

המנחה
ד"ר מורל גרופר

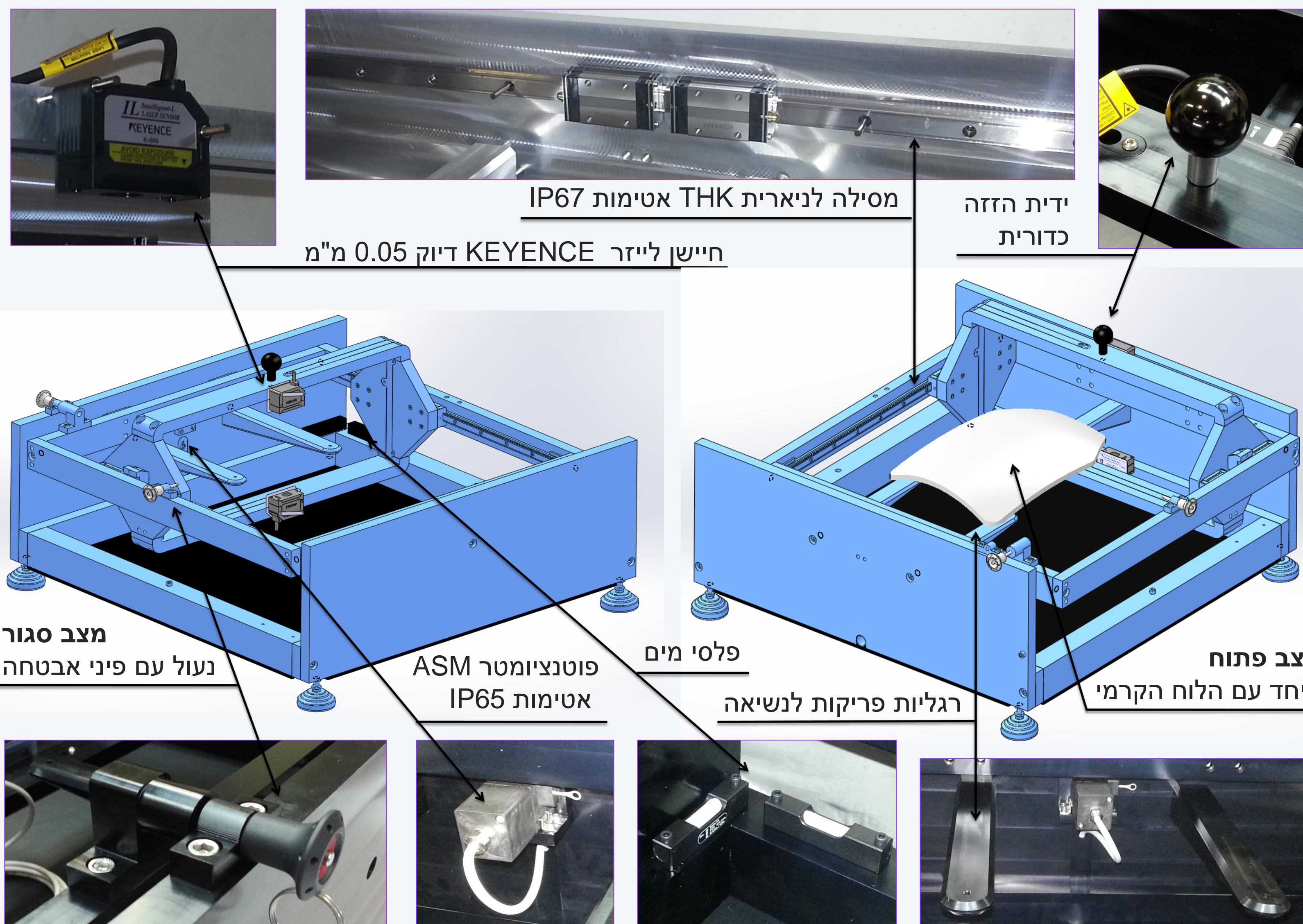
פרויקט תכן מוצר חדש – 034353/4
אריה בוטבול, רעות סינטר, אבי יקב, אריאל הלר

הלקוח
חן ארליך ואלי לויין
"רפאל"

אתגרים

- שילוב של תחומים רבים כולל הנדסת מכונות, אופטיקה, אלקטרוניקה, הנדסת חשמל ומדעי המחשב. לצורך כך נדרש סיוע ממספר יועצים ולמידה עצמית של נושאים רבים.
- הקוד והאלגוריתמיקה היוו קושי בפיתוח הפרוייקט. נלמדו שיטות כתיבת אלגוריתמים מתאימים תוך קבלת עזרה וייעוץ מגורמים הבקיאים בתחום.
- מענה לפער טכנולוגי- לא קיים "פתרון מדף" למתקן מדידה הנותן מענה לכלל דרישות הלקוח כולל הדרישות לעמידות המוצר בתנאי הסביבה.
- עמידה בדרישות ומגבלות התקציב – לאור התקציב המוגבל נדרשו פתרונות יצירתיים.
- עמידה בלוח הזמנים – מספר רב של הזמנות רכש וספקים חייבו פיקוח ובקרה מתמדת אחר תהליך הרכש.

