



09/12/2014

יום שלישי י"ז כסלו תשע"ה

אל חברי ועדת מכרזים

**הנדון: מיזם משותף עם מרכז המדעים בהרצליה - הפעלת תכנית מחקר ופיתוח חללי לתלמידים בגילאי חטיבות הביניים והחטיבה העליונה**

**1. נושא ההתקשרות והצורך בה:**

סוכנות החלל הישראלית, במשרד המדע, הטכנולוגיה והחלל במסגרת יעדיה לפיתוח עתודה צעירה בתחומי החלל, מעוניינת לפתח ולבסס תוכניות חינוכיות ופרויקטים טכנולוגיים (במסגרות לימוד בלתי פורמאליות) בתחומי החלל, שבאמצעותם יגדל מספר התלמידים שמעמיקים את לימודיהם בתחומים אלה. מבין קהלי היעד המרכזיים של סוכנות החלל הישראלית – תלמידי חטי"ב והחטיבה העליונה המשולבים במגמות מדעים וחלל או בפרויקטים חינוכיים בתחומים אלה. פיתוח פרויקטים טכנולוגיים בתחומי החלל בקרב תלמידים כיום מהווה אתגר; הן בשל התשתית הפיסית הנדרשת לפיתוח פרויקטים אלה; הן בשל התשתית המקצועית והפדגוגית המגוונת הדרושה בליווי תלמידים במשימות פיתוח פרויקטים טכנולוגיים בתחומי החלל והן בשל העלויות היקרות הכרוכות בפיתוחם.

המרכז למדעים בהרצליה, שהינו גוף עירוני באחריות מלאה של עיריית הרצליה, מוביל פרויקט טכנולוגי לפיתוח לוויין על ידי תלמידים בכיתות ט'-יב' במסגרת תכנית לימודים בלתי פורמאלית. פיתוח הלוויין הנו חלק מפרויקט QB50 שהינו פרויקט שמנוהל על ידי האיחודי האירופי, במסגרת תוכנית FP7; הפרויקט מנוהל על ידי מכון וון קרמן לדינמיקת הזרימה מבריסל (Von Karman Institute for Fluid Dynamics – VKI) וסוכנות החלל האירופית (ESA) והינו פרויקט בינלאומי שבמסגרתו יפותחו 50 לוויינים ע"י 50 קבוצות מחקר ופיתוח שיעברו את כל שלבי המיון והבדיקה של מנהלת הפרויקט. במקביל, בפרויקט ישתתפו גם כ-100 תחנות קרקע ובתוכן תחנת קרקע ישראלית. בתום שלב הפיתוח, ישוגרו לחלל בו זמנית 50 לוויינים זעירים בשיגור יחיד, שאחד מהם הינו הלוויין הישראלי.

מטרת הפרויקט שאותו מובילה סוכנות החלל האירופית (ESA) היא מחקר מדעי בתחום החלל הקרוב בגבהים שבין 90-320 ק"מ; תחום שלא נחקר בעבר בגלל היותו נמוך מידי ללווייני LEO (המשייטים בד"כ בגבהים שמעל 600 ק"מ), ובו זמנית גבוה מידי למטוסים או בלוני מטאורולוגיה. לצורך המחקר, פנתה ESA בשנת 2012 בקול קורא להגשת הצעות להשתתפות מוסדות מחקר ופיתוח בפרויקט. למכרז הוגשו מאות הצעות מארבע יבשות. לשלב הראשון של הפרויקט לאחר מיון ראשוני שכלל גם את



בחינת ההצעות וגם ראיונות של נציגי הגופים המציעים לבין הנהלת הפרוייקט, התקבלו 81 קבוצות מ-37 מדינות. את התכן הראשוני (PDR), שהינו שלב ממיין עברו כ-61 קבוצות מ-27 מדינות, מחציתן מאירופה ומחציתן הנותרת מאסיה, אמריקה ואפריקה.

- ייחודיות הפרוייקט ופוטנציאל למימוש תפקידה של סל"ה בפיתוח עתודה צעירה ובקידום פרוייקטים טכנולוגיים בקרב תלמידי חטה"ב והחטיבה העליונה

מבין הקבוצות שהגישו את מועמדותן להשתתפות בפרוייקט ומבין 81 הקבוצות שהתקבלו לשלב הראשון בפרוייקט זכתה קבוצה ישראלית יחידה (מתוך שתיים שנגשו למכרז) והיא של מרכז המדעים הרצליה. בעוד שכל הקבוצות שהתקבלו לפרוייקט הן אוניברסיטאות ומכוני מחקר הנדסיים, **הקבוצה הישראלית היא היחידה המורכבת מתלמידי תיכון.**

