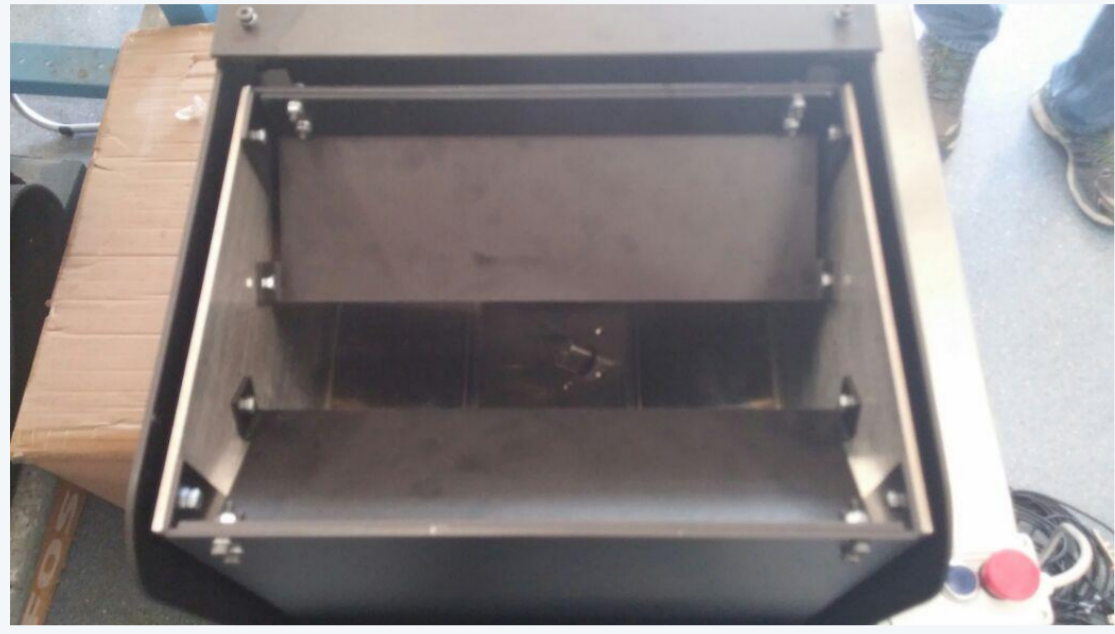


### תיאור המערכת ואופן פעולתה



1. מיכל הקיבול הראשי אליו מזינים את הכדורים לפני תהליך המיון הינו מיכל מרובע. בתוך מיכל הקיבול קיים שיפוע המאפשר תנועה של כדורים אל מסילות החריצים המתרחבים שם עוברים הכדורים תהליך של מיון.

