

ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח

סיכום תובנות מפרויקט הניטור בנחלים שורק, גמליאל, שפירים ותבור



שגב טמיר, אורי מורן

אוקטובר 2024

כתיבה ועיבוד הנתונים: שגב טמיר (מורן פיתוח וייעוץ).

תכנון וייעוץ מקצועי: מורן פיתוח וייעוץ – אורי מורן, אלה דגון ונועם הר-לב.

עריכה: יעל גרודק (מכון דש"א).

ליווי

רשות נחל וניקוז שורק לכיש – בעז כהן, כנרת משולם, יואב שרפי.

רשות נחל וניקוז ירדן דרומי – גלבוע קמינסקי, ענת ברזילי, אופיר סלע, מאיר קאופמן.

רשות נחל וניקוז ירקון – מיכל שורק, יפתח בן עמי.

מכון דש"א – אורי רמון, אביב אבישר, נועם שגב, בר שמש ודר בן-נתן.

צוות הניטור:

צומח – שגב טמיר (מורן פיתוח וייעוץ), עפרה פרידמן, לירז כברה-לייטין ויואל חסין (מכון דש"א).

גיאומורפולוגיה – בן לאוגומר ועידו שיכט (חברת ENSO).

לחות בקרקע – נעם הרלב (מורן פיתוח וייעוץ).

תודות

מסמך זה מסכם שלוש שנות ניטור רב-תחומי בגדות הנחלים שורק, גמליאל, שפירים ותבור. בפרויקט לקחו חלק מספר ארגונים, חברות ואנשי מקצוע רבים, בהם בוטנאים, אקולוגים, הידרולוגים, קבלנים, מהנדסים ומתכננים. שיתוף הפעולה וההירתמות של כולם למען מטרה משותפת בדמות שיפור הידע והכלים שברשותנו בכדי לייצר ממשק טוב יותר בין הטבע והאדם בנחלים ובכלל הם אלה שהביאו להשלמת הפרויקט ולמיצוי המידע והמסקנות ממנו בצורה הטובה ביותר שהתאפשרה. תודות מיוחדות:

יד-הנדיב על מימון הפרויקט.

שלף מעבדה חקלאית על הייעוץ המקצועי - עופר הוכברג.

צוות חברת ENSO על אספקת תוצרים איכותיים ויסודיים, מקצועיות ושיתוף פעולה ברמות הגבוהות ביותר – בן לאוגומר ועידו שיכט.

קק"ל על השתתפות במימון תצפית הלחות בקרקע - יחידת המדען הראשי: ד"ר דורון מרקל, ד"ר יהונתן בר יוסף.

תוכן

4	תקציר ועיקרי הממצאים.....
11	רקע לפרויקט.....
12	מאפייני הנחלים השונים והמניעים להתערבות בהם
17	הפעולות שבוצעו בנחלים השונים.....
29	שיטות הניטור
35	תובנות והמלצות.....
35	זמן ומרחב כגורמים משפיעים על הצלחת ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח
36	אנשי מקצוע נדרשים לייצוב גדות נחלים בצומח.....
39	שלביות הפרויקט.....
39	תכנון.....
39	ביצוע.....
40	תקופת בדיק ותקופת התחזוקה התכופה.....
41	לוחות זמנים.....
42	מערכת האילוצים שמכתיב הטבע לביצוע ייצוב גדות נחלים בצומח.....
43	גאנט ביצוע מומלץ במקרה של תקציב לתכנון-ביצוע (~שנתיים).....
43	גאנט ביצוע מומלץ במקרה של תקצוב הביצוע בנפרד מהתכנון (~שנה).....
45	הגדרת בתי הגידול לתכנון ייצוב הגדה בצומח.....
50	התאמת שיטת ייצוב הגדה באמצעות צומח למאפייני בתי הגידול השונים בגדה.....
50	שיטות עיקריות לייצוב גדות נחלים באמצעות צומח.....
52	תובנות ושיטה מומלצת בבית הגידול היובשני.....
53	תובנות ושיטה מומלצת בבית הגידול הלח.....
54	פתרונות מוצעים לשיקום צומח בגדות נחלים בשילוב עם ייצוב קשיח.....
56	מסגרת תקציבית לשלב הביצוע בפרויקט שיקום צומח בגדות נחל.....
56	הגדרת המניע לייצוב הגדות בצומח והתאמת הפתרון לייצוב הגדה למסגרת התקציב הקיים.....
56	עלויות מוערכות במסגרת שלב הביצוע עבור פתרונות עקרוניים לייצוב הגדות בצומח.....
57	הכנת השטח לשיקום הצומח בגדות.....
59	זריעות.....
61	רשימות מינים מומלצים לזריעה.....
63	נטיעת שיחים ועצים.....
64	ניטור.....
65	פרוטוקולים מוצעים לניטור צומח.....
72	פרוטוקולים מוצעים לניטור גיאומורפולוגי.....
75	פרוטוקול מוצע לניטור התחזוקה הצמחית.....
76	תחזוקת צומח.....
78	סיכום ושאלות שנותרו פתוחות
82	מקורות
83	נספחים.....
83	מילון מונחים.....
84	לוח טבלאות, איורים וצילומים.....

תקציר ועיקרי הממצאים

במסגרת פרויקט לגיבוש תובנות בנושא ייצוב גדות נחלים בצומח, בוצע ניטור צומח וגיאומורפולוגיה במשך שלוש שנים בארבעה מקטעי נחלים בהם בוצעו פעולות שונות לייצוב הגדות - שורק באזור יבנה, גמליאל סמוך לכביש 42, שפירים בין חמד לגנות ותבור בין איכסל לכביש 65. הפרויקט הניב תובנות רבות ומשמעותיות עבור מתכננים ויזמים. עם זאת, היות וזהו נושא מורכב במיוחד, שאלות רבות נותרו פתוחות ואנו מקווים לענות עליהן באמצעות הטמעת רכיב הניטור ושימור הידע כחלק בלתי נפרד מביצוע התערבות בנחלים. חשוב להדגיש התובנות מבוססות על פרויקטים בעלי מאפיינים מסוימים (מאפייני מקטעי הנחלים, מאפייני הביצוע) ועל כן תובנות שונות אינן מדויקות עבור נחלים ופרויקטים בעלי מאפיינים שונים. לכן יש להתייחס להמלצות השונות במסמך זה בראייה ביקורתית ובשיקול דעת. להלן תמצית התובנות העיקריות מהפרויקט.

זמן ומרחב כגורמים משפיעים על הצלחת ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח

1. השלמת ייצוב הגדה בצומח באופן מלא לאחר עבודות העפר, טרם תחילת הזרימות בנחל.
2. יש לשקול שילוב של ייצוב גדות בצומח לצד שימוש באמצעים קשיחים, בהינתן אחד מהמאפיינים הבאים:



הגדרת בתי הגידול לתכנון ייצוב הגדה בצומח

1. מומלץ לתכנן את הצומח בבית הגידול הלח בחלוקה ל-2-3 חגורות לחות, בנחלים בעלי מאפיינים דומים לנחלים שורק, גמליאל ושפירים:

(א) **חגורה לחה** בה מניחים כי הקרקע נמצאת במצב של קיבולת שדה או רוויה במרבית השנה. לרוב חגורה זו תאפיין את האזור באפיק בו מתקיים מגע של הקרקע עם המים בתדירות הגבוהה ביותר לאורך השנה. כמו כן, יתכן וחגורה זו לא תתקיים, בהינתן מאפייני זרימה שאינם מספקים ביחס לתשתית הקרקע (תדירות, מהירות, משך). המאפיינים הבולטים של חגורה זו הם המשך יצרנות גבוהה לאורך הקיץ (מופע ירוק של הצומח) ונוכחות גבוהה של מיני צומח בעלי התאמות להימצאות בסביבה רוויה.

(ב) **חגורה לחה-למחצה** בה מניחים כי הקרקע נעה בין מצבי רוויה עד ביניים לאורך השנה. בחגורה זו יתכן המשך יצרנות גבוה לאורך הקיץ כתלות במאפייני בית הגידול והרכב חברת הצומח. מינים מאפיינים לחגורה זו בעלי התאמות לקיום בסביבה לחה עם סבילות לתנאי יובש לפרקים.

(ג) **חגורת מעבר** (בין בית הגידול הלח ליובשני) המאפיינת את הקצה העליון של בית הגידול הלח בגדה. הלחות יורדת באופן הדרגתי מבסיס האפיק ועד לראש הגדה ולכן תיתכן הופעה של חגורה שלישית המאופיינת במינים ייחודיים ו/או בהרכב מינים מעורב של מיני בית גידול לח ויובשני.

2. מומלץ לתכנן את חגורות הלחות בבית הגידול הלח עפ"י מנעד הגבהים ורוחב החגורות במקטעי נחלים

בעלי מאפיינים דומים:

חגורות בבית הגידול הלח	מנעד גבהים מומלץ לתכנון ביחס לבסיס האפיק (מ')	רוחב מומלץ לתכנון (מ')
חגורה לחה	0.0-0.7	1-4
חגורה לחה-למחצה	0.7-1.25	3-5
חגורת המעבר	1.25-1.75	5-7

ראוי להדגיש כי אין בהמלצות כללי אצבע לשיקום צומח בכלל הנחלים או במקטעים אחרים בנחלים עצמם. יש להגדיר את בתי הגידול ולנתח את חגורות הצומח הצפויות בכל קטע נחל עפ"י מאפייני הגורמים המשפיעים המוזכרים לעיל.

התאמת שיטת ייצוב הגדה באמצעות צומח למאפייני בתי הגידול השונים בגדה

בית הגידול היובשני:

1. מומלץ לאפשר התפתחות צומח עצמונית בבית הגידול בהינתן ביצוע ניהול סיכונים הכולל:
 - (א) הבנת הפוטנציאל לפגיעה בגדה ולסחיפת קרקע ע"י חישוב תדירות ההצפה הצפויה של בית הגידול.
 - (ב) הערכת הנזק האפשרי לתשתיות ושימושי קרקע עקב פגיעה ביציבות הגדה בתרחישים שונים.
 - (ג) הערכת הפרעות פוטנציאליות להתפתחות ספונטנית של צומח מקומי אופייני לנחל.
 - (ד) כימות המשאבים הקיימים לתחזוקה איכותית למניעת התבססות של מינים שאינם רצויים.
2. בהינתן ומניהול הסיכונים עולה כי יש לבצע שיקום צומח לטובת ייצוב הגדה, מומלץ לבצע זריעות של מיני צומח בר או מינים חקלאיים עקב סיכויי ההצלחה הגבוהים והעלות הנמוכה ביחס לשתילת מיני בר.
 - 2.1. מינים חקלאיים עשויים להיות יעילים ממני בר לייצוב הגדה בשנה הראשונה, כאשר השלמת הביצוע סמוכה לאירועי הגשם של תחילת החורף ולתחילת הזרימות המשמעותיות בנחל.
 - 2.2. מנגד, מינים חקלאיים עשויים לדכא התפתחות של מיני צומח מקומי בשנים הראשונות. כמו כן, המינים החקלאיים אינם דוחקים מיני חלוץ שאינם רצויים, בהם מינים פולשים ומיני באשה, ובכך עלולים לפגוע בהתפתחות תהליך חילוף חברות הצומח בגדה בראייה ארוכת טווח.
 - 2.3. לכן, בהינתן מסגרת תקציבית מאפשרת וזמן מספק להתבססות מיני הבר הנזרעים, מומלץ לבצע זריעת מיני בר בבית הגידול.
 - 2.4. במקרה של אילוץ היוצר תיעדוף לזריעת מינים חקלאיים לטובת ייצוב גדה מהיר, מומלץ לבצע זריעות העשרה של מיני בר בשנה העוקבת להשלמת הביצוע בכדי לצמצם את הפגיעה בהתפתחות חברת הצומח האופיינית לגדת הנחל.
3. בכדי לנסות לצמצם בעלויות ההקמה של ייצוב הגדה בצומח, מוצע לבצע זריעת מיני בר במקטעים לאורך גדת הנחל (כאזורי הפצה עתידיים) תוך השארת מרווחים של כ-30 מ' להתפתחות צומח עצמונית או לזריעת מינים חקלאיים ביניהם.

בית הגידול הלח:

1. **מומלץ לבצע שתילות של מיני בר** עקב סיכויי ההצלחה הגבוהים לקליטה והתבססות השתילים, והיעדר חלופה מוצלחת יותר לייצוב הגדה, למעט שימוש באמצעים קשיחים.
2. בהינתן אילוצים, **ניתן לבצע זריעה של מיני בר בבית הגידול הלח** (בשאיפה בחגורה הלחה-למחצה בלבד):
 - 2.1 יש לתכנן את רוחב החגורות באופן מדויק ביחס לתנאי הלחות הצפויים בקרקע, להתאים באופן מיטבי את הרכב המינים למאפייני בית הגידול ולבצע את הזריעות באופן איכותי ביותר בכדי להגיע להצלחה גבוהה.
 - 2.2 **קיימת היכרות עם מספר מצומצם של מינים אופייניים לבתי גידול לחים הנקלטים היטב בזריעה** (לעומת מינים רבים בשתילה). לכן, זריעת מיני בר בבית הגידול הלח מקטינה את עושר המינים, משמע מביאה לירידה במגוון הביולוגי בשלבים הראשונים של התפתחות חברת הצומח בנחל ביחס לשתילה.
3. **זריעת מינים חקלאיים אינה מומלצת בבית הגידול הלח** עקב אחוזי קליטה והתבססות נמוכים.
4. **התפתחות צומח ספונטנית בעלת סיכון גבוה ואינה מומלצת בבית הגידול הלח** הן בהיבט ייצוב הגדה (השפעה חזקה של הזרימה בנחל על סחיפת הקרקע), והן בפוטנציאל הגבוה להתבססות מינים פולשים.
 - 4.1 סחיפת הקרקע מהגדה הינה תהליך המאיץ את עצמו, לכן **השנה הראשונה מתום העבודות בנחל היא החיונית ביותר לנקיטת פעולות לייצוב הגדות בצומח**. התפתחות צומח ספונטנית עשויה להביא לייצוב הגדה בשלב מסוים, אך במקרים רבים תהליך איטי מכדי לייצבה באופן מספק בשנה הראשונה.
 - 4.2 **תנאים מתאימים להתפתחות ספונטנית: במידה וקיימת זרימת בסיס ממושכת** (גם לאורך הקיץ) **ועבודות העפר הסתיימו בתחילת הקיץ**, יש אפשרות להתפתחות ספונטנית בחגורה הלחה של בית הגידול הלח תוך ביצוע תחזוקה קפדנית לסילוק ודיכוי מינים שאינם רצויים.

פתרונות מוצעים לשיקום צומח בגדות נחלים בשילוב עם ייצוב קשיח

- במקרים בהם נדרש שימוש בייצוב קשיח ניתן לשקול שילוב של צומח כחלק מהמבנה ההנדסי הקשיח. **להלן פתרונות שנוסו בהצלחה בנחלים השונים במסגרת פרויקט זה וכן בפרויקטים אחרים:**
1. **השארית כיסי קרקע** בשטח של כ-2 מ"ר בין בולדרים או גביונים וזריעה של מיני צומח.
 2. **ייצוב קשיח מוגבל** באמצעות גביונים מבסיס האפיק ועד הגובה הנדרש, בהתאם למהירות הזרימה שהוגדרה ולפוטנציאל התחתריות הצד בקטע הנחל (במידה וקיים פוטנציאל התחתרות צד משמעותי, חשוב ליישם את הייצוב הקשיח עד לראש הגדה). בחלק הגדה שאינו מחייב ייצוב קשיח ניתן לבצע שיקום צומח.
 3. **הידרוטקס** – בד טכני אותו ממלאים בבטון ליצירת משטח בעל מסה משמעותית לטובת ייצוב הגדות. בהידרוטקס מייצרים מראש כיסי קרקע בהם זורעים או שותלים מיני צמחים. שיטה זו יקרה יותר מאשר שימוש בגביונים או בבולדרים.
 4. **בניית טרסות** בגדה באמצעים שונים ושיקום הצומח במעלה הטרסות.

מסגרת תקציבית לשלב הביצוע בפרויקט שיקום צומח בגדות נחל

פרק המסגרת התקציבית נכתב במטרה לתת סדרי-גודל של עלויות צפויות טרם כניסה לפרויקט של ייצוב גדות הנחל בצומח. עם זאת, טרם בחינת עלות הפתרונות השונים לייצוב הגדה בצומח, ישנה **חשיבות גדולה להגדרת מטרות הניהול לפעולות המוצעות, התאמת פתרונות ייצוב למטרות, ולאחר מכן להתאים את אופן הביצוע המדויק לאילוצי התקציב.**

עלויות מוערכות במסגרת שלב הביצוע עבור פתרונות עקרוניים לייצוב הגדות בצומח

הטבלה הבאה מציגה עלויות מוערכות עבור שלב הביצוע הראשוני בלבד ומבוססת על ניסיון מצטבר ומטרתה לאפשר אומדן עלויות (נכון לשנת 2022). מסגרת העלויות לדונם כוללות את שלב הביצוע בלבד (איסוף חומר ריבוי עד תחזוקה), ללא תכלול הבדלים בהיבט התכנון. בכדי לתמחר את עלויות השתילות נעשה שימוש בצפיפות של 4 שתילים למ"ר. השונות בעלויות ביחס לכל פתרון מוצע (לא בין פתרונות) נובעת מהבדלים במפרטי הכנת השטח, השתילה או הזריעה והתחזוקה. ראוי לציין כי מאפייני השטח הנתון עשויים להיות בעלי השפעה גדולה על העלויות עקב השפעתם על מורכבות מערכת ההשקיה ועל הפעולות הנדרשות במסגרת הכנת השטח והתחזוקה.

פתרון לייצוב הגדות בצומח		שיקולים מרכזיים לפי בית גידול		תנאי סף בהיבט ייצוב הגדה	עלות לדונם (ש"ח) (2020-2022)
		בית הגידול הלח	בית הגידול היובשני		
התפתחות צומח ספונטנית הכנת השטח, השקיה, תחזוקה		סבירות גבוהה לפגיעה בתפקוד המערכת האקולוגית ולסחיפת קרקע	סבירות בינונית לפגיעה בתפקוד המערכת האקולוגית ולסחיפת קרקע	הגדרת סיכון נמוך במקרה של סחיפת קרקע	500-27,000
זריעת מינים חקלאיים הזמנת חומר ריבוי, הכנת השטח, זריעה, השקיה, תחזוקה		סיכוי סביר לסחיפת הזרעים/הנבטים טרם התבססות או להשקעת סחף ומניעת נביטה	קליטה גבוהה, סבירות גבוהה לדיכוי התפתחות של מינים מקומיים	השלמת הזריעות לפחות חודש לפני מערכת גשם (נובמבר)	16,000-40,000
זריעת מיני בר איסוף חומר ריבוי, הכנת השטח, זריעה, השקיה, תחזוקה		סיכוי סביר לסחיפת הזרעים/הנבטים טרם התבססות או להשקעת סחף ומניעת נביטה	קליטה גבוהה, סבירות גבוהה להגדלת המגוון הביולוגי	(א) התאמת הצומח למאפייני בית הגידול (ב) השלמת הזריעות לפחות חודשיים לפני מערכת גשם (אוקטובר)	19,000-43,000
שתילת מיני בר איסוף חומר ריבוי, הפקת שתילים, הכנת השטח, שתילה, השקיה, תחזוקה		קליטה גבוהה, סבירות גבוהה להגדלת המגוון הביולוגי	קליטה גבוהה, סבירות גבוהה להגדלת המגוון הביולוגי	(א) התאמת הצומח למאפייני בית הגידול (ב) השלמת הזריעות לפחות חודשיים לפני מערכת גשם (אוקטובר)	35,000-51,000

מקרא

הערכת סיכויי ההצלחה בייצוב הגדה. אדום: סיכוי נמוך; צהוב: סיכוי בינוני; ירוק: סיכוי גבוה; ל: בית הגידול הלח; י: בית הגידול היובשני.
נדרש חקר יסודי של מאפייני הפרויקט והשטח בכדי להעריך את מידת ההצלחה בייצוב הגדות וההשפעה על המערכת האקולוגית בהינתן ביצוע יסודי ואיכותי צפויה השפעה חיובית על תפקוד המערכת האקולוגית

הכנת השטח לשיקום הצומח בגדות

1. **מומלץ לכלול טיפול מקדים במינים פולשים** הכולל:
 - (א) **סקר מינים פולשים** והערכת העבודה הנדרשת.
 - (ב) **פעולות הדברה, כריתה, עקירה וכיסוח** בהתאם לפרוטוקולים מקובלים.
 - (ג) **קילוף שכבת הקרקע העליונה** לאחר חישוף הקרקע מצומח, לעומק של כ-40 ס"מ, לסילוק בנק הזרעים המקומי (תלוי מקרה).
 - (ד) **השקיית הנבטה** בתום עבודות העפר וטיפול במינים הפולשים הנובטים בהתאם לפרוטוקולים מקובלים.
2. **מומלץ לבצע את פעולות חישוף השטח טרם תקופת הפצת הזרעים של מינים שאינם רצויים** ומצויים בשטח (מינים פולשים ומיני באשה).
3. **מומלץ להקצות להכנת השטח זמן מינימלי של כחודש** (תלוי במאפייני הפרויקט), לא כולל עבודות העפר עצמן. זאת על מנת להבטיח ביצוע מלא ואיכותי.

זריעות

1. ככלל אצבע לתכנון ראשוני, **עבור מיני בר, משקל זרעים מומלץ בתערובת זריעה הינו כ-2-3 ק"ג לדונם, ועבור מינים חקלאיים, 5-7 ק"ג לדונם**. זוהי הערכה גסה בהתבסס על ההנחה כי בתערובת קיימים זרעים השונים בנתוני יחס משקל-נפח. הערכה זו מבוססת על תיעוד יסודי של ביצוע הזריעות וממצאי הניטור בנחל שפירים ומהווה הערכה מקסימלית שתדויק בעתיד. אנו בתהליך איסוף וארגון המידע על כמות הזרעים הנדרשת לכל מין.
2. **בביצוע זריעה בהתזה יש להקפיד על שימוש בשבבי עץ** ולא בקש גרוס, להבטחת פיזור אחיד והדבקת הזרעים לקרקע ועל שימוש בפולימר מגוון שיאפשר בקרה איכותית על מידת הכיסוי של תערובת הזריעה בשטח.
3. בזריעה בהתזה, **מומלץ לחלק ולסמן את שטחי הזריעה בשטח בהתאם לכוסר הכיסוי של מכלית זריעה** (עפ"י המלצת הקבלן), **ולתכנן את משקל הזרעים בתערובת הזריעה בהתאם** ליחידת שטח זו (וליוחס הרצוי של משקל זרעים לשטח).
4. **מינים מומלצים לזריעה – מאפיינים דומים לנחל שורק קטע יער ביל"ו:**

בית גידול לח – חגורה לחה ביותר	בית גידול לח – חגורה לחה	בית גידול יובשני
ארכובית הכתמים	בקיה שעירה	בוצין מפורץ
דבשה לבנה	חומעה יפה	בקיה שעירה
חומעת החוף	חומעת החוף	זקנן שעיר
	לחך אזמלני	נשרן הדוחן
	מליסה רפואית	פרג נחות
	נענע משובלת	ציפורנית ארץ-ישראלית
	שנית קטנת-עלים	שברק דביק
	מינים חקלאיים:	שומר פשוט
	בקיה תרבותית	תלתן דו-גוני
		תלתן הארגמן
		תלתן אלכסנדרוני

5. מינים מומלצים לזריעה – מאפיינים דומים לנחל שפירים קטע חמד-גנות

בית הגידול הלח – חגורה לחה	בית הגידול היבשני
גומא שופע	קחוונית מצויה
ורבנה רפואית	שברק דביק
חומעה יפה	שברק מלבין
חומעה מסולסלת	שומר פשוט
נענע משובלת	שלמון יפואי
סמר מרצעני	תלתן הארגמן
תלתן הביצות	

6. מינים מומלצים לזריעה – מאפיינים דומים לנחל תבור קטע איכסל-כביש 65

בית הגידול הלח – חגורה לחה-למחצה	בית הגידול היבשני
חומעה יפה	בקה שיערה
חומעה מסולסלת	עולש מצוי
לחך אזמלני	שברק דביק
שברק משובל	שומר פשוט
מינים חקלאיים:	שיבולת-שועל נפוצה
חיטה תרבותית	שלמון יפואי
שעורה תרבותית	שעורת התבור
תלתן אלכסנדרוני	תלתן הארגמן

שתילות

1. צפיפות השתילונים המומלצת הינה תלוית צורת-חיים (עבור פלאגים בגודל 30 סמ"ק):

- עשבוניים חד-שנתיים 8 למ"ר
- בן-שיח או מטפס 2 למ"ר
- עשבוניים רב-שנתיים 4-6 למ"ר
- שיח 1 למ"ר.

2. מינים מומלצים לשתילה בבית הגידול הלח לפי חגורות – מאפיינים דומים לנחל שורק קטע יער ביל"ן

חגורה לחה ביותר	חגורה לחה	חגורה לחה-למחצה
ארכובית משונשנת	אגמון הכדורים	אגמון הכדורים
גומא ארוך	דבשה לבנה	דבשה לבנה
גומא הפרקים	לוטוס הביצות	לחך אזמלני
גומא שופע	לחך אזמלני	סמר חד
דבשה לבנה	מליסה רפואית	פלגית שיחנית
חומעת החוף	נענע משובלת	שברק משובל
כרפס הביצות	סמר חד	שיח-אברהם מצוי
לוטוס הביצות	פטל קדוש	תלתן רפה
לחך אזמלני	פלגית שיחנית	
ליפיה זוחלת	שברק משובל	
מליסה רפואית	שיח-אברהם מצוי	
נענע משובלת	תלתן רפה	
שנית גדולה		
שנית מתפתלת		

ניטור

1. **מומלץ לגבש תכנית ניטור מפורטת לרמת השיטות ופרוטוקול הניטור המדויק כבר בשלב התכנון הראשוני**, לצורך דיוק התכנון המפורט באופן שיתמוך את תכנית הניטור.
2. ניטור מהווה בסיס לקיום תחזוקה איכותית של התפתחות הצומח בגדה. עם זאת, **ללא תיאום בין תכנית הניטור לתכנית התחזוקה, קיימת סבירות גבוהה לפגיעה הן באיכות הניטור** (עקב ביצוע תחזוקה שאינה תואמת למאפייני חלקות הניטור שהוגדרו) **והן באיכות התחזוקה** (עקב ביצוע עבודות תחזוקה לא יעילות בהיעדר הכוונה מדויקת).

תחזוקת צומח

1. **נושא התחזוקה מהווה נקודת כשל משמעותית** ולכן נדרשת תשומת לב יתרה לתכנון נכון שיכלול הקצאת משאבים, ולפיקוח על הביצוע בפועל.
2. חשוב להדגיש כי בייחוד **במהלך השנים הראשונות לאחר השלמת שיקום הצומח, כל פגיעה בתחזוקה עלולה לייצר פגיעה בהתפתחות הצומח שתוביל את המערכת האקולוגית בנחל אל "מצב אל-חזור"** בו נדרשת התערבות חוזרת בייצוב הגדה (עבודות עפר, שיקום צומח מחודש, שימוש בייצוב קשיח).
3. במקרים מסוימים, **תחזוקה איכותית עשויה לאפשר וויתור על שיקום צומח יזום בגדה** תוך קבלת הרכב חברת צומח אופייני ודיכוי מינים שאינם רצויים.
4. **מועדים מומלצים: בחודשים מרץ, מאי, יולי וספטמבר**, כאשר יתכנו שינויים במועדים בהתאם להתפתחות הצומח בנחל לפי ממצאי הניטור.
5. **כמות הפועלים המומלצת:** כ-4 אנשי צוות לדונם ליום (כ-3 פועלים ומנהל עבודה). יש לדרוש מספר פועלים או ימי עבודה מתאימים ביחס לשטח הנדרש לתחזוקה.
6. **חשיבות גבוהה ליכולת זיהוי מיני המטרה לתחזוקה ע"י הפועלים ומנהל העבודה**. לכן חיוני כי הגורם האחראי על הניטור הבסיסי ילווה את ביצוע התחזוקה במהלך יום העבודה הראשון של כל סבב, ככל הנדרש עד להטמעת המופעים השונים של מיני המטרה לתחזוקה בקרב הפועלים.
7. **חשיבות לפיקוח על פעולות התחזוקה ותיעוד הביצוע בפועל**, על מנת להבטיח עמידה בהתחייבויות הקבלן לתחזוקה לפי המפרט שנקבע ולאפשר תכנון אדפטיבי של צרכי התחזוקה בהמשך.

רקע לפרויקט

נחל הינו מערכת אקו-הידרולוגית ייחודית בה משולבים בתי גידול לחים ויובשניים תוך הכלת שטף ארעי או קבוע של מים ממעלה הנחל אל המורד. הדינמיות של משטר זרימת המים משפיעה על כלל המערכת האקו-הידרולוגית כך שהנחל נמצא בתהליכי שינוי מורפולוגיים ואקולוגיים תמידיים. המנגנונים העיקריים המניעים את תהליכים אלו הם: תנועת המים באפיק ובגדות מעל ומתחת לפני הקרקע, סחיפת קרקע מהגדה והשקעת סחף. אלו מייצרים תופעות בקנה-מידה משתנה, משינויים בקרקעית האפיק ועד יצירת נפתולים, קריסת גדות, התחתרויות-צד ושינויים בלחות הקרקע. אלה הם תהליכים טבעיים חיוניים למערכת האקו-הידרולוגית של הנחל. אולם, בתנאים מסוימים תפקודים שונים של הנחל ומערך השטחים הפתוחים עלולים להיפגע, כולל כאלה החשובים לאדם. לדוגמה איבוד קרקע חקלאית, פגיעה במתקני ניקוז (הרס ישיר וסתימה בסחף), פגיעה בכושר ההולכה של הנחל, פגיעה בתשתיות, דרכים ועוד.

