

# גורמים המשפיעים על הקליטה והתפתחות של עצי אלון התבור מועתקים

ניר הר, המחלקה לקרקע ומים, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית, רחובות;  
אזור מנשה-השרון, מרחב מרכז, קק"ל, יקנעם nirh@kkl.org.il  
עמרי בונה, אלי בנישו, שלי בן ישי, פול גינסברג, מיכאל וינברגר, מרחב צפון קק"ל, קריית חיים  
סוהיל זיידאן, אגף הייעור, קק"ל, אשתאול

## תקציר

עץ ומצב שורשיו, נרשם אתר גידולו המקורי וסומן מיקומו המדויק בשטח הנטיעה. מפת סקר הקרקע עם מיקום העצים שימשה בסיס להמשך המעקב. נפרסה מערכת השקיה של טפטוף טמון ונערכו השקיות שבועיות בשילוב עם מספר השקיות הרוויה במהלך הקיץ. בקרה על כמויות ההשקיה נערכה בעזרת סנסימטרים, תוך מעקב על מצב העצים. בשנה הראשונה ניתנו 19 ליטר לעץ ליום בממוצע; בשנה השנייה הכמות גדלה ל-46 ליטר. מתוך עצי אלון התבור שהועתקו אל המדרון, 96% נשארו בחיים בשנה הראשונה, ומרביתם הראו צימוח נמרץ יחסית. הגורמים העיקריים שהשפיעו לחיוב על הקליטה היו מועד העתקה מוקדם, איכות טובה של בית השורשים, מידות קוטר וגובה נמוכות וגזע יחיד לעץ. בתי הגידול בשטח הנטיעה, שהשפיעו לחיוב, הכילו קירטון שאינו חווארי המכוסה נארי וקרקע שאינה עמוקה. בבתי גידול אלה, לאחר חפירת בור הנטיעה, נוצר כיס קרקע על סלע נקבובי יחסית, הדומה בקירוב למבנה של בית הגידול המקורי.

**מילות מפתח (נוספות על מילות הכותרת):** הגליל התחתון, העתקת עצים בוגרים, התאמת בית גידול.

במהלך חורף-אביב 2006 הועתקו על ידי קק"ל 928 עצים בוגרים, מרביתם אלון התבור (838), מסביבת צומת המוביל בגליל התחתון כהכנה להרחבת הצומת, למדרון סמוך המצוי מזרחית לביר אל מכסור. ההעתקה על כל שלביה ותוצאותיה תועדה בפירוט, והנתונים שנאספו שימשו בסיס לניתוח הגורמים שהשפיעו על קליטת העצים ומידת התפתחותם. גיזום העצים לקראת ההעתקה נעשה בתקופת התרדמה, בחודש ינואר 2006; מהלך העקירה, ההובלה, הכנת השטח והנטיעה נערכו במשך כחודש והסתיימו תוך שלבי הבלבול הראשונים בתחילת חודש מארס. סקר מקדים של בתי גידול נערך בשטח המיועד להעתקה כבסיס לתכנון הנטיעה. הוגדרו שמונה יחידות על פי הרכב ומבנה הסלע, הקרקע וחברת הצמחים המקורית. נכללו יחידות של אבן גיר וקרקע טרה רוסה עם צומח עשבוני וכן קירטון המכוסה נארי או קירטון חווארי, עם קרקע רנדזינה וצומח של בני שיח ועד שיחים. מיקום הנטיעות נעשה בהתאם לעקרונות של העתקה לבית גידול הקרוב ככל האפשר בתכונותיו לבית הגידול המקורי, נראות והשתלבות נופית, פגיעה מזערית בשטח ויעילות בעבודה. העצים מוספרו, נרשמו ממדי כל



Fig. 1: Tabor oak trees 3 years after transplanting  
(Photo: Nir Herr)

איור 1: עצי היער באתר הנטיעה כשלוש שנים לאחר ההעתקה (צילום: ניר הר)  
ראה תצלום נוסף בעמ' III (46)



איור 2: העצים באתרם לאחר גיזום מוכנים להעתקה. בחפירה מסביב לעץ נראים השורשים על סלע הקירטון

## מבוא

בתחילת אביב 2006 העתיקה קק"ל עצי יער טבעי מסביבת צומת המוביל, כהכנה להרחבת הצומת, המתוכננת להתבצע בשטח של יער אלון התבור. 928 עצים, רובם המכריע אלון התבור, הועתקו למדרון סמוך, ליד היישוב חנתון, המוכרז כשמורת יער ומיועד ליער נטע אדם על פי תכנית המתאר הארצית 22 ליער ולייעור (איור 3). העתקת מספר כה רב של עצים במהלך אחד יצרה הזדמנות יוצאת מן הכלל ללימוד ולמעקב אחר הגורמים המשפיעים על הקליטה ועל ההתפתחות של העצים המועתקים (איור 1).

בחירת מקטעי השטח, שיועדו לנטיעת העצים המועתקים, נעשתה על פי סקר קרקע שנעזר בניתוח גיאולוגי ובצומח הטבעי. הסקר הצביע על קיומם של כמה בתי גידול באותו מדרון. המיקום המדויק לנטיעה נבחר תוך התייחסות למחשופי הסלע ולהערכת מבנה תת-הקרקע בכל מקום.

