

אמצעים להפחתת פליטות מכלי רכב

(באדיבות המשרד להגנת הסביבה).

ניתוח ממצאי תחנות הניטור התחבורתיות המוצבות בערים הגדולות, מצביע על כך, שכלי רכב המונעים בדיזל אחראים לחלק הארי של הריכוזים של תחמוצות חנקן וחלקיקים (כ-80% מסך הפליטה מכלי רכב בכלל), בסביבה העירונית בגוש דן ובירושלים. אלו המזהמים אשר נחשבים כיום בארץ ובעולם למזהמי האוויר הבעייתיים והמסוכנים ביותר.

התחבורה הציבורית בארץ, המונעת בדיזל והנעה באותם מרכזי ערים היא אחד התורמים העיקריים לממצאים אלו, למרות מספרם הקטן של האוטובוסים ביחס לכלל כלי הרכב.

קיימים מספר אמצעים המאפשרים הפחתה בכמות המזהמים הנפלטים מאוטובוסים, ומטרת פרק זה היא לסכם בקצרה את האמצעים השונים.

EURO 4

"יורו 4" הוא כינוי לדרישות התקינה החדשות והמחמירות לפליטת זיהום מכלי רכב ואיכות הדלק, שהופעלו בהדרגה בשנים 2005-2006 באירופה ובישראל.

השינויים בדרישות איכות הדלק כוללים:

- הפחתת תכולת הגפרית בסולר ובבנזין: ריכוז מרבי מותר 50 חל"מ (חלקים למליון PPM)
- התחלת שיווק באופן מדגמי ובפריסה ארצית של סולר ובנזין המכילים עד 10 חל"מ גפרית, זאת, על מנת לאפשר שימוש בכלי רכב עם טכנולוגיות הרגישות לגפרית
- תכולת החומרים הפוליציקליים (פחממנים רב - טבעתיים) הארומטיים בסולר הוגבלה ל 11%
- התכולה המירבית של חומרים ארומטיים בבנזין הופחתה מ 42% ל 35%

השינוי בדרישות הפליטה מכלי הרכב לעומת תקני "יורו 3":

- הפחתה של - 50% - 30% בערכי הפליטה המרביים של: פחמימנים (HC), חד תחמוצת הפחמן (CO) ותחמוצות חנקן (NOx)
 - הפחתה של - 40% - 80% בפליטת חלקיקים (PM) מדיזל
- על מנת לעמוד בדרישות הפליטה החדשות, יצרני הרכב ערכו שיפורים במנועים ובמערכות הפחתת הזיהום. להלן מספר דוגמאות לשיפורים אלו:
- בחלק מדגמי הרכב הכבדים (דיזל) מותקנים לראשונה כסטנדרט מערכות ייעודיות להפחתת תחמוצות חנקן, שבהן נדרשת הוספת תוסף על בסיס אוראה (UREA). האוראה משמשת כחומר קטליטי להפחתת פליטת תחמוצות חנקן

- בחלק מדגמי הרכב מותקנות **מלכודות חלקיקים** במטרה לעמוד בדרישות הפליטה למזהם זה
- **מערכות EGR**: אלו מערכות שבהן חלק מגזי הפליטה מוחזרים למנוע בחלק מזמן הנסיעה במטרה להקטין את טמפרטורת הגזים בתא השריפה ולהפחית את פליטת תחמוצות החנקן. אמצעי זה יעיל בעיקר בכלי רכב קלים ובינוניים ומתאים פחות לרכב כבד הנתון במאמץ גבוה. חלק מכלי רכב אלו יזדקקו לסולר המכיל עד 10 חל"מ גפרית
- **מערכות הזרקה ישירה בבנזין**: חלק מרכבי הבנזין החדשים מצוידים במערכת הזרקה דלק ישירה למנוע. מערכת זו מאפשרת צמצום בצריכת הדלק ובפליטת המזהמים. עם זאת, בחלק ממנועים אלו היצרן דורש שימוש בבנזין שתכולת הגפרית שבו נמוכה (עד 10 חל"מ)

הדלק לתחבורה הותאם לדרישות הכלליות שמאפשרות יבוא כלי רכב המתאימים לתקני יורו 4 כבר בשנת 2004 (סולר) וינואר 2005 (בנזין).

