



פערי ידע משמעותיים לקבלת החלטות מושכלת בנושא כריית חול ימי



אוגוסט 2014





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 ההחלטות בצורה ברורה. מצד שני, קובעי המדיניות, כלומר הרגולטור, אמורים לקבל את כל המידע שהם זקוקים לו, להבין ולהפנים אותו בתוך מערכת קבלת ההחלטות. 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 ההחלטות, 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.

מסמך זה חובר בעקבות דיון בסוגיית החול הימי כמחצב והשפעות אפשריות של הכרייה על הסביבה החופית ועל המערכות האקולוגיות.

עורך: ד"ר ערן ברוקוביץ'

תמונת שער על ידי Ed McNichol, Ocean Networks Canada, (CC)





תוכן עניינים:

| | |
|----|--|
| 4 | רקע |
| 4 | פערי ידע בתחום מדיניות ומדיניות כלכלית לגבי משאב החול הימי |
| 5 | פערי ידע בנושא השפעה סביבתית של כריית חול ימי |
| 6 | פערי הידע הקריטיים לקביעת מדיניות |
| 8 | פערי ידע פרטניים לאורגניזמים שונים |
| 10 | המלצות לגבי אופן השלמת פערי הידע הכלליים |
| 11 | השלמת פערי ידע במודלים |
| 12 | קביעת קריטריונים לאיכות מים |
| 13 | קביעת קריטריונים לאיכות סדימנטים |
| 14 | מהלכים חיוניים לצמצום הפגיעה בחי ובצומח הימי |





רקע

במסגרת העבודה הנוכחית של האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, בנושא ההשפעות הסביבתיות של כריית חול ימי, הסתבר מהר מאד כי קיימים פערי ידע משמעותיים בנושא שהם קריטיים לקבלת החלטות מושכלת.

מדעני חקר ימים ואגמים לישראל העלו חלק מפערים אלה בעבודתם במסגרת תסקיר הסביבה שנכתב עבור הרחבת נמל המפרץ בחיפה, ושוב בדוח מיוחד שכתבו בעקבות עבודתנו המשותפת (דוח שתורגם בפרק "השפעות כריית חול ימי על רמות טרופיות, בתי גידול ומערכות אקולוגיות").

בנוסף, הוצגו פערי ידע מדעיים משמעותיים בפרק "השפעת כריית חול ימי על אורגניזמים" וכן פערי ידע מדיניים וכלכליים המובילים לניצול מוגבר של משאב החול הימי בפרק "כריית חול ימי: מדיניות, רגולציה והיבטים כלכליים".

במסמך זה אנו מסכמים את פערי הידע העיקריים וממליצים לנקוט בצעדים להשלמת פערים אלו.

פערי ידע בתחום מדיניות ומדיניות כלכלית לגבי משאב החול הימי

כחלק מהמדיניות הכוללת והחזון לגבי עתיד המרחב הימי של ישראל יש לקבוע גם מדיניות לניהול החול כמשאב לאומי. עקב שנים רבות של כרייה החול בישראל הוא משאב הולך ומתמעט. כריית החול מהים מנוהלת בישראל ללא מדיניות ותוכנית מסודרת. בניית הנמלים החדשים באשדוד וחיפה יצרה צורך במיליונים רבים של טונות השווים לצריכת החול יבשתית השנתית כולה והביאה לאישור כריית חול מהים לטובת תשתיות אלו. זאת למרות שתמ"א 14'ב' חזה גם צרכים של תשתיות ימיות ובכללם נמלים וכלל אותם בהערכת הצרכים והמלאי הקיים והעתידי. הנימוק לכך היה בזמינות החול הימי ועלויות שינוע החול ממחצבות רחוקות אל הנמלים. זאת על אף המלצות העבר לא לכרות חול מהחופים ולא מעומק רדוד מ-30 מ' על מנת לא לפגוע בחופים. התייחסות זו, בה הופעלו שיקולי עלות-תועלת מקומיים, ממחישה ביתר שאת את הצורך בניהול החול כמשאב לאומי וכחלק ממדיניות כוללת לניהול המרחב הימי. לא ניתן להפריד בין השפעות כריית חול מהים ובין הקשר בין משטר הסעת החול והזנת החופים, התמוטטות המצוק החופי והשפעת הרחבת מבנים ותשתיות ימיות קיימות ומתוכננות על משטר זה. אם אכן צפוי מחסור בחול לבנייה ותשתיות, הרי יש להתייחס אל החול הנכרה בים כאל משאב מתכלה שייך לציבור ועל הציבור להרוויח מניצולו על ידי יזמים. יש חשיבות לקביעת מדיניות לניהול החול כמחצב וכמשאב לאומי בדומה לשאר מחצבים בים וביבשה ולהסדרת תמלוגי המדינה מניצולו.