על מנת לצמצם את היקף הנזקים ולהימנע מהם ככל הניתן, נדרשות רשויות הניקוז לשמור על כושר ההולכה של הנחלים תוך שמירה על יציבות גדות הנחל, שהן מטבען דינאמיות ומשתנות. במקרים רבים, עקב הפיתוח המואץ על חשבון השטחים הפתוחים ושינויי האקלים הנוכחיים והעתידיים, שמירה על כושר ההולכה הקיים של הנחלים אינו מספיק, ונדרש להגדילו. לשם כך מבוצעת לרוב הרחבה של חתך הזרימה באמצעות עבודות עפר במסגרת סטטוטורית של "מפעל ניקוז" וייצוב של גדות הנחל בחתך החדש באמצעים שונים. לכן, פיתוח ידע וטכניקות יעילות לייצוב גדות הנחל הפכו למשימה מרכזית ודחופה עבור רשויות נחל וניקוז בישראל.

דעה רווחת בקרב מהנדסי ניקוז היא שייצוב גדות נחלים באמצעים קשיחים (אבן ובטון) אמין יותר מאשר ייצוב באמצעות צומח, אולם גישה זו גרמה לירידה משמעותית בתפקוד המערכת האקולוגית בנחלים. מאידך, בשנים האחרונות עלתה המודעות לחשיבות שימור תפקודי המערכת האקו-הידרולוגית של הנחל יחד עם פיתוח של פתרונות לייצוב גדות באמצעות צומח ושילוב צומח במערכות ייצוב קשיח.

ייצוב גדות הנחלים באמצעות צומח הינו תהליך מורכב ליישום, הכולל היבטים שונים החל מבחירת המינים ומקומם בגדה, שתילתם או זריעתם ובאיזו מתכונת, תזמון השיקום ביחס למזג האוויר ולמנגנוני הנביטה של המינים השונים ועוד. מורכבות זו מצריכה בסיס ידע רחב ועשיר במיוחד, המותאם לתנאי הארץ, אך כיום בסיס הידע הקיים הינו חלקי בלבד ואינו מספק. לכן, מידת ההצלחה של ייצוב גדות הנחלים באמצעות צומח אינה אחידה ולעיתים פרויקטים נכשלים הן בשיקום המערכת האקולוגית והן בייצוב גדות הנחל.

משנת 2018 מקדם מכון דש"א בשיתוף עם מורן פיתוח וייעוץ פעולות שנועדו לפתח ולהנגיש פתרונות מבוססי טבע במסגרת עבודות הפיתוח והתחזוקה של רשויות נחל וניקוז בארץ. כחלק מפעולות אלו החל פרויקט ניטור רחב הכולל ארבעה מקטעי תצפית בנחלים שונים (תבור, שפירים, גמליאל ושוורק) בהם נבחנו יישומים שונים של ייצוב גדות עם צומח. במשך שנתיים עד שלוש שנים, נוטרו במקטעים אלו התבססות הצומח והשינויים המורפולוגיים המתרחשים בנחל, בדגש על תהליכי סחיפה והתחתרות בגדות. כל זאת במטרה **להרחיב את בסיס הידע בתחום ייצוב גדות הנחלים באמצעות צומח ולצורך יצירת פרוטוקול עבודה יעיל ואפקטיבי המותאם לתנאים השונים בנחלי ישראל.**

מאפייני הנחלים השונים והמניעים להתערבות בהם

ארבעת הנחלים שנוטרו הינם **נחלים אלוביאליים**, כאשר הנחלים שורק, גמליאל ושפירים הם **נחלי חוף** ואילו נחל תבור הינו **נחל שפלתי** (Lowland Stream, ללא זיקה ליחידה הגיאוגרפית בישראל, "שפלה"). המקטעים שנוטרו מאופיינים בשיפועים מתונים ובתשתית קרקע. נחלים אלה עברו סביבות השקעה יבשתיות וימיות, שהביאו להיווצרות אופקי קרקע מגוונים כגון חול נקי, חמרה, גרמוסול וקרקעות חרסיתיות (הידרומורפיות). לגיוון באופקי הקרקע, ובפרט לנוכחות החרסית, השפעה מהותית על לחות הקרקע ועל משק המים בגדה – גורם מכריע בתכנון ייצוב גדות בצומח (על כך נכתב בהרחבה בדו"ח הלחות שנכתב כחלק מפרויקט זה).

כלל הנחלים עברו **הסדרה לצורך הגדלת כושר ההולכה של הנחל**, למניעת נזקי הצפות ופגיעה בתשתיות. כתוצאה מפעולות ההסדרה נותקו חלקי הגדה העליונים ממקור המים של הנחל ושינו את מאפייני חברת הצומח בהם.

בתיאור מאפייני המקטעים השונים בהמשך פרק זה מתוארים המאפיינים הייחודיים לכל מקטע, ובכללם גם תשתית הקרקע בכל מקטע (טבלה 1).

טבלה 1 – מאפיינים עיקריים של מקטעי הנחל שנוטרו

שם מקטע / מאפיין	שורק	גמליאל	שפירים	תבור
תשתית	גרמוסול חמרה-חולית חול + עדשות חרסית שכבות נזאז מקומיות	גרמוסול	גרמוסול (גדה ימין) חמרה ונזאז (גדה שמאל)	גרמוסול
נוכחות מים	נחל אכזב נוכחות מים (קולחין) במופעים שונים לאורך מרבית השנה	נחל אכזב נוכחות מים (קולחין) במופעים שונים לאורך מרבית השנה	נחל אכזב מקטעי זרימה פזורים של קולחין	נחל אכזב זרימת חלוקים במקטע תחתון
ספיקת תכן 1:10 (מ"ק/שנייה)	90	121	56	18
השפעות סביבתיות	שצ"פ של העיר יבנה במעלה הנחל, יער קק"ל במורד בגדה שמאל, שטחים חקלאיים של כפר הנגיד בגדה ימין	שטחים חקלאיים	בעבר הוזרמו שפכים ברמות טיהור שונות כיום - משקים חקלאיים משני צידי הנחל.	שטחים חקלאיים
גאומורפולוגיה לאחר הסדרה	הרחבת תעלת הנחל יצירת ברמה בגובה 0.7 מ'	הרחבת תעלת הנחל יצירת ברמה בגובה 0.7 מ'	הרחבת אפיק הנחל יצירת ברמה בגובה 2 מ' במקטעים נבחרים	הרחבת תעלת הנחל מיתון גדות הגדלת פיתוליות

נחל שורק – קטע יבנה-כפר הנגיד

מאפיינים

גבולות: קטע נחל שמתחיל כ-2.75 ק"מ במורד כביש 42. שיקום הצומח לטובת ייצוב הגדות בוצע במקטעים 7 ו-8 מאזור התעשייה ועד יער ביל"ו (כ-1 ק"מ בסה"כ). חלקות הניטור הוקמו במקטע הסמוך ליער ביל"ו (איור 1).

תשתית: גרומסול, חמרה-חולית וחול עם עדשות חרסית ושכבות נזאז מקומיות.

נוכחות מים: נחל אכזב אך מוזרמים אליו מפעם לפעם קולחין ממת"שים במעלה כך שבפועל יש מים בנחל לאורך מרבית השנה במופעים שונים.

ספיקת תכן באירועי גשם בהסתברות 1:10: 90 מ"מ/ק/שנייה.

שימושי קרקע באזור חלקות התצפית: שצ"פ של העיר יבנה במעלה הנחל, יער קק"ל במורד בגדה שמאל, שטחים חקלאיים של כפר הנגיד בגדה ימין.



איור 1 – קטע נחל שורק שעבר הסדרה במסגרת הפרויקט ומיקום מקטע הניטור (מפה מתוך אתר המפות הממשלתי, 2024)

מניעים להתערבות ולייצוב גדות בצומח

הצורך בהגדלת כושר ההולכה של הנחל כדי למנוע נזקי הצפות (מניע "ניקוזי"). המוטיבציה של רשות ניקוז שורק-לכיש לשמור ולשפר את הערכים האקולוגיים של הנחל הובילה לשימוש בצומח לצורך ייצוב גדות הנחל לאחר ההתערבות.

נחל גמליאל – קטע 40-42

מאפיינים

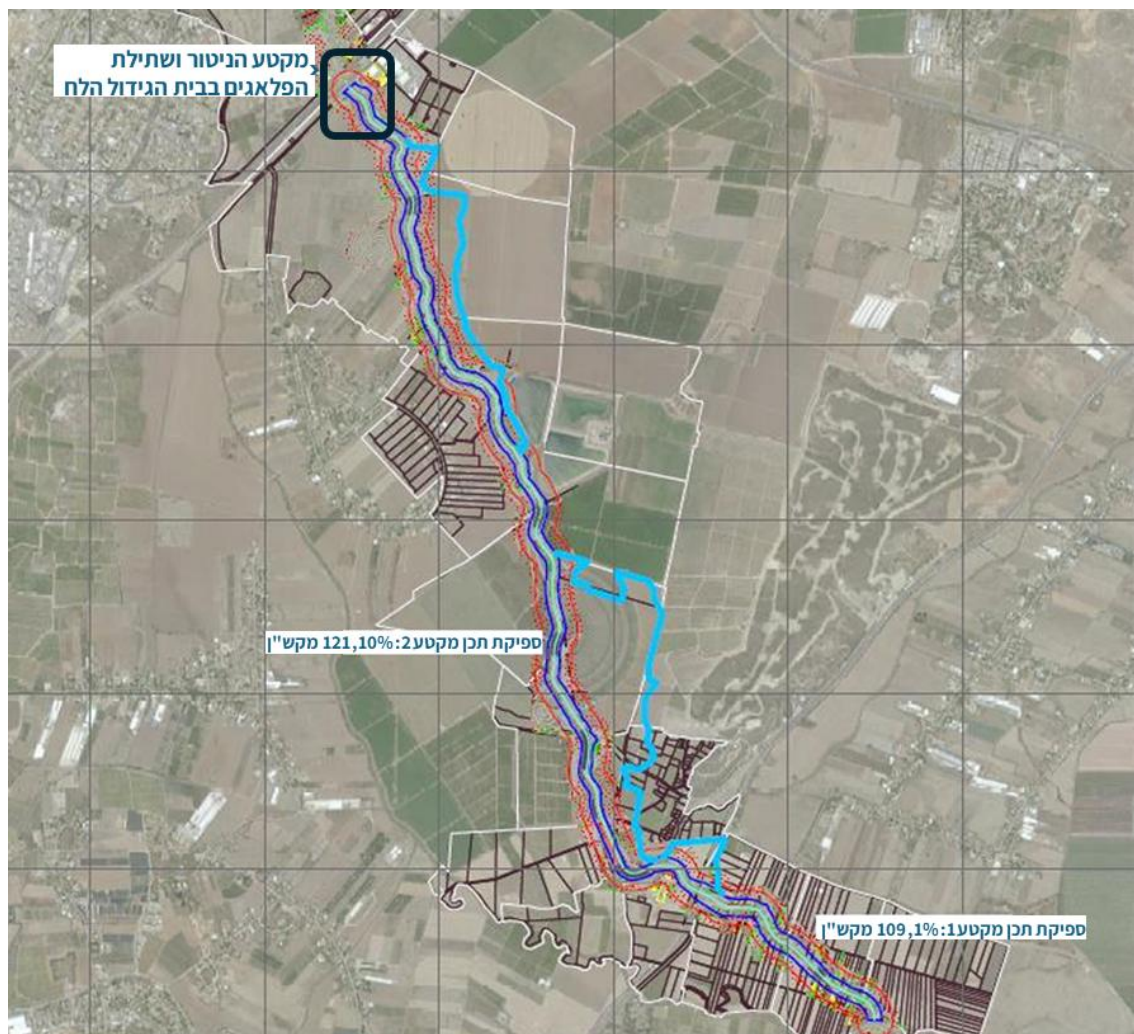
גבולות: מכביש 40 לכביש 42. ייצוב הגדות בצומח בוצע בקטע של כ-250 מ' במורד עד המפגש עם כביש 42 (איור 2).

תשתית: גרומוסול.

נוכחות מים: נחל אכזב אך הזרמות קולחין ארעיות גורמות למופע מים לאורך מרבית השנה.

ספיקת תכן באירועי גשם בהסתברות 1:10: 121 מ"ק/שניה.

שימושי קרקע באזור חלקות התצפית: שטחים חקלאיים.



איור 2 – קטע נחל גמליאל שעבר הסדרה בין כביש 40 לכביש 42 וסימון מקטע הניטור שנכלל במסגרת הפרויקט הנוכחי (מפה מתוך מפעל הניקוז בנחל גמליאל, 2021)

מניעים להתערבות ולייצוב גדות בצומח

הגדלת כושר ההולכה של הנחל למניעת נזקי הצפות ופגיעה בתשתיות. לא תוכנן לבצע ייצוב של גדות הנחל באמצעות צומח, אך מכיוון שנותרו שתילים מהפרויקט בנחל שורק הוחלט לבצע שתילה מרוכזת של מיני בר בבית הגידול הלח בלבד.

נחל שפירים – קטע חמד-גנות

מאפיינים

גבולות: קטע נחל בין כביש 412 לכביש 4, בין מושבים חמד וגנות (קטע באורך של כ-1.5 ק"מ). השימוש בצומח לייצוב הגדות נעשה במקטעים נבחרים ובשיטות שונות בכל רוחב הגדה. (איור 3).

תשתית: גרומוסול (גדה ימין), חמרה ונזאז (גדה שמאל)

נוכחות מים: נחל אכזב. בעבר הוזרמו שפכים ברמות טיהור שונות, כיום קיימים מקטעי זרימה פזורים של קולחין.

ספיקת תכן באירועי גשם בהסתברות 1:10: 56 מ"ק/שניה.

שימושי קרקע באזור חלקות התצפית: חלקות א' ו-ב' של משקים חקלאיים (גנות וחמ"ד) משני צידי הנחל.



איור 3 – קטע נחל שפירים בתחום הפריקט (מפה מתוך אתר המפות הממשלתי, 2024).

מניעים להתערבות ולייצוב גדות בצומח

הגדלת כושר ההולכה של הנחל למניעת נזקי הצפות ופגיעה בתשתיות. המוטיבציה של רשות ניקוז ירקון לשמור ולשפר את הערכים האקולוגיים של הנחל הובילה לשימוש בצומח לצורך ייצוב גדות הנחל לאחר ההתערבות. עם זאת, בחלקים נרחבים לאורך הנחל לא היה ניתן לעשות שימוש בלעדי בצומח בשל שיפועי גדות תלולים הנמצאים בעיקולי הנחל.

נחל תבור – קטע איכסל-כביש 65

מאפיינים

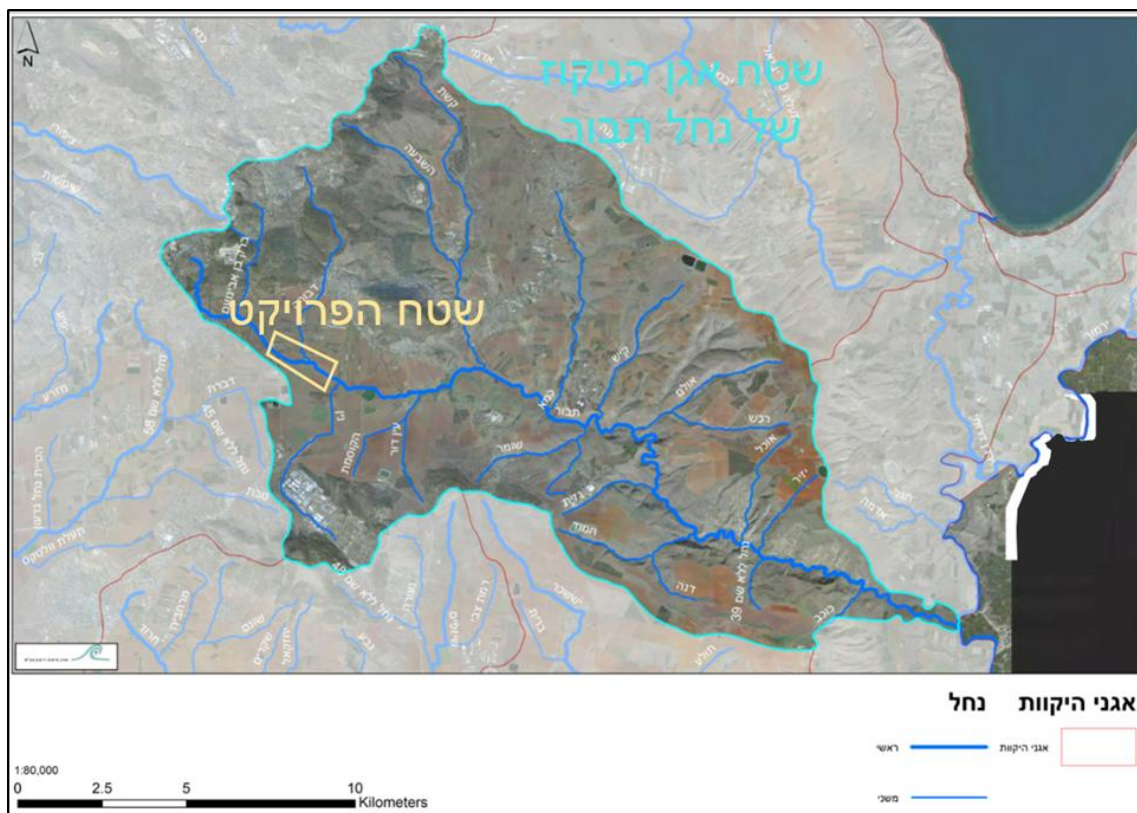
גבולות: קטע נחל בין איכסל לכביש 65, אורכו כ-2 ק"מ (איור 4).

תשתית: גרומוסול.

נוכחות מים: נחל אכזב. זרימת חלוקים במקטע תחתון.

ספיקת תכן באירועי גשם בהסתברות 1:10: 18 מ"ק/שניה.

שימושי קרקע באזור חלקות התצפית: שטחים חקלאיים.



איור 4 – אגן נחל תבור וסימון אזור ההתערבות בנחל במסגרת הפרויקט

מניעים להתערבות ולייצוב גדות בצומח

בשנת 2020, באזור מפגש נחלים דבוריה-תבור, ביצעה רשות ניקוז ונחלים ירדן דרומי הרחבה של האפיק לצורך הגדלת כושר ההולכה (מניע ניקוזי). בוצע ייצוב גדות באמצעות זריעת מינים חקלאיים בחודש נובמבר, ללא קשר לפרויקט הניטור. במהלך החורף (2020-2021) הנחל יצר תוואי חדש עקב זרימות חזקות וייצוב הגדות כשל. בשלב זה, לאור הצורך בנקיטת פעולות לייצוב הגדות מחדש, רשות הניקוז נרתמה לטובת שילוב קטע הנחל בפרויקט.

הפעולות שבוצעו בנחלים השונים

נחל שורק – קטע יבנה-כפר הנגיד

קטע הנחל שעבר התערבות (מכביש 42 עד יער ביל"ו) חולק ל-8 מקטעים בהם בוצעו פעולות שונות במשך שנתיים. עבודות העפר להרחבת חתך הנחל בוצעו לאורך כלל קטע הנחל, עבודות שיקום הצומח בוצעו במקטעים 7 ו-8.

הכנת השטח

- עקירת אקליפטוסים.
- עקירת שיטה כחלחלה (בחלקות הניטור לא הייתה נוכחות של שיטה כחלחלה לפני ההתערבות בנחל).
- חישוף הקרקע מצומח.
- קילוף שכבת הקרקע העליונה בחלקות נבחרות מספר חודשים לאחר השלמת עבודות העפר (שיקום הצומח נדחה עקב כניסה לחורף).
- הצנעת קומפוסט ואוסמוקט בבורות השתילה ועל פני השטחים לזריעה.
- סימון גבולות חלקות הניטור וחגורות השתילה והזריעה בכל חלקה. מרכז החלקה סומן בשלט בראש הגדה וגבולות החלקה סומנו באמצעות בזנ"טים.
- הקמת מערכת השקייה הכוללת מערכת ממטירים עילית ומערכת טפטוף טמונה לעצים ושיחים.

גיאומורפולוגיה

- הרחבת תעלת הנחל ומיתון גדה שמאל תוך יצירת ברמה נמוכה בגובה של כ-0.7 מ'.



צילום 1 – מקטע 7 בנחל שורק כשנה לאחר השלמת עבודות העפר וטרם ייצוב הגדות בצומח. מבט צפונה (צילום: אורי מורן, סתיו 2021)

צומח

בין סיום ביצוע עבודות העפר לתחילת ביצוע ייצוב הגדות באמצעות הצומח חלפה כשנה, עקב עיכובים בירוקרטיים. גם בשנה בה בוצעו פעולות ייצוב הגדות בצומח חל עיכוב בביצוע והפעולות החלו רק בחודש נובמבר 2021, כך שבתחילת חודש דצמבר עוד בוצעו זריעות בגדות הנחל. פעולות ייצוב הגדות בצומח כללו:

- זריעת מיני בר בהתזה ובאופן ידני (דצמבר 2021).
- שתילת מיני בר בבית הגידול הלח בלבד (כפי שהוגדר במסגרת התכנון, נובמבר 2021).
- תוכן כי בחלק מבורות השתילה תינתן תוספת של *EM* (*Effective Microorganisms*), לא בוצע בפועל.
- צפיפות השתילה 4-6 שתילים למ"ר.
- נטיעת עצים מקומיים (מחוץ לתחום חלקות הניטור).

השקיה

- חיבור לקו מי קולחין שלישוניים של מי-פלמחים תוך חציית נחל שורק.
- הקמת ראשי השקיה כל 400 מ' לאורך המקטע.
- ביצוע השקיה קליטה באמצעות מערכת ממטירים במשך מספר חודשים (עד הגשם) עבור כלל המינים שנזרעו ונשתלו.
- תכנית ההשקיה הנחתה השקיה של עצים ושיחים שניטעו למשך 5 שנים, עד לקליטה מלאה. בפועל, בעקבות כשלים בתחזוקת מערכת ההשקיה, השתילים הושקו באופן לא עקבי במשך שלוש שנים, על ידי מערכת ההשקיה או באמצעות מכלית. בעקבות כך נגרמה תמותה נרחבת של עצים ושיחים במהלך שלושת השנים מביצוע השתילות.

תחזוקה

- תכנית התחזוקה תוכננה במתכונת של ביצוע סיור מקדים על ידי אקולוג מטעם צוות התכנון, ולאחר מכן כניסת צוות פועלים לטיפול סלקטיבי מכוון מיני מטרה בהתאם להנחיות האקולוג המלווה.
- תוכנון חמישה סבבי עבודה לאורך השנה, הכוללים בעיקר טיפול במינים פולשים וכן עישוב וקציר סלקטיבי של מינים שאינם רצויים (רודרלים, סגטלים). עם זאת, קבלן התחזוקה הפר את חוזה העסקתו וחדל ממלאכתו בשטח לאחר סבב תחזוקה בודד בחודש פברואר 2022.
- לאחר מכן בוצעו שלושה סבבי תחזוקה נוספים ע"י קבלני תחזוקה שונים:
 - (א) דצמבר 2023 - עקירת טיונית החולות ולכיד הנחלים וכיסוח חרדל לבן וגזיר מזיק.
 - (ב) מרץ 2024 - עקירת טיונית חולות, קיקיון מצוי והדברת שיטה כחלחלה.
 - (ג) יולי 2024 - תשעה ימי עבודה להדברת שיטה כחלחלה.
- נוסף על התחזוקה מטעם הפרויקט, במקטעי הנחל שמחוץ לחלקות הניטור בוצעה תחזוקה שוטפת של רשות הניקוז במשך השנה הראשונה לאחר הביצוע, שכללה כיסוח של הצומח באופן לא-סלקטיבי מראש הגדה לתוך אפיק הנחל עד למרחק שהתאפשר לפי שיטת הכיסוח (מכונה או פועלים).

חלקות הניטור

לאורך מקטע הניטור (מקטע 8) הוגדרו 20 חלקות תצפית – 19 חלקות בגדה שמאל וחלקה אחת בגדה ימין (חלקה 20). שטח החלקות אינו קבוע – רוחב החלקות נע בין 20 ל-30 מ', ואורך המדרון משתנה כתלות בשיפוע ובהימצאות גורמים שונים בשטח (דוגמת קטעים שנותרו ללא שינוי ביחס למצב הקיים).

טבלה 2 – חלקות הניטור בנחל שורק

חלקה	שיטת שיקום	הרכב המינים	עושר מינים מתוכנן	הערות
2	שיקום ספונטני	-	-	קילוף בחגורות שתילה בלבד
4	שיקום ספונטני	-	-	-
6	שיקום ספונטני	-	-	קילוף בחגורות שתילה בלבד
1	זריעה בהתזה בכל החלקה	בר	גבוה מאוד	קילוף
3	זריעה בהתזה בכל החלקה	בר	בינוני	קילוף
5	זריעה בהתזה בכל החלקה	חקלאיים	נמוך	קילוף
7	שתילה (לח) וזריעה בהתזה (יובשני)	בר	גבוה מאוד	השקיית קליטה
8	שתילה (לח) וזריעה בהתזה (יובשני)	בר	גבוה	השקיית קליטה
9	שתילה (לח) וזריעה בהתזה (יובשני)	בר (לח) וחקלאיים (יובשני)	בינוני	השקיית קליטה
10	שתילה (לח) וזריעה בהתזה (יובשני)	בר	גבוה	קילוף + השקיית קליטה
11	שתילה (לח) וזריעה בהתזה (יובשני)	בר	בינוני	קילוף + השקיית קליטה
12	שתילה (לח) וזריעה בהתזה (יובשני)	בר (לח) וחקלאיים (יובשני)	גבוה מאוד	קילוף + השקיית קליטה
13	שתילה (לח) וזריעה משולבת (יובשני)	בר	גבוה מאוד	קילוף + השקיית קליטה + ללא תחזוקה בשתילות
14	שתילה (לח) וזריעה משולבת (יובשני)	בר	גבוה מאוד	קילוף + השקיית קליטה + ללא תחזוקה בשתילות
15	שתילה (לח) וזריעה משולבת (יובשני)	בר (לח) וחקלאיים (יובשני)	גבוה מאוד	קילוף + השקיית קליטה + ללא תחזוקה בשתילות
16	שתילה (לח) וזריעה (יובשני)	בר	גבוה מאוד	קילוף + השקיית קליטה + EM (ללא EM בפועל)
17	שתילה (לח) וזריעה ידנית (יובשני)	בר	גבוה מאוד	קילוף + השקיית קליטה + EM (ללא EM בפועל)
18	שתילה (לח) וזריעה ידנית (יובשני)	בר (לח) וחקלאיים (יובשני)	גבוה	קילוף + השקיית קליטה + EM (ללא EM בפועל)
19	שתילה (לח) וזריעה ידנית (יובשני)	בר (לח) וחקלאיים (יובשני)	גבוה	קילוף + השקיית קליטה
20	זריעה בהתזה בכל החלקה	חקלאיים	נמוך	השקיית קליטה



איור 5 – מקטע הניטור בנחל שורק, קטע יער ביל"ו

נחל גמליאל – קטע 40-42

פעולות ההסדרה בנחל בוצעו ממורד כביש 40 ועד לכביש 410, כאשר שיקום הצומח נעשה במקטע האחרון במעלה כביש 410, ללא תכנון מקדים ורק בבית הגידול הלח.

הכנת השטח

- חישוף הקרקע מצומח

גיאומורפולוגיה

- הרחבת תעלת הנחל ומיתון גדה שמאל תוך יצירת ברמה נמוכה בגובה של כ-0.7 מ'.

צומח

- שתילת מיני בר בבית הגידול הלח (נובמבר 2021) – כשנה לאחר ביצוע עבודות העפר, עקב עיכובים מנהליים וכניסה לחורף. בנוסף, גם ביצוע השתילות התעכב בכ-3 חודשים מהמתוכנן ונדחה לסוף חודש נובמבר.
- צפיפות השתילה כ-10 שתילים למ"ר.



צילום 2 – ביצוע השתילות בבית הגידול הלח בנחל גמליאל (צילום: אורי מורן, 2021)

השקייה

- על בסיס מי קולחין המוזרמים בנחל עד לתחילת הגשמים.

תחזוקה

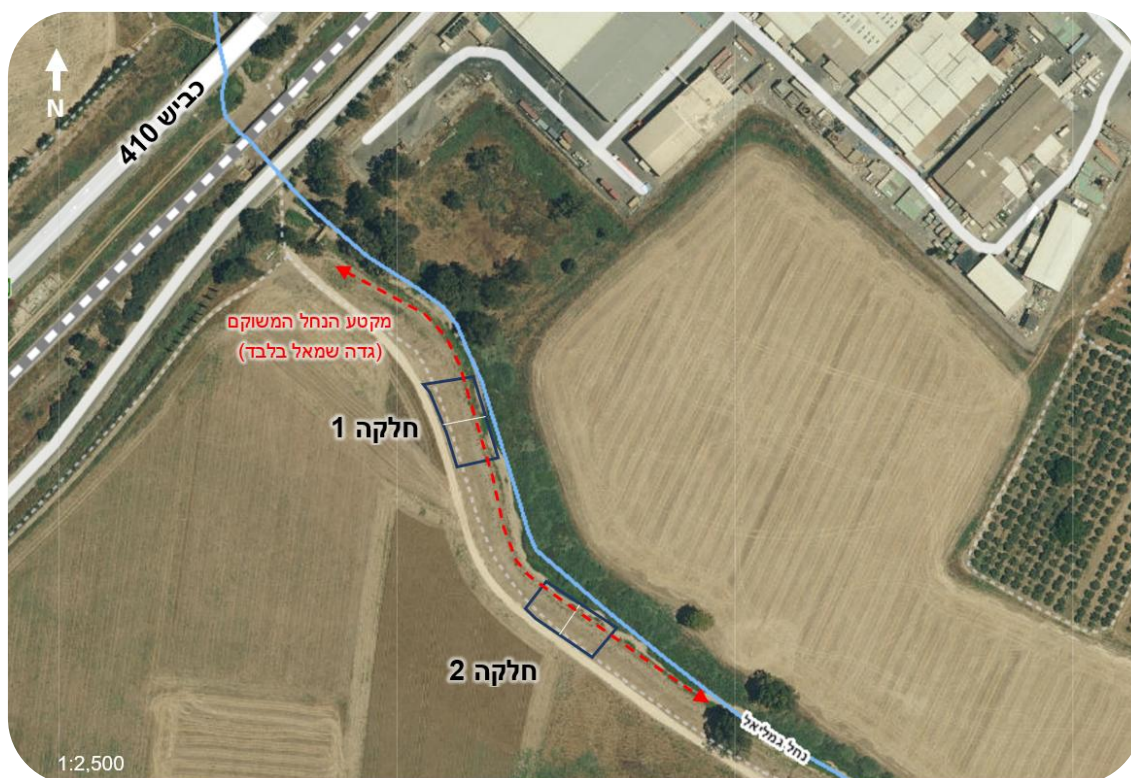
- בוצעה תחזוקה שוטפת של רשות הניקוז שכללה כיסוח באמצעות חרמש מוטורי של כלל הצומח מראש הגדה ועד הברמה הסמוכה לבסיס האפיק. פעולה זו בוצעה באופן לא סלקטיבי וללא ליווי אקולוגי.
- אזור השתילות בבית הגידול הלח נותר ללא תחזוקה כלל.



