

רון בורסבום ומנוע  
ה־MX11 החדש



# מנועים קדימה

נסענו עד איינדהובן  
המושלגת כדי ללמוד על  
המנוע החדש של פאקאר  
ודאף שישמש את דגמי  
CF ו־XF בשנים הקרובות

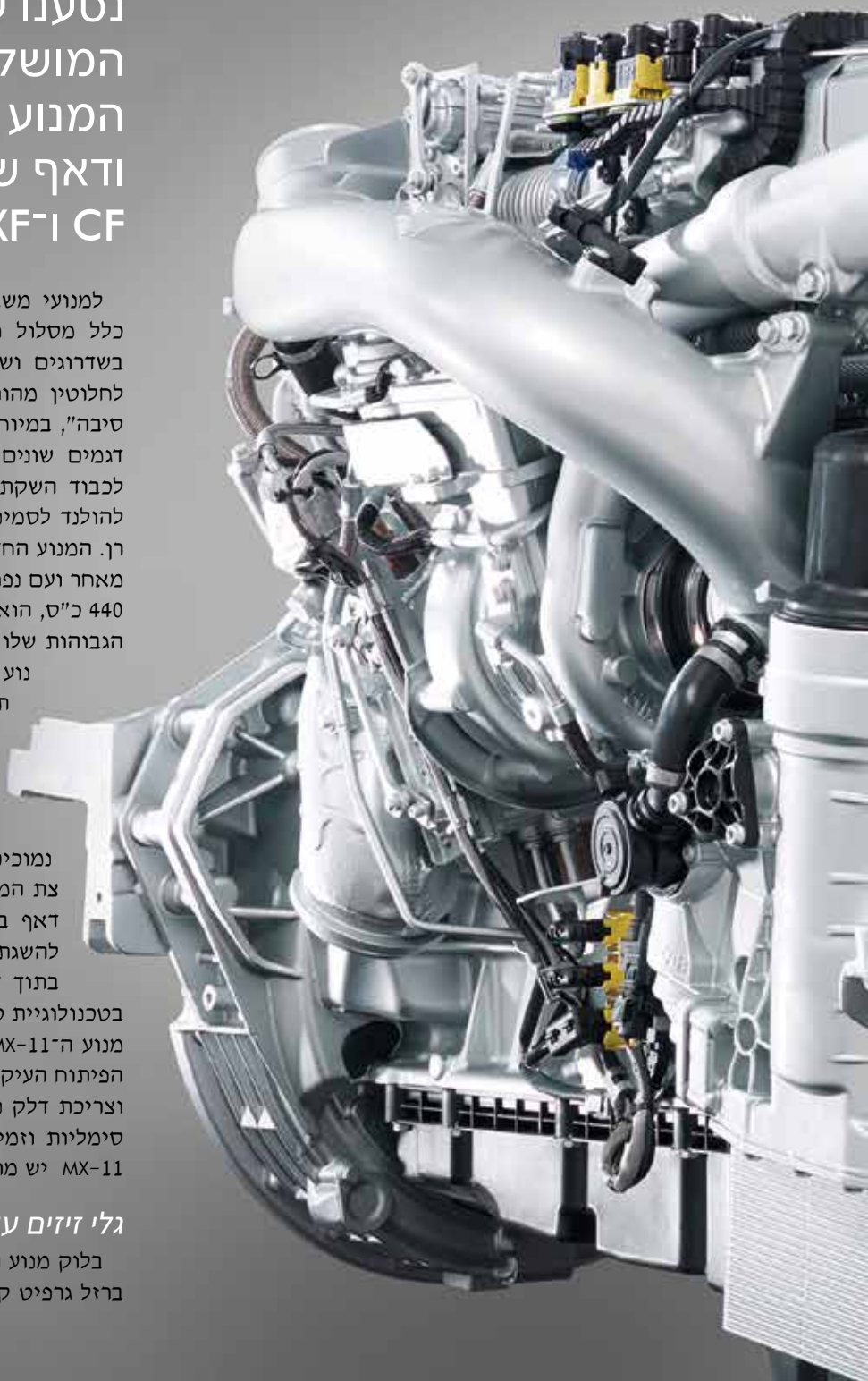
מאת  
**גלעד ארצי**  
צילם  
**יצרן**

למנועי משאיות יש תוחלת חיים ארוכה, ובדרך כלל מסלול חייהם שאורך שנים ארוכות משופע בשדרוגים ושינויים. זו הסיבה שהצגת מנוע חדש לחלוטין מהווה עבור יצרני המשאיות "סיבה למ־סיבה", במיוחד כאשר מדובר בליין מנועים שישמש דגמים שונים של היצרן לאורך השנים הקרובות. לכבוד השקתו של מנוע דאף חדש לחלוטין נסענו להולנד לסמינר מנועים מיוחד שאורגן על ידי היצרן. המנוע החדש רלבנטי במיוחד גם לשוק הישראלי מאחר ועם נפח 10.8 ליטר, וטווחי הספק של 290 עד 440 כ"ס, הוא ישמש את סדרת CF, וברמות ההספק הגבוהות שלו – גם את ספינת הדגל XF. פיתוח המנוע החדש ותחילת הייצור תוזמנו לכניסת תקנות יורו 6, והוא יותקן בגרסאות CF ו־XF שעונות לתקן החדש.

"מנוע ה־Paccar MX-11 החדש משתלב היטב במגמה להשגת ניצולת גבוהה יותר בנפחי מנוע נמוכים יותר", סיפר רון בורסבום, חבר מועצת המנהלים ומנהל פיתוח המוצר במשאיות דאף בהולנד. "11 ליטר הוא נפח אידיאלי להשגת תפוקות של 290 כ"ס עד 440 כ"ס בתוך דרישות החקיקה של יורו 6, ושימוש בטכנולוגיית