

**כריית חול ימי בישראל
תמונת מצב, השלכות סביבתיות והמלצות**

**סיכום והמלצות של ועדת מומחים
מרץ 2015**



עריכה: ד"ר ערן ברקוביץ' וד"ר מיכל סימוביץ'

עריכה לשונית: רות קלימר

הגהה: בן ישי דניאלי

עיצוב גרפי: Touch

| תוכן עניינים |

5	רקע
7	פתח דבר
9-8	עיקרי הדברים
11	[1] רקע – שימוש בחול ימי בישראל
	1.1 ביקוש גובר לחול
	1.2 ניהול כריית החול היבשתי בישראל
	1.3 שימוש בחול ימי
	1.4 מאזן החול הימי בישראל
	1.5 הערכת האפשרויות הקיימות לכריית חול בישראל
14	[2] ההשפעות והנזקים של כריית חול ימי
	2.1 האצת הבליה (ארוזיה) של קו החוף
	2.2 פגיעה במערכת האקולוגית באזור הכרייה
	2.3 פגיעה באתרים ארכיאולוגיים
22	[3] יכולת ההתאוששות של המערכת האקולוגית
25	[4] המשאב החולי בראיית הרגולציה הבינלאומית
27	[5] המלצות
	5.1 יצירת מדיניות כוללת לניהול משאב החול הימי בישראל
	5.2 הסדרת רגולציה יעילה לכריית חול
	5.3 קידום פעולות להפחתת הנזקים הסביבתיים של כריית חול ימי
	5.4 השלמת פערי ידע בנושא השפעה סביבתית של כריית חול ימי
	5.5 המלצות לגבי ניהול הידע הנאסף
39	[6] סיכום פעולות לביצוע



רקע

.....

הפעילות הימית המוגברת בחופי ישראל בשנים האחרונות (תעשיית גז ונפט, התפלה, הקמת תשתיות שונות וכדומה) מהווה איום על הסביבה הימית.

שמירה על הסביבה ועל מערכות אקולוגיות מורכבות דורשת ידע מדעי נרחב ומדויק, אולם קיומו של גוף ידע זה באקדמיה בלבד אינו מספיק לקבלת החלטות מדיניות מושכלות. מצד אחד, יש צורך שמדענים, בעלי הידע, יהיו מעוניינים ומסוגלים להעביר אותו למקבלי החלטות בצורה ברורה. מצד שני, קובעי המדיניות, כלומר הרגולטור, אמורים לקבל את כל המידע שהם זקוקים לו, להבין ולהפנים אותו בתוך מערכת קבלת החלטות. כיום שני קצוות אלה – המשתמש שהוא קובע המדיניות והמדען שהוא בעל הידע – אינם מצליחים לקיים את המערכת הזו וליצור מדיניות מבוססת מדע.

האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה מאגדת את אנשי האקדמיה והמקצוע בתחומה. מטרתה העיקרית היא להציע מדע רלוונטי ועדכני למקבלי החלטות, והיא רואה זאת כחלק מתפקידם של החברה האזרחית ושל אנשי האקדמיה.

כדי להתמודד עם אתגר רב ממדים זה של שמירת הסביבה הימית ושל חיבור בין מדענים לקובעי מדיניות, החליטה האגודה להקים ועדות מומחים שיטפלו בסוגיות ספציפיות ויעזרו לרגולטור לקדם מדיניות מתאימה מבוססת מדע. ועדות אלה יפעלו באמצעות קידום שיתוף פעולה בין האקדמיה, מכוני המחקר הממשלתיים ואנשי המקצוע במשרדי הממשלה. לאגודה ניסיון רב שנים של יצירת שיתוף פעולה בין הרגולטור ובין מדענים למתן מענה מדעי לשאלות מדיניות שעל הפרק.

הסוגיה הנדונה במסמך זה היא סוגיית ההשפעות הסביבתיות של כריית חול ימי.



פתח דבר

.....

מסמך זה מסכם את עבודתה של ועדת המדענים שבחנה את ההשפעות הסביבתיות של כריית החול הימי. מומלץ לקרוא את המסמכים המצורפים בנספח הדיגיטלי כדי לקבל מידע מעמיק יותר על כל אחד מהנושאים להלן:

1. כריית חול ימי והשפעתה על מערכות אקולוגיות ועל הסביבה החופית, מסמך רקע - סיכום עיקרי הידע מישראל ומהעולם בנושא המשאב החולי, ההשפעות הסביבתיות של כריית החול הימי והמלצות להקטנת השפעות אלה.
2. כריית חול ימי: מדיניות, רגולציה והיבטים כלכליים - בחינת הצורך במדיניות לאומית כוללת לים התיכון. מסמך זה כולל מידע על הרגולציה העולמית והאזורית לניהול המשאב ומדגיש את הצורך בראייה כלכלית-סביבתית לניהולו.
3. השפעות כריית חול ימי על רמות טרופיות, בתי גידול ומערכות אקולוגיות - סיכום הידע הקיים בנוגע להשפעות הסביבתיות והאקולוגיות של כריית חול בראייה מקומית והצבעה על פערי ידע נרחבים בנושא.
4. השפעת כריית חול ימי על יצורים חיים - ההשפעות על קבוצות יצורים השוכנות סמוך לחופי ישראל ובחינת פערי הידע הנרחבים לכל קבוצה.
5. פערי ידע משמעותיים לקבלת החלטות מושכלת בנושא כריית חול ימי - סיכום פערי הידע הקריטיים לקבלת החלטות מושכלת שעלו במהלך דיוני הוועדה.

עיקרי הדברים

.....

תשתית חופיות ובחופים שעברו סחיפה. על פי הערכות, עד שנת 2040 צפוי בישראל מחסור של 183 מיליון טון חול. זמינות החול הימי, עלויות השינוע האפסיות שלו לעומת אלה של החול היבשתי והצורך במיליוני טונות חול לבניית הנמלים החדשים באשדוד ובחיפה הביאו לאישור כריית חול מהים. האישור ניתן בניגוד לקביעת מסמך המדיניות לניהול מימי החופין של ישראל משנת 1999, המציין שיש לאסור כריית חול באזורים שעומקם הוא עד 30 מטרים כדי למנוע פגיעה בהזנת החול לחופים שתגרום להתדלדלותם.

המידע וההמלצות במסמך זה מבוססים על מסקנות ועדת מומחים מיוחדת לנושא ההשפעות הסביבתיות של כריית חול ימי, שהוקמה על ידי האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה (ע"ר). עם חברי הוועדה, שהתכנסה שש פעמים בחודשים נובמבר 2013-אוקטובר 2014, נמנו יותר מ-30 מדענים, אנשי מקצוע וקובעי מדיניות מהאקדמיה, מארגונים חברתיים, ממכוני מחקר וממשרדי ממשלה.

דיוני הוועדה נסובו סביב חול - חומר גלם בסיסי לענפי הבנייה והסלילה, המשמש גם חומר מילוי בעבודות

נזקים אפשריים כתוצאה מהכרייה

משחרור חומר אורגני, משינוי התפלגות גודל הגרגירים ומשינויים טופוגרפיים בקרקעית, למשל בעקבות חפירת בורות.

3. פגיעה באתרים ארכיאולוגיים בשל עבודות הכרייה.

ההתאוששות של חברת החי והצומח מתהליך הכרייה מבחינת המגוון הביולוגי ושכיחות המינים אורכת בין שנה לשלוש שנים בדרך כלל, תלוי במחזור החיים של המינים השליטים כמו גם בתכונות הסדימנט ובהרכב המינים, אך יכולה גם להימשך שנים רבות או לא להתרחש כלל.

1. האצת הבליה של קו החוף: אבדן של קרקע חופית וכיבושה בידי הים, לצד נזקים עקיפים כמו הצפה של פנים היבשה באירועי סערה בגלל בליית הדיונות, אבדן קרקעות שיש להן חשיבות חברתית, כלכלית או אקולוגית והצפה של האזור החופי עקב ערעור הגנות חופיות מלאכותיות ושינוי במשטר הגלים.

2. נזקים נרחבים למערכת האקולוגית החופית והימית: פגיעה ישירה בגלל הסרת החול, הרחפתו וכיסוי אזורים חדשים בתרפיף. פגיעות עקיפות שנובעות מהרחפת החומר החלקיקי במים, מהגדלת העכירות ומירידה בחזירות האור,

אנו קוראים לממשלה לפעול לשימור הסביבה הימית ושירותי המערכת שאותם היא מעניקה לאדם על ידי קביעת מדיניות, השלמת פערי הידע הקריטיים לקבלת החלטות ויצירת תכנית לאומית מסודרת לנושא כריית החול הימי.

אלה המלצות הוועדה כפי שהתקבלו לאחר הדיונים בנושא:

ועדת המומחים רואה הכרח ביצירת בסיס ידע רחב, המותאם לאזורנו, שיאפשר קבלת מידע ונתונים לשם קביעת מדיניות כוללת, אימוץ כלי מדיניות פרטניים, בחינת פעולות כרייה מתוכננות, אומדן הנזקים הפוטנציאליים והצגת חלופות מתאימות.

לשם כך, יש לנקוט את הפעולות הבאות: לרכז נתונים ממידע קיים וליצור בסיס ידע טקסונומי נרחב ובסיס ידע נרחב לגבי תהליכים המשפיעים על המערכת האקולוגית ולגבי תגובת המערכת האקולוגית לכריית חול ימי, לקבוע קריטריונים לאיכות מים במהלך פעילות כרייה להשלים פערי ידע הנוגעים לאיכות הסדימנט ולהשפעתו על הסביבה.

4. ניהול מיטבי של הידע הנאסף. חברי הוועדה ממליצים להקים גוף שיהיה אחראי על ריכוז הידע ולנצל את עבודת הכרייה הצפויה במפרץ חיפה כמקרה בוחן לאזור. על המהלך להיות מלווה בפרסום קול קורא למחקרים המציעים ניטור ובדיקה של השפעת הכרייה על המערכת האקולוגית שיתבצעו יחד עם כל כריית חול באזור מסוים, ומציאת מימון רב-שנתי למחקרים.



1. קביעת מדיניות כוללת ורגולציה יעילה לכריית החול הימי. על המדינה להתייחס אל החול הנכרה בים כאל משאב מתכלה ולנהל אותו כמחצב וכמשאב לאומי כחלק ממדיניות כוללת לניהול המרחב הימי. לשם גיבוש סדרי העדיפויות הלאומיים יש לבצע סקר אסטרטגי סביבתי (SEA) עבור כריית חול ואגרגטים (תלכידים) ימיים ולקבוע רגולציה כלכלית יעילה לכריית החול, המבוססת על הערכה סביבתית וכלכלית מלאה של התועלות ושל העלויות הסביבתיות והכלכליות הנובעות מכרייתו. לבסוף, יש לבחון מקורות אלטרנטיביים למשאב המקומי.

2. קידום פעולות להפחתת הנזקים הסביבתיים של כריית חול ימי. לפני תחילת העבודות, הוועדה ממליצה לאפיין את אתר הכרייה ולהתאים את שיטת העבודה, מקומה, תזמונה והיקפה לתנאי הסביבה באופן שיצמצם נזקים סביבתיים על פי מודלים והערכות של השפעת הכרייה על הסביבה. נוסף על כך, יש לשלב ניטור נרחב ומחקר בעבודות כרייה קיימות ובכאלה המאושרות לביצוע בעתיד. הכרייה תתבצע רק באזורים דלים במינים ובאזורים פגועים (מזוהמים) ממילא, ולפני תחילתה חובה ליצור רשימת מינים שאין לפגוע בהם בשום מקרה. עוד לפני תחילת העבודה יש לתכנן את הפעולות הנכונות לשיקום ולאישוש של האזור הפגוע.

3. השלמת פערי הידע הקריטיים לקביעת מדיניות ולצמצום נזקים. התחזיות לגבי ההשפעה הישירה של תהליכי כריית חול וסדימנטציה על הסביבה והביולוגיה מאתגרות ביותר, ואף מבוססות במידה רבה על ספקולציות. למרות קיומם של מחקרים ושל סקרים שונים על אורגניזמים ימיים בים התיכון ובמפרץ חיפה, חסר ידע מקיף ומסודר בנושא לאורך החוף מצפון לדרום ומקו החוף אל הים הפתוח. ברוב המקרים לא ידוע מי האורגניזמים השונים באזורים השונים, מה התנאים הקריטיים לקיומם, מה תפוצתם ומה מחזורי החיים שלהם. השלמת פערי ידע אלה היא קריטית לקבלת החלטות מושכלת.



{1}

רקע - שימוש בחול ימי בישראל

.....

1.1 ביקוש גובר לחול

והצריכה צפויה לעלות בשנים הקרובות ל-10 מיליון טון בכל שנה. עד שנת 2040 צפוי ביקוש של 306 מיליון טון, אך לפי ההערכה קיים מלאי של 123 מיליון טון בלבד בעתודות הכרייה המאושרות כיום. לפיכך, צפוי פער של 183 מיליון טון שצריך לתכנן מקורות חול עבורו^[1].

החול הוא חומר גלם בסיסי המשמש בענף הבנייה והסלילה להכנת תערובות בטון, טיח וטיט וכמצע למילוי ולריצוף^[1]. בעבודות להקמת תשתיות חופיות כמו רציפים החול משמש בעיקר חומר מילוי, ובחופים שעברו בליה הוא משמש גם חומר מילוי בליה בעבורם^[2]. בענפי הבנייה והסלילה משתמשים ב-7 מיליון טון חול בשנה,

1.2 ניהול כריית החול היבשתי בישראל

ממוחזר, שימוש בחול מחצבה וניצול החומר הטפל הרב הנותר מכריית פוספטים. חשוב לציין שתמ"א 14' כוללת בחיזוי הביקוש לחול את מיליוני הטונות הנדרשים לבניית הנמלים החדשים באשדוד ובחיפה^[3].

