

455

2004-2005

תקופת המחקר:

459-0397-05

קוד מחקר:

Subject: IMPROVING WORK METHODS AND HUMAN LABOR REDUCTION IN TOMATOES PACKING HOUSES

Principal investigator: AVITAL BECHAR

Cooperative investigator: Yael EDAN, SINAYA NETANYAHU, YOSEF SHLOMO

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

שם המחקר: ייעול תהליכי העבודה וחיסכון בכח-אדם בבתי אריזה לפלפל ועגבניות מאכל

חוקר ראשי: אביטל בכר

חוקרים שותפים: יעל אידן, סינייה נתניהו, שלמה יוסף

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

תקציר

במדינת ישראל כ- 25,000 דונם עגבניות מאכל מתוכם כ- 12,000 דונם בערבה. שלבי המיון והאריזה הינם עתירי ידיים עובדות ודורשים כ- 30 ימי עבודה לדונם. בתי האריזה נמצאים במשקים כאשר קיים שוני רב בין בתי האריזה השונים במשקים בשיטות העבודה ויעילותם. כוח אדם הרב הנדרש לבצע את הפעולות השונות מהווה צוואר בקבוק לגידול הן מבחינת עלויות והן מבחינת קיבולות עבודה.

הוגדרו תחנות העבודה בבתי אריזה לעגבניות צירי בודדות ואשכולות ובוצע חקר עבודה. פותח מודל MOST לחיוב זמני התקן ופותרו מודלי סימולציות של תהליכי העבודה בבתי אריזה בתוכנת ARENA. הסימולציות התבססו על הניתוחים הסטטיסטיים של נתוני חקר העבודה וזמני התקן שחושבו ב-MOST. בנוסף פותח מודל אופטימיזציה המאפשר לתכנן את הייצור היומי בבית אריזה ונותן תחזית לגבי זמני העבודה הצפויים ומספר העובדים. מודל האופטימיזציה מאפשר להתאים את הפיתרון המיטבי לכל משק בהתאם למאפייניו, לאילוצים הקיימים ולהחלטות ניהוליות של המגדל.

התוצאות העיקריות מראות כי קיימים תהליכים לא יעילים ונמצאו צווארי בקבוק בשלבי השקילה בבית אריזה לעגבניות צירי בודדות. שיטות העבודה שופרו בתחנות השונות בבית האריזה. השימוש בשיטות הללו יכול להביא להגדלת התפוקה של עד כ- 17% בתחנות השונות או חיסכון בידיים עובדות בשיעור דומה.

דוח סופי לתוכנית מחקר מספר 459-0397-04

ייעול תהליכי העבודה וחיסכון בכוח אדם בבתי אריזה לעגבניות מאכל

**Improving work methods and human labor reduction in tomatoes packing
houses**

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

אביטל בכר, שלמה יוסף המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי

משה אבן חיים, יעל אידן המחלקה להנדסת תע"י, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

Avital Bechar (avital@agri.gov.il); Shlomo Yosef (shlomo@agri.gov.il); Inst. of Agri. Eng.,
ARO. P.O.Box 6, Bet-Dagan, 50250

Moshe Eben-Chaime (even@bgu.ac.il), Yael Edan (yael@bgu.ac.il); Dept. of Ind. Eng. and
Mngnt, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva

יוני 2006

תמוז תשס"ו

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 כ- 25,000 דונם עגבניות מאכל מתוכם כ- 12,000 דונם בערבה. שלבי המיון והאריזה הינם עתירי ידיים עובדות ודורשים כ- 30 ימי עבודה לדונם. בתי האריזה נמצאים במשקים כאשר קיים שוני רב בין בתי האריזה השונים במשקים בשיטות העבודה ויעילותם. כוח אדם הרב הנדרש לבצע את הפעולות השונות מהווה צוואר בקבוק לגידול הן מבחינת עלויות והן מבחינת קיבולות עבודה. הוגדרו תחנות העבודה בבתי אריזה לעגבניות צירי בודדות ואשכולות ובוצע חקר עבודה. פותח מודל MOST לחיוב זמני התקן ופותרו מודלי סימולציות של תהליכי העבודה בבתי אריזה בתוכנת ARENA. הסימולציות התבססו על הניתוחים הסטטיסטיים של נתוני חקר העבודה וזמני התקן שחושבו ב- MOST. בנוסף פותח מודל אופטימיזציה המאפשר לתכנן את הייצור היומי בבית אריזה ונותן תחזית לגבי זמני העבודה הצפויים ומספר העובדים. מודל האופטימיזציה מאפשר להתאים את הפיתרון המיטבי לכל משק בהתאם למאפייניו, לאילוצים הקיימים ולהחלטות ניהוליות של המגדל. התוצאות העיקריות מראות כי קיימים תהליכים לא יעילים ונמצאו צווארי בקבוק בשלבי השקילה בבית אריזה לעגבניות צירי בודדות. שיטות העבודה שופרו בתחנות השונות בבית האריזה. השימוש בשיטות הללו יכול להביא להגדלת התפוקה של עד כ- 17% בתחנות השונות או חיסכון בידיים עובדות בשיעור דומה.

תוכן עיניינים

מבוא	1
3.....רקע מדעי	1.1
3.....מטרות המחקר	1.2
4.....שיטות וחומרים	2
4.....נתוני המשקים	2.1
4.....חקר שיטות	2.2
4.....חקר עבודה	2.3
4.....MOST	2.4
5.....סימולציה	2.5
5.....מודל אופטימיזציה	2.6
5.....תוצאות	3
6.....חקר עבודה	3.2
10.....עגבניות אשכולות	3.2.1
11.....עגבניות צירי בודדות	3.2.2
11.....סיכום ומסקנות	4
15.....תודות	5
16.....מקורות	6
16.....	

1 מבוא

1.1 רקע מדעי

במדינת ישראל כ- 25,000 דונם עגבניות מאכל מתוכם כ- 12,000 דונם בערבה. שלבי המיזון והאריזה הינם עתירי ידיים עובדות ודורשים כ- 30 ימי עבודה לדונם (מדען ראשי, 2000). קיים שוני רב בין בתי האריזה השונים במשקים בשיטות העבודה ויעילותם. כוח אדם הרב הנדרש לבצע את הפעולות השונות מהווה צוואר בקבוק לגידול הן מבחינת עלויות והן מבחינת קיבולות עבודה. על פי בדיקות שנעשו במחקר קודם (בכר וחובריו, 2002) שיפור בית האריזה על פי תכנון מערך ומיקום בלבד ללא אופטימיזציה של מיקום התחנות וזרימת החומר חוסך כ- 15% בכוח האדם או מגדיל את התפוקה באחוז דומה. תפוקת עובד במשימת מיון אורך במכונה היתה גבוהה ב- 112% מאשר ביצוע המשימה באופן ידני והקצאת משימות לעובדים ייעודיים קיצרה את זמן העבודה בכ- 15% בבתי אריזה לענפי קישוט ירוקים (בכר ואידן, 2003).

