידה, הגז יכול גם לשמש לתחבורה או לחימום מבנים, והוא מתומחר במחיר זול משמעותית מדלקים אחרים, בפרט, אם הוא מוזרם במרחקים גיאוגרפיים קצרים יחסית ולא כרוך בשינוע למרחקים. יתרונותיו הסביבתיים, הכלכליים והשימושיים של הגז הקנו לו מקום מרכזי בשוק האנרגיה.

ככלל, תהליך הפקתם של גז ונפט נעשה בשלושה שלבים עיקריים:

¹ הכוונה לוועדה שהקימה ממשלת ישראל, בראשות מר שאול צמח ובחברות פרופ' יוג'ין קנדל, פרופ' דיוויד גילה ואחרים, ואשר פרסמה ב-2012 את "דו"ח המלצות הוועדה הבינמשרדית לבחינת מדיניות הממשלה בנושא משק הגז הטבעי בישראל" (2012) (להלן: "דו"ח צמח").

² ראו בדו"ח צמח.

³ דו"ח אט"ד – מאגר תמר

⁴ פרופ' ניר בקר, ד"ר ורד בן-שלמה, ד"ר אריה ונגר, עו"ד דנה טבצ'ניק (2011), דו"ח אדם טבע ודין- השפעות סביבתיות של קידוחי הגז- מאגר תמר כמקרה מבחן. (להלן: "דוח אט"ד-מאגר תמר")

א. השלב הראשון, מכונה גם "במעלה הזרם" (Upstream), כולל חיפוש והפקה של הנפט ושל הגז הטבעי, איתור השדות מתחת לפני הקרקע בעזרת סקרים סיסמיים והערכות גיאולוגיות שונות, קידוח ניסוי לבחינת הימצאות המשאב והפעלה של באר מסחרית.

ב. השלב השני, מכונה גם "באמצע הזרם" (Midstream), כולל עיבוד, אחסון, שינוע ושיווק של החומרים הגולמיים.

ג. השלב האחרון, מכונה גם "במורד הזרם" (Downstream), כולל זיקוק ועיבוד החומרים בדרגות ובדרכים שונות, עיבודי תעשייה פטרוכימיים, שינוע לנקודות ההפצה והשימוש וכיוצא באלו.

מכיוון שהשלב הראשון הוא השלב העיקרי בו ישנו ממשק אדם-ים-סביבה, נתייחס בעבודתנו רק לשלב הראשון, ה- Upstream, של התהליכים המתבצעים בים.

מכל מקום, לשימוש בכל מקור אנרגיה יש השפעה ועלות סביבתית, בין אם בתהליך ההפקה, בזמן הקמת התשתיות או בעת השימוש במשאב.

לפני שנסקור את ההשפעות הסביבתיות של קידוחי הגז ושל הגז עצמו יש להגדיר, ראשית, מהי סביבה לעניין זה. סביבה הנה מכלול התנאים החיצוניים שיכולים להשפיע או להיות מושפעים מפעילותו של מתקן הקידוח, לרבות התווכים השונים לזרימה ושינוע של חומרים (מים, אוויר וקרקע), המערכת האקולוגית (חי וצומח) והמערכת האנושית (בטיחות בעבודה, בריאות, כלכלה וכו').

להלן נציין 6 השפעות ופגיעות אפשריות בסביבה, ובפרט בסביבה הימית, העלולות להיגרם אגב פעילות של קידוח לשם הפקת גז ונפט (Offshore Drilling). מן הראוי להבהיר, כי בסקירה זו של מגוון ההשפעות הסביבתיות של מתקני קידוח להפקת מקורות אנרגיה מן הים, נבחין בין השפעות הנובעות מפעילות הסקירה, האיתור, הקידוחים המוקדמים, וההקמה של אתר הקידוח לפי סדרה הכרונולוגי (חיפוש, קידוח, הפעלה וכו') לבין השפעות הנובעות מאירועים הנגרמים תוך כדי הפעילות, החל מאירועים חריגים או נזקים סביבתיים מינוריים אך מתמשכים, ועד לתאונות, דליפות חמורות ותקלות הגורמות לנזק חמור, כדי הרס תשתיות המתקן וסביבתו הרחבה. דרך נוספת לסיווג ההשפעות הסביבתיות השליליות, הינו לפי קריטריונים של חומרת ההשפעות השליליות (הרג, הרעלה, חולי, מטרד), מדרג הפגיעה שלהן (ישיר או עקיף, לבעל חיים או לצמח, או פגיעה במדרגות רחוקות יותר במרקם האקולוגי), היקפן במרחב הגיאוגרפי ומשכן בזמן⁵.

א. **סקרים ומבחני קידוח תת מימיים** – ההשפעה העיקרית של תהליך זה היא יצירת סביבה רועשת. ההשפעה מורגשת בעיקר לעומק וברדיוס של עד 20 ק"מ בהתאם לאופי ולמשך הבדיקה. הדאגה העיקרית ממהלך כזה הנה בעיקר לאזורי השרצה (והתפתחות הדגה בקשר ישיר לכך), ציפורים ויצורים מימיים המשתמשים בגלי הקול כאמצעי תקשורת, ניווט וצייד. המידע בנוגע לפגיעה זו מוגבל.

⁵ להרחבה, עיינו אצל Patin, S. A. "Assessment of anthropogenic impact on marine ecosystems and biological resources in the process of oil and gas field development in the shelf area." *Water Resources* 31, no. 4 (2004): 413-422.

ב. **פליטות מזהמים בתהליכי ההפקה** – תהליכי ההפקה יוצרים, בין היתר, האטה בקצב הגידול והרבייה של דגים, צדפות וקונכיות למיניהן, הפרעה לכושר ההתמקמות של שוכני הקרקעית, ירידה בכושר החיסוני של בעלי חיים, הרעלת מתכות כבדות ושינוי בריכוזי מלחים שיכולים להיות קטלניים למערכת האקולוגית.

פליטות אלו כוללות:

1. דליפות בלתי מתוכננות במהלך הקידוח ובהובלה;
 2. פליטה מזהמת של פסולת קידוח, שאריות של בוץ וחומרי חיתוך למיניהם;
 3. מים שנפלטים ממאגרים וכוללים חומרים הידרו-קרבונים וכימיקלים אחרים, מלחים בריכוז גבוה ואף יסודות רדיואקטיביים;
 4. שימוש בחומרי נפץ וכימיקלים המתפשטים במים במהלך הקידוח (חומרי סיכה, חומרים שמגנים על הציוד וכו');;
- ג. **תאונה, "מגה-דליפה", פיצוץ וקריסה של אסדה** – אלו הם אירועים חריגים ונקודתיים אך רחבי היקף בהשפעתם. אירועים מסוג זה מתרחשים מדי מספר רב של שנים, אך הנזק הנגרם מהם גדול משמעותית מהנזק הכרוני הנגרם באופן שוטף מהפעילות השגרתית. ארועים אלו כוללים לרוב גם הרג של בני אדם, זיהום חופים, מוות של אלפי בעלי חיים וקריסת מערכות אקולוגיות (עופות וציפורי ים, צמחים, קונכיות, דגים, יונקים ימיים ועוד).
- ד. **סיכונים סביבתיים ייחודיים לגז הטבעי:**

1. זיהום אטמוספרי כתוצאה מבערה על האסדה (כ-10% מהגז נשרף על האסדה באמצעות לפיד שנועד לנטרל רעלים, ובעיקר מתאן);
 2. דליפת גז למים (מהקידוח או מצינורות ההובלה) עלולה לגרום לתמותה של הדגה ושל אורגניזמים נוספים כמו גם לתסחיפים אצל דגים שונים (גורם בעיקר לבקעים בעיניים ושינויים פתולוגיים)
- ה. **השפעה ייחודית של מיקומו לאגן הים התיכון** – הים התיכון מהווה אגן סגור, שקצב הערבול שלו עם האוקיינוסים איטי יחסית. בנוסף, עומק המים בים התיכון רדוד יחסית. מרכיבים אלו פירושם ריכוזים גבוהים יותר והשפעה רחבה יותר של זיהום אפשרי, שכן במקרה של אסון רציני עלול להתרחש זיהום של המזדיום הימי לעומקו ולרוחבו. בנוסף, מדינות רבות שחופיהן בים התיכון יושפעו מפגיעה כזו או אחרת, באופן שעלול לגרום משמעות מדינית, ביטחונית וכלכלית כבדה. בישראל, נוספת סכנת רעידות האדמה בשל מיקומה על גבי השבר הסורי-אפריקאי והסתמכותה ההולכת וגוברת על מתקני התפלה (זיהום עלול לפגוע באורח חמור בהספקת המים לישראל).

1. **פגיעה במערכת האנושית** – אירועי אסון, כמו גם אירועים שוטפים "חריגים", עלולים להשפיע הן על בריאותנו והן על כלכלתנו. בין אלו ניתן למנות את הרעלת המזון שאנו אוכלים, את זיהום האוויר והמים, מחלות כרוניות קשות, פגיעה בפוריות, מוות במקרי אסון, פגיעה בענף הדיג כענף כלכלי ואף פגיעה בביטחון המדינה (הן בקשר למשק האנרגיה והן בכלל) במקרה של אסון.

הבעיה המרכזית בנושא ההשפעות הסביבתיות של הקידוחים היא שבהיעדר נתונים מחקריים הנאספים לאורך שנים, לצד פיקוח הדוק, רב הנסתר על הגלוי – וכך הוא צפוי להישאר, בכל הנוגע לתוחלת הנזקים (עלות וסיכון). כיום, איננו יודעים לאמוד ולנטר באופן מלא את אופי והיקף הנזקים וההשפעות כמו גם את יכולת ההשקמות של המערכת האקולוגית ואיננו יודעים בוודאות מה ניתן לעשות על מנת לצמצם ולמנוע השפעות אלו.⁶

לנוכח אופיין החמור של חלק מההשפעות המתוארות מעלה, דומה כי התעלמות מההשלכות עלולה להמיט קטסטרופה על מי שלא ינהוג זהירות בפעילותו לקידוחים להפקת מקורות אנרגיה בים. הסביבה הימית, אף כי דומה לחסינה מפני נזקים, רגישה ביותר ופגיעה בה מתפשטת במהירות ובקלות רבות. בהתאם, יש אף לחשוש לפגיעה שיטתית בסביבה ובבני האדם ויתר האורגניזמים המצויים בה או בקרבתה בעת פעילות חיפוש או שאיבת גז ונפט מהים.

⁶ יחד עם זאת, כפי שכבר צוין לעיל, קיימים מספר יתרונות סביבתיים לשימוש בגז טבעי כמו גם לביצוע של קידוחים ימיים שחשוב לקחת בחשבון. קידוחים ימיים, מעצם מיקומם בעומק הים, מונעים בעיה של ניצול עתודות קרקע שהנה חמורה מאוד במדינת ישראל. השימוש בגז הטבעי זול יותר ונקי יותר משימוש בנפט ובפחם בצורותיהם השונות ותורם רבות לצמצום זיהום האוויר שאנו נושמים כמו גם הקטנת תלות משק האנרגיה שלנו במקורות חיצוניים

סקירת ספרות – מדיניות סביבה

(קרן הרפז)

הערכת השפעות סביבתיות ככלי מדיניות מרכזי

בטרם נביט על הרגולציה, מן הראוי לעמוד על המדיניות הסביבתיות והציבורית המנחה אותה, שכן על פי רוב ובצורתה הנכונה, הרגולציה באה ליישם את המדיניות.

המדיניות הציבורית ברחבי העולם עוברת תהפוכות על מנת להתאים את עצמה לעידן בו המידע זורם בחופשיות לאזרחים ועל מנת שתוכל לעמוד בקצב התשומות לגבי המערכת הממשלתית. בעידן בו לא ניתן יותר להסתיר דבר התשומות כלפי המערכת הממשלתית במדינות מערביות נובעות מדרישות הולכות וגוברות לצדק חלוקתי וסביבתי.

כך, בשנות השבעים, בשיא עוצמתן של התנועות הסביבתיות, נולדה שיטה חדשה להערכת פרויקטים לאומיים. ה-EIA (Environmental Impact Assessment) או בתרגום חופשי "הערכת השפעות סביבתיות", הנו כלי בעל מנדט חוקתי במדינות מסוימות שנועד לסייע בתהליך קבלת החלטות, כאשר עולים לסדר היום פרויקטים חדשים או משמרים. השיטה התפתחה ב-1970 בארצות הברית תחת ממשל ניקסון וכחלק מהתוכנית הלאומית להגנת הסביבה. ההנחה הייתה שיש לבחון כל תוכנית מדינית חדשה גם מנקודת המבט הסביבתית. לתוכנית חמישה שלבים אשר הכרחיים להצלחתה⁷ (Garb, Manon and Deike 2007).

השלב הראשון בתוכנית הוא שיקוף התהליך וקבלת החלטה בשאלה האם קיימים בפרויקט מוצע אלמנטים שעלולים לפגוע בסביבה. אלמנטים אלו משתנים בין מדינה למדינה כך שלחלק מהמדינות שאימצו את התוכנית יש קווים נוקשים יותר לקביעה האם קיימת פגיעה סביבתית ולאחרות קווים מקלים יותר.

השלב השני הוא ריכוז תוצאות המחקר על עקרונות המפתח של הפרויקט המוצע ברמת הפרטים, קביעת הגבולות הגיאוגרפיים של ההשפעה וקביעת סולמות ערכים להשפעה. שלב ריכוז ההשפעות הינו שלב שבו ממשלות בוחרות האם לשתף את הציבור והוא תלוי באופן האימוץ של המדינות את התוכנית להערכת השפעות סביבתיות.

בשלב השלישי בתוכנית מגדירים חלופות ביצוע ואומדים את ההשלכות הסביבתיות שעלולות להיגרם כתוצאה מהוצאה לפועל של הפרויקט בכל אחת מהדרכים ממשלתי מסוים. שיטות המדידה הן גם כמותיות וגם איכותניות על מנת למדוד השפעות סביבתיות וחברתיות כאחד. מודלים של עלות-תועלת ועיקרון פארטו

⁷ Yaacov Garb, Miriam Manon, and Dieke Peters. 2007. Environmental Impact Assessment: Between Bureaucratic Process and Social Learning, in F Fischer, G Miller, MS Sidney (eds) **Handbook Of Public Policy Analysis: Theory, Politics and Methods**. Boca Raton : CRC/Taylor & Francis Pp 381-492.

הינם יעילים למדידת הכדאיות של פרויקט אם משתמשים בהם גם כדי למדוד את היעילות החברתית של האלטרנטיבות המוצעות לפרויקט.

בשלב הרביעי בתוכנית נערכת ביקורת על הפרויקט והבעת דעה לגבי האלטרנטיבות שהוצעו לפרויקט בשלב השלישי. הביקורת יכולה להתבצע על ידי וועדה ציבורית או על ידי שופטים מוסכמים כגון נציגי תנועות ירוקות ונציגי התעשייה.

השלב האחרון והחמישי מורכב משני שלבים. האחד, הערכת "צפי השלכות הסביבתיות" שהתבצעו במהלך התוכנית על ידי מעקב צמוד על תוצאות התוכנית להערכת השפעות הסביבתיות. השני, פיקוח על כך שהנכתב במסמכי הוועדות אכן מתבצע בשטח בסופו של דבר⁸.

הבנת התוכנית להערכת השלכות סביבתיות הינה שלב קריטי להבנת ביזור הסמכויות בין משרדי הממשלה וכפועל יוצא מכך את יכולתם של המשרדים לממש את שלבי התוכנית. מימוש אופטימאלי של התוכנית להערכת השלכות סביבתיות מותנה בכמה קריטריונים; מועד ההערכה של התוכנית צריך להיות לפני תחילת העבודות על פרויקט מסוים, כאשר הערכה לגבי התוכנית ניתנת בצורה כמותית ואיכותנית והיא בודקת כמה פרדיגמות. בנוסף נדרשת אובייקטיביות בשיפוט על מנת להבטיח יושר מקצועי. שיתוף הציבור לפני קבלת ההחלטה אם פרויקט יתבצע או לא ומעקב אחרי תוצאות ההערכה הסביבתית⁹.

יעילות הערכת ההשפעות הסביבתיות לאור מודל ביזור הסמכות במדינות שונות

על מנת להבין את החשיבות שביכולת לממש את הכלים להערכת השלכות סביבתיות נבחן חמש מדינות, אשר כל אחת אימצה בדרך אחרת את הכלים הללו להערכת השפעות סביבתיות ולקבלת החלטות: ארה"ב, דנמרק, נורווגיה, בריטניה וקנדה. מדינות אלו נבחרו, מאחר שבדומה למדינת ישראל מדובר במדינות מערביות ודמוקרטיות בעלות משטרים פיסקאליים דומים יחסית ואשר למודות ניסיון בנושא קידוחי גז ונפט ימיים. נבקש להראות בעזרת המבט על חלוקת הסמכויות במדינות אלו שבישראל מתקיימים מאמצים ליישם חלקים מהתוכנית אך מפספסים את התנאים שנקבעו להצלחת התוכנית. חלוקת הסמכויות בין משרדי הממשלה בכל אחת מחמשת המדינות מעידה על האופן בו מתממשת התוכנית להערכת השפעות סביבתיות באופן שונה מכל אחת מהמדינות ומה ניתן ללמוד מניסיוןן העשיר של מדינות הלמודות שנים רבות של קידוחי גז ונפט.

המדינה הראשונה שתיבחן הינה ארצות הברית. עד לאסון מקסיקו ב-2010, הייתה בארה"ב רשות אחת הממונה על קידוחי גז ונפט בים והיא ה-MMS (Mineral Management Service). כפחות מחודש לאחר האסון בחברת BP, מקנר סלזר, שר הפנים של ארצות הברית הודה כי פיקוח ואכיפה בכל הנושאים הסביבתיים יחד עם מתן היתרים וגביית תמלוגים הינן משימות סותרות המהוות ניגוד אינטרסים. כתוצאה מכך הוחלט על שינויים מבניים כגון הקמת רשויות פדראליות חדשות והפרדת מובנית בין הסמכויות השונות

⁸ שם.

⁹ שם.

על מנת לצמצם סיכון שייגרם מניגוד אינטרסים ולשפר את היכולות של ארצות הברית לתת מענה לסיכונים שבקידוחי נפט וגז בים (דו"ח אט"ד 2012, משק הגז הימי: מחדלים ופתרונות).

לאחר השינוי הפכה ה-MMS לרשות ששמה BOEMRE (Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement) וכן גביית התמלוגים הועבר לרשות חדשה – המשרד להכנסת תמלוגים ממשאבי טבע בפיקוח סגן מזכיר מדיניות ההנהלה ותקציב של משרד הפנים. נפתח משרד לבטיחות ופיקוח סביבתי האחראי לתקנות בקידוחים. המשרד מפוקח על ידי מזכיר אדמת הנהלת אדמות ומינרלים של משרד הפנים. והמשרד להנהלת אנרגיה ימית אחראי לפיתוח משאבי הטבע הימיים תוך דגש על שמירת הסביבה ואיזון כלכלי. כך ניתן לראות שלאחר המקרה המצער של אסון מפרץ מקסיקו בו נוצר כשל במימוש התוכנית להערכת ההשפעות הסביבתיות בעקבות אי עמידה בקריטריון האובייקטיביות ונעשה בדק בית על מנת שהמדיניות הציבורית תוכל לתת מענה לסיכום סביבתיים באופן אחראי יותר¹⁰.

מקרה נוסף הוא המקרה הנורבגי. היס הצפוני הוא מרכז עולמי בהפקת נפט וגז ונורבגיה היא בעלת העתודות הגדולות ביותר מבין המדינות שמפיקות גז ונפט באזור. בנורבגיה חלוקת הרשויות המופקדות על הפקת דלקים נוזליים מורכבות **ממשרד האנרגיה והנפט**, שאחראי להסדרת מדיניות האנרגיה; **תאגיד הנפט הנורבגי**, שמהווה זרוע ביצועית של משרד האנרגיה והנפט ואחראי לניהול משאבי האנרגיה תוך שמירה על הסביבה; **הרשות לבטיחות בענף הנפט בנורבגיה**, המתפקדת כגוף עצמאי האחראי לבטיחות בעבודה על אסדות הקידוח בענף ולטיפול במקרי חירום. כמו כן, מופקדת הרשות לבטיחות בענף על התקנת תקנות בתחומה. הרשות מפוקחת על ידי משרד העבודה על מנת לשמור על עצמאות העבודה של הגוף¹¹.

ההפרדה בין משרד האנרגיה לרשות לבטיחות בענף מבטיחה כי הערכות סביבתיות של בריאות העובדים יהיו אובייקטיביות ויבוצעו בצורה שמטיבה עם העובדים והצרכנים, דבר זה מתאפשר מאחר והתקנים נמצאים תחת הפיקוח של משרד העבודה. בנוסף, שינויים באופן הקידוח או יצירת מקומות קידוח חדשים יהיו חייבים לעבור את אישורם של שלושת הגופים מה שמאלץ את הממשלה לשקול בכובד ראש כל פרויקט חדש בתחום הקידוחים.

בבריטניה, הגוף המרכזי האחראי לשמירת הסביבה במהלך הקידוחים הוא **היחידה להיבט הסביבתי של קידוחי ים באגף לאנרגיה ושינויי אקלים** שפועל בשלושה מישורים- ניהול, פיקוח והתווית מדיניות. כל זאת, כאשר **האגף לניהול** אחראי ליישום החקיקה שמסדירה את קידוחי הנפט והגז בים וכמו כן את ההשפעות הסביבתיות של קידוחים אלה, **האגף לפיקוח סביבתי** ממונה על כלל הפעולות של קידוחי הנפט אשר להן היבט סביבתי החל מבדיקת שמנים ודלקים המשמשים לקידוח וכלה באכיפת מדיניות הפסולת באסדות הקידוח, **והאגף להתוויות מדיניות** אחראי לפיתוח מחקרים וקידום בתחום. מאחר שהאגף לאנרגיה ושינויי אקלים פועל בשלושה מישורים נפרדים על מנת להעריך את התועלת מקידוחי הגז והנפט נראה כי זוהי דרך

¹⁰דו"ח אדם טבע ודין. 2012. משק הגז הימי, מחדלים ופתרונות (להלן: "דו"ח אט"ד")
¹¹מרכז המחקר והמידע של הכנסת. 2011. **מניעת סכנות סביבתיות מקידוחי גז ונפט בים: בחינת אמצעי הפיקוח של הרשויות** (להלן: "דו"ח הממ"מ")

טובה להבטיח את יעילותה של התוכנית להערכת השפעות סביבתיות מאחר שכל מישור חולש על אספקט אחר בסביבה שעלול להיפגע החל מבטיחות וכלה במחקר והתוויית מדיניות¹².

בדנמרק, שגם היא כמו בריטניה ונורבגיה מפיקה נפט וגז בים הצפוני, יש שני גופים האמונים על ההיבט הסביבתי של קידוחי הנפט והגז בים. האחד הוא **המשרד להגנת הסביבה** של דנמרק והשנייה היא **הסוכנות הדנית לאנרגיה** שהיא חלק מהאגף במשרד לאקלים ואנרגיה האחראית לאכיפת המדיניות הסביבתית שהתווה המשרד להגנת הסביבה של דנמרק¹³. בחלוקת הסמכויות כפי שמתבצע בדנמרק נראה כי התוכנית להערכת השפעות סביבתיות יכולה להתבצע ומתבצעת עוד הרבה לפני שהאישור לקידוח בים ניתן מאחר שהסמכויות המלאות להיבטים הסביבתיים ניתנו למשרד שיוודע להעריך אותם בצורה הטובה ביותר, הרי הוא המשרד להגנת הסביבה. הסוכנות הדנית לאנרגיה אחראית לאכיפה הממשית של התנאים לקידוח מרגע שרישיון הקידוח ניתן ואושר.

בקנדה, הגוף המסדיר את קידוחי הנפט והגז הוא **מועצת האנרגיה הלאומית**, שהיא סוכנות פדראלית של הממשל המרכזי. המועצה אחראית להשפעות הסביבתיות בכל השלבים הקשורים לקידוח בים. כמו כן, היא מחויבת לדרוש תסקיר סביבתי לפני תחילת העבודות. נוסף על כך, פועלת **מועצת הקידוחים בים בנובה סקוטיה**, גם היא גוף פדראלי, האחראי להסדרת בטיחות עובדים, הגנת הסביבה, ניהול מקורות הנפט ועוד. מועצת האנרגיה הלאומית תפקידה לממש את התוכנית להערכת השפעות סביבתיות בזמן ובטרם ניתנו רישיונות לתור אחר גז ונפט בשטח הימי של קנדה¹⁴.

על מנת לתמרץ ולחזק את אכיפת הרשויות בתחום הסביבתי הקימה המועצה את התוכנית למעקב ואכיפה המנטרת את עמידתם של היזמים בדרישות סביבתיות. באזור ניופאונדלנד ולברדור ישנה מועצה נוספת שאחראית להסדרת קידוחי הגז והנפט באזורה. הפעילות של המועצה הזו מעמיקה יותר, בכך שהיא מחייבת את היזם והרשויות לבצע תרגילים לבדיקת ושיפור מוכנות במקרה של דליפת נפט או גז לים.

מסקירה זו בנוגע לקידוחי נפט וגז בים במדינות מערביות אחרות, נראה כי בכל שאר המדינות למודות הניסיון הוגדר גורם בלתי תלוי האמון על ההיבטים של השפעות סביבתיות הנוצרות כתוצאה מקידוחים. **נראה כי בחלוקת הסמכויות בין המשרדים כפי שנסקרו עד עתה ישנה אופציה טובה למימוש מלא של התוכנית להערכת השפעות סביבתיות שבאפשרותה למנוע תקלות שיחסכו זיהומים מיותרים לסביבה ובזבוז כספים לממשלה**. בבריטניה לדוגמה הניהול, הפיקוח והתווית המדיניות מנוהלים כולם תחת אותה סמכות ממשלתית אך ההגדרה של מטרות הסמכות הממשלתית הינה אנרגיה ושינויי אקלים. כלומר, האינטרס של המשרד המטפל הוא גם לפתח את משק האנרגיה וגם לתת מענה לבעיות סביבה.

¹²"דוח אטד"

¹³ישראל, מרכז המחקר והמידע 2011, מניעת סכנות מקידוחי גז ונפט בים.

¹⁴ישראל, מרכז המחקר והמידע 2011, מניעת סכנות מקידוחי גז ונפט בים.

מודל חלוקת (ריכוז) הסמכויות במדינת ישראל והשלכותיו

לעומת המצבים המגוונים שהוצגו לעיל, בישראל, מבנה הרשויות מותיר בידי משרד האנרגיה והמים את רובן המכריע של הסמכויות בכל הנוגע לקידוחי גז ונפט. גם בבריטניה משרד אחד מטפל בכלל ההיבטים של הקידוחים הימיים אך כפי שראינו שם המשרד מעניק לו אינטרס כפול בצד פיתוח משק האנרגיה, המשרד הבריטי לאנרגיה ושינויי אקלים מחויב לשמור על הסביבה. עם זאת כפי שמצוין באתר המשרד לאנרגיה האינטרס של משרד האנרגיה והמים מוצג בציטוט הבא על ידי הממונה על ענייני הנפט אלכס וורשבסקי "כתוצאה של תגליות גז ענקיות בשנים האחרונות, למדינת ישראל נוצרה הזדמנות היסטורית, כלכלית ואסטרטגית לניתוק מדינת ישראל מתלות באספקת אנרגיה ממקורות חיצוניים ולהפיכת המשק מקומי למבוסס גז טבעי שמשמעו הוזלת מחירי האנרגיה, הפחתת זיהום האוויר ופליטת גזי החממה. גז צפוי להיות מקור משמעותי להכנסות מדינה (2012)".

מכאן, שהאינטרס המרכזי של משרד האנרגיה הינו הרחבה של משק האנרגיה הישראלי על מנת ליצור עצמאות אנרגטית כאשר אין כל אזכור לצורך הקריטי בשמירה על הסביבה הימית. מבנה הרשויות בישראל מתיר בידי רשות הגז הטבעי תחת משרד האנרגיה שהוקמה עם חוק משק הגז הטבעי מ-2002 סמכויות רבות ביניהן; קביעת תוכנית אב למערך ההולכה, הכנת ומתן רישיונות בהתאם לחוק משק הגז הטבעי, פיקוח על בעלי רישיונות, בטיחות, קביעת תעריפים, תכנון אסטרטגי לטווח רחוק המבטיח גז טבעי רציף וקביעת הסדרים בין הגורמים השונים בשוק¹⁵. בנוסף לפי החוק הני"ל יש להתייעץ עם השר להגנת הסביבה בכל הקשור לקביעת תנאי רישיון והקמה של מתקני גז ולאחר מכן שר התשתיות רשאי לגרוע תנאים מהרישיון או להוסיף תנאים לאחר ההתייעצות עם השר להגנת הסביבה. פעילות הרשות מתבצעת על ידי שלושה גורמים: **מנהל רשות הגז** הממונה על ידי הממשלה לפי המלצתו של שר האנרגיה והמים. **מועצת רשות הגז הטבעי**, המייעצת לשר האנרגיה והמים ולמנהל רשות הגז הטבעי בתחומי הגז הטבעי על ידי קביעת אמות מידה ואישור תעריפי הולכה וחלוקה של גז לצרכנים. המועצה מורכבת מנציג שר האוצר, נציג מטעם שר האנרגיה והמים ושני נציגי ציבור. הגורם האחרון הוא **הממונה על הבטיחות במשק הגז הטבעי**, הממונה על ידי מנהל הרשות בהתייעצות עם המועצה. הממונה על הבטיחות אמון על בטיחות משק הגז בהתאם לחוק משק הגז הטבעי ולצווים הרלוונטיים. רשות הגז פועלת על מנת ליצור תנאים לפיתוח משק הגז הטבעי בישראל דרך המגזר הפרטי ועל ידי תחרות מוסדרת במשק הגז הטבעי בצורה שתפיק שירותים ברמה גבוהה ותאפשר השקעות עתידיות¹⁶.

בהמשך לחוק משק הגז הטבעי, עודכנו תקנות הנפט ב-2006 על מנת להסדיר את דרישות הממשלה מחברות התרות אחר נפט וגז בים התיכון. האחראי על הסדרת הקידוחים הוא משרד התשתיות דרך יחידת הנפט הממוקמת תחת מינהל אוצרות הטבע ושתפקידיה נגזרים מחוק הנפט. כפי שנאמר ויורחב בפרק הבא חוק הנפט אינו כולל תנאים סביבתיים להיתרי חיפוש וקידוח נפט וגז. יחידת הנפט אחראית על היתרים, רישיונות וייעוץ לשר. היתרים ופיקוח אחר תנאי ההיתרים נעשים בשלבי התכנון, הקידוח וההפקה.

¹⁵ אתר משרד האנרגיה-להוסיף קישור ותאריך כניסה אחרון
¹⁶ שם

במהלך הפיקוח משרד התשתיות מקיים קשר שוטף עם בעלי הרישיון ומקבל דיווחים על תוצאות בדיקות ומדגמים. האמצעי העיקרי שיש בידי משרד התשתיות לאכיפה בנושאים סביבתיים הוא תנאי הרישיון שדורשים עמידה בתנאים הקשורים לתוכנית עבודה. כאמור תנאי ההתקשרות נקבעים על בסיס חוק הנפט שאין בו התייחסות להיבטים סביבתיים. בתנאי הרישיון נדרש היזם לערוך מחקר על ההשפעות הסביבתיות על ידי שכירת חברה חיצונית. כלומר החברה שנשכרת לבדוק את ההשפעה הסביבתית אינה גוף בלתי תלוי אלא פועלת בעבור היזם ועל כן הדעת אינה מונחת כי תוצאות של מחקר כזה אינן מוטות.

ניתן לראות כי חלק משלבי התוכנית להערכת השפעות סביבתיות אכן בא לידי יישום בישראל. אפשר להצביע על שיקוף של בעיות סביבתיות בדרישה לתסקיר סביבתי ממבקשי רישיון ומועצת הגז משתפת בציבור בכך שהיא מכניסה נציגי ארגונים לשורתיה. בנוסף הפיקוח והבקרה על תנאי הרישיון נעשים תחת משרד התשתיות. אולם, בניסיון להבין האם התוכנית להערכת השפעות סביבתיות יכולה להיות מיושמת בצורה אפקטיבית בישראל יש לבחון עמידה בתנאים ההכרחיים למימושה. המדד הראשון הוא **תזמון שילוב התוכנית** להערכת השפעות סביבתיות, בישראל התגלית הראשונה הייתה ב-1999 שלוש שנים לפני חוק משק הגז הטבעי ולפני הקמת המועצה. כלומר התוכנית החלה להיות מיושמת אחרי שבפועל כבר קיימות השפעות סביבתיות. המדד הבא הינו **אובייקטיביות** בשיפוט. **כפי שראינו ישנו ניגוד אינטרסים בתפקידו של המשרד לאנרגיה ומים ולכן לא ניתן לומר כי יישום התנאי לאובייקטיביות מתרחש בישראל.**

שני תנאים נוספים הם **שיתוף הציבור** בנוגע לביצוע או אי ביצוע הפרויקט ו**מעקב אחר תוצאות התוכנית** בהנחה שהפרויקט יוצא אל הפועל. כפי שהראינו בתנאי הראשון, בישראל היתרים לסקירה וקידוחים ניתנו עוד לפני הטמעת התוכנית להערכת השלכות סביבתיות ולכן שיתוף הציבור יכול להיות מוטל בספק. בנוגע למעקב אחר תוצאות התוכנית להערכת השפעות סביבתיות, ניתן להניח שמתקיים אם כי יש מקום לבחון לעומק את רמת הביצוע.

כפי שציין שר הפנים האמריקאי בעבר קנט סלזר פיתוח משק האנרגיה ופיקוח ואכיפה על היבטים סביבתיים מהווה ניגוד אינטרסים (דו"ח אט"ד 2012, משק הגז הימי: מחדלים ופתרונות). בדומה לחתול ששומר על השמנת, הגוף שגובה את התמלוגים ומעניק את רישיונות הקידוח לא יכול להיות אמון במקביל גם על הפיקוח שכן, האינטרס של משרד האנרגיה בראש ובראשונה הוא הגדלת מאגרי האנרגיה של מדינת ישראל ושמירה על הסביבה נתפסת ואף עשויה בפועל להאט ולהגביל תהליך זה. ייתכן כי ביזור הסמכויות בין המשרדים בצורה שווה ולא באופן המתיר התעלמות מעמדתו של משרד הגנת הסביבה, יכולה להוליד שיתוף פעולה שיניב פיתוח של משק אנרגיה עצמאי לישראל יחד עם הרחבת הבטיחות הסביבתי מעבר למתרחש כיום.

אם כן, המצב בין הרשויות בישראל, בכל הקשור להסדרה ואכיפה של קידוחי גז ונפט בים התיכון, הוא שרוב האחריות נמצאת תחת סמכותו של משרד האנרגיה והמים. כך, נוצר מצב בו הגוף המנפיק את רישיונות החיפוש וההפקה אחראי גם על אכיפת אחריות סביבתית ללא כלים משפטיים ממשיים לצידו וללא משרד בעל אינטרס להגן על הסביבה עם משקל שווה מנגד. לקחי העבר ממדינות בעולם מעידים על כך שמבנה רשויות שכזה עלול להוביל לאסון. כך רוב מדינות העולם המערבי אשר מפיקות גז ונפט דוגלות ברשות נפרדת האחראית לסקירת ההשפעות של קידוחי גז ונפט וניטורן.

סקירת ספרות – הרגולציה הישראלית לגבי קידוחים בקרקע הים

(מאיה האוספטר)

מבוא

בשנים האחרונות נתגלו בשטחי המים הכלכליים שמול חופי ישראל מאגרי גז ונפט, כאשר לגילויים של מאגרים אלה ולהמשך החיפושים ישנן השלכות סביבתיות, כלכליות, חברתיות וסביבתיות.

מדינת ישראל הכירה בצורך בקביעת נורמות והסדרתם של היבטים סביבתיים בפעילויות עסקיות, מסחריות ותעשייתיות שונות (להלן: "מפעלים") בשטח ישראל וברבות השנים פותחה בישראל רגולציה סביבתית ענפה. בשנים האחרונות התאפיינה הרגולציה הסביבתית בישראל בהתפתחות מואצת, בין באמצעות אימוץ ויישום רגולציה סביבתית חדשה ומתקדמת ובין באמצעות עדכון חקיקה קיימת וקידום אכיפתה על ידי הרשויות השונות ובראשן המשרד להגנת הסביבה (להלן: "המשרד להגנ"ס").

עם זאת, נכון להיום, חקיקה זו אינה חלה ברובה על הקידוחים, וביחס לחקיקה אשר כן חלה עליהם נטען, בעיקר על ידי המשרד להגנ"ס, וארגונים הפועלים בתחום כגון אדם טבע ודין (להלן: "אט"ד"), כי אין בה כדי להוות מענה מספק להגנה על הסביבה. זאת, בעוד שמשרד האנרגיה והמים (להלן: "משרד האנרגיה") גורס כי בחקיקה זו מצויים כל הכלים הנחוצים להתמודדות עם האתגרים הסביבתיים הקשורים או העשויים לנבוע מפעילות הקידוחים.¹⁷ מסקירת הספרות והבדיקה שבוצעה נראה, כי יש טעם של ממש בדברי המשרד להגנ"ס ואט"ד, וכי ישנם פערים בין כלל הרגולציה הסביבתית בישראל והדרישות והמגבלות המוטלות מכוחה על התעשייה שבייבשה", לבין הרגולציה, המגבלות והדרישות הסביבתיות שמדינת ישראל החילה לעניין קידוחים ב"ים". פערים אלה עשויים להצביע על כך שההסדרה הסביבתית בישראל בכל הנוגע לקידוחי גז ונפט לוקה בחסר ועשויה להביא להשלכות בלתי רצויות מבחינה סביבתית, כלכלית וחברתית. סוגיות משפטיות – סביבתיות אלה ואחרות יבחנו בפרק זה להלן.

כן יצוין, כי בפרק זה הושם המוקד על הסוגיה הפחות "מתוקשרת" בנושא קידוחי הגז והנפט והיא סוגיית הרגולציה הסביבתית הישראלית על פעילות קידוחי הגז הטבעי והנפט בים התיכון במהלך שגרת הפעילות והטענה כי היא לוקה בחסר. יצוין, כי תחום זה חדש יחסית מבחינה משפטית ונמצא בראשית דרכו, כאשר הכתיבה והמחקר הקיימים בנושא נערכו בעיקר על ידי רגולטורים שונים וארגונים ועמותות הפעילים בנושא. אשר על כן, רשימת מקורותיי נסמכת בעיקרה על דו"חות ופרסומים שיצאו מאת גופים אלה, על דברי החקיקה הרלוונטיים ומעט על ספרות משפטית.

¹⁷ חיפוש והפקת גז טבעי ונפט בים, מצגת של משרד האנרגיה, כנס ירושלים לטבע וסביבה, 5.11.2012, בעמוד 6, מצ"ב בלינק: <http://www.teva.org.il/Uploads/dbsAttachedFiles/nisim.pdf>.

מהי רגולציה

בטרם נבחן את נושא הרגולציה הסביבתית, יש קודם כל לעמוד על משמעות המונח "רגולציה". לאמיתו של דבר, למושג 'רגולציה' אין הגדרה אחידה ומוסכמת בקרב העוסקים בתחום. המושג רגולציה משמש כמונח כוללני, המופיע במשמעויות והקשרים שונים המבטאים את מגוון שימושיו – ובין היתר ויסות, הסדרה, פיקוח, חוקים ותקנות.18 המושג 'רגולציה' זכה למספר פרשנויות, המרכזיות שביניהן נחלקות לפרשנות המונח במובן הרחב ופרשנות המונח במובן הצר. אלה המפרשים את המונח "רגולציה" במובנה הרחב, נוטים להתייחס אליה כאל "החוקים והתקנות המשליטים סדר ביחסי החליפין של סחורות ושירותים". במובן הצר, רגולציה נתפסת כ"תהליך או פעילות שבהם רשות שלטונית ביצועית דורשת, מונעת או אוסרת פעילות או התנהגות מסוימת של הפרט ו/או של מוסדות וארגונים, ועושה זאת באופן מינהלי מתמשך".19

כלומר, בעוד שעל פי ההגדרה במובן הרחב, כל חקיקה היא רגולציה ומטרה לכפות באופן חוקי כללי התנהגות מחייבים, על פי הפרשנות במובן הצר, הרגולציה אינה כוללת כל חקיקה באשר היא, אלא רק חקיקת משנה (תקנות) של רשויות ממשלתיות שמטרתן להצר ולהגביל את פעילותו של פרט או עסק כלשהו.

חשוב לציין, כי ההבדל בפרשנויות שניתנו למונח רגולציה איננו מהותי לצורכה של עבודה זו, והוא מובא כאן אך לשם הבהירות והכנסת הקורא לתוך העולם המשפטי. כפי שמתחייב מהמזב המשפטי הקיים בישראל, בעבודה זו התייחסנו לרגולציה במובנה הרחב, כלומר, ככוללת חוקים, תקנות והנחיות גם יחד.

על סמך שתי הפרשנויות המרכזיות למונח – במובן הרחב והצר – הציעו חוקרים הגדרות רבות לרגולציה. תהיה זו חריגה מגבולות עבודה זו לפרט את כלל ההגדרות המוצעות למונח, אולם למעשה אין בכל כל צורך, משום שניתן לאתר מבין ההגדרות השונות מספר מרכיבים משותפים, החיוניים להגדרתה הבסיסית של המונח 'רגולציה'. מרכיבים אלה יפורט להלן:

רגולציה מהווה פעולות של הסדרה, פיקוח ואכיפה שנועדו לכוון ולסוות פעילויות פרטיות בתחום או בשוק כלשהו ולפקח עליהן;

את הרגולציה עושה בדרך כלל סוכנות או רשות רגולטורית שהוסמכה לכך מתוקף חוק. לעתים רחוקות עושה את הרגולציה הממשלה עצמה. בנוסף, הרגולציה אינה חייבת להתבצע מטעם המדינה, אלא יכולה להיעשות גם מטעם גופים "חוץ-מדינתיים" כגון ברמה הבין-לאומית;

שלישית, הרשות הרגולטורית אינה קובעת מדיניות, אלא אחראית על הוצאה לפועל של המדיניות שקובעים משרדי הממשלה. הרגולטור הוא אמנם גוף מקצועי, אבל הוא כפוף להחלטות פוליטיות. אבחנה זו חשובה

¹⁸ שוריק דריישיץ, רגולציה – מה, איפה ומתי? מבט תאורטי ומשווה, פורסם באתר האינטרנט של המכון הישראלי לדמוקרטיה, גיליון 64, מרץ 2010, (להלן: "רגולציה – מה, איפה ומתי?") מצ"ב בלינק:

<http://www.idi.org.il/D7%A1%D7%A4%D7%A8%D7%99%D7%9D-%D7%95%D7%9E%D7%90%D7%9E%D7%A8%D7%99%D7%9D/%D7%A4%D7%A8%D7%9C%D7%9E%D7%A0%D7%98/%D7%92%D7%99%D7%9C%D7%99%D7%95%D7%9F-64/%D7%A8%D7%92%D7%95%D7%9C%D7%A6%D7%99%D7%94-%E2%80%93-%D7%9E%D7%94-%D7%90%D7%99%D7%A4%D7%94-%D7%95%D7%9E%D7%AA%D7%99-%D7%9E%D7%91%D7%98-%D7%AA%D7%90%D7%95%D7%A8%D7%98%D7%99-%D7%95%D7%9E%D7%A9%D7%95%D7%95%D7%94/>

¹⁹ אורי ארבל-גנץ בהנחיית דוד נחמיאס וידידיה שטרן, רגולציה- הרשות המפקחת, מחקר מדיניות 37, ירושלים: המכון הישראלי לדמוקרטיה, 2003.

במיוחד לענייננו, משום שיש בה כדי להגדיר ולתחום את המסגרת שבה עוסק פרק זה. הרגולציה והחקיקה אינם שקולים או זהים למדיניות שעומדת בבסיסם, אלא הם ביטויים הסופי של אותה מדיניות. פרק זה בעבודה עוסק בפן המשפטי של הרגולציה הסביבתית על הנושא הקידוחים ולפיכך, הוא אינו נוגע לתהליך גיבוש המדיניות, להחלטות הפוליטיות, או לשקלא וטריא המדיני עליו מבוססת בסופו של יום הרגולציה, אלא בוחן את הרגולציה עצמה.

רביעית, הרגולציה מתבצעת באמצעות חוקים תקנות (חקיקת משנה), הנחיות, הוראות, צווים וכיו"ב, שבאמצעותם הרשות הרגולטורית שואפת להשיג אחד או יותר מאלה: שמירה על קיום החוק, מניעת סטיות, הגנה על הפרט וכיו"ב;

חמישית, ברשות הרגולטורית פועלים בדרך כלל בעלי תפקידים מקצועיים שמומחים בתחום הרלוונטי;

שישית, במקרים רבים עלותה הכספית של הרגולציה אינה ברורה וחד-משמעית, שכן בעיקרה היא נועדה לקבוע כללי התנהגות במשק, ועלותם של כללים אלה אינה משתקפת בהכרח בתקציביהן של הרשויות הרגולטוריות או בתקציביהם של הגופים הנתונים לרגולציה.

לסיכום, רגולציה היא בעיקרה מנגנון של ויסות ופיקוח שמפעילה בדרך כלל המדינה, בין בעצמה ובין באמצעות גורמים שונים מטעמה, כלפי גורמים בשוק, אשר תפקידה, לפחות להלכה, הוא להגן על טובת הציבור.²⁰

רגולציה סביבתית בהקשר זה, הינה מערך החוקים, התקנות, ההוראות, ההנחיות והצווים שיצאו מאת גורמים מוסמכים שונים, המסדירים את ההיבטים הסביבתיים הקשורים בפעילויות עסקיות, מסחריות ותעשייתיות (להלן יקראו: "מפעלים") שהרגולציה הסביבתית חלה ביחס אליהן, ואת ההשפעות הסביבתיות הנובעות מהם (להלן: "רגולציה סביבתית"). הרגולציה הסביבתית בישראל קובעת סטנדרטים ונורמות פעולה מקובלות, מציבה תנאים ודרישות, ואוכפת את אותם סטנדרטים ודרישות לשם השגת המטרה של הבטחת התקינות "הסביבתית" של הפעילויות עליהן היא חלה.

רגולציה סביבתית בישראל

ענף המשפט הסביבתי בישראל מונה רשימה ארוכה של חוקים ותקנות שמטרתם הסדרה סביבתית.²¹ אלה, יחד עם הנחיות, הוראות ונהלים שקבעו רגולטורים שונים מהווים רגולציה סביבתית מקיפה אליה כפופים מגוון מפעלים במדינת ישראל אשר פעילותם כרוכה ביצירת השפעות סביבתיות. החקיקה הסביבתית בכללותה, כפי שהתפתחה בישראל, מסדירה במספר מישורים עיקריים את ההיבטים הסביבתיים בפעולתם

²⁰ רגולציה – מה, איפה ומתי?

²¹ רשימה מפורטת של חוקים ותקנות הכלולים ברגולציה הסביבתית בישראל מופיעה במצגת שהועברה ביום העיון שנערך במסגרת הקורס ביום 28.1.2013, בפרק העוסק ברגולציה סביבתית של קידוחי גז ונפט בים התיכון, בשקף השלישי שכותרתו "המשפט הסביבתי בישראל-רשימה בלתי ממצה". יוער, כי אין ברשימה זו כדי למצות את כלל הרגולציה הסביבתית בישראל.

של מפעלים בישראל. בכל מישור הסדרה כאמור עשויים להכנס מספר רב של חוקים, תקנות וכו', ואלה אף עשויים להופיע ביותר ממישור אחד.²² להלן יפורטו מישורי ההסדרה בחקיקה הסביבתית הישראלית:

השפעת פעילות המפעל על הסביבה: החקיקה הסביבתית בהקשר זה נועדה לשם הפסקה, מניעה, הפחתה, צמצום, מזעור או שיכוך של השפעות סביבתיות, קיימות ועתידיות, אשר נבעו או נובעות מפעילויות שונות. רגולציה סביבתית מסוג זה מבוססת על בדיקה והערכה מקצועית של ההשפעות שיש לפעילויות נתונות על המדיומים השונים של הסביבה (אוויר, קרקע, מים, ים) ועל בריאות האדם, וקובעת, בין היתר, ספים וריכוזים מותרים של פליטות או העברות של חומרים לסביבה בהתבסס על ממצאי אותן הבדיקות המקצועיות שנערכו. הסדרים המשתייכים לסוג זה של הרגולציה הסביבתית הם למשל, **חוק אוויר נקי, התשס"ח-2008** (להלן: "**חוק אוויר נקי**")²³, המהווה מסגרת להסדרת איכות האוויר וצמצום פליטת מזהמים בישראל ומחייב מקורות פליטה מסוימים - מפעלים שהינם מקורות פליטה בעלי השפעה משמעותית על איכות האוויר, להחזיק בהיתרי פליטה²⁴, **חוק שמירת הסביבה החופית, התשס"ד-2004**²⁵ (להלן: "**חוק שמירת הסביבה החופית**") אשר מטרותיו הן, בין היתר, להגן על הסביבה החופית ולקבוע עקרונות והגבלות לניהול, לפיתוח ולשימוש בני קיימא של הסביבה החופית, ו**חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים, התשמ"ח-1988** (להלן: "**חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים**")²⁶, המטיל איסור על הזרמת שפכים והטלת פסולת לים (שלא על פי היתר הזרמה לים) והתקנות שהותקנו מכוחו.

מישור התקינות של הפעילות עצמה: בהיבט זה של הרגולציה נקבעו הסדרים אשר נועדו להבטיח כי את פעילותו התקינה של המפעל מבחינה בטיחותית והיותו בטוח הן לעובדים בו והן לסביבה, וכן נועד למנוע התרחשותם של תקלות, תאונות וסיכונים במפעל. הסדרים אלה קובעים תנאים שונים לעניין בטיחות בעבודה, לעניין האספקטיים והתפעוליים של המפעל, קובעים תקנים מסוימים לציוד והמכשור בו נעשה שימוש במפעל, עוסקים בציוד ונהלי כיבוי אש ושימוש ברעלים וחומרים מסוכנים ואופן אחסנתם, קובעים חובת הכנת נהלי פעולה למקרה חירום וכן קובעים חובות דיווח שונות (שיכולות להתייחס לכל אחד מהמישורים) של המפעל למשרד להגנת הסביבה וגורמים נוספים. הסדרים המשתייכים לסוג זה של הרגולציה הסביבתית הם למשל, **פקודת הבטיחות בעבודה [נוסח חדש], התש"ל - 1970**²⁷ והתקנות הרבות שהותקנו מכוחה הקובעות הסדרים שונים בנוגע לגיהות ובריאות תעסוקתית, לרבות חובות ביחס לאספקת ציוד מגן אישי לעובדים, הצבת התקני בטיחות שונים במקום העבודה וכיו"ב במטרה להגן על העובדים במפעל; **חוק החומרים המסוכנים, התשנ"ג-1983**²⁸ (להלן: "**חוק החומרים המסוכנים**") הקובע כי לכל עיסוק ברעלים

²² יצוין, כי מישורים אלה חלים במקביל זה לזה ובצירופים שונים ביניהם. כך למשל, אותו חוק יכול להוות הסדרה הקשורה במישור הזמן בהיותו מתייחס למועד מסוים בחיי המפעל ובה בעת למישור ההשפעה של המפעל על הסביבה.

²³ **חוק אוויר נקי**, ס"ח 2174, התשס"ח (31.7.2008), עמ' 752, סעיף 3

²⁴ **חוק אוויר נקי**, סעיף 17 והתוספת השלישית לחוק.

²⁵ **חוק שמירת הסביבה החופית, התשס"ד-2004**, ס"ח 1958, התשס"ד, בעמ' 540.

²⁶ **חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים, התשמ"ח-1988**, פורסם בס"ח תשמ"ח 1256, מיום 21.7.1988, בעמ' 118.

²⁷ **פקודת הבטיחות בעבודה [נוסח חדש], התש"ל-1970**, פורסמה בדיני מדינת ישראל, נוסח חדש מס' 16, התש"ל (30.8.1970), בעמ' 337.

²⁸ **חוק החומרים המסוכנים, התשנ"ג-1993**, ס"ח 1408, התשנ"ג (14.1.1993), בעמ' 28.

נדרש לקבל היתר רעלים מאת המשרד להגני"ס, וכן קובע הוראות בדבר ניהול ודיווח על אירועי חומרים מסוכנים, אחסנת רעלים, סילוק פסולת חומרים מסוכנים וכיו"ב.

מישור שגרת הפעילות: הרגולציה הסביבתית במישור זה קובעת את ההיתרים והרשיונות הסביבתיים בהם נדרש מפעל להחזיק כתנאי לפעילותו או כתנאי לביצוע פעולות שונות, ובין היתר, רשיון עסק בהתאם לחוק **רישוי עסקים, התשכ"ח-1968**,²⁹ הקובע חובת קבלת רישיון להפעלת עסקים שונים וכן מחייב עסקים להחזיק בסידורים נאותים למניעת דליקות בעסק ובסביבותיו, לרבות החובה להחזיק בצידוד, מתקנים וחומרים לכיבוי דליקות; היתרי פליטה בהם חייבים להחזיק מפעלים מסוימים לפי **חוק אוויר נקי**; היתר הזרמה לים בהתאם לחוק **מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים**; היתר רעלים בהתאם לחוק **החומרים המסוכנים** וכיו"ב. יצוין, כי לעיתים קרובות קבועים במסגרת רישיונות והיתרים אלה תנאים ודרישות ספציפיים לכל מפעל, אשר נקבעו על ידי גורמים שונים, לרבות המשרד להגני"ס, הרשויות המקומית וכיו"ב.

הסדרת פעילות המפעל בעת אירועי חירום: הרגולציה הסביבתית בהקשר זה מורכבת ממספר סוגים של הסדרים המיועדים להתמודד עם אירועי חירום בהיקפים ובדרגות חומרה משתנים. ישנם הסדרים הקבועים במסגרת נהלים פנימיים שמפעלים מסוימים נדרשים להכין מבעוד מועד ולהגישם למשרד להגנת הסביבה. נהלים אלה מפרטים את הצעדים בהם נדרשים המפעל ועובדיו לנקוט על מנת לשלוט באירוע חירום המתרחש לרוב במפעל ואשר היקפו מוגבל יחסית וניתן לשליטה באמצעים הקיימים במפעל. בנוסף, ישנם הסדרים הקבועים את אופן הפעולה של המפעל יחד ובנוסף לפעילותם של גורמי הצלה כגון הרשות הארצית לכבאות והצלה, צה"ל (בעיקר אך לא רק פיקוד העורף), משטרת ישראל וגורמים מיוחדים נוספים, לרבות יחידות ובעלי תפקידים במשרד להגנת הסביבה, הערוכים להתמודד עם אירועי חירום מסוגים שונים. סוגי האירועים בהם נדרשת מעורבותם של גורמים נוספים נקבעת בין היתר על פי סוג אירוע החירום והיקפו. אירועי חירום מסוג זה עשויים להיות בעת מלחמה, במקרה של פגיעת טיל במפעל העושה שימוש בחומרים מסוכנים, באירועי שריפה חמורים, דליפות של חומרים מסוכנים לאוויר, למים, לקרקע או לים בהיקפים גדולים, וכמובן באירועים חמורים של דליפות מקידוחים לים. בין ההסדרים המשתייכים לסוג זה של הרגולציה הסביבתית נציין את **חוק החומרים המסוכנים**, הקובע כאמור הוראות בדבר ניהול ודיווח על אירועי חומרים מסוכנים במפעל ואת **חוק ההתגוננות האזרחית, התשי"א-1951**,³⁰ אשר בפרק העוסק בחומרים מסוכנים קובע הוראות שמטרתן פיקוח על מפעלים מחזיקי חומרים מסוכנים אשר נדרשים למסור להג"א, בין היתר, מידע על אופן אחסון החומרים המסוכנים וארגון הבטיחות במפעל, אשר ישמש את הג"א לשם ניהול אירועי חירום (במסגרתם עשויים מפעלים להדרש, למשל, לצמצם את כמות החומרים המסוכנים המוחזקת בהם לשם הפחתת הסיכון הנובע מהם).

מישור המתייחס לשלבים השונים בחיי המפעל: הרגולציה הסביבתית בישראל עשויה לחול בכל "שלבי החיים" של מפעל, החל משלב התכנון, המשך בתהליך ההקמה ובפעילות השוטפת של המפעל בשגרה ובחירום וכלה בעת סיום פעילות המפעל וסגירתו. כך למשל, בשלב התכנון ועוד בטרם החל להיות מוקם המפעל,

²⁹ חוק רישוי עסקים, התשכ"ח-1968, ס"ח תשכ"ח מס' 537 מיום 16.8.1968, בעמ' 204.

³⁰ חוק ההתגוננות האזרחית, התשי"א-1951, ס"ח 71, התשי"א, עמ' 78 (94).

קובעים **חוק התכנון והבניה, התשכ"ה-1965**³¹ (להלן: "**חוק התכנון והבניה**"), ו**תקנות התכנון והבניה (תסקירי השפעה על הסביבה), התשס"ג-2003**³² (להלן: "**תקנות התסקירים**") שהותקנו מכוחו, מקרים מסוימים בהם חלה חובה על מגיש תוכנית לערוך תסקיר השפעה על הסביבה (EIA – Environmental Impact Assessment) ולהגישו למוסד התכנון בטרם וכתנאי לאישור התוכנית במוסד התכנון. תסקיר השפעה על הסביבה, הוא מסמך הסוקר את הקשר שבין תוכנית מוצעת לבין הסביבה שבה היא מיועדת להתבצע וכולל הערכות לגבי השפעות צפויות או חזויות של ביצוע התוכנית על אותה סביבה וכן פירוט האמצעים הדרושים למניעה או לצמצום השפעות שליליות של התוכנית על הסביבה. חובת הגשת התסקיר חלה, בין היתר, לגבי תוכניות הכוללות הקמתם של פרויקטים גדולים של תשתיות בעלי השפעות סביבתיות. כמו כן, מוסד התכנון הוזן בתוכנית רשאי לדרוש עריכתו של תסקיר השפעה על הסביבה גם במקרים בהם החוק והתקנות אינם קובעים חובה פוזיטיבית, וכאשר הוא סבור כי בביצועה של התוכנית המוגשת לאישור יש השפעה ניכרת על הסביבה.³³ אף ההקמה של מפעל עשויה להיות כפופה למפרט הנדסי ותנאים סביבתיים שונים שיקבעו בהיתר הבנייה שמכוחו מאושרת הקמתו, וכן הוא עשוי להיות כפוף להסדרים סביבתיים שונים אף בעת פעילותו של המפעל בשגרה כאמור.

בחינת מערך הרגולציה הסביבתית הקיימת ומישורי ההסדרה בהם פועלת החקיקה הסביבתית ביחס למפעלים בשטח ישראל למעשה מעידים מהם אותם תחומים בהם רואה לנכון המחוקק או הרגולטור הרלוונטי להסדיר מבחינה סביבתית. בחינה זו מלמדת אותנו על מגוון ההיבטים הסביבתיים בפעילותם של מפעלים בתחום ישראל לגביהם נתנה המדינה את דעתה (בין באמצעות המחוקק או כל גורם רגולטורי מוסמך אחר), כן ניתן לקבל מושג ברור אודות ההיבטים הסביבתיים אותם בסופו של דבר בחרה מדינת ישראל להסדיר, ולפיכך, הרי שניתן להסיק מכך לגבי אותן ההשפעות הסביבתיות שנלקחו בחשבון והיוו מקור לדאגה לדעת הרגולטור וכן ללמוד איזה אמצעי רגולטיבי נותן מבחינתה של מדינת ישראל מענה הולם לסוגיות, להשפעות ולהיבטים הסביבתיים שהיא ראתה לנכון ל'משטר'.

במילים אחרות, סקירת הרגולציה הסביבתית בישראל מבהירה מה מקובל ונהוג בישראל להסדיר מבחינה סביבתית, על מה נוהגים לאסור, מה מתירים, עד איזו רמה, לגבי איזה מדיום, מהם הערכים המוגנים בחקיקה וכיו"ב.

לענייננו, הנושא המשמעותי ביותר שעולה מסקירת הרגולציה הסביבתית בישראל הוא שרבים מהאלמנטים הסביבתיים שהמחוקק הביע דעתו לגביהם והבהיר כי הם רלוונטיים וחשובים בעיניו, בעצם האקט של הסדרתם בחקיקה או רגולציה כל שהיא, אינם מופיעים בהסדרה הסביבתית החלה על מרבית פעילות הקידוחים בים התיכון.

מחד, חסר זה עשוי לנבוע משוני לגיטימי ורלוונטי בין פעילויות אחרות לבין פעילות הקידוחים, אשר גורם לכך שאין צורך או טעם אמיתי בהסדרת אלמנט סביבתי מסוים בכל הנוגע לפעילות הקידוחים. מאידך, חסר כזה

³¹ חוק התכנון והבניה, התשכ"ה-1965, ס"ח תשכ"ה מס' 467, מיום 12.8.1965, בעמ' 307, סעיפים 2 ו-1, 83 לחוק.
³² תקנות התכנון והבניה (תסקירי השפעה על הסביבה), התשס"ג-2003, ק"ת תשס"ג מס' 2246 מיום 30.6.2003 בעמ' 800.
³³ תקנות התסקירים, סעיף 2.

עשוי לנבוע מסיבות שאין מאחוריהן הצדקה עניינית אמיתית ולמעשה להצביע על קיומה של לקונה (חסר או פער) בחוק, אשר לשם הגנה על הסביבה נדרש להשלימו.

סוגיית הרגולציה הסביבתית בישראל לעניין קידוחי גז ונפט

כפי שהובהר לעיל, לפעילות קידוחי הגז והנפט, בשלב החיפוש, ההפקה והפעלת המאגר ישנן השפעות סביבתיות אפשריות שונות הנובעות, בין היתר, משימוש בכימיקלים במהלך הקידוח אשר מתפזרים במים, מתכות ותרופות כימיות שנסאבות יחד עם הגז והנפט ומופרדות מהם, דליפות גז ונפט בשגרה ובחירום, השפעות הנובעות מהקמת התשתיות והצנרת לשם ביצוע הפעילות או הובלת הגז והנפט, שריפת דלקים, פליטות לאוויר של גזי חממה, פחמן דו חמצני ועוד. לכל אלה השפעה פוטנציאלית על הסביבה הימית והחופית, על מתקני תעשייה אחרים העושים שימוש הקשור בים, על החי והצומח הימיים ובריאות הציבור.³⁴ כן יצוין, כי על אף שהפעולות להפקת נפט וגז והשלכות הסביבתיות של פעולות הקידוח והתקנת התשתיות דומות ככלל זו לזו, תוצאות דליפה של כל אחד מאלה לים עשויות להיות שונות מאוד מבחינה סביבתית, כלכלית וחברתית.³⁵ עם זאת, להימצאות פעילות קידוחים בים ולא ביבשה ישנן גם השלכות סביבתיות וחברתיות חיוביות, אשר עולות בקנה אחד עם מדיניות מדינת ישראל בכלל והמשרד להגנ"ס בפרט, בכל הנוגע להרחקת פעילות תעשייתית מסוכנת מריכוזי אוכלוסייה³⁶ ומתן מענה לבעייה התכנונית ההולכת ומחמירה של התדלדלות השטחים הפתוחים בישראל, שהינה מדינה בעלת משאבי קרקע מוגבלים ודלה במיוחד במשאב זה. כמו כן, לשימוש בגז הטבעי מיוחסים מספר יתרונות סביבתיים ביחס לדלקים נוזליים ומחצביים אחרים. כך, בין היתר, הגז הטבעי מזהם פחות ושימוש בו חלף דלקים אחרים יתרום להפחתת זיהום אוויר, להפחתת הפוטנציאל לזיהום מים וקרקע והפחתת הסיכון הנובע משינוע חומרים מסוכנים. בנוסף, העלויות וההשפעות החיצוניות בשימוש בגז הטבעי נמוכות משמעותית ביחס למקורות אנרגיה אחרים. עם זאת, השימוש בגז אינו משולל חסרונות הואיל והגז (וגם הנפט) הוא משאב מתכלה והשימוש בגז עדיין כרוך בפליטת פחמן דו חמצני.³⁷

השפעות סביבתיות בסדרי גודל דומים לאלה של הקידוחים עשויות לנבוע גם מפעילות תעשייתית הממוקמת ביבשה, ולמעשה מבחינה זו של ההשפעות הסביבתיות אין הבדל ממשי בין "מפעל" פטרוכימי הממוקם בים

³⁴ דו"ח אט"ד, משק הגז הימי, מהדלים ופתרונות, פורסם בחודש יוני 2012 (להלן: "דו"ח אט"ד") בעמ' 5-6, בלינק: <http://www.adamteva.org.il/Uploads/dbsAttachedFiles/gasreport.pdf>

איתי פידלמן, מרכז המחקר והמידע של הכנסת, מניעת סכנות סביבתיות מקידוחי גז ונפט בים: בחינת אמצעי הפיקוח של הרשויות, ³⁵

פורסם ביום 20.2.2011 (להלן: "דו"ח הממ"מ") מצ"ב בלינק: <http://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m02781.pdf>

³⁶ בפן זה של הרחקת פעילות תעשייתית מסוכנת מריכוזי אוכלוסייה ושימושים רגישים, פעילות קידוחים הימיים עולה בקנה אחד עם מדיניות המשרד להגנ"ס, כפי שבאה לידי ביטוי בחוזר מנכ"ל המשרד להגנ"ס בעניין מדיניות מרחקי הפרדה במקורות סיכון נייחים, מיום 12.6.2011. מטרתו של החוזר היא קביעת מדיניות כוללת לניהול הסיכונים הנובעים מהחזקה של מפעלים בחומרים מסוכנים. מדיניות זו מגדירה את המרחקים הנדרשים בין מקורות סיכון נייחים לבין מרכזי אוכלוסייה ומפרטת את אופן קביעת מרחקי הפרדה הראויים ואת האמצעים הנדרשים לשם יצירתם הן במצב תכנוני קיים והן בהליכי תכנון עתידיים. החוזר פורסם באתר המשרד להגנ"ס ומצ"ב בלינק: <http://www.sviva.gov.il/subjects/Env/HazardousMaterials/RiskManagement/Documents/hm-distance-policy.pdf>

³⁷ ד"ר שחר דולב, אלה נווה, הזדמנות גז: על החשיבות הציבורית בשימוש בגז טבעי בישראל ובמפרץ חיפה, הקואליציה לבריאות הציבור, פורסם בפברואר 2011.

לבין מפעל פטרוכימי במפרץ חיפה. במילים אחרות, קידוחי הגז והנפט הם מפעלים פטרוכימיים לכל דבר ועניין, אשר במקום ביבשה ממוקמים בים.

הואיל ועצם קיומה של פעילות הקידוחים נעשית מכוח הדין הישראלי, כפי שיובהר בהמשך, ניתן היה לצפות כי הרגולציה הסביבתית הישראלית והדרישות המוטלות מכוחה על פעילות הקידוחים הימיים תהיה זהה או כמעט זהה לרגולציה הסביבתית הישראלית החלה על מפעלים בסדרי גודל דומים הממוקמים בשטחה היבשתי של ישראל. אולם, לטענתם של המשרד להגני"ס ואט"ד, בפועל אין זה כך. טענת המשרד להגני"ס ואט"ד בהקשר זה היא, כי בפן זה של הרגולציה המשפטית - סביבתית ישנם הבדלים, שמשמעותם המעשית היא שנכון להיום החקיקה הסביבתית בישראל אינה חלה ברובה או בחלקיה הרלוונטיים על פעילות הקידוחים הימיים, בעוד שהחקיקה אשר כן חלה על פעילות הקידוחים אינה מהווה מענה מספק לשם המטרה של הגנה על הסביבה.

פערים אלה שבין כלל הרגולציה הסביבתית בישראל והדרישות והמגבלות המוטלות מכוחה על מפעלי התעשייה שב"יבשה", לבין הרגולציה, המגבלות והדרישות הסביבתיות שמדינת ישראל החילה לעניין קידוחים ב"ים", עשויים להצביע על כך שהסדרה הסביבתית בישראל בכל הנוגע לקידוחי גז ונפט היא חסרה ועשויה להביא להשלכות בלתי רצויות מבחינה סביבתית, כלכלית וחברתית. להלן יפורטו הפערים והסיבות לקיומם כפי שנטענו והוצגו בעיקר על ידי המשרד להגני"ס, משרד האנרגיה, ועמותת אט"ד וכן הדרכים והאמצעים שהציעו גורמים אלה לפתרון סוגיית הרגולציה הסביבתית על קידוחים ימיים.

A Legal No Man's Land - או סוגיית העדר הריבונות הישראלית במים הכלכליים.

בפרקים שלעיל סקרנו את החקיקה והרגולציה הסביבתית הישראלית ביחס לפעילות תעשייתית ככלל. כפי שהראנו, בישראל ישנה מסגרת רגולטיבית סביבתית מפותחת, ובשנים האחרונות אף חוקקו בישראל חוקים סביבתיים מתקדמים המציבים את ישראל בשורה אחת עם מדינות מפותחות בעולם מבחינת הגנה על הסביבה.³⁸ חרף קיומה של רגולציה סביבתית ענפה ומפותחת במדינת ישראל, בכל הנוגע להסדרה סביבתית של נושא הקידוחים התיכון נטען, כי לעניין זה אין רגולציה סביבתית מספקת.

טענה זו, אשר עשויה להידמות לרגע כסתירה, הינה למעשה טיעון משפטי מעט מורכב, אשר לפיו, סיבה מרכזית לפערים בהסדרה הסביבתית של נושא הקידוחים נובעת לכאורה מהעדר ריבונותה של ישראל בשטח המים הכלכליים, משעה שמדינת ישראל לא הכריזה על אזור המים הכלכליים כשלה כנדרש על פי הדין הבינלאומי. העדר הריבונות של מדינת ישראל בשטח זה מביא בתורו לכך שהדין הישראלי ובכלל זאת הרגולציה הסביבתית הישראלית, אינם חלים על שטח ימי זה, ומכאן שאינם חלים גם על מרביתם של קידוחי הגז והנפט להם העניקה מדינת ישראל זכויות נפט (כהגדרת המונח להלן) בים התיכון, הואיל וכפי שניתן לראות ממפת זכויות הנפט³⁹, מרביתם של הקידוחים מול חופי ישראל מצויים בשטח המים הכלכליים.

כך למשל חוק אוויר נקי כאמור לעיל וחוק הגנת הסביבה (פליטות והעברות לסביבה, חובות דיווח ומרשם), התשע"ב-2012, ס"ה³⁸ 2348, התשע"ב (1.4.12), בעמ' 238.

³⁹ מפת זכויות הנפט, אתר משרד האנרגיה, בלינק:

אולם, פורמלית, ישראל לא הכריזה על אזור המים הכלכליים שלה ומכאן שהחקיקה הישראלית ובכלל זאת הרגולציה הסביבתית עליה אמון המשרד להגני"ס לכאורה אינה חלה בשטח זה.

להימצאותם של הקידוחים באזורים ימיים שונים עשויה להיות משמעות רבה מבחינה משפטית ומבחינת סמכותה של מדינת ישראל לפקח ולהסדיר את אופן ביצוע הקידוחים מבחינה סביבתית ובטיחותית. זאת, משום שככל שהטיעון המשפטי של העדר הריבונות קונה אחיזה, הרי שלרגולציה הסביבתית הישראלית אין תחולה על מרביתם של הקידוחים הימיים ולפיכך קל יהיה להצביע על קיומם של פערים חמורים בהסדרה הסביבתית של הקידוחים הימיים.

אמנת האומות המאוחדות על חוק הים משנת 1982 (United Nations Convention on the Law of the Sea – UNCLOS, "אמנת הימים" או "אמנת הים") היא אמנה בינלאומית העוסקת, בין היתר, בזכויותיה של מדינה על אוצרות הטבע הנמצאים בחופיה. בין היתר קובעת האמנה את זכותה של מדינה להכריז על אזור כלכלי נלווה בים בו יהיו לאותה מדינה זכויות מחקריות וזכויות כלכליות בתחומי הדיג, הניצול והשימור של אוצרות טבע ובתחומים כלכליים נוספים.⁴⁰ בנוסף לאמור, אמנת הימים הגדירה אזורים ימיים שונים וקבעה לכל אחד מאלה משטר משפטי וימי שונה, על פי העיקרון לפיו ככל שהמים מרוחקים יותר משטח מדינת החוף, פוחתת שליטתה של מדינת החוף על אותם המים. כפי שיובהר להלן, על אף שישראל אינה חתומה על האמנה ואינה צד לה, האמנה נחשבת מנהגית וישראל פועלת על פיה בנושאים שונים.⁴¹

על פי אמנת הימים, מימיה של המדינה נחלקים למספר רצועות, על פי הגדרתם המשפטית⁴²:

מימי החופין (או מים טריטוריאליים) - רצועת חוף פתוח ברוחב 12 מייל ימי (כ- 22 ק"מ) הנמדדים מנקודת שפל המים בחוף.⁴³ המים הטריטוריאליים הם האזור הימי הסמוך ביותר למדינה ונחשבים לשטח ריבוני של ישראל. מדינת ישראל, על אף שכאמור אינה חתומה על האמנה, עיגנה את זכותה במים הטריטוריאליים במסגרת **חוק מימי חופין, התשי"ז-1956**.⁴⁴

אזור סמוך (או מים רציפים - contiguous zone) - על פי אמנת הימים, מדינות רשאיות, אך לא חייבות, להכריז על אזור סמוך המשתרע לרוחב של עד שניים עשר מיילים מעבר למים הטריטוריאליים, כלומר, עד 24 מייל ימי מקו החוף.⁴⁵ על פי אמנת הימים, האזור הסמוך אינו בריבונות מדינת החוף, אך מדינת החוף רשאית

⁴⁰ <http://energy.gov.il/Subjects/OilSearch/PublishingImages/PetroleumRights.jpg>; כפי שניתן לראות ממפה זו, מרבית הקידוחים להם העניקה מדינת ישראל זכויות נפט מצויים מעבר למים הטריטוריאליים.

⁴¹ **United Nations Convention on the Law of the Sea – 1982 (UNCLOS)**, מצ"ב בלינק:

http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf

⁴² רובי סיבל, **משפט בינלאומי**, המכון למחקרי חקיקה ולמשפט השוואתי ע"ש מיכאל והרי סאקר, האוניברסיטה העברית בירושלים, פקולטה למשפטים, מהדורה שנייה התש"ע – 2010, בעמ' 471.

⁴³ **משפט בינלאומי**, בעמ' 476-483; דו"ח הממ"מ, בעמ' 9.

⁴⁴ לאמנת הימים, סעיף 3; **משפט בינלאומי**, בעמ' 476.

⁴⁵ **חוק מימי חופין, התשי"ז-1956**, ס"ח תשי"ז 208 מיום 2.11.1956 בעמ' 2. סעיף 2 לחוק קובע כי ב"כל מקום בדין שנאמר בו, כי חלק מן הים הפתוח שעל חופי המדינה נכלל בתחומיה או חל עליו דין פלוני או סמכות לפי דין פלוני, ותחומו של אותו חלק לא נקבע או נשקבע במרחק שהוא פחות משנים עשר מיילים ימיים מנקודת השפל או מנקודה אחרת שבחוף – יהיה תחומו שנים עשר מיילים ימיים כאמור".

⁴⁶ **משפט בינלאומי**, רובי סיבל, בעמ' 482.

להפעיל באזור סמוך סמכויות הנחוצות לה על מנת למנוע הפרה של חוקיה ומנהגיה בנושאי מכס, כספים, הגירה ובריאות בשטחה או במים הטריטוריאליים שלה.⁴⁶

מים כלכליים (אזור כלכלי בלעדי - Exclusive Economic Zone), על פי אמנת הימים, מדינות רשאיות, אך לא חייבות, להכריז על אזור כלכלי בלעדי (EEZ) בים, המשתרע ברצועה של עד כ-200 מייל ימי מקו החוף, למדינה שהכריזה על אזור כלכלי בלעדי יהיו זכויות מחקריות וכלכליות בלעדיות לניצול כל אוצרות הטבע שבים ובקרקעיתו באזור הכלכלי הבלעדי, ולרבות דיג, נפט, גז טבעי ומינרלים וכן סמכויות בלעדיות להקים באזור מתקנים ואיים מלאכותיים.⁴⁷

המדף היבשתי (continental shelf) – המדף היבשתי הוא מושג גיאוגרפי המתאר את ההמשך הטבעי של קרקעית היבשה מעבר למים הטריטוריאליים, המשתרע מתחת לפני המים, בדרך כלל במורד רדוד עד לנפילה למעמקי הים. המשפט המנהגי הכיר בזכות המדינה החופית לנצל את קרקעית המדף היבשתי מול חופיה עד לעומק של 200 מטרים או עד לעומק הניתן לניצול, על פי קצר מביניהם, זכות זו כלולה כיום בזכות לאזור כלכלי בלעדי הכוללת את הזכות לנצל את קרקעית הים, כאשר גם למדינות אשר לא הכריזו על אזור כלכלי בלעדי שמורה הזכות לנצל את קרקעית המדף היבשתי עד למרחק של 200 מייל מקו החוף.⁴⁸

סוגיית התחולה של החקיקה הישראלית במים הכלכליים עומדת במחלוקת בין הגורמים המעורבים. לעמדתם של עו"ד אבי ליכט, המשנה ליועץ המשפטי לממשלה (כלכלי-פיסקלי) במשרד המשפטים והמשרד להגנ"ס, החוק הישראלי חל גם באזור הסמוך ובמים הכלכליים מכוח חוק השטחים התת-ימיים, התשי"ג-1953,⁴⁹ ולדידם אין מניעה משפטית מהחלת החקיקה הסביבתית הישראלית גם על הקידוחים הימיים.⁵⁰ בהקשר זה גורס המשרד להגנ"ס, כי עיקר הבעייתיות אינה גלומה במשפט הבינלאומי אלא דווקא במשפט הישראלי הפנימי, משום שחלקם של החוקים הרלוונטיים לנושא אינם מתאימים לצורך הסדרה סביבתית של פעילות הקידוחים מכוח הוראה מפורשת המחריגה את תחולתם במים הכלכליים (כגון **פקודת מניעת זיהום מי-ים בשמן [נוסח חדש], התש"ם-1980**⁵¹ החלה רק במים הפנימיים והטריטוריאליים של ישראל, **וחוק שמירת הסביבה החופית, התשס"ד-2004** שחל רק עד גבול מימי החופין) וחלקם האחר מיושן ואין בו התייחסות להיבטים סביבתיים של הפעילות.⁵² לשם הסדרת הסוגיה שקדו משרדי ממשלה שונים על קידום הצעת חוק האזורים הימיים (שבעניינה פורסמו מספר טיוטות בין השנים 2008-2011) (להלן: "**הצעת חוק אזורים ימיים**"), אשר, בין היתר, מציעה הגדרה מפורשת לאזור הסמוך והמים הכלכליים, הגדרה של רשימת הדינים שיחולו באזור המים הכלכליים וכן מציעה לערוך תיקון בחוק הנפט כך שיוטמעו בו הדרישות

⁴⁶ אמנת הימים, סעיף 33.

⁴⁷ אמנת הימים, פרק V; אמנת הימים, סעיף 60; משפט בינלאומי, בעמ' 482-483.

⁴⁸ משפט בינלאומי, בעמ' 483.

⁴⁹ חוק השטחים התת-ימיים, התשי"ג-1953, ס"ח תשי"ג 120, מיום 20.2.1953 בעמ' 53.

⁵⁰ דו"ח הממ"מ, בעמ' 10.

⁵¹ פקודת מניעת זיהום מי-ים בשמן [נוסח חדש], התש"ם-1980, פורסמה **דיני מדינת ישראל [נוסח חדש] מס' 33** מיום 25.3.1980 עמ' 630.

⁵² איריס שליט, ממונה יעוץ משפטי אכיפה, לשכה משפטית המשרד להגנ"ס, מצגת בנושא **המסגרת המשפטית לרגולציה סביבתית על קידוחים ימיים בישראל**, מצ"ב בלינק:

http://www.law.tau.ac.il/Heb/Uploads/dbsAttachedFiles/IrisShalit_EnvironmentMinistry.pdf

הסביבתיות הנדרשות להסדרת פעילות החיפוש וההפקה.⁵³ עם זאת, הצעת החוק טרם אושרה ואף נראה כי לא היתה הצלחה רבה בקידומה.⁵⁴

החקיקה הישראלית בתחום הקידוחים אינה קובעת הסדרים לשם הגנה על הסביבה

הסבר מרכזי לקיומם של פערים ברגולציה הסביבתית של הקידוחים היא כי חוק הנפט, המהווה את הבסיס החוקי העיקרי להסדרת נושא הקידוחים אינו מתייחס להיבטים הסביבתיים הנובעים מפעילות הקידוחים ומותיר את התחום בהפקה סביבתית מתמשכת.⁵⁵

▪ **חוק הנפט, התשי"ב-1952** (להלן: "**חוק הנפט**") הוא החוק המרכזי המסדיר בישראל את נושא הנפט והגז⁵⁶ על היבטיו השונים, החל מהליכי החיפוש ועד להפקה וניצול הנפט והגז.⁵⁷ בהתאם לחוק הנפט, הרגולטור האחראי בישראל על חיפוש הגז והנפט הוא משרד האנרגיה (להלן: "**משרד האנרגיה**"), כאשר סמכות זו מופעלת על ידו באמצעות יחידת הנפט ומועצת הנפט.⁵⁸ חוק הנפט, תקנות הנפט וההנחיות השונות שהותקנו וניתנו מכוחו על ידי הגורמים הרלוונטיים במשרד האנרגיה מהווים יחדיו את המסגרת החוקית הכללית לעניין הקידוחים ומסדירים את זכויות הנפט הניתנות לחברות הקידוחים, את פעולות הרישוי של קידוחי נפט וגז בים ואת הפיקוח עליהם.

בהתאם לחוק הנפט והתקנות מכוחו, לשם ביצוע כל שלב ופעולה הקשורים בתהליך הקידוחים – החל מביצוע סקר ראשוני, דרך חיפוש גז ונפט, ועד לקידוח עצמו ולהפקת גז ונפט נדרש להגיש בקשה בהתאם להנחיות הממונה. על בסיסן של בקשות אלה מחליטים הממונה לענייני נפט (להלן: "**הממונה**")⁵⁹ ומועצת הנפט במשרד האנרגיה למי יינתנו זכויות נפט.⁶⁰ בקשות אלה, המוגשות בהתאם לחוק הנפט, התקנות שהותקנו מכוחו, ובהתאם להנחיות מפורטות שקבע הממונה נדרשות לכלול, בין היתר, מידע אודות השטח הימי המבוקש ומאפייניו, תוכנית עבודה לחיפושים בשטח, הערכת עלויות, ניסיון ורקע מקצועי של החברה או הזכייין בביצוע פרויקטים דומים, התחייבויות לביצוע, הוכחת יכולת כלכלית ועוד. במסגרת הבקשות לקבלת זכויות נפט חברות הקידוחים אינן נדרשות לכלול ולמסור מידע סביבתי של ממש. כלומר, בקשות אלה לקבלת זכויות נפט מאושרות על ידי משרד האנרגיה ללא כל בחינה סביבתית (למעט חזקה, כפי שיובהר בהמשך הדברים).