**קרקע, סלע וצומח טבעי:** אזור ההעתקה והנטיעה מצוי בחלק הצפון-מזרחי של גבעות אלונים-שפרעם. בתחתית חתך הסלע נחשף קירטון חווארי של תצורת טָקיה (גרינברג, 1962; לוי, 1990; הר, 1998; Sneh et al., 1998). מעליה תצורת תמרת, שחלקה המערבי קירטוני והיא משתנה מזרחה וצפונה לאבן גיר באופן הדרגתי ובדרך של איצבוע. שכבת נארי מכסה את סלעי הקירטון, קרקע רנדזינה חומה על הנארי וטרה רוסה על אבן הגיר (זינגר, 1963; הר, 1998; הר וחוב' 2000; Singer, 2007). יער האלונים (חברת אלון התבור והלבנה הרפואי, זהרי, 1959; אלוני, 1968) גדל על נארי וקירטון המכיל כיסי קרקע שעומקם עד 1.5 מטר ובהם נמצא עיקר השורשים (הר, 1998, 2008) (איור 2). מאגר המים העיקרי נמצא בסלע הקירטון בעל הנקבוביות הנימיות, המים מגיעים במהלך הקיץ בדיפוזיה לכיסי הקרקע ולשורשים. שטחי שיחים ועשבונים באזור מהווים בית גידול יציב, הנמצא בשוויו משקל עם תנאי הקרקע והמים המוגבלים בבית הגידול (הר וספיר, 2006).

## שיטות ומהלך העבודה

**1. סקר קרקע, צומח ובתי גידול:** הסקר נעשה בשטח הנטיעה לצורך איתור הקטעים והנקודות המתאימים ביותר לנטיעה. הוגדרו יחידות שטח המהוות בתי גידול שהתאפיינו בסוג סלע וקרקע, עומק קרקע והרכב צומח הטבעי. שלבי העבודה היו: (א) הגדרת יחידות ומיפוי; (ב) חפירות ניסיון להכרת תכונות תת-הקרקע; (ג) עדכון המידע, תוך כדי חפירת הבורות לנטיעה. יחידות השטח הותוו על גבי אורתופוטו 1:2,500 (איור 3א). תכנון הנטיעה על פי יחידות השטח נעשה על פי שיקולים של התאמת בית הגידול המיטבי לעץ, יעילות בעבודה, שימור ונראות נופית. לאחר תכנון גושי הנטיעה נקבע מיקומו של כל

עץ על פי מערך הסלע, הקרקע והטופוגרפיה במקום; המרחק בין העצים היה כ-12 מטר.

**2. גיזום:** הענפים הראשיים נגזמו עד לגובה של 3-4 מטר (גבוה יחסית, כמענה לרעיית עדרי צאן שצפויה להימשך בשטח ההעתקה). הגיזום נעשה בין ה-1.2.2006 עד ה-10.2.2006, כשבועיים לפני ההעתקה ובתקופת התרדמה, לפי המפרט המקובל (וינברגר וחוב', 2004).

**3. חפירת בורות לעצים:** החפירה נעשתה במחפר כבד ברוחב של 2-3 מטר ובעומק עד 1 מטר. הקרקע הופרדה מהסלע כדי לאפשר בה שימוש בהמשך. בקטעים סלעיים, פתיחת הבור נעשתה בארבעה שלבים: הסרת הקרקע בכף, חציבה בפטיש, פינוי רסק הסלע בכף וסידוק הסלע בתחתית הבור. במהלך החפירה היה חשוב, שגודל הבור לא יגביל את הכנסת הגוש לתוכו בזמן הנטיעה, ומצד שני לא יהיה עמוק מדי עבור עצים קטנים.

**4. העקירה:** נעשתה בין ה-6 בפברואר עד ה-7 במארס, על פי השלבים הבאים: (א) סימון העץ בתווית ממוספרת; (ב) חפירה סביב העץ באמצעות כף מחפרון צרה במרחק של כ-1 מטר מהגזע עד לעומק של כ-1 מטר (איור 2); (ג) החדרת כף רחבה של מחפר (באגר) מתחת לשורשים וניתוקם מהתשתית; (ד) הנפת העץ עם גוש השורשים ממקומו על ידי המחפר אל המשאית ברצועות הרמה (עומס 4 או 10 טון) באורך 6 מטר (של חברת אלצר), תוך הימנעות מפגיעה בקליפת העץ. מצב

**בקרת השקיה:** טנסיומטרים (דגם 20/80 "שעון" של ע.מי.) הוטמנו באביב בשנה השנייה בארבעה עצים, בעומק של 80 ס"מ, בתחתית בורות הנטיעה, בין צינור הטפטוף לשפת הגומה, לצורך מעקב אחר שינויי הרטיבות בקרקע. בקרת נקז: ארבעה עצים הועתקו לאלון הגליל הסמוכה, למכלים של 1 מ"ק עם פתח ניקוז והושקו עד לקבלת נקז קל. כמויות ההשקיה אפשרו הערכה של צריכת העץ היומית במהלך העונה.

**10. פעולות נוספות שנעשו במהלך השנה הראשונה:** ריסוס בקאולין (Surround של חברת לוכסמבורג) על העלווה להפחתת הדיות (בריכוז של 5%, 5 ליטר לעץ) באוגוסט; ריסוס נגד מזיקים, בעיקר ציקדות, כנימות עלה ועש המנהרות, בוורטימק (כצט) בריכוז של 0.1% ביוני; דשן 23-7-23 הוצנע עם הגשם בחודש מארס 2007; ריסוס נגד עשבייה באמיר (Propyzamide+Oxyfluorsin) של רימי 250 גרם לדונם וראונדאפ (Glyphosate של אגן) 2% בנובמבר 2006.