חקר עבודה הינה גישה אנליטית, מדעית לחקירת השימוש בכוח אדם, בציד, בחומרים, במערכים, בתהליכים ובשיטות על מנת להביא לשיפור השימוש בהם ולחיסכון. תחום זה שייך להנדסת ייצור/תעשייה ומורכב מחקר שיטות ומדידות עבודה (גלברזון, 1980). הנדסת אנוש הינה תחום העוסק באינטראקציה שבין האדם למערכת ובמחקר ופיתוח של כלים ואביזרים המותאמים לתכונות הפיסיולוגיות, והתפיסיות לאדם בכדי להקטין את המאמץ, העומס והעייפות ולשפר את תפקוד המערכת. השילוב בין השיטות הקלאסיות של חקר עבודה והנדסת אנוש חשובה בפיתוח מערכות מיטביות ומהווה כיוון עדכני במחקר (Freuvalds et al., 2000).

סימולציה היא כלי לניתוח מערכות (Tersine, 1985). באמצעות הסימולציה ניתן להעריך את ביצועי המערכת המוצעת, להשוות בין שיטות עבודה שונות, ומערכים שונים, ולחזות ביצועי מערכת תחת תנאים שונים. החשיבות של שימוש בסימולציה בחקלאות גדולה עקב השונות הרבה הנובעת מההשפעה של זנים שונים, תנאי גידול שונים והשונות האניהורנטית הביולוגית. הסביבה החקלאית מאופיינת כסביבה לא מובנית, משתנה ודינמית, סביבה שלא ניתנת לחיזוי מראש והלוקה בחוסר באינפורמציה. הסימולציה מאפשרת לבחון את השפעת השינויים הגדולים בין זנים ואף בתוך אותו זן באמצעות מודל וללא צורך בחזרה על ניסויים בשטח, הצורכים זמן רב ותזמונים תלוי בעונת הגידול. כלי הסימולציה מקצר את הזמן להשוואה בין חלופות ומקטין את התלות של המחקר בעונות הגידול אשר מהווה מרכיב דומיננטי במחקר החקלאי.

תיכון מערכים עוסק בפיתוח מערכת יעילה שלוקחת בחשבון דרישות של קיבולת ואיכות, בצורה כלכלית יעילה (Nahmias, 1993). מערך צריך לשלב מכונות, תחנות עבודה, כוח אדם, לוגיסטיקה ומשטחי אחסון, כאשר ההחלטות שצריכים לקבל הן היכן למקם את כל האלמנטים בתהליך, בתוך המפעל או בית האריזה. על המערך להיות גמיש מספיק כדי להשתנות במהירות, בזול ובמינימום הפרעות לתפעול השוטף (Nahmias, 1993), כפי שקורה בבתי אריזה המטפלים במספר גידולים. תיכון ופיתוח מערך לאתר כולל את השלבים הבאים: פיתוח אובייקטים במערך, הערכת דרישות הקיבולת, מיקום מבנים בשטח האתר, זיהוי סוג המערך הנדרש, תכנון בנייה, הגדרת זרימת עבודה (Work Flow), מיקום תחנות עבודה עיקריות ופיתוח מערך לכל תחנת עבודה.

Maynard Operation Sequence Technique (MOST), הינה שיטה לקביעת זמני תקן המבוססת על זמני תנועות קצובים מראש. לפי השיטה, פעילות העובד נחלקת לאלמנטים אשר ניתן לשייכם לרצפים של תנועות בסיסיות כגון General Move - העברה כללית או תנועה חופשית במרחב, Controlled Move - תנועה מוגבלת או

מבוקרת. Tool Use - שימוש בכלי עבודה נפוצים. זמני MOST מייצגים טווחים של תנועות גוף מייצגים עבודה ממוצעת של עובד מיומן בקצב עבודה נורמלי (Zandin, 2003).

1.2 מטרות המחקר

מטרות המחקר הינן שיפור השיטות, תהליכי העבודה והמערכים בבתי אריזה לעגבניות, חיסכון בכוח האדם הנדרש, צמצום זמני העבודה בשלבים השונים ובזמן שהיית העגבניות בבית האריזה, תיכנון מערך בית אריזה מיטבי, שיפור בתי אריזה קיימים והצעת כלי עזר ושיטות עבודה ליעול תהליכי העבודה וחיסכון בידיים עובדות באופן שיאפשר יישומם במירב בבתי אריזה בענף. המטרות הספציפיות הן:

- (א) איפיון של תהליכי העבודה בבתי אריזה לעגבניות.
- (ב) מציאת צווארי בקבוק ותהליכים לא יעילים בתהליכי העבודה.
- (ג) מציאת הפרמטרים החשובים ביותר בתהליכי העבודה בבית האריזה.
- (ד) מידול תהליכי העבודה באמצעות סימולציה.

2 שיטות וחומרים

2.1 נתוני המשקים

העבודה בוצעה בשני משקים, במשק יפרח במושב אוהד בחבל הבשור ובמשק אוביץ במושב עמיעוז שבחל אשכול. משק יפרח מתמחה בגידול ליצוא של צירי בודדות, צירי אשכולות ועגבניות באשכולות. במשק 240 דונם, מהם 80 דונם לייצוא של העגבניות ו-160 דונם ייצור של עגבניות בודדות ופלפלים לשוק מקומי. במשק יש 45 עובדים, מהם 12 בבית האריזה. במשק זה המחקר בוצע בעגבניות אשכולות. משק אוביץ מהווה כ-8% משוק הייצוא הישראלי של עגבניות צירי. במשק 120 דונם עגבניות צירי ופלפלים ושני בתי אריזה ליצוא פלפלים ועגבניות צירי בודדות, התוצרת לאריזה מועברת משטחו החקלאי של בעל המשק וממשקים אחרים הנמצאים באזור. המשק משווק עגבניות צירי בגדלים שונים: שקוטרם נע בין 22-25mm, 25-30mm ו-30-35mm ובשלוש אריזות שונות: בי"באלקים" (ארגז 4 ק"ג) ובי"נאפסקים" (סלסילות) 250 גרם ו-500 גרם. במשק עובדים 60 פועלים (תאילנדים ובדואים), כאשר הבדואים עובדים בקטיף והתאילנדים בבית האריזה. בית האריזה לעגבניות הצירי מעסיק כ-17 עובדים תאילנדים, שעות העבודה אינן קבועות והן תלויות בעומס העבודה, בכמות העגבניות שנקטפו בשדה ובביקוש השוק.

2.2 חקר שיטות

בוצעה חקירה של השיטות הקיימות ותהליכי העבודה בבתי האריזה: זוהו השלבים בתהליך, הפעילויות בכל שלב, סדרי הביצוע, מי מבצע כל פעילות, והיכן. בבתי האריזה קיימות מספר תחנות עבודה אשר החומר (עגבניות אשכולות או עגבניות צירי בודדות) והעובדים נעים ביניהן בהתאם לשלבי העבודה וסוג הגידול. לכל סוג גידול יש את התחנות האופייניות, ולפיכך בוצע חקר נפרד לכל גידול.