צילום 3 – חלקת הניטור בנחל גמליאל, כחצי שנה לאחר השתילות בבית הגידול הלח (צילום: שגב טמיר, 2022)

חלקות הניטור

לאורך מקטע התצפית בנחל גמליאל שאורכו כ-250 מ' נבחרו שתי חלקות ניטור, כל אחת באורך של כ-30 מ' (איור 6). החלקות אינן נבדלות זו מזו בהיבט יישום שיקום הצומח בהן, למעט המינים שנשתלו בכל חלקה (ללא תיעוד של רשימות המינים בכל חלקה בעת הביצוע).



איור 6 – מפת מקטע נחל גמליאל שעבר פעולות הסדרה ומיקומי חלקות הניטור והחתכים (מפה מתוך אתר המפות הממשלתי, 2024)

נחל שפירים – קטע חמד-גנות

הכנת השטח

- חישוף הקרקע מצומח.
- הומלץ לבצע קילוף של שכבת הקרקע העליונה לעומק של כ-40 ס"מ – לא בוצע בפועל.
- הקמת מערכת השקיה באמצעות ממטירים.
- השקיית הנבטה במשך כשבועיים.
- הדברה סלקטיבית של המינים שנבטו מבנק הזרעים המקומי, בדגש על פרקינסוניה שיכנית ושיטה כחלחלה.
- קלטור ידני בשטחי הזריעות.
- תוכנן להתבצע פיזור קומפוסט וערבובו בקרקע בשטחי הזריעות – לא בוצע בפועל.
- סימון חלקות הניטור בדומה למקטע הניטור בנחל שורק – לא בוצע בפועל.



צילום 4 – נחל שפירים לפני ההסדרה (צילום: אורי מורן, 2021)

גיאומורפולוגיה

- הרחבת אפיק הנחל ומיתון קל של גדה ימין.
- במקטעים בהם התאפשר, בוצעה יצירת ברמה בגובה של כ-2 מ'.



צילום 5 – מיתון גדות ויצירת ברמה בגובה כ-2 מ' מבסיס האפיק בנחל שפירים (צילום: שגב טמיר, 2022)



צילום 6 – נחל שפירים. מיתון גדות קל, ייצוב בגביונים וזריעת מיני בר בראש הגדה (צילום: שגב טמיר, 2023)

צומח

- זריעה בהתזה של מיני בר ומינים חקלאיים (נובמבר 2022) – ביצוע באופן שאינו תואם לתקנים שהוגדרו בשלב התכנון. עקב עיכובים בביצוע ושיפועי גדות תלולים הוחלט לזרוע מינים חקלאיים באזורים נבחרים, בהנחה שינבטו ויצמחו באופן יעיל ומהיר יותר ביחס למיני בר ויסייעו בייצוב גדת הנחל בזמן קצר.
- הוסכם לבצע השלמה של זריעת מיני בר בשלב מאוחר יותר, אך לא נקבע לכך מועד בשלב זה.
- תוכננו שתילות שיחים ונטיעות עצים אך הוחלט לדחות את הביצוע לשלב מאוחר יותר (טרם נקבע מועד).

שיקום צומח בשילוב ייצוב גדות באמצעים קשיחים:

- בחלקות ניטור נבחרות הוכנו כיסי קרקע בין גביונים או בולדרים ובהם נזרעו מינים חקלאיים.
- מעל הייצוב הקשיח בגדות כלל מקטע הנחל שעבר הסדרה בוצעו זריעות של מיני בר מקומיים (אורך מדרון של כ-4-6 מ', חלקו במדרון וחלקו מעבר לשפת הנחל (נקודת המדידה)).

השקיה

- חיבור לקו מקורות של מושב חמד בשתי נקודות (מעלה ומורד המקטע שעבר הסדרה) באמצעות ברז ומחשב.
- פריסת קו מוביל בקוטר 75", ממנו הוצאו ממטירים.
- השקיית קליטה קצרה עקב ביצוע הזריעות בתחילת החורף.
- עקב זרימות בנחל במהלך הביצוע נסחפה חלק ממערכת ההשקיה.



צילום 7 – סחיפת קרקע וחלק ממערכת ההשקיה עקב זרימות בנחל שפירים טרם השלמת זריעות מיני בר ומינים חקלאיים לצורך ייצוב גדות הנחל בצומח (צילום: שגב טמיר, נובמבר 2022)

תחזוקה

- לא בוצעה תחזוקה במקטע הנחל ובחלקות הניטור בהתאם לתכנון. המפקח מטעם צוות התכנון אינו מעודכן בקיום תחזוקה כלשהי בקטע הנחל שהוסדר. יתכן ומבוצע כיסוח כללי של הצמחייה בהתאם לטווח הזרוע של המכסחת הנעה על דרך העפר מעל האפיק.

חלקות הניטור

לאורך קטע הנחל שהוסדר הוגדרו 8 חלקות ניטור בשני מקטעים שונים:

- במורד הנחל הוגדר מקטע בן חמש חלקות בו חתר הנחל כלל ברמה ולא בוצע ייצוב קשיח של הגדה. בחלק זה נזרעו מינים חקלאיים ומינים מקומיים והוגדרה חלקה אחת של התפתחות צומח ספונטנית.
- במעלה הנחל הוגדר מקטע בן שלוש חלקות בו חתר הנחל נותר תלול ויוצב באמצעות שילוב של אמצעים קשיחים וצומח, בשתיים מבין שלוש החלקות נעשה שימוש בגביונים ובחלקה בודדת נעשה שימוש בבולדרים. באחת מחלקות הגביונים ובחלקת הבולדרים נותרו כיסי קרקע בהם נזרעו בהתזה מינים חקלאיים בצפיפות גבוהה. כמו כן, מעל הייצוב הקשיח בכלל החלקות במקטע זה נזרעו בהתזה מיני בר מקומיים.
- רוחב כל חלקה היה כ-17-25 מ' והוגדר עפ"י חתכי הנחל שהוגדרו במסגרת התכנון המפורט.

טבלה 3 – חלקות הניטור בנחל שפירים, קטע חמד-גנות

מקטע תצפית	חתכים	חלקה	טיפול מתוכנן
מורד הנחל (גדה ימין) – ללא ייצוב קשיח	17.5-19	1	זריעה בהתזה – מינים מקומיים בית גידול סמי-לח: מיקס סמי-לח 4 בית גידול יובשני: מיקס יובשני 5
מורד הנחל (גדה ימין) – ללא ייצוב קשיח	19-20	2	ללא זריעה (ביקורת)
מורד הנחל (גדה ימין) – ללא ייצוב קשיח	20-21	3	זריעה בהתזה של מינים חקלאיים
מורד הנחל (גדה ימין) – ללא ייצוב קשיח	21-22	4	זריעה בהתזה – מינים מקומיים בית גידול סמי-לח: מיקס סמי-לח 4 בית גידול יובשני: מיקס יובשני 5
מורד הנחל (גדה ימין) – ללא ייצוב קשיח	22-23	5	זריעה בהתזה של מינים חקלאיים
מעלה הנחל (גדה ימין) – שילוב ייצוב קשיח וצומח	58-66	6 – מורד הגדה	זריעה בהתזה של מינים חקלאיים בכיסי קרקע בגביונים
מעלה הנחל (גדה ימין) – שילוב ייצוב קשיח וצומח		7 – מורד הגדה	זריעה בהתזה של מינים חקלאיים בכיסי קרקע בבולדרים
מעלה הנחל (גדה ימין) – שילוב ייצוב קשיח וצומח		8 – מורד הגדה	חלקת ביקורת של גביונים ללא זריעות
מעלה הנחל (גדה ימין) – שילוב ייצוב קשיח וצומח		6 – ראש הגדה	זריעה בהתזה של מינים מקומיים בין הגביונים לדרך
מעלה הנחל (גדה ימין) – שילוב ייצוב קשיח וצומח		7 – ראש הגדה	זריעה בהתזה של מינים מקומיים בין הבולדרים לדרך
מעלה הנחל (גדה ימין) – שילוב ייצוב קשיח וצומח		8 – ראש הגדה	זריעה בהתזה של מינים מקומיים בין הגביונים לדרך
מעלה הנחל (גדה ימין) – שילוב ייצוב קשיח וצומח			

נחל תבור – קטע איכסל-כביש 65

הכנת השטח

- גירוד כ-15 ס"מ משכבת הקרקע העליונה ולאחר מכן תיחוח הקרקע ע"י שופל.
- פיזור קומפוסט באופן ידני.
- הקמת מערכת השקיה באמצעות ממטירים עם ראש מערכת זמני שהוקם לטובת הפרויקט.

גיאומורפולוגיה

- הרחבת תעלת הנחל ומיתון הגדות תוך מילוי קרקע והגדלת הפיתוליות במקטעים נבחרים.



צילום 8 – קטע נחל תבור לאחר ההסדרה וייצוב הגדות בצומח (צילום: לירז כברה-לייקין, 2022)

צומח

- זריעה ידנית של מיני בר (נובמבר 2021)
- זריעה ידנית של מינים חקלאיים (נובמבר 2021)
- נטיעת עצים מקומיים

השקיה

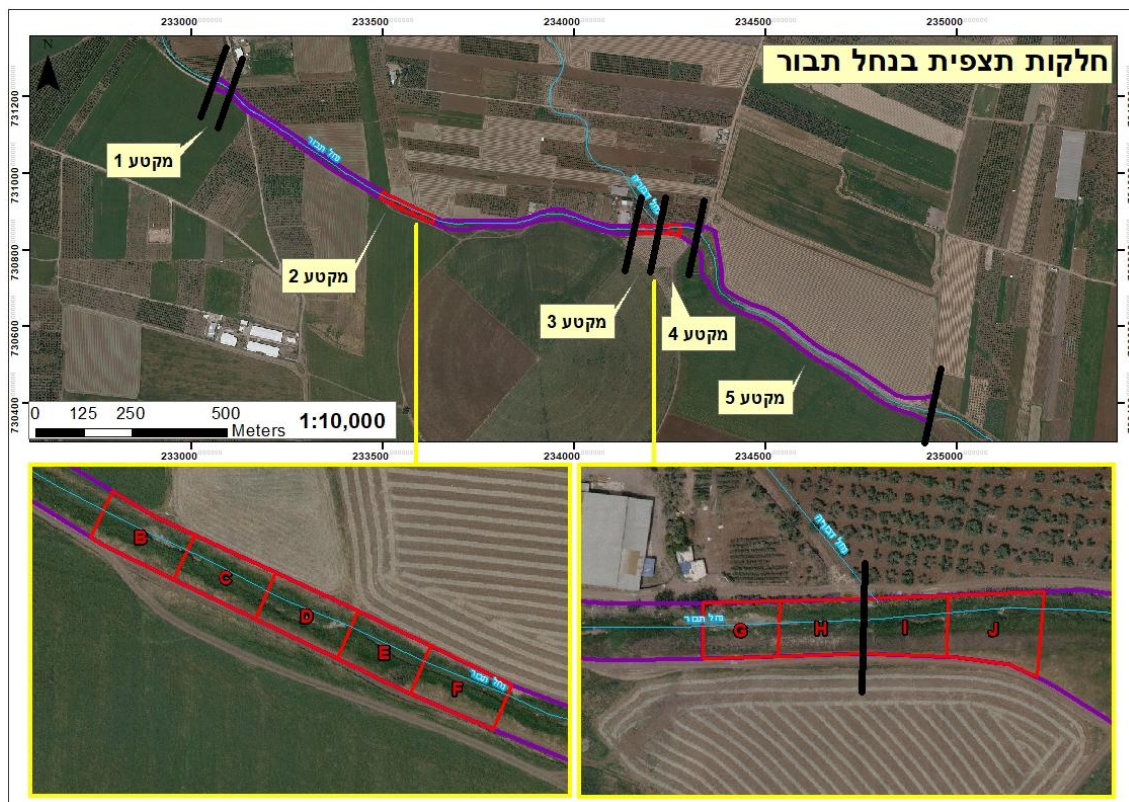
- השקיית קליטה במשך כחודש, עד למערכת גשם משמעותית. בוצעו שלושה סבבי השקיה בהפרש של 5-6 ימים זה מזה. ההשקיה בכל סבב הייתה עד לרוויה (עצירה עם סימנים ראשוניים להיווצרות נגר).

תחזוקה

- כיסוח סלקטיבי של חרדל לבן באמצעות חרמש מוטורי באביב הראשון לאחר הביצוע (סוף מרץ 2022) למניעת פיזור זרעים.
- כיסוח תדיר של עשבוניים וריסוס מעכבי נביטה סביב עצים שניטעו.

חלקות הניטור

קטע הנחל שעבר הסדרה חולק למספר מקטעי ניטור בהתאם למאפייני הנחל ולפעולות שבוצעו בכל מקטע. הוגדרו 11 חלקות ניטור, כאשר בחלקות B-F במקטע 2 ובחלקות G-J במקטעים 3 ו-4 בוצעו טיפולים שונים לצורך הניטור. פירוט החלקות השונות בטבלה 4.



איור 7 – מקטעי הניטור בנחל תבור, קטע איכסל-כביש 65.

טבלה 4 – מקטעים וחלקות הניטור בנחל תבור, קטע איכסל-כביש 65.

מס' מקטע	אורך המקטע	רוחב המקטע	שיפוע גדות	היסטורית המקטע ומאפייניו	חלקה	טיפול	יישום בגדות
מקטע 1	30 מ'	21 מ'	1:3	פעולות הסדרה ב-2020 שכללו <u>הרחבת אפיק זריעת עשבוניים חד-שנתיים חקלאיים</u> לייצוב מהיר בשתי הגדות.	A	ללא טיפול	-
מקטע 2	1,150 מ'	16 מ'	1:2	מקטע במבנה של תעלה. לא עבר הסדרה משמעותית של הערוץ עצמו, למעט <u>יצירת מעבירי מים לצורך ניקוז</u> השדה שמדרום לנחל (שמושקה בקו-נוע). בחלקו <u>ניטעו עצים מקומיים</u> ברום גדת הנחל על ידי חקלאים מדבוריה. מידי קיץ (בשנים 2021-2023), פורצות שריפות באופן תדיר שמכלות את הצומח העשבוני ברוב המקטע.	B	זריעת זנים חקלאיים חד-שנתיים + רב-שנתיים ללא השקייה	2 גדות
					C	זריעת זנים חקלאיים רב-שנתיים ללא השקייה	2 גדות
					D	זריעת זנים חקלאיים חד-שנתיים ללא השקייה	2 גדות
					E	גירוד שכבת קרקע עליונה בלבד ללא זריעה	2 גדות
					F	ביקורת ללא עבודות הכנה, ללא זריעה	2 גדות
מקטע 3	80 מ'	30 מ'	1:4	פעולות הסדרה ב-2020 שכללו <u>הרחבת האפיק, מילוי קרקע ומיתון גדות, זריעת עשבוניים חד-שנתיים חקלאיים</u> לייצוב מהיר בשתי הגדות. בחורף הראשון לאחר ביצוע העבודות נוצר פיתול ספונטני בנחל. המשך ההסדרה ב-2021 כלל הוספת <u>קו בולדרים בתחתית גדה ימין</u> .	G	זריעת זנים חקלאיים ללא השקייה	גדה ימין
					H	זריעת מיני בר מקומיים ללא השקייה	גדה ימין
מקטע 4	100 מ'	33 מ'	1:4	פעולות הסדרה ב-2020 שכללו <u>הרחבת האפיק, מילוי קרקע ומיתון גדות, זריעת עשבוניים חד-שנתיים חקלאיים</u> לייצוב מהיר בשתי הגדות. בחורף הראשון לאחר ביצוע העבודות נוצר פיתול ספונטני בנחל, גדה ימין החלה להתחתר עד ליצירת מצוק, בעקבות החיבור של נחל דבוריה שהוסיף כנראה נגר משמעותי לנחל בחורף זה. המשך ההסדרה ב-2021 כלל <u>שיטוח המצוק שהתחתר, מיתון הגדה והוספת קו בולדרים בתחתית גדה ימין</u> .	I	זריעת מיני בר מקומיים+ השקיית עזר	גדה ימין
					J	זריעת זנים חקלאיים+ השקיית עזר	גדה ימין
מקטע 5	780 מ'	24 מ'	1:3	עבודות לפתיחת הערוץ ע"י <u>הוצאת אדמת סחף מהקרקעית</u> , ללא עבודות הסדרה. בחורף 2021 בשתי הגדות <u>ניטעו עצים צעירים</u> . כחלק מעבודות התחזוקה מתבצע כיסוח הצומח העשבוני בשתי הגדות וריסוס מונע נביטה מסביב לעצים.	K1	ללא טיפול	-
					K2	ללא טיפול	

שיטות הניטור

ניטור צומח

בשנת הניטור הראשונה נאסף מידע רב אשר האריך מאוד את משך הניטור בכל חלקה. לאחר שנה זו דוייק המידע הנדרש מהשטח לצורך ניתוח המדדים הנבחרים, והוחלט לשנות את שיטת הניטור בכדי לקצר את משך הניטור בשדה תוך איסוף כלל המידע הנדרש. **על בסיס תובנות אלה נוסח פרוטוקול ניטור מעודכן לניטור צומח נחלים (פרוטוקולים מומלצים מוצגים בהמשך המסמך).** זאת במטרה לקדם סטנדרטיזציה באיסוף וניתוח נתונים בוטניים בנחלים, באופן שיאפשר למידה והערכה של פרויקטים ופיתוח הידע בתחום שיקום צומח הנחלים והייצוב בצומח.

להלן שתי שיטות האיסוף בהן נעשה שימוש לאורך פרויקט הנוכחי:

שיטת איסוף הנתונים בשנת הניטור הראשונה בנחל שורק ובנחל תבור

סקר אביב – בוצע במהלך חודש מרץ:

1. **מדידת אורך החלקה** (המרחק במטרים מראש הגדה ועד בסיס האפיק).
2. **חלוקת האפיק והגדה לחמש חגורות לחות** לפי שיקול דעת הסוקרים בנוגע למאפייני הלחות בקרקע (בהתבסס על מופע הצומח) – חגורה רוויה (בסיס האפיק, לא נסקר בשורק), חגורה לחה, חגורה לחה-יבשה, חגורה יבשה-לחה וחגורה יבשה.
3. **עבור כל חגורת לחות:**
 - א. מדידת רוחב החגורה (אורך המדרון מהקצה התחתון לעליון, אנכית לציר הנחל).
 - ב. הגדרת הכיסוי של צורות החיים השונות באופן קטגוריאלי.
 - ג. הגדרת שלושה מינים שליטים ותיעוד הכיסוי שלהם.
 - ד. תיעוד כיסוי הצומח והגובה של כלל המינים במרחק של עד 2.5 מ' משני צידי החתך (סימון ע"י פריסת רולטקה במרכז החלקה מראש הגדה ועד בסיס האפיק).
 - ה. תיעוד כלל המינים (ללא נתוני כיסוי וגובה) בחתך רוחב (מקביל לציר הנחל) עד מרחק של 15 מ' משני צידי חתך האורך (הפרוס לאורך החלקה) ו-2.5 מ' מחתך הרוחב (שנפרס בחגורה).

סקר קיץ – בוצע במהלך חודש יולי:

1. **תיעוד כלל המינים** (ללא נתוני כיסוי) **בחגורה הלחה** בלבד.

שיטת איסוף הנתונים בשנת הניטור השנייה ואילך – יושמה בכלל הנחלים

1. מדידת אורך חתך החלקה (ע"י פריסת רולטקה במרכז החלקה מראש הגדה לבסיס האפיק).
2. **הגדרת חגורות הצומח** בגדה ובבסיס האפיק במידת הצורך (**נחל תבור**), בהתבסס על שינויים בהרכב המינים העיקריים לאורך הגדה (מהמורד למעלה). אופיינו שלוש חגורות צומח: לחה, לחה למחצה ויבשה, מלבד בנחל גמליאל, בו נוטרו רק החגורות הלחות.

3. עבור כל חגורת צומח:

- א. הערכת כיסוי הצומח הכולל בשטח החגורה.
- ב. תיעוד הכיסוי של 3-10 מינים עיקריים (בעלי כיסוי גבוה מ-2%) במרחק של עד 15 מ' משני צידי החתך.
- ג. תיעוד כלל המינים (ללא נתוני כיסוי) במרחק של עד 15 מ' משני צידי החתך.

מועדים ותדירות

ניטור הצומח בוצע אחת לשנה, בסקר בודד במהלך חודש מאי.

מדדים מחושבים

הצלחת פעולות שיקום הצומח:

1. **אחוז הקליטה** – פרופורציית המינים שנסקרו בחלקה/חגורה מבין המינים שנזרעו/נשתלו בחלקה.
2. **אחוז ההתבססות** – פרופורציית המינים העיקריים הייחודיים שהוגדרו בכלל החלקה (סיכום חגורות הצומח) מבין המינים שנזרעו/נשתלו בחלקה.
3. **כיסוי מינים שנזרעו/נשתלו** – אחוז הכיסוי שהוגדר עבור מינים שנסקרו מבין המינים שנזרעו/נשתלו בחלקה.
4. **כיסוי צומח כולל בחגורה** – עבור כל חגורה הוערך כיסוי הצומח הכולל (%). במקרים מסוימים כיסוי הצומח גבוה מ-100% עקב שיכוב של הצומח.
5. **כיסוי צומח כולל בחלקה** – סכום מכפלות כיסוי הצומח של כל חגורה ברוחב היחסי שלה ביחס לרוחב החלקה כולה (ממוצע משוקלל של כיסוי הצומח בחגורות השונות שהוגדרו בחלקה).

אפיון מינים מומלצים לשימוש בייצוב גדות נחלים בצומח:

6. **כושר קליטה גבוה בזריעה/שתילה** – לא הוגדר פרטוקול אחיד להגדרה זו. מינים שהוגדרו כבעלי כושר קליטה גבוה ענו על **אחד או יותר מהקריטריונים הבאים**:
 - (א) נקלטו לפחות ב-50% מהחלקות בהן נזרעו/נשתלו;
 - (ב) נצפו ברציפות במשך שלוש שנות הניטור בנחל (למעט מינים חקלאיים);
 - (ג) הוגדרו כמינים עיקריים בחגורת צומח אחת לפחות.

יצירת תשתית לקיום מערכת אקולוגית מבוססת מינים מקומיים אופייניים:

7. **רוחב בית הגידול הלח** – בכל נחל הוגדרו חגורות הצומח המייצגות את בית הגידול הלח בהתאם להרכב המינים. לאחר מכן בוצע מיצוע של רוחב בית הגידול הלח בין החלקות השונות ולאורך השנים.
 8. **עושר מינים מקומיים אופייניים לבית הגידול** – מספר המינים שהוגדרו כמקומיים לבית הגידול בכלל חלקת הדיגום ומינים אופייניים לבית הגידול הלח ברצועה הלחה.
- בית הגידול האופייני לכל מין הוגדר על בסיס פרגמן-ספיר ודנין (2016+). אפיון המינים כרודרלים או סגטלים התבסס על הרשימות של ויזל וחוברין (1982) ואפיון המינים הפולשים התבסס על הגדרות מספר מומחים (דופור-דרור, דנין, ויזל ולשנר).

- 8.1. בהתייחסות לכלל החלקה, חושבו מספר המינים המקומיים האופייניים. מין הוגדר כמקומי במידה ולא נכלל ברשימת הפולשים או הזרים, והוגדר כמקומי אופייני לבית הגידול אם לא נכלל גם ברשימות צמחי הבאשה (רודרלים וסגטלים).
- 8.2. במקרים פרטניים של בית הגידול הלח חושבו מספר המינים האופייניים לבית הגידול הלח בלבד.
9. כיסוי מינים מקומיים אופייניים לבית הגידול – אחוז הכיסוי של מינים שהוגדרו כמקומיים לבית הגידול בכל חגורה ובכלל החלקה.
- 9.1. כיסוי המינים בחגורה הוגדר בשטח (%). הכללת המינים המקומיים שאינם מיני באשה.
- 9.1.1. במקרים פרטניים של בית הגידול הלח חושבו מספר המינים האופייניים לבית הגידול הלח בלבד.
- 9.2. כיסוי המינים בחלקה הוגדר באמצעות הכפלת אחוז הכיסוי הכולל בכל חגורה ברוחבה היחסי ביחס לרוחב החלקה. לאחר מכן, סכימה של הכיסויים היחסיים של כלל החגורות לקבלת הכיסוי הכולל בחלקה.
10. עושר מינים שאינם-רצויים – מספר המינים שהוגדרו כמיני באשה (רודרלים וסגטלים) וכמינים פולשים או זרים בכלל חלקת הדיגום.
11. כיסוי מינים שאינם-רצויים –
 - 1.1. כיסוי המינים בחגורה הוגדר בשטח (%)
 - 1.2. כיסוי המינים בחלקה הוגדר באמצעות הכפלת אחוז הכיסוי בכל חגורה ברוחבה היחסי ביחס לרוחב החלקה. לאחר מכן, סכימה של הכיסויים היחסיים של כלל החגורות לקבלת הכיסוי הכולל בחלקה.

ניטור גיאומורפולוגי

בשנת הניטור הראשונה בוצעה מדידה קרקעית באמצעות סקר חירוצים ומדרגות בגדות ודיגום חתכים של פני הקרקע לרוחב החלקות השונות. בשל מגבלות ברזולוציית הדגימה והשפעתה על מהימנות התוצאות, הוחלט לדייק את שיטת הניטור הגיאומורפולוגי ולעשות שימוש באמצעי חישה מרחוק, שהם בעלי יכולת איסוף מידע רב יותר.

שיטת איסוף הנתונים

1. "סקר חירוצים ומדרגות סחף" בגדות – הליכה לאורך החלקה (במקביל לציר הנחל) בבית הגידול היובשני ובבית הגידול הלח תוך ביצוע שתי פעולות:
 - (א) דיגום שטח פנים מייצג עבור כל "חירוף" אורך בקרקע (אנכי לציר הנחל) שעומקו גבוה מ-5 ס"מ (מדידה ידנית).
 - (ב) דיגום גובה מייצג של "מדרגות סחף" ומדידת רוחב המדרגה (מקביל לציר הנחל, מדידה ידנית).



צילום 9 – התחתרות צד ("חירוף") בגדה שמאל בנחל שורק, מאי 2023 (צילום: שגב טמיר).



צילום 10 – דיגום גובה של מדרגת סחף בבסיס אפיק נחל שפירים, יולי 2023 (צילום: שגב טמיר).

2. דיגום חתכים של פני הקרקע לרוחב הגדה בכל חלקה (אנכית לציר הנחל) – ביצוע באמצעות מאזנת. הצבת נקודת מדידה בכל שינוי משמעותי בפני השטח לפי שיקול דעת הסוקר ולכל היותר בכל 1 מ.



צילום 11 – ניטור גיאומורפולוגי עם מאזנת בנחל תבור (צילום: לירז כברה-לייקין, יולי 2022)



צילום 12 – המחשת אופן העבודה עם המאזנת (מתוך etkes.com)

חישה מרחוק

התבצע בנחל שפירים והחל משנת הניטור השנייה בנחל שורק.

3. **תצלום אוויר מרחפן** – נמצא כשיטה היעילה והמדויקת ביותר. בוצע צילום RGB ומיפוי גבהים של הנחל באמצעות LIDAR על ידי חברת ENSO. לטובת דיוק התוצרים נעשה שימוש ברחפן המחובר לרשת RTK ובדיגום נקודות בקרה קרקעיות קבועות באמצעות מכשיר GPS RTK. על בסיס חומרים אלו הגישה החברה **תצלום אוויר מיושר (Orthophoto) ומודל גבהים ראסטרי (DTM)** ברזולוציה של 10 ס"מ.

מועדים ותדירות

הניטור הגיאומורפולוגי בוצע אחת לשנה, במהלך חודש יולי, כאשר כיסוי הצומח נמוך.

מדדים מחושבים

נפח גריעת קרקע ליחידת שטח (מ"ק למ"ר):

1. **חישה מרחוק – מומלץ**. השוואה בין מודל הגבהים של כל שנה נוכחית ביחס לשנה שלפניה. באמצעות שימוש בפוליגונים של חלקות התצפית כפי שסומנו בשלב התכנון, חושב סכום גריעת הקרקע וסכום תוספת הקרקע עבור כל חלקה. לאחר מכן הוכפל הערך בשטח פיקסל בודד (0.25 מ"ר) לקבלת נפח הקרקע במ"ק. נפח הקרקע במ"ק חולק בשטח החלקות במ"ר בכדי לקבל את נפח הקרקע שנגרע או נוסף ליחידת שטח (וכך למנוע הטייה עקב הבדלים בגודל החלקות).

בביצוע מדידות קרקעיות (בוצע בשנת הניטור הראשונה בלבד):

2. **דיגום חתכים בשטח** - על ידי השוואה בין קווי החתכים שנדגמו בכל שנה ניתן לחשב את נפח הקרקע שנגרעה מכל חתך באמצעות הכפלת השטח שנגרע ברוחב החלקה.
3. **מדידת חירוצים** - מדידת שטח החתך של החירוצים והכפלה באורכם מאפשרת חישוב גס של נפח הקרקע שנגרעה בכל חירוף. סכימת הנפחים עבור כל חלקה אפשרה להעריך את נפח הקרקע שנגרעה.