**11. רישום נתונים:** במהלך ההעתיקה ולאחריה נרשמו הנתונים הבאים לגבי כל עץ: יום ההעתיקה, אתר העקירה, איכות השורשים, קיום סלע בשורשים, מספר הגזעים, קוטר וגובה של כל הגזעים, פגיעה בגזע, מספר החיתוכים ומידת הבלבול בהעתיקה. **בשלב הנטיעה** נרשמו: בית הגידול, משבצת קרקע, הגדרות סוג הסלע, סוג הקרקע, עומקה וצבעה, מידת נוכחות הנארי ומידת הנוכחות של מספר בני שיח עיקריים.

**12. סקרי קליטה והתפתחות:** בשנה הראשונה נערכו באביב מדידות קוטר, גובה ולבלוב. סקר הקליטה נערך בסתיו, ב-25-26 בספטמבר ונרשמו בו (דרגות מדד הקליטה מוצגות בסוגריים): עצים יבשים (0), או שלוש דרגות צימוח: (1) חלש: פריצות באורך של עד 30 ס"מ, חלקן יבשות ולא בכל נוף העץ; (2) בינוני: פריצות במרבית העץ, חלקן מעל 30 ס"מ; (3) חזק: צמרת מלאה, פריצות מעל 30 ס"מ. בשנה השנייה נערך סקר בסוף מאי 2007, נרשמו בו דרגות הצימוח ונמדד גובה הצמרת.

**13. ניתוח סטטיסטי:** הנתונים הוצבו בטבלה שכללה 838 שורות של עצי אלון התבור שנספרו בגבעת ההעתיקה, סומנו והכילו נתונים מלאים, ו-34 טורים של המשתנים השונים, חלקם בהגדרות ובצירופים שונים. מרבית הנתונים הם משתנים רציפים (כגון גובה, רוחב, מדדי איכות, מידת נוכחות) וחלקם נתונים בדידים (קטגוריים) (כגון סוג הסלע, הקרקע, המיקום). חלק מהנתונים הוצבו הן כנתונים בדידים והן כנתונים רציפים (למשל, משתנה בדיד של סוג סלע ומשתנה רציף של קשיות סלע). נעשתה גרסיה בצעדים (Stepwise regression) לקבלת מודל רב משתנים מובהק. כמו כן, נבחנו מתאמים בין משתנים ונעשתה השוואת ממוצעים.

גוש השורשים נרשם על פי שלוש דרגות (טוב, בינוני, גרוע). כמו כן, נרשמה נוכחות סלע משמעותי בגוש השורשים. **הובלת העץ למקום הנטיעה** נעשתה במשאיות-מנוף, שניים עד שלושה עצים בהובלה, או במשאיות-רכינה להובלה בשטחים קשים, בזהירות כדי לא לפורר את גוש השורשים.

**5. הנטיעה:** שלב שדרש הקפדה על כמה כללים: (א) דיפון תחתית הבור בקרקע בעובי של כ-15 ס"מ; (ב) פיזור ביוקומפוסט בקר ועופות מועשר במינרלים, 10 ליטר בתחתית הבור ועוד 10 ליטר תוך מילוי הבור; (ג) חביקה של רצועת הרמה בחלק העליון של העץ והורדת גוש השורשים אל הבור בעזרת מחפר או מנוף; (ד) כיסוי כל השורשים על ידי מחפרון (המאפשר תמרון יעיל בשטח), תוך הזרמת מים רציפה בלחץ והכוונת הקרקע אל מתחת ובין השורשים למניעה של הישארות כיסי אוויר. ההזרמה נעשתה ממכליות בעזרת משאבת לחץ וזרנוק, בכמות של כ-500-750 ליטר לעץ. השקיה חוזרת, בעזרת מיכליות, נעשתה תוך יומיים עד שלושה בכמות של 500 ליטר לעץ. משחת עצים (Pencil T [כחול] של רימי) נמרחת בחתכי הגיזום ובפצעים להקטנת נזק מגורמי מחלות וממזיקים ולשיפור ההגלדה. בעצים קטנים נצבעו הגזעים בלובן (של תפזיל) להקטנת נזקים של מכות שמש.

**6. מועד ההעתיקה:** הנטיעה במדרון החלה ב-12 בפברואר 2006 ונמשכה כחודש, עד תחילת מארס. העצים הראשונים שהועברו היו בתרדמה והאחרונים כבר היו בתחילת לבלוב.

**7. סימון העצים ומיפויים:** העצים סומנו בלוחיות עם מספר מזהה ומיקומם נקבע ב-GPS.

**8. לאחר הנטיעה נבנו גומות** במחפרון, בקוטר ממוצע של כ-3-4 מטר, כשהן פתוחות לכיוון מעלה המדרון לצורך קליטת נגר עילי בחורף. גובה התלולית היה 10-20 ס"מ ורוחבה כ-30 ס"מ. עודפי אבן, שברי סלע ואדמה עם רסק סלע לבן פונו באמצעות שופל ומשאיות לאתר מוסדר.