2.3 חקר עבודה

בוצע חקר עבודה של זמני פעולות כוח האדם ונאספו נתונים על המערכת והתוצרת בשלבי המיון והאריזה השונים לפי שיטות מדידה ישירה וחקר רב תצפיתי (גלוברון, 1980; Barnes, 1980). בשיטת המדידה הישירה כל

שלב חולק לאלמנטים, והזמן שאורך כל אלמנט נמדד. עבור השלבים המרכזיים בוצעו בין 20 ל- 2200 חזרות בהתאם למבנה השלב ומורכבותו. בשיטת החקר הרב תצפיתי נדגמו עמדות העבודה השונות בתדירות של 1 דקה במשך כ-3 שעות ליום במספר ימים שונים.

2.4 MOST

פותחו זמני תקן לכל אחת מתחנות העבודה בבית האריזה לעגבניות צ'רי בודדות מלבד תחנת המיון הראשוני. זמני התקן חושבו על פי שיטת MOST תוך שימוש במודל BasicMOST. חישוב זמני התקן בוצע לפי השלבים הבאים: חלוקת עבודת העובד בתחנה לאלמנטים, קביעת הרצף המתאים לכל אלמנט, בחירת ערך אינדקס מתאים לכל פרמטר מתוך טבלאות ה-MOST וחישוב זמני התקן (TMU) של האלמנטים והתחנות על ידי התוכנה והפקת דו"חות. לא ניתן היה להסתמך על זמני התקן ב-MOST של תחנת המיון הראשוני מאחר והעבודה בתחנה כוללת חשיבה והחלטה אשר הסטיות בין ערכי ה-MOST לבין ערכי המדידה האמיתית היו גבוהים.

2.5 סימולציה

פותחו סימולציות של תהליכי העבודה בבית אריזה לעגבניות צ'רי אשכולות ובודדות. הסימולציה נבנתה בהתאם לשלבי העבודה ושיטות העבודה הנהוגות במשקים. הנתונים הסטטיסטיים אשר נמדדו בחקר עבודה היוו את בסיס הסימולציה. הסימולציה פותחה בתוכנת ARENA.

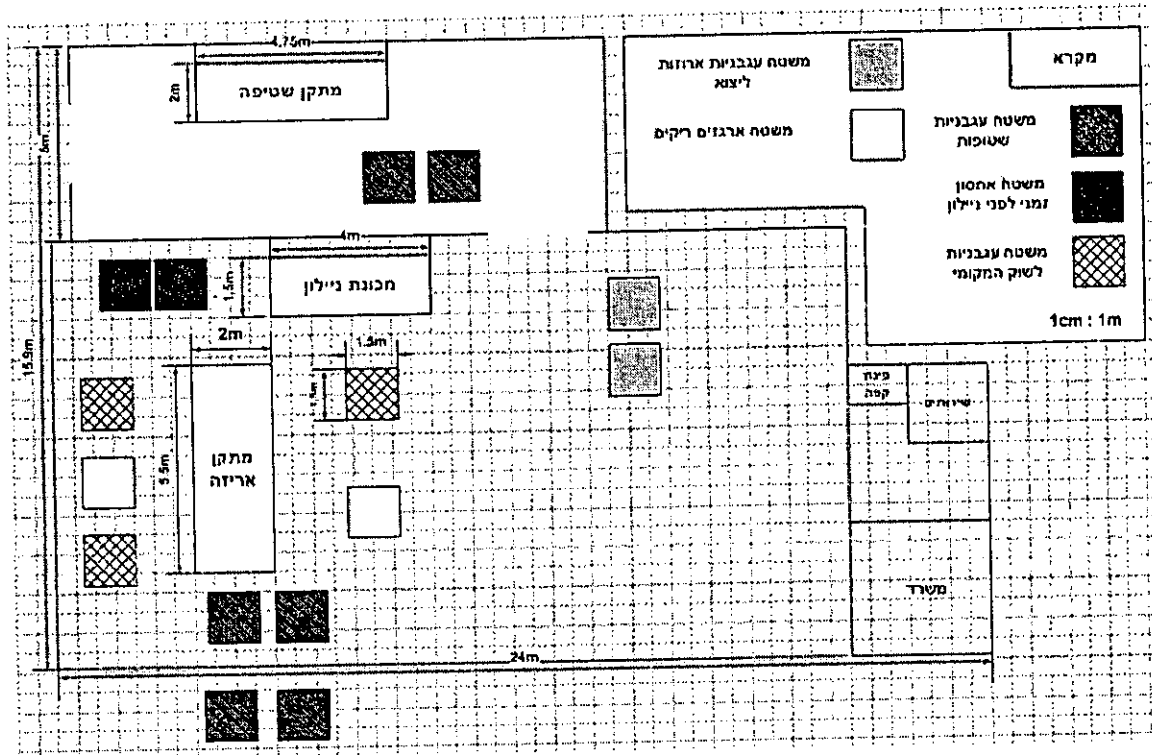
במודל לעגבניות צ'רי אשכולות, קלטי הסימולציה הינם מספר עובדים בכל תחנה, אחוז הפחת לשוק מקומי, שעות העבודה, משקל האריזה, והתפלגויות האלמנטים. פותחו ממשקי VB המאפשרים למשתמש להזין את הנתונים הבסיסיים והמיוחדים עבור הסימולציה אותה ירצה להריץ. פלטי הסימולציה: זמן עבודה כולל, מספר אריזות שיוצרו ביום, תפוקת עובד לשעה. בסימולציה נבדקה השפעת שיטת המיון על תפוקת בית האריזה. החלופות שייבחנו בעתיד יכללו את ההשפעה של הקצאת העובדים בתחנות השונות על תפוקת בית האריזה, וחלופה של הקצאת משימות. במודל לעגבניות צ'רי בודדות קלטי הסימולציה הינם התפלגויות זמני האלמנטים, פחת במיון ראשוני ובמיון גודל, אחוז העגבניות האדומות, כמות הארגוזים המגיעים לבית האריזה ומספר העובדים בכל תחנה. זמני האלמנטים נקבעו על פי מדידות חקר העבודה וחישוב זמנים בשיטת MOST לחלופות השונות.

2.6 מודל אופטימיזציה

פותח מודל אופטימיזציה לשיבוץ דינמי של העובדים בתחנות השונות בבית אריזה לעגבניות אשכולות במהלך יום העבודה. הוגדרו שתי קבוצות עבודה, האחת במתקן המיון והשנייה במתקן האריזה והניילון (ראה להלן). פותח מודל סימולציה אשר תומך בצורת העבודה המוצעת. במודל החדש הורצו כ- 13,000 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 בית האריזה, מגדיר את הפתרון האופטימלי הייחודי לכל משק. מודל האופטימיזציה מספק שלושה סוגים של פתרונות אופטימליים: (1) פיתרון לקבלת תפוקה מירבית עבור מקרים בהם מספר עובדים ומשך יום עבודה נתונים; (2) פיתרון אופטימלי כאשר מספר העובדים וכמות התוצרת נתונה; ו- (3) פיתרון אופטימלי למספר עובדים מינימלי עבור מקרים בהם משך יום העבודה וכמות התוצרת נתונה.

3 תוצאות
3.1 חקר שיטות
3.1.1 עגבניות אשכולות

בית האריזה מחולק ל- 3 איזורים עיקריים: אולם כניסה, אולם מרכזי וחדר קירור (איור 1). תחנות העבודה נמצאות באולם המרכזי.



איור 1: תרשים בית אריזה לעגבניות צירי אשכולות.

