

שם התכנית: מחקר ופיתוח פרוטוקול עבודה בקטיף תפוחים באמצעות במות ממוכנות
לשם הגדלת תפוקות וצמצום עלויות בענף התפוח
חוקרת ראשית: ד"ר יעל זלצר

השתתפו בתצפיות ואיסוף הנתונים הסטודנטים **אבי אוחיון, נריה אבידן, אלכס קינבה, אלון ספירה, שלמה קלנטרוב, אלעד גרוס**, הלומדים לתואר ראשון בהנדסת תעשייה וניהול באוניברסיטת אריאל שבשומרון.

תוכן עניינים	
1.....	תוכן עניינים
2.....	רקע ותאור הבעיה
2.....	מטרת התכנית
2.....	מועד תחילת וסיום המחקר - 2018
2.....	שלב המו"פ - מחקר
2.....	מהלך המחקר ושיטות העבודה
2.....	תוצאות
2.....	חלק א'
2.....	זמן מילוי מיכל ממוצע
3.....	חלוקת זמן על פי תפקיד
3.....	מסקנות ביניים ומחקר המשך
5.....	תפוקה מנורמלת וקצב עבודה
5.....	מסקנות ביניים
6.....	איכות הפרי
6.....	מסקנת ביניים ומחקר המשך
8.....	חלק ב'
8.....	מסקנת ביניים ומחקר המשך
10.....	חלק ג'

רקע ותאור הבעיה

בדומה לשאר העולם, מגדלי התפוחים בישראל מתמודדים עם קשיים הנובעים מזמינות נמוכה של עובדי קטיף ועלותם הגבוהה ביחס לתפוקה. עלות קטיף מיכל פרי קבועה וגבוהה, ויכולת המנהל להגדיל תפוקה הינה רק על ידי תוספת עובדים אשר מלכתחילה פחות זמינים במועדי הקטיף; זמינות שהולכת ומצטמצמת לאורך השנים. באופן מסורתי, קטיף תפוחים מבוצע באופן ידני, כאשר הקוטף קוטף את כל העץ חלקו מהקרקע וחלקו בעזרת סולם. המגמה העולמית להוזלת עבודת הקטיף נוטה לכיוון פתרון בדמות שילוב של מערכת במה ממוכנת תומכת קטיף. הבמות הממוכנות מחליפות את הסולם, ובכך מאפשרות לאדם אחד או יותר לעמוד ביציבות ובבטחה בגובה הפרי על העץ, ומצמצמות את הסיכון והזמן הכרוכים בהצבת הסולם, העלייה והירידה ממנו. נכון להיום קיימות בישראל במות קטיף ממוכנות ספורות והטמעתן חלקית ביותר. לא קיים אומדן בגין הכדאיות של השימוש בהן, וחסר ידע מה תהיה צורת עבודה יעילה.

מטרת התכנית: לחקור ולפתח שיטות עבודה, אשר יביאו להגדלת תפוקות בקטיף תפוחים והקטנת פגיעות בפרי, במטרה לוודא שמהלך הכנסת במות העבודה מצדיק את ההשקעה ועומד בציפיות של משתמשי הבמות בהווה ובעתיד.

מועד תחילת וסיום המחקר - 2018

שלב המו"פ - מחקר

מהלך המחקר ושיטות העבודה

חלק א'. בעת עונת הקטיף (ספטמבר 2018) בוצע חקר זמני עבודה של קטיף במטעי תפוח באורטל, רמת הגולן אשר להם במות קטיף. נמדדו זמני פעולות הקוטף הבודד ע"פ מיקומו על המכונה: א. קרקע, ב. עמדה קדמית על גבי הבמה, ג. עמדה אחורית; נמדדו זמני פעולות ואלמנטים בעבודת הקוטף: זמן קטיף, זמני הנעת הפרי עד הנחתו במסוע, זמן טיפול בכשלים במערכת (אשר מפחיתים את היעילות), וזמני בטלה (בשל החלפת מיכל תלוי שיטות הזנה שונות, או בשל תלות בתפקודי אנשי הצוות האחרים). נבחנו היבטים של יעילות תהליך ניהול הצוות שעל הבמה ופעולות. נבנו שני זני תפוח, זהוב המאופיין בקטיף כולל, וסטריקנג המאופיין בקטיף סלקטיבי. המדידות נלקחו משני צוותים, צוות ישראליים אשר עבד על במת N.Blosi אשר לה במה אחת משותפת. צוות תאילנדים אשר עבד על במת Frumaco, אשר לה 4 במות עצמאיות נפרדות. נאספו דגימות איכות מהשלבים השונים של הסעת התפוח, החל מקטיפתו ועד הגעתו בארגז במשטח העמסה. **חלק ב'.** בחלקו השני של הניסוי, אשר נערך בנובמבר 2018, בעת קטיף תפוח סאן-דאונר, נאספו מדדי תפוקה- לדקה מהצוותים על שתי הבמות, כאשר המשתנה הבלתי תלוי הינו מבנה הצוות. **חלק ג'.** בעת התצפיות נאספו רשמים אודות יעילות פעילות הצוותים על המכונות. רשמים אלו וההמלצות הנגזרות מהן מפורטות בחלק זה.

תוצאות

חלק א'

זמן מילוי מיכל ממוצע

נמדד זמן מילוי מיכל על פי זן התפוח, והאוכלוסייה.