מענה לדרישות הלקוח והמפרט ההנדסי



תודות

תודות לאנשים אשר עזרו ותמכו ובלעדיהם הפרוייקט לא היה זוכה להצלחה, ובהם:

- ד"ר מורל גרופר- על ההנחיה, התמיכה והמקצועיות.
- פרופ' ראובן כץ- ראש מגמת תכן.
- ד"ר חגי במברגר- מרצה הקורס.
- מר כפיר כהן- עזרה והנחיה בבחירת הרכיבים.
- מר שמסטינוב (רומן) רחמטולה- תמיכה וייעוץ בתחום האלקטרוניקה.
- מר אוליביה הופמן- על הליווי וההדרכה במטלאב.
- מר אוריאל ברזילאי- על הייעוץ בתכנות.
- גב' לאה שטרן- עזרה אדמיניסטרטיבית.
- מר אלי לויין (רפאל)- מזמין הפרוייקט ונותן הרקע התיאורטי.
- גב' חן ארליך (רפאל)-מזמין הפרוייקט ונותן הרקע התיאורטי.
- מעבדת חיל הים- רודי מולר, יורי טרכט ויעקב חרך.
- מר יעקב האוזר ומר משה גולן –א.בית מלאכה בטכניון.
- מכון המתכות בטכניון.
- א.ד.י עיבוד שבבי מדויק.

תקציר והצגת הצורך

בחברת רפאל מיוצרים לוחות קרמים למיגון אישי. לצורך בדיקות האיכות נדרש למדוד במדויק עובי לוחות אלה במספר נקודות המוגדרות מראש. הלוחות בעלי צורה אמורפית הקשה למדידה עקב פני שטח לא מקבילים או ישירים והיותם עשויים חומר קרמי בעל קושיות גבוהה מאוד (שני רק ליהלום) אשר שוחק את אמצעי המדידה.



כיום מתבצעת המדידה באופן ידני באמצעות קליבר עוקצים. שיטת מדידה זו אינה מאפשרת מדידה מוחלטת והדירה עקב היותה תלויה במנח היד של המפעיל וזווית המדידה.

מטרת הפרוייקט הנה לתכנן ולייצר מתקן אשר יחליף את שיטת המדידה הקיימת ומאפשר מדידה מדויקת, הדירה, מהירה, אמינה ויעילה תוך עמידה בתנאי הסביבה השוררים*

דרישות הלקוח והמפרט ההנדסי

דרישות טכניות

דרישות הכרחיות:

- המדידה תבצע ב-11 נקודות קבועות מראש בשולי ומרכז הלוח.
- דיוק המדידה: $0.1 \pm$ מ"מ.
- הפעלה על ידי משתמש בודד (ללא מיומנות).
- קצב העבודה: 5 דקות ללוח (כולל זמן הרכבה ופירוק הלוח מהמתקן).
- משקל ומידות המתקן:
 - ניח: עד 50 ק"ג, נייד: עד 1 ק"ג.
 - התאמה לשולחן המעבדה: 1200 מ"מ רוחב, 1000 מ"מ גובה ו-700 מ"מ רוחב.
- תנאי סביבה: המערכת תתפקד כראוי וללא סימנים לירידה בביצועים או לנזק מצטבר במהלך ולאחר
- חשיפה לתנאי הסביבה במעבדה בדגש על סביבת האבק השורר בה*.
- אפשרות למדידות רבות ללא שחיקה – המתקן יאפשר מדידה ללא מגע או שלחילופין ניתן יהיה להחליף חלקים שחוקים הנמצאים במגע עם הלוח.
- למתקן המדידה תהיה אפשרות לאיפוס/כיוול.

דרישות אופציונליות:

ורסטיליות:

- המתקן יותאם למדידה של לוח קרמי - דגם האמריקאי מידה M.
- רצוי כי המתקן יהיה ורסטילי ותהיה אפשרות למדוד בעזרתו דגמים אחרים.
- אפשרות למדידה בכל שלבי הייצור.
- אפשרות למתקן נייד או שניתן יהיה לקפל ולשנע אותו לרוב למעבדת בדיקות נוספת.
- אפשרות למדידת אורך קשת ואורך מיתר.

