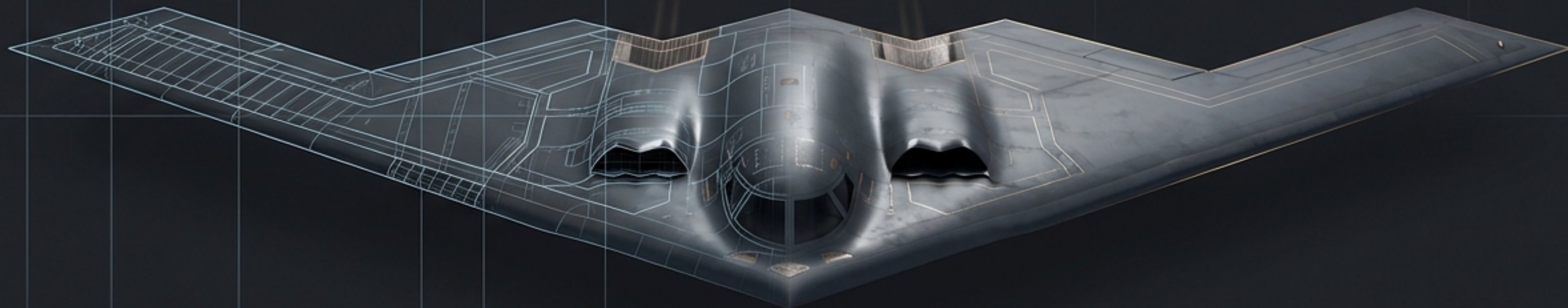


אנטומיה של חמקן Northrop B-2 Spirit:

ניתוח טכני והנדסי של הפלטפורמה האסטרטגית המורכבת בעולם.



מפרט טכני וקנה מידה



הנעה

4 מנועי טורבו-מניפה
General Electric F118-GE-100



ממדים

מוטת כנפיים: 52.4 מ' | אורך: 21 מ'



משקל המראה מרבי

152,634 ק"ג (336,500 ליברות)



טווח טיסה

9,600 ק"מ (ללא תדלוק אווירי)



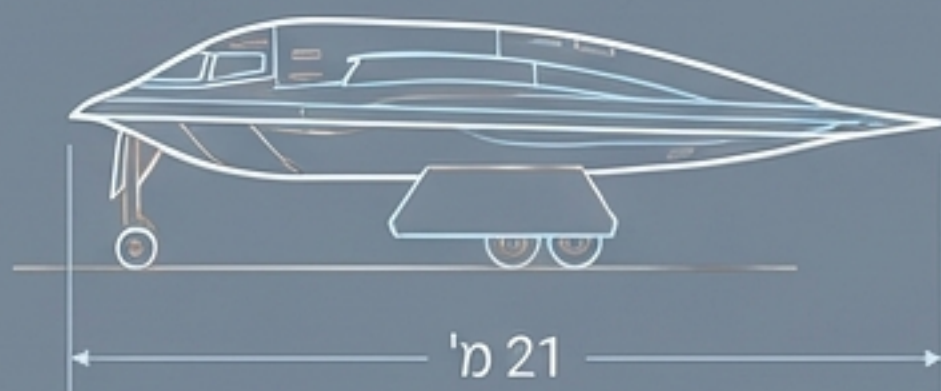
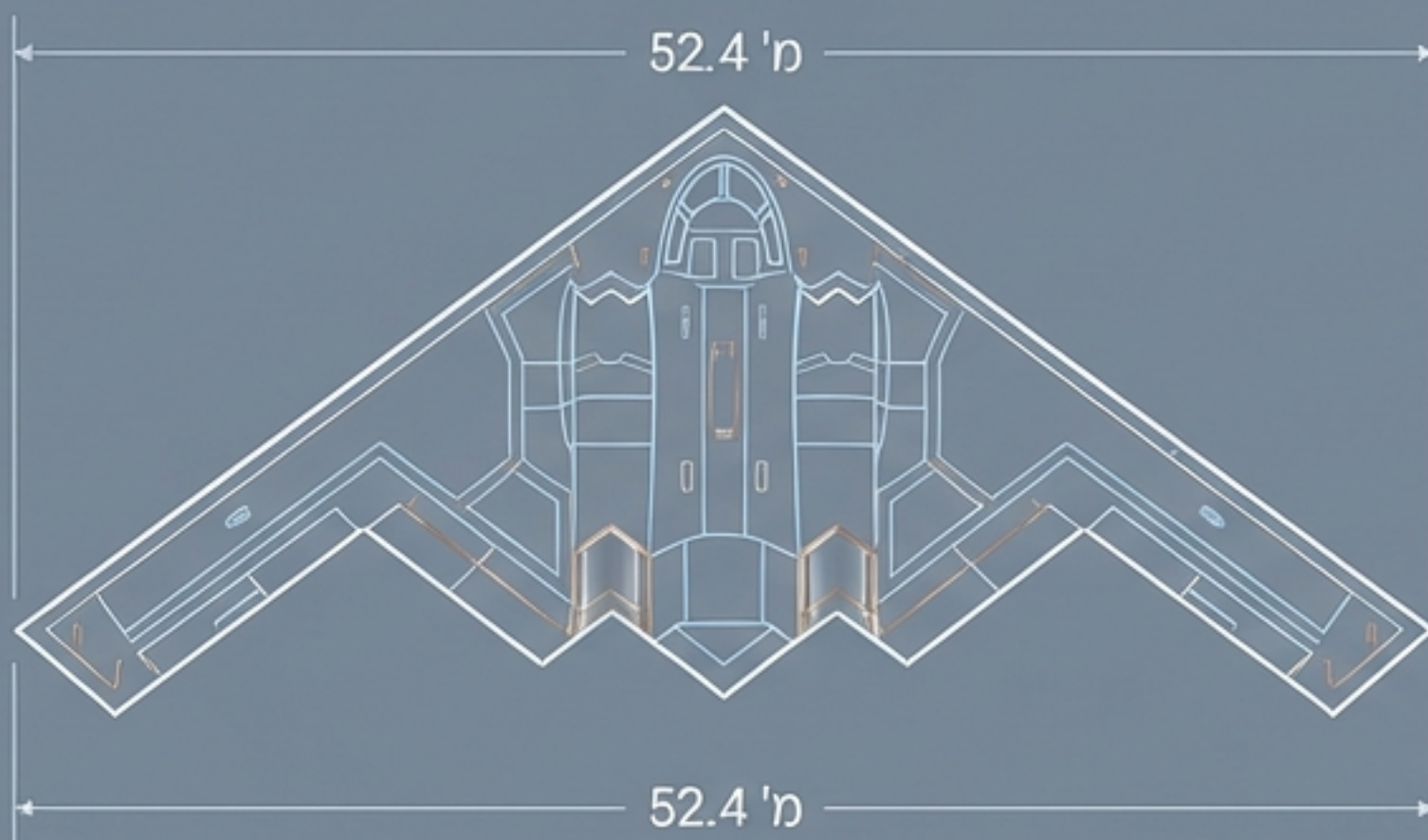
מהירות מרבית

