



# ארגז כלים

להטמעת שיקולים אקולוגיים  
בתכנון וביצוע מיגונים ימיים ויבשתיים  
להגנה על המצוק החופי



# ארגז כלים

להטמעת שיקולים אקולוגיים בתכנון וביצוע  
מיגונים ימיים ויבשתיים להגנה על המצוק החופי



## הוכן ע"י:

סיארק – ייעוץ אקולוגי ימי  
ד"ר עדו סלע  
ד"ר שמרית פינקל  
תומר הדרי

ד"ר רון פרומקין

## יעוץ מדעי ומקצועי:

ניבה לונדון - החברה הממשלתית להגנת מצוקי חוף הים התיכון  
לי שטיינברג - החברה הממשלתית להגנת מצוקי חוף הים התיכון  
אלון רוטשילד - החברה להגנת הטבע  
ד"ר דרור צוראל – המשרד להגנת הסביבה  
ד"ר רותי יהל – רשות הטבע והגנים  
ד"ר גיל רילוב – חקר ימים ואגמים לישראל  
מיכל טוכלר-אהרוני – חברת נמלי ישראל

עיצוב: מיטל מנחם | we: by amor & ariel

יוני 2017

כל הזכויות שמורות לחברה הממשלתית להגנות מצוקי הים התיכון בע"מ, החברה להגנת טבע (ע"ר), והמשרד להגנת הסביבה.

המסמך נכתב במסגרת פרויקט הטמעת שיקולי המגוון הביולוגי במגזר העסקי, במימון החברה להגנת הטבע, המשרד להגנת הסביבה, והחברה הממשלתית להגנות מצוקי הים התיכון.

[www.teva.org.il/business](http://www.teva.org.il/business)

**תוכן עניינים**

**1. מבוא** ..... 5

**1.1 כללי** ..... 5

**1.2 הטמעת שיקולים אקולוגיים בהגנת המצוק החופי** ..... 8

1.2.1 רקע ..... 8

1.2.2 שימוש בארגז הכלים האקולוגי ..... 12

**2. הנחיות אקולוגיות לסל הפתרונות** ..... 14

**3. מיגון בوهן המצוק** ..... 23

**3.1 הגנות באזור ללא פעילות גלי ים על בوهן המצוק** ..... 23

3.1.1 מדרון מתון בשיפוע  $30^\circ$  עד  $38^\circ$ , המגיע עד מפלס החוף ..... 23

3.1.2 הגנה כנגד גושי סלע נופלים כמו: גדר רשת להרחקת קהל, גדר בטון ..... 25

3.1.3 מבנים תומכים רגילים כמו: קירות כובד, קירות מבטון מזויין, קירות בשיטת הקרקע המשוריינת, מסלעות ..... 25

**3.2 מיגון בوهן כאשר יש פעילות גלים על בوهן המצוק** ..... 26

3.2.1 מבנים תומכים כגון: קירות כובד, קירות מבטון מזויין, קירות בשיטת הקרקע המשוריינת, מסלעות ..... 27

3.2.2 מבנה תומך מבטון מזויין - ביסוס עומק ..... 35

3.2.3 מבנים תומכים זמניים וכריקים כגון שקי חול, ערימות חול, מבנים טרומיים יבילים כדוגמת ניו ג'רזי. חומר גס ימי, גושי סלע גדולים ..... 39

3.2.4 העברת חול יבשתית ..... 42

3.2.5 הזנת חול ..... 44

3.2.6 הוספת סלעים בים ..... 48

3.2.7 גיאוטיוב מטובע ..... 53

3.2.8 שוברי גלים ..... 55

**3.3 מדרון מתון בשיפוע של  $30^\circ$  עד  $38^\circ$**  ..... 65

3.3.1 מדרון לא מיוצב ..... 65

3.3.2 ייצוב המדרון בעזרת צמחייה ..... 66

3.3.3 ייצוב המדרון עם צמחייה ורשתות ייצוב כמו: רשתות פולימריות קבועות/שילוב כוורת גאוקו/קוקוס וכדומה או רשתות מתכלות ..... 68

3.3.4 התקנת מגלשים בנקודות שונות לאורכו של המדרון (שיהיה עשוי מאחד מאותם אמצעי ייצוב הקיימים בשוק, או מגלש קשיח עשוי בטון/אבן וכדומה) ..... 69

**3.4 מדרון בשיפוע חריף מעל  $40^\circ$**  ..... 71

3.4.1 מערכת של מסמרי קרקע + ציפוי בבטון מזויין; מותז או יצוק ..... 71

3.4.2 מוצאי ניקוז לדופן המצוק - מוצאי ניקוז ממערכת האיסוף התת-קרקעית העירונית שבמוצאם משוחרר נגר אל דופן המדרון ..... 72

3.4.3 מוצאי ניקוז בדופן המדרון התקנת מגלש (כמפורט לעיל) בתחתית מוצא הניקוז ..... 73

3.4.4 מבנה תומך כמו: קיר כובד, קיר בשיטת הקרקע המשוריינת, קיר כלונסאות ..... 74

3.4.5 הסרת גושי סלע רופפים ..... 75

**3.5 גג המצוק** ..... 76

3.5.1 הסדרת רצועת השטח הצמודה לראש המצוק - לצורך מניעת הגעת נגר עילי למצוק עצמו ..... 76

3.5.2 עבודות עפר להסדרת המשטח שבראש המצוק (באזור הסמוך לשפתו) ..... 77

3.5.3 עבודות עפר להסדרת המשטח שבראש המצוק - בשילוב עם קיר במקומות שבהם מתוכנן קיר בחלקו העילי של המדרון ..... 79

3.5.4 התקנת תלולית עפר בשילוב עם תעלה לאורכה - בראש המצוק ..... 80

**4. הטמעת רגישויות תאי השטח בבחירת ויישום פתרונות ההגנה על מצוק** ..... 82

**5. רשימת ספרות** ..... 84



רשימת האזורים

- 5 **איור 1:** דוגמה לקיר ים שנבנה כדי להגן על מבנים בראש המצוק
- 6 **איור 2:** דוגמה למבנים בקרבת גג המצוק
- 7 **איור 3:** דוגמה לבניית מסלעה אשר מהווה הפרעה לבית הגידול בבוהן המצוק
- 8 **איור 4:** חתך אופייני במצוק החופי (מתוך נספח 4 לתמ"א 9 א')
- 9 **איור 5:** שימור המצב הטבעי בשטח לפי גישת Managed Realignment
- 9 **איור 6:** דוגמאות להגנות חופיות רכות – הזנת חול בכרויקט פיילוט של Building with Nature בסקלה רחבה ביותר – Sand Motor בהולנד (ימין) ודוגמא של Living Shorelines מארה"ב
- 9 **איור 7:** דוגמאות מרחבי העולם לשילוב חשיבה אקולוגית בתכנון ובבנייה של אזורים חופיים. [א] שילוב בריכות גאות בקיר הים הקיים בסידני, אוסטרליה; [ב] שילוב בריכות גאות בחזית נהר הארלם, ניו יורק<sup>[1]</sup>; [ג] פרויקט חזית הים בסיאטל. עיצוב קיר ים בעל מורכבות גבוהה; [ד] פרויקט הגנה על עמודי מזחים בפארק גשר ברוקלין, ניו יורק. שימוש ב-ECOcrete®, בטון אקולוגי המעודד התיישבות בע"ח ימיים<sup>[10]</sup>; [ה] שינוי מורכבות פני השטח של סלעים רגילים ע"י קדיחת חורים האוגרים מים ויוצרים נישות אקולוגיות<sup>[11]</sup>
- 11
- 13 **איור 8:** תהליך התכנון והעבודה בתא שטח
- 29 **איור 9:** קדיחת חורים בשובר גלים מאנגליה - באדיבות לואיז פירת' - פרויקט תזאוס
- 30 **איור 10:** שילוב מבנים דמויי בריכות גאות ושפל במסלעת הגנה חופית בהולנד
- 31 **איור 11:** שילוב בריכות גאות ושפל מבטון אקולוגי במסלעה ימית בפארק גשר ברוקלין בניו יורק. תמונה באדיבות אקונקריט-טק בע"מ
- 31 **איור 12:** שילוב טרסות סלעיות מדורגות ליצירת שיפועים משתנים בדופן נהר הארלם בניו יורק<sup>[1]</sup>
- 32
- 34 **איור 13:** דוגמה להגנות חופיות טבעיות, מלאכותיות והשילוב ביניהן<sup>[20]</sup>
- 36 **איור 14:** פרויקט חזית הים בסיאטל. עיצוב קיר ים בעל מורכבות גבוהה
- 39 **איור 15:** דוגמה להגנות חופיות טבעיות, מלאכותיות והשילוב ביניהן<sup>[20]</sup>
- 47 **איור 16:** שימוש בשסתום מיוחד למניעת ערבול בספינות<sup>[21]</sup>
- 49 **איור 17:** קדיחת חורים בשובר גלים מאנגליה - באדיבות לואיז פירת' - פרויקט תזאוס

- 51 **איור 18:** שילוב מבנים דמויי בריכות גאות ושפל במסלעת הגנה חופית בהולנד
- 52 **איור 19:** דוגמאות לפתרונות של הגנה חופית באזור שפכי נחלים, בגישת Living Shorelines שיושמה בצפון קרוליה, ארה"ב
- 54 **איור 20:** דוגמה לחברת חי שהתפתחה על גיאופורם בים תיכון
- 56 **איור 21:** חתך בשובר גלים טיפוסים<sup>[24]</sup>
- 57 **איור 22:** דוגמה להשפעת שוברי גלים מנותקים על משטר זרימת הסדימנטים בחוף
- 59 **איור 23:** קדיחת חורים בשובר גלים מאנגליה - באדיבות לואיז פירת' - פרויקט תזאוס
- 60 **איור 24:** שילוב בריכות גאות ושפל מבטון אקולוגי במסלעה ימית בפארק גשר ברוקלין בניו יורק. תמונה באדיבות אקונקריט-טק בע"מ
- 61 **איור 25:** מתוך מצגת של החברה להגנת הטבע - טבע בטיילת נמל יפו
- 63 **איור 26:** דוגמה לתכנון "שוברי גלים חיים" בפרויקט Living Breakwaters בניו יורק, תמונה באדיבות SCAPE Landscape Architects
- 64 **איור 27:** דוגמה לתכנון איונים כחלק ממערך הגנה חופית בניו יורק. תמונה באדיבות WXY WEST 8

## 1. מבוא

### 1.1. כללי

המצוק החופי מהווה חלק אינטגרלי מקו החוף הישראלי. היות והמצוק בנוי ברובו ממסלע כורכר רך המתפורר בקלות המושפע מפעילות מכנית הן מגלי הים הן מנגר עלי, וכן מפעילות האדם, רצועת המצוק החופי הנה בעלת רגישות רבה.

על מנת לתת מענה ברמה ארצית לטיפול בהגנה על המצוק הוקמה החברה הממשלתית להגנת מצוקי חוף הים התיכון. חזון החברה הנו **מצוק חופי יציב, בטוח, ונגיש למשתמשים בסביבה החופית אשר תומך במערכת אקולוגית בריאה ומשגשגת, תוך שימור, שיקום וצמצום הפגיעה במגוון הביולוגי, בנוף ובערכי מורשת המאפיינים את מצוקי החוף והחופים בישראל בים וביבשה.**

מבנים חופיים ואמצעי הגנה למצוק החופי כמו קירות ים, דורבנות, ושוברי גלים מהווים התערבות מלאכותית בסביבת החוף והים הטבעית (איור 1). להתערבות זו, במקרים רבים, השלכות סביבתיות נרחבות הן בזמן והן במרחב. במקרים רבים תהליכים אלו משפיעים על המשטר המורכב-דינמי בסביבתם מה שגורם פעמים רבות לשינוי ברוחב רצועות החופים הממוקמים בסמיכות להם. נוצרת סחיפה/צבירה מואצת אשר חוסמות את הסעת הסדימנטים לאורך החוף. שינויים אלו יכולים לגרום לפגיעה ישירה ו/או עקיפה (זמנית או קבועה) בבתי גידול חופיים וימיים<sup>[2]</sup>.



איור 1

לאורך 45 ק"מ של קו החוף בים התיכון (מתוך 190 ק"מ חוף), בתחום שבין חדרה לאשקלון, קיים מצוק כורכר המהווה חייץ פיזי טבעי בין רצועת החוף לשטחים הנמצאים מזרחה לו. מצוק הכורכר החופי נמצא בתהליך התמוטטות ונסיגה מזרחה, כתוצאה משילוב של גורמים טבעיים ומעשה ידי אדם, שהמרכזיים בהם הינם: פעולת גלי הים על בוהן המצוק, כריית חול בעבר ושינויים בזרימות נגר עילי. המצוק נמצא בתהליך מתמיד של נסיגה ב-100 השנים האחרונות, כאשר שיעור הנסיגה הממוצע הוא כ-20 ס"מ בשנה<sup>[2]</sup>. כאשר בסופה אחת גדולה נצפתה התמוטטות של 8 מ'. ההתמודדות עם התמוטטות המצוק נחוצה בעיקר באזורים עירוניים בהם ישנה פעילות רבה בחופים של משתמשים וכן בינוי קיים בסמוך לגג המצוק, בהם קיימת סכנה לפגיעה בבני אדם וברכוש (איור 2).



איור 2

רגישות הסביבה החופית והתחרות ההולכת וגוברת בין שימושי הקרקע השונים במרחב זה, בשילוב שינויי אקלים גלובליים כמו עליית מפלס פני הים, מחייבים חשיבה מושכלת למציאת פתרונות להגנה על המצוק שיתנו מענה ליציבות המצוק ומניעת ההתמוטטות שלו תוך שמירה על בטיחות המשתמשים ושימושי הקרקע, התייחסות למעבר חופשי לציבור לאורך רצועת החוף ושמירה על תפקוד המערכת האקולוגית ושימור ערכי הטבע הייחודיים של המצוק וסביבתו.

בהתאם להוראת המועצה הארצית מיוני 2011, ובהתבסס על המלצות מסמך המדיניות והמלצות צוות היישום שבאו בעקבותיו ואושרו על ידי הממשלה, הוכנה תכנית מתאר ארצית חלקית ברמה מפורטת. תכנית תמ"א 9 13 א להגנות דחופות למקטעים ברמת סיכון גבוהה ודחופה, וכן תכנית מתאר ארצית כוללת למרחב המצוק תמ"א 13 שינוי 9 קובעות הנחיות להכנת תכניות מפורטות



להגנות על המצוק, לרבות קביעת הנחיות להכנת מסמכים סביבתיים נדרשים, והנחיות לאופן אישור תכניות בשטח רצועת הסיכון (שטח המצוי בסיכון ממזרח לגג המצוק).

התכנית מסווגת את מרחב המצוק החופי ל:

1. שטחים בהם ניתן לבצע הגנות ימיות והגנות יבשתיות.
2. שטחים בהם ניתן לבצע הגנות יבשתיות בלבד.
3. שטחים בהם יש לשמור ככל הניתן על המצוק במופעו הטבעי ללא התערבות בתהליכי התמוטטותו.

תמ"א 13 שינוי 9 א, חולק מרחב המצוק ל-39 תאי שטח ול-33 מהם הותאם סל פתרונות הגנה, כאשר בכל תא שטח רמת ההתערבות שונה בהתאם לאופי המצוק וסביבתו. התערבות הנדסית בסביבה החופית והימית, בכל רמה שהיא, מהווה הפרעה לבתי הגידול ולבעלי החיים השונים המאכלסים אותם, ועלולות להיות לה גם השלכות על אופי ומבנה החופים הסמוכים למרחב ההתערבות (איור 3).



איור 3

כחלק מהתמ"א הוכן מסמך המפרט שיטות אפשריות למיגון המצוק וטיפול בנגר עילי (נספח 4 לתמ"א 13 שינוי 9 א'). סל הפתרונות המוצע בתמ"א ומפורט בנספח 4 מתייחס להיבטים השונים של יציבות המצוק בהתאם לחלוקה של פרופיל המצוק:

1. בوهן המצוק – החלק התחתון של המצוק שבבסיסו נמצאת רצועת החוף, לעיתים חשוף לפעולת הגלים שגורמת לשחיקה וליצירת צנר.
2. מדרון – השטח הנטוי מעל בوهן המצוק עד גג המצוק הכולל גם את ראש המצוק.
3. גג המצוק – שטח המשתרע מראש המצוק עד 50 מ' מזרחה (איור 4).



איור 4: חתך אופייני במצוק החופי (מתוך נספח 4 לתמ"א 9 13 א').

## 1.2. הטמעת שיקולים אקולוגיים בהגנת המצוק החופי

### 1.2.1 רקע

נספח 4 לתמ"א מציג הסבר הנדסי לייצוב המצוק בהתאם לסל הפתרונות המוצע בתכנית. הנספח מפרט את השיטות והעקרונות ההנדסיים למיגון המצוק החופי של ישראל, ולטיפול בנגר העילי. הפתרונות מתבססים בעיקר על שיקולים הנדסיים ותפעוליים, ולמרות שקיימת התייחסות מסוימת לנושאים אקולוגיים בתוכנית המאושרת, היא ברובה כללית ולא מפורטת.

**ככל שמתעורר קונפליקט בין צרכים הנדסיים ו/או תכנוניים לשמירת ערכי טבע וסביבה, תהיה העדפה למניעת נזק סביבתי כלשהו ורק לאחר מכן, ובמידה ולא ניתן, מזעור הנזק הסביבתי באמצעות התערבות מושכלת.**

ככל שהמצב בשטח מאפשר זאת, יש להעדיף גישה המשמרת את המצב הטבעי בתא השטח. דוגמא לכך היא גישת ה Managed Retreat או Managed Realignment (איור 5) בה אזור החשוף לאנרגיית ים שבעבר כלל הגנה חופית קשה, מוחזר למצבו המקורי על ידי הסרת ההגנות, כאשר האוכלוסייה באזור מתאימה את עצמה ונסוגה לעורף על מנת לאפשר לים "לעשות את שלו" במקום להילחם בשחיקה<sup>[3]</sup>.





**Prior to Realignment**  
Coast defences present  
Little intertidal habitat



**Managed Realignment**  
Coastal defences breached  
Creation of intertidal habitat

איור 5: שימור המצב הטבעי בשטח לפי גישת Managed Realignment.

בהמשך לגישה זו, ככל שניתן (בהתחשב ברוחב רצועת החוף, עצמות גלים ושימושי קרקע באזור) ישנה נטייה במדינות רבות כמו הולנד, אנגליה וארה"ב לשלב הגנות רכות וכאלו המשלבות אלמנטים חיים כמו צמחיית גדה כגון Building with Nature | Living Shorelines ובכך לשמר פעילות ביולוגית ותווים טבעיים של קווי החוף (איור 6).



איור 6: דוגמאות להגנות חופיות רכות - הזנת חול בפרויקט פיילוט של Building with Nature בסקלה רחבה ביותר - Sand Motor בהולנד (ימין) ודוגמא של Living Shorelines מארה"ב.

בהקשר של פתרונות הגנה חופית ותשתיות בקו החוף ובים, בנייה אקולוגית יכולה לבוא לידי ביטוי הן בחומר התשתית, הן בעיצוב, והן באופן הבנייה/יישום הפתרון. לדוגמא, שימוש בחומרים שמחד גיסא אינם פוגעים בסביבה הימית (ללא שחיקה לחלקיקים או זליגה של חומרים מזהמים) ומאידך גיסא מאפשרים תנאים דומים ככל האפשר לאלו של מצע הבסיס בבתי הגידול טבעיים באזור. זאת, על מנת לעודד התפתחות חברת חי דומה ככל הניתן לזו הטיפוסית בבתי גידול טבעיים. נושא זה חשוב במיוחד במקרים בהם התערבות הנדסית כוללת מבנים מלאכותיים הנדסיים, אשר על פי רוב, עקב שילוב של עיצוב הומוגני ולא מורכב וחומרי תשתית הזרים לסביבה החופית מאוכלסים בעיקר על ידי מיני מטרד ומינים פולשים<sup>[6]</sup>. בהקשר זה ניתן להתייחס לפרמטרים כמו רעילות, ערך ההגבה (pH) ושחיקת המצע, מידת החספוס והנקבוביות שלו. מבחינת עיצוב ותכנון לעומת זאת, בנייה אקולוגית מתייחסת למשל להגברת המורכבות המבנית של התשתית, כך שתוכל להציע נישות ביולוגיות שונות ותקנה שירותי מערכת כמו מחסה, מרעה או אזורי קינון/רבייה. לדוגמא, בנייה המשלבת שיפועים שונים (לא רק אלמנטים ורטיקליים המאוד אופייניים לתשתיות חופיות וימיות) המגדילים את שטח המגע בין המבנה למים בתנאי גאות ושפל וגלים, מגדילה את מגוון בתי הגידול הזמינים להתיישבות ומקלה על אורגניזמים שונים להתיישב<sup>[7]</sup>, מעודדת התיישבות של מינים מקומיים ומפחיתה את הדומיננטיות של מינים פולשים.

דוגמאות להטמעת שיקולים אקולוגיים בתכנון תשתיות ים וחוף ניתן למצוא ברחבי העולם (איור 7), למשל: קיר הים המחודש בחוף סיאטל בארה"ב, הכולל פאנלים מעוצבים בעלי מורכבות גבוהה שהוכחו כיעילים בהרחבת מגוון המינים באזור<sup>[8]</sup>; או מיזם Designing the Edge בהארלם<sup>[1]</sup>, שם שולבו ברכות סלע המהוות בית גידול עשיר בתכנון רום קיר הים; ובבריטניה, שם נבחנו שיטות בנייה המדמות באופן קרוב יותר את מורכבות בתי הגידול הטבעיים<sup>[5]</sup> על תשתיות שוברי גלים מאבן ובטון. בנוסף, ניתן לראות כי בשנים האחרונות ניתן יותר משקל ומחשבה לשימוש בחומרים אשר מפחיתים השפעות שליליות על הסביבה ומעודדים התפתחות חברות חי וצומח עשירות<sup>[4, 9]</sup>.



איור 7: דוגמאות מרחבי העולם לשילוב חשיבה אקולוגית בתכנון ובבנייה של אזורים חופיים.  
 [א] שילוב בריכות גאות בקיר הים הקיים בסידני, אוסטרליה;  
 [ב] שילוב בריכות גאות בחזית נהר הארלם, ניו יורק<sup>[1]</sup>;  
 [ג] פרויקט חזית הים בסיאטל. עיצוב קיר ים בעל מורכבות גבוהה;  
 [ד] פרויקט הגנה על עמודי מזחים בפארק גשר ברוקלין, ניו יורק. שימוש ב-ECOConcrete<sup>®</sup>, בטון אקולוגי המעודד התיישבות בע"ח ימיים<sup>[10]</sup>;  
 [ה] שינוי מורכבות פני השטח של סלעים רגילים ע"י קדיחת חורים האוגרים מים ויוצרים נישות אקולוגיות<sup>[11]</sup>.

חברות חי חופיות וימיות הכוללות מינים מהנדסים (ecosystem engineers) ומינים היוצרים בתי גידול (habitat forming species) כמו צדפות, בלוטי ים, תולעי צינור ועוד, אשר משקיעים שלד גירני על המצע, פרט לערכם האקולוגי אף תורמים לחוזק ועמידות המבנה<sup>[12, 13]</sup>. מחקרים חדשים מראים שהגנה ביולוגית (Bioprotection) של חי וצומח חופי וימי מהווה דבק ביולוגי המעגן את יחידות המבנה של התשתית זו לזו, מגן מפני שחיקה של גלים וחול ואף ממתנת שינויים קיצוניים בטמפרטורה (יום/לילה) וחשיפה לקרינה אשר עלולים לגרום לסדיקה מבנית עם הזמן<sup>[9, 14, 15]</sup>. הגדילה הביולוגית של בעלי חיים וצמחים המשקיעים שלד גירני אף מגדילה את היכולת של המבנה להסתגל לשינויי אקלים גלובליים כגון עלייה בעוצמת/ תדירות סערות ועליית מפלס פני הים. על כן, ההגברה הביולוגית של תשתיות, מציעה הן יתרונות אקולוגיים והן יתרונות מבניים, ולכך עשויות גם להיות השלכות כלכליות חיוביות בהקשר של הקטנת הצורך בתחזוקה מבנית לאורך זמן.



## 1.2.2 שימוש בארגז הכלים האקולוגי

הטמעת רגישות אקולוגית בפרויקטים של פיתוח והגנה חופית דורשת הן בחינה של בחירת שיטת ההתערבות, האופי ההנדסי של הפתרונות (במידה שנדרשת התערבות הנדסית) והן התייחסות לאופן הביצוע של ההגנה שנבחרה. על מנת לתת מענה כולל לנושא, יש לעקוב אחר הנחיות במסמך זה וכן בשני מסמכים משלימים (איור 8):

### A. מטריצת ניהול אקולוגי לתאי השטח:

על מנת להגיע לתוצאות מיטביות, ולמזער השפעות סביבתיות, חייבת להיות הלימה בין המצב בתא השטח (אופי הסביבה החופית, מגוון ופיזור בתי הגידול השונים בתא השטח, רמת הרגישות שלהם וכדומה) לבין אופן הפעילות הנדרשת בגזרה. לדוגמא, במידה שבאפיון תא השטח מופו בתי גידול רגישים בעלי ערכיות גבוהה, יש לפעול על מנת לשמר את בתי הגידול הללו ולמצוא במידת הצורך פתרונות חלופיים לפעילות/בנייה באתר. מטריצת ניהול תאי השטח (נספח א) מתווה הנחיות בהקשר זה.

