



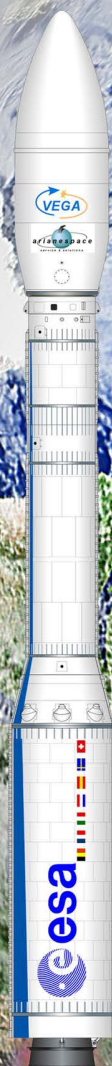
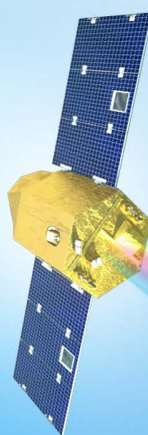
סוכנות החלל הישראלית
משרד המדע והטכנולוגיה



VEN_μ

הלוויין הישראלי
ששומר על כדור הארץ

תיק עיתונות לוויין ונוס



**Vegetation and Environment monitoring
on a New Micro (μ) Satellite**





תעודת זהות

שם: ונוס -

אלת הגנים והכרמים במיתולוגיה הרומית וגם שמו של כוכב לכת - אבל הכוונה לראשי תיבות

של: **Vegetation and Environment monitoring on a New Micro (μ) Satellite**

משקל: 264 ק"ג (לשם השוואה, משקל לווייני התקשורת עמוס עשוי להגיע לכ-4 טון).

גובה: 1.7 מטרים.

רוחב: קוטר 1.2 מ'. אחרי שפורס כנפיים עם פאנלים סולאריים: 4.2 מ'.

משימה: מחקרי איכות הסביבה וחקלאות, והוכחת פעילותה של מערכת הנעה חשמלית

משגר: VEGA

משך שיגור: שעה, 37 דקות ו-18 שניות.

מסלול בחלל: מסונכרן שמש בגובה 720 ק"מ, בזווית נטיית מסלול של 98.33 מעלות.

זמן תפקוד בחלל: 4.5 שנים.

שם האם: סוכנות החלל הישראלית במשרד המדע.

שם האב: סוכנות החלל הצרפתית (CNES).

נולד ב: תעשייה אווירית לישראל.

ירש את העיניים מ: אלביט אל-אופ.

ירש את השרירים מ: רפאל - מערכות לחימה מתקדמות.

ירש את השכל מ: אוניברסיטת בן-גוריון.





עובדות מהירות

- **ונוס** היא הלוויין הישראלי הראשון שפותח לצורכי סביבה.
- **ונוס** היא הלוויין המדעי הגדול ביותר שבנתה ישראל, אך הקטן ביותר מסוגו הקיים כיום בעולם.
- **ונוס** היא המיקרו לוויין הראשון של ישראל לצורכי מדע.
- **ונוס** יקיף את כדור הארץ **29** פעם תוך **48** שעות.
- **ונוס** ישוגר על גבי משגר "וגה" שגובהו **30** מטרים, כגובה בניין בן **10** קומות.
- **ונוס** ישדר לתחנת הקרקע את התמונות במהירות **300** מגהביט לשניה (חיבורי אינטרנט מהירים בארץ יכולים להגיע ל-100 מגהביט בשניה בלבד).
- כל תמונה של **ונוס** מכסה תא שטח של **730** קמ"ר.
- **ונוס** מכיל מנוע חשמלי ראשון מסוגו בעולם.
- מערכת ההנעה החשמלית של **ונוס** יכולה לפעול על חמישית מהדלק הנדרש בהשוואה למנוע מבוסס דלק כימי.
- **ונוס** היא הלוויין היחיד בעולם שיצלם פעם ביומיים כ-**110** אזורים שונים קבועים בישראל, אירופה, אסיה, אמריקה ואפריקה, כלומר - אותם מקומות באותה איכות ובתדירות קבועה.
- התמונה הראשונה שיצלם **ונוס** לאחר השיגור, תהיה מישראל.
- **ונוס** יתקשר עם תחנת הקרקע בשבדיה **5** פעמים ביום כאשר היא עוברת בסמוך לקוטב הצפוני.
- **ונוס** ינוע בחלל ארבע וחצי שנים, מתוכן שנתיים וחצי למשימה המדעית בשילוב המשימה הטכנולוגית ושנה למשימה הטכנולוגית בשילוב המשימה המדעית. בין שתי התקופות הללו ונוס ינמיך את מסלולו במשך חצי שנה מגובה של **720** ק"מ ל-**410** ק"מ.
- לאחר גמר תפקודו ועל פי החוק הבין-לאומי, יוסט הלוויין ממסלולו למסלול של גריטה כך שלא יפגע בלוויינים פעילים.
- **ונוס** היא אומנם לוויין צרפתי-ישראלי אך כולו נבנה ויוצר בישראל.
- לאחר שיגורו, **ונוס** יעבור מעל ישראל **4-5** פעמים ביום, ויצלם מעל ישראל פעם ביומיים בסביבות השעה **10:00** בבוקר.
- בפיתוח פרויקט **ונוס** השקיעה מדינת ישראל **177** מיליון ש'.





ונוס - נעים להכיר!

"ונוס" – הלוויין הישראלי הראשון למטרות חקר הסביבה – פרויקט הדגל של סוכנות החלל הישראלית במשרד המדע וסוכנות החלל הצרפתית (CNES). ונוס מתוכנן לשיגור ב-2 באוגוסט 2017 בשעה 04:58 לפנות בוקר (שעון ישראל) על גבי משגר "וגה" ממרכז החלל האירופי בקורו שבגינאה הצרפתית.