יש צורך לענות על השאלה מהי המדיניות בישראל לגבי החול הימי? האם חול שנכרה במסגרת הרחבת נמל שייך לנמל וישמש לבנייתו או האם ישמש להזנת חופי רחצה או לחיזוק המצוק החופי? באיזה מקרים ולטובת איזה צרכים יש לכרות חול מהים ובאיזה לעשות שימוש בחול ממקורות אחרים? עדיפויות אלה וניהול כריית החול והשימוש בו





צריכים להיקבע על ידי מדיניות ניהול החול כמשאב כחלק ממדיניות כוללת לניהול הסביבה הימית.

מהי המדיניות הכלכלית לגבי משאב החול?

- האם המדיניות מבקשת לשמר שרותי מערכת ספציפיים?
- האם המדיניות מבקשת למקסם את רווחת הציבור מהשימוש בחול?
- האם המדיניות מבקשת לשמר את רווחת הדורות הבאים? כיצד זו באה לידי ביטוי בקבלת ההחלטות לניהול בר קיימא?

יש להרחיב את בסיס הידע הקיים ביחס למספר אלמנטים מרכזיים:

1. אפיון ברור של ערך התועלת הנובעת מכריית החול. יש לאמוד באופן זהיר ומדויק עד כמה שניתן את התועלות הנובעות מהכרייה ואת התועלת משימוש בחול בסקטורים השונים של המשק.
2. אפיון ברור של העלות השולית לכריית חול, ובכלל זה עלות לכורה ועלות לסביבה כתוצאה משינוי במבנה המערכת הימית והשפעתה על מארג המזון.
3. אפיון ברור של מרכיבי אי הוודאות במערכת הכלכלית נשוא העניין ובמערכת הסביבתית. חשוב להבחין ולהבין האם יש תלות בין אי הוודאות בעלויות ואי הוודאות בתועלות.
4. מחקר ולימוד של מבנה השוק הרצוי בהינתן מאפייני המערכת הישראלית 1-3. בחינה של כלי מדיניות מבוססי כמות, ובפרט היתרים נסחרים מול בחינה של כלי מדיניות מבוססי מחיר, ובפרט מיסוי ותמלוגים.
5. בחינה של מקורות אלטרנטיבים למשאב המקומי. עד כה, ניתנה התייחסות לקביעת רגולציה בהינתן קיומו של משאב חול ימי מקומי שניתן לכרייה. יש לבחון גם קיומן של אלטרנטיבות חילופיות למקור החול המקומי ובחינת העלויות והתועלות למקשר מפתחת השוק ליבוא (עדכון של סעיפים 1-2 בכפוף לקיומו של משק פתוח).

יש חשיבות לקביעת מדיניות לניהול החול כמחצב וכמשאב לאומי בדומה לשאר מחצבים בים וביבשה ולהסדרת תמלוגי המדינה מניצולו. לצורך כך יש לפעול לביצוע סקר אסטרטגי סביבתי (SEA) עבור כריית חול ואגרגטים ימיים ולאחריו לגבש את סדרי העדיפויות הלאומיים.

פערי ידע בנושא השפעה סביבתית של כריית חול ימי

מידת ההשפעה של כריית חול ימי על אורגניזמים ימיים תלויה בראש ובראשונה במין הביולוגי. כמו כן, ההשפעה תלויה בעוצמת ההפרעה, משך ההפרעה, תדירות ההפרעות ושטח ההפרעה. בנוסף מידת ההשפעה תלויה בשילוב של גורמים סביבתיים נוספים כגון זיהום, טמפרטורה קיצונית וכדומה. ישנם מינים רגישים וישנם רגישים פחות, אולם לכולם יש סף שמעבר לו לא ישרדו.





פערי הידע הקריטיים לקביעת מדיניות

למרות שקיימים מחקרים שונים וסקרים על אורגניזמים ימיים בים תיכון ובמפרץ חיפה, כולל ניטורים לאומיים ומקומיים, אין לנו ידע מקיף ומסודר לאורך החוף מצפון לדרום ומקו החוף אל הים הפתוח. ברוב המקרים אין אנו יודעים מי הם האורגניזמים השונים באזורים השונים, מה התנאים הקריטיים לקיומם, מה תפוצתם ומהם מחזורי החיים שלהם. השלמת פערי ידע אלה קריטית לקבלת החלטות מושכלת. במצב הידע הקיים היום בישראל, תחזיות לגבי ההשפעה הישירה של תהליכי כריית חול וסדימנטציה על הסביבה והביולוגיה היבן מאתגרות ביותר ואף בעלות מידה רבה של ספקולציה.

