

928

2006-2007

תקופת המחקר :

459-4248-07

קוד מחקר :

Subject: REDUCTION OF MANUAL LABOR IN
TRANSPORTATION STAGES IN FLOWERS

Principal investigator: AVITAL BECHAR .

Cooperative investigator: Yael EDAN, YANIV
MOSKOVITCH, MOSHE EVEN-HAIM

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O)

שם המחקר : חיטכון בידיים עובדות ושיפור
תהליכי השינוע במשקי פרחים

חוקר ראשי : אביטל בכר

חוקרים שותפים : יעל אידן, יניב מוסקוביץ,
משה אבן-חיים

מוסד : מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן
50250

תקציר

במדינת ישראל קיימים כ- 1000 מגדלי פרחים, בשטח של כ- 55,000 דונם, המייצאים מעל מיליארד פרחים בשנה. מערכי הקטיף, המיון והאריזה (קמ"א) הוקמו ללא תכנון. החלקות החקלאיות פוזרו במרחק רב זו מזו ומבית האריזה אשר לעיתים מגיע לכ- 8 ק"מ. קווי השינוע בין החלקות לבתי האריזה ארוכים ועוברים בדרכים לא מסודרות. בוצע חקר עבודה של שלבי הקטיף והעבודה בבית האריזה בגיפסנית, ליוזיאנטוס וחמניות. פותח מודל סימולציה בתוכנת ARENA. נמצא כי עבודות המיון המבוצעות בשטח מהוות צוואר בקבוק בשלב הקטיף בליוזיאנטוס וחמניות וכי איסוף בעזרת עגלת איסוף מתאימה יגדיל את תפוקת האוספים בכ- 57% בליוזיאנטוס, ובגיפסנית יקטין את זמן השינוע בכ- 46%. קיצור אורך השורות בגיפסנית ל- 25 מטר (במשק הנחקר) ללא שינוי שיטת העבודה יביא לשיפור של 16% בזמן מקטיף עד להצבת הפרחים במים. מעבר הקוטפים בין השורות בתנועה עקלתונית תקטין את העבודה המושקעת בשינוע מ- 12% ל- 8.8% או תגדיל את תפוקת העובדים בכ- 5%. הוספת מערכות מיכון כגון מסוע עילי או אמצעי עזר כגון עגלת איסוף יקטינו את כמות הידיים העובדות בשלבי השינוע עד לאפס ויגדילו את תפוקת הקטיף בכ- 10%. כלי ניהול מבוסס מודל אופטימיזציה שפותח מאפשר להתאים את הפיתרון המיטבי לכל משק בהתאם למאפייניו, לאילוצים הקיימים ולהחלטות ניהוליות של המגדל, לייעל את העבודה, להקטין את ההוצאות על העובדים ולהגדיל את הייצור והתפוקה.

דוח מסכם לתוכנית מחקר מספר 459-4248-07

חיסכון בידיים עובדות ושיפור תהליכי השינוע במשקי פרחים

Reduction of manual labor in transportation stages in flowers

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי

המחלקה להנדסת תעו"נ, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

אביטל בכר, יניב מוסקוביץ

יעל אידן, משה אבן חיים

Avital Bechar (avital@agri.gov.il); Yaniv Moskowitch;

Inst. of Agri. Eng., ARO. P.O.Box 6, Bet-Dagan, 50250

Yael Edan (yael@bgu.ac.il); Moshe Eben-Chaime (even@bgu.ac.il);

Dept. of Industrial Eng. and Mngnt, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva

אוגוסט 2008

אב תשס"ח

האם הנך מאשר את ציון הפסקה הבאה בדף הפתיחה לדו"ח כן/לא מחק את המיותר*
הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים



חתימת החוקר

תקציר

במדינת ישראל קיימים כ- 1000 מגדלי פרחים, בעלי היקף שטח של כ- 55,000 דונם המייצאים מעל מיליארד פרחים בשנה. מערכי הקטיף, המיון והאריזה (קמ"א) הוקמו ללא תכנון. החלקות החקלאיות פוזרו במרחק רב זו מזו ומבית האריזה אשר לעיתים מגיע לכ- 8 ק"מ. עקב כך קווי השינוע בין החלקות לבתי האריזה ארוכים ובדרכים לא מסודרות. בוצע חקר עבודה של שלבי הקטיף והעבודה בבית האריזה בגיפסנית, ליוזיאנטוס וחמניות. פותח מודל סימולציה בתוכנת ARENA. נמצא כי עבודות המיון המבוצעות בשטח מהוות צוואר בקבוק בשלב הקטיף בליוזיאנטוס וחמניות וכי איסוף בעזרת עגלת איסוף מתאימה יגדיל את תפוקת האוספים בכ- 57% בליוזיאנטוס, ובגיפסנית יקטין את זמן השינוע בכ- 46%. קיצור אורך השורות בגיפסנית ל- 25 מטר (במשק הנחקר) ללא שינוי שיטת העבודה יביא לשיפור של 16% בזמן מקטיף עד למים. מעבר הקוטפים בין השורות בתנועה עקלתונית תקטין את העבודה המושקעת בשינוע מ- 12% ל- 8.8% או תגדיל את תפוקת העובדים בכ- 5%. הוספת מערכות מיכון כגון מסוע עילי או אמצעי עזר כגון עגלת איסוף יקטינו את כמות הידיים העובדות בשלבי השינוע עד לאפס ויגדילו את תפוקת הקטיף בכ- 10%. כלי ניהול מבוסס מודל אופטימיזציה שפותח מאפשר להתאים את הפיתרון המיטבי לכל משק בהתאם למאפייניו, לאילוצים הקיימים ולהחלטות ניהוליות של המגדל. לייעל את העבודה, להקטין את ההוצאות על העובדים ולהגדיל את הייצור והתפוקה.

תוכן עניינים

1	מבוא	3
1.1	רקע מדעי	3
1.2	מטרות המחקר	4
2	שיטות וחומרים	4
2.1	נתוני המשקים	4
2.2	ענפי הגידול	5
2.3	חקר שיטות	5
2.4	חקר עבודה	5
2.5	סימולציה	5
2.6	מודל אופטימיזציה	5
3	תוצאות	6
3.1	חקר שיטות	6
3.2	חקר עבודה	7
3.3	סימולציה	11
3.4	מודל אופטימיזציה - גיפסנית	14
4	סיכום ומסקנות	17
5	תודות	18
6	מקורות	18

במדינת ישראל קיימים כ- 1000 מגדלי פרחים, בעלי היקף שטח של כ- 55,000 דונם המייצאים מעל מיליארד פרחים בשנה ופדיון של כ- \$ 120,000,000 (מדען ראשי, 2005). ענף הגיפסנית מהווה 7% משטחי הגידול בפרחים. מערכי הקטיפה, המיון והאריזה (קמ"א) הוקמו ללא תכנון ובתי האריזה הוקמו על בסיס פלטפורמות ומבנים שהיו קיימים ושימשו לצרכים אחרים כגון רפתות ומחסנים. החלקות החקלאיות פוזרו במרחק רב זו מזו ומבית האריזה אשר לעיתים מגיע לכ- 8 ק"מ. עקב כך קווי השינוע בין החלקות לבתי האריזה ארוכים ובדרכים לא מסודרות. צורת העבודה ומבנה המערכים בחלק מבתי האריזה אינם יעילים או מותאמים לגידולים בהם אמורים לטפל ושינוע התוצרת מתחנה לתחנה אינו יעיל ודורש כ"א רב. בנוסף קיים שוני רב בין המשקים השונים בשיטות העבודה ויעילותם. מבדיקות מוקדמות נראה כי שלבי השינוע השונים מגיעים לכדי 25% מסך תהליך הקמ"א ובמקרים מסוימים כגון בגידול הגיבסנית אף יותר עקב מגבלות עמידות הפרח הקטוף מחוץ למים. בעיית השינוע בכל שלבי הקמ"א קיימת ברוב גידולי הפרחים. פיתוח והתאמת שיטות שינוע ואמצעי שינוע יוכלו לחסוך חלק ניכר מזמני השינוע מאחר ושלבים אלו יכולים להיות מכאניים באופן כמעט מלא.

אמצעי השינוע משמשים להעברת התוצרת בין התחנות השונות. הכנסת אמצעי שינוע למערך הייצור מביא לזרימה רציפה יותר של החומר, משפר את תהליך העבודה, מגדיל את התפוקה בתחנה בה הוא ממוקם ומצמצם צווארי בקבוק, בנוסף מביא לצמצום כמות הידיים העובדות והורדת עומס פיזי ומנטאלי מהעובד. אופיו של השינוע מוגדר בהתאם לתוצרת, לסוג התחנות, מיקומן, המרחק ביניהם ותנאי הדרך. אמצעי השינוע הנפוצים הינם נשיאה ביד, מסועים, עגלות, קרונות הרוכבות על מסילות, מערכות מונורייל עיליות, ועגלות עוקבות כבל טמון (Tompkins et al., 1996).

על מנת לשפר את תהליכי העבודה חשוב שאמצעי השינוע, אמצעי העזר והמיכון יהיו ארגונומיים, נוחים לתפעול ויעילים. בעבר פותחו מספר אמצעי שינוע כגון מערכת מונורייל עילית (לב וחבריו, 1995) לשינוע פרחי גרברה מהחממה אל בית האריזה וחדר הקירור, מערכת זו חסכה כ- 30% בידיים עובדות. חיסכון של 19% הושג בעזרת מערכת לייעול האסיף מערוגות הגידול בפרחים (לב וזילברשטיין, 1997). מערכת נוספת לשינוע תוצרת מהחממה לבית האריזה המבוססת על עקיבה אחר כבל חשמלי טמון (גן-מור ויוסף, 1993) קיימת במספר משקים בגידולים שונים. מערכות אלו אמנם משפרות את תהליכי העבודה אך הינן יקרות וחקלאים לא נוטים לאמץ. העלות של שינוע מוצרים הינה משמעותית ביחס לסך העלויות ובמקרים מסוימים יכול להגיע לכדי 65% מסך ההוצאות (Groover, 2008) לכן אופטימיזציה של מערכי השינוע יכולה להוביל לחיסכון משמעותי בעלויות. שיטות המחקר המקובלות לאופטימיזציה של מערכי השינוע הינן באמצעות מודלים של חקר ביצועים (Groover, 2008).