### B. ארגז הכלים האקולוגי (מסמך זה):

במידה שהוחלט, לאחר השימוש במטריצת הניהול האקולוגי, כי נדרשת התערבות הנדסית כלשהי למתן פתרון לבעיית יציבות המצוק בתא השטח, השלב הבא הוא "מה עושים?". באם ההתערבות ההנדסית כוללת בניית הגנות חופיות (כמו קירות ים או מסלעות) או התערבות שאינה כוללת בנייה "קשיחה" (כגון מיתון מדרון, או הזנת חול), יש לפעול להקטנת טביעת הרגל האקולוגית של ההתערבות הנדרשת באתר. במידת האפשר, ובהתחשב בתנאי בית הגידול המקוריים באתר, יש לשאוף להגברה אקולוגית של תשתיות כחלק מתכנון וביצוע הפרויקט וכן לפעול ככל הניתן לשיפור יכולת השיקום של המערכת האקולוגית מההפרעה. ארגז הכלים האקולוגי נועד לתת קווים מנחים לנושאים אלו, באופן ספציפי לכל פתרון מסל הפתרונות המוצע בנספח 4 לתמ"א. ההנחיות, כמו נספח 4, מאורגנות בהתאם לחלוקה של פרופיל המצוק ומציגות את עקרונות התכנון הסטנדרטיים, בעיות אקולוגיות ומרכזת פתרונות אקולוגיים בהתייחס לאופן בניית ההגנות, חומרי בנייה, טכנולוגיות חדשניות, עיצוב אקולוגי וכן פתרונות משלימים/חלופיים במידה שקיימים. הפתרונות האקולוגיים, החלופות, הדגשים לתכנון מפורט וביצוע, המפרטים, וההנחיות הסביבתיות הניתנים במסמך זה לחלופות השונות מתבססים על סקירה ספרותית מהארץ והעולם (מאמרים אקדמיים, דוחות רשמיים וטכנולוגיות סביבתיות קיימות) ונסמכים על התייעצות עם מהנדסים ימיים מהארץ ומחו"ל. כמו כן, תוקף העקרונות והטכנולוגיות המפורטים, הינו ל-5 שנים מיום פרסום מסמך זה ויש לעדכן בצמוד לעדכון התמ"א. ההנחיות מתבססות בין השאר על דוח מצב קיים במסגרת תמ"א 13 שינוי 9 א- הגנות המצוק החופי - ביולוגיה ימית - בתי גידול בחוף הים הישראלי<sup>[16]</sup>.

### C. המדריך הניהולי:

השלב האחרון הינו "איך עושים?" באופן בלתי תלוי לסוג הפתרון הנבחר/המתאים לתא השטח, יש להטמיע שיקולים אקולוגיים בהתנהלות באתר, הן במהלך, והן בתום ביצוע עבודות בשטח. בהקשר זה יש לפעול למזעור נזקים במהלך העבודות, התייחסות למיקום ואופן הקמת מחנה קבלן, דרכי גישה, תזמון פעילות, קווים אדומים להתערבות בתא השטח, מניעת זיהומים ועוד. נושאים אלו מפורטים במדריך הניהולי אשר מהווה מסמך משלים לארגז הכלים. לפיכך בעת הפקת הנחיות/מכרז לתא שטח מסוים או לצרכי מיגון של אתר כלשהו במצוק החופי יש להטמיע הן הנחיות ספציפיות לפתרונות רלוונטיים מארגז הכלים, והן הנחיות התנהלות מהמדריך הניהולי.

#### מטריצת ניהול אקולוגי

סנכרון בין הפתרונות המוצעים לרגישות האקולוגית בתא השטח



#### ארגז הכלים האקולוגי - "מה עושים?"

באילו צעדים עלי לנקוט בשלב התכנון על מנת לצמצם עד כמה שניתן את ההשפעות האקולוגיות של הפיתרון המיושם



#### מדריך ניהולי - "איך עושים?"

כיצד ניתן להטמיע שיקולים אקולוגיים בעבודות עצמן ובהתנהלות באתר העבודות

איור 8: תהליך התכנון והעבודה בתא שטח.

## 2. הנחיות אקולוגיות לסל הפתרונות

מעבר להנחיות הפרטניות לכל פתרון מוצע המפורטות בהמשך, ישנן מספר הנחיות כלליות המתייחסות לכלל מקטעי המצוק והפתרונות המוצעים:

**א. תזמון העבודות** – יש להימנע ככל הניתן מביצוע עבודות באזור בוהן המצוק בזמן עונת ההטלה של צבות הים (מאי – אוגוסט) ובקיעת הצבים הצעירים (אבקועים; אוגוסט – אמצע אוקטובר); ובאזור גג ועורף המצוק במהלך החורף והאביב (תחילת דצמבר – סוף אפריל) במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.

**ב. מסגרת הזמן של הפתרון** – בעת תכנון של פתרונות הגנה כמו שוברי גלים וקירות ים המהונדסים לאורך חיים של 50 ואף 100 שנה, יש לכלול בתכנון את נושא עליית מפלס הים.

**ג. ניטור והיזון חוזר** – כל סוג הגנה (זמנית או קבועה), יש לנטר באופן קבוע למשך 10 שנים לפחות (אלא אם הוסרה ההגנה לפני כן) וכן לאחר אירועי קיצון. הניטור ישמש ללמידה והפקת לקחים. ניטור זה יבוצע בנפרד מתכנית הניטור של החברה הממשלתית.

**ד. הדרגתיות ביישום הפתרונות** – בעיקר בתאי שטח בהם ישנם מספר פתרונות משולבים, או תאי שטח שונים בעלי סל פתרונות זהה. יש צורך בשלביות בביצוע ההגנות על מנת לאפשר איסוף נתונים, למידה והפקת לקחים להמשך (בהסתמך ובשילוב תכנית הניטור).

עיקרי ההנחיות האקולוגיות לכל פתרון בסל הפתרונות שבנספח 4 לתמ"א מרוכזים בטבלה 1. הטבלה מכילה הפנייה פעילה לעמוד המתאים במסמך זה, בו מפורטים לגבי כל פתרון:

- א. עקרונות התכנון.
- ב. בעיות אקולוגיות עיקריות.
- ג. הנחיות אקולוגיות לפתרון.
- ד. פתרונות חלופיים/ משלימים.

**היות והמסמך בנוי כך שניתן יהיה לפנות לפתרון נדרש מסוים ולקבל מענה מלא להנחיות אקולוגיות, קיימת חזרתיות במסמך. לפיכך, אין צורך לעבור על המסמך באופן רציף אלא לפנות לפרק המתאים לפתרון הרלוונטי.**



**טבלה 1:** עיקרי ההנחיות האקולוגיות לכלל הפתרונות שאושרו בתמ"א 13 תיקון 9'א' בהתייחס הן לרמת החומרים שימשו לבנית הפתרון, והן לעיצוב / מיקום הפתרון. פירוט ההנחיות לפתרונות בסעיפים הרלוונטיים במסמך.

**שימו לב! הטבלה מקושרת – נגיעה בכותרת הפתרון (מימין, בכחול) מובילה לסעיף המתאים במסמך.**

דגשים אקולוגיים	פתרון מוצע בתמ"א
<b>בוהן המצוק ללא פעילות גלים</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>בשטחים טבעיים שרגישותם האקולוגית בינונית עד גבוהה, הטיפול במדרון ייעשה בין ראשית הקיץ לחורף (מאי עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה;</li> <li>באזורים חוליים בבוהן המצוק המשמשים כאזורי הטלה לנקבות צבי ים יש לבצע את העבודות בחודשים נובמבר עד אפריל בלבד, בתיאום עם רט"ג.</li> <li>יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך 3-5 שנים מתום עבודות השיקום, ולסלקה.</li> <li>יש לוודא כי אין פגיעה בערכי טבע ובמינים נדירים בשטח שבו מתבצע מיתון המדרון;</li> <li>במידה שיש במדרון ערכי טבע מוגנים, יש לתאם זאת עם רשות הטבע והגנים, על-פי חוק, ובמידת האפשר, לאסוף זרעים או להעתיק גאופיטים אל המדרון החדש במסגרת שיקומו האקולוגי והנופי.</li> <li>לייצוב המדרון לאחר מיתונו מומלץ להשתמש בצמחייה מקומית ע"י זריעה או שתילה.</li> </ul>	<p><a href="#">מיתון מדרון בשיפוע 30° עד 38°, המגיע עד מפלס החוף</a></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ככלל, יש להעדיף גדר רשת המאפשרת מעבר של בעלי-חיים קטנים, על-פני גדר בטון היוצרת חסימה וקיטוע ניכרים.</li> <li>באזורים חוליים המשמשים כאזורי הטלה לנקבות צבי ים יש לבצע את העבודות בחודשים נובמבר עד אפריל בלבד, בתיאום עם רט"ג.</li> <li>בגדר בטון, יש להימנע מקירות אנכיים לחלוטין, ובמקום זאת יש לשלב שיפועים או מדרגות.</li> </ul>	<p><a href="#">הגנה כנגד גושי סלע נופלים כמו: גדר רשת להרחקת קהל, גדר בטון</a></p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• באזורים חוליים המשמשים כאזורי הטלה לנקבות צבי ים יש לבצע את העבודות בחודשים נובמבר עד אפריל בלבד, בתיאום עם רט"ג.</li> <li>• יש להימנע מקירות אנכיים לחלוטין, ובמקום זאת יש לשלב שיפועים או מדרגות.</li> <li>• יש לבחור בעיצוב ובחומרים התומכים בהתיישבות של בעלי חיים חופיים.</li> </ul>	<p><a href="#">מבנים תומכים רגילים כמו: קירות כובד, קירות מבטון מזוין, קירות בשיטת הקרקע המשורינת, מסלעות</a></p>
<p><b>בוהן המצוק כאשר ישנה פעילות גלים</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• הימנעות מוחלטת מהנחת מבנים תומכים כלשהם על גבי מצעים טבעיים קשים או על מצעים רכים בעלי חשיבות אקולוגית.</li> <li>• שימוש ו/או שילוב חומרים המעודדים התיישבות חי וצומח ימי וחופי טיפוסי לאזורנו: כורכר, ביץ' רוק, בטון אקולוגי.</li> <li>• הימנעות מבנייה אנכית לחלוטין. שילוב שיפועים / מדרגים.</li> <li>• עיצוב המאפשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים (מצעים עם פני שטח מורכבים, שילוב חורים, ואלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע טבעיות).</li> <li>• שימוש בסלעים בגדלים שונים במסלעות.</li> </ul>	<p><a href="#">מבנים תומכים כגון: קירות כובד, קירות מבטון מזוין, קירות בשיטת הקרקע המשורינת, מסלעות</a></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• הימנעות מוחלטת מהנחת מבנים תומכים כלשהם על גבי מצעים טבעיים קשים או על מצעים רכים בעלי חשיבות אקולוגית.</li> <li>• עיצוב המאפשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים (מצעים עם פני שטח מורכבים, שילוב חורים, ואלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע טבעיות).</li> <li>• הימנעות מבנייה אנכית לחלוטין. שילוב שיפועים / מדרגים.</li> <li>• שימוש ו/או שילוב חומרים המעודדים התיישבות חי וצומח ימי (בטון אקולוגי).</li> </ul>	<p><a href="#">מבנה תומך מבטון מזוין – ביסוס עמוק</a></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• הימנעות מוחלטת מהנחת מבנים תומכים כלשהם על גבי מצעים טבעיים קשים או על מצעים רכים בעלי חשיבות אקולוגית.</li> <li>• יצירת מערום שקי חול / ערימות חול קטנות ככל הניתן.</li> <li>• שימוש בחול / חומר נקי הדומה, ככל האפשר, מבחינה מינרלית ומבחינת גודל הגרגר לנמצא בתא השטח.</li> <li>• שימוש בסלעים בגדלים שונים במסלעות.</li> <li>• שימוש ו/או שילוב חומרים המעודדים התיישבות חי וצומח ימי (בטון אקולוגי).</li> </ul>	<p><a href="#">מבנים תומכים זמניים ופריקים כגון: שקי חול, ערימות חול, מבנים טרומיים יבילים כדוגמת ניו גרזי, חומר גס ימי, גושי סלע גדולים</a></p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• הימנעות מוחלטת מהנחת חול על גבי מצעים טבעיים קשים או על מצעים רכים בעלי חשיבות אקולוגית וכן בטווח הקטן מ-50 מטר מבתי גידול כאלו.</li> <li>• שימוש בחול / חומר נקי הדומה, ככל האפשר, מבחינה מינרלית ומבחינת גודל הגרגר לנמצא בתא השטח.</li> <li>• אין להשתמש בחול / חומר גס המכיל מינים פולשים.</li> <li>• ככל הניתן יש להימנע מהעברת חול יבשתית בתדירות גבוהה.</li> </ul>	<p><u>העברת חול יבשתית</u></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• הימנעות מוחלטת מהנחת חול על גבי מצעים טבעיים קשים או על מצעים רכים בעלי חשיבות אקולוגית וכן בטווח הקטן מ-50 מטר מבתי גידול כאלו.</li> <li>• שימוש בחול / חומר נקי הדומה או עבה יותר מבחינה מינרלית ומבחינת גודל הגרגר לנמצא בתא השטח.</li> <li>• אין להשתמש בחול המכיל מינים פולשים.</li> <li>• ככל הניתן, וזאת בהתאם להתייעצות עם מהנדסים, יש עדיפות לביצוע הזנת חול שתאפשר יציבות לאורך זמן ומניעה של הזנות חוזרות.</li> <li>• יש לדאוג למזעור נזקים בתהליך שאיבת החול בהקשר של מניעת פגיעה בצבי ים, הגנה על דולפינים, ציפורים, מזעור הרחפת חול והשארת אזורים לא מופרים בשטח החפירה לעידוד התאוששות החי בחול.</li> </ul>	<p><u>הזנת חול</u></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• הימנעות מוחלטת מהנחת מבנים תומכים כלשהם על גבי מצעים טבעיים קשים או על מצעים רכים בעלי חשיבות אקולוגית.</li> <li>• שימוש ו/או שילוב חומרים המעודדים התיישבות חי וצומח ימי וחופי טיפוסי לאזורנו: כורכר, ביץ' רוק, בטון אקולוגי.</li> <li>• שילוב שיפועים / מדרגים במערך הסלעים.</li> <li>• עיצוב המאפשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים (מצעים עם פני שטח מורכבים, שילוב חורים, ואלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע טבעיות).</li> <li>• שימוש בסלעים בגדלים שונים.</li> </ul>	<p><u>הוספת סלעים בים</u></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• הימנעות מוחלטת מהנחת גיאוטיוב על גבי מצעים טבעיים קשים או על מצעים רכים בעלי חשיבות אקולוגית.</li> <li>• שימוש במודלים לקביעת מיקום הגיאוטיוב להגנה מיטבית תוך שמירה על החול והגנה על רצועת חוף יציבה תוך הימנעות מכיסוי/קבירה של מצעים קשים סמוכים.</li> <li>• יש לוודא שפעולת חפירת החול למילוי הגיאוטיוב לא תפגע בערכי טבע.</li> <li>• שימוש בחול נקי עדיף ממקור מקומי.</li> <li>• עיצוב המאפשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים – הגברת מורכבות מבנית של המבנה.</li> </ul>	<p><u>גיאוטיוב מטובע</u></p>



שוברי גלים

- הימנעות מוחלטת מהנחת שוברי גלים על גבי מצעים טבעיים קשים או על מצעים רכים בעלי חשיבות אקולוגית.
- שימוש במודלים לקביעת מיקום הגיאוטיוב להגנה מיטבית תוך שמירה על החול והגנה על רצועת חוף יציבה תוך הימנעות מכיסוי/קבירה של מצעים קשים סמוכים.
- שימוש ו/או שילוב חומרים המעודדים התיישבות חי וצומח ימי וחופי טיפוסי לאזורנו: כורכר, ביץ' רוק, בטון אקולוגי.
- שילוב שיפועים / מדרגים שונים בשוברים.
- עיצוב המאפשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים (מצעים עם פני שטח מורכבים, שילוב חורים, ואלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע טבעיות).
- שימוש בסלעים בגדלים שונים.
- שילוב בתי גידול לעופות ים במבנה.

**מדרון מתון בשיפוע של 30° עד 38°**

מדרון לא מיוצב

- ככלל, אין לטפל במדרון מיוצב ששיפועו מתון מ-30° אלא אם יש בו בעיות בטיחות נקודתיות, שיטופלו בנפרד, לפי המפורט בהמשך.

ייצוב המדרון באמצעות צמחייה

- השימוש בצמחייה ייעשה מתוך רשימת מפתח של צמחיית בר האופיינית לאזור בהתאם לממצאי הסקרים האקולוגיים ברצועת החוף ובתיאום עם אקולוג המלווה את התכנית.
- יש להעדיף מינים עמידים למליחות גבוהה בשטחים המושפעים מרסס הים.
- בבחירת הצמחייה יושם דגש על מינים רב-שנתיים הכוללים עשבוניים, גאופיטים, בני-שיח ושיחים, ששורשיהם תורמים ליציבות המדרון. ניתן לשלב מינים חד-שנתיים מקומיים בעלי פריחה אטרקטיבית המחזקים את המופע הנוכחי ומזרזים את ייצוב המדרון.
- איסוף זרעים של מיני צמחים מוגנים לצורך זריעתם או שתילתם מחייבת קבלת היתר מרשות הטבע והגנים.
- יש להימנע משימוש במיני צמחים גרים או פולשים.
- פתרון זה מחייב השקיה עד להתייצבות המדרון.
- יש לעקור או להדביר מיני צמחים גרים או פולשים הגדלים כיום בשטחים שרגישותם האקולוגית בינונית עד גבוהה. פעולה זו תיעשה לפני הזריעה והשתילה, וכן בהמשך, כחלק מהתחזוקה השוטפת של המדרון.
- להאצת תהליך ייצוב המדרון באמצעות צמחייה, מומלץ לזרוע בהתזה בשילוב עם שתילת פלגים של המינים הרב-שנתיים.
- ההשקיה תיעשה באמצעות טפטפות ו/או מתזים, בשעות הלילה או מוקדם בבוקר, לצמצום איבוד מים באידוי.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• השימוש בצמחייה ייעשה מתוך רשימת מפתח של צמחיית בר האופיינית לאזור בהתאם לממצאי הסקרים האקולוגיים ברצועת החוף ובתיאום עם אקולוג המלווה את התכנית.</li> <li>• יש להעדיף מינים עמידים למליחות גבוהה בשטחים המושפעים מרסס הים.</li> <li>• בבחירת הצמחייה יושם דגש על מינים רב-שנתיים הכוללים עשבונים, גאופיטים, בני-שיח ושיחים, ששורשיהם תורמים ליציבות המדרון. ניתן לשלב מינים חד-שנתיים מקומיים בעלי פריחה אטרקטיבית המחזקים את המופע הנופי ומזרזים את ייצוב המדרון.</li> <li>• איסוף זרעים של מיני צמחים מוגנים לצורך זריעתם או שתילתם מחייבת קבלת היתר מרשות הטבע והגנים.</li> <li>• יש להימנע משימוש במיני צמחים גרים או פולשים.</li> <li>• יש לעקור או להדביר מיני צמחים גרים או פולשים הגדלים כיום בשטחים שרגישותם האקולוגית בינונית עד גבוהה. פעולה זו תיעשה לפני הזריעה והשתילה, וכן בהמשך, כחלק מהתחזוקה השוטפת של המדרון.</li> <li>• להאצת תהליך ייצוב המדרון באמצעות צמחייה, מומלץ לזרוע בהתזה בשילוב עם שתילת פלגים של המינים הרב-שנתיים.</li> <li>• ההשקיה תיעשה באמצעות טפטפות ו/או מתזים, בשעות הלילה או מוקדם בבוקר, לצמצום איבוד מים באידוי.</li> </ul>	<p><a href="#">ייצוב המדרון עם צמחייה ורשתות ייצוב כמו: רשתות פולימרות קבועות/ שילוב כוורות גאוקו/ קוקוס וכדומה או רשתות מתכלות</a></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ככל האפשר כל נגר יופנה מזרחה ולא למדרון.</li> <li>• ייעשה שימוש במצעים עם פני שטח מורכבים: חומר תשתית המדמה רמת מורכבות המאפיינת מצע טבעי כמו כורכר מהודק ואבן. העדפת חומרים עם פני שטח שאינם חלקים ואחידים אלא משלבים חריצים/חורים/חספוס ושילוב בלטים ומגרעות ליצירת בתי גידול חשופים ומוצלים לסירוגין. לדוגמא, בטון עם פיגמנטים בגוון הסלע המקומי עם טקסטורה/פני שטח מעוצבים.</li> <li>• מורכבות פני השטח צריכה לכלול חריצים/חספוס בטווח עומקים של 0.5 עד 2 ס"מ.</li> <li>• השיטה דורשת איתור שקעים מקומיים בראש המצוק והתקנת המגלשים לאורך המדרון באופן שתהיה קליטת מי הנגר מראש המצוק והולכה מרוכזת שלהם על גבי משטח יציב.</li> <li>• יש להימנע משימוש בגביונים לצורך הסדרת מגלשים וערוצי ניקוז מאחר שהם יוצרים חיץ לתנועת בעלי חיים קטנים.</li> </ul>	<p><a href="#">התקנת מגלשים בנקודות שונות לאורכו של המדרון (שיהיה עשוי מאחד מאותם אמצעי ייצוב הקיימים בשוק, או מגלש קשיח עשוי בטון/ אבן וכדומה).</a></p>

מדרון בשיפוע חריף מעל 40°	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• הימנעות מכיסוי רצוף של כל המדרון - השארת רצועות אופקיות עם קרקע מקומית (ברמות/טראסות) בשיפוע מתון עם ייצוב צמחי;</li> <li>• שילוב חורים לשתילת צמחייה מקומית רב-שנתית (שיחים, בני-שיח, עשבוניים וכו');</li> <li>• הוספת פיגמנט צבע לבטון בגוון דומה לקרקע ולמסלע המקומיים.</li> </ul>	<p><a href="#">מערכת של מסמרי קרקע + ציפוי בבטון מזויין; מותז או יצוק</a></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• יש להימנע מביצוע של מובלים היוצאים בדופן המצוק.</li> <li>• ביטול מוצאים קיימים, תוך הפניית הנגר המוזרם בהם כיום אל יעד אחר.</li> </ul>	<p><a href="#">מוצאי ניקוז לדופן המצוק – מוצאי ניקוז ממערכת האיסוף התת-קרקעית העירונית שבמוצאם משוחרר נגר אל דופן המדרון</a></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• חיפוי הבטון בשברי אבן מקומית או במשטחים תעשייתיים דמויי כורכר המוטבעים בבטון.</li> <li>• הוספת פיגמנט צבע לבטון בגוון דומה לקרקע ולמסלע המקומיים.</li> <li>• יצירת חספוס גס המאפשר תנועת בעלי-חיים על גבי המגלש.</li> </ul>	<p><a href="#">מוצאי ניקוז בדופן המדרון - התקנת מגלש (כמפורט לעיל) בתחתית מוצא הניקוז</a></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• חיפוי הבטון בשברי אבן מקומית או במשטחים תעשייתיים דמויי כורכר המוטבעים בבטון.</li> <li>• הוספת פיגמנט צבע לבטון בגוון דומה לקרקע ולמסלע המקומיים.</li> <li>• יצירת חספוס גס המאפשר תנועת בעלי-חיים על גבי המגלש.</li> <li>• הוספת חורים אופקיים בקוטר כ-12 ס"מ, בדומה לחורי ניקוז, על מנת לעודד קינון שרקרקים או מיני עופות וזוחלים נוספים. החורים יגיעו עד הקרקע הטבעית. החורים יהיו בצפיפות של 5 חורים ל-10 מ' אורך קיר, בגבהים משתנים.</li> </ul>	<p><a href="#">מבנה תומך כמו: קיר כובד, קיר בשיטת הקרקע המשוריינת, קיר כלונסאות</a></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• אין לבצע זאת בחופים שאינם מיועדים לקליטת קהל. במידת הצורך, ניתן להציב שלטי אזהרה האוסרים על התקרבות למדרון, ו/או להציב גדר על החוף בסמוך לבסיס המדרון.</li> <li>• אין לסלק את גושי הסלע לאחר הפלתם לחוף, כדי שניתן יהיה לנצלם כשוברי אנרגיית הגלים, ובכך לצמצם את המשך הפגיעה בבוהן המצוק.</li> </ul>	<p><a href="#">הסרת גושי סלע רופפים</a></p>

גג המצוק	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• בשטחים טבעיים וברמת הפרה נמוכה עד בינונית, הטיפול בגג המצוק ייעשה בין סוף האביב לחורף (אפריל עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.</li> <li>• בתום ההסדרה יש לבצע שיקום נופי ואקולוגי של השטח על מנת להשיבו למצבו הטבעי.</li> <li>• יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך 3-5 שנים מתום עבודות השיקום, ולסלקה.</li> </ul>	<p><a href="#">הסדרת רצועת השטח הצמודה לראש המצוק – לצורך מניעת הגעת נגר עילי למצוק עצמו</a></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• בשטחים טבעיים שרגישותם האקולוגית בינונית או גבוהה, הטיפול בגג המצוק ייעשה בין סוף האביב לחורף (אפריל עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.</li> <li>• יש לוודא כי אין פגיעה בערכי טבע ובמינים נדירים בשטח שבו מתבצע המילוי.</li> <li>• במידה שיש בגג המצוק ערכי טבע מוגנים, יש לתאם זאת עם רשות הטבע והגנים, על-פי חוק, ובמידת האפשר, לאסוף זרעים או להעתיק גאופיטים אל המשטח החדש במסגרת שיקומו האקולוגי והנופי.</li> <li>• יש להקפיד כי האדמה המובאת אל ראש המצוק דומה במאפייניה לאדמת גג המצוק, וכי היא נקייה מזרעים של צמחים פולשים.</li> <li>• בתום ההסדרה יש לבצע שיקום נופי ואקולוגי של השטח על מנת להשיבו למצבו הטבעי.</li> <li>• יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך 3-5 שנים מתום עבודות השיקום, ולסלקה.</li> </ul>	<p><a href="#">עבודות עפר להסדרת המשטח שבראש המצוק (באזור הסמוך לשפתו)</a></p>



[עבודות עפר להסדרת המשטח שבראש המצוק – בשילוב עם קיר במקומות שבהם מתוכנן קיר בחלקו העילי של המדרון](#)

- פתרון זה אינו מומלץ בשטחים טבעיים, ומוצע ליישמו רק בשטח עירוני שרגישותו האקולוגית נמוכה.
- בשטחים טבעיים שרגישותם האקולוגית בינונית או גבוהה, הטיפול בגג המצוק ייעשה בין סוף האביב לחורף (אפריל עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.
- יש לוודא כי אין פגיעה בערכי טבע ובמינים נדירים בשטח שבו מתבצע המילוי.
- במידה שיש בגג המצוק ערכי טבע מוגנים, יש לתאם זאת עם רשות הטבע והגנים, על-פי חוק, ובמידת האפשר, לאסוף זרעים או להעתיק גאופיטים אל המשטח החדש במסגרת שיקומו האקולוגי והנופי.
- יש להקפיד כי האדמה המובאת אל ראש המצוק דומה במאפייניה לאדמת גג המצוק, וכי היא נקייה מזרעים של צמחים פולשים.
- בתום ההסדרה יש לבצע שיקום נופי ואקולוגי של השטח על מנת להשיבו למצבו הטבעי.
- יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך 3-5 שנים מתום עבודות השיקום, ולסלקה.