תת-קולית גבוהה (High subsonic)

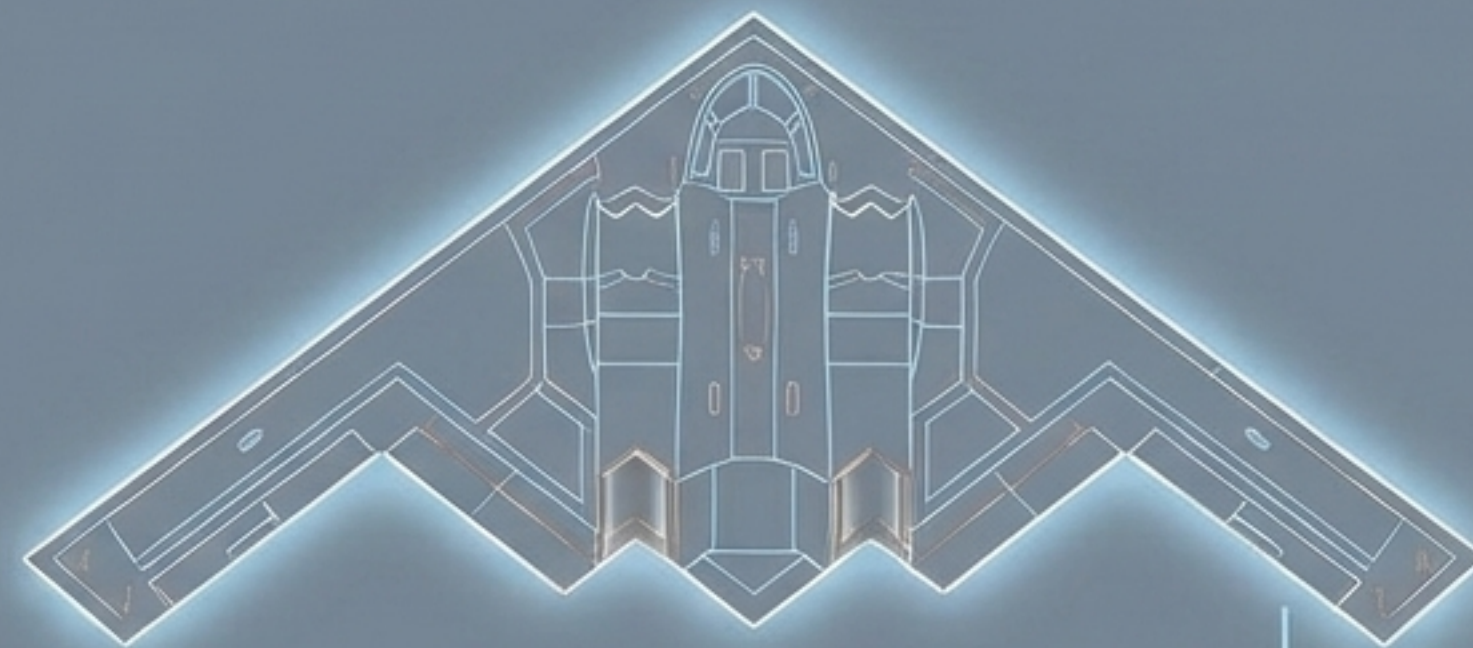


צוות

2 טייסים בלבד



תצורת כנף מעופפת כבסיס לחמקנות



המחיר ההנדסי

חוסר יציבות אווירודינמית מובנה.
המטוס אינו יכול לטוס ללא מערכת
מחשבים המתקנת את מסלולו
עשרות פעמים בשנייה.