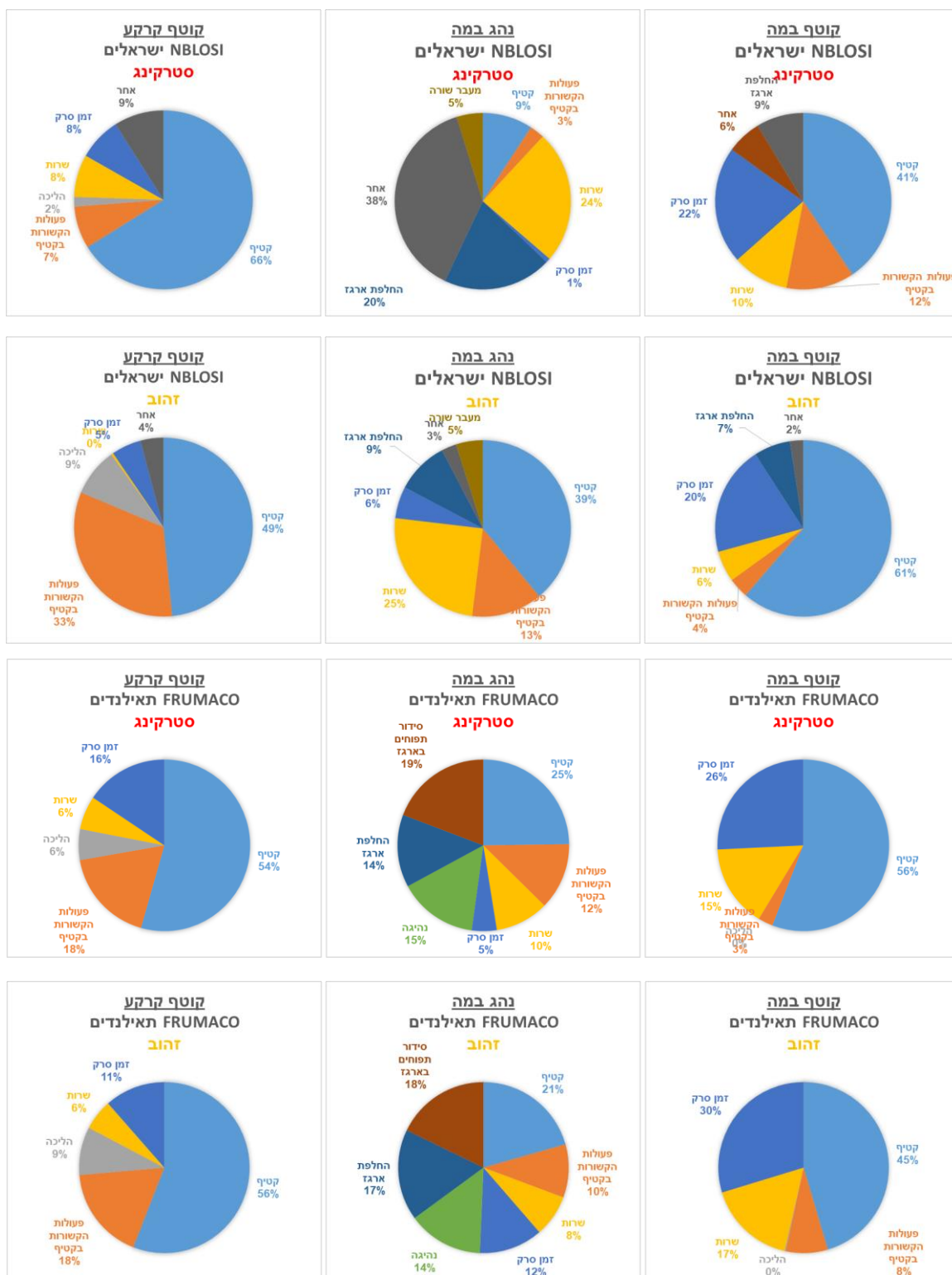
אוכלוסייה/מכונה	קטיף	זמן מילוי למיכל (ממוצע) דקות
תאילנדים Frumaco	זהוב	15.4
	סטריקנג	20.2
ישראלים N.Blosi	זהוב	22.51
	סטריקנג	26.3

חלוקת זמן על פי תפקיד

חלוקת הזמן של קוטף על פי תפקידו על הבמה (איור 1). החלק היחסי של זמן ה**שרות** של הנהג גבוה, שכן הוא זה שמטפל בהחלפת מיכל ותיקון תקלות. ניתן להניח כי הדבר משפיע פחות על קוטף הקרקע אשר יכול להמשיך ולקטוף גם כאשר המכונה לא זזה, ויותר על פעילות קוטף הבמה. שכן, ניתן לראות כי **זמן הסרק** של קוטף במה גדול באופן משמעותי מזה של קוטף הקרקע והנהג.

מסקנות ביניים ומחקר המשך

יעילות של קוטף הבמה הינה הנמוכה ביותר וניתן להניח כי היא תלויה במידה רבה במספר גורמים כגון פערי הגובה בין הקרקע לבין הבמה, מיקום הקוטף כקדמי או אחורי, פערי הגובה בין הקדמי לאחורי (Frumaco), ובעומס הפרי ואופן פיזורו על העצים (מוכתב על פי זן, סוג קטיף).
במחקר המשך יש לבחון את תפוקת ויעילות קוטף הבמה (הקדמי ו האחורי) ותפוקת הצוות, עבור רמות חפיפה משתנות, וזני פרי שונים.