[התקנת תלולית עפר בשילוב עם תעלה לאורכה – בראש המצוק](#)

- פתרון זה אינו מומלץ בשטחים טבעיים, ומומלץ ליישמו רק בשטח עירוני שרגישותו האקולוגית נמוכה ורצועת גג המצוק צרה מכדי לאפשר פתרון אחר.
- בשטחים טבעיים שרגישותם האקולוגית בינונית או גבוהה, הטיפול בגג המצוק ייעשה בין סוף האביב לחורף (אפריל עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.
- יש לוודא כי אין פגיעה בערכי טבע ובמינים נדירים בשטח שבו מתבצע המילוי.
- במידה שיש בגג המצוק ערכי טבע מוגנים, יש לתאם זאת עם רשות הטבע והגנים, על-פי חוק, ובמידת האפשר, לאסוף זרעים או להעתיק גאופיטים אל המשטח החדש במסגרת שיקומו האקולוגי והנופי.
- יש להקפיד כי האדמה המובאת אל ראש המצוק דומה במאפייניה לאדמת גג המצוק, וכי היא נקייה מזרעים של צמחים פולשים.
- בתום ההסדרה יש לבצע שיקום נופי ואקולוגי של השטח על מנת להשיבו למצבו הטבעי.
- יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך 3-5 שנים מתום עבודות השיקום, ולסלקה.

### 3. מיגון בוחן המצוק

החלק התחתון של המצוק שבבסיסו נמצא בקו רצועת החוף, לעיתים חשוף לפעולת הגלים שגורמת ליצירת צנור שגורם להתמוטטות החלק של המדרון שמעליו, מה שמגביר את הבליה של המצוק. אזור זה מהווה את התפר בין המצוק לחוף / ים.

**תזמון פעילות:** היות ושטחי בוחן המצוק נושקים או כוללים אזורים חוליים העשויים לשמש כאזורי הטלה לנקבות צבי ים יש לתכנן ככל האפשר את ביצוע העבודות (מכל סוג שהוא) בחודשים נובמבר עד אפריל בלבד, כאשר ביצוע הגנה כלשהי תתואם מול רט"ג.

**!** לפני יישום פתרון קשה (קבוע) יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע סופית כי אין חלופה זמנית שוות ערך.

#### 3.1. הגנות באזור ללא פעילות גלי ים על בוחן המצוק

##### 3.1.1 מדרון מתון בשיפוע $30^\circ$ עד $38^\circ$ , המגיע עד מכלס החוף

###### עקרונות תכנון:

נדרש ייצוב של פני המדרון לאחר מיתונו על מנת למנוע ארוזיה. למיתון המדרון נדרש שטח ברצועת החוף ו/או בראש המדרון.

###### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **אבדן בית-גידול בחוף:** הצרת רצועת החול גורמת לאבדן בית הגידול החולי בחוף, המאכלס מינים בעלי חשיבות אקולוגית כמו הסרטן חולון החוף, וכן מהווה אזור הטלה לצבות הים.
- **כגיעה בבית גידול במדרון ובראשו:** בשל עבודות העפר הכרוכות בשינוי שיפוע המדרון וראשו.
- **כגיעה בצמחייה מקומית:** על גבי המדרון גדלה צמחייה אופיינית לחוף ים ולחגורת הרסס. עבודות למיתון המדרון ולייצובו עלולות לפגוע בצמחייה זו.
- **החלפת צמחיית בר במינים גרים ופולשים:** עבודות עפר גורמות להפרה של פני השטח ויוצרות תנאים נוחים לחדירת מיני צמחים פולשים תוך גרימת נזקים אקולוגיים ניכרים.

• **הקטנת מגוון המינים בשל פגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, פגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקרקים בשל מיתון מדרונות תלולים בהם הם מקננים. יצירת מדרון הומוגני באופיו תומך בעושר מינים מצומצם יחסית.

#### **הנחיות אקולוגיות לפתרון:**

• בשטחים טבעיים שרגישותם האקולוגית בינונית עד גבוהה, הטיפול **במדרון** ייעשה בין ראשית הקיץ לחורף (מאי עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.

• באזורים חוליים **בבוהן המצוק** המשמשים כאזורי הטלה לנקבות צבי ים יש לבצע את העבודות בחודשים נובמבר עד אפריל בלבד, בתיאום עם רט"ג.

• ככלל, יש לפעול בהתאם להנחיות למניעת התבססות וטיפול במינים הפולשים בתכנון והקמת מתקנים וקווים של חברת מקורות[24].

• יש להימנע מהבאת אדמה מבית גידול שונה, או מבית גידול דומה אם תועדו בו צמחים פולשים כטיונית החולות, צלקנית (נאכלת/החרבות), שיטה כחלחלה, כנפון זהוב וכו'). יש לקבל אישור אקולוג שבדק כי האדמה נלקחה מתא שטח שאינו נגוע במינים פולשים או מתפרצים.

• במידה שבשטח המיועד לטיפול יש צמחים פולשים, יש להדבירם או לעקור אותם בשלימותם לפני תחילת העבודות.

• יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך שלוש שנים לפחות מתום עבודות השיקום, ולסלקה. במידה שעדיין ייוותרו צמחים פולשים, יש להמשיך את הניטור והטיפול במשך שנתיים נוספות, בכפוף לחוות דעת אקולוג.

• יש לוודא כי אין פגיעה בערכי טבע ובמינים נדירים בשטח שבו מתבצע מיתון המדרון;

• במידה שיש במדרון ערכי טבע מוגנים, יש לתאם זאת עם רשות הטבע והגנים, על-פי חוק, ובמידת האפשר, לאסוף זרעים של מינים מקומיים או להעתיק גאופיטים אל המדרון החדש במסגרת שיקומו האקולוגי והנופי.

• לייצוב המדרון לאחר מיתונו מומלץ להשתמש בצמחייה מקומית ע"י זריעה או שתילה. רשימת הצמחייה תורכב מתוך רשימת הצמחייה המקומית המאפיינת בית גידול זה, על-פי ממצאי הסקרים האקולוגיים בתא שטח זה ובתאי שטח סמוכים בעלי מאפיינים פיזיים דומים.

[חזר לטבלה 1](#)

### 3.1.2. הגנה כנגד גושי סלע נופלים כמו: גדר רשת להרחקת קהל, גדר בטון

#### עקרונות תכנון:

מיקום הגדר ייקבע בהתאם לחישוב המרחק בו צפויים הסלעים להגיע בעת מפולת.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **קיטוע בית-גידול:** הוספת מבנים קשיחים על קו החוף (גדר בטון) עלולה לגרום לקיטוע רצף תנועה לבעלי חיים בניצב למדרון.

#### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- ככלל, יש להעדיף גדר רשת המאפשרת מעבר של בעלי-חיים קטנים, על-פני גדר בטון היוצרת חסימה וקיטוע ניכרים.

- באזורים חוליים המשמשים כאזורי הטלה לנקבות צבי ים יש לבצע את העבודות בחודשים נובמבר עד אפריל בלבד, בתיאום עם רט"ג.

- בגדר בטון, יש להימנע מקירות אנכיים לחלוטין, ובמקום זאת יש לשלב שיפועים או מדרגות.

- במידה שייבחר פתרון של גדר בטון, יש להשאיר פתחים ברוחב כ-60 ס"מ אחת ל-50 מ', ומולם למקם גדר בטון מקבילה באורך כ-120 ס"מ, במרחק כ-80-100 ס"מ מהפתח. כך יתאפשר מעבר בעלי חיים בין גדרות הבטון. (אין להשאיר פתחים בתחתית גדר הבטון מאחר שאלה עלולים להיסתם בחול).

[חזור לטבלה 1](#)

### 3.1.3. מבנים תומכים רגילים כמו: קירות כובד, קירות מבטון מזויין, קירות בשיטת הקרקע המשוריינת, מסלעות

#### עקרונות תכנון:

מבנים אלה יתוכננו בשטחים שרגישותם האקולוגית נמוכה, בשטחים הקולטים קהל בשל שיקולי בטיחות (חוף רחצה מוסדר, חשש להתמוטטות מבנים בגג המצוק וכו'). בשטחים שרגישותם



האקולוגית בינונית עד גבוהה, יש להעדיף פתרונות רכים יותר השומרים על החזות הטבעית של תא השטח. המבנים התומכים יתוכננו כך שיוכלו לקבל את לחץ העפר הצדי מהמדרון.

#### **בעיות אקולוגיות עיקריות:**

- **קיטוע בית-גידול:** הוספת מבנים קשיחים על קו החוף עלולה לגרום לקיטוע רצף תנועה לבעלי חיים בניצב למדרון.
- **אבדן בית-גידול:** הצרת רצועת החול גורמת לאובדן בית הגידול החולי בחוף, המאכלס מינים בעלי חשיבות אקולוגית כמו הסרטן חולון החוף, וכן מהווה אזור הטלה לצבות הים.
- **הוספת בית גידול מלאכותי לחוף:** בניית סוללת אבנים/מסלעה להגנה על בוחן המצוק משמעותה שינוי של בית הגידול של החוף החולי במצע סלעי מלאכותי. השינוי יהיה דרמטי במידה שהמבנה מחליף מצע חולי, ועל אחת כמה וכמה במידה שהמבנה בא על חשבון בית גידול סלעי טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות סביבתית גבוהה.

#### **הנחיות אקולוגיות לכתרון:**

- באזורים חוליים המשמשים כאזורי הטלה לנקבות צבי ים יש לבצע את העבודות בחודשים נובמבר עד אפריל בלבד, בתיאום עם רט"ג.
- יש להימנע מקירות אנכיים לחלוטין, ובמקום זאת יש לשלב שיפועים או מדרגות.
- יש לבחור בעיצוב ובחומרים התומכים בהתיישבות של בעלי חיים חופיים, כדוגמת חיפוי באבן מחוספסת דמויית-כורכר, ושילוב חורים בגדלים שונים בתוך המבנה.

[חזר לטבלה 1](#)

### **3.2. מיגון בוחן כאשר יש פעילות גלים על בוחן המצוק**

ככלל, מיגון באמצעים הנדסיים כבדים כגון קירות ים עם זיון עמוק, גדרות בטון, ומסלעות מאסיביות אינן פתרון מתאים בשטחים בעלי רגישות גבוהה. פתרונות מיגון אלה יתוכננו בשטחים שרגישותם האקולוגית נמוכה, בשטחים הקולטים קהל בשל שיקולי בטיחות (חוף רחצה מוסדר, חשש להתמוטטות מבנים בגג המצוק וכו'). בשטחים שרגישותם האקולוגית בינונית עד גבוהה, יש להעדיף פתרונות רכים יותר השומרים על החזות הטבעית של תא השטח. המבנים התומכים יתוכננו כך שיוכלו לקבל את לחץ העפר הצדי מהמדרון.

### 3.2.1. מבנים תומכים כגון: קירות כובד, קירות מבטון מזויין, קירות בשיטת הקרקע המשוריינת, מסלעות

#### עקרונות תכנון:

המבנים התומכים יתוכננו כך שיוכלו לקבל את לחץ העפר הצדי מהמדרון, ובנוסף את העומסים הפועלים מפעולת גלי הים. בגב המבנים נדרש בד"כ פילטר או אמצעים אחרים למניעת גריפת חלקיקי קרקע כתוצאה מזרימות מים. התכנון צריך להביא בחשבון גריפה/ארוזיה של הקרקע בחזית המבנים התומכים. נדרשת תחזוקה לאחר סערת חזקות. רצוי לתכנן את המבנים התומכים כך שיספגו את אנרגיית גלי הים ולא יחזירו אותה אל החוף.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **אבדן בתי גידול:** הוספת מבנים קשיחים על קו החוף, באזור מפץ הגלים, מובילה על פי רוב להצרת רצועת החוף החולי עקב חזרת גלי הים באנרגיה גבוהה וגריפת החול לעומק הים<sup>[17, 18]</sup>. הצרת רצועת החול גורמת לאובדן בית הגידול החולי בחוף, המאכלס מינים בעלי חשיבות אקולוגית כמו הסרטן חולון החוף, וכן מהווה אזור הטלה לצבות הים.
- פרט להשפעות אקולוגיות, סחיפת החול מובילה, במקרים רבים, לחשיפה של יסודות המבנה שנועד להגן על המצוק, מה שמערער את יציבות המבנה ופוגע בתפקודו בהגנת המצוק.
- סחיפת החול אף עלולה לגרוע חומר במורד הזרם בחופים סמוכים ובכך לפגוע ביציבותם.
- **הוספת בית גידול מלאכותי לחוף:** בניית סוללת אבנים / מסלעה להגנה על בוהן המצוק ממפץ הגלים משמעותה שינוי של בית הגידול של החוף החולי במצע סלעי מלאכותי. השינוי יהיה דרמטי הן במידה שהמבנה מחליף מצע חולי, ועל אחת כמה וכמה במידה שהמבנה בא על חשבון בית גידול סלעי טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות סביבתית גבוהה.
- **הקטנת מגוון המינים ושינוי אופי חברת החי והצומח באזור:** ככלל, מבנים מלאכותיים ימיים וחופיים, מסלעות ומבני בטון כאחד, תומכים בהתפתחות חברות חי וצומח פחות מגוונות בהשוואה לבתי גידול טבעיים. חומר התשתית הזר לסביבה ובעיות שנוצרות עקב עיצוב התשתיות מעודדות חברה לא יצרנית אשר במקרים רבים מאופיינים בדומיננטיות של מינים פולשים ומיני מטרד<sup>[6]</sup>.
- **הפרעה לנגישות:** מבנים והגנות חופיות יוצרות מחסום / מקשות על תנועת בעלי חיים ובני אדם כאחד מהחוף, לאורך החוף, אל החוף.

## הנחיות אקולוגיות לפתרון:

### • מזעור טביעת רגל אקולוגית של הפתרון:

- הימנעות מוחלטת מהנחת מבנים תומכים כלשהם על גבי מצעים טבעיים קשים (כגון ביץ' רוק, סלעים טבולים טבעיים או טבלאות גידוד) וכן על אזורים חוליים במידה שאלו הוגדרו כבעלי גישות בינונית או גבוהה (ע"פ הסקרים המקדימים).
- הקפדה על עבודה בשטח בהתאם להנחיות המדריך הניהולי.

### • עיצוב המאפשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים:

- **שימוש במצעים עם פני שטח מורכבים:** שימוש בחומר תשתית המדמה רמת מורכבות המאפיינת מצע טבעי כמו כורכר או טבלאות גידוד. העדפת חומרים עם פני שטח שאינם חלקים ואחידים אלא משלבים חריצים/חורים/חספוס ושילוב בלטים ומגרעות ליצירת בתי גידול חשופים ומוצלים לסירוגין וכדומה. לדוגמא סלעי מחצבה שעברו חירוף ו/או נקדחו בהם חורים, או בטון עם טקסטורה/פני שטח מעוצבים (איור 9).
  - מורכבות פני השטח צריכה לכלול חריצים/חספוס בטווח עומקים של 0.5 עד 2 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יהיו מורכבים, כאשר מומלץ שלא פחות מ 50% מפני השטח החשוף יהיה מורכב.
  - ככל הניתן יש לשלב שקעים בקטרים שונים הנעים בין בקוטר של 2 ס"מ ועד 10 ס"מ ובטווח עומק של 2 עד 8 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יכללו שקעים, ובכל מקרה יש לשאוף לצפיפות מינימלית של 4 שקעים למ"ר.
  - ככל הניתן מורכבות פני השטח תכלול גם פני שטח מעוצבים הכוללים בלטים בגובה 0.5 עד 3 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יכללו בלטים, ובכל מקרה יש לשאוף לצפיפות מינימלית של 4 בלטים למ"ר.
- !** יש להיוועץ במהנדס חופי בעת הגדרת עיצוב פני השטח, בעיקר במקרים בהם יש שימוש בבטון מזויין.



איור 9: קדיחת חורים בשובר גלים מאנגליה - באדיבות לואיז פירתי - פרויקט תזאוס.

- **שימוש בסלעים בגדלים שונים במסלעות:** בכדי לייצר מגוון נישות אקולוגיות ומקומות מסתור יש לשלב גדלי מסלע שונים. ככל שיהיה שימוש בטווח רחב יותר של גדלים, כך יתכן שמגוון המינים יעלה.
  - גודל הסלע הנדרש להגנה חופית ישתנה מחוף לחוף לפי עוצמת הגלים. בכל מקרה מומלץ להשתמש בלפחות 4 גדלים שונים של סלע – בגודל 25% ו50% מתחת ומעל לגודל ההנדסי הנדרש באזור.
  - בהינתן הנחיות הנדסיות לגודל סלע דרוש למיגון באתר, יש לשלב לפחות 25% אבנים בגדלים שונים מהגודל המומלץ לאתר ולשלבם באופן אחיד בכל המבנה.
- ! גודל הסלע הטיפוסי הנחוץ למבנה/למסלעה ייקבע על ידי מהנדס חופי. באישור המהנדס יש להוסיף סלעים קטנים יותר ואף גדולים יותר כחלק מהמבנה.



- **שילוב אלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע:** באזורים המכילים / אשר הכילו בעבר בתי גידול סלעיים חופיים יש לשלב במבנה אלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע.

- במקרה של מסלעה ניתן: ליצור מבנים דמויי בריכת שפל ממסלע בשילוב בד גיאוטכני אטום בנפח של 0.1-0.5 קוב (איור 10).



איור 10: שילוב מבנים דמויי בריכות גאות ושפל במסלעת הגנה חופית בהולנד.  
- לשלב סלע בו יש חורים (טבעיים/ קדוחים – איור 9). על החורים להיות בקוטר של 6-20 ס"מ לפחות ובצפיפות של לפחות 4 חורים למ"ר.



- לשלב אלמנטים מבטון טרומי המכילים אגני היקוות בנפח של 200-2 ליטר (איור 11).

איור 11: שילוב בריכות גאות ושפל מבטון אקולוגי במסלעה ימית בפארק גשר ברוקלין בניו יורק. תמונה באדיבות אקונקריט-טק בע"מ.

**!** יש להיוועץ במהנדס חופי בנושא יצירת בריכות שפל כחלק מהמסלעה ובשילוב אלמנטים טרומיים במסלעה.

- שילוב שיפועים במבנה: יש להימנע מבנייה אנכית לחלוטין ולשלב שיפועים משתנים במבנה. בניגוד למבנה אנכי וחלק שאינו מציע מאחז ונישות ביולוגיות לחי וצומח ועל כן מאופיין, על פי רוב, במגוון ביולוגי נמוך, קיר עם שיפוע מתון/המשלב מגוון שיפועים משרה חיגור חופי משמעותי יותר ממצע אנכי ולכן מעודד חברות חי הדומות יותר למצעים טבעיים. פרט לחשיבות מדרג ושיפועים בהקשר של יצירת בתי גידול, קיר מדורג / משופע יכול להקטין את עצמת הגל החוזר ובכך למתן את ההשפעות על חי וצומח באזור, ואף בתכנון נכון להקטין את גריעת החול מהחוף.



- \* יש לשאוף לשיפוע של  $33^\circ$  ויותר, התואם שיפוע טבעי של חוף סלעי, בקירות או במסלעות.
- \* ככל הניתן יש לשלב אזורים בעלי שיפוע שלילי – המהווים בית גידול ייחודי בדומה לצנירים טבעיים.
- \* במידה שנדרש שיפוע חד יותר למבנה יש לשלב מדרג בדומה לטרסות. דוגמא לכך היא קיר EVERGREEN כולל יחידות טרומיות מבטון שיכולות לקבל מילוי של מסלע (איור 12).

AFTER



BEFOR

איור 12: שילוב טרסות סלעיות מדורגות ליצירת שיפועים משתנים בדופן נהר הארלם בניו יורק<sup>[1]</sup>.

**!** יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה שיפוע ניתן ליישם באתר. במידה שיש בעיה הנדסית בשילוב שיפוע ניתן לכל הפחות לשלב פני שטח מורכבים ושילוב אלמנטים היוצרים בתי גידול לחים.

- במידה שיש צורך הנדסי לשימוש בשכבת פילטר, יש להימנע משימוש בשכבת פילטר המורכבת מאבנים קטנות שעלולות להישטף למים ולגרום לפגיעה ושחיקה של סלעי חוף טבעיים, על החי והצומח בהם (צמל, מידע שלא פורסם). פרט לבעיה אקולוגית, גריעת האבנים הקטנות עלולה לערער את החוזק המבני של הסוללה.

**!** יש להיוועץ במהנדס חופי לפי כל תא שטח לגבי שימוש בשכבת פילטר.

• שימוש בחומרים ידידותיים לחי וצומח ימי:

על מנת להפחית את טביעת הרגל האקולוגית של המבנה/הגנה חופית, יש להעדיף, ככל הניתן, שימוש ו/או שילוב חומרים וטכנולוגיות המעודדות התיישבות בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים, על פני מצעים סטנדרטיים. לדוגמא:

- שילוב מצעים טבעיים ממקור חופי/ימי – כגון סלעי כורכר, מצוק, או ביץ' רוק ממקור מקומי בלבד.

! אסור בתכלית האיסור לכרות מצעים אלו מהטבע לצורך הפרויקט! רק במידה שקיים מקור זמין מחפירות ימיות/חופיות מאושרות או מעבודות מאושרות למיתון המדרון, ניתן לנצל את המצעים הנ"ל לבנייה אקולוגית.

! אין להשתמש במצעים טבעיים (ימיים ויבשתיים) שאינם מקומיים מחשש למינים פולשים על/בתוך המצע.

- בטון תומך ביולוגיה – כגון מוצרים של ECoConcrete® או Reef Ball™.