⁵³ דו"ח אט"ד, בעמ' 11-12.

⁵⁴ עו"ד איריס שליט, הלשכה המשפטית, המשרד להגנת הסביבה, שולחן עגול בנושא רגולציה סביבתית על קידוחים ימיים בחופי ישראל, הפקולטה למשפטים, אוניברסיטת תל-אביב, מצ"ב בלינק:

<http://www.law.tau.ac.il/Heb/Uploads/dbsAttachedFiles/RoundTable.pdf>

⁵⁵ דו"ח אט"ד, בעמ' 7-8.

⁵⁶ בסעיף 1 לחוק הנפט. "נפט" מוגדר בחוק באופן הבא:

⁵⁷ **חוק הנפט, התשי"ב-1952**, ס"ח תשי"ב 109 מיום 31.8.1952, בעמ' 322. כל אף שמו של החוק, הגדרת "נפט" בסעיף 1 לחוק הנפט כוללת גם את הגז הטבעי: "נפט" פירושו – נפט ניגר, בין נוזלי ובין אדי, לרבות שמן, גז טבעי, גזולין טבעי, קונדנסטים ופחמימנים (הידרוקרבונים) ניגרים קרובים להם, וכן אספלט ופחמימנים של נפט מוצקים אחרים כשהם מומסים בתוך נפט ניגר וניתנים להפקה יחד איתו".

⁵⁸ סעיפים 1, 2, 3 לחוק הנפט.

⁵⁹ סעיף 6 לחוק הנפט.

⁶⁰ חוק הנפט, אתר משרד האנרגיה, בלינק: <http://energy.gov.il/Subjects/OilSearch/Pages/GxmsMniOilSearchOilRights.aspx>

בהתאם לחוק הנפט, ישנם שלושה סוגים של זכויות נפט המוענקות על ידי הממונה לחברות הקידוחים, כאשר כל זכות מתייחסת לביצוע שלב אחר בתהליך הקידוחים:

(1) הזכות הראשונה הניתנת מכוח חוק הנפט היא **היתר מוקדם**.⁶¹ ההיתר המוקדם ניתן לזכיין בשטח יבשתי או ימי למשך 18 חודשים לשם עריכת בדיקות מקדימות שמטרתן לאפשר לזכיין להפיק מידע ראשוני על מאפייני השטח ולעמוד על הסיכויים והפוטנציאל הגלום בו להמצאות נפט או גז. היתר מוקדם מאפשר לזכיינים לבצע פעולות שונות כגון סקרי מחקר ופענוח סייסימי אך אינו מאפשר ביצוע קדיחת ניסיון.

(2) זכות נפט נוספת היא **הרישיון**, הניתן לזכיין לתקופה של עד 7 שנים לשם חיפוש נפט וגז טבעי בשטח, ומאפשר ביצוע קידוחי חיפוש, הערכה והפקה ניסיונית. בהקשר זה קובע חוק הנפט את המידע שנדרש הזכיין לכלול במסגרת בקשה לקבלת רישיון, ובין היתר, תוכנית עבודה לחיפושים בשטח הרישיון, הבדיקות המוקדמות שיעשו לשם קביעת המקומות לקידוחי ניסיון ועוד.⁶²

(3) זכות שלישית ואחרונה הניתנת מכוח חוק הנפט היא **חזקה**. החזקה היא זיכיון הניתן לזכיין על ידי הממונה לשם פיתוח והפקת נפט או גז טבעי בשטח החזקה, לאחר שהוכח בפני הממונה כי יש בהפקה כדאיות כלכלית ומשהממונה מכריז על המאגר כ"תגלית".⁶³ על פי חוק הנפט, החזקה ניתנת למשך עד 30 שנה כאשר ישנה אפשרות הארכה של החזקה ב-20 שנים נוספות, ומעניקה לבעליה זכות ייחודית לחפש ולהפיק נפט וגז בשטח החזקה.⁶⁴

חרף העובדה שבכל אחד משלבים אלה בתהליך הקידוח ישנן השפעות פוטנציאליות על הסביבה, מבחינתן של ההוראות הקבועות בחוק הנפט עולה, כי הוא כלל אינו מתייחס לסיכונים וההשפעות הסביבתיות של פעילות הקידוחים,⁶⁵ ואף קובע מפורשות כי "סיכון" אגב ביצוע פעילות כלשהי של ניצול זכות נפט הוא סיכון לחיים או לבריאות של אדם בלבד, ולא סיכון לסביבה בכללותה.⁶⁶

זאת ועוד. חוק הנפט מסמיך את שר האנרגיה להתקין תקנות בכל הנוגע לביצועו של חוק הנפט,⁶⁷ לרבות התקנת תקנות תקנות המכילות הוראות לשם הגנה על הסביבה. כמו כן, ישנה בידי השר הסמכות לדרוש דרישות ולקבוע תנאים סביבתיים ברשיונות וההיתרים הניתנים לחברות הקידוחים. אולם, סמכויות כלליות אלו להתקין תקנות לביצועו של חוק או לדרוש דרישות ולקבוע תנאים ברשיונות הניתנים לחברות הקידוח הן סמכויות שברשות בלבד, וכפי שייראה להלן, שר האנרגיה מיעט לעשות בהן שימוש, הואיל וגם מרביתן של התקנות שהותקנו מכוח חוק הנפט אינן כוללות הוראות סביבתיות ומקום בו דרישות סביבתיות כמעט ולא נדרשות מחברות הקידוחים בשלבים שקודמים להכרזה על תגלית (תגלית הוא מעין שלב ביניים שלאחר הרישיון ולפני החזקה).

⁶¹ סעיפים 7-12 לחוק הנפט.

⁶² חוק הנפט, סעיפים 13 – 24.

⁶³ אתר האינטרנט של משרד האנרגיה, ראו בלינק:

<http://energy.gov.il/Subjects/OilSearch/Pages/GxmsMniOilSearchOilRights.aspx>

⁶⁴ סעיפים 6, 7, 13 ו-25 לחוק הנפט.

⁶⁵ דו"ח אט"ד, בעמ' 7; דו"ח הממ"מ, בעמ' 2, מצגת איריס שליט מהמשרד להגנ"ס בעברית.

⁶⁶ סעיף 1 לחוק הנפט.

⁶⁷ סעיף 82 לחוק הנפט.

- **תקנות הנפט, התשי"ג-1953**⁶⁸ מסדירות את הליכי הגשת בקשות ההיתרים, הרשיונות, הגשת דו"חות ועדכונים שונים על ידי חברות הקידוח לגבי סיכויי הצלחת הפקת הנפט או הגז, אך אינן מסדירות כלל דרישות סביבתיות במסגרת הליך מתן האישורים או במסגרת הדו"חות של חברות הקידוחים.⁶⁹
- **תקנות הנפט (עקרונות פעולה לחיפוש נפט והפקתו בים), התשס"ו-2006**⁷⁰ קובעות דרישות מחברות קידוח המעוניינות לבצע פעילות בישראל. בין היתר קובעות התקנות כי חברות קידוח המבקשות זכויות נפט נדרשות להוכיח איתנות כלכלית ויכולת לממן את העלויות המשוערות לביצוע הקידוח וכן וניסיון קודם בביצוע מיפוי סייסימי בים, קידוחים בים ובביצוע הפקה משדות נפט. גם תקנות אלה אינן קובעות או מטילות דרישות סביבתיות כל שהן.
- **תקנות הנפט (הרשאה לסטייה מהוראות חוק התכנון והבנייה), התשע"ב-2012**⁷¹ אשר הותקנו בשנה החולפת מבטאות יחס מעורב להקשר הסביבתי בפעילות הקידוחים. מחד, תכליתן של תקנות אלה היא להתיר לחברות הקידוחים לפעול תוך סטייה מחוק התכנון והבנייה ותקנותיו (למעט לעניין פעולות קידוחים לאחר הכרזת מאגר כתגלית על ידי הממונה), אך מצד שני, התקנות קובעות כי בקשה לאישור קידוח נפט המוגשת לוועדה המחוזית לתכנון ובניה תכלול מסמך סביבתי שיוכן על פי הנחיות משרד האנרגיה בהתייעצות עם המשרד להגנ"ס, במסגרתו נדרשות חברות הקידוחים לפרט את ההשפעות הסביבתיות, לרבות השפעות על מקורות המים, הקרקע, האוויר, הים, ערכי הטבע והנוף מפעולות החיפוש, לרבות אחסון ושינוע ותוצרי פעילויות אלה, בדיקת חלופות מיקום וטכנולוגיה וכן המלצות ביחס להנחיות והאמצעים הנדרשים לצורך מזעור ההשפעות האפשריות מפעולות החיפוש וכן הוראות ביחס לשיקום האתר עם סיום הפעילות בשטח.
- התקדמות נוספת במגמת ההסדרה הסביבתית של פעילות הקידוחים עשויה להתבטא בקוד סביבתי אשר יצורף לתנאי הרישיון של חברות הקידוחים עליו עובד משרד האנרגיה. אולם, דו"ח אט"ד לא היה אופטימי לגבי הקוד, וטען לגביו כי הוא לא יוכל להוות מענה הולם לצמצום פערי הרגולציה, הן מעצם העובדה שהוא ינוסח על ידי משרד האנרגיה והן משום שהקוד הינו בגדר הנחיות פנימיות בלבד, נטול כל מעמד מחייב, ומשכך אין בו תחליף לשינוי חקיקתי מקיף בחוק הנפט ובתקנותיו.⁷²
- מן המקובץ לעיל עולה, כי יש טעם של ממש בטענת המשרד להגנ"ס ואט"ד לפיה החקיקה והרגולציה הקיימת לעניין קידוחי הגז והנפט בים התיכון במצבה הנוכחי אינה יכולה להוות מענה מספיק להסדרת ההיבטים הסביבתיים הקשורים בפעילות הקידוחים, על הסיכונים שעשויים לנבוע מכך. הפתרון שהציע דו"ח אט"ד בהקשר זה של צמצום הפער בהסדרה הסביבתית של תחום הקידוחים היה לערוך שינוי חקיקתי מקיף בחוק הנפט ובתקנותיו באופן שייתן מענה להיבטים הסביבתיים של פעילות זו.⁷³ אכן, בשנת 2011 הונחה על

⁶⁸ תקנות הנפט, התשי"ג-1953, ק"ת תשי"ג 334 מיום 5.2.1953, בעמ' 622.

⁶⁹ דו"ח אט"ד, בעמ' 8.

⁷⁰ תקנות הנפט (עקרונות פעולה לחיפוש נפט והפקתו בים), התשס"ו-2006, ק"ת תשס"ו 6474, בעמ' 700.

⁷¹ תקנות הנפט (הרשאה לסטייה מהוראות חוק התכנון והבנייה), התשע"ב-2012, ק"ת תשע"ב 7114, 30.4.2012, בעמ' 1089.

⁷² דו"ח אט"ד, בעמ' 8-9.

⁷³ דו"ח אט"ד, בעמ' 8-9.

שולחן הכנסת הצעת חוק הנפט (הגנת הסביבה), התשע"א-2011.⁷⁴ בהצעת החוק הוצע, בין היתר, להוסיף בתנאי הרישיון לחיפוש נפט הוראות למניעת הפגיעה בסביבה או לצמצומה וכן לקבוע דרישות שונות שעניינן קביעת מנגנוני הסדרה ובקרה סביבתיים החיוניים לשם הגנה על הסביבה בכל הנוגע לחיפוש גז ונפט ולהפקתם.⁷⁵ ברם, שינוי זה שהוצע, אשר כלל בין היתר דרישה להעברת סמכויות הפיקוח הסביבתי על הקידוחים לידי המשרד להגני"ס, סוכל על ידי משרד האנרגיה והצעת החוק נדחתה על ידי ועדת השרים לענייני חקיקה בחודש יוני 2011.

▪ עוד יצוין בהקשר זה, כי טענה רווחת בהקשר זה היא שאין כיום בישראל חקיקה ורגולציה ייעודיות המסדירים את כלל ההיבטים הסביבתיים של פעילות קידוחי הגז והנפט בים התיכון, כאשר החקיקה הישראלית החלה על הקידוחים, ובכלל זאת חוק הנפט, היא חקיקה מיושנת, ארכאית, לא ייעודית לנושא, אינה מותאמת למציאות של הקידוחים כפי שהם מבוצעים כיום ואין בה כדי להסדיר את כל ההיבטים הסביבתיים שמקובל ליתן להם ניתן מענה בדין הישראלי.⁷⁶

חלוקת הסמכויות בנוגע להסדרה והפיקוח הסביבתיים בין משרד האנרגיה לבין המשרד להגני"ס מכוח

החקיקה הישראלית

נכון להיום, הסמכויות העיקריות בנושא הקידוחים מצויות באופן כמעט בלעדי בידי רשות אחת - משרד האנרגיה,⁷⁷ כאשר אלו כוללות גם את הסמכויות המצויות דרך כלל בידי המשרד להגני"ס, כגון הסמכות לקבוע דרישות סביבתיות, דרישות בטיחות ופיקוח ואכיפה על חברות הקידוחים. למצב דברים זה, בו למשרד האנרגיה הסמכות בנושאים סביבתיים בכל הנוגע לפעילות הקידוחים בים התיכון, ישנן השלכות ישירות על האופן והמידה בה יכול המשרד להגני"ס להתערב או לעשות שימוש בסמכויותיו בנוגע לפעילות הקידוחים בכל אחד משלבי הפעילות של הקידוח, מהסקרים הראשוניים, דרך החיפוש וביצוע קידוחי ניסיון ועד להפקה המסחרית של גז ונפט. יצוין, כי מצב זה בו משרד ממשלתי הינו דה - פקטו משולל סמכויות של ממש בתחום שהוא בלב ליבה של פעילותו הינו מצב ייחודי ויוצא דופן, אשר יש בו כדי לשקף את מה שנראה כמדיניות הכללית של משרד האנרגיה בכל הנוגע לפעילות הקידוחים - להסיר מדרכם מכשולים ועיכובים שנראים להם מיותרים.⁷⁸

כמו כן, כאמור לעיל, בחוק הנפט אין התייחסות להיבטים סביבתיים של פעילות הקידוחים, והנושא מוסדר כסמכות שברשות בידי הממונה, אשר רשאי לקבוע דרישות סביבתיות בתנאי הרישיון של בעלי זכויות נפט, (וגם רשאי שלא לקבוע כאלה). בהקשר זה טוען דו"ח אט"ד, כי יחידת הנפט והממונה אינם עושים שימוש בסמכויותיהם אלה באופן מספק וכי נדרש שתהיה חובה חוקית בנוגע לדרישות סביבתיות על מנת

⁷⁴ הצעת חוק הנפט (הגנת הסביבה), התשע"א-2011, הוגשה ליו"ר הכנסת והסגנים והונחה על שולחן הכנסת ביום 22.3.2011.

⁷⁵ דו"ח הממ"מ, בעמ' 10.

⁷⁶ דו"ח אט"ד, בעמ' 7.

⁷⁷ חוק הנפט, סעיף 1; דו"ח אט"ד בעמ' 9.

⁷⁸ דו"ח אט"ד, בעמ' 8-9, 11.

שהסמכויות יופעלו באופן ראוי ומפוקח. דו"ח אט"ד מוסיף וטוען, כי הסיטואציה הנוכחית, במסגרתה משרד האנרגיה, האמון על פיתוח משק האנרגיה והבטחון האנרגטי של ישראל ובעל הסמכות להנפיק רשיונות והיתרים, מחד, הוא גם הרשות האחראית על ההיבטים הסביבתיים של פעילות הקידוחים, מאידך, איננה מדיניות רצויה, וכי יש לפעול להעברת הסמכויות לטיפול בהיבטים הסביבתיים של הקידוחים ממשרד האנרגיה למשרד להגנ"ס.⁷⁹

חוסר בידע מקצועי בתחום הקידוחים בישראל שאינו מאפשר הצבת דרישות סביבתיות

בעייה נלווית לחוסר הרגולציה בתחום היא גם חוסר היכולת של רשויות המדינה להציב דרישות הנדסיות, סביבתיות מתאימות לחברות הקידוחים. לטענת עמותת אט"ד, חוסר יכולת זו נובעת לרוב מכך שלרשויות חסר הידע המקצועי וההנדסי אשר יאפשר להן לתת מענה למסמכים הבטיחותיים וסביבתיים שמגישות חברות הקידוח לרשויות או לטכנולוגיות שיש להתקין על מנת למזער נזקים סביבתיים.⁸⁰

נראה שהרשויות החלו להכיר בהעדרם של אנשי מקצוע בעלי הידע המתאים בהקשר זה, שכן בחודש נובמבר 2012 פרסמו משרד האנרגיה ומשרד התמ"ת הודעה על שיתוף פעולה בין המשרדים וקריאה למוסדות הכשרה שונים ולמוסדות להשכלה גבוהה להפעיל קורסים להכשרת עובדים מקצועיים בתחום הגז הטבעי.⁸¹ בנוסף, בדצמבר 2012 הודיע משרד האנרגיה כי הוא העניק לשלושה סטודנטים מהטכניון מימון מלא ללימודי דוקטורט במחלקה להנדסת גז ונפט באוניברסיטת Texas A&M בארצות הברית, מהמובילות בעולם בתחום, במטרה שישבו ארצה ויכשירו את דור ההמשך של מהנדסי הגז בישראל. בהודעה ציין השר לנדאו כי "בכדי לדאוג לעתידנו, ישראל חייבת לשלוט בידע ובניסיון המעשי בתחומים השונים של משק האנרגיה".⁸² צעדים אלה אינם בהכרח מגבירים את יכולות הפיקוח והאכיפה של המשרד להגנ"ס, אשר אינו שותף ליוזמה זו ומשמילא יעברו שנים רבות עד אשר יוזמות אלה ישאו פרי, כאשר במהלך תמשיך פעילות הקידוחים בים התיכון להתקדם. יחד עם זאת, יש בצעדים אלה כדי להצביע על כך שמדינת ישראל הגיעה להכרה שבכל הנוגע לקידוחים היא חסרה את הידע ואנשי המקצוע המתאימים לפעול בתחום מקצועי שעתיד להעסיק את המשק הישראלי בשנים לבוא וכי יש צורך בלימוד הנושא והתמקצעות בו.

⁷⁹ דו"ח אט"ד, בעמ' 4, 21-22.

⁸⁰ דו"ח אט"ד, בעמ' 7.

⁸¹ מכשירים את דור העתיד של הגז הטבעי: שת"פ בין רשות הגז הטבעי במשרד האנרגיה והאגף להכשרה מקצועית במשרד התמ"ת מוביל לפיתוח מערך הכשרות מקיף לעוסקים בגז טבעי, 25.11.2012, אתר האינטרנט של משרד התמ"ת, מצ"ב בלינק: <http://www.moital.gov.il/NR/exeres/9CE86B47-45D8-4578-8460-6611DB34DD12.htm>

מכשירים את דור העתיד של הגז הטבעי, אתר משרד האנרגיה, 20.11.2012, מצ"ב בלינק: <http://energy.gov.il/AboutTheOffice/SpeakerMessages/Pages/GxmsMniSpokesmanNGCourse.aspx>

⁸² הודעת משרד האנרגיה, משרד האנרגיה מכשיר את הדור הראשון של מהנדסי הגז הישראליים, 31.12.2012, אתר משרד האנרגיה, <http://energy.gov.il/AboutTheOffice/SpeakerMessages/Pages/GxmsMniSpokesmanNGEngineer.aspx> מצ"ב בלינק:

סיכום ביניים לפרק הרגולציה הישראלית

מהבחינה המקיפה שנערכה בפרק זה עולה, כי ישנם פערים בין הרגולציה הסביבתית שנוהגת מדינת ישראל להחיל על מפעלים ביבשה לבין הרגולציה החלה על קידוחים שבים. כפי שהובהר לעיל, הבחינה אם פערים אלה מהווים לקונות בחוק מקומה בשלב ביצוע המחקר עצמו ועל כן בעבודה זו שהינה הצעת המחקר, מוצע כי במסגרת המחקר תערך השוואה מקיפה בין מסגרות הרגולציה החלות על פעילות הקידוחים לבין פעילותם של מפעלים מקבילים ביבשה. במסגרת זאת יש לבחון, בין היתר, האם הדרישות והמגבלות הסביבתיות המוטלות על פעילות הקידוחים אכן נמצאות מאחור בהשוואה לדרישות ממפעל מקביל או דומה ביבשה. ככל שהתשובה לכך תהא חיובית ובחינה זו תעלה כי אכן מדובר בפערים בין הרגולציה החלה על הקידוחים לבין זו החלה על מפעל דומה ביבשה, ימשיך המחקר לבחון אם פערים אלו הם לקונות או פערים לגיטימיים הנובעים מהבדלים ענייניים במאפייני הפעילות אשר באים על כן לידי ביטוי במערכי הרגולציה השונים. ככל שהמסקנה תהיה כי מדובר בלקונות וכי פערים אלה אינם מוצדקים עניינית, מוצע כי המחקר יבחן את ההסדרים שניתן לאמץ לשם השלמת מערך הרגולציה הנדרש להסדרת הסוגייה, ולאחר זאת יציע המלצותיו בנוגע להסדרים הראויים והרצויים מביניהם לשם כך.

כן יצוין, לעת סיום, כי מבין כל הנימוקים המשפטיים שהועלו לסוגיית הפערים, עולה התחושה שבכל הנוגע לקידוחים הימיים פערים אלה נובעים יותר ממדיניות, ופחות מרגולציה, שהיה ניתן בנקל להשלימה ולתקנה. מעבודה זו עולה, כי מדינת ישראל רתמה את העגלה לפני הסוסים והכניסה אל תחומיה פעילות שאין היא יודעת כיצד להתמודד איתה או להסדירה בצורה נכונה ומלאה. כן נראה, כי מדינת ישראל וקובעי המדיניות בראשה הציבו בראש מערך השיקולים את צרכי האנרגיה של המדינה והאינטרסים שלה בקבלת רווחי התמלוגים לכסייה. בתיעדוף שערכה המדינה, אינטרסים לגיטימיים אלה קיבלו משקל גדול יותר בסולם העדיפויות, וכמובן שלמדינת ישראל, בהיותה קובעת המדיניות ומקבלת ההחלטות העליונה יש זכות מלאה להחליט כך. עם זאת, הבחינה שבוצעה בפרק זה העלתה בבירור, כי ניתן בהחלט להצביע על מדיניות ובסופו של דבר רגולציה סביבתית אשר תספק מענה הולם להשלכות הסביבתיות הנובעות מפעילות הקידוחים.

סקירת ספרות – השוואת רגולציית הקידוחים במשפט הבינ"ל והמדינת

(יזהר יצחקי)

מהו משפט משווה ומהי הרלוונטיות של משפט משווה למחקר?

כידוע, קידוחים להפקת מקורות אנרגיה מקרקעית הים אינם "המצאה ישראלית". אחת הדרכים להעשיר את יכולת התכנון והניהול של פרויקטים לקידוחים בים, כמו גם לקבוע רגולציה ומדיניות ממשלתיות ותאגידיות הולמות, היא בלימוד מניסיון ומאמציהן הקולקטיביים של מדינות העולם, הבאים לידי ביטוי **במשפט הבין לאומי** מחד גיסא, בהיותו מסגרת כללית שיש לגביה הסכמה רב צדדית (Multilateral agreement), **ובמשפט הפנים-מדינתי של כל מדינה ומדינה** מאידך גיסא, כפי שהוא התפתח, לעיתים, לאורך שנים ואגב תאונות שאירעו, למרבה הצער⁸³. שני מקורות אלו גם יחד מהווים מקור השוואתי במשפט (Comparative Law), אשר יש בו כדי לספק רעיונות לחיזוק הרגולציה ולשמש אבן בוחן לפערים הקיימים בשיטת המשפטית הנוהגת בישראל.

להלן נפרט את מרכיבי הדין הבינ"ל והדין המדינתי המשווה, תוך מיקוד במרכיבי הרגולציה הייחודיים לפעילות של קידוחי ים להפקת אנרגיה.

יודגש, כי השימוש במשפט משווה לא נועד אך ורק לספק מצע של מידע וגישות, שיכול לתרום לרמת הניהול ולרמת יישום המדיניות הישראלית, אלא גם ליצור, הלכה למעשה, סטנדרט אחיד, הומוגני והרמוני ככל האפשר בין פעילויות הקידוח הנעשות בים הפתוח. לסטנדרטיזציה זו חשיבות יתרה, לנוכח אופיו של הים ואופי התפשטותם של זיהומים ומפגעים סביבתיים המתרחשים בו⁸⁴.

הגנת הסביבה הימית בדין הבינ"ל – בדגש על המשפט המנהגי

דיני הים הם ערש היוולדו של הדין הבין לאומי – הים היה למשאב החשוב הראשון שהמדינות המודרניות ראו לנכון להסדיר את יחסי הגומלין ביניהן לבין עצמם לגביו, וביניהן לבין המתרחש בו. הייצוג המוביל להסדרה

⁸³ לעיון בסקירה היסטורית קצרה של תחום קידוחי קרקעית הים להפקת אנרגיה, ראו המסמך הבא:

Frances Beinecke, Donald Boesch, Terry Garcia, Cherry Murray, and Frances Ulmer, Staff Working Paper: **A Brief History of offshore Oil Drilling**, US National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling (23.8.2010); הסקירה זמינה במרשתת, בכתובת: <http://www.oilspillcommission.gov/sites/default/files/documents/A%20Brief%20History%20of%20Offshore%20Drilling%20Working%20Paper%208%2023%202010.pdf>.

⁸⁴ להרחבה על חשיבות האחידות בדין, ראו אצל David D. Caron, "Liability for Transnational Pollution Arising from Offshore Oil Development - A Methodological Approach", *ECOLOGY LAW QUARTERLY* 10 (1983): 641-683.

זו הינו בספרו של המלומד גרוציוס מהמאה השבע עשרה – "הים הפתוח"⁸⁵. עם זאת, מקורותיהם של דיני הים, ומקורותיו של הדין הבין לאומי בכלל, אינם אחידים; דהיינו, אין "קודקס שלם" של הדין הבין לאומי, והוא אינו מגובש על ידי בית מחוקקים אחד. לפיכך, מוסדות בין לאומיים, כגון מועצת הביטחון של האו"ם, בית הדין הבין לאומי לצדק (ICJ) וגופים נוספים, בין אם הם ארגונים בינ"ל בין ממשלתיים או לא ממשלתיים (NGOs) ובין אם הם מדינות, צריכים לאתר את הדין הבין לאומי במספר מקורות ורבדים שונים, שהוגדרו בסעיף 38 לחוקת בית הדין הבין לאומי באופן הבא:

- א. הדין ההסכמי (Treaty Law);
- ב. הדין המנהגי (Customary International Law Derived from the Practice of States);
- ג. עקרונות המשפט המוכרים על ידי המדינות הנאורות (General Principles of Law Recognized) (by Civilised Nations);
- ד. החלטות שיפוטיות וכתובות של מלומדי המשפט הבין לאומי (Judicial decisions and the Writings of "the most highly qualified publicists").⁸⁶

ברשימה הנ"ל קיימת הבחנה חשובה בין דין הסכמי לדין מנהגי, כאשר האחרון מהווה מקור מעורפל וחמקמק לעיתים רבות.

הדין ההסכמי הינו הדין המוסכם בחוזים, פרוטוקולים, מזכרים והצהרות מחייבות במישור הבין לאומי – ובשם כללי, **אמנות**. דין זה מתאפיין בניסוח מדוקדק שנערך, לעיתים רבות, בידיהם של עשרות משפטנים ממדינות שונות.⁸⁷ בהקשרי הסביבה, הדין הבינ"ל כולל קבוצה אדירה של אמנות, אשר רבות מהן מוקדשות לסביבה הימית, ועליהן נרחיב בהמשך פרק זה.

לעומת הדין ההסכמי, **הדין המנהגי** הינו נוהג בין לאומי, שכדי לקבוע את קיומו ועוצמתו יש לבחון את הפרקטיקה המדינתית לאורך הזמן (State Practice – אלמנט **אובייקטיבי** של פעילות) וכן לאתר ראיות לכך שהנוהג נחשב בעיני המדינות כדין מחייב (Opinio Juris – אלמנט **סובייקטיבי** של תפישת המדינות את הדין ואת מחויבותן אליו).

לאמור, לעיתים ניתן לראות התנהגות של מדינות כמנהג מחייב, שאי קיומו מהווה הפרה של הדין הבין לאומי, עליה ניתן לתבוע סעד בערכאות ומוסדות בין לאומיים ואף בערכאות משפט מדינתיות. כזהו למשל הכלל

⁸⁵ Hugo Grotius, *Mare Liberum* (1609), as published by Martinus Nijhoff (R. Feenstra, Ed., 2009).
⁸⁶ Statue of the ICJ, Art. 38; C. Greenwood, *Sources of International Law: An Introduction* (2008) ראו גם אצל
הציבור זמין באתר המרשתת של האו"ם, בכתובת הבאה: http://untreaty.un.org/cod/avl/pdf/ls/greenwood_outline.pdf.
⁸⁷ מקור זה של הדין הבין לאומי מוסדר אף הוא, באמנה בפני עצמה, המכונה "אמנת האמנות" (Vienna Convention on the Law of Treaties, 1969); אמנה זו זמינה באתר האו"ם, בכתובת המרשתת הבאה:
http://untreaty.un.org/ilc/texts/instruments/english/conventions/1_1_1969.pdf.

המגדיר את רוחב המים הטריטוריאליים (3 מיילים ימיים – טווח ירייתו של תותח במאה השבע עשרה, שהתפתחו ל-12 מיילים ימיים בהמשך), או הכלל הקובע את חופש השיט בים הפתוח.⁸⁸

נוסף לכך, כאמור, המקורות השלישי והרביעי (עקרונות המשפט וכן החלטות שיפוטיות וכתבי מלומדים) יכולים אף הם להתוות את גדרי הוראותיו של המשפט הבין לאומי ואף לפתחם.⁸⁹

חשיבות הדבר לענייננו היא בכך שבמציאות המשפטית של ימינו, אין מקור אחד ויחיד לחובות החלות על המדינה. ניתן לטעון כי ישנן חובות משפטיות החלות על מדינה, אף אם אין להן זכר באמנה עליה היא חתומה או במסמך רשמי שהיא כתבה. בנוסף, לעיתים ניתן יהיה לגלות כי אמנה שנחתמה בין מדינות א' וב', מהווה דין מחייב גם כלפי המדינות ג' וד', מכיוון שהפרקטיקה המיושמת לפיה תפסה לה אחיזה כדין מחייב בעיני משפחת האומות.

כך לדוגמה, יש מלומדים הטוענים כי הגנת הסביבה הימית ושמירתה במסגרת אמנת דיני הים (UNCLOS) הנ"ל בפרק הקודם, עליה נפרט להלן) מוגנת במשפט הבין לאומי מכוח הדין המנהגי, גם במדינות שאינן חתומות עליה.⁹⁰

יתרה מכך, ישנם מי שביקשו לטעון, כי חלק מ-27 עקרונות הכרזת ריו על סביבה ופיתוח משנת 1992, הגם שאינה מהווה אמנה מחייבת, יש להם מעמד מחייב⁹¹. אם כך הדבר (ולא נוכל להרחיב הדיון בכך במסגרת סקירה זו), ניתן יהיה לטעון כי המדינות מחויבות לשיתוף פעולה בין לאומי רחב במיוחד בפועלן להגנת הסביבה, תוך יישום כלים מגוונים המצויים בהכרזת ריו: שיתוף מידע ואמצעים בקשר להגנת הסביבה, פיתוח חקיקה סביבתית אפקטיבית; עמידה בקריטריונים למתן פיצוי הולם לנפגעים של מפגעים וזיהומים סביבתיים; מניעת הסעתם של חומרים מסוכנים והעברת פעולות מזהמות ממקום למקום ברחבי הגלובוס; יישום של עיקרון הזהירות המונעת (**The Precautionary Approach Principle**), עיקרון 16, הקובע כי כאשר ישנה סכנה לנזק חמור או בלתי הפיך, היעדר ידיעה לגבי סבירות הסיכון ואופיו המדעי לא יוכל להוות צידוק להימנעות משימוש באמצעים יעילים בבחינת עלות-תועלת כדי למנוע פגיעה סביבה; יישום של כלי

⁸⁸ Kent, H. S. K. (1954). "The Historical Origins of the Three-Mile Limit". *The American Journal of International Law* (American Society of International Law) 48 (4): 537–553.

⁸⁹ רובי סיבל ואח', "משפט בינלאומי", המכון למחקרי חקיקה ולמשפט השוואתי ע"ש הרי ומיכאל סאקר, הפקולטה למשפטים, האוניברסיטה העברית בירושלים (מהדורה שנייה, 2010), בעמ' 43 – 44 וכן בפרק 2.

⁹⁰ D. Brack, *International Environmental Disputes*, (Royal Institute of International Affairs, 2001), at 11 וכן אצל J.K. Gamble, Jr., et al., "The 1982 Convention and Customary Law of the Sea: Observations, a Framework, and a Warning" (1984) 21 *San Diego L. Rev.* 491.

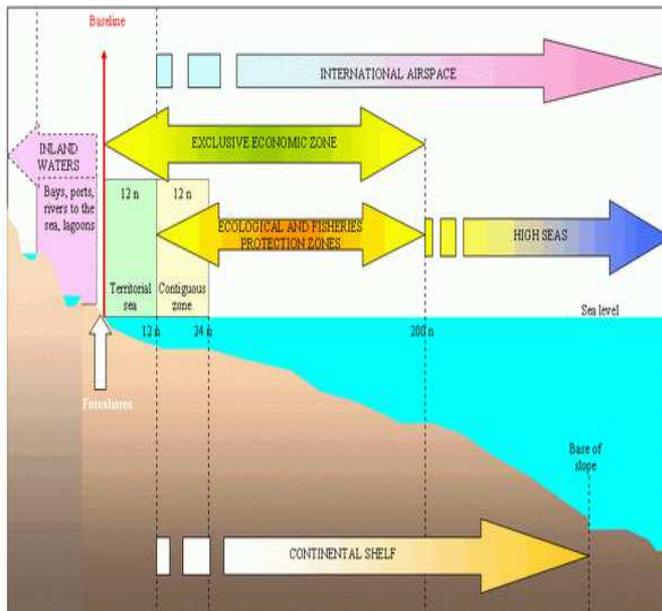
⁹¹ ראו לדוגמה מאמרו של המלומד McIntyre בנושא זה:

McIntyre, Owen. "Role of Customary Rules and Principles of International Environmental Law in the Protection of Shared International Freshwater Resources, The." *Nat. Resources J.* 46 (2006), 157.

הערכת הסיכון הסביבתי תחת סמכותה של רשות מדינתית אחראית ויעילה (National Instrumentation of Environmental Impact Assessment, עיקרון 17) ועוד⁹².

הגנת הסביבה הימית בקשר לקידוחים באמנות נושאות

אמנות הים – ההסדרה העקרונית



בתרשים זה מתוארים אזורים ימיים השונים, בהתאם למשטר הקבוע באמנות דיני הים (הזכויות שמורות ל-Karen N. Scott, University of Canterbury, New Zealand).

אמנות הים הינן מסודרות של מסמכים מחייבים במשפט הבין לאומי, המסדירים את שימושי המדינות החתומות עליהן בים. אמנות אלו נחתמו במחציתה השנייה של המאה ה-20 וזכו לתמיכה רחבה של מדינות רבות, במטרה לקבע את משפט הים, שעד לחתימתן היה בעיקרו מנהגי. האמנה הבכירה והחשובה בסדרת האמנות, המסדירות, בין היתר, את השימושים באזור המדף היבשתי⁹³, דיג ושימור משאבים חיים⁹⁴, היא אמנת הימים – UNCLOS. אמנה, שכבר הוזכרה לעיל בחיבור זה, ואשר לא רק ששימרה וקיבעה מרכיבים מנהגיים, שעד אז היו "תורה שבעל פה", אלא גם חידשה מרכיבים רבים בדין הבין לאומי (לעיתים, באופן מעורר מחלוקת).

על האמנה חתומות 165 מדינות, ומשמעות הדבר היא שאין לגביה הסכמה אוניברסלית - ארה"ב וישראל, לצד פרו, סוריה, תורכיה ומדינות נוספות אינן חתומות עליה⁹⁵.

לפיכך, היות שישראל אינה חתומה על האמנה, הרוצה לקבוע מסמרות, האם האמנה חלה על ישראל, חייב לערוך בחינה מעמיקה של הפרקטיקה ותודעת הדין במשפט הבינ"ל. מכל מקום, ובהינתן הדעה המקובלת,

⁹² Rio Declaration on Environment and Development (UN General Assembly, 12.8.1992, A/CONF.151/26 (Vol.I).

⁹³ Convention on the Continental Shelf, 1964

⁹⁴ Convention on Fishing and Conservation of Living Resources of the High Seas, 1996

⁹⁵ עם זאת, ישנה מגמת התרחבות איטית בחתימה על האמנה, בעיקר לאחר תום המלחמה הקרה. שווייץ, לדוגמה, אישררה את האמנה רק ב-2009. לרשימת המדינות החתומות, ראו האתר הבא במרשתת:

http://www.un.org/Depts/los/reference_files/chronological_lists_of_ratifications.htm

שמרכיבים רבים באמנה הם מנהגיים⁹⁶, לאמנה זו משמעות מיוחדת לגבי קידוחים ימיים במים הנמצאים לרשותן ובשליטתן של מדינות העולם וישראל בכללן.

אחד המשטרים החשובים באמנה הינו משטר האזור הכלכלי הבלעדי (המכונה גם "מים כלכליים"), אשר אף הוא הוזכר לעיל בפרק הסוקר את הרגולציה בישראל, המוסדר בחלק החמישי לאמנה⁹⁷; האזור הזה, שכולל בדרך כלל טווח של כ-200 מיילים ימיים לעומק הים (כ-370 ק"מ, אם המרחב הימי פתוח ואם אין תביעות חופפות של מדינות שכנות לשליטה בטריטוריה הימית, כפי שלמשל קורה בין ישראל לבין לבנון⁹⁸) – משקף משטר מעורב ומיוחד, המעורר יחס כמעט אמביוולנטי בהקשרי המשפט הבין לאומי: מצד אחד, מותר בו שיט פתוח לכל גורם שהוא, גם עוין; מצד שני, למדינה המחזיקה בו, רשות בלעדית לערוך בו מחקר, לנצל את משאביו, להקים בו תשתיות ימיות, להגן על שליטה במצוי בו וחשוב לענייננו – להגן על מרכיבי הסביבה שבו.

אמנת הימים לא הותירה את ההגנה על הסביבה לפרשנות, ויש בה פרק נרחב לעניין זה. ההגנה על הסביבה מוסדרת בחלק ה-12 לאמנה, ובעיקר בשני סעיפים שחשובים לענייננו, ומפאת חשיבותם נביא ציטוטים מלאים מתוכם (ההדגשה אינה במקור):

Article 208. Pollution from seabed activities subject to national jurisdiction

1 Coastal States shall adopt laws and regulations to prevent, reduce and control pollution of the marine environment arising from or in connection with seabed activities subject to their jurisdiction and from artificial islands, installations and structures under their jurisdiction, pursuant to articles 60 and 80.

2. States shall take other measures as may be necessary to prevent, reduce and control such pollution.

3. Such laws, regulations and measures shall be no less effective than international rules, standards and recommended practices and procedures.

4. States shall endeavour to harmonize their policies in this connection at the appropriate regional level.

⁹⁶ בירור טענה זו כרוך בהעמקה שראוי לה שתיערך במחקר מפורט בפני עצמו, לגבי כל סעיף וסעיף באמנה; להרחבה, ראו אצל Nordquist, Myron, ed. *United Nations Convention on the Law of the Sea 1982: A Commentary*. Martinus Nijhoff Publishers (Last volume Published on August 2011).

⁹⁷ חלק זה זמין במרשתת, בכתובת https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/part5.htm. סעי' 55 – 75 לאמנת הים.

⁹⁸ ראו לצורך זה הידיעות שפורסמו לאחרונה בעיתונות, כדוגמת כתבתו של ברק רביד, "ארה"ב מתייצבת לצד לבנות במחלוקת על הגבול הימי עם ישראל", *הארץ* (10.7.2011); הכתבה זמינה במרשתת, בכתובת הבאה:

<http://www.haaretz.co.il/news/politics/1.1179899>

5. States, acting especially through competent international organizations or diplomatic conference, shall establish global and regional rules, standards and recommended practices and procedures to prevent, reduce and control pollution of the marine environment referred to in paragraph 1. Such rules, standards and recommended practices and procedures shall be re-examined from time to time as necessary.

Article 209. Pollution from activities in the Area

1. International rules, regulations and procedures shall be established in accordance with Part XI to prevent, reduce and control pollution of the marine environment from activities in the Area. Such rules, regulations and procedures shall be re-examined from time to time as necessary.

2. Subject to the relevant provisions of this section, States shall adopt laws and regulations to prevent, reduce and control pollution of the marine environment from activities in the Area undertaken by vessels, installations, structures and other devices flying their flag or of their registry or operating under their authority, as the case may be. The requirements of such laws and regulations shall be no less effective than the international rules, regulations and procedures referred to in paragraph 1.

בסעיפים אלו, המדינות החברות באמנה הסכימו ביניהן לאמץ תחיקה מתקדמת ואפקטיבית למניעה, צמצום ושליטה בזיהום של הסביבה הימית, הנובע מפעילות בקרקעית הים, מתשתיות, מבנים וכלי שיט (לרבות אסדות למיניהן). על תחיקה זו להיות יעילה לפחות, כמו הדין הביני"ל, התקנים הביני"ל והפרקטיקות והפרוצדורות (גם הטכניות וההנדסיות) המומלצות.

בדרך זו, האמנה, שהיא אמנת מסגרת שלא נועדה לטפל במגוון הנושאים המוסדרים בה באופן מפורט, קובעת **עקרונות גמישים** המאזנים בין האינטרסים של המדינות השונות לריבונות ולפיתוח כלכלי, לבין האינטרס להגן על הסביבה במסגרת הדין הסביבתי והסטנדרטים הסביבתיים – המשפטיים והטכנולוגיים גם יחד. באופן שנועד להבטיח את שמירת הסביבה. במילים אחרות – האמנה הזו נועדה ליצור מסגרת למחויבות המדינות לפיתוח הדין הסביבתי במשפט הפנימי שלהן ובאמנות בין לאומיות נוספות. הסדרה זו באה לידי ביטוי בסדרת אמנות נוספות, מתוכן הרלוונטיות ביותר לענייננו, קידוחי הנפט להפקת מקורות אנרגיה, הן שלוש האמנות הבאות.

אמנת מניעת זיהום הים מכלי השיט

האמנות הספציפיות הראשונות למניעת זיהום ים גובשו החל משנות ה-50⁹⁹, אך האמנה הראשונה לקבוע מנגנון בינ"ל משמעותי למניעת זיהום הים על ידי כלי שיט בים הייתה אמנת MARPOL – International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1978. באמנה זו, לה חברות 150 מדינות, תחת חסותו של ארגון הספנות הבין לאומי (IMO), נספחים שונים הקובעים משטר לפריקה של שמנים ודלקים לים, איסורי תנועה של כלי שיט, מגבלות על הובלת חומרים מסוכנים נוזליים, כללים בקשר להובלת אריזות של חומרים מסוכנים, טיפול בשפכים ובפסולת ועוד¹⁰⁰.

עם זאת, אמנה זו עוסקת בעיקר במוקדים ניידים ובחומרים מסוכנים, ולא דווקא בפעולות שיש להן ממשק ים (סביבה ימית) – אדם (כלי שיט, תשתיות ימיות ומבנים ימיים) אינטנסיבי שמטיבו ומטבעו משפיע על הסביבה הימית או שנועד להשפיע עליה בהכרח, כדוגמת קידוח – ולפיכך, היא אינה כוללת התייחסות לסוגיית הקידוחים (הגם שהיא משפיעה בהחלט על תנועת כלי שיט סביב פעילות זו).

האמנה בדבר מוכנות, תגובה ושיתוף פעולה בדבר זיהום הים בשמן

בעוד אמנת MARPOL הינה אמנה שעיקרה טיפול קלאסי בזיהום, באמצעות תקנים שעל כל גורם הפועל בים (Agent) ליישם, אמנת המוכנות, התגובה ושיתוף הפעולה בעניין זיהום ים בשמן (OPRC); ישראל חתומה על האמנה ומיישמת אותה באמצעות התוכנית הלאומית – "תלמ"ת"¹⁰¹) היא אמנה העוסקת במוכנותו מראש של המדינות החתומות עליה, באמצעות הקמת מערכת לתגובה מהירה לזיהומים חמורים של הים.

האמנה מחייבת את המדינות לערוך תוכנית לטיפול בזיהומים בשלושה מעגלי פעולה, לבנות תוכניות מפעליות, מוניציפליות ולאומיות, למנות רשות לאומית אחראית, לערוך תרגילים ולהחזיק בציוד ייעודי לטיפול בזיהומים, וכן, לקיים שיתוף פעולה באמצעות דיווח למדינות שכנות והגשת עזרה למדינות שכנות, בעת הצורך¹⁰².

⁹⁹ כך למשל, בשנת 1958 נכנסה לתוקף האמנה הבינ"ל למניעת זיהום הים בשמן ("אמנת לונדון"), שזכתה לסדרת תיקונים רבים, והיא כיום מוכרת בשם International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil, 1954 – OILPOL.
¹⁰⁰ לפירוט נוסף על האמנה, ראו הסקירה הבאה, מטעם ארגון הספנות הבינ"ל:

<http://www.imo.org/KnowledgeCentre/ReferencesAndArchives/HistoryofMARPOL/Documents/MARPOL%2073-78%20Brief%20History%20-%20List%20of%20amendments%20and%20how%20to%20find%20them.htm>

¹⁰¹ International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation (OPRC), 1990
האמנה נכנסה לתוקף בישראל ביוני 1999, ואומצה ליישום, בהחלטה מס' חמ/11 של ועדת השרים לאיכות הסביבה ולחומרים מסוכנים של הממשלה, מיום 18.05.2008 אשר צורפה לפרוטוקול החלטות הממשלה וקבלה תוקף של החלטת ממשלה ביום 05.06.2008 ומספרה הוא 3542 (ההחלטה זמינה במרשתת, בכתובת הבאה:

(<http://www.pmo.gov.il/Secretary/GovDecisions/2008/Pages/des3542.aspx>).

¹⁰² האמנה זמינה בתרגום עברי באתר המשרד להגנת הסביבה, בכתובת הבאה:

אמנה זו רלוונטית לזיהומים ימיים במגוון האזורים שבשליטתן של המדינות החברות בה, אך אף היא, כמו MARPOL, נוגעת בפעילות הקידוחים רק בעקיפין, ואינה קובעת הוראות ייחודיות לגבי מתקנים ותשתיות הפועלים בים בצורה ניחת.

אמנת ברצלונה ופרוטוקול ה-Offshore

האמנה השלישית ברשימתנו, אמנת ברצלונה להגנה על הסביבה הימית ואזורי החוף של הים התיכון (1976) היא האמנה המפורסמת ביותר, והרלוונטית ביותר לנושא מחקרנו¹⁰³. אמנה זו נולדה כאמנה המיוחדת לים התיכון בלבד, אך היא מיישמת כיום, לאחר תיקונים, עקרונות שנועדו להגן על אגן הים כולו, והיא מהווה אמנת מסגרת **מודולארית**, במספר רבדים: בפרוטוקולים המצורפים לה וכן, בתוכנית מיוחדת לפיה המכונה **Mediterranean Action Plan - MAP**, שאומצה בשנת 1995. באמנה חברות מרבית המדינות השוכנות לחופי הים התיכון (21 מדינות)¹⁰⁴.

האמנה, באמצעות הטקסט העיקרי שבה, הקובע כי החברות באמנה ינקטו הצעדים המתאימים למניעה, להפחתה, למאבק, וככל שניתן, לחיסול הזיהום של הים התיכון¹⁰⁵, ובאמצעות שבעה פרוטוקולים שנוצרו, נחתמו ומפותחים החל ממועד כריתתה ועד היום, מסדירה היבטים שונים ורבים.

דומה כי כל אחד משבעת הפרוטוקולים של האמנה רלוונטי לפעילות הקידוחים באופן כזה או אחר: החל מטיפול בפסולת (1976), עובר בטיפול במקרי חירום בים (2002), בהסדרת זיהום ממקורות יבשתיים (1996), בהגנה על אזורים מיוחדים ועל המגוון הביולוגי (1995), בטיפול בפסולת ובחומרים מסוכנים (1996), בניהול משולב של הסביבה החופית (2008) וכלה בפרוטוקול החשוב לענייננו – פרוטוקול מדריך לפעילות בסביבת הים העמוק: **Protocol for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution Resulting from Exploration and Exploitation of the Continental Shelf and the Seabed and its Subsoil** (1994, נכנס לתוקף במארכ 2011)¹⁰⁶.

פרוטוקול זה, שהתנאי לכניסתו לתוקף היה אישורו בידי 5 מדינות חברות לפחות (תנאי שהושלם כעבור למעלה מ-15 שנים מחתימתו לראשונה), קובע מכניזם חזק ויעודי, שנבנה מראש, בראש ובראשונה, מתוך ראייה של פעילות כגון קידוחים להפקת מקורות אנרגיה. הכלים המפורטים בו כוללים מנגנון לאישורים

¹⁰³ http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/InternationalRelations/Marine_coast/Documents/OPRC_hebrew.pdf. Barcelona Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean, 1976 (Entered into force at 1978).

¹⁰⁴ לרשימת המדינות החברות, ראו אתר המרשתת של מרכז ה-RAC/SPA: <http://www.rac-spa.org/parties>. סעי' 4.1 לאמנה.
¹⁰⁵

¹⁰⁶ רשימת הפרוטוקולים והטקסט המלא שלהן באנגלית זמינים באתר המרשתת הבא:

<http://www.unepmap.org/index.php?module=content2&catid=001001001>; המדינות החתומות על פרוטוקול ה-Offshore הן אלבניה, קפריסין, לוב, מרוקו, סוריה ותוניס; הפרוטוקול זמין בכתובת המרשתת הבאה: http://195.97.36.231/dbases/webdocs/BCP/ProtocolOffshore94_eng.pdf.

והיתרים לפעילות, מנגנוני ניטור ופיקוח וכן עקרונות של אחריות מורחבת לאירוע נזק לאוכלוסיית האדם, למחצבים ולמגוון הביולוגי.

הפרוטוקול נועד לטפל בכלל המרכיבים של קרקע הים: המדף היבשתי, קרקעית הים ותת הקרקע בים, תוך, והוא מתייחס לפעילות מחקר, לסקרים (סקרים סייסמיים, סקרים קידוחים וקידוחי דיגום), להקמת תשתיות מכל סוג (Fixed/Floating Structure, and any integral part thereof) ולפעולות קידוח, הפקה, הובלה וטיפול בפסולת ותוצרי לוואי.

הגישה המשתקפת מכלל הוראות הפרוטוקול היא כזו של "ניהול אינטגרטיבי" – יצירת מערכת בקרה על ידי המדינות, קביעת חובה להטמעת BAT (Best Available Technique) שהיא יעילה סביבתית והולמת מבחינה כלכלית (הן את העלויות והן את הרווחים הצפויים) ועוד. העקרונות הסביבתיים מעוגנים בהוראות מיוחדות של הפרוטוקול, לכל לכל שלב ושלב בפעילות ה-Offshore, לרבות קידוח: הקמת רשות אחראית ומאשרת, מנגנון אישור סקרים, אישור הקמה של תשתית לאחר בדיקת עמידה בתקנים ומוכנות של האחראי על הפעילות, חובה לעריכת סקרים סביבתיים, עריכת בחינה של תוכניות פעולה וטיפול בזיהומים תאונתיים ומתמשכים, וכן הוראות מיוחדות לרשימות שונות של חומרים מסוכנים שיש לטפל בהם באופן מיוחד ועוד (אלו מכוונות בז'רגון המשפטי Blacklist ו-Greylist, לפי מידת חומרת ההוראות בקשר לחומרים; הרשימה השחורה אסורה בהחלט, בעוד הרשימה האפורה כוללת חומרים שניתן להשתמש בהם או להפיקם בהיתר מיוחד).

מרכיב אופייני נוסף בפרוטוקול, ואולי חשוב במיוחד בהקשרנו, הוא מספר נספחים שיש בו. הנספחים הכוללים רשימת שיקולים שעל הרשות הסביבתית המאשרת לשקול בטרם תיתן אישור לעבודות בים (למשל, שיקולים הקשורים לתבנית הפליטה של חומרים ולתבנית הזרמים בים, שיקולים הקשורים ליעילות, השפעות הנוגעות לחומציות הים, טכנולוגיות זמינות ועלותן מבחינת הסעה גיאוגרפית והפעלה ואף שיקולי נוף ואסתטיקה), כללים לעריכת סקר השפעה על הסביבה, כללים לבחירת ציוד קידוח וטיפול בפסולת קידוח, כללי בטיחות בסיסיים, "תבנית שלדית" לתוכנית טיפול באירוע זיהום ועוד.

לשם יצירת "סגירות", ובצורה יוצאת דופן בחדותה ובהירותה ביחס לאמנות סביבתיות רבות אחרות, הפרוטוקול כולל פרק מיוחד בקשר לאחריות מורחבת ולפיצויים בקשר לנזקים שנגרמו כתוצאה מפעילות הקידוחים. סעי' 27 לפרוטוקול קובע כי המדינות החברות יקבעו בחקיקה הוראות המבטיחות את אחריותם של מי שערכו פעילות בקרקע הים כך שהם ישלמו פיצויים באופן הולם (Prompt and adequate compensation), וכן, כך שלא תיערך פעילות בים שאינה חוסה תחת כיסוי ביטוחי או תחת הסדר ערבות אחר לנזקים.

כדי להסיר ספק בשאלות של אחריות, הפרוטוקול קובע כי מפעיל פעילות Offshore אינו אך ורק החברה המבצעת את הקידוחים (או כל פעילות אחרת מתאימה) בלב הים, אלא כל אדם נוסף שיש לו השפעה דה פקטו על הפעילות¹⁰⁷.

הרגולציה במדינות מובילות מהעולם

עד כה, התמקדנו במסגרות בין לאומיות להסדרה של פעילות הקידוחים להפקת מקורות אנרגיה בים. כפי שראינו, המסגרות המשפטיות הבין לאומיות, אינן מעמיקות לפרטי הפרטים של ההסדרה הטכנית, גם מתוך כיבוד של ריבונות המדינות ובהבנה לשונותן זו מזו, באינטרסים, בהיקף הגיאוגרפי, במשאבים ובבעיות הסביבתיות, וגם משום שספציפיקציה רבה מדי של הדין הבין לאומי יוצרת חסמים בפני אישורו (בדיוק מסיבה זו, דומה, פרוטוקול ה-Offshore הנ"ל בקושי אושר, לאחר 15 שנים מיום שהושלמה ונחתמה טיוטתו).

לפיכך, מבט על הדין הבין לאומי אינו בהכרח מספיק לצורך אפיון המודלים והכלים הראויים ליישום בישראל, ויש הכרח לבחינת הדין המדינתי כפי שהוא עוצב וגובש במדינות שונות בעולם. בסקירה זו נבחר מספר מדינות עיקריות, שהספרות האקדמית והדו"חות הבינ"ל השונים מצביעים עליהם כמובילות בניסיון וביכולתן הסביבתית המוכחת בניהול קידוחים להפקת מקורות אנרגיה או, למרבה הצער, בניהול משברים סביבתיים הקשורים לקידוחים כאלו ולהפקת לקחים מהם.

חלוקה לשני מודלים מובילים – "מרשם מול ביצועים"

בספרות האקדמית ובדו"חות המתארים חקיקה סביבתית משווה ניתן לאתר חלוקה בין שני מודלים לחקיקה: "מודל המרשם" (Prescriptive Based Regulation) ולעומתו, "מודל ביצועים" (Performance Based Regulation).

גישת תחיקת **המרשם** מציבה דרישות טכניות ופרוצדורליות ספציפיות, שהרגולטור מכתב לנתינו. גישה זו יכולה לכלול מאות פרטים ופרוצדורות שיש ליישם הלכה למעשה. מערכת הכללים משולבת בדרך כלל עם מערכת פיקוח ואכיפה קלאסית, המבוססת על קנסות, עיצומים ואכיפה פלילית, בהם נעשה שימוש כלפי כל מי שמפר את פרטיה – ובדרך כלל, ללא קשר הכרחי לקרות תאונה או נזק סביבתי. גישה זו לא מאפשרת גמישות או סטייה מפרטיה.

גישת תחיקת **הביצועים** משקפת גישה שונה לחלוטין של המחוקק. בגישה זו, מוצבים מספר יעדים ודרישות ביצועיות בכמות מצומצמת לנתיני החוק, תוך מתן מקום וחירות לשחקנים במשק, להחליט בעצמם כיצד הם

¹⁰⁷ ובלשון פרק ההגדרות בפרוטוקול: "Any person who does not hold an authorization within the meaning of this Protocol, but is *de facto* in control of such activities."

מתכוונים לממש את הביצועים והיעדים שהציב בפניהם הרגולטור. על פי רוב, שיטה זו אינה עושה שימוש בכלי רגולציה מסורתיים, היוצרים רתיעה וניהול מתגונן אצל הכפופים להוראות החוק, אלא בשיטות של שיתוף הציבור, עריכת ביקורות, דרישה להגשת דו"חות תקופתיים ויצירת ממשק (Interface) בין מערכות הניהול הסביבתיות של הממשלה ומערכות הניהול הסביבתיות של המדינות השונות.

בדו"ח מקיף בדבר מערכות הרגולציה לגבי קידוחים בים שנערך במכון Pembina בשנת 2011, מציינים המחברים כי ישנן ראיות לכך שגידול בשימוש בתחיקת הביצועים עדיף, לנוכח הגמישות שלה, שביחד עם פיקוח נכון, מאפשרת לתעשייה לגבש פתרונות חדשניים ויעילים יותר מבחינה כלכלית וסביבתית, ומגבירה את רמת הציות לנורמות הסביבתיות (Environmental Compliance)¹⁰⁸.

ברם, חשוב להדגיש כי ניתוח החקיקה במדינות השונות, כפי שמוצג בספרות, אינו בהכרח מצביע על עדיפות מוחלטת לשיטה מסוימת: גישת הביצועים, על אף הסתגלות והאקטיביות שהיא מעוררת אצל גורמי התעשייה, מחייבת רמת אמינות ורמת דיוק גבוהות הן בצד האוכף והן בצד הנאכף, כמו גם יכולת וכושר מקצועיים לניתוח הסיכונים הסביבתיים ויכולת להצגה אובייקטיבית ומלאה של נתונים בדו"חות המועברים בין הצדדים בממשקי העבודה ביניהם. בנוסף, לא למותר להדגיש, כי יש המצביעים על כך שבסוגיות של בטיחות, ציוד מיגון ושיטות לתחקור תאונות ואירועים סביבתיים עדיף לנקוט בגישת המרשם דווקא, שכן במקרים אלה מדובר "בדיני נפשות"¹⁰⁹.

מכל מקום, הגישה במדינות שעל הנעשה בהן נעמוד אינה בהכרח חד-מימדית, ובכל אחת משיטות המשפט קיים תמהיל כלשהו של גישת המרשם וגישת הביצועים.

חלוקת סמכויות האכיפה והרגולציה – ריכוז סמכויות מול ביזור סמכויות

בנוסף לגישת הרגולציה הבסיסית, אירוע Deepwater Horizon (אסון דליפת הנפט במפרץ מקסיקו באסדת חברת BP שאירע ב-19.9.2010) עורר שיח משמעותי בכל הנוגע לנושא נוסף המוסדר בחוקי המדינות, כהשלכה של המדיניות הנהוגה בהן, והוא חלוקת הסמכויות לאכיפה ולרגולציה¹¹⁰. במדינות רבות, הסמכות הכוללת לגבי קידוחים להפקת מקורות אנרגיה מרוכזת בידיה של רשות אחת, האחראית על האופרציה כולה, ממתן הזיכיון לחקירה ולפיתוח של בארות להפקת גז ונפט, עובר בגביית התמלוגים והמיסים והעברתם

¹⁰⁸ Dagg, Holroyd, Lemphers, Lucas, Thibault, **Comparing the Offshore Regulatory Regimes of the Canadian Arctic, the U.S., the U.K., Greenland and Norway**, Pembina Institute, June 2011. הדו"ח זמין באתר המכון – <http://www.pembina.org>

¹⁰⁹ ראו בהקשר זה גם את דוח ארגון Det Norske Veritas **Summary of Differences between Offshore Drilling : Regulations in Norway and U.S. Gulf of Mexico**, Rev. 2 (2010)

כמו כן, ראו ניתוח תיאורטי מקיף של מקורות הנעה ומודלים לרגולציה אצל Gunningham, Neil, Robert A. Kagan, and Dorothy Thornton. "Social license and environmental protection: why businesses go beyond compliance." *Law & Social Inquiry* 29, no. 2 (2004): 307-341.

¹¹⁰ Norse, Elliott A.; Amos, John, "Impacts, Perception, and Policy Implications of the BP/Deepwater Horizon Oil and Gas Disaster". *Environmental Law Reporter* (November 2010), 40

לאוצר הממשלה, וכלה בהסדרת אופן הפעלתם של המתקנים. במדינות אחרות, קיימת הפרדה בין הסמכויות הכלכליות והקנייניות לגבי אוצרות הטבע, לבין הסמכויות לאכוף דיני בטיחות וסביבה בקשר להפקתם וניצולם.

חלוקה לא נכונה של הסמכויות, וכך צוין גם בדו"חות שהוכנו בישראל, הסתברה ככזו שמעוררת ניגודי אינטרסים ויצרה במקרים רבים מצב של תת-אכיפה ותת-יישום של הדין הסביבתי. הסיכון, אם לומר זאת בבוטות, הוא בכך שהממשלה תעדיף לשים דגש על הפקת הרווחים וההכנסות, תוך דחיקת השיקולים הסביבתיים לשוליים¹¹¹.

לפיכך, קיימת כיום מגמה במדינות המערב להפריד בין הרשויות ולעבור למודל מבוזר, שיאפשר בקרת איזונים ובלמים בין הגורמים הרגולטוריים ויצירת מסכת אחידה ואפקטיבית של רגולציה בכל אחד מהתחומים - הכלכלי והסביבתי-בטיחותי - מבלי להזניח איזה מהם.

מבט ספציפי על הנעשה במספר מדינות מובילות

מכאן ניגש לבחינת הנעשה במדינות שונות, תוך מתן דגש להבחנות ולבחירות המדיניות והרגולציה שנעשו בכל מדינה ומדינה. הסקירה להלן מבוססת על אתרי האינטרנט של הרשויות הסביבתיות במדינות השונות, על קבצי חקיקה המצויים במאגרי מידע משפטיים¹¹² וכן, על הדו"חות הנ"ל (דו"ח מרכז המחקר והמידע של הכנסת ודו"ח מכון Pembina)¹¹³.

כהערה מקדימה, נציין כי בכלל המדינות, החקיקה הקיימת מתקדמת הן מבחינה כרונולוגית והן בתוכן המהותי שבה; לאמור, כלל המדינות שנסקור ראו לנכון לעדכן, לעצב ולהבנות מחדש את החקיקה המחייבת בהן, בכל הנוגע לקידוחי Offshore.

המדינות שתיסקרנה הן ארה"ב, קנדה, בריטניה ונורווגיה, בהן בחרנו בשל היותן מדינות מערביות בעלות אגידה ברורה של שלטון חוק, וכן בשל היותן בעלות ניסיון רב יחסית ומתועד בקידוחים ימיים – דבר המאפשר העמקה, אם הדבר נדרש, בנעשה בהן וברציונאליים המנחים לכל החלטת מדיניות ורגולציה שנתקבלה על ידיהן לאורך השנים.

¹¹¹ ראו דוח מרכז המחקר והמידע של הכנסת בנושא: איתי פלדמן, שרון סופר, "מניעת סכנות סביבתיות מקידוחי נפט וגז בים: בחינת אמצעי הפיקוח של הרשויות", מרכז המחקר והמידע של הכנסת (20.2.2011) (זמין בכתובת המרשתת הבאה: <http://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m02781.pdf>).

¹¹² כגון Lexis-nexis.com, Westlaw.com וכיו"ב.

¹¹³ ראו בסמוך לה"ש 27 ו-30 לעיל.

קנדה

הדין המרכזי המסדיר את פעילות קידוחי מקורות האנרגיה בקנדה הוא ה- Canada Oil and Gas Operations Act (COGOA, 1985); חוק זה מסדיר את היבטי הבטיחות והגנת הסביבה, וכן את תנאי קבלת הרישיון לחזקה בבאר ולעבודה בה. החוק ישן יחסית, אך מלווה ברגולציה מבוססת תקנות להסדרת הסקרים הסייסמיים ולקביעת התנאים הבטיחותיים לסקרים, לפעילות הקידוח עצמה, לאפיון ועיצוב התשתית והמתקנים לקידוח, לפעילות של צלילה והפעלת כלים תת ימיים, לאישורי הפקה וכשירות, וכן לקביעת משטר האחראיות לדליפות ולפסולת ושיירים מקידוחים¹¹⁴.

הגוף המסדיר את קידוחי הנפט והגז הוא **מועצת האנרגיה הלאומית (NEB)**, סוכנות פדראלית של הממשל המרכזי. המועצה אחראית לבקרה על ההשפעות הסביבתיות, בכל השלבים הקשורים לקידוח בים. כמו כן, היא מחויבת לדרוש תסקיר סביבתי לפני תחילת העבודות, תוך יישום עצמאי ומקביל של תוכנית להערכת השפעות סביבתיות בזמן ובטרם ניתנו רישיונות לתור אחר גז ונפט בשטח הימי של קנדה¹¹⁵.

נוסף על כך, פועלות בקנדה מועצות אזוריות, כדוגמת מועצת הקידוחים בים בנובה סקוטיה ומועצת הקידוחים באזורי ניופאונדלנד ולברדור, אשר גם הן פועלות במישור הפדראלי. המועצות ממשות את הנחיות ה-NEB ועומדות בקשר עם היזמים ועם הרשויות בכל הנוגע לניהול שוטף, עריכת תרגילים ובדיקות כשירות וכוננות למקרי דליפה ומפגעים סביבתיים.

המחוקק הקנדי שילב בין גישת המרשם לבין גישת הביצועים ברגולציה בשתי דרכים:

- א. באמצעות הטמעה בתקנות לפי ה-COGOA סעיפים המכתיבים ביצועים סביבתיים, להבדיל משיטות ספציפיות ליישום טכנולוגיה או שיטת ייצור מסוימת. עדכון זה נעשה בשנת 2009, וכך, כיום ישנן בתקנות הן הוראות "מרשמיות" והן הוראות "ביצועיות"¹¹⁶;
- ב. באמצעות שימוש בכלי הערכה המנוהלים על ידי ועדות ייעודיות (Review Boards) – ה- Environmental Impact Screening Committee וה- Environmental Impact Review Boards; ועדות אלו בוחנות את הסביבה ואת הפרויקטים המובאים בפניהן וממליצות על תנאים שיש להכתיב בטרם ביצוע פרויקטים ומיזמים, כך שתימנע השפעה שלילית על הסביבה. המלצות אלו מובאות בפני ה-NEB¹¹⁷.

¹¹⁴ לרשימת התקנות המלאה, עיינו באתר ה-National Energy Board כפי שעודכן באוקטובר 2012: <http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rpblctn/ctsndrgltn/rgltnsngdglnsprnttthrcct/cndlndgsprtnsct/cndlndgsprtnsct-eng.html>.

¹¹⁵ ישראל, מרכז המחקר והמידע 2011, מניעת סכנות מקידוחי גז ונפט בים איתי פלדמן, שרון סופר, "מניעת סכנות סביבתיות מקידוחי נפט וגז בים: בחינת אמצעי הפיקוח של הרשויות", **מרכז המחקר והמידע של הכנסת (20.2.2011)**. זמין בכתובת המרשתת הבאה:

<http://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m02781.pdf>.

¹¹⁶ בפרט, ב-Canada Oil and Gas Drilling and Production Regulation, 2009.

¹¹⁷ יודגש, כי בקנדה חקיקה ייעודית להערכה סביבתית – Canadian Environmental Assessment Act, 1992.

ארה"ב

החקיקה העיקרית בארה"ב לתחום הקידוחים בארה"ב מצויה בחוק פדראלי ראשי בשם Outer Continental Shelf Lands Act (OCSLA)¹¹⁸. חוק זה כולל הוראות ספציפיות לניהול פעולות במימי המדף היבשתי של ארה"ב, והוא אף כולל הוראות לגבי ניצול משאבים על ידי ארה"ב מעבר לגבולותיה.

החוק מסמך את משרד הפנים ואת משמר החופים האמריקאים לקבוע כללים ורגולציה לגבי ניצול מחצבים בים מהיבטים שונים, ובעיקרים היבטים כלכליים וכלה הנוגעים לאיזון צריכת המשאבים עם האינטרסים הנוגעים להגנת סביבת האדם, הים והחוף¹¹⁹.

עד לאסון Deepwater Horizon במפרץ מקסיקו, הרשות האחראית על הקידוחים הייתה ה-MMS (Mineral Management Service), במשרד הפנים האמריקאי. לאחר האסון, הוחלט כי לנוכח סתירה מהותית בין משטרי הפיקוח ואכיפה בכל הנושאים הסביבתיים לבין האינטרסים הנוגעים למתן היתרים וגביית תמלוגים, העולה כדי ניגוד אינטרסים הפוגע ביכולת הממשלה לפקח אפקטיבית על הגנת הסביבה הימית, הוחלט על שינוי מבני שעיקרו הפרדת סמכויות.

ה-MMS, אם כן, העבירה סמכויות בתחומי הסביבה והבטיחות לגוף חדש: Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement (BOEMRE); הסמכויות שנתרו, לעניין גביית תמלוגים וחלוקת זכויות, נותרו בידי משרד הפנים.

לצד ה-BOEMRE ולצד משרד הפנים קיימות רשויות נוספות, ובראשן ה-EPA (Environmental Protection Agency) – הרשות האמריקאית הפדרלית להגנת סביבה, וכאמור, משמר החופים האמריקאי (USCG). הרשויות פועלות כיום לפי הסכמה פנים ממשלתית המחלקת ביניהן את הסמכויות, כל אחת לפי תחומיה – משמר החופים אחראי על שמירת הביטחון והבטיחות; ה-EPA אחראי על תקינת ערכים וספים סביבתיים ועל תוכניות תגובה לאסונות סביבתיים וה-BOEMRE אחראית לקביעת סטנדרטים סביבתיים לתעשייה, לפי סקטורים שונים¹²⁰.

הגישה האמריקאית לחקיקה, כפי שניתן היה לצפות, מבוססת באופן כמעט מוחלט על תחיקת מרשם: הדרישות הסביבתיות מפורטות בחקיקה ברמת רזולוציה גבוהה, או מפנות לתקנים מחייבים, בעיקר של ה-

¹¹⁸ Outer Continental Shelf Lands Act, USC. 1331-1356a (1953, Amended at 2005)

¹¹⁹ Government of the United States, Outer Continental Shelf Lands Act, 43 U.S.C. 1332, 1334; Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement, "Outer Continental Shelf Lands Act," Sept. 29, 2010; תקציר חוק רשמי זמין בכתובת המרשתת הבאה, באתר ה-U.S. Commission on Ocean Policy:

http://www.oceancommission.gov/documents/gov_oceans/ocsla.pdf
<http://www.gomr.boemre.gov/homepg/regulate/regs/laws/ocslasht.html>

¹²⁰ U.S. Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement, "Regulatory Compliance: MMS Agreements," Sept. 17, 2010, <http://www.boemre.gov/regcompliance/MOU/MOUindex.htm>

API (American Petroleum Institute)¹²¹. גישה זו, שלא מותירה מרחב גדול לגמישות או לאימוץ תקנים וולונטרי, לא השתנתה גם לאחר אסון Deepwater Horizon¹²².

בריטניה

בבריטניה, החוק המרכזי המסדיר את סקטור הקידוחים להפקת מקורות אנרגיה הינו ה-Petroleum Act, 1998. חוק זה מסדיר את פעילות בריטניה בכלל האזורים בהם נערכת פעילות Offshore Drilling. החוק מסמיך את המחלקה לאנרגיה ולשינוי אקלים (DECC)¹²³ לקבוע תקנות לפיתוח של בארות נפט וגז, ובפרט, לעסוק במתן זיכיונות ורישיונות לחיפוש מקורות אנרגיה ולקידוחים בפועל.

לצד המחלקה פועלות גם רשויות נוספות: הרשות הביצועית לבריאות ובטיחות¹²⁴, אשר קובעת כללים למניעת סיכונים לבריאות, לבטיחות ולסביבה; הרשות לשמירת החופים והסביבה הימית אחראית על תכנון פעולה ועל תגובה לאירועי דליפת נפט¹²⁵; וכן, המחלקה לענייני מזון, סביבה והאזור הכפרי באנגליה ובוויילס, אשר מפעילה מרכז מיוחד לסביבה, לדיג ולמדעי תרבות הים, ואשר מספקת בסיס מדעי, כלי בחינה וייעוץ שוטף ל-DECC בכל פעולותיו¹²⁶.

גופים אלו פועלים במעטפת מורכבת של דברי חקיקה. המדיניות הבריטית לרוב נוטה ליצור חקיקה המיישמת את גישת הביצועים; מדיניות זו משתלבת גם עם מחויבותה של בריטניה לאמנת OSPAR¹²⁷, המיישמת את עקרונות הזהירות המונעת, המזהה משלם ויישום ה-BAT (הטכניקה הסביבתית הטובה ביותר הזמינה).

עם זאת, הדין האירופי, המחייב את בריטניה בהיותה חברה בקהילייה האירופית, מחייב את הממשלה הבריטית ליזום חוקים הקובעים סטנדרטים המיישמים דווקא את גישת המרשם.

כך יוצא, שהדין הבריטי מהווה תמהיל מעניין, הן של מגוון רשויות הפועלות בצוותא, והן של דינים "מרשמיים" ודינים "ביצועיים".

¹²¹ מעניין לציין, כי גם המחוקק הישראלי, למשל, בתקנות המים לעניין זיהום מים מקווי דלק וזיהום מים מתחנות דלק, מפנה לא אחת לסטנדרטים של מוסד זה, המחזיק במוניטין גבוה במיוחד.

¹²² ראו למשל, את פרסום ה-BOEMRE לאחר האסון, שנועד לחדד את תחיקת הבטיחות במתקנים באוקטובר 2010: U.S. Bureau of Development on Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement, Increased Safety Measures for Energy the Outer Continental Shelf, 2010 Fed. Reg. 63610, October 14, 2010 (זמין בכתובת המרשתת: <http://edocket.access.gpo.gov/2010/pdf/2010-25256.pdf>).

¹²³ (DECC) Department of Energy and Climate Change.

¹²⁴ (UK HSE) Health and Safety Executive Branch.

¹²⁵ Marine and Coastguard Agency.

¹²⁶ Centre for Environment, Fisheries and (DEFRA) Department of Environment, Food and Rural Affairs; (CEFES) Aquaculture Science.

¹²⁷ Convention for the Protection of the Marine Environment of the North East Atlantic, 1992.

אלמנט בולט נוסף במדיניות הרגולטור הבריטי הוא פרסומם של מסמכי הדרכה ולימוד (Guidance Manuals) ליישום הפרקטיקה הנכונה, הן כאשר הרשויות מבקשות לפרט את הדין והן כאשר הן מבקשות להטמיע סטנדרט חדש באמצעים "רכים". על מנת לסבר את האוזן, להלן מבואה מתוך אחד המדריכים:

"This guidance is issued by the Health and Safety Executive. Following the guidance is not compulsory and you are free to take other action. But if you do follow the guidance you will normally be doing enough to comply with the law. Health and safety inspectors seek to secure compliance with the law and may refer to this guidance as illustrating good practice"¹²⁸.

דהיינו – הממשל הבריטי מפרסם כללים שונים, אשר מהווים מעין המלצה "חזקה", לפעול לפי הסטנדרט הרצוי והמוכר למפקחי הרשויות המוסמכות, אך מודיע כי בכל זאת, אין חובה לקיימם, הגם שהם בדרך כלל מבטיחים עמידה מוצלחת בדרישות החוק.

נורבגיה

המדינה האחרונה אותה נסקור היא נורבגיה. היות שהים הצפוני הוא מרכז עולמי בהפקת נפט וגז ונורבגיה היא בעלת העתודות הגדולות ביותר מבין המדינות שמפיקות גז ונפט באזור, נורבגיה פיתחה לאורך שנים כלים רבים לטיפול בזיהום הים ולניהול פרויקטי קידוחים בים.

בנורבגיה פועלות שתי רשויות מקבילות לניהול מזימי ה-Offshore: ה-PSA (Petroleum Safety Authority), הפועלת להבטחת בטיחות בעבודה והגנת הסביבה תחת משרד העבודה הנורבגי, וכן משרד האנרגיה והנפט, שאחראי להסדרת מדיניות האנרגיה (לרבות מתן זכויות, רווחים ותמלוגים), ואשר תחתיו פועל תאגיד הנפט הנורבגי, שמהווה זרוע ביצועית של המשרד. על פי המידע המפורסם על ידי ה-PSA, שני המוסדות גם יחד מאשרים כל קידוח, ולפיכך מופחת הסיכוי לניגוד אינטרסים פנימי ולהפיכת האינטרס הסביבתי לשולי¹²⁹.

אשר לגישה הרגולטורית, הרי שנורבגיה מהווה חלוץ בכל הנוגע ליישום גישת ה**ביצועים**. אמנם, ה-PSA אחראי ליישומן של תקנות שונות לעניין הניהול, המתקנים, הפעילויות ושיתוף המידע, והתקנות אף מעודכנות באופן תדיר (עודכנו לאחרונה ב-2011); ברם, בפועל, הדין כללי מאוד ולא כולל סטנדרטיזציה מפורטת¹³⁰.

¹²⁸ המקור הינו Government of the U.K., Status of technical guidance and information on design, construction and operation of offshore installations, Operations notice: 27, Issue date: Sept 2003, revised Oct 2010. המסמך זמין בכתובת המרשתת הבאה: http://www.hse.gov.uk/offshore/notices/on_27.htm.

¹²⁹ Petroleum Safety Authority Norway, "Role and Area of Responsibility," 2008; המסמך זמין בכתובת המרשתת הבאה: <http://www.ptil.no/role-and-area-of-responsibility/category165.html>.

¹³⁰ רשימת התקנות היא כדלקמן: Regulations Relating to Health, Safety, and the Environment in the Petroleum Safety Authority Norway, Regulations Relating to Design ;Facilities (The Framework Regulations), 2010 and Outfitting of Facilities, etc. in the Petroleum Activities (The Facilities Regulations), 2010; Regulations Relating to Conducting Petroleum Activities (The Activities Regulations), 2010.

במקום לקבוע סטנדרט שייאכף באופן רגיל, הדין הנורבגי ממוקד בקביעת כלים ושיטות ניהוליות, ומאפשר לתעשייה לקבוע לעצמה את המפרט הטכני והתעשייתי, תוך שימוש בהמלצות מכוונות, המנוסחות בצורה כללית, ואשר מותירות פתח ליישום של פתרונות אחרים.

את החלל שנוצר – לכאורה בלבד – ממלא סטנדרט תעשייתי ותיק, החל משנת 1993, ה - **NORSOK Standard**. סטנדרט זה פותח על ידי כלל חברות תעשיית הנפט והגז בנורבגיה, בתיאום עם הממשלה הנורבגית, כדי להבטיח את קיימותה של התעשייה, מתוך כוונה לשמש מקור הן בעבור התעשייה, לרמה הטכנולוגית, הניהולית, הבטיחותית והסביבתית הנדרשת והיעילה, והן בעבור הרגולטור¹³¹. סטנדרט זה הצליח במידה כה רבה, עד כי כיום הוא משמש

ויודגש: בשונה מהגישה הבריטית, שהתפתחה באופן היברידי, הגישה הנורבגית, הינה כזו שבמוצהר מבקשת ליישם Performance Supervision חלף יישום של Prescription Enforcement¹³².

מסקנת ביניים מהסקירה המשווה

כמסקנת ביניים, ומהשוואה בין האמור בפרק הסוקר את הנעשה בדין הישראלי לבין האמור בפרק המשפט המשווה, ברי כי הרגולציה על מתקנים לקידוח בקרקע הים לשם הפקת מקורות אנרגיה אינה מהמפותחות ביותר.

הדין הישראלי אינו כולל את מרכיבי העקרונות הקיימים במשפט הבינ"ל ואינו מיישם בקשר לקידוחי ים (ובפרט, קידוחים במים הכלכליים, בשל בעיות שונות, שאחת החמורות שבהן נוגעת להגדרת הבסיסית של ריבונות ישראל) כראוי; הדין הישראלי אף אינו הרמוני, אחיד ופומבי בשיטות הניהול נדרשות בתהליכי הרישוי וההפעלה של מתקני קידוח בים, כפי שהדבר בא לידי ביטוי בפרוטוקול ה-Offshore לאמנת ברצלונה.

אותה תמונה משתקפת גם ואף אינו מצוי ברמת הרגולציה אותה מפגינות מדינות העולם. המשפט הישראלי אינו עומד ברמה המופגנת על ידי המדינות, בכל קריטריון: לא ברמת פירוט הדין, לא ברמת הפרדת הרשויות לגורמים מומחים האחראים ומפקחים ביעילות, כל אחד על תחומו, לא ברמת גמישות הדין ושקיפות הסטנדרטים ואף לא ברמת הגמישות בבחירת הפתרונות הטכנולוגיים, המאפשרת בחירה בפתרונות היעילים ביותר תוך רתימת התעשייה לשיתוף פעולה.

¹³¹ האתר הרשמי של הסטנדרט מצוי בכתובת המרשתת הבאה: <http://www.standard.no/en/sectors/Petroleum>.

¹³² ראו הפרסום הרשמי הבא:

Petroleum Safety Authority Norway, "From Prescription to Performance in Petroleum Supervision," media release, March 12, 2010; הפרסום זמין בכתובת המרשתת הבאה: <http://www.ptil.no/news/from-prescription-to-performance-in-petroleum-supervision-%20article6696-79.html>.