ללוויין חקר סביבה חשיבות עולה בשנים האחרונות בעיקר לאור בעיות הסביבה של כדור הארץ כגון צפיפות אוכלוסין, התדלדלות שטחי החקלאות והמזון, זיהומים ואסונות טבע. ונוס יעקוב אחר שדות ושטחי טבע מהחלל למטרות מחקרי סביבה, תוך ניטור מצב קרקע, צמחייה, ייעור, חקלאות, איכות מקווי מים ועוד.

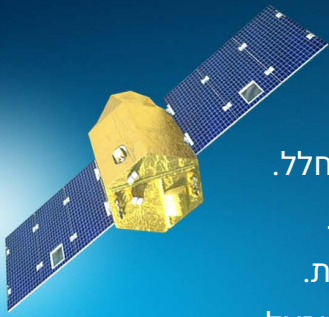
ונוס מצויד במצלמה מיוחדת שיכולה לקלוט פרטים על פני כדור הארץ ב-12 אורכי גל, בהם גם פרטים שאינם נראים לעין. הלוויין יצלם שטחים קבועים בישראל וברחבי העולם ויספק לחוקרים עשרות תמונות מדי יום שכל אחת מהן תכסה כ-730 קמ"ר. מסלול הלוויין מאפשר זמן חזרה של אחת ליומיים לצילום אותם שטחים ובאותה זווית צפייה. ונוס יקיף את כדור הארץ 29 פעמים תוך 48 שעות ויספק תמונות פעם ביומיים תוך שהוא חוזר בדיוק לאותה זווית צילום, דבר שיאפשר לזהות שינויים תכופים בצמחייה, בקרקע, בחופים, בגופי מים פנים יבשתיים ובאטמוספירה.

שילוב תכונות אלו הוא ייחודי לונוס, ואין כיום בחלל לוויין המכיל את כולן יחד. תכונות אלו מקנות לו יתרון על פני לווייני סביבה אחרים הפועלים כיום בחלל.

ונוס הוא הלוויין הישראלי האזרחי הראשון ביוזמת סוכנות החלל הישראלית במשרד המדע שבנייתו הושלמה ונחשב הקטן ביותר מסוגו בעולם. בבניית הלוויין היו שותפות שלוש תעשיות חלל בישראל:

הקבלן הראשי של הפרויקט היא התעשייה האווירית לישראל שגם שילבה בו את המצלמה והמנועים, המנועים החשמליים תוכננו ונבנו על ידי רפאל והמצלמה על ידי אלביט אלקטרו-אופטיקה אל אופ. התמונות מהלוויין יגיעו למרכז המחקר בקמפוס שדה בוקר של אוניברסיטת בן-גוריון בנגב בראשות החוקר הראשי של הפרויקט פרופ' ארנון קרניאלי.





- ◀ בעת השיגור, ישקול ונוס 264 ק"ג, מה שהופך אותו ללוויין הקל מסוגו שיפעל בחלל.
- ◀ על גבי משגר "וגה" ישוגר באותו שיגור גם לוויין איטלקי, אף הוא תוצרת ישראל.
- ◀ מרגע השיגור ועד שייכנס למסלולו בחלל, יעברו בדיוק שעה 37 דקות ו-18 שניות.
- ◀ האות הראשון מהלוויין, המסמן כי הוא פועל, אמור להתקבל בתחנת הקרקע בישראל לאחר כחמש וחצי שעות מרגע השיגור.
- ◀ הלוויין ייכנס למסלול מסונכרן שמש בגובה של 720 ק"מ בתוך יומיים מהשיגור.
- ◀ את התמונה הראשונה יצלם ונוס בישראל, הדמיות ראשונות לצורך בחינת ביצועי הלוויין יתקבלו לאחר כשבוע מהשיגור והדמיות ראשונות יופצו למשתמשים לאחר כשלושה חודשים מהשיגור.
- ◀ הלוויין מתוכנן לפעול בחלל במשך 2.5 שנים, ולאחריהן יוסט למסלול נמוך יותר.
- ◀ ונוס יצלם פעם ביומיים כ-110 אזורי מחקר שונים וקבועים ברחבי העולם.
- בישראל, יצלם ונוס באותה החליפה שלושה פסי צילום ארוכים בגליל, מישור החוף כולל רצועת הים הקרובה, והנגב. אלה יכללו את מרבית הפארקים הלאומיים ושמורות הטבע, מרבית היערות הטבעיים והנטועים וכן תחנות אקולוגיות של מחקרים ארוכי טווח. התמונות ברמות שונות של עיבוד יופצו לצרכי מחקר ויועמדו לטובת חוקרים באוניברסיטאות ולרשויות כגון רשות המים ורשות הטבע והגנים, ומכוני מחקר ממשלתיים.
- ◀ ונוס ישדר נתונים לתחנת קליטה בצפון שוודיה ומשם יועברו הנתונים לעיבוד ראשוני בסוכנות החלל הצרפתית.
- ◀ התמונות של ישראל יגיעו למרכז המחקר בקמפוס שדה בוקר של אוניברסיטת בן גוריון בנגב בראשות פרופ' ארנון קרניאלי, מרכז המהווה זרוע תפעולית של משרד המדע והטכנולוגיה.
- ◀ בישראל, השקיעה סוכנות החלל הישראלית במשרד המדע כ-5 מיליון ש' לביצוע מחקרים על תוצרי הלוויין. אחד הפרויקטים המחקריים הראשונים שישתמשו בהדמיות הלוויין הוא של תלמידי תיכון מראשון לציון ומרחובות בהשקעה של כחצי מיליון ש' מהסוכנות.
- ◀ לונס גם משימה טכנולוגית חדשנית של הוכחת היתכנות של מערכת הנעה חשמלית מבוססת פלזמה שפותחה על ידי רפאל. שימוש במערכת הנעה חשמלית חוסך בדלק ובמשקל הלוויין, כדי להגדיל את משקל הציוד לצורכי מחקר. הלוויין מאופיין גם בכושר תמרון טוב, טכנולוגיה שפותחה על ידי תעשייה אווירית, דבר שמאפשר לו גם כושר איסוף מידע גבוה.
- ◀ ונוס הוא אומנם פרויקט משותף לישראל וצרפת, אך כל מרכיבי החומרה של הלוויין פותחו בתעשיות החלל בישראל.
- ◀ כך, נוסף לתעשייה האווירית שבנתה את גוף הלוויין ושילבה בו את המרכיבים, פיתחה חברת אלביט, את המצלמה הייחודית, ורפאל פיתחה את מערכת ההנעה. כתוצאה מכך, הלוויין כולו הוא פרי בנייה ופיתוח כחול-לבן.