טורבו שלב־יחיד אמינה". הפיתוח של מנוע ה־Paccar MX-11 התחיל מדף חלק. קריטריוני הפיתוח העיקריים שלנו היו ביצועים גבוהים, משקל וצריכת דלק נמוכים, כמו גם אמינות ועמידות מקסימליות וזמינות רכב מקסימלית. למנוע ה־Paccar MX-11 יש מרווחי שירות של עד 125,000 ק"מ".

**גלי זיזים עיליים כפולים**

בלוק מנוע ה־MX-11 הוא חדש לחלוטין. הוא עשוי ברזל גרפיט קומפקטי וחזק, עם צלעות אנכיות לה-







**הפיתוח של  
מנוע ה-11  
Paccar MX  
התחיל מדף  
חלקי קריטריוני  
הפיתוח  
העיקריים שלנו  
היו ביצועים  
גבוהים, משקל  
וצריכת דלק  
נמוכים, כמו גם  
אמינות ועמידות  
מקסימליות  
וזמינות רכב  
מקסימלית**



מסילה משותפת



טורבו עם גיאומטריה משתנה



מערכת ה-EGR



רצועה רבת צלעות

מ-70% מתוך סך כוח של 320kW כבר במהירות סל"ד נמוכה של 1,500 סל"ד. גלי הזיזים העיליים הכפולים מסייעים גם בהפחתת משקל, חיסכון של חמי-שה עשר קילו, בזכות העובדה שהם חלולים מבפנים, עניין שהושג באמצעות הפעלה נפרדת של מערכת הזרקת הדלק ועל ידי כך הורדת המאמצים המכאניים על גלי הזיזים."

**מערכת הזרקת דלק מסילה משותפת וטורבו בעל גיאומטריה משתנה**

מנוע ה-11 MX החדש חולק את מערכת המסילה המשותפת המתקדמת שלו עם מנוע ה-MX-13, אם כי לכל אחד מהם יש את תוכנת כיוול המנוע