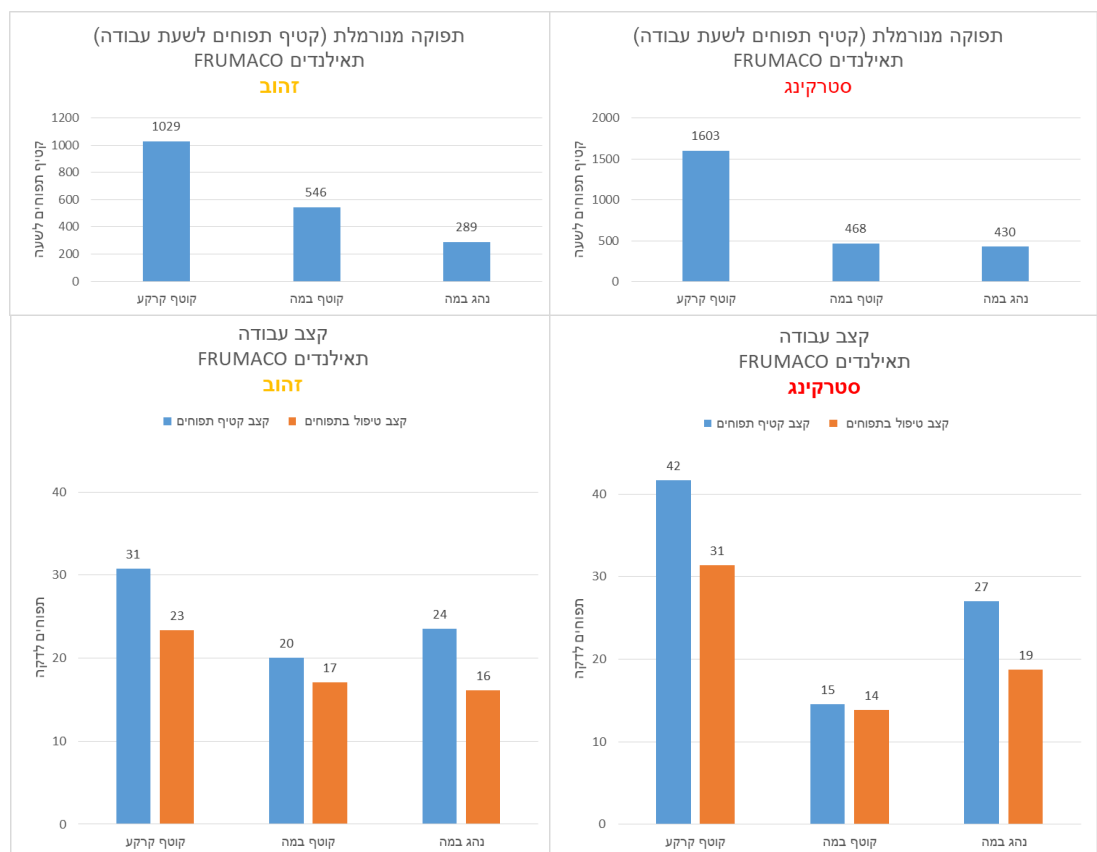
איור 1 – חלוקת זמן על פי תפקיד (קוטף במה, נהג במה, קוטף קרקע), עבור מכונת NBLOSI (שתי שורות עליונות) ומכונת Frumaco (שתי שורות תחתונות) בקטף סטרקינג (שורות 1 ו 3) וקטף זהוב (שורות 2 ו 4).

תפוקה מנורמלת וקצב עבודה

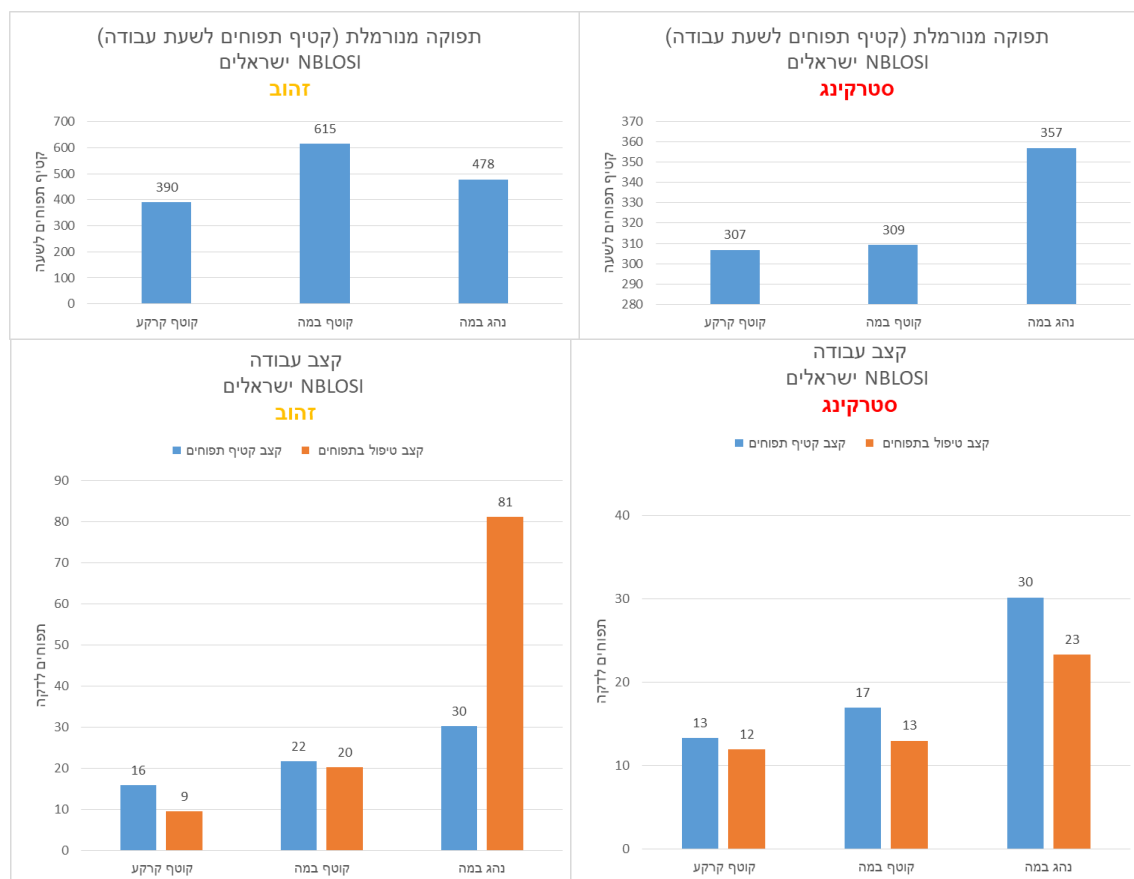
תפוקה מנורמלת הינה מספר התפוחים הנקטפים בשעה, על פי תפקיד (נהג במה, קוטף במה, קוטף קרקע). קצב קטיפה הינו החישוב של מהירות הקטיפה (תפוחים לדקה) באותו חלק זמן יחסי בו מתבצע הקטיפה. קצב טיפול בתפוחים הינו המהירות בה מטופלים התפוחים, החל מהקטיפה ועד להנחתם על המסוע באותו חלק זמן יחסי בו הם מטופלים.