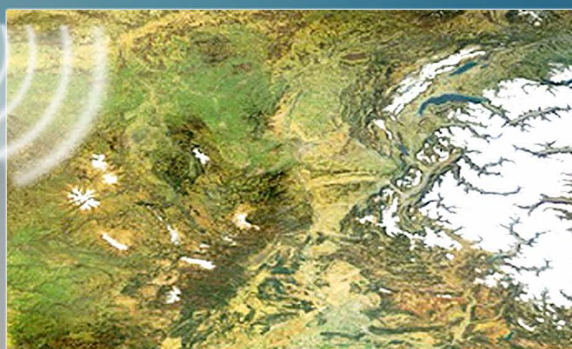
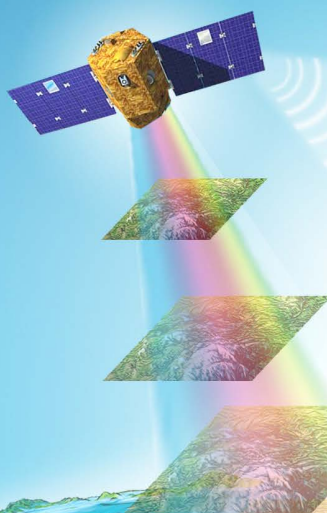
המשימה המדעית

המטרה המרכזית של ונוס הוא מחקר חקלאי ואקולוגי, בכלל זה חקר של קרקעות, גופי מים פנים יבשתיים, והאטמוספירה.

ונוס הוא הלוויין היחיד שיפעל בחלל שמשלב בין שלוש תכונות: למצלמתו 12 ערוצים ספקטראליים צרים, ברזולוציה של כחמישה מטרים, והוא חוזר לאותן נקודות צילום ובאותה זווית צילום פעם ביומיים. השילוב הוא חסר תקדים בתחום המחקר הלווייני ומאפשר קשת רחבה של שימושים למדעי כדור הארץ. כל תמונה נוצרת על ידי 12 חיישנים שונים, שמצלמים כל אחד באורכי גל שונים, כך שכל תמונה מורכבת מ-12 שכבות מידע שונות. בזכות מספר הצבעים הרחב של המצלמה, שחלקם מעבר לתחום הנראה לעין האנושית, יהיה ניתן להבחין בתמונת שיפיק הלוויין בפרטים שלא ניתן לזהות על פני כדור הארץ ובמצלמה רגילה. כך, יהיה ניתן להבחין כשהצמחייה במחסור במים, במזיקים, בעקה של מלח, בדליפה של טפטפות, בזיהום מים במאגרים, בשריפת יער, בצלקות לאחר השרפה ועוד.

האוכלוסייה בעולם גדלה והמזון מצומצם ולכן חשיבותם של לווייני הסביבה עולה בשנים האחרונות.

תוך כארבע שנים עשוי מספרם של לוויינים מסוג זה להגיע לכ-300 בעולם. ונוס מאפשר לעקוב אחרי הגידולים החקלאיים ולהסתכל על פגיעה בשדות כתוצאה ממזיקים, אסונות טבע, בצורות וכו' ולתת מידע למתכנני המדיניות ולמקבלי ההחלטות היכן כדאי לגדל ומה לגדל. תוצרי העבודות המדעיות יגיעו למתכנני החקלאות ולחברות עסקיות.



ונוס יצלם פעם ביומיים כ-110 אזורי מחקר שונים וקבועים ברחבי העולם.

בזכות מספר הצבעים הרחב של המצלמה ניתן להבחין במגוון תופעות כמו: מחסור במים, מזיקים, זיהום מים במאגרים, שריפת יער ועוד.





הנתונים מתמונות הלוויין ונוס ישמשו לחקלאות מדייקת שבה ניתן לבחון את השינויים במרחב ובזמן של מצב הצמחייה בתת חלקות, במקום להתייחס לשדה כמכלול.