ניהול כריית החול היבשתי בישראל נעשה לפי מדיניות תכנון וניהול כוללת שפורסמה בתמ"א 14', שהיא תכנית המתאר הארצית לכרייה וחציבה למשק הבנייה והסלילה. תכנית זו קובעת שאפשר למלא את הפער בביקוש לחול באמצעות הגברת השימוש בחומר

1.3 שימוש בחול ימי

נעשית בניגוד לקביעת מסמך המדיניות לניהול מימי החופין של ישראל משנת 1999, המציין שיש לאסור כריית חול באזורים שעומקם עד 30 מטרים כדי למנוע פגיעה בהזנת החול לחופים שתגרום להידלדלותם^[4]. ההמלצה לאיסור התבססה על מסקנות מחקר להקמת איים מלאכותיים שערך צוות משותף מישראל ומהולנד בשנת 2000^[5].

זמינות החול הימי, עלויות השינוע האפסיות שלו לעומת אלה של החול היבשתי והצורך במיליוני טונות חומר לבניית הנמלים החדשים באשדוד ובחיפה תורגמו למתן אישור כריית חול מהים לטובת בניית תשתיות אלה. אך בניגוד לכריית חול יבשתי, כריית החול מהים נעשתה ונעשית ללא מדיניות וללא תכנית מסודרת. יותר מכך, כריית החול הימי לבניית הנמלים בישראל

1. תמ"א 14' (2010). תכנית מתאר ארצית לכרייה וחציבה למשק הבנייה והסלילה. מדיניות תכנון וניהול למשק הכרייה והחציבה. מנהל התכנון, משרד הפנים. energy.gov.il/Subjects/Mining/Documents/MEDINIYUT.pdf

2. Dean, Otay and Work (1995). Perdido Key beach nourishment project: a synthesis of findings and recommendations for future nourishments. Tech. Rep., Coastal and Oceanographic Eng. Dept., University of Florida, Gainesville, Florida COEL 95/011. 47p

3. תמ"א 14' (2008). תכנית מתאר ארצית לאתרי כרייה וחציבה למשק הבנייה והסלילה. תחזית ביקושים לחומרי כרייה וחציבה, דו"ח שלב א' 8'-9' מנהל התכנון, משרד הפנים. www.moin.gov.il/SubjectDocuments/Karka0706.pdf

4. אסיף, מליס, ספיבק ואנוש. (1999). מימי החופין של ישראל, מסמך מדיניות. מדינת ישראל, הוועדה למימי חופין

5. אביב ניהול, הנדסה ומערכות מידע בע"מ. (2007). מסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות www.moin.gov.il/SubjectDocuments/Chof27.pdf

1.4 מאזן החול הימי בישראל

הוועדה למימי חופין (1999) המליצה להימנע מניצול החול המצוי ברצועה הזו: המורפולוגיה שלה היא ביטוי לשיווי משקל דינמי וכל הפרעה, למשל סילוק חול ממנה, תגרום מיד לגריעת חול מן הזרימה לאורך החוף ובעקבותיה להרס חופים.

חיזוק לדברים האלה הגיע בשנת 2010 עם פרסום מסמך המדיניות להתמוטטות המצוק החופי, המדגיש את הצורך בכרייה עמוקה מ-30 מטרים^[6]. גם בדוח הסיכום של הוועדה לאיים מלאכותיים, שעסקה בבחינת פוטנציאל הכרייה מן הים, הומלץ לא לכרות חול באזורים שעומקם נמוך מ-30 מטרים למרות מציאת חול מתאים, בגלל החשש להשפעות סביבתיות ימיות שליליות על קו החוף הקיים^[5].

מאזן החול שנמצא לאורך החוף הוא תוצאה של התהליכים החופיים הטבעיים וגם של התערבות האדם. הוא מושפע מכמה גורמים: אבדן חול אל מפרץ חיפה, נישוב חול ליבשה (יצירת דיונות), זרימת חול מערבה אל הים העמוק, תוספת חול בשל זרימת חול מחופי סיני לאורך החוף ותוספת חול כתוצאה מגידוד מצוק החוף העשוי כורכר.

רכס הכורכר הטבוע הקרוב ביותר לחוף נמצא על קרקעית הים בעומק של 30-40 מטרים והוא חופף לקצה הרצועה החולית (5-6 ק"מ מערבית לחוף הים באזורים הדרומיים של הרצועה, שהם רחבים, ו-1-2 ק"מ מערבית לאזורים הצפוניים הצרים שלה). במקומות אלה נראה שרכס הכורכר חוסם בריחת חול מערבה מהרצועה החולית אל המפתן היבשתי הפתוח.

1.5 הערכת האפשרויות הקיימות לכריית חול בישראל

הסינון מייקר מאוד את מחירו של החול ולכן כרייתו עלולה להיות לא כדאית מבחינה כלכלית. הערכות שונות מצביעות על כך שבאזור זה יש מצאי של 20-120 מיליון מ"ק חול המתאים להיות חומר מילוי בעלות כלכלית סבירה. במים העמוקים מ-60 מטרים לא קיים כנראה חול בלתי מלוכד שבו אפשר להשתמש^[7].

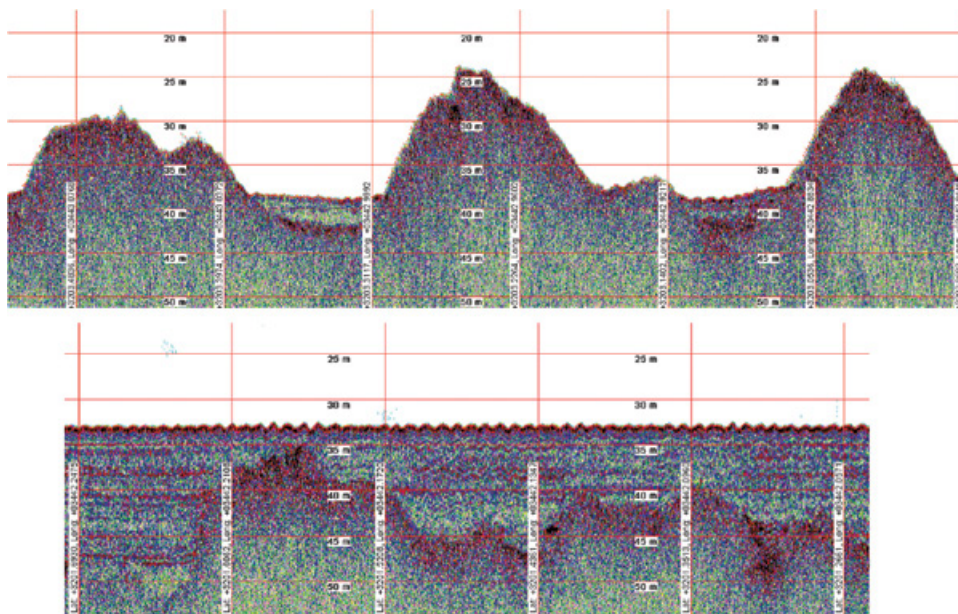
א. החולות המכסים את רכסי הכורכר ואת מרזבותיו התת ימיים, המצויים 30-50 מטרים מתחת לפני המים, יכולים לשמש מאגר פוטנציאלי לכריית חול. חולות אלה מכוסים במעטה טין וחרסית שעוביו 3-6 מטרים.

ב. מאגר נוסף לכריית חול נמצא מערבית לרכס הכורכר הטבוע - המכון לחקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל), המכון הגיאולוגי והמכון הגיאופיסי לישראל איתרו פוטנציאל של 400 מיליון מ"ק חול המכיל 30%-50% חומרים דקים (טיין וחרסית) מתחת לשכבת חרסית דקה יחסית^[7], אך ללא סינון מוקדם של החומר הדק החול הזה אינו מתאים לשמש חומר מילוי לפי הקריטריונים שנקבעו על ידי מהנדסי הטכניון.

6. ביון, אידלמן וכהן (עורכים). (2010). התמוטטות המצוק בחופי ישראל. דרכים להתמודדות והמשמעויות הכלכליות, הציבוריות והסביבתיות. מסמך מדיניות, טיוטה לדיון

7. גולן (2013). חקר מדף היבשת על אומדן נפח החול הזמין לצורך בניית איים מלאכותיים. דוח ביניים של חקר ימים ואגמים למשרד האנרגיה

איור 1. חתך סייסי המתאר רכסי כורכר תת מימיים. בחלק העליון רכסי הכורכר גלויים וכנראה משמשים בית גידול ביוגני עשיר. בחלק התחתון רכסים אלו מכוסים בשכבות סדימנט. מתוך עבודת מחקר המתנהלת במכון לחקר ימים ואגמים לישראל על ידי אריק גולן.



נוסף מצביע על הימצאות סלעי כורכר בעומק של 100 מטרים העשויים להתאים לכרייה ולשמש חומר מילוי איכותי^[7].

יש לציין שסלעי כורכר חשופים הם בית גידול חשוב ביותר - הכורכר מכוסה קרום ביוגני קשה, שעוביו יכול להגיע לחצי מטר. עם זאת, אפשר לכרות אותו מתוך הרכסים התת קרקעיים תוך פגיעה מזערית במורפולוגיה ובעולם החי והצומח של קרקעית הים (ע"פ תמ"א 14 ב').

ג. שימוש בכורכר המצוי בכמויות נכבדות בקרקעית הים אפשרי גם הוא. מכוני מחקר שפעלו יחד עם הוועדה לאיים מלאכותיים הצביעו על פוטנציאל של יותר מ-100 מיליון טון כורכר חשוף, המתאים לשמש חומר מילוי. חישובים שונים מראים שבאזור הרדוד יש מצאי של כ-17.6 מיליון מ"ק כורכר כזה שמחיר הפקתו 5 דולר למ"ק, ושנוסף עליהם קיימים כ-75 מיליון מ"ק כורכר לכרייה בעומק של 40-50 מטרים מתחת לפני הים שעלותם 10-15 דולר למ"ק^[8]. מחקר

8. תמ"א 14 ב' - תכנית מתאר ארצית לאתרי כרייה וחציבה למשק הבנייה והסלילה. הערכת פוטנציאל חומרי הגלם הקיים - דוח שלבי עבודה א' 1-א' 4' בתכנית העבודה. www.moin.gov.il/SubjectDocuments/Karka0702.pdf

ההשפעות והנזקים של כריית חול ימי

.....

2.1 האצת הבליה (ארוזיה) של קו החוף

2. כרייה במדף היבשת החיצוני משנה את דפוס פעילות הגלים ובעקבותיו את אופי הגלים המגיעים לחוף ואת גובהם, את הסעת החול ואת דפוס הצטברות החול והבליה של קו החוף^{[18],[19]}. בעת הכרייה נוצרים בקרקעית הים בורות הגורמים לערבול מוקדם של הגל כשהוא נע בסביבה החופית ובסופו של דבר משתנה צורתו של קו החוף^[20]. שינוי בגובה הגלים שמתרחש יחד עם עליית מפלס פני הים ועם שינויים גיאולוגיים מקומיים עלול להגביר עוד יותר את תהליך הבליה^[21].
- בליית קו החוף והשינוי במשטר הגלים בעקבות הכרייה עלולים להשפיע על האזור החופי גם בדרכים עקיפות^[9]:
1. הצפה של פנים היבשה באירוע סערה אחד בגלל הרס החוליות (דיונות) שהן ההגנה הטבעית על החוף.
 2. אבדן קרקע בעלת חשיבות חברתית, כלכלית או אקולוגית, כגון הרס המצוק החופי.
 3. ערעור הגנות חופיות מלאכותיות והצפה של השטחים שמאחוריהן בתגובה לשינוי במשטר הגלים.
- בליה מוגדרת כאבדן ארוך טווח של קרקע חופית וכיבושה בידי הים^[9]. בשני העשורים האחרונים כבר ידוע שהחוף הישראלי עובר תהליך של בליה מתונה אך מתקדמת^{[10],[11]}. שטחם של חופים טבעיים חוליים רבים מאוד שיש בהם מצוקים הצטמצם בעקבות הפיתוח החופי וההגנות הימיות המלאכותיות, מה שגרם להיעלמות מערכות אקולוגיות חופיות^[12]. שתי פעילויות עיקריות תרמו לתהליך זה: כריית חול בחוף ובניית מבנים מלאכותיים על קו החוף^[13]. כריית החול מצרה את קו החוף עד כדי כך שלעתים החוף החולי נעלם כליל. נזק זה נותר עשרות רבות של שנים^{[14],[15]}.
- כרייה ימית יכולה להשפיע על שינויים בקו החוף בשתי דרכים (בליה או בנייה):
1. אתר הכרייה מפריע לאספקת הסדימנט לחוף או משנה אותה ומוריד את מאזן החול בחוף^{[9],[16]}. מודלים ממוחשבים של הסעת חולות מצביעים על כך שכרייה ימית גורמת לירידה בנפח החול המוסע בזרמי הים. היקף השינוי בהסעת החול משתנה מאתר לאתר בהתאם לתנאי הכרייה ולתנאים סביבתיים כמו זרמים ועומק המים, והוא נע בין שינוי זניח לשינוי עצום. מחקרים מראים שקצב הסעת החול בחוף הישראלי לא השתנה בצורה משמעותית ב-7,900 השנים האחרונות לפחות, למרות סכירת הנילוס^[17].