**9. השקיה** נפרסה והוטמנה מערכת טפטוף. סביב כל עץ מוקמו שש טפטפות מווסתות בספיקה של ארבעה ליטר לשעה, במרחק של כ-70 ס"מ מהגזע, כך שירטיבו את גוש השורשים המועתק וחלק מהשטח הטבעי בסמוך לבור. בשנה הראשונה ניתנו בטפטוף במהלך כל הקיץ 150 ליטר לעץ לשבוע בממוצע, והצפה ממיכלית של כ-350 ליטר לעץ, אחת לחמישה שבועות. בשנה השנייה, החל משניים עד שלושה שבועות לאחר הגשם האחרון, ניתנו כמויות דומות בחישוב יומי, בריווח מועדי ההשקיות. בהתאם לבקרת הטנסיומטרים והמכלים (להלן); מאמצע הקיץ של השנה השנייה כמויות ההשקיה הוכפלו בקירוב.

## סקרים ותכנון

### 1. הגדרת בתי הגידול בגבעה ותכנון הנטיעה על פי

#### תוצאות הסקר

הוגדרו שמונה יחידות בהתאם לסוג הסלע והקרקע, עומק הקרקע, מידת חשיפת הנארי וחברות הצומח הטבעי בגבעה שיועדה לנטיעה. מפת השטח והיחידות מוצגים באיורים 3א, 3ב ובטבלה 1. טבלה זו מסכמת את תכונות בתי הגידול שהומלצו לנטיעה. שני המאפיינים העיקריים שהועדפו הם: (א) נוכחות קירטון ונארי, שהם מאפייני בית הגידול המקורי של האלונים; (ב) קרקע עמוקה המאפשרת חפירה קלה יחסית, חיכוך במשאבים והתפשטות שורשים לצדדים.

שיקול נוסף בבחירת המקומות לנטיעה היה השיקול הנופי – הימנעות מפגיעה בקטעי שיחים גדולים ובקטעים עם כיסוי רב של נארי, הכולל צומח טבעי מגוון, שחציבה בו משאירה שבירי סלע לבן בולט.

### 2. בתי הגידול המקוריים של העצים המועתקים ואיכות

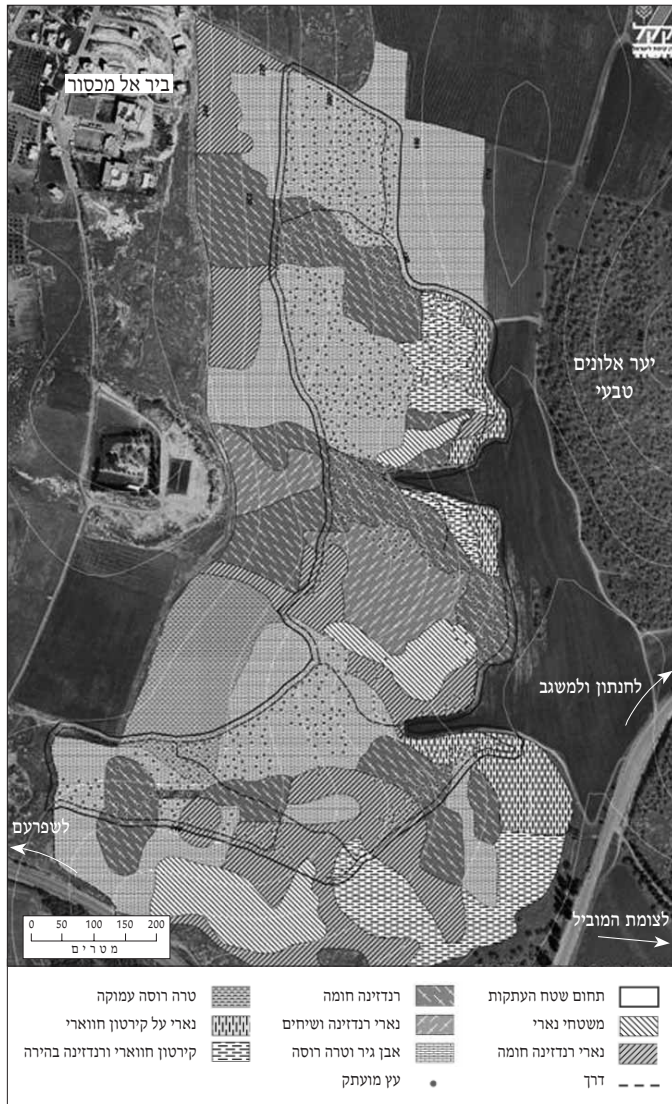
#### השורשים

במהלך ההכנה והוצאת העצים ממקומם נבחנו תנאי הגידול של העצים במקומם הטבעי. הוגדרו שלושה בתי גידול עיקריים: (א) יער אלון התבור על נארי מעל קירטון, שממנו נלקחו מרבית העצים (איור 2). הוא הצטיין בבית שורשים יציב (איכות שורשים טובה לעצים המועתקים); (ב) עצי אלון התבור בגבול חורש אלון מצוי; (ג) יער אלון התבור על קירטון חווארי ונארי פריך, שבו איכות בית השורשים להעתקה הייתה נמוכה במובהק.