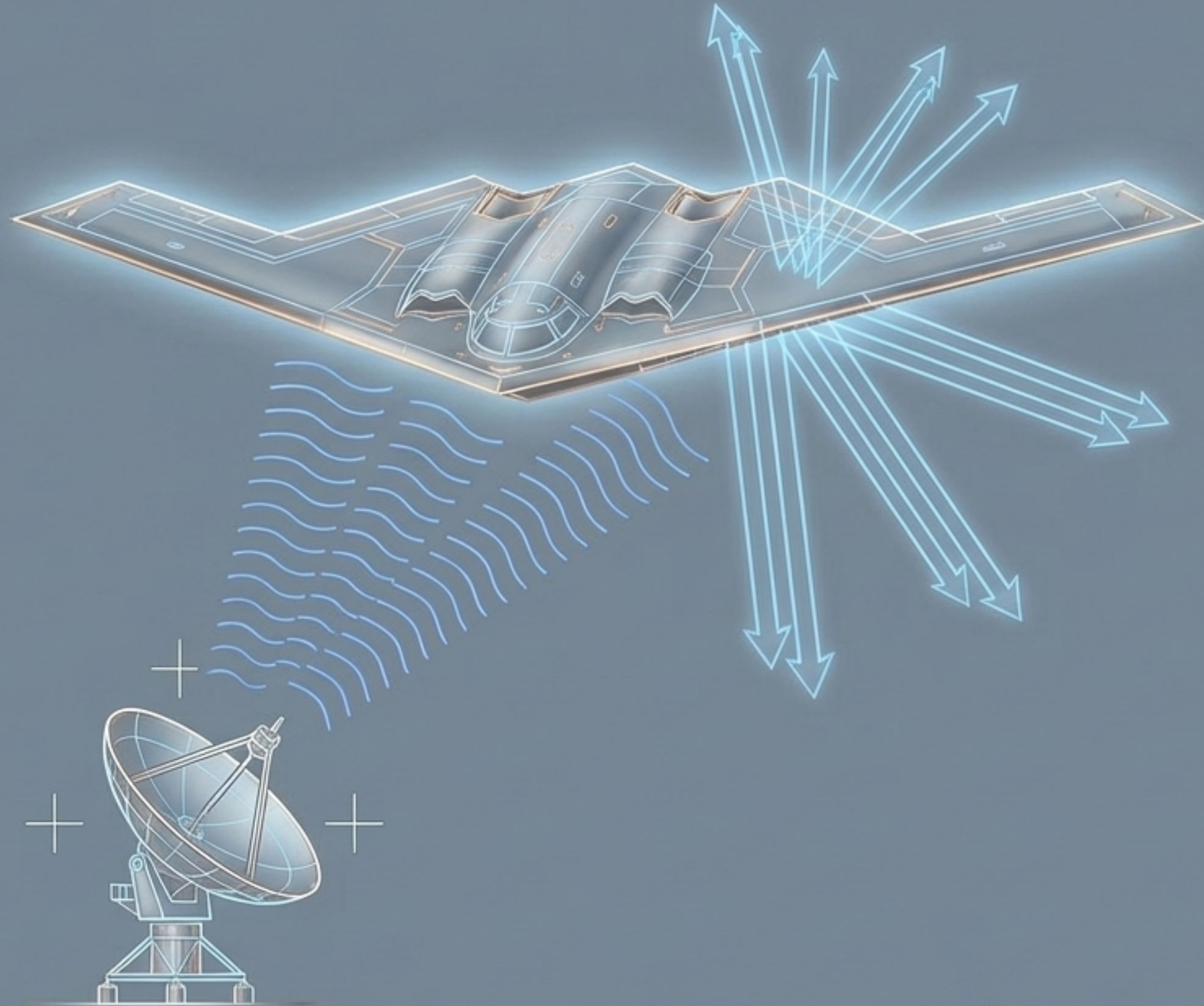
יעילות עילוי מקסימלית

התצורה כולה מתפקדת כמשטח
עילוי (Lifting body), מה
שמאפשר נשיאת משקל עצום
למרחקים בינעיבשתיים.

העלמת משטחים אנכיים

משטחי זנב מחזירים קרינת מכ"ם
בצורה בולטת. הסרתם היא תנאי
יסוד לחמקנות מוחלטת.