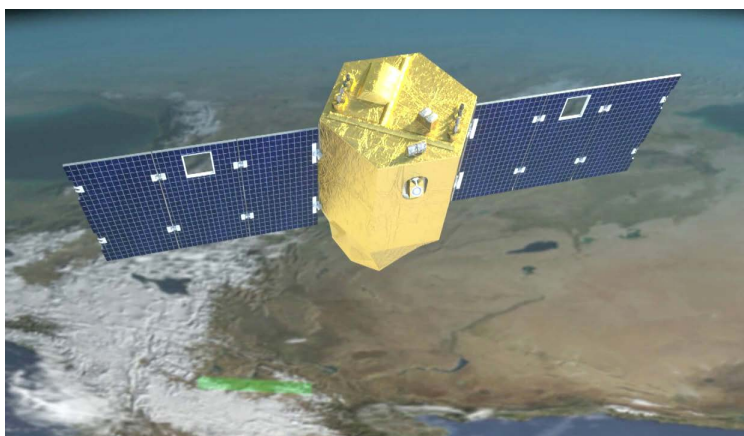
איתור חריגות באזורים שונים יכול לאפשר לחקלאי לטפל בחלק הפגוע בלבד ובכך לסייע לחסכון בתשומות הגידול כגון מים, דשנים, וחומרי הדברה. בהתאם, פעולות מדודות ומדויקות יביאו גם להפחתת זיהום הקרקע ומי התהום. התמונות שיפיק הלוויין יוכלו לזהות נזק שמתחיל לפשוט בשדה חקלאי, עוד לפני שהחקלאי בשטח רואה אותו. לדוגמא, אם רק חלק מהשדה נפגע על ידי מזיקים, יופיע אותו אזור בצבע שונה לאחר עיבוד ממוחשב של תמונות הלוויין. על פי המידע, יהיה ניתן לטפל רק באזור שנפגע ללא צורך לרסס את השדה כולו. באופן דומה יהיה ניתן להשקות את השדה רק במידה המדויקת הנחוצה לגידול או לזהות דליפה בצנרת. אותו עקרון פועל גם במאגרי מים – הלוויין יאפשר לזהות התחלה של זיהום במאגר המים, למשל על ידי זיהוי כלורופיל שפושט במים ומהווה אינדיקציה לזיהום במקרה ששפכו חומרי דישון למים. בחולות, יוכל הלוויין לזהות אינדיקטורים כגון חמצון או קרומי קרקע המעידים על גיל החולות או על יציבותם.

בעזרת ונוס יהיה ניתן לנתח שינויים שמתרחשים בקרקע ובסביבה לאחר אירועים כמו שריפות ענק או יובש. יהיה גם ניתן לעקוב אחר אבק ומזהמים שמגיעים ממקורות כגון תחנות כוח, ולהבין את ההשפעה שלהם לאורך זמן.

התמונות שיפיק ונוס, עשויות בעתיד לאפשר פיתוח אפליקציות בתחום החקלאות, ניטור יערות, מקורות מים, וכן פיתוח של אזורים עירוניים. לדוגמא, בעזרת אפליקציה שמנתחת את התמונות באופן מדויק, חקלאי יכול לתכנן מחזורי שתילה וגידול, וכן לבחון את סוגי הגידולים.

יותר ממאה מחקרים מתוכננים להתבצע בשנה הקרובה על תוצרי הלוויין.

בישראל, השקיעה סוכנות החלל הישראלית במשרד המדע כ-5 מיליון ש' לביצוע מחקרים בישראל. אחד הפרויקטים המחקריים הראשונים שיופעלו, הוא של תלמידי תיכון מראשון לציון ומרחובות.





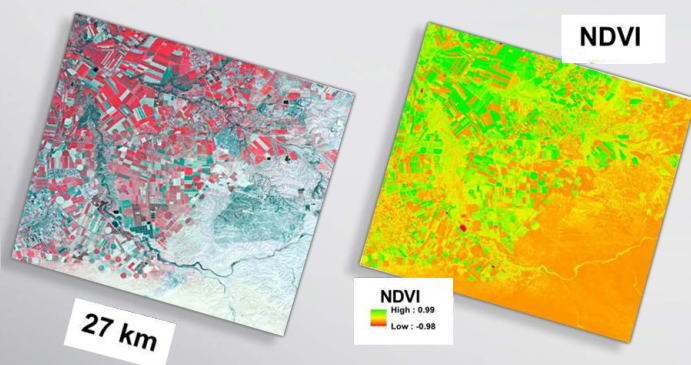
התמונות מהלוויין

ונוס ישדר 5 פעמים ביום תמונות לתחנת הקליטה בשבדיה, משם יועברו התמונות לתחנה בצרפת לצורך עיבודם ופענוחם, ובהמשך יופצו לחוקרים בכל העולם.

הלוויין יצלם 110 אתרים קבועים ברחבי העולם שנבחרו מראש, כל אתר הוא תא שטח של 730 קמ"ר. האתרים פזורים באירופה, אמריקה, אפריקה ובישראל והם נבחרו מבין מאות בקשות מרחבי העולם שהוגשו לסוכנות החלל הצרפתית. בהמשך מתוכננת הוספה של כ-50 אתרים נוספים. המחקרים בעולם כוללים מגוון רחב של נושאים חקלאיים, שינויי אקלים, סביבתיים, אקולוגיים. למשל במדינת מישגן בארה"ב יתקיים מחקר גדול שבוחן את הקשר שבין אזורי חקלאיים ומיוערים באזור לרמות הפחמן ובכך השפעה על גזי החממה. אתרי מחקר גדולים קיימים גם בסנגל, בטנזניה, ובקירגיסטן.