פר מאוד את העמידות. ראש הצילינדר גם הוא מאוד חזק, מה שמאפשר לנו לעשות שימוש בלחצים גבוהים יותר יחד עם מרווחי ביטחון גדולים יותר. הלחץ המקסימאלי הקיים קטן מזה האפשרי, וזה מעניק לנו טווח ביטחון". כמו במקרים אחרים רבים, טווח הבטחון הזה יאפשר בעתיד הגדלה של הלחצים ללא שינוי בראש המנוע. "גורמים אלו הם מפתח לשיפור עמידות ואמינות, כמו גם יעילות". המשיך בורסבום. "להפעלת שסתומים ישירה יש השפעה חיובית על צריכת הדלק מכיוון שזה מצמצם הפסדים מכאניים. גלי הזיזים העיליים הכפולים מבטיחים גם ביצועים מעולים של בלם מנוע ה-MX המשולב: הוא משחרר יותר

שגת חוזק מירבי יחד עם רמות רעש נמוכות. כדי להשיג אמינות ועמידות מירביות, הצינורות לדוגמא נוצקו לתוך בלוק הצילינדרים, וצמד המשאבות המייצרות לחץ עבור מערכת המסילה המשותפת שולבו בתוך הבלוק. בית גלגלי התיזמון ומפריד האדים של מערכת איוורור גל הארכובה שולבו גם הם בתוך בלוק המנוע. גלי הזיזים העיליים הכפולים הם מאפיין מרכזי בראש הצילינדר החדש, ולכל צילינדר יש ארבעה שסתומים וסעפת יניקה משולבת. "התצורה הזו מציעה יתרונות משמעותיים", הסביר בורסבום. "ראשית, מנגנון הפעלת השסתומים יכול להיות מתוכנן ומיוצר בצורה חכמה וחזקה יותר, מה שמש-



מנוע ה"כלבו" החדש ישרת את סדרת ה-CF וימצא גם בחלק מדגמי ה-XF

הגיאומטריה המשתנה ושסתום ה-EGR. כל הטכנולוגיה הזו משולבת בצורה קומפקטית במנוע ה-MX 11, מה שהופך אותו לאידיאלי לשימוש בסדרת ה-CF של דאף.

### מערכת טיפול בגזי הפליטה עבור יורו 6

כדי לעמוד בדרישות פליטת המזהה-מים המחמירות של תקן יורו 6, דאף עושה שימוש בכמה טכנולוגיות לטי-פול בגזי פליטה, כמו ממיר קטליטי SCR ומסנן פיח אקטיבי. "ממש כמו עם מנוע ה-12.9 ליטר Paccar MX-13, המטרה היא לא רק להשיג את הרכב גזי הפליטה הנכון, אלא גם את הט-מפרטורה הנכונה במסנן הפיח", הס-  
 ↻

הצילינדר היא זיהום מופחת, רמות רעש נמוכות, וניצולת דלק מקסימלית. העובדה שטמפרטורת גזי הפליטה נשלטת באופן יעיל, אומרת גם שהמנוע משולב בצורה אופטימאלית עם מערכת הטיפול בגזי הפליטה. בדאף עושים שימוש במגדש טורבו בעל גיאומטריה משתנה (VTG), על מנת שהמנוע יקבל את מנח הטורבו הטוב ביותר בכל זמן נתון, ועל פניו כל טווח המהירות של המנוע, בכדי לקבל ביצועים מקסימי-ליים. מערכת ה-EGR קומפקטית מאוד ומתוכננת כך שתקבל תערובת אוף-טימלית של גזי פליטה ואוויר צח. כל הטכנולוגיה הזו נשלטת באופן הדוק על ידי שלושה מפעילים (Actuators): שסתום הלחץ החוזר, הטורבו בעל

שלו. המסילה המשותפת מאפשרת לחצי הזרקה גבוהים של עד 2,500 באר ומאפשרת להשתמש בהזרקת-קדם או הזרקת-סיום, או שילוב של שתיהן. הזרקה של כמות קטנה של דלק לפני או אחרי ההזרקה העיקרית מיועדת לשיפור יעילות הבעירה, במיוחד כאשר המנוע קר. שימוש בהזרקות כאלו גורם למנוע לעבוד בצורה חלקה יותר ול-זהם פחות. חלק מרכזי בשיפור מגיע מריסוס עדין ודק יותר של הדלק. כדי להעלות את יעילות השריפה, צריך לרסס את הדלק בתוך הצילינדר בצו-רת "ערפל" עדין, כך שליד כל מולקולה של דלק יהיו מולקולות של חמצן, וכל הדלק ישתתף בתהליך הבעירה. השו-רה התחתונה בטיוב הבעירה בחלל