מסקנות ביניים ומחקר המשך

בבמת Frumaco בה עובדים תאילנדים בלבד (איור 3), ניתן לראות שהתפוקה וקצב העבודה היו גבוהים ביותר בקרב קוטף הקרקע. בבמת ה N.Blosi (איור 2), עליה עבד צוות ישראלי ונהג תאילנדי, ההספק והקצב היו גבוהים ביותר בקרב הנהג (התאילנדי), אשר היה מהיר ויעיל יותר מהמקביל לו בצוות התאילנדי. לדעתנו ניתן להסביר את ההבדל בביצועים כמושפעים יותר מהאקלים ופחות ממבנה הבמה. בקרב צוות ה Frumaco, נראה הבדל בתפוקת עובד הבמה בין קטיפה הסטרקינג לקטיפה הזהוב. ניתן להניח שההבדל נובע מסוג הקטיפה וכמות היבול. קטיפה תפוח זהוב, הינו קטיפה כולל והיבול בו רב, ועל כן אין הרבה הזדמנויות ל בטלה וסרק. לעומת קטיפה סטרקינג שהינו סלקטיבי ועל כן היבול נמוך יותר ונוצרות יותר הזדמנויות לבטלת הקוטף על הבמה. במחקר המשך יש לבחון את היעילות השולית של עובד הבמה האחורי בתנאי קטיפה שונים.



איור 2 – תפוקה מנורמלת (למעלה) וקצב (למטה) עבור תפוח זהוב (שמאל) ותפוח סטרקינג (ימין) אשר נקטפו על ידי צוות תאילנדים על גבי במת Frumaco.



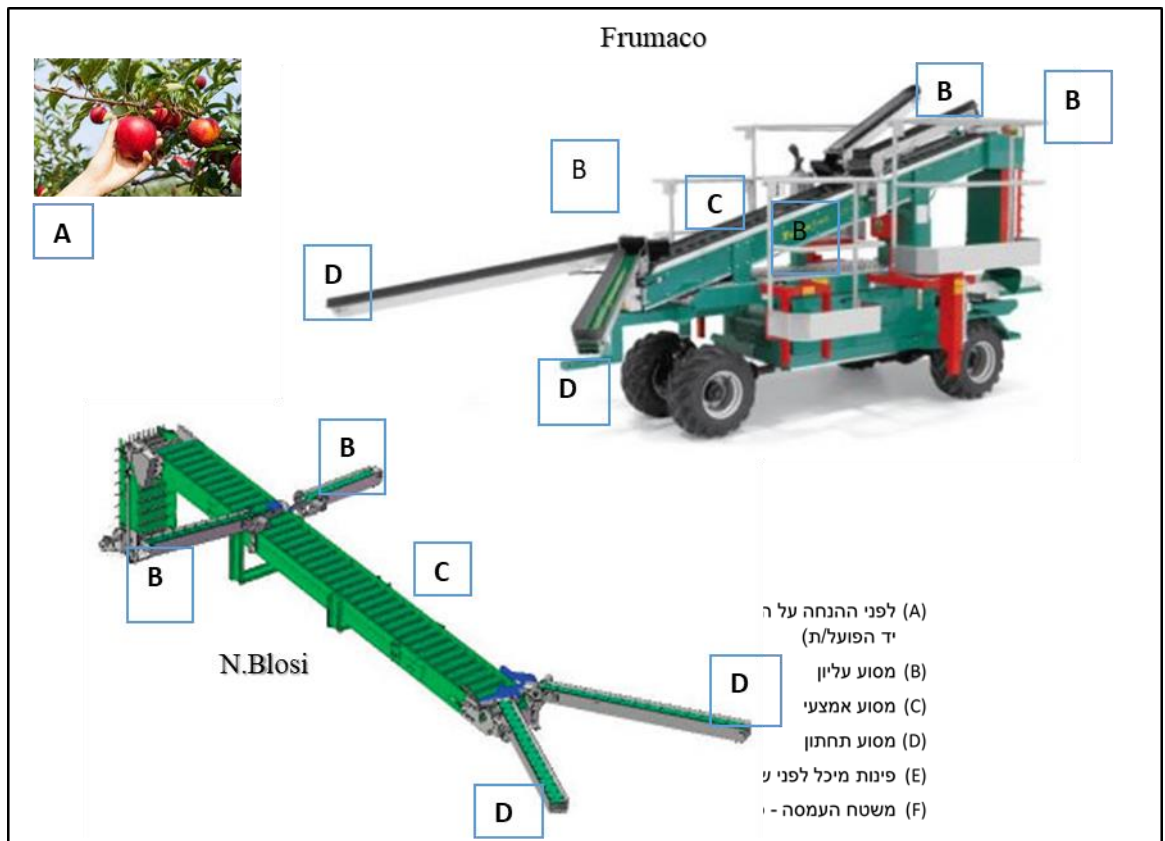
איור 3 – תפוקה מנורמלת (למעלה) וקצב (למטה) עבור תפוח זהוב (שמאל) ותפוח סטריקינג (ימין) אשר נקטפו על ידי צוות ישראליים ונהג תאילנדי על גבי במת N.Blosi.