הפיזיקה של ההיעלמות - ניתוב אלקטרומגנטי

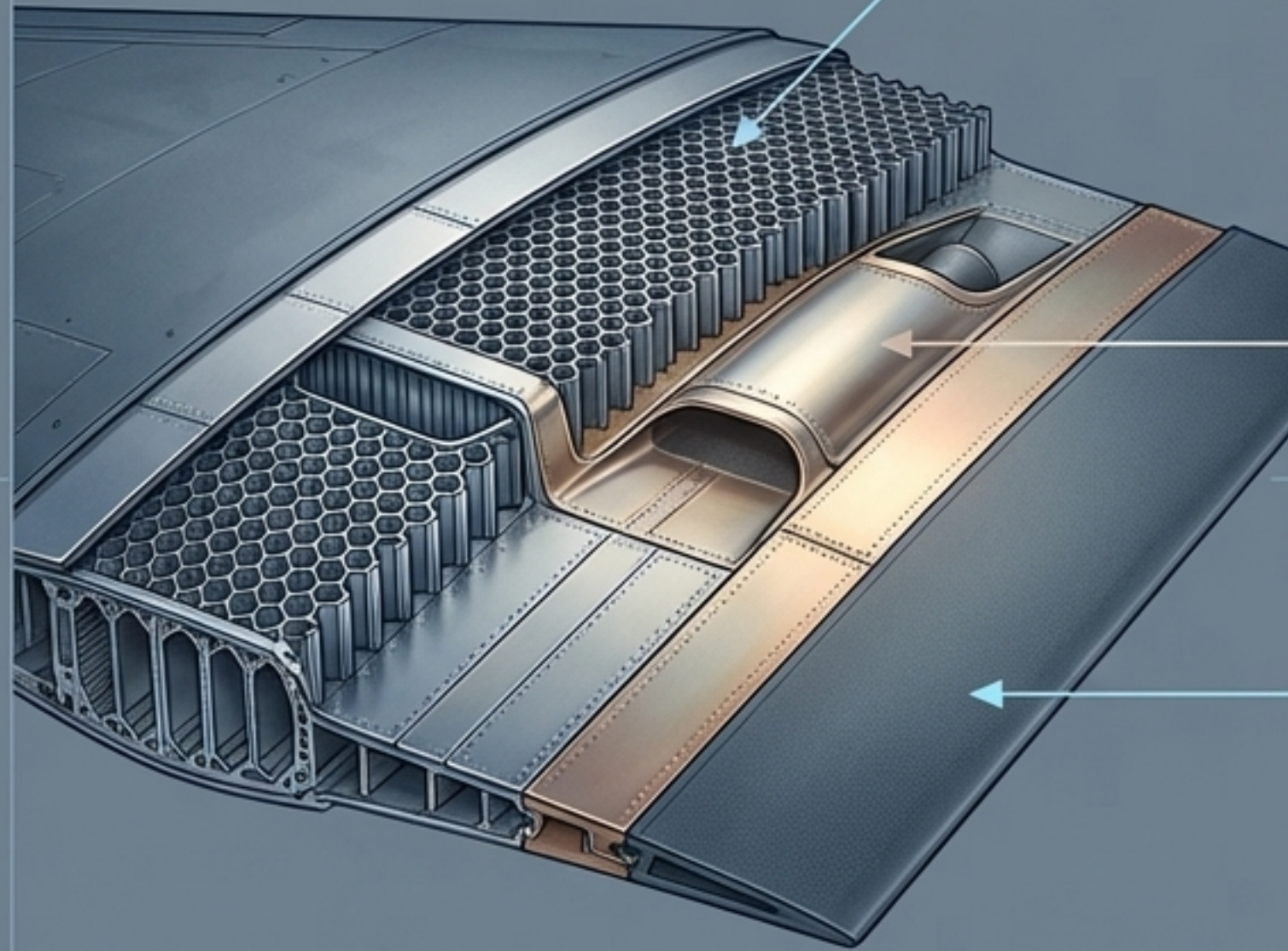


שליטה בפיזור במקום שקיפות
מכ"ם פועל כפנס הממתין להחזר אור.
הגיאומטריה מונעת מהקרינה לחזור
לקולטן.

שטח חתך מכ"ם (RCS)
היעדר פינות של 90 מעלות ('מלכודות
פינה'). הקרינה מוחזרת בזוויות
מחושבות הרחק מאנטנת הקליטה.

הבסיס המתמטי
יישום משוואות מקסוול ומשוואות
הפיזור של אופימצב. התוצאה: מפצץ
במשקל 152 טון מציג חתימת מכ"ם
של ציפור קטנה.

הנדסת חומרים - מרוכבים ובולעי קרינה (RAM)



שלד פנימי: Carbon-Graphite

חומרים מרוכבים מבוססי סיבי פחמן. מקנים חוזק מבני של פלדה במשקל נמוך, ובעלי תכונות בליעה ראשוניות של אנרגיית רדיו.