! יש להשתמש רק בחומרים שיעילותם הביולוגית בעידוד חברת חי וצומח ימי הוכחה מדעית, עדיפות לחומרים שיעילותם הודגמה באזור.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע מהן הדרישות המבניות של הבטון ולהקפיד שהיכולות הביולוגיות לא יבואו על חשבון חוזק ועמידות מבנית.

- גביונים – בדומה לגביונים סטנדרטיים המשמשים לעיתים בדרכים יבשתיות לביסוס עפר, גביונים המכילים גודל סלע משתנה יוצרים מבנים בעלי מורכבות גבוהה עם מקומות מסתור מגוונים. מפרט טכני מלא לבניית ומילוי הגביונים נמצא במדריך לאמצעי ייצוב גדות נחלים ותעלות ניקוז [19]. על מנת לקבל יעילות ביולוגית מקסימלית יש למלא את הגביונים באבנים בגדלים שונים

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע שהרשת של הגביונים תחזיק מעמד לאורך זמן בסביבה החופית/ימית ולגבי דרישות משקל/נפח של גביון בודד.

• פתרונות חלופיים/משלימים:

- שילוב פתרונות רכים בחזית המבנה, על מנת להוריד את אנרגיית הגלים עוד לפני הפגיעה בקיר ובכך למתן את ההגנה הנדרשת. כגון הזנת חול, יצירת דיונה מלאכותית (ברמה), גיאוטיוב, מסלע שקוע וכו'.

- איור 13 מדגים מנעד של גישות חלופיות החל מהתערבות מינימלית, דרך שילוב פתרונות רכים מבוססי ביולוגיה, מבנים היברידיים המשלבים פתרונות "קשים" ו"רכים" וכדומה. יש לציין שבים תיכון מרבית הפתרונות הרכים אינם ישימים עקב עוצמות גלים חזקות וחוץ צר שאינו מאפשר חייץ רחב של צמחייה, אך יתכן וישנם תאי שטח בהם ניתן לתכנן חלופות ברוח האיור.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה פתרון משלים ניתן ליישם באתר.

**Minimal Defense**

Many communities have developed right along the ocean with only minimal natural defenses from a small strip of beach between them and the ocean.



**Natural**

Natural habitats that can provide storm protection include salt marsh, oyster and coral reefs, mangroves, seagrasses, dunes, and barrier islands. A combination of natural habitats can be used to provide more protection, as seen in this figure. Communities could restore or create a barrier island, followed by oyster reefs and salt marsh. Temporary infrastructure (such as a removable sea wall) can protect natural infrastructure as it gets established.



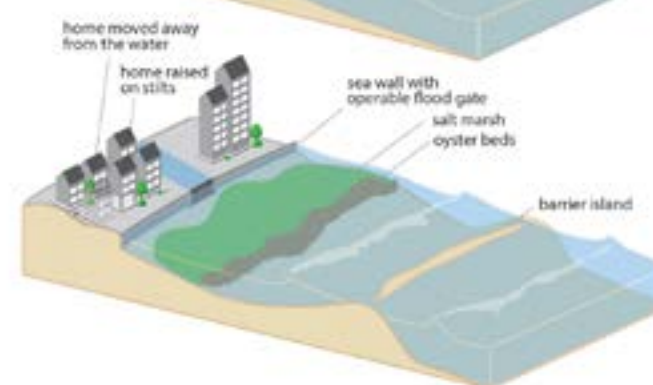
**Managed Realignment**

Natural infrastructure can be used to protect built infrastructure in order to help the built infrastructure have a longer lifetime and to provide more storm protection benefits. In managed realignment, communities are moving sea walls farther away from the ocean edge, closer to the community and allowing natural infrastructure to recruit between the ocean edge and the sea wall.



**Hybrid**

In the hybrid approach, specific built infrastructure, such as removable sea walls or openable flood gates (as shown here) are installed simultaneously with restored or created natural infrastructure, such as salt marsh and oyster reefs. Other options include moving houses away from the water and raising them on stilts. The natural infrastructure provides key storm protection benefits for small to medium storms and then when a large storm is expected, the built infrastructure is used for additional protection.



איור 13: דוגמה להגנות חופיות טבעיות, מלאכותיות והשילוב ביניהן<sup>[20]</sup>.



### 3.2.2. מבנה תומך מבטון מזויין - ביסוס עמוק

#### עקרונות תכנון:

המבנים התומכים יתוכננו כך שיוכלו לקבל את לחץ העפר הצדי מהמדרון, ובנוסף את העומסים הפועלים מפעולת גלי הים. בגב המבנים נדרש בד"כ פילטר או אמצעים אחרים למניעת גריפת חלקיקי קרקע כתוצאה מזרימות מים. התכנון צריך להביא בחשבון גריפה/ארוזיה של הקרקע בחזית המבנים התומכים. אפשר לחזק את המבנה אל המדרון ע"י ברגי סלע או עוגנים. ביסוס המבנה יכול להיעשות ע"י אלמנטים עמוקים (כלונסאות וכדומה).

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **אבדן בית-גידול:** הוספת מבנים קשיחים על קו החוף, באזור מפץ הגלים, מובילה על פי רוב להצרת רצועת החוף החולי עקב חזרת גלי הים באנרגיה גבוהה וגריפת החול לעומק הים<sup>[17, 18]</sup>. הצרת רצועת החול גורמת לאובדן בית הגידול החולי בחוף, המאכלס מינים בעלי חשיבות אקולוגית כמו הסרטן חולון החוף, וכן מהווה אזור הטלה לצבות הים.
- פרט להשפעות אקולוגיות, סחיפת החול מובילה, במקרים רבים, לחשיפה של יסודות המבנה שנועד להגן על המצוק, מה שמערער את יציבות המבנה ופוגע בתפקודו בהגנת המצוק.
- סחיפת החול אף עלולה לגרוע חומר במורד הזרם מאזורי מצוק אחרים ובכך לפגוע ביציבותם.
- **הוספת בית גידול מלאכותי לחוף:** בניית קיר ים להגנה על בוהן המצוק ממפץ הגלים משמעותה שינוי של בית הגידול של החוף החולי במצע קשה מלאכותי. השינוי יהיה דרמטי הן במידה שהמבנה מחליף מצע חולי, ועל אחת כמה וכמה במידה שהמבנה בא על חשבון בית גידול סלעי טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות סביבתית גבוהה.
- **הקטנת מגוון המינים ושינוי אופי חברת החי והצומח באזור:** ככלל, מבנים מלאכותיים ימיים וחופיים מבטון מזויין תומכים בהתפתחות חברות חי וצומח פחות מגוונות בהשוואה לבתי גידול טבעיים. חומר התשתית הזר לסביבה ובעיות שנוצרות עקב עיצוב התשתיות מעודדות חברה לא יצרנית אשר במקרים רבים מאופיינים בדומיננטיות של מינים פולשים ומיני מטרד<sup>[6]</sup>. כיוון שקירות הים הנם על פי רוב אנכיים, בית הגידול המלאכותי על פי רוב מציע תנאים סביבתיים שונים מאלו המאפיינים בתי גידול חופיים טבעיים, מה שמשפיע על אופי ומגוון חברת החי והצומח באזור.
- **הפרעה לנגישות:** מבנים והגנות חופיות יוצרות מחסום / מקשות על תנועת בעלי חיים ובני אדם כאחד מהחוף, לאורך החוף ואל החוף.

#### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- **מזעור טביעת רגל אקולוגית של הפתרון**

- הימנעות מוחלטת מהנחת מבנים תומכים כלשהם על גבי מצעים טבעיים קשים (כגון ביץ' רוק,

סלעים טבולים טבעיים או טבלאות גידוד) וכן על אזורים חוליים במידה שאלו הוגדרו כבעלי רגישות בינונית או גבוהה (ע"פ הסקרים המקדימים).

- הקפדה על עבודה בשטח בהתאם להנחיות המדריך הניהולי.

• **עיצוב המאפשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים:**

- **בניית קיר בטון עם פני שטח מורכבים:** עיצוב קיר ים מבטון עם מורכבות פני שטח גבוהה המציעה נישות ביולוגיות המאפיינות מצע טבעי כמו כורכר או טבלאות גידוד. יצירת פני שטח שאינם חלקים ואחידים אלא משלבים חריצים/חורים/חספוס ושילוב בלטים ומגרעות ליצירת בתי גידול חשופים ומוצלים לסירוגין וכדומה.

- מורכבות פני השטח צריכה לכלול חריצים/חספוס בטווח עומקים של 0.5 עד 2 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יהיו מורכבים, כאשר מומלץ שלא כחות מ 50% מפני השטח החשוף יהיה מורכב (איור 14).



איור 14: פרויקט חזית הים בסיאטל. עיצוב קיר ים בעל מורכבות גבוהה.

- ככל הניתן יש לשלב שקעים בקטרים שונים הנעים בין בקוטר של 2 ס"מ ועד 10 ס"מ ובטווח עומק של 2 עד 8 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יכללו שקעים, ובכל מקרה יש לשאוף לצפיפות מינימלית של 4 שקעים למ"ר.

- ככל הניתן מורכבות פני השטח תכלול גם פני שטח מעוצבים הכוללים בלטים בגובה 0.5 עד 3 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יכללו בלטים, ובכל מקרה יש לשאוף לצפיפות מינימלית של 4 בלטים למ"ר.

! יש להיוועץ במהנדס חופי בעת הגדרת עיצוב פני השטח.

- **שילוב אלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע:** באזורים המכילים / אשר הכילו בעבר בתי גידול סלעיים חופיים יש לשלב במבנה אלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע. בקיר ים מבטון מזויין ניתן לשלב כיסים המהווים אגני היקוות קטנים (בנפח של 1-5 ליטר). ככל הניתן לשלב כיסים בנפחים שונים למגוון מכסימלי של בתי גידול. את הכיסים ניתן לשלב כחלק מהמבנה (לדוגמא בשיטת ברנוביץ') או בחיבור בדיעבד לקיר המוכן כ add-ons (על מנת למנוע קידוח בקיר ניתן לשלב עוגני פלסטיק מותאמים להרכבת יחידות לקיר).

! יש להיוועץ במהנדס חופי בנושא שילוב כיסים בקיר הים.

- **שילוב שיפועים במבנה:** יש להימנע מבנייה אנכית לחלוטין ולשלב שיפועים משתנים במבנה. בניגוד למבנה אנכי וחלק שאינו מציע מאחז ונישות ביולוגיות לחי וצומח ועל כן מאופיין, על פי רוב, במגוון ביולוגי נמוך, קיר עם שיפוע מתון/המשלב מגוון שיפועים משרה חיגור חופי משמעותי יותר ממצע אנכי ולכן מעודד חברות חי הדומות יותר למצעים טבעיים. פרט לחשיבות מדרג ושיפועים בהקשר של יצירת בתי גידול, קיר מדורג / משופע יכול להקטין את עצמת הגל החוזר ובכך למתן את ההשפעות על חי וצומח באזור, ואך בתכנון נכון להקטין את גריעת החול מהחוף. \* יש לשאוף לשיפוע של 033 ויותר, התואם שיפוע טבעי של חוף סלעי. ככל הניתן יש לשלב אזורים בעלי שיפוע שלילי – המהווים בית גידול ייחודי בדומה לצנירים טבעיים.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה שיפוע ניתן ליישם באתר. במידה שיש בעיה הנדסית בשילוב שיפוע ניתן לכל הפחות לשלב פני שטח מורכבים ושילוב אלמנטים היוצרים בתי גידול אוגרי מים.

• **שימוש בחומרים ידידותיים לחי וצומח ימי:**

על מנת להפחית את טביעת הרגל האקולוגית של המבנה/הגנה חופית, יש להעדיף, ככל הניתן, שימוש ו/או שילוב חומרים וטכנולוגיות המעודדות התיישבות בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים, על

פני מצעים סטנדרטיים. לדוגמא:

\* בטון תומך ביולוגיה – כגון מוצרים של ECOConcrete® או Reef Ball™.

יש להשתמש רק בחומרים שיעילותם הביולוגית בעידוד חברת חי וצומח ימי הוכחה מדעית, עדיפות לחומרים שיעילותם הודגמה באזור.

יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע מהן הדרישות המבניות של הבטון ולהקפיד שהיכולות הביולוגיות לא יבואו על חשבון חוזק ועמידות מבנית.

- במידה שיש צורך הנדסי לשימוש בשכבת פילטר, יש להימנע משימוש בשכבת פילטר המורכבת מאבנים קטנות שעלולות להישטף למים ולגרום לפגיעה ושחיקה של סלעי חוף טבעיים, על החי והצומח בהם (צמל, מידע שלא פורסם). פרט לבעיה אקולוגית, גריעת האבנים הקטנות עלולה לערער את החוזק המבני של הסוללה.

יש להיוועץ במהנדס חופי לפי כל תא שטח לגבי שימוש בשכבת פילטר.

#### • פתרונות חלופיים/משלימים:

- שילוב פתרונות רכים בחזית המבנה, על מנת להוריד את אנרגיית הגלים עוד לפני הפגיעה בקיר ובכך למתן את ההגנה הנדרשת. לדוגמא הזנת חול, יצירת דיונה מלאכותית (ברמה), גיאוטיוב, וכו'.

- איור 15 מדגים מנעד של גישות חלופיות החל מהתערבות מינימלית, דרך שילוב פתרונות רכים מבוססי ביולוגיה, מבנים היברידיים המשלבים פתרונות "קשים" ו"רכים" וכדומה. יש לציין שבים תיכון מרבית הפתרונות הרכים אינם מאד ישימים עקב עצמות גלים חזקות וחוף צר שאינו מאפשר חייץ רחב של צמחייה, אך יתכן וישנם תאי שטח בהם ניתן לתכנן חלופות ברוח האזור. יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה פתרון משלים ניתן ליישם באתר.

**Minimal Defense**

Many communities have developed right along the ocean with only minimal natural defenses from a small strip of beach between them and the ocean.



**Natural**

Natural habitats that can provide storm protection include salt marsh, oyster and coral reefs, mangroves, seagrasses, dunes, and barrier islands. A combination of natural habitats can be used to provide more protection, as seen in this figure. Communities could restore or create a barrier island, followed by oyster reefs and salt marsh. Temporary infrastructure (such as a removable sea wall) can protect natural infrastructure as it gets established.



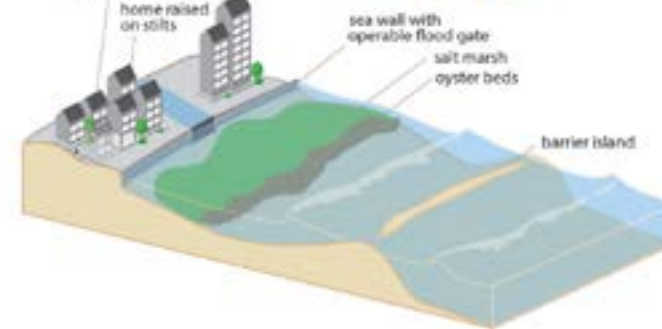
**Managed Realignment**

Natural infrastructure can be used to protect built infrastructure in order to help the built infrastructure have a longer lifetime and to provide more storm protection benefits. In managed realignment, communities are moving sea walls farther away from the ocean edge, closer to the community and allowing natural infrastructure to recruit between the ocean edge and the sea wall.



**Hybrid**

In the hybrid approach, specific built infrastructure, such as removable sea walls or operable flood gates (as shown here) are installed simultaneously with restored or created natural infrastructure, such as salt marsh and oyster reefs. Other options include moving houses away from the water and raising them on stilts. The natural infrastructure provides key storm protection benefits for small to medium storms and then when a large storm is expected, the built infrastructure is used for additional protection.



איור 15: דוגמה להגנות חופיות טבעיות, מלאכותיות והשילוב ביניהן<sup>[20]</sup>.

חזר לטבלה 1

**3.2.3. מבנים תומכים זמניים ופריקים כגון שקי חול, ערימות חול, מבנים טרומיים יבילים כדוגמת ניו ג'רזי. חומר גס ימי, גושי סלע גדולים**

**עקרונות תכנון:**

אמצעי הגנה זמניים יבילים שמטרתם למנוע את פעילות גלי הים בבוהן המצוק לעונה קצובה או



פרק זמן מוגדר, וניתנים להסרה בזמן קצוב בלבד. חשוב שיתוכננו כך שיוכלו לספוג את אנרגיית הגלים תוך הפרעה מינימלית להסעת החול.

### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **אבדן בית-גידול:** הוספת מבנים תומכים זמניים על קו החוף, באזור מפץ הגלים, מחליפה בתי גידול טבעיים (אם חוליים ואם סלעיים) באלמנטים מעשי ידי אדם או בחול / סלע שאינו ממקור חופי/ימי. גם במידה שההפרעה הנה זמנית, ותוסר בעתיד, ייתכן נזק קבוע לבית הגידול הטבעי (בעיקר כשמדובר בבתי גידול קשים). בנוסף לנזק ישיר, הוספת מבנים או חומרים לחוף עלולה להוביל להצרת רצועת החוף עקב חזרת גלי הים באנרגיה גבוהה וגריפת החול לעומק הים<sup>[17, 18]</sup>. הצרת רצועת החול גורמת לאובדן בית הגידול החולי בחוף, המאכלס מינים בעלי חשיבות אקולוגית כמו הסרטן חולון החוף, וכן מהווה אזור הטלה לצבות הים.
- **הוספת בית גידול מלאכותי לחוף:** גם אם לחודשים/שנים ספורות, הוספת מבנים זמניים מהווה שינוי של בית הגידול החופי במצע זר לתוואי השטח. השינוי יהיה דרמטי הן במידה שהמבנה מחליף מצע חולי, ועל אחת כמה וכמה במידה שהמבנה בא על חשבון בית גידול סלעי טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות סביבתית גבוהה. גם במקרים של הוספת ערימות חול לחוף חולי, תיתכן פגיעה במחילות של סרטנים וחלילה בקינים של צבות ים.
- **הקטנת מגוון המינים ושינוי אופי חברת החי והצומח באזור:** ככלל, מבנים מלאכותיים ימיים וחופיים, מסלעות ועל אחת כמה וכמה שקי חול או מבני בטון, תומכים בהתפתחות חברות חי וצומח פחות מגוונות בהשוואה לבתי גידול טבעיים. חומר התשתית הזר לסביבה ובעיות שנוצרות עקב עיצוב התשתיות מעודדות חברה לא יצרנית אשר במקרים רבים מאופיינים בדומיננטיות של מינים פולשים ומיני מטרד<sup>[6]</sup>.
- **הפרעה לנגישות:** מבנים והגנות חופיות יוצרות מחסום / מקשות על תנועת בעלי חיים ובני אדם כאחד מהחוף, לאורך החוף, ואל החוף.
- **זליגת חומרים:** הנחת ערימות חול בשקים ועל אחת כמה וכמה בערימות, או חומר ימי גס, עלולה לזלוג עם הזמן מנקודת ההנחה לאזורים אחרים בתא השטח ומחוץ לו ובכך לגרום לכיסוי/נזק של בתי גידול טבעיים.

### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

ככל שהפתרון המוצע, גם באם זמני, עלול להיות מוצב בחוף לתקופה של שנה או יותר, יש ליישם את ההנחיות המוצעות:

- **מזעור טביעת רגל אקולוגית של הפתרון**

- הימנעות מוחלטת מהנחת חומר כלשהו על גבי מצעים טבעיים קשים (כגון ביץ' רוק או טבלאות גידוד) וכן על מצעים רכים במידה שאלו בעלי חשיבות אקולוגית (בייחוד אתרי הטלה של צבות ים, ואזורים עשירים במחילות של הסרטן חולן החוף).
- יצירת מערום שקי חול / ערימות חול קטנות ככל הניתן.
- אין להניח ערימות חול/חומר גס ימי בקרבת (טווח קטן מ-50 מטר) בתי גידול בעלי רגישות בינונית או גבוהה (כפי שהוגדרו בסקרים האקולוגיים שבוצעו), במידה שמי הים יכולים להגיע לערימות ולגרום לסחיפתן/תזוזתן.
- על החול בשקים / ערימות להיות בעל הרכב דומה מבחינה מינרלית ומבחינת גודל הגרגר לחול בתא השטח.
- יש לוודא כי החול בשקים / בערימות חול ו/או חומר ימי גס אינו מזהם.
- אין להשתמש בחול / חומר גס המכיל מינים פולשים. ככל שמקור החול אינו מקרבת תא השטח (טווח של 10 ק"מ), חול ממקור יבשתי יהיה חול עומק (לפחות 20 ס"מ), ובחול ימי ניתן לעשות שימוש בשכבה עליונה כל עוד החול התייבש ביבשה לפחות חודש (עד פחות מ 5% מים), או להשתמש בחול עומק (לפחות 20 ס"מ).
- הקפדה על עבודה בשטח בהתאם להנחיות המדריך הניהולי.

#### • עיצוב המאכשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים

- שימוש בסלעים בגדלים שונים במסלעות: במידה שנעשית הנחה של גושי סלע גדולים בכדי לייצר מגוון נישות אקולוגיות ומקומות מסתור יש לשלב גדלי מסלע שונים. ככל שיהיה שימוש בטווח רחב יותר של גדלים, כך יתכן שמגוון המינים יעלה.
- גודל הסלע הנדרש להגנה חופית ישתנה מחוף לחוף לפי עוצמת הגלים. בכל מקרה מומלץ להשתמש בלפחות 4 גדלים שונים של סלע – בגודל 25% ו 50% מתחת ומעל לגודל ההנדסי הנדרש באזור.
- בהינתן הנחיות הנדסיות לגודל סלע דרוש למיגון באתר, יש לשלב לפחות 25% אבנים בגדלים שונים מהגודל המומלץ לאתר ולשלבם באופן אחיד בכל המבנה.
- ! גודל הסלע הטיפוסי הנחוץ למבנה/למסלעה ייקבע על ידי מהנדס חופי. באישור המהנדס יש להוסיף סלעים קטנים יותר ואף גדולים יותר כחלק מהמבנה.

#### • שימוש בחומרים ידידותיים לחי וצומח ימי

- במידה שהפתרון הזמני כולל מבנים טרומיים מבטון, ואלו צפויים להיוותר בשטח יותר משנה, על מנת

להפחית את טביעת הרגל האקולוגית של המבנה/הגנה חופית, יש להעדיף, ככל הניתן, שימוש ו/או שילוב חומרים וטכנולוגיות המעודדות התיישבות בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים, על פני מצעים סטנדרטיים. לדוגמא:

\* בטון תומך ביולוגיה – כגון מוצרים של ECOConcrete® או Reef Ball™.

! יש להשתמש רק בחומרים שיעילותם הביולוגית בעידוד חברת חי וצומח ימי הוכחה מדעית, עדיפות לחומרים שיעילותם הודגמה באזור.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע מהן הדרישות המבניות של הבטון ולהקפיד שהיכולות הביולוגיות לא יבואו על חשבון חוזק ועמידות מבנית.

#### • פתרונות חלופיים/משלימים:

- במידה שקיימים בתי גידול רגישים בקו החוף, וככל שניתן, לסגור/לחסום/לגדר את החוף לרחצה לתקופה זמנית עד לתכנון וביצוע פתרון קבוע.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה פתרון משלים ניתן ליישם באתר.

[חזר לטבלה 1](#)

## 3.2.4. העברת חול יבשתית

### עקרונות תכנון:

מערכת העברת חול יבשתית – העברת חול שנצבר מהיכן שיש צבירת יתר והעברתו לאזורים שיש בהם מחסור. חזרת הפעולה תיקבע בהתאם לניטור. יש לבצע בדיקה של התאמת סדימנטים.

### בעיות אקולוגיות עיקריות:

• **אבדן בית-גידול:** הוספת חול בקו החוף, באזור מפץ הגלים, מחליפה בתי גידול טבעיים (אם חוליים ואם סלעיים) באזור חולי שאינו בתצורה טבעית. גם במידה שההפרעה הנה זמנית, ותוסר בעתיד, ייתכן נזק קבוע לבית הגידול הטבעי במקרים בהם הכיסוי הוא של אזור חולי המאכלס מינים בעלי חשיבות אקולוגית כמו הסרטן חולון החוף, וכן מהווה אזור הטלה לצבות הים.

• **הקטנת מגוון המינים ושינוי אופי חברת החי והצומח באזור:** במידה שיש כוונה להעביר חול לאזור המאופיין במצע קשה, החול יתמוך בחברות חי וצומח פחות מגוונות בהשוואה לבתי גידול קשים טבעיים.

- **שינוי הרכב חול:** ככל שיש שינוע חולות מאזור לאזור, קיימת סכנה לשינוי הרכב החול ו/או שינוי גודל גרגר מה שעלול להשפיע על אופי חברת החי שבו.
- **הכרעה לנגישות:** בתלות בכמות וכפיזור החול, הוא עלול להוות מחסום / להקשות על תנועת בעלי חיים ובני אדם כאחד מהחוף ואליו.
- **זליגת חומרים:** הנחת ערימות חול עלולה לזלוג עם הזמן מנקודת ההנחה לאזורים אחרים בתא השטח ומחוץ לו ובכך לגרום לכיסוי/נזק של בתי גידול טבעיים.

### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

#### • מזעור טביעת רגל אקולוגית של הפתרון:

- הימנעות מוחלטת מהנחת חול על גבי מצעים טבעיים קשים (כגון ביץ' רוק או טבלאות גידוד) וכן על מצעים רכים במידה שאלו בעלי חשיבות אקולוגית (בייחוד אתרי הטלה של צבות ים, ואזורים עשירים במחילות של סרטני חול).
- אין להניח חול בקרבת (טווח קטן מ-50 מטר) בתי גידול בעלי רגישות בינונית או גבוהה (כפי שהוגדרו בסקרים האקולוגיים שבוצעו), במידה שמי הים יכולים להגיע לחול ולגרום לסחיפה/תזזה.
- על החול להיות בעל הרכב דומה מבחינה מינרלית ומבחינת גודל הגרגר לחול באתר ההזנה – יש לבחון את הרכב החול לפני חפירתו כמפורט במדריך הניהולי **(רפרנס)**.
- יש לוודא כי החול אינו מזוהם – אין להשתמש בחול אשר נחפר משפכי נחלים, מעגנות או אזורי מפעלים, אשר נחשד בזיהום. בטרם חפירת החול יש לבצע בדיקות כמפורט במדריך הניהולי **(רפרנס)**.
- אין להשתמש בחול / חומר גס המכיל מינים פולשים. ככל שמקור החול אינו מקרבת תא השטח (טווח של 10 ק"מ), חול ממקור יבשתי יהיה חול עומק (לפחות 20 ס"מ), ובחול ימי ניתן לעשות שימוש בשכבה עליונה כל עוד החול התייבש ביבשה לפחות חודש (עד פחות מ-5% מים), או להשתמש בחול עומק (לפחות 20 ס"מ).
- ככל הניתן יש להימנע מהעברת חול יבשתית בתדירות גבוהה של יותר מאחת לשנה-שנתיים בתא השטח על מנת לאפשר למערכת האקולוגית זמן להתאוששות.
- הקפדה על עבודה בשטח בהתאם להנחיות המדריך הניהולי.

#### • פתרונות חלופיים/משלימים:

- במידה שקיימים בתי גידול רגישים בקו החוף, וככל שניתן, לסגור/לחסום/לגדר את החוף לרחצה לתקופה

זמנית עד לתכנון וביצוע פתרון קבוע.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה פתרון משלים ניתן ליישם באתר.

### [חזר לטבלה 1](#)

## 3.2.5. הזנת חול

### עקרונות תכנון:

הזנת חול ללא מבנה ימי קיים או כפעולה משלימה למבנה ימי רך או קשיח. הזנת חול יכולה להיעשות בסמוך לקו החוף או על החוף עצמו ע"י פיזור חול והרחבת רצועת החוף ובכך להרחיק את פעולת הגלים מבוהן המצוק. אפשרות נוספת ליצור מעין שרטון חול בים בסמוך לחוף וע"י כך להקטין את אנרגית הגלים.

הערכת כמויות: תקבע במודלים שבוחנים את הסעת החול עוצמת וכיוון הגלים, קרקעית הים וגודל הגרגר הקיים והמתוכנן. ככל שגודל הגרגר עבה יותר כך יציבותו בחוף גדולה ותידרש פעולת חזרה בטווחים גדולים יותר. נדרשת אחזקה כל 5-10 שנים (תלוי בכמות החול שהוטלה ובגודל הגרגר). הביצוע צריך להיעשות ע"פ מודל סדימנטולוגי.

! יש להימנע מביצוע הזנת חול במהלך עונות רבייה / הטלה של בעלי חיים ימיים, ככל שזוהו בדוח האקולוגי של תא השטח.

### בעיות אקולוגיות עיקריות:

• **אבדן בתי-גידול:** הוספת חול בקו החוף, באזור מפץ הגלים, מחליפה בתי גידול טבעיים (אם חוליים ואם סלעיים) באזור חולי שאינו בתצורה טבעית. גם במידה שההפרעה הנה זמנית, ותוסר בעתיד, ייתכן נזק קבוע לבית הגידול הטבעי בעיקר כשמדובר בבתי גידול קשים ובמקרים בהם הכיסוי הוא של אזור חולי המאכלס מינים בעלי חשיבות אקולוגית כמו הסרטן חולון החוף, וכן מהווה אזור הטלה לצבות הים.

• **הקטנת מגוון המינים ושינוי אופי חברת החי והצומח באזור:** במידה שיש כוונה להזין חול לאזור המאופיין במצע קשה, החול יתמוך בחברות חי וצומח פחות מגוונות בהשוואה לבתי גידול קשים טבעיים.

• **הפרעה לנגישות בעת הביצוע:** בתלות בכמות ופיזור החול, הוא עלול להוות מחסום / להקשות על תנועת בעלי חיים ובני אדם כאחד מהחוף ואליו.



- **זליגת חומרים:** הזנת חול עלולה לזלוג עם הזמן מנקודת ההנחה לאזורים אחרים בתא השטח ומחוץ לו ובכך לגרום לכיסוי/נזק של בתי גידול טבעיים.
- **שינויים בתנועת סדימנט:** תיתכן השפעה של ההזנה על רוחב רצועת החול במורד/מעלה אזור ההגנה עקב שינויים בדפוס הסעת חול באזור, אלו עלולים להשפיע על חי וצומח בחופים השכנים.
- **השפעה שלילית על אתר השאיבה:** ההשפעה המידית היא הסרה של הקרקעית החולית ופגיעה בבעלי החיים המאכלסים אותה.
- **השפעה שלילית בתהליך השאיבה:** תיתכן פגיעה פיזית בבעלי חיים כתוצאה מהישאבות למתקן השאיבה וזיהום רעש מפעולה בלתי פוסקת המשאבות.

### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

#### • מזעור טביעת רגל אקולוגית של הכתרון

- הימנעות מוחלטת מהזנת חול על גבי מצעים טבעיים קשים בחוף או במים רדודים (כגון ביץ' רוק או טבלאות גידוד).
- במידה שנדרשת הזנת חול על אזור חולי שבו מופו אתרי הטלה של צבות ים, יש לתאם באופן פרטני עם רט"ג.
- אין להניח חול בקרבת (טווח קטן מ-50 מטר) בתי גידול בעלי רגישות בינונית או גבוהה (כפי שהוגדרו בסקרים האקולוגיים שבוצעו), במידה שמי הים יכולים להגיע לחול ולגרום לסחיפה/תזוזה.
- ישנה שיטה של הזנת חול באמצעות התזה (ריינבו) ליצירת שכבת כיסוי דקה, ככל שהחול המוזן נערם מעל בית גידול חולי קיים, על מנת למנוע יצירת שכבת כיסוי על בעלי החיים המאכלסים אותו ופגיעה בשרידותם וכושר ההתאוששות/שיקום שלהם.
- אין לבצע הזנת חול במידה שע"פ המודל חול מהאזור שקיבל הזנה יזלוג לאזור בו קיימים בתי גידול קשים בעלי רגישות בינונית או גבוהה או למצוא אמצעים שלא יאפשרו לחול לזלוג לאזור הרגיש בשום מקרה (כפי שהוגדרו בסקרים האקולוגיים שבוצעו).
- יש לבחון את מאפייני החול והתאמתו מבחינה מינרלית וכן שגודל הגרגר גדול או זהה לגודל הגרגר המקומי (**רפרנס**). יש להתייעץ עם מהנדס ימי/ חופי כיוון שלצורכי הזנת חול דרוש גודל גרגר גדול יותר מהקיים בחוף
- יש לוודא כי החול אינו מזוהם – אין להשתמש בחול אשר נחפר משפכי נחלים, מעגנות או אזורי מפעלים, אשר נחשד בזיהום. בטרם חפירת החול יש לבצע בדיקות כמפורט במדריך הניהולי (**רפרנס**) עפ"י סטנדרט המשרד להגנת הסביבה ובאישורם.

- אין להשתמש בחול / חומר גס המכיל מינים פולשים. ככל שמקור החול אינו מקרבת תא השטח (טווח של 10 ק"מ), חול ממקור יבשתי יהיה חול עומק (לפחות 20 ס"מ), ובחול ימי ניתן לעשות שימוש בשכבה עליונה כל עוד החול התייבש ביבשה לפחות חודש (עד פחות מ 5% מים), או להשתמש בחול עומק (לפחות 20 ס"מ).

- ככל הניתן יש להימנע מהזנת חול בתדירות גבוהה (יותר מאחת לשנתיים-שלוש) על מנת לאפשר לחברת החי בחול להתאושש.

- הקפדה על עבודה בשטח בהתאם להנחיות המדריך הניהולי (רפרנס).

• **מזעור נזקים בתהליך שאיבת החול מאתר המקור:**<sup>[22,21]</sup>

**- מניעת פגיעה בצבי ים:**

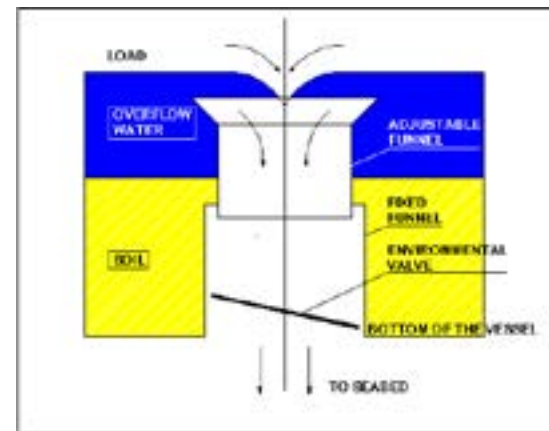
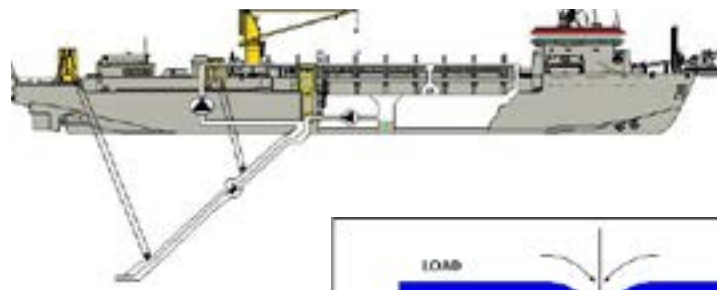
- + מניעת חפירה בעונות בהן ידוע שצבים נמצאים באזור.
- + הצבת תצפיתנים מנוסים והפסקת העבודה במקרה של נוכחות צבים באזור המחקרון.
- + שימוש באמצעים דוחי צבים: מיגון פיזי על הראש השואב שמונע מצבים להתקרב לראש.
- + הפעלת המחקרון בצורה שישאר על הקרקעית מירב הזמן.
- + שימוש ברשת סינון גודל עין 10 ס"מ לבחינת הזרם הנכנס לאנייה.
- + מילוי דו"ח על האמצעים והעבודה ועל היתקלות בצבים ושליחתו לרגולטור המתאים.

**- הגנה על דולפינים:** על ידי ניטור נוכחותם במהלך הכרייה באמצעות תצפיתנים ודיווח על תצפיות לרגולטור. בכלל זה עגינת חיישנים (למשל C-POD, כתלות בעומק אתר החפירה) חיישני Pod-C סמוך לאזור הכרייה ובנקודות ביקורת ספציפיות לכל אתר לפני הכרייה, במהלכה ואחריה, עד לחזרת דולפינים למקום אם נכחו בו קודם לכן.

**- הימנעות מפגיעה באזורי הטלה של דגים ובאזורים החיוניים לקיום ולהשרדות דגים:** דגים צעירים נמצאים בדרך כלל באזורים חופיים והם רגישים ביותר לשינויים בסביבה. חובה להימנע מפגיעה ברוחבו של רכס חולי שיכול להיות בית גידול חשוב לדגים, ולא לשטח אותו יתר על המידה.

**- ציוד מכחית הרחפת סדימנטים:** מומלץ להשתמש באניות המצוידות בשסתום נגד ערבול היוצרות פחות הרחפה של סדימנטים<sup>[23]</sup>.

- מחפרוני-יניקה מתקדמים מצוידים בצינורות גדולים מעוטי חיכוך. את החול העודף דק הגרגר משחררים דרך פתח בתחתית הספינה. כמו כן קיים שימוש בשסתומים נוגדי ערבול בשחרור הסדימנט בכדי להפחית את השפעת שובל החומר החלקיקי המרחף (איור 16).



איור 16: שימוש בשסתום מיוחד למניעת ערבול בספינות<sup>[21]</sup>.

- במידה שיש חשש שהחפירה הנה באזור בעל רגישות אקולוגית בינונית או גבוהה, יש לדרוש שלאניית המחפרון תהיה סירת ליווי לסקר הקרקעית עם מולטי-בים. יש להעביר את נתוני הסקר לחברה הממשלתית להגנות מצוקי חוף הים התיכון וליחידה הארצית להגנת הסביבה הימית במשרד להגנת הסביבה.

- **השארת אזורים לא מוכרים בשטח החפירה:** במידה שיש חשש שהחפירה הנה באזור בעל רגישות אקולוגית בינונית או גבוהה, או ישנו מידע מקדים שבאזור יש נוכחות אוסף בעלי חיים ייחודי, או קיימים בעלי חיים עם משמעות מסחרית מיוחדת, יש להשאיר אזורים ללא חפירה - סכני חול - מרווחים בין תעלות החפירה של לפחות 10 ס"מ כך שיישאר חול עליון מקורי באתר גם בסיום החפירות לעידוד התיישבות מחודשת. באזורים אלו יש לנטר את הסביבה לפני, במשך ולאחר הכרייה בהתאם להנחיות של הרגולטור, גם מבחינה ביולוגית וגם פיזית בכדי ללמוד ולהסיק מסקנות לגבי עבודות עתידיות.

• **פתרונות חלופיים/משלימים**

- שימוש בחול עודף ממרינות/נמלים (כל עוד אינו מזהם)
  - שימוש במאגרי חול יעודיים שעברו ביקורת מקדימה (למינים פולשים, מזהמים וכו')
  - במקרים בהם הומלצה הזנת חול בשטח עם בתי גידול סלעיים רגישים יש לשקול אמצעי מיגון אחרים כמו קיר ים בעורף בית הגידול או שוברי גלים בחזית (במרחק מספק על מנת להימנע מיצירת טומבולו/קבירת בית הגידול הרגיש).
  - שימוש בחול מיובא: לאחר שעבר בדיקות בהתאם להנחיות של המשרד להגנת הסביבה ולאחר ייבוש החול או שימוש בחול עמוק (החל מעומק של לפחות 20 ס"מ)
- ! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה פתרון משלים ניתן ליישם באתר.

### 3.2.6. הוספת סלעים בים

#### עקרונות תכנון:

התאמת סוג הסלע, גודל הסלע, כמות הסלעים, התאמה חזותית וחומרית למסלע הקיים במקטע, בחינת אופן הצבת הסלע, הערכה הנדסית לעמידות הסלעים במיקומם.

**!** יש להימנע מהוספת סלעים בים במהלך עונות רבייה / הטלה של בעלי חיים ימיים, ככל שזוהו בדוח האקולוגי של תא השטח.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

• **אבדן בתי-גידול:** הוספת מבנים קשיחים כמו מסלעה על קו החוף, באזור מפץ הגלים, ובים מובילה על פי רוב להצרת רצועת החוף החולי עקב חזרת גלי הים באנרגיה גבוהה וגריפת החול לעומק הים<sup>[17, 18]</sup>.

• הוספת סלעים בים עלולה לפגוע בבית גידול סלעי טבעי (כמו ביץ' רוק וטבלאות גידוד) או להחליף בית גידול חולי טבול בבית גידול מלאכותי.

• **הוספת בית גידול מלאכותי:** בניית סוללת אבנים / מסלעה בים משמעותה שינוי של בית הגידול של החוף החולי במצע סלעי מלאכותי. השינוי יהיה דרמטי הן במידה שהמבנה מחליף מצע חולי, ועל אחת כמה וכמה במידה שהמבנה בא על חשבון בית גידול סלעי טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות סביבתית גבוהה.

• **הקטנת מגוון המינים ושינוי אופי חברת החי והצומח באזור:** ככלל, מבנים מלאכותיים ימיים וחופיים תומכים בהתפתחות חברות חי וצומח פחות מגוונות בהשוואה לבתי גידול טבעיים. חומר התשתית הזר לסביבה, גם באם סלע מחצבה ולא בטון, אינו מהווה תחליף הולם למסלע ימי. בשילוב עם בעיות שנוצרות עקב עיצוב התשתיות (שיפוע, הומוגניות, היעדר אזורים האוגרים מים), מסלעות מעשה ידי אדם מעודדות חברה לא יצרנית אשר במקרים רבים מאופיינים בדומיננטיות של מינים פולשים ומיני מטרד<sup>[6]</sup>.

• **הפרעה לנגישות:** הגנות ימיות יוצרות מחסום / מקשות על תנועת בעלי חיים ובני אדם כאחד מהחוף לים, לאורך החוף, ומהים לחוף.

### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

#### • מזעור טביעת רגל אקולוגית של הפתרון

- הימנעות מוחלטת מהנחת סלעים בים על גבי מצעים טבעיים קשים (כגון ביץ' רוק, סלעים טבולים טבעיים או טבלאות גידוד) וכן על אזורים חוליים במידה שאלו הוגדרו כבעלי רגישות בינונית או גבוהה (ע"פ הסקרים המקדימים).

- הקפדה על עבודה בשטח בהתאם להנחיות המדריך הניהולי.

#### • עיצוב המאפשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים:

- **שימוש במצעים עם פני שטח מורכבים:** שימוש בחומר תשתית המדמה רמת מורכבות המאפיינת מצע טבעי כמו כורכר או טבלאות גידוד. העדפת חומרים עם פני שטח שאינם חלקים ואחידים אלא משלבים חריצים/חורים/חספוס ושילוב בלטים ומגרעות ליצירת בתי גידול חשופים ומוצלים לסירוגין וכדומה. לדוגמא סלעי מחצבה שעברו חירוף ו/או נקדחו בהם (איור 17).



איור 17: קדיחת חורים בשובר גלים מאנגליה - באדיבות לואיז פירת' - פרויקט תזאוס.



- מורכבות פני השטח צריכה לכלול חריצים/חספוס בטווח עומקים של 0.5 עד 2 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יהיו מורכבים, כאשר מומלץ שלא פחות מ 50% מפני השטח החשוף יהיה מורכב.

- ככל הניתן יש לשלב שקעים בקטרים שונים הנעים בין בקוטר של 2 ס"מ ועד 10 ס"מ ובטווח עומק של 2 עד 8 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יכללו שקעים, ובכל מקרה יש לשאוף לצפיפות מינימלית של 4 שקעים למ"ר.

- ככל הניתן מורכבות פני השטח תכלול גם פני שטח מעוצבים הכוללים בלטים בגובה 0.5 עד 3 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יכללו בלטים, ובכל מקרה יש לשאוף לצפיפות מינימלית של 4 בלטים למ"ר.

**!** יש להיוועץ במהנדס חופי בעת הגדרת עיצוב פני השטח.

- **שימוש בסלעים בגדלים שונים:** בכדי לייצר מגוון נישות אקולוגיות ומקומות מסתור יש לשלב גדלי מסלע שונים. ככל שיהיה שימוש בטווח רחב יותר של גדלים, כך ייתכן שמגוון המינים יעלה.

- גודל הסלע הנדרש להגנה חופית ישתנה מחוף לחוף לפי עוצמת הגלים. בכל מקרה מומלץ להשתמש בלפחות 4 גדלים שונים של סלע – בגודל 25% ו 50% מתחת ומעל לגודל ההנדסי הנדרש באזור.

- בהינתן הנחיות הנדסיות לגודל סלע דרוש למיגון באתר, יש לשלב לפחות 25% אבנים בגדלים שונים מהגודל המומלץ לאתר ולשלבם באופן אחיד בכל המבנה.

**!** גודל הסלע הטיפוסי הנחוץ למבנה/למסלעה ייקבע על ידי מהנדס חופי. באישור המהנדס יש להוסיף סלעים קטנים יותר ואף גדולים יותר כחלק מהמבנה.

- **שילוב אלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע:** באזורים המכילים / אשר הכילו בעבר בתי גידול סלעיים חופיים יש לשלב במבנה אלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע.

- במקרה של מסלעה ניתן:

\* ליצור מבנים דמויי בריכת שפל ממסלע בשילוב בד גאוטכני בנפח של 0.1-0.5 קוב (איור 18).

\* לשלב סלע בו יש חורים (טבעיים/קדוחים). על החורים להיות בקוטר של 20-6 ס"מ לפחות ובצפיפות של לפחות 4 חורים למ"ר.

**!** יש להיוועץ במהנדס חופי בנושא יצירת בריכות שפל כחלק מהמסלעה ובשילוב אלמנטים טרומיים במסלעה.



איור 18: שילוב מבנים דמויי בריכות גאות ושפל במסלעת הגנה חופית בהולנד.

- **שילוב שיפועים בשונים במסלע:** יש להימנע מהנחת סלעים בשיפוע אחיד, אלא לשלב שיפועים משתנים בעת הנחת הסלעים. בניגוד למבנה עם שיפוע הומוגני, שאינו מציע מגוון ונישות ביולוגיות לחי וצומח, מסלעה המשלבת מגוון שיפועים משרה חיגור חופי משמעותי יותר ולכן מעודדת חברות חי הדומות יותר למצעים טבעיים. ככל הניתן יש לשלב בסלעים המונחים אזורים בעלי שיפוע שלילי – המהווים בית גידול ייחודי בדומה לצנירים טבעיים.

- **שימוש בחומרים ידידותיים לחי וצומח ימי:**

על מנת להפחית את טביעת הרגל האקולוגית של המבנה/הגנה חופית, יש להעדיף, ככל הניתן, שימוש ו/או שילוב חומרים וטכנולוגיות המעודדות התיישבות בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים, על פני מצעים סטנדרטיים. לדוגמא:

\* שילוב מצעים טבעיים ממקור חופי/ימי – כגון סלעי כורכר, מצוק, או ביץ' רוק ממקור מקומי בלבד.

! אסור בתכלית האיסור לכרות מצעים אלו מהטבע לצורך הפרויקט! רק במידה שקיים מקור זמין מחפירות ימיות/חופיות מאושרות או מעבודות מאושרות למיתון המדרון, ניתן לנצל את המצעים הנ"ל לבנייה אקולוגית.

! אין להשתמש במצעים טבעיים (ימיים ויבשתיים) שאינם מקומיים מחשש למינים פולשים על/בתוך המצע.

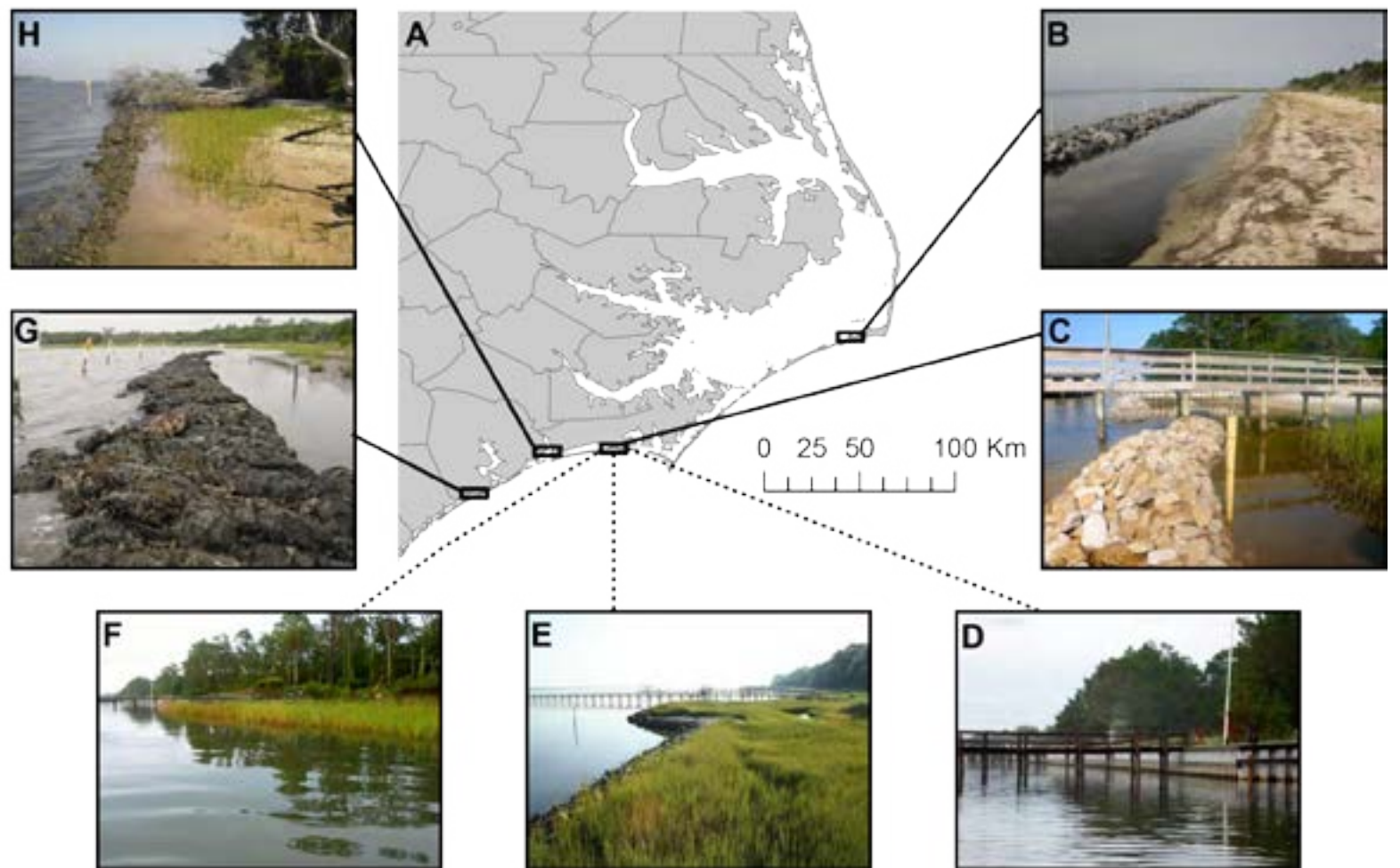
בטון תומך ביולוגיה – כגון מוצרים של <sup>TM</sup>Reef Ball או <sup>®</sup>ECOncrete.