איכות הפרי

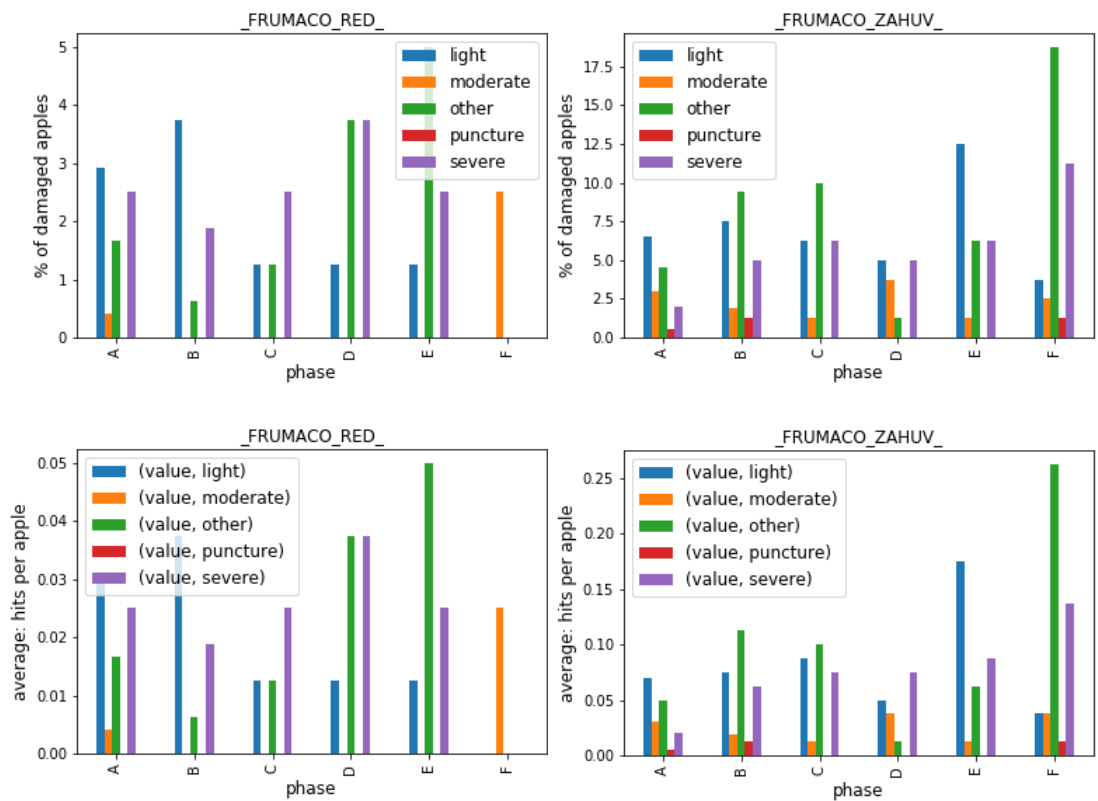
מדידות איכות נדגמו משישה שלבים בהסעת התפוחים (איור 4), מידי הקוטף (A), דרך המסועים השונים (B, C) ו D) ועד למיכל המוצב על הקרקע בירכתי המכונה, לפני שינוי (E) ולאחר השינוע, במשטח העמסה (F). נמצא כי חלק גדול מהפגיעות התווסף בשלב המעבר מהמסוע (C) למיכל (E), וכמות פגיעות משמעותית התווספה לאחר השינוי למשטח העמסה (איור 5).

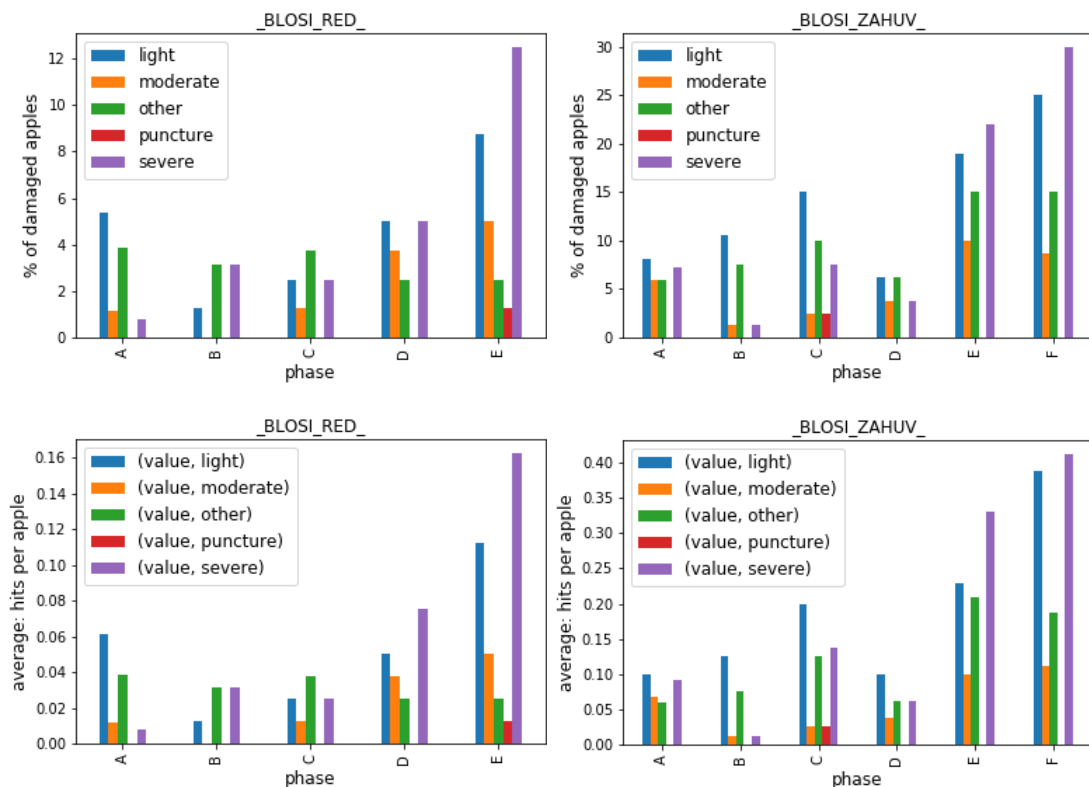
מסקנת ביניים ומחקר המשך

השלבים בהם מתווספים המספר הגדול ביותר של פגיעות פרי הם במעבר ממסועי המכונה למיכל ובשינוע המיכל למשטח העמסה. ניתן להניח כי מהירות מסועי המכונה בעלת השפעה על שיעור הנזק לפרי בעת מעברו למיכל - ככל שמהירות המסוע גדולה, הפחת עולה, כתלות בזן התפוח. המחקר המשך יבחן את השפעת מהירות המסוע לשיעור הנזק לפרי, על פי זן הפרי



איור 4 – נקודות דגימה (F-A) על גבי במות Frumaco ו N.Blosi.