השפעת הצומח על גריעת הקרקע מהגדה:

יש להביא בחשבון שהניטור נעשה בסיום עונת הגשמים ואינו מביא בחשבון את הדינמיות הגיאומורפולוגית של מופעי גריעה ושקיעה של קרקע במהלך עונת הגשמים. במבט רב שנתי ניתן לאפיין באמצעות מדד זה את הקשר בין אחוז כיסוי הצומח ליציבות הקרקע.

1. **מתאם בין כיסוי הצומח (%) לנפח גריעת הקרקע ליחידת שטח (מ"ק/מ"ר)** – חישוב מתאם Spearman לבחינת הקשר בין כיסוי הצומח בחלקה לבין גריעת הקרקע ליחידת שטח בכל חלקה.

תובנות והמלצות

זמן ומרחב כגורמים משפיעים על הצלחת ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח

ייצוב גדות נחלים בצומח הינה פעולה מורכבת הדורשת התכנסות של שלל גורמים בכדי להביא לתוצאה מוצלחת - החל מהבנה מעמיקה של המצב הקיים והשפעת התכנון על המערכת האקולוגית, התאמת מיני הצומח לבית הגידול, הכנה איכותית של השטח, מתן השקיה נכונה ועוד. עם זאת, פרק זה מדגיש את ההשפעה הקריטית של מועד הביצוע ומאפייני המרחב על סיכויי ההצלחה של ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח.

1. **השלמת ייצוב הגדה בצומח באופן מלא לאחר עבודות העפר, טרם תחילת הזרימות בנחל.** היות וסחיפת הקרקע מהגדה הינה תהליך המאיץ את עצמו, ישנה חשיבות בייצוב יעיל ועידוד התבססות הצומח טרם אירועי זרימה משמעותיים בנחל. ממצאי הניטור עולה כי ייצוב באופן לא מספק בשנה הראשונה עשוי לאלץ ביצוע עבודות עפר וייצוב גדות נוספות לתיקון הנזקים ואף לגרום לכישלון הפרויקט.
2. **מאפיינים הידרולוגיים וגיאומורפולוגיים מתאימים.** אחד הלקחים המשמעותיים מהפרויקט הוא כי המאפיינים ההידרו-גיאומורפולוגיים של מקטע הנחל בו נדרש ייצוב גדות מהווים גורם משפיע משמעותי על הצלחת ייצוב הגדות בצומח, ללא קשר לשיטת שיקום הצומח הנבחרת. לכן, לצד הרצון לשימור הקרקע בגדת הנחל, בהינתן אחד או יותר מהמאפיינים הבאים, מומלץ לשקול שילוב של ייצוב גדות בצומח לצד שימוש באמצעים קשיחים נוספים:



- א. **גדת סחיפה** - לרוב הגדה ברדיוס הארוך של פיתול הנחל, בה מהירות הזרימה גבוהה יותר.
- ב. **שיפוע גדות תלול מ-1:3.**
- ג. **פוטנציאל גבוה לזרימות צד** - קיום גורמים תורמי נגר באגן הניקוז המקומי של הגדה במקטע הנחל. לדוגמה: שדות חקלאיים משופעים, שימושי קרקע בעלי מקדם נגר גבוה (דרכים, יישובים), תעלות ניקוז ועוד.
- ד. **מהירות זרימה גבוהה מ-2.5 מ'/שנ'** בממשק בין גוף המים הזורם לבין הגדה (יתכן כי לא נדרש שילוב של ייצוב קשיח לכל גובה הגדה). בשלב זה טרם נאסף מספיק מידע בכדי לגבש מתודולוגיה להגדרת מהירות זרימה קריטית מותאמת לתשתית ותוואי הנחל תוך התחשבות בשיפוע הגדות ובשימושי הקרקע במרחב.
- ה. כמו כן, **באזורים בהם רצוי להימנע ככל הניתן מנזקי הצפות** יש לשקול שימוש בייצוב קשיח לצורך הקטנת החספוס והנמכת מפלס המים בהסתברויות שונות.



צילום 13 – נחל תבור, יישוב שיטות ייצוב שונות בגדת סחיפה (גדה ימין - ייצוב החלק התחתון של הגדה בבולדריים) וגדת השקעה (גדה שמאל - ייצוב בצומח בלבד) (צילום: לירז כברה-לייקין, 2023)

אנשי מקצוע נדרשים לייצוב גדות נחלים בצומח

ייצוב גדות נחלים בצומח היא משימה מורכבת הדורשת אינטגרציה של מידע ואנשי מקצוע מתחומים שונים, תוך התמודדות עם האופי הדינמי של המערכת האקולוגית, המאלץ לעיתים לבצע התאמות בזמן אמת לתכנון, תוך כדי הביצוע. להלן פירוט רשימה בסיסית של אנשי המקצוע הנדרשים לצורך ייצוב גדות נחלים בצומח, תוך התייחסות לתחומי האחריות העיקריים עבור כל מקצוע.

עם זאת, חשוב להדגיש כי על אף ההפרדה בתחומי האחריות, קיים ממשק בין אנשי המקצוע השונים במהלך חלקים ניכרים מהפרויקט. **בכל שלבי הפרויקט מחויבת מעורבות מלאה של מנהל פרויקט מטעם מנהל השטח**, שתפקידו לחבר בין אנשי המקצוע, הגורמים השונים והדיספלינות השונות המעורבים בפרויקט, ולהוביל את התהליכים השונים בהתאם למטרות שהוגדרו.

תכנון



ביצוע



ניטור

סוקר ראשי



- מטעם הארגון מנהל השטח, בעל הכשרה בסיסית וממוקדת לפי תכנית הניטור
- ביצוע סקרי צומח בסיסיים (בהתאם לתכנית הניטור) לצורך אפיון מצב התפתחות הצומח בגדה ואפיון הפעולות הנדרשות במסגרת התחזוקה
- ביצוע סקרי גיאומורפולוגיה בסיסיים (בהתאם לתכנית הניטור) לצורך אפיון מידת הצלחת הפרויקט ודיוק פעולות נדרשות נוספות

אקולוג ובוטנאי



- ייעוץ מקצועי לסוקר מטעם הארגון מנהל השטח
- ביצוע סקרי צומח מקצועיים לצורך אפיון מידת ההצלחה של הפרויקט, הפקת לקחים ופיתוח הידע בתחום

נותני שירות טכנולוגיים – תלוי פרויקט



- ביצוע ניתוח מרחבי, כמותי ומדויק של מדדים נבחרים בהתאם לתכנית הניטור
- איסוף דגימות מהשטח וניתוחן במעבדה

תחזוקה

קבלן תחזוקה



- תמיכה בהתפתחות מיטבית של הצומח בגדה עד גמר תקופת התחזוקה
- שיקום צומח באזורים שנפגעו במהלך תקופת התחזוקה

מפקח צמוד



- מטעם הארגון מנהל השטח (או היזם) – עדיפות שיהיה הסוקר הראשי
- תכנון הפעולות הנדרשות לביצוע במסגרת התחזוקה בהתאם לממצאי הניטור
- פיקוח על פעולות התחזוקה בשטח והפצת סיכום פעולות שבוצעו בתום כל סבב

אקולוג מלווה (פיקוח עליון)



- ייעוץ מקצועי עבור קבלן התחזוקה והמפקח הצמוד
- הגעה לשטח במידת הצורך ולפי הגדרות התפקיד שסוכם מראש

שלביות הפרויקט

תכנון

חשוב להדגיש כי על אף ההפרדה בין התכנון לביצוע בפירוט זה, **התכנון למעשה אינו נפסק עד להשלמת הביצוע** עקב שינויים בלתי צפויים המחייבים ביצוע התאמות בתכנון. כמו כן, מרכיב "איסוף חומר הריבוי" נכלל כאן תחת שלב התכנון, אך **במקרים בהם בשלב זה אין תקציב ידוע לביצוע יש לאסוף את חומר הריבוי בשלב הביצוע בלבד**. אחסנת חומר הריבוי במשך זמן שעשוי להיות ממושך עלולה לפגוע בכושר הנביטה ולכן יש להמתין לקבלת תקציב לביצוע טרם איסוף החומר.

שלב	תכלית	פירוט	תוצרים עיקריים
אפיון המצב הקיים	הגדרת מטרות התכנון	חלוקה למקטעים, תוואי היסטורי, שימושי קרקע וסטטוטוריקה (לרבות תכניות בעלות השפעה על מרחב הנחל), מאפיינים הידרולוגיים (שיפוע אורכי, ספיקות, מהירויות זרימה, פשטי הצפה ועוד), גיאולוגיה וקרקעות, הגדרת בתי גידול, ממצאים בוטניים וביולוגיים, קישוריות אקולוגית, גורמים משפיעים עיקריים על המערכת האקו-הידרולוגית	הגדרת טיפוס הנחל ובסיס להשוואה, מטרות התכנון, אפיון הנחל בחלוקה למקטעים
תכנון ראשוני	התנעת תהליכים לדיק התכנון המפורט	הגדרת יעדים בהתאם למטרות, תכנון חתכים טיפוסיים לפי מקטעים, הגדרת שיטות עקרוניות לביצוע, בניית תכנית ניטור מפורטת, בניית תכנית תחזוקה מפורטת, אומדן כספי, לוח זמנים עקרוני, הפקת רשימות לאיסוף חומר ריבוי והפקת שתילונים ופנייה לקבלנים ומשתלות	יעדים, חתכים טיפוסיים, שיטות עקרוניות לביצוע, תכנית ניטור, תכנית תחזוקה, אומדן, לוח עקרוני, רשימות איסוף
איסוף חומר ריבוי	השלמת מידע לתכנון מפורט	איסוף חומר ריבוי בהתאם לרשימות וההנחיות שהועברו במהלך התכנון הראשוני – עדכון הרשימות בהתאם לממצאים בשטח בזמן האיסוף ומשתנים נוספים	רשימה סופית של כמות חומר הריבוי שנאסף עבור מין
תכנון מפורט	דיוק התכנון לביצוע	תכנון צומח והכנת השטח בהתאם לשיטות הנבחרות ולכמויות שנאספו, תכנון השקיה, הפקת כתב כמויות, כתיבת מפרטים והפקת פרטים לביצוע	סט תוכניות מפורטות לביצוע

ביצוע

שלב	תכלית	פירוט
ניטור מצב 0	בסיס לבחינת מדדים להצלחה	ניטור לפני תחילת העבודות בשטח, במועד קרוב ככל הניתן לביצוע. יבוצע בהתאם לשיטות שהוגדרו בתכנית הניטור – ניטור מינימלי יכלול צומח בלבד
טיפול במינים פולשים	מזעור הנזק העתידי ממינים פולשים	סקר מינים פולשים והערכת פעולות נדרשות, הדברה נקודתית, עקירה או כריתה וסילוק מהשטח
עבודות עפר	חישוב הצומח ועיצוב חתך הנחל	חישוב הצומח, קילוף שכבת הקרקע העליונה להסרת בנק הזרעים המקומי, חפירה ומילוי בהתאם לתכנון, ביצוע עבודות ייצוב קשיח במידה נדרש
הכנת השטח	יצירת תנאים מיטביים לקליטת הצומח	הקמת מערכת השקיה, ביצוע השקיית הנבטה והדברה או כיסוח סלקטיביים של מינים נבחרים, פיזור קומפוסט והצנעתו בשטחי הזריעה, סימון שטחי הזריעה והשתילה בהתאם לתכנון המפורט, הכנת אזור לקליטת חומר הריבוי ו/או השתילונים, גידור במידת הצורך
שתילות	יצירת כיסוי מיני בר במהירות	עבודה לפי מודולים בהתאם לתכנון המפורט
זריעות	יצירת כיסוי צומח ב"עלות הקמה" נמוכה	עבודה לפי תערובות בהתאם לתכנון המפורט, שלב אחרון בביצוע

תקופת בדק ותקופת התחזוקה התכופה

תקופת הבדק נמשכת עד לקבלת חיווי מספק מהשטח בנוגע לקליטת הזרעים ו/או השתילים (לרוב לא יותר מחודשיים) בעוד התקופה העוקבת בה האחריות על השטח עוברת מקבלן ההקמה לקבלן התחזוקה, נמשכת לרוב לא פחות משלוש שנים. בפועל נדרשות פעולות דומות (למעט השקיית הקליטה המוגבלת בזמן).

פירוט	תכלית	שלב
השקיית הצומח ממשיך זמן מינימלי עד לקבלת הרטבה סבירה על ידי הגשמים (במקרה של צמחייה עשבונית) ועד חמש שנים (במקרה של עצים)	תמיכה בתהליך קליטת הצומח בגדה	השקיית קליטה
פעולות בהתאם לתכנית הניטור	דיוק התחזוקה ומדידת ההצלחה	ניטור
פעולות בהתאם לתכנית התחזוקה ודיוקן בהתבסס על הממצאים מביצוע הניטור – זריעות ו/או שתילות העשרה במידת הצורך, טיפול במינים שאינם רצויים, טיפול במערכת ההשקייה (לרבות פינויה בגמר השימוש)	תמיכה בהתפתחות חברת צומח רצויה	תחזוקה

לוחות זמנים

לוח הזמנים המומלץ לביצוע ייצוב גדות ושיקום חברות צומח בגדות נחלים גובש לאור הלמידה המצטברת מפרויקט הניטור ומפרויקטים נוספים (מצורף בהמשך). **להלן תובנות והמלצות עיקריות מתוך לוח הזמנים (הגאנט):**

1. **ביצוע ייצוב בצומח לפני החורף הראשון מהשלמת עבודות העפר.** סחיפת הקרקע היא תהליך המעצים את עצמו ולכן גם נזקים קטנים העלולים להתפתח עקב הותרת קרקע חשופה עשויים להיות בעלי השפעה חמורה על גדות הנחל בטווח הזמן הארוך.
2. **תכנון מפורט של ניטור ותחזוקה כחלק מהתכנון הראשוני,** מתוך תפיסת הניטור והתחזוקה כמרכיבים חיוניים להצלחת הפרויקט.
3. **ביצוע ניטור מצב 0 לפני תחילת עבודות העפר.**
4. **תכנון צומח מפורט רק לאחר השלמת איסוף הזרעים.** בשלב המקדים ולצורך הפקת כמויות לאיסוף יש להגדיר פרופורציה רצויה של המינים השונים בכל בית גידול ולחשב את הכמויות לפי שטח בית הגידול וצפיפות השתילה הרצויה או משקל הזרעים הרצוי ליחידת שטח. תכנון מפורט של מודולים ומיקסים לשתילה וזריעה יש לבצע רק בתום איסוף הזרעים וקבלת כמויות מפורטות עבור כל מין מקבלן האיסוף.
5. **סיכום בכתב עם כלל אנשי המקצוע, שיכלול תיאומים ונקודות קריטיות בביצוע הפרויקט.** לאחר תחילת הביצוע לא יהיה מנוף השפעה לצוות התכנון על הקבלנים בשטח בהיבט המחויבות לביצוע בהתאם להגדרות התכנון (ולרוב ההתאמות הנדרשות יבוצעו בשלב מאוחר מידי).
- (א) מומלץ **להגדיר נקודות קריטיות להצלחת הפרויקט** ולהביאן לדיון טרם תחילת הביצוע בפגישה משותפת בנוכחות מנהל הפרויקט, צוות התכנון, המפקחים השונים והקבלנים השונים ולסכם בכתב תיאומים בין כלל הגורמים.
- (ב) מומלץ **לרדת לפרטים** עד רמת אופן סימון חלקות בשטח וכדומה. חתימת הקבלנים על כתב הכמויות והמפרטים לביצוע אינה מספקת בהיבט זה.
- (ג) **נקודות קריטיות לדוגמה:** עמידה של קבלן הזריעה בהתזה בתקנים הנדרשים; שלביות הביצוע של שיקום הצומח ווידוא כי הקבלנים מבינים מה צריך לקרות בכל שלב, לרבות הגדרת זמנים אחרונים לביצוע ותגובות לתרחישים אפשריים; אופן הבקרה של קבלן הגינון על ההשקיה בשטח ומתן מענה לתקלות; הגדרת הפעולות המחייבות כחלק מהכנת השטח ותיאום הפעולות שיבוצעו בהתאם לתרחישים שונים.
6. **לצורך הכנת שטח יסודית לביצוע שיקום צומח נדרש כחודש** מתום השלמת עבודות העפר ועד תחילת ביצוע שיקום הצומח.
7. **חלון זריעות רצוי בין ספטמבר לנובמבר.** בלית ברירה ניתן לזרוע גם בדצמבר. ראוי להזכיר כי **השנה הראשונה מתום העבודות בנחל קריטית לנקיטת פעולות לייצוב הגדות בצומח והצלחת הפרויקט.**
8. **חלון שתילות רצוי עבור שתילונים בין מרץ לספטמבר.**

גאנט ביצוע מומלץ במקרה של תקציב לתכנון-ביצוע (~שנתיים)

ינואר	פברואר	מרץ	אפריל	מאי	יוני	יולי	אוגוסט	ספטמבר	אוקטובר	נובמבר	דצמבר
התנעה וסנכרון	אפיון מצב קיים + תכנון ראשוני	תכנון מפורט	איסוף חומר ריבוי	התקשרות עם משתלה	השלמת איסוף חומר ריבוי*	מכרז קבלנים					
		התקשרות עם קבלן איסוף	התקשרות עם רט"ג*								
ינואר	פברואר	מרץ	אפריל	מאי	יוני	יולי	אוגוסט	ספטמבר	אוקטובר	נובמבר	דצמבר
		ניטור מצב 0					טיפול בבנק הזרעים המקומי	פיזור דשן והצנעתו + השלמת סימונים		ניטור – תמונת מצב בתחילת החורף	ביקורת קליטה
		עבודות עפר + הקמת תשתית השקיה קבועה (טמונה)	הקמת מע' השקיה זמנית	השקיית קליטה + קיפול המערכת הזמנית לפני זרימה משמעותית בנחל	שתילות ו/או זריעות	השלמת איסוף חומר ריבוי*	הפקת שתילונים*				
ינואר	פברואר	מרץ	אפריל	מאי	יוני	יולי	אוגוסט	ספטמבר	אוקטובר	נובמבר	דצמבר
ביקורת קליטה	ביקורת קליטה	סבב תחזוקה	ניטור - בדק	סבב תחזוקה		ניטור – בדק (השלמה)	סבב תחזוקה	סבב תחזוקה			
	התקשרות חוזרת עם משתלה	נטיעות שיחים ועצים	השלמת שתילות*								
		פריסת מע' השקיה*	השקיית קליטה + קיפול מע' זמנית לפני זרימה משמעותית בנחל*								

- * **התקשרות עם רט"ג:** אחריות קבלן האיסוף לתאם מול רט"ג איסוף מינים מוגנים או בשמורות ושטחים מוגנים. עם זאת, במקרה של שילוב מינים אדומים בפרויקט התיאום באחריות המתכנן.
- * **השלמת איסוף חומר ריבוי:** מועדים לאיסוף מינים שמפזרים זרעים מאוחר יותר (תלוי במינים הנדרשים לפי התכנון, בעיקר מיני בתי גידול לחים), או להשלמות נדרשות לפני ביצוע.
- * **הפקת שתילונים:** נדרשת רק במידה ומתוכננות שתילות.
- * **השלמת שתילות:** אם לא הספיקו לשתול או העדיפו לדחות משיקולים שונים.
- * **פריסת מערכת השקיה:** פריסה חוזרת של מערכת השקיה זמנית, במקרה שיש צורך בהשלמת שתילות לאחר החורף הראשון.

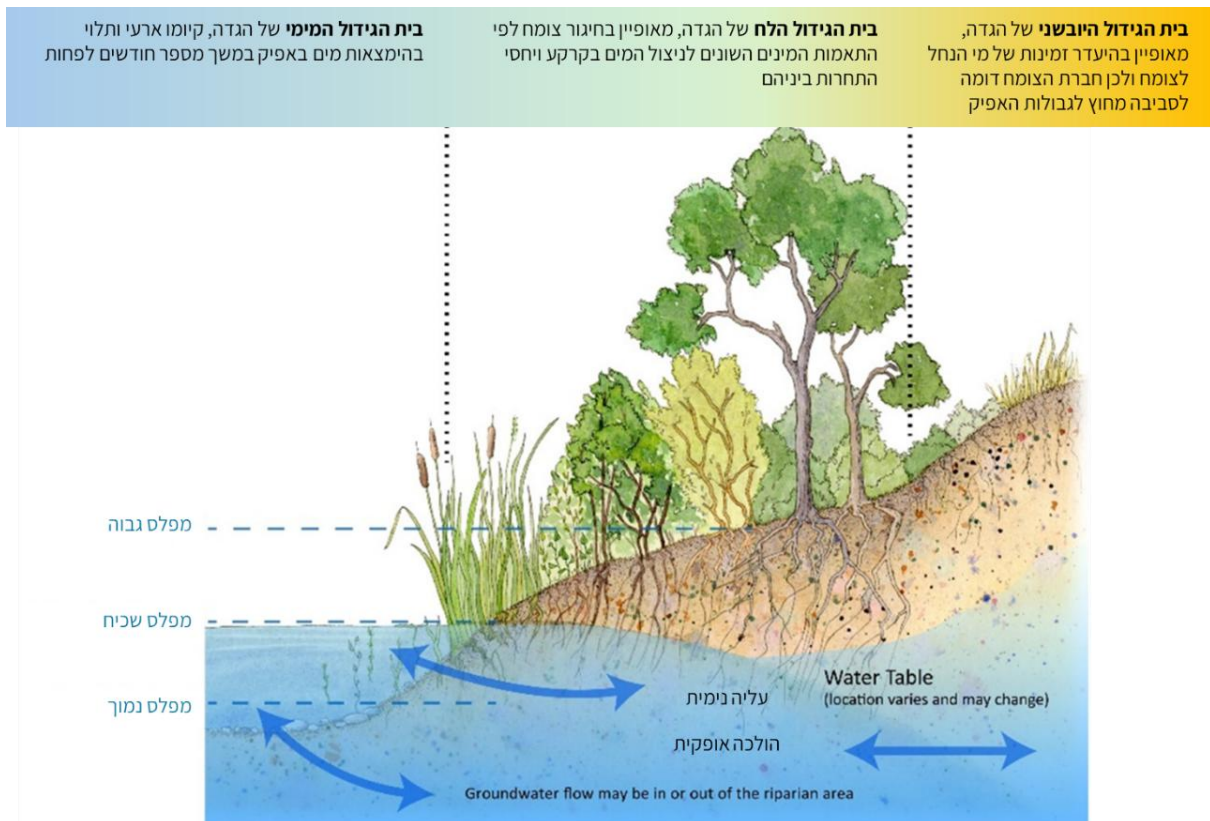
גאנט ביצוע מומלץ במקרה של תקצוב הביצוע בנפרד מהתכנון (~שנה)

ינואר	פברואר	מרץ	אפריל	מאי	יוני	יולי	אוגוסט	ספטמבר	אוקטובר	נובמבר	דצמבר
התנעה וסנכרון	מכרז קבלנים	ניטור מצב 0					טיפול בבנק הזרעים המקומי	פיזור דשן והצנעתו + השלמת סימונים		ניטור – תמונת מצב בתחילת החורף	ביקורת קליטה
		התקשרות עם קבלן איסוף ומשתלה	איסוף חומר ריבוי				השלמת איסוף חומר ריבוי*	זריעות			
		התקשרות עם רט"ג*	עבודות עפר + הקמת תשתית השקיה קבועה (טמונה); באזורי שתילה עד גובה 0.3+	הקמת מע' השקיה זמנית	השקיית קליטה + קיפול המערכת הזמנית לפני זרימה משמעותית בנחל						
ינואר	פברואר	מרץ	אפריל	מאי	יוני	יולי	אוגוסט	ספטמבר	אוקטובר	נובמבר	דצמבר
ביקורת קליטה	ביקורת קליטה	סבב תחזוקה	ניטור – בדק	סבב תחזוקה		סבב תחזוקה		סבב תחזוקה		ניטור – תמונת מצב בתחילת החורף	
		השלמת עבודות עפר באזורי השתילה	פריסת חוזרת של מע' השקיה	השקיית קליטה + קיפול מע' זמנית לפני זרימה משמעותית בנחל							
	הפקת שתילונים ונטיעות שיחים ועצים	שתילות	ניטור – בדק (השלמה)								

* **התקשרות עם רט"ג:** אחריות קבלן האיסוף לתאם מול רט"ג איסוף מינים מוגנים או בשמורות ושטחים מוגנים. עם זאת, במקרה של שילוב מינים אדומים בפרויקט התיאום באחריות המתכנן.
 * **השלמת איסוף חומר ריבוי:** מועדים לאיסוף מינים שמפזרים זרעים מאוחר יותר (תלוי במינים הנדרשים לפי התכנון, בעיקר מיני בתי גידול לחים).

הגדרת בתי הגידול לתכנון ייצוב הגדה בצומח

לחות בקרקע היא הגורם העיקרי המבדיל בין בתי הגידול ברצועת הנחל ומפריד בין הנישוח האקולוגיות באפיק הנחל לנישוח בסביבת האפיק. הלחות בקרקע הנגזרת ממאפייני נוכחות המים בנחל וממאפיינים נוספים של התשתית באפיק הנחל. לחות הקרקע משתנה לאורך השנה בהתאם למשטר הזרימה באפיק, לפיזור ועוצמת הגשם לאורך העונה ולרמת הלכידות של שכבות הקרקע בחתך הגדות.



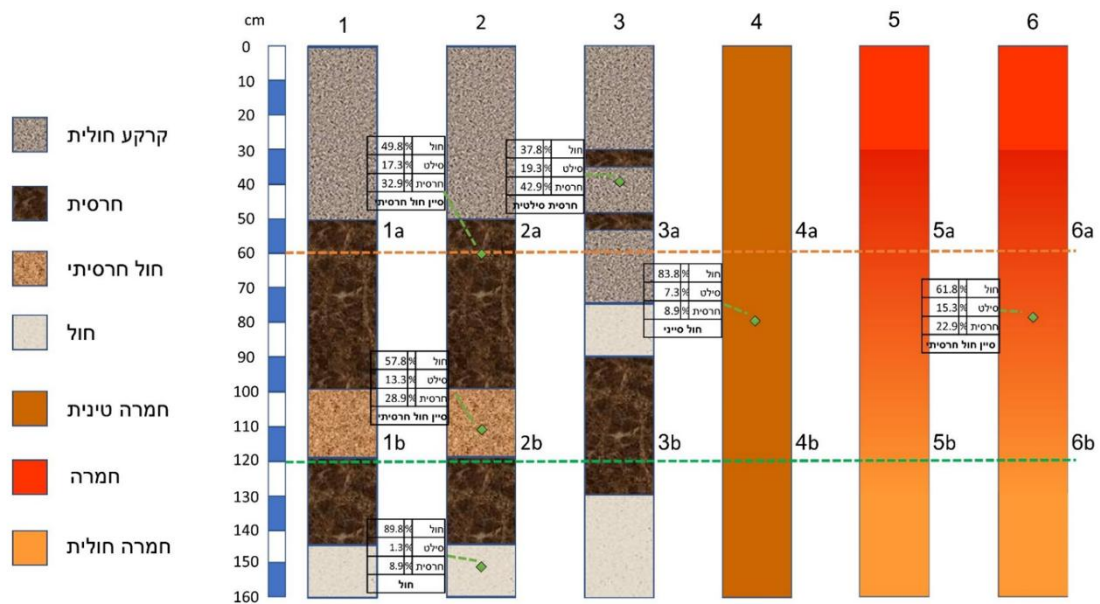
איור 8 – חלוקת גדת נחל לבתי גידול (עריכה מתוך ERWP, Elbow River Watershed Partnership, 2024)

1. לצורך תכנון ייצוב הגדות ושיקום חברות הצומח בנחל **ניתן לחלק את הגדה לשני בתי גידול אופייניים עיקריים בהתבסס על משרעת הלחות בקרקע:** (א) **בית גידול לח** ו-(ב) **בית גידול יובשני**, אשר לרוב דומה בהרכב המינים לסביבה הטבעית מחוץ לאפיק הנחל. ראוי לציין גם את **בית הגידול המימי** בו מתפתחת חגורה של צומח המזדקר מן המים, אך מיני צומח המאפיינים את בית גידול זה דורשים קיום של הצפה קבועה ולכן לרוב, מבחינה יישומית, לא ניתן לשקם מינים אלו בחלק ניכר מנחלי ישראל.
2. אחת ממטרות התכנון של הצומח בגדה הינה **לשפר את הקליטה וההתבססות של המינים השונים באמצעות התאמה מדויקת למאפייני בית הגידול** בו הם נזרעים או נשתלים ולהרכב המינים השכנים להם. לכן, תכנון צומח **איכותי מצריך הבנה מעמיקה של מאפייני המינים השונים, משרעת הלחות הצפויה בקרקע** בהתאם למאפייני הזרימה, **התשתית והטופוגרפיה** והתאמה של המינים לבית הגידול תוך התחשבות בהשפעתם על המינים השכנים להם.

3. לצורך התכנון **מומלץ לבצע סקר קרקע מקדים** בכדי לאפיין את עמודת הקרקע בגדות ובהתאמה את מאפייני הלחות בקרקע לאורך השנה בעומקים שונים ובמרחקים שונים מהנחל. אפיון תשתית בית הגידול על בסיס מפות קרקעות וגיאולוגיה אינו מספק לצורך התכנון, כיוון שאינו מלמד על **אופקים שונים בעמודת הקרקע**, הן בהיבט הבנת מאפייני הלחות בגדה (הרלב ומורן, 2024) והן בהיבט **הזדמנויות לפיתוח בתי גידול שונים** ותמיכה במבנים פיזיים באפיק.



צילום 14 – מחשוף קרקע בחפירה לצורך הטמנת חיישני לחות בגדת נחל שורק, מקטע יער ביל"ו (צילום: נועם הרלב, אפריל 2022).