! יש להשתמש רק בחומרים שיעילותם הביולוגית בעידוד חברת חי וצומח ימי הוכחה מדעית, עדיפות לחומרים שיעילותם הודגמה באזור.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע מהן הדרישות המבניות של הבטון ולהקפיד שהיכולות הביולוגיות לא יבואו על חשבון חוזק ועמידות מבנית.

**• פתרונות חלופיים/משלימים:**

במקרה של מסלעה באזור שפכי נחלים ניתן לשלב צמחיית גדה כחלק מאמצעי שיכון השחיקה באזור בדומה לגישת Living shorelines (איור 19).



איור 19: דוגמאות לפתרונות של הגנה חופית באזור שפכי נחלים, בגישת Living Shorelines שיושמה בצפון קרוליינה, ארה"ב.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה פתרון משלים ניתן ליישם באתר.

[חזר לטבלה 1](#)

### 3.2.7. גיאומטריה מטובע

#### עקרונות תכנון:

שרוול גיאומטרי במילוי של חול המשמש בדומה לשוברי גלים מוטבעים להפחתה של אנרגיית הגלים. הגיאומטריה מיוצב לקרקעית הים. אורך ומימדים יקבעו בהתאם למודל נומרי וחישובי יציבות. עמידות הפתרון היא לטווח של 10-7 שנים, הפתרון יכול לשמש גם כבסיס לשובר גלים קבוע במידה שיחופה ע"י אבן. עבודות ההתקנה הינן מהים בלבד.

רצוי שיהיה משולב עם הזנת חול כפעולה משלימה שתיתן התייצבות מהירה של המערכת החופית.

**!** יש להימנע מהנחת גיאומטריה מטובע במהלך עונות רבייה / הטלה של בעלי חיים ימיים, ככל שזוהו בדוח האקולוגי של תא השטח

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

• **אבדן בתי-גידול:** הוספת גיאומטריה ימי עלולה לפגוע בבית גידול סלעי טבעי (כמו ריף סלעי טבול או טבלאות גידוד) או להחליף בית גידול חולי טבול בבית גידול מלאכותי.

• **הוספת בית גידול מלאכותי:** הבניית גיאומטריה ימי משמעותה החלפת בית הגידול הטבעי הקיים במבנה מעשה ידי אדם. השינוי יהיה דרמטי הן במידה שהמבנה מחליף מצע חולי, ועל אחת כמה וכמה במידה שהמבנה בא על חשבון בית גידול סלעי טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות סביבתית גבוהה.

• **הקטנת מגוון המינים ושינוי אופי חברת החי והצומח באזור:** ככלל, מבנים מלאכותיים ימיים וחופיים תומכים בהתפתחות חברות חי וצומח פחות מגוונות בהשוואה לבתי גידול טבעיים. חומר התשתית הזר לסביבה, אינו מהווה תחליף הולם למסלע ימי. בשילוב עם בעיות שנוצרות עקב עיצוב התשתיות, כמו הומוגניות של המבנה ומורכבות מבנית נמוכה במקרה של גיאומטריה, התשתיות מעודדת חברה לא יצרנית אשר במקרים רבים מאופיינים בדומיננטיות של מינים פולשים ומיני מטרד<sup>[6]</sup>.

• **שינוי משטר סדימנט וזרם סביב המבנה:** המבנה המונח על קרקעית הים בעומק לא רב עשוי לשנות את משטר הזרמים והסדימנטים באזור באופן שעלול לגרום להרבדת חול בחזית המבנה (בדומה לטומבולו) או בסביבתו ובכך לסכן בתי גידול רגישים בסמיכות למבנה.



### הנחיות אקולוגיות לכתרון:

כיוון שהגיאוטיוב הנו מוצר מוגמר ולא ניתן לשנות את העיצוב שלו או את שטח הפנים הלא מורכבים או את ההומוגניות של המבנה, ההנחיות האקולוגיות מתמקדות בהקטנת נזקים סביבתיים של הגיאוטיוב על הסביבה. יש לציין כי ישנן עדויות להתיישבות ביולוגיות על גיאוטיוב אך קיים מחסור בתיעוד ומעקב מדעי על יכולות מבנים אלו לתמוך בחברת חי יציבה ובריאה.



איור 20: דוגמה לחברת חי שהתפתחה על גיאוטיוב בים תיכון.

### • מזעור טביעת רגל אקולוגית של הכתרון

- הימנעות מוחלטת מהנחת גיאוטיוב על גבי מצעים טבעיים קשים (כגון ביץ' רוק, סלעים טבולים טבעיים או טבלאות גידוד) וכן על אזורים חוליים במידה שאלו הוגדרו כבעלי רגישות בינונית או גבוהה (ע"פ הסקרים המקדימים).

- שימוש במודלים לקביעת מיקום הגיאוטיוב להגנה מיטבית תוך שמירה על החול והגנה על רצועת חוף יציבה ומניעת כיסוי/קבירה של מצעים קשים סמוכים. (כמו במקרה של כיסוי ביץ' רוק עקב היוצרות טומבולו).

- יש לוודא שפעולת חפירת החול למילוי הגיאוטיוב לא תפגע בערכי טבע:  
+ שאיבה מבוקרת ועם רשת בגודל עיין 10 ס"מ מחשש ללכידת צבי ים.  
+ שימוש בתצפיתנים למניעת פגיעה בצבי ים/דולפינים במהלך השאיבה.

- יש לוודא כי החול בתוך הגיאוטיוב אינו מזהם.

- עדיפות למילוי החול בגיאוטיובים מחול מקומי.



- יש להשתמש ככל שניתן (וכל עוד אינו מזוהם) בחול אשר מקורו מעבודות תחזוקה מקומיות.
- הקפדה על עבודה בשטח בהתאם להנחיות המדריך הניהולי.

#### • פתרונות חלופיים/משלימים

הגברת מורכבות מבנית של המבנה: היות ולא ניתן לשנות את מורכבות פני השטח של הגיאומטריה שהנה חלקה והומוגנית בצורה שאינה מעודדת מגוון מינים גבוה, יש לשאוף לפתרונות אשר מגבירים את המורכבות המבנית של הגיאומטריה. אין דוגמאות לכך ולכן המוצע להלן דורש בחינה ניסויית וניטור על מנת להעריך יעילות:

+ עיטוף/שזירת המבנה בחבלים. יש להשתמש בחבלים בעלי עמידות גבוהה לתנאים של מלח וקרינה. יש לשלב טווח עוביים של חבל 20-60 מ"מ על מנת לייצר אפקט מורכבות.

! יש לדאוג לשזירה הדוקה ועיגון מלא של החבלים על מנת למנוע סכנת השתחררות של החבל.

- ככל הניתן - באישור מהנדס חופי - לשלב סלעים בגדלים שונים (בטווח שייקבע ע"י מהנדס) ובעלי מורכבות מבנית גבוהה (לא סלעי מחצבה חלקים, אלא סלעים עם חריצים/חספוס/חורים) בשולי הגיאומטריה. תוספת שכזו יכולה להגביר את המורכבות של בית הגידול המלאכותי שיווצר ולפיכך להגדיל את מגוון המינים והיצרנות באזור.

! אין לעקור/לפגוע בסלעי כורכר/ביץ רוק לצורך שילוב מסלע בגיאומטריה אלא להשתמש בסלעים ממקור מאושר.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה פתרון משלים ניתן ליישם באתר.

[חזור לטבלה 1](#)

## 3.2.8. שוברי גלים

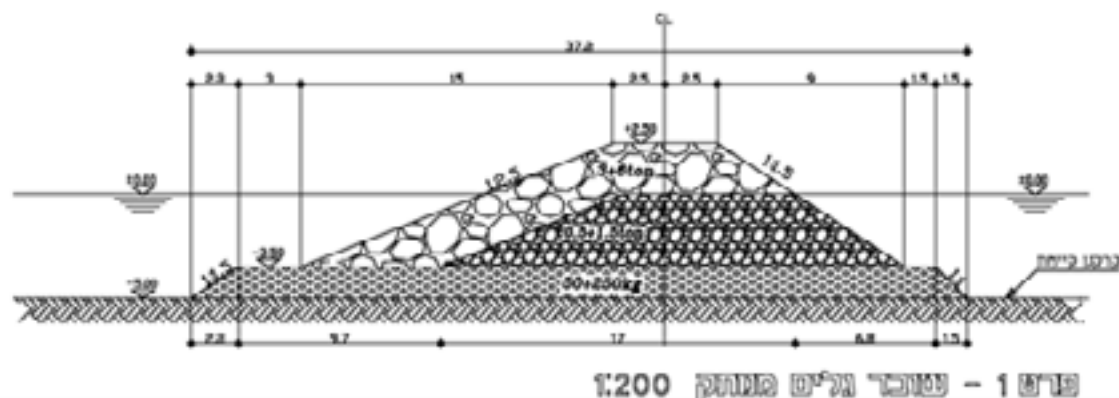
שוברי גלים נמצאים בשימוש נרחב בארץ ובעולם כאמצעי הגנה חופית, בעיקר בחופים החשופים לפעילות גלים אינטנסיבית. במרכז הארץ הם כבר שנים רבות חלק בלתי נפרד מהנוף בחופים רבים. שוברי גלים מהווים חלק ממערך הפתרונות ההנדסיים ארוכי הטווח (קבועים) להגנת המצוק החופי בישראל. כיוון שאין מפרט אחיד וכללי לשוברי גלים, שתכנונם תלוי בגורמים רבים בקו החוף הספציפי עליו הם יבנו ויגנו (עומק, סוג קרקעית, משטר גלים, סדימנטים וכדומה), ההנחיות

האקולוגיות בפרק זה אינן מתייחסות לסוג מסוים של שוברים גלים אלא מתוות קווים תכנוניים עקרוניים המקטינים את טביעת הרגל האקולוגית של שוברי גלים ואף מגבירים את יכולתם לספק שירותי מערכת לסביבה.

**!** יש להימנע מביצוע עבודות ימיות להקמת שוברי גלים במהלך עונות רבייה / הטלה של בעלי חיים ימיים, ככל שזוהו בדוח האקולוגי של תא השטח, או לנקוט באמצעים בהתאם למדריך הניהולי.

### עקרונות תכנון:

כאמור, אין בסל הפתרונות עקרונות תכנון לשוברי גלים, אשר דורשים תכנון בהתאם למודלים ספציפיים לתא השטח. כרפרנס נתייחס למפרט כללי של שוברי גלים מתוך מסמך של FAO לתכנון וניהול נמלי דייג<sup>[24]</sup>. בארץ מרבית שוברי הגלים הנם מבנים זקורים (אשר נישאים מקרקעית הים ועד מעל לאזור הגאות המכסימלית) המורכבים מליבה של חומר דק גרגר המחופה בבד גיאוטכני, ועליה ערומים סלעי מחצבה או יחידות בטון (איור 21). גודל הסלע/יחידות הבטון משתנה בהתאם לגובה הגל המכסימלי בתא השטח ובגורמים רבים נוספים. ליבת השובר מורכבת לרוב ממסלע של 1-500 ק"ג, מעל הליבה שכבה של מסלע במשקל של 500-1000 ק"ג, ויחידות ההגנה החופית החיצונית מגיעות למשקל של 1000-3000 ק"ג (כאשר בשוברי גלים מאסיביים כמו של נמל חיפה/אשדוד אף להרבה מעבר לכך)<sup>[24]</sup>.



איור 21: חתך בשובר גלים טיפוסי<sup>[24]</sup>.

### בעיות אקולוגיות עיקריות:

• **אבדן בתי-גידול:** בניית שובר גלים עלולה לפגוע בבית גידול סלעי טבעי (כמו ריף סלעי טבול או טבלאות גידוד) או להחליף בית גידול חולי טבול בבית גידול מלאכותי.

- **הוספת בית גידול מלאכותי:** בניית שובר גלים משמעותה החלפת בית הגידול הטבעי הקיים במבנה מעשה ידי אדם. השינוי יהיה דרמטי הן במידה שהמבנה מחליף מצע חולי, ועל אחת כמה וכמה במידה שהמבנה בא על חשבון בית גידול סלעי טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות סביבתית גבוהה.
- **הקטנת מגוון המינים ושינוי אופי חברת החי והצומח באזור:** ככלל, מבנים מלאכותיים ימיים וחופיים תומכים בהתפתחות חברות חי וצומח פחות מגוונות בהשוואה לבתי גידול טבעיים. חומר התשתית הזר לסביבה, אינו מהווה תחליף הולם למסלע ימי. בשילוב עם בעיות שנוצרות עקב עיצוב התשתיות, כמו הומוגניות של המבנה ומורכבות מבנית נמוכה ביחס לבתי גידול סלעיים טבעיים, התשתית מעודדת חברה לא יצרנית אשר במקרים רבים מאופיינים בדומיננטיות של מינים פולשים ומיני מטרד<sup>[6]</sup>. בהקשר זה, שוברי גלים הממוקמים במקרים רבים סביב נמלים ומרינות – אתרים הידועים כמוקדים להתפשטות וביסוס מינים פולשים – תועדו בספרות המדעית כאבני דרך בהתפשטות של מינים פולשים לאורך קווי חוף<sup>[6]</sup>.
- **שינוי משטר סדימנט וזרם סביב המבנה:** המבנה המונח על קרקעית הים בעומק לא רב עשוי לשנות את משטר הזרמים והסדימנטים באזור באופן שעלול לגרום להרבדת חול בחזית המבנה (בדומה לטומבולו) או בסביבתו ובכך לסכן בתי גידול רגישים בסמיכות למבנה (איור 22).
- **הפרעה לנגישות:** שוברי גלים, בייחוד כשאלו באים בצברים לאורך קו החוף יוצרים מחסום/ מקשים על תנועת בעלי חיים ובני אדם מהים הפתוח לחוף ובחזרה לים.



איור 22: דוגמה להשפעת שוברי גלים מנותקים על משטר זרימת הסדימנטים בחוף

## הנחיות אקולוגיות לפתרון:

### • מזעור טביעת רגל אקולוגית של הפתרון

- הימנעות מוחלטת מהקמת שוברי גלים על גבי מצעים טבעיים קשים (כגון סלעים טבולים טבעיים, שוניות סלעיות ורכסים תת ימיים או טבלאות גידוד) וכן על אזורים חוליים במידה שאלו הוגדרו כבעלי רגישות בינונית או גבוהה (ע"פ הסקרים המקדימים).
- הימנעות מוחלטת מהקמת שוברי גלים במידה והמודלים הראו כי תיווצר גריעת חול ופגיעה בחופים הסמוכים לשטח התכנית.
- שימוש במודלים לקביעת מיקום השוברים להגנה מיטבית תוך שמירה על החול והגנה על רצועת חוף יציבה ומניעת כיסוי/קבירה של מצעים קשים סמוכים (כמו במקרה של כיסוי ביץ' רוק עקב היוצרות טומבולו). בנוסף, המודלים צריכים לקחת בחשבון גם את ההשפעות של שלב ההקמה, במידה ונבנים מבנים תומכים כמו דורבן.
- הקפדה על עבודה בשטח בהתאם להנחיות המדריך הניהולי.
- ככל ששוברי הגלים יתוכננו לעמידות ואורך חיים רב יותר, כולל שילוב עקרונות של הנדסה אקולוגית המעודדים Bioprotection (ראה פרק 1.2.1 במסמך זה) תידרש פחות תחזוקה מבנית או שזו תידרש בתכיפות נמוכה יותר, מה שייצר הפרעות בתדירות ועצימות נמוכה יותר. הפחתה שכזו בתדירות/עצמה של תחזוקה מבנית תאפשר התפתחות חברת חי בוגרת, בריאה ויציבה יותר.

### • עיצוב המאפשר ומעודד התיישבות של מגוון בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים

- **שימוש במצעים עם פני שטח מורכבים:** שימוש בחומר תשתית המדמה רמת מורכבות המאפיינת מצע טבעי כמו כורכר או טבלאות גידוד. העדפת חומרים עם פני שטח שאינם חלקים ואחידים אלא משלבים חריצים/חורים/חספוס ושילוב בלטים ומגרעות ליצירת בתי גידול חשופים ומוצלים לסירוגין וכדומה. לדוגמא סלעי מחצבה שעברו חירוף ו/או נקדחו בהם חורים, או בטון עם טקסטורה/פני שטח מעוצבים (איור 9).
- מורכבות פני השטח צריכה לכלול חריצים/חספוס בטווח עומקים של 0.5 עד 2 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יהיו מורכבים, כאשר מומלץ שלא פחות מ 50% מפני השטח החשוף יהיה מורכב.
- ככל הניתן יש לשלב שקעים בקטרים שונים הנעים בין בקוטר של 2 ס"מ ועד 10 ס"מ ובטווח עומק של 2 עד 8 ס"מ. במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יכללו שקעים, ובכל מקרה יש לשאוף לצפיפות מינימלית של 4 שקעים למ"ר (איור 23).
- ככל הניתן מורכבות פני השטח תכלול גם פני שטח מעוצבים הכוללים בלטים בגובה 0.5 עד 3 ס"מ.

במידת האפשר כל פני השטח החשופים להתיישבות חי וצומח ימי יכללו בלטים, ובכל מקרה יש לשאוף לצפיפות מינימלית של 4 בלטים למ"ר.

יש להיוועץ במהנדס חופי בעת הגדרת עיצוב פני השטח, בעיקר במקרים בהם יש שימוש ב בטון מזויין.



איור 23: קדיחת חורים בשובר גלים מאנגליה - באדיבות לואיז פירת' - פרויקט תזאוס.

- **שימוש בסלעים בגדלים שונים ביחידות ההגנה החופית:** בכדי לייצר מגוון נישות אקולוגיות ומקומות מסתור יש לשלב גדלי מסלע שונים. ככל שיהיה שימוש בטווח רחב יותר של גדלים, כך יתכן שמגוון המינים יעלה.

- גודל הסלע הנדרש להגנה חופית ישתנה מחוף לחוף לפי עוצמת הגלים. בכל מקרה מומלץ להשתמש בלפחות 4 גדלים שונים של סלע – בגודל 25% ו 50% מתחת ומעל לגודל ההנדסי הנדרש באזור.



- בהינתן הנחיות הנדסיות לגודל סלע דרוש למיגון באתר, יש לשלב לפחות 25% אבנים בגדלים שונים מהגודל המומלץ לאתר ולשלבם באופן אחיד בכל המבנה.

! גודל הסלע הטיפוסי הנחוץ למבנה/למסלעה ייקבע על ידי מהנדס חופי. באישור המהנדס יש להוסיף סלעים קטנים יותר ואף גדולים יותר כחלק מהמבנה.

- **שילוב אלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע:** באזורים המכילים / אשר הכילו בעבר בתי גידול סלעיים יש לשלב במבנה אלמנטים אוגרי מים המחקים בריכות סלע.

- במקרה של שובר גלים ניתן:

+ לשלב סלע בו יש חורים (טבעיים/ קדוחים – איור 9). על החורים להיות בקוטר של 6-20 ס"מ לפחות ובצפיפות של לפחות 4 חורים למ"ר.

+ לשלב אלמנטים מבטון טרומי המכילים אגני היקוות בנפח של 2-200 ליטר (איור 24).

! יש להיוועץ במהנדס חופי בנושא יצירת בריכות שפל כחלק מהמסלעה ובשילוב אלמנטים טרומיים במסלעה.



איור 24

- שילוב שיפועים במבנה: יש לשלב שיפועים משתנים במבנה. מבנה עם שיפוע מתון/המשלב מגוון שיפועים משרה חיגור חופי משמעותי יותר ממצע עם שיפוע אחיד (ותלול) ולכן מעודד חברות חי הדומות יותר למצעים טבעיים. פרט לחשיבות מדרג ושיפועים בהקשר של יצירת בתי גידול, קיר מדורג / משופע יכול להקטין את עצמת הגל החוזר ובכך למתן את ההשפעות על חי וצומח באזור, ואך בתכנון נכון להקטין את גריעת החול מהחוף.

+ יש לשאוף לשיפוע של כחות מ-1:3 ויותר מ-1:5, או לשיפוע התואם שיפוע טבעי של חוף סלעי באזור.

+ ככל הניתן יש לשלב אזורים בעלי שיפוע שלילי – המהווים בית גידול ייחודי בדומה לצנירים טבעיים.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה שיפוע ניתן ליישם באתר. במידה שיש בעיה הנדסית בשילוב מגוון שיפועים בשובר ניתן לכל הפחות לשלב פני שטח מורכבים ושילוב אלמנטים היוצרים בריכות שפל.

- **שילוב בתי גידול לעופות ים במבנה:** ניתן לתכנן כחלק מאזורי השובר הזקורים בתי גידול/אזורי מנוחה לציפורים כדוגמת שילוב מתקני עץ או ברזל למנוחה ומסתור של ציפורים.

- במידה שיש צורך הנדסי לשימוש בשכבת פילטר, יש להימנע משימוש בשכבת פילטר המורכבת מאבנים קטנות שעלולות להישטף למים ולגרום לפגיעה ושחיקה של סלעי חוף טבעיים, על החי והצומח בהם (צמל, מידע שלא פורסם). פרט לבעיה אקולוגית, גריעת האבנים הקטנות עלולה לערער את החוזק המבני של הסוללה.

! יש להיוועץ במהנדס חופי לפי כל תא שטח לגבי שימוש בשכבת פילטר.



איור 25: מתוך מצגת של החברה להגנת הטבע - טבע בטיילת נמל יפו.

• **שימוש בחומרים ידיוותיים לחי וצומח ימי:**

על מנת להפחית את טביעת הרגל האקולוגית של המבנה/הגנה חופית, יש להעדיף, ככל הניתן, שימוש ו/או שילוב חומרים וטכנולוגיות המעודדות התיישבות בעלי חיים וצמחים ימיים וחופיים, על פני מצעים סטנדרטיים. לדוגמא:

- שילוב מצעים טבעיים ממקור חופי/ימי – כגון סלעי כורכר, מצוק, או ביץ' רוק ממקור מקומי בלבד.

! אסור בתכלית האיסור לכרות מצעים אלו מהטבע לצורך הפרויקט! רק במידה שקיים מקור זמין מחפירות ימיות/חופיות מאושרות או מעבודות מאושרות למיתון המדרון, ניתן לנצל את המצעים הנ"ל לבנייה אקולוגית.

! אין להשתמש במצעים טבעיים (ימיים ויבשתיים) שאינם מקומיים מחשש למינים פולשים על/בתוך המצע.

- בטון תומך ביולוגיה – כגון מוצרים של ECOConcrete® או Reef Ball™.

! יש להשתמש רק בחומרים שיעילותם הביולוגית בעידוד חברת חי וצומח ימי הוכחה מדעית, עדיפות לחומרים שיעילותם הודגמה באזור.

! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע מהן הדרישות המבניות של הבטון ולהקפיד שהיכולות הביולוגיות לא יבואו על חשבון חוזק ועמידות מבנית.

• **פתרונות חלופיים/משלימים:**

- תכנון "שוברי גלים חיים" (Living Breakwaters, איור 26) המשלבים גישה תכנונית אקולוגית הכוללת יצירת מגוון בתי גידול כחלק אינטגרלי משובר הגלים. החל במבנה שאינו ליניארי הכולל שלוחות לכיוון הים הפתוח המדמות רכסים טבעיים שקועים, דרך שילוב בתי גידול מעוצבים במערך יחידות ההגנה החופית, יצירת מערך "כתרים" כחלק מהשובר המאפשרים מעבר מבוקר של גלים ויוצרים בתי גידול טבולים. דוגמא לכך ניתן למצוא במערך שוברי גלים חיים הנמצא בשלבי תכנון מתקדמים בחוף המזרחי בארה"ב.



