

עידן עבדי

ראש תחום אנרגיה, דלקים ואיכות הסביבה, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים

ציטוט מומלץ

עבדי ע. 2015. התועלת הלאומית בהנעת התחבורה הכבדה בגז טבעי. אקולוגיה וסביבה 6(3): 197–199.



מבחינת נפולאון אנרגיה ופליטת מזהמים במנועי בעירה פנימית גז טבעי דחוס הוא החלופה המועדפת לסולר | צילום: Pavaglione

התועלת הלאומית בהנעת התחבורה הכבדה בגז טבעי

בקצרה

גיליון סתיו 2015 / כרך 6(3) / דלקים חלופיים ואנרגיה 19 באוקטובר, 2015
המצאת מנוע הבעירה הפנימית ופיתוח המכונית הראשונה בעשור האחרון של המאה ה-19 הביאו לתחילתו של עידן התחבורה הפרטית. כבר בתוך שנה מהופעת המכונית יוצר דגם ראשון של כלי רכב "כבד" להובלת סחורות – המשאית. בתוך מספר חודשים נעשו ההתאמות הדרושות במשאית הראשונה ליצירת האוטובוס הראשון. בשנות ה-20 של המאה הקודמת השתמשו במנוע הדיזל בכלי רכב כבדים, ומאז ועד היום משאיות בעלות מנוע דיזל הן תאי הדם האדומים של חברת השפע המטרופוליטית שרובנו חיים בה.

מנוע הדיזל מתאפיין בפליטת חלקיקים נשימים המסוכנים לבריאות האדם^[3]. במקרה של אוטובוסים ומשאיות עירוניים, אופי הנסיעה, הכולל האצות והאטות מרובות ופרקים ארוכים של עמידה במקום בעת שהמנוע פועל, מביא לרמת פליטות גבוהה במיוחד; הזיהום נפלט בלב אוכלוסייה צפופה, ולכן הנזק הבריאותי רב מאוד. למרות הפליטות, למנוע הדיזל נצילות ואמינות גבוהות, ועל כן הוא המנוע השימושי ביותר להנעת משאיות ואוטובוסים בעולם כולו. עדכוני התקינה הביאו לצמצום משמעותי במידת הזיהום הנפלט ממנועי הדיזל. תקני זיהום האוויר לפליטה מרכב מנועי מחייבים את יצרני הרכב להגביל את פליטת המזהמים המנוטרים (CO_2 , CO , NO_x , HC , PM) הנפלטים מכלי הרכב מתוצרתם. הדגמים נבדקים במחזור נסיעה המדמה תנאי נסיעה שאופייניים להם. תקנות פליטת המזהמים מרכב מנועי הנהוגות באירופה, על עדכוניהן (יורו 1, 2, 3...6), מאמצות בישראל בהתאמה לתאריכי ההחלה באירופה. בד בבד עם שיפור אמצעי הטיפול בפליטה שברכב עצמו, יש לשפר את תכונות הדלקים, וזאת כדי: א. לצמצם את הימצאותם של חומרים רעילים שייפלטו לאוויר, כגון מתכות, ארומטים ו-PAH; ב. למנוע את הפחתת היעילות של מערכת הטיפול בגזי הפליטה המותקנות ברכב עקב זיהום (גפריית); ג. לשפר את תהליכי הבעירה ועקבותיהם גם את הנצילות. לדוגמה, 20 משאיות העונות לתקן יורו 6 כנדרש כיום באירופה ובישראל, מזהמות כמו משאית אחת שענתה לתקן יורו 1 שהוחל ב-1992. עם זאת, נראה כי המשך שיפור הנצילות וצמצום הפליטות ממנועי הדיזל (כמו גם ממנועי הבנזין) הופך למשימה מאתגרת יותר ויותר.

המודעות הסביבתית הכללית והדרישה העולמית להתייעלות בתחום האנרגיה תוך הרחבת השימוש במקורות אנרגיה חלופיים ונקיים הולכות וגוברות, ומנוע הבעירה הפנימית נראה כטכנולוגיית ההנעה הנאלצת לזרוע כבדים שעומדת בפנינו בעתיד הקרוב^[1]. כל אלה שמים את הגז טבעי הדחוס (CNG, להלן 'גז'), שתכונותיו מתאימות להנעת מנוע בעירה פנימית, כחלופה מועדפת לסולר. הגז כשלעצמו אינו רעיל. הודות למבנהו הפשוט בעירתו במנוע תהיה יעילה, ותלווה בפליטת מזהמים נמוכה יחסית לדלקים "מורכבים" יותר.

בישראל הוכנה תשתית האסדרה שתאפשר שימוש בגז טבעי דחוס לתחבורה; נקבעו תקנים ישראליים לאיכות הגז המיועד להנעת כלי רכב (אוטומוטיבי), לתא עבודה לטיפול בכלי רכב המונעים בגז, ולתחנות לתדלוק גז. מספר דגמי רכב אושרו ליבוא, ובקרוב יגיעו ארצה.