תיכנון מערך עוסק בקביעת המיקום של כל תחנה ורכיב לצורך ביצוע המשימה (Nahmias, 2005). השיקולים העיקריים בתיכנון מערך הינם: מבנה המפעל או בית האריזה, כוח האדם, תפוקה, טמפרטורות עבודה, תאורה, אזורים מסוכנים, שינוע חומרים (הכולל צמצום תנועות השינוע, מינימום מרחקי שינוע וזרימה אחידה ללא צווארי בקבוק), צמצום הפסדים כתוצאה מבזבז, קלקול, גניבה, מבנה תחנות העבודה, תחנות השירות ואופי המוצר (גלברזון, 2000). לפיכך תיכנון המערך הינו פועל יוצא של תיכנון התהליך. קיימים סוגי מערכים שונים, מודל מערך ייצור (Flow-Shop-Layout), בו האלמנטים בתהליך מסודרים בהתאם לשלבי הייצור של המוצר; מודל מערך תהליך (Job-Shop-Layout), בו מאחדים פונקציות דומות או ציוד דומה בתהליך, ללא קשר לתהליך ייצור המוצר; מודל טכנולוגיית הקבוצות (Group Technology Layout), בו מקבצים מכונות מסוגים שונים לייצור מוצרים בעלי תבנית

או דרישות תהליך דומות; מערך ייצור תאי הוא היישום המושלם של גישה זו; וישנו גם המערך הקבוע (Fixed-Position-Lay-out) בו המוצר נשאר במקום אחד. במערכים מסובכים נהוג להשתמש בסימולציה לצורך התיכנון. השוואת מערכים שונים מתבצעת באמצעות מדדי ביצוע שונים כגון יכולת גישה, בטיחות, בעיות שינוע, תפוקה. בבתי אריזה המטפלים במספר גידולים על המערך להיות גמיש מספיק כדי להשתנות במהירות, בזול ובמינימום הפרעות לתפעול השוטף.

1.2 מטרות המחקר

מטרות המחקר הינן שיפור תהליכי השינוע במשקי פרחים, חיסכון בידים עובדות, הוזלת עלויות הייצור, קיצור זמני שהיית התוצרת בתהליך הקטיף מיון ואריזה ושיפור בתי אריזה לאמצעי השינוע באופן שיאפשר יישומם במירב בבתי אריזה בענף. המטרות הספציפיות הן:

1. איפיון מלא של תהליכי השינוע השונים בפרחים בשלבי הקטיף, ההובלה לבית האריזה, המיון והאריזה.
2. מציאת הפרמטרים החשובים ביותר בשלבי השינוע.
3. שיפור שלבי השינוע באמצעות חקר שיטות, הקצאת משימות, מיקום ומערך תוך מתן דגש לתכונות האנטרופוסומיות והנדסת אנוש.
4. הצעת כלי עזר, מתקנים ומיכון ליעול תהליכי העבודה וחיסכון בידים עובדות.
5. ניתוח כדאיות כלכלית של השיטות והטכנולוגיות המוצעות.

2 שיטות וחומרים

2.1 נתוני המשקים

העבודה בוצעה בחמישה משקים במהלך 2 עונות גידול: שני משקים במושב חצבה, שני משקים בכפר ויתקין ומשק אחד במושב עולש.

מושב חצבה: במשק א' 90 דונם בחממות ושטח פתוח, מהם 50 דונם חמניות נוי, 25 דונם ליזיאנטוס ו- 15 דונם טרכליום. במשק עובדים 18 פועלים תאילנדים. במשק בית אריזה המשרת את שטחי המשק. בית האריזה ממוקם סמוך לביתו של החקלאי ובמרחק של 5 קילומטר משטחי הגידול. במשק ב' כ- 80 דונם מהם 30 דונם טרכליום, 13 דונם לימונים, 16 דונם ליזיאנטוס ו- 19 דונם פלפל. כל הגידולים בחממות מבוקרות או מנהרות. במשק 17 עובדים תאילנדים. במשק שני בתי אריזה הממוקמים כ- 1.5 ק"מ זה מזה. אחד משמש לפלפל והשני לגידולי הפרחים השונים.

כפר ויתקין: במשק א' 95 דונם מהם 30 דונם רוסקוס ו- 65 דונם גיפסנית. שטחי גידול הגיפסנית מחולקים ל- 13 דונם בשטח הפתוח ו- 52 דונם תחת חממות. בשטח המשק נמצא גם בית האריזה. 23 עובדים בקטיף הגיפסנית. לאחר העבודה בשדות, העובדים עוברים לבית האריזה להמשך העבודה, הכוללת את שקילת הזרים, עטיפתם והכנתם למשלוח. במשק ב' 200 דונם מתוכם 50 דונם ארליה ו- 150 דונם גיפסנית, המחולקים ל- 110 דונם בחממות ו- 40 דונם בשדה פתוח. במשק 63 פועלים תאילנדים העוסקים בקטיף, ומהם כ- 13 בקטיף הארליה ו- 50 בגיפסנית. הפועלים מחולקים לצוותים של 8-10 אנשים כאשר לכל צוות יש ראש צוות. 70% מהתוצרת, נמכרת באמצעות עסקאות ו- 30% בבורסה.

מושב עולש: במשק כ- 300 דונם מתוכם 198 דונם גיפסנית. שטח זה מחולק ל 12 חלקות מלבניות (10 חלקות בשטח של 18 דונם כל אחת), הנמצאות במרחק של 600 עד 2400 מ' מבית האריזה. במשק עובדים 120-150 עובדים, כאשר ההקצאה עבור כל חלקה מתבצעת מדי יום תוך התחשבות בשיקולים שונים.

2.2 ענפי הגידול

הגידולים שנבחנו הינם חמניות, ליזיאנטוס (מושב חצבה) וגיבסנית (כפר ויתקין ומושב עולש).

2.3 חקר שיטות

בוצעה חקירה של השיטות הקיימות והשלבים בגידולים שהוזכרו בסעיף (לניר ורורברג, 2008; שמש וצביאלי, 2007; בירקנפלד וחוץ, 2006) 2.2. הוגדרו שלבי העבודה בתהליכי העבודה בשדה ובבית האריזה בשלבי הקטיף, המיון והאריזה. באילו אמצעים טכניים ומיכון נעשה שימוש, סדר התחנות, תיאור זרימת החומר וכוח האדם.

2.4 חקר עבודה

בוצע חקר עבודה של זמני פעולות כוח האדם ונאספו נתונים על המערכת והתוצרת בשלבי הקטיף, המיון והאריזה השונים לפי שיטות מדידה ישירה וחקר רב תצפיתי (גלברזון, 1980; Barnes, 1980). המדידות בוצעו לאורך 2 עונות. בשיטת המדידה הישירה כל שלב חולק לאלמנטים, והזמן שאורך כל אלמנט נמדד. עבור השלבים המרכזיים בוצעו בין 45 ל- 2695 חזרות בהתאם למבנה השלב ומורכבותו. בשיטת החקר הרב תצפיתי נדגמו עמדות העבודה השונות בתדירות של 1 דקה במשך כמספר שעות ליום במספר ימים שונים.

2.5 סימולציה

פותח מודל סימולציה של תהליכי הקטיף בחממה ובשטח פתוח לגיפסנית, ליזיאנטוס וחמניות (לניר ורורברג, 2008; שמש וצביאלי, 2007; בירקנפלד וחוץ, 2006; אלול וברון, 2007). ניבנו מודלים של תהליכי העבודה הקיימים במשקים בתוכנת ARENA הכוללת בניית מודל גיאומטרי של החלקה וסימולציה גראפית של תהליכי העבודה ברמת חיקוי הפעולות הבסיסיות ביותר ובסדר האמיתי בהן הן מתקיימות. הסימולציה נבנתה בהתאם לשלבי הגידול ושיטות העבודה הנהוגות במשקים. הנתונים הסטטיסטיים אשר נמדדו בשלב חקר עבודה היוו את בסיס הסימולציה. בסימולציה נבדקו מספר שיטות עבודה חליפיות בכל גידול.