חשוב להבין שתגובת האורגניזמים תתכן ותהיה שונה בתלות במין הספציפי ובתנאי הסביבה בהם הוא מורגל. אין דין הרחפת חול במים צלולים כבמים עכורים וכן בטמפרטורות שונות ורמות זיהום שונות. לפיכך, מחקרים מהעולם לא תמיד יעידו על השפעות פוטנציאליות של כריית חול על האורגניזמים בישראל. המינים המקומיים עברו אדפטציה ואקלימצייה לתנאים בחופי הארץ ולכן תגובתם עשויה להיות שונה ממקומות אחרים. **לגבי רוב/כל הקבוצות לא התבצע מחקר מסודר בחופי הארץ ולכן יש להרחיב את הידע. יש לעבוד על המינים המקומיים ולחשוף אותם באופן מחקרי במעבדה ובים להרחפת סדימנטים ולבדוק את ההשלכות על הפיזיולוגיה, הרבייה, הגדילה ועל מחזורי החיים שלהם.**

- הידע הזעום של הדינאמיקה הכללית של המערכת הימית מגביל את יכולתנו לערוך תחזיות מדויקות המבוססות על מודלים עדכניים מכיוון שהמודלים אינם כוללים את הדינאמיקה הספציפית לאזור הסלעי והחולי לאורך החוף הישראלי.
- חסרים במיוחד מחקרים בנוגע לתהליכים המניעים ושולטים במערכת האקולוגית מלמטה ולמעלה (bottom up – top down controls).
- כיצד תשפיע הכרייה על איכות המים והסדימנט? קיימים פערי ידע גדולים לגבי תהליכים המשפיעים על מסלולים ביוגיאוכימיים של פחמן, חמצן ונוטריינטים, המעבר בין הפאזה המוצקה למומסת וכן קצבי הפירוק של מזהמים כגון פתוגנים, מזהמים אורגניים ומתכות כבדות בגוף המים ובקרקעית.
- חסרים נתוני בסיס על איכות המים, ארוכי טווח, ברזולוציה גבוהה, הכוללים ארועי קיצון. מדדים רלוונטים לאיכות מים הינם: חמצן מומס, נוטריינטים (ניטריט, ניטראט, סיליקה, פוספט ואמוניה), PH או דומה (DIC ואלקליניות), כלורופיל a, ייצרנות ראשונית (ניצול ^{14}C), עכירות, מוצקים מורחפים, קצבי שקיעת סדימנטים וחדירות אור.
- מה הקשר בין עכירות למוצקים מרחפים? מה הקשר לגודל הגרגר?
- לתנאים הסביבתיים המתפתחים בזמן פעילות הכרייה כגון עכירות ושחרור נוטריינטים מסדימנט מורחף יש השפעה קצרה על מסלולים ביוגיאוכימיים. אבל





מכיוון שהם ישפיעו על מבנה חברת הקרקעית עשויה להיות השפעה ארוכת טווח על תהליכים ביוגיאוכימיים המושפעים מחברת הקרקעית.

- מה תהיה תגובת המערכת לשינויים קיצוניים באיכות המים לאורך זמן?
- חוסר הידע הרחב גורם לבעיה בבניית מודלים יעודיים לכריה ימית. חסרים פרמטרים קריטיים של איכות המים כיום, לאורך זמן ובמרחב גדול, בבתי גידול משתנים ובעונות שונות. תהליכים כגון פוטוסינתזה בגוף המים ובסדימנט, נשימה בגוף המים ובסדימנט, קצבי שקיעת סדימנטים, ספיחה ושחרור של מתכות כבדות וקצבי תמותה של פיטופלאנקטון, זואופלאנקטון ובקטריות זיהומיות הקובעים את השינויים במדדים של המודלים הביוגיאוכימיים עם הזמן אינם ידועים מספיק לחופי ישראל. לפיכך, לא ניתן לכייל מודלים ללא ידיעה של קצבי התהליכים הנ"ל או לפחות את גבולות העליונים והתחתונים שלהם. סביר להניח שמשוואות מהספרות לחישוב קצבים אלה לא יהיו נכונות כלל לאזורינו.
- מיהם המינים החשובים והמשפיעים במערכת, מה יקרה אם ייפגעו? האם יש מינים שיחליפו אותם האם יש יתירות (redundancy) במערכת?
- כיצד משפיעות מתכות בסדימנט על אוכלוסיות החיות בקרקעית וגוף המים הקשורות לקרקעית? כיצד ישפיעו על אורגניזמים החיים על פני מצע קשה?
- מהם ריכוזי המתכות הכבדות ומזהמים אחרים בעומק הסדימנט המיועד לכרייה?
- מה תפקיד המים הכלואים בסדימנט בשחלוף מזהמים עם הסביבה ומה יקרה למים אלה בעבודות הכרייה?
- לגבי קבוצות שלמות חסר ידע טקסונומי ויש קשיים רבים בזיהוי לרמת המין.
- מהם הגורמים להיעלמות מינים במערכת?
- עד כמה המערכת האקולוגית עמידה בפני שינויים?
- מארגי המזון באזור לא ידועים מספיק כך שקשה להעריך כיצד שינויים במינים מסוימים ישפיעו על מינים אחרים.
- מהו הקשר במארג המזון בין בתי גידול סלעיים לחוליים? מהו הקשר בין בתי גידול אלה לפלאנקטון?
- מה ההשפעה והחשיבות של אירועים כגון נחילי מדוזה על המערכת האקולוגית?
- מה ההשפעה הספציפית והמצטברת של דיג מכמורתנים וכרייה באזורים חוליים?
- מה הקישוריות של המינים השונים במרחב, מהם התהליכים השולטים בהפצתם?
- אלה אזורים מהווים מקור ללרוות ולהיכן הם מגיעות? מהו נתיב התפוצה?





