

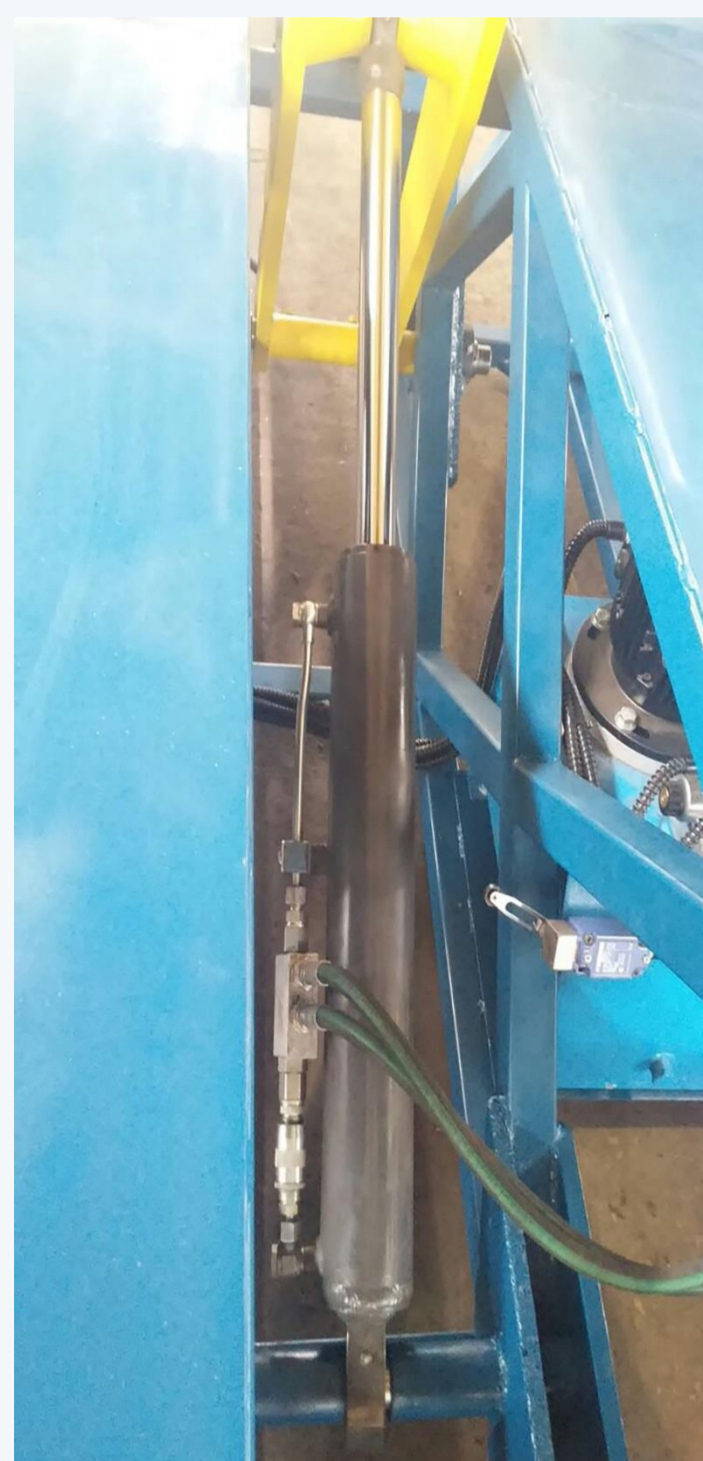
### הלקוח

מר שמוליק ארנוב  
חוד אסף תעשיות בע"מ

## תיאור המערכת ואופן פעולתה

### שלבי העבודה:

- 1. טעינת המוטות:** מלגזה תניח על גבי צמד המחסניות חבילה של מוטות במשקל של עד 1.5 טון. כלומר המתקן יוכל להכיל עד שני סוגי מוטות שונים, חבילה אחת בכל צד.
- 2. הכנסת מוטות למסילה:** הפועלים יבחרו את המוטות שברצונם להכניס לתוך האלמנט (עד 3 מוטות בכל פעם) ויגלגלו אותם לתוך המסילה.
- 3. החדרת ודחיפת המוטות:** הפועל יבחר באמצעות שלט ההפעלה את הגובה הרצוי להחדרת המוטות ולאחר מכן ייתן למתקן פקודה לדחוף את המוטות קדימה.
- 4. חזרה למצב האפס:** בסיום הפעולה על הפועל להוריד את המסילה בחזרה אל הגובה המינימלי, "מצב האפס", ולהחזיר את העגלה שדוחפת אל תחילת המסילה כדי לאפשר הרמה ודחיפה נוספת של מוטות.



### מערכת ההרמה:

מערכת ההרמה פועלת על עקרון פעולה של "נדנדה", לאורך כל המסילה מפוזרות ארבע נדנדות שמטרתן להרים ולהוריד את המסילה בזמן תוך שמירה על תנועה אחידה ומקבילה. את הנדנדות תדחוף בוכנה הידראולית המחוברת בקדמת המסילה. הבוכנה הינה בעלת יכולת נשיאה מקסימלית של 5 טון וטווח תנועה של 880-1450 מ"מ במהירות של 30 מ"מ לשנייה.

חלק בלתי נפרד ממערכת ההרמה הן המחסניות. השימוש העיקרי של המחסניות הוא אחסון של חבילות של מוטות לפני דחיפתם אל תוך המסילה, גובה המסילות נבחר להיות 90 ס"מ על מנת שלפועלים יהיה נוח לדחוף את המוטות, בנוסף המחסניות הם אלו שמחזיקות את כל הצירים הנדרשים למערכת ההרמה.