איור 9 – אפיון שדה של חתכי קרקע אנכיים, בבורות בהם הוצבו תחנות ניטור. מיקומי האתרים ע"ג החתך מהם נלקחו דוגמאות הקרקע, מסומנים בנקודה ירוקה ובסמך לה תוצאות אנליזת המרקם עבור כל אחת מהדוגמאות. שמות הזיהוי של מדי הלחות הם 1-6a עבור מדי הלחות הרדודים, ו-1-6b עבור מדי הלחות העמוקים (מתוך: הרלב ומורן, 2024).

4. תכנון זה כולל לרוב **חלוקה של בית הגידול הלח לתת-בתי גידול - "חגורות לחות"**, שמטרתן לבטא באופן מדויק ככל הניתן את השינויים העיקריים במשרעת הלחות בקרקע בבית הגידול הלח ואת השפעתם על הרכב חברת הצומח בגדה (איור 8). אחת ממטרות פרויקט הניטור הנוכחי הייתה לבחון את **מידת ההתאמה בין תכנון הצומח לפי חגורות הלחות לבין חגורות הצומח שהתקבלו בפועל** באפיק בפרויקטים השונים.
5. חשוב להדגיש את **ההבדל בין חגורות הלחות עליהן מתבסס התכנון, לבין חגורות הצומח עליהן מתבסס הניטור** (איור 9). יתכן כי חגורת לחות שהוגדרה בשלב התכנון תכלול למעשה מספר חגורות צומח, והפוך.



איור 10 – המחשת ההבדלים בין הגדרת בתי הגידול לתכנון הצומח וההנחות בנוגע למצב הלחות בקרקע, לבין המצב בשטח בפועל הן בהיבט הלחות בקרקע והן בהיבט חיוגר הצומח

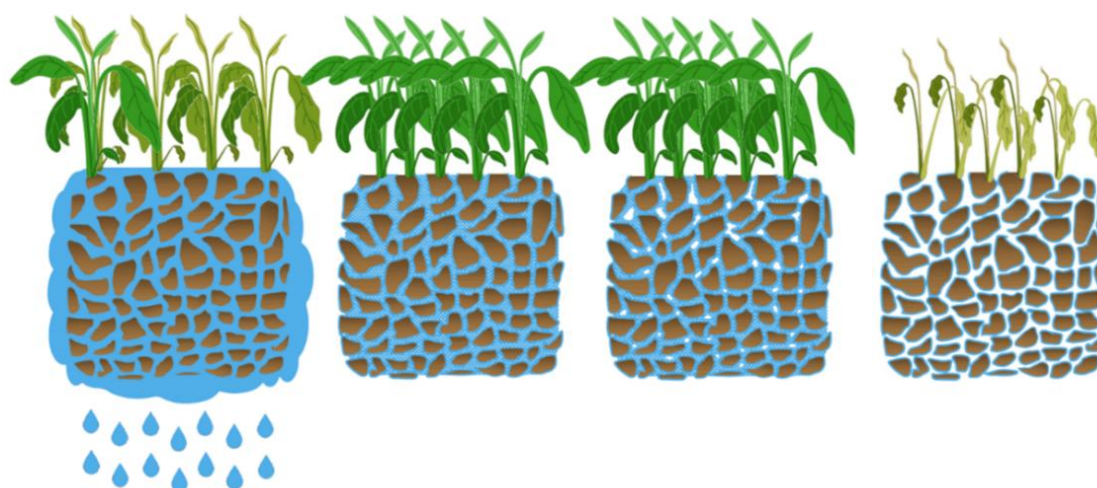
6. מהממצאים בנחלים המנוטרים, עולה כי **חיוגר הצומח המאפיין את בית הגידול הלח, מחולק לרוב לשתי חגורות עיקריות, ולעיתים גם נוספת חגורת צומח שלישית: (א) חגורה לחה, (ב) חגורה לחה-למחצה, (ג) חגורת מעבר**. בכל חגורה עשוי להתפתח טיפוס צומח שונה כתלות במאפייני בית הגידול (איור 10).
- לדוגמה: בחגורת הצומח הקרובה ביותר לציר הזרימה עשויה להתקבל שיחיית פטל קדוש, בעוד בחגורת צומח מקבילה בנחל אחר (או בקטע אחר הנחל) עשויה להתקבל עשביית כרפס הביצות, חומעת החוף וארכובית משונשנת.
7. בהתאם לממצאים, **מומלץ לתכנן את הצומח בבית הגידול הלח בחלוקה ל-2-3 חגורות לחות**, בנחלים בעלי מאפיינים דומים לנחלים שורק, גמליאל ושפירים (טבלה 1):

- א. **חגורה לחה** בה מניחים כי הקרקע נמצאת במצב של **קיבולת שדה או רוויה** במרבית השנה (איור 11). לרוב, חגורה זו תאפיין את האזור באפיק בו מתקיים מגע של הקרקע עם המים בתדירות הגבוהה ביותר לאורך השנה. כמו כן, **יתכן וחגורה זה לא תתקיים** בהינתן מאפייני זרימה שאינם מספקים ביחס לתשתית הקרקע (תדירות, מהירות, משך). המאפיינים הבולטים של חגורה זו הוא המשך יצרנות גבוה לאורך הקיץ (**מופע ירוק של הצומח**) ונוכחות גבוהה של מיני צומח בעלי **התאמות להימצאות בסביבה רוויה** (צורך בזמינות מים גבוהה, עמידות לרקבון, זמינות חמצן נמוכה, פריחה בקיץ וכו').
- ב. **חגורה לחה-למחצה** בה מניחים כי הקרקע נעה בין **מצב רוויה למצב ביניים** לאורך השנה (איור 11). בחגורה זו יתכן המשך יצרנות גבוה לאורך הקיץ כתלות במאפייני בית הגידול והרכב חברת הצומח. המינים המאפיינים חגורה זו בעלי **התאמות לקיום בסביבה לחה עם סבילות לתנאי יובש לפרקים** (צורך בזמינות מים גבוהה בתקופות נבחרות, הסרת הנוף בעונה הקשה, שורשים עמוקים או משתרעים וכו').
- ג. **חגורת מעבר** (בין בית הגידול הלח ליובשני) **המאפיינת את הקצה העליון של בית הגידול הלח בגדה**. הלחות יורדת באופן הדרגתי מבסיס האפיק ועד לראש הגדה ולכן תיתכן הופעה של חגורה שלישית המאופיינת **במינים ייחודיים ו/או בהרכב מינים מעורב** הכולל מינים של בית הגידול הלח לצד מינים של בית הגידול היובשני.



איור 11 – דוגמה לחגורות הצומח שנמצאו בחלקת ניטור בנחל שורק (צילום: שגב טמיר, מאי 2022)

8. **בנחלים בהם אין זרימה משמעותית לאורך השנה** ישנה סבירות גבוהה כי **בבסיס האפיק** תתפתח חברת צומח אופיינית לחגורה הלחה או הלחה-למחצה, כתלות במאפייני הזרימה ותשתית האפיק (דוגמת מקטע הניטור בנחל תבור). בעוד **שבגדות הנחל** תתפתח חברת צומח אופיינית לבית הגידול היובשני בלבד.



רוויה	קיבולת השדה	מצב ביניים	נקודת כמישה
נקבוביות הקרקע מלאות במים ללא יכולת לקלוט מים נוספים. איבוד מים בחלחול והיווצרות נגר עילי	טרומ-רוויה. נקבוביות הקרקע כמעט מלאות לגמרי במים, המוחזקים ללא תנועה עקב כוחות משיכה בין מולקולות המים לחלקיקי הקרקע ובין מולקולות המים לעצמן	נקבוביות הקרקע מלאה בשילוב של מים ואוויר. כוחות כמו אידי ויניקה של צמחים גורמים לצמצום המים בקרקע ולהיווצרות חללי אוויר בנקבוביות הקרקע	חלקיקי המים שנותרו בקרקע אינם זמינים לצמח עקב קיום כוחות משיכה חזקים בין מולקולות המים לחלקיקי הקרקע ובין מולקולות המים לעצמן

איור 12 – המחשת המצבים השונים של הלחות בקרקע (עריכת איור מתוך: Coolong & Diaz-Perez, 2022)

9. גורמים משפיעים על חגורות הצומח, באמצעותם ניתן להגדיר את חגורות הצומח הצפויות לפי המרחק

מציר הנחל והגובה מבסיס האפיק:

- (א) מאפייני הזרימה- תדירות, מהירות, משך
- (ב) גובה ה"קו הירוק" (צילום 25)- הגבול התחתון של חגורת הצומח הראשונה מקו המים בנחל, הנשלטת לרוב ע"י מינים עשבוניים בני-קיימא, לעיתים גם מעוצים. מייצג את הגבול העליון של האזור המופרע בתדירות גבוהה עקב זרימת המים (הגדרה מלאה בנספח מילון מונחים).

(ג) מאפייני הקרקע והסלע - כושר הולכה אופקית ועלייה נימית הקו

(ד) הטופוגרפיה - שיפוע הגדה.

10. בהתאם לממצאי הניטור בנחלים שורק, שפירים וגמליאל, מומלץ לתכנן את חגורות הלחות בבית הגידול

הלח במקטעי נחלים בעלי מאפיינים דומים עפ"י מנעד הגבהים ורוחב החגורות בטבלה*:

טבלה 6 – מנעד גבהים ורוחב מומלצים לתכנון חגורות הצומח בבית הגידול הלח, בגדות נחלים בעלי מאפיינים דומים למקטעים שנוטרו

חגורות בבית הגידול הלח	מנעד גבהים מומלץ לתכנון ביחס לבסיס האפיק (מ')	רוחב מומלץ לתכנון (מ') הנתונים אינם מצטברים, כל חגורה בפני עצמה
חגורה לחה	0.0-0.7	1-4
חגורה לחה-למחצה	0.7-1.25	3-5
חגורת המעבר	1.25-1.75	5-7

* אין לראות בהמלצות כללי אצבע לשיקום צומח בכלל הנחלים (ואף במקטעים שונים בנחלים שנוטרו). יש להגדיר את בתי הגידול ולנתח את חגורות הצומח הצפויות בכל קטע נחל עפ"י מאפייני הגורמים המשפיעים המוזכרים לעיל.

התאמת שיטת ייצוב הגדה באמצעות צומח למאפייני בתי הגידול השונים בגדה

שיטות עיקריות לייצוב גדות נחלים באמצעות צומח

התפתחות צומח ספונטנית – האפשרות הזולה ביותר ביחס לשלב הביצוע התבססות על בנק הזרעים המקומי ליצירת כיסוי צמחי. מאפשרת רמות התערבות משתנות (כתלות במאפייני הפרויקט): (1) התפתחות ספונטנית ללא התערבות כלל; (2) ביצוע השקיה ולעיתים גם דישון במהלך הסתיו לעידוד הצימוח ויצירת כיסוי משמעותי לפני הגשמים.



צילום 15 – התפתחות צומח ספונטנית בנחל תנינים, שלטון מיני באשה ומינים פולשים (צילום: שגב טמיר, 2022).



צילום 16 – שתילות בבית הגידול הלח (כיסוי צומח גבוה) והתפתחות צומח ספונטנית בבית הגידול היובשני (כיסוי צומח נמוך וסחיפת קרקע) בנחל גמליאל (צילומים: שגב טמיר, 2022).

זריעת מינים חקלאיים – עלות הזרעים הנמוכה וקצב הצימוח הגבוה מאפשרים זריעה במשקל זרעים גבוה לדונם ומגדילים את הסיכויים לקבלת כיסוי צומח גבוה באופן מהיר להתמודדות עם הזרימות בנחל במהלך החורף הראשון מהשלמת עבודות העפר. עלות השיטה דומה להתפתחות ספונטנית שמלווה בהשקיה.

זריעת מיני בר – עלות גבוהה מזריעת מינים חקלאיים בשלב הביצוע היות ומדובר בפעולה מורכבת יותר הכוללת שני מרכיבים חשובים: (1) **תכנון** של הרכב חברת הצומח לזריעה בהתאם לאתר/רשימת ייחוס ולמידע בנוגע להתאמת המינים השונים לזריעה; (2) **איסוף חומר הריבוי** של המינים הנבחרים והכנה של תערובות הזריעה בהתאם לתכנון.



צילום 17 - זריעה בהתזה בנחל שורק (צילום: אלה דגון, דצמבר 2021).



צילום 18 - זריעה ידנית בנחל שורק (צילום: אלה דגון, דצמבר 2021).

שתילת מיני בר – האפשרות היקרה ביותר ביחס לשלב הביצוע היות ונוסף על הפעולות הנדרשות לזריעת מיני בר, נדרשת גם **הפקת שתילונים** במשתלה המתמחה בתחום ובעלת ניסיון בהנבטה וטיפול מיני הבר הנבחרים עבור הפרויקט. ההנחה היא כי בשיטה זו ניתן לבסס כיסוי צומח גבוה של מינים מקומיים באופן המהיר ביותר לצורך ייצוב הגדה וכן יש ניצול מקסימלי של חומר הריבוי (אין בעיות של סחיפה ואכילה של זרעים או אי-נביטה מסיבות שונות).



צילום 19 - שתילות בנחל שורק (צילום: אלה דגון, נובמבר 2021)

עבור כלל השיטות מומלץ לבצע ממשק למניעת השתלטות מינים פולשים ומיני באשה, המסייע בעידוד מגוון המינים וביצירת מערכת אקולוגית בריאה ומתפקדת, בפרט כאשר מושקעים משאבים לשיקום בית הגידול באמצעות מיני בר.

תובנות ושיטה מומלצת בבית הגידול היובשני

תמצית במשפט: התפתחות צומח ספונטנית, זריעת מיני בר או שילוב בין החלופות.

1. **מומלץ לאפשר התפתחות צומח עצמונית בבית הגידול בהינתן ביצוע ניהול סיכונים הכולל:**
 - (א) **הבנת פוטנציאל לפגיעה בגדה ולסחיפת קרקע** ע"י חישוב תדירות ההצפה הצפויה של בית הגידול.
 - (ב) **הערכת נזק אפשרי לתשתיות ושימושי קרקע** עקב פגיעה ביציבות הגדה בתרחישים שונים.
 - (ג) **הערכת הפרעות פוטנציאליות להתפתחות ספונטנית של צומח מקומי אופייני** לנחל.
 - (ד) **כימות המשאבים הקיימים לתחזוקה איכותית** למניעת התבססות של מינים שאינם רצויים.
2. **בהינתן ומניהול הסיכונים עולה כי יש לבצע שיקום צומח לטובת ייצוב הגדה, מומלץ לבצע זריעות של מיני צומח בר או מינים חקלאיים** עקב סיכויי ההצלחה הגבוהים והעלות הנמוכה ביחס לשתילת מיני בר.
- 2.1. **מינים חקלאיים עשויים להיות יעילים ממיני בר לטובת ייצוב הגדה השנה הראשונה**, כאשר השלמת הביצוע סמוכה לאירועי הגשם של תחילת החורף ולתחילת הזרימות המשמעותיות בנחל.

2.2. מנגד, מינים חקלאיים עשויים לדכא התפתחות של מיני צומח מקומי בשנים הראשונות. כמו כן, המינים

החקלאיים אינם דוחקים את מיני החלוץ שאינם רצויים, בהם מינים פולשים ומיני באשה, ובכך **עלולים לפגוע**

בהתפתחות תהליך חילוף חברות הצומח בגדה בראייה ארוכת טווח.

2.3. לכן, בהינתן מסגרת תקציבית מאפשרת וזמן מספק להתבססות מיני הבר הנזרעים, מומלץ לבצע

זריעת מיני בר בבית הגידול.

2.4. במקרה של אילוץ היוצר תיעדוף לזריעת מינים חקלאיים לטובת ייצוב גדה מהיר (קרבה לאירועי גשם, העדר

יכולת אספקה של מיני בר במועד הנדרש), מומלץ לבצע זריעות העשרה של מיני בר בשנה העוקבת

להשלמת הביצוע בכדי לצמצם את הפגיעה בהתפתחות חברת הצומח האופיינית לגדת הנחל.

3. בכדי לנסות לצמצם בעלויות ההקמה של ייצוב הגדה בצומח, מוצע לבצע זריעת מיני בר במקטעים לאורך גדת

הנחל (כאזורי הפצה עתידיים) תוך השארת מרווחים של כ-30 מ' להתפתחות צומח עצמונית או לזריעת

מינים חקלאיים ביניהם.

תובנות ושיטה מומלצת בבית הגידול הלח

תמצית במשפט: שתילת מיני בר. השנה הראשונה מתום עבודות התשתית בנחל חיונית ביותר לייצוב הגדות.

1. **מומלץ לבצע שתילות של מיני בר** עקב סיכויי ההצלחה הגבוהים לקליטה והתבססות השתילים, והיעדר חלופה

מוצלחת יותר לייצוב הגדה, למעט שימוש באמצעים קשיחים.

2. בהינתן אילוצים, ניתן לבצע זריעה של מיני בר בבית הגידול הלח (בשאיפה בחגורה הלחה-למחצה בלבד):

2.1. יש לתכנן את רוחב החגורות באופן מדויק ביחס לתנאי הלחות הצפויים בקרקע, להתאים באופן מיטבי את

הרכב המינים למאפייני בית הגידול ולבצע את הזריעות באופן איכותי ביותר בכדי להגיע להצלחה גבוהה.

2.2. **קיימת היכרות עם מספר מצומצם של מינים אופייניים לבתי גידול לחים הנקלטים היטב בזריעה**

(לעומת מינים רבים בשתילה). לכן, זריעת מיני בר בבית הגידול הלח תוך הימנעות ממצב של אחוזי נביטה

נמוכים מצריכה הקטנה של עושר המינים שייזרעו, משמע ירידה במגוון הביולוגי בשלבים הראשונים של

התפתחות חברת הצומח בנחל ביחס לשתילה.

3. **זריעת מינים חקלאיים אינה מומלצת בבית הגידול הלח** עקב אחוזי קליטה והתבססות נמוכים.

4. **התפתחות צומח ספונטנית בעלת סיכון גבוה ואינה מומלצת בבית הגידול הלח** בהיבט ייצוב הגדה (השפעה

חזקה של הזרימה בנחל על סחיפת הקרקע), ולעיתים גם בהיבט האקולוגי, בהינתן פוטנציאל גבוה להתבססות

מינים פולשים (כתלות במאפייני הצומח במעלה ובמידת ההפרעה הצפויה בשטח לאחר תום הביצוע).

4.1. סחיפת הקרקע מהגדה הינה תהליך המאיץ את עצמו, לכן השנה הראשונה מתום העבודות בנחל היא

החיונית ביותר לנקיטת פעולות לייצוב הגדות בצומח. **התפתחות צומח ספונטנית עשויה להביא לייצוב**

הגדה בשלב מסוים, אך במקרים רבים התהליך איטי מכדי לייצבה באופן מספק בשנה הראשונה.

4.2. **תנאים מתאימים להתפתחות ספונטנית:** במידה וקיימת זרימת בסיס ממושכת (גם לאורך הקיץ)

ועבודות העפר הסתיימו בתחילת הקיץ, יש אפשרות להתפתחות ספונטנית בחגורה הלחה של בית הגידול

הלח תוך ביצוע תחזוקה קפדנית לסילוק ודיכוי מינים שאינם רצויים.

פתרונות מוצעים לשיקום צומח בגדות נחלים בשילוב עם ייצוב קשיח

במקרים בהם נדרש שימוש בייצוב קשיח ניתן לשקול שילוב של צומח כחלק מהמבנה ההנדסי הקשיח. **להלן פתרונות שנוסו בהצלחה בנחלים השונים במסגרת פרויקט זה וכן בפרויקטים אחרים:**

1. **השארית כיסי קרקע** בשטח של כ-2 מ"ר בין בולדרים או גביונים וזריעה של מיני צומח.

פרויקט לדוגמה: נחל שפירים, קטע חמד-גנות.



צילום 20 – שילוב צומח בכיסי קרקע בגביונים בנחל שפירים (צילום: שגב טמיר, 2022)

2. **ייצוב קשיח מוגבל** באמצעות גביונים מבסיס האפיק ועד הגובה הנדרש, בהתאם למהירות הזרימה שהוגדרה ולפוטנציאל התחתרויות הצד בקטע הנחל (במידה וקיים פוטנציאל התחתרות צד משמעותי, חשוב ליישם את הייצוב הקשיח עד לראש הגדה). בחלק הגדה שאינו מחייב ייצוב קשיח ניתן לבצע שיקום צומח.

פרויקט לדוגמה: נחל שפירים, קטע חמד-גנות.



צילום 21 – ייצוב קשיח בגביונים עד לגובה נדרש וייצוב בצומח מעל הגביונים, נחל שפירים (צילום: שגב טמיר, 2022).

3. **הידרוטקס** – בד טכני אותו ממלאים בבטון ליצירת משטח בעל מסה משמעותית לטובת ייצוב הגדות. בהידרוטקס מייצרים מראש כיסי קרקע בהם זורעים או שותלים מיני צמחים. שיטה זו יקרה יותר מאשר שימוש בגביונים או בבולדריים.

פרויקט לדוגמה: מורד הירקון.



צילום 22 – שתילת צמחי בר בכיסי קרקע בהידרוטקס, מאגר צחראש (צילום: אורי מורן, 2019)

4. **בניית טרסות** בגדה באמצעים שונים ושיקום הצומח במעלה הטרסות.

פרויקט לדוגמה: שיקום פארק נחל איילון.



איור 13 – מיתון וייצוב המדרון באמצעות טרסות וייצוב הקרקע בצמחי בר (חתך מתוך פרויקט לשיקום פארק נחל איילון)

מסגרת תקציבית לשלב הביצוע בפרויקט שיקום צומח בגדות נחל

הגדרת המניע לייצוב הגדות בצומח והתאמת הפתרון לייצוב הגדה למסגרת התקציב הקיים

פרק המסגרת התקציבית נכתב במטרה לתת סדרי-גודל של עלויות צפויות ליזם ומנהל השטח טרם כניסה לפרויקט של ייצוב גדות הנחל בצומח. עם זאת, טרם בחינת עלות הפתרונות השונים לייצוב הגדה בצומח, ישנה **חשיבות גדולה להגדרת מטרות הניהול לפעולות המוצעות**. יישום פתרונות שונים לייצוב הגדה בצומח עשוי להביא למידה שונה של הצלחה בייצוב הגדה ולהשפעות שונות על נוף הנחל, תפקוד המערכת האקולוגית ועוד.

לכן, **מומלץ לבחור לייצוב את הגדה באמצעות פתרון המתאים למטרות** שהוגדרו, ולאחר מכן **להתאים את אופן הביצוע המדויק לאילוצי התקציב** באמצעים שונים. לדוגמה: חלוקת הפרויקט לשלבים וביצוע במקטעים, ביצוע לפי בתי גידול (שיטות שונות בבתי הגידול השונים), ביצוע לפי חלקות (שיטות שונות בחלקות נבחרות בהתאם למאפייני החלקה ולתקציב).

גורמים משפיעים עיקריים על טווחי העלויות

- **שיטה** - שתילה יקרה מזריעה עקב הפקת השתילים במשתלה; זריעה בהתזה יקרה מזריעה ידנית.
- **מורכבות מערכת ההשקיה** - תלוי מקרה (נקודת הזנה רחוקה וכדומה).
- **משך השקית הקליטה** - ביצוע באביב מחייב השקיה ממושכת עד הגשמים.
- **הרכב המינים לשיקום** - מיני בר יקרים ממינים חקלאיים; מיני בר מסוימים יקרים יותר מאחרים.
- **כמות חומר הריבוי** - צפיפות הצמחים למ"ר / משקל הזרעים למ"ר.
- **תקן איכות בביצוע** - מפרטי ביצוע איכותיים יהיו יקרים ממפרטי ביצוע פשוטים יותר.
- **יעילות בתכנון ובביצוע** - יסודיות ומקצועיות של צוותי התכנון והביצוע מצמצמת אירועים בלתי-צפויים ובלתי מתוקצבים הנדרשים לטיפול.
- **משך ואיכות תחזוקת הצומח** - תחזוקת הצומח עשויה לכלול כיסוח כללי של הצומח אחת לשנה לעומת טיפול אדפטיבי במינים פולשים ולא רצויים בליווי אקולוג על בסיס ניטור המצב בשטח.

עלויות מוערכות במסגרת שלב הביצוע עבור פתרונות עקרוניים לייצוב הגדות בצומח

הטבלה הבאה מציגה עלויות מוערכות עבור שלב הביצוע הראשוני בלבד ומבוססת על ניסיון מצטבר ומטרתה לאפשר אומדן עלויות (נכון לשנת 2022). מסגרת העלויות לדונם כוללות את שלב הביצוע בלבד (איסוף חומר ריבוי עד תחזוקה), ללא תכלול הבדלים בהיבט התכנון. בכדי לתמחר את עלויות השתילות נעשה שימוש בצפיפות של 4 שתילים למ"ר. השונות בעלויות ביחס לכל פתרון מוצע (לא בין פתרונות) נובעת מהבדלים במפרטי הכנת השטח, השתילה או הזריעה והתחזוקה. ראוי לציין כי מאפייני השטח הנתון עשויים להיות בעלי השפעה גדולה על העלויות עקב השפעתם על מורכבות מערכת ההשקיה ועל הפעולות הנדרשות במסגרת הכנת השטח והתחזוקה.

פתרון לייצוב הגדות בצומח			
שיקולים מרכזיים לפי בית גידול	בית הגידול הלח	בית הגידול היובשני	תנאי סף בהיבט ייצוב הגדה
התפתחות צומח ספונטנית הכנת השטח, השקיה, תחזוקה	סבירות גבוהה לפגיעה בתפקוד המערכת האקולוגית ולסחיפת קרקע	סבירות בינונית לפגיעה בתפקוד המערכת האקולוגית ולסחיפת קרקע	הגדרת סיכון נמוך במקרה של סחיפת קרקע
זריעת מינים חקלאיים הזמנת חומר ריבוי, הכנת השטח, זריעה, השקיה, תחזוקה	סיכוי סביר לסחיפת הזרעים/הנבטים טרם התבססות או להשקעת סחף ומניעת נביטה	קליטה גבוהה, סבירות גבוהה לדיכוי התפתחות של מינים מקומיים	השלמת הזריעות לפחות חודש לפני מערכת גשם (נובמבר)
זריעת מיני בר איסוף חומר ריבוי, הכנת השטח, זריעה, השקיה, תחזוקה	סיכוי סביר לסחיפת הזרעים/הנבטים טרם התבססות או להשקעת סחף ומניעת נביטה	קליטה גבוהה, סבירות גבוהה להגדלת המגוון הביולוגי	(א) התאמת הצומח למאפייני בית הגידול (ב) השלמת הזריעות לפחות חודשיים לפני מערכת גשם (אוקטובר)
שתילת מיני בר איסוף חומר ריבוי, הפקת שתילים, הכנת השטח, שתילה, השקיה, תחזוקה	קליטה גבוהה, סבירות גבוהה להגדלת המגוון הביולוגי	קליטה גבוהה, סבירות גבוהה להגדלת המגוון הביולוגי	(א) התאמת הצומח למאפייני בית הגידול (ב) השלמת הזריעות לפחות חודשיים לפני מערכת גשם (אוקטובר)

מקרא

הערכת סיכויי ההצלחה בייצוב הגדה. אדום: סיכוי נמוך; צהוב: סיכוי בינוני; ירוק: סיכוי גבוה; ל: בית הגידול הלח; י: בית הגידול היובשני.

נדרש חקר יסודי של מאפייני הפרויקט והשטח בכדי להעריך את מידת ההצלחה בייצוב הגדות וההשפעה על המערכת האקולוגית בהינתן ביצוע יסודי ואיכותי צפוי השפעה חיובית על תפקוד המערכת האקולוגית

הכנת השטח לשיקום הצומח בגדות

דגשים לביצוע

4. **מומלץ לכלול טיפול מקדים במינים פולשים** הכולל:

- (א) **סקר מינים פולשים** והערכת העבודה הנדרשת.
 - (ב) **פעולות הדברה, כריתה, עקירה וכיסוח** בהתאם לפרוטוקולים מקובלים.
 - (ג) **קילוף שכבת הקרקע העליונה** לאחר חישוף הקרקע מצומח, לעומק של כ-40 ס"מ, לסילוק בנק הזרעים המקומי (תלוי מקרה).
 - (ד) **השקיית הנבטה** בתום עבודות העפר **וטיפול חוזר במינים הפולשים הנובטים** בהתאם לפרוטוקולים מקובלים.
- מסקנה זו מבוססת על השוואת מקטעי נחל ואתרי שיקום צומח שונים בהן בוצע טיפול מקדים במינים פולשים באיכות שונה (ולא על בסיס תובנות מהשוואה בין חלקות ניטור במקטע נבחר).

5. **מומלץ לבצע את פעולות חישוף בשטח טרם תקופת הפצת הזרעים של מינים שאינם רצויים ומצויים** בשטח (מינים פולשים ומיני באשה).
6. מומלץ לבצע **תיחוח של הקרקע באמצעות כלי קל** ולא שופל, הגורם להידוק הקרקע בתנועתו בגדה.
7. לפני זריעה בהתזה, **מומלץ לחלק ולסמן את שטחי הזריעה בהתאם לכושר הכיסוי של מכלית זריעה** (עפ"י המלצת הקבלן).
8. במידה ומתוכנן ניטור ישנה **חשיבות לסימון חלקות הניטור באופן בולט ועמיד שישאר בשטח עד לסימון הניטור**. מומלץ להשתמש בבזנ"טים ארוכים שייכנסו לעומק של 1 מ' לפחות לאדמה ויבלטו לגובה 1-1.5 מ'.
9. לצורך תיעוד נוח של ביצוע הזריעות והשתילות, **מומלץ כי תת-החלוקה של השטחים לביצוע תהיה תואמת לסימון החתכים המבוצע ע"י המודד** (ליצירת שפה משותפת פשוטה).