- אין מספיק מידע על גנטיקה של אוכלוסיות שיכולה לענות על חלק מהשאלות לעיל
- מחקרים שנעשו לאחרונה על ידי חיא"ל מצביעים על פאונה ופלורה עשירים בסלעי הכורכר במפרץ חיפה. הרבה מעבר למצופה באזור הנמצא תחת עקת זיהום תמידית. בנוסף נמצאה שונות גבוהה בין אתרים סמוכים וכן שינויים גדולים במיקרו בתי גידול בטווח של מטרים בודדים. השינויים הביולוגיים באים בד בבד עם שינויים במורכבות מבנית. בהסתמך על הספרות המדעית נראה כי רק חלק קטן מהמגוון הנ"ל התגלה, דבר המוביל לחוסר מודעות לעושר הרב בבתי גידול סלעיים המובילים ליכולת הסקת מסקנות מאד מצומצמת לגבי הדינאמיקה של בית גידול זה וכן לגבי השפעות כריית חול על בתי גידול סלעיים. חיא"ל מסיקים כי חסרה רשימה מלאה של מינים מקומיים ופולשים ובית הגידול המדויק שלהם.
- לא ידוע מספיק לגבי הקשר בין כריית חול למינים פולשים
- לא ידוע מספיק לגבי ההשפעה של סדימנטציה על שינוי פאזה בבתי גידול סלעיים. לאיזה כיוון שינויים כאלה מובילים?
- מהם קצבי הבלייה של סלעי הכורכר? וכיצד תשפיע על כך העשרה בסדימנטים?
- מהם הגורמים לבליית סלעי הכורכר?
- השפעה כוללת ומתווספת של כריית חול לגורמי עקה נוספים כגון עליה בטמפרטורת מי הים והחמצתו מוסיפה סיבה לדאגה כיוון שהאינטראקציות בין גורמי העקה השונים אינן מובנות דיין ועשויות להיות בעלות השפעות חשובות על המערכת הימית של ישראל. עד כמה עמידים האורגניזמים השונים לכל עקה ולפעילותם המשותפת?
- התאוששות מכריית חול מבחינת מגוון ושכיחות היא לרוב 1-3 שנים, קצב ההתאוששות תלוי במחזור החיים של המינים השליטים באזור וכן בהתאם לתכונות הסדימנט והרכב המינים ויכול לקחת שנים רבות. ההבדלים הרבים שנמצאו בעולם בין האזורים השונים מצריכים מחקר מקומי בכדי להבין את השפעות הכרייה באזורינו ולכמת את התאוששות האורגניזמים.

פערי ידע פרטניים לאורגניזמים שונים

- מיהם המינים הרגישים לסדימנטציה? מהי עוצמת הסדימנטציה שתביא לתמותה? מהו סף כרוני וסף אקוטי? יש לחקור שאלות אלה על מגוון רחב של אורגניזמים כגון: חי-טחביים, ספוגים, איצטלנים, בלוטים רכיכות וכדומה.
- יש לחקור את השאלה לעיל על מינים מבתי גידול שונים ובכללם אזורי שפכי נחלים החשופים לסדימנטציה לאורך שנים.