איור 5 – עבור כל מכונה (Frumaco, N.Blosi) וכל זן (זהוב, סטריקינג RED), נמדדו מספר הפגיעות הממוצע בתפוח (average: hits per apple) ואחוז הפירות הפגומים (% of damaged apples), בכל נקודת דגימה (A-F).

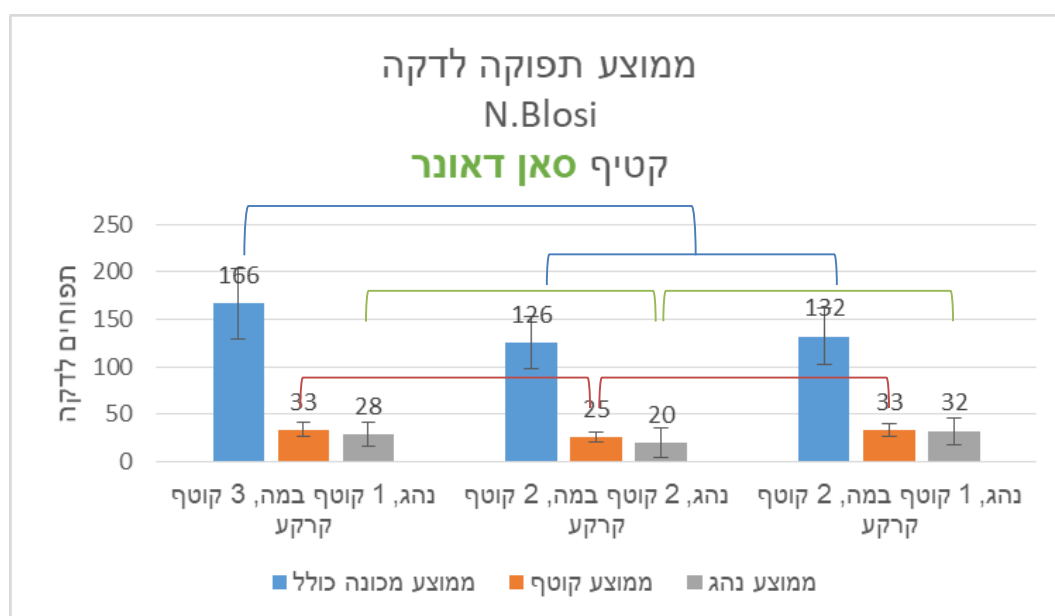
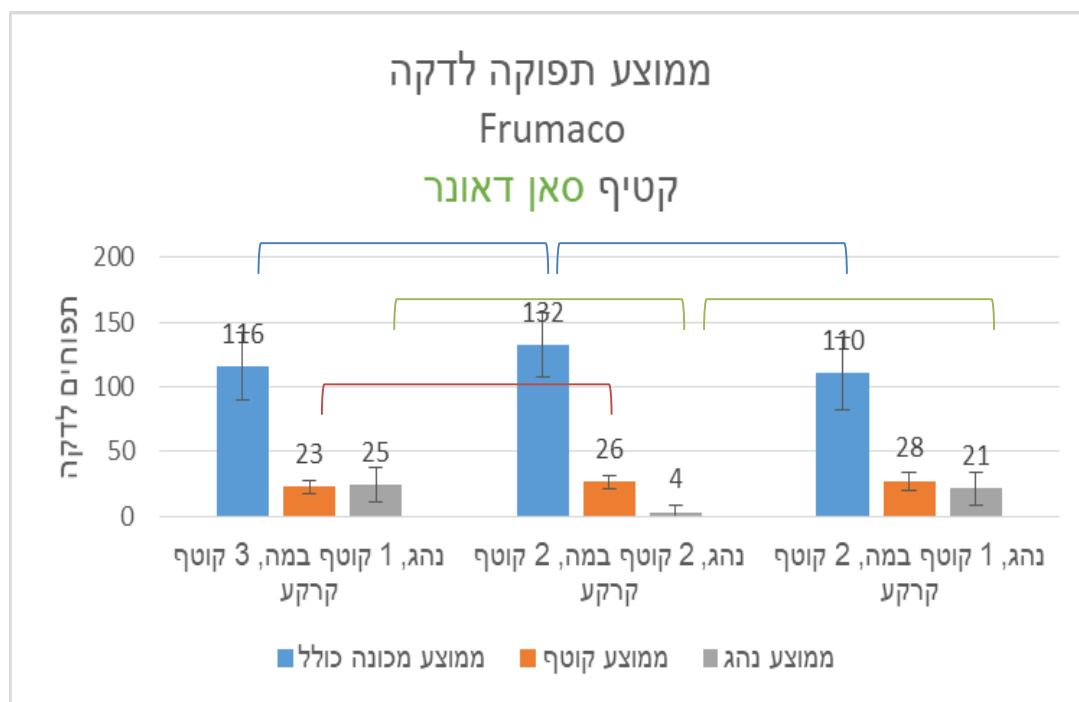
חלק ב'

נבדקה התפוקה הכוללת לדקה של כלל הקבוצה, ותפוקה פרטנית של הנהג בכל אחד משלושת המבנים (מבנה 1 - נהג, 1 קוטף במה, 2 קוטפי קרקע; מבנה 2 - נהג, 2 קוטף במה, 2 קוטפי קרקע; מבנה 3 - נהג, 1 קוטף במה, 2 קוטפי קרקע). התפוקה נמדדה בעת הקטיפה עצמו (החלק היחסי בו בוצע קטיפה), ואינה מתחשבת בזמני סרק או זמנים בהם מבוצעות פעולות אחרות (ראו חלק א').