2.6 מודל אופטימיזציה

פותח מודל אופטימיזציה לשיבוץ דינמי של העובדים בתפקידים ובעמדות השונות בגיפסנית במהלך יום העבודה (לניר ורורברג, 2008). הוגדרו שלוש קבוצות עבודה, האחת עובדי הקטיף, השנייה עובדי האסיף והשלישית בעמדת האגידה. פותח מודל סימולציה אשר תומך בצורת העבודה המוצעת. במודל החדש הורצו כ- 2,400 תרחישי עבודה שונים לבניית מאגר מידע המכיל את כל האפשרויות המעשיות. על בסיס ניתוחים שבוצעו על מאגר המידע פותח מודל מתימטי לשיבוץ אופטימלי של כח האדם באופן דינמי. שילוב של המודל המתמטי עם אילוצי תהליך העבודה, מגדיר את הפתרון האופטימלי הייחודי לכל משק. מודל האופטימיזציה מספק שלושה סוגים של פתרונות אופטימליים: (1) פיתרון לקבלת תפוקה מירבית עבור מקרים בהם האקלים, מספר עובדים ומשך יום עבודה נתונים; (2) פיתרון לזמן עבודה מינימלי כאשר מספר העובדים, האקלים וכמות התוצרת נתונה; ו- (3) פיתרון אופטימלי למספר עובדים מינימלי עבור מקרים בהם משך יום העבודה וכמות התוצרת נתונה. בנוסף המודל מאפשר לחזות את

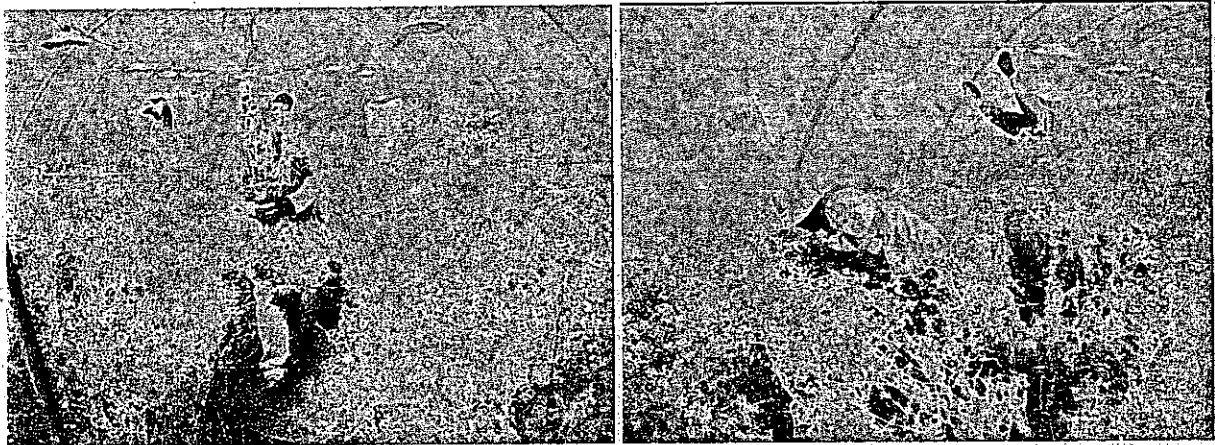
התפוקה היומית עבור נתוני משק ספציפיים. בעזרת המודל בוצעו ניתוחי רגישות של השפעת מספר העובדים, משך יום העבודה וזמני פתיחה וסגירה של עמדת אגידה נוספת.

3 תוצאות

3.1 חקר שיטות

3.1.1 גיפסנית

שלב קטיף - העובדים מפוזרים בין השורות בחלקה, שני עובדים בכל שביל, כאשר עובד אחד קוטף מהשורה שבצדו הימני של השביל והעובד השני קוטף מהשורה שבצדו השמאלי של השביל. העובדים נכנסים לשורה מצידה הקרוב לתחנת האריזה ומתקדמים לאורכה ובכל פעם שמסיימים קטיף של חמישה פרחים, מניחים אותו על חבלים דקים התלויים מעל השיח לאורך השורה כולה. כל עובדי הקטיף מבצעים את אותן פעולות ועובדים באופן עצמאי. כאשר עובד מגיע לסוף שורה הוא צועד לתחילת השורה. לאחר שהגיע חזרה לתחילת שורה, הוא יחלוף על השבילים שבהם כבר נמצאים עובדים וייכנס לשורה הראשונה שפנויה. קיימים 1-2 עובדים אשר תפקידם לאסוף את הזרים המוכנים, המונחים על החבלים בשורות השונות, ולהעביר אותם לתחנת האגידה. עובדים אלה לא נעזרים בשום כלי אלא שוחבים את הזרים על כתפיהם. איור 1 מתאר את שלבי הקטיף והאסוף.



איור 1: שלבי קטיף ואסוף

שלב האגידה - תהליך האריזה מתבצע בתחנת האריזה המורכבת מ 2-3 עמדות. כאשר תחנת אריזה אחת פועלת, ישנן 2 עמדות סמוכות פעילות וכאשר פועלות 2 תחנות אריזה במקביל, ישנן 3 עמדות פעילות, כאשר בשתי העמדות החיצוניות מתבצעים אותם אלמנטים בדיוק על ידי עובדים שונים, והעמדה הפנימית משרתת את שתי העמדות החיצוניות. בכל עמדה חיצונית נמצאים שלושה עובדים: האחד, העומד בחלק החיצוני של העמדה, מבצע את פעולת סידור אגד של 5 פרחים ומניח את האגדים המסודרים על שולחן העמדה. העובד השני מבצע יישור גובה ענפי האגד על ידי חיתוך במספריים. העובד השלישי, העומד בחלק הפנימי של העמדה, לוקח 5 אגדים שעברו סידור ע"י העובד הראשון ומאגד אותם לזר אחד של 25 פרחים. בעמדה הפנימית נמצאים בדרך כלל 2 עובדים: האחד, מבצע פעולת סידור נוספת ועוטף את הזר בצלופן. בפעולת העטיפה העובד נעזר במתקן, המחזיק את שקיות הצלופן. העובד השני מבצע סידור סופי של הזר ובנוסף, לוקח כל זוג זרים אל דליי המים שעל עגלת השינוע. קיימים מקרים בהם פעולת אגידה לזר של 25 פרחים מתבצעת על ידי הקוטפים בתוך השורות במקום בעמדת האגידה.

3.1.2 ליזיאנטוס

שלב קטיף – הקוטפים נעים בתוך שורות הפרחים, הקטיף הינו קטיף סלקטיבי ורק הפרחים המתאימים נקטפים (בהתאם להוראת החקלאי). הפרחים הקטופים נמרטים על ידי עובדי הקטיף בשורות הגידול. שיטת העבודה בשני המשקים שונה, במשק א' עובדי הקטיף קוטפים 10 פרחים באופן ידני כאשר בכל פעם הפרחים הנקטפים שייכים לאותה קבוצת אורך. הקוטפים מורטים, מסדרים ואוגדים את הפרחים בתוך השורה ומניחים על חבלים המתוחים מעל השורות. הפועל האוסף עובר בשורות ואוסף את חבילות הפרחים מהחבלים, מגיע לעמדת טיפול מחוץ לחממה שם מיישר, קוצץ, מסדר אותם ומניחם בדלי. במשק ב' הפרחים נקטפים באופן דומה אך מכל האורכים, בקבוצות המכילות מעל 20 פרחים ואינם נאגדים בשורות. פועל האיסוף עובר בשורות ואוסף את חבילות הפרחים אל פועלים אשר מסדרים את הפרחים לפי קבוצות אורך ומניחים בדליים. בגמר הקטיף בשני המשקים הפועלים והתוצרת עוברים לבית האריזה.

בית האריזה – במשק א' פירחי הליזיאנטוס מגיעים לבית האריזה כאשר הם ממוינים לפי קבוצות אורך ובאגדים של 10 פרחים. בבית האריזה האגדים מוכנסים לעטיפת צלופן מקשרים שנית על הצלופן ומוכנסים לדלי. הפעולות מתבצעות על ידי שני עובדים כאשר אחד שם בצלופן והשני קושר חוט נוסף מסביב לצלופן ושם בדלי. במשק ב' פירחי הליזיאנטוס מגיעים לבית האריזה בדליים הממוינים לפי קבוצות אורך. בבית האריזה מספר פועלים מזינים קבוצות של 10 פרחים למכונת האגידה. כל פועל עובד באופן עצמאי ומשרת את עצמו (מביא דליים ופרחים). הפועל אשר עובד בקצה מכונת האריזה מוציא את האגדים הקשורים מהמכונה מצלפן ושם בדלי.

3.2 חקר עבודה

3.2.1 גיפסנית

שלב הקטיף – הפועלים עוברים בתוך השורות קוטפים פרחי גיפסנית ומניחים בערימות על החבלים שבשורות. הוגדרו 4 אלמנטים: 1) קטיף - העובד קוטף ענף פרחים, פעולה זו כוללת פעולת חיפוש אחר ענף מתאים, 2) סידור - העובד מקצר את אורך גבעול הפרח על מנת שיתאים לאורך המוגדר ומוריד עלים מיותרים, 3) אגידת חמישה - העובד אוסף את חמשת הפרחים שקטף ומאגד אותם באמצעות גומייה לאגד אחד ומניח על החבל שמעל השורה, ו- 4) אחר - פעולות אחרות אשר אינן קשורות לתהליך העבודה. במקרים בהם פעולת האגידת זר של 25 פרחים מתבצעת על ידי הקוטפים, נוסף אלמנט חמישי. בשלב ניתוח הנתונים, בוצע ניתוח עבור כל אלמנט בנפרד, תוצאת הניתוח הראו כי לא כל העובדים "זהים" ועל כן בוצע מבחן למציאת קבוצות הומוגניות. התקבלה תוצאה זהה עבור שלושת האלמנטים, ולפייה, העובדים מתחלקים לשתי קבוצות. ניתוח המדידות בוצע עבור כל קבוצת עובדים. נתונים סטטיסטיים עבור כל קבוצת עובדים מופיעים בטבלות 1 ו- 2.

זמן המחזור של עובדים מקבוצה א' היה 107 שניות בעוד זמן המחזור של עובדים מקבוצה ב' היה 56 שניות. החלוקה באחוזים לאלמנטים השונים היתה דומה בשתי הקבוצות ומסוכמת בטבלה 3. כ- 46% מזמן העבודה של הקוטף מושקעות בפעולת הקטיף בעוד כ- 48% מזמנו מוקדש לפעולות אגידה בתוך השורה אשר אינן תורמות לקידום משימתו.