מרכז המדעים הרצליה הינו גוף עירוני שהוקם לפני כשש שנים בהשקעה של כ-12 מיליון ₪ על ידי עיריית הרצליה כדי לקדם את לימודי המדעים והטכנולוגיה מתוך אמונה כי חינוך מדעי וטכנולוגי מתקדם מהווה פלטפורמה לצמיחה כלכלית, מדעית וטכנולוגית, ומשמש כמכשיר לצמצום פערים בחברה. מרכז המדעים מתנהל בתקציב שנתי של כ-4 מיליון ₪, המתוקצבים ע"י עיריית הרצליה. במרכז קיימות מעבדות מתקדמות המצוידות במכשור עדכני ומגוון לביצוע פרויקטים בתחומי פיסיקה, אלקטרוניקה, ביולוגיה, כימיה מחשבים ומעבדה לבניית רובוטים. גולת הכותרת של המרכז היא הניסיון הפדגוגי, מקצועי ותשתית שקיימת בו לפיתוח פרוייקטים טכנולוגיים של תלמידים בתחומי החלל. למרכז המדעים, מסורת ארוכה וייחודית בארץ של ביצוע פרוייקטים בחקר החלל עם תלמידי תיכון. המרכז מפעיל מזה מספר שנים תוכניות מצויינות באסטרופיזיקה וחקר החלל בבתי הספר בהרצליה בכיתות ה'-י"ב. במרכז מעבדת לוויינים וחלל ובה מכשור מתקדם לפיתוח לוויינים זעירים, חדר נקי, ותחנת קרקע לקליטת שידורי לוויינים ולתקשורת עם חובבי רדיו.

כיום, למרכז למדעים בהרצליה, ידע וניסיון מוכח כמרכז המוביל פרוייקטים טכנולוגיים בתחומי החלל בקרב תלמידי בתי ספר. בחודש יוני 2014 שוגר הלוויין דוכיפת 1, לוויין התלמידים הראשון בישראל (ובאירופה); פרוייקט שהובל על ידי מרכז המדעים במשך שלוש שנים; הפרוייקט נוהל על ידי מורי המרכז ובאמצעות התשתית הפיסית הקיימת בו. בפרוייקט השתתפו במשך השנים כ-200 תלמידים, **מחציתם תלמידים שאינם תושבי הרצליה**, שנרשמו ללימודים בבתי ספר על איזוריים בעיר על מנת שיוכלו להשתתף בפרוייקט לוויינות וחלל המתקיימים במרכז למדעים. פרוייקט הלוויין דוכיפת 1 הוכתר בהצלחה יתרה, נכון להיום הלוויין משייט בגובה של 620 ק"מ, מקיף את כדור הארץ בכל 90 דקות וכל מערכותיו מתפקדות היטב. תלמידי המרכז מאיישים את תחנת הקרקע בהרצליה בכל חליפה מעל ישראל, קולטים טלמטריה מן הלוויין ומשדרים אליו פקודות הפעלה. המידע הנאגר מדוכיפת 1 משמש כבסיס נתונים לפרוייקט מחקר של תלמידי המעבדה. דיווחים רבים מתקבלים גם מחובבי רדיו מסביב לעולם המשתמשים בו כממסר להעברת אותות מיקום מבוססי GPS (אותות מצוקה בפוטנציה) אל התחנה בהרצליה. סוכנות החלל הישראלית הייתה שותפה לשיגור הלוויין ולפיתוח משותף של סדנא בנושא תקשורת לוויינים שתתקיים בשנת הלימודים הנוכחית בקרב תלמידי חטיבות הביניים, כחלק ממאמציה לקדם ולעודד את הסקרנות והעניין של תלמידים בפרוייקטים טכנולוגיים.



פרוייקט QB50 נמצא בשלבי פיתוח ראשוניים בישראל ומשימתו צפויה להסתיים בשנת 2017. הניסיון הפדגוגי וההנדסי שנצבר במרכז המדעים, ביחד עם ההצלחה במימוש פרוייקט הלוויין הזעיר הראשון של ישראל, היקף הפרוייקט ומשך הזמן למימוש משימת הקבוצה הישראלית, **מהווה הזדמנות יוצאת דופן לשילוב קבוצות תלמידים נוספות בפרוייקט טכנולוגי ייחודי אשר יהווה מסגרת לפיתוח בסיסי ידע חינוכיים נוספים ממוקדי טכנולוגיית חלל ברחבי הארץ ולעידוד פיתוח פרוייקטים טכנולוגיים נוספים בתחומי החלל**. זכייתו של המרכז למדעים להשתתף בפרוייקט QB50, הניסיון המקצועי והפדגוגי של המרכז והישגיו הייחודיים ויוצאי הדופן בתחום פיתוח פרוייקטים חינוכיים בתחומי חלל; ובכלל זה, בפיתוח ושיגור לוויין תלמידים ראשון מאפשרים למרכז להוות גוף פדגוגי ומקצועי המשלב קבוצות תלמידים נוספות מרחבי הארץ בפרוייקט פיתוח הלוויין הישראלי.

הפוטנציאל למינוף הפרוייקט כאמצעי לפיתוח עתודה חינוכית ולקידום פרוייקטים טכנולוגיים לצעירים עצום:

✓ הפרוייקט הינו עתיר משאבים ומושקעים בו סה"כ כ- 150 מיליון אירו ע"י סוכנות החלל האירופית. עלות פיתוח ושיגור הלוויין הישראלי כחלק מן הפרוייקט האירופי נאמדת בכ- 15 מיליון ש"ח מתוכם מממנת סוכנות החלל האירופית כ- 12 מיליון ש"ח שעיקרם עלות שיגור הלוויין הישראלי, עלות פיתוח ויצור היחידה המדעית שתורכב על גבי הלוויין הישראלי ועלויות אינטגרציה והדרכות בחו"ל.