איור 26: דוגמה לתכנון "שוברי גלים חיים" בפרויקט Living Breakwaters בניו יורק. תמונה באדיבות SCAPE Landscape Architects.

- תכנון של איונים מלאכותיים המחקים איונים טבעיים, כדוגמת האיונים הטבעיים בדור, כחלופה לשוברי גלים. הפתרון אמנם כרוך בהנדסה משמעותית אך בתכנון נכון יכול לחקות בתי גידול טבעיים. תכנון מסוג זה אף הוצע כחלק ממערך ההגנה על אזורים בארה"ב שנפגעו מסופת סנדי (איור 27).



איור 27: דוגמה לתכנון איונים כחלק ממערך הגנה חופית בניו יורק. תמונה באדיבות 8 WXY WEST.

**! יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע איזה פתרון משלים ניתן ליישם באתר.**

[חזור לטבלה 1](#)



### 3.3. מדרון מתון בשיפוע של $30^{\circ}$ עד $38^{\circ}$

השטח בין בוהן המצוק לבין ראש המצוק. המדרון בנוי משכבות של כורכר וחמרה חולית, ושיפועו נקבע לפי ההרכב, החוזק והעובי של השכבות השונות ממנו הוא בנוי, והשפעות חיצוניות מכיוון בוהן המצוק או מגג המצוק הגורמות לסחף, לקריסה ולהתחזרות. ככל שהמדרון מתון יותר, יציבותו עולה. ככלל, השאיפה היא ששיפוע המדרון לא יעלה על  $30^{\circ}$ .

**תזמון פעילות:** הטיפול במדרון ייעשה לאחר החורף במטרה לאתר את הנזקים שנגרמו לו ע"י הנגר העילי, וכדי לשקמו ולייצבו לפני החורף הבא.

**!** לפני יישום פתרון קשה (קבוע) יש להיוועץ במהנדס חופי על מנת לקבוע סופית כי אין חלופה זמנית שוות ערך.

#### 3.3.1. מדרון לא מיוצב

##### עקרונות תכנון:

כמיתון השיפועים ומילוי ערוצים אורכיים בקרקע בשילוב עם מניעת ארוזיה באמצעים הנדסיים, או ע"י ייצוב צמחי, תוך שימוש ברשתות קבועות או מתכלות לצד השקיה. טיפול מונע יכול להיעשות ע"י הכוונת הנגר למגלשים אורכיים על גבי המדרון, או ע"י ניקוז מי נגר מגג המצוק והרחקתם מהמדרון. ככלל, אין לטפל במדרון מיוצב ששיפועו מתון מ- $30^{\circ}$  אלא אם יש בו בעיות בטיחות נקודתיות, שיטופלו בנפרד, לפי המפורט בהמשך.

##### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **כגיעה בצמחייה מקומית:** על גבי המדרון גדלה צמחייה אופיינית לחוף ים ולחגורת הרסס. עבודות למיתון המדרון ולייצובו עלולות לפגוע בצמחייה זו.
- **החלפת צמחיית בר במינים גרים ופולשים:** בשיקום צמחי נעשה לעתים שימוש במיני צמחים גרים, חלקם אף ידועים כמינים פולשים. תוספת השקיה מאיצה את הייצוב הצמחי, אך מעודדת מינים גרים ופולשים תוך גרימת נזקים אקולוגיים ניכרים.
- **הקטנת מגוון המינים בשל כגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, כגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקרקים בשל מיתון מדרונות תלולים בהם הם מקננים. יצירת מדרון הומוגני באופיו.

• **הוספת מבנים מלאכותיים למדרון:** בניית מגלשים, רשתות קוקוס או מתכת, כוורות וחיפוי בבטון מזויין. המבנים באים על חשבון בית גידול טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות אקולוגית גבוהה.

#### **עקרונות אקולוגיים לפתרון:**

- מידת ההתערבות צריכה לאזן בין הרגישות האקולוגית של תא השטח הנדון, כפי שנקבעה בסקר האקולוגי, לבין חומרת הנזק הקיים או הצפוי להיגרם עקב אי-נקיטת אמצעי מניעה.

- בשטחים בעלי רגישות אקולוגית גבוהה יש לבחון בראש ובראשונה אמצעים לטיפול מניעתי מחוץ לשטח המדרון, למשל, הסטת נגר עילי מגג המצוק או הגנה על בוהן המצוק, בשילוב עם תיקוני תחזוקה מינוריים של נזקים במדרון עצמו וטיפול בסכנות בטיחות דחופות. הדגש בטיפול יהיה על הגנת הערכים הקיימים ועל שיקום אקולוגי של המדרון.

- בשטחים בעלי רגישות אקולוגית בינונית, הטיפול ייעשה בדגש על עצירת התהליכים הגורמים להפרת השטח (הפסקת כרייה, חסימת נגישות לרכבי שטח, למשל, ע"י גדר בטיחות מפלדה), טיפול בסכנות דחופות ושיקום השטח הפגוע על מנת להשיבו למצבו הטבעי, ככל האפשר.

- בשטחים בעלי רגישות אקולוגית נמוכה, הפתרונות ישלבו בין אמצעים הנדסיים לגינון, תוך הקפדה על סילוק צמחים פולשים, כדוגמת מיני צלקנית, טיונית החולות ושיטה כחלחלה, ושיקום נופי.

- הגינון ייעשה בעזרת צמחייה מקומית המותאמת לבתי הגידול בתא השטח הנדון.

- ככלל, יש לפעול בהתאם להנחיות למניעת התבססות וטיפול במינים הפולשים בתכנון והקמת מתקנים וקווים של חברת מקורות<sup>[25]</sup>.

#### [חזר לטבלה 1](#)

### 3.3.2. ייצוב המדרון בעזרת צמחייה

#### **עקרונות תכנון:**

נוסף על הטיפול בערוצים אורכיים והסדרת מגלשים במידת הצורך. פתרון זה מחייב השקיה עד להתייצבות המדרון.

#### **בעיות אקולוגיות עיקריות:**

• **פגיעה בצמחייה מקומית:** על גבי המדרון גדלה צמחייה אופיינית לחוף ים ולחגורת הרסס. עבודות

למיתון המדרון ולייצובו עלולות לפגוע בצמחייה זו.

- **החלפת צמחיית בר במינים גרים ופולשים:** בשיקום צמחי נעשה לעתים שימוש במיני צמחים גרים, חלקם אף ידועים כמינים פולשים. תוספת השקיה מאיצה את הייצוב הצמחי, אך מעודדת מינים גרים ופולשים תוך גרימת נזקים אקולוגיים ניכרים.
- **הקטנת מגוון המינים בשל פגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, פגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקקים בשל מיתון מדרונות תלולים בהם הם מקננים. יצירת מדרון הומוגני באופיו.

### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- השימוש בצמחייה ייעשה מתוך רשימת מפתח של צמחיית בר האופיינית לאזור בהתאם לממצאי הסקרים האקולוגיים ברצועת החוף ובתיאום עם אקולוג המלווה את התכנית.
- יש להעדיף מינים עמידים למליחות גבוהה בשטחים המושפעים מרסס הים.
- בבחירת הצמחייה יושם דגש על מינים רב-שנתיים הכוללים עשבוניים, גאופיטים, בני-שיח ושיחים, ששורשיהם תורמים ליציבות המדרון. ניתן לשלב מינים חד-שנתיים מקומיים בעלי פריחה אטרקטיבית המחזקים את המופע הנופי ומזרזים את ייצוב המדרון.
- איסוף זרעים של מיני צמחים מוגנים לצורך זריעתם או שתילתם מחייבת קבלת היתר מרשות הטבע והגנים.
- יש להימנע משימוש במיני צמחים גרים או פולשים.
- יש לעקור או להדביר מיני צמחים גרים או פולשים הגדלים כיום בשטחים שרגישותם האקולוגית בינונית עד גבוהה. פעולה זו תיעשה לפני הזריעה והשתילה, וכן בהמשך, כחלק מהתחזוקה השוטפת של המדרון.
- להאצת תהליך ייצוב המדרון באמצעות צמחייה, מומלץ לזרוע בהתזה בשילוב עם שתילת פלגים של המינים הרב-שנתיים.
- ההשקיה תיעשה באמצעות טפטפות ו/או מתזים, בשעות הלילה או מוקדם בבוקר, לצמצום איבוד מים באידוי.

[חזר לטבלה 1](#)

### 3.3.3. ייצוב המדרון עם צמחיה ורשתות ייצוב כמו: רשתות פולימריות קבועות/ שילוב כוורות גאוקו/ קוקוס וכדומה או רשתות מתכלות

#### עקרונות תכנון:

**במקומות שלא ניתן לייצב באמצעות צמחייה בלבד.** בנוסף על הטיפול בערוצים אורכיים והסדרת מגלשים במידת הצורך. נדרשת השקיה עד להתייצבות הצמחיה. רשתות הייצוב צריכות להיות גמישות ובעלות פתחים קטנים יחסית. הכוורות/הרשתות יוצמדו אל המדרון ע"י יתדות/נעצים כדי להבטיח מגע מלא.

**!** יש להיוועץ במהנדס מומחה על מנת לקבוע איזה שיפוע ניתן ליישם באתר. במידה שיש בעיה הנדסית בשילוב שיפוע ניתן לשלב פני שטח מורכבים.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **פגיעה בצמחייה מקומית:** על גבי המדרון גדלה צמחייה אופיינית לחוף ים ולחגורת הרסס. עבודות לייצוב המדרון עלולות לפגוע בצמחייה זו.
- **החלפת צמחיית בר במינים גרים ופולשים:** בשיקום צמחי נעשה לעתים שימוש במיני צמחים גרים, חלקם אף ידועים כמינים פולשים. תוספת השקיה מאיצה את הייצוב הצמחי, אך מעודדת מינים גרים ופולשים תוך גרימת נזקים אקולוגיים ניכרים.
- **הקטנת מגוון המינים בשל פגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, פגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקרקים בשל מיתון מדרונות תלולים בהם הם מקננים. יצירת מדרון הומוגני באופיו.
- **הוספת מבנים מלאכותיים למדרון:** רשתות קוקוס, כוורות וכו' באים על חשבון בית גידול טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות אקולוגית גבוהה.

#### הנחיות אקולוגיות לכתרון:

- השימוש בצמחייה ייעשה מתוך רשימת מפתח של צמחיית בר האופיינית לאזור בהתאם לממצאי הסקרים האקולוגיים ברצועת החוף ובתיאום עם אקולוג המלווה את התכנית.
- יש להעדיף מינים עמידים למליחות גבוהה בשטחים המושפעים מרסס הים.
- בבחירת הצמחייה יושם דגש על מינים רב-שנתיים הכוללים עשבונים, גאופיטים, בני-שיח

ושיחים, ששורשיהם תורמים ליציבות המדרון. ניתן לשלב מינים חד-שנתיים מקומיים בעלי פריחה אטרקטיבית המחזקים את המופע הנופי ומזרזים את ייצוב המדרון.

- איסוף זרעים של מיני צמחים מוגנים לצורך זריעתם או שתילתם מחייבת קבלת היתר מרשות הטבע והגנים.

- יש להימנע משימוש במיני צמחים גרים או פולשים כדוגמת אלה המופיעים ברשימת "צמחי נוי זרים לא רצויים"

- יש לעקור או להדביר מיני צמחים גרים או פולשים הגדלים כיום בשטחים שרגישותם האקולוגית בינונית עד גבוהה. פעולה זו תיעשה לפני הזריעה והשתילה, וכן בהמשך, כחלק מהתחזוקה השוטפת של המדרון<sup>[24]</sup>.

- להאצת תהליך ייצוב המדרון באמצעות צמחייה, מומלץ לזרוע בהתזה בשילוב עם שתילת פלגים של המינים הרב-שנתיים.

- ההשקיה תיעשה באמצעות טפטפות ו/או מתזים, בשעות הלילה או מוקדם בבוקר, לצמצום איבוד מים באידוי.

[חזור לטבלה 1](#)

### 3.3.4. התקנת מגלשים בנקודות שונות לאורכו של המדרון (שיהיה עשוי מאחד מאותם אמצעי ייצוב הקיימים בשוק, או מגלש קשיח עשוי בטון/ אבן וכדומה).

#### עקרונות תכנון:

דורש איתור שקעים מקומיים בראש המצוק והתקנת המגלשים לאורך המדרון באופן שתהיה קליטת מי הנגר - מראש המצוק והולכה מרוכזת שלהם ע"ג משטח יציב.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **פגיעה בצמחייה מקומית:** על גבי המדרון גדלה צמחייה אופיינית לחוף ים ולחגורת הרסס. העבודות עלולות לפגוע בצמחייה זו.
- חשש להתפשטות מיני צמחים פולשים בשל הפרת פני השטח והבאת אדמה המכילה זרעים של מינים זרים.
- **הוספת מבנים מלאכותיים למדרון:** בניית מגלשים באה על חשבון בית גידול טבעי שהנו לרוב



בעל ערכיות אקולוגית גבוהה.

### **הנחיות אקולוגיות לפתרון:**

- **טיפול בערוצים אורכיים:** פתיחה ומילוי בקרקע מקומית של ערוצים אורכיים קיימים במדרון. + מחייב תחזוקה שוטפת לאורך זמן. + אין להשתמש באדמה מעומק של 0-20 ס"מ למילוי ערוצים אם מקורה בשטח עם צמחים פולשים, מחשש להפצת זרעים לא רצויים. יש לקבל אישור אקולוג למקור האדמה המשמשת למילוי. + הסדרת מגלשים אורכיים - מול אזורים מקומיים נמוכים בראש המדרון למניעת ארוזיה.
- **ייעוץ שימוש במצעים עם פני שטח מורכבים:** חומר תשתית המדמה רמת מורכבות המאפיינת מצע טבעי כמו כורכר מהודק ואבן. + העדפת חומרים עם פני שטח שאינם חלקים ואחידים אלא משלבים חריצים/חורים/חספוס ושילוב בלטים ומגרעות ליצירת בתי גידול חשופים ומוצלים לסירוגין. לדוגמא, בטון עם פיגמנטים בגוון הסלע המקומי עם טקסטורה/פני שטח מעוצבים. + מורכבות פני השטח צריכה לכלול חריצים/חספוס בטווח עומקים של 0.5 עד 2 ס"מ.
- השיטה דורשת איתור שקעים מקומיים בראש המצוק והתקנת המגלשים לאורך המדרון באופן שתהיה קליטת מי הנגר מראש המצוק והולכה מרוכזת שלהם על גבי משטח יציב.
- יש להימנע משימוש בגביונים לצורך הסדרת מגלשים וערוצי ניקוז מאחר שהם יוצרים חיץ לתנועת בעלי חיים קטנים.

[חזר לטבלה 1](#)

### 3.4. מדרון בשיפוע חריף מעל 40°

! לפני יישום פתרון קשה (קבוע) יש להיוועץ במהנדס מומחה על מנת לקבוע סופית כי אין חלופה זמנית שוות ערך.

#### 3.4.1. מערכת של מסמרי קרקע + צינוי בבטון מזויין; מותז או יצוק

##### עקרונות תכנון:

במדרונות בהם שכבות החול והכורכר המרכיבות את המצוק לא מאפשרות למדרון בשיפוע חריף פתרון המתבסס רק על ייצוב באמצעות צמחייה. פתרון זה אינו מומלץ מבחינה אקולוגית מאחר שהוא משנה לחלוטין את אופיו הטבעי של המצוק. השימוש בו מוצע במקרים של סכנה בטיחותית לציבור הנמצא למרגלותיו או בראש המצוק, ולפיכך השימוש בו ייעשה בעיקר בסביבה העירונית, בשטחים שרגישותם האקולוגית נמוכה. בכל מקרה, מומלץ לבחון שילוב של פתרונות שיאפשרו הוספת צמחייה מקומית למיתון האופי ההנדסי של הבטון.

- הקיר צריך לקבל לחצי עפר צדדים, כולל ניקוז גב הקיר.
- יש לתכנן את ברגי הסלע או מסמרי הקרקע בהתאם לתקנים.

! יש להיוועץ במהנדס מומחה לנושא על מנת לקבוע את מאפייני ההגנה על המצוק.

##### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **כגיעה בצמחייה מקומית:** על גבי המדרון גדלה צמחייה אופיינית לחוף ים ולחגורת הרסס. חיפוי המדרון בבטון פוגע בצמחייה זו.
- **הקטנת מגוון המינים בשל כגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, כגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקקים.
- **הוספת מבנים מלאכותיים למדרון:** באה על חשבון בית גידול טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות אקולוגית גבוהה.

##### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- הימנעות מכיסוי רצוף של כל המדרון והשאררת רצועות אופקיות עם קרקע מקומית (ברמות/טראסות) בשיפוע מתון עם ייצוב צמחי;
- שילוב חורים לשתילת צמחייה מקומית רב-שנתית (שיחים, בני-שיח, עשבוניים וכו') או לעופות

מקנני חורים.

• הוספת פיגמנט צבע לבטון בגוון דומה לקרקע ולמסלע המקומיים.

[חזר לטבלה 1](#)

## 3.4.2. מוצאי ניקוז לדופן המצוק - מוצאי ניקוז ממערכת האיסוף התת-קרקעית העירונית שבמוצאם משוחרר נגר אל דופן המדרון

### עקרונות תכנון:

יש להימנע מתכנון/ביצוע פתרון הכולל מוצא מובלים בדופן המצוק. טיפול במוצאי ניקוז קיימים שמהם משוחרר נגר אל דופן המדרון: סגירה של המוצאים והפניית הנגר המוזרם בהם אל יעד אחר. מומלץ לחבר את מערכת הניקוז אל ערוצי זרימה קיימים בכיוונים צפון-דרום או מזרח, באופן שמוצאם של אלו יהיה במקומות שבהם הסכנה לפגיעה במצוק החופי קטנה יותר או לא קיימת. מדובר במוצאי ניקוז ממערכת האיסוף העירונית התת-קרקעית, שבמוצאם משוחרר נגר אל דופן המדרון. פתרון זה פוגע ביציבות המדרון ואינו מומלץ.

### בעיות אקולוגיות עיקריות:

מוצאי הניקוז גורמים להתחתרות ערוצים, לסחף קרקע ולנסיגת המצוק והמדרון תוך פגיעה בצומח ובחי המתקיימים על גבי המדרון.

### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- להימנע מביצוע של מובלים היוצאים בדופן המצוק.
- לבטל מוצאים קיימים, תוך הפניית הנגר המוזרם בהם כיום אל יעד אחר.

[חזר לטבלה 1](#)

### 3.4.3. מוצאי ניקוז בדוכן המדרון התקנת מגלש (כמפורט לעיל) בתחתית מוצא הניקוז

#### עקרונות תכנון:

פתרון זה מוצע רק במקרה שלא ניתן לערוך שינוי במערכת הניקוז העירונית הקיימת. צינור מובל הניקוז הקיים יוארך אל מחוץ למדרון, תוך כדי תמיכה בו, באופן שמי הנגר המתנקזים ממנו לא יוזרמו ישירות על גבי המדרון אלא ינוקזו אל משטח מוגן בתחתיתו, כדוגמת מגלש.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- מוצאי הניקוז גורמים להתחתרות ערוצים, לסחף קרקע ולנסיגת המצוק והמדרון תוך פגיעה בצומח ובחי המתקיימים על גבי המדרון.
- ביצוע העבודות כרוך בהפרה של השטח ובחשש לחדירת צמחים פולשים.

#### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- חיפוי הבטון בשברי אבן מקומית או במשטחים תעשייתיים דמויי כורכר המוטבעים בבטון.
- הוספת פיגמנט צבע לבטון בגוון דומה לקרקע ולמסלע המקומיים.
- יצירת חספוס גם המאפשר תנועת בעלי-חיים על גבי המגלש.
- אין להשתמש באדמה מעומק של 0-20 ס"מ לביצוע המגלש אם מקורה בשטח עם צמחים פולשים, מחשש להפצת זרעים לא רצויים.

[חזור לטבלה 1](#)

### 3.4.4. מבנה תומך כמו: קיר כובד, קיר בשיטת הקרקע המשורינת, קיר כלונסאות

#### עקרונות תכנון:

פתרון זה כולל אמצעים כמו קיר כובד, קיר בשיטת הקרקע המשורינת או קיר כלונסאות. המבנה דומה למיגון בבוהן המצוק, אך ממוקם בחלק העליון של המדרון לתימוך ראש המצוק. פתרון זה אינו מומלץ מבחינה אקולוגית מאחר שהוא משנה לחלוטין את אופיו הטבעי של המצוק. השימוש בו מוצע במקרים של סכנה בטיחותית לציבור המשתמש בראש המצוק או בגג המצוק. השימוש בו ייעשה בעיקר בסביבה העירונית, בשטחים שרגישותם האקולוגית נמוכה. המבנים התומכים יתוכננו כך שיוכלו לקבל את לחץ העפר הצדי מהמדרון, ובנוסף, את העומסים הקיימים מפני השטח. נדרש תכנון לניקוז המבנה התומך. המבנה דומה למיגון בבוהן המצוק, אך ממוקם בחלק העליון של המדרון לתימוך ראש המצוק.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **פגיעה בצמחייה מקומית:** על גבי המדרון גדלה צמחייה אופיינית לחוף ים ולחגורת הרסס. חיפוי המדרון בבטון פוגע בצמחייה זו.
- **הקטנת מגוון המינים בשל פגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, פגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקרקים.
- **הוספת מבנים מלאכותיים למדרון:** למדרון באה על חשבון בית גידול טבעי שהנו לרוב בעל ערכיות אקולוגית גבוהה.

#### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- חיפוי הבטון בשברי אבן מקומית או במשטחים תעשייתיים דמויי כורכר המוטבעים בבטון.
- הוספת פיגמנט צבע לבטון בגוון דומה לקרקע ולמסלע המקומיים.
- יצירת חספוס גס המאפשר תנועת בעלי-חיים על גבי המגלש.
- הוספת חורים אופקיים בקוטר כ-12 ס"מ, בדומה לחורי ניקוז, על מנת לעודד קינון שרקרקים או מיני עופות וזוחלים נוספים. החורים יגיעו עד הקרקע הטבעית. החורים יהיו בצפיפות של 5 חורים ל-10 מ' אורך קיר, בגבהים משתנים.

[חזר לטבלה 1](#)



### 3.4.5. הסרת גושי סלע רופכנים

#### עקרונות תכנון:

פתרון זה מוצע בחופים קולטי-קהל, במידה שניתן להוריד גושי סלע רופכנים בלי לסכן אנשים או רכוש בסביבה הקרובה למרגלות המדרון.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- פגיעה בבתי גידול של בעלי-חיים שונים הזקוקים לסלעים כמחסה או כעמדת תצפית (עופות, זוחלים, יונקים קטנים).
- ביצוע העבודה כרוך בפגיעה בפני השטח של המצוק או המדרון ובצמחייתו.

#### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- אין לבצע זאת בשטחים שאינם מיועדים לקליטת קהל. במידת הצורך ניתן להציב שלטי אזהרה האוסרים על התקרבות למדרון, ו/או להציב גדר על החוף בסמוך לבסיס המדרון.
- אין לסלק את גושי הסלע לאחר הפלתם לחוף, כדי שניתן יהיה לנצלם כשוברי אנרגיית הגלים, ובכך לצמצם את המשך הפגיעה בבוהן המצוק.

[חזר לטבלה 1](#)

## 3.5. גג המצוק

רצועה ברוחב 50 מ' ממזרח לראש המצוק. יחסית למדרון, גג המצוק מוגן מהרוחות המערביות ומרסס המלח והרכב הצמחייה שונה מזה שבמדרון או בבוהן המצוק, החשופים יותר למלח הים. ככלל, השיפוע של גג המצוק מתון מאוד וכיוונו מזרחה, לעבר המרזבה, בניצב לציר רכס הכורכר. לעתים, בשל הפרות, קו פרשת המים הקובע את ראש המצוק, מוסט מזרחה.

**תזמון פעילות:** הטיפול בגג המצוק ראוי שייעשה בין סוף האביב לחורף (אפריל עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בשטח בעונת הפריחה והרבייה.

**!** לפני יישום פתרון קשה (קבוע) יש להיוועץ במהנדס מומחה על מנת לקבוע סופית כי אין חלופה זמנית שוות ערך.

### עקרונות תכנון:

בגג המצוק ייעשה טיפול רק אם יש בו כדי להגן על המדרון ועל בהונות המצוק מפני ארוזיה. הטיפול ייעשה בשטחים שעברו הפרה בשל עבודות עפר, כריית חומר, תנועת רכבי שטח וכו', שבגינם זורם נגר עילי מערבה במקום מזרחה.