טבלה 2

איגוד	סידור	קטיף	קריטריון/אלמנט
124	649	660	n הנכסה במספר
5.621	4.851	5.089	\bar{X} ממוצע הממוצע
2.363	2.138	2.7	σ סטיית תקן
240	266	335	מס' העצירה/הערה
0.074	0.034	0.04	הסתברות/דיוק במספר
1	5	5	הערה (Fi)
5.621	4.851	5.089	ממוצע (Ti)
5.621	24.255	25.445	זמן יסוד (ti)
5.621	24.255	25.445	זמן תקן (Zi)

טבלה 1

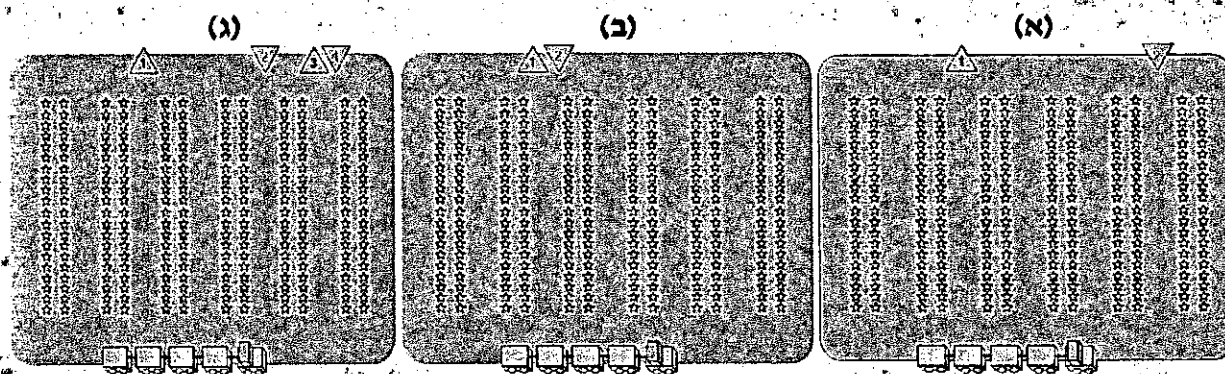
איגוד	סידור	קטיף	קריטריון/אלמנט
107	533	534	n הנכסה במספר
8.514	8.332	9.983	\bar{X} ממוצע הממוצע
2.64	3.279	6.194	σ סטיית תקן
132	212	527	מספר העצירה/הערה
0.059	0.033	0.053	הסתברות/דיוק במספר
1	5	5	הערה (Fi)
8.514	8.332	9.983	ממוצע (Ti)
8.514	41.66	49.915	זמן יסוד (ti)
8.514	41.66	49.915	זמן תקן (Zi)

טבלה 3: יחס זמן האלמנטים השונים מסך זמן העבודה לקבוצות השונות.

אלמנט	קבוצה א'	קבוצה ב'
	זמן האלמנט מהזמן הכולל [%]	זמן האלמנט מהזמן הכולל [%]
קטיף	46.5	45.6
סידור	38.7	42.7
אחר	6.8	2.2
איגוד	7.9	9.4

שלב השני - תפקיד העובד הוא הוצאת הזרים שנקטפו והונחו על החוטים מתוך החלקה על עמדות/האריזה. העומס על עובד זה מושפע ממספר עובדי הקטיף בשטח. ככל שמספר העובדים גבוה יותר, כך מספר הזרים לאיסוף גבוה יותר והעומס עליו גדל. תהליך הקמילה של הפרח מתחיל מרגע קטיפתו ועד הגעתו לדלי המים בתום תהליך האריזה ועל כן, יש גבול עליון לזמן זה. עקב כך, העומס על העובד האוסף לא יכול לעבור סף מסוים, שכן יוצר מצב בו הפרחים "מחכים" זמן רב להעברתם לאגידה. בשלב מסוים ביום העבודה, מנהל העבודה מורה לאחד מעובדי הקטיף להפסיק את עבודתו ולסייע בעבודת איסוף הפרחים אולם ההחלטה הינה שרירותית ולעיתים מוצבים שני אוספים מתחילת יום העבודה.

בניתוח שיטת העבודה נמצא כי קיימות 3 שיטות עבודה עיקריות בהן משתמשים העובדים האוספים: (א) איסוף בתנועת עקלתון של השורות בהן מספר הפרחים הקטופים הינו מירבי, (ב) איסוף לאורך חצי שורה וחזרה ריקה, ו- (ג) שילוב של שיטות א' ו- ב'. התפלגות האיסוף בין השיטות השונות הינה 45% שיטה א', 10% שיטה ב' ו- 45% שיטה ג'. יחס זמן השינוע הממוצע היה כ- 12% מסך זמן העבודה הכולל. תיאור סכימטי של שיטות האיסוף השונות מופיע באיור 2.



איור 2: שיטות האיסוף בשדה: (א) איסוף בתנועת עקלתון של השורות בהן מספר הפרחים הקטופים הינו מירב. 1-הליכה ואיסוף לאורך שורה בעלת מספר זרים 'ממתינים' מקסימלי, 2-הליכה ואיסוף לאורך שורה בעלת מספר זרים 'ממתינים' מקסימלי. (ב) איסוף לאורך חצי שורה וחזרה ריקה. 1-הליכה ואיסוף לאורך חצי שורה בעלת מספר זרים מקסימלי, 2-הליכה ללא איסוף לאורך אותה חצי שורה. (ג) שילוב של שיטות א' ו-ב'

שלב האגידה – הוגדרו 7 אלמנטים: (1) סידור אגד 5 - העובד מסדר את האגד שהובא על ידי האוסף. העובד מבצע פעולות שונות כגון חיתוך עלים, או החלפת ענף בעת הצורך. (2) חיתוך - העובד חותך את ענפי הפרחים. (3) אגידה ל- 25 - העובד אוסף את 5 אגדים שקטף וקושרם באמצעות גומייה לזר של 25 פרחים. (4) סידור נוסף - העובד מבצע סידור נוסף לפני צילפון הזר. (5) צילפון - העובד עוטף את הזר בצלפון בעזרת מתקן המונח על עגלת השינוע. לאחר העטיפה מסדר את הצלפון ובודק שוב את הזר. (6) סידור סופי - העובד בודק את גובה הזר ומבצע יישור של ענפי הזר. (7) הנחה בדלי - העובד לוקח 2 זרים אל דליי המים הממוקמים על עגלת השינוע. טבלה 4 מציגה את תוצאות עיבוד הנתונים של האלמנטים השונים בשלב האגידה.

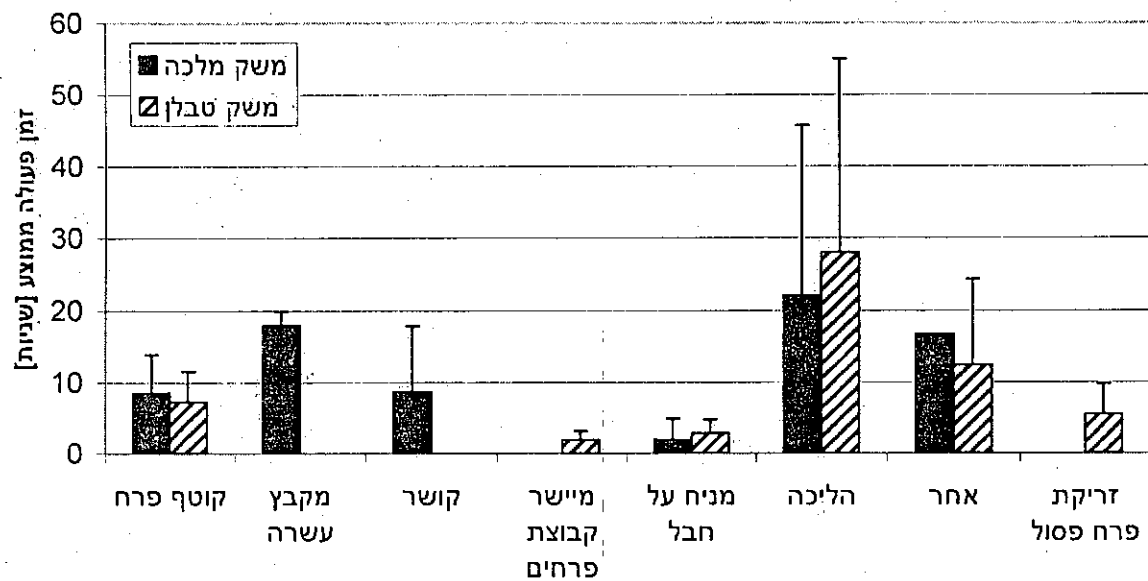
טבלה 4: תוצאות נתוני האלמנטים בשלב האגידה. ערכי הזמנים הינם בשניות.

אלמנט	סידור 5	חיתוך	אגידה ל 25	סידור נוסף	צילפון	סידור סופי	הנחה בדלי
תצפיות בפועל	481	538	57	32	68	106	56
ממוצע	15.5	12.2	27.6	18.0	19.1	17.1	18.3
סטיית תקן	6.8	6.5	11.6	12.3	12.5	12.3	11.3
מס' תצפיות נדרש	291.6	431.8	274.0	715.0	657.8	792.1	579.2
תדירות	5	5	1	1	1	1	0.5
זמן יסוד	77.5	61.1	27.6	18.0	19.1	17.1	9.2

3.2.2 ליוזיאנטוס

שלב הקטיף – בשני המשקים צורת העבודה של פועלי הקטיף דומה. בשני המקרים הפועלים עוברים בתוך השורות קוטפים פרחי ליוזיאנטוס ומניחים בערימות על החבלים שבשורות. באיור 3 מובאים זמני התקן לביצוע הפעולות השונות של פועלי הקטיף בשני המשקים. פעולת קטף פרח בודד במשק ב' קצרה בכ- 16% מאשר במשק א' (8.6 שניות). כתוצאה משיטת העבודה. במשק ב' כל עובד קוטף את כל הפרחים המתאימים לקטיף בעוד במשק א' כל עובד קוטף פרחים מקבוצת אורך אחת בלבד. פעולת ההנחה על חבלים במשק א' קצרה בכ- 0.8 שניות לפעולה מאחר והפועלים במשק א' מניחים חבילות של 10 פרחים בעוד שבמשק ב' גודל החבילות מעל 20 פרחים בדרך כלל. עקב כך הזמן הממוצע להנחת פרח במשק ב' קצר יותר מאשר במשק א'. כתוצאה מביצוע חלק מפעולות המיון והאגידה על ידי

הקוטפים בשדה. הקוטפים במשק א' משקיעים כ- 2.7 שניות בממוצע בסידור וקשירת פרח, בעוד הקוטפים במשק ב' משקיעים כ- 0.07 שניות לסידור הפרח לפני הנחתו על החבלים.