- מהן ההשלכות של הכרייה בטמפרטורה של מי הים בקיץ על האורגניזמים באזורנו?
- מהם כמויות חיידקים המצויות בקרקעית ומה הטריגר להתפרצות אוכלוסיות בגוף המים? בעיקר לגבי חיידקים צואתיים. בתוך הסדימנט החיידקים משגשגים אולם לא יודעים מה קורה איתם בזמן הרחפה, האם שורדים ולכמה זמן. כמו כן האם נדבקים לחלקיקים? לאילו חלקיקים? האם נפרדים מהחלקיקים בזמן ההרחפה? האם אלה הצמודים לחלקיקים שורדים יותר? יש לפתח את הקריטריונים הקשורים לחיידקים בסדימנט ולענות על שאלות אלו.
- יש מידע על אוכלוסיות מיקרו-אצות בים רק בחלק מחופי הארץ, לא נבדקה בשטח השפעה ישירה של עכירות.
- מהם ריכוזי נוטריינטים שמשמשים ערכי סף לפריחה של מיני מיקרו-אצות בחופי הארץ בתנאי המקומיים השונים ובדגש על מינים בעלי פוטנציאל רעילות.
- חסר מידע רציף על אוכלוסיות של מאקרו-אצות לאורך חופי הארץ באזורים בהם יש צפי לכרייה לעומת אזורים מוגנים (שמורות) כבסיס ידע. איננו יודעים מהן ההשפעות ההדדיות בין האצות לסדימנטציה וכן האם יפעלו יחדיו לשינוי הרכב החברה הקיים היום.
- לא ידועה תפוצת עשבי ים לאורך חופי ישראל.
- כמעט ולא מתבצע ניטור ואו מחקר בנושא זואופלנקטון בעמודת המים, לא ידועה השפעת הכרייה על הפלאנקטון.
- חסר מידע לגבי אוכלוסיות אורגניזמים על פני הקרקע החולית באזורים שאינם פגועים ורחוק מהחוף.
- מהם מיני הראש-רגליים (דיונונים ותמנונים) לחופי ארצנו? מהם אזורי התפוצה שלהם? מה חשיבותם למערכת האקולוגית ולרווחת האדם? מה תהיה תגובתם לכרייה?
- יש לאפיין מינים משמעותיים למערכת האקולוגית ולקבוע את מידת ההשפעה עליהם ויכולת ההתאוששות.
- מהם קצבי הגידול של המינים המקומיים? כיצד יושפעו מסדימנטציה?
- מהי השפעת הסדימנטציה על דגים:
 - מי המינים בכל אזור? מי הם המינים הרגישים בארץ? מה ספי התגובה שלהם? מהם אזורי ועונות ההטלה? מיהם המינים הפולשים בכל אזור?
 - השפעת עכירות במים על שדה האור התת-ימי (כולל קיטוב) - מדידות ומודלים.
 - השפעת שינויים בשדה האור התת-ימי כתוצאה מעכירות על מערכת הראייה של בעלי חיים ימיים





- השפעה של שינויים במערכות הראייה של בעלי חיים ימיים כתוצאה מעכירות במים על שרידות בעלי החיים
- קצבי שינוי בעכירות המים (הידרודינמיקה) לעומת קצבי שינוי במערכות הראייה של בעלי חיים (פלסטיות במערכת הראייה))
- מהם האזורים או בתי הגידול המועדפים על ידי צבים?
- האם יש עונתיות בפרישת הצבים במרחב הימי?
- כיצד יגיבו דולפינים לכריית חול? אם נשארים במקום יש חשש לפגיעה שמיעתית כרונית.

המלצות לגבי אופן השלמת פערי הידע הכלליים

1. חלק מהשפעות הכרייה יקרה בטווח זמן קצר תוך כדי הכרייה עד מספר חודשים לאחריה. השפעות אחרות יופיעו מאוחר יותר או ימשיכו למשך שנים ועשרות שנים. הבנת השפעות ארוכות טווח צריכות להכיל שלוש דרכי פעולה. 1. זיהוי מדויק של מינים על ידי טקסונומיה קלאסית בשילוב כלים מולקולאריים (ברקוד גנטי). 2. מעקב אחר מדדים ועקרונות אקולוגיים. 3. מדידת עצמת ההשפעות והסקאלה המרחבית שלהן. התוצאה צריכה להיות מוצגת בגישה הוליסטית, מכיוון שהמאפיינים האקולוגיים של המערכת תלויים בסכום האינטראקציות של המרכיבים ולא רק ברשימת השלמות המרכיבים (המינים) של המערכת.
2. יש לנצל את עבודת הכרייה הצפויה במפרץ חיפה כמקרה בוחן לאזורנו. יש להשקיע במחקרים לפני, תוך כדי ולאחר התהליך. עבודות מפרץ חיפה הינם הזדמנות פז לבחינת תהליכים והשפעות הכרייה על אורגניזמים, חברות ובתי גידול וכן בחינת תהליך סדימנטולוגי, אימות מודלים ועוד.
3. יש צורך בהתייחסות כללית לכל הפרויקטים ולא רק לפרויקט בודד.
4. יש להקים או לקבוע גוף שירכז את הידע הקיים ע"פ האזורים השונים ובע"ח השונים.
5. יש לבצע סקר מקיף באזורים שונים של כלל האוכלוסיות המצויות בו תוך הגדרת בית הגידול. יש לבצע חתכים מקו החוף ועד הים העמוק הפתוח מצפון הארץ ועד דרומה. לפחות פעמיים בשנה לאורך שנים. יש לכלול במעקב הזה אזורים מוגנים ופגועים.
6. יש לבצע סקר מקדים לזיהוי המשתנים בכל האזור שבסמוך לאזור הכרייה.
7. יש למצוא מימון רב שנתי למחקרים שיבדקו את השפעת ההפרעות השונות על האורגניזמים המקומיים.
8. יש לבצע מעקב מסודר לאורך שנים אחרי אזורים בהם נעשית כרייה לאפיון יכולת ההתחדשות של השטח.
9. בהנחה שיש תכניות ידועות לאזורים בהם צפויה להתחיל כריית חול כמו במפרץ חיפה, יש לצאת בקול קורא לחוקרים שיציעו ניטור ומחקרים שיחקרו ויבדקו את