### מערכת הנעה:

המוטות שמונחים כעת בתוך המסילה נדחפים קדימה ע"י עגלה המונעת באמצעות שרשראות. (השרשראות מונעות ע"י מנוע שיושב בחלק האחורי של המסילה). השרשראות ינועו בתוך המסילה על גבי פרופילים (בצורת L).



**עגלת הדחיפה-מטרת העגלה** היא לדחוף את המוטות לתוך האלמנט. הנעת העגלה מבוצעת ע"י חיבורה לשרשראות ובכך מתאפשרת תנועה קדימה ואחורה.

**מותחן השרשרת:** המותחן הוא חלק בלתי נפרד מהמערכת ומטרתו לאפשר מתיחה ידנית של כל שרשרת בנפרד בעת הצורך.



## בטיחות

### כפתור חירום:

רכיב המאפשר עצירה מוחלטת של המתקן במידת הצורך.

### שליטה תמידית במערכת:

השליטה על הרמת המוטות ודחיפתם מתבצעת על ידי שלט אחד, כאשר כל עוד הפועל לוחץ על כפתור מסוים הפעולה מתבצעת וברגע שהוא עוזב היא נעצרת כך שהפעולה דורשת תשומת לב תמידית מהפועלים.

### מעצורים מכניים:

קיימים מעצורים מכניים בשולחנות כדי לעצור את המסילות במקרה של נפילה.

### מעצור בבוכנה:

בבוכנה קיים שסתום נעילה המונע נפילה של הבוכנה במקרים לא צפויים.

### הבלטת חלקים נעים במערכת:

חלקים נעים במתקן נצבעו בצהוב בעוד ששאר המתקן צבוע בכחול וזאת על מנת להבליטם.



## תודות

אנו רוצים להודות לאנשים שעזרו ותמכו לאורך כל הדרך ושבלעדיהם הפרויקט לא היה זוכה להצלחה:

- מר ויטלי אוזילוב- על התמיכה הרבה והעזרה הרבה לאורך כל הדרך, החל משלבי התכנון ועד לייצור והרכבת המכונה במפעל.
- ד"ר צבי פרוכטר- על ההנחיה, התמיכה המקצועית והלימוד לאורך כל הדרך.
- מר שמוליק ארנוב- על התמיכה והעזרה במפעל.
- מר אולג קובלצ'וויק- על התמיכה והעזרה במפעל.
- ד"ר חגי במברגר- מרצה הקורס.
- אוגר הידראוליקה-על הייעוץ בבחירת המערכת ההידראולית.
- חברת ג'ג'י גטר- על הייעוץ בבחירת הרכיבים המתאימים.

