

דו"ח לתכנית מחקר מספר 20-07-0043

שנת המחקר: 1 מתוך 3 שנים

פיתוח מערכת תומכת החלטה מבוססת מאגר נתונים רב-שנתיים לאופטימיזציה של דילול חנטי תמרים

Development of a database based decision-support system for the optimization of date thinning

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ע"י

המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי	ד"ר יעל זלצר
המחלקה למדעי עצי פרי, המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי	ד"ר יובל כהן
מו"פ ערבה דרומית ומכון ערבה לאיכות הסביבה	ד"ר נח מוריס
מו"פ ערבה דרומית	אבי סדובסקי
ניהול פרויקטים ופיתוח עסקי, ערדום שירותי תקשוב	מייה נוסינוב (אוונס)
סטודנט תואר שני, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי	*אור ענברי
סטודנט תואר שני, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי	*תמיר אלון
עוזרת מחקר, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי	*נוי שרף
ניהול לקוחות, ערדום שירותי תקשוב	*מיה איל
מו"פ ערבה דרומית	*תמיר טיקוצ'ינסקי

*סטודנטים, מהנדסי מחקר, עובדים זמניים

Yael Salzer, Institute of Agriculture Engineering, Agriculture Research Organization (ARO), Hamakabim

Rd. 68, Rishon-Le'Zion, 7528809 E-mail: salzer@agri.gov.il

Yuval Cohen, Institute of Plant Sciences, Agriculture Research Organization (ARO), Hamakabim Rd. 68,

Rishon-Le'Zion, 7528809 E-mail: vhyuvalc@volcani.agri.gov.il

Noah Morris Southern Arava R&D Eilat Regional Council D.N. Hevel Eilat, 888200, avisad@gmail.com

Avi Sadowsky Southern Arava R&D Eilat Regional Council D.N. Hevel Eilat, 888200, avisad@gmail.com

Maia Nosinow (Evans) Ardom Telecomputing, Municipality Building, D.N. Eilat, 8884000, maia@ardom.net

מעריכים מומלצים לבדיקת הדו"ח המדעי

ד"ר אמוץ חצרוני (גמלאי של מכון וולקני), פרופ' טל אורון גלעד (אוניברסיטת בן גוריון), ד"ר פיני סריג (מו"פ בקעת הירדן),

ד"ר עומר קריין (מו"פ צפון)

הצהרת החוקרת הראשית

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים מהווים אינם מהווים המלצות לחקלאים.

תאריך: 21/6/2022

חתימת החוקרת:

1. תקציר

הצגת הבעיה: אחת ההחלטות החשובות ביותר שעל מגדל התמרים לקבל במהלך העונה היא לקבוע את עוצמת הדילול שתביא ליבול הרצוי. לעוצמת הדילול השפעה על גובה היבול, כמות הפרי, משקלו ואיכותו. מטרת המחקר לפתח ולבסס מערכת תומכת החלטה, המבוססת על שימוש במאגר מידע רב שנתי אזורי בערבה הדרומית, שתאפשר למגדל לתכנן פרוטוקול מושכל ומיטבי לדילול חנטיים במג'הול.

שיטות העבודה: בשלב הראיונות הראשון, בו בוצע מיפוי ראשוני של גורמים משפיעים על החלטות החקלאים, השתתפו שמונה מגדלים. בחלקו השני והמרכזי של המחקר, השתתפו שישה מגדלים. עם כל מגדל התקיימו שלושה מפגשים, לפני סבב דילול ראשון (מרץ-אפריל) לקראת תום הדילול (מאי) ולפני עטיפת האשכולות (יולי). נבחרה חלקה, בה נבחן טיב הדילול ב 4 עצים מייצגים. מייד לאחר סבבי הדילול, ולפני עטיפת הפירות, בצענו שלוש ספירות מדגמיות. במועדי הגדיד, היבול שנגדד מכל עץ נשקל. בכל מועד נדגמו כ 150 פירות לעץ, אשר נשקלו אחד אחד לאומדן גודל הפרי. מגשי הפרי מארבעת העצים הועברו בנפרד לבית האריזה ומוינו למדדי האיכות.

תוצאות עיקריות לתקופת הדו"ח הנדון: מרבית המגדלים מחליטים בעצמם על רמת הדילול בהסתמך על ניסיון העבר והערכת התוצאות שהתקבלו בשנים שעברו. פותח ממשק אשר יציג למגדלים תוצאות שנים קודמות של דילול ויבול פרטניים למשק שלהם ולכלל משקי האיזור.

הגורם המשמעותי המשותף לכל המגדלים הוא יבול המטרה; המגדלים דומים זה לזה ביבול המטרה בהיבט של גודל הפרי, ונבדלים זה מזה בעומס הפרי אותו הם צופים לקבל בסוף העונה. המגדלים שונים זה מזה באופן בו מתארים את פעולת הדילול, ובאופן בו הפעולה מתורגמת להנחיות עבודה. במרבית המשקים בסבבי הדילול (1 ו 2) הדילול לא היה חזק כפי שהמגדל תכנן ודרש מהפועלים, אולם לקראת סבב הספירה ה-3, ככל הנראה בשילוב עם נשירה טבעית, כמות הפרי הנספרת התכנסה לכמות הרצויה אותה תכנן המגדל. המשמעות של תוצאה זו היא שלפחות בעונה זו וגם במשקים בהם נדרשה ספירה מדויקת של סנסנים ופירות, הפועלים לא דייקו בדילול.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: זוהי שנת המחקר הראשונה, השנתיים הבאות ירחיבו את התמונה וההבנה אודות הפער בין המתוכנן למבוצע בפועל, והקשר בין הפער הזה לפער בין היבול הרצוי ליבול המתוכנן.

2. מבוא

אחת ההחלטות החשובות ביותר שעל מגדל התמרים לקבל במהלך העונה היא לקבוע את עוצמת הדילול שתביא ליבול הרצוי. לעוצמת הדילול השפעה על גובה היבול, כמות הפרי, משקלו ואיכותו. דילול חזק מדי (דילול-יתר) יגרום להפסד הכנסה עקב יבול נמוך מהאפשרי. דילול חלש מדי (דילול-חסר) יביא ליבול גבוה מאד, אך עם פרי קטן חסר ערך. בשונה מהחלטות שוטפות אשר מתקבלות באופן יומיומי וניתנות לתיקון במהלך העונה, הדילול הינה פעולה חד כיוונית המתקיימת במועד מוקדם מאוד במהלך מחזור הצמיחה וההבשלה של הפרי, ולא ניתנת לתיקון, ועל כן ההחלטה בדבר עצמת הדילול בעלת משקל רב. המגדל מקבל את ההחלטה בדבר תוכנית הדילול בהתאם לעומס היבול הרצוי בגדיד, על בסיס ניסיונו האישי, גיל העצים, תוצאות העבר של החלקה/מטע, פריחה וחנטה עם תחילת הדילול.

אשכולות התמר על העץ מופיעים בהדרגה ולכן מחולקים לשלושה דורים – עליון אמצעי ותחתון הנבדלים בגודלם ובמועד התפתחותם (העליונים מוקדמים וגדולים והתחתונים מאוחרים בהתפתחותם וקטנים יותר). בכל אשכול כמה עשרות סנסנים

שעל כל אחד כמה עשרות פרחים שלאחר החנטה מתפתחים לחנטים. חלק גדול מהפרחים והחנטים נושרים באופן טבעי לאורך ההתפתחות.