התמונות של ישראל שיצלם הלוויין יגיעו למרכז המחקר בקמפוס שדה בוקר של אוניברסיטת בן גוריון בנגב המהווה זרוע תפעולית של משרד המדע והטכנולוגיה. במרכז יעברו התמונות תהליך של עיבוד ותיקון תוך שילוב של נתונים טופוגרפיים ואטמוספריים ייחודיים לישראל. שלושה פסי צילום יכסו את מרבית שיטחה של ישראל כולל הגליל, מישור החוף (כולל רצועת הים הקרובה) והנגב. האזורים נבחרו כדי לתת מענה למרבית האזורים חקלאיים של מדינת ישראל. בשטח המצולם יכללו מרבית הפארקים הלאומיים ושמורות הטבע, מרבית היערות הטבעיים והנטועים וכן תחנות אקולוגיות של מחקרים ארוכי טווח. התמונות שונות של עיבוד יופצו לצרכי מחקר ויועמדו לטובת חוקרים באוניברסיטאות ולרשויות כגון רשות המים ורשות הטבע והגנים ומכוני מחקר ממשלתיים.

התמונות יישמרו בארכיב לאומי כנקודות ייחוס לתצפיות ארוכות טווח וכדי לעקוב אחר מגמות שינויי בשימושי ובכיסויי הקרקע כתוצאה מהתפתחות דמוגרפית, פוליטית, או שינויי האקלים. התכנון הוא כי בעתיד יהיו התמונות של כל הארכיון פתוחות לציבור.



באדום צמחייה בריאה ובצד התחתון האזור המדברי חסר הצמחייה. הצבעים מאפשרים לכמת את מצב הצמחייה.





פס צפוני

פס מערבי

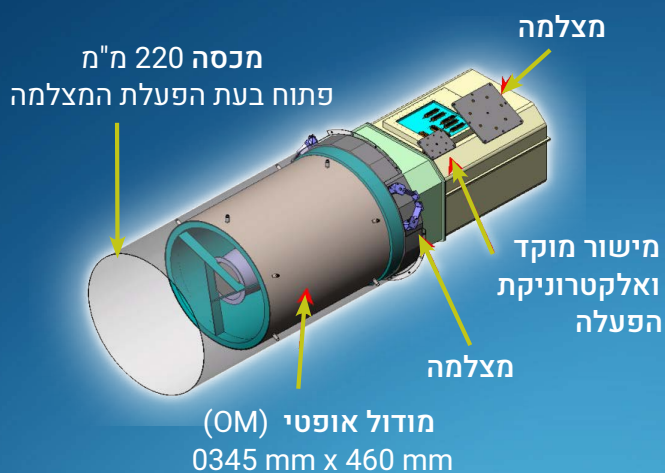
פס דרומי



פסי הלווין ונוס מעל ישראל

בישראל, יצלם ונוס באותה החליפה שלושה פסי צילום ארוכים בגליל, מישור החוף כולל רצועת הים הקרובה, והנגב. אלה יכללו את מרבית הפארקים הלאומיים ושמורות הטבע, מרבית היערות הטבעיים והנטועים וכן תחנות אקולוגיות של מחקרים ארוכי טווח. התמונות ברמות שונות של עיבוד יופצו לצרכי מחקר ויועמדו לטובת חוקרים באוניברסיטאות ולרשויות כגון רשות המים ורשות הטבע והגנים, ומכוני מחקר ממשלתיים.





ונוס מצויד במצלמה מולטי-ספקטרלית המצלמת ב-12 אורכי גל וברזולוציה גבוהה. כל תמונה מכסה תא שטח של 730 קמ"ר בו זמנית בכל הערוצים, והתמונה המתקבלת מאפשרת אבחנה במגוון רב של פרטים ומספקת מידע נרחב. בזכות המסלול של ונוס, כל תא שטח יצולם באותה השעה, באותה זווית צילום, ובמרווחי זמן קבועים, כך שניתן יהיה להבחין בשינויים לאורך זמן.

12 אורכי גל

760 קמ"ר

ונוס הוא הלוויין היחיד בעולם שיצלם לאורך זמן את אותם מקומות באותה איכות ובתדירות קבועה.





תקשורת ושליטה

תקשורת עם הלוויין

הלוויין מתקשר עם תחנת הקרקע 5 פעמים ביום כאשר הוא עובר בסמוך לקוטב הצפוני. התמונות נשמרות בזיכרון של הלוויין בנפח 30 ג'יגהבייט (פחות מדיסק און קי ממוצע). הטכנולוגיות של הזיכרונות צפויות להפרעות שונות בחלל, ובזמן התכנון של הלוויין אלו היו הנפחים המקובלים.