## רקע לפרויקט

חוד אסף תעשיות בע"מ הינה בין החברות המובילות בארץ לעיצוב פלדה למטרת זיון בטון. מוצרי החברה משמשים לתעשיית הבנייה, התשתיות, הביטחון והחקלאות. במטרה ליצור אלמנטי יסוד לזיון בטון על הפועלים להחזיר מוטות ברזל לתוך תבנית חישוקים ובשלב מאוחר יותר לבצע ריתוך על פי התכנון הנדרש. כיום, נדרשים 2-3 פועלים על מנת להרים את מוטות הפלדה שמשקלם נע בין 80-8"ק"ג מהרצפה או ממעמד ולהחדירם לתוך תבנית חישוקים מוכנה מראש. העבודה נעשית במשך 10 שעות ביום, שגרת עבודה זו עלולה לגרום לפציעות של העובדים הפסדת ימי עבודה והאטה של תהליך הייצור.



❖ הפרויקט הינו מתקן המתמקד בהרמת המוטות הארוכים והכבדים ביותר (אורכם 8-10 מטרים וקוטרים 25-36 ס"מ) לגובה הנדרש בין 70-150 ס"מ ולהחדירם אל תוך תבנית החישוקים.

## דרישות הלקוח

### דרישות כלליות:

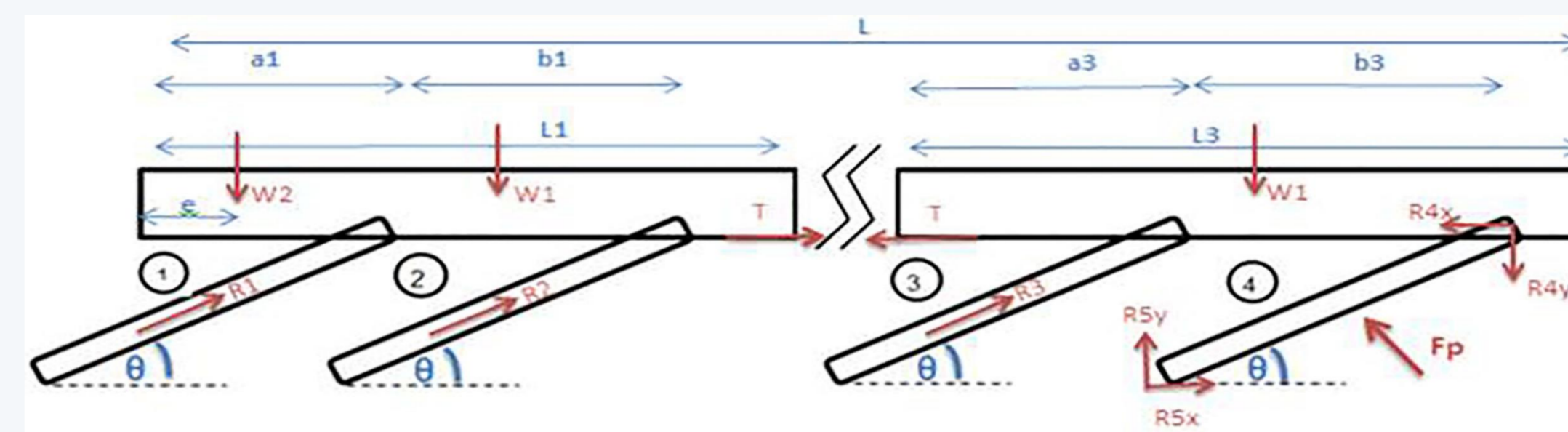
- משקל המוטות הוא עד 80 ק"ג.
- אורך המוטות נע בין 8-10 מטרים.
- קוטר המוטות נע בין 25-36 מילימטרים.
- חלק מן המוטות מכופפים בקצה אחד.
- משקל חבילת מוטות יהיה לכל היותר 1.5 טון.
- המתקן יכלול שני מחסניות טעינה נפרדות עבור סוגי המוטות השונים.
- ההעמסה תעשה באמצעות מלגזה.