צילום 23 – סימון אזורי שתילה וזריעה בחלקות ניטור בנחל שורק (צילום: אלה דגון, 2021)

10. **בשיפוע גדות 1:3 ומעלה, מומלץ לפזר ביו-קומפוסט ולהצניעו בקרקע באמצעות קלטור**. ביחס מומלץ של 5 ל' למ"ר. יש לבצע את פיזור הקומפוסט לפחות 10 ימים לפני ביצוע שיקום הצומח ועד חודש לפני.
11. **מומלץ להשקיע בהקמת ראש מערכת השקיה עם הפעלה נשלטת מרחוק** לטובת מתן מענה מהיר ככל הניתן לתקלות במערכת העלולות לפגוע בהצלחת הפרויקט כולו (יצירת התחרויות צד, סחיפת זרעים וכו').
12. **מומלץ להקצות להכנת השטח זמן מינימלי של כחודש** (תלוי במאפייני הפרויקט) במסגרת הגאנט (לא כולל עבודות העפר עצמן). זאת על מנת להבטיח ביצוע מלא ואיכותי.

זריעות

דגשים לתכנון

7. **חלון הזריעה המומלץ הוא בחודשים ספטמבר-אוקטובר.** עם זאת, בלית ברירה ניתן לזרוע גם בנובמבר ודצמבר עם סיכויי הצלחה מסוימים (בהעדר חלופה טובה יותר לייצוב הגדה ובהיבט הכלכלי).
דוגמאות מפריקט הניטור: זריעות מוצלחות בדצמבר - נחל שורק; זריעות לא-מוצלחות בדצמבר - נחל תבור.
 8. ככלל אצבע, **משקל זרעים מקסימלי מומלץ בתערובת זריעה הינו כ-2-3 ק"ג לדונם עבור מיני בר, ו-5-7 ק"ג לדונם עבור מינים חקלאיים.** זוהי הערכה גסה בהתבסס על ההנחה כי בתערובת קיימים זרעים שונים בנתוני יחס משקל-נפח. הערכה זו מבוססת על תיעוד יסודי של ביצוע הזריעות וממצאי הניטור בנחל שפירים ומהווה הערכה מקסימלית שתדוויק בהמשך. אנו בתהליך איסוף וארגון המידע על כמות הזרעים הנדרשת לכל מין.
לאור כלל אצבע זה **מוצע תהליך התכנון הבא:**
 - 8.1. **תכנון ראשוני:** מומלץ לתכנן את הרכב חברת הצומח בכל בית גידול בהתחשב בפרופורציית הכיסוי הרצויה של כל מין בלבד (ללא חלוקה ל"מיקסים" וללא התייחסות למשקל הזרעים מכל מין).
 - 8.2. **רשימת מינים לקבלן איסוף הזרעים:** יש לכלול את המשקל הכולל של תערובת הזרעים המבוקשת בהתאם לשטחי הזריעה המחושבים וליחס משקל הזרעים לדונם. לכמות הנדרשת יש משמעות של זמן איסוף ועלות לאוסף ולמזמין העבודה.
 - 8.3. **בהתאם למשוב מקבלן האיסוף:** שיח משותף עם קבלן האיסוף בנוגע לדיוק המשקלים מכל מין בהתאם למאפייני המינים השונים ולזמינות האיסוף שלהם.
 - 8.4. **מומלץ לתכנן את המשקלים מכל מין ל"מיקסים" לזריעה רק לאחר השלמת איסוף הזרעים.**
- ### דגשים לביצוע
9. **בביצוע זריעה בהתזה יש להקפיד על שימוש בשבבי עץ ולא בקש גרוס, ועל שימוש בפולימר מגוון** שיאפשר בקרה איכותית על מידת הכיסוי של תערובת הזריעה בשטח. שבבי העץ יעילים יותר להבטחת פיזור אחיד והדבקה של הזרעים לקרקע.
 10. בזריעה בהתזה, **מומלץ לחלק ולסמן את שטחי הזריעה בשטח בהתאם לכוסר הכיסוי של מכלית זריעה** (עפ"י המלצת הקבלן), **ולתכנן את משקל הזרעים בתערובת זריעה בהתאם ליחידת שטח זו** (וליסוס הרצוי של משקל זרעים לשטח).
 11. **לרוב תידרש מעורבות של אקולוג מטעם צוות התכנון בהכנת תערובות הזרעים** לפי המשקל הכולל הרצוי לצורך הזריעות. היות ובמקרים רבים **זהו גם המפקח מטעם צוות התכנון על ביצוע הזריעות, מומלץ לבצע את ההכנה טרם יום הזריעות** בכדי להימנע מעיכובים מיותרים ולאפשר פיקוח איכותי על ביצוע הזריעה.
 12. הזריעה מהווה הפעולה המסכמת של ההתערבות בשטח עד לקבלת נביטה משמעותית בשטח. **מומלץ לסמן את השטח כזרוע ולמנוע כניסת עוברים ושבים אל השטח.**
 13. ראוי לציין כי לפי הממצאים **אין מתאם בין מספר המינים הנזרעים לכיסוי הצומח המתקבל.**



צילום 24 – זריעה בהתזה, שימוש בשבבי עץ ופולימר מגוון (צילום: אורי מורן, 2021).



צילום 25 – זריעה בהתזה בנחל שפירים, שימוש בקש ופולימר ללא גוון בולט (צילום: שגב טמיר, נובמבר 2022).

14. יש לכלול במפרט הביצוע או בכתב הכמויות סעיף להוצאת מערכת ההשקיה מהשטח בתום תקופת

הקליטה. לאחר התבססות הצמחייה קשה ומורכב להוציא את צינורות ההשקיה, לכן יש לוודא ביצוע של הוצאה

של הצינורות עם תום תקופת הקליטה. עם זאת, פעולה זו עשויה להיות מורכבת בשל התפתחות הצומח, ולסוגיית

פסולת הפלסטיק בשטח טרם נמצא פתרון הולם.

רשימות מינים מומלצים לזריעה

מאפייני הנחלים השונים מופיעים בטבלה 1.

מינים מומלצים לזריעה – מאפיינים דומים לנחל שורק קטע יער ביל"ו

בית הגידול הלח – חגורה לחה	בית הגידול הלח – חגורה לחה	בית הגידול היובשני
ארכובית הכתמים	בקיה שעירה	בוצין מפורץ
דבשה לבנה	חומעה יפה	בקיה שעירה
חומעת החוף	חומעת החוף	זקנן שעיר
	לחך אזמלני	נשרן הדוחן
	מליסה רפואית	פרג נחות
	נענע משובלת	ציפורנית ארץ-ישראלית
	שנית קטנת-עלים	שברק דביק
	מינים חקלאיים:	שומר פשוט
	בקיה תרבותית	תלתן דו-גוני
		תלתן הארגמן
		מינים חקלאיים:
		אספסת תרבותית
		בקיה תרבותית
		שיבולת-שועל תרבותית
		תלתן אלכסנדרוני

מינים מומלצים לזריעה – מאפיינים דומים לנחל שפירים קטע חמד-גנות

בית הגידול הלח – חגורה לחה	בית הגידול היובשני
גומא שופע	קחוונית מצויה
ורבנה רפואית	שברק דביק
חומעה יפה	שברק מלבין
חומעה מסולסלת	שומר פשוט
נענע משובלת	שלמון יפואי
סמר מרצעני	תלתן הארגמן
תלתן הביצות	

מינים מומלצים לזריעה – מאפיינים דומים לנחל תבור קטע איכסל-כביש 65

בית הגידול הלח – חגורה לחה-למחצה	בית הגידול היובשני
חומעה יפה	בקיה שעירה
חומעה מסולסלת	עולש מצוי
לחך אזמלני	שברק דביק
שברק משובל	שומר פשוט
מינים חקלאיים:	שיבולת-שועל נפוצה
חיטה תרבותית	שלמון יפואי
שעורה תרבותית	שעורת התבור
תלתן אלכסנדרוני	תלתן הארגמן

שתילות

דגשים לתכנון וביצוע

3. **הזמן המומלץ ביותר לשתילות הינו חודש אפריל** בכדי לאפשר תנאי קליטה אופטימליים לשתילונים וזמן ממושך ככל הניתן להתבססות לפני הגשמים. עם זאת, **חלון השתילה המומלץ הוא בין מרץ לספטמבר**. לאחר מכן סיכויי ההצלחה פוחתים.
4. **צפיפות השתילונים המומלצת הינה תלוית צורת-חיים** (עבור פלאגים בגודל 30 סמ"ק):
 - **עשבוניים חד-שנתיים** 8 למ"ר.
 - **בן-שיח או מטפס** 2 למ"ר.
 - **עשבוניים רב-שנתיים** 4-6 למ"ר.
 - **שיח** 1 למ"ר.
5. **יש לכלול במפרט הביצוע או בכתב הכמויות סעיף להוצאת מערכת ההשקיה מהשטח בתום תקופת הקליטה**. לאחר התבססות הצמחייה קשה ומורכב להוציא את צינורות ההשקיה, לכן יש לוודא ביצוע של הוצאת צינורות עם תום תקופת הקליטה. עם זאת, פעולה זו עשויה להיות מורכבת בשל התפתחות הצומח, ולסוגיית פסולת הפלסטיק בשטח טרם נמצא פתרון הולם.

מינים מומלצים לשתילה בבית הגידול הלח לפי חגורות – מאפיינים דומים לנחל שורק קטע יער ביל"ן

חגורה לחה ביותר	חגורה לחה	חגורה לחה למחצה
ארכובית משונשנת	אגמון הכדורים	אגמון הכדורים
גומא ארוך	דבשה לבנה	דבשה לבנה
גומא הפרקים	לוטוס הביצות	לחך אזמלני
גומא שופע	לחך אזמלני	סמר חד
דבשה לבנה	מליסה רפואית	פלגית שיחנית
חומעת החוף	נענע משובלת	שברק משובל
כרפס הביצות	סמר חד	שיח-אברהם מצוי
לוטוס הביצות	פטל קדוש	תלתן רפה
לחך אזמלני	פלגית שיחנית	
ליפיה זוחלת	שברק משובל	
מליסה רפואית	שיח-אברהם מצוי	
נענע משובלת	תלתן רפה	
שנית גדולה		
שנית מתפתלת		

נטיעת שיחים ועצים

נטיעות לא נכללו במסגרת חלקות הניטור, אך לאור המעורבות בנעשה בקטע נחל שורק בין כביש 42 לכביש 4 (ובפרויקטים נוספים) להלן מספר **דגשים והמלצות לביצוע:**

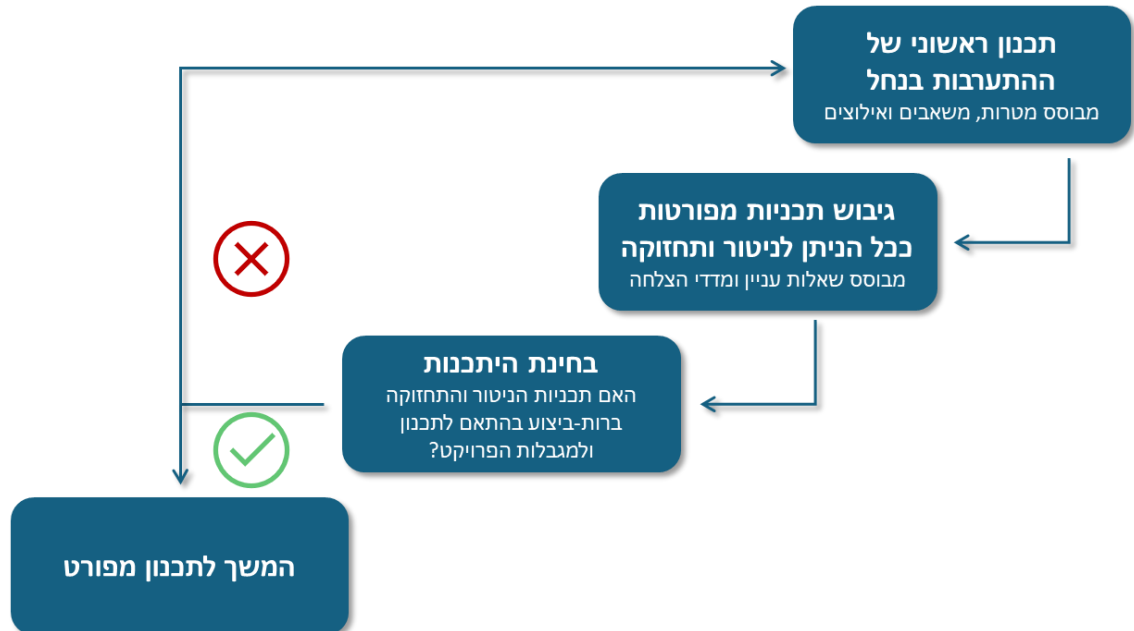
1. **מומלץ לחלק את הנטיעות למספר שנים בהיבט ניצול התקציבים השנתיים של היזם לטובת הפרויקט.**
2. במהלך עבודות העפר **מומלץ להטמין תשתית להוצאת מערכת טפטוף** לכל עץ ושיח מתוכנן.
3. **בשנה לאחר השלמת השתילות והזריעות** בנחל מומלץ לוודא את תקינות מערכת הטפטוף ולהשלים את הנטיעות.
4. **מומלץ להימנע מהשקיית עצים ושיחים במכלית.** שיטה זו אמנם מאפשרת הוזלה משמעותית של הפרויקט בהיעדר צורך במערכת השקיה קבועה, אך מקשה על ביצוע השקיה מוקפדת לאורך מספר שנים (עקב חילוף קבלנים, חילוף בעלי תפקידים בארגון מנהל השטח, טעויות אנוש, היעדר פועלים ועוד).
5. **חשוב ביותר לבצע מעקב שבועי על השקיית הקליטה של העצים והשיחים** בכדי להימנע מסחיפת קרקע בגדה או תמותת עצים ושיחים עקב תקלות במערכת ההשקיה.
6. **יש לכלול במפרט הביצוע או בכתב הכמויות סעיף להוצאת מערכת ההשקיה מהשטח בתום תקופת הקליטה.** לאחר התבססות הצמחייה קשה ומורכב להוציא את צינורות ההשקיה, לכן יש לוודא ביצוע של הוצאה של הצינורות עם תום תקופת הקליטה. עם זאת, פעולה זו עשויה להיות מורכבת בשל התפתחות הצומח, ולסוגיית פסולת הפלסטיק בשטח טרם נמצא פתרון הולם.

ניטור

דגשים לתכנון

1. מומלץ לגבש תכנית ניטור מפורטת לרמת השיטות ופרוטוקול הניטור המדויק כבר בשלב התכנון הראשוני

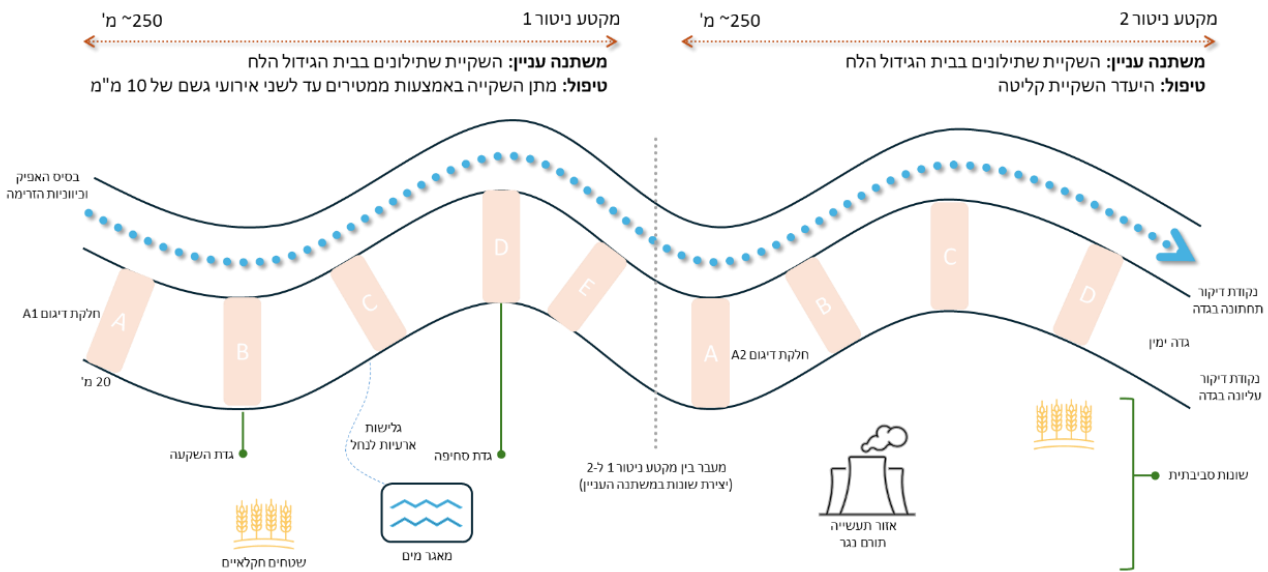
של ההתערבות בנחל לצורך דיוק התכנון המפורט באופן שיתמוך את תכנית הניטור (איור 13).



איור 14 – תהליך גיבוש תכנית ניטור מומלץ לצורך דיוק התכנון המפורט

2. על מנת לשפר את כושר הסקת המסקנות מהניטור מומלץ:

- 2.1. להגדיר מקטעי ניטור גדולים ורציפים ככל הניתן לצורך הקטנת השונות הסביבתית בין מקטעים שונים.
- 2.2. ביצוע שינוי במשתנה עניין בודד בין כל סט של מקטעי ניטור (מומלץ לפחות שלושה מקטעים למשתנה).
- 2.3. כל מקטע ניטור יחולק למספר חלקות דיגום בהן יבוצע ניטור עפ"י פרוטוקול מוסכם ומתוכנן מראש (בהמשך מובאים פרוטוקולים מוצעים).
- 2.4. בכל מקטע מינימום של 5 חלקות ניטור ברוחב של כ-20-30 מ' לפחות ושאינן צמודות זו לזו. בכל חלקה השייכת למקטע מסוים יתבצע טיפול דומה (הבדל בין חלקות ממקטעים שונים בלבד, ריבוי "חזרות-לכאורה" עבור כל טיפול).
- 2.5. יש להתאים את תכנון המקטעים והחלקות כך שהמקטעים יהיו דומים בהיבט הגורמים וההתהליכים השונים המשפיעים על הצומח. החלקות בכל מקטע ייצגו באופן מלא ככל הניתן את הגורמים וההתהליכים במקטע.
- 2.6. מניעת השפעות בין חלקות: יש להימנע מהצבת חלקות התפתחות צומח עצמוני במורד חלקות שיקום צומח אקטיבי ומהצבת חלקות זריעת מינים חקלאיים במורד חלקות של שיקום מיני בר או חלקות שלא בוצעה בהן התערבות (פגיעה בכושר ההסקה בנוגע לאופן התפתחות חברת הצומח ללא ביצוע התערבות מעבר לטיפול שהוגדר בחלקה).



איור 15 – תכנון מקטעי ניטור וחלקות דיגום מומלצים

הקשר בין תכנית הניטור לתכנית התחזוקה

הניטור מהווה בסיס לקיום תחזוקה איכותית של התפתחות הצומח בגדה. עם זאת, ללא תיאום בין תכנית הניטור לתכנית התחזוקה, קיימת סבירות גבוהה לפגיעה הן באיכות הניטור (עקב ביצוע תחזוקה שאינה תואמת למאפייני חלקות הניטור שהוגדרו) והן באיכות התחזוקה (עקב ביצוע עבודות תחזוקה לא יעילות בהיעדר הכוונה מדויקת).

1. **מומלץ לקיים סיור מקדים עם קבלן התחזוקה** להצגת חלקות הניטור והגדרת אופי התחזוקה בהן. **משתתפים נחוצים בסיור:** האחראי על תכנית הניטור, קבלן התחזוקה, נציג מטעם מזמין העבודה (חשיבות לנוכחות של גורם בעל השפעה משמעותית על הקבלן), מנהל העבודה של צוות הפועלים.
2. **בכל סבב תחזוקה יש לבצע סיור עם מנהל העבודה** של צוות הפועלים בעת הגעתם לשטח.
3. **מומלץ כי כל פעולת תחזוקה במקטעי הניטור וסביבתם תהיה מתואמת עם האחראי על הניטור** בכדי למנוע פגיעה במאפייני החלקות השונות ובכושר ההסקה מהניטור.
4. חשוב להדגיש כי גם פעולות שאינן מתבצעות ישירות בתחום חלקות הניטור עשויות להשפיע על התפתחות הצומח בחלקות. לדוגמה: ריכוז גזם של מין מסוים בשפת הנחל מעל חלקות ניטור יגרום בסבירות גבוהה להפצה אליהן.

פרוטוקולים מוצעים לניטור צומח

ניטור מתמשך של חברת הצומח בנחל הינו כלי חיוני להבנת תהליכים שונים, למידה וניהול מושכל של דינמיקת חברת הצומח בנחל, ואף עשוי לשמש כלי לחישוב מדדי הצלחה מבוססי נתונים עבור פרויקטים של שיקום צומח בנחלים. על בסיס הניסיון הנצבר בפרויקט הניטור ובפרויקטים נוספים, מוצעים **שלושה פרוטוקולים לניטור צומח המאפשרים איסוף מידע מספק בהתאם למשאבים שעומדים לסקר** (טמיר וחסין, 2025):

- (1) **פרוטוקול תפעולי** למטרות קיום ממשק תחזוקה אדפטיבי;
- (2) **פרוטוקול בסיסי** לאפיון של חברת הצומח בנחל;
- (3) **פרוטוקול מפורט** לאפיון של חברת הצומח בנחל.

בכל ניטור יש לאפיין תחילה את המקטע בו נמצאת חלקה הדיגום. **אפיון משתנה העניין שנבדק** כולל את הפרטים:

- (א) **תזמון הסקר** – סקר מצב קיים לפני שיקום/ סקר אחרי שיקום/ סקר בשטח שלא צפוי לעבור שיקום.
- (ב) **מאפייני המקטע** – משטר הזרימה ותצורת הצומח במקטע
- (ג) **מועד ההתערבות בשטח** – האם נעשתה התערבות? אם כן האם זה היה בזמן האחרון או לפני זמן רב?
- (ד) **אפיון סוג ההתערבות** – שינוי במשטר זרימה/ שינוי מורפולוגי/ שיקום צומח/ הסדרת קהל.

ניטור "תפעולי" לקיום תחזוקה אדפטיבית של הצומח בנחל

רקע: מוצע פרוטוקול ניטור פשוט וקצר המאפשר לגורמים **שאינם סוקרי צומח מקצועיים** לגבש בסיס נתונים לתמיכת **ממשק תחזוקת צומח אדפטיבי** (= ביצוע תחזוקה בהתאם לצורך בשטח). אנו שואפים להטמיע את פרוטוקול הניטור ואת גישת תחזוקת הצומח האדפטיבית בקרב ארגונים מנהלי שטח דוגמת רשויות ניקוז, רשות הטבע והגנים וקק"ל.

מטרה: ניהול ממשק אדפטיבי של הצומח בגדות ביחס לתפקודי צומח רצויים או אתר ייחוס שנבחר.

נושאי עניין: (א) **הגדרת מיני מטרה לתחזוקה:** מגמת התבססות של מינים שאינם רצויים העלולים להביא לדיכוי מינים מקומיים ו/או לפגיעה בכושר ההולכה הנדרש בנחל. (ב) **איתור פגיעה בכיסוי הצומח הרצוי בגדות:** עלול לגרום לסחיפת קרקע ולהתחרויות צד. מצריך התערבות מקדימה.

משך הניטור: ניטור מתמשך כחלק מניהול השטח.

משך סקר צומח בחלקת דיגום*: כ-15 דק'.

* במקרה זה יש לסקור את כלל תחום העניין (ולא לדגום אזורים נקודתיים). החלוקה לחלקות נועדה לדייק את הערכת הכיסוי הכולל של הצומח ושל מיני המטרה לתחזוקה ולסייע בגיבוש תכנית עבודה ואומדן משאבים נדרשים.

תדירות ומועדים מומלצים:

מסיום פרויקט התערבות בצומח בגדות הנחל:

שנה ראשונה – דצמבר, מרץ, מאי, יולי, ספטמבר. **שנה שנייה** – מרץ, מאי, יולי. **שגרה** – מרץ, יולי.

נתונים לאיסוף:

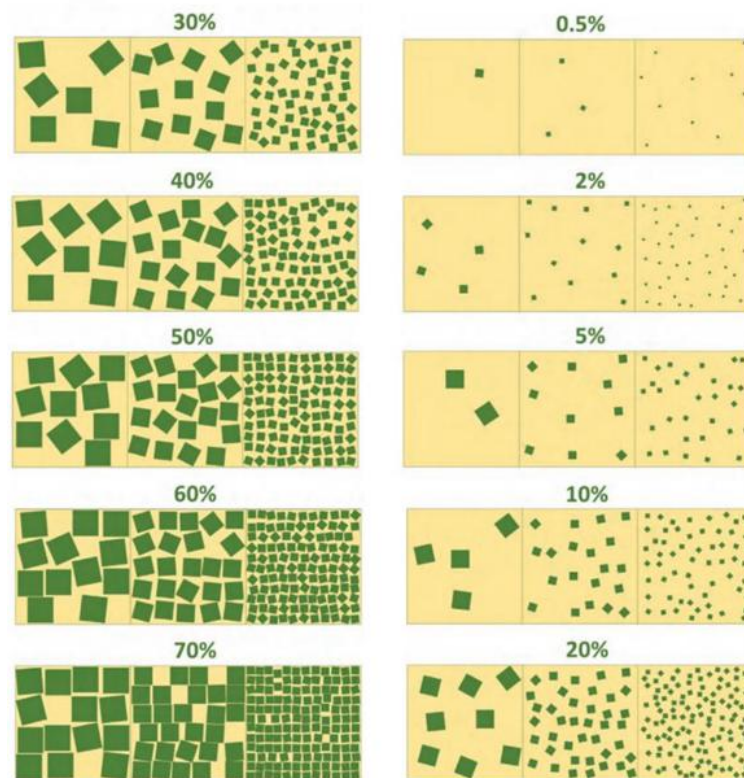
אפיון משתנה העניין שנבדק (עמ' 66): תזמון הסקר, מאפייני מקטע, מועד ההתערבות בשטח, אפיון סוג ההתערבות.

1. **אחוז חשוף ללא צמחיה** – הערכת הסוקר בשטח (איור 15). חשיבות גבוהה לזיהוי של גבולות החלקה. יש להגדיר פעולות נדרשות במסגרת התחזוקה עבור ערכים שונים של קרקע חשופה בגדות.
2. **אפיון הכיסוי הצמחי לפי צורות חיים** – הערכת האחוז מהשטח המכוסה על ידי עצים, שיחים ועשבונים.
3. **כיסוי של מיני מטרה לתחזוקה** – הערכת אחוז הכיסוי של כל אחד ממיני המטרה לתחזוקה.
4. **הערות כלליות** – מידע רלוונטי למצב החלקה.
5. **ממצאים מיוחדים** – ממצאים מיוחדים ראויים לציון במידה ונצפו.
6. **צילום החלקה** – צילום של הגדה מהצד + צילום מראש הגדה כלפי מטה, במידה וניתן - צילום מנקודה גבוהה בגדה הנגדית (או מרחפן) באופן שיאפשר מבט מיטבי על כלל החלקה.

שיטת האיסוף:

(א) הערכת אחוז הקרקע החשופה וצורת החיים בעלת הכיסוי הגבוה בשטח **מנקודת תצפית** המאפשרת מבט על שטח החלקה הכולל.

(ב) לאחר מכן, **שוטטות ברחבי החלקה** תוך הקפדה להביט בכלל השטח באופן המאפשר זיהוי של מיני מטרה לתחזוקה והערכה של כיסוי המינים השונים. מגבלת זמן של כ-15 דק' לחלקת דיגום בכדי לשמור על אחידות בין הניטורים השונים ובכדי לצמצם משאבים נדרשים.



איור 16 – עזר גרפי להמחשה ויזואלית של כיסוי צומח שונים בתא שטח נתון לצורך הערכת כיסוי הצומח בגדה

ניטור מקצועי-בסיסי למעקב אחר התפתחות חברת הצומח בנחל

רקע: פרוטוקול ניטור תמציתי המאפשר לגבש תובנות ברמה בסיסית בנוגע להתפתחות חברת הצומח בנחל **במצב של משאבים מוגבלים**. מאפשר **מדידה כמותית** של הצלחה בפרויקטים בהם בוצע שיקום גדות, הכרות ואפיון של הבוטניקה בגדות נחלים, הפקת תובנות רוחביות והתייעלות בתחום שיקום הצומח בגדות נחלים.

מטרה: מעקב אחר התפתחות חברת הצומח בנחל.

נושאי עניין: הרכב חברת הצומח, מאפיינים פיזיים של החלקה.

משך הניטור: בשאיפה בכל שנה באופן קבוע ככל שיש לכך משאבים. משך מינימלי מומלץ – חמש שנים.

משך סקר צומח בחלקת דיגום: כ-30 דק'.

תדירות ומועדים מומלצים: בסוף האביב (מאי) – (1) לאחר השלמת הפרויקט. (2) כל שנתיים, לפחות שני ניטורים.

נתונים לאיסוף:

- אפיון משתנה העניין שנבדק** (עמ' 66): תזמון סקר, מאפייני מקטע, מועד התערבות בשטח ואפיון סוג ההתערבות.
1. **רוחב הגדה** – אורך המדרון במטרים מראש הגדה ועד קו המים או בסיס האפיק.
 2. **שיפוע הגדות** – אפיון שיפוע הגדות.
 3. **נוכחות מים בנחל** – אפיון קטגוריאלי.
 4. **רוחב רצועת המגן** – רוחב הרצועה הצמחית הרציפה משפת הגדה כלפי חוץ מהנחל.
 5. **אפיון שימושי קרקע צמודי גבול** – אפיון קטגוריאלי של שימושי קרקע שעשויים להשפיע על הצומח בנחל.
 6. **קיום גורמים נוספים תורמי מים בסביבת החלקה** – אפיון של גורמים שעשויים להשפיע על משטר הלחות בגדה באופן מלאכותי נקודתי.
 7. **אחוז קרקע חשופה ללא צמחיה בכלל החלקה** – הערכת הסוקר בשטח (איור 15).
 8. **פיזור הצומח בחלקה** – במידה והצמחייה אינה מכסה את כלל השטח יצוין האם דגם הפיזור של הצומח הוא בכתמים או אחיד.
 9. **רשימת מינים מלאה** – תיעוד של שמות כלל המינים בחלקה.
 10. **נתוני כיסוי של מינים עיקריים בכל החלקה** – של עד 10 מינים שאחוז הכיסוי שלהם הוא מעל 2% משטח החגורה והערכה של אחוז הכיסוי שלהם.
- * במידה וקיימים יותר מ-10 מינים כנ"ל רושמים רק את ה-10 שלהם הכיסוי הגדול ביותר.
- * בהינתן שכבות צומח משמעותיות אחת מעל השנייה הכיסוי יכול להיות גבוה מ-100%.
11. **הערות כלליות** – מידע רלוונטי למצב החלקה.
 12. **ממצאים מיוחדים** – ממצאים מיוחדים ראויים לציון במידה ונצפו.
 13. **צילום החלקה** – צילום של הגדה מהצד + צילום מראש הגדה כלפי מטה. במידה וניתן - צילום מנקודה גבוהה בגדה הנגדית (או מרחפן) באופן שיאפשר מבט מיטבי על כלל החלקה.