✓ מעצם היות הפרוייקט אקדמי ולא מסחרי מתאפשרת זרימת ידע בין המדינות המשתתפות, ובין מחלקות מחקר באוניברסיטאות הזרות לבין הנציגים הישראליים. מבין הגופים המשתתפים בפרוייקט, לרבים ניסיון רב בביצוע פרוייקטים מדעיים וטכנולוגיים בתחום החלל; כך שלקבוצות המשתתפות בפרוייקט יהיה במהלך כל תקופת הפיתוח והמחקר (לאחר שיגור הלוויינים) ערוץ למידה בניהול פרוייקטים בתחום טכנולוגיית חלל (בדגש על פרוייקטי לוויינות זעירה המתאימים בין היתר לקידום פרוייקטים טכנולוגיים בקרב תלמידי בתי ספר).

✓ קיומו של מרכז ידע פדגוגי ומקצועי בהרצליה הכולל תשתית טכנולוגית מתאימה יאפשר התנסות מעשית של תלמידי תיכון ישראליים במו"פ חללי. **ביצוע הפרוייקט בצורה מבוזרת בארבעה מרכזי פיתוח מלבד הרצליה יאפשר להפיץ את הידע והניסיון שנצברו במרכז המדעים הרצליה בפריפריה ובבתי ספר נוספים, וישמש גם כבסיס להכשרת מדריכים חדשים.**

✓ הפרוייקט המוצע, בהיותו בעל פרופיל תקשורתי גבוה, צפוי לתרום תרומה ישירה להגברת המעורבות וההיכרות של תלמידים בתחומי החלל ובעתיד להשתלבות בפעילות החלל בישראל. הפרוייקט יהווה מקור הראיה לעיסוק במגוון רחב של תחומים טכנולוגיים מתקדמים, וכפלטפורמה לחיזוק ופיתוח יכולות חשיבה, התנסות בחקר, וניתוח ופתרון בעיות בתחומי החלל.

לפיכך, **סוכנות החלל מעוניינת להתקשר עם מרכז המדעים הרצליה במיזם משותף על מנת לשתף פעולה בהפעלת תכנית מחקר ופיתוח ארצית המשלבת קבוצות תלמידים נוספות בפרוייקט לפיתוח הלוויין הזעיר ושיגורו.**



המשימה של הלוויין הישראלי, שנבחרה מבין המשימות האפשריות המוצעות בתוכנית, הינה מדידת צפיפות האלקטרונים בתרמוספירה התחתונה לצורך מיפוי מיקומם של ענני אלקטרונים המשבשים את פעולת לווייני תקשורת וחיזוי מזג אוויר. לשם כך יצוייד הלוויין הישראלי ביחידה מדעית מתוככמת ויקרה הנושאת עימה מחטי לאנגמיר שעתידיים להיפרש לאחר פליטת הלוויין ממכל השיגור בחלל. משימות משנה נוספות הינן: חקר תהליכי פינוי פסולת חלל, חקר ומימוש של רשתות תקשורת בין לוויינים לתחנות קרקע, העברת מידע בין לוויינים, העברת מידע בין תחנות קרקע שונות ומרכזי בקרה וקביעת פרוטוקולים חדשים למטרות אלו.

#### שלבים מרכזיים בפרוייקט הבינלאומי

- א. שלב מיון הצעות המכרז הסתיים בתחילת 2013, ובו עמדו בהצלחה 81 קבוצות מ-37 מדינות.
- ב. שלב ה PDR הסתיים ביוני 2013 ואותו סיימו בהצלחה רק 61 קבוצות מ 27 מדינות.
- ג. שלב התכנן הקריטי (CDR) הסתיים ב-15.9.2014 (כאמור הקבוצה הישראלית סיימה בהצלחה שלב זה, שלישית מתוך 61).
- ד. מתוך 61 הקבוצות רק 50 יזכו לשגר לוויין; שאר הלוויינים ישמשו כלווייני גיבוי למקרה שאחת או יותר מן הקבוצות שנבחרו לא תצליח להגיע לקו הגמר. שלב התכנן הקריטי הינו שלב ניפוי, ולכן בשלב הזה ניתן להעריך בסבירות גבוהה כי הפרוייקט הישראלי ישים וימשך עד לאחר שיגור הלוויין. הודעה על הכללת הקבוצה הישראלית ברשימה הקבוצות הבטוחות לשיגור תינתן עד לאמצע חודש אוקטובר השנה. **מכאן ניתן להעריך כי סיום שלב התכנן הקריטי הוא אכן השלב המתאים לשילוב קבוצות נוספות בשלב המחקר והפיתוח.**
- ה. ספטמבר 2014 הזמנת החומרה ליחידות הפיקוד של הלוויין, ובניית התשתית המחקרית לפיתוח מערכות הפיקוד.
  - ו. ינואר 2015 - תחילת בניית החומרה ליחידת הפיקוד.
  - ז. יוני 2015 - הגעת המטע"דים המיוחדים למדידת צפיפות אלקטרונים מנורבגיה ושילובם בלוויין.
  - ח. אוקטובר 2015 - סיום בניית החומרה לכל יחידות הלוויין וסקר מוכנות שילובים (IRR) שיבוצע ע"י סוכנות החלל האירופית.
  - ט. דצמבר 2015 - תהליך שילובים של הלוויין בישראל והמשך פיתוח תוכנות התקשורת ותחנת הקרקע.
    - י. מרץ 2016 - בדיקת הלוויינים בהולנד על ידי הצוות הישראלי.
    - יא. אפריל 2016 - סיום פיתוח תוכנת התקשורת ותחנת הקרקע.
    - יב. מחצית שניה של 2016 – שיגור 50 הלוויינים הזעירים מברזיל.
    - יג. לאחר השיגור והתבססות הלוויינים במסלול יופעל פרוייקט תקשורת לוויינים כשלב האחרון בפרוייקט QB50. הפרוייקט ישלב כ- 100 תחנות קרקע ו- 50 לוויינים ויתבצע מסביב לשעון גם



בתחנות הקרקע שיוכשרו בישראל למטרה זו. פרויקט התקשורת צפוי להתבצע כאמור מיד לאחר השיגור במחצית השנייה של 2016 ועד תחילת 2017 ולשלב בתוכו את כל צוותי התלמידים שנטלו חלק בפיתוח הלוויין.