### דרישות פונקציונליות:

- מתקן נייח שלא יפריע לעובר העובדים ולפינוי האלמנטים.
- אורך המתקן יהיה 15 מטרים ורוחבו יהיה 2.5 מטרים, לכל היותר.
- החדרת המוטות תעשה בטווח גבהים של 70-150 ס"מ, עם דיוק של 10 ס"מ.
- מוטות בעלי כיפוף בקצה יונחו על המתקן כאשר החלק הישר יהיה בקדמת המתקן.
- המתקן יוכל לדחוף עד שלוש מוטות בכל דחיפה.
- המתקן יתופעל ע"י 2 עובדים לכל היותר.
- המוט יוחדר כך שיישאר כ-1-2 מטר שהפועל צריך לדחוף ידנית על מנת לסיים את הפעולה.
- החדרת המוט חייבת להיות מבוקרת וברת עצירה.

## חישובים

### דיאגרמת כוחות למציאת הכח הנדרש בבוכנה:



כאשר הזווית עם האופק  $\theta$  היא הקטנה ביותר הכח בבוכנה מקסימלי, מתוך מאזן כוחות ומומנטים על שלושת חלקי המכונה במצב זה לאחר לקיחת מקדמי ביטחון מתאימים התקבל שהכח בבוכנה הוא 5 טון.

### חישוב למציאת הספק נדרש במנוע:

$$F = 3.80 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.8 = (1.882 \cdot 10^3) \text{ N} \quad v = 1.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$r = \frac{152}{2} \text{ mm} = 76 \text{ mm}$$

$$n = \frac{v}{r} = 138.214 \text{ rpm}$$

$$M = F \cdot r = 143.002 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$P = F \cdot v = 2.07 \text{ kW}$$

$$\eta = 0.9 \quad n_s = 1.3$$

$$P_i = \frac{P}{\eta} \cdot n_s = 2.99 \text{ kW}$$

המנוע החשמלי נבחר ע"י הספק שנדרש על מנת לדחוף 3 מוטות במשקל 80 kg כל אחד, תוך התחשבות במקדם חיכוך פלדה-פלדה 0.8.

נמצא את מהירות הסיבוב הנדרשת עבור ג"ש בקוטר של 152 ס"מ, כך שתתקבל מהירות קווית של 1.1 מטר לשנייה.

$$n = \frac{v}{r} = \frac{1.1 [\text{m}/\text{sec}]}{76 [\text{mm}]} = 134.21 [\text{rpm}]$$

## האתגרים

### אורך המוטות, משקלם וקוטרים אינו קבוע:

המתקן תוכנן כך שיוספק פתרון אוניברסלי עבור כל סוגי המוטות ללא תלות גיאומטרית, וזאת ע"י דחיפת המוטות באמצעות מדף אנכי לאורך תעלה מלבנית. המתקן תוכנן כך שיוכל לשאת בעומס המרבי (3 מוטות שמשקלם המקסימלי הוא 320 ק"ג).

### חלק מהמוטות מכופפים בקצה אחד:

המוטות יונחו על גבי המתקן כך שהחלק המכופף יהיה בחלקו האחורי, המסילה תוכננה כך שהכיפוף הקטן ביותר יישאר מופנה כלפי מעלה ולא יפגע במערכת הנעה.

### עמידה בקצב העבודה הקיים:

המתקן תוכנן לקצב עבודה של 3 מוטות בדקה וחצי (במקרה הגרוע ביותר), הכולל הרמה, דחיפה וחזרה למצב ההתחלתי. קצב זה גבוהה מהקצב הקיים במפעל עבור המוטות הכבדים ובנוסף דורש שני פועלים במקום שלושה.

רכיבי ההנעה נבחרו כך שמהירותם תספק קצב עבודה גבוה תוך שמירה על בטיחות הפועלים.