- השפעת הכרייה במפרץ על האורגניזמים. יש להתחיל בניטור חודשי של כלל האורגניזמים: חיידקים, אצות, רכיכות, דגים ויונקים עוד טרם הכרייה, לבחור מכל קבוצה מינים מייצגים שייבדקו במרחקים שונים מאזור הכרייה ולאורך השנה. הבדיקות צריכות לכלול צפיפות, גודל ומחזור חיים.
10. יש לנצל את עבודת הכרייה הצפויה במפרץ חיפה כמקרה בוחן לאזורנו. יש להשקיע במחקרים לפני, תוך כדי ולאחר התהליך. עבודות מפרץ חיפה הינם הזדמנות פז לבחינת תהליכים והשפעות הכרייה על אורגניזמים, חברות ובתי גידול וכן בחינת תהליך סדימנטולוגי, אימות מודלים ועוד.
11. צריכה להיות הכרות עם מינים פולשים בסביבה הקרובה.
12. יש לאפשר התערבות במהלך הפרויקטים להצלה של מינים.
13. יש לתכנן מה הן הפעולות הנכונות לשיקום ואישוש של האזור הפגוע כולל ביצוע מחקרים לגבי המינים שנעלמו והמינים שיחדרו לאזור הכרייה.
14. ניהול סיסטמתי של המגוון הביולוגי על ידי איסוף דגימות, זיהוי מינים (טקסונומיה קלסית וגנטית), שמירת דגימות באוספים לאומיים בצורה סיסטמטית וסדורה להבטחת האיכות, הכמות וצבירת הידע של המגוון הביולוגי הנוכחי.
15. הערכות ההשפעה של הכרייה צריכות לכלול את האפשרות של הגברת קצבי פלישה מים סוף וכן את תפקיד תשתיות לאומיות גדולות כמו גז ונפט כאבני דרך בהתיישבות מינים פולשים.
16. הערכת קצבים ותבניות של אורגניזמים ישיבים על תשתיות כנ"ל. סקר שנתי מנדטורי של התשתיות לכל עומקן כולל צלילות ורכב תת ימי בלתי מאויש.
17. ניטור ארוך טווח, פעמיים בשנה של אורגניזמים גדולים על הקרקעית הרכה.
18. מעקב אחר מיני מפתח חשובים (שיש להחליט מי הם) ומאפיינים ביולוגיים חשובים כגון יכולות תחרותיות של מתיישבים, שינויים עונתיים ושנתיים בכיסוי, התפתחות אזורי רבייה וכדומה.
19. פיתוח של אמצעי טיפול\השמדה\המלצות\צעדים במקרי הופעת מינים מזיקים על תשתיות (למשל אם תשתיות הופכות להיות בית גידול למדוזות צעירות).