- תכנית מחקר ופיתוח מורחבת לשילוב מרכזי ידע ובתי ספר תיכוניים נוספים בפרוייקט<sup>1</sup>

#### רציונאל תכנית המו"פ המורחבת

על מנת למצות את הפוטנציאל הגלום בקבלת קבוצה ישראלית לפרוייקט היוקרתי ולמנפו כאמצעי לפיתוח עתודה חינוכית ולקידום פרויקטים טכנולוגיים לצעירים, יזמו סוכנות החלל הישראלית והמרכז למדעים הרצליה הרחבה של פרויקט פיתוח הלוויין לארבעה מוקדי לימוד נוספים של קבוצות תלמידים. במסגרת יוזמה זו שולבו ארבע קבוצות תלמידים נוספות שנבחרו כולן בהתאם לרקע הלימודי הרלוונטי לפרוייקט שהינו מגמת לימוד מדעית (מתמטיקה ופיזיקה 5 יח"ל) המהווה תשתית פדגוגית מתאימה לפרוייקט; כמו גם, תמיכה מקצועית מוכחת של חוקרים מהאקדמיה וואו מהתעשייה (קבוצות עפרה ואופקים מלוות מקצועית על ידי – מבת חלל – התעשייה האווירית קבוצות ירוחם ועאהד לוו על ידי מהנדסים המפקולטה להנדסה באוניברסיטת בן גוריון והטכניון) ושל מרכז המדעים. בנוסף, בחירת הקבוצות תואמת את מטרות משרד המדע הטכנולוגיה והחלל, הן להשקעה במחקר מדעי ובחינוך באזורי עדיפות לאומית והן בעידוד נערות בישובי פריפריה לבחור במקצועות מדעים מדוייקים.

- **קבוצת "מרכז המדעים ירוחם"**, קבוצה זו מורכבת כולה מבנות בלבד, כולן תלמידות מצטיינות במגמה המדעית במדרשיית "קמה" לבנות בירוחם.
- **קבוצת "אופקים"**, תלמידים ותלמידות מצטיינים מביה"ס עמל 1 באופקים.
- **קבוצת "עאהד"**, תלמידים ותלמידות מצטיינים מביה"ס "עאהד למצויינות במדעים" של הפזורה הבדואית בנגב.
- **קבוצת "עפרה"**, קבוצה המורכבת כולה מתלמידות מצטיינות במגמה המדעית באולפנת עפרה שבמטה בנימין.

כאמור קיומו של מרכז ידע פדגוגי ומקצועי בהרצליה הכולל תשתית טכנולוגית בתחום הלוויינות הזעירה ומורים ומדענים מנוסים מתעשיית החלל הישראלית, יאפשר את הפצת הידע והניסיון שנצברו במרכז המדעים הרצליה בפריפריה תוך מתן הזדמנות לכל תלמידי הקבוצות השונות להתנסות במו"פ חללי, באמצעות התכנית המוצעת.

הפרוייקט ינוהל על ידי מרכז המדעים הרצליה וסוכנות החלל, כאשר המרכז למדעים הרצליה יוביל וינהל את פרויקט פיתוח הלוויין ויתכלל את תהליכי המחקר והפיתוח בכל הקבוצות. הקבוצות כולן תשולבנה באופן אקטיבי בתוכנית המחקר והפיתוח במשך כ- 30 חודשים, בכפוף ללוחות הזמנים שנקבעו בפרוייקט

<sup>1</sup> בכל מקום בו צויין "בתי ספר תיכוניים" המדובר בקבוצות תלמידים שישלבו במסגרת הפרוייקט במסגרת תכנית לימודים בלתי פורמאלית. קבוצות תלמידים משמעותה - תלמידים מתוכניות \ מגמות לימוד בעלות רקע מתאים להשתתפות בפרוייקט, כולל ידע רלוונטי למימוש פרויקט המו"פ שבאחריות הקבוצה.



הבינלאומי – ספטמבר 2014 ועד דעיכת הלוויינים ושריפתם באטמוספירה הצפויה בתחילת 2017. מתוך 30 חודשי הפרוייקט האירופי, 24 החודשים הראשונים יוגדרו בתוך המיזם המשותף ואילו בששת החודשים האחרונים ימשך הפרוייקט על ידי המשתתפים על בסיס וולונטארי. סוכנות החלל, שותפה לפיתוח מתווה תכנית המו"פ המורחבת בארבעת הקבוצות המתוספות לפרוייקט; ובכלל זה להגדרת מטרות ויעדים בתכנית המו"פ המורחבת ובכל אחת מהקבוצות המשולבות בפרוייקט. סוכנות החלל תלווה את תהליך שילוב הקבוצות בפרוייקט ויישום כל שלביו. בהתאם למתווה התכנית שגובש, תכנית המו"פ המורחבת תכלול שלושה מרכיבים מרכזיים:

**א. שילוב כל הקבוצות במשימות מחקר ופיתוח במסגרת הפרוייקט - עיקר התועלת המדעית והפדגוגית תושג, בהתאם, מעצם ביצוע מו"פ מתקדם על כל שלביו על ידי תלמידים.** משימות הקבוצות עשויות להיות משימות תכנון, אנליזה, או מחקר ופיתוח, כולל ביצוע מחקרים תומכים, חקר ביצועים או אף קבלת אחריות כוללת לפיתוח תת מערכת בלוויין. המשימות יתואמו מול מדריך הקבוצה בהתאם לרקע הלימודי של הקבוצה, תחום המומחיות של המדריך ועמידת הקבוצה בביצוע המשימות הקודמות. תהליך הגדרת המשימות לקבוצות ייקח בחשבון גם את אבני הדרך ולוחות הזמנים המוגדרים על ידי מנהלת הפרוייקט בבריסל. משימות מו"פ מרכזיות שתוטלנה על הקבוצות עשויות לכלול בין השאר:

- ניתוח מסלולים ופיתוח מערכת עקיבה שתשמש כקלט להכוונת האנטנות בתחנת הקרקע.
- בניית מודל CAD של הלוויין וקבלת אחריות כוללת לתיכנון המכני של הלוויין.
- פיתוח וישום בתוכנה של אלגוריתמים לבקרת האנרגיה של הלוויין.
- ביצוע אנליזה תרמית ותכנון הגנות תרמיות פסיביות ואקטיביות.
- פיתוח אלגוריתמים לבקרת הכוון וישום בתוכנה.
- פיתוח לוגיקה מוטסת ומערכת ההפעלה של הלוויין.
- פיתוח מערכת שליטה במטע"ד ואגירת הנתונים המדעיים הנאספים במהלך המשימה בחלל.
- פיתוח מערכת תקשורת מוטסת.
- פיתוח מערכות תקשורת לתפעול ובקרת הלוויין מתחנת הקרקע ולשאיבת נתונים מדעיים מלוויינים החברים ברשת המקומית.
- אנליזות ביצועים תרמיים וחשמליים, מאזני הספק, מאזני ערוץ.
- פיתוח אתר אינטרנט להעברת ושילוב מידע טכני, מיתוג והפצת מסרים.

**ב. קיום מפגשי למידה משותפים של הקבוצות ללימוד, תיאום וזרימה חופשית של ידע במסגרת משימת הקבוצה הישראלית בפרוייקט הבינלאומי -** מדריכי כל הקבוצות יפגשו באופן סדיר לפחות פעם בחודש לצרכי התייעצות טכנית ומדעית, ולמטרת מעקב ביצוע המשימות. כמו כן יערכו מפגשים



משותפים בין תלמידי הקבוצות השונות בתדירות של פעם בסמסטר, מפגשים בהם יתאפשר לתלמידים להציג את תוצרי עבודתם אלה בפני אלה. לקראת המפגשים המשותפים יכינו התלמידים מצגות טכניות המתארות את עבודת המחקר שבצע הצוות עד לאותו שלב ואת סטטוס ביצוע המשימה הצוותית כחלק מן המשימה הקבוצתית. במפגשים שיארכו כ 4-5 שעות כל אחד, תוצגנה ע"י התלמידים כל המצגות שהוכנו בפני כל קהל התלמידים ולאחר מכן יתקיים סיעור מוחות ודיון מדעי/טכנולוגי על המשך הפרוייקט בהשתתפות כל התלמידים וכל צוות המדריכים.

### ג. מפגשי למידה שיתקיימו בתעשיית החלל הישראלית -

- סיור למידה והעשרה שנתי בתעשיית החלל הישראלית .
- בהתאם לצורך יתארחו תלמידים במפעלי תעשיית החלל לצורך פתרון בעיות וקבלת סיוע באיתור תקלות במערכת אותה מפתחת הקבוצה.
- שלבי אינטגרציה ובדיקות שיבוצעו במתקני התעשייה (ובפרט שלב בדיקות תנאי הסביבה) יבוצעו בהשתתפות ובנוכחות תלמידים במפעל המארח. התהליך יאפשר לתלמידים להיחשף לתהליכי פיתוח ואינטגרציה מתקדמים הנהוגים בתעשייה ולספוג ידע מן המהנדסים הוותיקים המארחים אותם.

בכל שנה תשולב קבוצה נוספת של תלמידים בקבוצות האם המשתתפות בפרוייקט; הן במשימות המחקר והפיתוח והן בתכנית ההכשרה לכלל המשתתפים בפרוייקט. צרוף קבוצת תלמידים צעירים במקום תלמידים בוגרים שסיימו לימודיהם, תאפשר המשכיות מוצלחת של הפרוייקט ותבטיח את שימור הידע שנצבר במרכז הידע לצורך פיתוחו והרחבתו בעתיד ולצורך ביצוע פרוייקטים עתידיים.

### ניהול הפרוייקט

המיזם ימומש כאמור בקבוצות הפזורות באזורים שונים בארץ, אולם ינוהל בצורה מרכזית באופן הבא: מנהל מרכז המדעים הרצליה ישמש כמנהל הפרוייקט. מנהל הפרוייקט יהיה אחראי לקביעת תוכנית המחקר והפיתוח, לתיאום וחלוקת המשימות לקבוצות השונות ולביצוען, איתור כ"א, מימוש התקציב וביצוע רכש, תיאום הקשר עם התעשייה, עם האגף לפיקוח על יצוא בטחוני ועם משרד התקשורת. מנהל הפרוייקט יהיה אחראי גם על הצדדים המשפטיים ועל התוצרים שידרשו ע"י מנהלת הפרוייקט בבריסל.