שיטת הדילול הנפוצה ביותר כיום מתבססת על שילוב פעולות - הסרת חלקים מהאשכול (לדג' סילוק המרכז של האשכול) קיצור הסנסן (הסרה של כ-2/3 ממנו), והורדת חלק מהאשכולות של העץ. לדילול שלושה צמתי החלטה: עם תחילת הפריחה והאבקה, לאחר חנטה, ותיקון דילול. בזן המג'הול, יש הקפדה רבה על הדיוק בדילול במטרה להגיע לפרי גדול ואיכותי במיוחד, הפודה מחירים גבוהים, אולם מתברר שלמגדלים שונים יש אסטרטגיות דילול שונות מאוד.

בערבה הדרומית הוקם מאגר מידע לתמרים המכונה "תמריקה" הכולל נתונים מקיפים של תחומי הגידול בחלקות התמר בערבה, ובנוסף את נתוני הפרי בבתי האריזה ואת נתוני הסביבה. מדדים עיקריים שנאספים הקשורים לנושא הדילול הם מועדי תחילת פריחה, מועדי האבקה, הרכב האבקה, שיטת האבקה וכמות האבקה לעץ, מועדי ופרוטוקולי דילול, מספר אשכולות שפרחו ושהופרו לעץ, גודל האשכולות ונתונים על החנטה או על נשירת הפירות וכן נתונים על מועדי הגדיד ועל היבול, גודל ואיכות פרי, לחלקה. הנתונים מתמריקה מאפשרים חקר של החלטות הדילול והשפעתם על תוצאות הגדיד.

3. מטרות המחקר

מטרת המחקר לפתח ולבסס מערכת תומכת החלטה, המבוססת על שימוש במאגר מידע רב שנתי אזורי בערבה הדרומית, שתאפשר למגדל לתכנן פרוטוקול מושכל ומיטבי לדילול חנטים במג'הול. בחלקה האחד של העבודה, נחקר את מודל ההחלטה של החקלאי. בפרט, מה המדדים אשר משפיעים על נוסחת הדילול אשר בחר. על בסיס מדדים אלו ונוסחת הדילול הנבחרת, תוך הבנת השיקולים העומדים לנגד עיניו של המגדל: נפתח מערכת אשר תזמן למגדל את הנתונים הדרושים, בהתאם לכל חלקה, מתוך הנתונים האגורים ב- תמריקה, ובהתבסס על תנאי מזג האוויר ששררו באזור במהלך הפריחה והאבקה. נבנה מודל המסביר את השפעת ההחלטות של החקלאים (נוסחאות הדילול) ביחד עם נתוני מזג האוויר, על היבול ואיכות הפרי, קרי, מודל מהימן הקושר בין החלטה לתוצר. כדי להסביר פערים בין היבול הרצוי ליבול בפועל, נבחן את הקשר בין מדיניות המגדלים לבין ביצוע הדילול למעשה, תוך שימת לב למועד הדילול בפועל.

4. שיטות

4.1. ראיונות עם המגדלים

במחקר השתתפו שמונה מגדלים מומחים (אישה אחת) עם ניסיון של לפחות עשר שנים בגידול תמרים מהזן מג'הול באזור הערבה הדרומית. מפאת מגבלות הקורונה, המפגש והראיון הראשון עם המגדלים התבצע בזום. למגדלים הוצגו השאלות המובנות באמצעות כלי שאלונים דיגיטלי [Qualtrics™](#). השאלות הותאמו לתרחישי החלטות שונים; בסך הכל נכללו בו שבעים וארבע שאלות (ראה נספח 1). כמו כן הוצגו למגדלים שלושה תרחישים אפשריים על איך מידע היסטורי ישנה את תוכניות הדילול (לדוגמא: "אם בשנה אחת אחוז הנשירה גבוה בצורה משמעותית, 20% מעל המצופה, כיצד הדבר ישפיע על החלטת הדילול בשנה שאחרי?"). כחלק מגיוס הידע (knowledge elicitation), המגדלים התבקשו להתייחס למצבים המתוארים, ולהסביר את ההעדפות שלהם. שיפוט השוואתי מהווה אמצעי להערכת מיומנויות המהוות את האינטראקציה המורכבת בין ידע, עמדות, ויכולות מבוססות ביצועים (Kaslow et al., 2007). בסוף הראיון, המגדלים התבקשו לדרג שניים-עשר גורמים, על פי מידת חשיבותם בהחלטות הדילול, כאשר הדירוג מייצג את הידע וההעדפות המצטברות של המומחים (Shadbolt & Smart, 2015).

תשובות המגדלים שהוקלטו בזום עברו תימלול מלא, זאת כדי לאפשר חקר אוצר המילים בהם השתמשו, המעידים על גורמים משפיעים עיקריים, בשיטת bag of words (Rebentisch et al., 2018). מסד הנתונים כלל 30,925 מילים אשר סווגו בעזרת תוכנת [Atlasti](#)™ לחמש קטגוריות:

- עצמי: מילים המעידות על הסתמכות המגדל על עצמו בפתרון בעיות טכניות, עצמאות בבחירת משימות (Rebentisch et al., 2018);
 - עבודת צוות/קבוצתי: מילים בעזרתן המגדל מתאר כי נוהג להתייעץ עם אחרים, ולקחת אחריות משותפת.
 - טכני ו/או חקלאי: התייחסות לפעולת הדילול כשלעצמה (Cohen & Glasner, 2016)
 - תכנון ותזמון: תיאור תכנון כתגובה לאילוצי זמן, שטח, זמינות העובדים וכלי גובה כביטוי לקבלת החלטות (Rebentisch et al., 2018)
 - הערכות ותחזיות: תיאור הסתברות וסיכון על פי הערכת המגדל (Hubbard, 2021)
- מתוך שמונת המרואיינים, שישה מגדלים השתתפו בהמשך בשלבי המחקר הבאים (4.2, 4.3, 4.4).

4.2. תיעוד תוכניות דילול

תיעוד תוכניות הדילול התבצע על פי מבנה השאלון המצורף בנספח א'. המפגש עם המגדלים התקיים שלוש פעמים לכל מגדל, לפני סבב דילול ראשון ושוב לפני סבבי הדילול השני ולקראת עטיפת האשכולות בשקים כחודש וחצי לפני הגדיל.

4.3. בדיקת ביצוע תוכניות דילול

בכל מטע נבחרו לפני תחילת הדילול 4 עצים מייצגים. מיקום המטעים מסומן בתצלום אוויר באיור 1. העצים לא סומנו באופן גלוי, זאת כדי למנוע השפעה של הסימון על טיב הדילול של העובדים במטע. בתום סבב הדילול הראשון בעצים אלה, בתיאום מול המגדל, הגיע צוות המחקר וביצע ספירה מדגמית. בספירה זו נבחרו שני אשכולות לדור בהם הסתיים הדילול. אשכולות אלו סומנו באופן בולט כך שניתן יהיה לחזור אליהם בהמשך. בכל אשכול מדולל נספרו מספר הסנסנים שנותרו. בכל אשכול נבחרו שישה סנסנים אקראיים ובהם נספרו הפירות. מספר האשכולות בהם בוצעה ספירה של סבב ראשון נע בין אחד (בדור עליון) לארבעה (דור ראשון ושני). בגמר הדילול הסופי בעצים אלה חזר הצוות והשלים את הספירה לשישה אשכולות לעץ (שני אשכולות לדור) וכן ספר את מספר האשכולות הסופי לעץ.