ליבה חמה: Titanium Composites

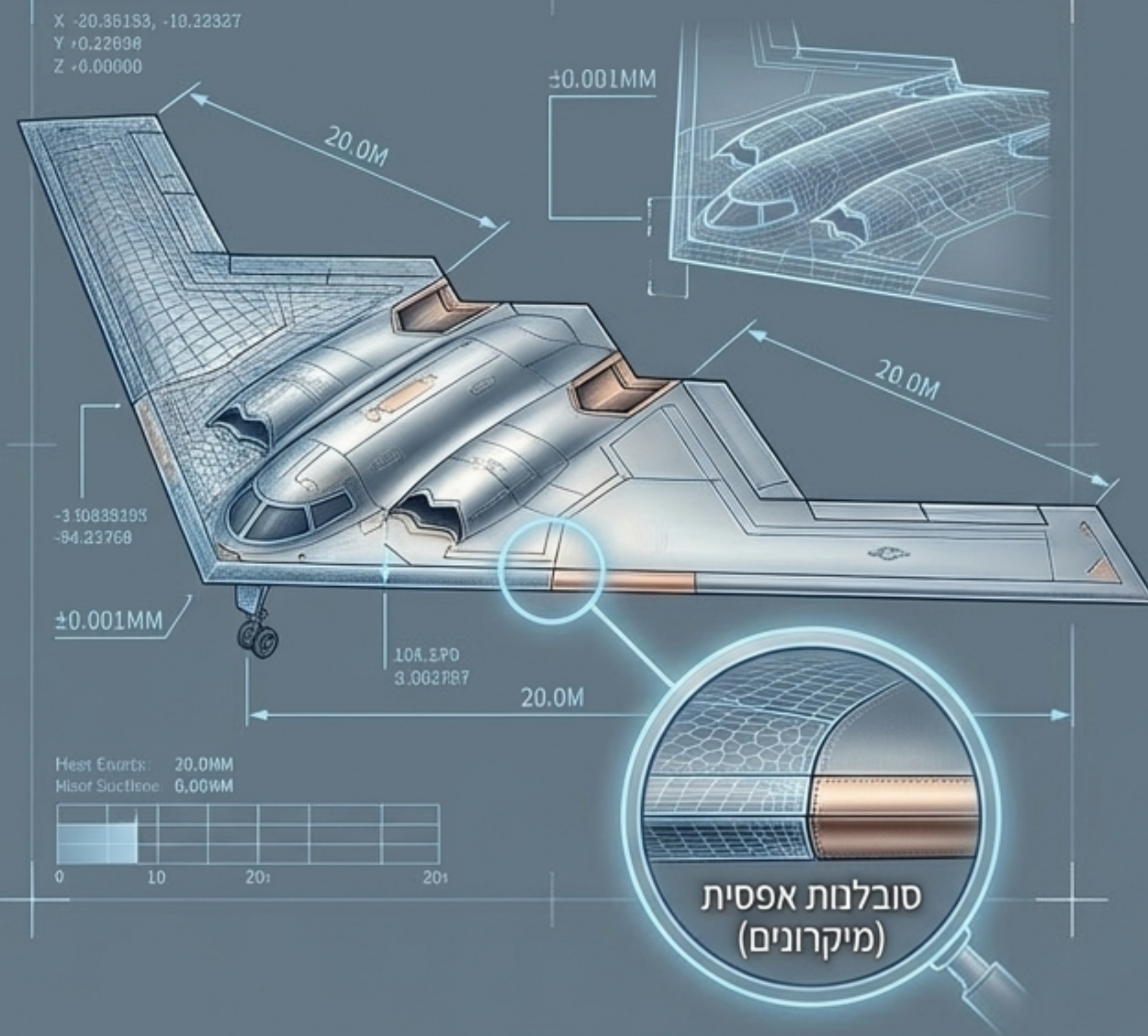
שילוב סגסוגות טיטניום סביב תאי המנוע והקורה המרכזית לעמידות בחום קיצוני, ללא פגיעה בפרופיל האלקטרומגנטי.

מעטפת חיצונית: ציפוי RAM

חומרים בולעי קרינה המכילים צבע כדורי ברזל. תפקידם להמיר את אנרגיית הרדיו שאינה מוחזרת לחום.

תחזוקה אדוקה: נדרשות 120 שעות עבודה קרקעיות באנגרים מבוקרי אקלים על כל שעת טיסה.

מהפכת ייצור - מתכנון ממוחשב לפס הרכבה



האתגר המבני

כל שריטה, חריץ או סטייה של מילימטר בלוחות המעטפת ייצרו החזר מכ"ם ויחשפו את המטוס לגילוי.

חדשנות דיגיטלית

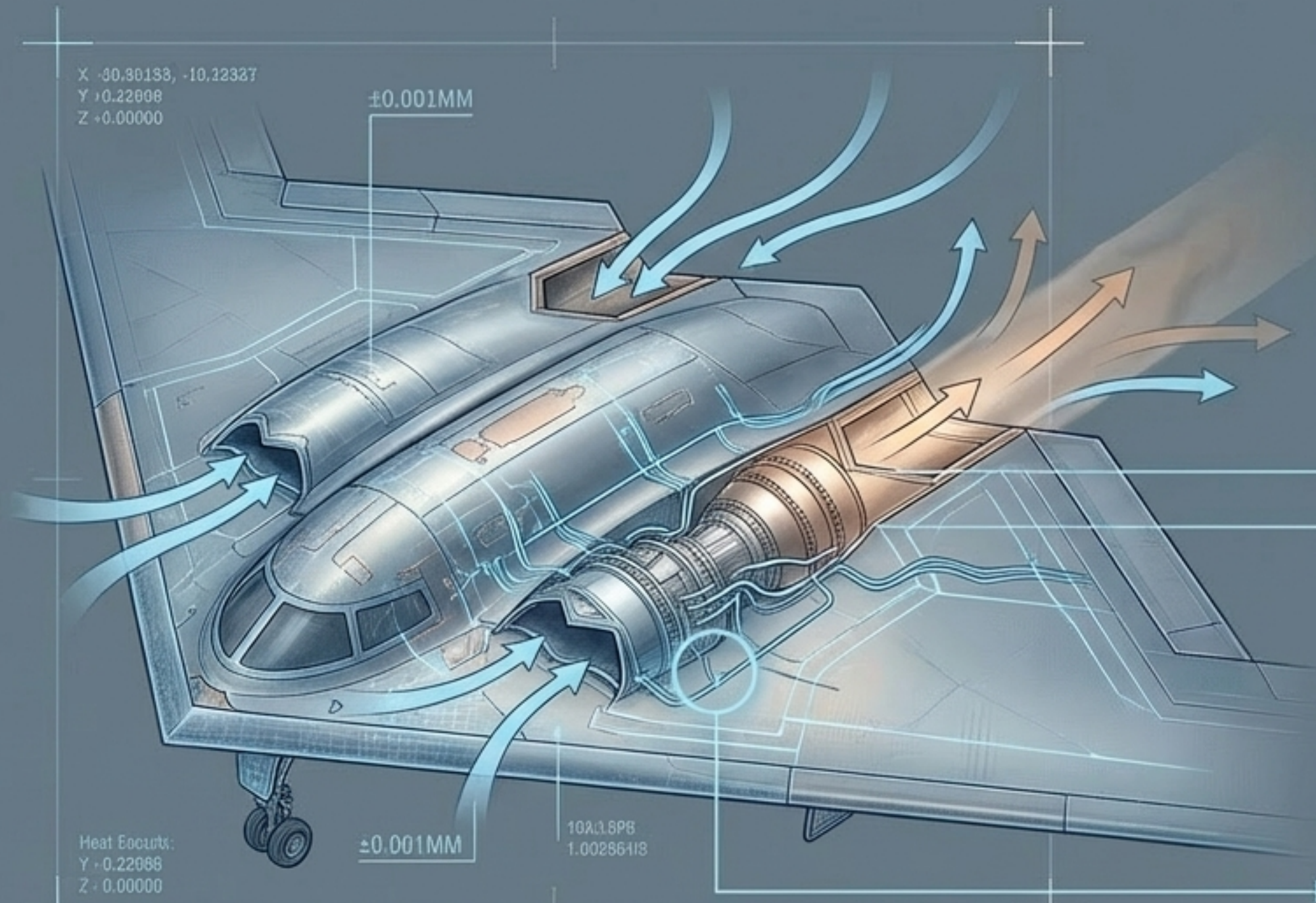
תוכנית ה-B-2 חוללה מהפכה תעשייתית: יישום ראשון מסוגו של העברה ישירה מתכנון תלת-ממדי (CAD) לייצור פיזי, ללא אבות-טיפוס מכניים מוקדמים.