לצורך ניהול מקצועי של הפרוייקט, ילוו ויובילו עובדי המרכז למדעים את פרויקט פיתוח הלוויין:

**ד"ר אנה הלר**, אסטרופיזיקאית מנהלת המעבדה ללוויינים וחלל במרכז המדעים, תואר שלישי מן הפקולטה למדעים מדוייקים באוני' תל-אביב. לד"ר הלר ניסיון של למעלה מעשר שנים בביצוע פרוייקטים בתחום הלוויינות והחלל במערכת החינוך.

**ד"ר דניאל פורטנוי**, אסטרופיזיקאי, מהנדס לוויינים וחלל בתעשייה אווירית, ומדריך במרכז המדעים. תואר ראשון בהנדסת אווירונאוטיקה מן הטכניון, תואר שני ושלישי באסטרופיזיקה מן הטכניון. עובד מפעל מבת-חלל.



**מר אלעד שגיא**, בעל תואר ראשון בגיאוגרפיה פיזית עם התמחות בחישה מרחוק, מאוניברסיטת בר-אילן, תואר שני בניהול טכנולוגי עם התמחות בהנדסת מערכות, מהנדס מערכת ראשי במפעל מבת-חלל.

**מר שמאי אופפר**, מהנדס תקשורת, מומחה בתקשורת לוויינים עובד מפעל מבת-חלל, חובב רדיו מוסמך, ומנהל תחנת הקרקע במרכז המדעים. תואר ראשון בהנדסת חשמל ותואר שני בהנדסת מערכות מן הטכניון.

**גב' מירב נעמן-רוזן**, מדריכת אסטרונומיה במרכז המדעים. תואר ראשון ושני בפיזיקה מאוני' ת"א.

**מר אריאל יפה**, מהנדס תוכנה ולוויינים, ראש קבוצת התוכנה במרכז המדעים. תואר ראשון בפיזיקה ובהנדסת חשמל אוני' ת"א. תואר שני בהנדסת חשמל (עיבוד אותות) אוני' ת"א. דוקטורנט במתמטיקה ומדעי המחשב במכון וייצמן.

בנוסף, מקבל המרכז יעוץ בהנדסת מערכות גם מבכירי תעשיית החלל ובהם **ד"ר רז יצחקי-טמיר**. גיבוי נוסף לצוות המקצועי מגיע גם ממנהל המרכז, **ד"ר מאיר אריאל**, מהנדס מומחה לעיבוד אותות ופיענוח צפנים ובעל ניסיון רב בפתרון בעיות וניהול חברות מו"פ.

ביצוע הפרוייקט יסתמך על תשתית טכנולוגית קיימת במרכז המדעים בהרצליה וכן במתקני בדיקה מתקדמים הקיימים בתעשיית החלל הישראלית; ובפרט במפעל מבת-חלל.

לכל קבוצה המשתתפת בפרוייקט הישראלי, ימונה **מדריך משימה (להלן – המדריך)** שתפקידו מקביל לראש צוות פיתוח בתעשייה). לאחר תיאום משימת הקבוצה, ילווה המדריך את תהליך המחקר וואו הפיתוח בקבוצה ויהיה אחראי להגדיר גאנט הפעילות, כולל לוחות זמנים; חלוקת הקבוצה לתתי קבוצות בעלות משימות מוגדרות; להדרכה וליווי הקבוצה במידע הדרוש ליישום המשימה. במקביל, ישתתף המדריך בפגישות תכנון ומעקב ובהדרכות טכניות, שיקבעו מעת לעת ע"י מנהל הפרוייקט. פגישות התכנון והמעקב יערכו בד"כ בהשתתפות כל מדריכי הקבוצות וצוות מרכז המדעים ובמידת הצורך בהשתתפות מדעני מפעל מבת-חלל המסייעים לפרוייקט.

מדריך המשימה יעמוד בתנאי הסף הבאים:

א. בעל תואר מהנדס אלקטרוניקה/אווירונאוטיקה/מחשבים/תקשורת;

ב. בעל ניסיון של שנתיים לפחות בתחום הלוויינות או בתחום רלבנטי למשימת הקבוצה (כגון תקשורת לוויינים, מיקרו-מחשבים, בקרה);

ג. בעל אוריינטציה חינוכית וניסיון בהדרכת תלמידים;

ד. מדריך המשימה מתחייב ללוות את הקבוצה כ- 5 שעות שבועיות (בממוצע) במהלך כל שנת הלימודים; ובכלל זה השתתפות בכל הסיורים ומפגשים למידה שיתקיימו במרכז המדעים ובמרכזי מחקר ופיתוח (כמצורף בנספח ב').

ג. מדריך הפרוייקט ילווה את הקבוצה במהלך כל שנות הפעילות החל מספטמבר 2014 ועד תחילת 2017.