שיטת האיסוף:

- אפיון סעיפים 2,3,5,6,7,8 תוך **התבוננות על החלקה מנקודת תצפית ושוטטות קצרה** בשטח.
- מדידות סעיפים 1 ו-4 באמצעות **פריסת רולטקה** במרכז החלקה מראש הגדה ועד בסיס הזרימה או קו המים.
- הגדרת רשימת המינים המלאה בחלקה תוך **שוטטות איטית בכלל השטח** במשך לא יותר מ-15 דק' (ללא זמן הגדרה של מינים לא מוכרים).
- הגדרת המינים העיקריים בחלקה והכיסוי שלהם.

ניטור מקצועי-מלא למעקב אחר התפתחות חברת הצומח בנחל

רקע: פרוטוקול ניטור מקיף המאפשר לאנשי מקצוע לגבש תובנות בנוגע להתפתחות חברת הצומח בנחל בהקשרים שונים הנוגעים בתפקודים האקו-הידרולוגיים של גדות הנחל וביחס לאתר ייחוס שנבחר. הטמעה של פרוטוקול זה תאפשר **מדידה כמותית** של הצלחה בפרויקטים בהם בוצע שיקום גדות, הכרות ואפיון של הבוטניקה בגדות נחלים מסוגים שונים, הפקת תובנות רוחביות והתייעלות בתחום שיקום הצומח בנחלים, ייצוב גדות בצומח ועוד.

מטרה: מעקב אחר התפתחות חברת הצומח בנחל או אפיון החברה הבוטנית בגדת הנחל.

נושאי עניין: הרכב חברת הצומח, גבול בית הגידול הלח, חיגור הצומח בבית הגידול הלח, מאפיינים פיזיים של החלקה.

משך הניטור: בשאיפה בכל שנה באופן קבוע ככל שיש לכך משאבים. מינימלי מומלץ – חמש שנים.

משך סקר צומח בחלקת דיגום: כ-60 דק'.

תדירות ומועדים מומלצים:

פעמיים בשנה - **אביב (מרץ-אפריל) וקיץ (יוני-יולי)** - (1) לאחר השלמת הפרויקט. (2) כל שנתיים, לפחות שני ניטורים.

נתונים לאיסוף:

אפיון משתנה העניין שנבדק (פירוט בעמ' 66): תזמון הסקר, מאפייני המקטע, מועד ההתערבות בשטח ואפיון סוג ההתערבות.

חלק א' - אפיון חלקת הדיגום

1. **רוחב הגדה** - אורך המדרון במטרים מראש הגדה ועד קו המים או בסיס האפיק.
2. **שיפוע הגדות** - אפיון שיפוע הגדות.
3. **נוכחות מים בנחל**
4. **רוחב רצועת המגן** - רוחב הרצועה הצמחית הרציפה משפת הגדה כלפי חוץ מהנחל.
5. **אפיון שימושי קרקע צמודי גבול** - אפיון קטגוריאל של שימושי קרקע שעשויים להשפיע על הצומח בנחל.
6. **קיום גורמים נוספים תורמי מים בסביבת החלקה** - אפיון גורמים שעשויים להשפיע על משטר הלחות בגדה באופן מלאכותי נקודתי.
7. **רשימת מינים מלאה** - תיעוד של שמות כלל המינים בחלקה.
8. **הערות כלליות** - מידע רלוונטי למצב החלקה.
9. **ממצאים מיוחדים** - ממצאים מיוחדים ראויים לציון במידה ונצפו.
10. **צילום החלקה** - צילום של הגדה מהצד + צילום מראש הגדה כלפי מטה. במידה וניתן - צילום מנקודה גבוהה בגדה הנגדית (או מרחפן) באופן שיאפשר מבט מיטבי על כלל החלקה.

חלק ב' של הניטור- אפיון הצומח בגדה לפי חגורות לחות

חלוקת גדת הנחל לבתי גידול עיקריים לפי לחות הקרקע (איור 10):

חגורה א' - בית גידול לח ורווי; **חגורה ב'** - בית גידול לח-למחצה; **חגורה ג'** - בית גידול יובשני.

החלוקה בפועל מתבססת על מידת הזיקה של חברת הצומח שקיימת ברצועה לדרגות הלחות השונות בקרקע. כוונת החיגור היא להתייחסות אל הנחל כמקור המים לצומח הגדות ולרמת הלחות הזמינה בקרקע בגדות (זרימת בסיס, עונתית, שטפונית). גם עומק השורשים של הצמח והסבילות שלו למצבי לחות משתנים מגדירים את הרכב חברת הצומח לא פחות מאשר רמת הלחות קרוב לפני הקרקע.

עבור כל אחת מחגורות הלחות יתועדו המאפיינים הבאים:

11. **הגדרת רוחב חגורת הלחות** – אורך המדרון במטרים מתחילת החגורה לסיומה. זיהוי החגורה יעשה בהתאם לנוכחות משמעותית של מיני צומח אופייניים (אינדיקטורים) לחגורת הלחות הזו (טבלה 7).
- 11.1. במידה והחגורה הלחה (או הצמחים שצומחים בה) מצויה בחלקה מתחת לפני המים באפיק הזרימה יש לציין את רוחב החגורה שמתחת לפני המים.
12. **אחוז חשוף ללא צמחיה** – הערכת הסוקר בשטח (איור 15). חשיבות גבוהה לזיהוי של גבולות החגורה.
13. **פיזור הצומח בשטח של חגורת הלחות** – במידה והצמחיה אינה מכסה את כלל השטח, יצוין דגם פיזור הצומח (כתמים או אחיד).
14. **אחוז כיסוי של מינים עיקריים** – אפיון של עד 10 מינים שאחוז הכיסוי שלהם הוא מעל 2% משטח החגורה והערכה של אחוז הכיסוי שלהם. * במידה וקיימים יותר מ-10 מינים כנ"ל רושמים רק את ה-10 שלהם הכיסוי הגדול ביותר. * בהינתן שכבות צומח משמעותיות אחת מעל השנייה הכיסוי יכול להיות גבוה מ-100%.

שיטת האיסוף:

- (א) אפיון סעיפים 2,3,5,6,7,8 תוך התבוננות על החלקה מנקודת תצפית ושוטטות קצרה בשטח.
- (ב) מדידות סעיפים 1 ו-4 באמצעות **פריסת רולטקה** במרכז החלקה מראש הגדה ועד בסיס הזרימה או קו המים.
- (ג) הגדרת רשימת המינים המלאה בחלקה תוך **שוטטות איטית בכלל השטח במשך לא יותר מ-15 דק'** (ללא זמן הגדרה של מינים לא מוכרים).
- (ד) הגדרת המינים העיקריים בחלקה והכיסוי שלהם.

טבלה 7 מינים אינדיקטורים פוטנציאליים לאפיון חגורות לחות בבית הגידול הלח

חגורה לחה	חגורה לחה-למחצה	חגורת המעבר
מיני גומא – ארוך, צפוף, שופע, חום	נענע משובלת	טיין דביק
חומעה – מסולסלת, החוף	ורבנה רפואית	לחך אזמלני
ארכובית – מחודדת ומשונשנת	מליסה רפואית	ארכובית הציפורים
כרפס הביצות	שברק משובל	תולענית דוקרנית
פספולון דו-טורי	מיני שנית – גדולה, מתפתלת, קטנת-עלים, שוות-שיניים	שברק מלבין
גרגר הנחלים	ערברבה שעירה	ערבז משובל
מדד זוחל	פרעושית משלשלת	עבדקן מצוי
	מיני סמר – חד, ימי ומרצעני	
	לוטוס הביצות	
	לחך גדול	
	אשבל הביצות	
	דבשה לבנה	

פרוטוקול ניטור צומח טכנולוגי (חישה מרחוק)

רקע: ניטור צומח טכנולוגי מאפשר בחינה כמותית-מרחבית מדויקת אך ממוקדת במאפיינים בקנה-מידה של צורת חיים בהיבט הבוטני. בנוסף, מיפוי טכנולוגי של פוליגונים בעלי צומח הומוגני, בעיקר מעוצה, יכול לסייע באימון של מודלי למידת מכונה ופיתוח השימוש בחישה מרחוק למיפוי צומח נחלים.

מטרה: מוגדרת לפי דרישה.

מטרות לדוגמה: בחינת כיסוי מדויק של הצומח (הכללי או לפי צורות חיים) בגדות, בחינת שינויים מדויקים בכיסוי הצומח בין מספר מועדי סקירה שונים, בחינת מידת היצרנות של הצומח במועדים שונים ועוד.

שיטה: תיעוד הנתונים לאיסוף באמצעות חישן על גבי רחפן, מטוס או לוויין ועיבוד הנתונים להפקת תוצרים נבחרים. היבט חשוב באפיון האמצעי לאיסוף הנתונים הוא הרזולוציה המרחבית: גודל בסיסי של יחידת הדגימה, מספר נקודות הדגימה ליחידת שטח (עד כמה המיפוי האופקי מבוסס אינטרפולציה) ויכולת זיהוי שכבות צומח רבדות.

יעדי הניטור	שינויים בכיסוי הצומח בנחל	שינויים בתפקוד הביולוגי של הצומח	שינויים במורכבות המבנית של הצומח
אמצעי	צילום RGB	צילום מולטיספקטראלי	LiDAR או רדאר / צילום מולטיספקטראלי
מדד לדוגמא	הבדל בכיסוי הצומח הכללי	NDVI	הבדל בכיסוי הצומח לפי צורות חיים

איור 17 – אמצעים לאיסוף נתוני צומח באמצעות חישה מרחוק, כתלות במטרות ומדדים נדרשים

אנשי מקצוע נדרשים: חברה מקצועית המספקת שירותי חישה מרחוק ועיבוד תמונה, בליווי אקולוג לצורך ניתוח משני של החומרים בראייה אקולוגית והסקת מסקנות מהתוצרים השונים ביחס לצומח בנחל.

גבולות הסקר המומלצים: כל תחום ההתערבות ברצועת הנחל.

משך כולל: שלוש שנים לפחות מתום ביצוע פרויקט הכולל התערבות בנחל.

משך ניטור בחלקת דיגום: 30 דק' (המשך הניטור לחלקות נוספות אינו מאריך את הניטור באופן משמעותי).

תדירות ומועדים מומלצים: בכל שנה במועדים: (1) שנה ראשונה – **דצמבר, מאי**; (2) שנה שניה ואילך – **אפריל/מאי**.

פרוטוקולים מוצעים לניטור גיאומורפולוגי

פרוטוקול ניטור גיאומורפולוגי בסיסי/ מקצועי

רקע: פרוטוקולים קרקעיים מוגבלים ביכולתם להעריך שינויים ותהליכים שמתרחשים לאורך הגדה, בשל ההיקף המצומצם של חתכים שנסקרים. לכן, נדרש להפעיל שיקול דעת בגודל החלקה המנוטרת. מומלץ להגביל את הבדיקות הקרקעיות לחלקות באורך של כ-30 מ' במקביל לציר הזרימה של הנחל או חלקות בעלות מאפיינים הומוגניים.

מטרה: כימות תהליכי סחיפה והשקעה בגדה לצורך בחינת ההצלחה בפעולות לייצוב הגדות.

שיטה: סקר רגלי, **בסיסי** - שימוש במאזנת; **מקצועי** - מדידה.

אנשי מקצוע נדרשים: בסיסי - שני נציגים מטעם הארגון מנהל השטח, ללא הסמכה מיוחדת; **מקצועי** - מודד מקצועי.

גבולות הסקר המומלצים:

סקר בסיסי - חתך רוחב של אפיק הנחל מבסיס האפיק ועד לשפת הנחל (נקודת המדידה). החתך צריך לייצג באופן מיטבי את פני השטח בחלקת ניטור. במידת הצורך ניתן לאפיין יותר מחתך אחד ולהגדיר את אורך הגדה שכל חתך מייצג (לצורך חישוב נפח גריעת קרקע וכדומה).

סקר מקצועי - גבולות פרויקט ייצוב הגדות לרבות 5 מ' מעבר לשפת הנחל, מחוץ לתחום האפיק.

משך כולל: שלוש שנים לפחות מתום ביצוע פרויקט הכולל התערבות בנחל.

משך ניטור בחלקת דיגום בודדת: 30 דק' (המשך הניטור לחלקות נוספות אינו מאריך את הניטור באופן משמעותי).

תדירות ומועדים מומלצים: בכל שנה במועדים: (1) שנה ראשונה – **דצמבר, יולי**; (2) שנה שניה ואילך – **יולי**.

נתונים לאיסוף:

1. גובה פני השטח –

- בסיסי** - בכל נקודה בחתך בה חל שינוי של יותר מ-10 ס"מ ביחס לנקודה הקודמת או לכל היותר 1 מ' אורך.
- מקצועי** - בכל נקודה בחתך בה חל שינוי של יותר מ-5 ס"מ ביחס לנקודה הקודמת או לכל היותר 1 מ' אורך.
- 2. גובה "הקו הירוק" ביחס לבסיס האפיק** (צילום 25, הגדרה בנספח "מילון מונחים") - מצריך ידע בוטני מקצועי. ניתן למדידה באמצעות מאזנת ומטר (מיקום המאזנת בקו הירוק): ציון המידה הנצפית בעינית, הפחתת גובה הנביליר מהקרקע ומדידת הגובה מפני הקרקע בבסיס האפיק עד למידה שצוינה על גבי הלאטה.

פרוטוקול ניטור גיאומורפולוגי טכנולוגי (חישה מרחוק)

רקע: חישה מרחוק היא השיטה באמצעותה ניתן להגיע לתוצאות מקיפות יותר ביחס לפרוטוקול הקרקעיים. באמצעי חישה מרחוק ניתן לסקור מרחב גדול ורציף, המאפשר הערכה של כלל תהליכי הסחיפה והגריעה במרחב.

מטרה: כימות תהליכי סחיפה והשקעה בגדה לצורך בחינת ההצלחה בפעולות לייצוב הגדות ו/או למידה ושיפור הניהול האדפטיבי של אפיק הנחל.

שיטה: תיעוד הנתונים לאיסוף באמצעות חישן על גבי רחפן, מטוס או לוויין ועיבוד הנתונים להפקת תוצרים נבחרים. היבט חשוב באפיון האמצעי לאיסוף הנתונים הוא הרזולוציה המרחבית: גודל בסיסי של יחידת הדגימה, מספר נקודות הדגימה ליחידת שטח (עד כמה המיפוי האופקי מבוסס אינטרפולציה) ורמת הרגישות לשינויים בגובה פני השטח (רזולוציה אנכית).

ייעדי הניטור	כימות תהליכי סחיפה והשקעה תוך ניטור הצומח	כימות תהליכי סחיפה והשקעה
אמצעי	LiDAR או רדאר	LiDAR או רדאר
מדד לדוגמא	הבדל בגובה פני השטח ביחס למדידה קודמת	כמתאר בפרוטוקול "ניטור צומח טכנולוגי"

איור 18 – אמצעים לאיסוף נתונים גאומורפולוגיים באמצעות חשה מרחוק, כתלות במטרות ומדדים נדרשים

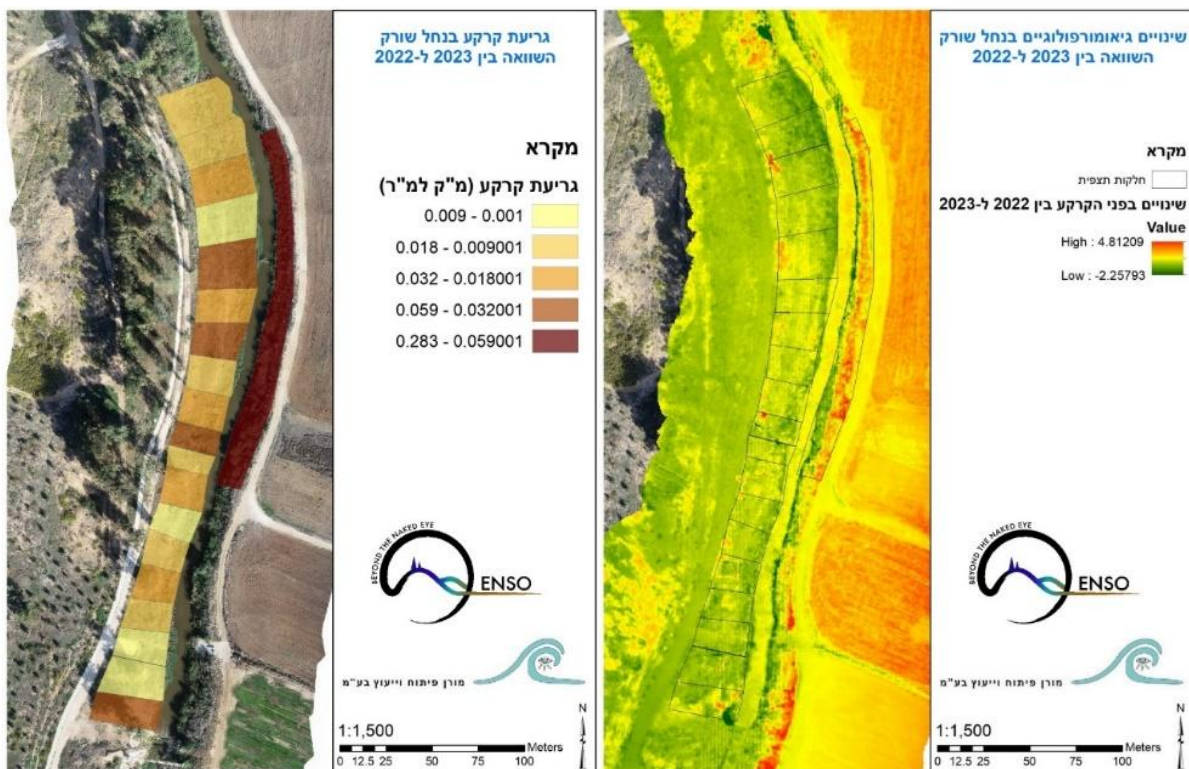
אנשי מקצוע נדרשים: חברה מקצועית המספקת שירותי חשה מרחוק ועיבוד תמונה, בליווי אקולוג לצורך ניתוח משני של החומרים בראייה אקולוגית והסקת מסקנות מהתוצרים השונים ביחס לצומח בנחל.

גבולות הסקר המומלצים: כל תחום העבודה ברצועת הנחל, כולל אזור החיץ.

משך כולל: שלוש שנים לפחות מתום ביצוע פרויקט הכולל התערבות בנחל.

משך ניטור בחלקת דיגום בודדת: 30 דק' (המשך הניטור לחלקות נוספות אינו מאריך את הניטור באופן משמעותי).

תדירות ומועדים מומלצים: בכל שנה במועדים: (1) שנה ראשונה – **דצמבר, מאי**; (2) שנה שנייה – **מאי**; (3) שנה שלישית – **מרץ, מאי, יולי**.



איור 19 – תוצרי ניטור גאומורפולוגי טכנולוגי במקטע הניטור בנחל שורק (הבדלים בין שנת 2022 לשנת 2023).

סיכום פרוטוקולים מוצעים לניטור הצומח ותהליכים של סחיפה והשקעה באפיק הנחל

טבלה 8 – סיכום פרוטוקולים מוצעים לניטור הצומח ותהליכים של סחיפה והשקעה באפיק הנחל

פרוטוקול	מטרה כללית	אמצעים עיקריים	יתרונות מרכזיים	חסרונות מרכזיים
צומח בסיסי- "תפעולי" בסיס לניהול אדפטיבי	דיוק התחזוקה הצמחית הנדרשת	סקירה רגלית	- קצר, זול ופשוט לביצוע. - אינו מצריך מיקור חוץ.	- מייצר מידע מועט ללמידה על הצלחת פעולות ייצוב הגדה בצומח והתפתחות חברת הצומח. - ממצאים עלולים להיות סובייקטיביים לסוקרים.
צומח מקצועי מומלץ לצורכי למידה והשתפרות בייצוב גדות נחלים בצומח	למידה על התפתחות חברת הצומח בגדה	סקירה רגלית	- מידע מפורט ללמידה על הצלחת פעולות ייצוב הגדה בצומח והתפתחות חברת הצומח בגדה. - פשוט וזול לתפעול.	- זמן סקירה ליחידת שטח ארוך ביחס לפרוטוקולים אחרים. - מצריך מיקור חוץ. - ממצאים עלולים להיות סובייקטיביים לסוקרים.
צומח טכנולוגי מומלץ לאפיין תפקודים נבחרים של המערכת האקולוגית	למידה על התפתחות חברת הצומח בגדה	חישן על גבי כלי טיס	- מידע נרחב ואובייקטיבי, הניתן לכימות מדויק. - פרוטוקולים ניתנים לשחזור מדויק ללא תלות בגורם המבצע. - מאפשר בחינת היבטים תפקודיים של הצומח. - עשוי לאפשר סקירה גיאומורפולוגית במקביל. - זמן סקירה מהיר.	- יקר ביחס לפרוטוקולים האחרים. - מצריך מיקור חוץ. - המידע מפורט לרוב עד רמת "צורת-חיים". - מוגבל בכימות מידת ההצלחה בקליטת המינים שנזרעו או נשתלו. - מוגבל באפיון התחזוקה הצמחית הנדרשת.
גיאומורפולוגי בסיסי בסיס להערכת הצלחת ייצוב הגדות	כימות תהליכים של סחיפה והשקעה באפיק בהקשר מרחבי	סקירה רגלית, דיגום עם מאזנת	- קצר, זול ופשוט לביצוע - אינו מצריך מיקור חוץ - מאפשר סקירה ברזולוציה אנכית גבוהה לאורך חתכי הדיגום (תיעוד הבדלים של 10 ס"מ בגובה פני השטח בין נקודות דיגום שונות)	- מצריך אקסטרפולציה גסה על בסיס חתכי דיגום מעטים כדי לכמת את גריעת והשקעת הקרקע. - טווח טעות במדידה גדול ביחס לפרוטוקולים אחרים - ממצאים עלולים להיות סובייקטיביים לסוקרים
גיאומורפולוגי מקצועי בסיס להערכת הצלחת ייצוב הגדות	כימות תהליכים של סחיפה והשקעה באפיק בהקשר מרחבי	סקירה רגלית, מדידה כוללת	- מגדיל את כמות הנתונים עבור כל חלקה ביחס לניטור הבסיסי. - טווח טעות במדידה קטן ביחס לפרוטוקולים אחרים.	- זמן הסקירה ליחידת שטח ארוך. - מצריך מיקור חוץ. - לרוב רזולוציה אנכית נמוכה מהנדרש. - ממצאים עלולים להיות סובייקטיביים לסוקרים.
גיאומורפולוגי טכנולוגי מומלץ להערכת הצלחת ייצוב הגדות ולאפיין תפקודים נבחרים של המערכת האקולוגית	כימות תהליכים של סחיפה והשקעה באפיק בהקשר מרחבי	חישן על גבי כלי טיס	- מידע נרחב ואובייקטיבי, הניתן לכימות מדויק. - פרוטוקולים ניתנים לשחזור מדויק ללא תלות בגורם המבצע. - זמן סקירה מהיר. - עשוי לאפשר סקירה של הצומח במקביל. - אנשי המקצוע הנכונים מסוגלים לסקור את פני השטח תחת כיסוי צומח צפוף	- יקר ביחס לפרוטוקולים האחרים - מצריך מיקור חוץ

פרוטוקול מוצע לניטור התחזוקה הצמחית

פרוטוקול ניטור תחזוקה

מטרה: הערכת יעילות התחזוקה אל מול המטרות שהוצבו, תוך כימות היקף ומאמץ התחזוקה הנדרש.

שיטה: פיקוח צמוד באחריות מנהל השטח, תיעוד פעולות התחזוקה שבוצעו ועלויותיהן.

אנשי מקצוע נדרשים: נציג מטעם הארגון מנהל השטח, בליווי ייעוץ של אקולוג.

משך ותדירות: כלל משך התחזוקה.

נתונים לאיסוף: (טבלה 9)

1. מועד ביצוע הסבב
2. מספר ימי העבודה של צוות הפועלים ומספר הפועלים בצוות עבור כל חלקה.
3. מיני המטרה לתחזוקה בכל סבב, לרבות נתוני כיסוי קטגוריאליים כמתואר בפרוטוקול "ניטור צומח בסיסי".
4. היקף פעולות מתוכננות לביצוע – בהתבסס על הערכת הזמן לפעולות נדרשות שונות ועל הערכת הכיסוי של כל מין מטרה לתחזוקה. יש לכלול רכישה של חומרים נדרשים.
5. מידת ההשלמה של הפעולות המתוכננות לביצוע – לפי סולם ערכים קטגוריאלי.
6. הערכת הגורמים להשלמת או אי-השלמת הפעולות כנדרש – מתוך רשימה מוגדרת מראש.
7. סה"כ עלות סבב התחזוקה – במקרה של חוזה שנתי עם קבלן תחזוקה, העלות תחושב לפי החלק היחסי של ימי העבודה שבוצעו בפועל בשנה. במקרה של העסקה נקודתית, החישוב לפי הצעת המחיר שהתקבלה.

טבלה 9 – פירוט נתונים לאיסוף במהלך ניטור התחזוקה

מיני מטרה לתחזוקה בסבב נוכחי	רשימת פעולות מתוכננות לביצוע והערכת קצב ביצוע הפעולות הנדרשות (ציון קטגוריאלי מבוסס הערכת זמן ליחידת שטח)	חומרים נדרשים לרכישה	סולם הערכה של היקף הפעולות הנדרשות	סולם הערכה של מידת ההשלמה של הפעולות המתוכננות לביצוע	גורמים להשלמה או אי-השלמה של הפעולות
מחולק לשתי עמודות – שם המין וציון הערכת הכיסוי שלו (1-4)	תיקונים קלים במערכת ההשקיה (1)	מחולק לשתי עמודות – שם החומר וכמות החומר	הכפלת קצב הטיפול הנדרש לפי פעולה (1-14) בציון הערכת הכיסוי של המין (1-4), מספר הפרטים הנדרש או אחוז הכיסוי הנדרש ביחס לחלקת התחזוקה במקרה של זריעות/שתילות (1-4)	הערכת הכיסוי של מיני המטרה שנותרו והפחתה מהערכת הכיסוי בתחילת סבב התחזוקה לקבלת כיסוי מיני המטרה שטופלו. חלוקת התוצאה בכיסוי מיני המטרה בתחילת הסבב	ציון כוח אדם משך יום עבודה משך סבב התחזוקה פיקוח ניהול מקצועיות תדירות הסבבים
	הדברה עם מרסס רתום לטרקטור (2)				
	הדברה עם מרסס גב (3)				
	כיסוח במכסחת רתומה לטרקטור (4)				
	כיסוח בחרמש מוטורי (5)				
	ריסוק גזם (6)				
	עקירת עשבונים (7)				
	כריתת מעוצים (8)				
	הדברה מיוחדת (חיתוך/כריתה והזרקה/מריחה) (9)				
	עקירת מעוצים (10)				
	תיקונים מורכבים במערכת ההשקיה (11)				
	החלפת עצים (12)				
	זריעות העשרה (13)				
	שתילות העשרה (14)				

תחזוקת צומח

תחזוקה אדפטיבית מבוססת ניטור של התפתחות הצומח בגדה חיונית להצלחת פעולות שיקום הצומח ויש להקפיד על קיומה באופן מלא ויסודי ככל הניתן. בפרויקטים רבים נושא התחזוקה מהווה נקודת כשל משמעותית ולכן נדרשת תשומת לב יתרה לתכנון נכון שיכלול הקצאת משאבים, ולפיקוח על הביצוע בפועל.

דגשים לתכנון

1. חשוב להדגיש כי בייחוד **במהלך השנים הראשונות לאחר השלמת שיקום הצומח, כל פגיעה בתחזוקה עלולה לייצר פגיעה בהתפתחות הצומח שתוביל את המערכת האקולוגית בנחל אל "מצב אל-חזור"** בו נדרשת התערבות חוזרת בייצוב הגדה. התערבות זו עשויה לכלול עבודות עפר, שיקום צומח מחודש ו/או שימוש בייצוב קשיח לאור המצב החדש שהתקבל בגדה.

2. במקרים מסוימים, **תחזוקה איכותית עשויה לאפשר וויתור על שיקום צומח יזום בגדה** תוך קבלת הרכב חברת צומח אופייני ודיכוי מינים שאינם רצויים.

גיבוש תכנית התחזוקה

3.1. **מומלץ לגבש תכנית תחזוקה מפורטת כבר בשלב התכנון הראשוני של הפרויקט**, בהתאם למטרות ויעדי

הפרויקט ותכנית הניטור. זאת בכדי לבחון כבר בשלב הראשוני כי תקציב והיקף הפרויקט מאפשרים עמידה במטרות תוך הבטחה תקציבית לתחזוקה אדפטיבית מבוססת ניטור במשך שלוש שנים לפחות.

3.2. **מומלץ שקבלן הביצוע יהיה גם קבלן התחזוקה** בשנים הראשונות לתחזוקת הפרויקט. ההמשכיות תבטיח היכרות של הקבלן עם פרטי השיקום ותעודד אותו לדאוג לביצוע איכותי יותר של הפרויקט ותחזוקתו.