השלמת פערי ידע במודלים

מודל מוצלח זקוק למידע רב העונה על הפרמטרים של המודל לצורך כיוול המודל ווידואו. המידע צריך להיאסף על פני סקלות מרחביות וזמניות רחבות ככל הניתן. יש לכסות לפחות שנה אחת ברזולוציה גבוהה. רצוי שהמידע יכלול גם מספר ארועי קיצון במערכת כגון שטפונות, סערות, מקרי זיהום, תנאי ים משתנים וכדומה. ניתן להשיג זאת על ידי מדידה אוטומטית של טמפרטורה, מליחות, חמצן מומס, כלורופיל ועכירות. יש לבצע דיגום לפחות אחת לחודש במדדים אחרים. כדאי שימדדו שנתיים בכדי שהשנה הראשונה תשמש לכיוול והשניה לוידוא המודל. הדיגום המרחבי יעשה באזורים בעלי אופי שונה הקרובים לאזור הכרייה: אזורים בעלי זמן שהיה ארוך, אזורים בקרבת החוף,





אזורים עשירים בפעילות ביולוגית, איזורים בעלי מים משוכבים, אזורים בעלי סוג מצע שונה וכדומה. מדידות המשתנים ייעשו באותה תדירות גם בגבולות המודל.

בכדי לכייל את המודלים יש לחזק את הידע בקצבי תהליכים וגבולותיהם כגון פוטוסינתזה בגוף המים ובסדימנט, נשימה בגוף המים ובסדימנט, קצבי שקיעת סדימנטים, ספיחה ושחרור של מתכות כבדות וקצבי תמותה של פיטופלאנקטון, זואופלאנקטון ובקטריות זיהומיות הקובעים את השינויים במדדים של המודלים הביוגיאוכימיים עם הזמן.

קביעת קריטריונים לאיכות מים

1. בכדי לקבוע קריטריון לאיכות מים לפעילות כרייה ארוכת טווח יש לקבוע נתוני בסיס ארוכי טווח ברזולוציה גבוה הכוללים ארועי קיצון. מדדים רלוונטים לאיכות מים הינם: חמצן מומס, נוטריינטים (ניטריט, ניטראט, סיליקה, פוספט ואמוניה), PH או דומה (DICאלקליניות), כלורופיל a, ייצרנות ראשונית (ניצול ^{14}C), עכירות, מוצקים מורחפים, קצבי שקיעת סדימנטים וחדירות אור.
2. עכירות הינה מדידה פשוטה ומהירה אשר נמצאת בשימוש נרחב כסמן למוצקים מרחפים. לפיכך, יש לבדוק את הקורלציות בין שני מדדים אלה תוך כדי התחשבות בגודל הסדימנט הרלוונטי לאזור הכרייה ולאחוז החומר האורגני בסדימנט. כיולים שכאלה יש לעשות לטיפול גרגר שונים העשויים להיות באזור הכרייה.
3. יש צורך בבחינת התגובה של המערכת לשינויים קיצוניים באיכות המים לאורך זמן בכדי להעריך את הסבילות של חברות הפלאנקטון והקרקעית להפרעות הכרייה הימית. בחינה שכזו ניתן לערוך בתאים מטבוליים מתחת למים או בניסויי mesocosm.
4. בגלל השינויים המרחביים באיכות מים באזורים חופיים יש לעשות את שלוש הבדיקות הנ"ל בעומקים שונים ומעל טיפוסי קרקעית שונים.
5. קריטריונים לאיכות מים יפותחו על בסיס המידע הנ"ל ויכללו תנאים ממוצעים, סבילות מקסימלית להפרעה בודדת אשר מעליה התוצאה קטסטרופלית, סבילות לארועים ממושכים של הפרעה בעלת עצימות נמוכה אשר יובילו לתמותה מוגברת ואיבוד תפקודי מערכת ללא אפשרות של התאוששות בטווח זמן קצר. השימוש בקריטריונים צריך להביא לשימוש קל יחסית במודלים בכדי חזות את התוצאות הנ"ל. לאחר קטסטרופה או שינוי ארוך שיביא לתמותה רחבה לא ניתן לחזות מה יהיה אחכ ואילו מינים ייכנסו אך סביר מאד להניח כי החברה תשתנה בעיקר עקב לחץ מינים פולשים שיש באזורנו.
6. האזור שישמש למידול השפעת הכרייה צריך לכסות לפחות את שטח שובל הסדימנט של הכרייה עד לאזור בו רמת הסדימנטים הינה 0.1% מהריכוז ההתחלתי + 5 ק"מ. הקריטריונים לאיכות המים ישמשו להערכת השפעת הכרייה





וישמשו לניהול ההשפעה על פי תכנית הכרייה. ניתוח הנתונים חייב לכלול לא רק את עצמת ההפרעה אלה גם את משכה.