סקירת ספרות: הזווית הכלכלית לעניין רגולצית קידוחי הגז והנפט - הזווית הכלכלית

(רותם איזק)

כפי שראינו בפרקים הקודמים, רגולציה הנה ביטוי למדיניות וכוללת בתוכה מגוון מרכיבים בהתאם לאופן בו היא מוגדרת. אחד המרכיבים הרגולטיביים שחשוב לתת עליהם את הדעת, על אחת כמה וכמה כאשר מדובר בהסדרה רגולטיבית של ענף במשק, הוא רגולציה מבוססת תמריצים. מערכת פיסקאלית הנו המונח הכלכלי המשמש לתאור מכלול הצעדים והכלים הכלכליים בהם משתמשת הממשלה על מנת ליישם את מדיניותה ולבטא את ציפיותיה ותפיסותיה לגבי השוק ואופן הניהול התקין שלו. בעזרת המערכת הפיסקאלית יכולה הממשלה לעודד, לצמצם או למנוע התפתחויות שונות בהתאם לתפיסתה ויעדיה.

למשק קצב התפתחות העומד בקשר ישיר עם "שורת הרווח" הנובעת מהפעילות. באופן טבעי, ככל שהמשק מניב רווחים גדולים יותר הוא מושך ענין ומשקיעים ומתפתח במהירות רבה יותר. הכלכלן הידוע, מילטון פרידמן, אמר פעם שתפקידם של עסקים הוא לעשות עסקים, במובן הזה, המשק לא עוצר ולא מחכה לאף אחד. הכשל המרכזי בתפיסה זו, עליו הצביעו עם השנים כלכלנים אחרים, הוא התעלמות ממה שמכונה "עלויות חיצוניות". עלות חיצונית היא אותה עלות הנוצרת בעקיפין לפעילותה של הפירמה. עלות זו יכולה להיות חיובית או שלילית אך בכל מקרה איננה מתומחרת במסגרת פעילותו של העסק. הרחבת הסוגיה של כשלי שוק ועלויות חיצוניות חורגת אמנם ממסגרת עבודה זו אך חשובה להבנתנו את מהותה של המדיניות הסביבתית מבוססת התמריצים ולכן אתייחס אליה בקצרה.

השפה של הפירמות היא שפה כלכלית ומערך קבלת ההחלטות של הפירמה ובפרט ההחלטה באיזה היקף לייצר, תלוי בקשר ישיר בפונקצית העלויות שלה. הנחת היעילות הכלכלית אומרת שפירמה תמשיך ליצר כל עוד המחיר עולה או שווה לעלות השולית¹³³. מכאן, שבבסיסה של התיאוריה הכלכלית עומדת הנחת יסוד שאומרת שהפירמה לא אמורה לקחת בחשבון פרמטרים שאינם מכומתים לעלויות. מובן אם כך, כי בהיבט הסביבתי, אם ברצוננו לגרום לפירמה להתאים את פעילותה להשפעות הסביבתיות שהיא יוצרת עלינו להמיר את המושגים הסביבתיים למושגי עלויות. עלות חיצונית היא בדיוק תוצאה של המרה זו ותפקידה לתמחר במונחים שהפירמה יכולה להבין ולשכלל במערך שיקוליה.

לאחר שהמרנו את ההשפעות הסביבתיות לעלויות כלכליות נשאלת השאלה מה יגרום לפירמה להכניס את העלויות הללו לפונקצית העלות שלה. כאן באה לידי ביטוי הרגולציה הסביבתית מבוססת התמריצים שהזכרנו קודם לכן. רגולציה זו בעיקרה, היא ניסיון להטיל את האחריות כלפי ההשלכות הסביבתיות הנובעות מפעילות מסוימת על מי שמבצע את הפעילות.

השימוש ברגולציה מבוססת תמריצים כלכליים מהווה השלמה או הרחבה למודל המדיניות השני שהוזכר בפרק הקודם, מודל מבוסס תמריצים. במסגרת זו יעשה שימוש באמצעים כלכליים גמישים כמו סחר ביתרים,

¹³³ Baumol W., and Blinder, A., Economics : Principles and Policy (7th edition), Dryden Press, Orlando, 1998. Ch.4,7.

החזרי פיקדון, היטלים, אגרות שימוש וכו' אשר יוגדרו על פי רוב כנוסחא ויתאימו עצמם לפעילות הפירמות. אמצעים אלו נחשבים נוחים וקלים יותר ליישום שכן ניתן להתאים אותם בקלות רבה יותר לצרכי המשק המשתנים וכי הם עשויים להוות תמריץ מתמיד לשיפור היחס כלפי הסביבה.

פרק זה נכתב במטרה לזהות האם מתקיימים פערים ברגולציה הסביבתית מבוססת התמריצים בתחומי הגז והנפט. לשם כך נכיר ראשית את הענף ואת הפוטנציאל הכלכלי הגלום בתוכו, נבחן את הכלים הכלכליים הנפוצים ביותר ברגולציה הסביבתית ולאחר מכן, נסקור את המערכת הפיסקאלית בישראל ונבדוק מה מבין הכלים מבוססי התמריצים בא לידי ביטוי במערכת זו. לבסוף, נשווה את המדיניות בישראל למדיניות המתקיימת במקומות אחרים בעולם על מנת לנסות ולראות האם ישנו פער ובמידה וכן באיזה היקף הוא קיים.

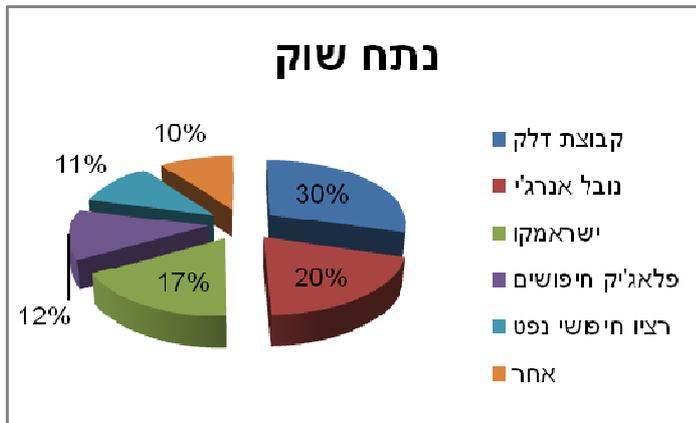
סקירת הענף

בישראל מתקיימים חיפושי נפט וגז כבר מראשית המאה העשרים, אך עד סוף המאה הקודמת הם לא הובילו לתגליות בהיקפים נרחבים. בשנת 1955 התגלה שדה נפט יבשתי ראשון שהפיק כ-17 מיליון חביות נפט ומאז ועד תחילת שנות האלפיים התגלו רק כמויות קטנות בקידוחים בודדים. בסוף שנת 1999 התגלה המאגר הימי "מארי-B". בעקבות תגלית זו החלו חברות אנרגיה שונות לבצע סקרים סיסמיים מול חופי מדינת ישראל ועל בסיס סקרים אלו בוצעו בשנת 2008 קידוח "תמר" (עתודות גז מוערכות בלמעלה מ- BCM 240 –תגלית הגז הטבעי הגדולה ביותר בעולם באותה שנה). וקידוח "דלית" (BCM 15). תגליות אלו עוררו עניין רב והיוו את ירית הפתיחה בפועל של משק קידוחי הנפט והגז הטבעי בישראל. ממיפוי זכויות הנפט באזור הכלכלי הבלעדי של מדינת ישראל, ניתן ללמוד כי קיימים (בשלבים שונים של ביצוע) 41 קידוחים ימיים¹³⁴.

כאשר מנתחים את היצע הגז הפוטנציאלי יש להביא בחשבון את הרקע הגאולוגי של חופי מדינת ישראל, הממוקמים מעל אגן הלבנט, ואת תוצאות הסקרים הדו והתלת ממדיים שבוצעו באגן כולו ובשטחנו. כמו כן, יש להביא בחשבון שהשטח הימי של ישראל מהווה יותר מ-40% משטח האגן כולו ובמאפיינים השונים כגון: מספר השדות שהתגלו עד כה, כמות הגז הטבעי הממוצעת לשדה, גודל השדה הגדול ביותר ועוד ולהשוותם לאגנים מכילי נפט אחרים בעולם. מניתוח זה עולה כי בשטח הימי של ישראל עשוי להימצא גז בר הפקה בכמות של כ- BCM 1,400 (לפי הערכת המכון הגיאולוגי האמריקאי)¹³⁵. ועדת צמח, שדנה במדיניות ייצוא הגז הטבעי בישראל העריכה את היקף המשאבים המוגדרים כרזרבות סחירות בכ- BCM 800

¹³⁴ אינדקס הקידוחים הימיים, משרד התשתיות הלאומיות. מתוך אתר משרד האנרגיה והמים:
<http://energy.gov.il/Subjects/OilSearch/Pages/GxmsMniOilSearchAbout.aspx>

¹³⁵ דוח הביניים של הוועדה הבינמשרדית לבחינת מדיניות האנרגיה-דוח צמח



כיום, מרבית שטחי הקידוח הימיים מופעלים על ידי מספר מצומצם של חברות אנרגיה, כפי שניתן לראות בדיאגרמת חלוקת נתח שוק¹³⁶. על לפי משרד האנרגיה והמים, מקורות הגז העיקריים במשק הגז הישראלי הינם:

שותפות ים תטיס (מאגר מרי B ונועה)- בשליטת נובל אנרג'י (47%), דלק קידוחים (25.5%), אבנר חיפוש נפט וגז (23%) ודלק השקעות ונכסים. היקף המאגר: BCM +30

מאגרי תמר ודלית- בשליטת נובל אנרג'י (36%), ישראלמקו (28.75%), אבנר (15.625%), דלק קידוחים (15.625%) ודור (4%). היקף המאגרים: BCM 225.

יבוא ממצרים- הסכם בין המדינות שבמסגרתו מספקת חברת EMG (מיזם משותף של חברות מצריות וישראליות) גז לישראל החל משנת 2008 בקצב של BCM 2 לשנה.

שימושים וביקושים חזויים

מדינת ישראל צורכת בשנה כ-80 מיליון חביות נפט¹³⁷ (צריכה הדומה לצריכה היומית העולמית-84.5, נכון לשנת 2008). הנפט בישראל מיובא ברובו בצורת נפט גולמי ומזוקק בבתי הזיקוק בחיפה ואשדוד. גילויי הגז מול חופי ישראל בשילוב עם השינוי בתמהיל הדלקים במשק הישראלי (בשל עליית מחירי הדלקים) הביאו לגידול מהיר בצריכת הגז הטבעי בישראל בשיעור מצטבר של 275% בשנים 2004-2009. בשנת 2010 הגיע השימוש בגז הטבעי להיקף של יותר מ-5 BCM בשנה, בערך כספי של כ-3 מיליארד ₪, והיווה מקור לכ-37% מייצור החשמל במדינת ישראל. בנוסף, משמש הגז הטבעי מפעלי תעשייה כבדה וזעירה, תחבורה (בהינתן תשתיות מתאימות) וכו'. הצפי הוא שהיקף השימוש בגז יגיע ל-10 BCM כבר בשנת 2015 ול-17 BCM לקראת סוף שנות העשרים. בהתחשב בחוסר עצמאותה האנרגטית של מדינת ישראל עד היום ובחוסר היכולת להיעזר באספקת דלקים ממדינות שכנות (כפי שהודגם על צינור הגז המצרי בעקבות אירועי "האביב הערבי" במצרים) ישנה חשיבות מכרעת להמשך הפעילות בתחום ולחשיפת מצבורים נוספים של גז טבעי לשם הבטחת מענה לצרכי האנרגיה של ישראל בשני העשורים הקרובים לפחות. בנוסף, חשיפה של מאגרים בהיקף נרחב יותר תאפשר ייצוא וסחר בנפט דבר שצפוי לשנות את מעמדה האסטרטגי של מדינת ישראל, לשנות את מאזן הסחורות והשירותים במדינה ולהגדיל את הקופה הציבורית. לשם הפרופורציה, בשנת 2011 היה אומדן השווי

¹³⁶ הופק מתוך אינדקס הקידוחים הימיים, משרד התשתיות הלאומיות.

¹³⁷ מסמך מרכז המחקר והמידע של הכנסת-ניתוח חלק הממשלה מהכנסות מגז ונפט, 2010, פרק 1

של התמלוגים העתידיים בגין הכנסות מגז ונפט- 30.4 מיליארד שקלים¹³⁸, ומכאן ניתן להבין את התמריץ הגדול של המדינה לעידוד ולפיתוח משק הגז והנפט בישראל. על מנת להבין את המקור להכנסות אלו עלינו להכיר את מרכיבי המערכת הפיסקאלית במשק.

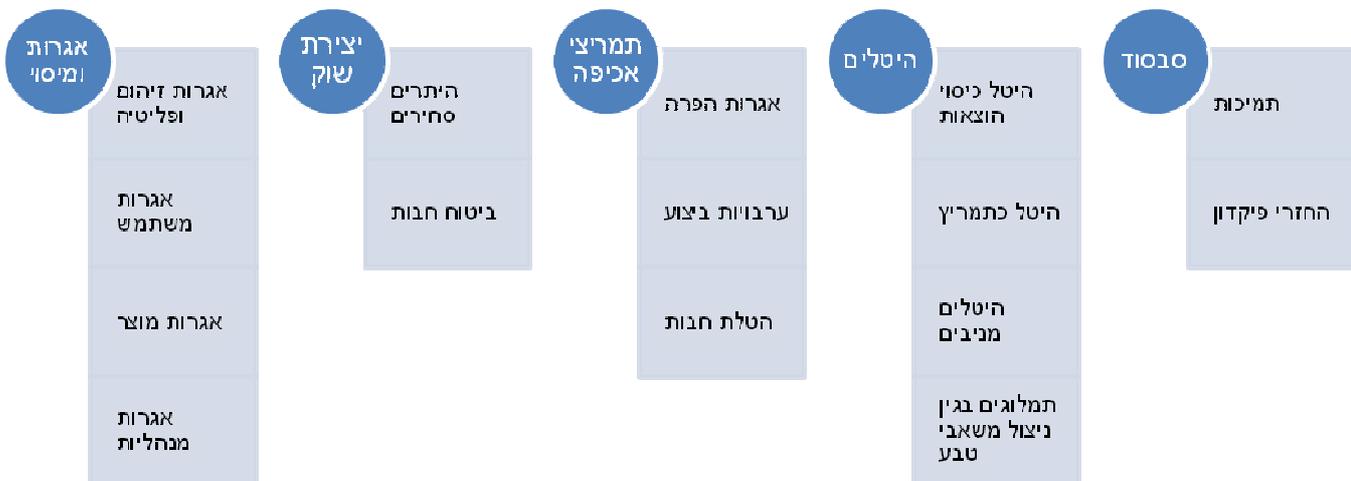
פרק זה נכתב במטרה לזהות האם מתקיימים פערים ברגולציה הסביבתית בתחומי הגז והנפט. לשם כך נבחן ראשית את סך הכלים הכלכליים הבאים לידי ביטוי ברגולציה הסביבתית, לאחר מכן נבחן את המערכת הפיסקאלית בישראל ונבדוק מה מבין הכלים מבוססי התמריצים באים לידי ביטוי במערכת בישראל ולבסוף נשווה את המדיניות בישראל למדיניות המתקיימת במקומות אחרים בעולם.

מדיניות סביבתית מבוססת תמריצים

בבסיסם של הכלים הכלכליים עומדת ההנחה כי לכל פעילות שמתבצעת מתקיימות השפעות חיצוניות למערכת. כלומר, עלויות הנלוות לפעילות הכלכלית שאינן מתומחרות במסגרתה. כך למשל, מתקיימות השפעות חיצוניות שליליות כשמדובר בשימוש בכלי רכב אשר באות לידי ביטוי בצורה של נזק בריאותי שאיננו מתומחר בתוך מחירי הדלק. התפיסה הרווחת היא שישות כלכלית אשר פוגעת בגורמים חיצוניים במסגרת פעילותה ראוי שתעניק פיצוי מתאים לאלו הנפגעים מכך. כאשר מדובר בפגיעה סביבתית הופך המיסוי הסביבתי לאחד האמצעים העיקרים בעזרתם אפשר לגרום לישות הכלכלית לתמחר בפעילותה ("להפנים") את ההשפעות החיצוניות השליליות שהיא אחראית להן.

סוגי הכלים הכלכליים המוכרים ביותר בשימוש במסגרת מדיניות סביבתית הם¹³⁹:

¹³⁸ משרד החשב הכללי, דוחות כספיים ליום 31 בדצמבר 2011, ביאור 9(ב).
הערה: האומדן נקבע רק לגבי אתרים בהם הוכח כי קיימת בהפקה כדאיות כלכלית ("תגלית מסחרית") וניתנה לזכיין חזקה.
5.4 מיליארד-מתוקף חוק הנפט, 2.3 מיליארד-בגין מס חברות, 12.6 מיליארד-בגין היטלי רווחים מתוקף "חוק ששינסקי"
¹³⁹ הכנסת-מרכז מחקר ומידע, מיסוי סביבתי: סקירה השוואתית, 2004.



ככלל, מטרת המיסוי הסביבתית היא צמצום הנזקים הנגרמים לסביבה על ידי שינוי דפוסי הייצור והצריכה, עידוד מחקר ופיתוח והפעלה של תהליכי ייצור ומוצרים "ידידותיים לסביבה" ושימוש בחלק מן ההכנסות למימון פרויקטים סביבתיים.

במדינות OECD¹⁴⁰ נהוגים מספר סוגים של היטלים סביבתיים ביניהם **היטלים לכיסוי הוצאות**, באמצעותם גורמים שמשתמשים בסביבה או פוגעים בה שותפים בהוצאות הכרוכות בבקרה ובפיקוח של שימושם זה. **היטלים כתמריצים**, לצמצום התנהגות המזיקה לסביבה וללא כוונה להגדיל הכנסות. מטרת היטלים אלו בטווח הארוך היא צמצום היקף הפעילות המזיקה, מטרה זו נמדדת דווקא בירידת ההכנסות מן ההיטל. **והיטלים מניבים**, אשר תפקידם לצמצם התנהגות מזיקה תוך הנבת הכנסות יותר מהנחוץ לטובת צמצום התנהגות זו.

ארבעת התחומים העיקריים בהם ניתן לזהות שימוש נרחב במיסוי סביבתי בקרב מדינות ה-OECD הם: משק האנרגיה, תחבורה, זיהום (אוויר, מים, יבשה) וניצול משאבי טבע.

מרכיבי המערכת הפיסקאלית במשק הגז והנפט הישראלי 141

א. **אגרות** – תשלום בגין קבלת זכות נפט. תעריף האגרה נקבע פר יחידת שטח ולפי סוג הזכות. תשלום שנתי עבור רישיון חיפוש בים מסתכם בכ-27 אלף ₪ לכל היותר. תשלום אגרה בגין חזקה מסתכם בכ-252 אלף ₪ לשנה לכל היותר.

¹⁴⁰ OECD, Environmentally Related Taxes in OECD Countries: Issues and Strategies, 2001, pp.22, 30, 40-45
¹⁴¹ דוח הוועדה לבחינת המדיניות הפיסקאלית בנושא משאבי נפט וגז בישראל, ינואר 2011 (להלן: "דוח ששינסקי")

ב. **תמלוגים** – היות ומצבורי הגז והנפט מוגדרים נכס בבעלות ציבורית המדינה מחויבת לדרוש תשלום בגין ניצולו וכפיצוי על התכלותו. תשלום זה הנו תשלום נוסף על מערכות המיסוי הקיימות בכלל הפעילויות במשק. **שיעור התמלוגים הקבוע הנו 12.5%** משווי השוק של הנפט בפי הבאר. במידה ואין שווי שוק לפי באר יש לנכות ממחיר המכירה עלויות בגין העברה. הגדרה זו עמומה והביאה למחלוקות רבות בין מדינות וחברות נפט.

ג. **הטבות מס** – תקנות הניכויים מפחיתות את ההכנסה החייבת במס של העוסקים בענף. להלן סוגי ההטבות:

1. ניכוי אזילה-ניכוי בשל "אזילת מלאי הנפט". בוטל במסגרת ועדת ששינסקי במטרה להעלות את שיעור ה-GT לממשלה (Gross Take-שיעור ההכנסות הכולל), נמצא בתהליכי החלה.

2. הכרה בהוצאות חיפוש ופיתוח.

3. ניכוי בשל נטישת נכס נפט.

4. פחת בגין רכישת קרקע-חריג, לרוב אין פחת על קרקע.

5. פטור מתשלום מכס ומס ייבוא אחר בגין ציוד המיובא לצורך הפעילות.

6. הטבות מס למחזקים ביחידות השתתפות-אפשרות להעברת הטבות גם לציבור המשקיעים בבורסה¹⁴².

ד. **היטל רווחי גז ונפט**¹⁴³ – בישראל מונהג היטל פרוגרסיבי כלומר, שיעור ההיטל יקבע בהתאם ליחס שבין ההכנסות המצטברות בניכוי הוצאות הפרויקט, תמלוגים והיטל ששולם בשנים קודמות, לבין ההשקעה הכוללת בחיפוש ופיתוח ראשוני של המאגר. מטרת ההיבט הפרוגרסיבי של ההיטל היא לאפשר למשקיעים לקבל החזר השקעה של 50% לפני שיתחילו לשלם את ההיטל וכך לעודד את פיתוח המשק. ההיטל ינוע בטווח שבין 50%-20% בהתאם לגובהם של רווחי החברות.

ה. **ערבויות ביצוע**¹⁴⁴ – מנהל אוצרות טבע דורש הצגת ערבויות שונות בהתאם לשלבי העבודה, על פי רוב בגובה 5% מעלות התוכנית, אך באופן כללי לא מוגדר במסמך אופן ביצוע התחשיב ואישור גובה הערבות וכן לא מוגדר מהם התנאים הנוגעים לפגיעה סביבתית בעבורם יכול המשרד לחלט את הערבות.

¹⁴² **הערה:** במסגרת השוואה שנערכה בוועדה בין מערכת מיסוי רגילה למערכת המיסוי בענף הגז והנפט נמצא כי הטבות המס מאפשרות מקרה בו שותפות העוסקת בענף הנפט אינה נדרשת בתשלום מעבר לזה שהיה נדרש ממנה אילו הייתה מפיקה הכנסה מבלי לנצל את מצבורי הגז ועל כן, מיסוי זה, לא מבטא את בעלותו של הציבור על משאבי הנפט שלו.

¹⁴³ מנגנון ההיטל המוצע הנו מסוג "אר-פקטור" וכולל את העקרונות הבאים: תמריץ מיוחד להוצאות חיפוש, הכרה נורמטיבית בעלויות מימון בתקופת הקמה, ניכוי של תמלוגים והוצאות אחרות המשולמות לצדדים שלישיים. (המנגנון יוחל על כל מאגר בנפרד בשיטת "גידור". כלומר, לא תתאפשר הסטת הכנסות או הוצאות בין מאגרים שונים.)

¹⁴⁴ הנחיות להגשת ערבויות ביצוע, משרד האנרגיה והמים – מינהל אוצרות טבע

ו. **פחת מואץ** – עלויות שנצברות בשלב החזקה בפיתוח נכסי נפט וגז יזכו לפחת מואץ בשיעור 10% (פחת בגובה ההכנסה החייבת או פחת בגובה הסכום הנובע משיעור הפחת המואץ). מטרת מנגנון זה להביא להגדלת תז"מ של היזמים בשנות ההפקה הראשונות וסיוע ביכולת החזר החוב.

מרכיבי המערכת מעוגנים מתוקף החוקים :

1. חוק הנפט, תשי"ב-1952
2. תקנות הנפט, תשי"ג-1953
3. פקודת מס הכנסה, תשכ"א-1961[נוסח חדש]
4. תקנות מס הכנסה (ניכויים מהכנסת בעלי זכויות נפט), תשט"ז-1956.
5. תקנות מס הכנסה (כללים לחישוב המס בשל החזקה ומכירה של יחידות השתתפות בשותפות לחיפושי נפט), תשמ"ט-1988.
6. חוק מיסוי רווחי נפט, התשע"א-2011 ("חוק ששינסקי")

כאשר מסתכלים על מפת הכלים הכלכליים בהם ניתן להשתמש במסגרת מדיניות סביבתית ניתן לראות כי במדינת ישראל ישנו שימוש בכלים מרסנים ספורים בלבד: תמלוגים בגין ניצול משאבים, היטל מניב, אגרות וערבויות ביצוע.

מרכיבי המערכת הפיסקאלית בהשוואה למדינות אחרות

בעת ביצוע השוואה בינלאומית עולה השאלה לאילו מדינות ראוי להשוות את מדינת ישראל. קבוצת ההשוואה נגזרת מהקריטריונים השונים הנקבעים לבחירת המדינות וממאפייני הפעילות. אחד הקריטריונים המרכזיים הוא השוואה על בסיס אופי המשטר הפיסקאלי המונהג במדינה. תחת קריטריון זה המשטרים הפיסקאליים העיקריים בתחום הנפט והגז הטבעי הם:

1. רישיונות/זיכיונות- היזם נוטל את רוב הסיכון.
2. הסכמי ייצור משותפים או הסכמי שירות-הממשלה נוטלת סיכון גבוה יותר.

הכלים הפיסקאליים העיקריים במשטרים אלו הם תמלוגים מהמכירות, בונוסים בעת חלוקת הרישיונות בהליך מכרזי, מס חברות, מס מיוחד-היטל הנכתב בהתאמה (על פי רוב ההיטל הנו מס פרוגרסיבי ביחס למחיר או להשקעת היזם) והסכמי ייצור משותפים בין הממשלה לחברות.

בישראל מונהג משטר של רישיונות וזיכיונות, כפי שראינו, והוא כולל תמלוגים ממכירות, מס חברות והיטל מותאם (פרוגרסיבי ¹⁴⁵).

בנוסף, נהוג להשוות את מדינת ישראל למדינות מפותחות או למדינות OECD, מהשוואה זו מגיעות רבות מהביקורות של ארגוני סביבה וגורמים שונים על המדיניות הננקטת כיום. בהשוואה זו ניתן לראות כי מדינות רבות, ביניהן: אנגליה, נורבגיה, ארה"ב ודנמרק, מגדירות היטל לכיסוי הוצאות פיקוח ¹⁴⁶. חלקן מגדירות חבויות ביטוח וערבויות גבוהות יותר מאשר בישראל ובכללן מוגדר בפרוש הסכום שצריכות החברות להעמיד מול פגיעה בערכי סביבה במקרים של אסון בדרגות שונות ואף מטילות קנסות בתחום זה ¹⁴⁷.

ועדת ששינסקי, הועדה לבחינת המדיניות הפיסקאלית במשק הגז והנפט, סברה כי אין זה נכון להשוות את המערכת הפיסקאלית הקיימת והמוצעת למדינות OECD בשל מספר טעמים:

1. פוטנציאל הגז הטבעי בישראל גבוה באופן ניכר ממרבית המדינות הנ"ל.
2. מרבית הפעילות של חברות הנפט הבינלאומיות מתרחשת במדינות שאינן מדינות OECD ועל כן ראו להשוות למדינות בהן מתרחשת הפעילות.
3. מדגם מדינות ה-OECD המפיקות נפט וגז טבעי הוא מצומצם יחסית.

מתוך כך, רשימת מדינות ה-OECD הרלוונטיות לדעת הועדה, בהן כן מתקיימת פעילות חיפוש והפקה של נפט וגז ובהן הפוטנציאל המצרפי של גז ונפט גבוה משווה ערך של BCM200 גז טבעי (לשם השוואה בישראל קיים פוטנציאל ברמה סבירה של BCM 650) מכילה את המדינות הבאות: אוסטרליה, קנדה, דנמרק, גרמניה, הולנד, נורבגיה, בריטניה וארה"ב.

כאשר משווים מדיניות פיסקאלית בין מדינות נהוג לשכלל את כלל מרכיבי המדיניות למדד המכונה GT (Gross Take). מדד זה בוחן את סך ההכנסות לממשלה. טווח ה-GT הממוצע במדינות שהוגדרו לעיל

¹⁴⁵ מיסוי פרוגרסיבי הנו מס שאחוז התשלום שלו מסך ההכנסה עולה עם דרגת ההכנסה.

¹⁴⁶ דוח מצב הים 2012-השוואת רגולציה סביבתית לקידוחי גז ונפט ברחבי העולם, ומה ישראל צריכה ללמוד ממנה, 2012 (להלן: "דוח צלול")

¹⁴⁷ מסמך מרכז המחקר והמידע של הכנסת-ניתוח חלק הממשלה מהכנסות מנפט וגז טבעי, ע"מ 15

כרלוונטיות להשוואה עומד על 65%-61%. תחת הנחה כי ייושמו המלצות הועדה במלואן צפוי שיעור ה-GT בישראל לעמוד על 62%-52% שיעור הנמצא בטווח המקובל במדינות OECD בפרט ובעולם בכלל¹⁴⁸.

הביקורת הסביבתית על מרכיבי המדיניות הפיסקאלית

ניתן לראות כי מרבית מרכיבי המדיניות הפיסקאלית הם למעשה כלי מיסוי סביבתיים מעצם היותם מיסים המוטלים על פעילות הכרוכה בניצול משאבי טבע. יחד עם זאת, טוענים המשרד להגנת הסביבה והארגונים הסביבתיים בישראל המערכת הפיסקאלית חסרה התחשבות בפגיעה הסביבתית ובעלויות החיצוניות של קידוחי הנפט והגז בחופי הים התיכון.

"עלויות חיצוניות", כפי שכבר הגדרנו, הן מונח כלכלי הנועד לתאר את הנזק הסביבתי הנובע מפעילות כלכלית מסוימת במונחים כספיים. כאשר בוחנים את מרכיבי חישוב התמלוגים והיטל הרווחים שנקבע במסגרת ועדת ששינסקי ניתן לראות כי אין בהם מרכיב המשקלל את העלות החיצונית של פגיעה סביבתית הנוצרת בעקבות פעילות קידוח. בנוסף, אין אף התייחסות בדוח הועדה ובחוק הנפט לחישוב של עלויות חיצוניות ושכלולן במערכת הפיסקאלית בדרך זו או אחרת.

יתרה מכך, ניתן לראות כי המערכת הפיסקאלית חסרה מרכיב המכונה "כסף צבוע" ודואג להגדיר מהו החלק היחסי מתוך סך ההכנסות המופנה לכיסוי עלויות והוצאות כל שהן הנובעות מפעילות אכיפה, פיתוח ידע והכשרת כ"א רלוונטי לפיקוח בתחום, פעולות שיקום שוטפות או היערכות למקרים חריגים. אין אף הגדרה קונקרטית המעידה על העברת כספים לקרן למניעת זיהום ים ובפועל, נכון לשנת 2011, לא הועבר תקציב מטעם המדינה לקרן או למשרד להגנת הסביבה בגין הפעילות הנדרשת מהם על פי התלמ"ת¹⁴⁹ לטובת היערכות למצבי אסון.

בנוסף, טוענים באדם טבע ודין, ברמת יעילות כלכלית אופטימאלית, ראוי שיופעלו כלי רגולציה סביבתית מבוססי תמריצים המשכללים את מגוון העלויות הנובעות מפעילות הקידוחים בים תוך התחשבות בהסתברות להתרחשותן כך שיווצר שיווי משקל אופטימאלי שיווסת את קצב פעילות חברות הקידוח במשק האנרגיה. כביטוי לכך היינו מצפים למשל, שיתקיים מצב בו חוקי חבות בנוגע לנזקים מפעילות נפט יהיו שווים לתוחלת האפשרות לתאונה או רימת נזק כלשהוא כפול התשלום. תשלום זה אמור להיות שווה לפיצוי לנפגעים על הנזק שנגרם להם, כיסוי עלויות הניקוי והשיקום, קנס עבור עלות שירותי המשפט, פעילות גופים ממשלתיים נוספים ועלויות משפטיות שונות. סנקציות אלו אמורות להילקח בחשבון על ידי הפירמות המבצעות ועל ידי כך לגרום להן להפנות מחשבה ומשאבים רבים יותר למניעת תאונות ותקלות מאשר היו עושות ללא הפעלת הכלי. ברמת הביטוי לכך בשוק היינו מצפים לראות ירידה בשווי המניה בבורסה כי משקיעים יעבירו את כספיהם לחברות נפט וגז שיהיו זהירות יותר.

¹⁴⁸ דוח ששינסקי, 2011, ע"מ 77

¹⁴⁹ התוכנית הלאומית להיערכות לזיהומי ים-לוודא את ההגדרה

בהמשך לכך מציגים אדם טבע ודין, תחשיב לדוגמא של שכלול התועלות והעלויות החיצוניות הנובעות מפעילות קידוח במאגר תמר כמקרה בוחן לפעילות הקידוח בכללותה.

תחשיב זה, אשר יוצג כאן, מנסה לספק מסגרת מתודולוגית לאמידת העלויות והתועלות הכלכליות של שאיבת גז ונפט בים התיכון. במסגרת זו נכללים מספר מרכיבים:

- א. פגיעה הנובעת מפעילות שוטפת- סקר סיסמי, תהליך קידוח, תוצרי לוואי של הקידוח, הנחת צינורות.
- ב. פגיעה הנובעת מאסון- לפי חלוקה לשלוש דרגות אסון (דליפה בלתי מבוקרת, דליפה כרונית ומגה דליפה) וההסתברות להתרחשותן.
- ג. השלכות כלכליות ובריאותיות הנגזרות באופן ישיר מפגיעה בסביבה (אובדן הכנסה של מתפרנסים מדייג, פגיעה באיכות וטיב מי שתייה מותפלים וכו')
- ד. תועלות כלכליות הנובעות ממעבר לשימוש בגז טבעי בייצור אנרגיה.

במסגרת הדוח מוערך הסכום הכולל של ההשפעות החיצוניות ב-45,077,250 שקלים בשנה. בכדי להבין את הפרופורציות, ערכם של BCM 10 (ערך השאיבה השנתית במאגר תמר עליו נכתב מקרה הבוחן) הנו שווה ערך לכ-840 מיליוני שקלים בשנה. העלות החיצונית הנה כ- 5.37% מסכום זה. במונחים של מחיר ליחידה הדבר צפוי להעלות את מחיר הגז מ-4.5 ל-4.7 דולר ליחידה. תחת ההנחה שכל נטל המס יעבור אל הצרכנים (תרחיש לא סביר) ובהתחשב בכך שגז טבעי אמור להוות כ-80% מתמהיל הדלקים בישראל ההשפעה המרבית של מס זה הנה 4%. אם נניח שההשפעה תתחלק הרי שההשפעה על עליית מחירי החשמל (התוצר העיקרי הנובע משימוש בנפט בישראל) תהיה כ-2%, שהם 120 שקלים למשק בית בשנה.

ביקורת נוספת משמיע הפרורם ישראלי לאנרגיה בשילוב עם העמותה לכלכלה בת קיימא על מדיניות הייצוא שנקבעה במסגרת ועדת צמח. גופים אלו טוענים כי ייצוא של גז ונפט, בהיקף שנקבע במסגרת הוועדה, מהווה סכנה ממשית של פגיעה בעקרונות הכלכלה ברת הקיימא ובכלל זה של פגיעה בטבע. ככלל, ככל שהיקף יצוא הגז גדול יותר (בהתחשב בקשיחות הביקוש לגז בעולם) יגבירו החברות את קצב פעילותן על מנת לעמוד בביקושים העולמיים, הגברת קצב הפעילות צפויה באופן טבעי לבוא על חשבון שמירה על ערכי טבע ועל כללי בטיחות כאשר מבינים שקצב פעילות החברות והתפתחות השוק גבוה במידה ניכרת מקצב ההתאמה של הגורמים הרגולטורים ושל רמת ואיכות התקנים והפיקוח בתחום זה למתרחש בענף. בנוסף, טוענים הפרורם לאנרגיה והעמותה לכלכלה ברת קיימא, ייצוא גז בהיקף המדובר הנו העדפה של רווחים בטווח הקצר ללא התחשבות ממשית בצרכים ההולכים וגוברים של משק האנרגיה הישראלי ובטווח הארוך אנו צפויים להישאר עם מאגרים ריקים ופגיעה סביבתית בהיקף נרחב ממה שנצליח לתקן.

מביקורות אלו ניתן לאפיין "מדיניות משתמעת" הבאה לידי ביטוי ברגולציה ובהתנהלות המשק. כך למשל, מול טענתם של אדם טבע ודין בנוגע לחוסר ההתחשבות במרכיב העלויות החיצוניות של הפגיעה הסביבתית ניתן לטעון כי אין מקום לדרוש תשלום נוסף מהחברות עצמן שכן סך הכנסות הממשלה ממיסים עומד בקנה מידה אחיד עם הממוצע במדינות רלוונטיות. בנוסף, חברות הקידוח לוקחות סיכון עסקי גבוה בהגיען לאזור זה, הטעון ברמה ביטחונית וגיאו-פוליטית בצורה יוצאת דופן ביחס למקומות אחרים בעולם בהם מתבצעת פעילות קידוחים ומכאן, שראוי יהיה לתמרץ אותן בהתאם ולא להכביד עליהם עם מיסוי נוסף. במידה וישנה חשיבות למיסוי הסביבתית בהיבטים של כיסוי עלויות וכו' ניתן להגדיר את אותו "כסף צבוע" מתוך הסכומים הנגבים כיום כפי שהוגדרו במסגרת ועדת ששינסקי ולבצע העברת כספים מתוך הכנסות הממשלה לטובת הצרכים הסביבתיים. סרובה של הממשלה להגדיר מי מהצדדים, המגזר העסקי או הציבורי, יהיה זה שנושא בנטל העלויות ש"נשמטו" מהחשוב מעידה על העדפת אינטרסים כלכליים על פני אינטרסים סביבתיים. במידה רבה גם הטענה שהועלתה על ידי פורום האנרגיה והעמותה לכלכה בר-ת-קיימא מצביעים על העדפת הווה על פני שיקולים ארוכי טווח והעדפת רווחים על פני הבטחת ביטחון אנרגטי.

סיכום ומסקנות

עבודתנו זו התמקדה בניתוח ההסדרה הסביבתית בענף קידוחי הנפט והגז הטבעי בישראל בהיבטי המדיניות, הרגולציה ומרכיבי המערכת הפיסקאלית. ניתחנו את המדיניות הסביבתית בתחום, דרך ניתוח השוואתי של מבנה חלוקת הסמכויות בישראל ובמדינות נבחרות בעולם ובשימוש בכלים להערכת השפעות סביבתיות. בנוסף, הבחנו בין שני מודלים מרכזיים בחקיקה וראינו כי ישנו שימוש צולב בכלים המשלימים כל אחד מהם.

מבחינת מרכיבי הרגולציה הסביבתית בתחום ענף קידוחי הגז והנפט אל מול הרגולציה הקיימת בענפים ובתחומים אחרים והצבענו על פער משפטי ורגולטורי הנובע מסוגיות של החלת המשפט הישראלי על המים הכלכלים של ישראל; מההשוואה של המערכת הרגולטיבית בתחום הקידוחים אל מול הדין הבין לאומי ואמנות שונות שאומצו על ידי מדינות שונות בעולם ואף על ידי מדינת ישראל באופן כזה או אחר, כמו גם מסקירה משווה של רגולציה פנימית קיימת במדינות למודות ניסיון וברגולציה שנכתבה בעקבות מקרי אסון, ראינו כי המערכת הישראלית חסרה מספר מרכיבי מפתח הן לגבי חוקים שמסדירים את הפעילות השגרתית והן לגבי הסדרת מצבי חרום. משתי הפרספקטיבות במשולב, ראינו אף, כי הרגולציה בענף הקידוחים הישראלי מסתמכת ברובה על הסדרה בדיעבד, ולא מתוך היערכות מקדימה, וכי מרבית החוקים שעליהם נשענת הפעילות הענפה של ישראל בים התיכון אינם עדכניים מספיק.

בבחינתנו את המערכת הפיסקאלית למדנו כי ישנו מגוון צר יחסית של כלים כלכלים הבאים לידי ביטוי בנושאי ההסדרה הסביבתית ביחס לסך הכלים המוכרים כיום. יחד עם זאת, השוואת המערכת הפיסקאלית, כפי שנעשתה במסגרת ועדת ששינסקי ועל פי הקריטריונים שנקבעו על ידי הועדה, מראה שהמערכת הפיסקאלית הישראלית עומדת, לאחר הסדרים החדשים שקבעה הועדה, בסטנדרטים הבין לאומיים. אף על פי כן לא נמצאו בתחשיבי הועדה מרכיבים המייצגים עלויות חיצוניות או התייחסות ל"כסף צבוע". גם בדוח ועדת צמח, הועדה שבחנה את מדיניות ייצוא הגז הטבעי, ראינו ביקורת המצביעה על חוסר התחשבות בעקרונות סביבתיים.

סקירת הספרות והניתוח שערכנו במסגרתה הביאו אותנו למסקנה כי מתקיימים מספר פערים ואי סדרים החל במבנה המדיניות הסביבתית ובמודל חלוקת הסמכויות, עבור במערכת הרגולטיבית וכלה במערכת הפיסקאלית. מתוך מסקנה זו אנו מניחים, כי מחקר מעמיק בתחום יוכל להצביע על כך שהמערכת כפי שהיא בנויה ומתפקדת כיום, על כלל מרכיביה, לא מאפשרת הסדרה מספקת של ההיבטים הסביבתיים בקידוחי הנפט והגז הטבעי בים התיכון.

חשיבות ומטרת המחקר

מחד, מניעים כוחות השוק שינויים רחבי היקף בענף קידוחי הגז והנפט בישראל, הפוטנציאל הכלכלי הגלום בתחום מושך אליו מומחים ועסקנים מרחבי העולם ומאפשר לחברות הקידוח להישען על ניסיון ארוך שנים וכיסים עמוקים. מאידך, מבנהו, מטרתו ואופיו של המגזר הציבורי מכווינים התנהלות בקצב אחר לחלוטין ודורשים הסכמה לגבי מדיניות והתאמה מערכתית מקיפה, הן של מבנה החקיקה והן של חלוקת הסמכויות על מנת שניתן יהיה לפקח ולנתב את התפתחותו של השוק באופן החכם והזהיר ביותר.

מטרתו של מחקר זה היא לאתר ולהצביע על הפערים הקיימים כיום במערכת הרגולציה הישראלית בתחום קידוחי הגז והנפט, תוך למידה ממערכות קימות ומתפקדות במדינות אחרות בעולם ותוך למידה מניסיון שנרכש בשגרה ובחרום בשווקים אחרים. זיהוי פערים אלו, על אחת כמה וכמה באופן אקדמי ונטול הטיות, חשוב והכרחי לטובת הערכות מתאימה וצמצום הפגיעה סביבתית.

השערת המחקר

אין די במדיניות הישראלית כדי להסדיר את ההיבטים הסביבתיים של קידוחי נפט וגז טבעי בים התיכון, הן כשלעצמן והן ביחס לנעשה בעולם.

שאלות המחקר

בהמשך לסקירת הספרות ועל מנת לבחון את השערת המחקר, אנו מציעים לחקור את השאלות הבאות:

- א. מהם קווי המדיניות המתאימים ומהו מנגנון חלוקת הסמכויות שיסדירו פגיעה מינימלית בסביבה ובמשק קידוחי הנפט והגז הטבעי בישראל?
- ב. מהו מודל הרגולציה המתאים ובאיזה מתווה יש להחיל אותו על מנת להסדיר פגיעה מינימלית בסביבה ובמשק קידוחי הנפט והגז הטבעי בישראל?
- ג. מהם התמריצים הכלכליים אשר יביאו להפנמת עלויות חיצוניות ולתגובת שוק ראויה כלפי ביצוע צעדים לצמצום הפגיעה הסביבתית מצד חברות הקידוח.

ביבליוגרפיה

תקיקה ישראלית

- פקודת מניעת זיהום מי-ים בשמן [נוסח חדש], התש"ם-1980, דיני מדינת ישראל [נוסח חדש] מס' 33 מיום 25.3.1980 עמ' 630.
- חוק אוויר נקי, ס"ח 2174, התשס"ח (31.7.2008), עמ' 752, סעיף 3
- חוק שמירת הסביבה החופית, התשס"ד-2004, ס"ח 1958 התשס"ד, בעמ' 540.
- חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים, התשמ"ח-1988, פורסם בס"ח תשמ"ח 1256, מיום 21.7.1988, בעמ' 118.
- פקודת הבטיחות בעבודה [נוסח חדש], התש"ל-1970, פורסמה בדיני מדינת ישראל, נוסח חדש מס' 16, התש"ל (30.8.1970), בעמ' 337.
- חוק החומרים המסוכנים, התשנ"ג-1993, ס"ח 1408, התשנ"ג (14.1.1993), בעמ' 28.
- חוק רישוי עסקים, התשכ"ח-1968, ס"ח תשכ"ח מס' 537 מיום 16.8.1968, בעמ' 204.
- חוק ההתגוננות האזרחית, התשי"א-1951, ס"ח 71, התשי"א, עמ' 78 (94).
- חוק התכנון והבניה, התשכ"ה-1965, ס"ח תשכ"ה מס' 467, מיום 12.8.1965, בעמ' 307, סעיפים 2 ו-83 לחוק.
- תקנות התכנון והבניה (תסקירי השפעה על הסביבה), התשס"ג-2003, ק"ת תשס"ג מס' 2246 מיום 30.6.2003, בעמ' 800.
- חוק מימי חופין, התשי"ז-1956, ס"ח תשי"ז 208 מיום 2.11.1956, בעמ' 2.
- חוק הנפט, התשי"ב-1952, ס"ח תשי"ב 109 מיום 31.8.1952, בעמ' 322.
- חוק השטחים התת ימיים, התשי"ג-1953, ס"ח תשי"ג 120 מיום 20.2.1953, בעמ' 53.
- תקנות הנפט (עקרונות פעולה לחיפושי נפט והפקתו בים), התשס"ו-2006, ק"ת תשס"ו 6474, בעמ' 700.
- תקנות הנפט (הרשאה לסטייה מהוראות חוק התכנון והבניה), התשע"ב-2012, ק"ת תשע"ב 7114, 30.4.2012, בעמ' 1089.
- הצעת חוק הנפט (הגנת הסביבה), התשע"א-2011, הוגשה ליו"ר הכנסת והסגנים והונחה על שולחן הכנסת סיום 22.3.2011.

אמנות והצהרות בין לאומיות

- Statue of the ICJ, Art. 38
- Vienna Convention on the Law of Treaties, 1969.
- United Nations Convention on the Law of the Sea – 1982.
- Convention for the Protection of the Marine Environment of the North East Atlantic, 1992.
- Rio Declaration on Environment and Development (UN General Assembly, 12.8.1992, A/CONF.151/26 (Vol.I).
- Protocol for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution Resulting from Exploration and Exploitation of the Continental Shelf and the Seabed and its Subsoil ("offshore Protocol to the Barcelona Convention"). (art. 3, Oct. 14, 1994, 1102 U.N.T.S. I-16908).
- United Nations Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution. (Feb.16, 1976, 1102 U.N.T.S. I-16908).
- United Nations Convention on the Law Of the Sea-1982.
- Convention on the Continental Shelf, 1964.
- Convention on Fishing and Conservation of Living Resources of the High Seas, 1996.
- OILPOL – International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil, 1954.
- International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation (OPRC), 1990
- Barcelona Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean, 1976 (Entered into force at 1978).
- Protocol for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution Resulting from Exploration and Exploitation of the Continental Shelf and the Seabed and its Subsoil, 1994.

תחיקה ממדינות העולם (משפט משווה)

- Canada Oil and Gas Drilling and Production Regulation, 2009.
- Canadian Environmental Assessment Act, 1992.
- Outer Continental Shelf Lands Act, USC. 1331-1356a (1953, Amended at 2005).
- Government of the United States, Outer Continental Shelf Lands Act, 43 U.S.C. 1332, 1334;
- U.S. Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement, "Regulatory Compliance: MMS Agreements," Sept. 17, 2010. Available at: <http://www.boemre.gov/regcompliance/MOU/MOUindex.htm> .
- Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement, "Outer Continental Shelf Lands Act," Sept. 29, 2010
- Regulations Relating to Health, Safety, and the Environment in the Petroleum Activities and at Certain Onshore Facilities (The Framework Regulations), 2010
- Petroleum Safety Authority Norway, Regulations Relating to Design and Outfitting of Facilities, etc. in the Petroleum Activities (The Facilities Regulations), 2010
- Regulations Relating to Conducting Petroleum Activities (The Activities Regulations), 2010.

מאמרים, דוחות וסקרים

- ד"ר שחר דולב, אלה נווה, הזדמנות גז: על החשיבות הציבורית בשימוש בגז טבעי בישראל ובמפרץ חיפה, הקואליציה לבריאות הציבור, פורסם בפברואר 2011.
- אורי ארבל-גנץ בהנחיית דוד נחמיאס וידידיה שטרן, רגולציה- הרשות המפקחת, מחקר מדיניות 37, ירושלים: המכון הישראלי לדמוקרטיה, 2003.
- ד"ר שחר דולב, אלה נווה. (2011). הזדמנות גז: על החשיבות הציבורית בשימוש בגז טבעי בישראל ובמפרץ חיפה. הקואליציה לבריאות הציבור.
- ד"ר שחר דולב, נ' ס'. (2012). ייצוא משאבי גז טבעי מישראל-נייר עמדה. הפורום הישראלי לאנרגיה והעמותה לכלכלה בת-קיימא.
- (2012). דוח אדם טבע ודין-משק הגז הימי, מחדלים ופתרונות.
- לאופר, י' ט'. (2004). מיסוי סביבתי: סקירה השוואתית. ירושלים: מרכז המחקר של הכנסת.

- (2011). מניעת סכנות סביבתיות מקידוחי נפט וגז בים התיכון-דו"ח בחינת אמצעי הפיקוח של הרשויות. ירושלים: מרכז המחקר והמידע של הכנסת.
- (2011). מסקנות הועדה לבחינת המדיניות הפיסקאלית בנושא משאבי נפט וגז בישראל "דוח ששינסקי".
- עו"ד איריס שליט, שולחן עגול בנושא רגולציה סביבתית על קידוחים ימיים בחופי ישראל, הפקולטה למשפטים, אוניברסיטת תל-אביב (2011).
- פרופ ניר בקר, ד"ר ורד בן-שלמה, ד"ר אריה ונגר, עו"ד דנה טבציניק. (2011). דוח אט"ד-השפעות סביבתיות של קידוחי הגז; מאגר תמר כמקרה מבחן. אדם טבע ודין.
- תמיר אגמון, ע' צ'. (2010). ניתוח חלק הממשלה מהכנסות מתמלוגי נפט וגז טבעי. ירושלים: מרכז המחקר והמידע של הכנסת.
- דו"ח אדם טבע ודין, משק הגז הימי, מחדלים ופתרונות, פורסם בחודש יוני 2012 (להלן: "דו"ח אט"ד"י) בעמ' 5-6. הדו"ח זמין במרשתת, בכתובת הבאה:
http://www.adamteva.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/gasreport.pdf
- דו"ח אדם טבע ודין, משק הגז הימי, מחדלים ופתרונות, יוני 2012, בעמ' 7.
- איתי פלדמן, שרון סופר, "מניעת סכנות סביבתיות מקידוחי נפט וגז בים: בחינת אמצעי הפיקוח של הרשויות", מרכז המחקר והמידע של הכנסת (20.2.2011). זמין בכתובת המרשתת הבאה:
<http://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m02781.pdf>
- שוריק דריישיפיץ, רגולציה – מה, איפה ומתי? מבט תאורטי ומשווה, פורסם באתר האינטרנט של המכון הישראלי לדמוקרטיה, גיליון 64, מרץ 2010, (להלן: "רגולציה – מה, איפה ומתי?") מצ"ב בלינק:

<http://www.idi.org.il/%D7%A1%D7%A4%D7%A8%D7%99%D7%9D-%D7%95%D7%9E%D7%90%D7%9E%D7%A8%D7%99%D7%9D/%D7%A4%D7%A8%D7%9C%D7%9E%D7%A0%D7%98/%D7%92%D7%99%D7%9C%D7%99%D7%95%D7%9F-64/%D7%A8%D7%92%D7%95%D7%9C%D7%A6%D7%99%D7%94-%E2%80%93%D7%9E%D7%94,-%D7%90%D7%99%D7%A4%D7%94-%D7%95%D7%9E%D7%AA%D7%99-%D7%9E%D7%91%D7%98-%D7%AA%D7%90%D7%95%D7%A8%D7%98%D7%99-%D7%95%D7%9E%D7%A9%D7%95%D7%95%D7%94/>

- Dagg, Holroyd, Lemphers, Lucas, Thibault, Comparing the Offshore Regulatory Regimes of the Canadian Arctic, the U.S., the U.K., Greenland and Norway, **Pembina Institute**, June 2011. Available at: <http://www.pembina.org>.
- Summary of Differences between Offshore Drilling Regulations in Norway and U.S. Gulf of Mexico, Rev. 2, **Det Norske Veritas** (2010).
- Gunningham, Neil, Robert A. Kagan, and Dorothy Thornton. "Social license and environmental protection: why businesses go beyond compliance." **Law & Social Inquiry** 29, no. 2 (2004): 307-341..
- Norse, Elliott A.; Amos, John, "Impacts, Perception, and Policy Implications of the BP/Deepwater Horizon Oil and Gas Disaster". **Environmental Law Reporter** (November 2010), 40.
- Kent, H. S. K. (1954). "The Historical Origins of the Three-Mile Limit". **The American Journal of International Law (American Society of International Law)**, 48 (4): 537–553.
- Hirsch' Robert, L., **Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitidations & Risk Management**, (2005).
- **Environmentally Related Taxes in OECD Countries: Issues and Strategies**, OECD. (2001).
- Frances Beinecke, Donald Boesch, Terry Garcia, Cherry Murray, and Frances Ulmer , **Staff Working Paper: A Brief History of offshore Oil Drilling, US National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling** (23.8.2010) . Available at: <http://www.oilspillcommission.gov/sites/default/files/documents/A%20Brief%20History%20of%20Offshore%20Drilling%20Working%20Paper%208%2023%2010.pdf>.
- David D. Caron, "Liability for Transnational Pollution Arising from Offshore Oil Development - A Methodological Approach", **ECOLOGY LAW QUARTERLY** 10 (1983): 641-683.
- C. Greenwood, **Sources of International Law: An Introduction** (2008). Available at: http://untreaty.un.org/cod/avl/pdf/ls/greenwood_outline.pdf.

- D. Brack, International Environmental Disputes, **Royal Institute of International Affairs** (2001), p. 11.
- J.K. Gamble, Jr., et al., "The 1982 Convention and Customary Law of the Sea: Observations, a Framework, and a Warning" (1984) **21 San Diego L. Rev.** 491.
- McIntyre, Owen. "Role of Customary Rules and Principles of International Environmental Law in the Protection of Shared International Freshwater Resources, The." **Nat. Resources J.** **46** (2006), 157.
- U.S. Bureau of Ocean Energy Management, **Regulation and Enforcement, Increased Safety Measures for Energy Development on the Outer Continental Shelf, 2010 Fed. Reg. 63610**, October 14, 2010. Available at <http://edocket.access.gpo.gov/2010/pdf/2010-25256.pdf>.
- Government of the U.K., **Status of technical guidance and information on design, construction and operation of offshore installations, Operations notice: 27** (Issue date: Sept 2003, revised: Oct 2010). Available at: http://www.hse.gov.uk/offshore/notices/on_27.htm.
- **Petroleum Safety Authority Norway, Role and Area of Responsibility**, 2008. Available at: <http://www.ptil.no/role-and-area-of-responsibility/category165.html>.

ספרים

• רובי סיבל ואח', "משפט בינלאומי", המכון למחקרי חקיקה ולמשפט השוואתי ע"ש הרי ומיכאל סאקר, הפקולטה למשפטים, האוניברסיטה העברית בירושלים (מהדורה שנייה, 2010), בעמ' 43 – 44 וכן בפרק 2.

- Hugo Grotius, **Mare Liberum** (1609), as published by Martinus Nijhoff (R. Feenstra, Ed., 2009).
- Nordquist, Myron, **United Nations Convention on the Law of the Sea 1982: A Commentary**, Martinus Nijhoff, (Last volume Published on August 2011).
- Baumol W., and Blinder, A., **Economics : Principles and Policy** (7th edition),
- Dryden Press, Orlando, 1998. Ch.4,7.

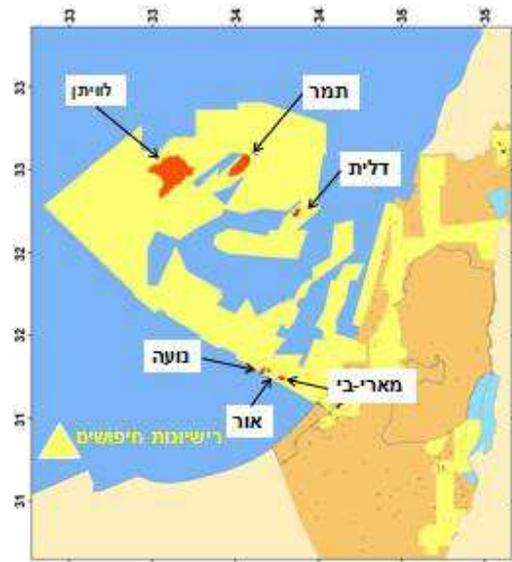
עיתונות ומקורות אחרים

- ברק רביד, "ארה"ב מתייצבת לצד לבנות במחלוקת על הגבול הימי עם ישראל", **הארץ** (10.7.2011); הכתבה זמינה במרשתת, בכתובת הבאה:
<http://www.haaretz.co.il/news/politics/1.1179899>
- Petroleum Safety Authority Norway, "**From Prescription to Performance in Petroleum Supervision**". Media release, March 12, 2010. Available at:
<http://www.ptil.no/news/from-prescription-to-performance-in-petroleum-supervision-%20article6696-79.html>.
- משרד האנרגיה והמים, **חיפוש והפקת גז טבעי ונפט בים: מצגת לכנס ירושלים לטבע וסביבה**, 5.11.2012, בעמוד 6, זמין באתר המרשתת הבא:
<http://www.teva.org.il/Uploads/dbsAttachedFiles/nisim.pdf>
- עו"ד איריס שליט, הלשכה המשפטית, המשרד להגנת הסביבה, **שולחן עגול בנושא רגולציה סביבתית על קידוחים ימיים בחופי ישראל, הפקולטה למשפטים, אוניברסיטת תל-אביב**, זמין באתר המרשתת הבא::
<http://www.law.tau.ac.il/Heb/Uploads/dbsAttachedFiles/RoundTable.pdf>
- איריס שליט, ממונה יעוץ משפטי אכיפה, לשכה משפטית המשרד להגנת הסביבה, **מצגת בנושא המסגרת המשפטית לרגולציה סביבתית על קידוחים ימיים בישראל**, זמין באתר המרשתת הבא:
http://www.law.tau.ac.il/Heb/Uploads/dbsAttachedFiles/IrisShalit_EnvironmentMinistry.pdf
- משרד האנרגיה והמים, **אינדקס הקידוחים הימיים**, זמין באתר המרשתת הבא:
<http://energy.gov.il/Subjects/OilSearch/Pages/GxmsMniOilSearchAbout.aspx>
- חוזר מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה בעניין **מדיניות מרחקי הפרדה במקורות סיכון נייחים**, מיום 12.6.2011. זמין באתר המרשתת של המשרד להגנת הסביבה, בכתובת המרשתת הבאה:
<http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/HazardousMaterials/RiskManagement/Documents/hm-distance-policy.pdf>
- משרד האנרגיה והמים, **מפת זכויות הנפט**, זמין באתר המרשתת של המשרד, בכתובת הבאה:
<http://energy.gov.il/Subjects/OilSearch/PublishingImages/PetroleumRights.jpg>

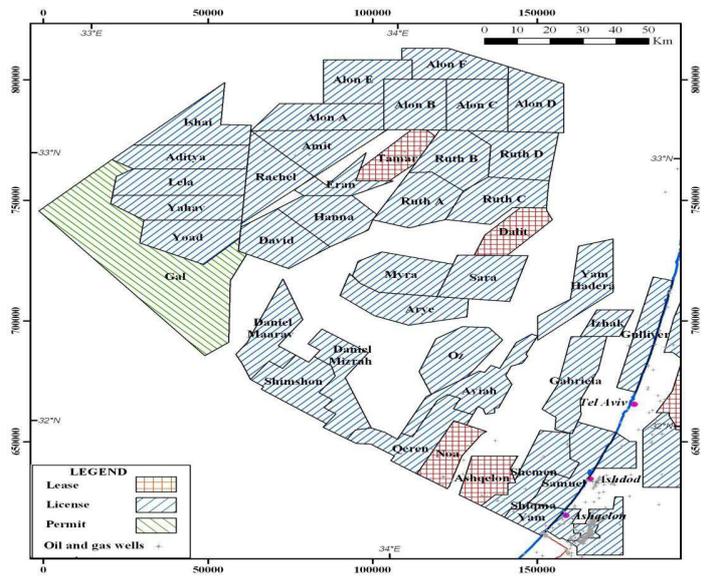
- מכשירים את דור העתיד של הגז הטבעי: שת"פ בין רשות הגז הטבעי במשרד האנרגיה והמים והאגף להכשרה מקצועית במשרד התמ"ת מוביל לפיתוח מערך הכשרות מקיף לעוסקים בגז טבעי, 25.11.2012, אתר האינטרנט של משרד התמ"ת, מצ"ב בלינק: <http://www.moital.gov.il/NR/exeres/9CE86B47-45D8-4578-8460-6611DB34DD12.htm>
- מכשירים את דור העתיד של הגז הטבעי, אתר משרד האנרגיה והמים, 20.11.2012, מצ"ב בלינק: <http://energy.gov.il/AboutTheOffice/SpeakerMessages/Pages/GxmsMniSpokesmanNGCcourse.aspx>
- הודעת משרד האנרגיה, משרד האנרגיה והמים מכשיר את הדור הראשון של מהנדסי הגז הישראליים, 31.12.2012, אתר משרד האנרגיה והמים, מצ"ב בלינק: <http://energy.gov.il/AboutTheOffice/SpeakerMessages/Pages/GxmsMniSpokesmanNGEngineer.aspx>

נספחים

נספח א¹⁵⁰ - 2414 - 1 - אזורי החיפושים ושותות הגז הטבעי שהתגלו בשנים 1999



מפת זכויות נפט באזור הכלכלי הבלעדי, מעודכן לאפריל 2012



¹⁵⁰ מתוך "דוח צמח"

מגשים:

מארק פוליקובסקי (ת.ז. 309051902)

הדס שדה (ת.ז. 036879179)

דנה ריט הרשקוביץ (ת.ז. 066525445)

יישום כלי ניהול דיג מקיים בישראל

הצעת מחקר

קורס "פרויקטים בחקר הסביבה – אדם ים", תשע"ג

בהנחיה של אלון אלירן

ביה"ס ללימודי סביבה ע"ש פורטר

אוניברסיטת תל אביב

מרץ 2013

תודות

ברצוננו להודות בראש ובראשונה לאלון אלירן, על ההנחיה והליווי שלנו לאורכו של הפרויקט. ברצוננו להודות גם לדורון שולץ על תרומת הידע שלו בתחום ועל הסיוע וההכוונה למחקרים רלוונטיים. ברצוננו להודות למנחם גורן, על הנכונות להיפגש עימנו ולשתף איתנו מידע אקטואלי בתחום, ולדור אדליסט על העזרה ועל שיתוף מחקר ומסקנות הדוקטורט שלו.

תוכן עניינים

4	תקציר
4	מבוא
6	סקירת ספרות
6	מצב הדיג בעולם
14	כלי ניהול דיג מקיים
28	תמונת מצב – ממשק הדיג בישראל
40	שאלת המחקר
40	השערת המחקר
40	מטרות המחקר
40	שיטות המחקר
41	חשיבות המחקר
41	דיון
44	סיכום
46	ביבליוגרפיה

תוכן עניינים - איורים

9	תמונה 1- שינוי מארג המזון בעקבות דיג
11	תמונה 2- שינוי המערכות האקולוגיות

תקציר

בוועידת שטוקהולם, שעסקה במצב הסביבה ברמה העולמית, נאמר כי "מערכת האוקיינוסים והימים, האיים ואזורי החוף הינה מרכיב חיוני בתפקודו התקין של כדור הארץ, מספקת מקור מזון ושגשוג כלכלי למדינות רבות" (UNEP, 1972). האדם עושה שימוש במשאב הימי למגוון מטרות, ומנצל את המשאב הימי לשימושו השונים. שימושי האדם במשאב הימי משפיעים על המערכות האקולוגיות ופוגעים בהן במגוון דרכים, אולם בין פעולות האדם השונות, נמצא כי הדיג מהווה את הגורם המשמעותי ביותר הפוגע בסביבה הימית (Jackson *et al.*, 2001). בעולם בכלל ובישראל בפרט נוצר מצב של 'דיג יתר', בו למרות הגידול במאמצי הדיג, התפוקה ושלל הדיג הולכים וקטנים. במקביל לירידה בשלל, יש לדיג יתר מגוון השפעות שליליות על המערכות האקולוגיות הימיות. על מנת להתמודד עם בעיית דיג היתר, יש צורך בניהול דיג. ניהול דיג נועד להבטיח את יציבותו ופוריותו של משאב הדגה על מנת שיהיה ניתן לנצלו לאורך זמן. לעומתו, ניהול דיג מקיים הינו בעל ראייה הוליסטית יותר מאשר רק שימור קיומם של הדגים המסחריים, וכולל שמירה על מגוון ביולוגי ומערכות אקולוגיות בריאות ומתפקדות. בנוסף על ההיבטים הסביבתיים, התפיסה מביאה בחשבון גם היבטים חברתיים וכלכליים (Shelton & Sinclair, 2008). הצעת מחקר זו מהווה הקדמה למחקר שיבחן את יישומם של כלים לניהול דיג מקיים בישראל, תוך בחינת המאפיינים המקומיים ובחינת התאמתם ויישומם של כלים לניהול דיג מקיים.

מבוא

החל מאמצע המאה ה-20 עלה קצב גידול האוכלוסייה, גבר הביקוש למזון, ובנוסף, ההתפתחות הטכנולוגית והתעשייתית אפשרה ניצול גדול יותר של הדגה. הדבר השפיע על דרכי השימוש במשאב הימי, והיו לו השלכות אקולוגיות נרחבות. מגוון והיקף ההשפעות האקולוגיות על המערכת הימית הלך והתגבר עם השנים. מסקירה כלל עולמית של המערכות הימיות עלה שמבין כלל סוגי הפגיעה, לגורם הדיג יש תפקיד מרכזי (Jackson *et al.*, 2001).

על פי נתוני הארגון FAO (Food and Agriculture Organization), עם השנים עלתה כמות שלל הדיג העולמית מ-20 מיליון טון בשנות ה-50, ליותר מ-80 מיליון טון בשנות ה-90. מאז ועד שנת 2006, ישנה מגמת התייצבות בשלל הדיג שנידוג (World Bank 2008). עם השנים, ניכרת תופעה של עלייה במאמץ הדיג, לצד ירידה בשלל הדיג. למרות עלייה במספר כלי השיט ובמאמץ הדיג, יש ירידה משמעותית בשלל הדיג ליחידת מאמץ. כמות האוניות הגדולות שמשמשות לדיג הכפילה את עצמה. למרות הגידול במספר האוניות, החל משנות ה-70 עד שנת 2005 הייתה ירידה משמעותית בכמות הדגים (בטונות) שנלכדו ליחידת מאמץ, ירידה משמעותית של ממעל ל-120 טון, למעל ל-20 טון בלבד (World Ocean Review 2010).

כיום, ברוב המערכות הימיות ניכרת תופעה שנקראת 'דיג יתר' – מצב שבו קצב הוצאת שלל הדיג גדול מיכולת ההתחדשות של הדגה. תופעת דיג היתר נפוצה כמעט בכל המערכות הימיות שבהן מתקיים דיג תעשייתי, והשפעותיה ניכרות במערכות הימיות ברחבי העולם. לדיג יתר יש השפעות אקולוגיות והוא גורם לפגיעה במערכת הימית (Jackson *et al.*, 2001). בין ההשפעות האקולוגיות העיקריות המזוהות עם דיג היתר- קריסת מינים בעלי ערך מסחרי, ירידה בגודל הפרטי המינים הנידוגים, הרס אינטנסיבי של בתי גידול, שינוי במארג המזון והתדלדלות הולכת וגוברת של המינים ברמות הטרופיות הגבוהות. מצב זה עלול ליצור מצב בעל השלכות חמורות על דייגים, על צרכנים וכמובן על הסביבה (Encyclopedia of Earth 2011The).

הים התיכון בעל רגישות אקולוגית גבוהה להשפעות ושינויים. הים התיכון הינו סגור כמעט במלואו, וחיידוש מימיו נמשך כמעט 100 שנה (immrac, 2013). בנוסף, הים התיכון הינו קטן יחסית, עובדה המגבירה את רגישותו האקולוגית. האגן המזרחי וביניהם החוף הישראלי נמצא בתהליך של השתנות של מצב המינים בקצב מוגבר, בעיקר בשל ההגירה של מינים זרים מים סוף דרך תעלת סואץ (Goren *et al.*, 2010). משקלם של קבוצות החי השונות משתנה וכמוהו כל מארג המזון (Goren and Galil, 2002). מצב זה מגביר את רגישות המערכת לשינויים. לפעילות האדם בים התיכון השפעות סביבתיות מגוונות כגון: חקלאות ימית, פלישת מינים, זיהום, קידוחי גז ונפט, שיט מסחרי ועוד, אשר יוצרות עומס רב על הסביבה הימית. להשפעות אלה נוסף הדיג האינטנסיבי תוך שימוש בשיטות לא סלקטיביות, וגורם להשפעה הרסנית יותר לבתי הגידול (Edelist *et al.*, 2011).

מחקרים שנעשו בישראל מראים כי קיים בישראל מצב של דיג יתר, וכי יש למצב זה עדויות. ביטויים של דיג היתר בישראל הינם גודל פרטים קטן ומאמץ דיג גדול בהשוואה לדיג במדינות שכנות ביתם התיכון. למשל, נעשה מחקר השוואה עם תחנה בתורכיה, שהראה כי בארץ שלל הדיג ביחס למאמץ הוצאתו היה שישית מאשר בתורכיה, וגודל הדגים בארץ היה קטן בין חמישית לעשירית במוצע מאשר אותם המינים בתורכיה (Goren *et al.*, 2010).

ענף הדיג ניצב בפני אתגרים סביבתיים, כלכליים וחברתיים רבים. על מנת להבטיח שימוש מקיים במשאבים, והמשך קיום מערכות אקולוגיות בריאות, מתפקדות ומתחדשות, ישנו הכרח גדול בניהול מקיים של פעילות הדיג. ברחבי העולם מיושמים כיום כלים לניהול דיג מקיים, שמטרתם היא להבטיח את המשך הפרודוקטיביות של המשאב הימי לאורך זמן. ניהול דיג מקיים מבוסס על ההנחה כי קיומה של חקיקה והגבלות על ניצול המשאב יבטיחו את המשך קיומו ותפקודו לאורך זמן (Hutchings & Myres, 1994).

בהמשך הצעת המחקר תתבצע סקירת ספרות, שתעשה סקירה של הספרות הרלוונטית בתחום. הסקירה הספרותית כוללת שלושה חלקים עיקריים שנכתבו כל אחד על ידי אחד מהסטודנטים: מצב הדיג בעולם- מארק פוליקובסקי; כלי ניהול לדיג מקיים- הדס שדה; מצב הדיג וכלי ניהול בארץ- דנה ריט הרשקוביץ. לאחר הסקירה הספרותית יוצגו שאלת המחקר, השערת המחקר, מטרות ושיטות המחקר, ותוצג חשיבות המחקר. יעשה דיון שיבחן את ניהול הדיג בישראל, תוך

סקירת הממצאים כפי שעלו מסקירת הספרות, והצגת הממצאים הראשוניים שעלו מהמחקר. בסוף הצעת המחקר יוצגו סיכום ומסקנות.

סקירת ספרות

מצב הדיג בעולם

הקדמה

בפרק זה נסקור את נושא פגיעת האדם במערכת הימית ונתמקד בעיקר בחלקו של ניצול היתר של הדגה. התיאור יעשה ע"י הצגה של מגמות הדיג בעולם, וע"י הצגת הגורמים שהובילו למגמות אלו. נתאר את המושג "דיג יתר", שהינו מושג מרכזי המתאר מצב של ניצול יתר של דגה. נסקור את הגורמים המובילים למצב של דיג יתר. נסביר כיצד דיג תעשייתי ואינטנסיבי משנה את המערכת האקולוגית ולסיום, נתאר את ההשפעות וההשלכות האקולוגיות והכלכליות של השינויים הנגרמים כתוצאה מדיג היתר.

פגיעת האדם במערכת הימית

לפעילות האדם יש מגוון השפעות על המערכת הימית, אשר חלקן מהוות השפעות אקולוגיות מזיקות. מדיקות פלאו-אקולוגיות, ארכיאולוגיות ונתונים היסטוריים, ניתן לתאר את הרצף ההיסטורי של סוגי פגיעה שונים מצד האדם באקולוגיה של המערכת הימית. במהלך ההיסטוריה, הפגיעות התבטאו במגוון דרכים, ביניהן על ידי זיהום הים וגרימת אוטרופיקציה (שגורמת עוני בחמצן והתוצאה היא מוות של יצורים ימיים), הרס פיזי של בתי גידול, ודוגמאות נוספות הם שינויים פיזיים בבתי גידול, שמובילים להתפרצויות של מחלות, לפלישת מינים ואף שינוי האקלים (Jackson *et al.*, 2001).

מבין כל השינויים המתוארים, הדיג הוא גורם מרכזי בהשפעות על המערכות הימיות, באזורים רבים בהם לא היו עדויות להשפעות אחרות של האדם מלבד דיג, נמצאה פגיעה אקולוגית. הדיג הינו גורם פגיעה עתיק: קיימות עדויות לדיג וניצול יתר של הדגה בהיקף משמעותי, שמתוארות כדיג יתר קולוניאלי, החל מהמאות ה-16 וה-17 במדינות אמריקה, ובמאה ה-19 באוסטרליה ובניו-זילנד (Jackson *et al.*, 2001).

מגמות דיג בעולם

פעילות הדיג על ידי האדם מביאה לירידה משמעותית באספקת הדגים. התפתחות הטכנולוגיה והדיג התעשייתי, אפשרה לאדם פלישה למקומות שבעבר הנגישות אליהם הייתה מוגבלת בזכות מרחקם ועומקם, ולכן המקומות היוו מקלט ליצורים הימיים. Pauly (2005) למשל, מדמה את הפגיעה שלנו במשאב הדיג כמעין מלחמת השמדה חדשה של ציידים. מלחמת השמדה דומה התרחשה בעבר נגד בעלי חיים יבשתיים, עם הגעתו של האדם לפני כ-40,000-50,000 שנה

באוסטרליה, ולפני כ-12,000-13,000 שנה בצפון אמריקה. כיום, ניתן לזהות מגמה ניכרת של ירידה הדרגתית באספקת הדגים הגלובאלית.

על פי נתוני הארגון (Food and Agriculture Organization) FAO. על פי הארגון, משנות ה-50 של המאה הקודמת הייתה עלייה בשלל הדיג לפחות מ-20 מיליון טון (משקל חי). עלייה שהמשיכה עד שנות ה-90, אז שלל הדיג עלה ל-80 מיליון טון בשנה. החל משנות ה-90 ועד שנת 2006, ישנה מגמת התייצבות בשלל הדיג שנידוג בשנה. באופן כללי, עד שנות ה-90 ניכרת עלייה בכמות שלל הדיג, ובשנות ה-90 הכמות התייצבה (World Ocean Review 2010).

עליה במספר האוניות ובמאמץ הדיג - אך ירידה בפרודוקטיביות

עם השנים, ניכרת תופעה של עלייה במאמץ הדיג, לצד ירידה בשלל הדיג. מאמץ דיג מוגדר כמשאבים המושקעים במטרה ללכוד כמות מסוימת של שלל. מאמץ הדיג נמדד ביחידות מאמץ ע"פ הזמן והדלק שמשמשים ללכידת השלל. ע"פ נתוני איגוד הבנק העולמי קיימת עלייה במאמץ הדיג ומספר כלי השיט, ובמקביל ירידה המשמעותית בשלל הדיג ליחידת מאמץ. החל משנות ה-70 של המאה הקודמת ועד שנות ה-90, כמות האוניות הגדולות שמשמשות לדיג הכפילה את עצמה מ-500 אלף למיליון. מאז ועד שנת 2005 כמות האוניות לא השתנתה. למרות הגידול במספר האוניות, החל משנות ה-70 עד שנת 2005 הייתה ירידה משמעותית בכמות הדגים (בטונות) שנלכדו ליחידת מאמץ, ירידה ממעל ל-120 טון, לקצת יותר מ-20 טון בלבד. לאורך השנים גדל מספר האוניות שמשמשות לדיג, לאורך השנים גדל מספר האוניות שמשמשות לדיג, צריכת הדלק שלהן והזמן המושקע בדיג. באופן כללי נראה שלמרות שכמות האוניות עלתה, יש ירידה בפרודוקטיביות ובשלל הדיג שמתקבל (World Bank 2008).

הסיבה לירידת פרודוקטיביות הדיג, היא דיג בקצב ובמאמץ כאלה שלא מאפשרים את התחדשות הדגה. מצב שבו קצב הדיג גבוה מקצב התחדשות הדגה, מכונה 'דיג יתר' (Edelist et al., 2011).

דיג יתר

בעיית דיג יתר בעולם

ישנם מספר עדויות של דיג יתר מהתקופות הפרא-היסטוריות. אך עיקר דיג היתר מתרחש ב-150 שנה האחרונות. בין הסיבות ניתן למנות את הגידול באוכלוסייה, והתפתחות טכנולוגיות דיג שמאפשרות ניצול מיני יצורים ימיים בקצב שלא דמיינו בתקופות הקדומות. ישנם נתונים המראים כי יותר ממאה אזורים מתוארים ככאלה שבהם האדם אחראי לדלדול המינים (Jackson et al., 2001).

בעיית דיג היתר העולמית יכולה להיות קשורה לכמה גורמים עיקריים:

- קצב הגידול המהיר של אוכלוסיית האדם: ביקוש עצום למזון.

- שיפור בטכנולוגיות הדיג: עליה בכמות כלי הדיג וביכולת הקיבול של דייגי העולם.
- טרגדיית נחלת הכלל- גישה חופשית למשאב הימי המשותף וביקוש בלתי מוגבל למשאב מוגבל יביאו בהכרח לכיליונו של המשאב בדרך של ניצול יתר.

בנוסף לדיג יתר, קיימות פגיעות נוספות בסביבה הימית שנגרמות מגורמי הזיהום של הסביבה הימית ושל מקורות מים מתוקים, שמובילים לירידה ביצרנות הדגים.

בדרך כלל ניצול של הדגים, מוסווה בכך שהדייגים פונים למינים שופעים (נמצאים בשפע) הנמצאים בסביבה הימית של אלה שכבר נוצלו מסחרית. כשתהליך הניצול הזה מתרחש בשרשרת המזון תמיד מתרחשת גם התדלדלות סדרתית. ההתדלדלות גורמת נזק למערכת האקולוגית עוד לפני שתעשיית הדגים מספיקה להפנים את התדלדלות במספר הדגים. בדרך כלל תופעה זו נקראת 'לדוג למטה' בשרשרת המזון. תופעה זו גורמת לדומיננטיות של דגים, שמבחינה מסחרית נחשבים "דגי אשפה" (trash fish). כאשר התדלדלות סדרתית מתרחשת, קיימת התרכזות של הדייגים המסחריים והדייגים הספורטיביים, במיני דגים שעד לפני כמה עשורים היו נזרקים. ישנן עדויות לדיג יתר כמעט בכל האגנים הימיים בעולם. בנוסף, תופעה זו נפוצה גם במקווי מים מתוקים (Encyclopedia of Earth, 2011The).

השפעות דיג היתר

פגיעה של דיג יתר על האקולוגיה והביולוגיה

דיג יתר משפיע על גודל הדגים: אורך הפרטים הממוצע באוכלוסייה הולך ויורד כתוצאה מסלקטיביות נמוכה של ציוד הדיג. התוצאה: בשלל מופיעים פרטים צעירים רבים שלא מגיעים לבגרות המינית.

דיג יתר משפיע על התחדשות הדגים: לחץ דיג מסיבי מביא לירידה בכמות הפרטים הגדולים באוכלוסייה; פרטים אלו מהווים את עיקר פוטנציאל הרבייה שלה ובכך נפגע מחזור הרבייה העתידי. התוצאה: לאוכלוסייה אין כושר לחדש את עצמה בעונה הבאה.

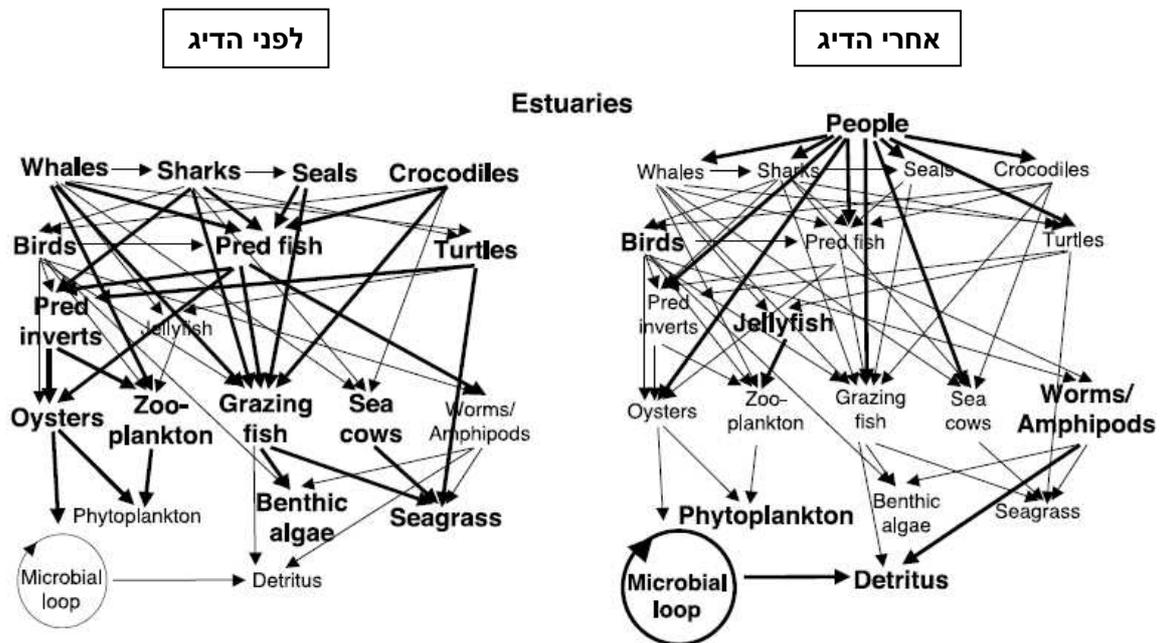
דיג יתר עלול להביא לקריסת מיני דגים: אחת מהשפעות דיג היתר היא פגיעה ביכולת ההתחדשות של הדגה, והיא יכולה אף להביא למצב של קריסת מיני דגים. קריסת מינים מוגדרת כמצב בו סך האוכלוסייה של מין מסוים מגיעה לפחות מ-10% מסך גודל האוכלוסייה שלו, מנתוני ההיסטוריים. במצב כזה, נפגעת משמעותית יכולת השיקום של אותו המין (Edelist et al., 2011).