4.4. הערכת פרי יבול בפועל

במועדי הגדיד, היבול שנגדד מכל עץ נשקל. מכלל היבול לעץ בכל מועד נדגמו כ 150 פירות, אשר נשקלו אחד אחד לאומדן גודל הפרי. לאחר מכן מגשי הפרי מארבעת העצים נארזו ע"ג משטח שסומן באופן בולט. משטח זה הועבר בנפרד לבית האריזה והוכנס לקירור עמוק. בתום העונה המגשים של כל



איור 1. מיקום ששת המטעים אשר השתתפו במחקר. נספרו פירות מארבעה עצים בכל מטע. במועד הגדיד, נשקל היבול מכל עץ.

חלקה אוחדו ועברו מיון בבית האריזה. בבית האריזה נאספו הפירות מכל הגדידים ואלו מוינו בנפרד על ידי בית האריזה לקבלת נתוני איכויות וכמויות מלאות של הפרי הנגדד.

4.5. הנגשה של נתונים משמעותיים עבור החלטת המגדל

מרבית המגדלים מחליטים בעצמם על רמת הדילול בהסתמך על ניסיון העבר והערכת התוצאות שהתקבלו בשנים שעברו. כדי לסייע למגדלים בקבלת ההחלטה המתאימה ביותר לדילול המטע שלהם, פותח ממשק אשר יציג למגדלים תוצאות שנים קודמות של דילול ויבול פרטניים למשק שלהם וכלליים לכלל משקי האיזור. ראשית, בוצע איפיון דרישות הממשק. לאחר מכן, נבנה מסד נתונים מבוסס על איחוד מספר מקורות שונים. מאחר והנתונים הגיעו ממקורות שונים במבנה לא-אחיד, נדרש סידור ועיבוד מקדים ליצירת טבלת נתונים אחידה הניתנת לעיבוד והצגה; הנתונים אוחדו על פי חוזה, חלקה, שנת גדיד, ממנה נגזר גיל העץ. אב טיפוס לממשק תומך החלטה פותח על פלטפורמטה של POWER BI (שירות תוכנתי המאפשר אנליזת נתונים והמחשורת חזותיות אינטראקטיביות, ©Microsoft). היבול קשור בגיל עץ. כדי שניתן יהיה להשוות מטעים בגילאים שונים פותח מודל עץ מתוקנן לחישוב יבול (ק"ג) לעץ תקן בחלקה במשוואה (1).

$$P_{standard_tree} = \frac{P}{\sum N_{trees,age} \times T_{index}} \quad (1)$$

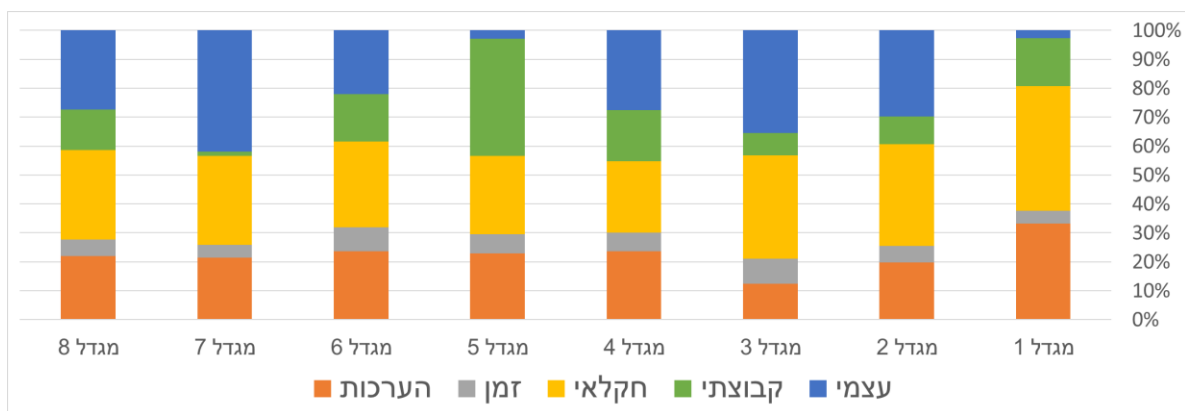
כאשר $N_{trees,age}$ מייצג את מספר העצים במטע בגיל age (שנים), P מייצג את יבול החלקה (ק"ג), T_{index} הוא מקדם יבול, קרי, החלק היחסי של היבול הצפוי לפי גיל העץ (ראו טבלה בנספח ב). לאחר מכן בוצע שלב ראשון של פיתוח ממשק אשר מציג נתוני עבר – את תוצאות הדילול ואת תוצאות הגדיד ברמת המטע, החלקה והעץ המתוקנן.

5. תוצאות

5.1. ראיונות עם המגדלים

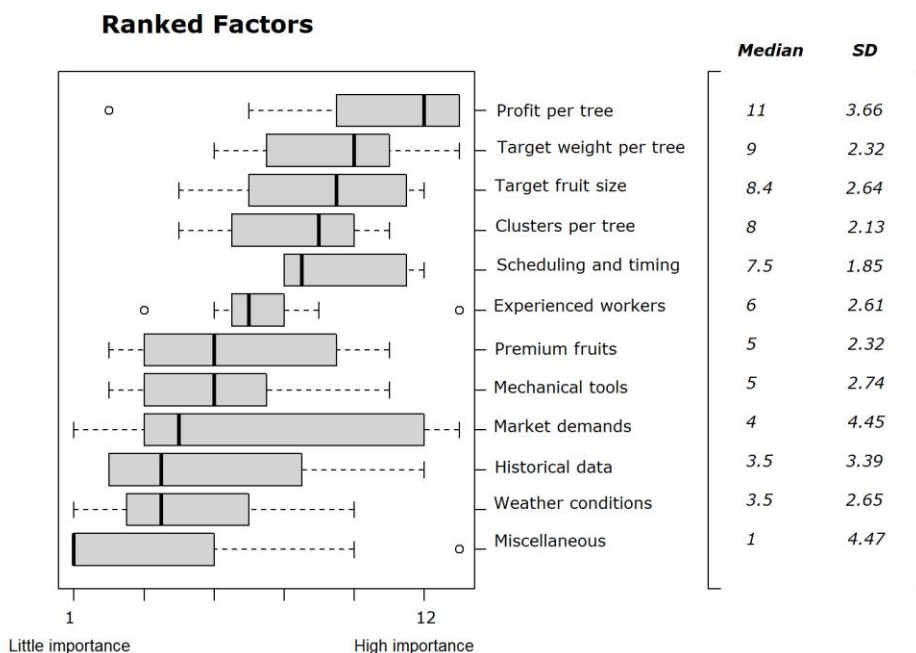
בתהליך גיוס/חילוץ ידע המגדלים נשאלו האם ישנו את תוכנית הדילול שלהם בעקבות נשירת יתר. שלושה מתוך השמונה העידו שכן, הם גם דיווחו כי הם משקיעים דוגמים מספר עצים במטע ומשקיעים כ-25-15 דקות בספירת חנטים וסנסנים בכל אחד, היתר או שאינם מבצעים ספירות חנטים ופירות כלל או מבצעים ספירת אשכולות בלבד. אולם, כאשר נשאלו המגדלים על מידת החשיבות שהם רואים בספירה, חמישה העידו שלספירה חשיבות גבוהה ("הספירות יכולות להתפתח למגמות שיאפשרו כלי ניהול שיעזור בחיזויים"), ורק שלושה חשבו שהפעולה בעלת חשיבות נמוכה ("שנה אחת לא סדירה אינה מנבאת מספיק את אחוזי אובדן הפירות של השנה הבאה"). הסתירה בין המחשבה לביצוע מתיישבת עם טענתם של החוקרים (Fountas, et al., 2006) שהמגדלים מתמודדים עם קשיים רבים בניהול יעיל של כמויות גדולות של נתונים, וכי ייתכן שחסר להם מספיק זמן או כלים או שהם לא ששים להשקיע את הזמן הדרוש כדי לנתח אותם ולפרש את המידע.