קנה מידה קיצוני

הקמת תנורי אוטוקלב (Autoclave) עצומים ל"בישול" רכיבי הפחמן הגדולים בהיסטוריה, הכוללים מקטעי כנף באורך 20 מטרים.



הנעה והסתרת חתימה תרמית (IR)



מפרט המנועים

4 מנועי General Electric F118-GE-100
המייצרים דחף של 17,300 ליברות כל אחד.

חשאויות כמגבלה

ללא מבער אחורי (Afterburner).
המטרה: מניעת שובל חום זוהר
שיחשוף את המטוס לחיישני
אינפרא-אדום.

מערכת קירור פליטה

גזי הפליטה מעורבבים עם זרם אוויר קר בטרם
פליטתם אל מעל למשטח הכנף (הסוואה
מחיישנים קרקעיים), להפחתה דרמטית של
החתימה התרמית.

אוויוניקה ובקרת טוס-על-חוט (Fly-by-Wire)

הפרדוקס האווירודינמי

היעדר מייצב אנכי הופך את הפלטפורמה לבלתי יציבה
קיצונית. לא ניתן להטיסה ידנית באמצעות כבלים וגלגלות
כבמטוס קלאסי.

פסק דין דיגיטלי (Quad-redundant)

מערכת מרובעת יתירות קוראת נתוני חיישנים עשרות פעמים בשנייה ומבצעת תיקונים זעירים דרך הגאי כיוון שסועים (Split rudders) בקצוות הכנף ליצירת גרר כיווני.

עצמאות לצוות

שחרור הטייסים מעבודת ההטסה הפיזית לטובת ניהול המשימה. כולל מכ"ם AESA מתקדם לסריקת מטרות חשאית.

הגורם האנושי - סביבת עבודה אולטרה-ארוכה



צמצום הצוות

בזכות אוטומציית המערכות, המטוס דורש 2 טייסים בלבד (לעומת 5 במפציץ B-52 או 4 ב-B-1).

מגבלת סיבולת הקצה

המטוס מסוגל לשהות באוויר ברציפות כל עוד הוא מתודלק. הפיזיולוגיה האנושית היא המגבלה הקשיחה היחידה.

אדריכלות הישרדותית (Hot Racking)

חלל התא תוכנן לאפשר משימות של +40 שעות ברצף. מיטת שדה זעירה ועיורי מחיה מאפשרים לטייסים לישון בתורות בסביבה מבודדת.

מטעד פנימי - אילוץ החמקנות

ההכרח שבהסתרה

נשיאת חימוש או מיכלי דלק על מתלים
חיצוניים תרסק לחלוטין את הגיאומטריה
החלקה ואת חתימת המכ"ם.

קיבולת נשיאה מסיבית

מטעד מרבי של 40,000 ליברות (כ-18,144 ק"ג).
שמירה מוחלטת על פרופיל חמקני עד רגע
הפגיעה במטרה.

תאי פצצות אטומים

שני תאי חימוש ענקיים הנפתחים
לשבריר שנייה בלבד בזמן ההטלה,
למניעת חשיפה אלקטרומגנטית.