**מתווה לוחות זמנים לתכנית המו"פ המורחבת** (התאריכים להלן מבוססים על ביצוע אומדנים בנוגע לקצב התקדמות הפרוייקט הבינלאומי ועלולים להשתנות):

**א. 07.12.14** תחילת הפעלת תוכנית המו"פ המורחבת בכל הקבוצות ומפגש כל מדריכי הקבוצות עם הצוות במרכז המדעים. במידה ויאותרו המדריכים לפני תאריך היעד, תחל התוכנית מיד עם איוש הקבוצות.

**ב. 07.12.2014-1.10.2015** שלב ביצוע משימות הקבוצה, בשלב זה יתקיימו מפגשי מדריכים וצוות אחת לחודש ושני מפגשים בין כל קבוצות התלמידים, כנזכר בפירוט מרכיבי תוכנית המו"פ המורחבת לעיל, וסיור אחד בתעשייה שיהיה בעיקרו סיור היכרות לימודי עם מתקני תעשיית החלל ופרוייקטים ישראלים לפיתוח לוויינים.

**ג. 1.10.2015** סקר מוכנות שילובים לכל הקבוצות.

**ד. 1.10.2015 - 28.2.2016** שלב ביצוע השילובים בין תת מערכות הלוויין השונות ובדיקות תנאי סביבה. בשלב זה יתקיימו לפחות ארבעה מפגשי מדריכים וצוות, לפחות מפגש בין כל קבוצות התלמידים, ופגישות עבודה בתעשייה בהתאם לצורך בצירוף התלמידים לצורך בדיקות הלוויין וגמר ביצוע השילובים.

**ה. 1.3.2016 – 30.4.2016** שלב ביצוע השילובים בהולנד, בשלב זה ישתתפו נציגים מן הקבוצות במשלחת טכנית שתציג את הלוויין הישראלי במרכז השילובים בהולנד. במקביל ימשיך בארץ שלב פיתוח תוכנת התקשורת ותחנת הקרקע. בשלב זה יתקיימו לפחות שני מפגשי מדריכים וצוות, וכן ופגישות עבודה בתעשייה לצורך יעוץ, בלתי"מ או תיקונים נדרשים.

**ו. 1.5.2016 – 31.7.2016** שלב ההכנות לשיגור בהשתתפות כל הקבוצות. בשילובים ובשיגור בברזיל תשתתף משלחת טכנית שתורכז מנציגי הקבוצות והצוות. במקביל יושלם פיתוח תוכנת התקשורת ותחנת הקרקע.

**ז. 1.8.2016 תאריך שיגור** (עשוי להיות מוקדם או מאוחר יותר), לאחריו יתקיים שלב פיזור הלוויינים במסלול ובדיקות ראשוניות בחלל לפני תחילת הפעלת המשימה המדעית של הלוויין, שלב זה יארך שבוע ימים לאחר השיגור.

**ח. 1.2.2017 – 15.8.2016** שלב הפעלת פרוייקט תקשורת הלוויינים. שלב זה ישלב כ- 100 תחנות קרקע ו- 50 לוויינים ויתבצע מסביב לשעון גם בתחנת הקרקע הישראלית בהרצליה ובתחנה ישראלית במידה ותבנה תחנה כזו עד למועד השיגור. פרוייקט התקשורת יכיל גם מרכיב של תקשורת "ברשת מצומצמת" שתכלול פרט לישראל עוד 2-3 מדינות באירופה וצפון אמריקה. הצוותים השותפים לרשת המצומצמת יכלו לקלוט ולשדר לכל הלוויינים השייכים למדינות החברות באותה רשת. שלב זה של הפרוייקט ישלב בתוכו את כל צוותי התלמידים שנטלו חלק בפיתוח הלוויין

**תקציב הפעלת הפרוייקט ותוכנית המו"פ המורחבת במרכז המדעים ובבתי הספר**

תקציב פרוייקט QB50 עומד על כ- 150 מיליון אירו, מתוכם עלות פיתוח ושיגור הלוויין הישראלי כ- 3 מיליון אירו (קרוב ל- 15 מיליון ₪). במרבית העלות, כ- 12 מיליון ש"ח תישא סוכנות החלל האירופית שתממן את עלות שיגור הלוויין הישראלי (כחלק משיגור 50 הלוויינים), מתן ידע והדרכה, שירותי אינטגרציה בהולנד ובברזיל, רכיבי תוכנה לתקשורת לוויינים ולתחנת הקרקע, ורכיבי חומרה ובהם המטע"ד המיוחד למדידת צפיפות אלקטרונים בחלל שעלותו גבוהה במיוחד.

הערכת עלות פיתוח ושיגור הלוויין מבוססת בעיקרה על רכישת חומרה חללית למערכות הפיקוד של הלוויין (ללא מטע"ד), שכר מדענים ומהנדסים, עלויות ביצוע בדיקות תנאי סביבה, "דמי חברות" בסך 20 אלף אירו, ועלויות מנהלה ונסיעות. הערכה ריאלית של התקציב הנדרש לפיתוח לוויין התלמידים הישראלי נמוכה יותר מן ההערכה האירופית ועומדת על כ- 1.6 מיליון ₪ בלבד וזאת עקב חיסכון משמעותי בעלויות כ"א (צוותי פיתוח מאויישים ברובם ע"י תלמידים, כמו כן הפרוייקט נעזר במפעל מבת-חלל בשעות מהנדס) וסיוע של מפעל מבת-חלל במתקני שילובים, בדיקה ותנאי סביבה. כ-810,000 ש"ח יגייס מרכז המדעים בהרצליה, ארבע הקבוצות המשתתפות בפרוייקט יגייסו 230,400 ש"ח, 576,487 ש"ח ימומנו על ידי סוכנות החלל הישראלית.