החל משנות ה-50 של המאה הקודמת ועד שנת 2000 הייתה קריסה של 20% מהמינים הימיים המיועדים למאכל. על פי התחזית ולאור מגמות הדגה כיום, המשך פעילות בקצב הרגיל יביא למצב בו עד שנת 2050 100% מהמינים צפויים לקרוס (Worm et al., 2006).

דיג היתר משפיע על המערכת האקולוגית כולה כתוצאה משיבוש איזון המערכת. בדרך כלל ההשפעה מתבטאת בדיג במורד מארג המזון¹. משמע, ירידה בכמות הטורפים לעומת עלייה בכמות המינים הנמצאים נמוך במארג המזון (כגון מדוזות וסרטנים). גם הרס של בתי גידול² על ידי שימוש בשיטות דיג שאינן מקיימות או לחץ דיג גבוה מדי מהווה השפעה על המערכת כולה (Edelist et al., 2011).

שלל לוואי: תופעת דיג היתר יכולה להופיע בצורת שלל לוואי: לקיחת שלל מיני דגים שלא במכוון. השפעות שלל לוואי חשובות במיוחד במקרה של מינים בסכנת הכחדה. אותם מינים אומנם יכולים להיות מוגנים ע"י החוק אך יכולים ליפול ברשת או בציד דיג אחר כתוצר לוואי של הדיג. הקורבנות של שלל לוואי הם בדרך כלל מינים חשובים כמו טורפי על (כגון כרישים), או קבוצות ימיות אחרות שמאוימת גם הן (כמו יונקים ימיים וצבי ים) (Encyclopedia of The Earth, 2011).

דוגמא לשינויי מארג המזון, בעקבות דיג



תמונה 1- מציגה את שינויי שרשרת המזון לפני ואחרי השפעת דיג יתר, באזור האסטוארים (שפחי נחלים לים). עוצמת צבע החץ מסמלת את רמת הקשר בין היצורים- חץ בעוצמה חזקה מסמל קשר חזק, חץ בעוצמה חלשה קשר חלש. עוצמת כיתוב האורגניזם מסמל את הדומיננטיות שלו במערכת (Jackson et al., 2001).

מהפשטה של שרשרת המזון (תמונה 1), לפני דיג היתר המערכת האקולוגית עברה ממצב מאוזן, הכולל טורפי על כמו לווייתנים, כרישים, ותינים. מצב שישנו מארג מזון מאוזן שכולל הרבה מינים ברמות הטרופיות השונות³. לאחר דיג יתר- האדם לוקח את תפקיד טורף העל.

¹ מארג מזון- מארג מזון הוא תיאור סכמטי של כל קשרי ההזנה המתקיימים בין יצורים המשתייכים למערכת אקולוגית מסוימת.

² בתי גידול-הוא סך כל תנאי הסביבה שמשפיעים על התפוצה ועל ההשפעה שלאורגניזם במקום חיותו הטבעי.
³ רמה טרופית-של אורגניזם מסוים מייצגת את מקומו בשרשרת המזון.

המערכת מאוזנת כאשר כמות הפרטים הקטנים גדולה יותר, וישנה הפחתה של מיני הפרטים הגדולים. המערכת מאוזנת כשהיצורים השולטים (כמותית) במערכת הם: מדוזות, תולעים, פטופלנקטון וחיידקים (Jackson *et al.*, 2001).

תוצאה של מערכת לא מאוזנת

תמיד השפעה על המערכת האקולוגית מורכבת, גורמת תגובת שרשרת שנגרמת בעקבות הסרת ביומסה גדולה של הרמות הטרופיות הגבוהות של המינים הימיים. תוצאת שרשרת כזו יכולה להוביל לאיבוד ניכר במגוון הביולוגי, להגדיל את אי היציבות במערכת, ובכך להגדיל את מגוון המחלות והטפילים. דוגמא מאפריקה מדגימה את האופן בו פגיעה במין של דג הקרפיון יכולה להביא לפגיעה בריאותית באדם: בילהרציה (סכיסטוסומיאזיס) שהיא מחלה אשר נגרמת על ידי תולעת טפילה, אשר חיה חלק מחייה בתוך גוף האדם. התולעת גורמת לו בין היתר דימומים תוך בטנים ושלשולים (U.S. National Library of Medicine). חלק ממחזור חייה של התולעת הוא בתוך חילזון שאותו אוכלים הדגים. ברגע שאוכלוסיית הדגים ירדה, נגרמה עליה בשכיחות המחלה בקרב בני האדם (Encyclopedia of Earth 2011The).

דוגמה לשיטת דיג נפוצה שהינה פוגענית במיוחד: כלי דיג- מכמורתן

ישנם סוגים שונים של כלי דיג ושיטות דיג תעשייתיות האופייניות למקומות שונים בעולם. למשל: סירות דיג בייצור מקומי, ספינות דיג ברשת הקפה, ברשת זימים, עם מלכודות, עם רשת הקפה, עם מערך חכות ועוד (Navigation and Vessel 1986). מבין כל שיטות הדיג, דיג המכמורת נחשב יעיל ועם זאת הרסני במיוחד (Jennings *et al.*, 2001). מאחר ובעשורים האחרונים עלה מספרן ברוב אזורי הדיג, ישנה הנחה בקרב הרבה חוקרים כי לשיטת דיג זו חלק עיקרי בגרימת דיג יתר (Caddy & Agnew 2004).

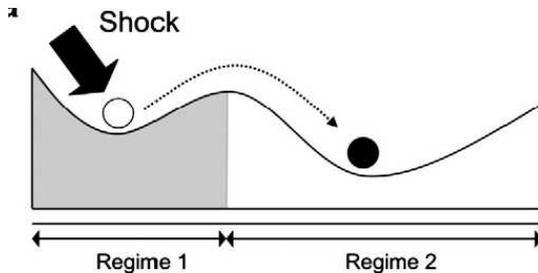
נתונים על המכמורתן- זו ספינת דיג אשר משתמשת ברשת שנקראת מכמורת. מגוון הסוגים של מכמורתנים נע בין 30 ל-10,000 כוח סוס. האורך הממוצע של המכמורתנים עומד על 10-15 מטר. בדיג בהיקפים גדולים ישנם מקפאים ע"ג הספינות, אשר שומרים על טריות השלל, ומאפשרים למכמורתן להאריך את השהות בים (FAO, Fishing Vessel type). ב-2002 הצי העולמי של ספינות הדיג עמד על ארבעה מיליון כלים, מתוכם כ-1.5 מיליון בקנה מידה תעשייתי (World Bank, 2008).

רשת המכמורת: לרשת המכמורת יש מפתח על הקרקעית בעומק של כמה מטרים (בין 3 ל-6). רשת זו נגררת על קרקעית הים במשך 3-5 שעות. רשת זו בעלת סלקטיביות נמוכה וגורמת לאחוזי השלכת שלל דיג גבוהים. הרשת הגוררת גורמת לנזק לקרקעית הים, בעוצמה גדולה- למשל פגיעה בבתי גידול, הרס אלמוגים, ותלישת אצות. מידע שהתפרסם מטעם האו"ם ב-2006, קבע ש-95%

מהנזק שנגרם להרים תת-ימיים, נגרם כתוצאה ממכמורתנים בעלי יכולת גרירה בעומק (United Nations Convention on the Law of the Sea 1982).

בעיות כתוצאה מדיג יתר

שינוי משמעותי של המערכות הטבעיות



היציבות של מצב מסוים במערכת האקולוגית (regime), יכולים להיות מיוצגים מתמטית בעזרת גורמי משיכה שונים (ליצוב המערכת).

המעבר ממצב של מערכת אקולוגית אחת לאחרת נגרם כתוצאה מ"שוק" שגורמים למערכת (חורבן כלשהו).

תמונה 2- מציגה גראפית את השינוי הבלתי הפיך במצב אקולוגי ממצב אחד לשני בעקבות שוק. ציר ה-X מייצג מצב אקולוגי. ציר ה-Y מייצג את סך כל הכוחות שמושכים את יציבות המערכת (Crepin et al., 2012)

כאשר ה"שוק" מגיע במינון לא גדול, למערכת יש נטייה להחזיר את עצמה ליציבות שהייתה בה. אך, אם הפגיעה במערכת חזקה, אז המערכת יכולה לעבור למצב חדש שבו היא יציבה. מצב שבו באופן טבעי (ללא התערבות)

המערכת לא תצליח לחזור למצב הקודם (Crepin et al., 2012).

דיג יתר מתואר כשוק למערכת: אפשר להסתכל על אזורים שונים שבהם הדיג כבר גרם למעבר ממצב מאוזן של מערכת אחת למצב מאוזן של מערכת אחרת. דיג יתר מושך את כלל המערכת הימית מהמצב שידענו עד היום, למצב שאנחנו טרם יודעים מה הוא (Daskalov et al., 2007). תהליך זה מעורר חשש רב, בגלל שלכל המערכת הימית יש משמעות האקולוגית הדומיננטית לצרכי האדם מלבד הדיג כגון: הספקת 50% מכלל החמצן באטמוספירה, יותר מ-60% מהאוכלוסייה ממוקמת על קו חופי, כלכלה, תיירות, תרופות וכו' (ONE WORLD ONE OCEAN).

נזק כלכלי

לדיג יתר יש גם השלכות ומשמעויות כלכליות. דיג יתר מאופיין בכך שהוא משבש את היציבות של המערכת האקולוגית, המגוון-הביולוגי, יצור המזון והתעסוקה. כיום בגלל התדלדלות שלל הדגים וניהול דיג כושל, נגרם נזק כלכלי עולמי (Encyclopedia of Earth 2011The). ארגון FAO מעריך שהפער בין הפוטנציאל הכלכלי היכול לנבוע מהדיג הימי, לעומת המימוש שלו, עומד על כ-50 מיליארד דולר בשנה. הערכה שהינה שוות ערך ל-50% מהערך הכלכלי של מסחר במזון מהים (World Bank 2008).

הפגיעה מההשלכות של דיג היתר איננה מתחלקת באופן שווה, ומשפיעה יותר על מדינות מתפתחות מאשר על מדינות מפותחות. הסיבה לכך היא שלמדינות המפותחות ישנה היכולת להתגבר על מחסור ע"י יבוא ממדינות מתפתחות (Pauly et al., 2005). יבוא דגים ממדינות

מתפתחות עלול אז ליצור לחץ על משאב הדגה באותן המדינות, ולהביא לניצול יתר של המשאב שם.

כריתת הענף עליו יושבים

כאשר מגיעים למצב של דיג יתר, הוא גורם להפסדים כלכליים לעוסקים בו. נוצר מצב שבו ההוצאות עולות על ההכנסות. באם לא יהיה ניתן להפחית את עלויות הדיג או לחלופין להעלות את מחיר הדגים, ייגרם מצב שבו לא משתלם לצאת לים. במקומות שונים בעולם כיום מגיעים לדיג יתר מתוך נוחות: דיג יתר המסובסד ע"י גורמים רשמיים כגון ממשלות ומנהלי דיג, אשר מעדיפים שלא לזעזע את המשאב. זאת, כדי לא להסתכן בקריסת המשאב וכדי לא יצור חיכוכים פוליטיים וחברתיים (Froese, 2004).

סיכום-מצב הדיג בעולם

בעבר הדעה הרווחת הייתה שהים הוא גדול ושלאדם יש השפעה זניחה על המתרחש בו. מהנתונים של המצב במספר העשורים האחרונים, ניתן לראות שהמצב רחוק מלהיות כזה. לאדם יש השפעות ניכרות על המערכות הימיות. ההשפעות הן מסוגים שונים אך לדיג בכלל ולדיג יתר בפרט (שהוא גם המצב המאפיין את רוב אזורי הדיג), ישנה ההשפעה הדומיננטית ביותר על המערכת האקולוגית (Jackson *et al.*, 2001).

דיג יתר מאופיין בפגיעה בהתחדשות הדגים, ירידה בגודל הפרטים וירידה של הדיג במורד מארג המזון. בדיג מכמורתנים הנפוץ היום, אשר מתאפיין בחוסר סלקטיביות ישנו שלל לוואי. דיג שפוגע גם במינים שלא למטרת מאכל. אותם מינים עלולים להיות בסכנת הכחדה. בצורת דיג כזו ישנה פגיעה בכל בתי הגידול שנמצאים על הקרקעית וכאלה שתלויים בה.

בעקבות ההשפעות המזיקות של האדם, כשדיג היתר נחשב לאחת המזיקות ביותר על המערכת האקולוגית, באזורים השונים עוברים ממצב אקולוגי אחד למשנהו. המצב החדש מאופיין במערכת פחות מגוונת במינים ועשירה במינים הקטנים יותר. כמו כן הסכנה שסה"כ המערכת הימית תעבור ממצב מאוזן אחד לאחר, ואת סך כל השלכותיו טרם ניתן לחזות (Daskalov *et al.*, 2007; Crépin *et al.*, 2012).

המצב של הדיג כיום מאופיין בעליה במאמץ הדיג, ובירידה בפרודוקטיביות. בשל דיג היתר, מוערכים הפסדי ענק לענף הדיג (World Bank 2008).

כלי ניהול דיג מקיים

הקדמה

בפרק הקודם תואר ניצול היתר של הדגה והשלכותיו. ניהול משאבים סביבתיים מבוסס על ההנחה שקיומן של חקיקה והגבלות על ניצול המשאב יבטיחו את המשך קיומו ותפקודו לאורך זמן של משאב סביבתי המנוצל לשימוש מסחרי, יותר מאשר מצב בו יש העדר חקיקה (Hutchings & Myres, 1994). פרק זה יסקור כלי ניהול לדיג מקיים. בחלק הראשון, תיעשה סקירה של מושג הקיימות והפיתוח הבר קיימא, והגדרה של דיג מקיים. בהמשך, יוצגו העקרונות הנמצאים בבסיס ניהול הדיג המקיים, יוצגו כלי ניהול הדיג המקיים, ותיעשה סקירה של מסמכים בינלאומיים במסגרתם פועלים לקידום ניהול דיג מקיים.

בשנת 1992, שינויים בדמוגרפיה ובגודל האוכלוסייה, כמו גם שינויים בהיקף הדיג בקנדה הביאו לניצול יתר של הדגה ולהכחדה של דג הקוד (Gadusmorhua), כך שלא ניתן היה להמשיך ולנצל באותו סדר גודל למטרות מסחריות. ההתדרדרות הייתה כה מהירה, שבתקופה של 9 שנים ירדה סך כמות הדגים שנידוגו בכ-80% (Hutchings & Myres, 1994). מחקר מאוחר יותר הראה שגם במקרים בהם לחץ הדיג פחת או נפסק לגמרי בעקבות הידלדלות המשאב, השתקמות אוכלוסיית הדגים הייתה איטית ומעטה עד מאוד (Hutchings, 2000). התמוטטות אוכלוסיית דגי ה'קוד' שהיו בעבר נפוצים מאוד במסחר, המחישה בצורה טובה את בעיית דיג היתר, והובילה להבנה כי אוכלוסיית הדגים קרסה עקב היעדר ניהול דיג מתאים. מאז, ישנו שיח מתמשך באשר לאסטרטגיות חלופיות לניהול דיג (Shelton & Sinclair, 2008).

מקרה דג הקוד מהווה דוגמה לחשיבות שיש לניהול משאבי הטבע הנמצאים תחת ניצולו של האדם. ניתן ללמוד מהמקרה כי יש חשיבות עצומה בלפעול לניהול ולהגבלת השימוש במשאב הדגה עוד בשלבים מוקדמים, שכן השתקמות של אוכלוסיות דגים שנפגעו והידלדלו יכולה להיות איטית ולהימשך זמן רב (Hutchings, 2000). רבים ממאמצי שיקום הדגה מתחילים רק לאחר שכבר יש פגיעה דרסטית והוכחה וודאית לניצול יתר של הדגה. למרות זאת, יש צורך בפעולה לפני שמגיעים לשלב זה (Ludwig et al., 1993).

המשאב הימי כנחלת הכלל והצורך בהתערבות ממשלתית

ניתן לתאר את הפגיעה במשאב הימי ואת תופעת דיג היתר בהקשר של "טרגדיית נחלת הכלל". טרגדיית נחלת הכלל היא מושג שנעשה בו שימוש בהקשר הסביבתי ב-1968 על ידי Garrett Hardin. המושג מתאר מצב בו במשאב ציבורי, יחידים שפועלים באופן עצמאי מונעים על ידי הרווח האישי שלהם, מעמיסים יתר על המידה על המשאב הציבורי ומביאים בסופו של דבר לניצול יתר של אותו משאב ולהידרדרות במצבו. במצב כזה יש צורך בהתערבות ושליטה של הממשל או בהעברת המשאב לידיים פרטיות (Hardin, 1968). במקרה זה, היס מהווה את נחלת

הכלל, משאב ציבורי, שבהיותו במצבו הטבעי הינו פתוח לשימוש על ידי כלל הציבור. כל עוד הגישה לים היא חופשית לגמרי, ההחלטה האם וכמה לדוג בים נובעת מהתנהגות של פרטים רבים (הדייגים), ובידי כל דייג בודד ההחלטה באיזו כמות לדוג ומתי. בהקשר של הפגיעה באוכלוסיות דגים ודיג היתר, טרגדיית נחלת הכלל היא הסיטואציה בה המשתמשים במשאב (הדייגים) מפחיתים מיכולתכם להמשיך ולנצל את המשאב (Hsu, 2005). ניתן לראות את המשתמשים האנוכיים במשאב (הדייגים) נעולים במכניזם דטרמיניסטי בו הם בו זמנית המנצל והקורבן (Berkes, 1985). לחצים שיופעלו על הדגה עלולים להוביל למצב בו תהיה פגיעה באוכלוסיית הדגים, מצב הפוגע בהכנסת כלל הדייגים. כל עוד לא כל הדייגים יפחיתו בדיג על מנת להפחית את דיג היתר, אוכלוסיית הדגים לא תשתקם ותגדל. לא משתלם לפרט לבדו לעשות כך מיוזמתו, ולכן קיים הצורך בהתערבות ושליטה של השלטון במשאב.

קיימות ופיתוח בר קיימא

בעידן של פיתוח בקנה מידה נרחב, גידול באוכלוסייה ובשיעורי הצריכה, גוברים הלחצים על המערכות הסביבתיות בכלל ועל המערכות הימיות והמשאב הימי בפרט. בשל ההשפעות הסביבתיות הרבות הנובעות מפעילות האדם בכלל, ומדיג בפרט, עולה הצורך לבחון האם אנו, כחברה, פועלים באופן שהוא מקיים, כלומר, מאפשר המשך פעולה באותו האופן לאורך זמן.

המושג "קיימות", הוא מושג המתאר מצב בו החברה האנושית יכולה להמשיך להתקיים ולהתפתח בעתיד הקרוב והרחוק. מצב זה יתכן רק תוך שמירת הפעילות האנושית במסגרת מגבלות המערכת הטבעית, ושמירה על תפקוד המערכות האקולוגיות (Costanza, 1991). במאמרו, Filho (2000) מגדיר את המושג "קיימות" כמושג שהכוונה בו היא מחשבה ותכנון לטווח הארוך, בשאיפה ליצור דבר מה שיוכל להתקיים לאורך זמן. הניסיון להשיג קיימות בתחום ניהול המשאבים הימיים והדיג, הפך להיות לאחרונה שאיפה של מחוקקים, רגולאטורים, וממשל מקומי. ישנה הכרה בצורך של הבטחת מילוי צרכיהם של בני האדם לאורך זמן, תוך תכנון וחשיבה גם לטווח הרחוק. הדבר בא לידי ביטוי ביוזמות מקומיות ובינלאומיות ששמו לעצמן למטרה לפעול במסגרת של ניהול דיג מקיים.

ישנו צורך לאזן בין הצורך להמשיך ולנצל את הדגה לצרכי האדם, לבין שמירה על המשאב הימי והדגה כך שיוכלו להתקיים לאורך זמן. כאמור, הגידול באוכלוסיה ובצריכה מתבטא גם בגידול הביקושים וצריכת דגים ובהגדלה של מאמץ הדיג. בפרק הקודם תואר כיצד שיטות דיג פוגעניות והגידול במאמץ הדיג ובניצול הדגה גורמים לפגיעה בדגה וביכולת ההתחדשות שלה ומאיימים על יציבות הדגה בהווה ובעתיד. המושג 'פיתוח בר קיימא' מתאר היטב את הניסיון לאזן בין הרצון להמשיך ולנצל את המשאב הימי לבין השמירה עליו הוא.

בשל ההבנה כי החברה האנושית ממשיכה לגדול ולהתפתח, עולה הצורך שבגידול ופיתוח אחראי, תוך התייחסות להשפעות הפיתוח על הסביבה. על ידי יישום גישת הפיתוח הבר קיימא, השאיפה היא הגעה למצב של קיימות. השימוש במושג "פיתוח בר קיימא" מוזכר רבות כגישה המאפשרת פיתוח אחראי, תוך לקיחה בחשבון של השפעות סביבתיות שישנן. פיתוח בר קיימא, מוגדר ככזה שמאפשר את פגישת הצרכים והשאיפות של הדור הנוכחי, מבלי להתפשר על יכולת הדורות

הבאים לפגוש את צרכיהם הם (Brundtland, 1987). פיתוח בר קיימא הוא ניהול ושימור של משאבים סביבתיים ושינוי בטכנולוגיה ובמוסדות על מנת להבטיח את המשך סיפוק צרכי האדם בהווה ובדורות הבאים (Anon, 1989). גישת הפיתוח הבר קיימא מכילה שלושה עקרונות של קיימות הקשורים לשמירה על משאבי הסביבה, מתן מענה לצרכים החברתיים והכלכליים של בני האדם, והצורך בניהול שיוביל את השינויים הדרושים במוסדות ובטכנולוגיה (Garcia, 2000).

המודעות העולמית לחשיבות שבשימוש מקיים במשאבים טבעיים עלתה כבר בסוף שנות ה-80, ולראייה, דוח הוועדה העולמית לסביבה ופיתוח (World Commission on Environment and Development, 1987), הציע להעלות את השימוש המקיים במשאבים טבעיים לסדר עדיפויות גבוה באג'נדה הפוליטית והמדעית (Brundtland, 1987). גישת הקיימות והפיתוח הבר קיימא עומדים בבסיסו של ניהול דיג מקיים, והוא מתבסס על עקרונותיהם.

ניהול דיג מקיים

ניהול דיג - כחלק ממסמך המכיל הנחיות יסוד לניהול דיג אחראי, ארגון ה-FAO (1997) Food and Agriculture Organization of the United Nations) מגדיר את הצורך בניהול הדיג. על פי ה-FAO, מצב הדגה בעולם הינו ברובו תוצאה של כישלון בניהול אחראי ואפקטיבי של הדגה. חלק משמעותי מאזורי הדיג המנוצלים בעולם מנוצלים לגמרי, יש בהם ניצול יתר, הינם מתרוקנים או שהינם זקוקים לשיקום, ורבים מהם מושפעים מהידרדרות סביבתית. הארגון נותן הגדרה לניהול דיג ומציגו כתהליך אינטגרטיבי של איסוף אינפורמציה, ניתוח, תכנון, ייעוץ, קבלת החלטות, הקצאת משאבים ועיצוב תקנות וחוקים לשליטה על פעילויות הדיג תוך יישומם ואכיפתם. כל זאת, במטרה להבטיח את המשך הפרודוקטיביות של המשאב הימי. ניהול משאבים סביבתיים מבוסס על ההנחה שקיומן של חקיקה והגבלות על ניצול המשאב יבטיחו את המשך קיומו ותפקודו לאורך זמן של משאב סביבתי המנוצל לשימוש מסחרי, יותר מאשר מצב בו יש העדר חקיקה (Hutchings & Myres, 1994).

ניהול משאבים קיים זה שנים רבות, שכן תרבויות שונות התמודדו לאורך ההיסטוריה האנושית עם הצורך לשמר משאבים מתחדשים, ועם הצורך לנהל אותם. בהקשר של דיג למשל, ישנן עדויות של הגבלות שחלו במטרה לשמר את אוכלוסיית דגי הסלמון בנהרות כבר מהמאה ה-14. בנהרות, השפעת האדם על אוכלוסיית הדגים הייתה מורגשת ומיידית, ומכאן נבע הצורך להקטין את השפעת האדם (Netboy, 1968, as cited in Ludwig et al., 1995). היס לעומת זאת, נתפס במשך שנים רבות כמשאב כה עצום ואינסופי, שלא חשו בצורך בהגבלת השימוש בו. הדאגה לדגה של דגי היס התפתחה אם כך רק בשלבים מאוחרים יותר.

בשנות ה-50 התפתחה התפיסה של 'תנובה מקסימאלית מקיימת' (Maximum Sustainable Yield, MSY), כצורת מחשבה מקובלת בתחום ניהול הדיג בפרט, וכעיקרון מהותי העומד בבסיס ניהול משאבים סביבתיים מתחדשים בכלל (Ludwig et al., 1995). מאחורי 'עקרון התנובה המקסימאלית המקיימת' עומדת ההבנה כי יש שלב בו כל עלייה במאמץ הדיג תביא רק לירידה

בסך שלל הדיג שמתקבל. דגים מהווים משאב מתחדש, שכן על ידי רבייה יכולה אוכלוסייתם לצמוח מחדש. אולם, לשם כך, יש להותיר להם תנאים שיאפשרו להם להתרבות בקצב שעולה על קצב הדיג. עיקרון 'התנובה המקסימאלית המקיימת' התבסס על הרעיון שעל ידי ניהול דיג והגבלת ניצול המשאב ניתן לשמור על גודל פחות או יותר קבוע של אוכלוסיית הדגים, ולאפשר לה לחדש עצמה (Larkin, 1977).

עם העלייה במאמץ הדיג, גדל גם שלל הדיג המושג. במאמץ דיג מסוים, נידוגה תנובת הדיג המקסימאלית המקיימת, ומאותו רגע ואילך, כל עלייה במאמץ הדיג מביאה לירידה בסך שלל הדיג שמתקבל. השאיפה היא אם כן, לגלות מהי 'התנובה המקסימאלית המקיימת', ולוודא שמאמצי הדיג מותאמים אליה. לאורך השנים התפתחו מגוון שיטות לנסות להעריך כיצד ניתן לחשב מהי 'התנובה המקסימאלית המקיימת'. המושג הפשוט הפך עם הזמן למורכב יותר, יחד עם ההבנה של מורכבות המערכת- היה קושי להעריך את פוטנציאל הרבייה של האוכלוסיות הטבעיות, וקושי להעריך את הבעיות שביישום תקנות ובאכיפת אלה המנצלים את המשאב (Larkin, 1977).

קיים הבדל בין ניהול דיג לבין ניהול דיג מקיים. כפי שמצוין מעל, ניהול דיג נועד להבטיח את יציבותו ופוריותו של משאב הדגה על מנת שיהיה ניתן לנצלו לאורך זמן. יש בחשיבה לטווח הארוך מעקרונות הקיימות, אך ניהול הדיג המקיים תורם גם הסתכלות רחבה יותר, ובנוסף להיבטים הכלכליים שבשימור המשאב, הוא מביא בחשבון גם היבטים חברתיים וסביבתיים. ניהול דיג מקיים הוא ניהול דיג שמגן על משאבי החי והצומח מפני ניצול מעבר ליכולת ההתחדשות הטבעית, תוך שמירה על בתי גידול, מגוון ביולוגי ומערכות אקולוגיות בריאות ומתפקדות. בנוסף על ההיבטים הסביבתיים, התפיסה מביאה בחשבון גם היבטים חברתיים וכלכליים, ומביאה בחשבון את מורכבות המערכת האקולוגית, והבנת ההשפעות המורכבות במערכת, כולל השפעות האדם עליה (Shelton & Sinclair, 2008). השאיפה היא שבאמצעות יישום ניהול דיג מקיים, תוגבל פעילות האדם ותותאם למגבלות המערכת הטבעית הימית, כך שתפקוד המערכת האקולוגית הימית ישמר לאורך זמן.

ניהול דיג מקיים משתלם יותר לטווח הארוך. בטווח הארוך, מעבר למאמץ דיג מסוים בו מושגת התפוקה המקיימת המקסימאלית, גידול במאמץ הדיג רק מביא לירידה בכמות השלל, ולפגיעה באוכלוסיית הדגים (Larkin, 1977). מחקר שהשווה בפיליפינים את התמורה הכלכלית שמושגת כתוצאה מדיג מקיים לעומת דיג הרסני, הראה שעבור אותה יחידת שטח, הרווח הכולל שמתקבל מדיג מקיים גדול בכ-75% לעומת רווח המתקבל מדיג הרסני (Balmford et al., 2002).

עקרונות לניהול דיג מקיים

ניהול הדיג המקיים מתבסס על מספר עקרונות, שמהווים בסיס ונותנים מסגרת לאופן יישום כלי הניהול. עקרונות פותחו על מנת להוות את הבסיס לפיתוח ויישום אסטרטגיות לניהול מקיים לסביבה הימית (Costanza et al., 1998):

1. **אחריות.** גישה למשאבים סביבתיים טומנת בחובה אחריות לשימוש בהם באופן אקולוגי ומקיים, יעיל מבחינה כלכלית, והוגן מבחינה חברתית.
2. **שיתוף פעולה עם גופים מקנה מידה שונה.** בניהול משאבים סביבתיים, יש צורך בשיתוף פעולה ועבודה עם גופים מקני מידה שונים, ויש חשיבות גדולה במעבר מידע ביניהם.
3. **עיקרון הזהירות.** אל מול חוסר הוודאות הקיים באשר להשפעות סביבתיות בלתי הפיכות, על החלטות הנוגעות לאופן השימוש במשאב הסביבתי לקחת בחשבון את עיקרון הזהירות. על חובת ההוכחה להיות על אלה שפעולותיהם עלולות באופן פוטנציאלי לפגוע בסביבה.
4. **ניהול אדפטיבי, מסתגל.** בהנחה שבניהול משאבים סביבתיים תמיד קיימת חוסר וודאות מסוימת, על מקבלי החלטות לאסוף ולנתח באופן שוטף מידע אקולוגי חברתי וכלכלי במטרה לסגל שיפורים.
5. **הכללת כלל העלויות של השימוש במשאב הסביבתי.** הבאה בחשבון של כלל העלויות והיתרונות (הכלכליים, החברתיים והסביבתיים) הנובעים מהשימוש במשאב הסביבתי. השאיפה היא שעם הזמן השוקים לשקף עלויות אלה.
6. **השתתפות ושיתוף.** יש לכלול את כל בעלי העניין בעיצוב ויישום ההחלטות הנוגעות למשאבים הסביבתיים (Costanza et al., 1998). מנת לשקף בשלמות ערכים חברתיים מגוונים, אסטרטגיות לניהול דיג צריכות להתפתח תוך שיתוף פעולה עם אוכלוסיות שונות, בעלי עניין ונציגי קבוצות המייצגות את אינטרסי הציבור (Shelton & Sinclair, 2008).
7. **שימוש במידע מדעי זמין.** ניהול דיג צריך לעשות שימוש במידע המדעי הזמין, ולכוון להשגת שימור בד בבד עם מטרת של שימוש מקיים (Shelton & Sinclair, 2008).
8. **שיקום המגוון הגנטי.** שימור צריך לתת עדיפות גבוהה להגנה, תחזוק ולשיקום של המגוון הגנטי הן בקרב המינים והן בקרב המערכות האקולוגיות השונות. על השימור להיות מוכל על כלל המינים, ולא רק על המינים להם יש חשיבות מסחרית מיידי, אלא גם על מינים שנתפסים בטעות על אלה שמושפעים מהדיג (Shelton & Sinclair, 2008).
9. **גמישות של תוכניות ניהול.** על שימוש מקיים להיות מבוסס על תוכניות ניהול שנקבעו מראש ושמיניות לשינויים במצב מלאי הדגה. ניתן להשיג זאת על ידי יישום אסטרטגיות ומסגרות להיקף הדיג, שמביאות בחשבון מגבלות ומטרות ביולוגיות, וחוקים המגבילים את היקף הדיג והתוצרת (Shelton & Sinclair, 2008).

כלים לניהול דיג מקיים

בניהול דיג מקיים נעשה שימוש בכלים לניהול דיג במטרה לשלוט במשאב הדגה ולהקטין את הניצול והפגיעה בו. יישום כלי ניהול הצליח להפחית את ניצול הדגה ולמנוע דיג יתר בכמה מערכות אקולוגיות ברחבי העולם. מחקר שעסק בנושא שיקום דגות לאחר שעברו ניצול יתר, בחן מספר כלי ניהול בהם נעשה שימוש במדינות שונות. המחקר בחן את שילובם של כלי ניהול שונים, את מידת תרומת כל אחד מהם להפחתת ניצול הדיג, ואת מידת יעילותם (Worm et al., 2009). כלי הניהול אותם בחן המחקר:

הגבלות על ציוד הדיג - השימוש בכלי זה משמעותו קביעת ציוד הדיג המותר והאסור לשימוש על ידי הדייגים. הגבלות על ציוד הדיג יכולות להיעשות מכמה סיבות. הסיבה הראשונה, היא הגבלת הציוד לשם הגדלת הסלקטיביות והפחתת שלל הלוואי שנתפס. למשל, יכול לבוא לידי ביטוי בקביעת גודל החורים ברשת, במטרה ללכוד דגים בוגרים יותר, או, איסור על שימוש בציוד שאוסף באופן בלתי מבוקר מינים שאינם מסחריים, כמו למשל המכמורת שיגורפת את כלל המינים הנמצאים על הקרקעית. הסיבה השנייה היא הגבלת ציוד הדיג במטרה להפחית את פגיעה בסביבה הימית. גם כאן הדוגמה יכולה להיות המכמורת, שבעת גרירת רשתותיה היא פוגעת בקרקעית הים.

קביעת גודל דגים מינימאלי - קביעת גודל מינימאלי של פרטי הדגים עבור מיני דגים שונים, במטרה להבטיח שלא ידוגו דגים שטרם הגיעו לבגרות ופריון.

הפחתת סך מאמץ הדיג - שליטה על מאמץ הדיג על ידי הגבלת סך ציוד הדיג המותר לשימוש והגבלת היקף השימוש בו. מדובר בשליטה על כמות סירות הדיג הפעילות מגדלים שונים, וקביעת סך מספר ימי דיג מותרים.

מתן היתרי דיג לדייגים - שליטה על מספר וגודל כלי הדיג הפעילים המותרים. הדבר יכול להיעשות למשל על ידי הסדרת רישיונות דיג.

הפחתת סך כמות שלל הדיג המותרת - קביעת יעדים לצמצום סך כמות שלל הדיג. ניסיון לקבוע את כמות שלל הדיג המותרת לפי כמות התנובה המקיימת המקסימאלית המשוערת באותו שטח דיג.

הפחתת היקף התפיסה עבור דייג - קביעת כמות שלל דיג מותרת והפחתת סך כמות השלל המותרת עבור דייג או עבור כלי דיג מסוים.

סגירת אזורים האסורים לדיג - שימוש בכלי זה יבוא לידי ביטוי כשמורות ימיות מוגנות. השמורות יכולות להיות מוגנות באופן מלא מכלל סוגי הדיג והפעילות האנושית, או שיהיה מוגדר איזה סוגי פעילות דיג מותרת. סגירת אזורים האסורים לדיג יכולה להיות בזמן (עונות אסורות לדיג), או במרחב (שטח מוגדר בו הדיג אסור) (Worm et al., 2009). הפוטנציאל בסגירת אזורים האסורים לדיג הוא שאזורים מוגנים אלה יכולים להוות מקום מקלט והתחדשות של קהילת הדגים (Murawski et al., 2000; Caddy & Agnew, 2004), יכולים לסייע בשיקום מבנה קהילת הדגים (Micheli et al., 2004) ושיקום מגוון המינים (Worm et al., 2006), יכולים לסייע בהגנה על סביבת המחיה הימית (Let et al., 2002).

הענקת היתר או גישה בלעדיים לאזור דיג - מתן היתר דיג לאזור מסוים והגבלת הדיג בו ליחיד, לקהילה או לאיגוד (Worm et al., 2009). במקרים בהם הזכות לדיג ניתנת ליחיד או לקבוצה, קיים התמריץ הכלכלי להפחתת מאמץ הדיג ושיעור הניצול (Costello et al., 2008).

ניהול תוך שיתוף עם הקהילה - ניהול הדיג נעשה תוך שיתופם של שחקנים ובעלי עניין. ההנחה העומדת מאחורי השימוש בכלי זה הוא שמעורבות מגוון בעלי העניין בתהליכי קבלת ההחלטות

תביא למציאת פתרונות מתאימים שיישומם יעשה תוך שיתוף פעולה מצד הנוגעים לדבר (Worm et al., 2009). כלי ניהול זה נמצא יעיל במיוחד בשטחי דיג בקנה מידה קטן, שם הקהילה יחד עם מקבלי החלטות מפתחים פתרונות מותאמים ספציפית למאפייני אותו האזור (Dafeo et al., 2005).

הענקת תעודות עבור שטחי דיג מקיימים - מתן תעודות והכרה לשטחי דיג בהם מתנהל דיג מקיים. ישנו שימוש הולך וגדל בפרקטיקה זו, במטרה להוות תמריץ לשיפור פרקטיקות ניהול הדיג.

ניתן להבחין בין כלי הניהול המפורטים מעלה, כלי ניהול שמטרתם להשפיע על הפלט (על שלל הדיג, output), ובין כלי ניהול שמטרתם להשפיע על הקלט (על הדייגים ועל ציודם, Input). בין ההגבלות החלות על הפלט, ביכולתם של כלי ניהול להגביל את סך כל טונאז' שלל הדיג לדייגו עבור כלל הדייגים, או להגביל את כמות השלל של מין דג מסוים, או להגדיר גודל מינימאלי של דג. בין ההגבלות החלות על הקלט, ביכולתכם של כלי ניהול להגביל את הציוד בו נעשה שימוש לדיג, להגביל דיג באזורים ובתקופות מסוימות, כגון שמורות ימיות שמוגנת לחלוטין מפני דיג, או מתן הגנה חלקית למינים מסוימים ולתקופות מסוימות, הגבלת מספר הדייגים להם יש רישוי, ועוד.

מתוצאות המחקר שבחן את יישומם של כלים לניהול דיג בעשר מדינות שונות, עולות כמה מסקנות באשר ליעילות השימוש בכלי ניהול הדיג במדינות השונות. ניכר כי השפעתם של כלים לניהול דיג על שיפור מצב הדגה משתנה ממדינה למדינה. המחקר דירג את מידת השפעתם של כלי ניהול הדיג במדינות השונות על השיפור במצב הדגה, ומצא כי ניכרים הבדלים משמעותיים במידת ההשפעה. בעוד בחלק מהמדינות השפעתו של כלי הניהול היא מעטה, במדינות אחרות השפעת אותו כלי הניהול הוגדרה כחשובה ואף הכרחית. כלי ניהול הדיג שהשפעתו הוגדרה כהכרחית בכל שש המדינות בהן הוא יושם, היה 'הפחתת סך כמות שלל הדיג המותרת'. בכלים אחרים, כגון 'ההגבלות על ציוד הדיג', נעשה שימוש בכל 10 המדינות, אך ברובן הייתה תרומתו לשיפור מצב הדגה מועטת בלבד.

כמו כן, המחקר מאפשר הצצה ובחינה של שכחות השימוש בכל אחד מכלי הניהול, שכן בעוד שבחלק מכלי הניהול כגון 'הגבלות על ציוד הדיג' ו'סגירת אזורים אסורים לדיג' נעשה שימוש נרחב ברב המדינות (10 ו-8 מדינות בהתאמה), הרי שיש כלי ניהול כגון 'הפחתת מאמץ הדיג' ו'הענקת תעודות עבור שטחי דיג מקיימים' בהם השימוש היה מועט בלבד (2 ו-3 מדינות בהתאמה). בנוסף, המחקר הראה כי בעוד שכל המדינות עושות שילוב של יותר מכלי ניהול דיג אחד, יש הבדל משמעותי במספר כלי ניהול הדיג בהם עושות מדינות שונות שימוש, והוא נע בין 2-7 כלים בהם עושה מדינה שימוש. המחקר מזהה כי על מנת להצליח לשלב בין השגת מטרות השימור ובין המשך הדיג, יש צורך בשילובם של מגוון כלי ניהול. המאמר מדגיש כי יכולת יישומם וערכם של כלי ניהול שונים תלוי רבות על מאפיינים מקומיים של הדגות, של המערכות האקולוגיות, ושל מערכת הממשל המקומית. בנוסף, ישנם מאפיינים סוציו-אקונומיים המאפיינים אזורים שונים, אשר אותם יש להביא בחשבון בעת תכנון יישום ניהול דיג. ביישום של

כלי הניהול, ישנם אזורים בהם נמנע או הופחתה מידת דיג היתר, בעוד באזורים אחרים נותר ניצול היתר של הדגה ללא שינוי משמעותי. לסיכום, במחקר, נמצא כי חקיקה ההופכת ניצול יתר של הדיג ללא חוקי, חוקים חד משמעיים, ומטרות ויעדים לשיקום הדגה היו משמעותיים באופן קריטי לטיפול בבעיית ניצול היתר של הדגה (Worm *et al.*, 2009).

מחקר שבוחן את עתיד שטחי הדיג מוצא כי בעשור האחרון ניתן להבחין בשיפורים משמעותיים בתחום ניהול הדיג והפחתת ניצול הדגה (Garcia & Grainger, 2005), ביניהם: שיפור ניהול הפיקוח על ידי גופים ואמנות (UNCLOS, UN Fish Stock Agreement, Code of conduct, CBD, etc.), עלייה במודעות הציבור לנושא, שיפור בניצול שלל הדיג והפחתה של כ-50% בהשלכת שלל, ירידה של 85% בקצב בניית כלי שיט גדולים (מ-2000 ל-300 לשנה), גידול במעורבותם ובתפקידם של ארגונים שאינם ממשלתיים והיותם מעורבים בנעשה (בשטחי דיג מקנה מידה קטן), התפתחות של מיתוג אקולוגי לדגה שמקורה בשטחי דיג מקיימים ופתיחת הדלת למעורבות של הצרכן בבחירת מוצרים סביבתיים, עשיית מאמצים רציניים לריסון תופעת הדיג הבלתי חוקי, ניסיונות להפחתת היקף הדיג, ניסיונות לקיצוץ בסובסידיות, הסדרת היתרים ותעודות המאפשרת יכולת מעקב על שטחי הדיג, תעשיות תאגידיים רשתות מזון מפתחים קריטריונים והנחיות בנוגע למידת קיימות המשאבים הימיים אותם הם צורכים והמאפיינים את המסחר שלהם. השיפורים ניכרים, אך במקרים רבים, שיפורים אלה הם היוצאים מן הכלל המעידים על הכלל.

במקביל למגמות החיוביות שחלות, יישום כלי ניהול דיג ומאמצים לשיקום הדגה נתקלים פעמים רבות באתגרים משמעותיים. בטווח הקצר, יכולות להיות לדייגים עלויות והפסדים. הפחתת מכסות דיג ומאמץ דיג יכולים להביא להפחתת משרות. בנוסף, הפסדים כספיים בטווח הקצר עלולים ליצור התנגדויות חזקות ויצירת לחצים פוליטיים מצד קהילות המסתמכות על דיג למחייתן. ישנו דבר המפחית מיעילות יישום כלי ניהול דיג, והוא שבמקביל לניסיונות להפחית את ניצול היתר של הדגה, ישנן סובסידיות שנותנות הרשויות אשר מעודדות דיג, ובכך הן דווקא מעודדות דיג ומפחיתות את המאמצים להפחתתו (Sumalia *et al.*, 2007). בעיה נוספת שמקשה מאוד על מאמצי הפחתת הדיג היא הדיג שלא מדווח והדיג הבלתי חוקי. בעוד שיש בידי הרשויות כלים להפחתת הדיג, כלים אלה בדרך כלל לא יעילים כשמדובר בדיג לא מדווח ודיג בלתי חוקי. היקף הדיג שאינו מדווח והדיג הבלתי חוקי משתנה באזורים שונים בעולם (נע בין 3-37%) ומוערך בשיעור עולמי של כ-18% (Agnew *et al.*, 2007). אתגר משמעותי נוסף הינו הצטברות זכויות הדיג בידיהם של קבוצה קטנה של תאגידי דיג בינלאומיים, ודחיקה של דייגים מקומיים מהשוק התחרותי.

לסיכום, מערכות אקולוגיות ימיות מושפעות משיעורי ניצול שונים, והדגה והמערכות האקולוגיות שלהן נמצאות בהתאם במצב יציב, בירידה, בקריסה או בשיקום. שימוש בכלי ניהול דיג הביאו להפחתה בשיעורי ניצול הדגה באזורים מסוימים. יש עדויות להתאוששות של דגות ברחבי העולם הדגים עודנו ממוטט עד שתהיה הפחתה נוספת בשיעורי ניצול הדגה. ישנה בעיה בכך שהניסיונות

להפחתת ניצול הדיג נעשים תוך ראייה מקומית בקנה מידה קטן, ולא מובאת בחשבון השפעה אזורית ועולמית שיכולה להיות ליישום כלי ניהול דיג. ברמה האזורית והעולמית, ישנו חשש שיישום כלי ניהול דיג ואכיפה באזור מסוים, רק יעבירו את בעיית ניצול היתר והלחץ על הדגה לאזורים אחרים בכלל ולמדינות מתפתחות בפרט. מחקרים מראים שיישום הגבלות על הדיג עלול להוביל למעבר של מאמצי הדיג למדינות בהם יכולת החקיקה והאכיפה חלשה יותר (Alder & Sumalia, 2004). יש עדיין מחסור בכלי ניהול אפקטיביים בחלקים נרחבים מהאוקיינוסים, ויש מחסור בכלי ניהול לאזורים שמחוץ לתחום השיפוט של המדינה (Mora et al., 2009; Beddington et al., 2003; Pauly et al., 2003). כל האתגרים המופרטים מעלה רק מדגישים את הצורך בראייה רחבה ואינטגרטיבית בעת יישום כלי ניהול להפחתת הדיג (Worm et al., 2009).

אמנות וחוקים בינלאומיים

לאורך השנים חלה התפתחות בתחום ניהול הדיג בכלל, וניהול הדיג המקיים בפרט. ניתן לזהות שני תהליכים שמתרחשים במקביל, והם התפתחות הסכמים בינלאומיים ואמנות הקשורים בדיג, במקביל להתפתחות מושג הקיימות והמסגרות הפועלות ליישום קיימות. חלק זה יסקור כמה מן המסמכים שהיוו צמתים חשובים בהתפתחות ניהול הדיג המקיים.

בעשרות השנים האחרונות חל שינוי בזכויות הגישה והשימוש במשאב הימי. לאורך מאות שנים היחס כלפי המשאב הימי היה כאל משאב משותף, אליו הייתה גישה חופשית. במאה ה-17 הותווה עקרון לפיו יש למדינה רצועת מים טריטוריאלית ברוחב של 3 מיילים לאורך החוף. עם השנים, חלה התפתחות טכנולוגית שאפשרה שימוש נרחב יותר ויותר של המשאב הימי בידי האדם. מדינות רבות הכריזו על הרחבת גבולותיהם הימיים. המתח והתחרות בין המדינות על המשאבים הימיים הלכו וגברו, ועלה הצורך בהסדרת הנושא בהסכם בינלאומי. בעשרות השנים האחרונות ישנן מספר דוגמאות למסמכים בינלאומיים שמהווים קווים מנחים לניהול דיג מקיים. בהמשך מובאות מספר דוגמאות מרכזיות באמצעותן ניתן לעקוב אחר התפתחות עקרונות ניהול הדיג המקיים לאורך השנים. מכיוון שתוכן המסמכים נוטה לחזור על עצמו, יוזכרו בעיקר הגורמים המהווים חידוש ביחס למה שהיה נהוג קודם לכן.

אמנת UNCLOS (1982) (United Nations Convention on the Law of the Sea) הינה תוצר של ועידה של האו"ם שדנה בחוק בינלאומי שעוסק בים ובשימושים המרובים והמגוונים בו. חשיבותה של האמנה היא בהגדירה את הזכויות והאחריות של השימוש של מדינות שונות באוקיינוסים ברחבי העולם, ובכך שהיא מהווה מסגרת משפטית לפעילות הימית ולניהול דיג. באמנה יש התייחסות למגוון נושאים וניסיון להסדיר עסקים, סביבה, וניהול משאבי טבע ימיים. האמנה מגדירה את אזור הריבונות הימית של מדינות, תוך שהיא מגדירה וקובעת זכויות וחובות של המדינות בשטחים אלה. במסמך נעשית חלוקה של המרחב הימי לאזורים שונים להם שימושים שונים. עבור כל אחד מהאזורים השונים נקבעו חובות וכללי התנהגות שונים. העיסוק בניהול דיג מהווה רק אחד מהתחומים הרבים בהם היה עיסוק בוועידה.

הישג משמעותי של האמנה הוא הגדרת ה-EEZ (Exclusive Economic Zone), האזור הכלכלי האקסקלוסיבי שבשימוש בלעדי של המדינה. ה-EEZ הינה רצועת מים ברוחב של 200 מיילים ימיים לאורך החוף, אשר בגבולותיה זכות המדינה לריבונות על המשאבים שבגבולות אזור זה (משאבים כגון נפט, גז, ועוד). בין המשאבים עליהם יש למדינה ריבונות, גם משאבי הדגה. בד בבד עם הזכויות לניצול המשאבים ב-EEZ, חלות על המדינה חובות, ביניהן חובת ניהול דיג שיאפשר התחדשות טבעית. באמנה מפורטות חובות ניהול הדיג החלות על המדינות בתחום ה-EEZ. בין החובות, חובות הכרוכות בשימור משאב החי, וחובות הנוגעות לאופן ניצולו. הדגש במסגרת הפעולה שמתווה האמנה הינו על שימור וניהול משאבי החי והצומח והגנה על הסביבה הימית בכלל.

האמנה פעלה במגוון דרכים על מנת להבטיח את הגנת מיני החי מפני דיג יתר וסכנת הכחדה. במסגרת האמנה, הייתה דרישה לקביעת מכסת הדיג המותר לכל מין בשטח ה-EEZ. האמנה אפשרה מבט על-אזורי כולל, שמטרתו הייתה לאזן בין אזורים בהם יש לחץ גדול על הדגה לבין אזורים בהם הלחץ הוא מועט. זה התבטא במתן זכויות דיג למדינות שכנות במקרה ואין ביכולתה של מדינה מסוימת לממש את פוטנציאל הדיג שלה. האמנה קבעה כי על כל מדינה להעריך את כמות הדיג שהמדינה מסוגלת לדוג, ואשר מעבר לכמות זאת יתאפשר למדינות אחרות לדוג ב-EEZ של אותה המדינה עד למכסת הדיג המותרת שנקבעה.

האמנה קבעה כלים לניהול דיג בהם יעשו שימוש המדינות על מנת להגביל את היקף הדיג. בין הכלים שהגדירה האמנה: חיוב דייג או ספינת דיג על ציודם בקבלת רישיון, קביעת מינים המוגדרים כמותרים בדיג, קביעת גיל וגודל הדגים המותרים בדיג, קביעת מכסות דיג עבור מיני הדגים השונים, מתן מכסות דיג לספינה או למדינה לפרק זמן נתון, רגולציה והגבלה של עונות ושטחי הדיג, רגולציה על סוגי, גדלי וכמויות ציוד הדיג, רגולציה על גדלי ומספר ספינות הדיג.

האמנה שמה דגש על מחקר ואיסוף מידע, כבסיס לניהול הדגה וכיוונה לניהול דיג שמבוסס על מידע מדעי עדכני. האמנה קראה ללמוד על היבטים כלכליים של הדייגים ועל דפוסי הדיג. הייתה באמנה התייחסות לסביבה הימית כאל מערכת אקולוגית מורכבת, ובמסגרתה היא קבעה מסגרת לניהול הסביבה הימית על מרכיביה השונים. היא קבעה כי יש חשיבות בלימוד ההשפעות ההדדיות בין מיני דגה שונים, על מנת לנהל את מלאי הדגה, ולצורך הבטחת המשך מקור מזון למיני דגה הניזונים מאלו אשר גם נדגים. היא עודדה עריכת סקרי דגה, ואת ריכוז המידע הקשור בדיג והובלת מחקרים ימיים, ועודדה חילופי מידע מדעי בין המדינות באשר לכמויות השלל ומאמץ הדיג בהן.

חשיבות אמנה זו הינה עצומה, בכך שהיא היוותה מסמך שהיווה מסגרת ונתן קווים מנחים ומפורטים ליישום ניהול דיג, תוך דגש על שמירה על המשאב הימי ועל יציבות הדגה.

הסכם מלאי הדגה של האו"ם, 1995, נעשה במסגרת אמנת UNCLOS והוא מהווה תוסף לאמנה. הוא מחדד ומפרט בתחומים בהם עסקה האמנה הקודמת, ומחדש בתחומים אחרים. מטרת ההסכם היא שיפור שימור וניהול משאב הדגה באזורים הבינלאומיים ובאזורים משותפים.

ההסכם פועל לשיפור מצב הדגה עבור דגים אשר שטח המחיה שלהם משותף ליותר מאזור EEZ יחיד, או שהם נודדים, או בעלי שטח מחיה נרחב, או דגי הים הפתוח שמרחב מחייתם נמצא בשליטה בינלאומית. במסגרת ההסכם, התחייבו המדינות השונות לשימור מיני דגי הים הפתוח שבשליטה בינלאומית. בנוסף, ההסכם סיפק תשתית ליצירת ארגונים אזוריים לניהול הדיג, והגדיר שטחים בהם היה בסמכותם לערוך מחקרים וסקרי דגה ולעסוק בפיקוח ובאכיפה (United Nations Fish Stocks Agreement, 1995).

ההסכם שם דגש על שימוש בעיקרון הזהירות המונעת. המסמך מכיר בכך שפעמים רבות המידע שיש ברשותנו אינו וודאי אמין או מספק, וקובע כי יש לפעול להבטחת שימור המשאב גם במצב זה של חוסר וודאות. ההסכם קובע כי יש לקבוע ערכי סף לדגה תוך התייחסות לאי הוודאויות באשר לגודל ולפוריות מלאי הדגה, כמו גם למידת השפעת תנאים ימיים וגורמים סביבתיים על הדגה. במקרה בו אוכלוסיית הדגה נפגעת משמעותית, ההסכם נותן מסגרת לנקיטת צעדי חרום מידיים, על מנת למנוע החמרת המצב על ידי הדיג. ההסכם מגדיר את הצורך בתוכנית ידועה לשיקום הדגה במידה ומלאי הדגה הגיע לערכי הסף.

בהסכם יש התייחסות להיבטים סביבתיים, בין היתר על ידי פיתוח ציוד ושיטות דיג ידידותיות לסביבה, ותוך דגש על הפחתת זיהום הסביבה הימית. יש הסתכלות רחבה יותר על הסביבה הימית, ולא רק על מיני הדגים המסחריים. הסתכלות רחבה זו באה לידי ביטוי מחקר אודות ושימור מינים לא מסחריים התלויים במינים המסחריים, ובהגנה עליהם ועל המגוון הביולוגי בסביבה הימית. בהסכם נעשה שימוש במושג 'דיג בר קיימא', בהקשר של קביעת מכסות דיג ומאמצי דיג מותרים שיאפשרו יציבות של הדגה. בהסכם נקבעה יכולת התחדשות הדגה, ונקבע איסור הגעה למצב של ירידה מתחת ליכולת זו.

קוד FAO לדיג אחראי, 1995, הינו קוד בינלאומי שאינו מחייב, המבוסס על אמנות והסכמים קודמים. הקוד מציג עקרונות לשימור, ניהול, ופיתוח ענף הדיג. (FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) הינו ארגון הפועל במסגרת האו"ם, אשר עוסק במזון ובחקלאות, ואשר שטחי הדיג מהווים את אחד התחומים שבאחריותו. הקוד עוסק בהגדרת שיטות הדיג המותרות, העיבוד והמסחר במינים הנדוגים. יש בקוד התייחסות לנושאים שכבר נידונו באמנה ובהסכם הקודמים, אך יש תחומים בהם הוא מחדש ומוסיף (FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries, 1995).

יש בקוד התייחסות רחבה יותר מאשר ניהול המשאב בלבד, והוא שם דגש על ביסוס תהליך קבלת ההחלטות על גורמים סביבתיים חברתיים וכלכליים. מבחינה סביבתית, הקוד רואה חשיבות בהגנה ושיקום של אזורים בעלי חשיבות מיוחדת כגון בתי גידול ימיים (שוניות, אזורי השרצה). בנוסף, יש בקוד התייחסות ניכרת לתהליך קבלת ההחלטות. התהליך מאופיין בשקיפות, וישתף את כלל בעלי העניין בתהליך ובגיבוש המדיניות. הקוד רואה חשיבות בקידום מודעות לשימור המשאב ובחינוך והכשרת העוסקים בענף הדיג, ושיתופם בתהליך גיבוש המדיניות וההטמעה. כמו כן, הקוד רואה חשיבות בשיתופי פעולה והסכמים בינלאומיים בין מדינות וארגונים.

במקביל להסכמים ולאמנות, שהקנו בסיס וקווים מנחים לניהול דיג מקיים ברמה הבינלאומית, היו לאורך השנים יוזמות נוספות שקבעו עקרונות וכלים לניהול דיג מקיים. הדבר בא לידי ביטוי בחקיקה מקומית, או ביוזמות בין-אזוריות מסדרי גודל מגוונים. במה שתואר מעלה, ניתן לראות כיצד עם השנים, באה לידי ביטוי תפיסה רחבה יותר מאשר רק ייצוב הדגה, ועם הזמן הייתה גם התייחסות להיבטים סביבתיים וחברתיים והתייחסות רבה יותר לקהילה ולבעלי העניין. במקביל ליוזמות שעסקו בניהול דיג, היו כמה יוזמות בינלאומיות שעסקו בנושא הקיימות וביישום הקיימות, וכמה מהן מובאות בהמשך.

ועידת ריו דה-ז'נרו, 1992, גובשה תוכנית פעולה 'אג'נדה 21', שמטרתה להוות מתווה פעולות להשגת פיתוח בר קיימא שנדרשות לביצוע ברמה הגלובאלית, הלאומית והמקומית במאה ה-21. במסגרת ועידת ריו, אומצה תוכנית פעולה גלובאלית 'אג'נדה 21', וחלק ממנה עסק ישירות בפיתוח בר קיימא בסביבה הימית. תוכנית הפעולה רואה בכך שלצד הזכויות שיש למדינות, חלות עליהן גם חובות שימור ושימוש מקיים במשאב הימי (Agenda 21: Chapter 17, 1992).

בתוכנית באים לידי ביטוי כמה עקרונות בסיסיים המאפיינים פיתוח בר קיימא וקיימות. העיקרון הראשון הוא שמעבר להיבטים הכלכליים, היבטים סביבתיים וחברתיים הינם מרכיבים חיוניים בפיתוח בר קיימא. מההיבט הסביבתי, התוכנית קוראת למשל לשימור המערכת האקולוגית, ולשימור והגנה על מינים פגיעים. מההיבט החברתי, יש למשל בחינה והתחשבות באינטרסים של קהילות דייגים מסורתיות מקומיות. עיקרון נוסף הוא התבססות על עיקרון הזהירות המונעת וניסיונות להפחתת סיכונים לפגיעה ארוכת טווח או בלתי הפיכה. תוכנית הפעולה גם מתייחסת לתהליך ניהול הדיג עצמו. היא מתווה קווים מנחים לאופן קביעת המדיניות ותהליך קבלת ההחלטות, וקובעת כי עליהם להיות בשיתוף כלל הסקטורים, תוך שקיפות ושיתוף.

וועידת יוהנסבורג לפיתוח בר קיימא, 2002, הינה ועידה שהתקיימה בדרום אפריקה, ובה נציגי לאומים שונים הכריזו על מחויבות בינלאומית מחודשת לפיתוח בר קיימא. בוועידה הוקדשה התייחסות מיוחדת לנושא מדיניות דיג מקיימת. במסגרת הוועידה עודדו נציגי המדינות להצטרף לאמנת UNCLOS, וקודמה הטמעת תוכנית אג'נדה 21. ועידת יוהנסבורג פעלה לקידום דיג בר קיימא בכמה מישורים, ביניהם היא קידמה יצירת מנגנונים בינלאומיים ושקופים לטיפול בנושאים ימיים במסגרת האו"ם ועודדה שיתופי פעולה בין גופים מקומיים ואזוריים בנושאים הקשורים לסביבה הימית. היא עודדה נקיטת צעדים למיגור תופעת הדיג הבלתי חוקי, שאינו מדווח ושאינו תחת רגולציה. הוועידה אסרה על שיטות דיג הרסניות, וקבעה הקמת שמורות טבע ימיות (תוך הסתמכות על ידע מדעי) שנועדו להגן על אזורי וזמני הטלה ולשמר את המגוון הביולוגי (Johannesburg Declaration on Sustainable Development, 2002).

בוועידה זו דגלו בהסתכלות גלובאלית יותר על בעיית ניצול היתר של הדגה, ונטען כי "הבטחת פיתוח בר קיימא של הסביבה הימית מחייבת תאום ושיתוף פעולה ברמה הבינלאומית והאזורית". הייתה בוועידה הבנה שיש חשיבות למתן פתרון כולל לבעיית ניצול היתר של הדגה, על פני מתן פתרונות מקומיים בלבד. הוועידה הדגישה את החשיבות בסיוע למדינות המתפתחות, והציעה לסייע כלכלית למדינות המתפתחות בגיבוש מדיניות ניהול דיג מקיימת ובהקמת תשתית לניהול דיג מקיים.

לסיכום, בסקירה של המסמכים הנ"ל, ניתן להבחין בהתפתחות שחלה עם השנים במעבר בין ניהול דיג לקראת ניהול דיג מקיים. במסגרות הראשונות, עיקר העיסוק היה על הבטחת המשך קיומו של משאב הדגה, ועיקר ההתייחסות הייתה למיני הדגים המסחריים. ניתן לראות התקדמות ותפיסה הוליסטית יותר. מתחילה התייחסות גם להיבטים חברתיים וסביבתיים. מבחינה סביבתית, יש הסתכלות רחבה יותר על הסביבה הימית, והיא כוללת בחינה של ציוד ושיטות דיג שידידותיות יותר לסביבה, הסתכלות על כלל המינים המושפעים מהדיג ולא רק על המינים המסחריים, שימור מגוון מינים, והסתכלות ברמת המערכת האקולוגית. מתחילים לראות את הצורך שבשימור, בהגנה ובשיקום אזורים ימיים בעלי חשיבות, ואת החשיבות שבהסתמכות על עיקרון הזהירות המונעת. מבחינת היבטים חברתיים, רואים חשיבות בהיכרות ובהתחשבות בצרכים ובאינטרסים של בעלי העניין, ומושם דגש עם שיתוף רחב ושקיפות בתהליך קבלת ההחלטות. מתחילה תפיסה כי בעיית ניצול היתר של הדגה הינה בעיה כוללת, ברמה הגלובאלית, המצריכה פתרונות ברמה הבינלאומית ושיתופי פעולה בין מדינות וארגונים, כמו גם תמיכה במדינות מתפתחות.

יישום מדיניות ניהול הדיג

בפני מדינות שמעוניינות ליישם מדיניות לניהול דיג מקיים, עומדות כמה אפשרויות באשר לאופן ומידת יישום מדיניות ניהול הדיג. מחקר שחקר אודות עתיד שטחי הדיג, בחן דרכי פעולה ותגובות שונות מצד מקבלי ההחלטות (Garcia & Grainger, 2005). המחקר הביא סיווג של מחקר אחר באשר לשלוש אפשרויות עיקריות לדרכי יישום מדיניות ניהול דיג (Daan, 1989):

'לא לעשות דבר', 'עסקים כרגיל' - מצב בו ממשיכים במצב הקיים ולא עושים בו שינויים. אימוץ גישה זו עלול להוביל להמשך הירידה בשלל הדגה, ירידה בגודל הדגים הנידוגים, פגיעה וירידה במגוון מיני הדגים, והמשך פגיעה במינים הנמנים כחלק משלל הלוואי ובמינים החיים בקרקעית הים. בטווח הארוך, מדובר בהמשך גרימת נזק למערכת הימית, מה שעלול גם לפגוע ביעילות הכלכלית של ניצול המשאב.

'לעשות את הבלתי אפשרי', 'יישום גורף של כל ההמלצות', מצב בו פועלים להפסקה כוללת של הפגיעה ושל ניצול על הדגה, בין היתר על ידי מניעת דיג, ומניעת גישה של כלי דיג למשאב הימי. בגישה זו יש ניסיון לשקם את המשאב הימי ולחזור למצבו הקודם. יישום גישה זו צפוי לשפר את מצב המערכת הימית לאין ערוך, אך סביר להניח שבכל מקרה לא יהיה ניתן לחזור למצב הטבעי שלה. על פי השם שנתן המחבר לגישה, ניתן לראות כי היא נתפסת ממילא כלא ריאליסטית ולא ישימה.

'לעשות את המיטב' - מצב בו מתקיים ניהול אדפטיבי, תוך זיהוי והתייחסות למגוון הגורמים המשפיעים על המערכת הימית. בגישה זו, נעשה זיהוי של מגוון השימושים והערכים שבמשאב הימי, ונעשה זיהוי של המשתמשים העיקריים במשאב. ניהול המשאב נעשה אז תוך יישום הגבלות על מאמץ הדיג ושימוש באכיפה, ותוך מאמצים לשמירה על המשאב הימי. גישה זו מתבססת על אימוץ עקרון הזהירות המונעת, ועל הבנה של מורכבות המערכת האקולוגית ורגישות מגוון המינים המרכיבים אותה. ההנחה היא שגישה זו

ישימה, ושיישומה יביא לשיפור מדיד במצב המערכת ומצב הדיג. ההנחה היא שניתן יהיה ליישם את מטרות הניהול בעלויות סבירות.

סיכום - כלי ניהול דיג מקיים

הים הינו משאב ציבורי אשר יש לנהלו על מנת לשמור עליו. דייגים שמונעים על ידי הרווח האישי שלהם מעמיסים יתר על המידה על המשאב הימי ומביאים בסופו של דבר לניצול יתר ולהידרדרות במצבו. במצב כזה יש צורך בהתערבות וניהול ציבורי של המשאב (Hardin, 1968). ניהול משאבים סביבתיים מבוסס על ההנחה שקיומן של חקיקה והגבלות על ניצול המשאב יבטיחו את המשך קיומו ותפקודו לאורך זמן של משאב סביבתי המנוצל לשימוש מסחרי, יותר מאשר מצב בו יש העדר חקיקה (Hutchings & Myres, 1994). ארגון ה-FAO (1997), מבחין כי מצב הדגה בעולם הינו ברובו תוצאה של כישלון בניהול אחראי ואפקטיבי של הדגה.

ניהול דיג נועד להבטיח את יציבותו ופוריותו של משאב הדגה על מנת שיהיה ניתן לנצלו לאורך זמן. הדבר נעשה תוך התייחסות למיני דגים מסחריים אשר מעוניינים בייצוב אוכלוסייתם, זאת על מנת להבטיח את המשך ניצולם הכלכלי. לעומת כלי ניהול דיג שמטרתם הגבלת היקף הדיג, בכלי ניהול דיג מקיים תהיה התייחסות רחבה יותר להיבטים סביבתיים-חברתיים וכלכליים. ניהול הדיג המקיים תורם הסתכלות רחבה יותר, ובנוסף להיבטים הכלכליים שבשימור המשאב, הוא מביא בחשבון גם היבטים חברתיים וסביבתיים. ניהול דיג מקיים הוא ניהול דיג שמגן על משאבי החי והצומח מפני ניצול מעבר ליכולת ההתחדשות הטבעית, תוך שמירה על בתי גידול, מגוון ביולוגי ומערכות אקולוגיות בריאות ומתפקדות. יש בתפיסה זו הבאה בחשבון של מורכבות המערכת האקולוגית, והבנת ההשפעות המורכבות במערכת, והשפעות האדם עליה (Shelton & Sinclair, 2008). כחלק מגישת הפיתוח הבר קיימא, יש חשיבות גם להיבט החברתי, שבאה לידי ביטוי בין היתר במתן מענה לצרכים החברתיים והכלכליים של בני האדם (Garcia, 2000). השאיפה היא שבאמצעות יישום ניהול דיג מקיים, תוגבל פעילות האדם ותותאם למגבלות המערכת הטבעית הימית, כך שתפקוד המערכת האקולוגית הימית ישמר לאורך זמן.

בעת יישום כלי ניהול דיג, ישנה חשיבות בהתאמת כלי ניהול הדיג המקיים למאפייני המדינה בה הם מיושמים. מתוצאות המחקר שבחן את יישומם של כלים לניהול דיג בעשר מדינות שונות, ניכר כי מידת השפעתם של כלי ניהול דיג על הפחתת ניצול הדיג ושיפור מצב הדגה משתנה ממדינה למדינה. משמעות הדבר היא כי מאפיינים סוציו-אקונומיים המאפיינים אזורים שונים, אשר אותם יש להביא בחשבון בעת תכנון יישום ניהול דיג. בנוסף, המחקר זיהה כי על מנת להצליח לשלב בין השגת מטרות השימור ובין המשך הדיג, יש צורך בשילובם של מגוון כלי ניהול. המאמר מדגיש כי יכולת יישומם וערכם של כלי ניהול שונים תלוי רבות על מאפיינים מקומיים של הדגות, של המערכות האקולוגיות, ושל מערכת הממשל המקומית (Worm et al., 2009).

על מקבלי החלטות לבחור את מידת יישומם של כלי ניהול דיג ושל מדיניות ניהול הדיג המקיים. המשך פעילות תחת גישה בה לא עושים דבר לשינוי המצב, גישת "עסקים כרגיל", הוא אמנם נוח

ביותר ואינו דורש שינוי והשקעות משאבים, אך הוא צפוי להביא להמשך ניצול המשאב הימי ולפגיעה בו ובמערכת האקולוגית הימית. מצד שני, יישום גורף של כל ההמלצות יביא לשיפור במצב המשאב, אך נראה לא ישים לאור ההשקעה העצומה שתדרש בשינוי מסדר גודל כזה. לכן, יש לפעול תחת גישה שבוחנת לעומק את מורכבות המערכת הימית ואת כל המעורבים בה, ופועלת לשמירה על המשאב הימי תוך מציאת איזון בין השימושים הרבים הנעשים בו. רבים ממאמצי שיקום הדגה מתחילים רק לאחר שכבר יש פגיעה דרסטית והוכחה וודאית לניצול יתר של הדגה (Ludwig et al., 1993). למרות זאת, יש חשיבות עצומה בלפעול לניהול ולהגבלת השימוש במשאב הדגה עוד בשלבים מוקדמים, שכן השתקמות של אוכלוסיות דגים שנפגעו והידלדלו יכולה להיות איטית ולהימשך זמן רב (Hutchings, 2000).

תמונת מצב – ממשק הדיג בישראל

הקדמה

בפרק הקודם הוצגו כלי הניהול לדיג מקיים הקיימים בעולם. ישראל מתפקדת כמדינה מפותחת ולאחר הצטרפותה ל-OECD, חלים עליה עקרונות פיתוח בר קיימא. עקרונות הקיימות חלים גם על השטח הימי והחופי שבבעלותה, לכן הצורך בהסדרת שימושי הים הינו קריטי בעיקר בשל העובדה שבעתיד ישראל תכריז על האזור הימי הכלכלי (EEZ) וניצול המשאבים יחייב ניהול בר קיימא.

פרק זה יעסוק במצב הדיג הקיים בישראל. הפרק יבחן את המאפיינים הפיסיים של מזרח אגן הים התיכון, ויסקור את הדיג המתקיים כיום מבחינת היקפו, שיטות דיג נפוצות, מגמות הדיג, ועוד. לבסוף תהיה התייחסות לניהול הדיג בישראל ומה נעשה כיום באגף הדיג בתחום מדיניות הדיג בישראל.

פיתוח בר קיימא ויצירת מדיניות דיג מקיים, תכלול התחשבות בכל הגורמים הסביבתיים, החברתיים והכלכליים. בעולם פותחו עקרונות למדיניות דיג מקיים (אמנות בין לאומיות וחוקים מקומיים) התעלמות מעקרונות אלו תביא לקריסת ענף הדיג.

כיום ממשק הדיג הקיים בישראל לוקה בחסר, בעיקר בתחום האכיפה אך גם בשל חוסר מדיניות בתחום ופיזור בין רשויות רבות מידי. החוף הישראלי הינו חוף דינאמי המשתנה כל הזמן בעיקר בשל פלישת מינים זרים דרך תעלת סואץ. קיים צורך לבסס ממשק דיג מקיים המתאים לאזורנו.

אפיון פיסי של האגן המזרחי של הים התיכון

הים התיכון הינו ים סגור, המצוי בין היבשות אסיה, אפריקה ואירופה. ים תיכון מתחבר לשני אוקיינוסים. האוקיינוס האטלנטי, באמצעות מיצר גיברלטר – במערב. האוקיינוס ההודי, באמצעות תעלת סואץ (1869) – בדרום מזרח. והן יש לו חיבור לים השחור, באמצעות מיצרי הדרדנלים – במזרח. הים התיכון מאופיין בגלים שאינם גבוהים, מחזורי גאות ושפל חלשים, עקב

החיבור הצר לאוקיינוס ומימדיו הקטנים. בחופים הצפוניים נמצא ים צלול ועמוק, בחופי ישראל ישנו משטר סערות חזקות וערבול גבוה היוצר עכירות. הים התיכון מהווה 0.7% מההידרוספירה, ושטחו מהווה 3% משטח הימים והאוקיינוסים, משתרע על פני שטח של 2.5 מיליון קמ"ר (immrac, 2013).

בשל המאפיינים השונים, נהוג לחלק את הים התיכון לאגן מערבי ואגן מזרחי. אגן מערבי- אקלים קריר יותר (קיץ עד 26 מ"צ ובחורף 11 מ"צ) ומליחות נמוכה (3.5%), מערכת זרימה ממזרי גיברלטר לאורך חופי צפון אפריקה מסביב לקורסיקה והאיים הבלאריים ובחזרה לגיברלטר, המעבר הינו של מים עליונים בלבד אשר עניים בחומרים מזינים. האזור הצפון מזרחי נהנה ממי נהרות שמקורם בהפשרת השלגים מהרי הטאורוס שבטורקיה, מי נהרות אלה מביאים סחף ועשירים בחומרים מזינים, לכן כמות הדגה באזור זה גדולה יחסית (immrac, 2013).

אגן מזרחי- אקלים חם יותר, טמפי' (בקיץ עשויות להגיע ל-31 מ"צ ובחורף לרדת ל- 16 מ"צ) ומליחות גבוהה יותר (מליחות 3.9%). ההתאידות הגבוהה משמעותית מכמות המשקעים והנהרות הנשפכים גורמות לפני הים לרדת ולמליחות לעלות עם ההתקדמות מזרחה. מערכת הזרימה איטית ונגד כיוון השעון לאורך חופי לוב, מצרים, ישראל, לבנון, סוריה, טורקיה ויוון (מים קרירים יחסית ובעלי מליחות נמוכה נדחפים מן האוקיינוס האטלנטי לאורך הים התיכון, מתחממים וממליחים עם התקדמותם מזרחה, שוקעים באזור הלבנט ופונים מערבה עד ליציאתם במיצר גיברלטר. לפיכך הזרם מזרחה הינו זרם מים עליונים, אשר הופך לתחתיים בכיוון מערב). כמעט אין זרמים אנכיים ועקב כך אין ערבוב בין שכבת המים העליונה והתחתונה. החומרים האורגניים שמקורם בתמותת בעלי חיים ימיים וכן מסחף [המגיע מנהרות, תעלת סואץ (לאחר הקמת סכר אסואן בשנת 1971 הסחף שוקע באגם נאצר שמדרום לסכר. בעבר נסחפו הטין והמינרלים במימי הנילוס אל עבר חופי ישראל אשר יצר את רצועת החוף של ישראל מדרום לצפון)], שוקעים לקרקעית, עקב כך נבלמת התפתחות האצות המיקרוסקופיות (ננופלנקטון) המהוות את הבסיס לשרשרת המזון (immrac, 2013). אגן זה עני יותר בדגה.

מזרח הים התיכון עני במיני דגים ילידים (מצב פסי של מזרח הים התיכון, הגירה לספסית שיוצרת תחרות) יחסית למערב הים התיכון (Diamant et al., 1986; Quignard and Tomasisni, 2000). מבדיקה עדכנית של מספר הדגים באגן הלבנט (חלקו המזרחי של הים התיכון) נראה שבלבנט קיימים 342 מינים ילידים ועוד 106 מינים זרים (Goren and Galil, 1997).

הים מול חופי ישראל

הים מול חופי ישראל עני במיוחד בדגה. זאת מכיוון שכמות הגשמים היורדים בארץ קטנה ומרוכזת בעונה קצרה, ולכן כמות המים העשירים בחומרים המזינים הזורמים אל הים היא מועטה. סערות החורף הן גורם מרכזי נוסף לגידול בכמות האצות. הסערה גורמת לגריפת חומרים מזינים מקרקעית הים באזור המדף היבשתי ולכן לאחר שהסערה שוככת, מופיעה פריחה משמעותית של אצות והים מקבל גוון ירוק. כמות הנוטריאנטים המגיעה לאזור פחתה משמעותית עקב בניית סכר אסואן העוצר חלק ניכר של הסחף, ומצמצם מאוד את תרומת מי הנילוס, שבעבר

סיפק עושר חומרי מזון לאזור הלבנט. כמות המשקעים באזורנו אף היא קטנה דבר הגורם לצמצום היקף הזרימה הטבעית של הנחלים אל הים, כל אלו הביאו להפחתה בכמות הנוטריאנטים – צמצום בפריחת האצות המהוות מזון לדגים ומהווים גורם מרכזי לכמות הדלה של הדגה באגן המזרחי (Diamant *et al.*, 1986).

מוצא בעלי החיים המאכלסים את הים התיכון הוא לרוב מן האוקיינוס האטלנטי, אך עם פתיחת תעלת סואץ פלשו לתוכו מינים אינדו-פסיפיים, ובכללם המינים המאכלסים את הים האדום. מאחר ומימיו מלוחים, חמים ועניים בנוטריאנטים ממימי האוקיינוס האטלנטי (והאגן הלבנט) הרי שיש יתרון למינים החיים בים האדום על פני המינים מהמוצא האטלנטי המאכלסים את הים התיכון. מינים אלו הפכו למרכיב מרכזי באקוסיסטמה הים תיכונית ולהם השפעות חמורות על האקולוגיה (מסכנים מינים מקומיים ואנדמיים⁴ רבים). ההשפעות משמעותיות מאוד באגן הלבנט, בו הם מחליפים לא אחת את המינים המקומיים ומהווים סכנה למגוון הביולוגי הים תיכוני. ייתכן והתעלה תורחב בעתיד ובכך תאפשר כניסת מינים נוספים והחמרת המצב (*issg*, 2000).

מאחר והים התיכון סגור כמעט במלואו, נמשך חידוש מימיו כמעט 100 שנה (immrac, 2013). חילוף המים האיטי ומימדיו הקטנים מעלים את פגיעתו להשפעות סביבתיות מגוונות כגון: דיג אינטנסיבי, הרס בתי גידול ושלל נלווה (by-catch) עקב שימוש בשיטות דיג שאינן סלקטיביות, חקלאות ימית, פלישת מינים, זיהום, קידוחי גז ונפט, שיט מסחרי ועוד, אשר יוצרים עומס רב על הסביבה הימית.

בהיותו מוקף ב 19 מדינות ו 46,000 ק"מ חוף, תומכים משאבי הים התיכון, וביניהם הדגה, בכ 150 מיליון תושבים (כמות זו מוכפלת בקיץ עקב תיירות). במרוצות העשורים האחרונים הביאה ההתפתחות הטכנולוגית לדיג יתר ולירידה עקבית במלאי הדגה בעולם בכלל, וברמה המקומית בפרט (immrac, 2013).

כמענה לאתגר זה, ועל רקע הצורך בהסדרת שימושי האוקיינוס בכללם, יזמו גופים בינלאומיים ניסוח אמנות והסכמים בין לאומיים בהם הותקנו אמות מידה ונקבעו קריטריונים לדיג בר קיימא. במקביל הוחל בבחינה מדעית של המערכות האקולוגיות הימיות, ונמצא כי אמצעי הכרחי נוסף החיוני להבטחת האקוסיסטמות והדגה שבהן, הינו הכרזה על אזורים ימיים מוגנים. לדעת המדענים, מומלץ לכלול תחת ההגדרה 20-25% משטח הים, בעוד שבפועל רק כאחוז בודד זוכה להגנה זו (בן אריה, 2010).

מדינות שונות בעולם ובאגן הים התיכון בפרט, מתמודדות עם אתגר זה כל אחת בדרכה ובהתאמה לתנאים המקומיים. זאת בכפוף לאמנות שנחתמו ותוך הפנמת הנורמה המתגבשת לדיג אחראי ובר קיימא.

מצב הדיג בישראל – חשיבות כלכלית, חברתית וסביבתית

⁴ מין הקיים באזור תפוצה מצומצם, לו אפיון אקולוגי וגבולות ברורים: מין המוגבל לאזור גיאוגרפי מסוים ואינו גדל באופן טבעי במקום אחר בעולם. מינים אלו נתונים בסכנת הכחדה גבוהה כאשר מתחולל שינוי אקולוגי באזור.

כמו במרבית מהמערכות הימיות, גם ענף הדיג בים התיכון ניצב בפני אתגרים סביבתיים, כלכליים וחברתיים רבים. כישלון בניהול יעיל של פעילות הדיג על מנת להבטיח שימוש בר קיימא במשאבים, והמשך קיום מערכות אקולוגיות בריאות, מתפקדות ומתחדשות עלול להיות בעל השלכות חמורות לדייגים, לצרכנים וכמובן לסביבה.

הים התיכון מאכלס כ- 17,000 מינים ימיים, המהווים כ- 7% ממיני האורגניזמים הימיים בעולם (Bianchi & Mori, 2000; Collet *et al.*, 2010). כמו כן, זהו אתר התרבות למינים רבים בו נתיבי נדידה מרכזיים לדגים הנוודים, ובית למינים מוגנים. אגן הלבנט מספק בשנה 73,000 טון דגים (כ- 8% מכלל השלל בים התיכון) (FAO, 2012).

הדגים ופירות הים מהווים מרכיב חשוב במערכת האקולוגית הימית של הים התיכון, כמו גם בכלכלה של האוכלוסייה שמסביב לים ומהווים מוקד להתעניינות הציבור ומדענים.