WEIGHT DISTRIBUTION

WEIGHT DISTRIBUTION

WEIGHT
8 x 105

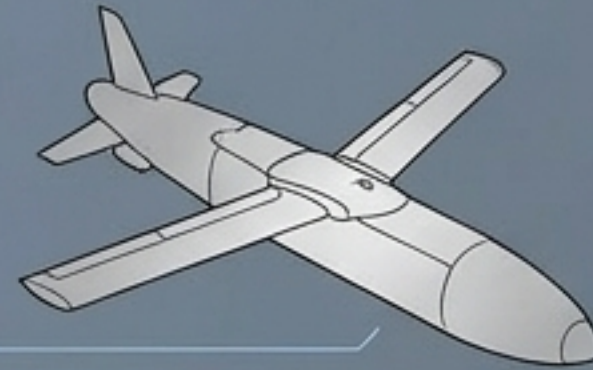
WEIGHT
8 x 805

WEIGHT
8 x 855

WEIGHT
8 x 855

WEIGHT
8 x 855

ארסנל קונבנציונלי ומדויק



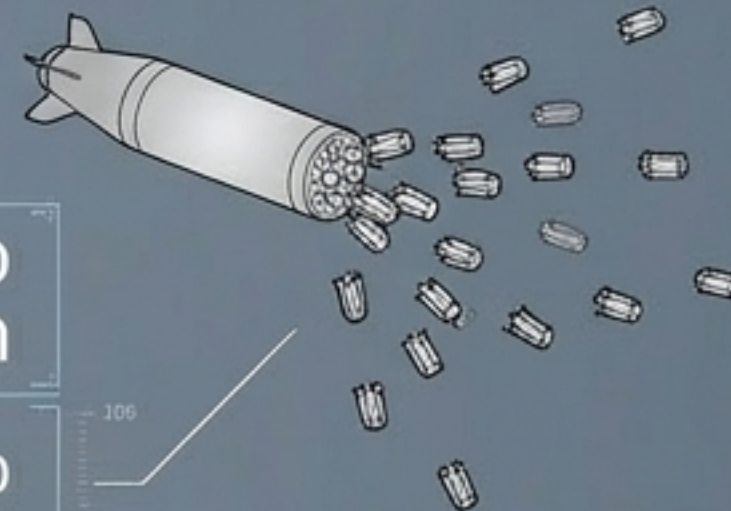
JSOW (AGM-154)

נשק גלישה לתקיפה מרחוק (Stand-off) מחוץ לטווח לטווח הגנה אווירית. טווח עד 70 מייל ימי.



JDAM (GBU-31/38)

ערכות הופכות 'פצצות טיפשות' לחכמות מונחות GPS. משקל: 500-2,000 ליברות.



פצצות מצרר ומערכות חכמות (CBU)

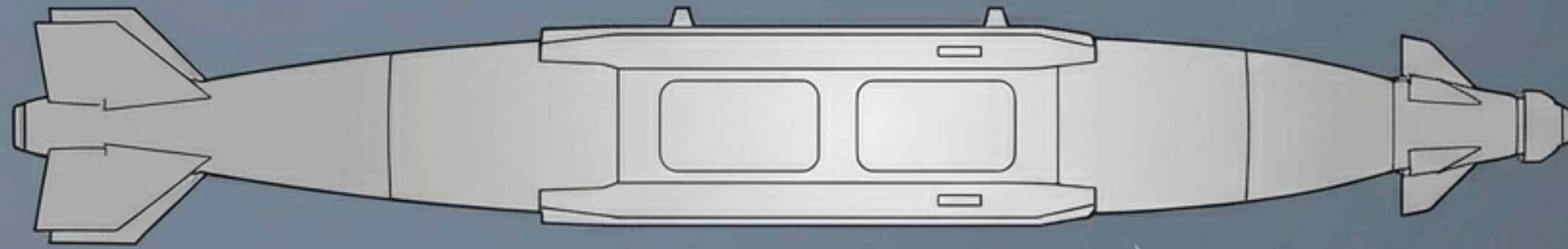
מערכות נשק אזוריות לשחרור חימוש חכם ואוטונומי מונחה חיישנים על פני שטח נרחב.



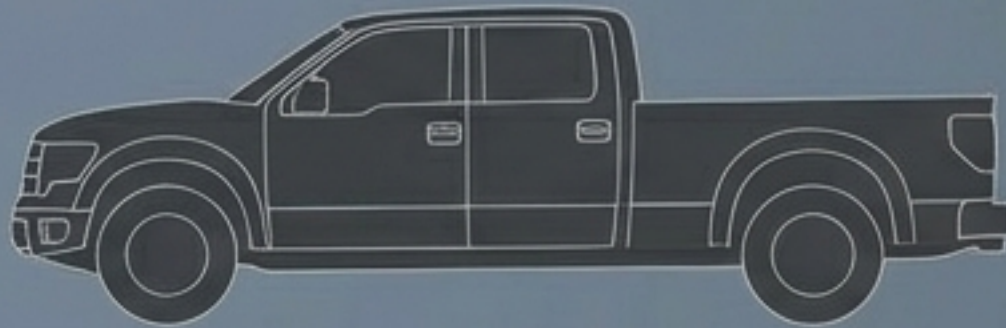
JASSM (AGM-158)

טילי שיוט חמקניים ארוכי טווח בעלי ראש חודר-שריון. טווח: 200 עד 500 מייל ימי.