יש להדגיש כי הערכת התקציב הנדרש בגובה של כ- 1.6 מיליון ₪ **כוללת בתוכה גם את עלות הפעלת תכנית המו"פ המורחבת**. ביצוע המו"פ בצורה מורחבת ומבוזרת בבתי הספר **מותנה** בסיועה של סוכנות החלל הישראלית. ללא השתתפות סוכנות החלל הישראלית יצומצם הפרוייקט ויבוצע במרכז המדעים בלבד ועלותו תהיה אף נמוכה יותר ותעמוד על על 1.3-1.25 מיליון ₪ בלבד (עקב ביטול עלויות ההדרכה בארבע הקבוצות, ביטול עלויות המפגשים המשותפים והסיוע וחלק מעלויות הנסיעות לחו"ל המפורטים בטבלת התקציב להלן)

מצורפת טבלת התקציב במבנה מפורט שעל פיה ניתן לראות את העלויות לפי תחומי הפעילות. הטבלה להלן כוללת **אך ורק עלויות שאינן ממומנות על ידי סוכנות החלל האירופית**, ואינה כוללת כל ציוד מחשוב או כל ציוד אחר שיכול לשמש למטרה אחרת מלבד השתתפות בפרוייקט. הטבלה אינה כוללת עלות העסקת אינטגרטור שישמש איש קשר לסוכנות החלל הישראלית (אם ידרש). עלות הכוללת לפרוייקט הינה 1,616,887 ש"ח לכל תקופת ההתקשרות. פירוט עלויות מצורף בנספח התקציב

**2. מאפייני מיזם משותף:**

א) **המחויבות לביצוע הפעילות** – אין מדובר בפעילות אשר המדינה מחויבת לביצועה לפי דין, אולם מדובר בפעילות אשר מגשימה את מטרותיה של סוכנות החלל הישראלית בתחום חברה וקהילה – לפתח עתודה צעירה בתחומי החלל באמצעות קידום תוכניות חינוכיות ופרוייקטים טכנולוגיים בתחומי החלל; כאשר קהלי היעד המרכזיים הם תלמידי חט"ב והחטיבה העליונה המשולבים במגמות מדעים וחלל או בפרוייקטים חינוכיים בתחומים אלה. מטרות אלה משתלבות באחד מיעדיו של מרכז המדעים בהרצליה - קידום לימודי המדעים בקרב תלמידים.



ב) **היוזמה לביצוע הפעילות** – היוזמה לקידום תכנית מו"פ מורחבת, הינה יוזמה משותפת של סוכנות החלל הישראלית ושל מרכז המדעים הרצליה והאינטרס העיקרי בביצועה הינו משותף לשני הצדדים ומקיים את מטרות סוכנות החלל הישראלית ואת המרכז למדעים. תכנית המו"פ המורחבת הינה פרויקט חדש לשני הצדדים אשר גובש כשיתוף פעולה ביניהם.

ג) **מידת המעורבות בעת ביצוע הפעילות** – סוכנות החלל הישראלית תהיה מעורבות ופעילה לכל אורך הפרויקט, החל באפיון מטרות ויעדים ובפיתוח תכנית המו"פ המורחבת, וכלה בשותפות בליווי ימי הפעילות המשותפים לבתי הספר ולתעשיות, בפרסום והפצת הפרויקט במסגרת פעילויות ואירועי הסוכנות לקהל הרחב, וכלה במעקב אחר התקדמות הפרוייקט ומימושו.

3. ההיקף הכספי של ההתקשרות:

מרכז המדעים הרצליה (באמצעות עיריית הרצליה) ישתתף בעלות הפעלת המיזם בגובה של 810,000 ש"ח על פי הפירוט המצורף בנספח התצקבי. סוכנות החלל הישראלית תשתתף בעלות הפעלת המיזם בגובה של 566,487. בתי הספר המשתתפים בתכנית המו"פ המורחבת ישתתפו בעלות הפעלת הפרויקט בעלות של 230,400 (שיוקצה על ידי כל בית ספר המשתתף בפרויקט למימון עלויות הפעלת המדריכים בבית הספר).  
סה"כ המימון עבור הפרויקט מטעם שני הצדדים: 1,616,887 ש"ח

4. התקנה התקציבית לביצוע ההתקשרות:  
סוכנות החלל - 19400211

5. תקופת ההתקשרות המבוקשת:  
07.12.2014 – 01.02.2017 לאחר תקופת ההתקשרות, ימשך הפרוייקט באופן וולונטארי על ידי מרכז המדעים וארבע הקבוצות.

6. ההליך המבוקש לביצוע ההתקשרות:  
התקשרות לביצוע מיזם משותף

7. התקשרויות קודמות עם הספק:

פרויקט לשיגור לוויין דוכיפת 1 והפעלת סדנא לתקשורת לוויינים.

8. מועדי תשלום

מועדי תשלום בהתאם לדוחות ביצוע יוגדרו בכפוף להסכם שיגובש על ידי הלשכה המשפטית. במהלך שנת הפעילות הראשונה יועבר מימון בגובה של עד 50% מהיקף ההשתתפות של המשרד במיזם המשותף (2 תשלומים בגובה של 25%).

בברכה,

מנחם קדרון,

מנהל סוכנות החלל הישראלית

משרד המדע, הטכנולוגיה והחלל