3.3. מומלץ להגדיר מראש **פתרונות חלופיים לתחזוקת הנחל** בהינתן מצבים שונים של בעיות מול קבלן התחזוקה. למשל: הפרת חוזה ע"י הקבלן, מגבלה בהגעת פועלים עקב מצב ביטחוני מורכב וכדומה.

4. תכנון סבבי תחזוקה:

4.1. **מומלץ לתכנן את התחזוקה במתכונת של קיום ניטור בסיסי מקדים (ראה פרק ניטור) להגדרת מיני המטרה והפעולות לביצוע בסבב התחזוקה הקרוב וכניסה לעבודות בטווח זמן של לא יותר משבוע מביצוע הניטור.**

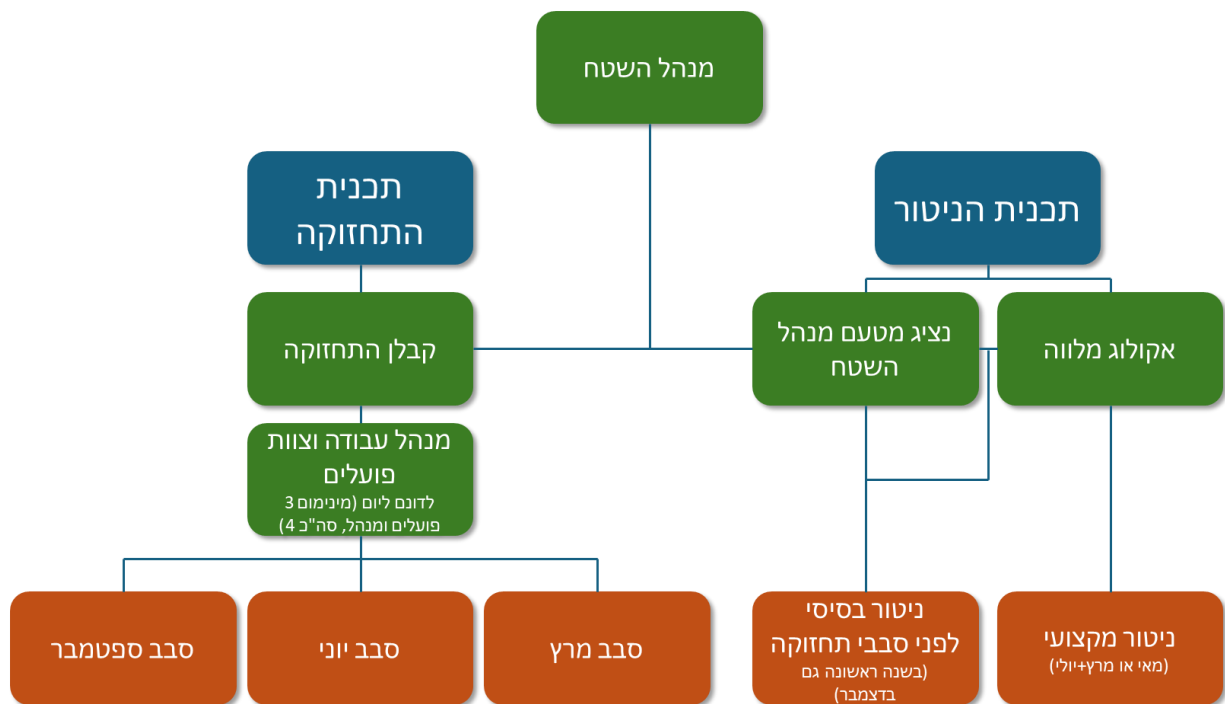
4.2. **תדירות הולכת ופוחתת עם השנים** של סבבי התחזוקה כתלות במצב הצומח בנחל.

4.3. מומלץ כי הירידה במאמץ התחזוקה לא תתבטא בהפחתת מועדי התחזוקה אלא בקיצור משך כל סבב משנה לשנה במידת האפשר.

4.4. **מועדים מומלצים: בחודשים מרץ, מאי, יולי וספטמבר**, כאשר יתכנו שינויים במועדים בהתאם להתפתחות הצומח בנחל לפי ממצאי הניטור.

דגשים לביצוע

1. **כמות הפועלים המומלצת:** כ-4 אנשי צוות לדונם ליום (כ-3 פועלים ומנהל עבודה). יש לדרוש מספר פועלים או ימי עבודה מתאימים ביחס לשטח הנדרש לתחזוקה.
2. יש **חשיבות גבוהה ליכולת זיהוי מיני המטרה לתחזוקה ע"י הפועלים ומנהל העבודה** ולכן חיוני כי הגורם האחראי על הניטור הבסיסי ילווה את ביצוע התחזוקה במהלך יום העבודה הראשון של כל סבב, ככל הנדרש עד להטמעת המופעים השונים של מיני המטרה לתחזוקה בקרב הפועלים.
3. יש **חשיבות לפיקוח על פעולות התחזוקה ותיעוד הביצוע בפועל**, על מנת להבטיח עמידה בהתחייבויות הקבלן לתחזוקה לפי המפרט שנקבע ולאפשר תכנון אדפטיבי של צרכי התחזוקה בהמשך.



איור 20 – סיכום הקשר בין תכנית הניטור לתכנית התחזוקה

סיכום ושאלות שנותרו פתוחות

פרויקט ייצוב גדות הנחלים בצומח היווה אבן דרך חשובה בפיתוח ידע ומתודולוגיות לניהול שטחי הנחלים בארץ בכלל ובאזור החוף בפרט, תוך שימוש בפתרונות מבוססי טבע בגישה אקו-הידרולוגית. הפרויקט סיפק תובנות חשובות בהיבטי התכנון, הביצוע והניטור של ייצוב גדות נחלים בצומח ומהווה מוקד ידע חשוב עבור יזמים שונים בתחום הסדרות ניקוזיות ושיקום הנחלים בארץ, בדגש על נחלי החוף. לצד זאת שאלות רבות נותרו פתוחות בסיום הפרויקט:

היתכנות ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח

1. **באילו תנאים ניתן לייצב את גדות הנחל באמצעות צומח בלבד או באמצעות שילוב של צומח בייצוב קשיח, ובאילו תנאים יש לייצב באמצעים קשיחים בלבד?**

מומלץ לבצע סקר ספרות נרחב לצד ניטור הקשר בין תהליכי סחיפה והשקעה לכיסוי צומח בשלבי התבססות שונים ובנחלים שונים בכדי [לייצב מפתח להתאמת הנחל לייצוב גדות בצומח כתלות במספר גורמים מסבירים](#) (למשל שיפוע אורכי, מהירות זרימת המים בקו המגע עם הגדה, שיפוע גדות, תשתית קרקע, רדיוס הגדה).

התאמת הרכב המינים לבית הגידול

2. **כיצד להגדיר את גבולות בית הגידול הלח באפיק הנחל ולחלק אותו לחגורות לחות בשלב התכנון?**

בהינתן מאפיינים שונים של אפיק הנחל, תתקבל משרעת לחות שונה באפיק. בעת שינוי של חתך הנחל צפוי שינוי גם במשרעת הלחות ולכן התבססות על אפיון חגורות הלחות במצב הקיים אינו מייצג את חגורות הלחות שיווצרו לאחר השינויים בחתך. [באמצעות ניטור במגוון נחלים ניתן יהיה לייצר מפתח לאפיון חגורות הלחות הצפויות להיווצר בהינתן מאפיינים שונים](#).

3. **כיצד להגדיר את חברת הצומח האופיינית לבית הגידול המשמשת להערכת חברת הצומח הקיימת?**

כיום לא קיימת הגדרה מסודרת של רשימות צומח אופייניות בקנה מידה רלוונטי לתכנון הרכב הצומח בבתי הגידול השונים באפיקי נחל שונים. מומלץ לייצר חלוקה של הנחלים השונים למקטעים, ולקבץ מקטעים בעלי מאפיינים דומים תחת הגדרת "טיפוס נחל" אופייני. [עבור כל טיפוס אופייני מומלץ לייצר רשימת מינים אופיינית לבתי גידול פוטנציאליים באפיק וסביבתו](#) על סמך סקרי צומח בעבר ובהווה.

4. **אילו מינים מתאימים לחגורות הלחות השונות בנחלים בעלי מאפיינים שונים מאלו שנסקרו?**

במסגרת הפרויקט נוטרו ארבעה מקטעי נחלים בעלי מאפיינים ייחודיים, אך קיימת שונות גדולה בין מקטעים אלו למקטעים בנחלים אחרים ואף באותם הנחלים. לכן, אין לראות ברשימות המינים שהופקו במסגרת הפרויקט כמינים מומלצים לייצוב גדות בכלל נחלי הארץ. בהמשך לסעיף הקודם, [רשימת המינים האופייניים לטיפוס נחל מסוים תצטרך להתייחס לכל חגורת לחות](#) בפני עצמה.

5. **איזה מיני בר ניתן להגדיר כמינים מייצבים בהתחשב בתכונות נבחרות** (למשל נפח בית השורשים, התאמה לתנאי הלחות בקרקע, סבילות לזרימות בנחל, ועוד)?

6. לפי אילו ערכים של התכונות הנבחרות ניתן להגדיר כי מצב הצימוח של המין מאפשר ייצוב מיטבי של הגדה?

7. מהו משך הזמן הנדרש למינים אלו להגיע לרמת ייצוב מספקת של הגדה?

כיום התאמת המינים לבית הגידול מתבססת בעיקר על מאפיינים אקולוגיים, ללא הגדרה ברורה למאפיינים הנדרשים לטובת ייצוב מיטבי של הגדה. היעדר הגדרות ברורות בתחום זה עלול לפגוע ביעילות פעולות ייצוב הגדות בצומח ואף להביא לתיעדוף מינים שאינם מתאימים לייצוב מיטבי של הגדה על סמך עלות וזמינות בלבד. מומלץ להרחיב את הידע בתחום זה [ולייצר רשימת תכונות המאפיינות מינים מייצבים, לרבות טווחי ערכים של כל תכונה לאפיון מידת התרומה לייצוב הקרקע \(עבור מינים שונים או בשלבי התפתחות שונים של אותו המין\)](#), וכן משך הזמן הנדרש לכל מין עד להגעה למצב האופטימלי לייצוב הגדה.

8. האם ניתן לייצר עדיפות כלכלית (בבחינת שלב הביצוע בלבד) לשימוש במיני בר לייצוב הגדה?

מרבית המינים החקלאיים בהם נעשה כיום שימוש לייצוב גדות נחלים בצומח, למעשה אינם מותאמים לכך מבחינת מאפייני הצימוח ובית השורשים שלהם, ולעיתים אינם מצליחים בייצוב הגדה בעת זרימות חזקות (דוגמת סחירות הקרקע בנחל תבור לאחר זריעת מינים חקלאיים). השימוש במינים אלו לצורך ייצוב גדות נחלים נובע ממספר סיבות עיקריות: זמינות כ"מוצר מדף", עלות נמוכה המאפשרת זריעה בצפיפות גבוהה, שיעור נביטה גבוה וזמן התפתחות קצר של 4-6 שבועות בד"כ. יתכן כי באמצעות שיפור הידע בתחום, לצד הגדלת הזמינות של זרעי מיני בר בעלי שיעור נביטה גבוה וכושר ייצוב גדה בבית הגידול הלח, ניתן יהיה להחליף את השימוש במינים החקלאיים במיני בר המותאמים לבית הגידול. בכך ניתן יהיה להביא לשיפור הן בייצוב הגדה והן בתפקוד המערכת האקולוגית.

התפתחות צומח ספונטנית

9. מה מאפיין את תהליך חילוף החברות בבתי הגידול השונים באפיק הנחל בהינתן התפתחות צומח ספונטנית בלבד, ללא ביצוע זריעות ושתילות בסמוך?

במסגרת הפרויקט, כלל החלקות של התפתחות הצומח הספונטנית נמצאו בסמיכות (מקסימום 30 מ') או במורד לחלקות בהן בוצעה זריעה ו/או שתילה של מינים חקלאיים או מיני בר. לכן, חסרים נתונים בנוגע לאופי התפתחות חברת הצומח באופן ספונטני לאורך השנים באפיק הנחל.

10. מה היקף התחזוקה האדפטיבית (מבוססת ניטור) הנדרשת לקיום חברת צומח מקומית אופיינית לבית הגידול, בהינתן התפתחות צומח ספונטנית?

11. עד כמה מאמץ התחזוקה גדול בהשוואה לזריעה או שתילה של מיני בר או מינים חקלאיים?

בהמשך לסעיף הקודם, לא בוצעה הערכה מהימנה של ההבדלים במאמץ התחזוקה הנדרש בין חלקות שיקום ספונטני לבין חלקות בהן בוצעו זריעות ו/או שתילות. במסגרת הפרויקט הוערכה המסגרת התקציבית הנדרשת עבור שיטות שונות, בהתייחס לשלב הביצוע בלבד. חשוב לציין כי [לאחר הביצוע הראשוני ישנן שנים רבות של תחזוקה צמחית בנחל, ויתכן שעלויות ומאמצי התחזוקה הנדרשים לתמיכה בהתפתחות צומח ספונטנית הופכים את שיטה זו לפחות כדאית מבחינה כלכלית לעומת ביצוע זריעות או שתילות](#).

הכנת השטח

12. באילו תנאים יש לבצע הסרה של שכבת הקרקע העליונה ועד איזה עומק יש לרדת?

במסגרת הפרויקט לא נאספו די נתונים מהימנים בנוגע ליעילות פעולת הסרת שכבת הקרקע העליונה. במקרים בהם בוצעה הסרת קרקע בפרויקט, אופן הביצוע היה לא-מיטבי. בהיעדר ידע מבוסס, פעולה זו מוגדרת כהמלצה היכולה להתפרש גם כ"גחמה" של האקולוג בצוות התכנון. [ראוי להרחיב את הידע בתחום זה על בסיס ניטור בחלקות תצפית בכדי לייצר כלים מוסכמים ומבוססי נתונים להנחיית היזם ומנהל הפרויקט לבצע פעולה זו בעת קיום תנאים נבחרים.](#)

13. באילו תנאים יש לבצע השקיית הנבטה וטיפול במינים הלא-רצויים הנובטים?

בהמשך ובדומה לסעיף הקודם, גם בתחום השקיית הנבטה כחלק מפרוטוקול הטיפול במינים הלא-רצויים בשלב הכנת השטח [יש חשיבות להרחבת הידע על בסיס ניטור.](#)

14. עד כמה תורם פיזור קומפוסט בשטחי הזריעה והשתילה לשיפור הקליטה, ההתבססות וקצב התפתחות הצומח?

15. האם מאפייני הרטבה שונים משפיעים על יעילות הפעולה?

במסגרת השאיפה לצמצום עלויות, יש לבחון את היעילות של כל פעולה בתהליך ייצוב הגדה בצומח. פיזור קומפוסט בשטחי הזריעה והשתילה מבוצע על בסיס ההנחה כי הדבר ישפר את אחוזי הקליטה וההתבססות של המינים השונים ויאפשר צימוח מהיר לצורך הגעה למצב של ייצוב קרקע מיטבי בזמן קצר יותר. עם זאת, הנחה זו מבוססת על ידע מהעולם החקלאי. [יתכן ובתנאים מסוימים בנחל ובהינתן משטר הרטבה מסוים, השפעת פיזור הקומפוסט על הצלחת הזריעות והשתילות משתנה.](#)

זריעות

16. מהו המועד המאוחר ביותר לזריעת מינים חקלאיים שמאפשר יצירת כיסוי צומח מהיר לטובת ייצוב הגדה?

היות ולא בוצע ניטור של הצומח בחודשי החורף, קשה להעריך באיזו מידה הצליחו המינים החקלאיים שנזרעו להתבסס בגדה בכדי לייצב את הקרקע כנדרש. [יתכן וטופ' הסביבה במועד הזריעות המאוחר \(המהווה שיקול מלכתחילה לשימוש במינים חקלאיים\) משפיעה על קצב התפתחות הצומח המוכר מעגף החקלאות \(4-6 שבועות\).](#)

שתילות

17. האם תוספת EM (Effective Microorganisms), או תוספים שווי-ערך, לבורות השתילה מסייעת בקליטה והתבססות של שתילונים?

במסגרת הפרויקט לא בוצעה תוספת EM לחלקות ניטור נבחרות ולכן לא נאספו כלל נתונים בנושא. בהיעדר ידע מבוסס, לא ניתן להעריך את יעילות העשרת הקרקע. [יתכן ותוספת של חומרי הזנה שונים עשויים להאיץ את תהליך ההתבססות של השתילים בקרקע ולקצר את הזמן הנדרש עד לייצוב מיטבי של הקרקע.](#)

השקייה

18. כיצד ניתן להפחית בעלויות ההשקייה (הקמה, מים, תפעול ותחזוקה, פירוק) בפרויקטים של שיקום צומח?
 ידוע כי השקיית קליטה חיונית להתבססות הצומח בגדה, אך היבט ההשקיה בפרויקט מהווה מרכיב יקר התורם להגדלת העלויות של ייצוב הגדה בצומח. [יתכן ובאמצעים שונים ניתן לייצל את עלויות ההשקיה באמצעות ייעול מבנה מערכת ההשקיה, ייעול זמני ההשקיה, הקטנת האזורים המושקים ועוד.](#)

תחזוקת צומח

19. מה הגורמים לפגיעה באיכות התחזוקה בנחל וכיצד ניתן לשפר את המצב?
 יצירת תחזוקה צמחית רציפה הינה החלק המורכב ביותר בפרויקט ולרוב מהווה גורם קריטי להצלחתו. גם במקרים בהם מתבצעת התחזוקה, לרוב היא אינה מספקת באיכותה ובהיקפיה. [מומלץ לייצר בסיס נתונים מבוסס ניטור וראיונות בכדי למפות ולהגדיר את נקודות הכשל ולתת להן מענה לשיפור המצב.](#)

20. מה המסגרת התקציבית הנדרשת בכדי לקיים תחזוקה מיטבית בנחל?
 אף על פי שהתחזוקה מהווה חלק קבוע בפרויקטים של ייצוב גדות בצומח, בפרויקט הנוכחי לא בוצע ניטור עלויות התחזוקה. לכן, [קשה לדעת האם התקצוב שניתן לתחזוקה במסגרת התכנון מספק עבור הפעולות הנדרשות.](#)

מקורות

1. Coolong T., J.C. Diaz-Perez. 2022. Principles of Irrigation and Scheduling for Vegetable Crops in Georgia. The University of Georgia.
2. Elbow River Watershed Partnership, 2024. Riparian Areas. doi:<https://experience.arcgis.com/experience/6f36edb6d53241f9a85f653f0db1c3a8/page/Riparian-Areas/?views=Introduction%2CVegetation-Biodiversity-copy%2CSeasonal-Changes-%28Turbidity%29%2CTotal-Suspended-Solids%2CSeasonal-Changes-%28Total-Organic-Carbon%29%2CSeasonal-Changes-%28TSS%29%2CSeasonal-Changes-%28Nitrogen%29%2CSeasonal-Changes-%28Phosphorus%29>
3. Winward, Alma H. 2000. Monitoring the vegetation resources in riparian areas. RMRS-GTR-47. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
4. אתר המפות הממשלתי, 2024.
5. דופור-דרור ז'אן-מארק 2024. אתר הצמחים הפולשים בישראל. רשות הטבע והגנים.
6. דנין א' ופרגמן-ספיר א'. 2016+. צמחית ישראל וסביבתה. <https://flora.org.il/> [אוחזר: 30/04/2024] https://redlist.parks.org.il/invasive_plants
7. הרלב נ', מורן א'. 2024. דו"ח מסכם לפרויקט ניטור לחות הקרקע בגדת נחל שורק מקטע יבנה. מורן פיתוח וייעוץ, קק"ל - יחידת המדען הראשי, מכון דש"א.
8. ויזל י', פולק ג' וכהן י'. 1982. אקולוגיה של הצומח בארץ ישראל. אוניברסיטת תל-אביב.
9. טמיר ש', וחסין י'. 2025. פרוטוקול דיגום לניטור בוטני בגדות נחלים. מורן פיתוח וייעוץ, מכון דש"א.
10. טמיר ש' ומורן א'. 2022-2024. ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח - נחל שורק. מורן פיתוח וייעוץ, מכון דש"א, רשות נחל וניקוז שורק-לכיש.
11. טמיר ש' ומורן א'. 2022. ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח - נחל גמליאל. מורן פיתוח וייעוץ, מכון דש"א, רשות נחל וניקוז שורק-לכיש.
12. טמיר ש' ומורן א'. 2023-2024. ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח - נחל שפירים. מורן פיתוח וייעוץ, מכון דש"א, רשות ניקוז ונחלים ירקון.
13. כברה ל', חסין י', ורמון א'. 2022-2024. נחל תבור - ייצוב גדות נחלים באמצעות צומח. מכון דש"א, מורן פיתוח וייעוץ, רשות ניקוז ונחלים ירדן דרומי.

דו"חות הפרויקט עליהם מבוסס מסמך תובנות זה, זמינים [באתר מכון דש"א](#).

נספחים

מילון מונחים

צמחי באשה	צמחים רודרליים (ruderal) וסגטליים (segetal)
צמחים המאפיינים בית-גידול מעובד ו/או מושקה (מטעים, שדות, גינות וכד'), בית-גידול מופר ו/או מופרע (שטחי עבודות עפר, שולי כבישים ודרכים, שולי חקלאות, שטחים מרוססים) או בית-גידול לח שהוא גם מופר ו/או מופרע (תעלות מוסדרות, גדות מאגרים, מקורות מים עם רעייה אינטנסיבית, נישות מוצפות בתוך שטחים מופרים וכד').	

הקו הירוק	greenline
הגבול התחתון של חגורת הצומח הראשונה מקו המים בנחל, הנשלטת לרוב ע"י מינים עשבוניים בני-קיימא, לעיתים גם מעוצים. קו זה מייצג את הגבול העליון של האזור המופרע בתדירות גבוהה עקב זרימת המים ואינו מאפשר התבססות של מינים רב-שנתיים באופן מיטבי.	



איור 21 – "הקו הירוק" בגדות שונות של קטע נחל. ההבדלים בגובה הקו הירוק מפני המים נובעים מסחיפה מוגברת של קרקע בגדה הסחיפה (בה הקו הירוק גבוה יותר). מתוך: "Monitoring the vegetation resources in riparian areas" (Winward, 2000).

חגורות לחות

חלוקה של בית הגידול הלח לתת-בתי גידול. החגורות שואפות לבטא באופן מדויק ככל הניתן את השינויים העיקריים במשרעת הלחות בקרקע בבית הגידול הלח ואת השפעתם על הרכב חברת הצומח בגדה.

מורכבות מבנית

מגוון התנאים האביוטיים במרחב הנחל המאפשרים יצירה של נישות אקולוגיות מגוונות. מורכבות מבנית מיטיבה עם המערכת האקולוגית משום שהיא יוצרת עושר של בתי גידול, ולכן יצירתה צריכה לבוא לידי ביטוי כבר בתכנון האקו-הידרולוגי.

שפת הנחל (נקודת המדידה)

קו המגע והגבול בין הגדה למדרון הנחל.

לוח טבלאות, איורים וצילומים

טבלאות

טבלה	כותרת הטבלה	עמוד
1	מאפיינים עיקריים של מקטעי הנחל שנוטרו.	12
2	חלקות הניטור בנחל שורק.	19
3	חלקות הניטור בנחל שפירים, קטע חמד-גנות.	25
4	מקטעים וחלקות הניטור בנחל תבור, קטע איכסל-כביש 65.	28
5	שלביות פרויקט ייצוב גדות נחלים בצומח, מפורט לתתי-שלבים ותוצרים עיקריים.	39-40
--	מערכת האילוצים שמכתיב הטבע לביצוע ייצוב גדות נחלים בצומח.	42
--	גאנט ביצוע מומלץ במקרה של תקציב לתכנון-ביצוע (~שנתיים).	43
--	גאנט ביצוע מומלץ במקרה של תקצוב הביצוע בנפרד מהתכנון (~שנה).	44
6	מנעד גבהים ורוחב מומלצים לתכנון חגורות הצומח בבית הגידול הלח.	49
--	עלויות מוערכות במסגרת שלב הביצוע עבור פתרונות עקרוניים לייצוב הגדות בצומח.	57
--	מינים מומלצים לזריעה ולשתילה.	61-62
7	מינים אינדיקטורים פוטנציאליים לאפיון חגורות לחות בבית הגידול הלח.	70
8	סיכום פרוטוקולים מוצעים לניטור הצומח ותהליכים של סחיפה והשקעה באפיק הנחל.	74
9	פירוט נתונים לאיסוף במהלך ניטור התחזוקה.	75

איורים

איור	פרטי האיור	עמוד
1	קטע נחל שורק שעבר הסדרה במסגרת הפרויקט ומיקום מקטע הניטור.	13
2	קטע נחל גמליאל שעבר הסדרה בין כביש 40 לכביש 42 וסימון מקטע הניטור במסגרת הפרויקט הנוכחי.	14
3	קטע נחל שפירים בתחום הפרויקט.	15
4	אגן נחל תבור וסימון אזור ההתערבות בנחל במסגרת הפרויקט.	16
5	מקטע הניטור בנחל שורק, קטע יער ביל"ו.	19
6	מפת מקטע נחל גמליאל שעבר פעולות הסדרה ומיקומי חלקות הניטור והחתכים.	21
7	מקטעי הניטור בנחל תבור, קטע איכסל-כביש 65.	27
--	מאפיינים הידרולוגיים וגיאומורפולוגיים בהם ניתן לשקול שילוב שימוש באמצעים קשיחים עם ייצוב גדות בצומח.	35
--	אנשי מקצוע נדרשים לייצוב גדות בשלבי הפרויקט השונים - תכנון, ביצוע, ניטור, תחזוקה.	37-38
8	חלוקת גדת נחל לבתי גידול.	45
9	אפיון שדה של חתכי קרקע אנכיים, בבורות בהם הוצבו תחנות ניטור.	46
10	המחשת ההבדלים בין הגדרת בתי הגידול לתכנון הצומח וההנחות בנוגע למצב הלחות בקרקע, לבין המצב בשטח בפועל הן בהיבט הלחות בקרקע והן בהיבט חיגור הצומח.	47
11	דוגמה לביטוי ההתאמה בין חלוקת הגדה לחגורות לחות בשלב התכנון לבין זיהוי חגורות הצומח בגדה עפ"י הרכב המינים שנמצא בחלקת ניטור נבחרת בנחל שורק.	48
12	המחשת המצבים השונים של הלחות בקרקע.	49
13	מיתון וייצוב המדרון באמצעות טרסות וייצוב הקרקע בצמחי בר.	55
14	תהליך גיבוש תכנית ניטור מומלץ לצורך דיוק התכנון המפורט.	64

איור	פרטי האיור	עמוד
15	תכנון מקטעי ניטור וחלקות דיגום מומלצים.	65
16	עזר גרפי להמחשה ויזואלית של כיסויי צומח שונים בתא שטח נתון לצורך הערכת כיסוי הצומח בגדה.	67
17	אמצעים לאיסוף נתוני צומח באמצעות חישה מרחוק, כתלות במטרות ומדדים נדרשים.	71
18	אמצעים לאיסוף נתונים גאומורפולוגיים באמצעות חישה מרחוק, כתלות במטרות ומדדים נדרשים.	73
19	תוצרי ניטור גיאומורפולוגי טכנולוגי במקטע הניטור בנחל שורק.	73
20	סיכום הקשר בין תכנית הניטור לתכנית התחזוקה.	77
21	"הקו הירוק" בגדות שונות של קטע נחל.	83

צילומים

צילום	פרטי הצילום	עמוד
1	מקטע 7 בנחל שורק כשנה לאחר השלמת עבודות העפר וטרם ייצוב הגדות בצומח. מבט צפונה.	17
2	ביצוע השתילות בבית הגידול הלח בנחל גמליאל.	20
3	חלקת הניטור בנחל גמליאל, כחצי שנה לאחר השתילות בבית הגידול הלח.	21
4	נחל שפירים לפני ההסדרה.	22
5	מיתון גדות ויצירת ברמה בגובה כ-2 מ' מבסיס האפיק בנחל שפירים.	23
6	נחל שפירים. מיתון גדות קל, ייצוב בגביונים וזריעת מיני בר בראש הגדה.	23
7	סחיפת קרקע וחלק ממערכת ההשקיה עקב זרימות בנחל שפירים טרם השלמת זריעות לייצוב גדות הנחל בצומח.	24
8	קטע נחל תבור לאחר ההסדרה וייצוב הגדות בצומח	26
9	התחתרות צד ("חירוץ") בגדה שמאל בנחל שורק.	32
10	דיגום גובה של מדרגת סחף בבסיס אפיק נחל שפירים כחלק מסקר גיאומורפולוגי.	32
11	ניטור גיאומורפולוגי עם מאזנת בנחל תבור.	33
12	המחשת אופן העבודה עם המאזנת.	33
13	נחל תבור, יישום שיטות ייצוב שונות בגדת סחיפה	36
14	מחשוף קרקע בחפירה לצורך הטמנת חיישני לחות בגדת נחל שורק, מקטע יער ביל"ו	46
15	התפתחות צומח ספונטנית בנחל תנינים, שלטון מיני באשה ומינים פולשים.	50
16	שתילות בבית הגידול הלח והתפתחות צומח ספונטנית בבית הגידול היובשני בנחל גמליאל.	50
17	זריעה בהתזה בנחל שורק.	51
18	זריעה ידנית בנחל שורק.	51
19	שתילות בנחל שורק.	52
20	שילוב צומח בכיסי קרקע בגביונים בנחל שפירים.	54
21	ייצוב קשיח בגביונים עד לגובה נדרש וייצוב בצומח מעל הגביונים, נחל שפירים.	54
22	שתילת צמחי בר בכיסי קרקע בהידרוטקס, מאגר צחראש.	55
23	סימון אזורי שתילה וזריעה בחלקות ניטור בנחל שורק.	58
24	זריעה בהתזה, שימוש בשבבי עץ ופולימר מגוון.	60
25	זריעה בהתזה בנחל שפירים, שימוש בקש ופולימר ללא גוון בולט.	60