מסקנת ביניים ומחקר המשך

בבמת ה Frumaco ניתן לראות (איור 6) כי על אף התפוקה הכוללת הגבוהה ביותר לדקה במבנה-2, התפוקה של הנהג נמוכה באופן משמעותי (קרי, הוא אינו קוטף כמעט ובכלל). בבמת N.Blosi (איור 6) התפוקה בגבוהה ביותר הינה במבנה 1, כאשר על הבמה (באותו הגובה) פועלים רק הנהג וקוטף אחד נוסף.

יש מקום להניח שלזן התפוח, סוג הקטיפה ופיזור התפוח על העץ, וכן לחלוקה הגבהים בין במות המכונה והקרקע השפעה על יעילות תפקידי הבמה. במחקר המשך תבחן באופן מבוקר השפעת הגורמים הללו על היעילות של קוטף הבמה הקדמי והאחורי.



איור 6 – תפוקה כוללת לצוות/מכונה, תפוקה ממוצעת לקוטף, ותפוקת נהג בכל אחד משלושת המבנים עבור המכונות Frumaco ו N.Blosi, בקטיף תפוח סאן-דאונר.

להלן סיכום נקודות מרכזיות מתצפיות שנאספו ע"י הסטודנטים, במטע אורטל, אשר דווחו בעת פגישה שהתקיימה ב"בראשית" ב-5 בספטמבר 2018.

1. הדרכת עובדים וניסיון

תצפית: העובדים הישראלים חסרי ניסיון בקטיף. קצב קטיף נמוך כ-8 מכלים ב-3 שעות ע"י 6 עובדים.
תצפית: נדמה שהעובדים לא מבינים את המשמעות הכלכלית של איכות הפרי ולא מבינים שקטיף לא נכון פוגע מאוד באיכות.

תצפית: תקשורת לא טובה בין הנהג התאילנדי לבין העובדים הישראלים הקשתה מאוד על העבודה. הנהג התאילנדי, כאחראי, חש צורך לטפל בכל דבר שקורה אולם אינו יכול להעביר הוראות (בגלל פער השפה).
תובנות/המלצות:

הדרכה של העובדים לפני כניסתם לעבודה.

נדרש ניהול ובקרת איכות פרי בזמן הקטיף.

2. ניהול על גבי המכונה

תצפית: כשהעובדים המהירים היו על במת המכונה, העבודה הייתה משמעותית יותר יעילה ובקצב יותר גבוה.
תצפית: העובדים מחליפים מקומות ביניהם פעמים רבות, זאת כדי "לגוון" ולעזור אחד לשני במקום שיש בו עומס. לעתים היה קוטר אחד על הבמה (חוץ מהנהג) ולעתים היו חמישה.

תובנות/המלצות: יש מקום לבחון את כדאיות/התועלת בהחלפת המקומות.

תצפית: העובדים למטה מקדימים את המכונה (בגלל שהעץ למטה מכיל פחות פרי) ולכן:

א. הולכים קדימה ואחורה חזרה למכונה מספר רב של פעמים – זמן רב מבוזבז על ההליכה

ב. מנסים לקחת כמה שיותר פרות בכל פעם – אך עד שמגיעים למסוע חלק מהפרי נופל ו/או ניזוק.

תובנות/המלצות: מוצעות שתי גישות לשיפור וייעול התהליך

1. ניהול דינאמי בזמן-אמת של כוח העבודה על המכונה אשר יצמצם את הפער בין בעובדים למעלה לעובדים על הקרקע. בכל מכונה חייב להיות מנהל, שעבר הדרכה מקיפה, שישלוט בקצב העבודה וביניהול העובדים במהלך הקטיפה.

2. הוספת סל לעובד קרקע צפויה לייעל משמעותית את התהליך בכך שלחסוך זמן רב בהליכה בין העץ למסוע, ותסייע בצמצום הנזק לפרי.

ככלל: הוספת ניהול משמעותית ביותר בייעול התהליך, ובשיפור איכות הפרי הנקטף.

3. החלפת מיכל

תצפית: הדבקת מדבקות וסימון המכלים בשטח מעכבת את העבודה של הצוות כולו באופן משמעותי. כאשר הנהג התאילנדי החליף את המכל לבד כל הקטיף נעצר לכך 7 דק' (הן ב Blost והן ב Frumaco). כאשר קוטר אחד ירד לעזור לנהג, זמן ההחלפה התקצר לכך 5 דק'. כאשר ירדו שני קוטפים להחליף את המכל והנהג התאילנדי המשיך בתפעול המכונה, זמן ההחלפה התקצר עוד יותר וכמעט ולא השפיע על שאר הקוטפים.

תובנות/המלצות: כדי לקצר את זמן העצירה בעת החלפת המיכל, כדאי ש:

1. הנהג יקבל סיוע מאחד הקוטפים.

2. להכין את מדבקות הבר-קוד מבעוד מועד.

תצפית: כאשר מחליפים מיכל, העובדים שעל הקרקע ממשיכים לערום פרי על המסועים המושבתים והפרי נדפק. תובנות/המלצות:

1. לספק לעובדי הקרקע תרמילים, כדי שלא יעצרו, אך גם לא יעמיסו יתר על המידה על המסוע.

2. (ניהול) לחלופין, להנחות את עובדי הקרקע **לחדול מהקטיף למשך הזמן שבו המסוע מושבת**, זאת כדי להימנע מפגיעה בפרי.

4. **כפתור עצירת חירום N.Blosi**

תצפית: הכפתור של עצירת החירום נלחץ בטעות מספר רב של פעמים, וגורם לעצירה של הפעילות הכוללת של הקטיף.

תובנות/המלצות: נדרש פתרון מכני שימנע ממנו להילחץ באופן אקראי, אך לא יפגע בתפקודו התקין בעת הצורך.