שלל הדיג השנתי הממוצע בישראל בתקופה 2000-2007 היה 2,950 (כ- 4% משלל הלבנט). כיום הדיג החופי מבוסס על צי המונה כ- 500 סירות ואשר מניב שלל שנתי ממוצע של כ-1500 טון. הענף מפרנס כ-700 משפחות באופן ישיר וכ-500 משפחות נוספות באופן עקיף. דיג המכמורת מבוסס על צי של 28 ספינות פעילות המניבות שלל שנתי ממוצע של כ-1500 טון. הענף מפרנס כ-150 משפחות באופן ישיר וכ-150 משפחות באופן עקיף (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012).

לטענתו של דורון שולץ (דוקטורנט וחוקר דיג ספורטיבי וחובבני) (28.1.2013), במקביל לדיג המסחרי, מתקיים דיג חובבני בהיקף של כ- 100,000 כלי שיט. דבר נוסף הינו מחסור בנתונים מדויקים לגבי היקפו המדויק של ענף זה ובכלל ישנו מחסור בנתונים מדויקים בענף הדיג בכללותו.

בעלי החיים הימיים בים התיכון חיים בחברה ימית דינאמית המשתנה כתוצאה משילוב גורמים שונים: אקולוגים-היסטוריים והשפעות אנתרופוגניות, ישירות ועקיפות, כמו התחממות הים, דיג יתר, חדירה של מינים זרים (בעיקר דרך תעלת סואץ), הפקת מחצבים (חול, דלק פוסילי ועוד), שינוי קו החוף (נמלים, מרינות, חופי רחצה ועוד) ובמידה קטנה גם זיהום. שינויים אלו גורמים לכך שחלק ממיני הדגים החיים בים התיכון נמצא בסיכון (Goren & Galil, 1997).

החוף הים תיכוני של ישראל, נמצא בתהליך מתמשך של השתנות הנובע מצירוף גורמים שהעיקרים בהם הם השתלטות הביוטה הים סופית על מזרח הים התיכון, התחממות הים ולחצי דיג. קשה לכמת את חלקו של כל אחד מגורמים אלו, אך ברור שקיים אפקט סינרגי בפעולתם. התוצאה היא השתנות מזרח הים התיכון ובעיקר החופים המזרחיים. חלק ניכר מהביוטה לאורך החופים המזרחיים של הים התיכון מורכבת ממינים זרים, שחלקם דוחק מינים מקומיים וחלקם, כמו מינים צמחוניים, משפיע על מארג המזון וגורם לשינוי מבני בביוטה המקומית. הירידה באוכלוסיית קיפודי הים המתרחשת לאורך חופי מזרח הים התיכון היא כנראה תוצאה של דחיקה על ידי דגי הסיכן הזרים שצורכים בהצלחה את האצות שהן מזונם של קיפודי הים (Goren and Galil, 2002; Goren & Galil, 2005; Goren *et al.*, 2010).

היבט נוסף של הפלישות הביולוגיות הוא התפשטותן של המדוזות הזרות. בנוסף לנזקים הישירים הנגרמים למתקני חוף (תחנות כוח, תחנות התפלה ועוד) ולנזקים לתיירות בקיץ (Galil et al., 2010), לנחילי המדוזות הענקיים השפעה רבה על מארג המזון הימי. בנוסף להיותן טורפות ביצי דגים ושל דגיגים, המדוזות צורכות כמויות גדולות של פלנגטון ומהוות מתחרה משמעותי על מזון לדגיגים ולבעלי חיים אחרים.

פעילות אינטנסיבית זו (של דיג, ולא כלל פעילות האדם כפי שמשמע) של האדם גרמה בשנים האחרונות לפחיתה ניכרת בשלל הדיג לאורך חופשי ישראל (Edelist, 2012). דייגים רבים, מקצועיים וחובבים, מתלוננים בשנים האחרונות על ירידה ניכרת בשלל הדיג ובגודל הדגים. לטענת פרופ' מנחם גורן (ראיון אישי 23.1.2013), כיוון שאין נתונים אמין ומדויקים על הרכב שלל הדיג (כולל שלל נלווה – by catch) קשה לאמוד את היקף הבעיה. דו"ח מבקר המדינה 2009 קבע ש"שלל הדיג ירד בעשור האחרון בישראל ביותר מ-80% והדגים המסחריים קרובים לסכנת הכחדה" (דו"ח מבקר המדינה, 2009). ולראייה, השלל ליחידת מאמץ בתקופה שלאחר 1992 נמוך בכ 30-35% בהשוואה לממוצע הרב שנתי בעשור הקודם (Edelist et al., 2011).

נתוני אגף הדיג מצביעים על ירידה בשלל ליחידת מאמץ בדיג, בעיקר בדיג חופי, בעוד שדיג המכמורת יחסית יציב. הכנסות הדיג החופי יורדות, ובשל עליה במאמץ ליחידת שלל – התמורה נטו לדייגים פוחתת (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012).

השפעה נוספת היא שלל דיג המושלך. בתחילת שנות התשעים מעריכים שהושלכו לים 28.3% מן הביומסה ו-46.7% מן הפריטים הנידוגים במכמורת בישראל. בעונת הקיץ, שהיא עונת הגיוס של רבים ממיני הדגים, אכן נרשמת עלייה באחוזי השלל המושלך הכולל בין היתר פרטים צעירים וקטנים מידי. בנוסף, פרטים רבים מהשלל המושלך (מהגרים לספסים) מהווים אחוז ניכר מהשלל המושלך (Edelist et al., 2011).

מדדים לכך שבישראל יש דיג יתר הם הירידה בשלל הדיג ליחידת מאמץ והירידה בגודל הממוצע של מיני הדגים. בשנים 2008 ו 2009 (Goren et al., 2010) נמצא ששלל הדיג ליחידת מאמץ בארץ היה כשישית מהשלל בתחנות של תורכיה. גודל הדגים הממוצע בארץ היה כחמישית עד עשירית מגודל הדגים הממוצע בתורכיה. כמות הדגים הגדולים בישראל הייתה קטנה מאוד בהשוואה לכמותם בתורכיה. להבדלים אלה יכולים לתרום מספר גורמים, אך בסך הכל הם מעידים על מצב חמור של דיג יתר והעדר ממשק דיג אפקטיבי המתאים לתנאים המיוחדים של האזור.

מיני הדגים המהגרים מתאקלמים היטב לתנאים הקיימים ונראה שהם מהווים חלק ניכר משלל הדיג. מבדיקת יחסי אורך-משקל של כמה מיני דגים בלבנט, נמצאו 43 מינים שעבורם נתגלו ממצאים חדשים למדע (רבים מהמינים האחרים היה כבר ידוע יחס אורך-משקל) עד עתה הדוגמה המקובלת הייתה שדגי מזרח הים התיכון הינם קטנים (בפרט לבני מינם במערב הים התיכון תופעה אשר מכונה – ננסות לבנטינית), נתקלו בעובדה שמספר פרטים של מהגרים לספסים ודגי מים חמים שמידותיהם היו גדולים יותר מכל פרט אחר שנמדד אי פעם מבני מינם (מותאמים באופן טוב לבית הגידול החדש שלהם משום שהטמפי קרה יותר בלבנט מאשר בים

סוף) מינים אלו בעלי חשיבות כלכלית בשל ערך מסחרי גבוה. מחקרים נוספים אשר עוסקים בהגירה הלספסית מראים כי למעלה מ-80% מן הדגים הנידוגים במכמורת כיום אינם מקומיים (Edelist, 2012).

במחקר זה נבחן הדיג בישראל (בעיקר דיג מכמורת) כמקרה של טרגדיה של נחלת הכלל – משאב משותף ופתוח שניהולו המינימאלי אינו מספיק לא לרווחת העוסקים בו ולא לשימורה של מערכת אקולוגית ימית בריאה. ניהול ממשק הדיג כולל בתוכו תחומים שונים הקשורים הן לשיטות הדיג והן לחיים הימיים עצמם ובתוכם המינים הפולשים לכן זהו חלק בלתי נפרד מניהול הדיג (Edelist, 2012). ישנם מגוון כלי ניהול העומדים לרשות מנהלי הדיג בישראל וישנם המלצות על דרכי פעולה.

לפי גורן (ראיון אישי, 23.1.2013) יש להדגיש כי החוף הישראלי נמצא בתהליך של השתנות. משקלם של קבוצות החי השונות משתנה וכמוהו כל מארג המזון. לפיכך, יש צורך לפתח תכנית ממשק ייחודית המתאימה לתנאי המקום ואין טעם להעתיק תכניות ממשק ממקומות אחרים ששם המטרה היא להגיע לשיווי משקל יציב. תוכנית ממשק שתתאים לתנאי הארץ צריכה להניח מצב מתמיד של השתנות ודרגה גבוהה של אי ודאות. לכן הגדרת המצב הרצוי (מטרת הממשק) חייבת להיות ייחודית והתכנית חייבת להיות מבוססת על מערכת יעילה של ניטור תכוף ואמין, ניתוח נתונים, הסקת מסקנות, התאמות ממשק ויישום מהירים ותכופים.

ניהול דיג בישראל: חקיקה, תקנות, מיסים, הגבלות

הנעשה היום באגף הדיג

חקיקה

החוק הישראלי מקורו בפקודת הדיג (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012) מתקופת המנדט אשר תורגמה לעברית (1937). חוק זה הינו ארכאי במהותו, ונותר כזה למורות שנוספו לו עדכונים במהלך השנים. החוק לא מייצג את מדיניות הדיג בת קיימא של ימינו, חסרה בפקודה התאמה והתייחסות למינים מוגנים (ומינים חדשים שנתגלו) לפיכך היא סותרת את החוק להגנת חיות הבר:

"החוק להגנת חיות הבר מגן מפני ציד וסחר לא חוקי של "חיית בר" ("יונק, זוחל או דו חיים, או תולדה שלו, שמקורו בשטח המדינה או מחוצה לו, שאין טבעו לחיות במחיצתו של אדם"). החוק אינו עוסק בדיגים. דיג עוסק בלכידת בע"ח שלא מתוך כוונה תחילה כיונקים ימיים, עופות וזוחלים הנכללים בחוק. חרף נקיטת אמצעים שונים למיגור והפחתת התופעה, אין היא בטלה לחלוטין. הלכידה הבלתי מכוונת ובעקבותיה הפגיעה בבע"ח הללו מהווה הפרת החוק. פקודת הדיג על תקנותיה לא מספקת מענה לנושא." (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012).

והחוק לגנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה :

"החוק אכזרזת גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה (ערכי טבע מוגנים), עניינו קביעת המינים המוגנים והגנתם, בהם מיני צומח, חי (חסרי חוליות וחולייתנים) ודומם. מבין מיני החי מעניין לבחון את: מערכת הסרטנאים (סומא – הסרטן העיוור), חולייתנים – מחלקת דגי סחוס (סדרת

הכרישאים) ומחלקת הדו חיים, זוחלים, עופות ויונקים. תקנות הדיג, 1937 מגינות על שני מיני בעלי חיים, והם הסרטן העיוור וצב הים. אלו הם שני המקרים היחידים לגביהם יש קוהרנטיות עם חוק ערכי טבע מוגנים. החוק מגן על סדרות הכרישאים והבטאים הכלולים במחלקת דגי הסחוס. דגי הסחוס למעט המצוינים, מותר. אך דגי הסחוס נזכרים בטבלת שמות הדגים המסחריים בישראל (כרישים, לדוגמה, נדגים בישראל). דיג מיני סדרות אלו מהווה אף הוא סתירה בין החוקים. בפקודת הדיג על תקנותיה חסרה התייחסות לנושא ה by-catch". (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012).

היות ושלל נלווה (by-catch) הינו חלק ממציאות הדיג – הופכים דייגים שומרי חוק לעבריינים בעל כורחם. יש צורך להתאים אותו להלך הרוח הקיים כיום, יש להטמיע בו את ממצאי המחקרים האחרונים והמעודכנים ביותר והן לחדש את היבטיו הטכניים כדי שיענו על צורכי התקופה (בן אריה, 2010).

במסגרת תוכנית העבודה של משרד החקלאות לשנת 2008 (Knesset, 2007) נפרשו יעדי המשרד לשנת העבודה, ובהם ההיבט התחיקתי. וכך נכתב: "פקודת הדיג: חקיקת חוק להסדרת פעילות הדיג על פי ממשק מקצועי במטרה לשמור על משאב הדגה." טרם עודכנה החקיקה, הרי שניתן ללמוד כי משרד החקלאות מכיר בבעייתיות הקיימת ובצורך בקידום העניין. חקיקה מודרנית, המגלמת בתוכה ידע מקצועי עדכני לצורך ניהול דיג באופן שיאפשר שימור המשאב. החקיקה לא נמנתה על יעדי המשרד לשנת 2009, אך יש לקוות כי תעודכן בעקבות השאיפה להתאים את העשייה במשרד לדרישות ה-OECD (OECD, Fisheries).

אכיפה (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012):

- מועסקים 5 פקחים אשר אחראיים על הפיקוח, המספר המצומצם מקשה על אכיפה יעילה.
- מציאת עבריינים הפועלים ללא רישיון כלל – ביצוע מעל 500 סיורים ורישום מעל 200 דו"חות מתחילת 2010, הגשת עשרות תיקים לבית משפט וקבלת פסקי דין מרתיעים (חלק מהדו"חות הם פועל יוצא של קריאות אזרחים, שחלקם מיאנו להעיד לכן ישנם תיקים שנגרו ללא הרשעה).
- הסדרת כנסות נגד עברייני דיג, מיגור דיג באזורים מזוהמים, החרמת ציוד והשמדת שלל.
- רכישת סירות פיקוח שיפעלו בים התיכון בגזרות שונות למיגור תופעת העבריינות.
- פעילות בשיתוף רשות הטבע והגנים - ביצוע מבצעים בשמורות טבע ושטחים פתוחים נגד עברייני דיג בכלל ובעיקר עברייני דיג בצלילה (איום בבג"צ ע"י מועדוני צלילה).
- הפעלת יחידת הפיצו"ח (פיקוח צומח וחי) וגיוס מחלקות נוספות – 12 פקחים עוסקים בפיקוח ואכיפה.
- בדיקת אפשרות הפעלת מזל"ט לצורך סיוע בתיעוד עבירות.

נוהל תמיכה לענף הדיג 2011 (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012):

אגף הדיג פועל לניהול ממשק דיג בר קיימא לצורך השגת המטרות הבאות:

- שמירה על הדגה כמשאב לאומי, המתחדש משנה לשנה ולדורות הבאים.

- ניצול המשאב בצורה מיטבית, כך שהצרכנים יוכלו ליהנות מדגים טריים ואיכותיים שמקורם בים התיכון, בכנת ובמפרץ אילת.
- במסגרת מדיניות ממשק הדיג שמנהל האגף לדיג, הוטלו מגבלות על מספר העוסקים בדיג בכל הנעשים ועל כושר הדיג של הספינות.
- בים התיכון, בכנת ובמפרץ אילת החליט משרד החקלאות לתמוך בקיום ופיתוח הדיג הימי, על מנת לבצע ניצול בר קיימא של משאב הדגה הנמצא מול חופי הארץ.

משרד החקלאות מכיר בענף הדגים כמחליף ופועל לתמיכה לסייע לענף. לצורך ניהול ממשק דיג תקין, מוגבל גודלו של צי ספינות המכמורת החל מ-1990, וגודלו של צי הדיג כולו הוקפא משנת 1995. הפעלת סירות דיג וספינות מכמורת בפרט, לצורך פעילות דיג בלב ים, טומנת בחובה הוצאות רבות. הספינות מצוידות במערכות רבות שעלות אחזקתן גבוהה.

כדי לאפשר לצי הדיג, המוגבל בגודלו, לנצל את משאב הדגה כראוי ולספק לאזרחי ישראל תוצרת של דגי ים טריים ואיכותיים באופן שוטף, החליט המשרד לתמוך בהוצאות הכרוכות באחזקת מערכות השיט והדיג של סירות וספינות הדיג.

במסגרת נוהל זה, חולק ענף הדיג הימי לשני תתי-ענפים:

1. ענף הדיג החופי וענף דיג ההקפה.

2. ענף דיג המכמורת.

ענף הדיג החופי, מורכב מכלי שיט קטנים, מערכות הספינה פשוטות יותר והדיג בעיקרו מנוהל בשיטות דיג מסורתיות בהן הוצאות האחזקה קטנות יחסית.

ענף דיג הטונה הנו חלק מענף הדיג החופי, המשתמש במערכות מתוחכמות יותר כוונות הידראוליות או חשמליות לצורך פרישת ציוד הדיג, זהו ענף אשר מתפתח בשנים האחרונות והפוטנציאל שלו אינו ממוצה עדיין. ענף דיג ההקפה, מתבסס ל כלי שיט גדולים יותר ומערכות מתקדמות יותר ואפשרויות לפיתוח. ענף דיג המכמורת הנו ענף דיג מתקדם, ובו הוצאות האחזקה, גבוהות מאוד, הוא מורכב מכלי שיט גדולים, המצוידים במערכות רבות ובציוד יקר ורב.

מטרות התמיכה:

1. עידוד שימוש בטכנולוגיות המסייעות בשמירת משאבי הדגה.
2. אספקה שוטפת של דגי ים טריים לשוק המקומי.
3. עידוד הענף לשדרוג ולעבודה בשיטות מתקדמות ויעילות.
4. עידוד בפיתוח שדות דיג חדשים ושימוש בשיטות דיג סלקטיביות.
5. הפעלת כלי שיט בטיחותיים, המצוידים בציוד דיג מתקדם ובמיטב הטכנולוגיה לאיתור דגים ולניווט בים.
6. מעבר לשימוש במנועים חוסכי דלק, המיטיבים גם עם איכות הסביבה.

היקף התקציב שיעמוד לצורך תמיכה בענף הדיג הימי הנו 300,000 ₪ לשנת 2011. 10% מהתקציב ישמרו לצורך אספנת חירום (הוצאת כלי שיט מהים לצורך תיקון). גובה התמיכה יהיה מענק בהיקף 30% מגובה התמיכה המאושרת. הדייגים הם אלו המגישים את הבקשה (צרכים לענות על קריטריונים מסוימים) לתמיכה לאגף הדיג המעביר בקשה זו למנהלת ההשקעות הפועלת כוועדה לתמיכות מנהליות.

משרד החקלאות (או מי מטעמו) יהיה ראשי לערוך ביקורת בכל עת על מנת לבדוק שאכן הנתונים שנמסרים לו אמינים.

מחקרים :

שטחים לשימור ושיקום – הגדרת שטחים לצורך שימור ושיקום נהוגה בעולם, והיא חיונית לשמירת המגוון הביולוגי, חידוש מלאי הדגה ושיקום בתי גידול. חשיבות גבוהה נועדת לים התיכון, עבורו עמלים ארגונים סביבתיים כ Greenpeace לצורך הכרזה על שמורות טבע באתרים המשמעותיים. כרגע שמורות הטבע הימיות לא מספקות את המענה הנדרש (רשות הטבע והגנים, 2012).

שטחים לשימור ושיקום – דיג מכמורת (נחשבת לשיטה שאינה ידידותית לסביבה ופוגעת בבתי גידול ובעלת אחוז by-catch גבוה), לדוגמה, נהוג בעולם, אך במקביל נערכת סגירה זמנית של שטחים לדיג לצורך שיקום, ופתיחת אחרים במקומם. רטיג פועלת ליצירת שטחים ימיים סגורים (קבועים או זמניים וניידים). שטחים צבאיים בים אפשר שיהיו (רק) חלק משטחים אלה (רשות הטבע והגנים, 2012).

מקורות המידע בארץ- בארץ חסרים סקרים וניטור, המידע הקיים בארץ מקורו באגף הדיג, ומבוסס ככמות שלל הדגים שנדוגו (שלל הדיג). בעת התייחסות לשלל כמקור מידע, יש לזכור כי אף שהוא עשוי להוות אינדיקציה למצב הדגה, הוא מבטא את מאמץ הדיג (בן אריה, 2010). כמו כן, שלל הוא ממצא נקודתי וכן מהווה פונקציה גם של שיטת הדיג ומיני המטרה. כך למשל שלל רב עשוי להצביע על מצב אוכלוסיית הדגים, אך יתכן והוא מייצג דווקא יעילות דיג גבוהה יותר (שיטות חדישות או מספר כלי שיט גבוה יותר שדגו באותה התקופה).

סקרי דגה וניטור לא נערכים באופן סדיר בארץ (רשות הטבע והגנים, 2012), ולכן מדיניות האגף נעדרת את בסיס הנתונים האלמנטרי הנחוץ, ונקבעת על סמך הערכות מקורבות. יש לערוך אבחנה בין סקרי דגה הבודקים את ממצאי הדגה בים ומהווים אופרציה מורכבת ויקרה, לבין בחינת נתוני שלל הדיג, המכונים אף הם סקרי דגה (רשות הטבע והגנים, 2012).

מתחילת שנות ה-90 המדינה לא נתנה תקציבים של ממש לאיסוף נתוני שלל, אך מגמה זו השתנתה לאחרונה ואגף הדיג משקיע משאבים בנושא, כך שיתכן ומשנת 2008 ישתפר מצב איסוף הנתונים (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012). ניתן לבדוק נתוני שלל בשני נתונים: האחד, ועליו מושם הדגש התקציבי, הוא בחינת השלל אותו פורקים הדייגים בפועל, ואילו השני מצריך בחינה יזומה אקטיבית, הצטרפות לספינות דיג (לרב מכמורת) להפלגה בת מספר ימים וניתוח השלל: מיני הדגים, אורכם, ושלל הלוואי (by-catch) (רשות הטבע והגנים, 2012).

אחד הכלים הכלכליים בארגון ה-GFCM הוא מימון סקרי דגה למדינות מתפתחות (ישראל נחשבת לכזו). אם זאת, בשונה מתורכיה, יוון או איטליה להן ציים מפותחים, בישראל הניטור פשוט יחסית ולכן איכות הנתונים המתקבלת סבירה (רשות הטבע והגנים, 2012).

נערך מחקר בשיתוף רשות הטבע והגנים ומגובשות המלצות הנגזרות ממנו. מטרת המחקר הייתה לבחון האם שטחים ימיים מוגנים עשויים לשמש כלי לניהול ממש דיג בים התיכון ואישוש הדגה המצויה בו. לרשות שמורות הטבע מספר שמורות ימיות צרות מאוד לאורך חוף הים התיכון. הועלתה האפשרות ליצור שלושה שטחים ימיים מוגנים גדולים יותר – בצפון, במרכז ובדרום הארץ, בעלי רוחב של כחמישה ק"מ אל תוך הים. המחקר בחן שטח ביקורת נעדר פעילות דיג (האזור הסגור של השייטת) למול שטח סמוך עם פעילות דיג סדירה. נתגלה הבדל ניכר במגוון המינים, בביומסה ובגודל הפרטים. תוצאות אלו מצביעות על כך ששטחים אלו יש ביכולתם להיות כלי לממשק דיג ואישוש אוכלוסיית הדגה (בבחינת אזור התרבות, שגשוג ומקלט לדגה), כאשר מיקום השטחים הסופי יקבע ע"פ פרמטרים מדעיים (רשות הטבע והגנים, 2012).

לאגף הדיג יש אחראי לניהול סקרי דגה, בעיקר בים התיכון, אוספים נתוני שלל דיג מפריקה על הרציף ובחינת השלל בים, כך ניתן לראות את התפלגות מגוון המינים שנידונו וגודלם (חלקם מושלכים חזרה לים). איסוף הנתונים יאפשר יצירת תמונה עדכנית לדינאמיקת אוכלוסיית הדגים והקשר בין המאמץ לשלל, ויהווה בסיס לניהול ממשק הדיג. סקרי הדגה מבוססים על השלל שנתפס ולא ישירות מהמצאי בים. הבנת המצב בפועל של מלאי הדגה מושג באמצעות שימוש במודלים, לרב מתמטיים, המגלמים בתוכם את כל הפרמטרים הנדרשים – מאמץ דיג, שיטות, כמות השלל ועוד (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012).

בעיית שלל נלווה (By-catch)

לפי הערכה, By-catch של דולפינים נאמד ב 4-6 פעמים בשנה, בעיקר ברשתות מכמורת אך גם ברשתות עמידה עם עין גדולה. מבחינת הדיג זה אחוז נמוך, אך לגבי הדולפינים הוא משמעותי משום שאוכלוסייתם קטנה. לווייתנים קיימים באזורנו, אך הם נדירים. הלווייתנים נתפסו בעבר גם ברשתות עמידה. היקף השלל הנלווה של העופות זניח. לרוב הם צוללים לתפוס דגים שנלכדו במערך חכות צף הסמוך לפני הים, אך מחד, שיטה זו לא נפוצה בישראל, ומאידך, אין פה אלבטרוסים (שחפים ויסעורים כמעט ולא נלכדים) (Edelist, 2012).

קיימים שני אמצעים להתמודד עם התופעה – ושניהם לא מיושמים בארץ:

1. הרחקת דולפינים ע"י שימוש ב Pinger (מכשיר המשמיע קול צורם). בפועל התברר שהדולפינים מסתגלים ומגיעים בכל זאת מפני שהם מבינים שמדובר במקור מזון – רשת עם שלל דגים. לפיכך, שכללו את השיטה, והמכשיר משמיע קול רק כשהוא מזהה דולפין שכתגובה נבהל. אחוזי ההצלחה של שיטה זו לא מספקים (Edelist, 2012).

2. התקנת Grill⁵ ברשתות מכמורת. לרשתות אלו מפתח גדול והן אוספות ללא סלקטיביות כל מה שעובר בדרכן. בסוף הרשת יש מעין שק בו נאספים הדגים – grill מותקן לפני השק ומאפשר מילוט בע"ח גדולים כלווייתנים, דולפינים, כרישים וצבי ים. הדייגים מתנגדים לאמצעי זה בשל חשש להפחתה בשלל הדיג עם מילוט דגים גדולים, יש צורך באכיפה משמעותית לביצוע שיטה זו (Edelist, 2012).

מדיניות דיג בישראל – תהליך גיבוש מדיניות (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012; פרופ' מנחם גורן ראיון אישי, 23.1.2013):

פיצוי סביבתי – הטמעה של עקרונות לפיצוי סביבתי עקב פעולות פיתוח הפוגעות בדיג.

רגולציה על גודל דגים – קביעת גודל דגים המותרים בדיג כחלק מביסוס ממשק הדיג (על פי מחקרים שיעשו ויקבעו גודל מותר). חילוף דגיגים מרשתות מכמורת, התקנת עיניים רבועות ובגודל מותאם כך שדגיגים קטנים יכלו להיחלף מתפיסתם (דגים אלא אינם בגודל כלכלי וטרם הגיעו לבגרות וליכולתם להעמיד צאצאים). סלקטיביות בדיג מכמורת, שימוש בהתקנים בתוך רשתות הדיג לחילוף והוצאת שלל נלווה.

רגולציה על גודל צי – זהו אחד הכלים לממשק דיג מקיים, הפחתת מספר הספינות והדייגים הפעילים על מנת לאפשר אישוש אוכלוסיות דגים וסלקטיביות פחותה. ישנו ניסיון לצמצם את דיג המכמורת (דיג קרקע) הפוגעני ולפתח את הדיג ההיקפי (דיג בגוף המים) שאינו פוגעני ולו פוטנציאל רב.

רגולציה בעזרת מכסות – בישראל אין רגולציה של שימוש במכסות (פר דייג/ענף דיג/מין מטרה), ואף בים התיכון אין משתמשים בשיטה זו. הסיבה לכך נעוצה בעובדה שכלי זה מתאים לענפי דיג הדגים מספר מצומצם של מינים, בארץ שיטות הדיג לוכדות מספר רב של מינים (במכמורת – השלל מונה כ-30 מיני דגים). ההנחה היא שהשימוש בשטחים ימיים מוגנים יאפשר לאוכלוסיות הדגה להתאושש וכך גם לא יהיה צורך במכסות.

רגולציה על ידי השבתת צי לפי עונות – השבתת הדיג בעונות מסוימות נועדה להגן על דור ההורים או הצאצאים. בעונת הרבייה במשך כחודש חל איסור דיג צוללנים (ישנם 1 צוללנים מקצועיים שזו פרנסתם המסורתית, והם קיבלו אישור מיוחד לחריגה מתקנה זו). השבתת צי המכמורת לתקופה של כשלושה חודשים נועדה להגן על הצאצאים, לאפשר לדגים לגדול ולהתפזר באזור, רוב הדגים נידוגים בשלב מוקדם שלא מאפשר אישוש אוכלוסייה.

הפניית חלק ממאמץ הדיג החופי לשטחי דיג עמוקים – נערכים ניסיונות לאיתור שטחי דיג עמוקים והפניית חלק ממאמץ הדיג אליהם כדי לאפשר התאוששות של שטחי המים הרדודים.

⁵ מתקן המורכב מסורגים ומותקן ברשתות מכמורת, ומיועד למנוע by-catch של צבי ים, כלבי ים, דולפינים, לווייתנים ועוד.

הסבת חלק מפעילות הדיג המסחרית לפעילות ספורטיבית תחרותית- דיג חובבים הופך למבוקש יותר, והאגף פועל על מנת לאפשר לדייגים לעסוק בדיג תחרותי וכך להתפרנס ולצמצם את מאמץ הדיג.

שוניות מלאכותיות- שוניות מלאכותיות נועדו ליצור נישות אקולוגיות המאפשרות הגדלת אוכלוסיות המינים השונים. קיים ויכוח בקהילה המדעית בו אחת הגישות גורסת כי חל גידול בביומסה, ואילו לפי השנייה השוניות המלאכותיות יוצרות אגרגציה של בע"ח קיימים. זהו פרויקט המחייב השקעת משאבים גדולה, וטרם נמצא מקור למימונו. בארץ השוניות תשמשנה להגדלת הביומסה לצורך אישוש האוכלוסייה בתוך השטחים הימיים המוגנים ולא לדיג.

מטעם משרד החקלאות מסתמן כי ישנו ניסיון לגבש מדיניות לדיג בר קיימא (משרד החקלאות אגף הדיג, 2012), אך בפועל מטעם חוקרים שונים בתחום הימי ובחום הדיג נראה שהמצב לא מסביר פנים וישנה עוד דרך ארוכה עד שנגיע למטרה (מנחם גורן ראיון אישי, 23.1.2013). כיום השיטה המסחרית הרווחת הינה מכמורת, המדינה מסבסדת דלקים לכלי שיט אלו ולכן נראה כי אינה פועלת לצמצום הפעילות הפוגענית, מנגד ישנה פעילות ענפה של כלי שיט אחרים שאינם פועלים לדיג מסחרי אך להם פוטנציאל כלכלי גדול, והם אינם פוגעים בבתי הגידול של הדגה, אך אין עליהם מידע מספק ונראה כי אין סדר באגף הדיג והממשק אינו מנוהל (מנחם גורן ראיון אישי, 23.1.2013).

סיכום - ממשק הדיג בישראל

פיתוח בר קיימא ובכלל זה גם מדיניות דיג ברוח זו, מחייב איזון בין האינטרס הסביבתי, הכלכלי והחברתי, תוך מחויבות לאפשר את המשך ניצול המשאבים גם לדורות הבאים. בראיה זו פותחו בעולם עקרונות למדיניות דיג בר קיימא, שהוטמעו באמנות הבינלאומיות ובחוקים המקומיים. עליהם נמנים עזרים פשוטים, פרמטרים שיש להתייחס אליהם בעת גיבוש המדיניות, לדוגמא: מכסות דיג, תקופות האסורות בדיג, גודל מינימלי המותר בדיג, אזורים האסורים בדיג, ניטור, פיקוח ואכיפה. התעלמות מהם עלולה לגרום לניצול יתר והידלדלות או חיסול המשאב כליל, וענף הדיג אתו. דומה כי ממשק הדיג הישראלי הקיים כרגע לוקה בחסר בנושא זה – הגבלות חלקיות ברישיונות והיקף מצומצם. כמו כן, גם כאשר ישנם כללים ברורים, לא אחת האכיפה לוקה בחסר.

רבים כמו, אגף הדיג, מדענים, דייגים צרכנים ומקבלי החלטות, מודאגים מעתיד הענף בשל חקיקה ארכאית, היקף עבריינות דיג גבוה והיעדר אכיפה יעילה ומספקת, ובמיוחד עקב הידלדלות עקבית של אוכלוסיית הדגים. יש צורך הולך וגובר להגביר את אכיפת החוקים והענישה. לפתח תשתית חוקית עדכנית בת ימינו העונה להגדרת מדינות דיג בת קיימא כנהוג במדינות מתוקנות. להשתמש במידע מחקרי ומדעי קיים – כל זאת למען שימור משאב הדגה ואפשרות להמשך ניצולו גם בדורות הבאים.

יש צורך בהסדרת שימושי הים ובכך לחלק סמכויות למשרדי ממשלה ורשויות הנוגעות בדבר (כיום הסמכויות מפוזרות בין משרדים רבים מידי, מצב המקשה על ניהול נכון ויעיל של ממשק הדיג). הצורך לניהול יעיל עולה שוב כאשר בעתיד ישראל תכריז על האזור הימי הכלכלי (EEZ)

הכרזה זו תאפשר למדינה לנצל את משאבי הטבע הקיימים באזור בהם נכללת הדגה, אך ניצול זה יחייב ניהול בר קיימא (האו"ם מעודד מדינות להכריז על אזורים אלו כדי שינוהלו).

שאלת המחקר

ניהול דיג מקיים בישראל- מידת יישום כלים לניהול דיג מקיים. המחקר יבחן באיזו מידה ניהול הדיג בישראל הינו ניהול דיג מקיים. המחקר יסקור את מדיניות ניהול הדיג הקיימת בישראל, את מידת התאמת מדיניות ניהול הדיג הקיימת למאפייניה הפיסיים והמבניים של ישראל, ויבחן את אפשרות יישום של כלים שונים לניהול דיג מקיים ואת מידת התאמתם למאפייניה של ישראל.

השערת המחקר

השערת המחקר היא שניהול הדיג בישראל איננו ניהול דיג מקיים, ואיננו מותאם למאפייניה הפיסיים והמבניים. מסקירת הספרות עולה כי ניהול הדיג שמיושם כיום בישראל איננו ניהול דיג מקיים. השערת המחקר היא כי על ידי בחינה לעומק של מאפייניה הפיסיים המבניים של ישראל יתאפשר יישום טוב יותר של ניהול דיג מקיים.

מטרות המחקר

- יצירת תמונת מצב מפורטת ועדכנית באשר למצב הדגה וניהול הדיג בישראל
- יצירת מאגר כלי ניהול דיג מקיים
- בחינת התאמת יישום כלי ניהול הדיג המקיים בישראל
- גיבוש המלצות לאופן יישום כלי ניהול דיג מקיים בישראל

מטרת המחקר היא בראש ובראשונה היכרות עם מאפייני הסביבה הימית בישראל ומאפייני הגופים להם יש נגיעה לדיג. במקביל, מטרה נוספת של המחקר הינה זיהוי של מגוון כלים לניהול דיג מקיים, כפי שבאים לידי ביטוי ביישום במדינות אחרות. זאת, במטרה לבחון את מגוון כלי ניהול הדיג המקיים המיושמים כיום בעולם, ולבחון את נסיבות והצלחת יישום ואת מידת התאמת יישומם בישראל.

שיטות המחקר

- סקירת ספרות עדכנית וראיונות עומק עם בעלי תפקידים ואיסוף מידע מהרשויות באשר להיקף וניהול הדיג בישראל

- סקירת ספרות ובחינה לעומק של מקרי בוחן במדינות המיישמות כלים לניהול דיג מקיים
- סקירת מקרי הבוחן לאיתור וזיהוי של מקרים בהם קיימים מאפיינים הדומים למאפיינים הקיימים בישראל.
- ניתוח מצב ניהול הדיג בישראל ובחינת מידת התאמת יישומם בישראל של כלי ניהול הדיג המקיים שנמצאו, תוך התאמה למאפייניה כפי שעולים מסקירת הספרות.

שיטות המחקר להשגת מידע עדכני לגבי ניהול הדיג בישראל הן בעיקרן ראיונות עומק עם בעלי תפקידים ואיסוף מידע מהרשויות להן יש נגיעה לתחום הדיג, כמו גם שימוש בספרות המחקרית הקיימת. זיהוי מגוון כלי ניהול הדיג המקיים נעשה על ידי בחינה של מקרי בוחן מרחבי העולם, תוך בחינת מאפייני מצב הדיג באותן המדינות וזיהוי מקרים בהם המאפיינים דומים לאלו של ישראל. לבסוף, תבחן מידת ייתכנות יישומם של כלי ניהול דיג מקיים בישראל, תוך התאמת כלי ניהול הדיג המקיים למאפייני הדיג בישראל.

חשיבות המחקר

חשיבות המחקר הינה בכך שהוא אוסף ומציג מידע עדכני על ניהול הדיג בישראל, ויוצר תמונת מצב מורכבת ועדכנית על מצב הדיג בישראל. המחקר משלב מידע מחקרי ומידע מהרשויות להן יש נגיעה לתחום הדיג. תמונת המצב שנוצרת מאפשרת לזהות אתגרים מרכזיים בפניהם עומד ענף הדיג הישראלי. בנוסף, היכרות עם מאפייני ענף הדיג בישראל מאפשרת זיהוי תנאים שיאפשרו יישום כשל כלי ניהול דיג מקיים וזיהוי נקודות חוזק. הדבר יאפשר התאמה של כלי ניהול הדיג המקיים למאפייני ישראל ומתן המלצות ליישום. לסיכום, חשיבות המחקר היא בהמלצות ליישום כלי ניהול דיג מקיים שהוא נותן, המבוססות על מצב הדיג העדכני.

דיון

כאשר עוסקים ניהול ממשק דיג בר קיימא בישראל, עולות מספר שאלות שעלינו להתייחס אליהן כאשר מציעים ממשק לניהול דיג מקיים:

- מי הם בעלי העניין והשחקנים המושפעים?
- למי מכוון ממשק הדיג?
- מהי המטרה של ממשק הדיג?

התשובות לשאלות אלה חשובות ביותר, שכן כל אחת משאלות אלו יכולה ליצור ממשק דיג שונה או שניתן ליצור ממשק לניהול דיג כולל ובו דגשים על מטרות שונות.

המלצות ליישום בישראל

לאור ההתפתחויות בניהול דיג מקיים ברמה העולמית, ותופעת דיג היתר שבאה לידי ביטוי בישראל, יש צורך בעדכון החקיקה הישנה הקיימת. על החקיקה החדשה להיות בעלת ראייה

הוליסטית יותר, ותביא בחשבון בנוסף להיבטים הכלכליים גם היבטים סביבתיים וחברתיים, ולראות את החשיבות בשימור המערכת האקולוגית כולה, ולא רק שימור מינים המסחריים.

מכיוון שעיקר הדיג המסחרי בישראל מתבצע על ידי מכמורת נים (Edelist, 2012), יש חשיבות לפעול להפחתת ההשפעות הסביבתיות של המכמורתנים, כפי שהן תוארו בפרקים הקודמים. ניתן ליישם כלים לניהול דיג המכמורת, כפי שהם יושמו במקומות אחרים בעולם. ישנם מספר כלי ניהול אותם מחקר זה ממליץ ליישם:

1. הגדלת הסלקטיביות של הרשתות: כלי קל לאכיפה וזול ליישום, העשוי להביא לעליה בערך השלל דרך הגברת שרידות פרטים צעירים, אך עלול להביא לסלקציה הפוכה דרך שרידות של הפרטים הקטנים באוכלוסיה.
2. סגר על הדיג בעונת הרבייה של הדגים באביב/קיץ, כפי שנהוג בכל שאר מדינות הים התיכון: אמצעי קל מאוד לאכיפה שנמצא בלב הקונצנזוס והנו בעל פוטנציאל גבוה לסייע לשיקום משאבי הדגה, אך יצריך בשנים הראשונות פיצויי לדייגים.
3. צמצום הצי ע"י רכישת רישיונות וגריטת ספינות: גם אמצעי זה קל לאכיפה, אך יקר לביצוע. בנוסף נדרש תחילה צמצום חלקו הלא פעיל של הצי.
4. הכרזה על שמורות ימיות כאזורים מוגנים מדיג: אמצעי יקר ומסובך מידי לאכיפה, בעיקר עם נכללות בו גם שיטות הדיג האחרות, אך מבטיח הגנה הן על בית הגידול הקרקעי והן על משאב הדגה.
5. הגדלת העומק המינימאלי לדיג מכמורת: שיקולי הרווח והאכיפה דומים לאלו של שמורות ימיות, אך בפריסה גיאוגרפית וסקטוריאלית שונה (החלה על דיג מכמורת בלבד).
6. מעבר לדיג מכמורת במים עליונים: יספק הגנה על בית הגידול הקרקעי וינצל אוכלוסיות בריאות יותר של דגים, אך יחייב פיתוח שוק לדגי מים עליונים, שכמעט ואינם קיים בישראל.

כלים אלו מוכרים כבר לבעלי האינטרסים, הגופים המומחים והממונים על הדיג בעולם (OECD, EU, GFCM, FAO ועוד) ממליצים על שימוש בגישה הזהירה לניהול אזורי דיג, במקרים בהם מחסור במידע מונע ומעכב את הניהול יש לצמצם את מאמץ הדיג לרמות בטוחות (בן אריה, 2010). לכן ההמלצה היא כצעד ראשון ודחוף, על השבתת דיג המכמורת בעונת האביב (ו/או הגדלת הסלקטיביות של הרשתות) ככלי לאישוש משאב הדגה, ועל ייסוד שמורות טבע ימיות ככלי משלים להגנה קבועה על בית הגידול (Edelist, 2012). מצבו הקשה של הדיג מצדיק בהחלט יישום מיידי של האמצעים, ומאחר וקווי הבסיס הרבים שהובאו מספקים בהחלט על מנת לבחון את יעילותם של האמצעים שייבחרו, נטיב לעשות אם נניח למדע לפעול בתנאים המיטביים לניסוי מעין זה – כאשר השלב הבא יהיה שינוי הפרמטרים, כלומר יישום הכלים, ובדיקת השפעתם על המערכת הימית ושלל הדיג.

מומלץ לבחון ולאמץ עקרונות לניהול דיג מקיים, כפי שהם באים לידי ביטוי באמנות קיימות ובחקיקה. חוק פקודת הדיג הינו חוק מיושן, ולמרות שנוספו לו עם השנים עדכונים (בן אריה,

2010), עדיין איננו מתקדם כמו חוקים אחרים לניהול דיג מקיים. סקירה של אמנות בינלאומיות ואימוץ ויישום של עקרונות לניהול דיג מקיים בחוק הישראלי ביכולתם להביא לשיפור במצב הקיים. בעוד החוק הישראלי עוסק בעיקר בניהול משאב הדגה, יש מקום להוספת התייחסות בו לראייה הוליסטית יותר הכוללת גם את בריאות המערכת הימית כולה כמו גם היבטים סביבתיים וחברתיים (Shelton & Sinclair, 2008).

שיתופי פעולה בין-אזוריים של ניהול הדיג יכולים להביא לשיפור במצב הדגה ולהשתקמות טובה יותר שלה. כיום, ניהול הדיג בישראל נעשה באופן מקומי בלבד. יש מקום לבחינה של שיתופי פעולה בין-אזוריים למטרת שיתוף מידע ולשיח משותף באשר לדרכי פעולה משותפות. שיתוף פעולה שכזה יאפשר הבנה רחבה יותר של מצב הדגה באזור, ויאפשר למידה מניסיון מדינות שכנות, ויאפשר שיתוף וקבלת רעיונות באשר לאופן יישומם של כלי ניהול דיג מקיים.

מתוך דבריו של פרופ' מנחם גורן (ראיון אישי, 23.1.2013) והדוקטורנט דורון שולץ (28.1.2013) עלה כי לדיג חובבני וספורטיבי משקל הולך וגדל ולכן יש לשקול למי להפנות את הממשק ולאיוז מטרה. החוקרים העלו את השאלה האם ראוי לאפשר למספר מצומצם של בעלי מכמורת ניס לדוג, לעומת ייעודו של הדיג לדיג חובבנים, ולאפשר בכך לדייגים רבים יותר ליהנות ממנו. החוקרים העריכו את מספר הדייגים החובבנים בכ-100,000 דייגים. זאת, לעומת כמה עשרות בודדות (פחות מ-28) של סירות מכמורתנים.

כמו כן יש לייחס חשיבות רבה לביוטה המאכלסת את הים התיכון והחוף הישראלי אשר רובה מורכבת מדגה שמקורה בהגירה הלספסית (Diamant et al., 1986; Quignard and Tomasisni, 2000). לאור השינוי בהרכב המינים כתוצאה מהדיג ומההגירה הלספסית, יש לאמוד את השינויים באוכלוסיית הדגים, ולנסות לאמוד את ההשפעה שבשינויים אלה. הדיג האינטנסיבי משנה את הרכב האוכלוסיות, ויש חשיבות מכרעת להבנה לעומק של משמעות הדבר.

יש להביא לשיתוף פעולה בין המחקר והאחראים על ניהול ממשק הדיג (בן אריה, 2010). בתהליך איסוף המידע, זוהה כי מידע רב מצוי בידי חוקרים החוקרים את הסביבה הימית. רק שיתוף מידע ושיתוף פעולה פוריים יוכלו להביא להבנה טובה יותר של מצב הדגה. הבנה שכזאת תוכל לאפשר קביעת כלי ניהול דיג מקיים רלוונטיים ומתאימים, וביכולתה להביא לשיפור במצב הדגה הקיים.

כפי שתואר בפרק שעסק בניהול דיג מקיים, בעת בחירת דרך פעולה להפחת ניצול היתר של הדיג, עומדות בפני מקבלי ההחלטות מספר אפשרויות באשר להיקף יישום מדיניות ניהול דיג מקיים (Daan, 1989; Edelist, 2012):

- א. "עסקים כרגיל" (להמשיך לא לעשות כלום), מה שיוביל לעוד נזקים ארוכי טווח למערכת הימית ולחוסר יעילות כלכלי.
- ב. יישום גורף של כל ההמלצות (לעשות את הבלתי אפשרי), מה שיספר את מצב המערכת הימית לאין ערוך, אך לא יוכל להחזיר למצב 'טבעי' (pristine) עקב ההגירה הלספסית ויהא יקר למדי בטווח הקצר.

ג. ניהול דיג אדפטיבי (לעשות מה שאפשר) תוך יישום עקרון הזהירות יביא לשיפור מדיד במצב המערכת ומצב הדיג, שניתן יהיה לנטר ולהתאימו למטרות הניהול בעלויות סבירות.

מסקירת ממשק ניהול הדיג בישראל, עולה החשיבות שביישום מדיניות לניהול דיג מקיים. המשך פעילות במצב של "עסקים כרגיל" יביא לגידול בהשפעות דיג היתר, ולהמשך פגיעה בדגה. יחד עם זאת, יישום גורף של כלל ההמלצות לניהול דיג מקיים עוד נראה רחוק וקשה ליישום. על מנת להתקדם לקראת ניהול דיג מקיים, יש להזדרז וליישם כלי ניהול דיג מקיימים (Edelist, 2012), גם אם הם ייושמו באופן הדרגתי ולאורך זמן.

סיכום

דיג יתר וחוסר יציבות הדגה

הדיג הימי הינו בעל חשיבות חברתית וכלכלית גדולה מאוד. למעלה מ-30 מיליון בני אדם ברחבי העולם (95% מהם חיים במדינות מתפתחות) מתבססים על הדיג לפרנסתם, ועשרה מיליון נוספים עוסקים בחקלאות ימית. דגים ומוצריהם מהווים 17% מצריכת החלבונים האנושית מהחיי (FAO, 2012).

הדגה בעולם מאופיינת בחוסר יציבות. שימוש רב בשיטות דיג הרסניות (מכמורתנים) ובלתי סלקטיביות מביא לתופעה של דיג יתר, אשר גורמת להפחתה משמעותית בכמות הדגה המתקבלת ולפגיעה בה. בנוסף, ישנה פגיעה ניכרת במערכות האקולוגיות הימיות, ופגיעה במיני דגים שאינם מסחריים. השפעותיו של דיג היתר ניכרות, והוא מאופיין בפגיעה בגיוס הדגים, ירידה בגודל הפרטים וירידה במורד מארג המזון (Pauly *et al.*, 2005). בדיג מכמורתנים הנפוץ ביותר כיום, ישנה פגיעה לא סלקטיבית במגוון מינים שאינם למטרות מאכל (Caddy & Agnew 2004). בשימוש בשיטת דיג זו, ישנה פגיעה משמעותית בכל בתי הגידול שנמצאים על קרקעית הים, ופגיעה בבעלי החיים ובצמחים בסביבתה (Encyclopedia of Earth 2011).

עם השנים, ניכרת תופעה של עלייה במאמץ הדיג, לצד ירידה בשלל הדיג. משמעות הדבר היא שלמרות שכמות האוניות והמאמץ שהושקו בדיג עלו, ישנה ירידה בפרודוקטיביות ובשלל הדיג שמתקבל (World Bank 2008). הסיבה לירידה בשלל הדיג היא דיג בקצב ובמאמץ שלא מאפשר את התחדשות הדגה. במצב כזה, נוצר מצב בו קצב הדיג גבוה מקצב התחדשות הדגה – דיג יתר (Edelist *et al.*, 2011).

צורך בניהול המשאב הימי

לחצים המופעלים על הדגה עלולים להוביל למצב בו תהיה פגיעה באוכלוסיית הדגים, מצב הפוגע בהכנסת כלל הדייגים. כל עוד לא כל הדייגים יפחיתו בדיג על מנת להפחית את דיג היתר,

אוכלוסיית הדגים לא תשתקם ותגדל. לא משתלם לפרט לבדו לעשות כך מיוזמתו, ולכן קיים הצורך בהתערבות ושליטה של השלטון במשאב (Hardin, 1968; Hsu, 2005).

ישנו צורך לאזן בין הצורך להמשיך ולנצל את הדגה לצרכי האדם, לבין שמירה על המשאב הימי והדגה כך שיוכלו להתקיים לאורך זמן (Costanza, 1991). כאמור, הגידול באוכלוסיה ובצריכה מתבטא גם בגידול הביקושים וצריכת דגים ובהגדלה של מאמץ הדיג. המושג 'פיתוח בר קיימא' מתאר היטב את הניסיון לאזן בין הרצון להמשיך ולנצל את המשאב הימי לבין השמירה עליו. השאיפה היא שבאמצעות יישום ניהול דיג מקיים, תוגבל פעילות האדם ותותאם למגבלות המערכת הטבעית הימית, כך שתפקוד המערכת האקולוגית הימית ישמר לאורך זמן (Filho, 2000).

חשיבות בהתאמת כלי הניהול למאפייני ישראל

החוף הים תיכוני של ישראל, נמצא בתהליך מתמשך של השתנות הנובע מצירוף גורמים שהעיקרים בהם הם השתלטות הביטה הים סופית על מזרח הים התיכון, התחממות הים ולחצי דיג (Goren and Galil, 2002; Goren & Galil, 2005; Goren et al., 2010).

פעילות אינטנסיבית של דיג, הפחיתה את שלל הדיג מול חופי ישראל. ישנה עלייה ניכרת במאמץ הדיג, ולצידה ירידה ניכרת בשלל הדיג ובגודל הדגים. כיוון שאין נתונים אמינים ומדויקים על הרכב שלל הדיג (כולל שלל נלווה – by catch) קשה לאמוד את היקף הבעיה (Edelist et al., 2010; Goren et al., 2011).

החוף הישראלי מתאפיין בדינאמיות ומשתנה כל הזמן. כאשר מעלים את הצורך בפיתוח ממשק דיג מקיים, יש להבין כי צריך להתאימו לתנאים המיוחדים של המקום. חשוב מאוד לעקוב אחר שינויים ולבצע איסוף נתונים, סקרים, נטור וניתוח ומתוך כך להסיק מסקנות על מנת ליישם. יש פוטנציאל רב בקיום שיתופי מידע ושיתופי פעולה עם חוקרים ימיים כמו גם עם מדינות שכנות להשגת מידע עדכני על מצב הדגה והמערכת האקולוגית הימית.

על מנת לקיים ממשק ניהול דיג מקיים, יש לשאול בראש ובראשונה איזו מטרה בא הממשק לשרת. יש לבחון למי מייעדים את ענף הדיג- האם לכמות מצומצמת של דייגים מסחריים, או לכמות נכבדה של דייגים חובבים. שלל הדיג מספק מעט מכלל הצריכה של הדגים בישראל, לכן יש לשאול האם ענף הדיג המסחרי כדאי בישראל והאם נכון שענף זה והיקף הדיג בו יצדיקו פגיעה בדגה.

יש לפתח תשתית חוקית עדכנית המתאימה לעקרונות הדיג המקיים. כדאי לעדכן את חוק פקודת הדיג ולכלול בו היבטים של קיימות- מומלץ להביא בחשבון כלים שיבטיחו את בריאות המערכת האקולוגית הימית, כמו גם היבטים סביבתיים חברתיים וכלכליים של ניהול הדיג. חוק פקודת הדיג מקנה סמכויות רבות, ויש להגביר את אכיפת החוקים והענישה.

לסיכום, למחקר בתחום ניהול הדיג ויישום כלים לניהול דיג מקיים ישנה חשיבות רבה, שכן מחקר כזה יעריך מחדש את הדיג והיקפו, את הענפים השונים בו ואת חשיבותם הכלכלית והן

החברתית והסביבתית. חומר הרקע ישמש כאומדן לבחינה מחדש של ענף הדיג, יאספו נתונים מעודכנים ומדויקים על מנת להציע כלים לניהול ממשק הדיג המותאמים ליישום בישראל.

ביבליוגרפיה

מאמרים מכתבי עת

(קודם כל המאמרים באנגלית, אח"כ בעברית, לפי סדר א-ב)

Agnew, D. J., Pearce, J., Pramod, G., Peatman, T., Watson, R., Beddington, J. R., & Pitcher, T. J. (2009). Estimating the Worldwide Extent of Illegal Fishing. *PLoS One*, 4(2), e4570.

Alder, J., & Sumaila, U. R. (2004). Western Africa: a Fish Basket of Europe Past and Present. *The Journal of Environment & Development*, 13(2), 156-178.

Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R. E. et al. (2002). Economic Reasons for Conserving Wild Nature. *Science*, 297(5583), 950-953.

Beddington, J. R., Agnew, D. J., & Clark, C. W. (2007). Current Problems in the Management of Marine Fisheries. *science*, 316(5832), 1713-1716.

Berkes, F. (1985). Fishermen and 'The Tragedy of the Commons'. *Environmental conservation*, 12(03), 199-206.

Bianchi, C., & Morri, C. (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, 40(5), 367-376.

Brundtland, G., H. (1987). *Our Common Future*. New York: Oxford University Press.

Caddy, J. F., & Agnew, D. J. (2004). An Overview of Recent Global Experience with Recovery Plans for Depleted Marine Resources and Suggested Guidelines for Recovery planning. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 14(1), 43-112.

- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F. B. R., Aguzzi, J. et al. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PLoS One*, 5(8), e11842.
- Costanza, R. (1991). *Ecological Economics: the Science and Management of Sustainability*. New-York: Columbia University Press.
- Costanza, R., Andrade, F., Antunes, P., Belt, M. V. D., Boersma, D., Boesch, D. F., et al. (1998). Principles for Sustainable Governance of the Oceans. *Science*, 281 (5374), 198- 199.
- Costello, C., Gaines, S. D., & Lynham, J. (2008). Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse?. *Science*, 321(5896), 1678-1681.
- Crépin, A. S., Biggs, R., Polasky, S., Troell, M., & de Zeeuw, A. (2012). Regime shifts and management. *Ecological Economics*, 84, 15-22.
- Daskalov, G. M., Grishin, A. N., Rodionov, S., & Mihneva, V. (2007). Trophic cascades triggered by overfishing reveal possible mechanisms of ecosystem regime shifts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(25), 10518-10523.
- Defeo, O., & Castilla, J. C. (2005). More than one Bag for the World Fishery Crisis and Keys for Co-Management Successes in Selected Artisanal Latin American shellfisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15(3), 265-283.
- Diamant, A., Tuvia, A. B., Baranes, A., & Golani, D. (1986). An analysis of rocky coastal eastern Mediterranean fish assemblages and a comparison with an adjacent small artificial reef. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 97(3), 269-285.
- Edelist, D., Sonin, O., Golani, D., Rilov, G., & Spanier, E. (2011). Spatiotemporal patterns of catch and discards of the Israeli Mediterranean trawl fishery in the early 1990s: ecological and conservation perspectives. *Scientia Marina*, 75(4), 641-652.
- Filho, W., L. (2000). Dealing with Misconceptions on the Concept of Sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 1(1), 9-19.

- Froese, R. (2004). Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries*, 5(1), 86-91.
- Galil, B. S., Gershwin, L. A., Douek, J., & Rinkevich, B. (2010). *Marivagiastellata* gen. et sp. nov. (Scyphozoa: Rhizostomeae: Cepheidae), another alien jellyfish from the Mediterranean coast of Israel. *Aquatic Invasions*, 5(4), 331-340.
- Garcia, S. M. (2000). The FAO Definition of Sustainable Development and the Code of Conduct for Responsible Fisheries: an Analysis of the Related Principles, Criteria and Indicators. *Marine and Freshwater Research*. 51, 535–541.
- Goren, M., & Galil, B. S. 1997. New records of deep-sea fishes from the Levant Basin and a note on the deep-sea fishes of the Mediterranean. *Israel J. Zool*, 43, 197-203..
- Goren, M., & Galil, B. S. (2002). Fish biodiversity in the vermetid reef of Shiqmona (Israel). *Marine Ecology*, 22(4), 369-378.
- Goren, M., & Galil, B. S. (2005). A review of changes in the fish assemblages of Levantine inland and marine ecosystems following the introduction of non-native fishes. *Journal of Applied Ichthyology*, 21(4), 364-370.
- Goren, M., Stern, N., Galil, B. S., & Diamant, A. (2010). First record of the Indo-Pacific arrow bulleye *Priacanthus sagittarius* Starnes, 1988 in the Mediterranean Sea. *Aquatic Invasions*, 5(Suppl 1), S45-S47.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(1), 243-1,248.
- Hsu, S. L. (2005). What IS a Tragedy of the Commons? Overfishing and the Campaign Spending Problem. *Albany Law Review*. 65, 75-138.
- Hutchings, J. A (2000). "Collapse and Recovery of Marine Fishes". *Nature*, 406 (6798), 882–885.

- Hutchings, J. A., & Myres, R. A. (1994). What Can Be Learned From The Collapse of a Renewable Resource? Atlantic Cod, *Gadus morhua*, of Newfoundland and Labrador. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 51 (9), 2126-2146.
- Jackson, J. B., Kirby, M. X., Berger, W. H., Bjorndal, K. A., Botsford, L. W., Bourque, B. et al (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *science*, 293 (5530), 629-637.
- Jennings, S., Pinnegar, J. K., Polunin, N. V., & Warr, K. J. (2001). Impacts of trawling disturbance on the trophic structure of benthic invertebrate communities. *Marine Ecology Progress Series*, 213.
- Larkin, P. A. (1977). An Epitaph for the Concept of Maximum Sustained Yield. *Transactions of the American Fisheries Societies*. 106, 1-11.
- Ley, J. A., Halliday, I. A., Tobin, A. J., Garrett, R. N., & Gribble, N. A. (2002). Ecosystem Effects of Fishing Closures in Mangrove Estuaries of Tropical Australia. *Marine ecology. Progress series*, 245, 223-238.
- Ludwig, D., Hilborn, R., & Walters, C. (1993). Uncertainty, Resource Exploitation, and Conservation: Lessons from History. *Science*. 260, 17
- Micheli, F., Halpern, B. S., Botsford, L. W., & Warner, R. R. (2004). Trajectories and Correlates of Community Change in No-Take Marine Reserves. *Ecological Applications*, 14(6), 1709-1723.
- Mora, C., Myers, R. A., Coll, M., Libralato, S., Pitcher, T. J., Sumaila, R. U., et al. (2009). Management Effectiveness of the World's Marine Fisheries. *PLoS Biology*, 7(6), e1000131.
- Murawski, S. A., Brown, R., Lai, H. L., Rago, P. J., & Hendrickson, L. (2000). Large-Scale Closed Areas as a Fishery-Management Tool in Temperate Marine Systems: the Georges Bank Experience. *Bulletin of Marine Science*, 66(3), 775-798.
- Netboy, A. (1968). *The Atlantic Salmon: A Vanishing Species?* Boston: Houghton Mifflin.

Pauly, D., Alder, J., Bennett, E., Christensen, V., Tyedmers, P., & Watson, R. (2003). The Future for Fisheries. *Science*, 302(5649), 1359-1361.

Pauly, D., Watson, R., & Alder, J. (2005). Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1453), 5-12.

Quignard, J. P., & Tomasini, J. A. 2000. Mediterranean fish biodiversity. *Biol. Mar. Medit*, 7(3), 1-66.

Shelton, P. A., & Sinclair, A.F. (2008). It's Time to Sharpen Our Definition of Sustainable Fisheries Management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 65 (10), 2305–2314.

Sumaila, U. R., Khan, A., Watson, R., Munro, G., Zeller, D., Baron, N., & Pauly, D. (2007). The World Trade Organization and Global Fisheries Sustainability. *Fisheries Research*, 88(1-3).

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. et al. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *science*, 314(5800), 787-790.

Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K., Branch, T. A., Collie, J. S., Costello, et al. (2009). Rebuilding Global Fisheries. *science*, 325(5940), 578-585.

אדליסט, ד. (2012). ניהול דיג ופלישה ימית בישראל. חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה" הפקולטה למדעי הרוח, החוג לציוויליזציות ימיות, אוניברסיטת חיפה.

בן אריה, א. (2010). מדיניות הדיג של ישראל בים התיכון, בחינת העמידה בקריטריונים לניהול דיג בר קיימא. חיבור לשם קבלת התואר "מוסמך למדעי החקלאות" הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים.

מקורות מהאינטרנט

Agenda 21: Chapter 17, 1992: Protection of the oceans, all kinds of seas, including enclosed and semi-enclosed seas, and coastal areas and the protection, rational use and development of their living resources. Retrieved 2 January 2013 at:

http://www.un.org/Depts/los/consultative_process/documents/A21-Ch17.htm

FAO. Technical Guidelines for Responsible Fisheries, 1997. No.6. Rome: FAO.

Retrieved 4 January 2013 at:

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/W6930e/W6930e00.pdf>

FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries, 1995. Retrieved 1 January 2013 at:

<http://www.fao.org/docrep/005/v9878e/v9878e00.HTM>

FAO ,2012. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. Accessed 17 October 2012. Retrieved 28 February 2013 available at:

<http://www.fao.org/fishery/statistics/en>

FAO: Fisheries and Aquaculture Department. Technology Fact Sheets: Fishing Vessel type. available Retrieved on 1 January 2013 available at:

<http://www.fao.org/fishery/vesseltype/search/en>

Garrett Hardin Society. The Tragedy of the Commons by Garrett Hardin, 1968.

Published in Science. Updated 13 March 2005. Retrieved 10 February 2013 available at:

http://www.garretthardinsociety.org/articles/art_tragedy_of_the_commons.html

Johannesburg Declaration on Sustainable Development, 2002. Retrieved 12 January 2013 at:

<http://www.unescap.org/esd/environment/rio20/pages/Download/johannesburgdeclaration.pdf>

Immrac. Haifa. Retrieved 15 February 2013 available at

<http://immrac.haifa.ac.il/hebrew/mediterranean.htm>

ISSG.IUCN Council ,Approved by the 51st Meeting of the, Gland Switzerland, February 2000. Retrieved 20 February 2013 available at:

http://www.issg.org/pdf/guidelines_iucn.pdf

Navigation and Vessel Inspection Circular 5-86: Voluntary Standards for U.S.

Uninspected Commercial Fishing Vessels. United States Coast Guard. August 1986.2 January 2013 available at:

<http://www.uscg.mil/hq/cg5/nvic/pdf/1986/n5-86.pdf>.

OECD, Fisheries. Rebuilding Fisheries: The Way Forward. Retrieved 12 February 2013 available at:

<http://www.oecd.org/tad/fisheries/rebuildingfisheriesthewayforward.htm>

ONE WORLD ONE OCEAN. Why the ocean? Retrieved on 20 December 2012

available at: <http://www.oneworldocean.com/pages/why-the-ocean>

The Encyclopedia of Earth. Fisheries: Overfishing. Published: September 29, 2011,

12:00 am. Retrieved on 20 December 2012 available at:

<http://www.eoearth.org/article/Overfishing?topic=49521>

UN: Report of the Secretary-General (2006) The Impacts of Fishing on Vulnerable

Marine Ecosystems. United Nations. Retrieved 22 December 2012 available at:

http://www.un.org/Depts/los/general_assembly/documents/impact_of_fishing

UNEP (1972). Report of the United Nations Conference on the Human

Environment. Retrieved on 10 December 2012 at:

<http://untreaty.un.org/cod/avl/ha/dunche/dunche.html>

U.S. National Library of Medicine - The World's Largest Medical Library. Pubmed

Health. A.D.A.M. Medical Encyclopedia. Schistosomiasis. Last reviewed: October 6,

2012 available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMH0002298/>

United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS)(1982). The Division for

Ocean Affairs and the Law of the Sea, Office of Legal Affairs, United Nations.

Retrieved 2 February 2013 at:

http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf

United Nations Fish Stocks Agreement, 1995. Retrieved 2 February 2013 at:

<http://daccess-dds->

ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N95/274/67/PDF/N9527467.pdf?OpenElement

World Bank 2008. The Sunken Billions. The Economic Justification for Fisheries

Reform. The World Bank. Washington D.C. The joint publication of The World

Bank and FAO. Retrieved 15 February 2013 at available at:

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTARD/0,,contentMDK:21930578~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:336682,00.html>

World Ocean Review. Maribus 2010. Chapter 6 "Exploiting a living resource: Fisheries", mareverlag, Hamburg. Retrieved 20 February 2013 available at: <http://worldoceanreview.com/en/fisheries/>

מבקר המדינה (2010) דוח שנתי 61 לשנת 2009 ע"מ 1129.

<http://www.mevaker.gov.il/serve/contentTree.asp?bookid=596&id=57&contentid=11712&parentcid=11738&bctype=1&sw=1280&hw=730>

משרד החקלאות ופיתוח הכפר. אגף הדייג. נצפה ב-13 לפברואר 2012 ניתן למצוא ב-
דיג וחקלאות מים-

<http://www.moag.gov.il/agri/yhidotmisrad/fishery/default.htm>

דיג בים התיכון-

http://www.moag.gov.il/agri/yhidotmisrad/fishery/Offshore_fishery/sea_fishing.htm

פקודת הדיג 1937: משרד החקלאות ופיתוח הכפר- נצפה ב-10 לפברואר 2012 ניתן למצוא ב-
http://www.moag.gov.il/NR/rdonlyres/93E205DB-753A-4405-99E8-5B7A9EFAF072/0/daig_low.pdf

רשות הטבע והגנים. הסביבה החופית והימית בים התיכון. עודכן ב 25 לאוקטובר 2012. נצפה ב-
10 לפברואר 2012.

http://old.parks.org.il/BuildaGate5/general2/data_card.php?Cat=~30~178989074~Card7~&ru=&SiteName=parks&Cl=&Bur=582157005

תוכנית משרד החקלאות לשנת 2008. ועדת הכלכלה 5.11.2007. פרוטוקול מס' 384 משיבת ועדת הכלכלה יום שני, כ"ד בחשוון התשס"ח (5 בנובמבר 2007), שעה 09:00
www.knesset.gov.il/protocols/data/rtf/kalkala/2007-11-05-01.rtf

אוניברסיטת תל אביב
בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר

השפעות רכז ההתפלה על הסביבה הימית של ישראל

מגישים:

נאור יריב (300174638)

רזניק דנה (305828634)

מרקו אינה (307786459)

קורס פרויקטים בחקר הסביבה

תשע"ג, מרץ 2013

תוכן העניינים

תקציר	שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.
מבוא	4
שיטות התפלה	5
ההתפלה בישראל	6
רכז ההתפלה ומדיניות בישראל	שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.
מליחות	8
נתונים בישראל	שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.
השפעות	10
מינים פולשים מול חופי ישראל	12
מטרת המחקר	14
שאלת המחקר	15
השערות המחקר	15
שיטות המחקר	15
סיכום ומסקנות	16
רשימה ביבליוגרפית	שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת. 18

תקציר

לאחר שנים רבות בהן ישראל סבלה ממחסור במי שתייה, זאת בעיקר בשל תנאי האקלים, מיעוט מקורות המים המתוקים, מספר שנות בצורות, ובנוסף לכל קצב גידול אוכלוסייה גבוה ועליה ברמת החיים, החליטה ממשלת ישראל בשנת 1999 על תוכנית רב שנתית להקמת מתקני התפלה בכדי לפצות על המחסור במים. התוכנית המקורית דיברה על יעד של 50 מיליון קוב מים לשנה (מלמ"ק), בשנת 2002 היעד כבר עלה ל-400 מלמ"ק, וכך להיום היעד הוא תפוקה של 750 מלמ"ק עד 2020, כאשר יש להגיע להתפלה של 600 מלמ"ק בהקדם האפשרי (ספראי ואחרים, 2010).

ההתפלה, בשיטת האוסמוזה ההפוכה, יוצרת "רכז" שנפחו בממוצע כמחצית מנפח המים הנשאבים להתפלה המאופיין בריכוז כפול של מלחים, וכן חומרים נוספים אשר מוספים במהלך התהליך, כגון מתכות כבדות, חומרים אורגניים וחומרים מוצקים שונים. "רכז" זה כיום מושב לים ומפוזר באמצעות צינורות פליטה (אבנימלך, 2012).

נפח ההתפלה הרב וצפיפותם הרבה של מתקני ההתפלה הקיימים והמתוכננים לאורך רצועת החוף בשילוב עם מאפייני אזור האגן המזרחי של הים התיכון מעלים סדרה של שאלות בנוגע להשלכות האפשריות של מהלך זה על הסביבה הימית.

עבודה תסקור את המידע אשר קיים בידינו, נכון להיום, בנוגע להשפעות ריכוז המלחים הגבוה המוזרם לים כפועל יוצא של מתקני ההתפלה, ותגבש סביב שאלת המחקר להמשך: האם לרכז ההתפלה המוזרם לים צפויות להיות השפעות שליליות על הסביבה הימית של הים התיכון?

תודות

ברצוננו להודות לצוות הקורס "פרויקטים בחקר הסביבה", ובראש וראשונה לפרופסור אביטל גזית על הנחיתו בקורס המרתק ומרחיב האופקים.

מודים לגב' נתליה גוטקובסקי על הליווי והתמיכה לכל אורך שלבי כתיבת הפרויקט.

תודה מיוחדת לאנשי אגף ים וחופים של המשרד להגנת הסביבה: ד"ר איריס ספראי וד"ר גיל זיידלר, אשר אירחו אותנו במשרד ועזרו באיסוף החומרים.

נרצה להודות גם לכל המרצים שהתארחו בקורס ופתחו בפנינו מניפה של מושגים חדשים מתוך העולם הסביבה הימית: פרופ' יובל כהן, ד"ר רותי יהל, ד"ר שחר דולב, ד"ר מנחם גורן, פרופ' ברק חרות, ד"ר גיל רילוב, פרופ' מיכה אילן.

מבוא

העולם בו אנו חיים הוא ברובו מים, כ-70% מפני כדור הארץ הם אוקיינוסים, ימים ואגמים, אולם בעוד מרבית המים הללו הינם מים מלוחים ואינם ראויים לשתיה, רק 3% בלבד מכלל המים בעולם הם מתוקים וראויים לשתיה. הביקוש עבור אותם מים מתוקים הולך וגובר מידי שנה. תהליך זה מורכב מכמה דברים: ראשית מקורות המים הולכים ומתדלדלים, בין אם בשל זיהום, בשל שינויי אקלים או בשל שימוש יתר. שנית, לאור העובדה כי מקורם של מים מתוקים הוא מגשמים או המסת שלגים בעיקר, כלומר הכמות "הנכנסת" הינה יחסית סטטית, ואילו השימוש במים מתוקים גובר כל הזמן, שכן שימושיהם של מים מתוקים הם רבים ומגוונים, החל משתייה, חקלאות, תעשייה ועוד, אזי הלחץ על מקורות המים המתוקים הולך וגובר. חשוב לזכור עם כי הלחץ אינו מתחלק באופן שווה על פני הגלובוס ומדינות מסוימות נהנות מעודפים רבים של מים שעה שמדינות אחרות כמעט חסרות כל (אתר ראשות המים).

בישראל מצוקת המים ליוותה את המדינה למן הקמתה, זאת בעיקר בשל מיעוט מקורות המים המתוקים הזמינים לרשותה. יתרה מזאת, בשנים האחרונות חלה החרפה במצב, זאת, בין היתר, בשל תנאי האקלים, מספר שנות בצורת שפקדו את ישראל אשר פגעו מאוד במקור המים העיקרי של ישראל – ימת הכנרת. צריכת המים בישראל הולכת וגדלה בקצב צריכה הכפול מקצב גידול האוכלוסייה. המחסור במי שתייה בישראל הובא לדיון ציבורי, בין האפשרויות שהועלו נכללו הובלת מים בצינור ממדינות שכנות, יבוא מים במכולות וגרירת קרחונים. מרבית הצעות נדחו מסיבות שונות והדעה היותר רווחת הייתה, כי התפלת מי ים היא הפתרון ויש לפעול בדחיפות להקמת תשתית מתאימה (דרומי, 2008).

במהלך 40 השנים האחרונות הוקמו בישראל מתקני התפלה ממספר סוגים. בתחילת שנות הששים הוקם באילת מתקן התפלה שהיה מבוסס על הקפאת מי הים (שיטת זרחין), בתהליך ההקפאה מסתדרות מולקולות המים במבנה מרחבי מסודר שלא מותיר מקום למלחים, וכך נפרדים המלחים מן המים, שכן הקרח הקופא אינו מכיל מלח (דרומי, 2008). המתקן באילת פעל תקופת מה אך בסופו של דבר נסגר שכן פותחו שיטות התפלת מים זולות ויעילות יותר. בראשית שנות האלפיים התרחשה הפריצה קדימה עם טכנולוגיית האוסמוזה ההפוכה שבעקבותיה החלה ישראל להתפיל מאות מיליוני קוב מים מידי שנה, בקצב הולך ועולה מתוך אמונה כי צעד זה הוא הכרחי לבלימה ואף ליציאה ממשבר המים (איריס ספראי, ראיון אישי).

ביחד עם התובנה שישראל זקוקה למים מתוקים אותם אפשר לייצר בתהליך התפלת מי ים, גופים ממשלתיים וארגוני סביבה שונים בישראל טוענים, שהזרמת רכז ההתפלה בחזרה לים התיכון לאורך חופי ישראל עלולה לגרום להשפעות חמורות על המערכת האקולוגית של מימי החופין. במסמכים רשמיים של גופים אלו הוצגו השערות שרכז ההתפלה יתפזר על פני החוף הישראלי ולמעברו ויגרום לזיהום כרוני של המערכת הימית ולהפרת האיזון האקולוגי (מדיניות המשרד להגנת הסביבה, 2008; אבנימלך, 2012). עם זאת, קיימות דעות נוספות האומרות שהנזק יהיה מקומי בלבד. פרופסור יובל כהן מהחוג למשאבי טבע וסביבה באוניברסיטת חיפה, אשר משמש כיועץ למתקני ההתפלה, ציין ביום עיון "התפלה- כמה זה עולה לים?" שהזרמת מי הרכז לים ממתקני ההתפלה בישראל מתבצעת על פי היתרים כחוק, ולכן אינם מהווים כל סיכון סביבתי. יותר מכך, טען שגם לא קיימת כל עדות מדעית לקשר אפשרי בין הפסולת (רכז התפלה) לנזק לסביבה הימית, לכן יש לבסס את קבלת ההחלטות של ניהול משאבי החוף והים ואת הפעולות הדרושות לשמירת איכות הסביבה

הימית על מידע מדעי קיים וכל השאר- מיתוסים שאין להם אחיזה במציאות (מתוך חוברת תקצירים של יום העיון עמותת צלול, 2010). בנוסף, פרופסור כהן ציין שהנוק מהזרמת הרכו לים מקומי בלבד ולא מהווה מטרד לסביבה הימית של הים התיכון בחופי ישראל (יובל כהן, 2012, הרצאה וראיון אישי באוניברסיטת ת"א). אי הסכמה זאת בין אנשי אקדמיה ומומחים בסביבה הימית בנושא השפעות פעולות משק המים (התפלה) על הסביבה הימית מעלה שאלה : האם כבר קיימות ועלולות להיווצר בעתיד השפעות שלישיות של הזרמת רכו ההתפלה על הסביבה הימית של ים התיכון?

עבודה זאת תסקור מחקרים מדעיים בנושא השפעות רכו ההתפלה על הסביבה הימית על מנת לברר מה הגורמים המרכזיים העלולים לפגוע בסביבה הימית באזור חופי ישראל. ברור כי קיים הצורך לספק מים לאוכלוסייה, עם זאת חשוב לשמור על הסביבה הימית ולמזער פגיעה (אבנימלך, 2012).

שיטות התפלה

ההתפלה הינה התהליך שבו מים מליחים הופכים למים מתוקים הראויים לשתיה ולשימושים נוספים. תהליך ההתפלה יכול להתבצע במספר דרכים, כאשר לכל אחת מהן יתרונות וחסרונות :

- שיטת הזיקוק הינה שיטה נפוצה למדי ומבוססת על חימום המים לצורך אידוי ואגירת האדים, החימום מתבצע לרוב בעזרת קיטור, כך שניתן לשלוט בטמפרטורה ובלחץ. האדים הנאספים הם מים מתוקים ראויים לשתיה (שהם ושריג, 1997).
- שיטה נוספת היא שיטת האלקטרוליזה, שיטה זו נחשבת לשיטה נדירה יותר כיום בשל מחירה הגבוה. האלקטרוליזה מבוססת על הפרדה חשמלית של המים למרכיביהם, זאת באמצעות אלקטרודות היוצרות ביניהן שדה חשמלי כאשר במרכזו ניצבות ממברנות, יוני המלחים לא מסוגלים לעבור דרך הממברנות וכך מוצאים מן המים (אתר ראשות המים).
- שיטה שלישית היא ההפרדה בהקפאה, גם היא נדירה יחסית כיום בשל יעילותה הנמוכה ביחס לשיטות חדשות יותר, התפלה בהקפאה מבוססת על כך שכאשר המים קופאים, המולקולות מסתדרות במבנה שאינו מאפשר חדירה למלחים. בישראל פותחה שיטה זו על ידי פרופסור אלכסנדר זרחין, אשר תכנן תהליך בו מתרחש אידוי והקפאה בו זמנית, בשיטה זו ("שיטת זרחין") פעל מתקן ההתפלה באילת בשנות ה-60 וה-70 (דרומי, 2008).
- שיטת אוסמוזה הפוכה – שיטה אשר פותחה בישראל וכיום נחשבת לאחת מהשיטות הנפוצות בעולם. השיטה מבוססת על דחיסת מים בעוצמה רבה דרך סדרה של ממברנות, אשר מונעות ממולקולות של מלח לחדור. לאור ההתפתחות הטכנולוגית הרבה בתחום בשנים האחרונות נעשתה שיטה זו כדאית ביותר מבחינה כלכלית, ולכן נפוצה מאוד. אולם השיטה עדיין סובלת מכמה בעיות: האנרגיה המושקעת בתהליך האוסמוזה הפוכה הינה רבה מאוד, השלכות הדבר הן זיהום אוויר כתוצאה מתצרוכת חשמל רבה, וכן עליה במחיר המים. בנוסף לכך בניית התשתית כרוכה בהנחת קווי צנרת על קרקעית הים, לצורך יניקה ופליטה של מי הים, והדבר העיקרי, פליטת חזרה לים רכו/תמלחת-

תמיסה המכילה ריכוז כפול של מלחים לעומת המים שנשאבו מהים. כמו כן תמיסה זו מכילה חומרים מומסים אחרים, אשר מהווים חלק מתהליך ההתפלה, כגון חומרים מעקרים ומחמצנים, מתכות כבדות, אנטי סקלנטיס (אבנימלך, 2012).

ההתפלה בישראל

לאחר שנים רבות בהן הייתה ישראל במצב של מחסור במי שתייה בשל תנאי האקלים, מיעוט מקורות מים, קצב גידול אוכלוסייה מהיר ועליה ברמת חיים, החליטה ממשלת ישראל ב-1999 על תוכנית רב שנתית להקמת מתקני התפלת מי-ים. לאחר מספר דיונים והתלבטויות בנוגע לשיטת ההתפלה המועדפת - שיטת הזיקוק או שיטת האוסמוזה ההפוכה, נבחרה, כאמור, שיטת האוסמוזה ההפוכה בשל היותה יעילה וכלכלית יותר (דרומי, 2008).

סקירה גיאוגרפית שנעשתה העלתה שישה מוקדים כמתאימים ביותר להקמת מתקני ההתפלה: אשדוד, אשקלון, חדרה, שפד"ן, נתניה ושמרת. כמו כן, סקירה הנדסית העלתה, כי המוביל הארצי (אשר אליו מוזרים המים המותפלים) יכול לקלוט סך הכל עד 500 מלמ"ק בשנה, אולם לא יותר מ-100 מלמ"ק בשנה מכל נקודת חיבור (משמע, מתקן התפלה) (Tenne, 2010).

בתכנית ההתפלה של מדינת ישראל הגעה לרמה של 50 מלמ"ק לשנה של מים מותפלים מסומנת כיעד ראשון. החלטה זו, אשר התקבלה בשנת 2000, הגיעה לכדי מימוש בתוך זמן קצר של 5 שנים, עם סיום הקמת מתקן ההתפלה הראשון באשקלון בשנת 2005 (ספראי ואחרים, 2010). עם זאת, כבר בתוך שנה מאז שהוחלט על היעד הראשון עלה בשנת 2001 היעד להתפלה מ-50 ל-200 מלמ"ק לשנה, ושוב, בשנת 2002 היעד כבר הועלה ל-400 מיליון קוב לשנה. בין השנים 2002-2006 הייתה מגמת ירידה בדרישה להתפלה, אולם בשנת 2007 שוב חזרה מגמת העלייה ונקבע יעד חדש של 505 מלמ"ק לשנה. בשנת 2008 נקבע היעד שהינו הרלוונטי עד היום – 750 מלמ"ק לשנה עד 2020, כאשר השאיפה להגיע להתפלה של 600 מלמ"ק מים מותפלים בשנה בהקדם אפשרי (Tenne, 2010).

מאז הקמת מתקן ההתפלה הראשון באשקלון בשנת 2005, נוספו מתקן פלמחים, אשר הוקם בשנת 2007, ומתקן חדרה, אשר הוקם בשנת 2009 בסמוך לתחנת הכוח "אורות רבין". בנוסף לאלו צפויים לקום בקרוב עוד שני מתקנים: בשורק, אשר צפוי להתחיל לפעול כבר ב-2013 ואשדוד, אשר יחל את פעילותו בשנת 2014 (דרומי, 2008).