ניתוח המילים לפי קבוצות מאפשר למפות מגמות בקרב המגדלים, ככל שיותר מילים מופיעות בקטגוריה – משקלה עבור המגדל גדול יותר. נמצאה שונות קטנה בחלק היחסי של המילים הקשורות בפעילות החקלאית ($M = 26\%$, $SD = 6\%$), הזמן ($M = 1\%$, $SD = 5\%$), וההערכות ($M = 18\%$, $SD = 6\%$) הינו יחסית אחיד בין המגדלים (איור 1). שונות גבוהה ניכרת בין המגדלים בחלוקה בין "העצמי" ($M = 18\%$, $SD = 10\%$) וה"קבוצתי" ($M = 13\%$, $SD = 11\%$). שלושה מתוך שמונה המגדלים מתבססים בעיקר על דעתם (מגדל 1, 6, 7) שלושה מגדלים נוטים לשלב דעות חברי הצוות (1, 3, 5) ושניים מתנהלים בחשיבה צוותית (4, 8).



איור 2. החלק היחסי של מילים על פי קטגוריות (עצמי, קבוצתי, חקלאי, זמן, הערכות) מתוך ראיונות עומק עם שמונה מגדלים שונים בערבה הדרומית.

ניתוח דירוג הגורמים המשפיעים על החלטות הדילול (איור 3) מצביע על כך שהשיקול המרכזי הינו רווח המטרה מהעץ, שנגזר באופן ישיר בעיקר מהמשקל הכולל של הפרי וממשקל הפרי הבודד (הממוצע). לאחר מכן מדורגים גורמים הקשורים באיכות הפרי או בהתנהלות המטע – תזמון פעולות זמינות כוח עבודה ומיכון, ובתחתית הדירוג נתונים הסטוריים ואקלימיים.



איור 3. שמונה מגדלים דרגו 12 היגדים/גורמים, לפי הערכתם עד כמה הם חשובים להחלטות הדילול (12 – חשוב מאוד, 1 – הכי פחות חשוב). הגרפים מציגים את משרעת הדירוגים, התפלגות 50% מהראיונות (באפור) והדירוג הממוצע (קו אנכי שחור). הערכים הממוצעים וסטיות התקן מוצגים בחלקו הימני של האיור.

לכל המגדלים מטרה ברורה משותפת – למקסם את הרווח המתקבל מהעץ, קרי לקבל יבול גדול ככל הניתן עם פרי במשקל עבורו ההכנסה הגבוהה ביותר (פרי לא משולפח, במשקל 19-21 גרם או גבוה יותר). המגדלים עוקבים באופן יזום אחרי ביצועי

העצים שנה אחר שנה (תוצר הפעילות השנתית), אך לרוב אין ביכולתם לשקלל את השפעת גורמי הביניים – רמות חנטה, הנשירה, והשפעות מזג האוויר. הראיונות מעלים שונות רבה בדעות המגדלים "איך וכמה צריך לדלל" וגם "האם יש תועלת בביצוע של ספירות חנטים ופירות". אף על פי כן, המשותף לרובם, הוא שאינם ממהרים לשנות את שיטת הדילול, ומסתמכים לרוב על הידע והנסיון שצברו לאורך השנים.

5.2. תיעוד תוכניות דילול

המגדלים שונים זה מזה מהותית באופן בו הם מתארים את עבודתם. אחרי כל סבב של ספירות ראיינו את המגדלים במטרה להבין את תוכנית הדילול ואת ההוראות שנתנו (שאלון מצורף בנספח א'). התקיימה פגישה עם כל אחד מששת המגדלים בה החוקר והמגדל מלאו יחד טופס אשר אפשר לכמת את תוכנית הדילול. הדיווח התקיים באופן מילולי, ולווה בהסברים אודות התהליך בפועל. לדוגמה בהסבר לגבי דילול בסבב הראשון: מגדל אחד הסביר שהוא "נותן הנחיות להשאיר בדיוק 60 סנסנים ו-20 חנטים לסנסן". לעומת זאת מגדל אחר סירב לכמת את המטרה שלו לפי מספר הסנסנים או מספר החנטים. במקום, הוא הסביר שהוא נותן אותן הנחיות כל שנה וזה עובד טוב. ההנחיה שלו - "להוריד סנסנים מאמצע האשכול אחרי שלוש קומות/דורי סנסנים ואז להשאיר על הסנסן לאחר החיתוך פרחים/חנטים באורך רוחב כף יד- ז"א להשתמש ברוחב היד לסמן איך לחתוך את התפוח (אשכול). תשובה כזאת מצביעה על אסטרטגיה של הערכה גסה של עומס הפרי (בניגוד לעבודה המדויקת שהוצגה למעלה), שמאפשרת עבודה מהירה בהרבה בפעולת הדילול במטע. מבחינת פרוטוקול הדילול. הנחיות כאלה מקשות מאוד על היכולת להשוות באופן כמותי בין מטרת המגדל לבין הביצוע בפועל. הנתונים הכמותיים בדבר כמות האשכולות, הסנסנים והפרחים/חנטים שכל מגדל מתכנן להשאיר על העץ מוצגים באיורים 3 ו 4.

לרוב המגדלים הרחיבו מיוזמתם וסיפקו הסברים מעבר לשאלות הממוקדות של השאלון. היו מהמגדלים שלא הסכימו לענות שאלות במספרים מוחלטים, אלא רק לספק הסבר מילולי לגבי תהליך הדילול. חלק מהתשאלים התבצעו טלפונית, וחלקם בשטח; הוחלט שבשנות המחקר הבאות הבאה, עדיפות ביצוע התשאל לא-בשטח.