תחנת שטיפה - מתקן אוטומטי אשר אליו מוכנסות עגבניות הצירי לפני תהליך המיון. מטרת המתקן הינה לנקות את אשכולות הצירי אשר מגיעים מהשדה.

תחנת מיון - משמשת למיון העגבניות לפי איכות ומשקל. בתחנת המיון נמצא מתקן הבנוי משלושה מפלסים בעלי יעוד פונקציונאלי שונה (איור 2). המפלס התחתון מכיל עשר עמדות מיון ואריזה, חמש עמדות בכל צד. בכל אחת מעמדות העבודה ישנו מד משקל שבעזרתו עובדות המיון שוקלות את האריזות המוכנות לפני העברתן למסוע החשמלי אשר ממוקם במרכזו של מפלס זה. המסוע משנע את האריזות המוכנות לקצהו השני של מתקן המיון לעבר מכונת הניילון. המפלס האמצעי של מתקן המיון והאריזה משמש לאחסון של ארגזים המכילים תוצרת למיון. המפלס העליון של מתקן המיון והאריזה משמש כאזור פינוי זמני של ארגזים ריקים, ארגזים אשר סיימו למיין את תכולתם. בתחנה זו עובדים עד 10 פועלים המבצעים את פעולות המיון ושני עובדים בביצוע עבודות שירות.

תחנת הניילון - בתחנה זו קיימת מכונת ניילון אוטומטית אשר אליה מוכנסות לניילון האריזות המוכנות לייצוא. את קצב עבודתה ניתן לכוון על פי הצורך לקצב שבין 10 ל 120 אריזות לדקה.



איור 2: תחנת מיון אשכולות

תהליך המיון והאריזה מתחיל בהזנת מפלסו האמצעי של מתקן האריזה בתוצרת למיון. הזנה זו מבוצעת על ידי עובדי השירות אשר משנעים משטחים עם אשכולות צירי למיון מאזור השטיפה לאזור הסמוך למתקן המיון. לצורך תהליך המיון והאריזה מורידה כל אחת מעובדות המיון שני ארגזים עם תוצרת למיון מהמפלס האמצעי של מתקן המיון למפלס התחתון. מארגזים אלו במפלס התחתון הן ממיינות אשכולות לתוך אריזות היצוא שמשקלן נע בין 350 ל-370 גרם. עגבניות שלא מתאימות ליצוא (ירקות), לא אסטטיות, או עגבניות שהופרדו מהאשכולות) מושארות בארגז. כאשר לא נותרים בארגז אשכולות נוספים למיון, הארגז מרוקן לארגז אחר, הנמצא על הרצפה בסמוך לממיינת בעוד שהארגז הריק מונח במפלס העליון. ייעודו של ארגז זה הינו השוק המקומי וכאשר הוא מתמלא על העובדת לפנותו למשטח מתאים. את הארגזים הריקים הנאספים במפלס העליון מפנים העובדים כללים, ארגזים אלו משמשים לאיסוף זמני של אריזות מוכנות אשר מגיעות על גבי המסוע החשמלי עד להפעלת מכונת הניילון.

את מכונת הניילון מזינים העובדים הכללים באריזות מוכנות משני מקורות שונים. מקור ראשון הינו, הארגזים שנערכו עם אריזות מוכנות (נאספו עד הפעלת המכונה) ומקור שני הינו האריזות הנמצאות על מסוע מתקן האריזה. לאחר יציאת האריזות ממכונת הניילון, האריזות נארוזות על ידי עובד כללי לתוך ארגזי קרטון שלאחר מכן מסודרים במשטחים ליצוא. את עגבניות הצירי אשר נאספו בארגזים לשוק המקומי אורזים בארגזי קרטון. תהליך האריזה לשוק המקומי הינו קצר מכיוון שאינה כוללת מיון ומבוצעת על ידי העובדים שסיימו את עבודות השדה. על פי המערך הנוכחי העגבניות השטופות (איור 1) עוברות ממכונת השטיפה לקצה השני של בית האריזה עוברות במתקן המיון ואז נארוזות על ידי מתקן השטיפה. על ידי סיבוב מתקן המיון ב- 180° והעתקת מכונת הניילון לצידו השני של בית האריזה היה נחסך שינוע מיותר של כ- 15 מטר מהעגבניות השטופות ומקצר את הדרך משטיפה לאריזה סופית.

3.1.2 עגבניות צירי בודדות

בוצעה חקירה של השיטות הקיימות והשלבים בגידול ואריזת עגבניות. הוגדרו שלבי העבודה בתהליכי העבודה בבית האריזה: בית האריזה מחולק ל- 3 אולמות מרכזיים: אולם כניסה בו נמצא חדר הקירור ותחנות האמבט

השטיפה והייבוש, אולם מרכזי הכולל את תחנות המיון הראשוני, מיון הגודל השקילה והאריזה וחדר קירור, ואולם שלישי בו מכונה היוצרת ארגזים, חדר קירור של התוצרת הגמורה ומשרד.

תחנת האמבט - מתקן אליו מוכנסות עגבניות מתוך ארגזים שהגיעו מהשדה וצוננו מספר שעות בחדר קירור. בתחנה זו פועל אחד, משקל כל ארגז 10.2 ק"ג בממוצע.

שטיפה וייבוש - תהליכי השטיפה והייבוש מתבצעים באמצעות שתי מכונות אוטומטיות.

תחנת מיון ראשוני - בתחנה זו מתבצעים שני סוגי מיון, הוצאת עגבניות מקו הייצור עקב בשלות יתר, סדקים ופגמים חיצוניים ומיון העגבניות התקינות על פי צבען (אדום וירוק). העגבניות האדומות התקינות ממשיכות לנוע על גבי המסוע הראשוני בעוד העגבניות הירוקות מועברות למסוע מקביל. תחנה זו כוללת צוות של שבעה עובדים המבצעים עבודה זהה לכל אורך התחנה. העובדים יושבים לאורך המסוע כאשר לצידם מונחים ארגזים לתוצרת פגומה (איור 3).



איור 3: עגבניות צירי בודדות - תחנת מיון ראשוני

תחנות מיון גודל - קיימות שתי תחנות למיון גודל, האחת עבור העגבניות האדומות והשנייה עבור העגבניות הירוקות אך אופן העבודה בשתי התחנות זהה. קיימים שלושה גדלים אשר אותם משווקים M, S, ו-L שקוטרים 22-25 מ"מ, 25-30 מ"מ ו-30-35 מ"מ בהתאמה. כל עמדת מיון מחולקת לחמישה תאים כאשר בכל תא נאספות העגבניות בעלות גודל זהה אשר מוינו על ידי המכונה (קטן מ-22 מ"מ, M, S, L, גדול מ-35 מ"מ) (איור 4), עגבניות קטנות יותר או גדולות יותר ממידות אלו נחשבות לפגומות. בתחתית כל תא ישנו מקום להנחת ארגז ריק, שלתוכו מועברות העגבניות. ארגזים אלה משווקים אל הלקוח כשמשקלו הסופי של כל ארגז הוא 4 ק"ג. בעמדת מיון הגודל של העגבניות האדומות ישנם שני עובדים ובעמדת מיון הגודל של העגבניות הירוקות ישנו עובד אחד בלבד.