רכז ההתפלה והמדיניות בישראל

חלק בלתי נמנע מתהליך ההתפלה בשיטת האוסמוזה ההפוכה הינו הזרמת רכוז התפלה חזרה לים. רכוז זה כולל בתוכו ריכוז גבוה של מלחים, למעשה כפול מכמות המלחים במי הים, אשר נשאבו למערכת ההתפלה. מעבר לכך, בתהליך ההתפלה מוספים למים חומרים נוספים, אשר מוצאים את דרכם חזרה לים. חומרים כגון ברזל גופרתי אשר יצר בעבר את תופעת "הכתם האדום" בחופי אשקלון (דרומי, 2008). כיום קובעת המדיניות כי ריכוזו של הברזל קואוגולנט במדידות חייב להיות נמוך מ-0.3 מ"ג בממוצע חודשי ונמוך מ-0.5 מ"ג בכל עת שהיא (מדיניות המשרד להגנת הסביבה, 2008). מתכות כבדות נוספות אשר קיימות במינונים שונים ברכוז

ההתפלה הן אלומיניום, כסף, קדיום, כרום, נחושת, ברזל, מנגן, ניקל, עופרת, סלניום ואבץ, כל אלה מהווים חלק מהתהליך וניתן לאתרם ברכז התפלה (ספראי ואחרים, 2010).

חומרים נוספים אשר נמצאים בשימוש בתהליך ההתפלה ומופיעים ברכז ההתפלה הינם חומרים מונעי שיקוע (אנטיסקלנטים). אחד מן החומרים הבולטים בתחום הזה הוא הזרחן, או ליתר דיוק, חומרים אשר מכילים זרחן (פוליפוספונטים, פולי פוספטים או חומצות פולי אקריליות). ישנם מחקרים העוסקים בהימנעות משימוש באנטיסקלנטים בתהליך ההתפלה, אולם הם עדיין נמצאים בשלבים מוקדמים. בנוגע לאנטיסקלנטים המדיניות היום קובעת, כי יש למזער את השימוש בזרחן ולהעדיף חלופות ידידותיות יותר לסביבה (מדיניות המשרד להגנת הסביבה, 2008). נוסף על כל אלה ישנו שימוש גם בכלור וחומרים מעקרים אחרים לצורך טיפול בצמדת ים בצינורות היניקה (אבנימלך, 2012).

מסמך מדיניות ראשון של המשרד להגנת הסביבה בנוגע להתפלת מי הים יצא כבר בשנת 2002. בשנת 2008 יצא מסמך משלים, חדש ומפורט יותר. בין הדרישות אשר מועלות במסמכים אלה ניתן למנות:

1. הפחתת כמות המוצקים המוזרמים לים משטיפת מסנני חול – אלה יאספו למיכל ייעודי ויפוננו לאתר מורשה.

2. מזעור כמות הזרחן המוזרם לים – תוך העדפה ברורה למעבר לחומרים נטולי זרחן (p-free).

3. מזעור כמות החומר המרחף (tss) המוזרם לים משטיפת אבן גיר – לא יעלה על 30 מ"ג והעכירות לא תעלה על 30 NTU במי השטיפה שמוזרמים עם הרכז לים.

4. איסור הזרמה של חומרים אורגניים - (כדוגמת חומצת לימון) שנועדו לשטיפה תקופתית של הממברנות, גם אלו חייבים להיאסף למיכל ייעודי ויסולקו לאתר מורשה.

5. קביעת מאפייני צינור מוצא ימי על פי נתוני מודל מתאים – יש לקחת בחשבון את מכלול נתוני הסביבה הימית בעת בחירת מאפייני צינור המוצא.

6. התקנת צנרת ימית באופן שימזער השפעות על הסביבה הימית – על הצנרת להיות מוטמנת לכל אורכה (אחד מהישגי המשרד להגנת הסביבה היה במתקן בפלמחים בו נקבע מראש, כי הצנרת תונח בשיטת הדחיקה, תהליך שאמנם גוזל יותר זמן ויותר משאבים אבל מפחית משמעותית פגיעה בטבע וכן הצינור עצמו יותר מוגן (איריס ספראי, ראיון אישי).

7. תכנון מתקן התפלה והפעלתו על בסיס ניטור הסביבה הימית – הדבר כולל ניטור רקע שיבוצע על ידי חיא"ל במימון המדינה. מעבר לכך ניטור הסביבה הימית יבוצע באופן קבוע על ידי בעל המתקן.

8. ניטור ובקרת מזהמים המוזרמים לים במי הרכז – דרישות הנוגעות לניטור, דיגום ובקרה על כמות ואיכות הרכז. (משרד להגנת הסביבה, 2008) מרכיבי הניטור יכללו בין היתר בתימטריה, קו חוף, מי ים, סדימנט, ביוטה (מדיניות המשרד להגנת הסביבה, 2008; ספראי ואחרים, 2010).

סקירת מדיניות קצרה של המשרד להגנת הסביבה משקפת התייחסות לנזקים אפשריים והגבלות שהמדינה מציבה כמעט לרוב החומרים המזיקים שנמצאים ברכז ההתפלה, בהם ניתן לטפל עוד על הקרקע בעזרת טכנולוגיות מתקדמות. אומנם אין התייחסות למלח בתוך הרכז, אשר מוחזר לים ממנו נשאב בכמויות גדולות

ובאופן קבוע (איריס ספראי, ראיון אישי). עבודה זאת תתמקד בהשפעות המליחות הגבוהה בתוך רכו ההתפלה על הסביבה הימית של הים התיכון באזורים סמוכים לצינורות הפליטה של מתקני ההתפלה.

מליחות

בהתאם למתואר קודם, רכו ההתפלה המוחזר לים בסוף תהליך ההתפלה מכיל מלח בריכוז גבוה מזה של מי הים. על פי הנתונים המוצגים במחקרים השונים רמות המליחות בו נעות בין 6.8% ל- 7.2% (72-68 פרומיל). כתוצאה מכך, העלאת רמות המליחות באזורי ההזרמה הינה בלתי נמנעת (Fritzmman et al., 2007). ריכוז המליחות הגבוה של רכו ההתפלה צפוי להשפיע על הסביבה הימית הקרובה למתקני ההתפלה, ואף מרוחקת יותר.

על פי מחקרים שנערכו לאורך השנים האחרונות במדינות שונות בעולם עולה, כי ריכוז מליחות המים משתנה ביחס ישיר למרחק מאזור המוצא של רכו ההתפלה – ככל שמתרחקים ממיקום המוצא – כך יורדת המליחות של מי הים. ריכוז המליחות, במקרים קיצוניים, יכול להיות גבוה יותר בכ-10% ביחס למליחות הממוצעת באזור, אך בדרך כלל מוצגים נתונים המעידים על ריכוז גבוה יותר בכ- 4-5% ביחס למצב הממוצע הקיים באזור (Fritzmman et al., 2007).

המחקרים מראים נתונים לא אחידים המתייחסים למרחק ממיקום המוצא של רכו ההתפלה, בו נצפו רמות מליחות גבוהות יותר מהממוצע לאזור. בחלקם מוצגים נתונים המעידים על מליחות גבוהה יותר במרחק של עשרות מטרים בלבד ממיקום המוצא. למשל, בסמוך למתקן התפלה באיים בלריים, ספרד (Baleric Islands, Spain), שמפיק 0.5 מלמ"ק מים מותפלים בשנה נצפו רמות מליחות גבוהות יותר עד למרחק של כ-40 מטרים (Gacia et al., 2007) או באיים קנריים, ספרד (Canary Islands, Spain) שמפיק כ- 2.5 מלמ"ק/שנה, שם נצפו רמות מליחות גבוהות עד למרחק של כ-20 מטרים (Sadhvani et al., 2005).

מחקרים נוספים מתארים מצב שבו ריכוז גבוה של מליחות נמצא גם במרחק של כמה מאות מטרים מהמקור. למשל, במתקן התפלה בעיר חביה, ספרד (Javea, Spain) (תפוקה של 10 מלמ"ק/שנה) הגיעו רמות מליחות גבוהות עד מרחק של כ- 200 מטרים (Malfeito et al., 2005) או במקרה של מתקן בדקליה, קפריסין (Dhekelia, Cyprus), (תפוקה של כ-15 מלמ"ק/שנה) – הוצגו נתונים המראים כי ברכו ההתפלה עצמו נמדדה מליחות של 7.2%, בסמוך למוצא הרכו נמדדה מליחות של 5.4% (נמצא בעומק של 5 מטרים ובמרחק של 250 מ' מהחוף), ובמרחק של כ-200 מטרים ממוצא הרכו נמדדה מליחות של 3.9% (Fritzmman et al., 2007). מחקר אחד אף מציג נתונים המראים כי ריכוזי מליחות גבוהים יותר מהממוצע (0.5%) נצפו במרחק של כ-4 ק"מ ממוצא הרכו. מדובר בחוף אליקנטה, ספרד (Alicante, Spain) - הנ"ל על אף העובדה שריכוז המליחות ברכו עצמו היה 6.8% (נמוך יותר מהמקרה בדקליה, קפריסין) (Fernańdez-Torquemedas et al., 2005). עם זאת, קיים גם מחקר שאינו מוצא הבדלים משמעותיים ברמות המליחות כבר במרחק של כ-10 מ' ממוצא ההזרמה. באזור חוף בלנס, ספרד (Blanes, Spain), היקפי ההתפלה של המתקן – 10 מלמ"ק/שנה (Raventos et al., 2006).

ההסבר הסביר למגוון רחב כל כך של תוצאות טמון בכמה פרמטרים הקשורים לנתונים הבסיסיים של הסביבה בה מוזרם רכוז ההתפלה (Fritzmman et al., 2007) – כגון,

- הידרולוגיה ויכולת התערבלות שונה
- עומקים שונים להנחת הצנרת והזרמת הרכוז
- המרחק מחוף הים של מוצא הרכוז
- צורת ההזרמה (בזוית של 30-90 מעלות)
- שימוש במפזרים (diffuser)
- הנפחים השונים של רכוז ההתפלה – בהתאם לתפוקה של המתקנים השונים

גם למאפיינים פיזיקליים של רכוז ההתפלה ישנה השפעה על יכולת הפיזור שלו - צפיפותו של הרכוז גבוהה יותר מזו של מי הים ולכן היא כבדה יותר, מאשר מי הים. בעקבות זאת הרכוז שוקע אל הקרקעית (Roberts et al., 2010, Latterman and Hopner, 2008, Fritzmman et al., 2007).

יש לציין, כי באגן המזרחי של הים התיכון כמעט ולא קיימים זרמים אנכיים. כתוצאה מכך כמעט ואין ערבוב של שכבת המים העליונה עם שכבת המים התחתונה. תנאי זה מקשה על התערבלות ופיזור מהיר של רכוז ההתפלה ששוקע אל הקרקעית באזורים הסמוכים למוצא הרכוז. בנוסף לכך, לטמפרטורות של רכוז ההתפלה, וכן של מי הים, המקבלים אותו, ישנה השפעה על נושא השקיעה. על פי הנתונים המופיעים במחקר שנעשה במתקן התפלה בחוף אליקנטה, ספרד ניתן לראות כי קיימת שקיעה שונה בעונות שונות של השנה. רמות מליחות גבוהות יותר בחודשים פברואר ואפריל נצפו בסמוך לקרקעית – בעקבות הצפיפות הגבוהה יותר של רכוז ההתפלה ביחס לצפיפות מי הים. ואילו בחודש אוגוסט – הריכוז הגבוה של המליחות נמצא, דווקא, במרכז עמודת המים – בעקבות טמפרטורת המים בקרקעית שהייתה נמוכה יותר (Fernandez-Torquemedas et al., 2005).

נתונים בישראל

לא נעשו הרבה מחקרים בארץ על השפעות רכוז ההתפלה על הסביבה הימית בישראל. עם זאת, ניתן להסתמך על נתוני הדו"חות הנערכים בעקבות ניטור ימי מקיף וקפדני שהתבצע בשנים האחרונות. על פי מודלים מתמטיים שנעשו על ידי מרכז להנדסה ימית בישראל, המציגים נתונים המחושבים לפי תנאי ערבול מינימליים בים ללא גלים, יגיע ריכוז המליחות המקסימלי במי הים לרמה של כ-10% מעבר לקיים בהם במצב הטבעי, ויתפזרו בשטח של כ-200 דונם בסמוך לכל מתקן (אבנימלך, 2012)

במדידות שנעשו במסגרת ניטור ימי באזור של מתקני התפלה הפעילים כיום - באשקלון, חדרה ופלמחים ניתן לראות נתונים שונים :

- מתקן ההתפלה בחדרה ממוקם בסמוך לתחנות כח, כך שבנוסף להזרמת רכוז ההתפלה ממתקני התפלה מוזרמים באזור גם מי הקירור של תחנות הכח. נתון זה משפיע על תוצאות המחקר. באזור

מתקן התפלה בחדרה נמדד שינוי של כ-4-5% בריכוז המליחות בים והגיע למרחק של כ-600 מ' מנקודת המוצא (גלזר וחבריה, 2012).

- ניטור באזור מתקן התפלה בפלמחים מציג שינויים עונתיים בריכוזי המליחות וכן הבדלי ריכוז המליחות ביחס לעומק ממנו נלקחו הדגימות – ריכוזי מליחות גבוהים יותר נצפו בסמוך לקרקעית (בין 40-44 פרומיל) (קרס וחבריה 2010).

השפעות

באזורים בהם ריכוז המליחות גבוה יותר מהממוצע של מי הים הטבעיים ההשפעות הסביבתיות הינן בלתי נמנעות. רוב האורגניזמים יכולים להסתגל לשינויים קלים ברמת המליחות של סביבת המחיה שלהם, ואף לסבול תנאים קיצוניים, אך לא לאורך זמן רב (Latterman and Hopner, 2008). שינויים בריכוז המליחות יכולים להשפיע על הביטחון הימית. למליחות יתר ישנן השפעות שליליות כגון: צמצום אוכלוסיית הדגים, שינויים בגודל הפריטים, שינויים התנהגותיים ושינויים בהרגלי רבייה (Gunter, 1961).

האבחנה לגבי מיקום הריכוזים הגבוהים יותר של המליחות מאפשרת להבחין אילו אוכלוסיות של הביטחון צפויות להיפגע יותר. בעקבות שקיעת הרכוז אל עבר הקרקעית ניתן להניח, כי ההשפעות הגדולות יותר על הסביבה הימית יופיעו דווקא באזור זה. (Latterman and Hopner, 2008). עשבי הים והאורגניזמים הבנטיים, השוכנים בקרקעית, יושפעו כתוצאה מתופעה זו יותר מהאורגניזמים הפלנקטוניים והפלאגיים, הנמצאים בשכבות גבוהות יותר של עמודת המים (Roberts et al., 2010).

האורגניזמים הבנטיים מהווים חלק בשרשרת המזון – ולכן ישנה משמעות יתרה ליכולת שלהם להמשיך ולהתקיים במקומם הטבעי. קיימים מספר מחקרים שבדקו את השפעותיו של רכוז ההתפלה על אורגניזמים בנטיים שונים וכן על עשבי הים.

למשל, בסמוך למתקן בחוף אליקנטה, ספרד, נעשה מחקר שהתמקד בהשפעות רכוז ההתפלה על עשב הים הנקרא *Poseidonia Oceanica*. לעשב הים חשיבות רבה בסביבה הימית הודות לתפקידו החיוביים השונים:

- הוא מייצר חמצן, שחשוב מאוד עבור אזור הקרקעית, הנחשב לעני יותר בחמצן
- הוא מקבע את החול
- הוא משחק תפקיד משמעותי בהרגלי הרבייה של מספר מינים המשתמשים במרבד העשב כמצע רבייה.

רמת המליחות הטבעית במי הים באגן המערבי של הים התיכון (באזור החוף אליקנטה, ספרד) הינה כ-3.5% (35 פרומיל). על פי נתוני המחקר לפני תחילת פעילותו של המתקן נצפה בקרקעית הים מרבד עשיר של עשב הים. לאחר תחילת פעילותו של המתקן ובעקבות שחרור רכוז ההתפלה העלים של העשב החלו לנשור, גדילתו נעצרה ובהגעת המליחות לרמה של 40 פרומיל נצפתה תמותת העשב. כאשר ריכוז המליחות בסמוך למוצא הרכוז הגיע לרמה של 45 פרומיל – מחצית ממרבד העשב מתה במהלך 15 ימים. אובדן עשב הים משפיע על איכות מי הים, מעודד משקעים ודוחק את האורגניזמים החיים במרבד העשב (Sanchez-Lizaso et al., 2008).

מחקר שנעשה במתקן בדקליה, קפריסין (Fritzmann et al., 2007) נערך 3 שנים לאחר תחילת פעילות מתקן ההתפלה – מציג, כי חלק גדול מאוכלוסיית הקרקעית שהייתה לפני תחילת פעילות המתקן בטווח של כ-100 מטרים ממנו – התדלדלה ובחלק מהמינים, אף, נעלמה. לעומת זאת, אוכלוסיות התולעים הרב זיפיות (Polychaetas) והסרטנאים (Crustaceans) גדלו באופן משמעותי (ראה טבלה מס' 1).

טבלה מס' 1: האוכלוסייה הבנטית במתקן בדקליה (מתוך Fritzmann et al., 2007, עמ' 63)

	Before operation, %	After three years of operation, %
<i>Polychaetes</i>	27	80
<i>Echinoderms</i>	27	—
<i>Scaphopods</i>	26	—
<i>Gastropods</i>	20	—
<i>Crustaceans</i>	—	20

בישראל בסמוך למתקן בפלמחים נצפו תוצאות דומות לאלו של מתקן בקפריסין הנוגעות לגדילת אוכלוסיית התולעים הרב זיפיות והסרטנאים . נערכה השוואה בין נתוני הדיגום שנערך טרם הקמת המתקן - בשנת 2004 (קרס וחבריה, 2005) לבין אלו שנדגמו במהלך הניטור הימי בשנת 2009 (קרס וחבריה, 2010). על פי נתונים אלו ניתן לראות כי בדגימות בשנת 2009 לעומת 2004 נכחו פריטים רבים של סרטנאים (*Canuellina insignis*) (340 פריטים ב-2009 לעומת 7 פריטים בלבד ב-2004), ותולעים רב זיפיות מסוגים שונים. עם זאת נצפתה גם ירידה במגוון המינים בין השנים הנ"ל – למשל, כמות הרכיכות ירדה מ-24 טכסה ל-17 טכסה (בדיוגומי אביב) או Decapoda – מ-9 טכסה ב-2004 ל-3 טכסה ב-2009 (דיגום סתיו).

בעקבות תנאי המליחות השונים באזורים הסמוכים למוצא הרכז ביחס למצב הטבעי בים נמשכים אליהם המינים שיכולים לשרוד בתנאים אלו, שיהפכו למינים השליטים באזור (Latterman and Hopner, 2008). על פי הסקר הביזוי המופיע בדו"ח ניטור בפלמחים ניתן לראות כי כמחצית מהמינים המרכיבים אותו הינם מינים פולשים אשר הגיעו דרך תעלת סואץ מים סוף (קרס וחבריה, 2010).

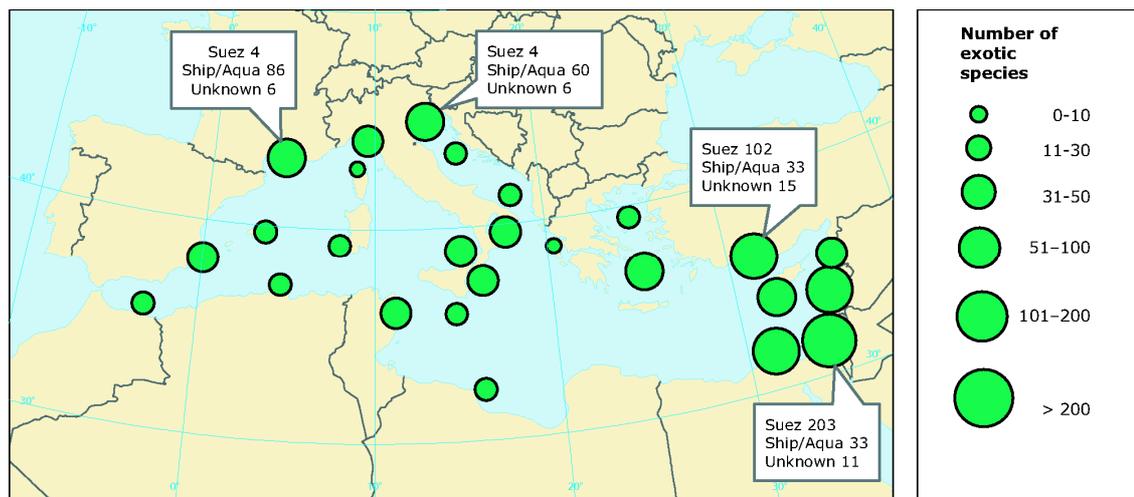
בהתאם למידע המופיע בדו"ח הנ"ל ניתן לראות בבירור כי קיימים הבדלים בנתונים שנאספו בשנת 2004 לעומת אלו של שנת 2009. חלק מהאורגניזמים הבנטיים הולכים ומתחזקים וחלקם דווקא נחלש. למה זה קורה ? יתכן שההבדלים בין השנים הם חלק משינויים טבעיים הבין שנתיים בחברות טבעיות, או שהינם משקפים שינויים מורכבים יותר, בחלקם אנתרופוגניים, המתרחשים לאורך החוף הישראלי בשנים האחרונות.

מינים פולשים מול חופי ישראל

תעלת סואץ, אשר נבנתה ב-1968 לצורך מסחר, חיברה באופן מלאכותי שני ימים שונים מאוד בפאונה (אוכלוסיית בעלי חיים) ובפלורה (צמחיה) שלהם. בים-סוף בעלי חיים ממוצא טרופי, שמקורם באוקיינוס ההודי, בים-התיכון מקורם של בעלי החיים באוקיינוס האטלנטי. לכאורה צפוי היה מעבר שווה של בעלי חיים בין שני הימים, אולם התברר שהמעבר כמעט חד-סטרי מים סוף לים התיכון. עד היום נמצאו 284 מינים של מהגרים "לספסיאנים" מקבוצות שונות, הנקראים כך על שם מהנדס צרפתי פרדיננד דה לספס אשר בנה את תעלת המים שקישרה את הים התיכון לאוקיינוס ההודי. חלק מהמהגרים נקלטו היטב בסביבתם החדשה, עד שקשה להאמין כי לפני מאה שנה לא היו בים התיכון כלל (Galil, 1993, 2007).

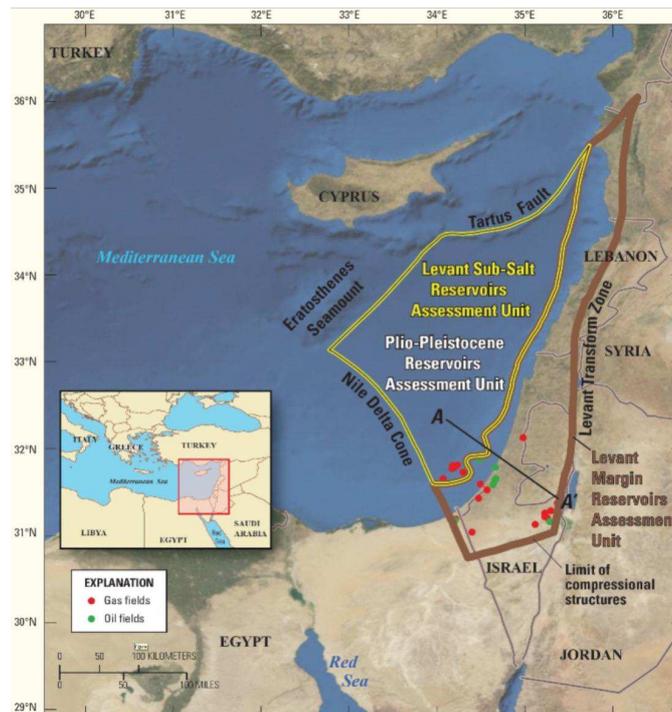
על מנת להבין למה ההגירה רק לכיוון ים התיכון ולא להפך, חשוב להבין תחילה את ההבדלים העיקריים בין ים סוף והים התיכון. ההבדל הבולט ביותר הוא משטר טמפרטורת המים ורמת מליחות שונה, אשר יכולים להגביל או למנוע את התפשטות הדגים מאזור ימי אחד לאחר. בים הסוף, בעיקר במפרץ אילת, טמפרטורת המים קבועה (בין 20 ל-21 מעלות צלזיוס) במשך כל השנה לאורך כל עמודת המים (עד לעומק של 1500 מטר ויותר), תכונה המייחדת אותו מכל מקווי המים בעולם. לעומת זה, בים-התיכון המזרחי קיים משרע טמפרטורות רחב. בחורף יורדת הטמפרטורה ל-14 מעלות ובקיץ עולה ל-28 מעלות ואף יותר (Robinson et al., 2006). מרגע שעבר המהגר-הלספסיאני את "ביקורת הגבולות" הוא חייב להסתגל לתנאי קור קשים בחורף ולסביבה חמה בקיץ. בנוסף להבדלי הטמפרטורה, רמת המליחות של צפון ים-סוף יכולה להגיע ל-5% לעומת מזרח הים-התיכון עם מליחות 3.5% (Arz et al., 2003). אין ספק שלמשטר הטמפרטורה והמליחות חשיבות ראשונה בעיצוב תהליך ההגירה וההתנחלות הלספסיאנים.

מפת מיפוי מינים פולשים בים התיכון של המכון היווני לחקר הים Hellenic Centre for Marine Research מראה, שרוב המינים הפולשים המגיעים דרך תעלת סואץ, מתרכזים באזור המזרחי של ים התיכון (נצפו 203 מינים פולשים דרך תעלת סואץ מול חופי ישראל לעומת רק 4 פריטים של מינים פולשים מים סוף באזור המערבי של הים התיכון) (איור 1).



איור 1: פיזור מינים פולשים בים התיכון, מתוך Hellenic Centre for Marine Research, 2012.

על מנת להסביר ריכוז גבוהה של המינים הפולשים דרך תעלת סואץ מול חופי ישראל, חשוב לציין שמזרח הים התיכון מאופיין בטמפרטורה ומליחות עולות לאורך זמן ומוכר כאגן לבנט. כפי שהוגדר במפה של השירות הגאולוגי האמריקאי (איור 2), את אגן הלבנט תוחמים: ממזרח - שבר בקעת ים המלח; מצפון וצפון-מערב - שבר טרטוס; ממערב - הר תת-ימי מדרום לקפריסין; מדרום-מערב - החלק הימי של דלתת הנילוס; מדרום - הרי הנגב. שטחו כ-83,000 קמ"ר וחלק ניכר ממנו נמצא בתחום המים הכלכליים של ישראל (קוזלוב ומטיוס, 2010)



איור 2 : אגן הלבנט

(מתוך קוזלוב, ר. מטיוס, א. 2010, עמ' 47)

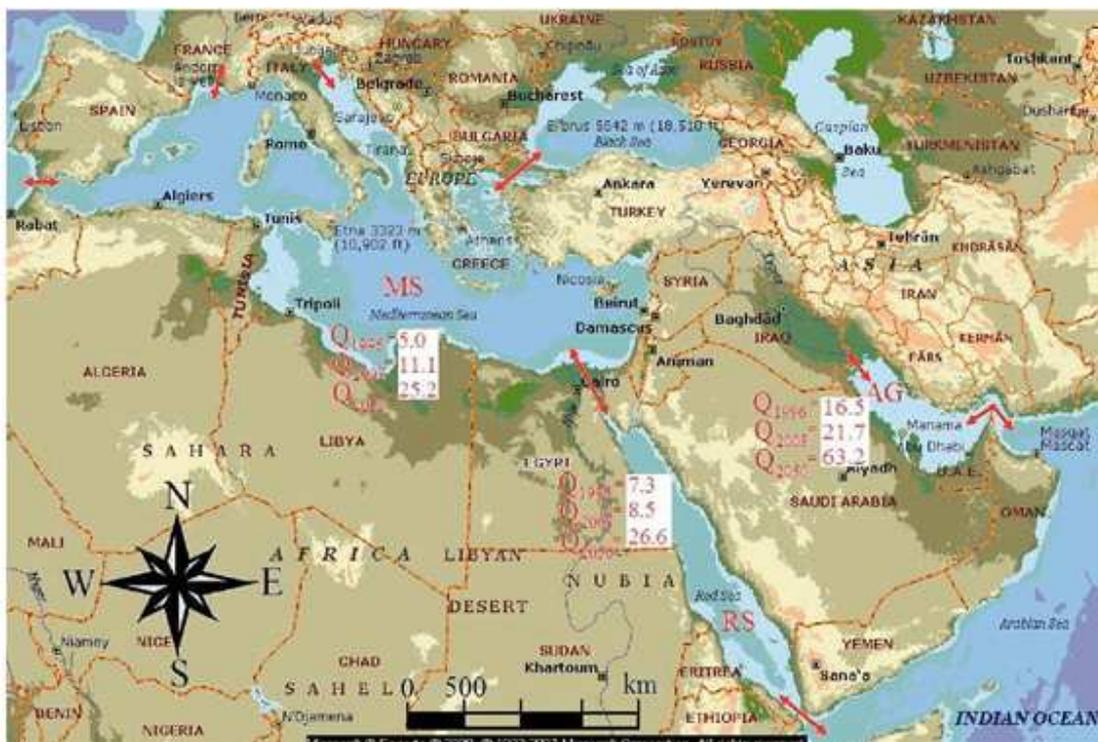
בשונה מהאגן המערבי של הים התיכון העשיר יחסית בחומרי מזון המגיעים אליו דרך מיצרי גיברלטר מהאוקיינוס האטלנטי, רק קומץ מחומרי מזון אלו מגיע לאזור הלבנט באגן המזרחי של הים התיכון. בנוסף לכך, הקמת סכר סואן בשנת 1902 בלמה אף היא את הסעת סחפת עשירה בחומרי המזון מנהר הנילוס אל האגן המזרחי של הים התיכון (מטיוס, 2010).

ככל שמתרחקים מן הגיברלטר מזרחה, עוצמת הזרמים נחלשת, ריכוז חומרי ההזנה (נוטריינטים) במים פוחת ועימו קטן הייצור הראשוני, הטמפרטורה עולה ואתה עולה רמת ההתאדות והמליחות. במסלולם הכללי של הזרמים בים התיכון שולט עיקרון סיבובי המנוגד לכוון השעון. תוך כדי תנועתם מזרחה, מתחממים מי האוקיינוס ומואץ תהליך האידוי, המעלה את מליחות וצפיפות המים. ערכי השיא של המליחות מופיעים בחופי ישראל ולבנון, כאן נמדדות מליחות מעל 39%, ערכים הקרובים לאלה שבצפון הים האדום (ים סוף).

מידות חום המים נעות מ- 16°C במרץ עד 30°C באוגוסט (Bertoni and Cartwright, 2007, Robinson et al ., 2006).

עד עכשיו ראינו שאגן המזרחי של הים התיכון מאופיין בעליה בטמפרטורת המים, עלייה במליחות וצפיפות המים במיוחד באזור חופי ישראל, כאן הערכים מתחילים להתקרב לאלה שבצפון הים האדום. בנוסף, ראינו שרוב המינים הפולשים דרך תעלת סואץ נשארים באגן הלבנט ומאיימים על המינים המקומיים. אחת הסיבות לתופעות אלו היא מיקומו המרוחק של האגן המזרחי, אשר מרוחק מחיבור לאוקיאנוס האטלנטי וזרמיו בניגוד לכיוון השעון מדרום לצפון, אשר ביחד יוצרים סוג של אמבטיה בה לא מתחלפים מים תקופות ארוכות.

אנו מניחים שעקב המאפיינים של אגן הלבנט, אשר הוזכרו קודם, הזרמת רכו ההתפלה לתוך הים התיכון יכולה להיות גורם נוסף לעליה במליחות וטמפרטורת המים בים התיכון כולו ובחלקו המזרחי במיוחד. צריכת מים מתוקים עולה באופן קבוע במדינות שממוקמות על החופים של הים התיכון, אשר מקימות מפעלי התפלה רבים על מנת להפיק כמויות גדולות של מים מתוקים ממי הים. מדינות הים התיכון מפיקות בשיטת אוסמוזה הפוכה כ-17% מים מתוקים מהתפלה העולמית (איור 3).



איור 3: מיפוי הזרמת מי רכו לתוך הים התיכון, הים האדום ומפרץ הערבי במיליוני מטרים מעוקבים ליום (מלמ"ק/יום) בשנות 2008, 1996, 2050 (מתוך Bashitialshaaer, 2011, p.135)

ניתן לראות את גדילת היקפי התפלה לפי כמויות מי רכו המוזרמות לתוך הים התיכון ביום: בשנת 1996 לתוך הים התיכון הוזרמו כ-5 מלמ"ק/יום, בשנת 2008 הכמות כבר עלתה לכ-11.1 מלמ"ק/יום. פרוגנוזה מתמטית משנת 2010 לשנת 2050 מראה, שכמות רכו התפלה שיוזרם לים התיכון בשנת 2050 תגיע ל-25.2 מלמ"ק/יום (Raed et al., 2011). לפי כך ניתן להניח, שההתפלה האינטנסיבית והזרמת הרכו בכמויות גדולות לתוך הים התיכון הסגור - גורם המאיץ עליית מליחות באזור אגן הלבנט הרגיש גם כן. לפי כך העלייה במליחות המים ועלית טמפרטורת המים באגן המזרחי של הים התיכון מעודדים גדילת מינים פולשים המגיעים מסביבה מלוחה וחמה יותר דרך תעלת סואץ לחופי ישראל.

מחקרים מקפריסין ומתקן פלמ"חים בישראל שהזכרנו קודם, מצביעים על התחזקות מינים פולשים באזורי שחרור רכו ההתפלה. בעקבות תנאי המליחות השונים באזורים הסמוכים למוצא הרכו ביחס למצב הטבעי בים נמשכים אליהם המינים שיכולים לשרוד בתנאים אלו, שיהפכו למינים השליטים באזור (Latterman and Hopner, 2008). עקב תכונות פיזיות של המליחות, אשר שוקעת לקרקעית בגלל צפיפות גבוהה יותר במיוחד בתקופת חורף ואביב, השפעות סביבתיות שליליות על האורגניזמים הבנטיים בלתי נמנעת. האורגניזמים הבנטיים מהווים חלק בשרשרת המזון – ולכן ישנה משמעות יתרה ליכולת שלהם להמשיך ולהתקיים במקומם הטבעי.

מטרות המחקר

כפי שנסקר בפרקים לעיל, הפעילות הקשורה בהתפלת מים הינה פעילות בקנה מידה נרחב ובשנים הקרובות תקיף פעילות זאת רק בישראל התפלה בסדר גודל כ-600 מליון מ"ק בשנה, ו-1.5 מיליארד מ"ק בשנה מים שנשאבים מהים. פעילות זאת מתווספת על פעילויות אנושיות אחרות, כגון שאיבת מי קירור ע"י תחנות כוח, הזרמה של תמלחות ושיירים תעשייתיים, בוצה עירונית ועוד. מאוד חשוב לשמור על הסביבה הימית ולמזער פגיעה, אם כי ברור שקיים גם צורך לספק מים לאוכלוסייה לפעילויות המשקיות השונות ולטבע.

מטרת המחקר לברר מה הגורמים המרכזיים העלולים לפגוע בסביבה הימית כתוצאה משחרור מי רכו ההתפלה לים התיכון ליד חופי ישראל. בתקופה בה מצוקת מים מתוקים בישראל ושאר מדינות של חופי הים התיכון מצדיקה הקמת מפעלי התפלה בהיקפים גדולים, רק מחקרים מעטים מתייחסים להשפעות של מליחות רכו ההתפלה על הביוטה הימית של הים התיכון. בנוסף, רוב המחקרים בסקירה נעשו על מתקני התפלה קטנים יחסים בהשוואה למפעלים בישראל ולאורך זמן קצר.

מטרת המחקר הייתה להתרכז במליחות כתחום מסוים תוך מיצוי הידע הקיים והצבע על מחקר עתידי. מטרה מרכזית המוצעת בעבודה זאת הינה הגברת העבודה לקביעת רגישות הביוטה הימית לשינויים במליחות והערכה לגבי חומרת השינויים הצפויים.

שאלת המחקר

באיזו מידה צפויים להיווצר אזורי עשירים במלח, בהם תהיה התחזקות של מינים פולשים לספסיאנים וגדילת אוכלוסיית תולעים רב זיפיות וסרטניים וירידה באוכלוסיית רכיכות, חלזונות וכוכבי הים, עקב שחרור רכוז ההתפלה ליד חופי ישראל?

השערות המחקר

1. באזורי מוצא התמלחת ממתקני ההתפלה ייווצרו אזורי עשירים במלח, בעיקר בשכבה הבנטית מעל הקרקעית, עקב שקיעת מים מלוחים לקרקע.
2. באזורי המלוחים תהיה עליה בספירת מינים פולשים לספסיאנים המגיעים מים סוף דרך תעלת סואץ.
3. אוכלוסיית אורגניזמים בנטיים החיים בקרקעית הים ממינים תולעים רב זיפיות וסרטנאים צפויה לגדול באזורי המלוחים.
4. אוכלוסיית אורגניזמים בנטיים החיים בקרקעית הים ממינים חלזונות, רכיכות וכוכבית ים צפויה להדלל באזורי המלוחים.
5. במידה ושלוש השערות תאומתנה, הרי שמתקיימת השפעה שלילית של שחרור רכוז ההתפלה על הביטחון הימית של הים התיכון המתבטאת בדילול האורגניזמים הבנטיים (חלזונות, רכיכות וכוכבית ים) המהווים חלק בשרשרת המזון וחיזוק מינים פולשים ואורגניזמים בנטיים ממינים סרטנאים ותולעים רב זיפיות.

שיטות המחקר

על מנת להשיג את מטרת המחקר ואף לאשש את ההשערות שהועלו, ניתן להשתמש במספר שיטות עיקריות במחקרים העתידיים:

1. שחרור תמלחות הינו שלב בלתי נמנע בהתפלה. להערכת השינויים הביולוגיים בגלל שחרור התמלחת יש צורך בביצוע מיפוי וסקרים ביולוגיים קפדניים ורב שנתיים ביעדים לשחרור התמלחת. בנוסף, חשוב לבצע סקר הרקע עוד לפני תחילת הזרמת רכוז ההתפלה לים (מתקן התפלה שורק הגדול מסוגו בעולם, אשר מתוכנן להתחיל לפעול באפריל 2013 ומתקן באשדוד המתוכנן לפעול בשנת 2014 – שניהם מתאימים לביצוע סקרי קרקע ביולוגיים מקדים באזורי המיועדים לשחרור התמלחות). לשם מעקב יש לבצע ניטורים לאורך חופי ישראל וניתוח נתונים סטטיסטיים, אשר יבוצעו על ידי אנשי מקצוע בעלי ידע בזיהוי מינים ימיים.

2. חשוב לבצע ניסוי מעבדה עם מניפולציות על אורגניזמים השונים לרגישותם למליחות. ניתן לבדוק רמת מליחות קריטית בה היצורים הבנטיים ממגוון מינים רכיכות וחלזונות וכוכבי ים יכולים לשרוד. חשוב לעקוב אחרי תהליכי רבייה של המינים הבנטיים השונים על מנת לראות איך שינוי במליחות משפיע על התפתחות המין או הכחדתו.

3. כיום אין ידע לגבי השפעות גובה הצנרת מעל קרקעית הים ומרחקה מהחוף על השטח המושפע. על מנת לפתח מודלים לאופי שחרור התמלחת האופטימאלי, יש לבחון פתחי שחרור שונים במתקני התפלה קיימים, תוך התייחסות לאופי הזרמת התמלחת (יש מתקנים בהם התמלחת מוחזרת ביחד עם מי קירור של תחנות כוח, גם מרחק מהחוף שונה בין מתקן למתקן), לזרמים באותם האזורים ולשינויים של הביטה הימית.

סיכום ומסקנות

כדי להתמודד עם המחסור במים מוקמים במדינת ישראל מתקנים להתפלת מי ים לאורך חופי הים התיכון. פעילות זו חיונית לצורכי קיום ופיתוח המדינה, ועם זאת, יש לה השפעות שונות על הסביבה הימית. קיימים חלוקי דעות וסכסוכים בין הגופים והאישים האמונים על נושאי קידום ההתפלה לבין אלה האחראים והאמונים על הסביבה הימית. חלק מהם נובעים מחוסר הידברות ומעמדות שאינן מבוססות בהכרח על עובדות ועל שיקולים מקצועיים. למרות שישראל היא בין המדינות הראשונות בעולם בצפיפות ובאינטנסיביות של מערכות להתפלת מים, תהליך התפלת מי הים נמצא עדיין בשלב שחסר בו ידע בדוק.

מחקר נוכחי מעלה לדיון רגישות הביטה הימית לשינויים במליחות. עקב תכונות פיזיות של המלח המצוי ברכז ההתפלה, עתידים להיווצר אזורים בעלי מליחות גבוהה בשכבה הבנטית של הים התיכון בסמוך לקרקעית ליד פתחי שחרור הרכז. שינויים אלו, מצד אחד, יגרמו לדילול האורגניזמים הבנטיים, כגון חלזונות, רכיכות וכוכבי הים המהווים חלק בשרשרת המזון, ומצד שני, האזורים המלוחים ימשכו אליהם את המינים הפולשים המגיעים דרך תעלת סואץ, ואוכלוסיית האורגניזמים הבנטיים ממינים סרטנאים ותולעים רב זיפיות תגדל. כל השינויים הצפויים עלולים לשנות את הביטה הימית ליד חופי ישראל ונדרשים מחקרים נוספים כדי להעריך את חומרת השינוי.

חשוב להגדיר תחום המליחות הקריטי לביטה הימית, כי ללא קבלת ערכים אלה לא ניתן להעריך את גודל שטח הים שקיים לגביו חשש להשפעה על הביטה וכן קשה להעריך מה משמעותה של השפעה כזו. בנוסף, יש צורך במערכת למדידה של זרמי מים בים, רוחות ופיזור המלח. כמו כן, חשוב לקבוע בעזרת ניתוח נתונים קיימים, ובמידת הצורך גם באמצעות מדידות, מהי השונות הטבעית של ריכוזי מלח בים, ולבדוק אם הריכוזים ליד נקודות השחרור חורגים ממשרעת השינויים הטבעית. מומלץ להכין מודל שיתאר את הצפוי בטווח הארוך, עד שנת 2050, וייתחם להשלמה הצפויה של מערכת מתקני ההתפלה.

מומלץ להקים בישראל, בשיתוף עם מדינות אחרות, מערכת לבדיקות, למחקר וללימוד נושא ההתפלה, בפרט באשר לבעיות הסביבתיות הכרוכות בהתפלת מי הים, כגון הזרמת תמלחת מול חופי ישראל. אמנם לא ניתן להימנע מהזרמת התמלחות לים, אך אין ידע מספיק להערכת השפעה הביולוגית של פעולה זו. נקודה זאת מעלה חשיבותו של המחקר הנוכחי כמצביע על רגישות הביטה הימית לשינויים במליחות וקורא להערכה לגבי חומרת השינויים הצפויים.

רשימה ביבליוגרפית

- דרומי, ד. 2008. השתלשלות האירועים העיקריים בתחום ההתפלה בישראל. אוניברסיטת תל אביב.
- דרומי, ד. 2008. מתקן ההתפלה באשקלון ובעיית "הכתם האדום", אוניברסיטת תל אביב.
- קס, ג., שהם-פרידר, א., חרות, ב. ואחרים, 2005. ניטור ימי עבור מתקן התפלה עתידי בפלמחים: דו"ח סופי לתוצאות דינומי מאי 2004 וספטמבר 2004. דו"ח חיא"ל H11/2005
- קס, ג., גליל, ב., שהם-פרידר, א., 2010. ניטור ימי באזור הזרמת רכו התפלה ממתקן ההתפלה בפלמחים ממצאי הניטורים שבוצעו במאי ובספטמבר 2009: דו"ח סופי. דו"ח חיא"ל H27/2010.
- גלזר, ע., כהן, י., אברמזון, כ., היאמס, ל., 2012. ניטור הסביבה הימית והחופית אתר תחנת הכח "אורות רבין" מתקן התפלת מי ים H2ID – דו"ח לשנת 2011. דו"ח מסי R-ELP-9-2012.
- קוזלוב, ר. מטיוס, א. 2010. מזרח הים התיכון: הפער בין הפוטנציאל הכלכלי לידע המדעי. אגרת מפעילות האקדמיה. (32) עמ' 47.
- שהם, י. שריג, ע. 1997. התפלת מים בישראל, תל אביב, מקורות חברת המים הלאומית

Arz, H.W., Lamy, F., Pätzold, J., Müller, P.J., Prins, M., 2003. Mediterranean moisture source for an Early Holocene humid period in the Northern Red Sea. *Science* 300, 118–121

Bashitialshaaer, R., Persson, K. and Aljaradin, M., 2011. Estimated Future Salinity in the Arabian Gulf, the Mediterranean Sea and the Red Sea Consequences of Brine Discharge from Desalination. *International Journal of Academic Research*, Vol. 3, 133-140.

Bertoni, C., Cartwright, J., 2007. Major erosion at the end of the Messinian Salinity Crisis: evidence from the Levant Basin, Eastern Mediterranean. *Basin Research* 19, 1–18.

Fernandez-Torquemada, Y., Sanchez-Lizaso, J., Gonzalez-Correa, J., 2005. Preliminary results of the monitoring of the brine discharge produced by the SWRO desalination plant of Alicante (SE Spain). *Desalination* 182, 395-402.

Fritzmann, C., Lowenberg, J., Wintgens, T., Melin, T., 2007 State-of-the-art of reverse osmosis desalination. *Desalination* 216, 1-76

Gacia, E., Invers, O., Manzanera, M., Ballesteros, E., Romero, J., 2007. Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72, 579-590.

Galil, B.S., 2007. Seeing red: alien species along the Mediterranean coast of Israel. *Aquat Invasions*, 2, 281–312.

Galil, B.S., 1993. Lessepsian migration: new findings on the foremost anthropogenic change in the Levant basin fauna. ,in: N.F.R. Della Croce (Ed.), *Symposium Mediterranean Seas 2000*, University of Genova, Istituto di Scienze Ambientali Marine, Santa Margherita Ligure (1993), pp. 307–323

Gunter, G., 1961. Some relations of estuarine organisms to salinity. *Limnology and Oceanography* 6, 182-190.

Lattemann, S., Höpner, T., 2008. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *Desalination* 220, 1–15.

Malfeito, J., Diaz-Caneja, J., Farinas, M., Fernandez-Torrequemada, Y., Gonzalez-Correa, J., Carratala-Gimenez, A., Sanchez-Lizaso, J., 2005. Brine discharge from the Javea desalination plant. *Desalination* 185, 87-94.

Raventos, N., Macpherson, E., Garcia-Rubies, A., 2006. Effect of brine discharge from a desalination plant on macrobenthic communities in the NW Mediterranean. *Marine Environmental Research* 62, 1-14.

Roberts, D., A., Johnston, E., L., Knott, N., A., 2010. Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies, *Water Research* 44, 5117-5128 .

Robinson, S., Stuart, B., Sellwood, B., Valdes, P., 2006. A review of palaeoclimates and palaeoenvironments in the Levant and Eastern Mediterranean from 25,000 to 5000 years BP: setting the environmental background for the evolution of human civilization. *Quaternary Science Reviews* 25, 1517–1541.

Tenne. A. 2010. *Sea water Desalination in Israel: Planning, coping with difficulties, and economic aspects of long term risk*. Water Authority, Desalination Division.

Sadhvani, J., Veza, J., Santana, C., 2005. Case studies on environmental impact of seawater desalination. *Desalination* 185, 1-8.

Sanchez-Lizaso, J., Romero, J., Ruiz, J., Gacia, E., Buceta, J., Invers, O., Torrequemada, Y., Mas, J., Ruiz-Mateo, A., Manzanera, M., 2008. Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants. *Desalination* 221, 602-607.

מקורות אינטרנט:

אבנימלך י. 2012. הוועדה לבדיקת השפעות פעולות משק המים (התפלה) על הסביבה הימית - דו"ח מסכס. המכון למחקר המים ע"ש סטיבן ונסי גרנד, הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל :

www.gwri-ic.technion.ac.il/pdf/News/general_abstract.pdf

גור, א. מבוא לים התיכון, נשלף בתאריך 8.3.13 :

http://amirgur.com/?page_id=483

צלול – עמותה לאיכות הסביבה, 2010. חוברת תקצירים יום העיון "התפלה – כמה זה עולה לים?", נשלף

ב20.1.13 מתוך : <http://www.zalul.co.il/artical646.asp>

המשרד להגנת הסביבה, 2008. מתקני התפלה והזרמה לים – מדיניות המשרד להגנת הסביבה, נשלף 13.3.13 מתוך :

<http://old.sviva.gov.il/Environment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWha t=Object&enDispWho=Articals%5E1665&enZone=beach>

ראשות המים, המים בכדור הארץ, נשלף ב 13.3.13 מתוך :

<http://www.water.gov.il/Hebrew/Water-Environment/Pages/The-Water-in-the-Earth.aspx?P=print>

Hellenic Center for Marine Research, 2012. *Distribution of exotic species across the Mediterranean Sea and mode of introduction in selected areas*, retrieved 3.3.13 from:

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/distribution-of-exotic-species-across-the-mediterranean-sea-and-mode-of-introduction-in-selected-areas>

ראיונות אישיים:

ספראי איריס, 10.1.2013. ראיון אישי, חיפה, מראיינים חוקרי הקבוצה.

יובל כהן, 29.10.12. הרצאה: הסביבה הימית בעידן האנתרופוצן" וראיון אישי אחרי ההרצאה, אוניברסיטת ת"א. מראיינים חוקרי הקבוצה.

בית ספר ללימודי סביבה ע"ש פורטר I אוניברסיטת תל אביב

מהן המשמעויות הכלכליות והסביבתיות של

הקמת ריפים מלאכותיים בחופי

ים התיכון של ישראל?

נכתב במסגרת קורס פרויקטים לחקר הסביבה בנושא

אדם-ים וסביבה תשע"ג

מנחה הפרויקט: דוקטורנט דורון שולץ

מנחה הקורס: פרופ' אביטל גזית

מגישים: אפרת בר, לירון דן, אליאב שטול-טראורינג

מרץ 2013

תוכן עניינים

3	תודות.....
4	תקציר.....
5	מבוא.....
7	אקולוגיה של ריף מלאכותי.....
7	שלבים בהתפתחות הריף המלאכותי.....
8	הרכב החברה בריף המלאכותי בהשוואה לריף טבעי.....
8	משיכה מול ייצור ביומסה חדשה בריף מלאכותי.....
9	ר"מ והאקולוגיה של החוף הישראלי בים התיכון.....
11	עיצוב סביבת הריף המלאכותי- מצע ומבנה.....
11	ממה עשויים ר"מ?.....
12	חשיבות סוג המצע.....
14	השפעת המבנה על תהליכי ההתיישבות.....
14	סוגי מבנים ייעודיים.....
15	מקרי בוחן.....
16	כדאיות כלכלית של ריפים מלאכותיים.....
16	ר"מ לעידוד דיג.....
16	ר"מ למטרות אקולוגיות.....
17	אסדרה ותקנים של ר"מ.....
17	חישוב הפוטנציאל כלכלי של ריפים מלאכותיים.....
18	-עלויות.....
19	-שיטות חישוב פוטנציאל כלכלי.....
20	ריפים מלאכותיים למטרת צלילה.....
21	מטרת המחקר וחשיבותו והשערת המחקר.....
22	שאלות ושיטות המחקר.....
23	סיכום.....
24	ביבליוגרפיה.....

תודות

דורון שולץ

פרופ' אביטל גזית

ד"ר שמרית פרקול- פינקל

שבי רוטמן

דפנה ליטוין



"The Silent Evolution" Artificial Reef Art Installation, Mexico. Photo: Reuters/Jorge Silva

תקציר

בעבודה זו בחנו את הפוטנציאל הכלכלי, חברתי ואקולוגי של הקמת ריפים מלאכותיים בחופי ים התיכון של ישראל. ריפים ובתי גידול ימיים בכלל, נמצאים תחת לחצים אנתרופוגניים רבים ולכן יש ניסיון גובר של שימוש בריפים מלאכותיים ככלי לשיקום והורדת הלחץ מבתי גידול טבעיים. מחקרים רבים מראים שריף מלאכותי יכול לחקות ריף טבעי בהינתן המבנה והחומרים המתאימים, אך יש חשיבות בשימוש בחומרים שאינם מהווים מקור זיהום לסביבה הימית ועמידים לאורך זמן. למרות זאת, החוקרים עדיין חלוקים בקשר להשפעותיהם של ריפים מלאכותיים על הסביבה הטבעית. לפיכך, כל ריף מלאכותי צריך להיות מפוקח ומנוטר על מנת לעקוב אחר השפעותיו לטווח הארוך החל משלב התכנון ועד סוף ימיו. בעבר שימשו ריפים מלאכותיים בעיקר להגברת ניצולת דיג מסחרי, אך כיום ישנה מגמה להקמת ריפים שמשמשים מגוון מטרות שונות - אקולוגיות וחברתיות במקביל. בנוסף, נבחנו מספר שיטות לאמוד את הערך הכלכלי של הקמת ריף מלאכותי, שבעזרתם אפשר להעריך את הפוטנציאל הכלכלי תוך בחינת העלויות והתשומות האפשריות. לסיכום, אנו ממליצים בחינה מעמיקה של הפוטנציאל הכלכלי, חברתי ואקולוגי של הקמת ריף מלאכותי בחופי הים התיכון של ישראל שישמש כאתר צלילה כחלק משמורת טבע עתידית.



Neptune Memorial Reef, Florida, USA. Photo: AP Photo/Wilferdo Lee

מבוא - מה הם ריפים מלאכותיים

מי האוקיינוסים והימים מלאים ביצורים מיקרוסקופיים, תוצרי רבייה מינית, הנעים עם הזרם ומחפשים מצע מתאים להתיישבות. אחוז נמוך מקרקעית הים היא מצע קשה אך רוב רובה היא קרקע רכה ודינאמית שלא מאפשרת לחיים להתפתח עליה. (Foster et al., 1994)

ריף טבעי או שונית הוא בעצם כל מצע קשה הנמצא בפני הים או תחתיו המהווה בית גידול לאורגניזמים שונים. רוב הריפים נוצרים בצורה א-ביוטית, כלומר כתוצאה מתהליכים פסיקליים כמו חשיפת סלעים מהקרקע והשקעה של סדימנט. אך הריף הידוע ביותר בעולם, ריף האלמוגים, הינו תוצר של תהליך ביוטי ייחודי הנקרא "בנייה ביוגנית". בתהליך זה מתיישבים על המצע בע"ח ימיים המשקיעים גיר מגוף המים אל מבנה השונית ובכך יוצרים מצע חי מורכב ומתפתח. בע"ח אילו נקראים גם "בוני הריף". (Goren and Galil, 2001) הריפים הטבעיים מהווים מערכת אקולוגיות ייחודית, בעלת יצרנות ראשונית גבוהה ומגוון ביולוגי שאין שני לו. (Perkol-Finkel et al., 2006)

בשנים האחרונות, נמצא בית הגידול הטבעי תחת לחצים סביבתיים עולים וגוברים: משבר האקלים, עליית מפלס המים והחמצת האוקיינוסים אשר לוו בלחצים אנתרופוגניים כמו דיג יתר, זיהום ועוד. בעשורים האחרונים נעשה שימוש הולך וגובר בריפים מלאכותיים כחלק ממגמה שמטרתה להוריד לחצים אלו ולשקם את בית הגידול הטבעי. (Perkol-Finkel et al., 2006)

ר"מ להבדיל מריפים טבעיים, הינם ריפים מעשה ידי אדם אך ישנם חילוקי דעות רבים בקשר להגדרות מדויקות. על פי 'הרשת האירופאית לריפים מלאכותיים' (EARRN) ר"מ הינם "מבנים שהוכנסו לקרקעית ים בכוונה תחילה, על מנת לחקות מאפיינים של ריפים טבעיים." (Jensen, 1997) הגדרה זו בעייתית מכיוון שהיא כללית מאוד ומתעלמת ממבנים תת ימים עם מטרות נוספות כמו שוברי גלים, מזחים ועוד. כמו כן, ישנם מבנים תת ימים אחרים דוגמת פלטפורמות גז ונפט עם מאפיינים דומים לר"מ ייעודיים שהוקמו לחקות ריף טבעי. (Pickering et al., 1998)

ריפים מלאכותיים היו קיימים מאז שאבות אבותינו התחילו להשליך אובייקטים לתוך המים. עצים, מכוניות, צמיגים וספינות טבועות כולם עתידים לשמש כמצע לר"מ. הר"מ מוסיף מימד אנכי לאוכלוסייה הבנטית. עם עליית המודעות לנושאי סביבה וזיהום סביבת הים, החלו לחוקק בעולם חוקים נוקשים יותר בנוגע למה מותר ומה אסור להשליך לים, וההגדרות הרשמיות כמו של EARRN התחילו להתייחס לריפים כאל מבנים שהוכנסו לקרקעית בכוונה תחילה לעודד תהליכים שקשורים לעידוד פעילויות כלכליות ופעילויות אחרות שקשורות לחיים האקוויטיים שמתפתחים על המבנים התת קרקעיים. (Williams, 2008)

מכיוון שמחקר זה מציג זווית רחבה של השימושים והסוגים השונים של ר"מ, מצאנו לנכון להשתמש בהגדרתו של Seaman:

"ריפים מלאכותיים הינם מבנים מחומר מוצא טבעי או מעשה ידי אדם, שהושקעו על קרקעית הים במטרה להשפיע על תהליכים פיזיקליים, ביולוגיים או סוציאקונומיים הקשורים למשאבים ימיים".

(Seaman, 2000)

בעבודה רב תחומית זו נסקור את המטרות השונות להקמת ר"מ, החומרים השונים האפשריים, והשפעות שיש לריפים מלאכותיים מבחינה כלכלית, ביולוגית וסביבתית. בתום סקירה זו נתמקד ונבחן אפשרות להקמת ר"מ בחופי הים התיכון של מדינת ישראל, תוך התחשבות במרקם המקומי ובצרכים שהוא מביא עמו.



Former missile-tracking ship "Vandenberg" in Florida Keys, USA. Photo: Reutres/Don Kincaid

אקולוגיה של ריף מלאכותי

שילבים בהתפתחות הריף המלאכותי

כאשר באים לבחון את המשמעויות האקולוגיות של ריף מלאכותי תחילה יש להבין את תהליך ההתפתחות של ריף מסוג זה. כשאנו מורידים ר"מ מתחת למים ניתן לאפיין מספר שלבי התיישבות על המצע.

בשלב הראשוני, הנקרא גם השלב המהיר, יש התיישבות של אוכלוסיית צימדה (Biofouling). חסרי חוליות ישיבים כמו תולעים, רכיכות, אצטלנים, חי טחביים זעירים ואצות מכסים את פני השטח של העצם הטבוע. שלב זה מגיע לסיומו תוך מספר חודשים מרגע הטבעת הריף. (Cummings, 1994)

השלב השני, שלב הכנה. בו מתרחשת עלייה במורכבות המצע כתוצאה מהתיישבות של אצות וחסרי חוליות המשקיעים שלד גירני. שלב זה נמשך כשנה.



ספוג גירני מסוג *Calcarea*. צולם בניצן ע"י שבי רוטמן.

בשלב השלישי, שלב הבנייה הראשוני, מתרחשת עלייה מוגברת במורכבות המצע כתוצאה מהתיישבות של בעלי חיים ימיים בוני ריף. השלב הרביעי, המשך בניית והתפתחות הריף עד ליצירת חברה יציבה ומורכבת. שלב זה יכול להימשך עשרות שנים.

במקביל להתפתחות האוכלוסייה הישיבה מתרחש אכלוס של דגים. דגים נמשכים למבנים מלאכותיים ומאכלסים אותם בכמויות גדולות. (Grove et al., 1991) דגים מאכלסים את הריף שעות ספורות לאחר הטבעתו. אוכלוסיית הדגים מגיעה לשיא תוך מספר חודשים ולאיוון אחרי 5 שנים. (Bohnsack and Southerland, 1985) תהליכי

התיישבות על הריף הינם תהליכים דינאמיים התלויים במשתנים רבים כמו אתר ההטבעה, מאפייני המצע ועוד עליהם נרחיב בהמשך.

הרכב החברה בריף המלאכותי בהשוואה לריף הטבעי

על מנת לקבוע האם ר"מ יכולים לשמר סביבות טבעיות תחילה יש לענות על השאלה האם ריפים מלאכותיים יכולים לחקות ריפים טבעיים? יכולתו של הריף המלאכותי לחקות סביבה טבעית תלויה רבות בהצלחת תהליכי ההתיישבות והתפתחות הריף כפי שתוארו. התיישבות של חסרי חוליות, דגים ואצות משפיעה על מורכבות האתר, מגדילה את יכולת הנשיאה של המערכת ומושכת מינים אחרים שיבואו למצוא בחסותה מזון ומסתור.

גורם חשוב בהתפתחות הריף המלאכותי הוא מיקומו ביחס לריף טבעי. קירבה לריף טבעי תקל בגיוס אוכלוסיות צעירים חדשות ותסייע ביצירת מגוון מינים ועושר אקולוגי בסביבה המלאכותית. (פרקול, 2002) לא קל להשוות בין ריף טבעי לריף מלאכותי. ריפים טבעיים התפתחו לאורך מאות מיליוני שנה בעוד רוב הריפים המלאכותיים הנחקרים התפתחו לאורך עשרות עד מאות שנים בלבד. (פרקול, 2002) מחקרים שבדקו אתרים בני עשרות שנים הראו הבדלים משמעותיים בהרכב האוכלוסיות. (Perkol-Finkel and Benayahu, 2004)

מחקר שנעשה בים סוף בחן את הרכב אוכלוסיות אלמוגי אבן ואלמוגים הרכים על ריף מלאכותי, הספינה קינגסטון שהייתה טבועה כ-119 שנה בעת המחקר בהשוואה לריף טבעי הנמצא בקירבתה. הראו כי קיים שוני בהרכב החברות והוא נובע בעיקר מההבדלים בין מבנה הריף הטבעי לריף המלאכותי. במקומות בהן ניכר הבדל במבנה הר"מ משכנו הטבעי כל המדדים הטבעיים הראו העדפה לריף הטבעי. מכאן כי התנאי העיקרי להצלחתו של ר"מ לחקות ריף טבעי בקרבתו הוא יכולתו לחקות את מבנהו של האחרון (Perkol-Finkel et al., 2006). ר"מ בעל מבנה דומה יגיע להרכב חברה זהה לר"מ טבעי ואילו ר"מ בעל מבנה שונה לא יגיע להרכב זהה גם אחרי מאות שנים. (Perkol-Finkel and Benayahu, 2004)

משיכה מול ייצור ביומסה בריף מלאכותי

לריפים מלאכותיים פוטנציאל גיוס של אוכלוסיות ישיבים ודגים. אחת השאלות האקולוגיות החשובות שמתעוררות נוכח פוטנציאל זה היא האם ריפים מלאכותיים מייצרים ביומסה חדשה או רק מושכים אוכלוסיות בוגרות מריפים טבעיים קרובים. קיימות עדויות לכאן ולכאן אך הדיון בנושא זה טרם הגיע לקונצנזוס.

אלו המצדדים ביכולת הריף לייצר ביומסה טוענים כי המצע הקשה בקרקעית הים הינו גורם מגביל וקריטי בהתפתחות החיים בו. (Bohnsack, 1989) הטבעתו של ריף מלאכותי בסמוך לריף טבעי מעלה את יכולת

הנשיאה של המערכת כולה ובכך מגדילה את הביומסה של בע"ח מאכלסי ריף. (Polovina, 1994) לריף המלאכותי פוטנציאל לשמש מצע התיישבות לאוכלוסיות בנטיות, ובכך להגדיל את זמינות המזון, ומאפשר תמיכה באוכלוסיות הנמצאות במעלה שרשרת המזון. האוכלוסיות הבנטיות גם תורמות למורכבות המצע המספק מסתור והגנה מטריפה וזרמים לדגים וחסרי חוליות ניידים. (Spainer, 1996)

בנוסף, מהווים הריפים המלאכותיים בית גידול לאוכלוסיות שנמצאות תחת לחצי דיג כבדים וסכנת הכחדה בבית הגידול הטבעי שלהן. (Stone et al., 1979) ומנגד נטען כי ריפים מלאכותיים אינם מגייסים אוכלוסיות חדשות של דגים צעירים, הם מנצלים העדפה התנהגותית של דגים ומשמשים כמתקן משיכה לאוכלוסיות בוגרות של דגים מבלי לייצר ביומסה חדשה. (Bonshack, 1989) בעוד שמחקרים הראו כי אכן קיימת עלייה משמעותית בביומסה של אוכלוסיות ישיבות לאחר הטבעתו של הר"מ, עבור אוכלוסיות הדגים התוצאות אינן חד-משמעיות. (Foster et al., 1994)

במחקר שנעשה ע"י קבוצת חוקרים בברזיל נבדקו אוכלוסיות של ארבעה מיני דגים טורפים להם ערך מסחרי, והשוו בין ארבעה אתרים שונים, שתי ספינות טבועות ושני ריפים טבעיים הנמצאים בקרבתם. המטרה הייתה לבדוק האם קיים ייצור ביומסה על הריפים המלאכותיים. המדד לייצור ביומסה חדשה נקבע על-פי הימצאותם של פרטים בגדלים של 6-10 ס"מ על הריף.

תופעת המשיכה נקבעה על-פי נוכחות בלעדית של פרטים בוגרים בריף. אל אף שעבור מין מסוים נמצאו פרטים צעירים בסביבת הריף המלאכותי, תוצאות המחקר הראו בבירור כי קיימת תופעת משיכה מובהקת עבור שניים מהמינים המסחריים שנבדקו ורק עבור מין אחד נמצאו פרטים צעירים.

מסקנות המחקר היא כי על אף שקיים ייצור ביומסה עבור מינים מסויימים, לא ניתן להתעלם מאלמנט המשיכה החזק של שיש לר"מ על אוכלוסיות הדגים והדגים הטורפים בפרט, משיכה זו משנה את משטר הטריפה בבית הגידול הטבעי ויוצרת תחרות בינו לבין הר"מ על זמינות נוטריינטים. ריכוז גבוה של דגים בעלי ערך מסחרי דורש ניהול נכון של הר"מ הכולל רגולציה ופיקוח על הדיג בו. (Thiony et al., 2011)

ר"מ והאקולוגיה של החוף הישראלי בים התיכון

החוף הישראלי, הממוקם בפינתו הדרומית והמזרחית ביותר של הים התיכון, מאופיין בטמפרטורה ובמליחות גבוהה וריכוז נוטריינטים נמוך, שהלך ופחת עם הקמת סכר הסוואן על הנילוס בשנות ה-60. מאפיינים אילו מהווים גורם מגביל ליצרנות הראשונית שנמוכה מאוד באזורנו. מכאן כי דרום מזרח הים התיכון, המכונה גם אגן הלבנט, הינו אזור שמאופיין בעושר ומגוון מינים דל בהשוואה למערב. (Goren and Galil, 1997)

הריף הסלעי בחוף הים התיכון הישראלי הינו מצע גירני אשר הבנייה הביוגנית עליו בתחום הכרית נעשית ע"י שני חלזונות ימיים ישיבים, צינורן בונה (*Dendropoma petraeum*) וסלסולן משולש (*Vermetus triquetrus*). חלזונות המשקיעים קונכייה צינורנית על כרכוב הסלע ומתחזקים מבנה ייחודי הנקרא "טבלות גידוד". על פני הטבלות נוצרות "בריכות גאות ושפל" שבהן מוצאים מסתור מינים רבים של דגים וח"ח קטנים. מתחת לכרכוב הטבלה, באיזור התת כרית, מקום בו תהליכי בלייה של המים יצרו מבנה של "צנר" המשמש גם הוא בית גידול ייחודי למינים רבים של אצות, ספוגים, אצטלנים ועוד. (Goren and Galil, 2001). מתצפיות של חוקרים מהמכון לחקר הימים לאגמים, שטרם עוגנו במאמר, נראה כי בחופים סלעיים רבים הופסקה הבנייה הביוגנית טרם אומתה הסיבה.

הים התיכון כולו והחופים המזרחיים בפרט נמצאים תחת לחץ אנתרופוגני מתמשך ושינוי מתמיד. אחת ההשפעות החזקות ביותר היא תופעת "ההגירה הלספסית", הגירה של מאות מינים של דגים וח"ח אינדו פאסיפיים דרך תעלת סואץ המחברת את הים התיכון עם ים סוף. האוכלוסיות החדשות שהתבססו בחוף הישראלי מתחרות עם האוכלוסיות האנדמיות על מקורות מזון ומחסה בבית הגידול הסלעי. השפעה אנתרופוגנית נוספת היא לחץ הדיג האינטנסיבי שהביא לירידה משמעותית של פרטים מסחריים ולא מסחריים (Bycatch) בעיקר כתוצאה מדיג מכמורתן שאינו סלקטיבי (Goren et al., 2010). בנוסף, מעבודת הדוקטורט של דורון שולץ, מבי"ס פורטר מתגלים נתונים המראים כי לדיג חובבני היקף נרחב אף כן. קיימות עדויות לירידה משמעותית של מינים בעל ערך מסחריים, כמו הדקריים, שהריף הסלעי הוא בית גידול הטבעי (אהרונוב, 2002) כנראה בעיקר כתוצאה משימוש הולך וגובר ברובה צלילה בקרב חובבי הספורט.

בארץ רוב המחקרים בנושאי האקולוגיה של ריפים מלאכותיים נעשו באילת ויש מקום למחקר נוסף שיבחן את הפוטנציאל של ר"מ לתמוך בבית הגידול המקומי ולשמר את המינים המקומיים בחופי הים התיכון.

באפריל שנה שעברה הוטבעה ספינת מכמורתן בשם "ניצן" מול חופי נהרייה. הפרוייקט, שהיה יוזמה של התאחדות הצלילה ונעשה בשיתוף עם רשות שמורת הטבע והגנים וחיל-הים, כלל סקרים מקדימים ומלווה בפיקוח ניטור ומחקר עד היום מצלילה באתר ניתן לראות בתמונה כי החלה התיישבות של ח"ח גירניים על פני הריף. טרם התפרסמו נתונים מדעיים.

עיצוב סביבת הריף המלאכותי- מצע ומבנה

ממה עשויים ר"מ?

חומרים רבים יכולים לתת מענה לביסוסם של ריפים מלאכותיים עליהם נמנים- כלי ברזל חלולים, פלטפורמות של גז ונפט, כלי רכב- מטוסים, עץ, סלעים, חבלים, מבנים ייעודיים מעוצבים מבטון ועוד. בתחילת המאה ה-21 יצא מדריך מטעם ועדת הדיג הימי האמריקאית. (Lukens et al., 2004) במדריך מפורט זה צוינו חומרים ששימשו עד כה ליישום כריפים מלאכותיים ויתרונם וחסרונם של כל אחד מאלו, מסמך זה נכתב ונתמך ע"י יועצים מתחומים שונים- ביולוגים, אקולוגים, מהנדסים ועוד. עם זאת, עד היום ישנו מידע מוגבל בנוגע לאופן שבו חומרי מצע משמשים לביסוס ריפים מלאכותיים וכיצד הם משפיעים על ההתפתחות של אורגניזמים ימיים לאורך זמן. (Burt et al., 2009)

חומרים מלאכותיים בסביבה הימית יכולים להיות כחלק מחומרים קיימים דוגמה תשתיות, קונסטרוקציות חופיות וכו' או שפשוט יכולים להיזרק לתוך הים כחומרי פסולת. במרבית המחקרים על ההשפעה של חומרים נבדקה ההשפעה של חומרי המבנה על החיים בסביבה זו מבחינת החיים הבנתיים, הנקטונים והמפגש בין אלו.

באזורים קרובים לחופים ישנם כמויות גדולות של פסולת שהושלכה דוגמה עץ, פלסטיק, צמיגים, זכוכית ועוד, לא בהכרח על מנת לפתח סביבת חיים ימית טבעית. פסולת זו לרוב נחשבת כמפגע סביבתי פוגעני אשר יש להסירה, למרות שזה למעשה יכול לשמש סביבת חיים טבעית נוחה עבור אורגניזמים ימיים, בייחוד באזורים בהם סביבת חיים טבעית נעלמה או נמצאת בהפרעה. מאחר וישנו ערבוב של סוגי פסולת, נוצר בלבול וקשה לאתר איזה חומר מביא אילו אורגניזמים ואת השפעותיו של כל אחד.

ניתן לחלק באופן גס את הריפים המלאכותיים שהוטבעו עד כה לריפים **מחומרים ממוחזרים** - כלים מתכתיים חלולים דוגמת ספינות, כלי מלחמה, צינורות פלסטיק ועוד, ו**חומרים ייעודיים** - בהם המכבב העיקרי הוא הבטון, כמו כן שימוש בסלעים טבעיים אף מומלץ ביותר (דוגמת אבן גיר, גראבו).

יפן, כמדינה שכלכלתה מושתת על חקלאות ימית, היא מבין המדינות הראשונות שחקרו את נושא הר"מ חוקקה תקנים מחמירים בנושא קיומם של ריפים מלאכותיים ביניהם עמידות ויציבות הר"מ לטווח זמן של 30 שנה ויותר, בטיחות, שימוש בחומרים שאינם רעילים, פונקציונליות ביולוגית, מורכבות המצע, טקסטורה, תאורה, הידרודינמיקה ועוד. (Grove and Sonu, 1985)

המצע ממנו עשויים הר"מ משתנה מאוד בהתאם למטרה ובהתאם לגישה. בכדי שהר"מ ישמש את מטרתו לאורך

זמן המצע והמבנה הם בעלי חשיבות ניכרת. בזכות עליית המודעות לאתגרים סביבתיים בכלל ובפרט בסביבה הימית הנמצאת בלחצים אדירים, יש כיום הגבלות מחמירות יותר מבעבר וישנו צורך בתכנון מקיף המתחשב באקולוגיה ובביולוגיה יחד עם מטרות כלכליות מבוססות.

חשיבות סוג המצע

מרבית קרקעית האוקיאנוס מאופיינת במצע רך שלא מאפשר התיישבות. לכן, כל מצע קשיח שמוטבע במים הופך להיות ניסיון התיישבות של אורגניזמים ימיים. ממחקרים רבים עולה כי כל עוד המצע הינו קשיח בשלבים הראשונים של התיישבות הריף אין זה משמעותי ממה בדיוק עשוי המצע.

לפני מספר שנים קבוצת מחקר ערכה ניסוי בנושא חומרים של ריפים מלאכותיים- היא לקחה ארבעה מצעים שונים- אבן מלאכותית (בטון) ושלושה אבנים טבעיות- אבן גיר, גראבו וגרניט. התוצאה הייתה מעניינת- סה"כ ההתיישבות הבנתית השתנתה כתוצאה מהשונות במבנה האתרים יותר מאשר מסוג המצע עליהם התיישבו. מסקנתם מזה כי מנהגי גיוס משתנים בעיקר כתוצאה מהשוני בכל אתר ואתר והם משמעותיים בקביעת הקהילות הבנתיות הצעירות יותר מאשר סוג המצע עליהם יושבות. עם זאת, נראה במחקר כי המצע המיושב ביותר היה הגראבו ולאחריו הגרניט שהציע חלופה טובה גם כן. מאחר ומחקר זה נערך במשך שנה אחת בלבד, הדגישו החוקרים כי משמעותו של סוג המצע הוא זניח לפחות בשלבים מוקדמים מאוד של ההתפתחות הבנתית. (Burt, 2009)

במחקר נוסף שנעשה בסמוך לחופי הנמל בסידני נחקרו שלושת הסוגים העיקריים של חומרי הפסולת מצע קשיח- עץ, צמיגים ומתכות, שלושתם בני אותו גיל, צורה וגודל. לצורך השוואה נחקרו גם הריפים מאבני הגיר שנמצאו באזור. ממצאי המחקר הראו כי התיישבו יותר אצות במשטחים האופקיים מאשר במשטחים האנכיים והוסברו מהסיבה הפשוטה שאלו זכו ליותר אור שמש. יצורים התיישבו על החומרים השונים באופן דומה לפחות לאורך 24 חודשי המחקר. (Chapman, 2006)

במידה ויש ריף טבעי בסמוך לר"מ המיועד יש לחקותו ככל שניתן. במרבית המחקרים בהם נעשו ניסויים של חומרי מצע, המצע נחקר ביחס למצע של ריף טבעי סמוך במידה והיה. זאת על מנת להתאים את המצע באופן שהוא הכי קרוב למצבו הטבעי במטרה להפחית את הלחץ מהריף הטבעי, הן מבחינת כמות היושבים עליו, מבחינת כמות הצוללנים שמבקרים בו ועוד. ככל שחומרי המצע יהיו דומים יותר למצע הטבעי הסיכוי ליצירת קהילה פרודוקטיבית יגדל. (Hixon et al., 1985).

בטון הוא אחד החומרים הייעודיים הנפוצים לשימוש כחומר מצע להקמת ר"מ. מרבית מרכיביו עשויים מחומרים

טבעיים- מלט, אגרגטים חול ותוספים). קבוצת המחקר הישראלית סיארק (Searc) פיתחה בטון חדשני אשר עוצב במיוחד עבור הסביבה הימית. בטון ידוע כמצע עני לגיוס ביולוגי ובמקרים רבות נחשב רעיל לאורגניזמים ימיים. יתרונו של החומר שפיתחו הוא יכולתו לשמר את הפונקציונליות ואת תכונות המבנה בעוד שהוא מעודד את צורות החיים הביולוגיות הטבעיות. כל סוגי התרכובות של בטון זה בעלי תו תקן מחמירים של EN ו-ASTM. שימוש בחומר זה יש לו השלכות סביבתיות שונות החל מסוג החומר שפותח, ללא דאגה לחומרים רעילים ותוך שימוש ביישום של חומר מקומי בייצור מקומי בפיתוח של מדענים ישראלים.

מחקרים רבים הוכיחו כי **מרקם המצע** (טקסטורה) חשוב אף הוא להתפתחות של צמדת ים על גבי המצע. ככל שהמרקם יהיה מחוספס יותר כך יובטח גיוס פורה יותר של קהילת צמדת ים על גבי ר"מ. העלויות של ייצור חומרים להקמת ר"מ הם נתון מכריע ביישומו של פרוייקט מסוג זה. שימוש בחומרי פחת של תעשיות שונות הם שיטה להפחתת עלויות. חומרי המחזור הנפוצים ביותר הם מתכות של כלי רכב, מטוסים, כלי שיט שנטרפו או הוטבעו בכוונה תחילה. עם זאת, מאחר ואלו לא יועדו למטרת הקמת ר"מ מלכתחילה, מרביתם מכילים **חומרים מסוכנים** שיכולים לגרום לעיקור הצלחתו המבוססת והפרודוקטיבית של הר"מ. מהנתונים שנאספו עולה ככלל כי העדיפות היא להשתמש בחומרים ייעודיים. (פרקול, 2002)

החלוצה השנייה בתחום הריפיים המלאכותיים היא ארה"ב, בשונה מהגישה היפנית, הדוגלת בשימוש של ר"מ ייעודיים מרבית הר"מ ברחבי ארה"ב עשויים מספינות שהוטבעו בכוונה תחילה "AS IS" ללא טיפול מקדים בעיקר מאחר ופרויקטים אלו התאפיינו בתקציב דל ובכח התנדבותי. (פרקול, 2002)

רק בשנות ה-90, ביוזמתו של ארגון (MARAD - The U.S. Maritime Administration) התחילה לעלות המודעות בנושא החומרים המסוכנים שטמונים בכלי ברזל תעשייתיים ובפרט בספינות וכלי מלחמה דוגמת PCB- תרכובת של כימיקלים אורגניים סינתטיים בעלי רמת רעילות גבוהה המצטברים במערכות ביולוגיות לאורך זמן ויצאו מחוץ לשימוש בשנת 1977. (Lukens et al., 2004)

דוגמה סביבתית לניצול חומר ממוחזר שמהווה פחת תעשייה שהוא בו זמנית גם חומר בתול הוא מחקר בו בדקו שימוש של תוצרי לוואי של מחצבת הגרניט (אבן סלע פלוטוני קשה) לייצור בלוקים לבניית ריפים מלאכותיים. תוצאות המחקר הוכיחו כי תוצרי הלוואי של מחצבת אבן הגרניט הם חומרים אידיאליים לייצור בלוקים להשגת חוזק רב ביחס לכמות המלט הנמוכה הנדרשת ולכמות נמוכה של אפר פחם. ממצאי מחקרם גילו כי ייצור של בלוקים אלו הם זולים ב-40%-25% מאשר בלוקים הזמינים באופן מסחרי. (Wilding, 2002) כמו כן, הערך הרב של מחזור ושימוש בתוצרי הלוואי הוא בעל ערך סביבתי וחינוכי לכשעצמו.

השפעת המבנה על תהליכי ההתיישבות

למבנה ישנה חשיבות גבוהה להצלחתו ולתנובתו של הר"מ לא פחות מסוג המצע המושטת. ר"מ הוא בעצם בית גידול שניתן להשוות לבית מגורים. יש צורך בהתאמת הריף לשוכנים בו, לדאוג לפרטיות (חללים מרובים) אך עם זאת לתחלופה מקסימלית של מים, חמצן, אור ועוד.