9. Salman, Lombardo & Doody. (2004). Living with coastal erosion in Europe - sediment and space for sustainability. Edited by European Commission. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

10. Galili, Weinstein-Evron & Ronen. (1988). Holocene sea-level changes based on submerged archaeological sites off the northern Carmel coast in Israel. *Quaternary Research* 29(1) (January): 36-42. doi:10.1016/0033-5894(88)90069-5

11. Perrot & Gopher. [1996]. A late neolithic site near Ashkelon. *Israel Exploration Journal*

12. שיקור. [1986]. חי וצומח- סקר ביולוגי במסגרת תסקיר השפעה על הסביבה למעגנה באשקלון.

13. Golik, Rosen & Golan. [1996]. Ashdod port's effect on the shoreline, seabed and sediment. *Coastal Engineering Chapter 33*: 4376-4389 journals.tdl.org/icce/index.php/icce/article/viewArticle/5555

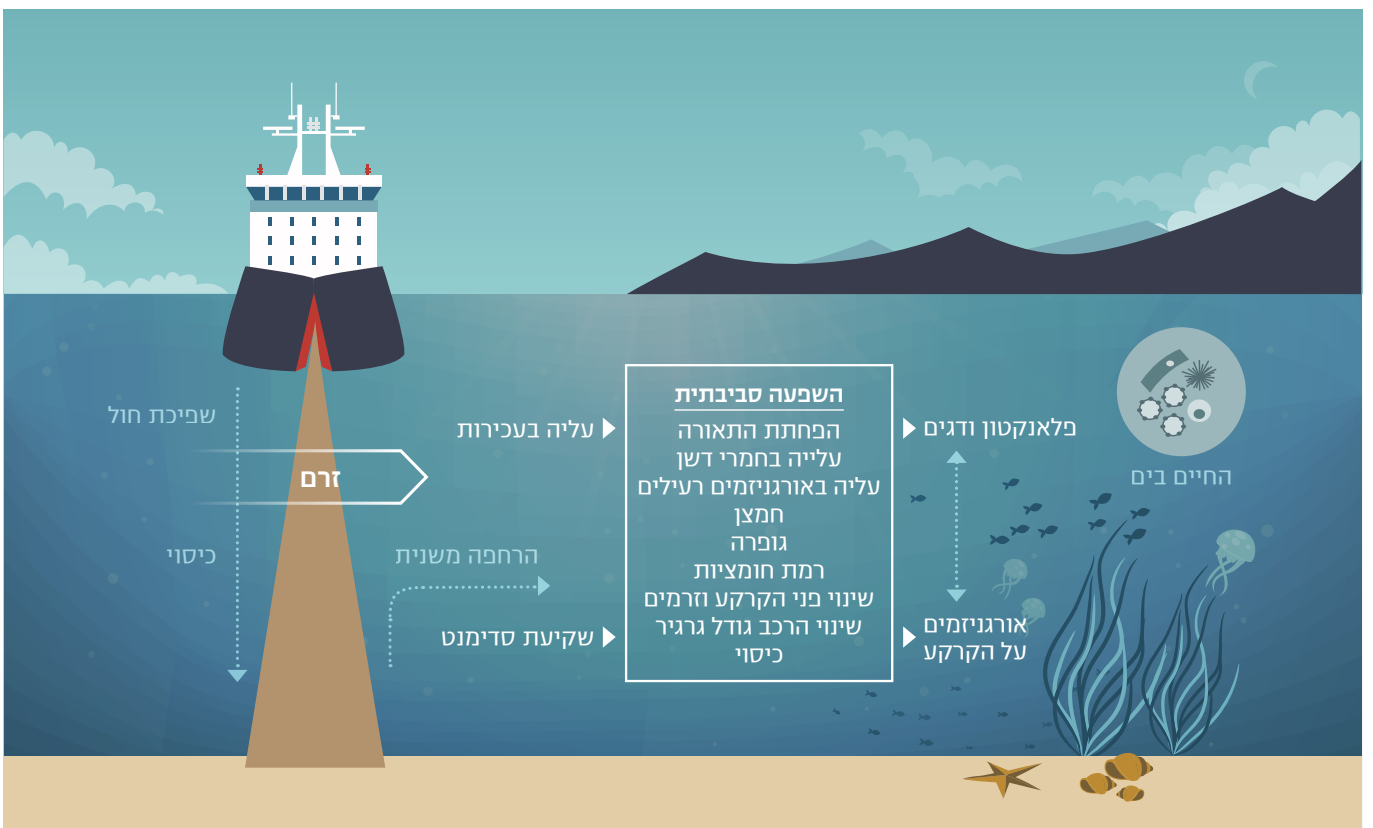
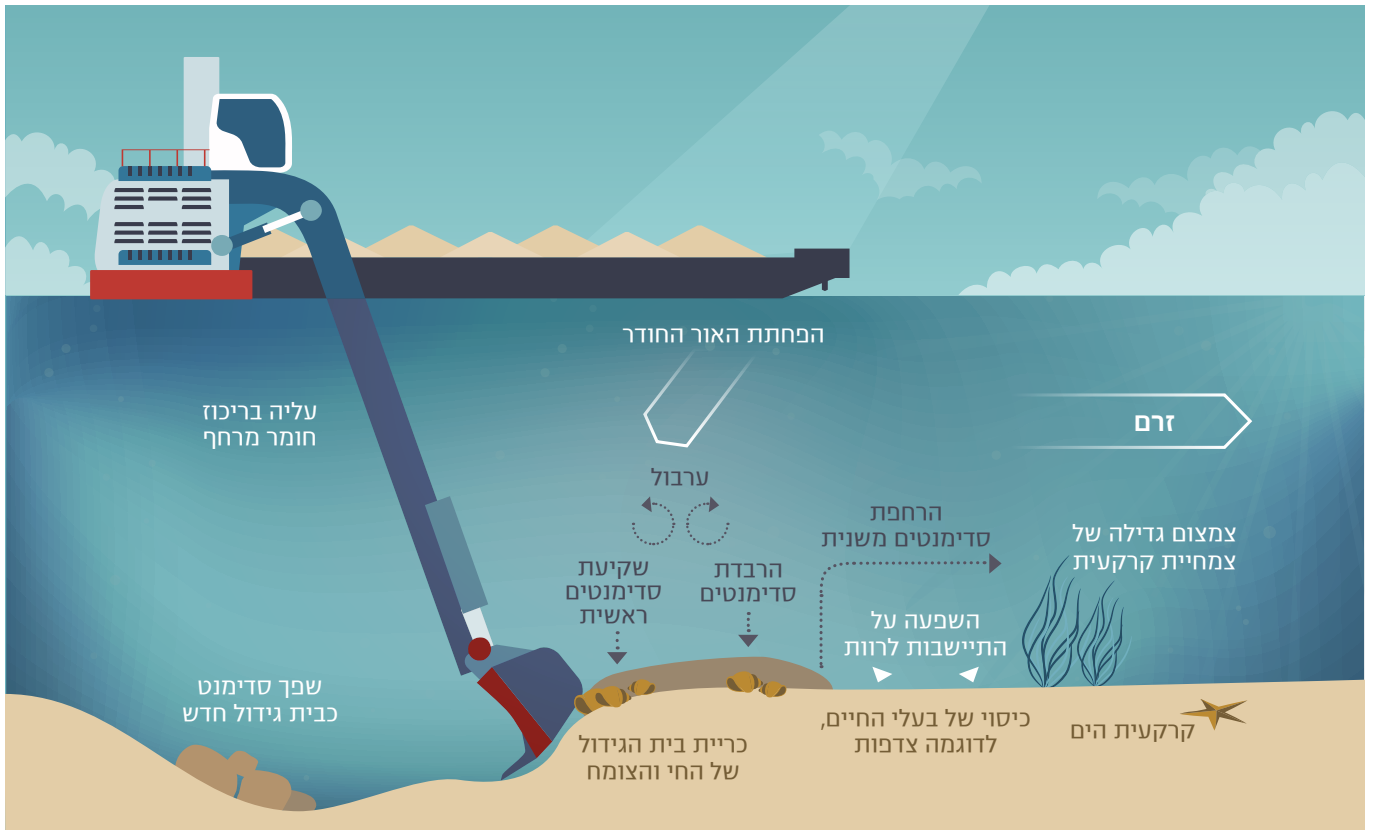
2.2 פגיעה במערכת האקולוגית באזור הכרייה

של כריית חול על האורגניזמים בישראל מוגבלת מאוד. מכיוון שהמינים המקומיים עברו התאמה גנטית והתאקלמו לתנאים בחופי הארץ, תגובתם יכולה להיות שונה בהתאם לתנאי הסביבה שבהם הם מורגלים. לכן תחזיות ההשפעה של תהליכי כריית חול וסדימנטציה על הסביבה והביולוגיה הימית באזורנו הופכות למאתגרות ביותר.

מקורו של רוב המידע הנוגע להשפעה הסביבתית של כריית חול בסביבת הים התיכון הוא מחקרים שבדקו מצע סלעי באיטליה - רבים מהם התייחסו לאצות, ואילו ההשפעה על חסרי חוליות ודגים כמעט שלא נבדקה [22]. יתר על כן, לא קיימים מחקרים העוסקים באזור הלבנט שבמזרח הים התיכון. לפיכך, יכולתם של מחקרים מהעולם להעיד על השפעות פוטנציאליות



- Defeo, McLachlan, Schoeman, Schlacher, Dugan, Jones, Lastra & Scapini. (2009). Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuarine, Coastal and shelf science*. 81(1): 1-12. doi:10.1016/j.ecss.2008.09.022
- Kelley, Ramsey & Byrnes. (2004). Evaluating shoreline response to offshore sand mining for beach nourishment. *Journal of Coastal Research* 20(1), 89-100
- Kortekaas & Bagdanavičiute. (2010). Assessment of the effects of marine aggregate extraction on the coastline: An example from the German Baltic Sea coast. *Journal of Coastal Research* SI 51, 205-214pp
- Zviely, Kit & Klein. (2007). Longshore sand transport estimates along the Mediterranean coast of Israel in the holocene. *Marine Geology* 238(1-4): 61-73. doi:10.1016/j.margeo.2006.12.003
- Nairn, Johnson, Hardin & Michel. (2004). A biological and physical monitoring program to evaluate long-term impacts from sand dredging operations in the United States outer continental shelf. *Journal of Coastal Research* 20(1): 126-137
- Byrnes, Hammer, Thibaut & Snyder. (2004a). Effects of sand mining on physical processes and biological communities offshore New Jersey, USA. *Journal of Coastal Research* 20(1), 25-43
- Otay, Work & Börekçi. (2005). Effects of marine sand exploitation on coastal erosion and development of rational sand production criteria
- Pilkey & Dixon. (1996). *The corps and the shore*. Island Press, Washington, D.C
- Maldonado, Giraud & Carmona. (2008). Effects of sediment on the survival of asexually produced sponge recruits. *Marine Biology* 154:631-641



2.2.1 פגיעה בבתי הגידול במצע רך ובמצע סלעי

2. פגיעה במינים מסוימים ובהרכב החברה:
א. מידת ההשפעה של כריית חול ימי על אורגניזמים ימיים תלויה במין הביולוגי. לכל המינים יש סף השפעה שמעבר לו הם לא ישרדו. ההשפעה תלויה גם בעוצמת ההפרעה, במשכה, בתדירות ההפרעות, בשטח שבו היא מתרחשת ובהפרעות סביבתיות נוספות כגון זיהום וטמפרטורה קיצונית העשויים לפעול בסינרגיה עם הפרעות הכרייה.
ב. תמותה של מין מסוים באזור הכרייה עלולה לגרום פגיעה אנושה באוכלוסיית שאר המינים, שכן תמותה של מינים דומיננטיים או של מינים חשובים במארג המזון תשנה את הרכב החברה כולה. לפיכך, בהגנה או שימור של מין מסוים יש לקחת בחשבון את תפקידו במערכת האקולוגית ואת האינטראקציות בין המינים.
3. סדימנטציה גבוהה עלולה לגרום לתמותה של בעלי חיים ישיבים ולשינוי במבנה החברה על מצע סלעי^[22]. על פי דעת המומחים, יחד עם הדוגמאות המעטות שיש בספרות, נראה שיש פוטנציאל לרגישות גבוהה לסדימנטציה בקרב דגים וחסרי חוליות החיים במצע סלעי (החל בתגובת עקה חזקה וכלה בתמותה). לכן פעילות כרייה יכולה להוביל לשינוי במגוון הביולוגי ובמבנה החברה, ולעתים לגרום לבנייתה של חברה אחרת לגמרי מזו שהייתה לפני הפעילות^{[22],[24]}.
1. פגיעה מיידית וישירה באוכלוסיות בעלי החיים המאכלסים את המצע החולי בגלל כריית המצע שעליו הם יושבים. ההנחה היא שכל היצורים החיים צמוד לקרקעית ובתוכה באזור הכרייה ימותו בעקבות הרס בית הגידול, ובמשך זמן קצר גם תימנע התיישבות חדשה שם^[23]. רוב בעלי החיים בתוך המצע ועליו גם באזור הצמוד לבור הכרייה (לדוגמה דגים, חלזונות, צדפות וסרטנים) ימותו בגלל הרס בית הגידול, נזק ישיר לזימים ולמערכות הסינון והעיכול, או שיעברו לסביבה שבה יש פחות הפרעות ואז ייטרפו או יורחקו על ידי מתחרים. יצורים ניידים כדוגמת תמנונים ודגים יתרחקו מאזור ההפרעה עם הגעת המכונות המרעישות, ואז ייפתח מעגל השפעה משני כשאלה שישרדו את המעבר לסביבה אחרת יתחרו בבעלי החיים שכבר נמצאים שם או יטרפו אותם.