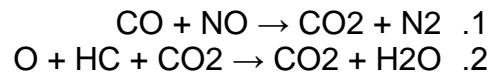
בשנים 2008-2009 הוחמרו דרישות הפליטה מכלי רכב (יורו 5) ולקראתן אמור כל הדלק לתחבורה להכיל עד 10 חל"מ גפרית.

ממירים קטליטיים לרכבי בנזין

ממיר קטליטי הוא התקן שתפקידו להפחית פליטת מזהמי אוויר. ממירים קטליטיים מותקנים בארץ בכל רכבי הבנזין הפרטיים משנת ייצור 1994 ומעלה.

איך פועל ממיר קטליטי?

הממיר הופך מזהמי אוויר - פחמימנים, פחמן חד חמצני ותחמוצות חנקן - למים, פחמן דו חמצני וחנקן. התהליך מתבצע בשני שלבים:



ממיר קטליטי הוא אמצעי לטיפול בגזי השרפה המותקן לאורך צינור המפלט סמוך לאזור יציאת הגזים מהמנוע. שיטת פעולת הממיר היא בהורדת אנרגיית האקטיבציה הנדרשת (ע"י חומר קטליטי שמצפה את הממיר וסופח אליו חמצן), על מנת לחמצן את תוצרי השרפה הבלתי מושלמת (שאריות דלק שלא התחמצנו במנוע) ובכך להשלים את תהליך השרפה לדו תחמוצת הפחמן ולמים. הממיר גם מחזר את תחמוצות החנקן לחנקן אטמוספרי בלתי מזיק.

לצורך חיזור תחמוצות החנקן נדרשים תנאי עבודה "מחזרים" כלומר, ללא עודף חמצן בגזי הפליטה. תנאים אלו קיימים רק כאשר יחס האוויר והדלק קרובים למצב הסטויכיומטרי. מצב זה קיים במנועי בנזין אך אינו קיים במנועי דיזל העובדים בעודף אוויר. לכן, **הממיר הקטליטי המותקן ברכבי בנזין אינו יעיל ברכבי דיזל.**

ממירים מחמצנים לרכבי דיזל

איך פועל ממיר מחמצן?

ממיר קטליטי הוא אמצעי לטיפול בגזי השרפה המותקן לאורך צינור המפלט סמוך לאזור יציאת הגזים מהמנוע. במנועי דיזל ניתן כיום להתקין ממירים מחמצנים בלבד (לעומת מנועי בנזין שם ניתן להתקין ממיר המבצע גם חיזור תחמוצות חנקן). שיטת עבודת הממיר המחמצן היא בהורדת אנרגית האקטיבציה הנדרשת לחמצון תוצרי שרפה בלתי מושלמת, ובכך להשלים את תהליך השרפה לדו תחמוצת הפחמן ולמים. בכלי רכב המונעים בדיזל, הממיר מפחית בשיעור של עד 95% את פליטתם של חד תחמוצת הפחמן (CO) והפחמימנים (HC) על ידי חמצונם וכן מפחית ב 30%-50 את פליטת החלקיקים על ידי חמצון החלק האורגני שבהם.

מהו הרווח הסביבתי המושג מממיר מחמצן?

- הממיר מפחית בשיעור של עד 95% את פליטתם של חד תחמוצת הפחמן (CO) ופחמימנים (HC) על ידי חמצונם.
- הממיר מפחית ב 20% - 50% את פליטת החלקיקים על ידי חמצון החלק האורגני שבהם.