איור 4: עגבניות צירי בודדות - תחנת המיון השני

עמדת שקילה - עמדת השקילה משותפת לשני קווי הייצור (העגבניות האדומות והירוקות). בעמדה זו, שני עובדים מבצעים את פעולת השקילה באופן ידני בעזרת מכשיר שקילה דיגיטלי. בעת הגעת הארגז למשקל הרצוי של 4 ק"ג, מועברים הארגזים אל עמדת האריזה למשטחים (איור 5).



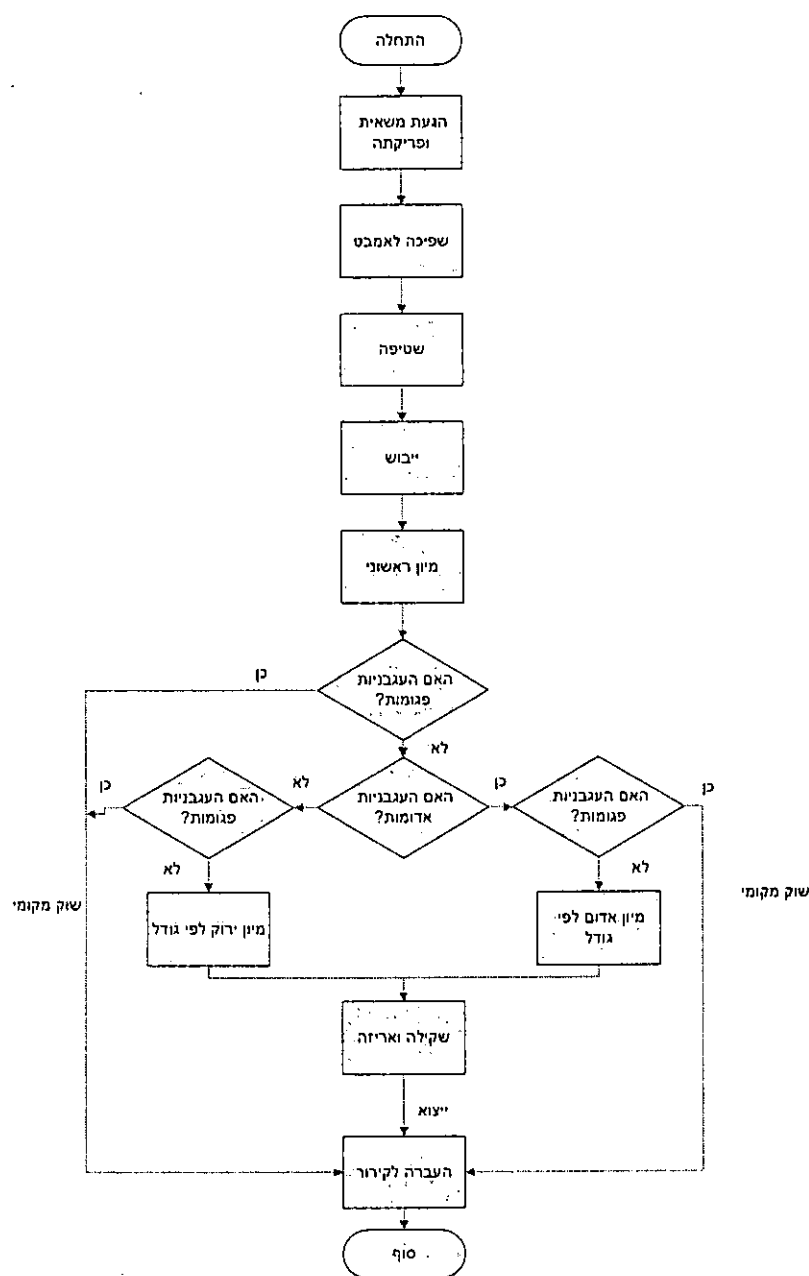
איור 5: תחנת השקילה

תחנת אריזת משטחים - בתחנה זו ישנו עובד אחד אשר מדביק תג זיהוי לכל ארגז ומעביר את הארגזים למשטחים (איור 6). לכל צבע וגודל עגבנייה ישנו משטח אריזה נפרד המכיל 180 ארגזים.



איור 6: תחנת אריזת משטחים

תהליך העבודה מתחיל עם הגעת משאית ופריקת משטחי עגבניות שנקטפו בחממות אל תוך חדר קירור בבית האריזה, שם שוהות העגבניות מספר שעות לפני תהליך המיון והאריזה. העבודה בקו ייצור מתבצעת במספר שלבים, החל משפיכת העגבניות לאמבט, שטיפה וייבוש, מיון ראשוני הכולל הוצאת פגומים והפרדה לצבעים (אדום וירוק), מיון לפי גודל, שקילה, אריזה והעברת המשטחים הארוזים לחדר קירור. עגבניות הצרי שאינן באיכות ייצוא מיועדות לשוק המקומי ועגבניות המגיעות לתחנות השקילה והאריזה, מיועדות לייצוא. איור 7 מתאר תרשים זרימה של תהליך העבודה בבית האריזה.



איור 7: תרשים זרימה של התהליך בבית האריזה

3.2 חקר עבודה

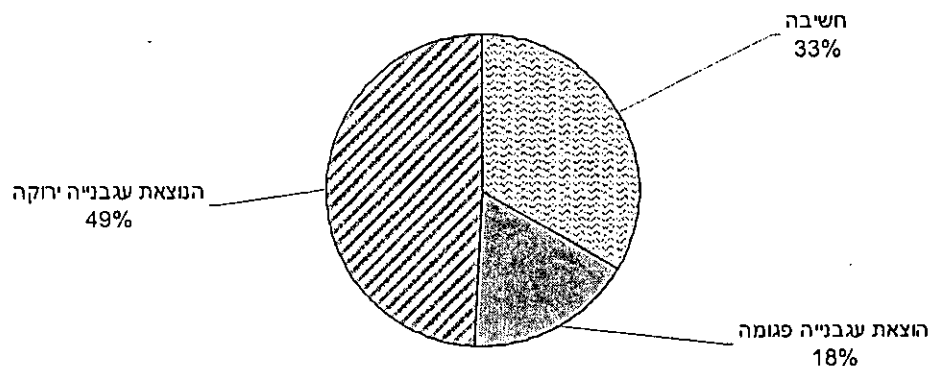
חושבו הזמנים הממוצעים של כל אלמנט, סטיית התקן, זמן מתקן, תדירות האלמנטים, זמן יסוד, תוספות אי רציפות, זמן מוקצב לכל אלמנט, מספר תצפיות נדרש ומספר התצפיות בפועל על סמך נתונים שנאספו במדידה ישירה וחקר רב תצפיתי. רוב האלמנטים המחזוריים עומדים בגודל המדגם הנדרש אולם האלמנטים הלא יצרניים (עבודת שירות, בטלה ואחרים) אשר אינם מתרחשים בצורה מחזורית מצריכים מספר רב של דגימות ועשרות ימי מדידה על מנת לעמוד במספר תצפיות נדרש, אך מאחר ואלו לא תהליכי ליבה השפעתם על כלל התהליך זניחה.