23. Byrnes, Hammer, Thibaut & Snyder. (2004). Physical and biological effects of sand mining offshore Alabama, U.S.A. *Journal of Coastal Research* 201: 6-24.

24. Saiz-Salinas & Urkiaga-Alberdi. (1999). Faunal responses to turbidity in a man-modified bay (Bilbao, Spain). *Marine Environmental Research*, 47(4), 331-347.

ג. השפעות על בית הגידול - ירידה בכיסוי האצות וחשיפת דגים קטנים לטריפה, הרס אתרי רבייה, פגיעה בביצים עקב סדימנטציה ופגיעה בדגים הקבועים בחול בגלל ירידה בריכוז החמצן בסדימנט.

שילוב השפעות אלה עשוי לגרום לא רק ירידה בשכיחות ובמגוון הדגים אלא גם לשנות את המבנה הטרופי של חברת הדגים^[30], כלומר שינוי בצריכת המזון בעקבות גידול במינים הצורכים מזון שונה כדוגמת מעבר מצמחונים לטורפים או להפך.

5. שדה האור התת ימי צפוי להשתנות כתוצאה מהגידול בעכירות המים ומהירידה בחדירות האור, מה שיפיע בעוצמה על שרידות מינים שונים. הספקטרום הזמין לראייה יוסט מכחול-ירוק לכיוון צהוב-חום וקיטוב האור יפחת^[31]. שינויים אלה בשדה האור ישפיעו על התנהגות בעלי חיים המושתתת על ראייה כמו ניווט והתמצאות במרחב^[32], מציאת מחסה או הגעה לשוניית בעזרת זיהוי אות ויזואלי כגון מצפן שמש (כדור שמש או אור מקוטב), זיהוי בין-מיני ותוך-מיני (טרף, בני מין וטורפים), תקשורת^[33],^[34],^[35] והסוואה^[36] התלויה בראיית ניגודיות (קונטרסט) ומושפעת מעוצמת האור ומראיית צבע (בכלל זה אור בתדר העל-סגול, UV).

סדימנטציה מוגברת באזור סלעי יכולה גם להפריע להתיישבות בעלי חיים וצמחים על המצע בגלל כיסויו במצע רך. זה יהיה גורם מזרז ליצירת משטחי אצות אחידים שמורכבותם המבנית נמוכה מאוד^[25],^[26]. כמו כן, קיימים מינים פולשים של אצות שהן עמידות מאוד לסדימנטציה, והתוצאה יכולה להיות התפשטות והשתלטות של מינים שאינם מקומיים באזורים סלעיים הסמוכים לאזורי כריית חול^[27]. המסמך "השפעות כריית חול ימי על רמות טרופיות, בתי גידול ומערכות אקולוגיות" המצורף בנספח הדיגיטלי מסכם את ההשפעה הצפויה של סדימנטציה גבוהה על בעלי חיים ישיבים במצע סלעי באזור מפרץ חיפה (מתוך דוח חיא"ל^[28]).

4. גידול בעכירות ובריכוז החול המורחף עלולים לגרום לדגים עקה, שינוי מבנה החברה וירידה בשכיחות ובמגוון המינים באזור הכרייה^[29].

א. השפעות התנהגותיות - שינוי נתיבי נדידה, בריחה מהאזור, ניצול החומר המורחף להסוואה, פגיעה ביכולת איסוף המזון של בעלי החיים עם יתרון לדגים טורפים גדולים בעלי עיניים גדולות.

ב. השפעות פיזיקליות - נזק לזימים, בדרך כלל בריכוזים מעל 300-500 מג"ל, פגיעה בגדילה וגידול בתמותה.

25. Balata, Piazzì & Benedetticocchi. (2007). Sediment disturbance and loss of beta diversity on subtidal rocky reefs. *Ecology* 88:2455-2461.
26. Bulleri, Balata, Bertocci, Tamburello & Benedetti-Cecchi. (2010). The seaweed *Caulerpa racemosa* on Mediterranean rocky reefs: from passenger to driver of ecological change. *Ecology* 91:2205-2212.
27. Glasby, Gibson & Kay. (2005). Tolerance of the invasive marine alga *Caulerpa taxifolia* to burial by sediment. *Aquatic Botany* 82:71-81.
28. Rinkevich, Rilov, Tom, Lerner, Israel, Rahav, Silverman, Lubinevski & Herut. (2014). Impact of sand dredging on biological and environmental aspects – gaps of knowledge. IOLR report H34/2014.
29. Bejarano & Appeldoorn. (2013). Seawater turbidity and fish communities on coral reefs of Puerto Rico. *Marine Ecology Progress Series*, 474:217-226.
30. Amesbury. (1982). Effects of turbidity on shallow-water reef fish assemblages in Truk. *Proceedings of 4th International Coral Reef Symposium, Manila*. 155-159.
31. Lerner, Shashar & Haspel. (2012). Sensitivity study on the effects of hydrosol size and composition on linear polarization in absorbing and nonabsorbing clear and semi-turbid waters. *Journal of the Optical Society of America A* 29, 2394-2405.
32. Lerner, Sabbah, Erlick & Shashar. (2011). Navigation by light polarization in clear and turbid waters. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366, 671-679.
33. Cronin, Shashar, Caldwell, Marshall, Cheroske & Chiou. (2003). Polarization vision and its role in biological signaling. *Integrative and Comparative Biology* 43, 549-558.
34. Shashar, Rutledge & Cronin. (1996). Polarization vision in cuttlefish - A concealed communication channel. *Journal of Experimental Biology* 199, 2077-2084.

8. שינוי בגודל הגרגיר של הסדימנט יגרור שינוי בהרכב החי והצומח המותאם לגודל גרגיר או לטווח גדלי גרגיר. אזור הכרייה עשוי לעבור שינוי בגודל הגרגיר המאפיין אותו ולהפוך לבוצי יותר, דבר שישנה את הרכב אוכלוסיית האורגניזמים שיתיישבו מחדש באזור לאחר הנזק ולהרחקת בעלי חיים המותאמים לסביבה בעלת גודל גרגיר גדול^{[44],[43]}.
9. שינויים טופוגרפיים בקרקעית הים יגרמו נזקים למערכת האקולוגית:
- א. כריית חול דינמית בשכבות דקות (1-3 מטרים רוחב, 20-30 ס"מ עומק) נעשית אמנם על פני שטח רחב, אך היא מותירה מאפייני נוף קרקעית דומים למצבם לפני הכרייה^{[46],[45]}. הבעיה היא שכרייה חוזרת ונשנית בשיטה זו יכולה להוריד את גובה פני השטח משמעותית^[41] ולגרום לכך שכמות אנרגיית השמש שתגיע לאותה קרקע תקטן, מה שעלול להפחית את כמות היצרנות הראשונית ולשנות את הרכב החי והצומח באזור^[47].
6. שחרור חומר אורגני, דשנים (נוטריינטים), מתכות כבדות ורעלנים אחרים מהסדימנט לעמודת המים יגרום נזק רחב היקף לכלל האוכלוסיות באזור הכרייה.
7. רעש מכונות הכרייה ייצור הפרעה משמעותית למגוון בעלי חיים. ההשפעות יהיו שונות עבור מינים שונים והן יכולות לכלול משיכה של מינים לאזור או דחיקה של אחרים, שינויי התנהגות, הפרעה במציאת מזון או באיתור טורפים. טווח ההשפעה יגיע למרחק של עשרות קילומטרים מהאזור^[42].

35. Marshall, Cronin, Shashar & Land. (1999). Behavioural evidence for polarisation vision in stomatopods reveals a potential channel for communication. *Current Biology* 9, 755-758
36. Marshall & Messenger. (1996). Colour-blind camouflage. *Nature* 382, 408-409
37. Sundin, Berglund & Rosenqvist. (2010). Turbidity Hampers Mate Choice in a Pipefish. *Ethology* 116, 713-721
38. Lindqvist, Sundin, Berglund & Rosenqvist. (2011). Male broad-nosed pipefish *Syngnathus typhle* do not locate females by smell. *Journal of Fish Biology* 78, 1861-1867
39. Engstrom-Ost & Candolin. (2007). Human-induced water turbidity alters selection on sexual displays in sticklebacks. *Behavioral Ecology* 18, 393-398
40. Siebeck. (2004). Communication in coral reef fish: the role of ultraviolet colour patterns in damselfish territorial behavior. *Animal Behaviour* 68, 273-282
41. Brown & Brown. (1958). Visual Pigments of the Octopus and Cuttlefish. *Nature* 182, 1288-1290
42. Robinson, Theobald, Hayman, Wang, Lepper, Humphrey & Mumford. (2011). Measurement of noise arising from marine aggregate dredging operations. MALSF [MEPF Ref no. 09/P108]
43. Blake, Doyle & Cutler. (1996). Impacts and direct effects of sand dredging for beach renourishment on the benthic organisms and geology of the West Florida Shelf, Final Report. U.S Department of the Interior, Minerals Management Service, Office of International Activities and Marine Minerals, Herndon, Va. 109 pp
44. Johnson. (1982). The Effects of dredging on offshore benthic macrofauna south of the Inlet at Fort Pierce, Florida. Master's Thesis Florida Institute of Technology, June 1982
45. De Groot. (1979). An assessment of the potential environmental impact of large-scale sand-dredging for the building of artificial islands in the North Sea. *Ocean Management*, 5(3), 211-232

המיקרו: להאט את מהירות הזרם ולגרום לירידה בריכוזי החמצן, ולהגדיל את יחס הסדימנט הזק ביחס לשאר הסדימנט המרוכז בתוך הבורות^[50]. דלדול החמצן בתוך המכתשים יקשה על החי והצומח המקורי להתאושש^[14],^[13]. הם גם לא יוכלו לשמש למטרות השרצה, חיפוש אוכל ורבייה של דגים ושל חסרי חוליות בשל תחלופת מים נמוכה ותנאים אנאירוביים בעונות מסוימות^[51]. לדוגמה, כריית חול במפרץ Raritan, Long Island Sound הותירה בורות עמוקים המאוכלסים בפאונה ענייה יותר מ-50 שנים לאחר סיומה^[47].

יתר על כן, אזור הכרייה (בוצי ואנאירובי) עלול להתמלא בתרכובות אורגניות מפורקות וכך לגרום לעליית רמת המימן הגופרתי שתהפוך את האזור לאנוקסי, מה שלא יאפשר קיום של בעלי חיים ושל צמחים. ייתכן שאזורים שיגיעו למצב זה לא יוכלו להשתקם לעולם^[48].

ב. כרייה סטטית של בורות שמתקיימת במים שעומקם יותר מ-15 מטרים תגרום ליצירת נוף מכתשי, מכיוון שבעומקים אלה הסעת החול מועטה והבורות שיווצרו לא יתמלאו מחדש (רוב נפח החול מוסע עד עומק של 9 מטרים^[49]). יצירת מכתשים יכולה לשנות את משטר הזרמים בסביבת

2.2.2 פגיעה במערכת האקולוגית בחוף עקב שינוי מאפייני הסדימנט

נוסף על אלה, פיזור ושקיעה של סדימנט מזוהם שהיה קבור ושנחשף על ידי הכרייה יגרמו לכך שאיכות הסדימנט בחוף תרד בגלל שינוי ערכי החומר האורגני שבו, שינוי ריכוזי הנוטריינטים והימצאות מתכות כבדות^[53].

כמו באתר הכרייה, שינויים בגודל הגרייר של הסדימנט בחוף עלולים להשפיע על המערכת האקולוגית בכללותה, למשל לגרום שינוי בהרכב החי והצומח המותאם לגודל גרייר או לטווח גדלים מסוים^[45].

חופים חוליים הם סביבות דינמיות מבחינה פיזית המוגדרות באמצעות שלושה משתנים: אנרגיית הגלים, טווח הגאות וגודל הגרייר. יחסי הגומלין בין שלושת הגורמים האלה יוצרים טיפוס חופים שונים.

אנרגיית גלים נמוכה, גאות קטנה וגריירים קטנים יוצרים חופים רחבים, בעלי שיפוע מתון ויכולת פיזור אנרגיית גלים גבוהה, מה שמביא לעלייה בעושר ובמגוון המינים^[52]. בתהליך כריית החול הימי, השאריות הגסות מתהליך הסינון מגיעות לעתים אל החוף ומשנות את הרכב הסדימנט מבחינת גודל הגרייר ואת פרופיל החוף שנעשה תלול יותר בעקבות שינוי בשבירת הגלים, ומגוון ועושר המינים בו נפגע משמעותית, כפי שקרה במפרץ אליזבת שבנמיביה^[53].