## תוצאות ודין

### 1. תוצאות סקרי הקליטה

סיכום הסקרים מוצג בטבלה 2. מרבית העצים שהועתקו הם עצי אלון התבור ורובם המכריע נקלטו והראו צימוח רב יחסית בקיץ הראשון. חלק מהמינים האחרים הועתקו במספרים קטנים, אולם ראויים לציון אלון מצוי, אלה ארץ ישראלית וחרוב מצוי באחוז קליטה גבוה יחסית, אבל בחלקם הצימוח היה חלש. באביב של השנה השנייה לא היה שינוי רב בהערכת הקליטה והצימוח. באלון התבור הייתה תמותה מעטה נוספת, ומצד שני, עלה הצימוח של מספר פרטים שהתבטאה בעיקר בשינוי מדרגת "בינוני" ל"חזק". במיני העצים האחרים הייתה בעיקר הפחתה במידת הקליטה. מספר עצים נראו יבשים בשנה הראשונה והתאוששו בשנה השנייה, בעיקר בצימוח מצוואר השורש (ראה בטבלה 2, למשל בלבנה). המספרים בעמודות השינוי בטבלה מסכמים שינויים לשני הכיוונים בכל אחת מדרגות החיים והצימוח.



איור 3א: מפת שטח ההעתקה במדרון ביר אל מכסור-חנתון

איור 3ב: מיקום יערות המקור (מסומנים כעיגולים) ושטח הנטיעה



**טבלה 1:** בתי הגידול, יתרונותיהם וחסרונותיהם והמלצות לנטיעה

יחידה	תיאור היחידה (וצומח מאפיין)	יתרונות	חסרונות	% מהשטח	% מהעצים המועתקים
<b>יחידות שהומלצו לנטיעה</b>					
אבן גיר וטרה רוסה	טרה רוסה עמוקה יחסית על אבן גיר (קיפודן ועירית)	חפירה קלה, אפשרות של התפשטות השורשים בנפח הקרקע	אין אגירות של מים בסלע	46	50.6
נארי ורנדיזינה חומה	משטחי נארי מפוזרים על פני השטח והמשך נארי מתחת לפני השטח. קרקע רדודה וכיסוני קרקע (אזוב וכתלה)	אגירות של מים בסלע. קרוב למצב של בית הגידול הטבעי	נדרשת חציבה. אפשרות של מחסור בקרקע מקומית	10	6.5
רנדיזינה חומה	קרקע מעל נארי-קירטון. מעט סלע חשוף (אזוב וגעדה)	אגירות מים בסלע. קרקע במידה סבירה, חציבה מעטה. קרוב לבית הגידול הטבעי	כמות הקרקע עלולה עדיין להיות מוגבלת	20	22.6
קירטון חווארי ורנדיזינה בהירה	קרקע רדודה העוברת הדרגתית לסלע קירטון (חווארי רך (אזוב וכלנית)	חפירה קלה במיוחד. אגירות מסוימת של מים בסלע	החוואר עלול להיות בלתי מאוורר בחורף וכמות המים הזמינים מוגבלת בקיץ	4	7.1
<b>סה"כ</b>				80%	86.8%
<b>יחידות שלא הומלצו לנטיעה</b>					
טרה רוסה עמוקה	קרקע עמוקה יחסית, עובדה בעבר. צומח דליל של שברק קוצני וקיפודן	חפירה קלה ומקום להתפשטות שורשים בנפח הקרקע	אין סלע עם אגירות או סדקים לשמירת רטיבות הקרקע		3.46
משטחי נארי	משטחים מוגבהים רציפים (60% כיסוי) וקרקע מעטה (כתלה, זקנן ואזוב)	נפח רב של סלע בעל אגירות רבה	קשה לחציבה. בעל ערך רב לשימור כבית גידול טבעי		1.55
נארי רנדיזינה ושיחים	נארי קירטון נקבובי וכיסוי קרקע רחבים (שיחי קידה ואשחר א"י)	צירוף טוב של סלע וכיסוי. נוח לעבודה וטוב לעצים	בעל ערך רב לשימור כצומח שיחי מול העשבונים ובני השיח שבשאר השטח		3.46
נארי על קירטון חווארי	נארי פריך עם שיחי אשחר וצלף ואלה אטלנטית יחידה בתחתית הגבעה	ייתכן שהתנאים קרובים לבית הגידול של אלון התבור	השטח אינו גדול וראוי לשימור		4.18

## 2. מודל רב־משתנים

המודל המרובה, שהתקבל לאחר שלב של רגרסיה בצעדים, כולל שבעה משתנים המסבירים את מדד הקליטה וההתפתחות של עצי אלון התבור. המודל הכולל (במתאם  $r^2 = 0.08$ ) התקבל במובהקות גבוהה ( $p < 0.0001$ ), הודות למדגם הגדול ( $n = 835$ ) (טבלה 3). כל המשתנים שבתוכו נמצאו מובהקים ברמת ודאות של 95% ( $p = 0.05$ ) או קרוב לכך (טבלה 4). לא נמצאו אינטראקציות מובהקות, כלומר, כל גורם השפיע על הקליטה באופן בלתי תלוי.