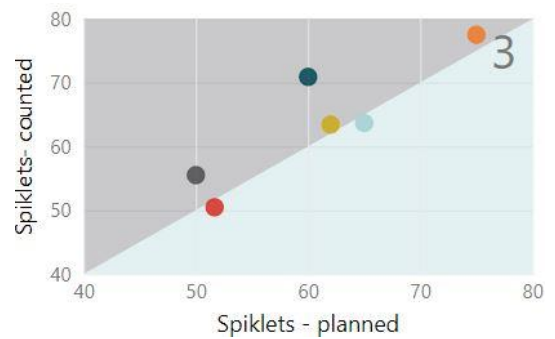
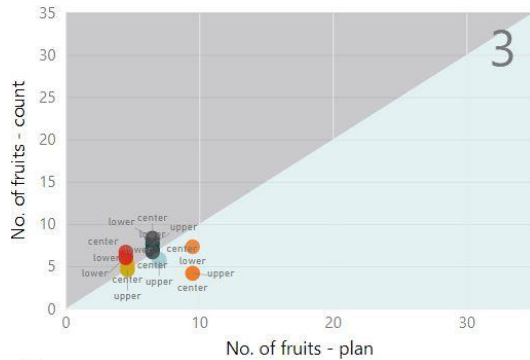
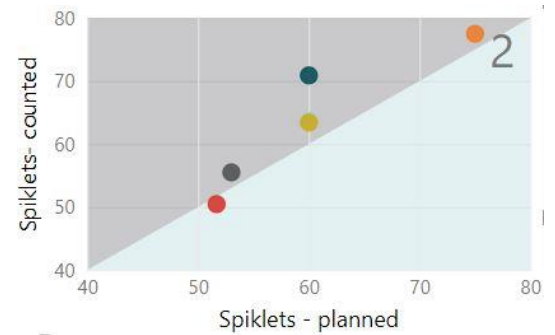
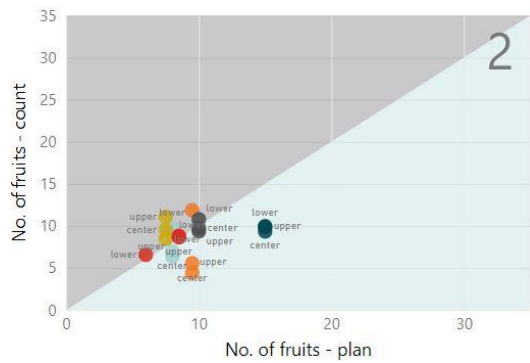
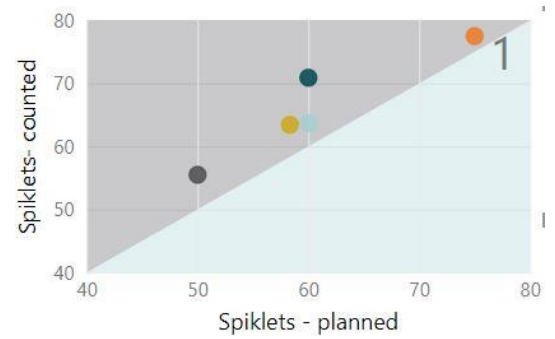
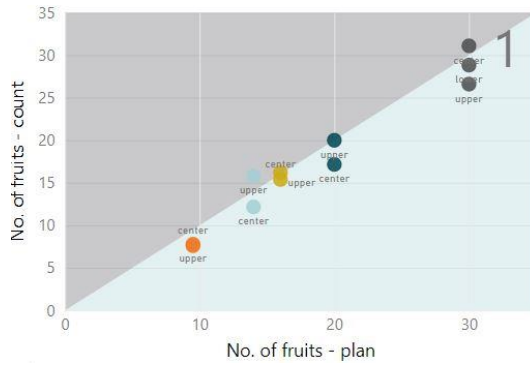
5.3. בדיקת ביצוע תוכניות דילול

צוות המחקר הגיע בכל מועד דילול אל ארבעת עצי הדגימה (N_{trees}). על בסיס הספירות חושב לכל מטע ממוצע אשכולות לעץ ($N_{clusters}$), ממוצע סנסנים לאשכול ($N_{spiklets/cluster}$) וממוצע חנטים לסנסן ($N_{fruitlets/spiklet}$). ניתן להעריך על פי משוואה (2) את מספר הפרות לעץ (Fruit per tree):

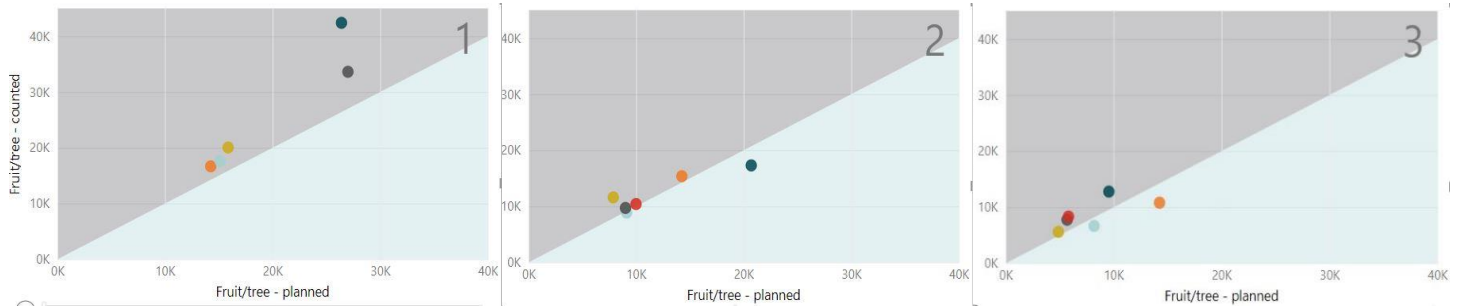
(2)

$$Fruit\ per\ tree = \frac{\sum_{trees} (N_{clusters/tree} \times \bar{N}_{spiklets/cluster} \times \bar{N}_{fruitlets/spiklet})}{N_{trees}}$$

איורים 4-7 מציגים את תוכניות הדילול, כפי שנאספו בסעיף 5.2, אל מול הביצוע הנמדד בשטח. האלכסון הינו קו השיוויון, קרי, כאשר הביצוע שווה לתוכנית. נקודות מעל הקו מייצגות מדידות בהם הספירה גבוהה מהיעד בתוכנית הדילול; נקודות מתחת לקו מייצגות מדידות בהן הספירה קטנה מהמתוכנן. איור 4 מציג את מספר הסנסנים לאשכול, ספורים לאחר דילול אל מול מספר הסנסנים שהתוכנית כיוונה להשאיר לאחר הדילול ואת מספר החנטים לסנסן לאחר דילול אל מול המתוכנן, לפי דור (upper, center, lower), ולפי סבב דילול/ספירה (1,2,3), לכל מגדל (Grower). איור 5 מציג את מספר הפירות הכולל לעץ, לפי משוואה (1), לאחר כל סבב דילול אל מול התוכנית הדילול.



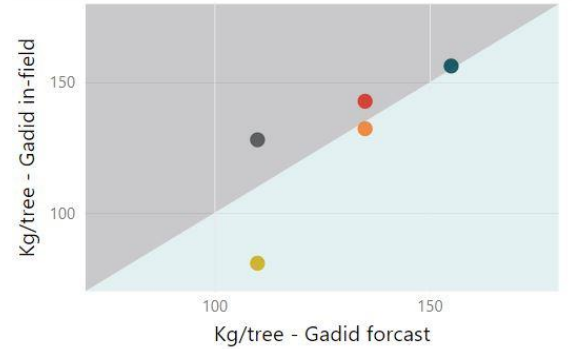
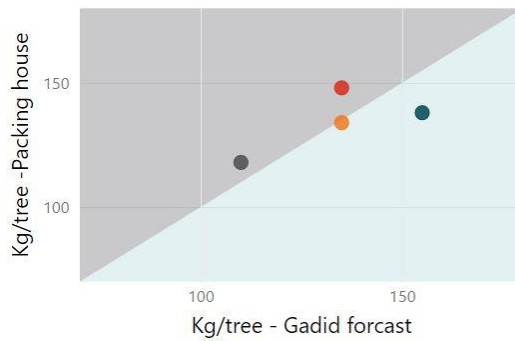
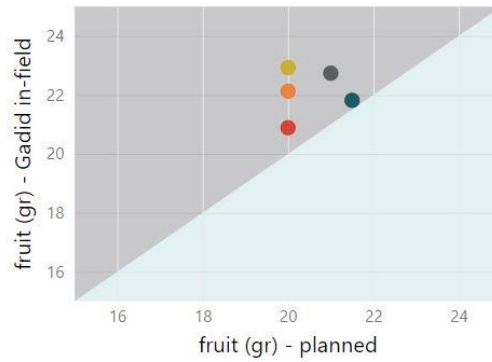
איור 4. השוואת הדילול בפועל ברמת מספר הסנסנים באשכול והחטים לסנסן מול תוכנית הדילול. משמאל: הציר אנכי מציג את מספר חטים לסנסן, ספורים לאחר דילול (no. of fruits – count) אל מול הציר האופקי בו מוצג מספר הסנסנים המתוכננים להשאר לאחר דילול (no. of fruits – plan). מימין: מספר סנסנים הספורים לאחר דילול (Spiklets– counted) אל מול מספר הסנסנים המתוכננים להישאר לאחר דילול (Spiklets – planned). הספירות התבצעו לפי דור (upper, center, lower), בשלושה מועדים (1 – גמר דילול ראשון, 2 – גמר דילול, 3 – לפני כיסוי אשכולות לפני גידוד), לכל מגדל (לכל מגדל משוייך צבע חד-חד ערכי).