- Johnson, Boelke, Chiarella, Colosi, Greene, Lellis-Dibble, Ludemann, Ludwig, McDermott, Ortiz, Rusanowsky, Scott & Smith. .46 (2008). Impacts to marine fisheries habitat from nonfishing activities in the northeastern United States (Vol. NMFS-NE-20). NOAA U.S. Department of the Interior/U.S. Fish and Wildlife Service. (2000). Draft fish and wildlife coordination act report, Brunswick County Beaches Project. Ecological Services Raleigh Field Office, Raleigh, North Carolina. 175 pp
- Murawski, W.S. (1969). A study of submerged dredge holes in New Jersey estuaries with respect to their fitness as finfish habitat. .48 Miscellaneous Report No. 2M. Division of Fish and Game, New Jersey Department of Conservation and Economic Development
- Golik, Rosen, Golan & Shoshany. (1996). The effect of Ashdod port on the surrounding seabed shoreline and sediments. Haifa: .49 (IOLR [Final report H02/96
- Van Rijn, Soulsby, Hoekstra & Davies (Eds.). (2005). SANDPIT, Sand transport and morphology of offshore sand mining pits. Process .50 knowledge and guidelines for coastal management. End Document, May 2005. [Part 1. EC]. The Netherlands: Aqua Publications
- Pacheco. (1983). Seasonal occurrence of finfish and larger invertebrates at three sites in lower New York Harbor, 1981-1982 : .51 final report. Highlands N.J.: U.S. Dept. of Commerce, NOAA, National Marine Fisheries Service, Northeast Fisheries Center, Sandy Hook Laboratory

2.3 פגיעה באתרים ארכיאולוגיים

פגיעה עקיפה קשורה לחשיפה של אתרים. דוגמה לכך הוא האזור שמול חופי עתלית - המורכב ממרזבות היסטוריות של נחלי החוף - שבו שינויים עכשוויים במשטר הסעת החולות גרמו להסרת החול ולחשיפה של אתרים ארכיאולוגיים ימיים בני 8,000 שנים שנקברו בביצה טינית בין רכסי הכורכר הטבועים^[56].

בליה של מצוק הכורכר החופי, שהיא תהליך המואץ כתוצאה מכריית חול ימי, גם גורמת להתמוטטות של אתרים המצויים על המצוק ובתוכו, כמו במקרה של אשקלון ים ושל אפולוניה (חוף סידנא עלי)^[11].

השפעת כריית סדימנט על אתרים ארכיאולוגיים ימיים יכולה להיות ישירה או עקיפה.

ההשפעה הישירה והרבה ביותר תהיה שאיבת החול יחד עם הממצאים עצמם ופגיעה בהם על ידי ציוד הכרייה, העוגנים וכדומה. ספינות טרופות רבות נמצאות לאורך מדף היבשת הישראלי, ובעולם קיים תיעוד של עשרים ספינות טבועות שנפגעו מפעילות כרייה^[54]. לעומת זאת, במקרים אחרים, בעקבות הכרייה נחשפו ספינות שעברו בחינה ותיעוד ארכיאולוגי, ולאחר מכן כוסו מחדש בחול ונשמרו כמעט ללא פגע^[55].



McLachlan. (1996). Physical factors in benthic ecology: effects of changing sand particle size on beach fauna. *Marine Ecology* .52 Progress Series 131: 205-217. doi:10.3354/meps131205

53 מידר, גנין ושקד. (2013). חוות דעת לתסקיר השפעה על הסביבה לתמ"א 13/ב/1/2 : כריית החול נמל המפרץ. המכון הבינאוניברסיטאי Baird & Associates Ltd. and Research Planning Inc. (2004). Review of existing and emerging environmentally friendly offshore dredging technologies. US Department of the Interior, Minerals Management Service. OCS Report 2004-076

55 Pedersen. (1972). The Vikings and the Hanseatic merchants: 900-1450. In G. Bass (ed.), *A history of seafaring based on underwater archaeology*, Walker and Company, New York, pp. 226-252

56 Galili, Weinstein-Evron & Ronen. (1988). Holocene sea-level changes based on submerged archaeological sites off the northern Carmel coast in Israel. *Quaternary Research*, 29(1), 36-42. doi:10.1016/0033-5894(88)90069-5

57 Saloman, Naughton & Aylor. (1982). Benthic community response to dredging borrow pits, Panama City Beach, Florida. U.S. Army, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Misc. Rpt. 82-3, 138 pp

{3}

יכולת ההתאוששות של המערכת האקולוגית

.....

בכל אתר כרייה^[62]. מחקר השוואתי שבוצע בשנים 1995-1999 בדנמרק, בהולנד ובספרד (Costa Daurada), ים תיכון) מצא שבעוד שתהליך השיקום באתרים בים הצפוני נמשך 2-4 שנים, השיקום של האתר הים תיכוני היה אטי יותר ולא הסתיים אפילו שש שנים מסיום הכרייה^[63].

הגורמים שיכולים לזרז את תהליכי השיקום:

1. הותרת מאפייני קרקעית, נוף וסוג סדימנט במצב דומה לזה שהיה טרם הכרייה באתר העבודה ובסביבתו: כך מתאפשר שיקום של החי והצומח בתוך שנים ספורות, בהנחה שהאזור לא סבל מהפרעה מתמשכת קודם לכרייה, או מכרייה אינטנסיבית^[64].

2. הקטנת העכירות הנוצרת כתוצאה מהרחפת הסדימנט: זרמים וערבול באזורים חופיים יורידו משמעותית את העכירות מהחפירה בתוך 5-10 שעות. ייתכן שבאזורים אחרים, שבהם העכירות הטבעית גבוהה בגלל ערבול גבוה במיוחד וגלים רבי עוצמה, השפעת תוספת העכירות מהחפירה תהיה שולית.

3. כיסוי האתר בסדימנט לשם דיפוזיה של חמצן לתוך המצע: אם דואגים לכך שמצבו של הסדימנט לאחר הכרייה יהיה דומה למצבו לפניו, קצב ההתיישבות יהיה מהיר. גם מילוי חלקי בחול של בורות עמוקים אנוקסיים שנוצרו מכרייה יכול לסייע להתאוששות ולעלייה במגוון המינים^[65].

שיטת כריית החול, הסדימנט שנוותר בסיומה ומשטר הזרמים בסביבת אזור הכרייה קובעים את יכולת ההתאוששות של חברת החי והצומח בבית הגידול החולי. מילוי של האתר החפור וייצוב הסדימנט תלויים ביכולתם של זרמי הקרקעית להסיע חול מהאזור שסביב האתר החפור ולהניח אותו בשכבות. באזור הפגוע מתחיל תהליך של תחלופת מינים (סוקסציה), בדומה למתרחש בשדה נטוש, אך ההגירה של מינים והתיישבותם מחדש יכולות לשנות את מגוון המינים ואת הרכב החברה באזור. התאוששות המערכת מבחינת מגוון ושכיחות מינים אורכת לרוב שנה אחת עד שלוש שנים, תלוי במחזור החיים של המינים השליטים באזור^{[57],[58]}, בהרכבם ובתכונות הסדימנט. אולם, התאוששות יכולה להימשך שנים רבות^{[59],[60]}, או לא להתרחש כלל. באזורי סחיפה (אזורים עם זרמים), ההתאוששות יכולה להיות קצרה במיוחד ולהימשך חודשים ספורים בלבד. משך התאוששות המערכת תלוי גם באזור הגיאוגרפי: חודשים ספורים עד שנה במים ממוזגים, לעומת 12 שנים באזור הארקטי^[61].

השונות הרבה בפרקי הזמן הדרושים להתאוששות המערכת מודגמת בסקר ספרות על אכלוס של אתרים שעברו כרייה באירופה בכלל ובריטניה בפרט. בסקר זה נמצאו זמני ההתאוששות של שנה עד 15 שנים, תלוי בעוצמת הגאות והשפל, בעוצמת הגלים, במאפייני הסדימנט, במינים המאכלסים ובמרחק ההגירה

58. Johnson & Nelson. (1985). Biological effects of dredging in an offshore borrow area. *Biological Sciences*, 3:166-187.
59. Wilber & Stern. (1992). A re-examination of infaunal studies that accompany beach nourishment projects. *Proc. 1992 Natl. Conf. Beach Preserv. Tech.* pp: 242-256

60. Greene. (2005). *Beach Nourishment: A Review of the Biological and Physical Impacts*. ASMFC Habitat management Series #7. pp. 174

61. Hammer, Balcom, Cruickshank & Morgan. (1993). Synthesis and Analysis of existing information regarding environmental effects of marine mining. Final Report by Continental Shelf Associates, Inc. for the US Department of the Interior, Minerals Management Service, Office of International Activities and Marine Minerals, Herndon, VA, OCS Study MMS, 93-0006

62. [ICES] International Council for the Exploration of the Sea. (1992). Report of the ICES working group on the effects of extraction of marine sediments on fisheries. Copenhagen (Denmark): ICES Cooperative Research Report #182. Copenhagen (Denmark)

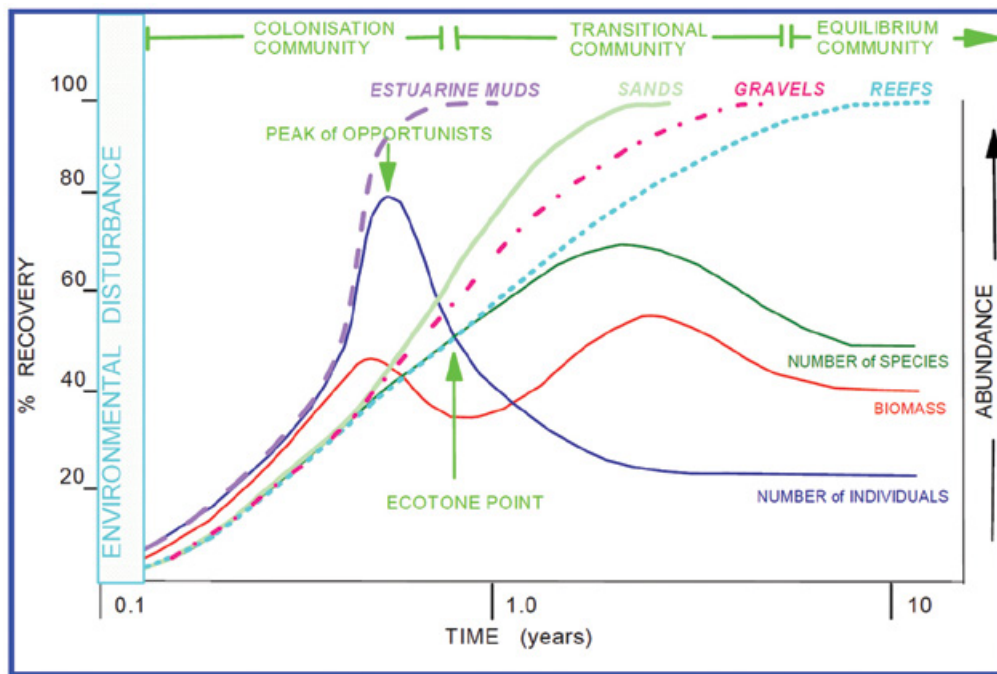
בדרך זו תתאפשר הגירה של מינים דומים לאזורי הכרייה, בצורה שתצמצם את שינוי מגוון המינים ואת הרכב החברה עקב ההתיישבות מחדש^[66]. שימור אזור ללא כרייה, שישמש מקור פוטנציאלי להתיישבות מחדש של לרוות באזור הכרייה, יוכל לסייע בכך^[44],^[67].

4. תזמון הכרייה כך שלא תהיה בתקופת שיא ההתיישבות (בחודשים החמים)^[24].

5. כרייה באזור שבו היו קודם מינים סתגלנים יותר (opportunistic) ועמידים לעקות.

6. בחירת אזור כרייה סמוך לאזורים הומוגניים מבחינת מאפייני בית הגידול והמינים:

איור 3. קצבי התיישבות מחדשת לחברות קרקע באזורי שפך נהר ביצתיים, חול, חצץ ושונות סלעית^[55]



63 Dalfsen, Vandalfsen, Essink, Toxvigmadson, Birklund, Romero & Manzanera. (2000). Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the Western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 57(5), 1439-1445. doi:10.1006/jmsc.2000.0919

64 Sutton & Boyd (Eds.). (2009). Effects of extraction of marine sediments on the marine environment 1998 - 2004. ICES Cooperative Research Report (297th ed., p. 180). Copenhagen: International Council for the Exploration of the Sea

65 Reine, Clarke, Ray & Dickerson. (2013). Fishery resource utilization of a restored estuarine borrow pit: A beneficial use of dredged material case study. *Marine Pollution Bulletin*, 73(1), 115-128

66 Van Dolah, Calder & Knott. (1984). Effects of dredging and open-water disposal on benthic macroinvertebrates in a South Carolina estuary. *Estuaries*, 7(1): 28-37

67 Jutte, Van Dolah & Gayes. (2002). The recovery of benthic communities following offshore dredging activities in Myrtle Beach, South Carolina. *Shore and Beach*: 70(3): 25-30

הבעייתיות בהזנת חופים בחול לשם הגנה מפני בליית החוף

הזנת חופים בחול, שלרוב נכרה בים, נחשבת כשיטה מועדפת להגן על חופים מפני בליה. אמנם הזנת חול נחשבת עדיפה מבחינה כלכלית ומבחינת שמירת טבע^[68], ויש לה השפעה פחותה בהשוואה למבנים קשיחים המיועדים להגנה על חופים, אך יש לה השפעות שליליות בחוף שבו נערם החול. כששופכים כמות גדולה של חול על החוף, גם אם הוא בעל תכונות דומות לאלה של החול המקומי, קוברים מתחתיו את בעלי החיים המקומיים, ולא לכולם יש יכולות והתאמות להיחלצות ממנו^[69].



Finkl & Walker. (2004). Beach Nourishment. In *The Encyclopedia of Coastal Science*, edited by Schwartz, 37–54. Dordrecht: 68
Kluwer Academic

Chandrasekara & Frid. (1998). A Laboratory assessment of the survival and vertical movement of two epibenthic gastropod 69
species, *Hydrobia Ulvae* (Pennant) and *Littorina Littorea* (Linnaeus), after burial in sediment. *Journal of Experimental Marine
Biology and Ecology* 221(2): 191–207

המשאב החולי בראיית הרגולציה הבינלאומית

.....