איור 3: זמן הפעולות הממוצע לעובדי קטיף במשק א' וב'.

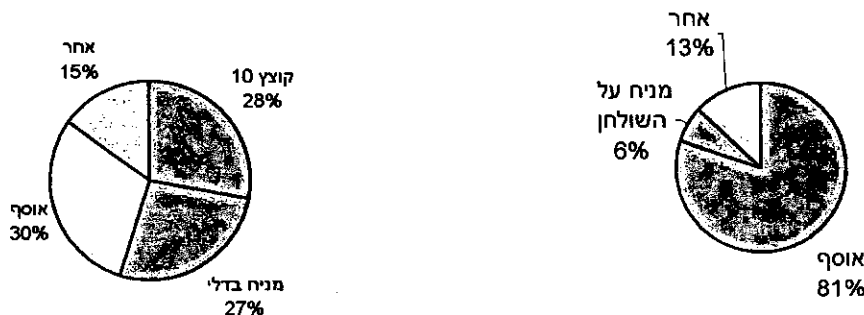
בהשוואת יחסי זמן העבודה נמצא כי במשק א' פעולת הקטיף מהווה רק 63% מסך זמן עבודת הקוטפים בעוד במשק ב' פעולה זו מהווה כ- 84% מסך זמן העבודה. זמני ההליכות של העובדים מחוץ לשורות (לא כולל הליכה בתוך השורות במהלך ביצוע הקטיף) לצורך מעבר משורה לשורה מהווה כ- 6% מסך זמן עבודת הקוטפים במשק א' ו- 3% במשק ב'. פעולת ההנחה של הפרחים הקטופים על החבלים דומה בשני המשקים וצורכת כ- 7.5% מסך העבודה. במשק א' פעולות המיון והאגידה (קיבוץ של 10 פרחים וקשירתם) המבוצעות על ידי הקוטפים מהוות כ- 23% מזמן העבודה הכולל. תפוקת הקטיף הממוצעת לעובד במשק ב' הינה 412 פרחים לשעה והיא גבוהה ב- 53% מתפוקת הקטיף במשק א' (268 פרחים לשעה).

עובדי האסיף במשק א' מבצעים גם פעולות מיון ואגידה ולכן פעולת האסיף מהווה רק 30% מסך עבודתם. האוסף מבצע סידור וקיצוץ נוסף של הפרחים ומשקיע בכך כ- 28% מזמנו. בנוסף שלב ההכנסה של האגדים המוכנים לדליים מהווה 27% מזמן עבודתו. במשק ב' האוסף מבצע בעיקר את פעולת האיסוף. במשק זה זמן האיסוף ופריקת הפרחים צורך 87% מזמן עבודתו של האוסף. ההשוואה בין יחסי הזמן השונים של האוספים במשקים השונים מובאת באיור 4. בשיטות הנוכחיות, פעולות השינוע השונות מהוות 9% עד 20% מסך העבודה בשלב הקטיף. פעולות המיון בשטח מהוות צוואר בקבוק בתהליך העבודה.

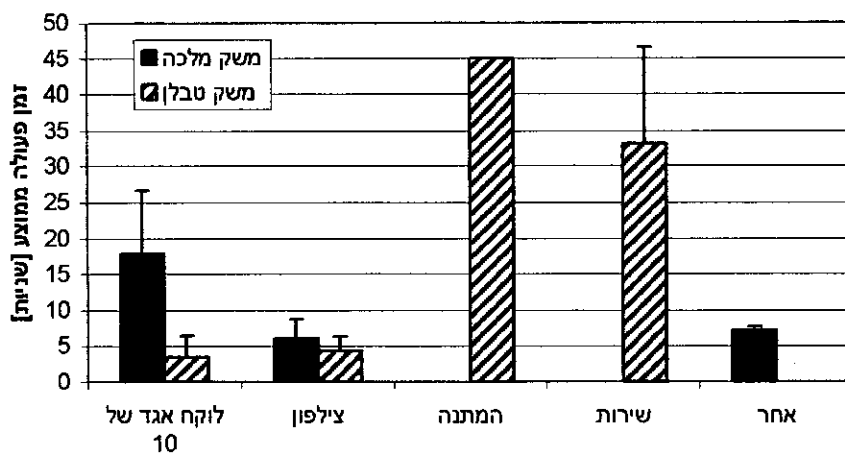
בית אריזה – במשק ב' הפרחים מגיעים לבית האריזה בדליים כאשר אינם אגודים לעשירות או ממוינים לפי גודל. בעמדה הראשונה (עמדת המיון והספירה) הפרחים נספרים לעשירות על ידי מספר פועלים ומונחים על מסוע מכונת האגידה. בעמדה זו עובדים כ- 3 עד 5 עובדים. כ- 83% בממוצע מזמן העבודה בתחנה זו מוקדש למיון גודל וספירת 10 פרחים ו- 12% מזמן העבודה מהווה פעולת הנחת עשרה פרחים בתאי המסוע. ביציאה ממכונת האגידה הפרחים

אגודים בעשירות וממוינים לפי גודל. הזמן הממוצע למיון ספירה וחנחה על המסוע של 10 פרחים הינו 37 שניות בממוצע.

במשק א' הפרחים מגיעים לבית האריזה כאשר הם ממוינים לפי גודל ואגודים בעשירות. משימת המצלפן במשק א' הינה זהה למשימת המצלפן במשק ב' מאחר ושניהם מקבלים את הפרחים אגודים וממוינים. בחשוואת משימה זו בין שני המשקים נמצא כי הזמן הממוצע ללקיחת אגד וצילפון על ידי עובד במשק א' הינו כ- 24 שניות. זמן זה ארוך פי 3 מאשר במשק ב' (כ- 8 שניות). תפוקת המצלפן במשק א' הינה 1442 פרחים בשעה בעוד תפוקת המצלפן במשק ב' הינה 4287 פרחים בשעה. פירוט זמני הפעולות השונות של הפועל המצלפן בשני המשקים מופיע באיור 5.



איור 4: יחסי הזמן של הפעולות השונות של עובדי האסיף במשק א' (ימין) ומשק ב' (שמאל).



איור 5: זמן הפעולות הממוצע לעובד צילפון במשק א' וב'

3.3 סימולציה

3.3.1 גיפסנית

הוגדרו 3 מדדי ביצוע: (1) תפוקת עובד לשעה, (2) יחס זמן השינוע מסך זמן העבודה (אחוז הזמן המושקע בשינוע על ידי העובדים), ו- (3) זמן מקטיף לדלי – הזמן העובר מרגע קטיף פרח ועד הכנסתו ארוז ומצולפן לדלי בעגלת השינוע.

לאחר בניית מודל הסימולציה ולפני שלב ניתוח התוצאות ובניית החלופות, בוצע אימות ותיקוף של המודל בשיטות סטטיסטיות (לניר ורורברג, 2008; אלול וברון, 2007): מבחן T-Test ומבחן Kleijnen. תוצאות המבחנים הראו כי המודל מתאר את שיטת העבודה הנוכחית באופן מובהק.

בדיקת חלופות – נבחנו חמש חלופות:

חלופה 1: שינוי אורך השורה - בוצע ניתוח רגישות על אורך השורה (טבלה 5). עבור אורך שורה של 25 מטרים, מתקבלות תוצאות טובות עבור שלושת מדדי הביצוע.

טבלה 5: ניתוח רגישות עבור אורך השורה.

	S	Scenario Properties			Control	Responses		
		Name	Program File	Reps	length	truck per hour	time from kat if to water	transportation percent
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Scenario 1	3 final_unif	11	40.0000	8.678	697.686	0.078
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Scenario 2	3 final_unif	11	45.0000	8.570	781.014	0.092
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Scenario 3	3 final_unif	11	50.0000	8.508	833.932	0.083
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Scenario 4	3 final_unif	11	55.0000	8.420	892.757	0.071
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Scenario 5	3 final_unif	11	35.0000	8.748	651.846	0.076
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Scenario 6	3 final_unif	11	30.0000	8.774	619.875	0.077
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Scenario 7	3 final_unif	11	25.0000	8.790	590.975	0.076
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Scenario 8	3 final_unif	11	20.0000	8.811	562.500	0.078
9	<input checked="" type="checkbox"/>	Scenario 9	3 final_unif	11	18.0000	8.830	554.891	0.081

במצב הקיים, זמן מקסימלי לדלי הינו 697 שניות, ואילו בחלופה הנבחנת: הוא קצר בכ- 107 שניות. מאחר והגורם העיקרי המשפיע על האיכות בשלב הייצור הינו זמן מקסימלי למים. בחלופה זו תישמר איכות הפרח בצורה טובה יותר מאחר וזמן השינוע קטן בכ- 16% באופן מובהק. חלופה זו שיפרה גם את מדדי הביצוע של תפוקת עובד ויחס זמן השינוע אך השיפור לא היה מובהק סטטיסטית.