כל מעבר מעל הקוטב הצפוני נמשך כ-10 דקות, בזמן זה הלוויין משדר במהירות של 300 מגהבייט לשניה. לשם השוואה, חיבורי אינטרנט מהירים בארץ יכולים להגיע ל-100 מגהבייט בשניה בלבד. את השידורים מבצע הלוויין באמצעות צמד משדרים שפועלים בתדר X של 8 ג'יגהרץ, תדר שבנוי להעברת נתונים בקצב גבוה, באלומה מאוד צרה. בנוסף ישתמש הלוויין בתדר S לצורך בקרה ותפעול, ובתדר L לצורך העברת מידע מיקום.

תחנות שליטה ותפעול

● **תחנת בקרה תעשייה אווירית**
תחנת התפעול הראשית של הלוויין.

● **תחנת בקרת מנוע, רפאל**
תחנת הבקרה למנוע של הלוויין.

● **תחנת עיבוד התמונות בקמפוס שדה בוקר של אוניברסיטת בן-גוריון**
תעבד את התמונות המגיעות מהלוויין.

● **תחנת הקליטה קירונה, שבדיה**
תחנת קליטה לתמונות. העיירה קירונה היא היישוב הצפוני ביותר בשבדיה, וממוקמת בלפלנד. בעיירה פועלים מספר גופי חלל בשל הקירבה לקוטב הצפוני. הלוויין עובר מעל הקוטב 5 פעמים בכל הקפה, כך שיש לו מספיק זמן לשדר את התמונות לתחנת הקרקע.

● **תחנת עיבוד תמונות וניהול המשימה המדעית, צרפת**
תחנת הקליטה מעבדת את התמונות שהתקבלו, ומנהלת את המשימות המדעיות של הלוויין.





24/7

תפעול שוטף

הלוויין מקבל את פקודות התפעול שלו מתחנת הבקרה בתעשייה אווירית שפועלת 24x7. בכל מעבר מעל ישראל הלוויין מקבל עדכון משימות, ומשדר נתוני בקרה ותפעול. את ההנחיות למשימות המדעיות מקבלת התחנה בישראל מצרפת ומעבירה ללוויין.

כל מעבר מעל הקוטב הצפוני נמשך כ-10 דקות,
בזמן זה הלוויין משדר לתחנת הקרקע במהירות של 300 מגהביט לשנייה.





המשימה הטכנולוגית

נוסף למשימה המדעית, המשימה הטכנולוגית של ונוס היא הוכחת היתכנות של מערכת הנעה חשמלית מבוססת פלזמה שפותחה על ידי רפאל, כולה תוצרת כחול לבן.

שימוש במערכת הנעה חשמלית חוסך בדלק, לטובת הארכת משך המשימה וחסכון במשקל הלוויין, כך שניתן להגדיל את משקל הציוד לצורכי מחקר. המנוע של ונוס הוא המנוע החשמלי הראשון שמפותח על ידי ישראל - תקדים משמעותי. ההנעה החשמלית תופסת חשיבות גדולה בעולם הלוויינות, ורוב משימות החלל העתידיות ישתמשו בהנעה חשמלית.

מערכת ההנעה של ונוס כוללת שני מנועים חשמליים ומערכת גיבוי, המכילה שמונה מנועים כימיים. המנוע החשמלי מבוסס על שימוש בשימוש בגז קסנון, שבאמצעות שדה מגנטי, גורם לגז להפוך לפלזמה ולהיפלט במהירות מהלוויין, כך שנוצר כוח דחף לתנועה.

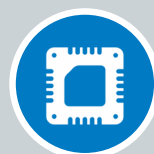
מערכת הנעה חשמלית יעילה פי חמישה בהשוואה למנוע כימי רגיל. במקרה של ונוס, אם למנוע הכימי נדרש קילו דלק מסוג הידרזין (דלק חלל) כדי לבצע תמרון מסוים, הרי שאת אותו התמרון יוכל לייצר המנוע החשמלי באמצעות כ-200 גרם גז קסנון בלבד. המשמעות היא שניתן להגדיל את משקל הציוד של הלוויין, להאריך את חייו, או לחסוך בעלות השיגור.

ונוס מצויד במנוע אחד בכל צד של הלוויין.

החשמל המניע את המנועים מופק בצורה דינמית על ידי הפאנלים הסולריים, אבל הפאנלים הללו מפיקים חשמל אך ורק כשהם מכוונים לשמש. כחצי מההקפה השמש תהיה מצד אחד של הלוויין, ובחצי השני של ההקפה - מהצד הנגדי. לכן על מנת להפיק חשמל מאור השמש כל הזמן, בכל אמצע הקפה על הלוויין להפוך את כיוונו. כך שבכל הקפה הלוויין ינצל באופן מקסימלי את האנרגיה מהשמש, על ידי סיבוב כיוון הלוויין לקליטת אור השמש ושימוש יעיל בכל אחד מהמנועים.

לוויינים מסוגלים להסתובב סביב כדור הארץ במסלול אך לרוב זהו מסלול לא מדויק בשל שלל הפרעות כגון כוח המשיכה הלא אחיד של כדור הארץ, רוח השמש והגרר שנוצר מהחיכוך עם האטמוספירה, שחלקיקיה מגיעים עד לגובה של מאות קילומטרים מעל הקרקע. בשל כל אלה חלות סטיות קלות מהמסלול שצריך לתקן באמצעות מנוע.