4. **חוסר בתמריץ משמעותי להפחתת צריכת החול העולמית ולמציאת חלופות לכרייה ימית - למרות המחסור הגדל והולך במצבורי חול עקב יישומם של פרויקטים תשתיתיים גדולים המתוכננים לאזורי החוף האירופים ושיקומם של חופים העוברים תהליכים מתגברים של בליה, לא נרשמו שינויים משמעותיים במחירו לאורך השנים. החול עצמו עדיין זול ונגיש, ועלותו מורכבת בעיקר ממחיר הכרייה. עמדת התכנית הסביבתית של האו"ם (UNEP) היא שהמצב הקיים יישאר ללא שינוי עד שייערכו תמחור ומיסוי ראויים שיעלו את הכדאיות הכלכלית של חלופות לכרייה חול ימי^[70].**
5. **צורך בהעלאת הנושא לסדר היום ציבורי ובכינונה של מסגרת רגולטורית - היעדר ניטור ובקרה של כרייה מחצבים ברמה הבינלאומית, יחד עם פערי הידע בנושא והיעדר תשומת לב ציבורית, מובילים להיעדר פעולה. עמדת האו"ם היא שיש צורך דחוף במחקר, בתקווה שיוביל להעלאת הנושא לסדר היום הפוליטי ולכינונה של מסגרת רגולטורית שתיתן מענה לבעיה בוערת זו.**
1. **היעדר תקנים בינלאומיים - ניהול כרייה מחצבים מן הים מתבצע בעולם בשתי מסגרות מדיניות: רגולציה מבוססת פעילות ורגולציה המבוססת על שמירת טבע בים וביבשה. אך חרף קיומם של הסכמים בינלאומיים ושל רגולציה מקומית במקומות שונים, סובל נושא כרייה המחצבים מן הים, וחול ימי בפרט, מהיעדרם של תקנים בינלאומיים ומניהול שאינו עקבי. הסדרת ניהול מצבורי החול אינה עומדת על סדר היום של מקבלי ההחלטות מכיוון שרזרבות החול טרם הידלדלו לרמה שתגרום לזעזוע בשוק העולמי. למעט בכמה מדינות באיחוד האירופי, ואנגליה בראשן, ננקטים צעדים מעטים מאוד לקידום רגולציה בנושא.**
2. **היעדר אחידות ברגולציה בין מדינות - בחלק מהמדינות קיימים מדיניות וקווים מנחים ברורים בנושא כרייה מחצבים ימיים, אך הרגולציה והחקיקה בנושא זה שונות ממדינה למדינה. לדוגמה, אנגליה מעודדת שימוש גובר בחומרי גלם ממוחזרים ואילו ספרד מאפשרת כרייה בים למטרות בניית חופים ושיקום חופים בלבד.**
3. **בחינה מקיפה של המסגרת הרגולטורית באיחוד האירופי לא בוצעה - לכן קשה לקבוע אם הרגולציה הקיימת במדינות האיחוד האירופי מסייעת בניהול המשאב באופן בר קיימא תוך התחשבות בבעלי העניין השונים.**



המלצות

5.1 יצירת מדיניות כוללת לניהול משאב החול הימי בישראל

1. השימוש בחול הימי, הנעשה משיקולי עלות-תועלת מקומיים ללא תכנית מסודרת ובניגוד להמלצות קודמות, ממחיש את הצורך בניהול החול כמשאב לאומי וכחלק ממדיניות כוללת לניהול המרחב הימי. צורך זה קריטי גם לאור העובדה שפעולות הכרייה מתבצעות קרוב יחסית לקו החוף, בשטח השיפוט המדיני של ישראל, עקב עלויות תפעוליות גבוהות של כרייה בעומק הים.
2. לאור התחזית שייווצר מחסור בחול לבנייה ולתשתיות, הרי שיש להתייחס אל החול הנכרה בים כאל משאב מתכלה. מומלץ לקבוע מדיניות

- לניהול החול כמחצב וכמשאב לאומי מתכלה בדומה לשאר המחצבים בים וביבשה ולהסדרת תמלוגי המדינה מניצולו.
3. יש לפעול לביצוע סקר אסטרטגי סביבתי (SEA) עבור כריית חול ואגרטים ימיים לשם גיבוש סדרי העדיפויות הלאומיים. במסגרת סקר זה יינתן מענה לסוגיות הבאות: האם חול שנכרה במסגרת הרחבת הנמל שייך לנמל וישמש לבנייתו, להזנת חופי רחצה או לחיזוק המצוק החופי? באילו מקרים ולטובת אילו צרכים כדאי לכרות חול מהים ומתי לעשות שימוש בחול ממקורות אחרים?

5.2 הסדרת רגולציה יעילה לכריית חול

- 5.2.1 גיבוש מדיניות לניהול המשאב והשימוש בו בסקטור הפרטי והתעשייתי, בהתאם למטרות שאותן מבקשים להשיג. החול בישראל הוא משאב טבע, וככזה מצוי בבעלות הציבור. כדי לגבש את המדיניות המתאימה יש להתייחס למטרות אלה: שימור שירותי מערכת ספציפיים, העלאת רווחת הציבור מהשימוש בחול למקסימום ושימור רווחת הדורות הבאים. ההתייחסות למטרות אלה צריכה לבוא לידי ביטוי בקבלת ההחלטות לניהול בר-קיימא.
 - 5.2.2 התחשבות בשיקולים טכניים ומשפטיים נוספים שצריכים לבוא לידי ביטוי בעת אימוץ כלי מדיניות שונים. בין היתר, מדובר על רמת הפיקוח והאכיפה
- שתידרש לשמירה על המדיניות, הוצאות עקיפות להוצאתה לפועל, מידת ההתאמה של המדיניות לשינויים דינמיים (טכנולוגיים ואחרים) או לשינויים במלאי החול, היבטים של צדק חברתי ומידת השקיפות לציבור של כלי המדיניות.
- 5.2.3 רגולציה כלכלית יעילה של המשאב החולי. כדי להשיג יעילות מקסימלית של אופן הכרייה ובחירת המקום שבו היא מתבצעת יש צורך בחשיבה כלכלית מעמיקה ביחס לכלי המדיניות הכלכליים המתאימים ביותר. תפקידם של כלי המדיניות הכלכליים הוא לספק למערכת את התמריצים הנכונים להתנהלות אחראית בשטח, שתתחשב בכלל התוצאות הנובעות משימוש ישיר במשאב.

לסביבה כתוצאה משינוי במבנה המערכת הימית והשפעותיו השונות. האפיון יכול גם את מרכיבי אי הוודאות במערכות הכלכליות והסביבתיות הקשורות לכרייה. חשוב להבין האם קיימת תלות בין אי הוודאות בעלויות ובין אי הוודאות בתועלות.

3. מחקר ולימוד של מבנה השוק הרצוי בהינתן מאפייני המערכת הישראלית ביחס לאומדנים שפורטו. יש לבחון כלי מדיניות מבוססי כמות כמו היתרים נסחרים מול כלי מדיניות מבוססי מחיר כמו מיסוי ותמלוגים.

4. בחינה של מקורות אלטרנטיביים למשאב המקומי ושל העלויות והתועלות מפתחת השוק לייבוא.

1. מדיניות השימוש בחול צריכה להביא בחשבון את התועלות הנגזרות משימוש בו וגם את התועלות האובדות עם כרייתו. משאב החול נמצא בבעלות הציבור אך כרייתו נעשית על ידי גופים פרטיים הפועלים להשגת רווחים מקסימליים, בלי להתייחס לתועלת הנובעת מכך שמדובר במשאב היוצר שירותים תומכים למערכת האקולוגית. רגולציה מתאימה תסייע להפנים השפעות חיצוניות אלה כך שהציבור לא ייפגע.

2. יצירת אפיון מדויק ואומדן ברור של התועלות הנובעות מכריית החול ומהשימוש בחול לסקטורים השונים של המשק. יש לקבוע גם את העלות השולית לכריית חול, כולל עלות לכורה ועלות



5.3 קידום פעולות להפחתת הנזקים הסביבתיים של כריית חול ימי

5.3.1

אפיון יסודי של אתר הכרייה לפני תחילת העבודות:

1. איסוף מידע וקבלת נתונים בנוגע לבית הגידול שבו מתוכננת פעולת הכרייה, או מידע מקדים שנאסף לאורך שנים לגבי אזורים המייצגים את בית הגידול.
2. ביצוע סקר מקדים לשם היכרות, זיהוי ואפיון התנאים הסביבתיים ואוכלוסיות המינים השונים באזור שבו מתכוונים לבצע את הכרייה וסמוך לו, כולל מינים פולשים באותה הסביבה.
3. הערכת הרכב החול המיועד לכרייה מבחינת הימצאות חומרים רעילים ומתכות כבדות, גם בעומק הסדימנט.
4. מדידת כמויות החיידקים בקרקעית הגורמים להתפרצות אוכלוסיות חיידקים בגוף המים, כגון חיידקים צואתיים.

5.3.2

התאמת שיטת הכרייה, מקומה, תזמונה והיקפה לתנאי הסביבה:

1. אימוץ מאפייני כרייה המצמצמים נזקים: שטח פגיעה קטן, משך כרייה קצר, הימנעות מכרייה באזורים סמוכים לשמורות טבע ולאזורים שבהם חיים מינים נדירים והימנעות מכרייה בעונת הרבייה.
2. ביצוע הכרייה באזורים דלים במינים ובאזורים פגועים (מזוהמים) לשם צמצום הנזק הסביבתי.
3. התאמת עומק וגודל בורות הכרייה לתנאי הסביבה ולסוג הסדימנט: עומק החפירה המקסימלי של הבורות צריך להיות תלוי בתנאים הראשוניים. בורות עמוקים יכולים להתכסות בשכבת טין ואף ליצור תנאים אנוקסיים. אם האזור כבר מכוסה בטיין, הרי שאין חשש. באזור חולי מומלץ לחפור בורות רדודים

ולעקוב אחר שקיעת הטיין. יש להשאיר את הבור רדוד מספיק בשביל לאפשר אכלוס מחדש וגם כדי לכרות שם שנית. כיסוי החול בטיין אינו רצוי.

5.3.3

יצירת מודלים והערכות של השפעת הכרייה על הסביבה:

1. יצירת מודלים והערכות של השפעת כרייה קצרת מועד או ארוכת טווח על הסביבה מחוץ לאזור הכרייה, על הסעת החול ועל משאבי הטבע.
2. יצירת מודלים והערכות של השפעת אבדן החי והצומח על משאבי הטבע והסביבה מחוץ לאזור הכרייה על המבנה האקולוגי של הקרקעית החולית.
3. הערכת השפעת כרייה מאסיבית/ארוכת טווח על המבנה האקולוגי של הקרקעית החולית.
4. הערכת קצבי מילוי הבורות לאחר סיום הכרייה.
5. הערכת דפוסי נדידת החול וקצבם, שיפוע הבורות ויציבות סביבת החול הסמוכה לבורות לאחר סיום הכרייה.
6. הבנת ההשפעות ארוכות הטווח של הכרייה צריכה להיעשות בגישה הוליסטית, מכיוון שהמאפיינים האקולוגיים של המערכת תלויים בסכום האינטראקציות של המרכיבים (המינים) ולא רק ברשימת המרכיבים ובשלמותם. עניין זה מצריך:
 - א. זיהוי מדויק של מינים על ידי טקסונומיה קלאסית בשילוב כלים מולקולריים (ברקוד גנטי).
 - ב. מעקב אחר מדדים ועקרונות אקולוגיים.
 - ג. מדידת עוצמת ההשפעות והסקאלה. המרחבית שלהן.
 - ד. מעקב אחר גידול אפשרי בקצב פלישת מינים מים סוף בעקבות הכרייה ותפקידן של תשתיות לאומיות כמו גז ונפט בהתיישבות מינים אלה.

5.3.4

יצירת רשימת מינים שבהם אין לפגוע בשום מקרה (מיני מפתח ומינים בסכנת הכחדה).

5.3.5

שימוש בשיטות ובאמצעים לצמצום הנזק הסביבתי:

1. השארת אזורי חיץ עבור בתי גידול רגישים כגון רכסי כורכר. נדרשת בחינה של כל אזור והגדרה של אזור חיץ המתאים לו, לעבודה המתבצעת בו ולסוג בית הגידול. יש לנטר את גבולות אזורי החפירה והחיץ לשם מעקב אחר הנזקים שהיא גורמת ויעילות אזורי החיץ.

2. יישום טכנולוגיות מתקדמות להפחתת הרחפת הסדימנט כמו מחפרוני יניקה מתקדמים המצוידים בצינורות גדולים מעוטי חיכוך. החול העודף דק הגרגיר ישוחרר דרך פתח בתחתית האנייה. אפשר גם להשתמש בשסתומים נוגדי ערבול בשחרור הסדימנט כדי להפחית את השפעת שובל החומר החלקיקי המרחף^[55].

3. קביעת ערכים מקסימליים לסדימנטציה באזורים רגישים. רמת סדימנטציה מקסימלית תיקבע על ידי מחקר וניטור מקדים של הסדימנטציה הטבעית באזור, כולל בזמן סערות. יש למנוע מצבים שבהם קצב הסדימנטציה עולה על הטבעי. אפשר לקבוע ערכים ראשוניים באמצעות מודל שובל הסדימנט ובעזרת ניטור תוך כדי עבודה, ובאזורים רגישים כדאי לדרוש שימוש בטכנולוגיה מיטבית כדוגמת ססתום למניעת ערבול באנייה.