חלופות 2, 3, 4: שיטת השינוע. שינוע לפי שיטת שינוע א' (חלופה 2), שינוע לפי שיטת שינוע ב' (חלופה 3), שינוע לפי שיטת שינוע ג' (חלופה 4). שיטת השינוע המיטבית מבחינת יחס זמן השינוע הינה שיטת שינוע ג' (חלופה 4). בשיטה זו יחס זמן השינוע היה 11% מסך זמן העבודה בהשוואה ל- 13% בשיטות שינוע א' ו- ב' (חלופות 2 ו- 3 בהתאמה) וכ- 12% במצב הקיים אשר הינו עירוב של כל שלושת השיטות. במדד ביצוע זמן מקסימלי למים, חלופה 2 הינה המיטבית (645 שניות). זמן זה קצר ב- 11 שניות מאשר בחלופה 3 וב- 150 שניות מחלופה 4. תפוקת העובד לשעה הגבוהה ביותר התקבלו עבור חלופות 3, 4 (8.75 ו- 8.74 בהתאמה) בהשוואה ל- 8.56 לחלופה 4 ו- 8.68 במצב הקיים. ההבדלים בכל המדדים בין חלופות 2, 3, 4 והמצב הקיים לא היו מובהקים סטטיסטית.

חלופה 5: ביטול חזרות ריקות בשורה. במצב הקיים, עובד קטיף המסיים לקטוף בשורה מסוימת, חוזר לאורך השורה שזה עתה קטף בה בכדי לעבור לשורה הפנויה הבאה. בחלופה זו נבחנת ההשפעה של שינוי שיטת התנועה של עובדי הקטיף, לפיה העובדים יעברו משורה לשורה בתנועת עקלתון. עובד קטיף המסיים לקטוף בשורה מסוימת, ייכנס לשורה הפנויה הבאה מאותו צד בו סיים את השורה שזה עתה קטף, כפי שמתואר באיור 6.

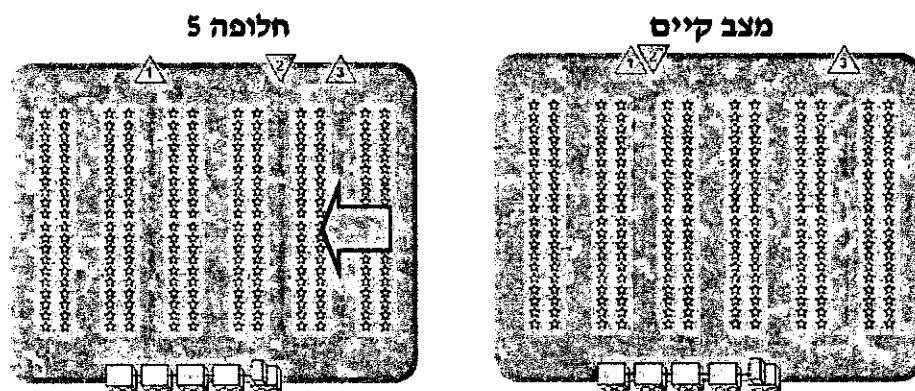
בחלופה הנבחנת חלק זמן השינוע מזמן העבודה הכולל הינו 8.8% אשר נמוך בכ- 27% מזמן השינוע במצב הקיים. והזמן מקסימלי למים התקצר בכ- 6%. תפוקת העובד לשעה בחלופה זו גבוהה מאשר במצב הקיים אך ההבדל הינו זניח.

חלופה 6: שינוע במסוע עילי. בחלופה זו ישנה השקעה ראשונית של הקמת מסוע עילי בחממות, כך שהקוטפים, לאחר שאגדו את הפרחים, מניחים אותם על המסוע והזרים מגיעים לתחנת האגידה. בחלופה זו אין עובדי שינוע והפועל המשוער עובר לתחנת הקטיף. בחישובים הכלכליים נלקחו בחשבון מספר אפשרויות של עלות הקמת מסוע/רשת

מסועים ובוצעו חישובים של החזר עלות השקעה לאורך מספר שנים. כמו כן בוצעו ניתוחי רגישות של מהירות המסוע וזמן העמסה של הזרים נמצא כי זמנים אלו זניחים ביחס לתהליך כולו. במידה ועלות החקמה הינה כ-30,000 ש"ח, ההשקעה תוחזר בפחות משנה, וכאשר גובה ההשקעה 250,000 ש"ח ההשקעה תוחזר בפחות מ-3 שנים.

חלופה 7: הוספת עגלת אסיף. הפועל המשנע עגלה ידנית בה הוא יכול להעמיס מספר זרים מעבר לקיבולת שנשא עד כה בידיים. עלות העגלה נמוכה וקצב ההליכה לא השתנה. נמצא כי בעגלה היכולה לשאת כמות כפולה בלבד של פרחים יחסך כ- 46% מזמן השינוע ותפוקת הקטיף תגדל בכ- 5% עד 10%.

חלופה 8: העברת פעולת אגידת הזר. בחלופה זו נבחנו שתי השפעות העברת פעולת אגידת זר של 25 פרחים מהקוטפים בשורות לעמדת האגידה. נמצא כי העברת פעולה זו לעמדת האגידה מעלה את תפוקת העובד בכ- 7% ומקצרת את זמן השינוע בכ- 11%.



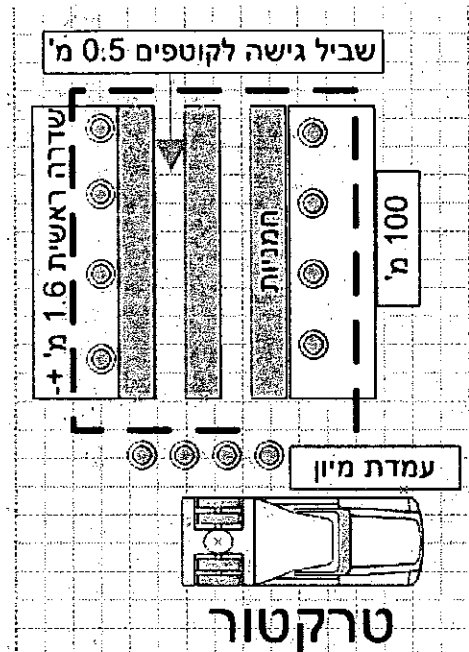
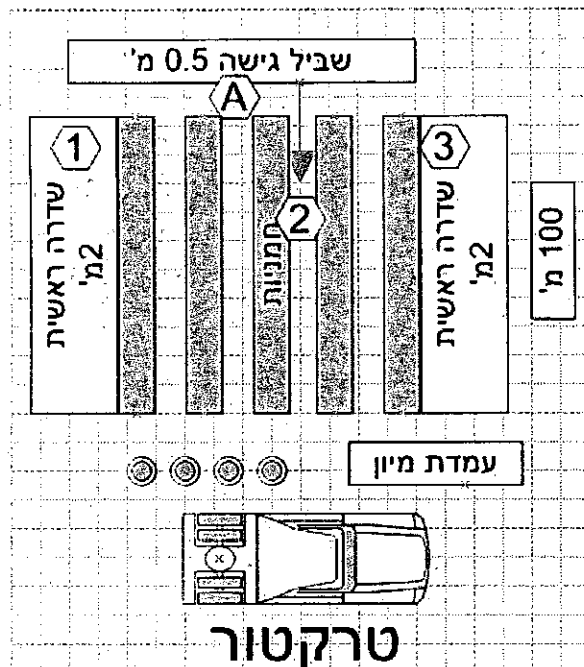
איור 6. מצב קיים לעומת חלופה מוצעת מס' 5 – שינוי באופן התקדמות עובדי הקטיף בחלקה

3.3.2 לזיאנטוס

בדיקת חלופות בקטיף – נבחנו שלוש חלופות לתהליך הקטיף:

חלופה 1: בחלופה זו נבחנו מבנה החלקה. במצב הקיים כל חלקה שטחה 1 דונם, כאשר שביל שרוחבו 2 מ' מפריד בין החלקות. בכל חלקה 5 שורות באורך של 100 מ', כאשר שביל צר שרוחבו חצי מטר מפריד בין כל שורה ושורה. מאחר והאוסף נע בעיקר בשבילים הראשיים, שינוי מספר השורות בחלקה ל- 3 יצמצם את מספר ההליכות המיותרות אשר מבצע האוסף וימנע את הצורך לנוע בשורות כאשר הוא "מלא" לנקודת הפריקה. באיור 7 מתוארת מבנה חלקה קיימת (ימין) והחלקה המוצעת בחלופה (שמאל).

חלופה 2: בחלופה זו ניבחנו השימוש בעגלת איסוף בתוך השורות אשר אמורה להגדיל את מספר חבילות הפרחים שהאוסף משנע בכל פעם אל עמדת הפריקה. ההנחות בחלופה זו הינה כי מהירות העובד אינה משתנה כתוצאה משימוש בעגלת איסוף, יכולת נשיאת הפרחים בעגלה גדולה פי 4 מאשר יכולת נשיאת פרחים על ידי אוסף רגלי והאוסף ישתמש בעגלה ב- 80% מהזמן מאחר ובמקרים בהם האוסף נמצא בשביל המרכזי ובמרחק שאינו עולה על 50 מטרים מעמדת המיון, הוא יעדיף לחזור לעמדת המיון ולא להשתמש בעגלת האיסוף. מקרים אלו הינם כ- 20% מסך עבודת האיסוף.



איור 7: סכימה של מבנה חלקה קיימת (ימין) וכזו המוצעת בחלופה 1 (שמאל).

חלופה 3: מיון בבית האריזה, החלופה זו עמדת המיון תעבור לבית האריזה ובשדה יתבצע רק קטיף ואיסוף הפרחים. התוצאות הראשוניות מראות כי החלופה המיטבית היא החלופה השנייה שבה האוספים עובדים עם עגלות אסף תפוקת הפועלים בחלופה זו גדלה ב- 57% בהשוואה למצב הקיים. שינוי מבנה החלקה (חלופה 1) לא השפיע על תפוקת האוסף וחלופה 3 הקטינה את תפוקת האוסף ב- 11%.

3.4 מודל אופטימיזציה - גיפסנית

מודל האופטימיזציה המתמטי (לניר ורורברג, 2008) נבנה על בסיס חלופה 5. חלופה זו נבחרה מאחר והיא מביאה לשיפור מובהק, איננה מצריכה השקעת משאבים או שינוי מבני של החלקות, המודל מהווה כלי עזר בקבלת החלטות על בסיס יומי לגבי שיבוץ העובדים בעמדות ובתהליכים השונים.