## משמעות הגורמים המוצגים במודל

**יום ההעתקה.** עם התקדמות הזמן מתחילת פברואר עד תחילת מארס העצים יצאו מהתרדמה והחל לבלוב וצימוח. בנוסף לכך, חלה התחממות והתגברת ההתאדות. גורמים אלה הקשו על הקליטה. **איכות השורשים** ביטאה בעיקר את יציבות גוש השורשים לאחר העקירה, שנובע מתכונות בית הגידול המקורי (מערכת הסלע והקרקע) והיכולת להוציא גוש שורשים גדול ויציב, מתכונות העץ וממידת ההקפדה בעת ההוצאה וההעמסה. **סלע בשורשים** נמצא ב־33 עצים ונראה

**טבלה 2:** אחוזי העצים החיים ומדדי הקליטה בעצים שהועתקו למדרון הנטיעה בסקר שנערך בסתיו של השנה הראשונה, והשינויים שחלו בסקר שנערך בסוף האביב של השנה השנייה

שינוי בשנה השנייה במספרי העצים				מדד קליטה משוקלל מתוך 3	אחוז העצים החיים	עצים מתים	עצים חיים ע"פ מדד צימוח			מס' עצים כולל	מין העץ
מת	חזק	בינוני	חלש				חזק	בינוני	חלש		
+3	+6	-8	-1	2.70	96.3%	32	705	51	50	838	אלון התבור
+1	-5	+2	+2	2.55	89.7%	3	24	0	2	29	אלה א"י
+1		+1	-2	1.68	78.9%	4	8	2	5	19	חרוב מצוי
+1	-1			2.10	93.3%	1	8	2	5	16	אלון מצוי
-3		-1	+4	1.00	44.4%	5	2	1	1	9	לבנה רפואי
		+1	-1	0.80	20.0%	3	1	0	1	5	עוזרר קוצני
				0	0.00%	1	0	0	0	1	שקד מצוי
		+1	-1	1.00	(100%)	0	0	0	1	1	אשחר א"י
+3	0	-4	+1			49	748	56	65	928	סך הכול

**טבלה 3:** ניתוח שונות

**Table 3:** Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	7	37.35055	5.33579	10.2777
Error	827	429.34825	0.51916	Prob > F
C. Total	834	466.69880		< .0001

ההשפעה המרבית של הגורם מוצג בעמודה הימנית בטבלה. בעץ היפותטי שכל המדדים בו הם בקצה של טווח ההשפעה השלילי, יפחת מדד הקליטה בכ-81% מערכו המרבי. צירוף סטיות התקן עשויות להוריד את המדד ל-0 (כלומר, תמותה). סטיות אקראיות מהמוצע עשויות להתבטא בתמותה או בצימוח נמוך גם כאשר רק חלק מהמשתנים מבטאים השפעה שלילית רבה.

### 3. מתאם בין משתנים בודדים

נבחנו מתאמים (קורלציה  $r$ ) בין כל המשתנים הרציפים לצורך הבנה טובה יותר של הקשר שבין המשתנים השונים, וביניהם לבין שיעור הקליטה. כתוצאה מהמדגם הגדול, כל מתאם של  $r = 0.09$  ומעלה הוא מובהק בוודאות של 99% ( $p < 0.01$ ), ומתאם של 0.07 מובהק בוודאות של 95% (טבלה 5). בחלק מהמקרים הקשר ישיר וברור (למשל, התקדמות הלבול עם הזמן), בחלקם הקשר מקרי, אבל עשוי לרמז על אפשרות של השפעה על התוצאות (למשל, בין יום העתקה לאיכות השורשים, לקוטר ולמשתנים של שטח הנטיעה). בטבלה מוצגים זוגות המשתנים שנמצאו במתאם במובהקות זו.

כבעל משמעות רבה לקליטה. **קוטר וגובה של הגזע הראשון:** הקוטר מבטא את גודל הגזע, והגובה מבטא את גודל הגזע והן את גובה הגיזום לפני ההעתקה. לעץ גדול קשה יותר בדרך כלל להתמודד עם קשיי הקליטה לאחר חיתוך מרבית שורשיו והעברתו לבית גידול חדש. **קוטר הגזע השני:** ב-121 מתוך 835 העצים שנבחנו היה יותר מגזע אחד. עצם קיומו של גזע שני וככל שהיה גדול יותר, הקשה על הקליטה. **עומק הקרקע** הוא רכיב בית הגידול באתר הנטיעה, שנמצא בעל השפעה מובהקת על הקליטה. עומק הקרקע הוא תכונה של בית הגידול, והוא מועט, למשל, בבתי הגידול של סלעי הקירטון. לאחר הנטיעה, בכל הבורות עומק הקרקע דומה, ואילו עומק קרקע מקורי רדוד עשוי לשמש כמדד להשפעה משמעותית יותר של תכונות הסלע. להלן פירוט השפעת המשתנים על דרגת הקליטה על פי כיוון השפעתם וסוג ההשפעה (טבלה 4).

### השפעות הגורמים על הקליטה והצימוח על-פי המודל המרובה:

ממוצע מדד הקליטה בעצים היה 2.70 מתוך המדד המרבי של 3.0. השינוי המרבי של כל אחד מהגורמים מממוצע המדד מוצג בעמודת Scaled Estimate בטבלה 4 ומוצג גרפית. טווח

**טבלה 4:** הגורמים המשפיעים על הקליטה במודל מרובה. מוצגים מידת התוספת או ההפחתה מהמוצא, סטיית התקן, המובהקות וטווח ההשפעה (באחוזים) של כל אחד מהגורמים על הקליטה

Term	Scaled Estimate	Std Error	t Ratio	Pro>[t]	טווח השפעה על הקליטה באחוזים
Intercept	2.701	0.025	108.33	0.0000	
יום העתקה	-0.174	0.050	-2.920	0.0036	11.6%
איכות שורשים	0.094	0.050	1.890	0.0591	6.2%
סלע בשורשים	-0.215	0.066	-3.257	0.0012	14.4%
קוטר 1	-0.229	0.129	-1.767	0.0775	15.3%
גובה 1	-0.210	0.105	-2.007	0.0451	14.0%
קוטר 2	-0.175	0.093	-1.881	0.0603	11.6%
עומק קרקע	-0.124	0.052	-2.385	0.0173	8.3%
					81.4%