5. **השפעת רוחב השורות על ניהוג מכונת ה N.Blosi**

תצפית שורות רחבות: בשורות רחבות, הנהג נוהג כך שהוא מצמיד עצמו לצד ימין. כפועל יוצא, בצד שמאל של המכונה, העובדים פתחו את הבמה שלהם עד הסוף כדי להתקרב לעצים, וכך הם "מאבדים" דרגת חופש.

תצפית שורות צרות: בשורות צרות, הבמות משני הצדדים הוכנסו "פנימה" עד הסוף. הפועלים נאלצו לעסוק חלק נכבד מהזמן בהזזת הבמות והמסועים פנימה והחוצה, משום שכל הזמן היו **נתקעים בעצים**. הדבר מקשה מאוד על הקטיף. בנוסף הנהג נמצא רב הזמן על ההגה במקום לקטוף.

בשורות הצרות, המכונה פוגעת בעצים. ענפים נשברים. כל זמן שהקטיף היה קטיף-כולל, הדבר פחות משמעותי. אולם בקטיף-סלקטיבי, כאשר רוב הפרי נשאר על העצים, ונפגע מהמכונה העוברת ודורסת ענפים, יש לצפות פגיעות מכאניות בפרי שייקטף בהמשך.

בשורות הצרות, העובדים נאלצים למקם את המסועים בזווית כזו שלא יתקעו בענפים. לכך שתי השלכות:

1. יעילות העובדים יורדת, אינם עובדים בנוחות עם המסועים ועל כן יעילותם יורדת.

2. בגלל הזווית החדה בין המסוע הקטן למסוע המרכזי, הרבה מאוד מהפרי נופל.

(הסטודנטים צילמו מספר קטעי וידאו שמראים את כמות הפרי והעלים שנופלים מפגיעות המכונה).

תובנות/המלצות: מומלץ להימנע משורות צרות שאינן מותאמות ברוחבן למכונה.

6. **ניהול מעבר המכונה בין החלקות**

תצפית: המכונה "מטיילת" במטע ומחפשת לפי העין לאיזו חלקה להיכנס. נדמה כי חוסר ארגון מראש גזל זמן רב יקר ערך בשל משך הזמן הארוך שהושקע נסיעות בין חלקות. המעבר בין החלקות הנמדד יכול לקחת עד 40 דק'.

תצפית: בעבודה בשורה, **שבה צד אחד של עצים נגמר מוקדם יותר מהצד השני** (פאנל), הנהג היה בטל במשך כ 15 דק' וכל העובדים עבדו על צד אחד. הדבר גרר ירידה משמעותית בתפוקה. בחלקה ארוכה ועמוסת תפוחים עובדים בקצב הרבה יותר גבוה וקוטפים הרבה יותר מאשר שורה קצרה (הערכה איכותנית).

תובנה: גישוש בשטח אינו יעיל, משום שלוקח המון זמן להגיע לחלקה הבאה. **חסר מנגנון מושכל לקבלת החלטה לאיזו חלקה/שורה עדיף להיכנס.**

לדוגמא – כיצד האורך של השורה משפיע על ההחלטה? לדעתנו בשורה ארוכה עדיף להכניס מכונה ובקצרה עובדים על סולם.

תצפית: בסוף יום העבודה המכונה **עוצרת במקום**, גם אם סוף השורה/החלקה.

תובנה: בסוף יום יש להביא את המכונה למקום בו תתחיל את העבודה ביום למחרת.

תצפית: ה N.Blosi גוררת אחריה עגלה ארוכה עם מכלים, שתיהן מאוד רחבות (המכונה והעגלה). כאשר המכונה מבצעת פרסה, כדי לעבור משורה אל השורה הבאה אותה החלקה, לוקח כרבע שעה להיכנס אל השורה החדשה, וזאת רק אחרי שהמלגזה הגיעה ליישר את העגלה מול השורה.

7. **תחזוקה ותקלות**

תצפית: המכונה אליה הגיעו העובדים השקם בבוקר הייתה תקולה (נזילת שמן). דבר זה פגע במכל כמעט שלם של פרי ויותר חמור מכך גרם לבזבזו זמן מוחלט של 8 עובדים למשך כ 45 דק'.

תצפית: במשך היום המכונה נתקעת מספר פעמים בעקבות תקיעות של המסועים. בכל פעם הדבר מאט/עוצר את העבודה. כל פעם שהמכונה נתקעה, כל העובדים (תאילנדים) הרגישו צורך ללכת לתקן.

תצפית: תקלה במכונה באמצע היום (המזלג האחורי לא החזיק טוב את המכל) נמשכה כחצי שעה.

תובנות/המלצות: לבדוק את המכונה בסוף יום, כחלק מההכנה ליום המחרת.

8. קטיף סלקטיבי

תצפית: בפועל, אין סלקציה-מיון של הפרי. נראה כי הרצון לעבוד מהר גורם לכך שאין מיון של פרי "בררה" בכלל.

תובנות/המלצות: להגדיר תפקיד של בקר איכות או לדאוג שהעובדים ימיינו יותר.

9. סיכום

הבעיה המרכזית הינה **אובדן זמן**. מכיוון שמדובר בכמות גדולה של עובדים, כל עצירה (אפילו של דקה) משמעותית ויקרה שכן עלותה במכפלת מספר העובדים המושבתים.

1. **תחזוקה** ברמה גבוהה, מעבר לשעות הקטיף עצמו יכולה למנוע אובדן זמן יקר.

2. **ניהול ברמת המכונה**. ניהול נכון של החלפת המכלים, סידור העובדים על המכונה, כל אלו ועוד, יחסכו המון זמן מבוזבז.

3. **ניהול ברמת המטע**. תכנון מראש של תוכנית העבודה והמעבר בין החלקות ישפר באופן ניכר את יעילות המכונה. היבטים נוספים שיש לתת עליהם את הדעת הם **איכות הפרי הנגזר מהכשרה**, **הדרכה ואכיפה של המיון**.