איור 5. מספר פירות לעץ, ספירה לעומת תכנון בשלושת מועדי הספירה. השוואת סך הפרי הממוצע הספור לעץ (Fruit/tree - count) אל מול הפרי המתוכנן (Fruit/tree - planned) בשלושה מועדים (1 – גמר דילול ראשון, 2 – גמר דילול, 3 – לפני כיוון אשכולות לפני גידוד), לפי מגדל (לכל מגדל משוייך צבע חד-חד ערכי).

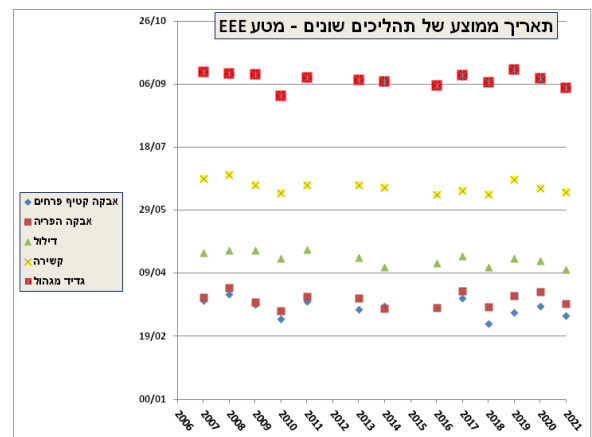
5.4 הערכת פרי ויבול בפועל

ב 2021 כל המגדלים ביצעו רק שני סבבי גידוד. במהלך הגידוד היבול של כל אחד מהעצים נשקל בשטח המטע (in field). כמו כן, בכל גידוד נלקחה דגימה אקראית של כ 150 פרות מכל עץ. פרות הדגימה נשקלו אחד לאחד לקבלת משקל פרי ממוצע והתפלגות הפרי ע"פ משקל בכל סבב גידוד. פירות אלו הוחזרו למשטח. לאחר מכן הפרי נשלח לשקילה בבית האריזה. בתום הגידוד, הפרי שאוחסן בבית האריזה עבר מיון מכונה בגינו התקבלו נתוני איכות (משקל ושילפוח) כמקובל בבית האריזה, ואומדן שקילה של המשטחים מהם חושב משקל יבול ממוצע לעץ (packinghouse).



איור 6. למעלה: משקל פרי ממוצע (gr) מדוד בשטח (ציר אופקי) אל מול צפי משקל פרי ממוצע בעת התשואה (לא היה הבדל בצפי משקל הפרי הממוצע בין תשובות המגדלים בתשאולים השונים). למטה: שקילת יבול עץ ממוצע בבית האריזה (מימין) ובשטח המטע (משמאל) אל מול צפי יבול עץ ממוצע בעת התשואה הראשון.

ככלל, עונת גידול 2021 היתה מאופיינת בטמפרטורות גבוהות בינואר ופברואר. כתוצאה מכך, בשנת 2021 כל שלב הפריחה והחנטה הוקדם ביחס לשנים אחרות, כפי שניתן לראות בתיעוד של מגדלי לוטן באיור 7.



איור 7. מועד ביצוע פעולת גידול (האבקה קטוף פרחים זכריים, האבקה – הפריית עצי הנקבה, דילול, קשירה, גדיד) במטע לפי שנה, על פי תיעוד מגדלי לוטן בכל פעולה מוצג התאריך הראשון בו התחילו את הפעולה במטעי לוטן.

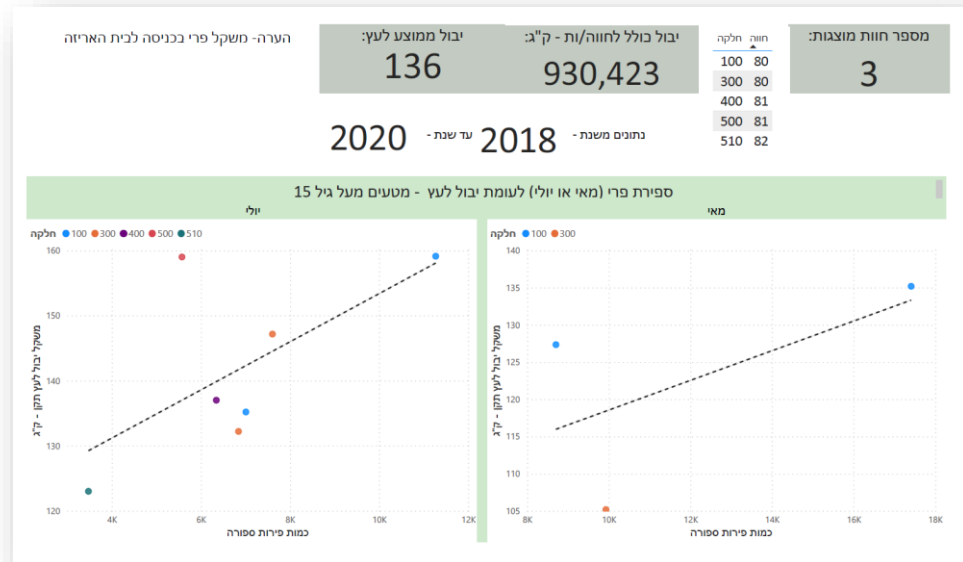
5.5. הנגשה של נתונים משמעותיים עבור החלטת המגדל

בשלב הראשון בוצע איפיון דרישות הממשק. הוגדרו הדרישות הבאות:

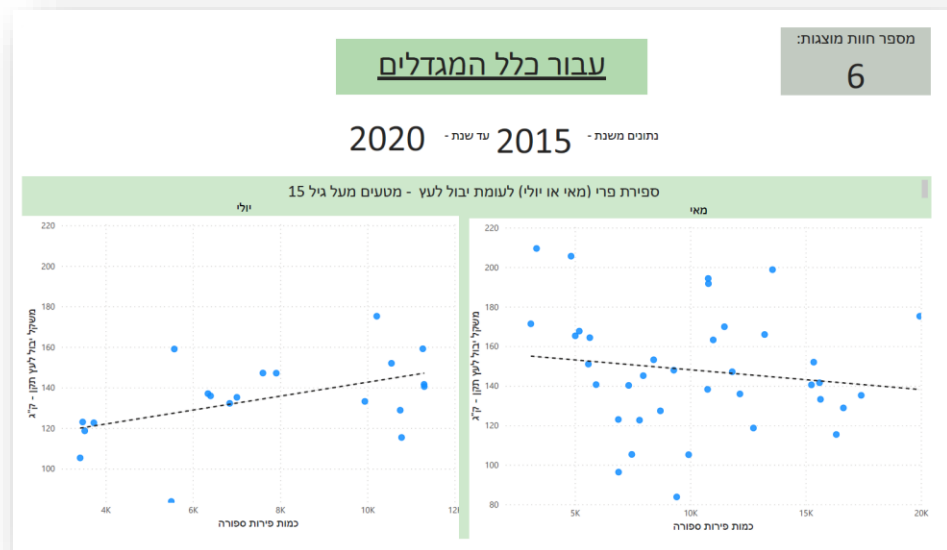
- הצגת נתוני מגדל אישיים בלבד.
- הצגת נתוני מגדל יחיד אל מול שאר המגדלים בצורה אנונימית.
- אפשרויות הצגה לפי חוות / חלקות / שנים ומתן אפשרות לביצוע חיתוכים שונים.
- הצגת הקשר בין כמות פירות ספורה שנשארה על העץ לעומת משקל יבול ממוצע לעץ לאחר ספירת מאי וספירת יולי.
- הצגת התפלגות איכויות (נקרא בעגלת בית האריזה - פרקציות) המתקבלות מבית האריזה.
- הצגת התפלגויות משקלים של גודל פרי ממוצע (בגרם), של רמת השילפוח (היפרדות הציפה מהקליפה של הפרי) ושל יבול גודל פרי ממוצע (בק"ג) בנפרד זה מזה (בשונה מהפרקציות מבית האריזה – שם הנתונים מאוחדים למספר רב של קטגוריות).
- ערך משוקלל של ק"ג פרי לעומת יבול ממוצע לחלקה.

לאחר מכן, נבנה מסד נתונים מבוסס על איחוד נתונים מארבעה מקורות מידע שונים לשנים 2016 ועד 2021 אשר תרומתם הינה (1) איכויות הפרי על פי בית האריזה, (2) איכויות הפרי על פי התפלגות בלתי תלויה של שלפוח וגודל פרי, (3) ספירות פרי לעץ בחודשים מאי ויולי, (4) יבול בגדיד.

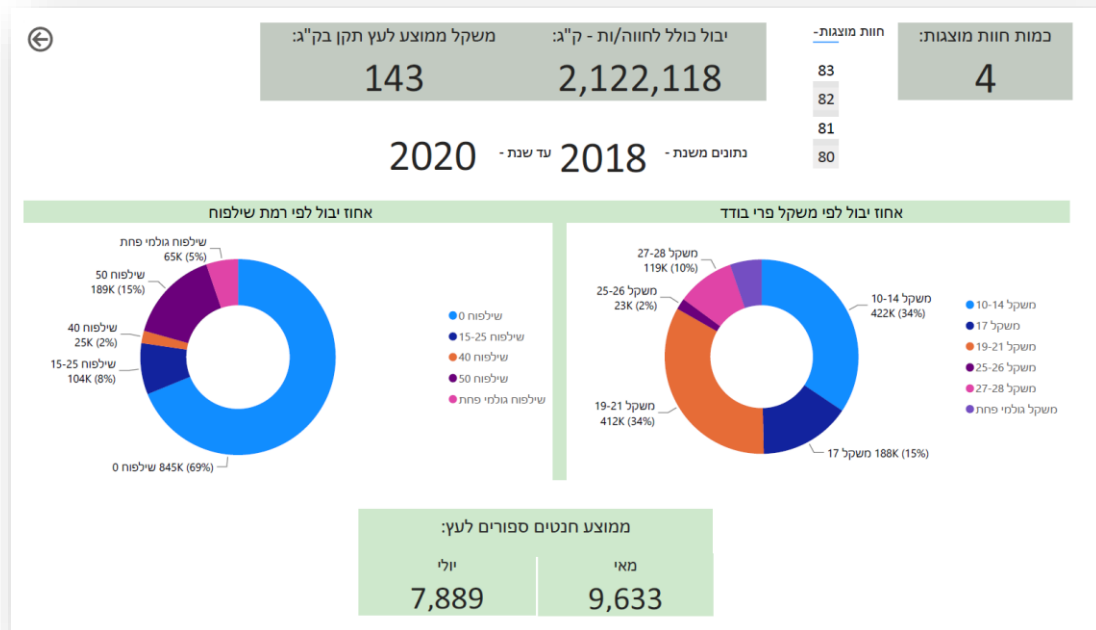
לבסוף פותח ממשק כולל גרפים המציגים את הקשר בין הגורמים: ספירות פרי במאי וביולי, יבול בגדיד ברמת העץ, איכויות פרי על פי בית האריזה, גודל פרי ואחוז שילפוח (לפי פרקציות בית האריזה). סדרת מסכים אחת התמקדה בנתוני המגדל הפרטני המשתמש בממשק (לדוגמא איור 8, איור 10), וסדרת מסכים אחת הציגה את כלל נתוני המגדלים בערבה הדרומית עבורם קיימים נתונים (לדוגמא איור 9). כך שכל מגדל יוכל לראות את נתוני המטע שלו, אך גם לקבל תמונה הכוללת את כל המטעים באזור. ניתן לעבור ממסך למסך בכל עת, ניתן לבחור את פרטי המגדל המשתמש בממשק, ניתן לבחור את החוות בהן רוצה להתמקד ואת השנים אותן רוצה לסקור (במידה ונאסף מידע לתקופה).



איור 8. מסך נתונים ברמת המגדל. למטה: **משקל יבול לעץ תקן בק"ג (ציר אופקי) אל מול ספירות מאי וספירות יולי (כמות פירות ספורה לעץ, בממוצע, על פי נוסחא (1), (בציר אנכי). למעלה: יבול כולל לחווה/ות וחלקה/ות המשוייכות למגדל, תחשיב משקל ממוצע לעץ תקן (ק"ג), עבור תקופה נבחרת.**



איור 9. מסך נתונים של כל המגדלים. משקל יבול לעץ תקן בק"ג (ציר אופקי) אל מול ספירות מאי וספירות יולי (כמות פירות ספורה לעץ, בממוצע, על פי נוסחא (1), (בציר אנכי) עבור תקופה נבחרת.