בדאף עושים  
שימוש במגדש  
טורבו בעל  
גיאומטריה  
משתנה (VTG),  
מה שמבטיח  
שהמנוע יכול  
לקבל את מנח  
הטורבו הטוב  
ביותר בכל זמן  
נתון ועל פני כל  
טווח המהירות  
של המנוע



גלי הזיזים של המנוע החדש. מפעל המנועים באיינדהובן

### חידושים נוספים

למנוע 11 הליטר החדש של דאף חידושים נוספים כמו רצועה רבת צלעות יחידה (single poly V-belt) ומאוורר המורכב ישירות על גל האר-כובה ללא הינע ביניים המתווך ביניהם, מה שחוסך בהוצאות האחזקה, משפר את האמינות ומפחית משקל ותצרוכת דלק. בכדי להשיג צריכת דלק אופטימלית, מזעור הפסדים מא-למנטים "טפיליים" הוא עניין שניתנה לו תשומת לב רבה בתהליך הפיתוח. לדוגמא, למנוע יש כעת משאבת מים חדשה, עם הצמדה אלקטרומגנטית בעלת שתי מהירויות, ליעילות אופ-טימלית. תוך כדי האטה של הרכב, מדחס האוויר החכם מביא את מע-רכת האוויר ללחץ מקסימלי, וכך יכול המדחס להישאר כבוי לעיתים קרובות, כשהרכב נע על כביש שטוח. כדי למקסם אמינות ועמידות, החיווט מבודד היטב.

האלטרנטור ומדחס המזגן של הרכב מותקנים על המנוע כיחידה אחת ויחידת הדלק בעלת חימום משולב ומפריד הלחות האוטומטי ממוקמים ישירות על המנוע להגנה מירבית. למודול השמן יש מסנן שמן משולב



חיווט מבודד

MX-11 מאפשרת השגת מרווחי ניקוי של פילטר הפיח של עד 500,000 ק"מ, בכפוף לאופן תיפעול המשאית כמובן. את הממיר הקטליטי SCR ואת מסנן הפיח, אפשר להתקין בנפרד אחד מה-שני, משני צידי השילדה, עניין בעל חשיבות כשעל המשאית מותקן מנוף או כשזו משאית להובלת מכולות עם מנעולי הצמדה (מנעולים לנעילת מכר-לה על משאית. "טוויסט לוק").

ביר בורסבום. "העיקרון הבסיסי הוא שתהיה רגנרציה פאסיבית של מסנן הפיח, והאתגר היה להביא את המנוע לייצר את התנאים האידיאליים כדי שזו תתרחש. זו הסיבה שסעפת הפ-ליטה, כמו חלקים מרכזיים נוספים במערכת הפליטה, נעטפו ובודדו. אם למרות זאת טמפרטורת גזי הפליטה יורדת נמוך מדי עקב סיבה כלשהיא הקשורה לרכב, המנוע יעבור לרגנרציה אקטיבית. במיוחד למטרה זו התווסף מזרק שביעי, שנמצא מאחורי הטור-בו ומול מסנן הפיח. המזרק הזה יכול להזריק דלק אל ממיר קטליטי מסוג oxidation catalytic converter (תהליך כימי של חימצון) שנמצא במפלט, כדי לייצר בדיוק את הכמות הנכונה של חום. הממיר הקטליטי SCR תוכנן גם הוא כדי לשמור על טמפרטורה אופטי-מלית. הודות לציפוי החכם שלו, הוא מסוגל להשיג ביצועים מקסימליים על פני טווח רחב יותר של טמפרטורות, מה שאומר שהמנוע יכול לתפקד בצו-רה אופטימלית ובאופן היעיל ביותר". בעת פיתוח מערכת הטיפול בגזי הפליטה, עמדה לנגד עיניהם של אנשי דאף זמינות גבוהה של המשאית עבור בעליה. צריכת שמן נמוכה של מנוע ה-