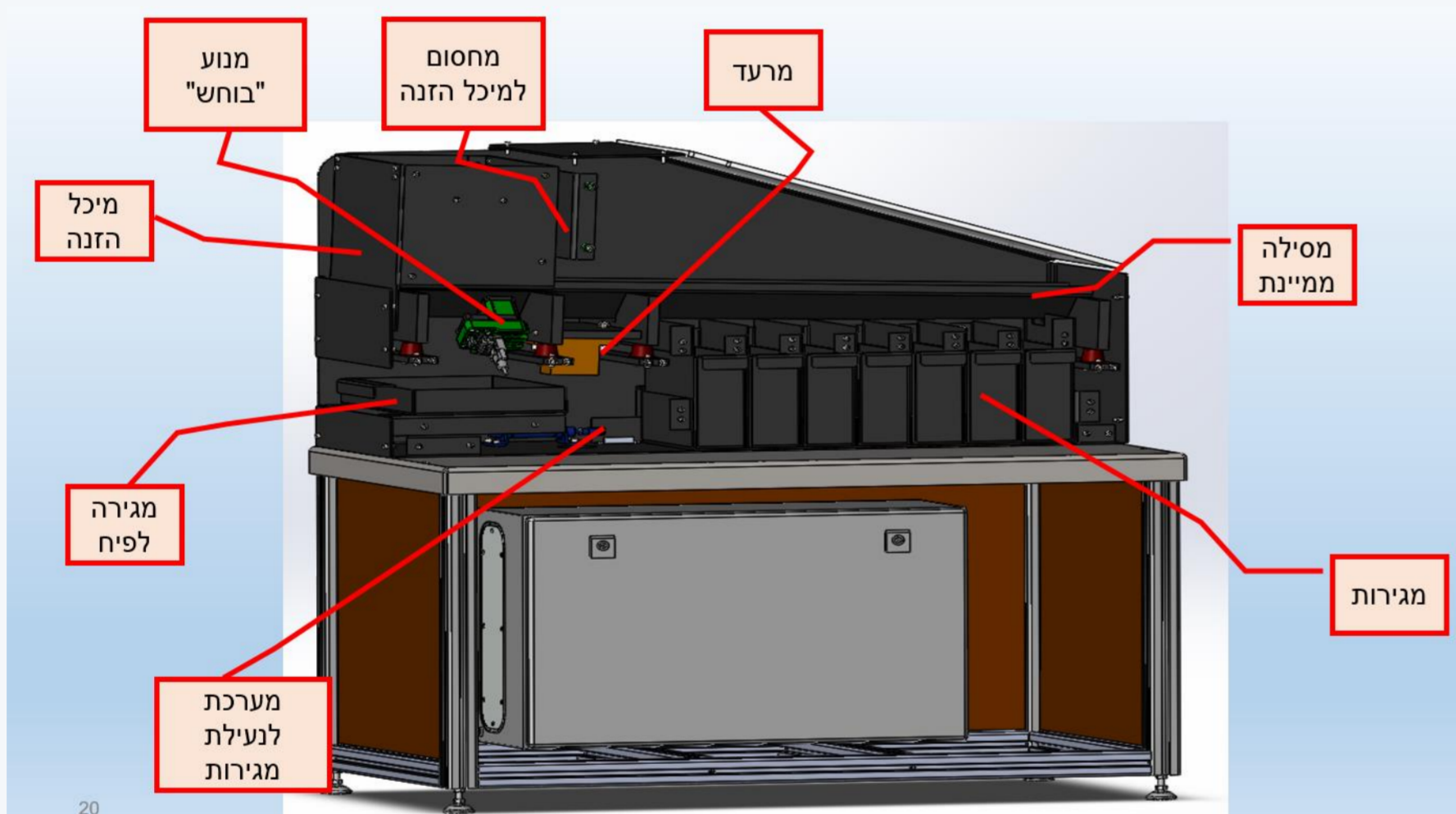


2. המדרון מתוכנן בצורה כזו שלאורך כל מקטע קיים חריץ שרוחבו הולך ומתרחב. רוחב החריץ נע מגודל הכדור הקטן ביותר שקוטרו הוא 3 מ"מ לרוחב חריץ של 15 מ"מ עבור קוטר הכדור הגדול ביותר. כדור שגודל מגודל החריץ הנוכחי שבו הוא נע, ימשיך לנוע במורד התעלה עד שיגיע לחריץ המתאים לו.



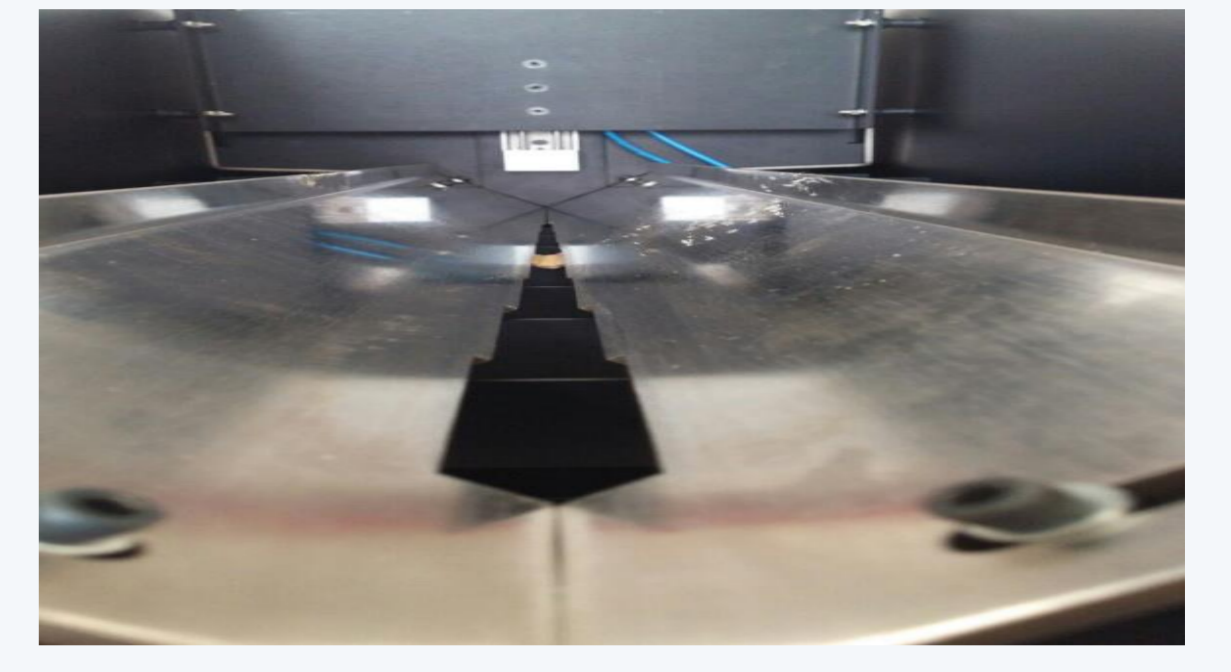
3. הכדורים נפלים דרך החריצים לפי גודל אל תאי הקיבול ומוכנים לשימוש חוזר.