הראשונה, כיוון שאין שינוי רב בין תוצאות הסקרים של שתי השנים וקיים מתאם גבוה ביניהם. אולם, הפרש הצימוח נמצא במתאם הפוך לסקר הקליטה הראשון. ייתכן שישנה מגמה של צמצום הבדלים בין מצבם של הפרטים השונים, וצמצום שגידולם התעכב התאוששו וגדלו יותר לאחר שהתבססו. ייתכן, עם זאת, שלא היה צמצום הבדלים, אלא שעצים בדרגת צימוח בינונית עברו למצב של צימוח חזק (טבלה 2 לעיל), ועצים בצימוח חזק המשיכו לצמוח באותו קצב, אך הדבר לא ניכר בתוצאות כיוון שהם הוגדרו כבר בדרגת הצימוח המרבית.

### סיכום ומסקנות

בהעתקת העצים נעשה מאמץ להוציאם ולהעבירם באופן המיטבי ולנטוע את העצים בתנאים שיהיו דומים ככל האפשר לתנאי גידולם המקוריים, תוך פגיעה מזערית בשטח שאליו הועברו. רישום ומעקב של סוגי נתונים רבים אפשר ללמוד ולהבין את הנושא במספר היבטים.

1. מתוך 838 עצי אלון התבור שהועתקו למדרון ביר אל-מכסור-חנתון 96.3% נשארו בחיים בשנה הראשונה, במדד קליטה ממוצע של 2.70 מתוך 3, המבטא צימוח חזק למדי. בשנה השנייה היה שינוי קל בלבד בצימוח ובהירדרות.

2. אמנם תכונות העצים ובתי גידולם המקוריים אינם בשליטתנו ויש לבצע העתקה משטח נתון עם העצים שבו, אבל אפשר להשתמש בידע כדי לשפר את הצלחת ההעתקה:

א. מועד ההעתקה: בהעתקה בתקופה כזו של תחילת הבלבוב, נראה שעצים שהועתקו במועד מאוחר נקלטו בצורה פחות טובה, אם כי ייתכן שהסיבה היא בתי גידול ועצים באיכות

### 4. השפעות הגורמים השונים

**יום ההעתקה:** התקדמות תאריך ההעתקה באביב (ואיתו התקדמות הבלבוב בעצים) התבטאה בהפחתת הקליטה, עד מידה של כ-12% מהערך המרבי של מדד הקליטה. בנוסף לכך, נראה מתאם ברור בין התקדמות המועד לבין עליית קוטר הגזע העיקרי וירידת איכות השורשים, שמקורו באיכות בתי הגידול שנלקחו מהם עצים באותם מועדים.

**איכות השורשים** תרמה 6% לעליית הקליטה. **סלע בשורשים** גרם להפחתה של 14%. איכות השורשים ירדה כשהיה סלע בבית השורשים והייתה גבוהה ככל שגדלו גובה וקוטר הגזע העיקרי. יש לזכור, שלאיכות השורשים ישנה השפעה הפוכה על הקליטה מאשר לקוטר ולגובה; המתאם החיובי שביניהם מחזק את השפעתם הנפרדת.

**קוטר וגובה:** **גזעים עבים, גבוהים ורבים** (יש מתאם חיובי הדוק בין הקוטר לגובה של הגזע העיקרי) גרמו לירידה משמעותית בקליטה (עד 41% בסך הכול). כמו כן, ככל שהגזע העיקרי גדול יותר, כך הגזע השני, אם קיים, קטן.

**תכונות שטח הנטיעה:** עומק הקרקע: קרקע מקורית עמוקה בסביבת הנטיעה מייצגת בתי גידול שבהם הקליטה והצימוח הופחתו בכ-8% מהערך המרבי. עומק הקרקע יורד עם עליית כיסוי הנארי, ועולה עם עליית החוואריות. הקירטון עם הנארי מהווים מאגר מים יציב, כפי שקיים בבית הגידול המקורי של האלונים, בעוד שקרקע ללא סלעים מתייבשת מהר יותר.

**כיסוי כלל צומח בני הקיימא, ובנפרד כיסוי אזוב מצוי, געדה מצויה וכלנית מצויה:** הכיסוי עולה עם עליית הקירטון, הרנדזינה החומה, הנארי והחוואריות ויורד עם עומק הקרקע, אולם לא נמצא במתאם מובהק לקליטה.

**צימוח (והירדרות) בשנה השנייה:** המתאם בין הצימוח לבין המדדים השונים דומה בקירוב לקליטה ולצימוח של השנה





## הבעת תודה

ליערי קק"ל שהיו שותפים בביצוע ההעתקה, בהכוונתה ובסיכומה: יצחק רפאלי, גיל עצמון, אריה עשת, ארקדי לטרמן, אלה מריאש, גרגורי בלום וכליל אדר, ולכל המדריכים והפועלים שהשקיעו עבודה רבה בהתמדה, במסירות ובמימונות. לד"ר גיל אוסם, ממכון וולקני, על הייעוץ בהצגת התוצאות.