3.2.1 עגבניות אשכולות

הפעולה מתבצעת על אריות ייצוא אחת בתנוחת עמידה. המיון כולל שמונה אלמנטים: (1) חיתוך - ביצוע חיתוך של ענפי האשכולות על מנת להתאימם לגודל קופסת הפלסטיק, תוך ביצוע ברירה של האשכולות המתאימים ליצוא. אשכולות אשר מתאימים ליצוא מונחים על גבי המשקל עד להגעה למשקל המבוקש. (2) ניקוי אשכולות הצרי מחול אשר נשאר לאחר תהליך השטיפה. (3) סידור - סידור האשכולות המוכנים, שנוקו ונשקלו באריות הפלסטיק. (4) ריקון הארגז עם העגבניות הלא מתאימות - כאשר בארגז אין יותר אשכולות המתאימים ליצוא מרוקנים את תכולת הארגז לארגז המיועד לשוק המקומי. (5) פינוי ארגזים ריקים - הארגזים אשר רוקנו מועלים למקום המיועד להם במפלס השלישי של מתקן האריזה. (6) הורדת ארגזים מלאים - לאחר שמפנים את הארגז הריק יש להוריד ארגז מלא מהמפלס השני של המתקן על מנת להמשיך בתהליך המיון. (7) פינוי ארגזים של עגבניות לשוק המקומי - כאשר ארגז העגבניות המיועד לשוק מקומי מתמלא העובדת מפנה אותו לאזור ייעודי בבית האריזה ולוקחת ארגז ריק במקומו. (8) סיום - הנחה אריות הפלסטיק המוכנה על גבי המסוע, והנחת תבנית פלסטיק חדשה ריקה על גבי המשקל. אלמנט הסיום הוגדר על מנת לסייע בתיחום של זמן המחזור בחקר העבודה (משך הכנה של אריזה אחת). זאת כתוצאה מהעובדה שסדר האלמנטים במחזור אינו קבוע וישנם אלמנטים המופיעים מספר פעמים במהלך המחזור. אלמנט זה מאפשר סכימה של כלל משכי האלמנטים הרלוונטיים למחזור בודד. נבדקה שיטת עבודה משופרת שבה אוחדו אלמנט 1 ו-2 והוגדר אלמנט חיתוך חדש - ביצוע חיתוך של ענפי האשכולות על מנת להתאימם לגודל קופסת הפלסטיק, תוך ביצוע ברירה של האשכולות המתאימים ליצוא. אשכולות אשר מתאימים ליצוא מונחים ישירות בתוך אריות הפלסטיק עד להגעה למשקל המבוקש. בשיטה המשופרת נחסך חלק מאלמנט הסידור מאחר והעבודה מתבצעת באריות הייצוא ישירות. בהשוואה בין שתי שיטות העבודה נמצא כי קיים הבדל מובהק ($\alpha < 0.01$). תפוקת פועלי המיון בשיטה המשופרת היתה גבוהה ב- 9.7% מאשר בשיטה הקיימת.

3.2.2 עגבניות צ'רי בודדות

האלמנטים העיקריים בכל תחנה הינם: בתחנת האמבט - אלמנט השפיכה לאמבט, בתחנות המיון לפי גודל - אלמנט ריקון התא, בתחנת השקילה - אלמנט השקילה ובתחנת האריזה - אלמנט הנחת הארגזים עם העגבניות האדומות במשטחים המיועדים לכך. חקר רב תצפיתי בוצע עבור תחנת המיון הראשוני, בה מתבצעת עבודה שאינה מחזורית על ידי צוות של עובדים. בתחנה זו נבדקה התפלגות האלמנטים השונים (ראה איור 8) ונמצא כי האלמנט השכיח הוא האלמנט של הוצאת העגבנייה ירוקה מהמסוע. זמני התקן, קצבי העבודה ואחוזי בטלה בכל תחנה חושבו (טבלה 2) ונמצא צוואר הבקבוק של התהליך הינו בתחנת השקילה. זמני הבטלה בכל התחנות למעט תחנת האריזה נמוכים ורוב זמנם של הפועלים מוקדש לעבודות יצרניות אך בתחנת האמבט קצב עבודתו של העובד מוכתב על ידי מהירות המסוע. העובד ממתין בכל ריקון של ארגז עגבניות כ- 6 שניות עד שהעגבניות באמבט מפונות על ידי המסוע. מהירות המסוע בין תחנת האמבט לתחנת השטיפה והייבוש קובעת את קצב העמסת העגבניות בתחנת האמבט ואת תפוקת בית האריזה. הגברת מהירות המסוע בכ- 15% לקצב של כ- 1250 ק"ג לשעה תאפשר לעובד להזין את העגבניות בקצב גבוה יותר ללא פגיעה ביעילותו ובשילוב עם ציוות מתאים של תחנת השקילה תגדיל את תפוקת בית האריזה.



איור 8: התפלגות האלמנטים בתחנת המיון הראשוני

טבלה 2: זמני תקן, קצב ואחוזי בטלה עבור כל תחנה

תחנה	זמן תקן (שניות)	קצב (ק"ג/שעה)	אחוז בטלה
שפיכה לאמבט	37.18	1081	3%
שטיפה וייבוש		1081	-
מיון ראשוני	32	1081	~0%
מיון גודל אדום	27.41	451	1.4%
מיון גודל ירוק	30.11	437	3.8%
שקילה	24.1	335	3.6%
אריזה	8.21	760	15.6%

בתחנת המיון הראשוני נפסלים 18% מהעגבניות לייצוא ובתחנת מיון הגודל נפסל כ-1% נוסף. איכות התוצרת משפיעה על אחוז העגבניות הפגומות בתהליך ועל מספר הארגזים לייצוא. אחוז העגבניות הירוקות משפיע על קצב המיון של עובדי תחנת המיון הראשוני. במשק הנבדק נמצא כי עגבניות ירוקות מהוות כ-33% מהעגבניות שנקטפו וכ-40% מסך העגבניות הראויות לייצוא.

3.3 MOST, סימולציה, ניתוחי רגישות

בוצעה השוואה בעזרת סימולציה עבור המצב הקיים, בין זמני התקן לעגבניות צירי בודדות המבוססים על המדידה הישירה לבין זמני התקן המחושבים על פי ה-MOST. התוצאות הראו כי ההבדל בין ממוצעי התפוקה לשעה של שתי השיטות עומד על 1.1%. על פי מבחן t ומבחן רגרסיה נמצא כי ברמת בטחון של 95% אין הבדל מובהק בין ממוצעי התפוקה לשעה.

בוצעו ניתוחי רגישות על מרחקי ההליכה, ותדירות העברת ארגזים. זמני התקן עבור הפרמטרים שנותחו חושבו בעזרת ה-MOST והורצו בסימולציה.

מרחקי הליכה – שיפור עמדת העבודה וקיצור מרחקי ההליכה בין תחנת מיון הגודל לתחנת השקילה מכ- 6 צעדים ל- 2 צעדים תעלה את התפוקה בתחנת מיון הגודל בכ- 7%. קיצור המרחק בין תחנת השקילה לתחנת האריזה יגדיל את תפוקת תחנת השקילה בכ- 15%.