קלט המודל נקרא מקובץ Excel, כאשר כל תרחיש עבודה הוא שורה בטבלת הקובץ ופלט המודל נרשם באותו קובץ. בשורת התרחיש המתאימה. התרחישים מייצגים את כלל המצבים האפשריים בתהליכי העבודה. משתני הקלט הינם:

n_w - מספר העובדים הכולל בעמדות הקטיף, האריזה והשינוע. טווח המשתנה הוגדר בתחום 12-22, בהתאם למתרחש בשטח.

h_n - מספר שעות העבודה על חלקה מסוימת, טווח המשתנה הוגדר בתחום 5-11 שעות, גם כאן בהתאם למתרחש בשטח.

weather - משתנה המייצג את הטמפרטורה. המשתנה מתאים את שיטת העבודה לעבודה בקיץ או בחורף ואת אילוף הזמן המירבי מקטיף ועד הכנסת הפרח לדלי מים. "מתכונת" קיץ יעבירו עובדי האריזה את הזרים המוכנים לדלי

המים לאחר שהצטברו 3 זרים כאשר בדרך כלל מעבירים כל 9 זרים מוכנים זמן שהיה המירבי מחוץ למים יהיה 12 דקות במקום 20 דקות.

Topen/Tclose - משתנים המגדירים את שעת הפתיחה או הסגירה של עמדת אריזה שנייה. בתחילת יום עבודה יש עמדת אריזה אחת, ובה 5 עובדים המבצעים את שלבי האריזה השונים. לפתיחת עמדת אריזה נוספת נקראים 3 עובדי הקטיפ, כאשר שני העובדים המבצעים את אלמנטים 4 ו- 5 בעמדת האריזה הראשונה מבצעים כעת את הפעולות הללו עבור שתי העמדות. טווחי הערכים ורזולוציית המשתנים השונים מובאים בטבלה 6.

טבלה 6: הטווחים שהוגדרו לאלמנטים השונים.

שם משתנה	טווח המשתנה	רזולוציית המשתנה	מספר אפשרויות
n_w	12-22	2 עובדים	6
h_n	5-11	שעתיים	4
Weather	0-1	1	2
Topen	1-10	1 שעה	10
Tclose	2-11	1 שעה	10

משתני הפלט הינם: **yield** - מספר הזרים המוכנים בתום זמן העבודה ו- **Time_till_water** - זמן מרגע קטיפ עד להגעת הפרח לדלי המים.

פותחו שתי משוואות רגרסיה: משוואת התפוקה (1) ומשוואה משנית (2) המחשבת זמן מקטיפ עד למים (time_till_water). מטרת מציאת שתי המשוואות הנ"ל היא מציאת תפוקה אופטימאלית תחת אילוצי זמן עד למים, ולמעשה מציאת אופטימום מקומי של משוואת התפוקה.

(1)

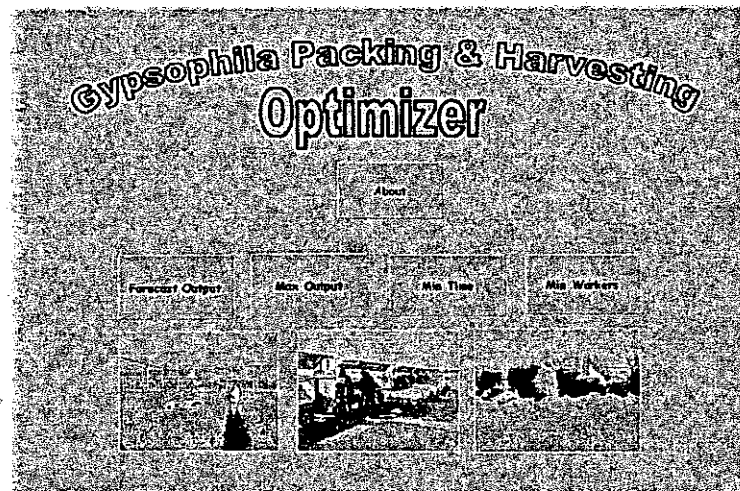
$$Yield = 275.607 - 66.700 \times h_n - 10.660 \times n_w + 19.956 \times Topen - 17.759 \times Tclose + 0.535 \times h_n \times n_w - 19.964 \times weather \times h_n$$

(2)

$$Time\ till\ water = 694.9 - 36.530 \times h_n + 36.1 \times Tclose + 460.349 \times weather - 47.575 \times weather \times n_w - 7.201 \times Tclose \times h_n + 5.000 \times h_n \times n_w + 10.279 \times weather \times Tclose + 5.5885 \times Topen \times Tclose + 9.5 \times n_w - 51.341 \times Topen$$

עבור משוואת הרגרסיה הראשית התקבל מקדם קורלציה $R^2 = 0.96$ המראה על מתאם גבוה בין תוצאות הסימולציה ותוצאות המודל המתמטי.

נבנה כלי ניהולי, תומך החלטה מבוסס visual Basic ותוסף ה-solver של תוכנת ה-Excel, הכלי מורכב ממסך ראשי וארבעה מסכים נוספים. במסך הראשי (איור 8) ישנם חמישה כפתורים.



איור 8: מסך ראשי של כלי האופטימיזציה

לחיצה על כפתור "Forecast Output" תפתח מסך המאפשר חיזוי של מספר יחידות התפוקה (איור 9), עבור הנתונים: מספר עובדים, משך זמן עבודה, זמן פתיחה וסגירה של עמדת אריזה שנייה וטמפרטורה.

איור 9: מסך "Forecast Output" של כלי האופטימיזציה (לניר ורורברג, 2008)

במסך "Max Output" המשתמש מתבקש להזין את נתוני הקלט: משך יום עבודה, מספר עובדים וטמפרטורה, והמערכת מחשבת את הנתונים הבאים: Packing Workers - מספר עובדי קטיפה ראשוני שמומלץ לשבץ על מנת לקבל תפוקה מקסימאלית. Harvesting Workers - מספר עובדי אריזה ראשוני שמומלץ לשבץ על מנת לקבל תפוקה מקסימאלית. Transportation Workers - מספר עובדים משניים ראשוני שמומלץ לשבץ על מנת לקבל תפוקה מקסימאלית. Units - מספר הזרים שיתקבלו בתום זמן העבודה. Topen - זמן מומלץ לפתיחת עמדת אריזה שנייה. Tclose - זמן מומלץ לפתיחת עמדת אריזה שנייה. Red Light- High Level - משתנה המייצג את מספר הזרים המוכנים לאיסוף בשורה, ברגע בו מומלץ להוסיף עובד איסוף נוסף. Red Light- Low Level - משתנה המייצג את מספר הזרים המוכנים לאיסוף בשורה, ברגע בו מומלץ להפחית עובד איסוף אחד.

הנתונים Red Light- High Level ו- Red Light- Low Level משמשים כלל אצבע לשיבוץ עובדי שינוע.

במסך "Min Time" המשתמש מתבקש להזין את נתוני הקלט: מספר יחידות תפוקה רצויות, מספר עובדים וטמפרטורה. והמערכת מחשבת את הנתונים הבאים: Total Time - זמן העבודה הדרוש להשלמת מספר יחידות התפוקה שהוזנו בתנאים הנתונים. Units, Packing Workers, Harvesting Workers, Transportation Workers, Tclose, Topen, Red Light- Low Level, Red Light- High Level.

במסך "Min Workers" המשתמש מתבקש להזין את נתוני הקלט: מספר יחידות תפוקה רצויות, משך זמן העבודה וטמפרטורה. והמערכת מחשבת את הנתונים הבאים: Number of workers - מספר עובדים כללי (קטיף, אריזה ושינוע), Units, Packing Workers, Harvesting Workers, Transportation Workers, Tclose, Topen, Red Light- Low Level, Red Light- High Level.

3.4.1 ניתוחי רגישות

בעזרת מודל האופטימיזציה בוצעו ניתוחי רגישות של השפעת מספר עובדים כולל, משך יום העבודה, וזמן פתיחה וסגירה של עמדת אגידה שנייה (לניר ורורברג, 2008).

השפעת מספר עובדים כולל - הוספה של עובד תביא להגדלת התפוקה בכ - 67 זרים ותגדיל הזמן מקטיף עד למים בכדקה בחורף ובכ - 12 שניות בקיץ.

השפעת משך יום עבודה - הוספה של שעת עבודה אחת יוביל לגידול בתפוקה של 87 זרים בחורף ול- 67 זרים בקיץ. ההשפעה של שינוי בערכו של פרמטר זה על הזמן מקטיף עד למים תלויה גם בערכו של אחד ממשתני ההחלטה Tclose.

זמן פתיחת עמדת אגידה שנייה - עובדי עמדת האריזה השנייה הינם עובדי קטיף שעוזבים את עבודת הקטיף ועוברים למלאכת האריזה, כלומר, מספר עובדי הקטיף יורד ב - 3 לזמן בו ישנן שתי עמדות אריזה. מאחר ישנו אילוף של הזמן מקטיף עד למים, אם נתייחס ל Tclose כקבוע, כל עוד מתקיימת עמידה באילוף הזמן מקטיף עד למים, השאיפה היא לפתוח את עמדת האריזה השנייה במועד מאוחר ככל האפשר.

זמן סגירת עמדת מיון שנייה - התנהגות המערכת הפוכה ל"זמן פתיחת עמדת אגידה שנייה". ככל שזמן סגירת העמדה יהיה מאוחר יותר, כך יקטן בצורה די משמעותית הזמן מקטיף עד למים, אך גם התפוקה. כל עוד מתקיימת עמידה באילוף הזמן מקטיף עד למים, השאיפה היא לסגור את עמדת האריזה השנייה בזמן מוקדם ככל האפשר.