המבנה ייקבע בהתאם לסוג הדגה שנרצה למשוך לאזור (גודלם, צורתם, אופיים) תוך חיקוי של ריף טבעי קרוב במידה ויש. מאחר ור"מ מהווה מקום להגנה ומסתור יש צורך מהותי במורכבותו של המבנה. ככל שצורת הריף תהיה מורכבת יותר בעלת חללים רבים וצורות שונות בגדלים שונים כך יש סיכוי ליצירת בית גידול מגוון ועשיר יותר. (פרקול, 2002)

כמו כן, אוריינטציית המצע חשובה ומשפיעה על אופן ההתיישבות- על המצע האופקי יתיישבו אורגניזמים ימיים הזקוקים לאור (לתהליכי פוטוסינתזה), המצע האנכי להבדיל מעודד התיישבות של מינים הניזונים מסינון למשל אלמוגים ומיני דגים. (פרקול, 2002)

מחקר שעמד על ההבדל בין קונסטרוקציית ספינה שהוטבעה בת 119 שנה לבין ריף טבעי שנמצא בסביבתה גילה כי לאחר כמאה הריף המלאכותי חיקה את הריף הטבעי שבסמוך לו אך ורק בזכות כך שהמבנה המלאכותי היה דומה למבנה הטבעי מבחינת רמת מורכבות, התמצאות מרחבית ועוד. כמו כן, חשוב לציין כי מבחן הזמן היה מאוד משמעותי מאחר והוא אפשר לחקור את הסביבה הטבעית במצבה המבוסס. (Perkol-Finkel, 2006)

סוגי מבנים ייעודיים

אחת מדינות המובילות בתחום הריפים המלאכותיים הייעודיים היא יפן כאמור. עוד בשנת 1982 נכתב מאמר חשוב הסוקר מודולים שונים וטכנולוגיות רבות שפותחו ביפן, למטרות דיג מסחרי. לשם כך, עוצבה גם תקינה מחמירה על אלו והיא המפותחת והמחמירה בעולם בארבע קטגוריות עיקריות: **עמידות, בטיחות, פונקציונליות, וכלכליות**. על מנת להשיג הסמכה עבור ר"מ יש צורך בשנה של בדיקות מקדימות והוכחת העמידה בארבעת קטגוריות אלו. מבין מאות המודולים שפותחו, ניכר השימוש בבטון מחוזק (Reinforced Concrete) ובפלדה בשילוב עם מבנים מורכבים מאוד דקי דופן, המתוכננים כמודול, היוצרים אינספור צורות בהתאם למטרה. כמו כן, יש לציין כי מבני הפלדה שנבחנו הראו כי יש לאצות יכולת התחברות גבוהה יותר לפלדה, בפלדה ניתן ליצור מודולים מורכבים יותר מיציקות בטון וחוזקו המכאני של החומר גבוהה יותר. עם זאת, מכשלתו של החומר היא הקורוזיה ששוחקת כתוצאה מהמים המלוחים, מעכלת את החומר ומכלה אותו עם הזמן. (Grove and Sonu, 1985)

מקרי בוחן לעיצובם של ר"מ

אתר הנצחה נפטון

אחד הפרויקטים הייחודיים ומעוררי ההשראה בתחום הר"מ הוקם בפלורידה על שטח של כ-65 מ"ר, פותח ר"מ המשמש למספר מטרות- המטרה העיקרית הוא שירותי שריפת גופות וקבורה באתר, אתר תיירות תרבותי - מוזיאלי מרשים, ובו זמנית בית גידול לשוכני ים. מאחר ופרויקט זה הוא חדש וחדשני, טרם נמצאה ספרות מקצועית בנושא. עם זאת, ניתן לציין שהפרויקט אושר מטעם ארגונים מובילים דוגמת ה EPA האמריקאי, ארגון NOAA ועוד. פרויקט תקדימי זה משקף חשיבה יצירתית שמנסה לענות על בעיית שטח גדלנ"י יקר, יחד עם עידוד תרבות צלילה, פיתוח אקוסיסטמה מקומית כמו גם דרך פיוטית להתייחד עם המתים.

(neptunesociety.com)

Reef Balls

כשמם כן הם כדורי בטון מחוררים בגדלים שונים הנבנים ע"י יציקת בטון לתוך תבנית פיבר-גלאס והנוצקים יחד עם מצופי כדור מחומר פלסטי מסחרי המכונה polyform. החברה טענת, לאחר ביצועם של אלפי פרויקטים שהוכחו כמוצלחים, שניתן להשתמש כמעט בכל בטון ואף משאיות בטון מאתרי בנייה ולהוסיף לו תוספים מיוחדים דוגמת microsilica, על מנת להעניק חוזק ועמידות של לבטון לאורך זמן בתנאי המים המלוחים. חברה זו הינה ארגון לא ממשלתי ללא מטרת רווח ששם לעצמו מטרה לשקם סביבות פגועות תוך התאמת סוג הכדורים, חומרי ופרפורציות הגודל שלו יחד עם שירותי הדרכה בהתאם לביולוגיה המקומית.

(reefball.org)

ספינות טבועות

מסקרים שנערכו בקרב צוללנים, ניכר כי אחד הריפים הפופולאריים ביותר הינם ספינות טבועות. (Shani et al., 2012) מאחר וברצוננו לבדוק את האפשרות להקמת ריף מלאכותי בחופי הים התיכון, יש להניח כי כלי מלחמה / ספינות יכולים לעורר עניין רב בקרב תיירים מקומיים ובינלאומיים, ולהוות פן נוסף היסטורי- תרבותי- מוזיאלי. ישנן מגבלות שונות לאלו ביניהן והמשמעותי ביותר הם כלים ישנים אשר יוצרו לפני 1977 עלולים להוות סכנה מאחר ומכילים חומר רעיל מסוג PCB (מבין יתרונותיו התעשייתיים: מעכב בעירה, בעל יציבות כימית גבוהה, מבודד חשמלי) אשר כיום שימושו נמצא מחוץ לחוק עקב רעילותו הגבוהה לסביבה- בעל מסיסות נמוכה ומסרטן. על כן, במידה וייבחר ריף מסוג זה נאלץ להשקיע זמן ועלויות לטיפול בגוף להסרת מזהמים לפני הטבעתו.

(Lukens and Selberg, 2004)

כדאיות כלכלית של ריפים מלאכותיים

ר"מ לעידוד דיג

כבר יותר ממאתיים שנה, מקימים ארה"ב ובעיקר יפן ריפים מלאכותיים למטרות מסחריות. לרוב, ריפים מלאכותיים אלא שימשו ככלי לעידוד וחזוק תעשיית הדיג המקומיות. (Sheehy, 1982). הריפים מושכים מיני דגים קרוב יותר ליבשה, ובכך הופכות את עבודת הדיג לזמינה וקלה יותר ולכן גם זולה יותר. ממשלת יפן השקיעה כספים רבים בהקמתם, והייתה לאחת הממשלות הראשונות להשקיע ביליוני דולרים להקמת ר"מ למטרות דיג מסחר. כבר מ-1976 ועד 1987 השקיעה יפן כ-\$4.2 ביליון להקמת כ-6,500 ריפים מלאכותיים למטרות דיג. (Polovina, 1987; Nakamae, 1991)

למרות השימוש בר"מ למטרות עידוד דיג מסחרי, מדענים עדיין חלוקים בקשר לשאלה של ייצור מול משיכה (Attraction vs. Production), האם ריפים מלאכותיים מעודדים ייצור של אוכלוסיות דגים חדשות או שרק מושכים דגים מעומק הים? שאלה זו מובילה לביקורת שטוענת שר"מ למטרות דיג מסחרי פוגעים באוכלוסיות דגים מכיוון שהופכת את הדיג ליותר זול ונגיש, ובכך מעודדת דיג יתר ולא נותנת לאוכלוסיות הדגים בעומק הים להתרבות. לפי המבקרים, למרות שהיתרונות הכלכליים הם חיוביים לטווח הקצר, בטווח הארוך יש פגיעה קשה בענף הדיג ונגרמים הפסדים כלכליים משמעותיים. (Pickering and Whitmarsh, 1997) ביקורת נוספת היא שהריפים בעצם מושכים דגים מהשטח הכלכלי של מדינות שכנות, ובכך יכולים לגרום לסכסוכים בין מדינות שכנות. (Santos et al., 1997)

ר"מ למטרות אקולוגיות

כתגובה לביקורת זאת, בשנים האחרונות הדגש על הפוטנציאל כספי של ריפים בכלל ומלאכותיים בפרט התחיל לקבל עומק חדש – שמנסה לאמוד בתוכו גם השפעות חיצוניות וסביבתיות. לדוגמא, מחקר שניסה לאמוד את הערך הכלכלי של הריפים (הטבעיים והמלאכותיים) בהוואי העריך שלצד שימושים ישירים יריבים (כגון דיג, תעשיית התרופות) ישנם גם שימושים ישירים ולא יריבים כגון תיירות ופנאי, ואפילו שימושים לא ישירים כגון שמירה על החוף, ובתי גידול רגישים באזור, כמו כן, הם תורמים לניווט ימי מוצלח יותר, תמיכה ביולוגית לציפורי ים, צבים ודגים וברמה הגלובאלית גם תורמים באגירת פחמן דו חמצני. בנוסף, נכללו ערכים אחרים שלא כלולים בשימוש ישיר של הריפים, כגון שימור מינים נכחדים, הערך האסתטי של הריף ואפילו ערך של "דרך חיים" שקשור למסורות עתיקות יומין של שימוש בריף. (Cesar et al., 2002)

המחקר בהוואי הוא דוגמה לעליית המודעות להשפעות הסביבתיות של ר"מ וההכרה הגוברת ביתרונות של בניית ר"מ רב שימושיים (MFAR – Multifunctional Artificial Reef) המשמשים מספר מטרות שונות. לרוב ריפים אלו משלבים מטרות אקולוגיות כגון שימור חופים, הגנה על אזורים רגישים אקולוגיות, ועידוד מיני דגים לצד מטרות חברתיות/כלכליות של עידוד פעילויות ימיות שונות כגון גלישה, צלילה ודיג ספורטיבי (לא מסחרי). בבסיס גישת ה-MFAR, עומדת ההכרה בחשיבות הדגש הסביבתי של הקמת הריף, לצד ההבנה שללא היתכנות כלכלית וכיסוי העלויות הגבוהות של הקמת הריף לא נהיה מסוגלים להקים ריפים עם מטרות סביבתיות ואקולוגיות. בצורה זו, נוצר יתרון כפול של ריף שמשרת מספר מטרות שונות (חברתיות ואקולוגיות) ובנוסף גורם לצמיחת הכלכלה באזור הריף. (ten Voorde et al., 2009; Antunes do Carmo et al., 2011)

אסדרה ותקנים של ר"מ

יחד עם המודעות הסביבתית גוברת הפעילות סביב יצירת תקנים ואסדרה של נושא הקמת ריפים המלאכותיים. ב-2007 פרסמה ה-National Oceanic and Atmospheric Administration מסמך מקיף של המלצות למיקום, בניית, פיתוח והערכת ריפים מלאכותיים. (USDC and NOAA, 2007) מסמך זה הוא אינדיקציה חשובה לעליית המודעות לנושא, ולחשיבות של קביעת תקנים קבועים שלוקחים בחשבון סוגיות סביבתיות לצד אלו הכלכליות.

למרות זאת, מסמך זה הינו יחסית קצר ואינו מספק. מבחינה חוקית ורגולטורית אין הסכמה בינלאומית ומדינות שונות מסדירות (אם בכלל) את הנושא בחקיקה מקומית שלרוב לוקה בחסר. (FAO, 2005)

משיחות עם מומחים עולה כי בישראל אין חקיקה ואסדרה בנושא הקמת ריפים מלאכותיים, ומועדוני צלילה שונים מקימים ריפים מלאכותיים עם שילוב פעולה של רשויות מקומיות וארגונים ממשלתיים שונים (כמו חיל הים) אך ללא הליך מסודר ומעוגן בחוק.

חישוב הפוטנציאל כלכלי של ריפים מלאכותיים

מכיוון שנושא ריפים המלאכותיים אינו מוסדר בחוק באופן פורמלי, קיימים חסמים בירוקרטיים וארגוניים רבים להקמתם. בנוסף, ישנם עלויות גבוהות שכרוכות בהקמת והפעלת ריפים מלאכותיים רב-שימושיים, והעלויות נהיות גבוהות אפילו יותר כאשר מתייחסים ברצינות לחקירת ומזעור הסיכונים האפשריים לאקוסיסטמה והסביבה הימית. כמובן שאפשר לזרוק כל מיני אובייקטים לים בעלויות נמוכות מאוד, וכך נעשה במשך שנים רבות, אך העלויות של תיקון הנזק שנגרם כתוצאה מריף שלא תוכנן כהלכה עלולות להיות גבוהות מאוד. (Pickering et al., 1998)

על מנת להקים ר"מ בר-קיימא יש צורך בתהליך מסודר שבדוק מצד אחד את עלויות הקמת הריף, ומצד שני את היתרונות והתשומות שיתקבלו מהקמתו. (USDC and NOAA, 2007)

עלויות

בשלב הראשון, יש להחליט על המטרות שהריף צריך לשרת ואיזה מיקום, מבנה וחומרים ישרתו את המטרות הרצויות. כמו כן, ישנם שאלות רבות שצריך לענות ומידע שצריך לאסוף לפני התחלת הפרויקט. יש צורך בהכנת תסקיר סביבתי של האזור בו אנו רוצים להקים את הריף על מנת לדעת אילו מיני צמחים ודגים קיימים באזור לפני הקמת הריף, להחליט אילו מינים רוצים לעודד, לדעת על המרחק מהנמל או נקודת גישה הקרובה ביותר, נתיבי שיט ומסחר, אזוריים צבאיים סגורים, איכות המים באזור ועוד. כמובן גם סקרים גיאולוגיים והידרוגרפיים חשובים על מנת לקבוע את המיקום המתאים ביותר לריף. מידע זה חשוב על מנת שנוכל להקים את הריף בצורה החכמה והזולה ביותר, ובכדי שנוכל להמשיך לעקוב על השפעותיו על הסביבה המקומית אחרי הקמתו. (USDC and NOAA, 2007)

השלב השני, כולל בניית הריף המלאכותי המתכונן לפי המבנה והחומרים שהוחלטו בשלב הראשון. העלויות משתנות מאוד לפי מורכבות המבנה ועלויות החומרים. אם הוחלט על להטביע מבנה קיים ולא לבנות ריף חדש מאפס, צריך להשקיע כספים בהפרדת חומרים מסוכנים ורעילים משלד המבנה אותו רוצים להפוך לריף המלאכותי. (USDC and NOAA, 2007) אחרי שהר"מ המלאכותי מוכן להטבעה, צריך לדאוג להטביע אותו בצורה מדויקת וזהירה. כפי שהוסבר כבר, האוריינטציה של הריף חשובה מאוד, ולכן צריך לדאוג להשקיע את המבנה בזהירות כך שהוא ישב במקום הנכון בצורה שגם תהיה עמידה לזרמים וסופות. פרויקטים רבים בהם הושקעו כספים רבים, נגמרו בסוף בכישלון יחד עם נזק כלכלי וסביבתי גדול בשל כשל בשלב ההשקעה. ועדה בינלאומית באו"ם דנה בנושא בהרחבה על מנת ליצור תקנים להשקעת ריפים מלאכותיים בצורה נכונה ולהבדיל את התהליך מהשלכה (dumping) של זבל לתוך הים. (IMO, 2009)

השלב השלישי והמתמשך הינו ניטור ומדידת הצלחת הפרויקט. יש צורך להמשיך לנטר ולסקור את אזור הריף לראות את ההשפעות הסביבתיות והאקולוגיות. כמו כן, יש צורך לבדוק את ההשפעה הכלכלית של הריף על האזור על מנת לראות עם התוצאה תואמת את הערכות הפרויקט על מנת לאסוף מידע לפרויקטים עתידיים וכמובן כדאיות מתמשכת של טיפול ושיקום הריף המלאכותי בשעת הצורך. (USDC and NOAA, 2007) במקרים מסוימים הכדאיות הכלכלית אינה משתלמת והריף המלאכותי נזנה, לכן יש חשיבות רבה במציאת הפוטנציאל הכלכלי למניעת פרויקטים שיוזנחו ויגרמו לנזק סביבתי שיגרור לבסוף לעלויות נוספות. (Slotkin et al., 2009)

שיטות חישוב פוטנציאל כלכלי

בשל החשיבות של מציאת הכדאיות הכלכלית של ריפים מלאכותיים, והקושי בחישוב התועלות הכלכליות של הקמתם כמעט בכל פרויקט חדש נעשה מחקר כלכלי מקיף. ישנם שיטות שונות של הערכת הכדאיות הכלכלית של בניית הריף ומדידת ההשפעה הכלכלית של הריפים על האזור בו הריף נבנה. לא נפרט כאן על כל השיטות השונות, אך ניתן סקירה קצרה של השיטות הפופולריות ביותר:

א) **Cost-effectiveness analysis** - ניתוח יעילות עלות : שיטה זו מתאימה לפרויקטים עם מטרות אקולוגיות מובהקות, ועוזרת למצוא את הדרך הזולה ביותר להשיג את המטרות המבוקשות. שיטה זו מתאימה לשלבי התכנון, וגם נותנת כלים לבדוק שהפרויקט לא חורג מהתקציב;

ב) **Cost benefit analysis** - ניתוח עלות-תועלת: זוהי שיטת ניתוח יחסית מוכרת שמשווה את העלויות של הפרויקט מול התועלות הצפויות. הפרויקט יאושר רק אם התועלות עולות על ההוצאות;

ג) **Contingent valuation methodology** – שיטת הערכת מותנית : שיטה זו נותנת דרך להעריך את התועלות הכלכליות של הר"מ שהרבה פעמים מספקת מטרות שקשה להעריך את השווי שלהם מכיוון שאינם נסחרים בשוק. שיטה זו מסתמכת על שאלונים, ויצירת תועלות היפותטיות על מנת למצוא את הערך שאנשים נותנים לשירותים שהריף מלאכותי מספק. (Pickering et al., 1998)

מלבד השיטות האלו קיימות עוד מספר שיטות לביצוע הערכות כלכליות של ריפים, ואולי הפופולרית ביותר בשנים האחרונות היא ה**Economic Impact Analysis (EIA)** – ניתוח השפעה כלכלית. שיטה זו מודדת את כלל ההשפעות של הקמת הריפים המלאכותיים על הכלכלה המקומית, אזורית וארצית. השיטה בוחנת כמה כסף מוציאים מבקרים על ביקור בריף, איך כסף זה מתרגם למשכורות, השקעות בעסקים מקומיים, מיסים ועל ההשפעה הכללית על הפעילות הכלכלית באזור בטווח הקצר והארוך. שיטה זו נעשית על ידי אסיפת מגוון נתונים כגון שיעורי מיסים, שיעורי תעסוקה וגם על ידי שאלונים וסקרים. שיטה זו בודקת גם את השביעות רצון של אנשים שגרים בסביבת הריף – אלו שעושים בו שימוש וגם אלו שלא. לבסוף מידע זה נאסף לכרטסות שמרכזות את המידע ומציגות אותו בצורה נגישה ובהירה. (Swett et al., 2011)

דוגמאות למחקרים של EIA רחבי היקף קיימים לריפים טבעיים בהוואי, וריפים מלאכותיים כגון ספינת הקלפיר בטקסס. (Cesar et al., 2002; Malki et al., 2010) מחקר ה-EIA של ריפים מלאכותיים הרחב היקף ביותר נעשה בפלורידה בשיתוף פעולה של כמה ארגונים אזרחיים, ממשלתיים ואקדמאיים. במחקר נבחנו שישה מחוזות שונים. המחקר הראה שהשביעות רצון מהפרויקטים גבוהה מאוד, אפילו בשביל אנשים שלא עושים שימוש בריפים. כמו כן היקף הפעילות הכלכלית כתוצאה מהפעילות סביב הר"מ נאמדה בעשרות מיליוני דולרים לכל מחוז, ובמחוזות מסוימים ההיקף היה גדול מ-50 מיליון דולר! (Swett et al., 2011)

ריפים מלאכותיים למטרת צלילה

עד לאחרונה ההתייחסות הכלכלית לריפים מלאכותיים נגעה בעיקר לפוטנציאל הכלכלי שטמון בדיג בסמוך לריפים מלאכותיים. בשנים האחרונות גברה ההתייחסות לריפים מלאכותיים כמוקד משיכה לצוללנים, ולאינטרס הכלכלי הגדול הטמון בריפים שמשמשים כאתרי צלילה. (Pickering et al., 2002; Swett et al., 2011; פרקול, 2002)
(1998)

למרות מחסור במחקריים כמותיים טובים על היקפי צלילה, אפשר למצוא מחקרים שמעידים על הפופולריות הגדולה של ספורט זה. באוסטרליה נמדדו כ-20,000 אלף צלילות בשנה באתר בודד של ספינה טבועה, ובנוסף יותר ממאה אלף מבקרים בצוללות תת ימיות. (Brock, 1994) בדרום מזרח פלורידה נמדדו כ-10 מיליון צלילות בריפים מלאכותיים בשנה. (פרקול, 2002) היקף הצלילות באילת גדול יותר מ-250,000 בשנה, דבר שגורם עומס רב על הריפים הטבעיים והביא להמלצות להקמת ריפים מלאכותיים להורדת הלחץ על הריפים הטבעיים. (Wilhelmsson et al., 1998; Zakai and Chadwick-Furman, 2001)

כשמחשבים את כל העלויות הכרוכות בפעילות הצלילה – שכוללות, ציוד, לינה, אוכל וקורסי צלילה – אפשר לראות שקיים פוטנציאל כלכלי גדול בהקמת ריפים מלאכותיים למטרת צלילה. בנוסף, ריפים אלו יוכלו לשרת מטרות סביבתיות על ידי שיורידו את הלחץ הגדול שקיים על הריפים הטבעיים באילת כתוצאה מריבוי בצלילות. (פרקול, 2002)

לפי אתר ההתאחדות הישראלית לצלילה ישנם בישראל אלפי צוללים רשומים בהתאחדות הצלילה, ולמרות שאתרי הצלילה הפופולריים נמצאים באילת, קיימים כ-15 מועדוני צלילה גם בים תיכון. זה כמובן לא כולל צוללנים שלא רשומים בהתאחדות, ותיירים שבאים לבקר בחו"ל. מחקרים חדשים מראים שאתרי צלילה של ספינות טרופות הם פופולריות לעיתים יותר מריפים טבעיים, ושיש צורך במחקרים נוספים שיבדקו את הכדאיות הכלכלית של הקמת ריפים מלאכותיים אלו. (Shani et al., 2012).

מחקרינו מציע להמשיך את חקירת הפוטנציאל הכלכלי של ר"מ למטרות צלילה בשימוש בכלים החדשניים ביותר, כמו שיטת ה-EIA, שיכמתו את הכדאיות כלכלית של ריפים מלאכותיים. כמו כן, מחקר זה ינסה להראות איך אפשר לשלב מטרות סביבתיות ואקולוגיות יחד עם כדאיות כלכלית, כך שנוכל למנוע פגיעה בים התיכון ואפילו לשמר ולתקן נזקים שנעשו בעבר.

מטרת המחקר וחשיבותו

לאור ממצאי סקר הספרות אנו רואים לנכון כי יש צורך בהקמת ריפים ייעודיים מלאכותיים שישרתו הן מטרת אקולוגיות ובו זמנית יהוו מנוע לצמיחה כלכלית ותרבותית באזור.

מהספרות עולה שריפים שמשרתים מטרת צלילה הינם הרווחיים ביותר, במיוחד ספינות שיצאו משימוש עם רקע היסטורי שמושך קהל יעד מגוון יותר. מאחר וקיים לחץ רב על הריפים הממוקמים באילת, רואים אנו לנכון לבחון את הים התיכון כמיקום פוטנציאלי להקמת הריף על מנת להוריד לחץ מהריפים הטבעיים שבאזור מפרץ אילת. בנוסף, נבחן את הקמת הריף כחלק משמורת טבע על מנת למנוע דיג באזור הריף כדי שהוא יוכל לשרת בנוסף מטרת אקולוגיות סביבתיות לאורך זמן.

בעקבות סקר הספרות, מטרת מחקרנו היא הוכחת הכדאיות הכלכלית, חברתית וסביבתית של הקמת ר"מ בחופי הים התיכון של ישראל.

השערת המחקר

קיים פוטנציאל כלכלי ואקולוגי להקמת ר"מ ייעודי בחופי הים התיכון, כחלק משמורת טבע עתידית (למשל שדות ים, גדור)

שאלות ושיטות מחקר

1. אלו מינים נרצה שיאכלסו את הריף?

לאחר ביצוע סקר סביבתי של מינים נבחרים באזור אגן הלבנט, ייבחרו מינים המתאימים לשיקום, תוך דגש על מינים מקומיים בעלי ערך מסחרי, במטרה לשקם את אוכלוסיית הדגה ולהתאים את סביבת הר"מ לסוג הדגה בה נרצה לתמוך.

2. מהו המבנה והחומרים בהם נרצה להשתמש?

שאלות אלו ייענו בהתאם לשאלה הראשונה שהוצגה. לאחר מחקר אודות סוג הדגים ובית הגידול הטבעי שלהם יותאם המבנה וסוג המצע ממנו נרכיב את הר"מ. בהמשך לנאמר, במידה וייבחר מבנה שאינו ייעודי, יתבצע סקר מקיף ובדיקות מעבדה לבחינת החומר הממוחזר אשר יטופל על מנת למנוע נזק אקולוגי. בנוסף ייבחנו הוספות ייעודיות במידת הצורך על להשגת המורכבות המבנית הרצויה.

3. מהו המודל הכלכלי?

בהמשך לסקר הספרות, נבחרה שיטת ניתוח השפעה כלכלית "Economic impact analysis" לפיה יבוצעו ניתוחי כדאיות כלכלית ובחינת תרחישים אפשריים.

4. מהי התכנית הכלכלית האופטימלית?

ע"י שאלונים לצוללנים שיופצו במועדוני צלילה וברשת האינטרנט, ראיונות עם מומחים מתחומים שונים, מקרי בוחן בים התיכון, יאותרו אתרי הצלילה המבוקשים ביותר באזור זה, ותיבדק הכדאיות הכלכלית של הטבעת הריף הנבחר.

5. מה התועלת הצפויה ע"י הקמת ר"מ?

במהלך המחקר יאותרו התועלות הסביבתיות, החברתיות והכלכליות של הקמת הר"מ.

סיכום

לחצים אנתרופוגניים אינטנסיביים על הסביבה הימית, זיהום, דייג יתר, עליית טמפרטורה והחמצת האוקיינוסים הם רק חלק מהגורמים שפגעו וממשיכים לפגוע בריפים טבעיים ברחבי העולם. מצבם ההולך והמתדרדר של הריפים הטבעיים העלה את תשומת הלב של ארגונים סביבתיים, ממשלתיים ובינלאומיים שמקדמים פעילות מחקר ופיתוח קב תחומיים לשימור ושיקום הסביבה הימית.

לפיכך, בשנים האחרונות נעשה שימוש בר"מ כמענה להרס בית הגידול הטבעי. מחקרים הראו כ הרכב אוכלוסיות בע"ח על ר"מ יכול לחקות ריף טבעי, וכי ניתן לצמצם את ההשפעות הסביבתיות הנגרמות מהכנסת גוף זר לסביבה טבעית בתנאי שיעשה שימוש נכון במבנה ובחומרים המותאמים לסביבה הימית ולאופי הביולוגי הרצוי.

המשמעות בבחירת החומרים והמבנה מהם מורכב הריף היא אקוטית ויכולה לגרום לשגשוג או במקרים מסוימים גם לאסון אקולוגי. אי לכך, בין אם מדובר בחומרים ממוחזרים או חומרים ייעודיים, חובת הבדיקה והניטור היא חלק בלתי נפרד מתכנון הריף - בין אם לטיפול בהסרת מזהמים או בבחירת חומרים ראויים ועמידים לאורך זמן שיתרמו להצלחת ביסוסו ושגשוגו של הר"מ.

אף על פי כך, מבנה והחומרים ממנו יוקם הריף יוחלט לפי המטרה אותה הריף אמור לשרת. עם זאת, ר"מ מסוגל לשרת מספר מטרות שונות בו זמנית, תוך שילוב סימביוטי של מטרות חברתיות כמו פנאי ונופש לצד מטרות אקולוגיות כמו שימור מינים והגנה על אזורים עם רגישות אקולוגית גבוהה.

לצד הגשמת מטרות האקולוגיות ר"מ מסוגלים להוות תמריץ לצמיחת הכלכלה האזורית, על ידי משיכת מבקרים ויצירת מקומות עבודה. בעבר הפוטנציאל הכלכלי של ר"מ היה ברובו מדיג מסחרי, אך כיום גוברת ההכרה שר"מ המשמש כאתר צלילה יכול להוות מנוע לצמיחה כלכלית.

חשוב לציין כי למרות המחקרים הרבים, עד היום קיים חוסר במידע מקצועי מקיף בכלל ואודות הים התיכון בפרט. על מנת להקים ר"מ שלא יהווה נזק לסביבה הימית, יש צורך במחקרים מקיפים הבודקים את המטרות אותן הריף ישרת, ובדיקה לכדאיות הכלכלית של הקמתו. רק כך, נוכל ליצור ר"מ בר קיימא שימשיך לשרת ולתפקד לאורך זמן.

מחקרינו מחפשי לענות על השאלות תוך התבוננות רב תחומית המשתדלת להתחשב באספקטים השונים המהווים השפעה.

ביבליוגרפיה

אהרונוב, א. 2002. אקולוגיה משווה של דגי דקר בבית הגידול הסלעי הרדוד בחוף הים התיכוני בישראל.

גורן, מ. 2012. מצב הדייג בישראל.

פרקול, ש. 2002. תחקיר בנושא שוניות מלאכותיות.

Antunes do Carmo, J.S., ten Voorde, M. and M.G. Neves. 2001. Enhancing submerged coastal constructions by incorporating multifunctional purposes. *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 15, pp. 531-546

Bohnsack, J.A. and D.L. Sutherland. 1985. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bull Mar Sci*, Vol. 37, pp. 11-39

Bohnsack, J.A. 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioural preference? *Bull. Mar. Sci*, Vol. 44, pp. 631-645.

Brock, R.E. 1994. Beyond fisheries enhancement: artificial reefs and ecotourism. *Bulletin of Marine Science*, Vol. 55, pp. 1181-1188

Burt, J., Bartholomew, A., Bauman, A., Saif, A. and P.F. Sale. 2009. Coral recruitment and early benthic community development on several materials used in the construction of artificial reefs and breakwaters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 373, pp. 72-78

Cesar, H., van Beukering, P., Pintz, S. and J. Dierking. 2002. Economic valuation of the coral reefs of Hawaii: Final report.

Chapman, M. and B.G. Clynick. 2006. Experiments testing the use of waste material in estuaries as habitat for subtidal organisms. Centre for Research on Ecological Impacts of Coastal Cities. Marine Ecology Laboratories A11, University of Sydney, Australia.

Choule, J., Sonu, C.J., and R.S. Grove. 1985. Typical Japanese Reef Modules. *Bulletin of*

Marine Science, Vol. 37. pp. 348-355

Cummings, S.L. 1994. Colonization of a nearshore artificial reef at Boca Raton (Palm Beach County), Florida. *Bull Mar Sci* Vol. 55, pp. 1193-1215

FAO. 2005. Fisheries and Aquaculture topics. Artificial reefs. Topics Fact Sheets. Text by Joel Prado. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. [Cited 3 March 2013].

Foster, K.L., Steimle, F.W., Muir, W.C., Krapp, R.K. and B.E. Conlin. 1994. Mitigation potential of habitat replacement: concrete artificial reef in Delaware Bay, preliminary results. *Bull. Mar. Sci.* Vol. 55, pp. 783-795.

Goren, M., and B.S. Galil. 1997. New records of deep-sea fishes from the Levant Basin and a note on the deep-sea fishes of the Mediterranean. *Isr J Zool*, Vol. 43, pp. 197-203

Goren, M., and B.S. Galil 2001. Fish Biodiversity in the Vermetid Reef Of Shiqmona (Israel). *Marine Ecology*, 22 (4), pp 369-378.

Goren, M., Galil, B S. and A. Diamant. 2010 The impact of biological invasions and climate change on biodiversity of the Mediterranean Sea report Italy-Israel Cooperation in R & D 2008-2010 .

Grove R.S., Sonu C.J. and M. Nakamura. 1991. Design and engineering of manufactured habitats for fisheries enhancement. In: *Artificial Habitats of Marine and Freshwater Fisheries*. Academic Press Inc, pp. 109–149

Hixon, M.A. and W. N. Brostoff. 1985. Substrate Characteristics, Fish Grazing, and Epibenthic Reef Assemblages off Hawaii. *Bulletin of Marine Science*, Vol. 37. pp. 200-21

International Maritime Organization (IMO). 2009. London Convention and Protocol/UNEP: Guidelines for the Placement of Artificial Reefs. *UNEP Regional Seas Reports and Studies*, No. 187

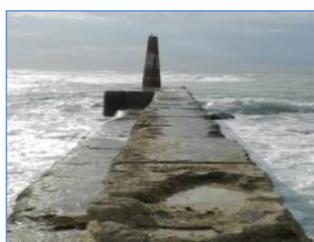
Jensen, A.C. (Ed.). 1997. European Artificial Reef Research. Proceedings of the First EARRN conference, March 1996 Ancona, Italy. Southampton Oceanography Centre, Southampton.

Lukens, R. and C. Selberg. 2004 . *Guidelines for Marine Artificial Reef Materials: Second Edition*.

- Malki, M., Otero, R., Chi, Y. and V. Casanova. 2012. Texas Clipper Reef Economic Evaluation Program. 230 pp.
- Moulding, A. and D. Beach. 2011. Evaluation of Past Coastal Construction Project Monitoring in Southeast Florida and Recommendations to Improve Future Monitoring. Southeast Florida Coral Reef Initiative Maritime Industry and Coastal Construction Impacts (MICCI) and Fishing, Diving, and Other Uses (FDOU) Focus Teams Local Action Strategy Project 27, 47, 48.
- Nakamae, A. 1991. Artificial reef projects in Japan. Symposium on Artificial Reefs and Fish Aggregating Devices as Tools for the Management and Enhancement of Marine Fishery Resources, pp. 244–250.
- Perkol-Finkel, S. and Y. Benayahu. 2004. Recruitment of benthic organisms onto a planned artificial reef: shifts in community structure one decade post-deployment. *Marine Environmental Research*.
- Perkol-Finkel, S., Shashar, N. and Y. Benayahu. 2006. Can artificial reefs mimic natural reef communities? The roles of structural features and age. *Marine Environmental Research*, Vol. 61, pp. 121-135.
- Pickering, H. and D. Whitmarsh. 1997. Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the ‘attraction versus production’ debate, the influence of design and its significance for policy. *Fisheries Research*, Vol. 31, pp. 39-59
- Pickering, H., Whitmarsh, D. and A. Jensen. 1998. Artificial Reefs as a Tool to Aid Rehabilitation of Coastal Ecosystems: Investigating the Potential. *Bulletin of Marine Science*, Vol. 37, Nos. 8-12, pp. 505-514
- Polovina, J.J. 1989. Artificial Reefs: Nothing More Than Benthic Fish Aggregators. *CalCOFI Rep.*, Vol. 30
- Polovina, J.J. 1994. Function of Artificial Reefs. *Bulletin of Marine Science*, Vol. 55, Nos. 2-3, pp. 1349-
- Rilov G. and Y. Benayahu. 2000. Fish assemblage on natural versus vertical artificial reefs: the rehabilitation perspective. *Mar Biol*, Vol. 136, pp. 931-942
- Santos, M.N., Monteiro, C.C. and G. Lasserre. 1997. Finfish attraction and fisheries enhancement on artificial reefs: a review. p. 97-114. In: Jensen, A.C. (ed.) *European Artificial Reef Research. Proceedings of the 1st EARNN conference, Ancona, Italy, March 1996*. Pub. Southampton Oceanography Centre. 449 pp.

- Shani, A., Polak, O., and N. Shashar. 2012. Artificial Reefs and Mass Marine Ecotourism. *Tourism Geographies*, Vol. 14, No. 3, pp. 361-382
- Sheehy, D.J. 1982. Artificial reefs in Japan. In J.D. Murray (compiler), *Mid-Atlantic artificial reef conference a collection of abstracts*, p. 7.
- Slotkin, M.H., Chambliss, K., Bamosi, A.R. and C. Lindo. 2009. Surf Tourism, Artificial Surfing Reefs, and Environmental Sustainability. *AIP Conference Proceedings*, 1157, pp. 207-220.
- Spanier, E. 1996. Assessment of habitat selection behavior in macroorganisms on artificial reefs. Paper presented at the European Artificial Reef Research Network (EARRN) Conference, 26-30 March 1996, Ancona, Italy.
- Stone, R.B., Pratt, H.L., Parker, R.O. and G.E. Davis. 1979. A comparison of fish populations on an artificial and a natural reef in the Florida Keys. *Mar Fish Rev*, Vol. 41
- Swett, R.A., Adams, C., Larkin, S., Hodges, A.W. and T.J. Stevens. 2011. Economic Impacts of Artificial Reefs for Six Southwest Florida Counties. 148 pp.
- ten Voorde, M., Antunes do Carmo, J.S. and M.G. Neves. 2009. Designing a Preliminary Multifunctional Artificial Reef to Protect the Portuguese Coast. *Journal of Coastal Research*, Vol. 25, pp. 69-79
- Thiony, S., Hudson Terccio, P. and J. Jean-Christophe. 2011. *Science Of The Total Environment*, Vol. 409, pp. 4579-4584
- United States Department of Commerce and National Oceanic and Atmospheric Administration (USDC and NOAA). 2007. *National Artificial Reef Plan (as Amended): Guidelines for Siting, Construction, Development, and Assessment of Artificial Reefs*.
- Wilding, M.D. and J. Sayer. 2002. The physical and chemical performance of artificial reef blocks made using quarry by-products. *ICES Journal of Marine Science*, Vol. 59 pp. 250–257
- Wilhelmsson, D., Ohman, M. C., Stahl, H. and Y. Shlesinger. 1998. Artificial reefs and dive tourism in Eilat, Israel. *Ambio*, Vol. 27, pp. 764–766
- Williams, T.W. 2008. *Decision Making Best Practices - a Case Study of Artificial Reef Decision Making in the Florida Keys.*, Virginia Commonwealth University.
- Zakai, D. and Chadwick-Furman, N. E. 2002. Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea. *Biology Conservation*, Vol. 105, pp. 179-187

פיתוח תשתיות חופיות המעודדות מגוון ביולוגי: מעגן מכמורת כמקרה בוחן



בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר, אוניברסיטת תל אביב
פרוייקטים בחקר הסביבה, פרופ' אביטל גזית
מנחה: מר אלון אלירן

מרץ, 2013

מגשים:

עדי דוידוביץ ת.ז. 039565940, נורית מירון ת.ז. 029304367, רן יזרעאלי ת.ז. 032392540

3.....	תודות
5.....	תקציר
6.....	מבוא
7.....	1 רקע
7.....	1.1 מכמורת - רקע כללי
8.....	1.2 שובר גלים
8.....	1.3 ההשפעות של פיתוח תשתיות חופיות על המגוון הביולוגי הימי
10.....	2 שיפורים אקולוגיים במבנים ימיים
10.....	2.1 שיפוע המבנה
10.....	2.2 מורכבות וטקסטורת המבנה
11.....	2.3 סוג החומר של המבנה
12.....	2.4 סקירת הפתרונות האפשריים לפיתוח תשתיות חופיות
14.....	2.5 סקירת דוגמאות מהעולם ליישום הפתרונות האפשריים לפיתוח תשתיות חופיות
17.....	3 מכמורת – מצב קיים
17.....	3.1 תיאור מעגן מכמורת וסקירה של תשתיות קיימות במעגן
18.....	3.2 תיאור חוף מכמורת - אפיון בתי הגידול והמגוון הביולוגי
21.....	3.3 תיאור מעגן מכמורת - אפיון בתי הגידול והמגוון הביולוגי
23.....	3.4 מאפייני המבנים הקיימים במכמורת
25.....	4 חלופות מוצעות לבניית שובר גלים חדש
27.....	5 רגולציה ותקינה בנושא בנייה ירוקה בסביבה ימית
30.....	6 מטרת המחקר וחשיבותו
31.....	7 שיטת המחקר (חרות וחבריו, 2011)
32.....	8 סיכום
33.....	ביבליוגרפיה
39.....	נספחים
39.....	נספח 1 - מיני חי וצומח בחוף מכמורת
41.....	נספח 2 - מיני חי וצומח במעגן מכמורת
41.....	נספח 3 - תמלול ראיון עם מר יאיר סוארי – מרצה לאקולוגיה ואוקיאנוגרפיה
50.....	נספח 4 - חלופות תכנון לשובר גלים חדש-חלופה א': משרד מהנדסים יצחקי פרוינד
41.....	נספח 5 - חלופות תכנון לשובר גלים חדש-חלופה ב': משרד מהנדסים יצחקי פרוינד
53.....	נספח 6 - חלופות תכנון לשובר גלים חדש-חלופה ג': משרד מהנדסים יצחקי פרוינד

רשימת איורים וטבלאות

- איור 1: התמוטטות שובר הגלים במעגן מכמורת.
- איור 2: הערמת סלעים בסמוך לקיר בנוי שנועדה לעודד את המגוון הביולוגי.
- איור 3: בריכות מלאכותיות משולבות בחללים בקיר אנכי.
- איור 4: בריכות מלאכותיות בקיר אנכי, מבט מקרוב.
- איור 5: שימוש בנישות מלאכותיות.
- איור 6: דוגמא לתגובה של בלוטי ים (Cirripedia) למרקם של התשתית.
- איור 7: קיר מדורג.
- איור 8: צילום אווירי של מעגן מכמורת.
- איור 9: שלשולן משולש (*Vermetus triquetrus*).
- איור 10: צינורן (*Dendropoma petraeum*).
- איור 11: אבני ההשקטה בשוליו המערביים של המעגן, בסמוך לתל מכמורת.
- איור 12: אבנים וצדפים משולבים בבטון של שבור הגלים הצפוני במעגן מכמורת.
- איור 13: מדרגות שובר הגלים הצפוני מ-1945.
- איור 14: שובר הגלים הדרומי, המעבר במבנה השובר והסלעים שהונחו באזור שהתמוטט.
- איור 15: חלקו המרכזי הממוטט של שובר הגלים.

טבלה 1: מיני חי וצומח עיקריים בבתי הגידול השונים בחוף מכמורת.

טבלה 2: מיני חי וצומח עיקריים בבתי הגידול השונים במעגן מכמורת.

תודות

ראשית נרצה להביע את תודתנו לאלון אלירן על הנחייתו בכתיבת עבודה זו.

לפרופ' אביטל גזית על הקורס המרתק וההזדמנות לשמוע הרצאות מפי אנשי מפתח וחוקרים שהם חוד החנית בעשייה ובמחקר בנושא של יחסי הגומלין בין הים והאדם.

תודה מעומק הלב ליאיר סוארי, מרצה לאקולוגיה ואוקיאוגרפיה מבית הספר למדעי הים, המרכז האקדמי רופין במכמורת. תודה על האירוח והזמן שהקדיש לנו במעגן מכמורת, על הסיוע באיסוף החומרים והמידע, הבנת העולם הביולוגי הימי וההשלכות הסביבתיות של שיפוץ שובר הגלים במעגן.

תודה גם לניצן אורבך, מנהלת בית הספר למדעי הים, המרכז האקדמי רופין במכמורת על הנכונות לסייע בעבודתנו ולהעמיד לרשותנו את הידע והמרצים של בית הספר.

תודה רבה לד"ר שמרית פרקול-פינקל על זריקת הכיוון ההתחלתית שהיינו זקוקים לה ועל העזרה באיסוף החומרים העוסקים בריפים מלאכותיים.

נרצה להודות גם לאיציק רזנברג, איש בית ספר מבואות ים על העזרה בקבלת חומר רקע בנוגע למעגן מכמורת.

למהנדס אריק פרוינד, ממשדד המהנדסים יצחק פרוינד, על איסוף החומרים והתוכניות הנוגעות לשובר הגלים במעגן מכמורת אשר סייעו לנו רבות להבין את החלופות הנבחרות לבניית שובר הגלים.

תקציר

מבני הגנה ימיים כגון שובר גלים יכולים להוות ריפים מלאכותיים בקנה מידה גדול אשר תומכים במגוון ביולוגי ועושר ימי ומשחקים תפקיד משמעותי באקולוגיה הימית שלאורך קו החוף.

מחקר זה מתמקד בשיפורים האקולוגיים האפשריים ליישום בשובר הגלים החדש שצפוי להיבנות במעגן מכמורת, וזאת בהתאם לבתי הגידול הסלעיים, הפאונה והפלורה המאפיינים את האזור.

לצורך בדיקת האפקטיביות של השיפורים האקולוגיים, יבחנו טכניקות שונות לבניית מבנים ימיים מעשה ידי אדם הקיימים במעגן מזה עשרות שנים. במסגרת המחקר המוצע יבדקו בתי הגידול שהתפתחו לאורך השנים על גבי המצעים המלאכותיים מבחינת המגוון הביולוגי ועושר המינים. מתוצאות אלו ובשילוב של מחקרים קודמים שהתייחסו לשיפורים אקולוגיים במבנים ימיים, ניתן להסיק באיזה חומר, צורה וטקסטורה ראוי לבנות את שובר הגלים החדש במעגן עם חתימה אקולוגית נמוכה, כך שיעודד התיישבות על גבי המבנה ויעשיר את המגוון הביולוגי בסביבתו.

העבודה עוסקת, למעשה, בעיסוק שניתן להכלילו בתחום של הנדסה אקולוגית. הנדסה אקולוגית מנסה לשלב רעיונות הנדסיים עם תהליכים אקולוגיים על מנת להפחית השפעות סביבתיות הנגרמות מבניית תשתיות לטובת האנושות. זהו שילוב של הנדסה וטבע לטובת שניהם (Bergen et al., 2001). להנדסה אקולוגית יש דרישות סותרות, מצד אחד קיים האתגר ההנדסי הדורש מוצר יציב, קבוע ואפקטיבי תחת כל התנאים הצפויים. זאת בעוד האקולוגיה משתנה בזמן ובמרחב (Holling, 1996), ולפיכך על ההנדסה האקולוגית לתכנן מבנים המתמודדים עם גחמות הטבע (Bergen et al., 2001).

מרבית מאוכלוסיית העולם מתגוררת כיום במרחק של כ-100 ק"מ מקו החוף, ועל פי התחזיות, האוכלוסייה בקרבת החוף צפויה להמשיך לגדול (UNEP, 2002). הלחץ המתמשך על המערכות האקולוגיות הימיות מתבטא בניצול יתר של משאבים ימיים ופיתוח תשתיות לאורך קו החוף המוביל להרס של בתי גידול וזיהום (Svane and Peterson, 2001). שינוי קו החוף כתגובה לאורבניזציה אינו מוגבל רק ליבשה אלא כולל גם הקמת מבנים ימיים לאורך קו החוף ובקרבתו כדוגמת שוברי גלים, קירות ימיים, מזחים וכיו"ב.

כיום, בשל הביקוש לבניית נכסים בסמוך לחוף ישנו צורך הולך וגובר להגנת קו החוף מפני בלייה (Davis, Levin & Walther 2002; Living Shoreline Summit Steering Committee, 2006;) השימוש במבני הגנה לאורך החוף צפוי לגדול גם כתגובה לתחזית עליית פני הים ועלייה בתדירות ועצמה של סופות מזג אוויר קשות, וזאת כתוצאה ממשבר האקלים (Airoldi & Beck, 2007). (Michener et al., 1997; Thompson et al., 2002).

גם בישראל, מרבית האוכלוסייה, הפעילות הכלכלית ומערכות התשתית של המדינה מרוכזים ברצועה צרה לאורך כ-190 ק"מ של חוף הים התיכון (כהן, 2000).

אחד מסוגי תשתיות קו החוף הוא מעגן סירות. מעגן הוא מקום שבו יכולות ספינות להתאכסן או למצוא מחסה מפני מזג האוויר. מעגנים יכולים להיות מעשה ידי אדם או טבעיים, כאשר במעגן שנוצר על ידי אדם, כמו זה שבמכמורת, קיים צורך בשוברי גלים להגן על הסירות שבמעגן. שובר גלים הוא מבנה המוצב בים ונועד להגן על קו החוף ולרכך את אנרגיית הגלים המתנפצת אל החוף. לבניית מבנים שכאלה בים יש השפעה משמעותית על בריאות הסביבה הימית, שכן התוצאה של בנייה של שובר הגלים בים עלולה להיות אבדן של בתי גידול טבעיים אשר חיוניים לאספקת מגוון שירותי מערכת אקולוגיים (Environmentally Friendly Seawalls, 2009).

במסגרת קורס "פרויקטים בחקר הסביבה" שנושאו בשנת הלימודים תשע"ג היה "אדם וים", בחרנו לבחון את **שאלת המחקר** הבאה: **כיצד ניתן לשפר מבנים ימיים ככלל ואת שובר הגלים במכמורת בפרט, כך שיהווה מצע התיישבות אטרקטיבי לצמחים ולבעלי חיים ימיים ובכך תקטן חתימתו האקולוגית?** שיפור אקולוגי לא מנסה להשיג חיקוי מושלם של התנאים הטבעיים אלא מנסה לשפר את האיכות האקולוגית של המבנה שנבנה למטרות שונות (Naylor et al., 2011).

מבני הגנה ימיים כמו שובר הגלים במכמורת, יכולים לשחק תפקיד אקולוגי משמעותי במערכות החופיות על ידי תמיכה במגוון ובעושר של קהילות דגים והבנתוס (Lincoln-Smith et al., 1994;) (Moschella et al., 2005; Pondella et al., 2002; Stephens et al., 1994; Wen et al., 2007)

אולם, התהליך של התפתחות של קהילות על מבנים שכאלה אינו מובן מספיק (Airoldi et al.,) (2005; Baine, 2001; Moschella et al., 2005) ומחקרים הנוגעים לעיצוב ותכנון מבנים ימיים צריכים להתייחס להשלכות האקולוגיות והניהוליות אשר עשויות להיות למבנים מלאכותיים בקנה מידה שכזה (Burt et al.2009).

לאור זאת, בחרנו לבחון את ההשפעה של יישום שיפורים אקולוגיים במבנה שובר הגלים שיוקם במעגן מכמורת על התפתחותם של בתי גידול ומגוון ביולוגי על גבי המבנה ובקרבתו.

1 רקע

רצועת החוף של ישראל משתרעת לאורך כ- 190 ק"מ לאורך הים התיכון, ממצוקי ראש הנקרה בצפון ועד רצועת עזה בדרום. רצועת חוף זו מהווה כ- 2.5% משטח המדינה (564 קמ"ר). כ- 32 איים זעירים, חלקם בלתי נראים לעין, הפרוסים לאורך החוף, משמשים מקום מפלט לעופות מים, לציפורים למגוון בעלי חיים. רצועת החוף משופעת בנופים מגוונים, באתרים היסטוריים, במגוון ביולוגי עשיר ובחול.

ע"פ נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, בשנת 2009 צפיפות האוכלוסייה בכלל יישובי רצועת החוף הייתה גבוהה פי 14 מצפיפות האוכלוסייה בכל שטח מדינת ישראל.

במהלך השנים נבנו לאורך חופי ישראל מרינות, נמלים, עשרות מזחים, שוברי גלים ניצבים ומקבילים לחוף, רציפים, מעגנות, בריכות מי קירור לתחנות הכוח, מלונות ובתי מגורים וכדומה (מתוך אתר המשרד להגנת הסביבה; הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה).

1.1 מכמורת - רקע כללי

חוף מכמורת ממוקם בקצה הדרומי של רכס הכורכר החופי המשתרע עד חוף הכרמל. החוף מהווה אזור מעבר בין החופים החוליים שמדרום לו לבין החופים הסלעיים שמצפון לו. מיקום זה מקנה לו מאפיינים הייחודיים לחוף חולי וסלעי כאחד. כמו כן, נחל אלכסנדר הנשפך לים בתחום שמורת נחל אלכסנדר מעשיר את המגוון הביולוגי.

לחוף מכמורת שימושים רבים הכוללים חופי רחצה, אתרי בילוי ונופש כדוגמת מסעדות וגן אירועים, בית הספר מבואות-ים וגן לאומי נחל אלכסנדר (אנגרט & יהל, 2011). עם הקמת מושב מכמורת (בשנת 1945) הוקם גם המעגן הנוכחי ששימש לאורך השנים את הגופים הפועלים במסגרת בית הספר מבואות-ים ואת מושב מכמורת (סוארי, 2012).

חוף מכמורת היווה אתר מחקר לעבודות רבות שעל פיהן נקבע דגם החיגור¹ החופי של מזרח הים התיכון. על כן, קיימת חשיבות רבה לשמירת קטע חוף זה לצורך מחקר השוואתי עתידי של החוף הסלעי בישראל ובלבנט, המהווה תופעת טבע ייחודית בקנה מידה עולמי (אנגרט & יהל, 2011).

¹ רצועות אורכיות או מעגליות הנושקות זו לזו בשטח קטן באופן יחסי. בכל רצועה תנאים שונים, שבהם מתקיימים בעלי חיים או צמחים שונים אשר לכל אחד מאפיינים המתאימים לחגורה שבה הוא חי. תופעת החיגור בחוף נוצרת בשל השינויים בתנאי החיים בין האזורים המוצפים קבוע על ידי מי הים לבין האזורים המוצפים רק בחלק מהזמן, או אלו היבשים רוב הזמן. היצורים החיים בחוף מסודרים ברצועות על פי דרגת העמידות שלהם ליובש ועל פי דרגת הצורך שלהם בכיסוי מים, הנחוצים כדי למצוא מזון או כדי להתרבות (מתוך אתר האינטרנט של מט"ח).

1.2 שובר גלים

בשנת 2010 התמוטט חלק משובר הגלים של המעגן ומאז "מצב המעגן מדרדר והולך מבחינת שלומן של הסירות שעוגנות במעגן, לא בהכרח בעבור המגוון הביולוגי", כפי שהגדירה זאת ניצן אורבך², מנהלת בית הספר למדעי הים במרכז האקדמי רופין (ראה/י [איור 1](#)).

פעולת הגלים כנגד קו החוף עלולה להיות בעלת כוח הרסני ועשויה להתרחש במצבים שונים, למשל: גלים בשילוב עם תופעות של גאות ושפל עלולים להגדיל את אזור ההרס הפוטנציאלי; סופות יצרות השפעות מצטברות ובלתי צפויות וזרמים לאורך החופים יכולים להוביל כמויות חול וקרקעית גדולות מנקודה לנקודה (Creter et al,1985).

תפקידו הראשי של שובר הגלים הוא הגנה על אזור הנמל או המעגן מפני גלי הים, היוצרים מאסה אדירה של אנרגיה המכה בעוצמה בשובר הגלים. לכן, עליו להיבנות לא רק כמאסה של חומר, אלא גם בעל זוויות כאלו שיצמצמו את עוצמת הפגיעה וההחזרה של הגלים. התוצאה: השקטה של המים בתוך המעגן והגנה של הסירות העוגנות במעגן מפני מזג האוויר (מתוך אתר האינטרנט של נמל אשדוד).



איור 1: התמוטטות שובר הגלים במעגן מכמורת. מתוך מייל שנשלח על ידי ניצן אורבך.

1.3 ההשפעות של פיתוח תשתיות חופיות על המגוון הביולוגי הימי

הלחץ המתמשך והגובר של האוכלוסייה על המערכות האקולוגיות הימיות הקרובות לאזורים עירוניים מתבטא בניצול יתר של משאבים ימיים והרס של בתי גידול חופיים כתוצאה מפיתוח תשתיות ומזיהום.

מלבד הצורך בפיתוח של אזורים חופיים מסיבות כלכליות (הכוללות פיתוח נמלים, מרינות ופיתוח ממניעים תיירותיים) קיים גם צורך בבניית מבנים מלאכותיים במקומות מסוימים לאורך החוף כדי להגן על האוכלוסייה והעסקים מפני ההשלכות של שינויי האקלים (כמו עליית פני הים, סופות ושיטפונות). צרכים אלה גורמים לחששות אקולוגיים הנובעים מכך שמבנים מלאכותיים לא מספקים את אותם סוגי בתי גידול או תומכים באותו מגוון ביולוגי של צמחים ובעלי חיים כפי שהסביבה

² מתוך מייל שנשלח מניצן אורבך כתגובה לבקשת מידע על המעגן, דצמבר 2012.

החופית הטבעית מספקת. אולם, הם עשויים לספק מגוון של בתי גידול באם שיפורים אקולוגיים יילקחו בחשבון בתכנונם (Naylor et al., 2011)

בעבר ניתנה מעט חשיבות לבתי הגידול החופיים אשר נהרסו או נפגעו כתוצאה מבניית תשתיות חופיות ולא הושקע מאמץ בעיצוב המבנים הימיים כך שיחקו את החוף הטבעי ובתי הגידול שבמקומם נבנו (Environmentally Friendly Seawalls, 2009).

כיום, בתי גידול מלאכותיים נעשו שכיחים כאמצעי למיתון ההשלכות הנגרמות על ידי הפעילות האנושית (Svane & Peterson, 2001). ריפים מלאכותיים מעודדים התפתחות של קהילות דגים ושוכני קרקעית. לעיתים, קהילות אלה בעלות שפע ומגוון השווה ואף גדול מקהילות שהתפתחו על גבי ריפים טבעיים הנמצאים באותו האזור (Lincoln-Smith et al., 1994; Perkol-Finkel & Rilov & Benayahu, 2000; Pondella et al., 2002; Benayahu, 2004).

אם כך, נראה כי הריפים המלאכותיים החשובים ביותר באזורים עירוניים שלאורך החוף הם מבנים מעשי אדם כמו שוברי גלים ומזחים. מבנים בקנה מידה גדול שכזה מספקים מצעי גידול קשיחים יותר מאשר מוצעים בדרך כלל על ידי ריפים מלאכותיים מסורתיים, ולעיתים, הם גם מכפילים את אורך קו החוף הטבעי באזורים מסוימים (Airoldi et al., 2005; Bacchiocchi & Airoldi, 2003; Hansen, 2005).

בכדי להבין מהם השיפורים האקולוגיים שניתן ליישם במבנים מעשי אדם השוכנים לאורך החוף, נעמוד על ההבדלים בין קירות ים³ כבתי גידול מלאכותיים לבין בתי הגידול הטבעיים. השוני מתבטא במספר היבטים:

- (1) המצע, צורת ההרכבה ומאפייני פני השטח שלהם (Chapman & Bulleri, 2003);
- (2) הגודל והשיפוע שלהם (Chapman & Bulleri, 2003);
- (3) היכולת שלהם לשמש כחוצץ בין היבשה לסביבה הימית (Environmentally Friendly Seawalls, 2009).

כמו כן, קירות ים מציעים מורכבות מצומצמת כבתי גידול יחסית למורכבות שמציעים בתי הגידול הטבעיים. למשל, לקירות הים חסרה התכונה החשובה של אגירת מים או לחות בזמן השפל של פני הים ולכן קטן המגוון הביולוגי בקרבתה (Chapman, 2003; Moreira et al., 2007).

הבדלים אלה מגבילים את הפוטנציאל של קירות הים לספק אזורי התיישבות לאורגניזם החופי (Chapman, 2006), וגורמים להעדר עושר ביולוגי (Environmentally Friendly Seawalls, 2009).

מכל האמור לעיל, החלטנו לבחון כיצד פיתוח מבנים ימיים כדוגמת שובר הגלים במעגן מכמורת, באזור עשיר במגוון בתי גידול (סלעיים וחוליים) ובמגוון ביולוגי, משפיע על אוכלוסיית בעלי החיים הימיים. נשאלת השאלה: האם ראוי להשתמש בחומרים או במאפיינים מסוימים בתהליך עיצוב ותכנון התשתיות על מנת לעודד את התפתחותו של המגוון הביולוגי באזור, ולהקטין את החתימה הסביבתית של המעגן?

³ מבנים שנבנים בתוך הים, לאורך החוף.

2 שיפורים אקולוגיים במבנים ימיים

מבני הגנה ימיים כשוברי גלים, מזחים וקירות תמך, מוכרים כיום כשוניות בקנה מידה גדול, הלוקחות חלק חשוב באקולוגית חוף וים (Burt et al., 2009). הן טומנות בחובן אפשרות להיות מצע לגיוון מספר המינים והעשרת בית הגידול הבאנטי, במידה שיבנו באופן נכון. מחקרים ציינו מספר מאפיינים הקובעים את מידת הצלחת תשתית חופית או שונית מלאכותית להגיע למגוון ביולוגי דומה לזה שבשונית טבעית סמוכה. בעבודה זו נניח כי מאפיינים המעודדים עושר מינים בשונית מלאכותית יועילו גם בבניית מבני הגנה ימיים כגון מזחים, שוברי גלים וקירות תמך לאורך החוף.

מחקרים המשווים שוניות טבעיות ומלאכותיות מעטים (Chou and Lim, 1986; Wilhelmsson et al., 2005, 2004; Perkol-Finkel & Benayahu, 1998; el., 2004). מצאו פרקול-פינקל ובניהו שיטת הבדלים באוכלוסיות בין אוכלוסיות של שוניות טבעיות ומלאכותיות סמוכות זו לזו. השוני נבע מהבדלים ביוטיים ואביוטיים כגון: תכונות המינים שנבחנו, תכונות השונית ואפיונים מבניים שלה. כמה מאפיינים מבניים כגון טקסטורת פני השונית ומורכבותה (Thomamssom et al., 2002) היו בעלי חשיבות רבה, בעוד אחרים כגון מנח השונית (position) היו בעלי חשיבות פחותה (Glasby, 2000). גם מאפיינים סביבתיים כגון פני השונית, עומקה, סדימנטים וסירקולציות מים ישפיעו על עיצוב האוכלוסייה החיה על השונית המלאכותית או הטבעית (Sheng, 2000; Spieler et al., 2001). כעת נסקור את המאפיינים המבניים שניתנים ליישום בשונית מלאכותיות.

2.1 שיפוע המבנה

שינוי מדרון החוף הטבעי ממשופע קלות לכמעט אנכי מפחית משמעותית את מגוון בתי הגידול בתחום הגאות והשפל. הדבר נובע ממספר סיבות. ראשית, בעוד חוף טבעי המושפע מהגאות והשפל, רוחבו עשרות מטרים, בניית קיר תמך לים מפחיתה את טווח השפעתם לקו הקיר בלבד (Chapman & Bulleri, 2003). אי לכך, הגדלת השיפוע משמעה המיידית הוא הקטנת בית הגידול. נמצא כי המגוון הביולוגי החי בבית גידול עולה ביחס ישר לנתח האזור המושפע מגאות ושפל (McGuinness, 1984). שנית, בית גידול טבעי בשיפוע קל, גורם לכך שמינים החיים באופן טבעי במורד המדרון רחוקים זה מזה. בבית גידול משופע יותר, כמסלעה או קיר תמך, ימצאו עצמם מינים הרגילים לחיות בנישות נפרדות, חולקים את אותו איזור. הדבר יביא לאינטראקציה ביניהם, תחרות על מזון ושטח מחיה ואי לכך שינוי אקולוגי מקיף (Chapman & Underwood, 2011). לבסוף, איזור תלול תומך במינים מועטים יותר המסוגלים לחיות על תשתית מסוג זה. שכן, מינים רבים אחרים אינם יכולים להיאחז בתשתית שכזאת (Knott et al., 2004).

2.2 מורכבות וטקסטורת המבנה

למורכבות המבנה של השונית השפעה מכרעת על המגוון הביולוגי, הצפיפות והגודל של אוכלוסיית חסרי חוליות ודגים. הסיבה לכך היא קיום מערך נישות מגוונות (Svane & Peterson, 2001). מינים רבים של אלמוגים, כמו גם חסרי חוליות אחרים, יעדיפו להתיישב על מצע מורכב על פני מצע פשוט (Rilov & Benayahu, 1998). במצע הכולל חללים בגדלים שונים יוכלו האורגניזמים למצוא מפלט. החוקר סימן מצא כי אלמנטים של עיצוב השונית כגון מספר חורים וגודלם, גודל השונית כולה והעמדתה במרחב ישפיעו על עושר הדגה, הביומאסה ומספר המינים במקום (Seaman et al., 2001).

2002). לכן, ככל שהשונית גדולה והטרוגנית יותר נמצא בה בית גידול מורכב יותר. מבני הגנה ימיים עונים להגדרת הגודל מעצם תפקודם הראשי. עם זאת, העמדתם במרחב נגזרת מתפקודם ולא תיגזר כתוצאה מעדיפות אקולוגית זו או אחרת.

גם טקסטורת פני השונית נמצאה בעלת חשיבות (Thomasson et al., 2002). הגדלת החספוס ויצירת טקסטורה על פני המצע נחקרו בסיאטל, ארצות הברית. החוקרים מצאו כי שני מאפיינים אלה מספקים תנאי משטח התורמים יותר להתפתחות אורגניזמים ומגדילים את פני שטח המצע להתיישבות (Curtiss et al., 2006).

במדריך לעיצוב תשתיות חופיות בהוצאת אוניברסיטת אקסטר (Naylor et al., 2011) נכתב כי משטחים מחוספסים הם בדרך כלל טובים יותר מאשר משטחים חלקים. חומרים מחוספסים יכולים להיבחר עבור הבנייה (למשל בחירה של אבנים מחוספסות) או, לחלופין, להפוך משטחים למחוספסים באופן מלאכותי. ישנן ראיות אשר מוכיחות כי טקסטורות מלאכותיות של בטון ימי בקורנוול שבבריטניה (שנוצרו על ידי חיתוך של הבטון באופן מסוים) יכולות להגדיל באופן משמעותי את ההתיישבות של בלוטיים (cirripedia) על גבי המצע.

לדברי פרקול-פינקל השפעת מאפיינים מבניים גדולה מהשפעת סוג התשתית (מלאכותית או טבעית). בהינתן זמן מספק, וכאשר השונית הטבעית והמלאכותית בעלות מבנה דומה, הרכב האוכלוסיות עליהן יהיה כמעט לא ניתן לאבחנה (Perkol-Finkel et al., 2005).

2.3 סוג החומר של המבנה

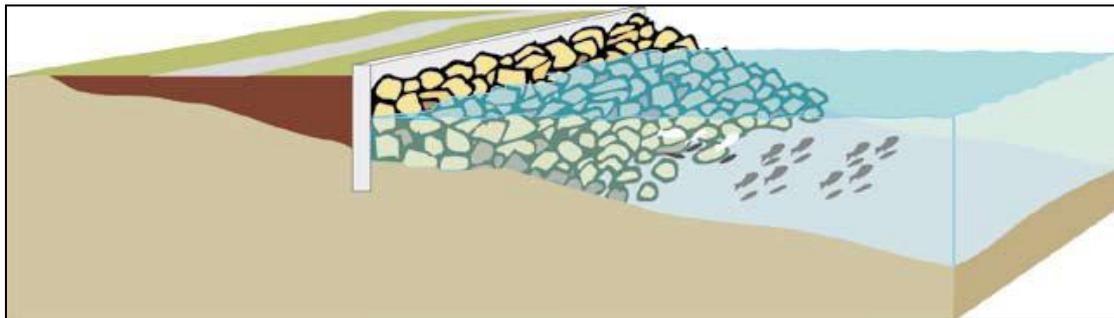
רוב השוניות המלאכותיות בעולם בנויות בטון (Bain, 2001) ורוב קירות התמך לים, המזחים ושוברי הגלים בנויים מאבן גרניט ואבן חול חצובות (Bulleri, 2005).

נשאלת השאלה: האם לחומר מסוים עדיפות על פני האחר מבחינת העשרת המגוון הביולוגי? במחקרו מצא ברוק כי חומר שאינו מתאים עלול להוביל להרס השונית ואף לגרום לנזק לסביבה הימית הסמוכה (Norris & Brock, 1989). הדבר נכון בעיקר בנוגע ליציבות המבנה וקצב בלייתו. מספר מחקרים נעשו בנוגע לחשיבות חומר המבנה ותרומתו למגוון בעלי החיים שיאמצו אותו כבית גידול. ג'והן בורט ושותפיו בדקו התפתחות אורגניזמים בנטיים על פני שוברי גלים אליהם הוצמדו אריחים מחומרים שונים המשמשים בשגרה לבניית שוברי גלים. נבדקו אריחים מבטון, סלע גרניט, אבן גברו (אבן געשית דמוית שחם) ואבן חול. נמצא הבדל קל ביכולת גיוס אלמוגים בין החומרים השונים. האוכלוסייה המגוונת ביותר נמצאה על אריחי הגברו ואילו בטון ואבן חול נמצאו אטרקטיביים פחות. עם זאת, התוצאות הוכיחו כי לבחירת חומר התשתית חשיבות פחותה מאשר לבחירת מבנה התשתית. אי לכך הם הסיקו כי אין חשיבות לשימוש בחומר מסוים בבניית שוברי גלים ובמבני הגנה ימיים אחרים. במסקנות אלה ניתן למצוא חיזוק גם במחקרים נוספים (Glasby, 2000; Feild et al., 2007).

2.4 סקירת הפתרונות האפשריים לפיתוח תשתיות חופיות

כשאנו באים לעסוק בפתרונות בניית מבני הגנה ימיים עם חתימה אקולוגית נמוכה, עלינו להתייחס לתשתית קיימת ולתשתית חדשה. מספר אמצעים יישומיים עומדים לרשותנו במשימה זו:

א. **הגדלת מגוון ביולוגי על ידי מיתון המדרון:** בבניית קירות תמך לחוף נתקלים בבעיה קשה. תלילותם ופני השטח האחידים מייחדים אותם גם בהשוואה לתשתיות חופיות אחרות (מזחים, שוברי גלים וכדומה). שפוכת סלעים מתונה יכולה, לעיתים, להחליף קיר תמך או לשמש כשובר גלים. היא בעלת מדרון מתון יותר ומספקת בית גידול מורכב וטוב יותר למינים שונים (Davis et al., 2002). גם טכניקה של הערמת סלעים בסמוך לקיר בנוי נפוצה (ראה/ איור 2). מספר יתרונות לסוג פתרון זה: הוא מעשיר את מגוון המינים, מחזק את עמידות הקיר הבנוי בפני הגלים ומונע בליה של הקרקע החולית בסמוך לבסיס הקיר. חסרונה של שיטה זו (שפוכת סלעים/אבנים לכל שימוש שהוא) הוא שהיא מכסה שטח קרקע נרחב יחסית ואי-לכך תגרום לנזק רב יותר לבתי גידול על קרקעית הים. פתרון אחר למיתון המדרון הוא בניית קיר מלבנים קטנות בשיפוע קל. טכניקה זו תאפשר התפתחות מינים מסוימים על קיר זה (Chapman & Underwood, 2011). טכניקה נוספת היא בניית קיר מדורג. טכניקה זו יוצרת משטחים אופקיים ואנכיים וחושפת פני שטח רחבים יותר לתנאי הגאות והשפל (Environmentally Friendly Seawalls, 2009).



איור 2: הערמת סלעים בסמוך לקיר בנוי שנועדה לעודד את המגוון הביולוגי. מקור: Environmentally Friendly Seawalls, 2009.

ב. **הגדלת מגוון ביולוגי על ידי הגברת מורכבות המצע:** הדרך הפשוטה ביותר להגברת מורכבות קיר קיים היא הוספת גומחות בגדלים שונים בצפיפות משתנה (Martins et al., 2010). ניסויים שהשתמשו בטכניקה זו הראו תוצאות בהגדלת המגוון הביולוגי (Chapman & Underwood, 2011). במקרה של בניית קיר חדש מלבנים ניתן להשאיר חללים בין בלוקים סמוכים. חללים אלה ישמשו כבית גידול למינים מסוימים (Mareira, 2007). ניסיונות נוספים נעשו בבניית קיר ללא מילוי המישקים בין הלבנים, מה שהשאיר חללים פתוחים (Environmentally Friendly Seawalls, 2009). גם בניסיון להגביר את מורכבות המצע ניתן להיעזר בקיר או שובר גלים בנוי סלעים. צורתם המשתנה, החללים שנוצרים ביניהם וגודלם המשתנה מספקים מצע מורכב לאורגניזמים השונים (Davis et al., 2002). עם זאת, דיוויס מצא במחקרו כי שימוש באבן קשה במיוחד (כמו גרניט) מהווה גורם מגביל להתפתחות אוכלוסיה גם בתשתית מסוג זה.

ג. **הגדלת מגוון ביולוגי ע"י הוספת בתי גידול מסוגים שונים:** במטרה להעשיר קירות תמך קיימים באורגניזמים גדולים שנוטים לא להתיישב עליהם נעשה ניסיון להוסיף לקירות אלמנטים שידמו בריכות סלע. ניסיון כזה נעשה בנמל בסידני בו שובצו בקיר ששופץ שקי חול במקום חלק מלבני הבניה. לאחר תום השיפוץ שקי החול הורחקו ובמקום נוצרו חורים שתחתיתם עגולה ואוגרת בתוכה מים בזמן שפל. במהרה בריכות קטנות אלה נכבשו על ידי יצורים שונים בהם תמנונים וקיפודיים שאין ספק שלא היו מוצאים בקיר סטנדרטי בית גידול הולם (Chapman & Underwood, 2011). צ'פמן ואנדרווד הציעו פתרון נוסף להעשרת קיר תמך כבית גידול: ניתן לחצות קיר לשתי מדרגות כשבראש המדרגה התחתונה נוצרת בריכה. כמובן שהדבר אפשרי רק במקרה של תכנון מוקדם של הקיר בהתאם.

ד. **הגדלת מגוון ביולוגי על ידי העשרת הטקסטורה וחספוס המשטח:** ישנן דרכים שונות להעשרת בית הגידול במובן זה. דרך אחת היא שיבוץ אלמנטים טרומיים בקיר. ניתן לבחור באלמנטים דמויי ידית המוצמדים לקיר בגובה המתאים. דרך נוספת היא יצירת חורים וחריצים, כל עוד הדבר אינו פוגע בחוזק המבנה (Curtiss et al., 2006). ניתן גם לצקת אלמנטים מבטון שפניהם למים בעלי חספוס כתוצאה משימוש באגרטים חשופים בגדלים שונים (Environmentally Friendly Seawalls., 2009).

2.5 סקירת דוגמאות מהעולם ליישום הפתרונות האפשריים לפיתוח תשתיות חופיות

למרות שמדובר במגמה חדשה יחסית בעולם, לפחות בכל הנוגע לתשתיות בסביבה החופית, ניתן למצוא לא מעט דוגמאות של שיפורים אקולוגיים שנעשו בשוברי גלים ומעגנות, במספר מקומות בעולם. יצוין כי חלק ניכר מהשיפורים האמורים נעשו במקביל למחקרים אקדמאיים שנועדו לבדוק את ההשפעה של השיפורים האקולוגיים. להלן מפורטת סקירה של מספר דוגמאות שנעשו ברחבי העולם מבני הגנה ימיים בסביבה החופית.

קיר ימי בנקודת - McMahons נמל סידני, ניו סאות' ויילס, אוסטרליה (Naylor et al., 2011)

בעת בנייה מחדש של חלקים משובר הגלים בשנת 2006, נבנו בקיר ימי אנכי מספר בריכות אופקיות שנועדו לקלוט מי ים בזמן הגאות, כך שבעת שפל ייווצרו למעשה בריכות קטנות בחללים. הגודל של כל גומחה בקיר היה אחיד - גובה של 30 ס"מ, עומק של 30 ס"מ וברוחב של 60 ס"מ, כאשר הבריכה עצמה שנועדה לקלוט את מי הים הייתה בעומק של כ- 5 ס"מ.



איור 4: בריכות מלאכותיות בקיר אנכי, מבט מקרוב.
מקור: Naylor et al., 2011



איור 3: בריכות מלאכותיות משולבות בחללים בקיר אנכי.
מקור: Naylor et al., 2011

התוצאות של ניסוי הראו שבברכות אלה קיים גיוון גדול יותר של אצות ושל בעלי חיים ניידים, וזאת בעיקר במקומות היותר גבוהים בקיר הימי. בנוסף, בעלי חיים שניתן לרוב היה למצוא במקומות יותר נמוכים בחוף נמצאו בבריכות המלאכותיות שנוצרו. ממצא חשוב נוסף היה שבבריכות המלאכותיות היו יותר אורגניזמים מאשר בברכות טבעיות בעלות מאפיינים דומים, באזורי חוף סמוכים. ביחס לבעלי חיים ניידים התוצאות של המחקר היו פחות חד משמעיות, וזאת כנראה משום שהבריכות המלאכותיות האמורות אינן מהוות בית גידול הולם עבור בעלי החיים הניידים.

מחקר זה חיזק את המסקנה של החוקרים שלאור העצמת החדירה האנתרופוגנית לשטחים טבעיים ואובדן הנלווה של מינים, קיים צורך חיוני ללמוד לבנות תשתית עירונית שיכולה לשמור או לשפר את המגוון הביולוגי, תוך עמידה בקריטריונים הנדסיים, כל זאת בדרך יחסית חסכונית (Chapman et al., 2009).

בעניין זה חשוב לנו להדגיש כי מדובר בקיר ימי אנכי שמטרתו מניעת פגיעת הגלים באזור החוף. למרות זאת עדיין מדובר במבנה תשתית הנדסי בעל ממשק ישיר לים. לפיכך ניתן ליישם את המסקנות נ"ל גם במבנה של שובר גלים.



איור 5: שימוש בנישות מלאכותיות
מקור: Naylor et al., 2011

שימוש בנישות מלאכותיות בשובר גלים בסאו רוקה (האיים האזוריים), פורטוגל

תחת ההבנה שלבתי גידול קטנים (microhabitats) יש חשיבות רבה עבור מגוון רחב של יצורים ימיים, הוחלט על קידוח של גומחות בשובר גלים. במחקר זה נבדקה ההשפעה של microhabitats על ההפצה והישרדות של *Patella candei* (סוג של חילזון ימי) ונקדחו בשובר הגלים המלאכותי גומחות בעלות גודל ועומק שונים.

מספר גומחות היו בעלות קוטר של כ- 12 מ"מ ועומק של 10 מ"מ ואילו הגומחות היותר גדולות היו בעלות קוטר של 24 מ"מ ועומק של 10 מ"מ.

תוצאות המחקר הראו כי מספר בעלי החיים שנמצא באזורים הסמוכים למקומות שבהם היו גומחות הניסוי היה רב יותר מאשר אזורים אחרים בשובר הגלים (בהם כמובן לא נקדחו הגומחות). ממצא נוסף של המחקר היה עדות להימצאותם של בעלי חיים גדולים יותר בגומחות, וזאת לעומת המקומות שבהם לא נקדחו גומחות. (Martins et al., 2009).

במסקנות המחקר כי תוצאות המחקר מדגימה כיצד ניתן בדרך חסכונית לקדם את השימור של בעלי חיים (Martins et al., 2009).

שימוש בחומרים עם טקסטורות גסות - קורנוול, אנגליה

באופן כללי, השימוש בחומרים בעלי טקסטורה גסה עדיף על פני שימוש בחומרים בעלי טקסטורה חלקה, וזאת לפחות מהפן האקולוגי. כאמור, מחקרים מצביעים על כך שטקסטורות מלאכותיות יכולות להשפיע על שיעור הקולוניזציה של מיקרואורגניזמים.



איור 6: דוגמה לתגובה של בלוטי ים
(Cirripedia) למרקם של התשתית
מקור: Biogeomorphology of Coastel
Structres, 2011

בקורנוול, אנגליה נערך מחקר במסגרתו הונחו על גבי שובר גלים פנלים מגרניט, אבן גיר ובטון, כאשר הבטון כלל בטון מחולק, מחרוץ ומחוספס (Coombes et al., 2011).

תוצאות המחקר הראו ששימוש בבטון בעל טקסטורה גסה יכול להגדיל בצורה משמעותית את שיעורי הקולוניזציה של בלוטי ים (Cirripedia) (Naylor et al., 2011).

בניית קיר מדורג - קווינסלנד, אוסטרליה

בניית קיר מדורג מאפשר חשיפת פני שטח רחבים לתנאי גאות ושפל. בשפכי נהרות בקווינסלנד

באוסטרליה נמצא שקירות מדורגים מועילים למיני דגי ים מסוימים, ובכלל זה דגי Mangrove Jack (Lutjanus argentimaculatus) (Environmentally Friendly). (Seawalls., 2009).



איור 7: קיר מדורג
מקור: Derbyshire., 2006

אומנם המטרה העיקרית של קירות אלו היא להגן על גדות הנחל מפני שחיקה, אך המבנה של הקיר המדורג מספק בית גידול ידידותי לדגים, ובעיקר לצעירים שביניהם. (Derbyshire., 2006).

הדוגמאות המפורטות לעיל מוכיחות שניתן ליצור מבני תשתית ימיים "רב ערכיים" הכוללים מצד אחד ערכים מסורתיים עבור התעשייה והחברה, ומצד שני ערכים עבור האקולוגיה והמגוון הביולוגי, וזאת באמצעות הכללת "שיפורים אקולוגיים" במבני תשתית. נציין כי המונח "שיפור אקולוגי" אינו שואף ליצור מחדש את מלוא התנאים טבעיים שהיו קיימים טרם ביצוע פיתוח התשתיות (Ehrenfeld, 2000), אלא כל מטרתו הנו לתת פתרון פרגמטי שיאפשר לשפר את החתימה האקולוגית של מבני ההגנה הימיים הקיימים (Box, 1996).

3.1 תיאור מעגן מכמורת וסקירה של תשתיות קיימות במעגן

מעגן מכמורת (ראה/י [איור 8](#)) הוקם על בסיס מפרץ טבעי הבנוי מרכסי כורכר בולטים מצידו הצפוני (גבעת המגדלור) והדרומי (תל מכמורת) שמתחברים ברכס כורכר שקוע ממערב (טבלאות גידוד). באתר נמצאו שרידי התיישבות והוא שימש כנמל לסירוגין מהתקופה ההלניסטית ועד ימינו (נאמן וחובריו, 2012). בשנת 1998 הוכרז הגן הלאומי אלכסנדר ובתוכו כלול גם תל מכמורת וחלקו הדרומי של המעגן. קיימת תכנית להרחבת הגן הלאומי אל מעבר לשטח היבשתי גם אל השטח הימי (סוארי, 2012).



איור 8: צילום אווירי של מעגן מכמורת.
 בתמונה: (1) תל מכמורת; (2) אבני השקטה; (3) שובר הגלים הדרומי; (4) טבלאות גידוד בתוך המעגן;
 (5) שובר הגלים שהתמוטט; (6) טבלאות גידוד מחוץ למעגן; (7) הקרקעית החולית וגוף המים של המעגן;
 (8) שובר הגלים הצפוני
 מתוך: סוארי, 2012

מספר המחקרים העדכניים בנוגע לחברת האורגניזמים במעגן, באזור מכמורת או על גבי טבלאות הגידוד לאורך החוף הישראלי כולל בעיקר את הסקירה האקולוגית שערכה רויטל בן-דוד-זיסלו (2006), וזאת לקראת הגשת בקשה להקמת שמורה ימית במכמורת ואת דו"ח הניטור הימי הלאומי (חרות וחובריו, 2011). כל הכותבים מדגישים את עושר ומגוון המינים הגבוה המאפיין את טבלאות הגידוד והלגונות התחומות בהן ואת חשיבותן לאספקת שירותים למערכת האקולוגית הימית.

3.2 תיאור חוף מכמורת - אפיון בתי הגידול והמגוון הביולוגי

בכדי להבין טוב יותר את תנאי הגידול הקיימים במעגן מכמורת, נסקור תחילה את בתי הגידול הטבעיים והמגוון הביולוגי השוכנים בחוף מכמורת הנמצא כ- 500 מ' צפונית למעגן. אזור זה מהווה עבורנו דגם למבנה בית הגידול במכמורת לפני שהופרע על-ידי האדם.