יכולות חדירה אסטרטגיות וגרעיניות

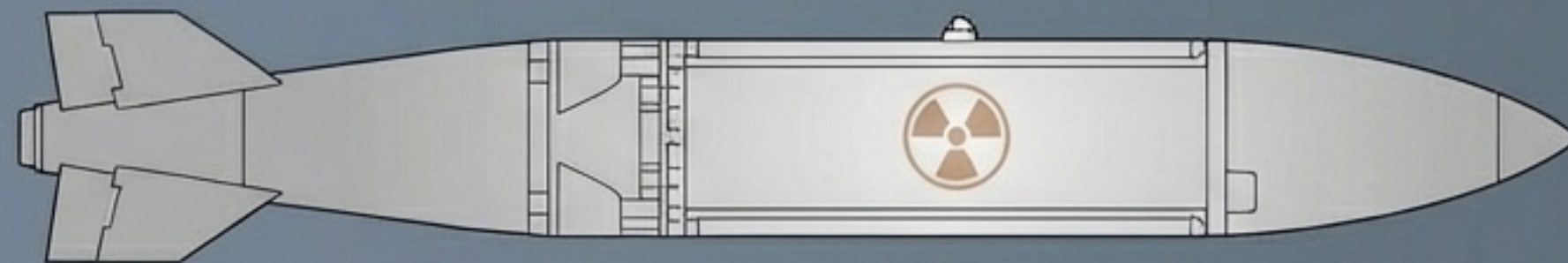


MOP (Massive Ordnance Penetrator - GBU-57)



הפצצה הקונבנציונלית הגדולה בארסנל.
משקל: 30,000 ליברות.

מיועדת לחדירת בונקרים קבורים (עד 60 מטר בטון/סלע).
ה-B-2 הוא המפציץ המבצעי היחיד שתוכנן ויכול לשאתה.



ארסנל גרעיני חודר (B83 / B61)

נשיאת עד 16 פצצות גרעין טקטיות/אסטרטגיות
(B83 במשקל 2,400 ליברות כל אחת).
הזרוע האווירית הגמישה של הטריאדה הגרעינית.

פרופיל משימה אולטרה-ארוכה - שיא מבצעי



משך משימה

44 שעות טיסה רצופות ממיזורי ועד לאוקיינוס ההודי. משימת ההפצה הארוכה בהיסטוריה.

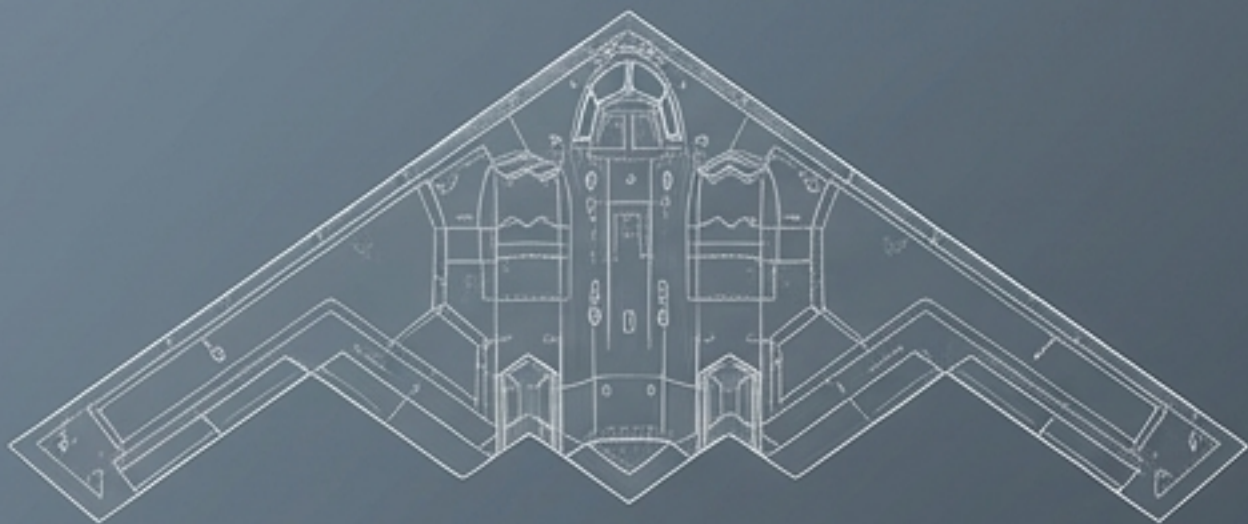
אמינות מכנית

6 מפציצים צברו 70 שעות טיסה רצופות בימים הראשונים ללא תקלת מנוע אחת.

משמעות הנדסית

הוכחה מבצעית: מגבלת הטווח של הפלטפורמה (בכפוף לתדלוק) היא אך ורק הפיזיולוגיה האנושית.

אבולוציה של פלטפורמה: B-2 מול B-21 Raider



1	שנת כניסה	1993	2027 (מתוכנן)
2	מוטת כנפיים	52 מטר	40 מטר
3	משקל ריק	71.6 טון	31.7 טון
4	פילוסופיית ייצור	21 יחידות בלבד (עלות ייצור קיצונית)	תכנון ל-100+ יחידות בייצור מודולרי זול
5	קונספט איוש	2 טייסים מחייבים	איוש אופציונלי (מאויש/כטב"ם)

יתרון אסטרטגי מתמשך: ה-B-2 נותר הפלטפורמה הכבדה יותר, עם הקיבולת הבלעדית לנשיאת פצצת ה-MOP חודרת הבונקרים.

סינתזה הנדסית: האיזון המושלם



ה-B-2 Spirit הוא הניצחון ההנדסי של שילוב צרכים סותרים – נשיאת מסה קריטית ליעדים מרוחקים, תוך ביטול מוחלט של הנוכחות הפיזיקלית והאלקטרומגנטית.