### תיאור כלל מרכיבי המערכת:



### תקציר

- בניית מערכת למיון ספייסרים כדוריים שתחליף את שיטת העבודה הנהוגה כיום במפעל.
- המערכת מתבססת על שיטת "חריץ מתרחב", המשלב מסילת מיון מדויקת בעלת חריצים הולכים ומתרחבים לפי קוטר הכדור המבוקש.
- המערכת ממיינת את הכדורים בדיוק גבוה מאוד (מעל 98% דיוק).
- המערכת משלבת מנגנונים מתוחכמים המאפשרים את זרימת הכדורים במסילה ללא תקיעות מיותרות ומערכת נעילה למניעת הוצאת הכדורים.



### רקע ומטרת הפרויקט

#### רקע:

המפעל עושה שימוש בכדורי פלדה בגדלים ומשקלים שונים, המיועדים להגבהת כרסומים בתוך מתקן לפני כניסתם לציפוי. לאחר תהליך הציפוי הכדורים מתערבבים ונדרש למינם על מנת לעשות בהם שימוש חוזר. במצב הקיים, על מנת למיין את הכדורים מכניסים אותם לפנות פלדה. הנפות מחוררות בקטרים שונים המתאימים למידות הכדורים. הסינון נעשה באופן ידני על ידי שני עובדים למשך כשעתיים בכל משמרת. \*בתהליך הציפוי, מצטברת שכבה דקה של פיח על הכדורים. \*כמות הכדורים הממוינים ביום (2 משמרות) היא כ-3200 כדורים.

#### מטרת הפרויקט:

- להתכן ולייצר מערכת למיון כדורים (ספייסרים), הנמצאים בשימוש יומיומי במפעל החברה באזור התעשייה דלתון.
- שיטת העבודה הנוכחית דורשת כוח אדם רב ומבזבזת זמן עבודה יקר.
- מטרתנו היא למצוא תחליף הולם לבעיה ובכך לייעל את שיטת העבודה.
- כל זאת, מתוך ראייה גלובלית של חברת ישקר להפוך את שיטות הייצור במפעליה מידניות לאוטומטיות ככל הניתן.

#### מודל המערכת:

- ע"י שימוש בשיטת "חריץ מתרחב", וחישובים פסיקליים ומכניים המאמתים חלוקה ומיון נכון של הכדורים במגירות המיון המתאימות להם. במהלך בניית המודל, הושמו דגשי תכן מכני ודגשים עבור כשלים, עבור רעידות המערכת, וחישובי מאמצים בריתוכים ובהברגות. ניתן דגש על ממשק המערכת ועל בטיחות העובד.

### דרישות עיקריות

#### דרישות עיקריות:

- המערכת נדרשת להפריד כדורים בקטרים שונים באופן אוטומטי.
- לאחר מיונם האוטומטי הכדורים יהיו זמינים לשימוש נוח בתאים נפרדים.
- מיון הכדורים יבוצע בדיוק של 98% לפחות.
- קצב העבודה הדרוש הינו מיון של 4000 כדורים במשך יום עבודה (16 ש').
- המערכת תהיה קלה לניקוי מאבק ומפיח המצוי על גבי הכדורים.
- מערכת אוטומטית, תתופעל על ידי פועל אחד שתפקידו להזין את הכדורים למערכת ולהפעילה.
- המערכת תהייה ניתנת לפירוק והרכבה לצורך תחזוקה ולטיפול בתקלות.
- המערכת לא תחרוג מ-80[dB] רעש עבודה בהתאם לדרישת הלקוח.