ונוס מתחיל את מסעו בגובה 720 ק"מ ולאחר שנתיים וחצי יחל לרדת לגובה של 410 ק"מ במשך כחצי שנה נוספת. בגובה הנמוך כזה, הגרר כתוצאה מהחיכוך עם האטמוספירה הוא כה משמעותי, כך שללא תיקוני מנוע הלוויין ייפול לתוך האטמוספירה ויישרף.



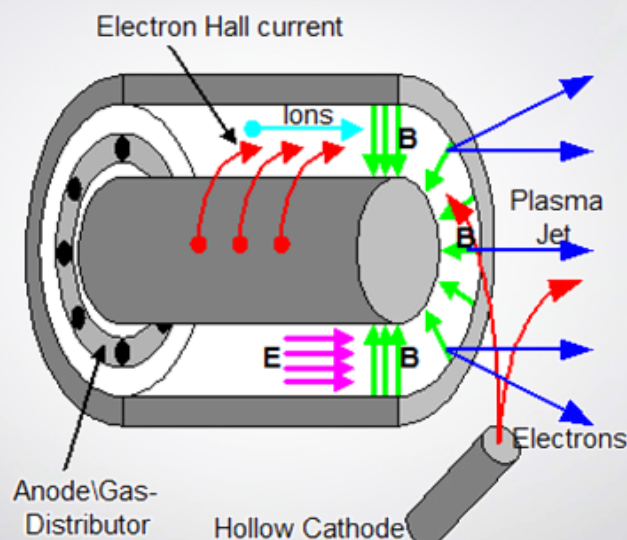


המנוע חיוני גם למשימתו המדעית של ונוס.

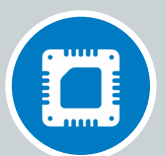
הלוויין עוקב אחר הצמחייה בכדור הארץ באמצעות 29 הקפות תוך 48 שעות. כלומר בכל הקפה מספר 30, על הלוויין לעבור בדיוק באותו הנתיב של ההקפה הראשונה. כדי שההשוואה בין הצילומים תהיה מדויקת, על הלוויין לשמור גם על זווית צילום קבועה מול כדור הארץ וגם על זווית קבועה של השמש לאזורים המצולמים. מנוע שמסוגל לתקן את הנתיב בצורה מדויקת הוא קריטי על מנת לשמור על הדיוק במיקום ובצילומים.

במסגרת המשימה הטכנולוגית פותחו אלגוריתמים לתנועה ובקרת מסלול אוטונומיים. כך יוכל ונוס לתקן את מסלולו מתי שנדרש ובאופן עצמאי. זאת בניגוד לבקרת המסלול המסורתית שבה צוות הקרקע מקבל נתונים מהלוויין לגבי מיקומו, ועל הצוות לחשב ולהטעין את התיקונים הנדרשים באופן יזום. הוכחת התכנות של תכנון, פיתוח וייצור של מנוע כזה בישראל, לרבות בקרת התנועה העצמאית היא הישג לאומי ששם את המדינה בחזית טכנולוגיית הלוויינים כיום.

המהנדסים של רפאל יעקבו אחר המשימה הטכנולוגית ופעולת המנועים של הלוויין ממרכז הבקרה הטכנולוגי במפרץ חיפה. במרכז יתבצע תכנון המסלולים של הלוויין ופענוח הנתונים של המסלול והמנועים שמגיעים מהלוויין. את המידע והוראות התמרון ישתפו עם מרכז הבקרה הראשי של הלוויין בתעשייה אווירית, שתעביר בהתאם לכך פקודות תנועה ללוויין.



ונוס כולל מערכת בקרת תנועה עצמאית ומסוגל לבצע תיקוני מסלול בחלל ללא צורך בפקודות מהקרקע.





תג המשימה

תג המשימה נבחר מבין עשרות הצעות בתחרות שקיימה סוכנות החלל הישראלית. בין שופטי התחרות היו נציגי שתי סוכנויות החלל, אנשי מקצוע בתחום החלל וגרפיקאים.

התג הזוכה, של נעמה גלאובר, סטודנטית למדעי המחשב מהאוניברסיטה העברית, עוצב ברוח המשימה של ונוס: השדה הצבעוני בחזית מחולק ל-12 חלקים כמספר ערוצי הצבע בלוויין; הצבעים הם "צבעי אדמה", המתארים מצבים שונים בחקלאות, מבין מטרות המשימה של הלוויין; ברקע ניתן לראות את המון בלאן, כרקע לשטחי האדמה המסמל את שותפות צרפת; ישראל מיוצגת דרך הקשר החקלאי-חלוצי של המדינה - תפוזים וטרקטור; המספר 2017 מופיע כחלק מאלומת הסריקה ובכך מבטא קדמה, טכנולוגיה וחדשנות; בחלל ניתן לראות את נוגה (ונוס) שהוא הזוהר ביותר, אחריו מאדים (האדמדם) ולמעלה שבתאי; הלוגו של ונוס מולבש כחלק מעיצוב של אנטנה קרקעית.





המשגר והשיגור

ונוס ישוגר על גבי משגר VEGA שמועד לשאת משקלים קלים לחלל ממרכז החלל האירופי שנמצא בגיאנה הצרפתית.