תדירות העברת ארגזים – בתחנת מיון הגודל, העובדים מעבירים בכל פעם שלושה ארגזים לתחנת השקילה. במידה בכל העברה העובדים יעבירו 4 ארגזים לתחנת השקילה, תפוקת תחנת המיון תגדל בכ- 3%.

3.4 מודל אופטימיזציה

משתני המודל המתימטי הינם: PH - אחוז הפחת של התוצרת למיון, TT - מספר שעות העבודה ביום, NW - מספר עובדי המיון, CT - השעה בה תבוצע שינוי במספר העובדים בשני חלקי המתקן, $LEVEL_1$ - מספר העובדים בחלקו הראשון של המתקן בחלקו הראשון של היום לפני שינוי השיבוץ (לפני הזמן CT), $LEVEL_2$ - מספר העובדים בחלקו הראשון של המתקן בחלקו השני של היום, אחרי שינוי השיבוץ (אחרי הזמן CT).
פלט המודל הינם מספר האריזות שנארו בכל יום העבודה (UNITS) וגודל המצבור (Buffer), אשר נוצר בחלקו הראשון של מתקן האריזה במשך יום העבודה. ערכים אלו נרשמים ישירות לקובץ EXCEL ממנו נקראו הנתונים. טווחי הערכים ורזולוציית המשתנים השונים מובאים בטבלה 1.

טבלה 1: הטווחים שהוגדרו לאלמנטים השונים.

שם המשתנה	טווח המשתנה	רזולוציה	מספר אפשרויות
PH	0.1-0.6	0.1	6
TT	6-12	שעה 1	7
NW	6-10	עובד 1	5
$LEVEL_1$	1- ($NW-1$)	עובד 1	מקסימום 9
CT	0.15-0.9	0.15 (אחוז מה TT)	6
$LEVEL_2$	1- ($LEVEL_1-1$)	עובד 1	מקסימום 8

$$Units = Buffer - Uncomplete$$

משוואת המודל הכללית הינה:

כאשר $Units$ - מספר אריזות/תפוקה ליום עבודה, $Buffer$ - גודל המצבור אשר נוצר על ידי חלקו הראשון של המתקן במשך יום העבודה ו- $Uncomplete$ - מספר היחידות אשר אריזתן לא הושלמה. אלו הן יחידות אשר הושלמה העבודה עליהן בחלקו הראשון של המתקן בלבד.

בניתוח רגרסיה התקבלו מקדמים עבור כל אחד מהמשתנים ונמצא כי ערך הרגרסיה הינו $R^2=0.999$ עבור

המשוואה המוצעת. המשוואה המפורשת הינה:

$$Units = 166.7844 \times CT \times LEVEL_1 - 10.1124 \times CT \times LEVEL_1 \times PH + 165.7517 \times TT \times LEVEL_2 - 8.87676 \times TT \times LEVEL_2 \times PH - 167.328 \times CT \times LEVEL_2 + 10.79267 \times CT \times LEVEL_2 \times PH + 596.758 \times CT \times LEVEL_2 - 594.188 \times LEVEL_2 \times TT + 431.576 \times NW \times TT$$

לאחר בחינת נתוני משק יפרח בכלי האופטימיזציה נמצא כי שיטת עבודה משופרת הינה, שיבוץ למשך של שעותיים וארבעים 8 עובדים בחלקו הראשון של המתקן ולאחר מכן להעביר עובד אחד לחלקו השני של המתקן עד לסיום יום העבודה. שיטת עבודה זו תוביל להגדלת התפוקה היומית ב- 16.7%. כמו כן במידה ובעל בית האריזה שואף לצמצם את כמות כוח האדם בבית האריזה מבלי לפגוע בכמות התוצרת היומית הנוכחית. יהיה עליו לשבץ למשך ארבע שעות 7 עובדים בחלקו הראשון של המתקן ולאחר מכן להעביר עובד אחד לחלקו השני של המתקן. פיתרון זה יביא לצמצום כח האדם ב- 10% והגדלה זניחה בתפוקת בית האריזה של כ- 3%.

3.4.1 ניתוחי רגישות

בעזרת מודל האופטימיזציה בוצעו ניתוחי רגישות של השפעת הפחת, משך יום העבודה, מספר העובדים בבית האריזה, מספר העובדים בחלקו הראשון של המתקן לפני ואחרי השיבוץ וזמן שינוי השיבוץ.

השפעת הפחת – שינוי בפחת יגרום שינוי בערכו של הפתרון האופטימאלי בתפוקת בית האריזה אך אינו מוביל לשינוי השיבוץ האופטימאלי המוצע. זאת מכיוון שהשינוי בפחת אינו גורם לשינוי באילוצי המודל.

משך יום העבודה – שינוי משך יום העבודה יגרום שינוי בתפוקת בית האריזה ושינוי השיבוץ האופטימאלי המוצע. זאת מכיוון שהשינוי במשך יום העבודה מציג בעיית שיבוץ חדשה בעלת שינוי בפונקצית מטרה ואילוצים חדשים. השיבוץ המוצע אינו מהווה פתרון אופטימאלי לבעיה החדשה ולכן על מנת למצוא את השיבוץ האופטימאלי יש לפתור את הבעיה החדשה.

מספר העובדים בבית האריזה – שינוי מספר העובדים בבית האריזה מביא לשינוי בתפוקת בית האריזה ושינוי השיבוץ האופטימאלי המוצע.

זמן שינוי השיבוץ – שינוי זמן שינוי השיבוץ יגרור שינוי בתפוקת בית האריזה ולשינוי השיבוץ האופטימאלי המוצע. זאת מכיוון שהשינוי בזמן השיבוץ מציג בעיית שיבוץ חדשה בעלת שינוי בפונקצית מטרה ואילוצים חדשים.

שינוי מספר העובדים בחלקו הראשון של המתקן לפני ואחרי שינוי השיבוץ ($LEVEL_1, LEVEL_2$) – שינוי ב- $LEVEL_1$ או $LEVEL_2$ יגרום לשינוי בתפוקת בית האריזה ולשינוי השיבוץ האופטימאלי המוצע.

ההשפעה הגדולה ביותר על התפוקה מתקבלת כאשר מחסירים עובדים ממספר העובדים עבורם התקבל הפתרון האופטימאלי. הפחתה של כל עובד גוררת הפחתה של 4,315.76 אריזות בתפוקה היומית של בית האריזה. לעומת זאת הגורם בעל ההשפעה הנמוכה ביותר על התפוקה המתקבלת הינו זמן החילוף. שינוי במשתנה זה יוביל לשינוי של 432.5 אריזות בתפוקה. בנוסף, שינוי במשתני ההחלטה של המערכת- $LEVEL_1, LEVEL_2$ ו- CT או לחליפין שינוי במשתנים המופיעים באילוצים- TT, NW מוביל לשינוי הפתרון האופטימאלי והשיבוץ. בעוד ששינוי בפחת PH אינו משנה את הפתרון האופטימאלי. בטבלה 3 מובאים סיכום ניתוחי הרגישות למשק יפרח

טבלה 3 : סיכום ניתוחי הרגישות.