כפי שתואר בתחילת סקירת הספרות, חוף מכמורת מאופיין כחוף חולי וסלעי כאחד. תצורות החוף רבות ומגוונות. הן כוללות אזורים חוליים, בלטים מקוטעים של כורכר וטבלאות גידוד (אנגרט & יהל, 2011).

טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל הינן בית גידול סלעי ייחודי המצוי רק בחופים דרומיים של הים התיכון במקומות בהם הסלע רך יחסית (כמו כורכר או גיר). מיקומן בקצה האגן המזרחי של הים התיכון מהווה גם את קצה גבול התפוצה של חלק מן המינים הים תיכוניים. תשתית טבלאות הגידוד הינו סלע כורכר מצופה קרום ביוגני (Hyams et al., 2002). רכסי הכורכר שבשפת הים נתונים לתהליכי בליה פיזיקאלית וביולוגית המותירה טבלאות סלע אופקיות, אלה הן "טבלאות גידוד".

טבלאות אלו (Abrasion platforms) מצויות בתחום הכרית. פני הטבלה נחשפים לאוויר בזמן השפל, ומצויים מתחת לפני הים בשעות הגאות. האורגניזמים המצויים על פניהן (כגון שושנות ים, רכיכות, בלוטי ים, צלחיות, אצות ודגים) מאופיינים במנגנונים המאפשרים להם להתקיים בתנאים המשתנים באופן קיצוני במהלך היממה (טמפרטורה, לחות, מליחות ורְוּיית החמצן). על פני טבלאות הגידוד נוצרים מכתשי המסה, בריכות רדודות ובורות שפל, היוצרים תת-בתי גידול (micro-habitats) שונים זה מזה בתנאיהם, ומאכלסים מגוון גדול של מיני אצות ובעלי חיים. בין טבלאות הגידוד ובשטח שממזרח להן נוצרות לגונות רדודות ובריכות חוף, המתרחבות לפעמים למפרצונים. בחלקן התחתון של טבלאות הגידוד, סמוך לקרקעית החולית, מצויים בדרך כלל צנירים, שקעים ומנהרות.

קרום הכיסוי הביולוגי (ממקור של יצורים חיים) של הטבלאות נוצר מצְנֹרִיָּים – חלזונות ישיבים, שקונכיותיהם דמויות צינורות מפותלים כסליל, החיים בתחום הכרית במים טרופיים וסובטרופיים. הפרטים הבוגרים ישיבים (צמודים למצע וחסרי יכולת תנועה ממקום למקום) ואילו השלב הצעיר מורכב מלרוות (פגיות) בעלות כושר שחיה מוגבל המופצות על זרמי המים. הפגיות נדבקות למצע באמצעות מלט גירני שהן מפרישות.

טבלאות הגידוד מאכלסות שני מיני צְנֹרִיָּים, המשתייכים למערכת הרכיכות (Mollusca): צינור בונה (*Dendropoma petraeum*) ושלשולן משולש (*Vermetus triquetrus*). נוסף על קרום הכיסוי המכסה את טבלת הגידוד, יוצר הצינורן הבונה צפופים בשפת הטבלה ובכרכוב הטבלה (לכיוון הים הפתוח ומפץ הגלים). צברי צְנֹרִיָּים אלה יוצרים מבנים של שונית. בית הגידול של שונית הצְנֹרִיָּים מאכלס בתוכו מגוון גדול של מיני בעלי חיים נוסף על החלזונות הבונים אותה (גליל וחבריה, 2001). כמו כן, מגן המבנה הביולוגי על הסלע מפני שחיקה ושומר על המבנה של טבלאות הגידוד (Safriel, 1975) ועל קו החוף במשך אלפי שנים (גליל וחבריה, 2001).



איור 9: צינורן (*Dendropoma petraeum*)
מקור: מרכז לחקר ימי בסנטה פולה
<http://web.ua.es/en/cimar/environment/surroundings.html>



איור 10: שלשולן משולש (*Vermetus triquetrus*)
מקור: האוניברסיטה הפתוחה
<http://telem.openu.ac.il/courses/common/20270/ocean/krit/shalshulan.htm>

בית גידול זה לא נחקר בצורה יסודית עד כה וקיימים רק נתונים מועטים ביותר על השונות במרחב ובזמן במבנה החברה האקולוגית. מאידך, בית גידול זה חשוף לעקות רבות, הן מקומיות והן אזוריות היכולות להשפיע על החברה האקולוגית (חרות וחובריו, 2011).

בחוף מכמורת מצויות שוניות הצינורניים הדרומיות ביותר בחוף הישראלי, ומצב שימורם טוב יחסית. לחוף הסלעי בשמורה חשיבות רבה בזכות המגוון העשיר של יותר מ-90 מיני אצות. אצות אלו מהוות בסיס להתפתחות של חסרי חוליות ישיבים עליהן. כמו כן, מצויים בשמורה אלמוגי אבן חסרי אצות שיתופיות שלא נצפו בחופים אחרים (אנגרט & יהל, 2011).

מידת החשיפה לפעילות הגלים, הגאות והשפל ותצורת המסלע הם מהגורמים העיקריים המעצבים את החלוקה לאזורי מחיה בחוף מכמורת:

1. אזור שולי העל-כרית. אזור זה לא מכוסה על ידי הגאות אך נשטף בתדירות על ידי הגלים. האורגניזמים הבולטים באזור זה הם אצות אנדוליטיות ירוקות, מיני חלזונות ממשפחת החופיתיים, ואיזופוד מהסוג טחבנית. השליש התחתון של אזור העל-כרית מהווה חיגור בנפרד ומאופיין בהתיישבות של בלוטי ים, בעיקר בלוטון שטוח, וקיימים פרטים מעטים של בלוטון מצוי בחלק התחתון של חגורה זו.

2. אזור הכרית, המחולק לשלושה אזורי משנה:

- א. אזור הכרית העליון: חגורת הבלוטונים (בלוטי-ים) - אזור זה עלול להתכסות על ידי הגאות, אך בדרך כלל נשטף על ידי הגלים בלבד. הוא מכוסה בעיקר על ידי בלוטון מצוי ואצות אנדוליטיות ממינים שונים. במהלך החורף נוצר תת-חיגור צר על ידי אצה אדומית המופיעה בכמויות גדולות ומכסה את החלק התחתון של חגורת הבלוטונים.
- ב. אזור הכרית האמצעי: חגורת האלסידון (אצה ירוקית) - באזור זה לגאות ושפל תפקיד חשוב בעיצוב החברה. אוכלוסיית הבלוטונים נדחקת לרוב על ידי אצות, אך פרטים בודדים מצליחים לשרוד מתחת למעטה האצות. כיסוי האצות מושפע ממידת האנכיות של המשטחים ובעקבות זאת גם פיזורם של חסרי החוליות.

ג. אזור הכרית התחתון: חגורת השלשולניים (חלזונות) - במרבית האתרים אזור הכרית התחתון נשטף באופן יומי על ידי הגאות. האזור מאופיין בכיסוי מסיבי של החילזון שלשול משולש, המחליף את כיסוי הבלוטונים והאצות שהיו באזורים שמעליו. תפוצת האוכלוסיות המאפיינות נקבעת על פי מידת החשיפה לפעילות הגלים. כל אחת מהסביבות הנחשפות באופן שונה מקושרת לכמה תצורות נוף ולמאפיינים בולטים של החוף: קירות אנכיים של ברכות רדודות; שכבות עמוקות של סלעי החוף הפונות לים; טבלאות גידוד שטוחות אופקיות או אופקיות-למחצה, שהן תואי השטח העיקרי של האזור החשוף. כמו כן קיימים מדפי סלע המקיפים צוקים, כולם עם פני שטח הקרובים או מצויים בגובה פני הים הממוצעים.

3. אזור שולי התת-כרית. אזור זה נחשף רק לעתים נדירות, וגם אז לפרקי זמן קצרים. הוא מאופיין כמישור בעל כיסוי צפוף של אוכלוסיית אצות המאורגנות במעין שיכוב. החלק התחתון בנוי מאצות גירניות, שיחד עם הסרפולידיים יוצרים מעטה קשיח. מעטה זה מהווה את בסיס ההתיישבות לאוכלוסיות אחרות המאכלסות אזור זה. הרכב האוכלוסייה משתנה בהתאם לעונות השנה ולתצורת השטח (אנגרט & יהל, 2011).

3.3 תיאור מעגן מכמורת - אפיון בתי הגידול והמגוון הביולוגי

לאחר שסקרנו את בתי הגידול הטבעיים הקיימים בחוף מכמורת, השוכן בקרבת מעגן מכמורת, נציע כעת את אפיון בתי הגידול במעגן מכמורת על פי האזורים המוצגים ב**איור 8**. אפיון זה נעשה במסגרת סקירה אקולוגית שערך יאיר סוארי (2012) לצורך הערכת המצב הקיים. סקירה זו התבצעה לצורך קבלת החלטות הקשורות לשיפוץ שובר הגלים במעגן (לרשימת המינים ראה/י **טבלה 2** בנספח 2):

1. תל מכמורת (אזור 1) - תל מכמורת מאופיין בצמחיית חוף. הצמחייה מצויה בעיקר בצדו הדרומי והמזרחי בשולי אתר החפירות הארכיאולוגיות והתל עצמו. בגבולו הצפוני של התל התבצעה חציבה של שולי רכס הכורכר והן תלולות מאוד.

2. אבני ההשקטה (אזור 2) - בשוליו המערביים של מעגן הסיירות פוזרו אבני גיר בגודל ממוצע של כ- 30 ס"מ שנועדו להשקיט את גלי הים הנוצרים בתוך המעגן. במהלך השנים הצטברה על האבנים פאונה ופלורה. באופן כללי, עושר המינים על גבי האבנים הוא נמוך ביחס לעושר המינים על גבי טבלאות הגידוד וסלעים טבעיים אחרים (חרות וחובריו, 2011). בעיקר הדבר בולט במספר מיני האצות הנמוך. ניתן לומר כי לאורך כל השנה כמעט, נמצאים על גבי האבנים רק המינים חוצפרי וחסנית.

3. תיקון שובר גלים דרומי (אזור 3) - בסיס שובר הגלים התמוטט בעבר בשנות ה-60 של המאה הקודמת ותוקן על ידי הנחה של מערום סלעי גיר. אוכלוסיית בעלי החיים בעל-כרית, כרית ותת-כרית של אבני התיקון דומה לאוכלוסיות דומות באזורי טבלאות הגידוד ורכסי הכורכר. השוואה של שני צדדיו של מקטע שובר גלים זה (הצד שפונה לפנים המעגן והצד הפונה לים הפתוח) מראה שהאוכלוסיות בצד המעגן נראות במצב טוב פחות. צפיפות וגודל האורגניזמים (בעיקר האצות) נמוכים ביותר. בהשוואה ויזואלית לטבלאות הגידוד הטבעיות הנמצאות מחוץ למעגן מצפון וממערב לאזור שובר הגלים המתוקן לא נכרו הבדלים באוכלוסיית האורגניזמים.

4. טבלאות גידוד מחוץ למעגן (אזור 6) - טבלאות הגידוד שמחוץ למעגן תומכות בחברה אקולוגית עשירה בדומה לטבלאות גידוד אחרות לאורך החוף הישראלי (חרות וחובריו, 2011). בטבלאות הגידוד מספר רב של מיני אצות וחסרי חוליות וביניהם שוחים מיני דגים רבים. טבלאות אלו משמשות ככל הנראה גם כבית אומנה לדגיגים של מיני דגים פלאגיים.

5. טבלאות גידוד בתוך המעגן (אזור 4) - טבלאות הגידוד בתוך המעגן מהוות את הבסיס לשובר הגלים הקיים ונשארו בשטח המעגן בסיום הבנייה. המינים העיקריים על גבי טבלאות אלו דומים מאוד למינים העיקריים על גבי הטבלאות מחוץ למעגן אך מצבן נראה טוב פחות. צפיפות וגודל האורגניזמים השונים נמוכים יותר ומקטעים שלמים של הסלעים מכוסים בסדימנט.

6. גוף המים והקרקעית החולית (אזור 7) - רוב השטח של המעגן הוא בעל קרקע חולית. הסדימנט בשטח זה הוא חולי בעל גודל גרגר קטן יחסית. בחפירה ידנית הופך צבע הסדימנט לשחור כבר בעומק נמוך של כ-1 ס"מ, דבר המעיד ככל הנראה על ריכוז גבוה של חומר אורגני (ככל הנראה ממקור יבשתי) ועל ריכוז חמצן נמוך. בגוף המים במעגן נצפתה כמות גדולה מאוד של דגיגים סרגוסים וקיפונים והוא משמש ככל הנראה בית אומנה חשוב לדגיגים. כמו כן, מתקיימים על גבי הקרקעית בצפיפות רבה, החילזון קונומורקס פרסיקוס ומספר גדול של סרטנים מהמין שייטית

כחולה. לא נצפו בעלי חיים ישיבים⁴ על גבי הסדימנט. להקות דגיגי קיפונים הופיעו לראשונה במעגן בחורף 2008. התמוטטות שובר הגלים (אזור 5) החלה ביצירת חפיר טבעי בחול שמתחת לשובר הגלים. כאשר חפיר זה גדל מעבר למידה מסוימת, שובר הגלים התמוטט. נראה שעם יצירת החפיר נפתח המעגן להטלת דגים במעגן ולכניסת דגים למעגן וכך נוצר בית אומנה ייחודי זה (סוארי, 2012).

⁴ בעלי חיים שמבלים את מרבית חייהם כשהם צמודים למצע.

3.4 מאפייני המבנים הקיימים במכמורת

אבני השקטה (אזור 2 באיור 8)



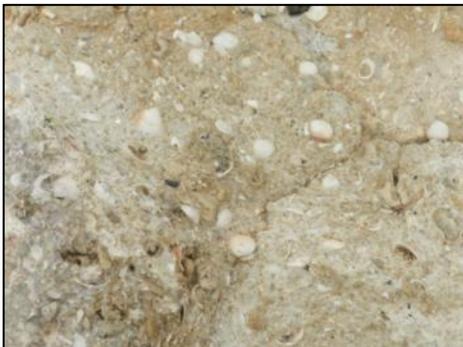
להערכתו של יאיר סוארי, אבני השקטה פוזרו לאחר שנבנה המעגן עקב עצמת הגלים שפגעה בתל מכמורת. האבנים נועדו לפזר את אנרגיית הגלים המתנפצים אל החוף בקרבת התל⁵.

כפי שצוין קודם, אבני השקטה הם אבני גיר בגודל ממוצע של כ- 30 ס"מ.

איור 11: אבני השקטה בשוליו המערביים של המעגן, בסמוך לתל מכמורת.
מתוך סיור במעגן מכמורת, דצמבר 2012

שובר גלים צפוני (אזור 8 באיור 8)

שובר הגלים המקורי נבנה בשנת 1945 (י.שרביט, 2012) והיה מבטון. בבטון שולבו צדפים ואבנים מקומיות כאגרגטים. שיפועו היה ישר אך לגופו המרכזי נוספו מדרגות. עם השנים מקשת הבטון עברה בלייה במקומות שונים והתפוררה⁶.



איור 12: אבנים וצדפים משולבים בבטון של שובר הגלים הצפוני במעגן מכמורת.
מתוך: סיור במעגן מכמורת, דצמבר 2012



איור 13: מדרגות שובר הגלים הצפוני מ-1945 מתוך: סיור במעגן מכמורת, דצמבר 2012

⁵ ראיון עם יאיר סוארי, דצמבר 2012.

⁶ רשמים מביקור במעגן מכמורת, דצמבר 2012.

שובר גלים דרומי (אזור 3 באזור 8)



איור 14: שובר הגלים הדרומי, המעבר במבנה השובר והסלעים שהונחו באזור שהתמוטט מתוך: סיור במעגן מכמורת, דצמבר 2012

בשנות ה-60 של המאה הקודמת התמוטט בסיסו של שובר הגלים הדרומי ושוקם באמצעות מערום סלעי גיר (י.סוארי, 2012). תיקון זה דומה מאוד לתיקון המוצע בחלופות 1 ו-2 המוצגות בפרק הבא.

שובר הגלים הדרומי עשוי מבטון ודומה במבנהו המדורג לשובר הגלים הצפוני. בחלק המערבי של שובר הגלים נבנו מעברים שנועדו ליצור זרמים שישטפו את החול שנכנס עם הגלים אל מחוץ למעגן. בפועל, הזרימה הייתה חזקה מדי והפריעה לתפקוד המעגן, בעקבות כך, נחסם המעבר בסלעים.⁷

שובר גלים שהתמוטט (אזור 5 באזור 8)

שובר הגלים שהתמוטט הוא קיר בטון מאונך ומדורג (מדובר בהמשכו של שובר הגלים הדרומי). התמוטטות חלקו המרכזי של שובר הגלים המקורי התרחשה בחודש דצמבר 2010 עת התחוללה סערה חזקה במיוחד.

המצב הקיים היום הוא שובר גלים שאינו ממלא את ייעודו, בעייתי מבחינה הנדסית ומסוכן בטיחותית. קריסת שובר הגלים הותירה את מעגן הסירות חשוף כעת אפילו לגלי הים הנמוכים שבהם. הגלים מוצאים את דרכם לתוך המעגן "הבטוח" ויוצרים נזקים אשר הופכים את הפעילות בו לכמעט בלתי אפשרית ואף עלולים ליצור מצב בו לא תוכל עוד להתבצע פעילות במעגן (פרוינד, 2012).

לאחר תסקיר אקולוגי של י.סוארי (י.סוארי, 2012) ותסקיר של רשות העתיקות (י.שרביט, 2012) מונתה חברת מהנדסים שהציעה שלוש חלופות לבניית שובר גלים חדש אשר יוצגו בפרק הבא.



איור 15: חלקו המרכזי הממוטט של שובר הגלים. מתוך: סיור במעגן מכמורת, דצמבר 2012

⁷ ראיון עם יאיר סוארי, דצמבר 2012.

4 חלופות מוצעות לבניית שובר גלים חדש

כעת נסקור את החלופות לבניית שובר הגלים החדש אשר הוצעו על ידי משרד המהנדסים "יצחקי פרוינד":

1. **חלופה א'** (ראה נספח 4): בניית שובר גלים מסלעי גיר בשיפוע נמוך ברובו ובטון חשוף בחלקו הקטן; הבטון החשוף הוא חלקו של שובר הגלים הישן שעדיין יכול לתפקד; כל החלק החדש יבוצע כשפוכת סלעים; שיפוע שפוכת הסלעים המתוכנן הוא 1:3; רוחב בסיס המבנה המתוכנן: כ- 20 מ'; הסלעים מונחים על קרקעית הים ללא כל ביסוס או חפירה; יעשה שימוש בסלעים משני גדלים: אבן במשקל של 6-8 טון ואבן במשקל של 2-4 טון; הסלעים הקטנים יותר ימוקמו בלב שובר הגלים והסלעים הגדולים ימוקמו במעטפת. הסיבה לכך, ככל הנראה, הנדסית: שיקולים של חוזק ועמידה מול כוחות הים.

2. **חלופה ב'** (ראה נספח 5): מאפייני המבנה דומים מאוד לחלופה א'. ההבדל היחיד הוא שיפוע חד יותר של שפוכת הסלעים: 1:2, לפיכך ייווצר ביסוס צר יותר לשובר הגלים. רוחב בסיס המבנה המתוכנן: כ- 15 מ'.

3. **חלופה ג'** (ראה נספח 6): בניית שובר גלים מבטון חשוף בשיפוע ישר. רוחב המבנה המתוכנן כ- 5 מ' בלבד. מבנהו כולל יסודות בטון ועמודים יצוקים באתר. עומק יסודות העמודים הוא של כ- 50 ס"מ בעומק הקרקעית. בין כל שני יסודות מורכת דופן טרומית (כלומר, אלמנט שיוצר מראש במפעל). לא ניתנה הדעת על הרכב הבטון, הטקסטורה, יצירת חללים ושיפוע הדופן.

החלופה שנבחרה לביצוע על ידי מבואות ים וחברת המהנדסים היא חלופה א': בניית שובר גלים מסלעי גיר בשיפוע נמוך (1:3).

ניתוח החלופה הנבחרת:

חוזקות החלופה הנבחרת:

1. **בית גידול מגוון:** מבנה של שפוכת סלעים, מטבעו, יוצר מגוון בתי-גידול בגודל שונה, מבנה שונה וכיווניות שונה. בתי הגידול חשופים לזרמי מים באינטנסיביות משתנה (כלפי המעגן או כלפי הים הפתוח). מחקרים אותם הצגנו בפרק 2 מציינים כי למורכבות זו חשיבות עצומה להגדלת המגוון הביולוגי.

2. **שיפוע מתון:** לשפוכת הסלעים שיפוע מתון יחסית (יחס של 1:3). חלקו מתחת לפני המים וחלקו חשוף או טבול בהתאם לגאות ולשפל. גם גורם זה צוין כתורם להגדלת המגוון הביולוגי.

3. **טקסטורה:** הסלע הטבעי מספק את החספוס הרצוי ומשפר את יכולתם של אורגניזמים מסוימים להתיישב על גבי שטח הפנים של המבנה.

4. **מידת הנזק לסביבה בעת הביצוע:** יישום זה אינו דורש ביסוס כלשהו בקרקע. אי לכך לא יעשו באתר כל חפירות ויציקות, מה שיקטין את הפגיעה הפיזית בבית הגידול כולו.

חולשות הטכנולוגיה שנבחרה:

1. **תכסית רחבה:** לצורך ביסוס שובר גלים מסוג זה יש למקם סלעים על שדה ברוחב של כ- 20 מ'. טביעת רגל רחבה זו דורסת את בית הגידול הסמוך (יותר מאשר שובר גלים יצוק בטון אשר הוצע בחלופה ג'). נמצאות בסכנה ישירה טבלאות הגידוד הסמוכות שיהרסו בוודאות.

2. **בית גידול מגוון:** המהנדס, בתכניתו, ציין שיש לעשות שימוש בסלעים בגודל משתנה. החטאת המטרה בתחום זה היא מיקום כל הסלעים הקטנים יותר בלב שובר הגלים והגדולים במעטפת. ניתן היה לשקול שימוש מעורב במעטפת תוך קיבוע סלעים קטנים שיש חשש ליציבותם.

3. **מעברים ימיים בשובר הגלים:** למרות המלצתו של י.סוארי לא מתוכננים מעברים לאורגניזמים דרך שובר הגלים, בעיקר עבור חברת דגי הקיפון שהתפתחה במעגן מאז קריסת שובר הגלים בשנת 2010.

לאור כל האמור בעבודה זו ולאחר בחינת החלופות הנ"ל, ברצוננו להמליץ על פיתרון שונה למבנה שובר הגלים החדש. המלצתנו היא ליישם את חלופה ג' עם הוספת שיפורים אקולוגיים להעשרת בית הגידול. חלופה ג' עדיפה בעיקר בגלל התכסית הנמוכה של המבנה על גבי קרקעית הים, כך הפגיעה בבתי הגידול הקיימים תצטמצם. כפי שסקרנו בפרקים הקודמים, טבלאות הגידוד שמחוץ למעגן מהוות בית גידול עשיר ולכן חשוב לצמצם את הפגיעה בהן.

כמו כן, מבנה בטון נותן מענה מלא ליציבות הנדרשת משובר גלים. לראייה, שובר הגלים שקרס מילא את תפקידו במשך עשרות שנים.

מבנה הבטון עצמו יכול לשמש כבית גידול אטרקטיבי יותר אם ישולבו בו המאפיינים הבאים:

- יצירת גומחות שיאפשרו אגירת מים בעיתות שפל.
- שילוב של אלמנטים כמו צדפים מקומיים בתערובת הבטון להגדלת הטקסטורה (כפי שנעשה בשובר הגלים הצפוני).
- יצירת מעברים דרך שובר הגלים כדי לאפשר קשר בין בתי גידול מחוץ למעגן לבתי הגידול שבתוכו. יש לתכנן את המעבר בגבהים ובגדלים שונים.
- לצורך מיתון המדרון ניתן לשקול הוספה של מדרגה במבנה שובר הגלים.

5 רגולציה ותקינה בנושא בנייה ירוקה בסביבה ימית

האמנה לשמירה על המגוון הביולוגי

ניתן לומר שהאמנה לשמירה על המגוון הביולוגי (Convention on Biological Diversity, 1992) היא הנדבך הראשון בנושא ההגנה הרגולטורית. מטרת העל של האמנה משנת 1992 הנה שימורו של המגוון הביולוגי הקיים על פני כדור הארץ, לרבות בעלי חיים יבשתיים, ימיים והמערכות האקולוגיות המורכבות שהנ"ל לוקחים בהם חלק.

הצדדים החתומים על האמנה התחייבו במסגרתה, בין היתר: (א) לפתח אסטרטגיות לאומיות ותוכניות לשימור ושימוש בר קיימא של מגוון ביולוגי; (ב) הקמת מערכת של אזורים מוגנים בהם ניתן יהיה לנקוט צעדים שיאפשרו שימור של המגוון ביולוגי; (ג) הסדרה וניהול של המשאבים החשובים לשימור המגוון הביולוגי; (ד) קידום ההגנה על מערכות אקולוגיות, בתי גידול טבעיים ותחזוקה של אוכלוסיות קיימא של מינים בסביבה טבעית; ו- (ה) שיקום ושיחזור של מערכות האקולוגיות פגועות וקידום התאוששות של מינים מאוימים (Convention on Biological Diversity, 1992)

מדינת ישראל חתמה על האמנה עוד בשנת 1992, ואשררה את האמנה כ-3 שנים מאוחר יותר. בדיון הישראלי האמנה מיושמת במספר חוקים הכוללים את החוק להגנת חיית הבר, התשט"ו-1955 וחוק גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה, התשנ"ח-1998 וכן כל חקיקת המשנה מכוחם של חוקים אלו. בעקבות החתימה על האמנה ואשרורה כאמור, ממשלת ישראל קבלה החלטה בדבר הכנת "תכנית אסטרטגית לפיתוח בר קיימא בישראל". במסגרת החלטה זו אימצה ממשלת ישראל מדיניות שתכלול התבססות על עקרונות של התנהלות פיתוח בר-קיימא, כאשר על פי עקרונות אלה על כל משרד ממשלתי להכין "תכנית אסטרטגית לפיתוח בר-קיימא שתכלול...תכנית פעולה משרדית, דרכי יישום..." בתחומים ספציפיים לכל משרד ומשרד (החלטת ממשלת ישראל מס' 246 מיום 14 למאי 2003).

בהתאם לזאת, בשנת 2010 פורסמה על ידי המשרד להגנת הסביבה "התכנית הלאומית למגוון ביולוגי בישראל", כאשר בהכנתה השתתפו עשרות אנשי מקצוע ממגזרים שונים לרבות משרדי ממשלה (הגנת הסביבה, המדע, החינוך, החוץ והמשפטים), רשות הטבע והגנים הלאומיים, מוסדות להשכלה גבוהה (אוניברסיטת תל-אביב, האוניברסיטה העברית בירושלים, אוניברסיטת בן-גוריון, אוניברסיטת חיפה, הטכניון, אוניברסיטת בר-אילן, המכון הביולוגי-פדגוגי חיפה והמכללה האקדמית נתניה), מוסדות מחקר (מכון וולקני, החברה לחקר ימים ואגמים), וארגונים לא-ממשלתיים (החברה להגנת הטבע, המרכז לטכנולוגיה חינוכית, פארק טבע רמת הנדיב, החווה האקולוגית מודיעין ואדם טבע ודין). התכנית הנ"ל כוללת הסברים על המהות והחשיבות של המגוון הביולוגי, האימונים המרכזיים על המגוון הביולוגי, תכנון לאומי ביחס לאיומי העתיד, היבטים כלכליים והצעה לתוכנית פעולה (התכנית הלאומית למגוון ביולוגי בישראל, 2010).

תסקיר השפעה על הסביבה

תסקיר השפעה על הסביבה הנו מסמך הסוקר את הקשר שבין תכנית מוצעת לבין הסביבה שבה היא מיועדת להתבצע. במסגרת התסקיר יכללו הערכות לגבי השפעות צפויות או חזויות של התכנית על אותה סביבה ופירוט האמצעים הדרושים למניעה או לצמצום השפעות שליליות (סעיף 1 לחוק התכנון והבניה, תשכ"ה-1965).

בדין הישראלי כיום קיימים מספר מקורות חוקיים שמהם נובעת החובה לבצע תסקיר השפעה על הסביבה:

1. חקיקה ראשית - חוק התכנון והבניה, תשכ"ה-1965, ובכלל זה סעיף 76ג' (בכל הקשור למתקני תשתית לאומית) וסעיף 119ג' הכולל את המסגרת הכללית להכנת תסקיר.
2. חקיקת משנה - תקנות התכנון והבניה (תסקירי השפעה על הסביבה), התשס"ג-2003.
3. תכניות מתאר ארציות - מחייבות במסגרת ביצוע תכנית בתחום התמ"א או שתשפיע עליה עריכת תסקיר השפעה על הסביבה.

היתרון הגדול בתסקירים הנו שהם מהווים פתח לארגונים סביבתיים לתקוף פרויקטים שונים. חולשתם נובעת מכך שהם נעשים מטעם הזימים, וזאת באמצעות יועצים מקצועיים שעלולים לתת "הכשר" לפגיעה בסביבה הלכה למעשה.

תקינה ישראלית לבנייה ירוקה

התקינה הישראלית הקיימת כיום ביחס לבנייה ירוקה כוללת את תקנים ישראלים ת"י 5281 ו-5282. האחרון מתייחס לדירוג בנייני מגורים ובנייני משרדים לפי צריכת אנרגיה שלהם ולכן אינו רלבנטי לעניינו.

ת"י 5281 הינו התקן הישראלי המחודש והמורחב לבנייה בת קיימא והנו מורכב ממספר תקנים המגדירים, בין היתר, מהי בניה ירוקה, וזאת בהתייחסות לתשעה תחומים: אנרגיה, קרקע, מים, חומרים, בריאות ורווחה, פסולת, תחבורה, ניהול אתר הבנייה וחדשנות. תקן זה כולל מספר דרישות בהתאם לאופי הבנייה, דהיינו דרישות לבנייני מגורים, משרדים, מוסדות חינוך, בנייני אחסון תיירותי, מוסדות בריאות, בנייני מסחר ובנייני התקהלות ציבורית. בנוסף בתקן המעודכן שאמור להתפרסם בעתיד הקרוב יהיו קיימות גם דרישות לבנייני תעשייה ולשכונות מגורים (תקן ישראלי ת"י 5281, בנייה בת-קיימא (בנייה ירוקה), 2011).

אומנם מבני תשתית ימיים כמו שוברי גלים אינם נכללים בצורה מפורשת במסגרתו של ת"י 5281. למרות זאת אך ניתן לקחת עקרונות מהתקן הקיים וליישם חלק מהעקרונות הרלבנטיים גם ביחס למבני תשתית ימים בכלל, ולשוברי גלים בפרט, וזאת כמובן בשינויים המחויבים.

התקן שנראה על פניו הכי קרוב לעניינו הנו החלק השמיני של ת"י 5281 (בנייה בת-קיימא (בנייה ירוקה): דרישות לבנייני התקהלות ציבורית) הכולל: התייחסות לזיהוי האקולוגי של האתר וסביבתו הקרובה (לרבות נתונים בדבר האקולוגיה הקיימת באתר וזיהוי מאפיינים אקולוגיים בסביבת האתר); הגנה על רכיבים אקולוגיים באתר ובסביבתו ושיפור האקולוגיה של האתר וסביבתו הקרובה ובכלל זה

בניית בתי גידול מתאימים כדי לתמוך בקיימותן של מערכות אקולוגיות קיימות לטווח ארוך; ופיתוח תכנית לניהול המגוון הביולוגי (תקן ישראלי ת"י 5281, חלק 8).

לפיכך, יישום רחב של תקני הבנייה הירוקה מאפשר בנייה של מבני תשתית ימיים עם חתימה אקולוגית נמוכה יותר. כמובן שאין הדבר מהווה תחילף לכך שינוסחו תקני בנייה ירוקה עבור מבני תשתית ימיים בבוא העת.

דוגמאות לרגולציה ותקינה מהעולם

קיימות בעולם הרבה דוגמאות לחקיקה וכלי מדיניות התומכים בבנייה בת-קיימה של מבני תשתית ימיים. הדוגמאות כוללות הן חקיקה ורגולציה ברמה הלאומית והן ברמה הרב-מדינתית הכוללות, בין היתר, סטנדרטים טכניים התומכים הן בבנייה חדשה והן בביצוע שיפורים לתשתית קיימת (Naylor et al., 2011).

באיחוד האירופאי קיימות מספר דירקטיבות הרלוונטיות לפיתוח בר-קיימה של מבני תשתית ימיים. ה-Water Framework Directive כוללת דרישות שימור לכל הנמלים, המרינות והחופים ומציבה רף אקולוגי מסוים.

דירקטיבה נוספת של האיחוד האירופאי היא ה-European Habitats Directive התומכת בהגנה, שיפור והשיקום של מגוון ביולוגי. בדומה לתסקיר השפעה על הסביבה הקיים בישראל, גם באיחוד האירופאי קיימת דרישה לתסקירי השפעה על הסביבה, וזאת, בין היתר, במסגרת ה-Environmental Impact Assessment Directive וה-Strategic Environmental Assessment Directive.

בנוסף לדירקטיבות האמורות לעיל, ה-Marine Strategy Framework Directive מציבה יעד לשנת 2020 במסגרתו מדינות החברות באיחוד האירופאי צריכות להגיע לסטטוס המכונה "מצב סביבתי טוב בים". החשיבות של הדירקטיבה האמורה אינה רק בכך שהיא מגדירה יעדים סביבתיים ותוכניות ניטור, אלא מציינת במפורש שיש לנקוט בצעדים מתקנים על מנת לקבל את הסטטוס של "מצב סביבתי טוב בים", כאשר ביצוע שיפורים אקולוגיים במבני תשתית ימיים קיימים הנו פרמטר (Naylor et al., 2011).

6 מטרת המחקר וחשיבותו

כפי שהצגנו בסקירת ספרות, פיתוח תשתיות חופיות כשוברי גלים, מזחים וקירות תמך, הוא צורך הולך וגובר אשר גורם לחשש מההיבט האקולוגי שכן הוא עלול לסכן בתי גידול ולפגוע במגוון הביולוגי הקיים באזור.

תשתיות אלה מוכרות כיום כשוניות בקנה מידה גדול, הלוקחות חלק חשוב באקולוגיית חוף וים. על כן, קיימת חשיבות רבה למחקר הנוכחי אשר מנתח ובוחן את השיפורים האקולוגיים הניתנים ליישום במבנים הימיים במטרה להקטין את חתימתם האקולוגית.

ראוי כי תהליך העיצוב, התכנון והבנייה של תשתיות חופיות ומבנים ימיים יתחשב לא רק בהיבט ההנדסי אלא גם בהיבט האקולוגי ממש כפי שתחום הבנייה הירוקה של מבנים יבשתיים עושה זאת.

השערת המחקר בשלב זה של הפרויקט היא שיישום של שיפורים אקולוגיים במבנה שובר הגלים ממכמורת יעודד היווצרות של בתי גידול ויעשיר את המגוון הביולוגי באזור, בנוסף לשימוש הפונקציונאלי של שובר הגלים.

לצורך בחינת ההשערה נקבעו מטרות המחקר הבאות:

- 1. סקירת השיפורים האקולוגיים האפשריים ליישום במבנים ימיים בכלל ובמעגן מכמורת בפרט.** בחינת הפתרונות הישימים לשובר הגלים, יתרונותיהם וחסרונותיהם. סקירת החלופות בפרק 4 נועדה לבחון מהי החלופה המתאימה על פי הידע הספרותי שנסקר וההחלטה תיעשה בהתאם לבחינת בתי הגידול שהתפתחו על סוגי המבנים הימיים השונים אשר קיימים במכמורת.
- 2. בחינת המגוון הביולוגי ובתי הגידול האופייניים לאזור מכמורת.** בחינת המגוון הביולוגי בחוף מכמורת הסמוך על בסיס סקירת הספרות שהצגנו. חוף מכמורת יהווה עבור המחקר אזור בו התנאים הסביבתיים דומים ובלתי מופרים לצורכי השוואה.
- 3. מיפוי המינים החיים על גבי המבנים הימיים הקיימים במעגן מכמורת ובאזורם.** מיפוי של המגוון הביולוגי הקיים על גבי תשתיות טבעיות ותשתיות מלאכותיות שונות הקיימות במעגן מכמורת.
- 4. איתור שיטת הבניה העדיפה לבניית שובר הגלים החדש במעגן, בכל הנוגע להעשרת המגוון הביולוגי.** לאחר בחינת המגוון הביולוגי הקיים על המבנים המלאכותיים במכמורת ובהתאם לסקירת החלופות ההנדסיות המוצעות לבניית שובר הגלים, נמליץ אילו שיפורים אקולוגיים כדאיים ליישום על מנת לאושש את השערת המחקר.

7 שיטת המחקר (חרות וחבריו, 2011)

המחקר יעשה על פי דיגום ביולוגי. דיגום ביולוגי נעשה באמצעות ריבועי-דיגום (מסגרות ועליהן רשת שנתות ממוספרות בשתי וערב) בגודל 50/50 ס"מ. ריבועי הדיגום יונחו במיקומים קבועים המסומנים באמצעות ברגי נירוסטה על מנת לאפשר דיגום באותו מקום מספר פעמים וזאת בהתאם לעונות השנה.

החוקר יבחן את המגוון הביולוגי הנצפה במסגרת ריבוע-הדיגום ויבדוק **מספר מאפיינים ביולוגיים:**

1. פירוט המינים הנצפים בריבוע הדיגום.

2. מספר פריטים מכל מין.

3. כיסוי ריבוע הדיגום (באחוזים).

הדיגום יתבצע **במיקומים הבאים** במעגן מכמורת:

1. סלע כורכר טבעי: סלעים הניצבים בים מצפון מערב למעגן, חלקם טבול במים וחלקם מחוץ למים.

2. שובר גלים דרומי: שפוכת סלעים (אזור 3 [באיור 8](#)).

3. שובר גלים צפוני: בטון יצוק (אזור 8 [באיור 8](#)).

4. טבלאות גידוד מחוץ למעגן (אזור 6 [באיור 8](#)).

5. חוף מכמורת: איזור שולי העל-כרית, איזור הכרית ואיזור שולי התת-כרית.

בכל אתר המאפשר זאת הדיגום יתבצע **בשלושה ריבועי דיגום** הממוקמים:

1. באזור שמעל לקו הגאות והשפל.

2. באזור הגאות והשפל.

3. באזור שמתחת לקו הגאות והשפל.

התוצאות יאפשרו להשוות את טיבו של המגוון הביולוגי מבחינת עושר מינים וצפיפותם בכל אחד מהאתרים. מכך נסיק האם ישנה עדיפות לשובר גלים מבטון יצוק לעומת שובר גלים משפוכת אבני גיר ואילו מאפיינים ראוי ליישם במבנה לטובת עולם החי הימי באזור.

במסגרת קורס פרויקטים בחקר הסביבה אשר התמקד ביחסי הגומלין בין האדם והים בחרנו להתמקד בדרכים ברות-קיימא לפיתוח מבנים ימיים.

המצב המצוי כיום הוא שרובם של מבני התשתיות המצויים בסביבה החופית נועדו לשמש מטרות ספציפיות, כגון הגנה מפני גלים או מתן אפשרות גישה לים. לרוב מבנים אלו אינם בנויים בצורה היכולה להיטיב ולעודד את המגוון הביולוגי הטבעי המצוי בסביבתם.

יחד עם זאת בשנים האחרונות יש יותר ויותר מחקרים שמטרתם היא להבין טוב יותר את ההשפעות של מבני תשתית בסביבה החופית על האורגניזמים הנמצאים בבת גידול אלו וכיצד ניתן ליצור מבני תשתית "רב ערכיים" הכוללים מצד אחד ערכים מסורתיים עבור התעשייה והחברה, ומצד שני ערכים עבור האקולוגיה והמגוון הביולוגי.

בעניין זה חשוב להדגיש כי פיתוח תשתיות בסביבה החופית הנו בלתי נמנע לאור הלחצים של הצמיחה והפיתוח הכלכלי הקיימים כיום ברוב בעולם המערבי. היות ובנייה ופיתוח תמיד כרוכים, בין היתר, בפגיעה בבתי גידול מסוימים, הצורך בשילובם של "שיפורים אקולוגיים" בפיתוח תשתיות חופיות הוא ניכר (Naylor et al., 2011).

בחלק זה של העבודה, אשר כלל ביצוע סקירת ספרות ורקע לתהליך המחקר המעשי הצגנו את ההשפעה של פיתוח מבנים ימיים על המגוון הביולוגי ודרכים להקטנת החתימה האקולוגית של אותם מבנים. על מנת להציג את הפתרון המיטבי לפיתוח שובר הגלים במעגן מכמורת, בחנו את הפתרונות השונים מהיבטים התכנוניים, כלכליים וסביבתיים. בשלב המעשי של המחקר, יש לבצע דיגום של המגוון הביולוגי הקיים על המבנים הטבעיים והמלאכותיים בחוף ובמעגן מכמורת בהתאמה. מניתוח דיגום זה ניתן יהיה להסיק אילו מבנים מעודדים התיישבות של בעלי חיים וצומח ימיים וכך ניתן יהיה לחקות את התנאים הללו בשובר הגלים שעתיד להיבנות במעגן.

1. Airoldi L., Abbiati M., Beck M.W., Hawkins S.J., Jonsson P.R., Martin D., Moschella P.S., Sundelof A., Thompson R.C., Aberg P. (2005). *An ecological perspective on the deployment and design of low-crested and other hard coastal defence structures*. *Coast. Eng.*, Vol. 52, pp. 1073–1087.
2. Airoldi, L. & Beck, M.W. (2007). *Loss, status and trends for coastal habitats of Europe*. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, Vol. 45, pp. 345–405.
3. Bacchiocchi F., Airoldi L. (2003). *Distribution and dynamics of epibiota on hard structures for coastal protection*. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, Vol. 56, pp. 1157–1166.
4. Baine, M. (2001). *Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance*. *Ocean Coast. Manag.* Vol. 44, pp. 241–259.
5. Box, J. 1996. *Setting objectives and defining outputs for ecological restoration and habitat creation*. *Restoration Ecology* 4 (4); 427-432
6. Bulleri F, (2005). *Experimental evaluation of early patterns of colonisation of space on rocky shores and seawalls*. *Mar Environ Res.*;60(3):355-374.
7. Burt J., Bartholomewc A., Bauman A., Saif A., Sale P. (2009). *Coral recruitment and early benthic community development on several materials used in the construction of artificial reefs and breakwaters*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 373, pp. 72-78.
8. Chapman M.G. (2003). *Paucity of mobile species on constructed seawalls: effects of urbanization on biodiversity*. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 264, pp. 21–29
9. Chapman M.G. and Bulleri F. (2003). *Intertidal seawalls – new features of landscape in intertidal environments*. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 62, pp.159–172
10. Chapman M.G. (2006). *Intertidal seawalls as habitats for molluscs*. *Journal of Molluscan Studies*, Vol. 72, pp. 247–257.
11. Chapman, M. G. and Blockley, D. J. 2009. *Engineering novel habitats on urban infrastructure to increase intertidal biodiversity*. *Oecologia* 161 (3); 625-635.
12. Chapman MG., Underwood AJ.(2011). *Evaluation of ecological engineering of “armoured” shorelines to improve their value as habitat*. *J Exp Mar Biol Ecol.*;400(1):302-313.
13. Chou LM LT. (1986). *A preliminary study of the coral community on artificial and natural substrates*. *Malay Nat. J*(39):225-229.

14. Coombes, M.A., Naylor, L.A, Thompson, R.C., Roast, S.D., Gomez-Pujol, L., Fairhurst, R.J. (2010). *Colonisation and weathering of marine engineering materials by microorganisms: an SEM study*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(5), 582-593.
15. Coombes, M. A. 2011. *Biogeomorphology of Coastal Structures: Understanding interactions between hard substrata and colonising organisms as a tool for ecological enhancement*. PhD Thesis, School of Geography, University of Exeter.
16. Convention on Biological Diversity, 1992
17. Creter F and Creter R. (1985). *Shoreline breakwater*. United State Patent, Patent number 4,502,816.
18. Curtiss, H., Wilson, M., Peterson, S., Kuharic, M., Huang, Y. (2006). *Rethinking the urban marine edge: Ecological opportunities along a seawall interface, Seattle's central waterfront*. Prepared for Keystone Project, Environmental Management Certificate Program, Program on the Environment, University of Washington, Seattle.: pp 51-94.
19. Davis, J.L.D., Levin, L.A. & Walther, S.M. (2002) *Artificial armored shorelines: sites for open-coast species in a southern California Bay*. *Marine Biology*, Vol. 140, pp.1249–1262.
20. Department of Environment and Climate Change NSW on behalf of Sydney Metropolitan Catchment. (2009). *Environmentally Friendly Seawalls A Guide to Improving the Environmental Value of Seawalls and Seawall-lined Foreshores in Estuaries*
21. Derbyshire, K. (2006). *Fisheries Guidelines for Fish-Friendly Structures*. Fish Habitat Guideline FHG 006. Department of Primary Industries and Fisheries, Brisbane.
22. Ehrenfeld, J. G. 2000. *Defining the limits of restoration: the need for realistic goals*. *Restoration Ecology* 8 (1); 2-9.
23. Field S, Glassom N, Bythell D, Bythell J. (2007). *Effects of artificial settlement plate materials and methods of deployment on the sessile epibenthic community development in a tropical environment*. *Coral Reefs*.;26(2): pp 279-289.
24. Glasby, TM. (2000). *Surface composition and orientation interact to affect subtidal epibiota*. *J Exp Mar Biol Ecol.*;248(2): pp 177-190.
25. Hansen B. (2005). *Artificial islands reshape Dubai coast*. *Civil Eng.*, Vol. 75, pp. 12–13.

26. Hyams O., Almogi-labin A. and Benjamini C. (2002). *Larger foraminifera of the southeastern Mediterranean shallow continental shelf off Israel*. Israel Journal of Earth Sciences, Vol. 51, pp. 169–179.
27. Klein JC, Underwood AJ, Chapman MG, Klein JC, Underwood AJ, Chapman MG. (2011). *Urban structures provide new insights into interactions among grazers and habitat. Ecological applications : a publication of the Ecological Society of America*.;21(2): pp.427
28. Knott Na, Underwood Aj, Chapman Mg (2004). *Epibiota on vertical and on horizontal surfaces on natural reefs and on artificial structures. Journal of the Marine Biological Association of the UK*.;84(6) pp:1117-1130.
29. Lincoln-Smith M., Hair C., Bell J. (1994). *Man-made rock breakwaters as fish habitats: comparisons between breakwaters and natural reefs within an embayment in southeastern Australia*. Bull. Mar. Sci., Vol. 55.
30. *Living Shoreline Summit Steering Committee* (2006). Preface. Proceedings of the 2006 Living Shoreline Summit, Chesapeake Bay, CRC Publ. No. 08-164.
31. Martins GM, Thompson RC, Neto AI. (2010). *Enhancing stocks of the exploited limpet patella candei d'Orbigny via modifications in coastal engineering. Biol Conserv*. 143(1) pp:203-211.
32. Mcguinness KA, Mcguinness KA. (1984). *Species–area curves. Biological Reviews*.;59(3): pp:423-440.
33. Michener, W.K., Blood, E.R., Bildstein, K.L., Brinson, M.M.&Gardner, L.R. (1997) *Climate change, hurricanes and tropical storms, and rising sea level in coastal wetlands*. Ecological Applications, Vol. 7, pp. 770–801.
34. Moschella, P.S., Abbiati, M., Aberg, P., Airoldi, L., Anderson, J.M., Bacchiocchi, F., Bulleri, F., Dinesen, G.E., Frost, M., Gacia, E., Granhag, L., Jonsson, P.R., Satta, M.P., Sundelof, A., Thompson, R.C., Hawkins, S.J. (2005). *Low-crested coastal defence structures as artificial habitats for marine life: using ecological criteria in design*. Coast. Eng. Vol. 52, pp. 1053–1071.
35. Martins, G. M., Thompson, R. C., Neto, A. L., Hawkins, S. J. and Jenkins, S. R. 2010. *Enhancing stocks of the exploited limpet Patella candei d'Orbigny via modifications in coastal engineering*. Biological Conservation 143 (1); 203-211.
36. Moreira J., Chapman M.G. and Underwood A.J. (2007). *Maintenance of chitons on seawalls using crevices on sandstone blocks as habitat in Sydney Harbour, Australia*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, Vol. 347, pp. 134–143

37. Naylor L.A., Venn O., Coombes M.A., Jackson J., and Thompson R.C. (2011). *Including Ecological Enhancements in the Planning, Design and Construction of Hard Coastal Structures: A process guide*. Report to the Environment Agency (PID 110461). University of Exeter, pp. 66.
38. . Norris JE. (1989). *An analysis of the efficacy of four artificial reef designs in tropical waters*. *Bull Mar Sci.*;44(2):pp:934-941.
39. Perkol-Finkel S., Benayahu Y. (2004). *Community structure of stony and soft corals on vertical unplanned artificial reefs in Eilat (Red Sea): comparison to natural reefs*. *Coral Reefs*, Vol. 23, pp. 195–205.
40. Perkol-finkel S, Perkol-Finkel S, Benayahu Y. (2005). *Recruitment of benthic organisms onto a planned artificial reef: Shifts in community structure one decade post-deployment*. *Mar Environ Res.*;59(2):pp:79.
41. Perkol-Finkel S, Perkol-Finkel S, Shashar N, Benayahu Y. (2005). Can artificial reefs mimic natural reef communities? the roles of structural features and age. *Mar Environ Res*;61(2):pp:121-135.
42. Pondella D., Stephens J., Craig M. (2002). *Fish production of a temperate artificial reef based on the density of embiotocids*. *ICES J. Mar. Sci.*, Vol. 59, pp. S88–S93.
43. Rilov G, B., Rilov G, Benayahu Y. (1998). *Vertical artificial structures as an alternative habitat for coral reef fishes in disturbed environments*. *Mar Environ Res*. 45(4):pp:431-451.
44. Rilov G., Benayahu Y. (2000). *Fish assemblage on natural versus vertical artificial reefs: the rehabilitation perspective*. *Mar. Biol*, Vol. 136, pp. 931–942.
45. Safriel U. N. (1975). *The role of Vermatid Gastropods in the formation of Mediterranean and Atlantic reefs*. *Oecologia (Berl.)*, Vol. 20, pp. 85–101.
46. Seaman, W. (2002). *Unifying trends and opportunities in global artificial reef research, including evaluation*. *ICES J Mar Sci*. 59:pp:S14-S16.
47. Sheng YP. (2000). Physical characteristics and engineering at reef sites. In W.seaman(ED), *artificial reef evaluation with application to natural marine habitats*. In: Boca Raton ,CRC Press, LLS; pp:51-94.
48. Stephens, J., Morris, P., Pondella, D., Koonce, T., Jordan, G. (1994). *Overview of the dynamics of an urban artificial reef fish assemblage at King Harbor, California, USA, 1974–1991: a recruitment driven system*. *Bull. Mar. Sci*. Vol. 55, pp. 1224–1239.
49. Strategic Environmental Assessment (SEA) Directive (2001/42/EC).
50. Svane I., Peterson J. (2001). *On the problems of epibioses, fouling and artificial reefs, a review*. *Mar. Ecol.*, Vol. 22, pp. 169–188.

51. Thompson, R.C., Crowe, T.P. & Hawkins, S.J. (2002) *Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years*. Environmental Conservation, Vol. 29, pp.168–191.
52. The Habitats Directive (1992/43/EC).
53. The Marine Strategy Framework Directive (2008/56/EC)
54. The Water Framework Directive (WFD, 2000/60/EC).
55. The Environmental Impact Assessment (EIA) Directive (85/337/EEC and 97/11/EEC).
56. UNEP, 2002. Percent of the Population Living Within 100 Kilometers From the Coast.
57. Wen, K., Hsu, C., Chen, K., Liao, M., Chen, C., Chen, C. (2007). *Unexpected coral diversity on the breakwaters: potential refuges for depleting coral reefs*. Coral Reefs Vol. 26, pp. 127.
58. Wiecek d. (2009). *Environmentally friendly seawalls: A guide to improving the environmental value of seawalls and seawall-lined foreshores in estuaries*
59. Wilhelmsson D, Ohman MC, Stahl H.(1998). *Artificial reefs and dive tourism in eilat, israel*.(building capacity for coastal management). *Ambio*.;27(8):pp:764.
60. אנגרט נ., יהל ר. (2011). *מסמך מקטעי חופים יום 7.2011*. רשות הטבע והגנים.
61. אנגרט נ., יהל ר. (2012). *מדיניות שמירת הטבע בים התיכון – שמורות טבע ימיות ככלי לשימור הסביבה והמגוון בים התיכון*. רשות הטבע והגנים.
62. בן-דוד-זיסלו ר. (2006). *מסמך ביולוגי שמורה ימית מכמורת*. אוניברסיטת תל אביב. הוכן עבור רשות הטבע והגנים.
63. גליל ב., גורן מ. ואורטל ר. (2001). *שקמונה בין כרמל לים*. אוניברסיטת תל-אביב.
64. חרות ב., שפר ע., גורדון נ., גליל ב., טיבור ג., תום מ., רילוב ג. וסילברמן ג. (2011). *איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2010*. חקר ימים ואגמים לישראל, דו"ח חיא"ל H68/2011.
65. כהן י., (2000). *סדר עדיפויות לאומי בתחום איכות הסביבה הימית בישראל*. ים וחופים – מאמרים 2000. מדינת ישראל המשרד לאיכות הסביבה, אגף ים וחופים.
66. נאמן יהודה, סנדר שלמה, אורן אלדד (2012). *אתר הסקר הארכיאולוגי - רשות העתיקות*. מכמורת. נראה לאחרונה ב-5 לינואר, 2013 <http://www.antiquities.org.il/survey/newmap.asp#zoom=10.0000;xy:3869287.384174,3694295.6284409;mapname=52>
67. סוארי י. (2012). *מעגן מבואות ים מכמורת, סקירה אקולוגית*.
68. פרוינד, י. (2012). *חלופות לתכנון שובר גלים במעגן מכמורת, שירטוט הנדסי*.
69. שרביט, י. (2012). *תכנית לשיקום שובר הגלים- תסקיר ארכיאולוגי והנחיות*.

70. ארגון 'אדם טבע ודין' (2012). *מפת האינטרסים בחופים*. נראה לאחרונה ב- 16 לדצמבר, 2012. <http://www.adamteva.org.il/?CategoryID=927&ArticleID=1463>
71. המשרד להגנת הסביבה (2012). *הגנת הסביבה חופית*. נראה לאחרונה ב- 16 לדצמבר, 2012. <http://old.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=beach&enZone=beach>
72. החלטת ממשלת ישראל מס' 246 מיום 14 למאי 2003.
73. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2009). *צפיפות אוכלוסייה באזור חוף הים התיכון*.
74. המרכז לטכנולוגיה חינוכית (מט"ח). *חיגור*. נראה לאחרונה ב- 16 לדצמבר, 2012. <http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=13831>
75. המרכז לטכנולוגיה חינוכית (מט"ח). *החי והצומח במישור החוף: עולם החי*. נראה לאחרונה ב- 16 לדצמבר, 2012. <http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=13828>
76. התכנית הלאומית למגוון ביולוגי בישראל, 2010.
77. חוק התכנון והבניה, תשכ"ה- 1965
78. נמל אשדוד. *מהי חשיבותו של שובר הגלים*. נראה לאחרונה ב- 5 לינואר, 2013. <http://www.ashdodport.org.il/port-library/port-guide/Pages/breakwater.aspx>
79. תקן ישראלי ת"י 5281, בנייה בת-קיימא (בנייה ירוקה), 2011.
80. תקנות התכנון והבניה (תסקירי השפעה על הסביבה), התשס"ג-2003.

נספח 1 - מיני חי וצומח בחוף מכמורת

טבלה 1: מיני חי וצומח עיקריים בבתי הגידול השונים בחוף מכמורת (בן דוד זסלו, 2006; אנגרט & יהל, 2011)

הערות	מין	בית גידול
	אצות אנדוליטיות ירוקיות	אזור שולי העל-כרית
שני מינים: 1. <i>Littorina punctata</i> 2. <i>Littorina neritoides</i>	מיני חלזונות ממשפחת החופיתיים (Littorinidae)	
	איזופוד מהסוג טחבנית (<i>Ligia italica</i>)	
שליש תחתון	בלוטון שטוח (<i>Chthamalus depressus</i>) בלוטון מצוי (<i>Chthamalus stellatus</i>)	
באזורים מוחבאים בהם מפץ הגלים חזק	בלוט הנמלים (<i>Balanus Amphitrite</i>)	
	סרטן (<i>Pachygrapsus spp.</i>)	
	החילזון (<i>Monodonta turbinata</i>)	
	בלוטון מצוי	
בחלקו העליון הנושק לעל כרית	בלוטון שטוח	
	בלוט הנמלים	
	ואצות אנדוליטיות ממינים שונים	
באזורים מוצלים. במהלך החורף מופיעה בכמויות גדולות.	אצה אדומית (<i>Gelidiella tenuissima</i>)	
נמנעים ממשטחים אנכיים חשופים	מיני חלזונות ממשפחת החופיתיים	
לעיתים מופיעה ולרוב בחלקו בתחתון	בוצית הקטנה <i>Mytilaster minimus</i>	
נדחקת לרוב על ידי אצות, אבל פרטים בודדים מצליחים לשרוד מתחת למעטה האצות	בלוטון מצוי	אזור הכרית האמצעי חגורת ה- <i>Alsidium</i> (אצה ירוקית)
בשטח פתוח	האצה מסוג: (<i>Alsidium helminthochorton</i>)	
בשטח מוצל	האצה סלית מצויה (<i>Spyridia filamentosa</i>)	
שטח מוצל מאוד	האצה מסוג: (<i>Sphacelaria tribuloides</i>)	
בחלק התחתון של החיגור	שלשולן משולש (<i>Vermetus triqueter</i>)	
בחורף, בחלק העליון	האצה החומית	

הערות	מין	בית גידול
	(<i>Scytosiphon lomentaria</i>)	
במשטחים האופקיים. המינים: 1. <i>Enteromorpha compressa</i> 2. <i>Ulva lactuca</i> 3. <i>Cladophora sp.</i>	האלסידון (אצה ירוקית)	
	האצה האדומית (<i>Neogoniolithon notarisi</i>)	
בשקעים ואגנים קטנים שנחשפים וכן המשטחים האנכיים. פרטים בודדים.	שלשולן משולש	
	בוצית הקטנה	
בחלקו התחתון בסדקים ובכוכים קטנים.	בלוט הנמלים	
	צלחית מכחילה (<i>Patella coerulea</i>)	
	החילזון (<i>Monodonta turbinata</i>)	
	שלשולן משולש	
בקיץ	האצה גנית מאדימה (<i>Jania rubens</i>)	
	האצה סלית מצויה	
	האצה פטמית אשונה (<i>Laurencia papillosa</i>)	
	צינורן בונה	
	אצות גירניות	אזור שולי התת-כרית
	סרפולידים	
	סרטן הנזיר (<i>Clibanarius erythropus</i>)	
	חיטחב (<i>Zoobotryon verticillatum</i>)	
	שושנת הים (<i>Anemonia sulcat</i>)	
	התולעת (<i>Dasychona cingulata</i>)	

נספח 2 - מיני חי וצומח במעגן מכמורת

טבלה 2: מיני חי וצומח עיקריים בבתי הגידול השונים במעגן מכמורת (סוארי, 2012)

מין	בית גידול
עדעד כחול	תל מכמורת
קריטמון ימי	
מד חול	
נר הלילה החופי	
צלקנית נאכלת	
צלחית מכחילה	אבני השקטה
יסדוק	
חופית מנוקדת	
חד שן	
בלוטון מצוי	
חופית חיוורת	
בלוטון מצוי	
בלוטון שטוח	
חוץ פרי	
חופית חיוורת	תיקון ישן – על כרית
חופית מנוקדת	
בלוטון שטוח	תיקון ישן - כרית
בלוטון מצוי	
צלחית מכחילה	
חד שן	
חסנית	
פטמית	
אזנית	
ציסטנית	
שלושולן משולש	
קיפונים ממינים שונים	
סרגוס משורטט	
שישן משורטט	
ספרוס זהוב	
גנית	
אזנית	

מין	בית גידול
ציסטנית	
שלשולן מצוי	
שייטית כחולה	גוף המים במעגן
קיפונים	
דגיגי ספא ורוסיים	
קונומורקס פרסיקוס	

נספח 3 - תמלול ראיון עם מר יאיר סוארי – מרצה לאקולוגיה ואוקיאנוגרפיה
(מעגן מכמורת, 25.12.2012)

נורית: יש תוכניות איך לשקם את שובר הגלים?

יאיר: מבואות ים מעוניינים ללכת לכיוון של אבנים כאלה. של סלעים. אני עשיתי מסמך אקולוגי על התוכניות שלהם.

עדי: אילו סלעים אלה?

יאיר: גיר.

עדי: מאיפה מביאים אותם, מהאזור?

יאיר: לא. הסלעים המקומיים הם מכורכר. אני לא יודע איפה חצבו את הסלעים שהם רוצים להביא. אבל יש ערימה קיימת של אבנים מגיר שחצבו לטובת נמל חיפה או אשדוד, אבל הם לא עברו אישור של המהנדסים כי הן פריכות מדי. אז יש כבר אבנים ומקווים להשיג אותן לטובת המעגן. מבחינה תכנונית שבגללה התוכניות לא מתקדמות כבר שנתיים, זה בגלל שיש גבול בין שטח רת"ג – גן לאומי נחל אלכסנדר לבין השטח של מבואות ים. תכלס אף אחד לא יודע איפה עובר הגבול הזה. במקור זה עבר בתוך המים. אבל השובר גלים עצמו הוגדר כשטח פתוח. ועכשיו כשרוצים לשפץ ולבנות את שובר הגלים יש בעיה סטטוטורית, ולכן צריך לעשות לזה שינוי ייעוד.

עדי: אפשר לראות את סוג המזח שאנחנו עומדים עליו?

יאיר: כן. הוא מבטון.

נורית: מה אתה המלצת להם לעשות?

יאיר: אני הייתי מעדיף שהם ייבנו מבטון.

נורית: למה?

יאיר: כי זה עמד 60 שנה אז זה טוב. זאת הייתה הסיבה שלי. יש בעיה בכל פעם שיש סערה צריך להוציא את כל היאכטות ולהוציא אותם למרינה הרצלייה. אז אם כבר בונים עדיף לבנות משהו יותר טוב. יש להם 2 תוכניות. אחת מצומצמת – שיפוע גדול של אבנים ואחת קצת יותר רחבה. שתיהן סבירות. מה שאני ראיתי כשצללתי בצד השני. לא עשיתי דיגום ארוך אבל במבט ראשון אתה לא רואה הבדל בין טבלאות גידוד לבין מה שמתיישב על הגיר. אני גם מכיר את זה משיקמונה.

נורית: איפה זה שיקמונה?

יאיר: בחיפה, על הקצה של המפרץ. שמה יש טבלאות גידוד עם תשתית גיר של הכרמל...

עדי: כשאתה אומר טבלאות גידוד אתה מתכוון לסלעים?

יאיר: טבלאות גידוד זאת תצורת החיים האופיינית. אלה המשטחים האלה... לאיזה חוף ים אתם הולכים? אתם מכירים את חוף מכמורת? הסלעים הם שטוחים... הם תשתית של מסלע. שונית ביוגנית שהיא תוצר של בנייה של בעלי חיים. התשתית של שובר הגלים במעגן היא טבלאות גידוד. הנמל הוא נמל עתיק... כשאנחנו הגענו, עם פרוץ המדינה ועוד לפני זה, היה כאן נמל אבטיחים. בקיצור, לא ראיתי הבדל בין מה שקורה היום על הטבלאות (הם במשבר בכל הארץ, אבל זה לא קשור לעכשיו) לבין מה שקורה על הסלעים. לא עשיתי דיגום, נכנסתי לצלול בשביל להסתכל על זה ולא ראיתי הבדל. דבר שני שקרה לפני ששובר הגלים התמוטט... אתם רואים שם את הכתם החום – איפה שהחרטום של הסירה הרחוקה יותר, זאת להקת דגים בתוך המעגן. התחילו להופיע כאן להקות דגים בכמויות, שנתיים לפני ששובר הגלים התמוטט ואני מניח שזה קרה בגלל שנוצרו

מעברים מתחת לשובר הגלים ואני מניח שמשם נכנסים הדגים. ומה שאני המלצתי להם זה לעשות מעברים לדגים מתחת לשובר.

נורית: זאת לא בעיה לעשות את זה. למרות שיכולה להיות בעיה עם החול.

יאיר: נכון, עם הסתימה של החול, לכן אמרתי להם שצריך לעשות את זה בגבהים שונים.

עדי: כשאתה ממליץ לבנות מבטון זה בטון רגיל?

יאיר: אני לא מאמין שזה יהיה מבטון, לתפיסתי משהו שהחזיק 60 שנה זה טוב. אבל הם רוצים לעשות משהו אחר, גם יותר זול וגם יותר טוב.

עדי: מה יותר זול? הבטון?

יאיר: האבנים יותר זול. בשביל לעשות בטון כמו שצריך צריך להכניס כלונסאות לתוך המצע.

עדי: ואתה יודע אם זה בטון רגיל, כל המבנים כאן?

יאיר: כל הבטון פה? זה בטון בן 50. זה לא יכול להיות משהו אחר. זה בטון רגיל. יש פה חצץ אבל אני די בטוח שאת החול הביאו פה מאחורי הגבעה.

נורית: אתה יודע ששם, יש צדפים בבטון.

יאיר: בטח, ברור.

עדי: איפה?

נורית: על הארוך הזה

עדי: זה רציף?

נורית ויאיר: זה גם שובר גלים.

נורית: אפשר ללכת על זה. יש שם צדפים שהם חלק מתערובת הבטון.

יאיר: אם אתם רוצים... האבנים פה זאת התמוטטות ישנה משנות ה-60 [מתייחס לשובר הגלים הישן, בדרום המעגן]. ושמה זה מעבר שעשו כשבנו את המעגן בשביל לשטוף את החול החוצה. יש פה בעיה שהוא נסתם בחול. כשהגלים עוברים מעל השובר גלים הם עוברים עם החול והחול שוקע בתוך המעגן והמים יוצאים החוצה.

נורית: ואיך זה אמור לעזור?

יאיר: זה היה אמור לייצר זרם, אבל חסמו את זה כי הזרימה הייתה חזקה מדי. עם השנים...

יאיר: עוד סביבות... יש טבלאות גידוד גם בתוך המעגן אבל הם במצב לא טוב. יש פה תל

ארכיאולוגי. עוד דבר שהמלצתי להם, הם רצו אולי לעשות פה דרך ולנסוע עם מנוף בשביל להעביר את הסלעים. אמרתי להם שיעבדו דרך פה עם דוברה בשביל לא למוטט את התל, גם ככה התל במצב קשה.

אתם רואים את האבנים שמפוזרות פה? אין לי הוכחה כתובה למה שאני אומר אבל להערכתי אלה אבני השקטה שפיזרו אחרי שבנו את המעגן כשראו שהגלים מפרקים את הגבעה לאט לאט [מתייחס לתל מכמורת]. מפזרים אבנים ואז אנרגיית הגלים מתפזרת.

עדי: איזה סוגי בעלי חיים ימיים יש כאן? גם במעגן וגם מחוץ לו?

יאיר: פה בעיקר צלחיות, שמה קצת יותר: חיטונים, סרטנים, אצות הרבה, חסת ים, אני יודע? כל מיני. בחוץ זה יותר עשיר. המון סוגים של אצות והמון סוגים של חסרי חוליות, ספוגים...

עדי: בחוץ? על הקרקעית או על דופן הסלעים?

יאיר: מעבר לשובר הגלים. על הקרקעית. שובר הגלים עצמו, קשה להגיע לשם כמעט בכל מצב ים, ללכת ולראות מה קורה שם. גם לא כל כך עניין אותי.

נורית: בעצם על מה העבודה שלנו בבסיס?

יאיר: הייתה על הבטון האקולוגי?

נורית: לא, זה היה הזרע. הוא נתן לנו את הרעיון. לבדוק אם על שובר גלים מבטון כזה, האם יש לו יתרון או חיסרון כלפי שובר גלים מחומר טבעי. גם במובן, לאוו דווקא של בטון מול סלעים, אלא גם את הבטון אתה יכול לעשות עם...

יאיר: מורכבות מבנית

רן: בריכות מסוימות.

יאיר: לא הייתי הולך לשם. אם כבר מדברים על בטון, מורכבות מבנית בבטון תיקח שטח.

נורית: נכון, זה משנה לך? זה מבנה פחות חסכוני במקום.

יאיר: עדיף כבר לשים אבנים. באמת, אני לא רואה הבדל בין האבנים לטבלאות גידוד. אני יכול להגיד לך מה אני חושב על הרעיונות האלה... ניסויים וזה וזה, זה נחמד אבל בוא נראה מה קורה בים. אם יש לי דוגמא בים למשהו שעובד לא הייתי מחליף ועושה מורכבות מבנית בבטון.

נורית: ובכל זאת אתה המלצת על בטון ולא על סלעים.

יאיר: כן, כי זה פה וזה החזיק מעמדו זה מכסה מעט מאוד שטח. הבעיה עם האבנים שהם יכסו טבלאות גידוד טבעיות כי הן מכסות יותר שטח. גם כתבתי את זה, זאת הבעיה עם האבנים. ובגלל זה אני מעדיף בטון, יש לנו פה משהו שעמד 60 שנה. לתפיסתי, לטעמי, אם אתה רוצה קנה מידה ראשון לאקולוגיה, תשמור על המצב כמו שהוא. בשלב ראשון, זאת עדיפות ראשונה. אם צריך לעשות שינויים, אפשר, צריך לחשוב עליהם, אבל תשמור על המצב כמו שהוא. היה פה כבר שובר גלים מבטון, עדיפות ראשונה לחזור אליו.

נורית: אבל אני רוצה בכל זאת לשאול אותך, במבט יותר רחב.

יאיר: עכשיו הולכים לבנות נמל חדש, את אומרת נגיד...

נורית: לא, אני אומרת יותר מזה. הרי כל האנושות תופסת אחוזים גדולים מקו החוף ואז אפשר לבנות את זה בצורה חסכונית כמו שאתה מציע ובעצם לא לתת שום דבר לטבע ולאורגניזם, ז"א ברגע ששמת את ה-footprint שלי, הרגתי להם את בית הגידול. אבל אם אני אעשה את זה בצורה יותר חכמה, לא משנה, מורכבת, קצת משופעת, חומרים נכונים. אז אמנם פגעתי אבל אני נותנת אולי עידוד לתהליך שיקום כלשהו...

יאיר: אני מבין מה את אומרת, אבל אני רוצה לראות שזה עובד בים. את מבינה? זאת אומרת זה פרויקט מאוד קטן, זה לא פרויקט נמל חיפה... ששם הם עשו תסקירים, אני ראיתי, הם הביאו אנשים מדנמרק, הרבה אנשים, שהריצו מודלים ועשו דיגומים בשטח. הם עשו מיליוני דולרים על התסקיר. אז אפשר להניח חמש שנים קודם, כי ייקח זמן עד שיבנו את זה, להניח משטח גדול כזה ולבדוק מה קורה. פה אין אופציה כזאת, זה מקום שצריך לעבוד. נורא קשה לנו עכשיו.

עדי: רגע, גם אחרי שיבנה השובר הגלים בצורה טובה, עדיין תצטרכו לפנות את הסירות כשיש סערה.

יאיר: זאת השאלה. אם היו בונים שובר גלים מבטון באותו גובה כמו שהיה, כמו שאני הייתי מעדיף, אז כן, בסערה גדולה היינו צריכים לפנות את הסירות. היינו חוזרים למה שהיה.

עדי: אז לא עשו במעגן כל מיני מחקרים ובדיקות...

יאיר: אני צללתי, אני מכיר את המעגן טוב. יום אחד נכנסתי עם אשתי, היא גם בתחום. נכנסתי ועשיתי תסקיר בנגיעה.

עדי: השאלה אם יש משהו, מקורות כתובים.

יאיר: אני באמת לא יודע איך זה הולך, אני כתבתי להם דו"ח אבל אני לא יודע אם אני יכול לתת לכם את זה או לא, כי זה עדיין בוועדה, עדיין בדיונים.

עדי: את מי אפשר לשאול?

יאיר: את יכולה לשאול את המנהל של מבואות ים.

עדי: לא ניצן?

יאיר: לא. את יכולה לשאול את המנהל של מבואות ים. לא זוכר איך קוראים לו. את יכולה לשאול אצלכם קודם כל, אם אפשר. אנשים שמתעסקים בתסקירים, בטח יש לכם בבית הספר. איך זה הולך, אם אני יכול להוציא...

נורית: אני חושבת שזה בעיקר תלוי בלקוח שלך. אם הוא יסכים – יסכים, לא יסכים – לא.

עדי: אני שואלת מעבר לסיפור המקומי הזה, לא עשו פה, אתה יודע סטודנטים או חוקרים מהבית ספר, איזה שהם בדיקות לגבי המגוון הקיים...

יאיר: מבר אילן היו באים לכאן הרבה שנים. יאיר אחיטוב וגם צבי דובינסקי.

עדי: ומה הם עשו?

יאיר: היו באים ועושים סקר על אבני ההשקטה האלה. חשוב לכן להגיע לרמה של אורגניזם?

עדי: כן. כרגע אנחנו במצב שסקרנו דוגמאות מהעולם, סקרנו מאפיינים שונים שאפשר להטמיע.

רן: במעגנות, בשוברי גלים

עדי: ועכשיו אנחנו יותר מסתכלים על המצב הקיים במכמורת, גם מבחינת המבנים הקיימים וגם מבחינת המגוון הביולוגי הנפוץ פה.

יאיר: אני יכול להגיד לך, אבל לא לרמה של מין, כי אני לא זוכר. אבל מבחינת החברה, שזה מה שמעניין בסופו של דבר, בתי הגידול שיש כאן: אבני ההשקטה, הקרקעית החולית והטבלאות גידוד בתוך המעגן ומחוץ למעגן. אלה בתי הגידול. בית הגידול העשיר ביותר, מבחינת מגוון ושפע, אלה טבלאות הגידוד שמחוץ למעגן.

עדי: אבל אמרת שקשה לראות אותם מחוץ למעגן?

יאיר: אמרתי שקשה לראות את מה שקורה על הקיר של שובר הגלים, אבל להתרחק שני מטר ממנו, אין בעיה.

נורית: למה טבלאות הגידוד במצב קשה? הם נפגעו מתנועת כלי שיט?

יאיר: בתוך המעגן?

נורית: גם וגם

יאיר: בחוץ, הם במצב מצוין, בחוץ זה בית הגידול העשיר ביותר. שוב, יכול להיות שאם הייתי עושה ממש השוואה קשה לטבלאות הגידוד בשמורת גדור אז הייתי מוצא איזה שהוא הבדל. אבל לא.

בפנים הם מאוימות כי יש פה פחות זרם ויש פה הרבה TBT על הקרקעית. אחד המחקרים שכן

עושים זה הדוח השנתי של מצב חופי ישראל. ויש שם חומר.

עדי: מי עושה את זה?

יאיר: חקר ימים ואגמים.

יאיר: אז הם עושים פה דיגומים בעצם לשייטת כי הם צוללים פה קצת, אז הם מצאו פה הרבה TBT על הקרקעית. TBT זה...

נורית ורן: במקרה את זה אנחנו מכירים.

עדי: זה מהעבר?

יאיר: זה מהעבר. אתם רואים פה על הקירות שמה מתחת למנוף ופה, לא הייתה שום מערכת של איסוף של הצבע, זה הכול הגיע למעגן.

אז דיברנו על טבלאות הגידוד שבחוץ. הטבלאות הגידוד שבתוך המעגן הם במצב קשה. אותם מינים פחות או יותר אבל פחות מגוון ופחות עשיר ופחות צפוף. להערכתי זה בעיקר בגלל שאין עליהם זרם ואין עליהם גלים. המינים האלה, רובם, זה או אצות או מינים מסננים. והמינים המסננים ברגע שאין עליהם גלים ואין עליהם תנועת מים אז אין להם מספיק אוכל ואז כל המערכת...

עדי: אז חוץ מהשובר הגלים, אין פה עוד תוכניות?

יאיר: אין פה עוד תוכניות.

נורית: מי אחראי על הפרויקט?

יאיר: איזה שהוא משרד מהנדסים.

עדי: רצינו לסקור את הפן הכלכלי. חשבנו לדבר עם הפרויקטור.

יאיר: נלך למשרד שלי ונראה מי מהנדסים.

האבני השקטה מאוד עניות. ויש את הקרקעית החולית עצמה. בדרך כלל, מה שעשו בנמל חיפה, עשו הרבה עבודה על מה יש בתוך הקרקעית החולית. אבל אני לא יודע, את זה לא עשיתי.

עדי: המינים כאן הם מינים מקומיים?

יאיר: 50% מהמינים שיש לנו פה הם מינים מהגרים. בגדול.

את העבודה הכי גדולה על טבלאות גידוד שעשו בארץ, דווקא עשו במכמורת. במאמר של ספראי וליפקין מ-1970. והיה בהמשך לזה, רזי הופמן עשה עבודת מאסטר ובדק את אותם דברים והוא מראה כמה מינים פולשים התווספו ב-30-35 שנה האלה.

עדי: הבנו שגם גיל רילוב עושה מחקרים.

יאיר: גיל רילוב עושה ניטור. זה חלק מהדו"ח הזה של חקר ימים. אחד הסעיפים שהכניסו בשנתיים האחרונות, הוא ניטור של טבלאות הגידוד.

נורית: ניטור של טבלאות הגידוד, המשמעות זה אורגניזמים?

יאיר: כן. אבל אין שם רשימת אורגניזם.

נורית: למה?

יאיר: זה מה שהוא עושה. הוא לא מפרסם את הרשימה. לדעתי הוא רוצה לפרסם מאמר יום אחד. אני כן יכול לתת לכם חומרים שלי על האורגניזמים, אבל לא בדיוק מפה. אנחנו עשינו דיגום בגדור, לפני שבועיים-שלושה עשיתי עם הסטודנטים שלי.

עדי: זה מה שנקרא מינים אופייניים לאזור?

יאיר: כן.

עדי: זה אחלה.

יאיר: בשקמונה, עשינו יותר מפורט.

מה עוד חשוב להגיד? כרגע, אם אתם מדברים על הפן הכלכלי, אז יש פה איזה שהוא קונפליקט. יש כלובי דגים בים. זאת פעם ראשונה שחברה מסחרית עובדת פה, עד עכשיו זה הכול היה גופי חינוך. ונוצרים קונפליקטים מסביב לזה. אני לא יודע אם זה הלב של מה שאתם מתעסקים. רגע, שאלתם אם יש עוד תוכניות – אז כן, יש עוד תוכניות אבל אני לא יודע מתי הם יהפכו למשהו. אני את העבודה המסכמת שלי בקורס GIS בשנת 2000, כתבתי על לעשות פה רציף צף. לקחת את כל הסירות שצפות פה באמצע המעגן, לרכז אותם פה ולאפשר בצורה קלה יותר פעילות של סירות קלות בתוך המעגן. כי ילדים שמתחילים לשוט, לעבור בין העמוד הירוק לאדום שמה, זה לוקח הרבה זמן עד שמגיעים לזה. ועכשיו, מתחילים לדבר על זה. אולי זה יקרה.

עדי: רציף צף יעזור להם לצאת בזה ש...?

יאיר: כל המצופים האלה, בדרך כלל, לא בחורף, לכל אחד מהם קשורה סירה.

עדי: אה, הם צריכים לנווט בין הסירות.

יאיר: כן, זה קשה. בעיקר כשאתה עם מפרשית ואתה מוגבל בכיוונים שאתה יכול לשוט בהם.

עדי: למה הם לא קשורים לכאן [מתייחסת למזח שאנחנו עומדים עליו], או שאין מקום?

יאיר: אין מקום

נורית: מה זה רציף צף, איפה זה נמצא?

יאיר: חשבתי לעשות את זה מבסיס המנוף עד הלווייתנית שמה, עד האלתית. פחות או יותר. אני לא יודע מה מתכננים היום.

עדי: ולמה צף?

יאיר: זה הכי זול. זה גם מה שמקובל, כי רציף צף יכול להתמודד בקלות בזמן סערה.

נורית: עושים את זה מעץ?

יאיר: בדרך כלל מה שעושים, נותנים לו לצוף על עמודים, טבעות כאלה.

עדי: הרציף עצמו מ...

יאיר: קונסטרוקציה של מתכת ועץ כשהמצופים מפלסטיק.

עדי: מי משתמש במעגן הזה?

יאיר: בית הספר מבואות ים, מרכז ימי עמק חפר, בית הספר למדעי הים רופין, והחברה של כלובי הדגים.

עדי: מה הם עושים במעגן?

יאיר: הם צריכים להגיע לכלובים, להביא אוכל לדגים.

עדי: יש פה גם יאכטות פרטיות של תושבי מכמורת?

יאיר: בכל המעגן יש 30 סירות, יש סירות בודדות פרטיות.

נורית: יש גם אנשים שמגיעים עם כלי שיט קטנים ויוצאים מפה?

יאיר: מעט מאוד.

עדי: מה, כמו קאנואים כאלה?

נורית: נגיד, כמו קאייקים ו-windsurfing

יאיר: יש אנשים במכמורת שעושים את זה אבל לא הרבה. אני יודע, חמישה עשר, אבל זה לא נפח הפעילות. בשביל לקבל סדר גודל יש לנו מחסן של ציוד של אנשים פרטיים שיש בו 15 כלי שייט ובכל יום שישי יורדים פה למים 120 ילדים. והם יורדים כל יום שישי, ואנשים פרטיים, יש כאלה שמחזיקים את הקייאק כדי שיידעו שיש להם קייאק.

נורית: שזה גם חשוב

יאיר: כן, אבל לים זה לא מגיע.

עדי: ולמרכז להצלת צבים?

יאיר: אין לו קשר. יכול להיות שיום אחד הרשות תשים פה כלי שייט אחד.

עדי: ויוצאים מפה דייגים?

יאיר: יש נגיד שתי סירות דייג.

עדי: הן מסחריות או שהם דגים לצרכיהם הפרטיים?

יאיר: אין כמעט דבר כזה סירות שבאמת דגים לצרכיהם הפרטיים. אם עלתה לך כמות יפה של דגים

אתה בדרך כלל תמכור אותם. זה בדרך כלל משולב. אין כמעט דייגים שזה העבודה שלהם מצד

אחד, מצד שני אין כמעט אף אחד שדג לצרכיו הפרטיים. אני לא מדבר על דייגי חכות. פה בדרך כלל יורדים עם רשתות.

נספח 4 - חלופות תכנון לשובר גלים חדש-חלופה א': משרד מהנדסים יצחקי פרוינד