המשגר, מתוצרת ArianeSpace, הוא פיתוח משותף של סוכנות החלל הצרפתית עם סוכנות החלל האיטלקית. ונוס ישוגר בשיגור שנחשב למורכב יחסית: על אותו משגר נמצא לוויין איטלקי שיוצר גם הוא בתעשייה האווירית לישראל, שישוגר לפני ונוס. השיגור ייעשה לכיוון הקוטב, כאשר הוא מבצע הקפה אחת של כדור הארץ, משחרר את הלוויין האיטלקי למסלול שלו, לאחר מכן תיקון מסלול והקפה נוספת, משגר את ונוס, ולאחר מכן עוד חצי הקפה כדי להפיל את עצמו לאוקיינוס.

משך השיגור כולו מרגע סיום הספירה ועד שונוס יגיע למסלולו בחלל יארך שעה, 37 דקות ו-18 שניות. לאחר שחרור הלוויין יחלפו עוד ארבע שעות עד שהלוויין יחלוף מעל ישראל בפעם הראשונה. 5 וחצי שעות לאחר השיגור, יהיה ניתן לדעת כי השיגור עבר בהצלחה והלוויין פועל בצורה תקינה. בארבע השעות הראשונות של הלוויין בחלל הוא יפרוס את הפאנלים הסולאריים שלו וייחל לקבל אנרגיה מהשמש, יבצע תיקוני מסלול וכיול עצמי ויפעיל את כל מערכות הבקרה והתקשורת לקראת תחילת הפעילות.



משקל המשגר הכולל הוא 137 טון בעת השיגור, גובהו 30 מטרים, כגובה בניין בן 10 קומות, ובהיקף מקסימלי של 3 מטרים.





היכולות של VEGA

משגר VEGA מציג היסטוריית שיגורים לא פחות ממושלמת! זאת תהיה משימתו העשירית של המשגר, כאשר עד כה כל משימות השיגור התבצעו בהצלחה.

המשגר מסוגל לשגר לחלל לוויין בודד, או מספר לוויינים כל אחד למסלול שונה. המטען של הלוויין מסוגל לשאת לוויין במשקל של עד 1,000 ק"ג כמטען הראשי, ועוד לוויין או לוויינים נוספים במשקל כולל של עד 600 ק"ג במטען המשני. מערכת שיגור משוכללת ומדויקת דואגת לכך שכל לוויין נפלט מהמשגר בתזמון המתאים למסלולו.

רכיבי המשגר

ל-VEGA משגר המורכב משלושה רכיבים עם דלק מוצק לשלבי השיגור, ורכיב עליון עם דלק נוזלי המיועד לניווט בחלל ולשחרור הלוויינים.

משקל המשגר הכולל הוא **137 טון** בעת השיגור, גובהו **30 מטרים**, כגובה בניין **10 קומות**, ובהיקף מקסימלי של **3 מטרים**.



ServiceOptiqueCSG

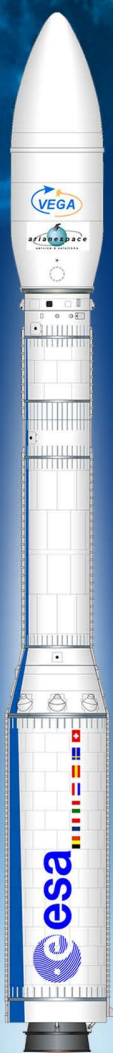




שלבי השיגור

בסביבות 10:30 בבוקר שעון ישראל, צפויה להתקבל תשדורת ראשונה מהלוויין.

- הלוויין יפעיל את רכיב התקשורת וישדר נתונים למרכז הבקרה בתעשייה האווירית בישראל.
- בתחנת הבקרה ימתין צוות סוכנות החלל הישראלית וצוות הבקרה שכולל עשרה מהנדסים מומחים, כל אחד עם אחריות לגבי מערכת נפרדת בלוויין.
- הצוות יבדוק את הנתונים שמתקבלים וישווה אותם לתוכניות על מנת לוודא שכל המערכות פועלות כשורה. במידת הצורך יבוצעו תיקונים והתאמות, כגון תיקון מסלול.
- לאחר הבדיקות יחלו בכיולים של מערכות הבקרה והצילום ולאחר כשבוע יהיה ניתן לקבל תמונות ראשונות מהלוויין.



09:10 התחלת ספירה לאחור לשיגור המשגר על כן השיגור

06:00 התחלת הפעלה של מערכות המשגר

01:15 הפעלת משדר טלמטריה

00:50 מערכות המשגר מוכנות

00:10 וידוא נוסף של מזג האוויר

00:04 התחלת סנכרון הספירה לשיגור

00:00 שיגור

00:01:58 הפרדה של השלב הראשון של המשגר

00:03:40 הפרדה של השלב השני של המשגר

00:06:42 הפרדה של השלב השלישי של המשגר

00:42:49 הפרדה של הלוויין האיטלקי

01:37:18 הפרדה של ונוס



משך השיגור כולו מרגע סיום הספירה ועד שונוס יגיע למסלולו בחלל יארך שעה, 37 דקות ו-18 שניות





VENUS



תיק עיתונות לוויין ונוס | אוגוסט 2017

כתיבה, עריכה והפקה: ליבי עוז ורועי שלומי - דוברות משרד המדע; בר חיון - חינוך וקהילה, סל"ה
ייעוץ מדעי: אבי בלסברגר, פרופ' ארנון קרניאלי, אהוד חיון, יעקב הרשקוביץ, אביה כפרי
קונספט ועיצוב: סטודיו שינדלר