ממדי הכדורים						
קוטר [mm]	3	4	5	6	8	11
משקל [g]	0.11	0.26	0.51	0.88	2	5
	14	15				

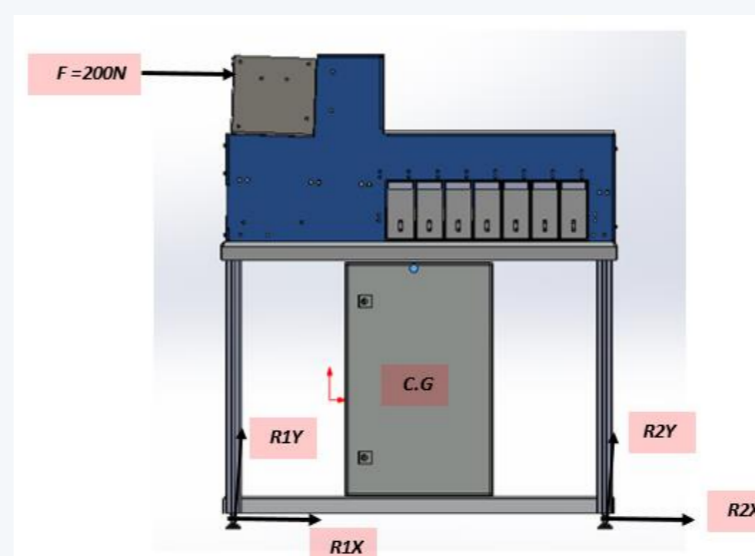
### האתגרים

- נדרש כי המערכת תמייין ברמת דיוק של 98% לפחות, זאת על מנת למנוע נזק כלכלי כתוצאה משגיאות ביצור הכרסומים.
- נדרש לאפשר גישה נוחה לניקוי המערכת על מנת למנוע שיבושים בתהליך המיון כתוצאה מפיח מצטבר.
- עמידה בלוח ובתקציב החברה.
- תכנון חלקים שאינם מורכבים לייצור למניעת הוצאות מיותרות ועיכובים בלוח.
- תהליך המיון עשוי להיות רועש במיוחד. על כן, כדי לענות על דרישת הרעש, במידת הצורך יעשה שימוש בציפויים מבודדי רעש.

### אנליזות

במהלך העבודה נלקחו בחשבון שיקולי תכן וחישובים רבים. בין היתר בוצעו חישובים על מיכל ההזנה, על תחתית המיכלים, חישובים על מיכל הקיבול, חישובים ושיקולי תכן בבחירת מנוע ומרעד, חישובי יציבות השולחן וחישובי זמן עבודה המערכת. כמו כן, חושבו מומנטי ההידוק הדרושים ומקדמי הביטחון לכשלי ברגים וריתוכים עבור העומסים הנתונים בתוספת מקדמי הביטחון הרלוונטיים.

בתמונה, מופיע לדוגמא דג"ח עבור יציבות המערכת.



### תוצאות הבדיקות והניסויים

שם הניסוי	מטרת הניסוי	תוצאות ומסקנות
קצב עבודה	קביעת קצב העבודה על ידי מדידת זמנים מהם נוכל לתכנן אלמנטים במערכת השולטים בקצב העבודה.	קצב העבודה עומד בדרישות הלקוח הרבה מעבר למצופה (מיון של 4000 כדורים במסגרת משמרת עבודה).
מדידת רעשים	בדיקה שהמערכת עומדת בדרישת הרעש המותר.	במדידת רעש המערכת מדדנו 78[dB].
מניעת תדר עצמי	שימוש במרעד ובווסת שמוחקן על גביו על מנת למנוע מצב שבו המערכת תיכנס לתדר עצמי.	בזמן הפעלת המערכת עם ויברציה לא נראו תנודות חריגות.
שימוש במנוע	שימוש אופציונלי בבוחש, והאם התרומה שלו למערכת משמעותית. (יש לציין כי ניסוי זה הינו אופציונלי במידה ובשאר הניסויים מקבלים תקיעות בפתח המסילה)	מנוע בוחש נמצא יעיל בהנעת הכדורים מפתח מיכל ההזנה ומאפשר תנועת כדורים רציפה ללא תקלות.
שימוש בחומרים שונים למניעת רעש והקטנת מקדם תקומה	שימוש בניאורפן או בחומר גומי אחר, לצורך הקטנת מקדם התקומה ובידוד מרעשים, על מנת להעריך את היעילות של ציפוי למערכת.	בשלב זה לא נמצא צורך מידי בחומרים אלו. יתכן כי בהמשך יתווספו למערכת.

### תודות

- ברצוננו להביע את הערכתנו הכנה לאנשים שליוו את הפרויקט לאורך הדרך:
- מר אברהם גרינבלט, מנחה הפרויקט - על הנכונות והרצון לעזור בכל עת.
  - מר יוגב דפני, חברת ישקר - על התמיכה, הרצון ללמד, ליווי והשקעה לאורך כל הפרויקט.
  - מר אורן שטנצלר, חברת ישקר - ליווי הפרויקט מטעם חברת ישקר.
  - ד"ר חגי במברגר, מרצה הקורס.
  - מר כפיר כהן, טכניון - ייעוץ והכוונה בתכן וייצור.
  - מר גלעד גוטליב - סיוע לוגיסטי.