קביעת קריטריונים לאיכות סדימנטים

1. הריכוזים שנקבעו על ידי NOAA לקביעת איכות הסדימנט אינם טובים לאזורנו עקב ריכוזי מתכות כבדות טבעיים גבוהים יותר מהתקן האמריקאי. לפיכך יש לערוך מבחני רעילות על השפעת מתכות כבדות על אוכלוסיות החיות בקרקעית ובגוף המים הקשורות לקרקעית לקביעת קריטריונים חדשים לאיכות הסדימנט. ניסויים שכאלה ניתן לבצע במערכות mesocosms מעבדתיות.
2. נושא נוסף הינו הערכת השפעת סדימנטציה מזוהמת על המצע הקשה. בודאי שלא ניתן להתייחס לריכוזי מתכות כבדות בסדימנט על גבי מצע קשה ויש להתחשב בקצבי השקיעה של סדימנטים מזוהמים. לדוגמה הרכיכה צלחית, הרועה אצות על גבי המצע הקשה, צוברת מתכות כבדות בריכוזים הנמצאים בהתאמה לריכוזים הטבעיים בסדימנט. כנראה שמתכות אלה נצרכו דרך המדיום המומס ואולי מתכות כבדות שנספגו על ידי חלקיקים שוקעים מצטברים קודם לכן באצות ואז הצלחית ניזונה עליהם. לפיכך יש צורך לערוך מבחני רעילות לאוכלוסיות מצע קשה כפונקציה של קצבי סדימנטציה של מתכות כבדות.
3. רוב המדידות לאיכות הסדימנט מתבצעות מסדימנטים בפני השטח. אבל, כאשר שוקלים פעילות כרייה העשויה להגיע אף לעשרה מטרים עומק ויותר, צריך לבדוק מזהמים בשכבות עמוקות יותר (מתכות כבדות ומזהמים אורגניים), נוטריינטים וכן רכיבים צורכי חמצן כגון גפרית דו מימנית (H_2S) או גפרית מתכתית (MeS). הספרות מראה כי צריכת חמצן על ידי סולפידים אלה הינה תלויה טמפרטורה אך אין מודלים ניסויים שניתן לאמץ. בכל מקרה ניתן לבחון צריכת חמצן בניסוי מעבדה על ידי הרחפת סדימנטים בתנאים מבוקרים ולבדוק את השפעת הטמפרטורה.
4. ההבדל הגדול בכימיה של מי הים לאלה של המים בסדימנט עשוי ליצור תנאים שונים של צריכת מתכות או שיחרורם עם הרחפת הסדימנט. היחסים בין מי הים למים הכלואים אינם ידועים מספיק באזורנו.
5. אין מידע ואין דרך לעשות מודל לפוטנציאל שחרור נוטריינטים על ידי הרחפת הסדימנט. ייתכן כי ידיעת ריכוז הנוטריינטים במים הכלואים בחול יספיק לחישוב שחרור הנוטריינטים בהרחפת הסדימנטים.
6. בזמן ביצוע הערכת ההשפעה על הסביבה של פעולות הכרייה בנמל חיפה התברר כי בסדימנטים חיים חיידקים המהווים אינדיקטורים לצואה. חיידקים אלה עשויים להוות בעיה בחופי רחצה כאשר הסדימנט מורחף. הספרות מראה כי פעילות גלים חזקה גורמת להזרדות איכות מי הים בחופי רחצה מבחינת





חיידקים. יש לבדוק את הקשר בין מצב החיידקים בסדימנט והדרדרות איכות מי חופי הרחצה. מהם הקשרים בין פעילות כרייה, אוכלוסיות חיידקים ומצב מי חופי הרחצה? יש לבחון מה קורה עם החיידקים בזמן הרחפה, האם שורדים ולכמה זמן. כמו כן האם נדבקים לחלקיקים? לאילו חלקיקים? האם נפרדים מהחלקיקים בזמן ההרחפה? האם אלה הצמודים לחלקיקים שורדים יותר? יש לפתח את הקריטריונים הקשורים לחיידקים בסדימנט ולענות על שאלות אלו.

מהלכים חיוניים לצמצום הפגיעה בחי ובצומח הימי

1. איסוף מידע מקדים לאורך שנים של אזורים מייצגים שמאפיינים את בית הגידול.
2. היכרות, זיהוי ואפיון התנאים הסביבתיים ואוכלוסיות המינים השונים באזור בו מתכוונים לבצע את הכרייה.
3. יצירת רשימת מינים שבהם אין לפגוע בשום מקרה.
4. שטח פגיעה קטן, משך כרייה קצר, אי ביצוע כרייה באזורים סמוכים לאזורי שמורות טבע ולאזורים בעלי מינים נדירים או כרייה בעונת הרבייה.
5. עדיפות לכרייה באזורים דלים במינים, אזורים פגועים (מזוהמים).
6. שובל סדימנטים מכרייה – יש לוודא כי מצע סלעי לא יהיה חשוף לרמות סדימנטציה מעל הסף הרצוי (יקבע על ידי הרשויות).
7. יש לקבוע טווחי ביטחון רחבים עקב אי הודאות הרבה הקיימת.