## מקורות

- אלוני, ר' (1968). צומח הגליל התחתון. עבודת גמר לתואר מוסמך, המחלקה לבוטניקה, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- גרינברג (גלבע), ג' (1962). הגיאולוגיה של אזור כפר החורש-עילוט. עבודת גמר לתואר מוסמך, המחלקה לגיאולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- הר, נ' (1998). מסלע וקרקע כגורם אקולוגי של תפוצה והתפתחות ביער אלון התבור באזור אלונים-שפרעם. עבודת גמר לתואר מוסמך, הפקולטה לחקלאות ברחובות, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- הר, נ' (2008). מבנה מערכת הקרקע והסלע והדינמיקה של משק המים בבית הגידול כגורמים אקולוגיים עיקריים בתפוצת אלון התבור והאלון המצוי באזור אלונים-מנשה. עבודת דוקטור. הפקולטה לחקלאות ברחובות, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- הר, נ', זינגר, א', ריוב, י' ושש, א' (2000). מסלע וקרקע כגורם אקולוגי ביער אלון התבור באזור אלונים-שפרעם. אקולוגיה וסביבה, 6 (1): 25-42.
- הר, נ' וספיר, ג' (2006). בתה וגריגה על סלעים קרטוניים בלב האזור היס-תיכוני בישראל – שלב בסוקצסיה או בתי גידול יציבים. האגודה הישראלית לאקולוגיה, כנס חיפה 2006. <http://iseeqs.technion.ac.il/Abstracts/198.doc>
- וינברגר, מ', זידאן, ס' וגולן, י' (2004). מפרט לגיזום עצים בוגרים לקראת העתקה. קק"ל, אגף הייעור ומרחב צפון.
- זהרי, מ' (1959). גיאובוטניקה. מהדורה שנייה, הוצאת ספריית פועלים.
- זינגר, א' (1963). סקר קרקע בקנ"מ 1:20,000 גיליון כפר מנדא. מפות כהנה למפת קרקעות ישראל (ש. רביקוביץ, 1970, מדריך ומפה של קרקעות ישראל, הוצאת מגנס). הפקולטה לחקלאות ברחובות, האוניברסיטה העברית בירושלים (לא פורסם).
- לוי, י' (1983). שפרעם – מפה גאולוגית ומפה סטרוקטורלית. הוצאת המכון הגאולוגי.
- Singer, A. (2007). *The soils of Israel*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Sneh, A., Bartov, Y. & Rosensaft, M. (1998). *Geological Map of Israel 1:200,000 Sheet 1 (North)*. Jerusalem: Geological survey of Israel.

- נמוכה יחסית, שהיו בשלבים האחרונים של המבצע. יש להקדים את ההעתקה כך שתסתיים לפני תחילת הבלבוב, ולהתחיל בבתי הגידול שהם פחות איכותיים.
- ג. גוש שורשים באיכות טובה השפיע לחיוב על הקליטה. נראה שכאשר בית הגידול המקורי הוא קירטון רך או חווארי, איכות בית השורשים פוחתת. בסביבה שבה מועתקים עצים רבים עם איכות שורשים נמוכה, יש להשקיע מאמץ מיוחד כדי לשמר את גוש השורשים בשלמותו.
- ג. עצים גדולים, בעלי קוטר וגובה גדולים ובעלי גזע נוסף גדול נקלטו בצורה פחות טובה. יש להשתדל להפנות אותם לחלקות יעד שבית הגידול שבהם משופר ואולי לגזום אותם נמוך יותר ולהפחית את מספר הגזעים.
3. הכרת בתי הגידול בשטח המיועד לנטיעה היא בעלת חשיבות רבה להצלחת הקליטה. כאן יש באפשרותנו להשפיע על ידי הפניית העצים בעיקר לבתי הגידול שצפויים להיות מתאימים יותר. הקליטה הטובה ביותר התקיימה בבורות נטיעה שהקרקע המקורית בהם לא הייתה עמוקה. בתי הגידול שבהם הקליטה הייתה טובה היו במשטחי נארי, בנארי ורנדזינה חומה, וכמה קטעים של אבן גיר וטרה רוסה, אשר עומקם בינוני ובתשתיתם סלע קירטון. בבתי גידול אלה, לאחר שיצרנו כיס קרקע מלאכותי, התקבלה סביבה שקרובה במידה רבה לבית הגידול המקורי של אלון התבור.
- שיקולים נוספים, כמו גיזום גבוה בגלל רעייה בשטח, העדפה של עבודה בקרקע עמוקה יחסית, כדי לייעל ולהוזיל את עלות העבודה וכדי לזרזה עשויים להיות גם בעתיד, אולם יש לקחת בחשבון שייתכן ויגרמו לקליטה נמוכה.
- נתוני הקליטה הם של השנה הראשונה ושל מחצית השנה השנייה. בשלב זה נדרשה הגדלה של ההשקיה בשנה השנייה. יש להמשיך לעקוב ולראות את המשך מגמות הקליטה, ההתבססות והצימוח, ובעיקר, כיצד תהיה ההישרדות וההתפתחות לאחר הפסקת ההשקיה, המתוכננת לחמש שנים לאחר הנטיעה.
- המחקר התבצע בתנאים של מהלך מעשי בשטח, שהכתיב עבודה שיטתית ולא כניסוי מדעי מסודר. אולם, המדגם הגדול ומספר הגורמים הרב שנרשמו בעקביות יצרו בסיס נתונים, שבאמצעות ניתוח מרובה אפשר להבין את הגורמים המשפיעים ולהסיק מסקנות עבור פעולות דומות בעתיד.