אימות:

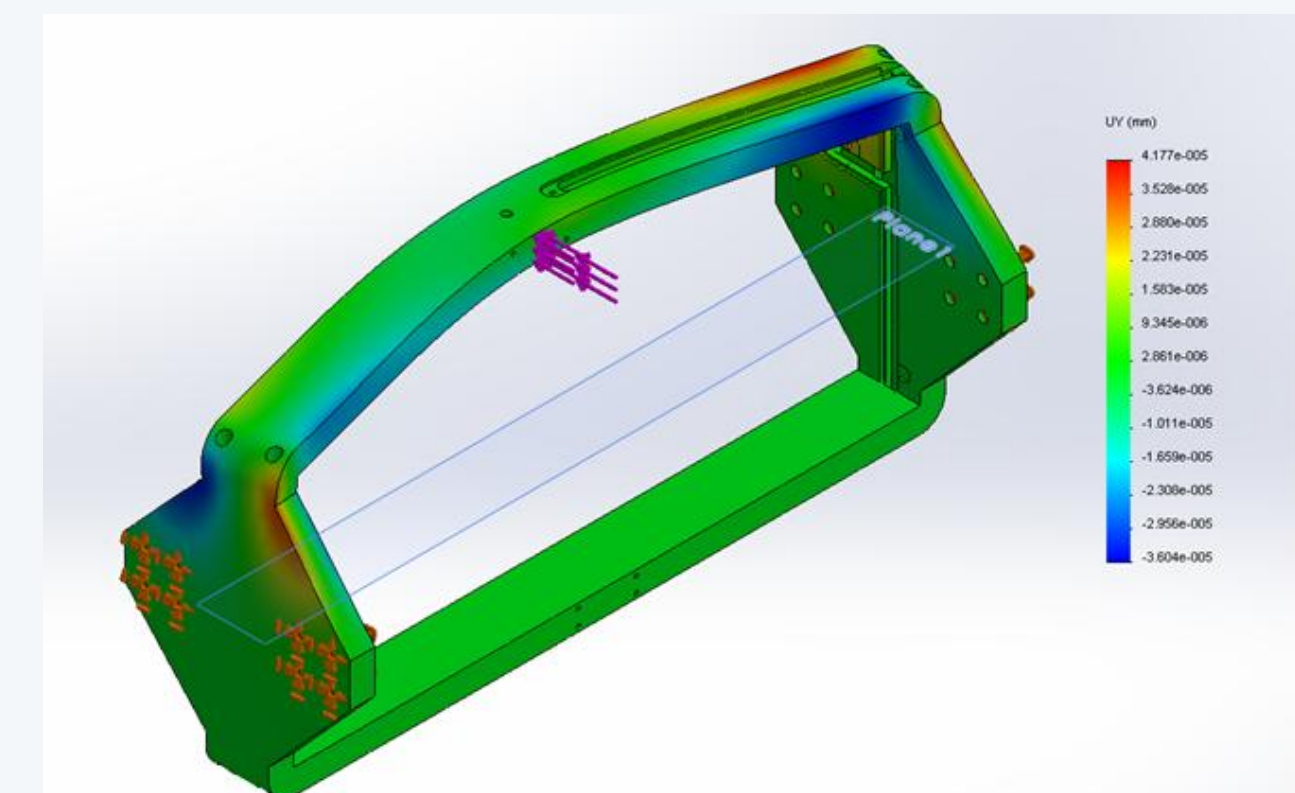
שיטות אימות התכן יתבצעו על ידי אנליזה ממוחשבת ובחינה של המוצר המוגמר. שיטות האימות:

- בשלב התכן – אנליזה ממוחשבת וחישובים אנליטיים.
- בשלב הבניה – הדגמה ובחינה של התאמת הרכיבים והמוצר.

* אבק – חלקיקים מזעריים של אותו החומר ממנו מיוצר הלוח ונמצאים בסביבת העבודה של מעבדת הבדיקות. לפיכך נדרשה אטימות של כלל המערכת לדרגה IP65 (אטימות לאבק ולנוזלים).

אנליזות וחישובים

לצורך מעורר התזוזות המשפיעות על דיוק המדידה נעשו חישובים ואנליזות לחלקי המתקן ובהתאם נבחרו חומרי הייצור והמבנה הגיאומטרי.



אנליזת תזוזות כפונקציה של המאמצים הפועלים על הגשר

אלגוריתם

הבסיס לדיוק המדידות הינו נכונות האלגוריתם, ולכן נעשו במהלך כל שלבי הפרוייקט ניסויים וקירובים לבדיקת האלגוריתם:

- מידול אוסף נקודות דגימת הלייזר למשטח נעשה על ידי פונקציית Matlab בשם TriScatteredInterp המתבססת על אלגוריתם של Delaunay triangulation.
- מציאת העובי האמיתי בכל נקודת עניין נעשה על ידי פיתוח אלגוריתם המחשב את מרחק הנקודה מהמשטח התחתון אל כלל הנקודות באזור העניין במשטח העליון ומאתר את המרחק המינימאלי.