איור 10. מסך נתונים ברמת המגדל. למטה: ממוצע ספירות מאי וספירות יולי לתקופה (כמות פירות ספורה לעץ, בממוצע, על פי נוסחא (1), בציר אנכי). אמצע: מימין – אחוז יבול לפי משקל פרי בודד. שמאל – אחוז יבול לפי רמת שילפוח. למעלה: יבול כולל לחווה/ות וחלקה/ות המשוייכות למגדל, תחשיב משקל ממוצע לעץ תקן (ק"ג), עבור תקופה נבחרת

6. דיון

אחת ההחלטות החשובות ביותר שעל מגדל התמרים לקבל במהלך העונה היא לקבוע את עוצמת הדילול שתביא ליבול הרצוי מבחינתו. במחקר הנוכחי ראינו שמונה מגדלים כדי ללמוד מה הם הגורמים המשפיעים על החלטה זו. הגורם המשמעותי המשותף לכל המגדלים הוא יבול המטרה; המגדלים דומים זה לזה ביבול המטרה בהיבט של גודל הפרי, ונבדלים זה מזה בעומס הפרי אותו הם צופים לקבל בסוף העונה. המגדלים שונים זה מזה באופן בו מתארים את פעולת הדילול, ובאופן בו הפעולה מתורגמת להנחיות עבודה. יש מגדלים שדורשים דילול מדויק הכולל ספירה והשאת רמת פרי מדויקת ברמת האשכולות מספר הסנסנים באשכול ומספר החנטים לסנסן. ספירות אלו על ידי הפועלים דורשות זמן רב. מנגד, מגדלים אחרים מציבים תוכניות כלליות ודורשים דילול מהיר בקיצור האשכולות והוצאת מרכזם, על חשבון הדיוק. בשלב זה של המחקר אין בידינו מספיק נתונים כדי להעריך את השונות המתקבלת בשתי גישות העבודה בדילול עצמו ואת ההבדלים המתקבלים בין התוכנית לביצוע בפועל. בנוסף, שלא במסגרת תוכנית זו, יש כמובן להעריך את השפעות הגישות השונות על הזמן הנדרש לדילול עץ ועל עלותו.

שש חוות השתתפו בחלקו המרכזי של המחקר, בהן נאסף מידע אודות תוכנית הדילול ושינויים בה במהלך העונה ומעקב אחר ביצועה על ידי ספירות פרי בשלושה המועדים – במרץ אחר גמר הדילול הראשון, במאי אחרי תום הדילול על פי הגדרת המגדל, ובמהלך יולי, אחרי "נשירת יוני" וכחודש וחצי לפני הגדיד. ניתן לראות כי במרבית המשקים בסבבי הדילול (1 ו 2) הדילול לא היה חזק כפי שהמגדל תכנן ודרש מהפועלים, אולם לקראת סבב הספירה ה-3, ככל הנראה בשילוב עם נשירה טבעית, כמות

הפרי הנספרת התכנסה לכמות הרצוייה אותה תכנן המגדל. המשמעות של תוצאה זו היא שלפחות בעונה זו וגם במשקים בהם נדרשה ספירה מדויקת של סנסנים ופירות, הפועלים לא דייקו בדילול. בנוסף, נראה שהמגדלים העריכו בחסר את רמת הנשירה הטבעית המתקבלת אחר שלב הדילול ובעיקר בשלב "נשירת יוני".

במהלך הגדיל, נאספו נתוני יבול – גודל פרי, עומס פרי על העץ – ממדידות שהתבצעו במטע, אליהם התווספו נתוני איכות היבול לאחר מיון בית האריזה. כאמור, זוהי שנת המחקר הראשונה, השנתיים הבאות ירחיבו את התמונה וההבנה אודות הפער בין המתוכנן למבוצע בפועל, והקשר בין הפער הזה לפער בין היבול הרצוי ליבול המתוכנן. בראיה רב שנתית, ואם הצטברות נתונים, ניתן יהיה ליחס גם השפעות אקלימיות (פריחה מוקדמת, טמפרטורה בפריחה ובחנטה, חמסינים) על רמות הנשירה בפועל ולשקלל אותם בכלי המפותח למגדלים.

תשאול המגדלים העלה כי לרב המגדלים אינם ממהרים לשנות את שיטת עבודתם, ומסתמכים לרב על הידע והנסיון הפרטי שצברו לאורך השנים. במסגרת המחקר הנוכחי בוצע תהליך סדור של איפיון ממשק אשר יספק למגדלים מידע היסטורי אודות עבודתם כמו גם נתונים (אנונימיים) של המגדלים האחרים באזור. לשם כך אוחדו מספר מסדי נתונים ונוצרו משתנים חדשים (הפרדת שילפוח וגודל פרי למדדים נפרדים, הגדרת משקל עץ מתוקן לגיל). בשנת המחקר השניה יוצג הממשק למגדלים ותבחן השפעתו על החלטותיהם.

7. מקורות

- Cohen, Y., & Glasner, B. (2016). Date Palm Status and Perspective in Israel. In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Date Palm Genetic Resources and Utilization. Volume 2: Asia and Europe*. Springer, Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9707-8>
- Hubbard, D. W. (2021). The Failure of Risk Management. In *European University Institute*. John Wiley & Sons, Inc. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=PT%0Ahttp://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012PC0011:pt:NOT>
- Kaslow, N. J., Rubin, N. J., Bebeau, M. J., Leigh, I. W., Lichtenberg, J. W., Nelson, P. D., Portnoy, S. M., & Smith, I. L. (2007). Guiding Principles and Recommendations for the Assessment of Competence. *Professional Psychology: Research and Practice*, 38(5), 441–451. <https://doi.org/10.1037/0735-7028.38.5.441>
- Rebentisch, E., Schuh, G., Dölle, C., Mattern, C., & Abel, H. (2018). Defining agile culture using topic modelling. *Proceedings of International Design Conference, DESIGN*, 5, 2111–2120. <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0394>
- Shadbolt, N. R., & Smart, P. R. (2015). Knowledge Elicitation : Methods , Tools and Techniques. In *Evaluation of Human Work*. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(91\)90014-9](https://doi.org/10.1016/0003-6870(91)90014-9)

8. נספח א' – טופס תיעוד תוכניות דילול

תוכנית מחקר: 20-07-0043 מדען ראשי: מנחם הקליאט

תשאלו מגדל/ מנהל צוות בעת סבב דילול	
מגדל/ מנהל צוות בשטח	
מטע	
חלקה	
סבב דילול	ראשון / שני / תיקונים / לפני קשירה
תאריך	
חוקר/ת	

תוכנית דילול	
מה תוכנית הדילול שלך בסבב הנוכחי? (תיאור אופן הדילול)	
מה ההנחיות שנתת לפועלים לביצוע היום?	
כמה אשכולות את/ה משאיר על העץ? כמה אשכולות נשרו מאז הסבב הקודם? (במידה וסבב שני או תיקון) כמה סנסכים אמורים להשאר לכל אשכול? כמה חנטיים/פירות אמורים להשאר לכל סנס?	

מטרות יבול	
מה מטרות היבול שלך. משקל לעץ?	
מה מטרות היבול שלך. משקל ממוצע לפרי?	
מה מטרות היבול שלך. במונחים של התפלגות גודל פרי רצויה. לחלקה?	
מה הערכת אחוז הנשירה שלך עד לגיד?	

שאלות עבור סבב שני או סבב תיקון	
מה הערכת ההצלחה שלך את סבב הדילול הקודם, במונחים של <u>אשכולות</u> שנשארו?	
מה הערכת ההצלחה שלך את סבב הדילול הקודם, במונחים של <u>פירות</u> שנשארו?	

הערות נוספות?	
מג אוויר / אחר	

9. נספח ב' – טבלת תיקנון יבול לעץ לפי גיל

גיל העץ (שנים)	יבוץ צפוי (ק"ג)	יחסי לעץ בוגר (גיל 19 ומעלה)
4	10	7%
5	20	13%
6	30	20%
7	40	27%
8	50	33%
9	60	40%
10	70	47%
11	80	53%
12	90	60%
13	100	67%
14	110	73%
15	120	80%
16	125	83%
17	130	87%
18	140	93%
19	150	100%