שם המשתנה (שינוי ב-1 יחידה)	שינוי בתפוקה (מלאי אריזות)
PH	6.35
TT	1,281.29
NW	4,315.76
$LEVEL_1$	1,148.96
CT	432.5
$LEVEL_2$	1,181.41

4 סיכום ומסקנות

המחקר בוצע על בתי אריזה לעגבניות צ'רי בודדות ואשכולות. מחקר זה הראה את חשיבות היישום של שיטות הנדסת תעשייה מתקדמות כגון ניתוח חקר עבודה, סימולציה, אופטימיזציה ומודלי חקר ביצועים לשיפור הייצור, חיסכון בכוח אדם וניהול משימה. השימוש בשיטות הללו יכול להביא להגדלת התפוקה של עד כ- 17% בתחנות השונות או חיסכון בידים עובדות בשיעור דומה.

סביבת בית האריזה מתאימה לשימוש בכלי סימולציה לבדיקת חלופות שונות במערכי הייצור בבית האריזה ובמיוחד לביצוע ניתוחי רגישות של המשתנים המשפיעים על תפוקת התחנות השונות. מודלי אופטימיזציה לבתי אריזה לעגבניות מאפשרים להתאים את הפיתרון המיטבי לכל משק בהתאם למאפייניו, לאילוצים הקיימים ולהחלטות ניהוליות של המגדל. שימוש בכלי ה-MOST בבית אריזה לעגבניות מאפשר חיזוי זמני התקן והתפוקות בתחנות השונות בהן מתבצעת עבודה פיזית ללא קוגניציה וקבלת החלטות.

על סמך מחקר זה הנקודות הבאות מומלצות בשלבי העבודה בבית אריזה:

- קצב העבודה של מסוע ריקון האמבט בבית אריזה לעגבניות צ'רי בודדות צריך לעמוד על כ- 150 ק"ג לשעה עבור עובד יחיד בתחנה זו.
- קיצור מרחקי ההליכה בין התחנות השונות בבית אריזה לעגבניות צ'רי בודדות יגדיל את תפוקת התחנות השונות בעד כ- 15%.
- הגדלת מספר הארגזים בין תחנת מיון הגודל לתחנת השקילה תגדיל את תפוקת תחנת המיון בכ- 3% לארגז של 4 ק"ג.
- תחנת השקילה בבית אריזה לעגבניות צ'רי בודדות מהווה צוואר בקבוק לכן יש לצוות אליה את העובדים הזריזים ביותר ולמנוע מהם לבצע משימות שירות.
- בבית אריזה לעגבניות אשכולות שיטת המיון וביצוע עבודת השקילה באריזות הייצוא מגדילה את תפוקת התחנה ב- 9.7%.
- שיבוץ אופטימלי של עובדי בית האריזה לעגבניות אשכולות יביא להגדלת תפוקת בית האריזה בכ- 17%.

- שיבוץ אופטימלי של עובדי בית האריזה לעגבניות אשכולות תוך שמירה על התפוקה הקיימת יביא לחיסכון של 10% בכח האדם.

העבודה המתוארת בדוח זה הוצגה וזכתה בפרס העבודה המצטיינת בתעשייה במסגרת הכנס הישראלי להנדסת תעשייה וניהול לשנת 2006.

5 תודות

ברצוננו להודות לסטודנטים אשר ביצעו את העבודה כחלק ממטלות פרויקט הגמר שלהם: ראומה כהן, גדי מוקומולוב, חגית שנקמן ועירית חמו.

6 מקורות

1. בכר, א., יוסף, ש., אידן, י., נתניהו, ס., ברנד, א., לוי, ג., קניגסברג, א. וקסלר, נ. 2002. יעול תהליכי העבודה בבתי צמיחה לעגבניות. דוח למדען הראשי, משרד החקלאות.
2. בכר, א., אידן, י. 2003. פרויקט מס' 458-0301-02. דוח מסכם. מועצת הפרחים.
3. גלברזון, ש. 1980. ניהול הייצור והתפעול. צ'ריקובר.
4. כהן, ר. מוקומולוב, ג. 2005. יעול תהליכי עבודה בבתי אריזה לעגבניות צ'רי אשכולות. דוח התקדמות סמסטר א'. המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת בן-גוריון שבנגב.
5. Freivalds, A., Konz, S., Yurtec, A. and Goldberg, J. 2000. Methods, work measurement and work design: are we satisfying customer needs? Int. J. of Industrial Engineering. 7(2), 108-114.
6. Nahmias, S. 1993. Production / Operations Analysis. Santa Klara University
7. Tersine, R.J. 1985. Production/operations management. North Holland, New York.
8. Zandin, K.B. (2003). MOST work measurement systems. Third edition. Pittsburg, Pennsylvania: H.B Maynard and company, Inc.

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 לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.	
שיפור השיטות, תהליכי העבודה והמערכים בבתי אריזה לעגבניות, חיסכון בכוח האדם הנדרש, צמצום זמני העבודה בשלבים השונים ובזמן שהיית העגבניות בבית האריזה, שיפור בתי אריזה קיימים והצעת כלי עזר ושיטות עבודה ליעול תהליכי העבודה וחסכון בידיים עובדות באופן שיאפשר יישומם במירב בתי אריזה בענף.	
עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.	
בוצע חקר שיטות וחקר עבודה בשלבי המיון והאריזה השונים בעגבניות צירי אשכולות ובודדות. פותחו סימולציות ומודל אופטימיזציה לתהליכי העבודה בבית אריזה. אותרו צווארי בקבוק, ונקודות קריטיות במערכי העבודה ותהליכים לא יעילים.	
המסקנות המדעיות והשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח.	
מחקר זה הראה את חשיבות היישום של שיטות הנדסת תעשייה מתקדמות כגון ניתוח חקר עבודה, מודלי אופטימיזציה וסימולציה לשיפור הייצור, חיסכון בכוח אדם וניהול משימה. השימוש בשיטות הללו יכול להביא להגדלת התפוקה של עד כ- 17% עבור אותו מספר פועלים. על סמך מחקר זה הנקודות הבאות מומלצות בשלבי העבודה בבית האריזה: קיצור מרחקי השינוע בין התחנות, העלאת קצב המסוע בצחנה הראשונה, שיבוץ אופטימלי ודינמי של עובדים בתחנות השונות ושיפור שיטות העבודה.	
הבעיות שנתרו לפתרון ואם השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתורה לביצוע תוכנית המחקר.	
הצלחת הפיתוח והשימוש של כלים טכנולוגיים מתקדמים לביצוע והצלחת המחקר תאפשר את פיתוחם, התאמתם ושימושם בתחומים נוספים כגון מיון ואריזה ובגידולים נוספים.	
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.	
הצגת הנושא על ידי אביטל בכר במסגרת יום עיון לטכנולוגיה וגד"ש, הצגת העבודה בכנס בינלאומי של האגודה הישראלית להנדסה חקלאית (מאי, 2006), הצגת העבודה בכנס הישראלי להנדסת תעשייה וניהול (מרץ, 2006). העבודה זכתה בפרס העבודה המצטיינת בתעשייה במסגרת הכנס הישראלי להנדסת תעשייה וניהול (מרץ, 2006).	
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)	
רק בספריות	<
ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)	<
חסוי - לא לפרסם	<