ועדה בין-משרדית, ששותפים בה משרדי התחבורה, האנרגיה והגנת הסביבה, מנהלת תחליפי הנפט ורשות המסים, בוחנת את התועלת של השימוש בגז הטבעי הדחוס בתחבורה, ואל מול התועלת שנמצאה מגובשים כלים לעידוד השימוש. המלצות הוועדה צפויות להתפרסם בשבועות הקרובים.

כפי שצוין מעלה, התחבורה הכבדה היא מקור זיהום גדול ומסוכן, ומהווה צרכן דלק משמעותי (כמחצית מהכמות הלאומית). לפיכך, חשוב להתמקד במגזר התחבורה הכבדה ולהכיר את מאפייני השימוש בגז במגזר זה מבחינה סביבתית כמו גם מבחינה כלכלית ולאומית.

לאוטובוסים ולמשאיות בעלי מנוע הפועל על גז טבעי דחוס ייעודי, צפויה להיות תרומה סביבתית גדולה בזכות העובדה שכמעט ואינם פולטים חלקיקים נשימים והודות להפחתה בשיעור 20% בפליטת הפחמן הדו-חמצני ולעוצמת רעש נמוכה במעט מזו של מנוע דיזל. הדבר משמעותי במיוחד עבור כלי רכב כבדים הנעים באזורים בעלי צפיפות אוכלוסייה גבוהה, כגון אוטובוסים עירוניים, משאיות חלוקה ומשאיות פינוי אשפה.

מנועי גז טבעי דחוס ייעודיים, על אף היותם מנועי הצתה חשמלית (בנזין) שנצילות האנרגיה שלהם נמוכה מזו של מנוע הדיזל, מתאפיינים בנצילות הדומה לנצילות המתקבלת במנוע דיזל. הסיבה לכך היא מספר האוקטן הגבוה של גז טבעי דחוס (130), המאפשר יחס דחיסה גבוה יותר מאשר בנזין (יחס הדחיסה הוא פרמטר בעל השפעה רבה על נצילות המנוע). אף על פי שהנעה בגז טבעי דחוס אינה משפרת את צריכת האנרגיה, השימוש במשאב מקומי יהווה תרומה עקיפה לפיתוח המשק. על כן, במטרה להסיר את חוסר הוודאות מצד המשתמשים, יש מקום לתמיכה ולאסדרה לאומית להחדרת ההנעה בגז למגזרים המועדפים. ההשקעה הכלכלית העודפת הדרושה (רכש ותשתית) תקוזז אל מול התועלת הסביבתית והתרומה העקיפה לפיתוח המשק המקומי. דוגמה לכך ניתן לראות בתנופה הכלכלית שהתקבלה בעקבות הפיתוח הנרחב של רשת מסילות הברזל בארה"ב באמצע המאה ה-19. התרומה הישירה של פיתוח מסילות הברזל למשק התבטאה ביכולת להעברת משא וסחורות ביעילות; אך תרומה עקיפה וגדולה לא פחות התקבלה בתחום התעשייה הכבדה וההנדסה בעקבות פיתוח התשתית (גשרים, מנהרות וכו')^[2].

מחיריהם של כלי רכב כבדים המונעים בגז טבעי דחוס גבוהים ב-10% עד 20% מאלה של מקביליהם המונעים בסולר, עלויות התחזוקה ותקופות השירות שלהם דומות, והרווח למפעיל מתקבל עקב מחירו הנמוך של הגז לעומת מחירו של הסולר (וזאת על פי מידע טכני שנאסף מהיצרנים Iveco, MAN, Kenworth – ידע אישי, 2014).

עלויות של תחנת תדלוק בגז גבוהה מאוד בהשוואה לעלויות תחנת תדלוק קונבנציונלית. יזם התשתית ירצה לוודא פוטנציאל מספק לצריכת גז לוויודא כדאיות כלכלית. צריכת האנרגיה הגבוהה ואופי הנסיעה של אוטובוסים ומשאיות עירוניים עונים להבטחת הכדאיות ליזם. מחזורי הנסיעה הקבועים מאפשרים הקמת מספר מצומצם של תחנות תדלוק בספיקה גבוהה בחניונים מרכזיים. ניתן להקים תחנות תדלוק משותפות המקבצות מפעילי ציים מתאימים ומשתמשים נוספים. בישראל נמצאות שלוש תחנות תדלוק גז לכלי רכב בשלבי הקמה, אך הן עדיין אינן פעילות.