4 סיכום ומסקנות

תרומתו של המחקר בחקר עבודה של שלבי הקטיף והעבודה בבית האריזה בגיפסנית, ליוזיאנטוס וחמניות ופיתוח מודל סימולציה בתוכנת ARENA. נמצאו מספר תהליכים לא יעילים בשלבי הקטיף והעבודה בבית האריזה בליוזיאנטוס, וכי עבודות המיון המבוצעות בשטח מהוות צוואר בקבוק בשלב הקטיף בליוזיאנטוס וחמניות. תפוקת הקטיף בליוזיאנטוס ללא ביצוע פעולות מיון ואריזה גבוהה ב- 53% מאשר במצב שבו הקוטפים אוגדים לעשירות ומבצעים מיון לפי גודל. גם תפוקת האוסף גדלה פי 2.5 כאשר אינו נדרש לבצע פעולות הקשורות למיון. במודל הסימולציה נמצא כי איסוף בעזרת עגלת איסוף מתאימה יגדיל את תפוקת האוספים בכ- 57% בליוזיאנטוס, ובגיפסנית יקטין את זמן השינוע בכ- 46%. קיצור אורך השורות בגיפסנית ל- 25 מטר (במשק הנחקר) ללא שינוי שיטת העבודה יביא לשיפור של 16% בזמן מקטיף עד למים. מעבר הקוטפים בין השורות בתנועה עקלתונית תקטין את העבודה המושקעת בשינוע מ- 12% ל- 8.8% או תגדיל את תפוקת העובדים בכ- 5%. הוספת מערכות מיכון כגון

מסוע עילי או אמצעי עזר כגון עגלת אסיף יקטינו את כמות הידיים העובדות בשלבי השינוע עד לאפס ויגדילו את תפוקת הקטיף בכ- 10%. על פי הממצאים שהתקבלו יש להוריד מהקוטפים והאוספים פעולות הקשורות למיון ואגידה בשטח. את פעולות האגידה והמיון יש לבצע בבית האריזה בלבד. במחקר קודם (בכר וחוברין, 2005) נמצא כי תפוקת המיון גדלה ב- 25% כאשר מבוצעת בבית אריזה בהשוואה לשדה. כלי ניהול מבוסס מודל אופטימיזציה שפותח מאפשר להתאים את הפיתרון המיטבי לכל משק בהתאם למאפייניו, לאילוצים הקיימים ולהחלטות ניהוליות של המגדל. לייעל את העבודה, להקטין את ההוצאות על העובדים ולהגדיל את הייצור והתפוקה.

5 תודות

ברצוננו להודות לסטודנטים אשר ביצעו את העבודה כחלק ממטלות פרויקט הגמר שלהם: טל לניר, יעל רורברג, שחר אלול, נדב ברון, גל בירקנפלד, מיכה חן, עוז איזביצקי, לאון פירגובסקי, עידן שמש ואור צביאלי.

6 מקורות

1. אלול, ש. וברון, נ. 2007. ייעול תהליכי השינוע, הובלה וחיסכון בידיים עובדות במשקים לגידול פרחי גיפסנית. פרויקט גמר. המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת בן-גוריון שבנגב.
2. בירקנפלד, ג., חן, מ. 2006. שיפור וייעול תהליכים חקלאיים (שינוע של פרחים). פרויקט גמר. המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת בן-גוריון שבנגב.
3. בכר, א., מוסקוביץ, י., אמיר, ר. ומור, א. 2005. ייעול תהליכי העבודה וחיסכון בידיים עובדות בגיפסנית תוכנית מחקר מס' 459-4228-05. דוח מסכם. מועצת הפרחים.
4. גלברזון, ש. 2000. ניהול התיפעול ושיפור ביצועים. תיא, צריקובר.
5. גן-מור, ש., יוסף, ש. 1993. חקר עבודה לשם מיכון וייעול העבודה בחממות, מנהל המחקר החקלאי, המכון להנדסה חקלאית, דו"ח מדעי, מדען ראשי, משרד החקלאות.
6. לב, מ., שגיא, י., גרינשפון, י., זילברשטיין, ב"ע., הופמן, ר., וולף, י. (1995) שינוע רב תכליתי בחממות פרחים. דוח. קרן מעוף.
7. לב, מ., זילברשטיין, ב"ע., 1997, מיכון עזר לייעול האסיף של פירחי יצוא מערנות הגידול. דפי מידע, (5) 63-71.
8. לניר, ט. ורורברג, י. 2008. ייעול תהליכי השינוע, הובלה וחיסכון בידיים עובדות במשקים לגידול פרחי גיפסנית. פרויקט גמר. המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת בן-גוריון שבנגב.
9. לשכת מדען ראשי, פרופיל ענף פרחים, אתר מדען ראשי באינטרנט, 2005.
10. שמש, ע. וצביאלי, א. 2007. שינוע פרחים במשק חקלאי. פרויקט גמר. המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת בן-גוריון שבנגב.
11. Barnes, R. M., *Motion and time study design and measurement of work*. Wiley. 1980.
12. Groover, M.P. *Automation, Production systems, and Computer-integrated manufacturing*, Prentice-Hall, NJ, USA 2008.
13. Nahmias, S. *Production and Operations analysis*. McGraw-Hill, New York, 2005.
14. Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A., Trevino, J., *Facilities Planning*, 2nd Ed., Wiley, NY, 1996.

סיכום עם שאלות מנחות

נא לענות על כל השאלות, בקצרה ולעניין, ב 3 עד 4 שורות מכסימום לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).

שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.

הערה: נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
<p>שיפור תהליכי השינוע במשקי פרחים, חיטכון בידיים עובדות, הוזלת עלויות הייצור, קיצור זמני שהיית התוצרת בתהליך הקטיף מיון ואריזה ושיפור בתי אריזה לאמצעי השינוע באופן שיאפשר יישומם במירב בבתי אריזה בענף. המטרות הספציפיות הן: איפיון מלא של תהליכי השינוע השונים בפרחים בשלבי הקטיף, ההובלה לבית האריזה, המיון והאריזה. מציאת צווארי בקבוק ותהליכים לא יעילים בשלבי השינוע בפרט ובתהליכי העבודה בכלל. מציאת הפרמטרים החשובים ביותר בשלבי השינוע. הצעת כלי עזר, מתקנים ומיכון ליעול תהליכי העבודה וחיטכון בידיים עובדות. ניתוח כדאיות כלכלית של השיטות והטכנולוגיות המוצעות.</p>
עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.
<p>בוצע חקר שיטות וחקר עבודה בשלבי הקטיף המיון והאריזה השונים בגיפסנית, ליויאנטוס וחמניות. פותח מודל סימולציה בתוכנת ARENA. אותרו צווארי בקבוק, ונקודות קריטיות במערכי העבודה ותהליכים לא יעילים בשלבי הקטיף, המיון והאריזה. נבדקו חלופות. פותח מודל אופטימיזציה לגיפסנית וכלי ניהולי מבוסס על המודל.</p>
המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח.
<p>נמצא כי עבודות המיון המבוצעות בשטח מהוות צוואר בקבוק בשלב הקטיף בליויאנטוס וחמניות. תפוקת הקטיף בליויאנטוס לא ביצעה פעולות מיון ואריזה גבוהה ב- 53% מאשר במצב שבו הקוטפים אוגדים לעשירות ומבצעים מיון לפי גודל. גם תפוקת האוסף גדלה פי 2.5 כאשר אינו נדרש לבצע פעולות הקשורות למיון. איסוף בעזרת עגלת איסוף מתאימה יגדיל את תפוקת האוספים בכ- 57% בליויאנטוס, ובגיפסנית יקטין את זמן השינוע בכ- 46%. קיצור אורך השורות בגיפסנית ל- 25 מטר (במשק הנחקר) ללא שינוי שיטת העבודה יביא לשיפור של 16% בזמן מקטיף עד למים. מעבר הקוטפים בין השורות בתנועה עקלתונית תקטין את העבודה המושקעת בשינוע מ- 12% ל- 8.8% או תגדיל את תפוקת העובדים בכ- 5%. הוספת מערכות מיכון כגון מסוע עילי או אמצעי עזר כגון עגלת אסף יקטינו את כמות הידיים העובדות בשלבי השינוע עד לאפס ויגדילו את תפוקת הקטיף בכ- 10%. על פי הממצאים שהתקבלו יש להוריד מהקוטפים והאוספים פעולות הקשורות למיון ואגידה בשטח. את פעולות האגידה והמיון יש לבצע בבית האריזה בלבד. כלי ניהול מבוסס מודל אופטימיזציה שפותח מאפשר להתאים את הפיתרון המיטבי לכל משק בהתאם למאפייניו, לאילוצים הקיימים ולהחלטות ניהוליות של המגדל. לייעל את העבודה, להקטין את ההוצאות על העובדים ולהגדיל את הייצור והתפוקה.</p>
הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנותרה לביצוע תוכנית המחקר.
<p>הצלחת הפיתוח והשימוש של כלים טכנולוגיים מתקדמים, התאמתם ושימושם בתחומים נוספים ובגידולים נוספים. יישום והטמעת ההמלצות ותוצאות המחקר במגוון משקים יאפשרו חיטכון בענף הפרחים, הגדלת היתרון בשווקים בינלאומיים והגדלת שרידות החקלאי והענף.</p>
האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח - יש לפרט: פרסומים - כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך.
<p>מתוכנן פרסום בעיתון מוביל בהנדסה חקלאית ופרסום בעיתון ישראלי. המחקר יוצג בכנס בינלאומי בהנדסה חקלאית שייערך בשנת 2009. כמו כן, ינתנו מספר הרצאות במסגרת ימי עיון לחקלאים ולמדריכי הגידולים שנחקרו וגידולי פרחים בכלל.</p>
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
<p>ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) ☞</p>