ממש כמו עם  
מנוע ה-12.9  
ליטר Paccar MX  
13, המטרה  
היא לא רק  
להשיג את הרכב  
גזי הפליטה  
הנכון, אלא גם  
את הטמפרטורה  
הנכונה במסנן  
הפיח



מפעל המנועים באיינדהובן

1,900 ו-2,100 נ"מ בהתאמה (בטווחי סל"ד של 1,000-1,450).

עם מומנט גבוה בסל"ד נמוך, צריכת דלק תחרותית, אמינות גבוהה ואפשרויות מפרש כוח נוספות, מנוע ה-Paccar MX-11 יהיה אחד ממנועי המפתח בסידרת ה"כלבו" CF, שדגם היורו 6 שלה, יושק באפריל. כאמור, מנוע ה-MX-11 ישוך גם למשאיות מסדרת ה-XF בתקן יורו 6.

לטענת אנשי דאף, צריכת הדלק של מנוע ה-MX-11 נמוכה בממוצע בכ-3% מזו של מנוע ה-MX-13 בן ה-12.9 ליטר (שהוא, לכשלעצמו, מציג נתוני צריכת דלק מרשימים). המשקל הנמוך יותר, בלמעלה מ-180 ק"ג מהווה יתרון נוסף באספקט היעילות, הנצילות והחיסכון, במיוחד כשמדובר בהובלת תפוזת ומיכליות.

מרבית היצרנים מציגים חידושים ותוספות למנועים קיימים כתשובה לכניסת תקני יורו 6 המחמירים. במקרה של דאף, מדובר במנוע חדש לחלוטין שימש קשת רחבה של דגמים וישדרג את לא רק את נתוני פליטת המזהמים, אלא גם את הביצועים וצריכת הדלק של סדרת ה-CF ו-XF. זוהי באמת סיבה למסיבה. ●

קום עליון מוסט שמאלה) עם מומנט של 250 ניוטון מטר. אופציה חדשה נוספת היא גנרטור שמורכב ישירות על המנוע, ומותאם ספציפית לארגוני קיור. רצועה רבת צלעות יחידה במשולב עם מותחנים אוטומטיים מבטיחים פעולה אמינה של גנרטור הפריגובלוק (Frigoblock) מקורר המים או האויר (גנרטור על הרכב שמיצץ חשמל המניע את יחידת הקירור של הארגון), שבטורו, בעל השפעה חיובית על עלויות תיקון ותחזוקה. היות והגנרטור מותקן ישירות על מנוע, נשמר גם מרווח גחון טוב. בנוסף, יש אפשרות להניע, בחזית המנוע, משאבה הידראולית.

### הפצה ויישומים כבדים

מנוע ה-10.8 ליטר יורו 6 החדש יכנס לייצור סידרתי בתום קיץ 2013, עם לא פחות מחמש גירסאות שתוצענה לשני יישומים עיקריים. גירסאות ה-290 כ"ס, 330 כ"ס ו-370 כ"ס, עם מומנט מקסימלי של 1,200, 1,400 ו-1,600 נ"מ בהתאמה (בטווחי סל"ד של 1,000-1,650) הותאמו ליישומים עירוניים, אזוריים וארציים. לשימוש כבד יותר, מוצעים הספקים של 400 כ"ס ו-440 כ"ס עם מומנט מירבי של



משאבת הזרקת הדלק

ומצנן שמן, כשהאחרון עשוי פלדת אל-חלד לחוסן גבוה אף יותר.

### יותר אפשרויות ODP

מגוון רחב במיוחד של PTO יוצע עם מנוע ה-MX-11 החדש. בחלקה האחורי של המשאית, בנוסף למפרש הכוח על המנוע בתצורה המוכרת של "שעה 1" (מיקום עליון מוסט ימינה), תתווסף גם תצורה של "שעה 11" (מי-