דלוק מכלית המונעת בגז טבעי דחוס (גט"ד) במתקן הדחיסה של חברת סופרגז, אזור התעשייה אלון תבור / באדיבות סופרגז
קיימת האפשרות להסב כלי רכב בעל מנוע דיזל להנעה דו-דלקית (גז טבעי דחוס וסולר). במנוע בנוין דו-דלקי ההנעה נעשית בעזרת אחד מהדלקים בלבד (בנוין או גז). לעומת זאת, במנועי דיזל נעשית הצתת התערובת בצילינדר לא בעזרת ניצוץ, אלא כתוצאה מהלחץ המתפתח בחלל הצילינדר. לכן, יש צורך מתמיד בהזרקת סולר, ואילו הגז מוזן דרך סעפת היניקה ומחליף רק חלק מהסולר המוזרק. אחוז הגז מסך תערובת הדלקים משתנה בהתאם למצבי העבודה של המנוע. יצרני הרכב אינם עושים שימוש בטכנולוגיה דו-דלקית של סולר וגז, והיא משמשת בעיקר לצורך הסבת מנועי דיזל להנעה דו-דלקית. הנתונים הקיימים אינם מעידים שלשימוש בהנעה דו-דלקית של סולר וגז השפעה חיובית על פליטת המזהמים או על נצילות האנרגיה של כלי הרכב. בהתחשב בעלות ההסבה ובאחוז הסולר המוחלף בגז, ההסבה לא צפויה להביא לחיסכון למפעיל.

מוסכי השירות לכלי רכב המונעים בגז טבעי דחוס חייבים לעמוד בדרישות בטיחות ייחודיות הנובעות מתכונות הגז. מתן שירותי תחזוקה לרכב המונע גז מתחלק לשני סוגי טיפולים: (א) טיפול במכלולים שאינם קשורים למערכת הגז (כגון פחחות, צמיגים, חשמל, מתלים וכו') – עבודות אלה אינן מצריכות אזור עבודה ייעודי; (ב) טיפול במערכת הגז וברכיביה, שמצריך תא עבודה המצויד במערכת חשמל, כלי עבודה ומערכת אוורור המתאימים לסביבה נפוצה, וכן אמצעי התראה כנגד הצטברות מסוכנת של גז.

התחבורה עומדת בפתחו של עידן חדש. משיקולים של גיוון מקורות, נצילות אנרגיה ומגמות בתחום טכנולוגיית ההינע, כלל לא בטוח אם נכון יהיה שמהפכת הגז תסחוף אחריה את כל מגזר התחבורה. נכון יהיה לזהות את המשתמשים שיאפשרו את היעילות הגדולה ביותר לציבור ולמשק, ולעודד משתמשים אלה למעבר נרחב להנעה בגז טבעי דחוס. על מנהלי המשקמוטל לאגד יחד מפעילי ציים וספקי תשתית, ולתפור חבילת חדירה מתאימה לכל מקרה, שתיגזר מתוך תחשיב כלכלי-סביבתי. העידוד לא צריך להיות בהכרח מתן מענק או הטבה כספית, ואין ספק שאוטובוסים ומשאיות עירוניים צריכים להיות המטרה שיש לכוון אליה.

טבלה 1. השוואת עלות הפעלה כוללת (TCO) של אוטובוס המונע בגז טבעי דחוס (גט"ד) אל מול זה המונע בדיזל

המאזן בוצע לפי נסועה שנתי של 55,000 ק"מ לתקופה של 12 שנות שירות; 5 ש"ל לליטר סולר ו-3.8 ש"ל לגט"ד שווה ערך מבחינת אנרגיה (לאחר מיסוי משוער); צריכת הסולר עומדת על 1.9 ליטר לק"מ, וצריכת הגט"ד גבוהה ב-5% מזו של הסולר.

מרכיבי עלות	דיזל [אלפי ש"ל]	גז טבעי דחוס [אלפי ש"ל]
רכישה	993	1,104
תחזוקה כוללת (בהפחתת הצורך באוריאה [שינן])	660	752
דלק	1,800	1,390
רישוי וביטוח	זוהה	
סך הכול	3,453	3,246
הפרש	207	

טבלה 1

השוואת עלות הפעלה כוללת (TCO) של אוטובוס המונע בגז טבעי דחוס (גט"ד) אל מול זה המונע בדיזל

המאזן בוצע לפי נסועה שנתי של 55,000 ק"מ לתקופה של 12 שנות שירות; 5 ש"ל לליטר סולר ו-3.8 ש"ל לגט"ד שווה ערך מבחינת אנרגיה (לאחר מיסוי משוער); צריכת הסולר עומדת על 1.9 ליטר לק"מ, וצריכת הגט"ד גבוהה ב-5% מזו של הסולר.

מקורות

1. California Environmental Protection Agency – Air Resources Board. 2011. [Initial statement of reasons advanced clean car: Advanced clean cars 2012 proposed](https://magazine.isees.org.il/?p=16041)

[amendments to the California zero emission vehicle program regulations.](#)

2. Walt RW. 1960. The stages of economic growth: A non-Communist manifesto. London: Cambridge University Press.
3. World Health Organization. 2012. [IARC: Diesel engine exhaust carcinogenic](#). Press release number 213.