העבודות בתא שטח זה יבוצעו בדגש על הסדרת הניקוז ושיקום נופי ואקולוגי של השטח על מנת להשיבו למצבו המקורי ככל האפשר לפני ביצוע ההפרות. מערכות הניקוז יתוכננו כך שיימנע שחרור נגר עילי לעבר ראש המצוק והמדרון.

ככלל, פעולות אלה יבוצעו במרחב העירוני בלבד, בשטחים שרגישותם האקולוגית על-פי רוב נמוכה.

### 3.5.1. הסדרת רצועת השטח הצמודה לראש המצוק - לצורך מניעת הגעת נגר עילי למצוק עצמו

### עקרונות תכנון:

מערכות הניקוז העירוני יוסדרו ע"י שינויים בצנרת ובמובלים או ע"י הארכת מובלים והפנייתם אל ערוצים קיימים או אל אזורים בעלי רגישות נמוכה.

בשטחים עירוניים, הרגישות האקולוגית של גג המצוק על-פי רוב נמוכה, ולפיכך השפעת ההסדרה על ערכי טבע בגג המצוק צפויה להיות מינורית. עם זאת, יש בה מבחינת שיפור בהגנה על המדרון, אשר בשל מיקומו הפחות נגיש, גדלים בו מינים אופייניים לכורכר ולחגורת הרסס.

### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **פגיעה בצמחייה מקומית:** בגג המצוק גדלה צמחייה אופיינית לרכסי כורכר ולקרקות חול וחמרה. בשטחים טבעיים שאינם עירוניים, עבודות להסדרת ניקוז עלולות לפגוע בצמחייה זו.
- **החלפת צמחיית בר במינים גרים ופולשים:** הפרה של פני השטח עקב פעילות אדם בעבר או בשל עבודות הסדרה לצורך שינוי הניקוז מעודדת התבססות מיני צמחים פולשים.
- **הקטנת מגוון המינים בשל פגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, פגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקקים בשל מילוי ערוצים עם מצוקי חמרה בהם הם מקננים.
- **הוספת מבנים מלאכותיים בגג המצוק:** בניית קירות תמך, תעלות ניקוז וסוללות עפר משנים את הרכב הצמחייה. המבנים באים לעתים על חשבון בית גידול טבעי ברגישות אקולוגית גבוהה.

### הנחיות אקולוגיות לכתרון:

- בשטחים טבעיים וברמת הפרה נמוכה עד בינונית, הטיפול בגג המצוק ייעשה בין סוף האביב לחורף (אפריל עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.
- בתום ההסדרה יש לבצע שיקום נופי ואקולוגי של השטח על מנת להשיבו למצבו הטבעי.
- יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך 3-5 שנים מתום עבודות השיקום, ולסלקה. משך הזמן המרבי ייקבע בהתאם לניקיון השטח ממינים פולשים, לפי חוות דעת אקולוג.

[חזור לטבלה 1](#)

## 3.5.2. עבודות עבר להסדרת המשטח שבראש המצוק (באזור הסמוך לשכנתו)

### עקרונות תכנון:

ביצוע עבודות עפר ליצירת שיפוע של פני הקרקע לכיוון מזרח, כך שמי נגר עילי יורחקו מראש המצוק, או מילוי והגבהה של שקעים ואזורים נמוכים למניעת היקוות ואיגום של מי נגר בסמוך לראש המצוק. כותרון זה מומלץ בשטחים עירוניים שרגישותם האקולוגית נמוכה.

### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **פגיעה בצמחייה מקומית:** בגג המצוק גדלה צמחייה אופיינית לרכסי כורכר ולקרקות חול וחמרה.

בשטחים טבעיים שאינם עירוניים, עבודות להסדרת ניקוז עלולות לפגוע בצמחייה זו.

- **החלפת צמחיית בר במינים גרים ופולשים:** הפרה של פני השטח עקב פעילות אדם בעבר או בשל עבודות הסדרה לצורך שינוי הניקוז מעודדת התבססות מיני צמחים פולשים.
- **הקטנת מגוון המינים בשל פגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, פגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקרקים בשל מילוי ערוצים עם מצוקי חמרה בהם הם מקננים.
- **הוספת תעלות ניקוז וסוללות עפר משנה את הרכב הצמחייה.** המבנים באים לעתים על חשבון בית גידול טבעי ברגישות אקולוגית גבוהה.

### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- בשטחים טבעיים שרגישותם האקולוגית בינונית או גבוהה, הטיפול בגג המצוק ייעשה בין סוף האביב לחורף (אפריל עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.
- יש לוודא כי אין פגיעה בערכי טבע ובמינים נדירים בשטח שבו מתבצע המילוי.
- במידה שיש בגג המצוק ערכי טבע מוגנים, יש לתאם זאת עם רשות הטבע והגנים, על-פי חוק, ובמידת האפשר, לאסוף זרעים או להעתיק גאופיטים אל המשטח החדש במסגרת שיקומו האקולוגי והנופי.
- יש להקפיד כי האדמה המובאת אל ראש המצוק דומה במאפייניה לאדמת גג המצוק, וכי היא נקיייה מזרעים של צמחים פולשים.
- בתום ההסדרה יש לבצע שיקום נופי ואקולוגי של השטח על מנת להשיבו למצבו הטבעי.
- יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך 3-5 שנים מתום עבודות השיקום, ולטפל בה עפ"י המפורט בנספח ג' של ההנחיות למניעת התבססות וטיפול בצמחים פולשים בתכנון והקמת מתקנים וקווים של חברת מקורות<sup>[25]</sup>. משך הזמן המרבי ייקבע בהתאם לניקיון השטח ממינים פולשים, לפי חוות דעת אקולוג.

[חזר לטבלה 1](#)

### 3.5.3. עבודות עבר להסדרת המשטח שבראש המצוק - בשילוב עם קיר במקומות שבהם מתוכנן קיר בחלקו העילי של המדרון

#### עקרונות תכנון:

במקומות שבהם מתוכנן מבנה תומך בחלקו העילי של המדרון ניתן לבצע את הפעולות שתוארו לעיל ע"י הגבהה מינימלית של קיר מבנה התומך והסתייעות בו לתמיכת מילוי/הגבהה הקרקע על פי השיפועים שהוצעו לעיל. בדומה לסעיף הקודם, אך בתוספת קיר תומך ומילוי באדמה ליצירת שיפוע של פני הקרקע לכיוון מזרח. ככלל, פתרון זה אינו מומלץ בשטחים טבעיים, ומוצע ליישמו רק בשטח עירוני שרגישותו האקולוגית נמוכה.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **פגיעה בצמחייה מקומית:** בגג המצוק גדלה צמחייה אופיינית לרכסי כורכר ולקרקעות חול וחמרה. בשטחים טבעיים שאינם עירוניים, עבודות להסדרת ניקוז עלולות לפגוע בצמחייה זו.
- **החלפת צמחיית בר במינים גרים ופולשים:** הפרה של פני השטח עקב פעילות אדם בעבר או בשל עבודות הסדרה לצורך שינוי הניקוז מעודדת התבססות מיני צמחים פולשים.
- **הקטנת מגוון המינים בשל פגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, פגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקקים בשל מילוי ערוצים עם מצוקי חמרה בהם הם מקננים.
- **הוספת מבנים מלאכותיים בגג המצוק:** בניית קירות תמך, תעלות ניקוז וסוללות עפר משנים את הרכב הצמחייה. המבנים באים לעתים על חשבון בית גידול טבעי ברגישות אקולוגית גבוהה.

#### הנחיות אקולוגיות לפתרון:

- בשטחים טבעיים שרגישותם האקולוגית בינונית או גבוהה, הטיפול בגג המצוק ייעשה בין סוף האביב לחורף (אפריל עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.
- יש לוודא כי אין פגיעה בערכי טבע ובמינים נדירים בשטח שבו מתבצע המילוי.
- במידה שיש בגג המצוק ערכי טבע מוגנים, יש לתאם זאת עם רשות הטבע והגנים, על-פי חוק, ובמידת האפשר, לאסוף זרעים או להעתיק גאופיטים אל המשטח החדש במסגרת שיקומו האקולוגי והנופי.
- יש להקפיד כי האדמה המובאת אל ראש המצוק דומה במאפייניה לאדמת גג המצוק, וכי היא



נקייה מזרעים של צמחים פולשים.

- בתום ההסדרה יש לבצע שיקום נופי ואקולוגי של השטח על מנת להשיבו למצבו הטבעי.
- יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך 3-5 שנים מתום עבודות השיקום, ולסלקה. משך הזמן המרבי ייקבע בהתאם לניקיון השטח ממינים פולשים, לפי חוות דעת אקולוג.

[חזר לטבלה 1](#)

### 3.5.4. התקנת תלולית ענר בשילוב עם תעלה לאורכה - בראש המצוק

#### עקרונות תכנון:

תכנון שיאפשר תפיסת הנגר העילי המגיע מצד מזרח-במקומות שבהם זרימת הנגר העילי משטחית לכיוון המצוק, והפנייתו צפונה /דרומה אל מוצאי ניקוז מוסדרים קיימים – כגון ערוצים, מדרגות, קטעים מדושאים וכד', או מתוכננים- שבהם יותקנו האמצעים המפורטים בהסדרת ניקוז במדרון, דוגמת מגלשים, מדרון מיוצב וכדומה.

התעלה המוצעת מדופנת בגאו-ווב (Geoweb) ממולא בבטון, להפחתת חלחול מים שעשויים להגיע לעבר המדרון. פתרון זה אינו מומלץ בשטחים טבעיים, וניתן ליישמו בשטח עירוני שרגישותו האקולוגית נמוכה ורוחב רצועת גג המצוק צר יחסית.

#### בעיות אקולוגיות עיקריות:

- **פגיעה בצמחייה מקומית:** בגג המצוק גדלה צמחייה אופיינית לרכסי כורכר ולקרקות חול וחמרה. בשטחים טבעיים שאינם עירוניים, עבודות להסדרת ניקוז עלולות לפגוע בצמחייה זו.
- **החלפת צמחיית בר במינים גרים ופולשים:** הפרה של פני השטח עקב פעילות אדם בעבר או בשל עבודות הסדרה לצורך שינוי הניקוז מעודדת התבססות מיני צמחים פולשים.
- **הקטנת מגוון המינים בשל פגיעה בבתי גידול שונים:** לדוגמא, פגיעה אפשרית באתרי קינון של שרקקים בשל מילוי ערוצים עם מצוקי חמרה בהם הם מקננים.
- **הוספת מבנים מלאכותיים בגג המצוק:** עלות ניקוז וסוללות עפר משנים את הרכב הצמחייה. המבנים באים לעתים על חשבון בית גידול טבעי ברגישות אקולוגית גבוהה.

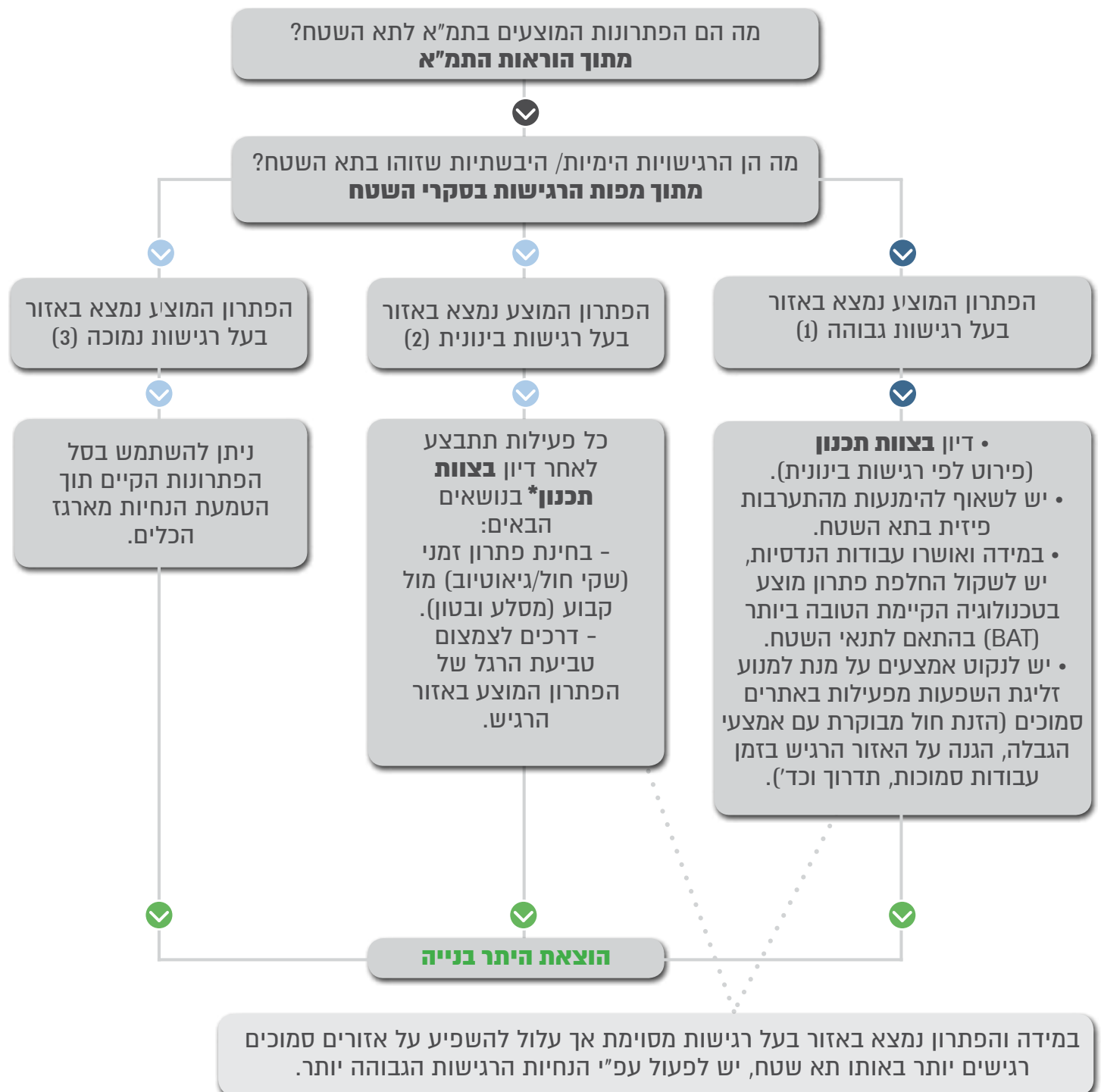
### הנחיות אקולוגיות לכתרון:

- בשטחים טבעיים שרגישותם האקולוגית בינונית או גבוהה, הטיפול בגג המצוק ייעשה בין סוף האביב לחורף (אפריל עד נובמבר), במטרה לצמצם את הפגיעה בערכי טבע בעונת הפריחה והרבייה.
- יש לוודא כי אין פגיעה בערכי טבע ובמינים נדירים בשטח שבו מתבצע המילוי.
- במידה שיש בגג המצוק ערכי טבע מוגנים, יש לתאם זאת עם רשות הטבע והגנים, על-פי חוק, ובמידת האפשר, לאסוף זרעים או להעתיק גאופיטים אל המשטח החדש במסגרת שיקומו האקולוגי והנופי.
- יש להקפיד כי האדמה המובאת אל ראש המצוק דומה במאפייניה לאדמת גג המצוק, וכי היא נקייה מזרעים של צמחים פולשים.
- בתום ההסדרה יש לבצע שיקום נופי ואקולוגי של השטח על מנת להשיבו למצבו הטבעי.
- יש לבצע ניטור של צמחייה פולשנית במשך 3-5 שנים מתום עבודות השיקום, ולסלקה. משך הזמן המרבי ייקבע בהתאם לניקיון השטח ממינים פולשים, לפי חוות דעת אקולוג.

[חזור לטבלה 1](#)

## 4. הטמעת רגישויות תאי השטח בבחירת ויישום פתרונות ההגנה על מצוק

- תרשים זרימה זה נועד לשימוש ע"י החברה הממשלתית להגנת מצוקי חוף הים התיכון.
- מטרתו להנחות את החברה כיצד ליישם את הפתרונות שהוצעו בתמ"א בהתאם לתוצאות ניתוח תאי השטח, ולזהות מקרים בהם אזורים בעלי רגישות סביבתית דורשים התנהלות מיוחדת, למשל הנפת דגל אדום שימנע התערבות הנדסית באזור עם מצע קשה טבעי (דוגמה מצורפת).
- תהליך זה משתלב בהליך הסטטוטורי הקיים טרם הוצאת היתר הבניה כהכנה להצגה ואישור מול הוועדה המקומית והולחו"ף, ונועד לסייע לחברה ולוועדות בבחירת החלופה המתאימה ביותר לפתרון.



\* לכל תא שטח ישנו צוות תכנון הכולל – אדריכלים ואדריכלי נוף, יועצי ניקוז, יועצי קרקע, מהנדסים ימיים/ חופיים, יועצים אקולוגיים ימיים ויבשתיים ונציגי הרשויות המקומיות. בנוסף, על מנת להבטיח בחירת חלופות המוסכמות על כולם ולמנוע את תקיעת התהליך בוועדות השונות, יש לשלב בתהליך קבלת ההחלטות לקראת הוצאת היתרי בניה ומכרזים לביצוע, נציגים מגופים רגולטורים וסביבתיים (הג"ס, רט"ג, חלה"ט).

- תפקיד הצוות יהיה לייעץ לחברת המצוקים ולסייע בבחירת פתרון אופטימלי.
- בצוות יבחנו החלופות השונות לפתרון תוך שקילת אפשרויות של פתרון זמני (שקי חול/ גיאומטריות) מול קבוע (מסלע ובטון). בנוסף, יבחנו דרכים לצמצום טביעת הרגל של הפתרון המוצע באזור הרגיש.
- **שילובם של נציגי הג"ס ורט"ג בתהליך קבלת ההחלטות הינו קריטי** כאשר אחד הפתרונות המוצעים לתא השטח נמצא באזור בעל רגישות בינונית או גבוהה, וכן במקרים בהם הפתרון נמצא באזור בעל רגישות נמוכה אך עלול להשפיע על אזורים סמוכים רגישים יותר, בתוך אותו תא שטח.
- הצוות יסייע בפיתוח פתרון חלופי אופטימלי לפני הצגת התכנון של החלופה הנבחרת בולחו"ף, לאישור ביתר קלות, מאחר ונציגי הג"ס, רט"ג וחלה"ט (השותפים בוועדות השונות) כבר היו שותפים לתהליך הבחירה.

### דוגמה לשימוש בתרשים הזרימה על בסיס תא שטח 39 – אשקלון גן לאומי

- עפ"י סל הפתרונות המוצעים לתא שטח זה – "נדרש פתרון משולב יבשתי וימי כולל למקטע עם שוברי גלים מנותקים (או פתרון דומה וייצוב של המדרון) – הנחת גיאומטריות ימי משולב עם הזנת חול, בחינת שילוב הגיאומטריות הימי עם פתרון המיגון הימי ארוך הטווח".
- עפ"י מפת הרגישות והדוח האקולוגי הראשוני, ישנם מספר אזורים ברגישות בינונית בתא השטח אזור D סלע טבול דרומי ואזור F המצוק החופי.

**בהתאם לתרשים הזרימה בתא שטח זה יש סכנה שהפתרון ישפיע על אזור בעל רגישות בינונית הדורשת התייחסות מיוחדת של צוות התכנון.**

המתכנן יתבקש לבדוק חלופות מידול שיבחנו את צמצום ההשפעות על אזורים בעלי רגישות בינונית, לרבות התייחסות לגודל מינימלי ומיקום אופטימלי לגיאומטריות למניעת/מזעור השפעה על אזור D, ובחינה האם הזנת חול עלולה לסכן את אזור D בהתחשב בתנועות סדימנטים צפויות. במידה ויש סכנה לפגיעה, המתכנן יגבש חלופות/פתרונות בהתאם. ככל שפתרון יבשתי עלול לסכן את אזור F, הצוות ידון בדרכים למזעור הפגיעה.

## 5. רשימת ספרות

- 1  
Johnson, M., Designing the Edge. Creating a Living Urban Shore at Harlem River Park. 2010, NYC Parks & Recreation, Metropolitan Waterfront Alliance, NYS DOS, Division of Coastal Resources, Harlem River Park Task Force. p. 52.
- 2  
סטמבלר, נ., הוד הים: יציבות ושינוי במערכות הימיות של ישראל. 2nd ed, ed. נ. סטמבלר, et al. 2014: העמותה הישראלית למדעי הימים.
- 3  
French, P.W., Managed realignment—the developing story of a comparatively new approach to soft engineering. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2006. 67(3): p. 409-423.
- 4  
Firth, L., et al., Between a rock and a hard place: Environmental and engineering considerations when designing coastal defence structures. Coastal Engineering, 2014. 87: p. 122-135.
- 5  
Dafforn, K.A., et al., Application of management tools to integrate ecological principles with the design of marine infrastructure. Journal of environmental management, 2015. 158: p. 61-73.
- 6  
Airoldi, L., et al., Corridors for aliens but not for natives: effects of marine urban sprawl at a regional scale. Diversity and Distributions. doi: 10.1111/ddi.12301, 2015.



- ..... 7  
סלע, ע. and ש. פרקול-פינקל חושבים ירוק בונים כחול- השבחה אקולוגית של תשתיות ים וחוף.  
אקולוגיה וסביבה, 2014, 1, 10-13.
- ..... 8  
Goff, M., Evaluating Habitat Enhancements of an Urban Intertidal Seawall: Ecological Responses and Management Implications, in School of Aquatic and Fishery Sciences. 2010, University of Washington.
- ..... 9  
Coombs, D.W., et al., Bioprotection and disturbance: Seaweed, microclimatic stability and conditions for mechanical weathering in the intertidal zone. *Geomorphology*, 2013. 202: p. 4-14.
- ..... 10  
Perkol-Finkel, S. and I. Sella. Harnessing urban coastal infrastructure for ecological enhancement. in *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Maritime Engineering*. 2015. Thomas Telford Ltd.
- ..... 11  
Firth, L.B., et al., Facing the future: the importance of substratum features for ecological engineering of artificial habitats in the rocky intertidal. *Marine and Freshwater Research*, 2016. 67(1): p. 131-143.
- ..... 12  
Iwanami, M., et al., Can Marine Fouling Organisms Extend the Life of Concrete Structures? *IABSE Symposium Report*, 2002. 86(6): p. 84-91.
- ..... 13  
Kawabata, Y., E. Kato, and M. Iwanami, Enhanced Long-Term Resistance of Concrete with Marine Sessile Organisms to Chloride Ion Penetration. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 2012. 10(4): p. 151-159.

- ..... 14  
Naylor, L.A. and H.A. Viles, A new technique for evaluating short-term rates of coastal bioerosion and bioprotection. *Geomorphology*, 2002. 47(1): p. 31-44.
- ..... 15  
Moura, D., et al., Integrated assessment of bioerosion, biocover and downwearing rates of carbonate rock shore platforms in southern Portugal. *Continental Shelf Research*, 2012. 38: p. 79-88.
- ..... 16  
ברנע, א. and ע. צמל, ביולוגיה ימית - בתי גידול בחוף הים הישראלי. דוח מצב קיים במסגרת תמ"א 13 שינוי 9 - הגנות המצוק החופי. 2015.
- ..... 17  
Nordstrom, K.F., Living with shore protection structures: a review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2014. 150: p. 11-23.
- ..... 18  
Anfuso, G., J.Á. Martínez-del-Pozo, and N. Rangel-Buitrago, Bad practice in erosion management: the southern Sicily case study, in *Pitfalls of Shoreline Stabilization*. 2012, Springer. p. 215-233.
- ..... 19  
סיני, ג., et al., המדריך לייצוב גדות נחלים ותעלות ניקוז, ה.ל.ק. וניקוז, p. 116. Editor.
- ..... 20  
Sutton-Grier, A.E., K. Wowk, and H. Bamford, Future of our coasts: the potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems. *Environmental Science & Policy*, 2015. 51: p. 137-148.
- ..... 21  
ברוקוביץ', ע. and ע. צמל, כריית חול ימי והשפעתה על מערכות אקולוגיות ועל הסביבה החופית, ע. ברוקוביץ', Editor. 2013, האגודה הישראלית לאקולוגיה ומדעי הסביבה. p. 61.

- ..... 22  
ברוקוביץ', ע. and מ. סימוביץ', כריית חול ימי בישראל תמונת מצב, השלכות סביבתיות והמלצות.  
2015, האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה.
- ..... 23  
Baird, W.F., Review of Existing and Emerging Environmentally Friendly Offshore  
Dredging Technologies. 2004. p. 441.
- ..... 24  
Sciortino, J.A., Fishing harbour planning, construction and management. 2010: Food  
and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- ..... 25  
דופור-דרור, ז.א.מ., הנחיות למניעת התבססות וטיפול בצמחים פולשים בתכנון והקמת מתקנים  
וקווים של חברת מקורות, ה.ל. הטבע, ר.ה. והגנים, and מקורות, 72 p. 2016. Editors.