4. הפעלת אמצעים ושיטות המעודדים התיישבות מחודשת, כמו השארת אזורים ללא חפירה סמוך לשבילי החפירה. נושא זה לא נבחן מספיק ויש להשתמש בו אם יתקיימו התנאים הבאים: נוכחות אוסף בעלי חיים ייחודי, משמעות מסחרית מיוחדת

לבעלי החיים באזור החפירה, אזורים שבהם הפאונה בקרקעית מוגבלת גיאוגרפית ביחס לגיוס ולאכלוס מחדש ואזורים שבהם לשוכני הקרקעית חשיבות רבה לבעלי רמה טרופית גבוהה יותר. כדי שאזורי מפלט שכאלה יהיו יעילים יש להתחשב בציד הכרייה, בשביל החפירה שנוצר, בסדימנטציה הנוצרת וברוחבה. הבדיקה תיערך בשדה והתוצאות ינוטרו לאורך זמן כדי לקבוע את יעילות השיטה. בסיס מידע גיאוגרפי יוקם אצל הרגולטור ובו יהיה פירוט מדויק של אזורי הכרייה, שבילי הכרייה ואזורי החיץ והמפלט.

5. פיתוח של אמצעי טיפול והשמדה וכן המלצות על צעדים נדרשים לאחר הופעת מינים מזיקים על תשתיות. למשל, הפיכתן של תשתיות לבית גידול עבור מדוזות צעירות.

6. צמצום הסיכון לפריחת אצות רעילות באמצעות הצעדים הבאים:

א. הימנעות מכרייה באזורים עשירים בנוטריינטים (שפד"ן, כלובי זגים וכדומה).

ב. ביצוע בדיקות עונתיות באתרי הכרייה המתוכננים לפני תחילת העבודה של מספר הציסטות בסדימנט ושל יכולת הנביטה שלהן.

ג. ניטור כלורופיל בשילוב עם בדיקה עונתית של הרכב הפיטופלנקטון במים וזיהוי מינים בעלי יכולת לייצר רעלנים.

ד. הימנעות מכרייה בעונות שבהן ריכוזי הכלורופיל במים, הציסטות בסדימנט ו/או יכולת הנביטה שלהן גדולים במיוחד.

ה. ניטור בתזירות גבוהה במהלך הכרייה כדי לאפשר תגובה מיידית להתפתחות פריחה, כגון הפסקת הכרייה ו/או יידוע גורמים נוספים כמו משרד החקלאות ומשרד הבריאות.



חריטית מומלץ לחרות במרחק של 2 מייל לפחות ובעומק 10 מטר לפחות^[72]. רמות ההשפעה של ריכוזי סדימנט מורחף על אלמוגים תלויות בריכוז הסדימנטים ובתדירות החשיפה^[55].

9. מניעת פגיעה בצבי ים:

א. דחיית הכרייה לעונות שבהן אין נוכחות צבים באזור.
ב. הצבת תצפיתנים מנוסים והפסקת העבודה במקרה של נוכחות צבים באזור המחפרון.

ג. שימוש באמצעים דוחי צבים, בעיקר מיגון פיזי על הראש השואב של המקדח שמונע מהצבים להתקרב אליו.

ד. איסוף צבים על ידי מכמורתנים לפני ותוך כדי העבודה ושחרורם באזור אחר בהתאם לנהלי עבודה מיוחדים לכך.

ו. הוספת ניטור של רעלנים מומסים במים באמצעות דוגמים פסיביים. יש לדגום כמה פעמים גם לפני תחילת הכרייה, וכך לייצר בסיס השוואתי מתאים.

7. הימנעות מפגיעה באזורי הטלה של דגים ובאזורים החיוניים לקיום ולהשרדות דגים. דגים צעירים נמצאים בדרך כלל באזורים חופיים והם רגישים יותר לשינויים בסביבה, אפילו הקטנים ביותר. כל שינוי שישפיע על השרדות הצעירים ישפיע על גודל האוכלוסייה^[74]. חובה להימנע מפגיעה ברוחבו של רכס חולי, שיכול להיות בית גידול חשוב לדגים, ולא לשטח אותו יתר על המידה.

8. קביעת מרחק מינימלי של אזור הכרייה מאלמוגים כדי למנוע פגיעה בהם. המרחק המומלץ למניעת פגיעה באלמוגים תלוי בהתפלגות הפרקציות של הסדימנט (Silt and Clay). במקרה של טין או של

דגימות, זיהוי מינים (טקסונומיה קלאסית וגנטית), שמירת דגימות באוספים לאומיים בצורה סיסטמטית וסדורה להבטחת האיכות, הכמות וצבירת הידע של המגוון הביולוגי הנוכחי.

3. מעקב אחר מיני המפתח באזור ואחר מאפיינים ביולוגיים חשובים כגון יכולות תחרותיות של מתיישבים, שינויים עונתיים ושנתיים בכיסוי המצע, התפתחות אזורי רבייה וכדומה.

4. ניטור נוכחות אורגניזמים ישיבים על תשתיות לאומיות כמו גז ונפט ומעקב אחר קצב ההתיישבות שלהם. יש לחייב עריכת מעקב באמצעות סקר שנתי של התשתיות לכל עומקן כולל צלילות ורכב תת ימי בלתי מאויש.

5.3.7

הענקת אפשרות להתערב במהלך הכרייה לשם הצלה של מינים.

5.3.8

תכנון מוקדם של הפעולות הנכונות לשיקום ולאישוש של האזור הפגוע כולל ביצוע מחקרים לגבי המינים שנעלמו והמינים שיחדרו לאזור הכרייה.

5.3.9

כרייה במפרץ אילת תחייב בדיקה מקיפה, שכן מדובר בנכס לאומי שייפגע ובמערכת אקולוגית שונה מהים התיכון הדורשת התייחסות פרטנית^[79].

ה. הפעלת המחפרון כך שיישאר על הקרקעית רוב הזמן.

9. הנחת רשת סינון בעלת גודל עין 10 ס"מ לבחינת הזרם הנכנס לאנייה.

10. מילוי דו"ח על מהלך העבודה, אמצעי הזהירות שננקטו ומקרי היתקלות בצבים ושליחתו לרגולטור המתאים.

10. הגנה על דולפינים על ידי ניטור נוכחותם במהלך הכרייה באמצעות תצפיתנים ודיווח על תצפיות לרגולטור. בכלל זה עגינת חיישני C-Pod סמוך לאזור הכרייה ובנקודות ביקורת ספציפיות לכל אתר לפני הכרייה, במהלכה ואחריה, עד לחזרת דולפינים למקום אם נכחו בו קודם לכן.

11. ביצוע סקר סיסמי באזור הכרייה ייערך באנרגיות נמוכות ובהפעלה מדורגת של עוצמות ושל תכיפות כדי לאפשר התרחקות בעלי חיים.

5.3.6

ניטור ואיסוף מידע שוטף במהלך הכרייה:

1. ניטור עמודת המים והקרקעית לפני העבודה ובמהלך כל שלביה כדי לעקוב אחר פריחות חיידקים אפשריות, שינויים באוכלוסיות פיטופלנקטון וזואופלנקטון ושינויים בנוכחות מאקרו-אצות ועשב ים.

2. ניהול סיסטמטי של המגוון הביולוגי על ידי איסוף

71. Brooks, Quaid & Sulak. (2003). Assessment of fish communities associated with offshore sand banks and shoals in the northeastern Gulf of Mexico. Cruise Report Sabine-2003-01. U.S. Geological Survey; Minerals Management Service, OCS Sand and Gravel. 20 pp

72. de Jonge. (1983). Relations between annual dredging activities, SPM-concentrations and the development of the tidal regime in the Ems estuary. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40 (Suppl. 1): 289-300

73. Hodgson. (1994). The environmental impact of marine dredging in Hong Kong. Coast. Manag. Trop. Asia 2, 1-8

5.4. השלמת פערי ידע בנושא השפעה סביבתית של כריית חול ימי

3. השלמת מידע לגבי אוכלוסיות אורגניזמים על פני הקרקע החולית באזורים רחוקים מהחוף שאינם פגועים.

4. דיגום, מיפוי ומעקב אחר אוכלוסיות של מאקרו-אצות, עשב ים וזואופלנקטון לאורך חופי הארץ באזורים שבהם צפויה כרייה לעומת אזורים מוגנים (שמורות) לשם יצירת בסיס ידע.

5. השלמת הידע בנוגע לדינמיקה של המערכת הימית באזור הסלעי והחולי לאורך החוף הישראלי. הידע המועט הקיים כיום מגביל את היכולת לערוך תחזיות מדויקות המבוססות על מודלים עדכניים מכיוון שהמודלים אינם כוללים את הדינמיקה הספציפית לאזור הסלעי והחולי.



התחזיות לגבי ההשפעה הישירה של תהליכי כריית חול וסדימנטציה על הסביבה והביולוגיה מאתגרות ביותר ויש בהן מידה רבה של ספקולציה. אף שקיימים מחקרים וסקרים שונים המתייחסים לאורגניזמים ימיים ביים התיכון ובמפרץ חיפה, כולל ניטורים לאומיים ומקומיים, אין ידע מקיף ומסודר בנושא לאורך החוף מצפון לדרום ומקו החוף אל הים הפתוח.

ברוב המקרים לא ידוע אילו אורגניזמים חיים באזורים השונים, מה התנאים הקריטיים לקיומם, מה תפוצתם ומהם מחזורי החיים שלהם. השלמת פערי ידע אלה קריטית לקבלת החלטות מושכלת.

לכן יש ליצור בסיס ידע רחב המותאם לאזורנו שיאפשר קבלת מידע ונתונים שימשו לקביעת מדיניות כוללת, אימוץ כלי מדיניות פרטניים, בחינת פעולות כרייה מתוכננות, אומדן הנזקים הפוטנציאליים והצגת חלופות מתאימות. לשם כך יש לנקוט את הפעולות הבאות:

5.4.1

ריכוז נתונים ממידע קיים שנאסף לאורך שנים לגבי אזורים מייצגים המאפיינים את בתי הגידול באזורנו.

5.4.2

יצירת בסיס ידע רחב לגבי המערכת האקולוגית הימית לאורך חופי הארץ:

1. השלמת פערי הידע הטקסונומי לגבי קבוצות שלמות וניהול שיטתי של המגוון הביולוגי על ידי איסוף דגימות, זיהוי מינים (טקסונומיה קלאסית וגנטית), שמירת דגימות באוספים לאומיים בצורה קבועה וסדורה להבטחת האיכות, הכמות וצבירת הידע של המגוון הביולוגי הנוכחי.

2. ביצוע סקר מקיף של כלל האוכלוסיות המצויות בכל אזור תוך הגדרת בית הגידול.

משתנים ובעונות שונות. תהליכים הקובעים את השינויים במדדים של המודלים הביוגיאוכימיים עם הזמן לא נחקרו מספיק לגבי חופי ישראל, ואי אפשר לכייל מודלים ללא ידיעת הקצב או טווחי הקצב של התהליכים האלה.

9. חקירת מבנה המערכת האקולוגית המקומית. יתבצע מיפוי המינים החשובים במערכת ובחינת השפעת הפגיעה בהם על המערכת, יכולת התאוששותם והמינים שיכולים להחליפם, בחינת יתירות (redundancy) במערכת, הבנתם של הגורמים להיעלמות מינים במערכת הימית, הבנת הקישוריות של המינים השונים במרחב והתהליכים השולטים בהפצתם, מיפוי האזורים המהווים מקור לרמות ונתיב תפוצתן, השלמת פערי ידע גדולים בנוגע למגוון מינים בבתי גידול סלעיים והשלמת פערי ידע בגנטיקה של אוכלוסיות.

10. הבנת ההשפעה של נוכחות מתכות בסדימנט על אוכלוסיות החיות בקרקעית ובגוף המים ועל אורגניזמים החיים על פני מצע קשה.

11. השלמת פערי ידע בנוגע למארגי המזון באזור הנחוצים להערכת ההשפעה של שינויים במינים מסוימים על מינים אחרים, כולל הקשר במארג המזון בין בתי גידול סלעיים לחולייתנים והקשר בין בתי גידול אלה לפלנקטון.

12. מיפוי האזורים או בתי הגידול המועדפים על צבים ובדיקת העונתיות בתפוצת הצבים במרחב הימי.

5.4.3

יצירת בסיס ידע רחב לגבי תגובת המערכת האקולוגית לכרייה:

1. ביצוע מעקב מסודר לאורך שנים אחר אזורים שבהם נעשית כרייה לשם אפיון יכולת ההתחדשות של השטח.

6. קביעת ערכי סף של ריכוזי נוטריינטים הגורמים לפריחה של מיני מיקרו-אצות בחופי הארץ בתנאים המקומיים השונים, במיוחד לגבי מינים בעלי פוטנציאל רעילות.

7. השלמת נתוני בסיס על איכות המים ברזולוציה גבוהה, לאורך זמן וכולל אירועי קיצון. המדדים הרלוונטיים לאיכות מים הם: חמצן מומס, נוטריינטים (ניטריט, ניטרט, סיליקה, פוספט ואמוניה), pH, או דומה (DIC ואלקליניות), כלורופיל a, יצרנות ראשונית (ניצול C-14), עכירות, מוצקים מורחפים, קצב שקיעת סדימנט וחדירות אור.

8. השלמת מידע ונתונים מקומיים הדרושים כפרמטרים לבניית מודלים ייעודיים לחיזוי ההשפעות של כריית חול ימי. כיום חסרים פרמטרים קריטיים של איכות המים לאורך זמן ובמרחב גדול בבתי גידול



2. השלמת פערי הידע לגבי תגובת אורגניזמים שונים לתהליך הכרייה והרחפת סדימנט:
- א. בדיקת השלכות הכרייה באמצעות מחקר במעבדה ובים על הפיזיולוגיה, הרבייה, הגדילה ומחזורי החיים של המינים המקומיים, מיפוי המינים הרגישים לסדימנטציה וקביעת סף סדימנטציה שגורם לתמותה (נוסף על הסף הכרוני והסף האקוטי) במגוון בתי גידול שונים.
- ב. הבנת השפעת הכרייה על אוכלוסיות מיקרואורגניזמים בים ובחינת דינמיקת ההישרדות והתפוצה של החיידקים בסדימנט מורחף כתוצאה מהעבודות.
- ג. בדיקת השפעת העכירות על אוכלוסיות זואופלנקטון ומיקרו-אצות, חקר ההשפעות ההדדיות בין האצות לסדימנטציה והשפעתן הכוללת על שינוי הרכב החברה.
- ד. חקר תגובת דולפינים לכריית חול ואפשרות לפגיעה שמיעתית כרונית אצלם.
3. השלמת פערי הידע הדרושים להבנה מלאה של השפעת הכרייה על איכות המים והסדימנט בנושאים אלה: תהליכים המשפיעים על מסלולים ביוגיאוכימיים של פחמן, חמצן, נוטריינטים ומתכות כבדות, המעבר בין הפאזה המוצקה למומסת וכן קצבי הפירוק של מזהמים כגון פתוגנים ומזהמים אורגניים בגוף המים ובקרקעית.
4. הבנת תגובת המערכת לשינויים קיצוניים באיכות המים לאורך זמן. לתנאים הסביבתיים המתפתחים בזמן פעילות הכרייה, למשל עכירות ושחרור נוטריינטים מסדימנט מורחף, יש השפעה קצרה על מסלולים ביוגיאוכימיים. בשל השפעתם על מבנה חברת הקרקעית, תיתכן גם השפעה ארוכת טווח על תהליכים ביוגיאוכימיים התלויים בחברת הקרקעית. יש להשלים ידע גם לגבי ההשפעה של סדימנטציה על שינוי פאזה בבתי גידול סלעיים.
5. יצירת מודלים של השפעת עכירות המים על שדה האור התת ימי והשפעת שינויים אלה על מערכות הראייה והשרידות של בעלי חיים ימיים.
6. קביעת קצב הבליה של סלעי כורכר, מיפוי הגורמים לבליה והשפעת העשרה בסדימנט על קצב זה.
7. הבנת האינטראקציה בין כריית חול ובין גורמי עקה או תנאי סביבה נוספים כגון עלייה בטמפרטורת מי הים והחמצתו עקב התחממות גלובלית, עלייה עונתית בטמפרטורת מי הים, דיג מכמורתנים באזורים חוליים, הגעת נחילי מדוזות וחיזוי ההשפעה המתווספת של גורמים אלה להשפעה הכוללת של כריית חול ימי.
8. ביצוע מחקר מקומי לשם כימות קצב התאוששות האורגניזמים באזור החוף הישראלי עקב כריית חול ימי והבנת ההבדלים הרבים בינו ובין קצב ההתאוששות במקומות אחרים בעולם עקב כריית חול ימי.
9. השלמת ידע לגבי הקשר בין כריית חול ובין מינים פולשים.
10. יצירת מודלים אמינים להערכת ההשפעות. יצירת מודל אמין לחיזוי ההשפעות השונות דורשת איסוף נתונים רבים לצורך כילול ובדיקתו. הנתונים צריכים להיאסף בתחום גיאוגרפי רחב ולאורך תקופת זמן ארוכה. יש לאסוף את הנתונים שנה אחת לפחות ברזולוציה גבוהה. רצוי שהמידע יכלול גם נתונים של כמה אירועי קיצון במערכת כגון שיטפונות, סערות, מקרי זיהום, תנאי ים משתנים וכדומה. הדיגום המרחבי יעשה באזורים בעלי אופי שונה הקרובים לאזור הכרייה. כדי לכייל את המודלים יש להשלים פערי ידע לגבי קצבי תהליכים וגבולותיהם.

5.4.4

קביעת קריטריונים לאיכות מים במהלך פעילות כרייה. יש לקבוע קריטריונים לאיכות מים על בסיס איסוף הנתונים הבאים עבור עומקים שונים ומעל טיפוס קרקעית שונים:

1. מדידה ארוכת טווח וברזולוציה גבוהה של נתוני בסיס לאיכות מים הכוללים אירועי קיצון: חמצן מומס, נוטריינטים (ניטריט, ניטרט, סיליקה, פוספט ואמוניה), pH או דומה (DIC ואלקליניות), כלורופיל a, יצרנות ראשונית (ניצול C-14), עכירות, מוצקים מורחפים, קצב שקיעת סדימנט וחדירות אור.
2. בדיקת היחס בין עכירות ובין מוצקים מרחפים עבור טיפוס גרגיר שונים באזור הכרייה בהתחשב בגודל גרגיר הסדימנט באזור הכרייה ובאחוז החומר האורגני שיש בו.
3. בחינת התגובה של המערכת לשינויים קיצוניים באיכות המים לאורך זמן באמצעים כמו תאים מטבוליים מתחת למים או בניסויי mesocosm כדי להעריך את הסבילות של חברות הפלנקטון והקרקעית להפרעות הכרייה הימית. הקריטריונים לאיכות מים יפותחו על בסיס המידע הנאסף והם יכללו תנאים ממוצעים, סבילות מקסימלית להפרעה בודדת שמעליה התוצאה קטסטרופלית, סבילות לאירועים ממושכים של הפרעה בעצימות נמוכה שיובילו לתמותה מוגברת ולאיבוד תפקודי מערכת ללא אפשרות של התאוששות בטווח זמן קצר. השימוש בקריטריונים יוכל לשמש מודלים לשם חיזוי של התוצאות האלה.

5.4.5

השלמת פערי ידע בנוגע לאיכות הסדימנט ולהשפעתו על הסביבה:

1. קביעת קריטריונים מקומיים לאיכות הסדימנט באמצעות מבחני רעילות של השפעת מתכות כבדות

על אוכלוסיות החיות בקרקעית או סמוך לה, זאת משום שהקריטריונים שנקבעו על ידי NOAA אינם מתאימים לאזור ישראל (ריכוזי מתכות כבדות טבעיים הם גבוהים יותר מהתקן האמריקאי). ניסויים כאלה אפשר לבצע במערכות mesocosm מעבדתיות.

2. הערכת השפעת סדימנטציה מזוהמת על המצע הקשה. יש להתחשב בקצב השקיעה של סדימנט מזוהם על מצע קשה ולערוך מבחני רעילות לאוכלוסיות מצע קשה כתלות של קצב סדימנטציה של מתכות כבדות.

3. בדיקת השפעת שחרור מתכות ומזהמים אורגניים הנמצאים בשכבות עמוקות בסדימנט על איכות המים. רוב המדידות לאיכות הסדימנט מתבצעות מסדימנט על פני השטח, אבל כששוקלים פעילות כרייה שיכולה להגיע לעומק של 10 מטרים ויותר, צריך לבדוק ריכוזי מזהמים (מתכות כבדות ומזהמים אורגניים), נוטריינטים ורכיבים צורכי חמצן כמו גופרית דו-מימנית (H₂S) או גופרית מתכתית (MeS) בשכבות עמוקות יותר ולבחון את השפעת שחרור רכיבים אלה על איכות המים.

4. הבנה של השפעת עבודות הכרייה על מים הכלואים בסדימנט מבחינת שחלוף מתכות, מזהמים ונוטריינטים עם הסביבה לאחר הרחפת הסדימנט (בשל הרכב כימי שונה בין הסדימנט למי הים).

5. הבנת הקשר בין חיידקים החיים בסדימנט ובין איכות מי הרחצה בחופים עקב פעולות כרייה. מכיוון שהסדימנט יכול להיות מקור לשחרור חיידקים צואתיים (כפי שנמצא בהערכת ההשפעה של פעולות הכרייה בנמל חיפה), יש לבדוק את הקשר בין מצב החיידקים בסדימנט והידרדרות איכות מי חופי הרחצה ואת הדינמיקה והשרידות של חיידקים אלה במהלך הרחפת הסדימנט.

5.5 המלצות לגבי ניהול הידע הנאסף

1. הקמת או קביעת גוף שיהיה אחראי על ריכוז הידע על פי האזורים השונים ובעלי החיים השונים.
2. ניצול עבודת הכרייה הצפויה במפרץ חיפה כמקרה בוחן לאזור החוף הישראלי ועריכת מחקרים לפני תחילת העבודה, במהלך ביצועה ולאחר סיומה כדי לצבור ידע בנוגע להשפעות הכרייה על אורגניזמים, חברות ובתי גידול ובנוגע לתהליך הסדימנטולוגי, אימות מודלים ועוד.
3. עם היוודע דבר קיומה של תכנית לכריית חול באזור מסוים יש לפרסם קול קורא למחקרים המציעים ניטור ובדיקת השפעת הכרייה על המערכת האקולוגית.
4. מציאת מימון רב שנתי למחקרים השונים הדרושים לבחינת ההשפעות על המערכת.





{6}

סיכום פעולות לביצוע

.....

בהתחשב באמור לעיל, יש מקום לפעילות רבה מצד הרגולטור ומצד האקדמיה בסוגיית השימוש בחול ימי כיום ובפרויקטים עתידיים.

1. החול הנכרה בים הוא משאב מתכלה השייך לציבור. לפיכך:
 - א. יש לקבוע מדיניות לניהול החול כמחצב וכמשאב לאומי בדומה לשאר המחצבים בים וביבשה ולהסדיר את תמלוגי המדינה מניצולו. המדיניות צריכה להיות חלק ממדיניות כוללת לניהול הסביבה הימית.
 - ב. יש לפעול לביצוע סקר אסטרטגי סביבתי (SEA) עבור כריית חול ואגרגטים ימיים לשם גיבוש סדרי העדיפויות הלאומיים.
2. יש לקבוע רגולציה כלכלית יעילה לכריית החול הימי, המבוססת על הערכה סביבתית וכלכלית מלאה של התועלות יחד עם העלויות הסביבתיות והכלכליות הנובעות מכרייתו.
3. יש צורך בבחינה של מקורות אלטרנטיביים למשאב המקומי.
4. יש להשלים את פערי הידע הקריטיים לקבלת החלטות מושכלת המוצגים בדוח זה ולנצל עבודות עכשוויות כמו הכרייה במפרץ חיפה ליצירת רשת מחקרים יישומיים וניטור ייעודי.
5. יש להקים או לקבוע גוף שיהיה אחראי על ריכוז הידע.
6. יש לקבוע קריטריונים מתאימים לאיכות המים והסדימנט המבוססים על מחקרים מקומיים.
7. יש לפעול להפחתת הנזקים הסביבתיים של כריית חול ימי לפי המלצות דוח זה ובאמצעות שימוש באמצעים מתקדמים ובטכנולוגיות חדישות. במסגרת זו:
 - א. יש לנטר את הפרויקטים למעקב שוטף אחר נזקים פוטנציאליים ולבחינת קצב התאוששות המערכת לאחר כרייה.
 - ב. יש להגן על אזורים ומינים רגישים.

תודות

מסמך זה נכתב על בסיס מסמכי ועדת המומחים לכריית חול שהקימה האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה. אנו מודים למשתתפי הוועדה על תרומתם לדיונים המפרים טרם כתיבת המסמכים ובמהלכה ולאנשי המקצוע במשרדי הממשלה שתממו מזמנם להעלאת הסוגיות ולעזרה בפתרון.

השתתפו בכתיבת המסמכים המצורפים ובעריכתם (בסדר אלפביתי):

חנוך אילסר, ד"ר ישראל אלווארו, ד"ר ערן ברוקוביץ', ד"ר דפנה דיסני, פרופ' ברק חרות, ד"ר דני כרם, ד"ר הדס לובינסקי, ד"ר נטע ליפמן, ד"ר עמית לרנר, ד"ר בעז מייזל, נמרוד לניר, מהנדס תומר סופר, ד"ר נגה סטמבלר, ד"ר ג'ק סילברמן, מארק פוליקובסקי, ליאת פוקס, ענת צמל, ד"ר אייל רהב, **מהנדס דב רוזן**, ד"ר גיל רילוב, ד"ר ברוך רינקביץ', ד"ר שירי שמיר-צמח, ד"ר דניאל שר, ד"ר משה תום.

אנו מודים גם למשתתפים בדיוני הוועדה על שיח מרתק,

על הערות חשובות לתהליך ולסוגיה ועל הזמן היקר שהושקע בדיונים:

פרופ' אביגדור אבלסון, ד"ר אהובה אלמוגי-לבין, ד"ר אורית ברנע, פרופ' סטיב ברנר, ד"ר אריק גולן, פרופ' מנחם גורן, ליאור גליק, ד"ר מיכאל דנון, ד"ר תמר זהרי, ד"ר רותי יהל, ד"ר און כרובי, ד"ר עינת מגל, ד"ר אפרת מידר, ד"ר יעקב ניר,

ד"ר נורית קרס, ד"ר יוני שקד.

תודה לאנשי אגף ים וחופים במשרד להגנת הסביבה

על שיתוף הפעולה לאורך הדרך

תודה לתמר שלוש מחברת זו על הנחיית המפגשים ועיצוב התהליך

האגודה הישראלית
לאקולוגיה ולמדעי הסביבה



מחברים מאת 2012

www.isees.org.il