יתרונות הממיר המחמצן:

- אפשרות להתקנה על כלי רכב ישנים, ובכך להפחית מהם את פליטת המזהמים בעלות נמוכה.
- הממיר המחמצן אינו זקוק לתחזוקה רבה (למעט ניקוי תקופתי) וניסויים בעולם הראו כי בתנאי עבודה נכונים יעילותו נשמרת תקופה ארוכה (כמה מאות אלפי ק"מ).
- הממיר רגיש פחות מאמצעים אחרים לריכוז הגופרית בדלק.

חסרונות הממיר המחמצן:

- טווח טמפרטורה קטן לעבודה אופטימלית של הממיר: מתחת 150 מעלות סלציוס הממיר אינו יעיל.

שימוש בממיר מחמצן:

- **בארה"ב:** ממירים מחמצנים נמצאים בשימוש בכל הערים המרכזיות ומותקנים באוטובוסים עירוניים ישנים וחדשים ובמשאיות חדשות.
- 500 אלף ממירים מחמצנים ברחבי ארה"ב; מהם 8,000 ממירים לחברות הסעה גדולות שעברו כבר מעל 240 אלף ק"מ. 3,000 ממירים בתוכנית פיילוט להפחתת מזהמים במקסיקו סיטי. בין הלקוחות בארה"ב: חברת הסעה של ניו ג'רזי, MTA חב' הסעה מניו יורק, MTA לוס אנג'לס.
- ב 20,000 אוטובוסים ברחבי אירופה הותקנו ממירים מחמצנים.

בישראל נערכה הדגמה של ממירים מחמצנים על אוטובוסים בחיפה על ידי חוקרי הטכניון במימון המשרד לאיכות הסביבה - "[הפחתת פליטת מזהמים](#) ממנועי אוטובוסים על ידי שימוש בממירים קטליטיים מחמצנים".

חלק גדול מרכבי הדיזל הקלים המיוצרים ומיובאים כיום ארצה מצויידים בממיר מחמצן. החל משנת 2005 (EURO 4) מרבית דגמי יהיו הדיזל מצויידים, ככל הנראה, בממירים מחמצנים או

מלכודות חלקיקים.
עלות הממיר המחמצן: (לרכב כבד) היא בין \$ 2000 ל \$ 4000. "חלק גדול מרכבי הדיזל הקלים המיוצרים ומיובאים כיום ארצה מצויידיים בממיר מחמצן.

מלכודת חלקיקים ומלכודת חלקיקים רציפה

מלכודת חלקיקים

Filter Particulate Trap, Diesel Particulate

מהווה אמצעי להפחתת פליטת חלקיקים מרכבי דיזל (חלקיקים מרכבי דיזל הם בין המזהמים המסוכנים והבעייתיים ביותר לטיפול כיום). המלכודות עשויות בצורת כוורת העשויה מחומרים קרמיים ואשר בה נלכדים החלקיקים שבגזי הפליטה. עם הצטברות החלקיקים על הפילטר, עולה ההתנגדות והטמפרטורה והחלקיקים נשרפים (למעט החלק הבלתי אורגני של החלקיקים). על מנת להוריד את טמפרטורת ההצתה של החלקיקים שנתפסו במלכודת (כדי שהשרפה תתרחש בטמפרטורה נמוכה יותר) יש להוסיף בחלק מהמקרים תוסף לסולר. פוטנציאל הפחתת החלקיקים על ידי מלכודות החלקיקים נע בין 50% ל 95%.

יתרונות מלכודת החלקיקים:

- טיפול בחלק הבעייתי ביותר של גזי הפליטה - החלקיקים והפרקציה האורגנית הספוחה אליהם, אשר הוגדרו על ידי ה EPA ורשויות הבריאות בארץ כמסרטנים וכגורמי תחלואה ותמותה מוקדמת בבני אדם.
- ניתן להשתמש במלכודות באוטובוסים ובמשאיות הנמצאים בשימוש, ובכך להפחית מיידית חלק ניכר מהזיהום הנפלט.

חסרונות מלכודת החלקיקים:

- הצורך לתסוף את הדלק (בחלק מהמלכודות).
- יצירת לחץ נגדי על המנוע, בחלק מדגמי המלכודות, דבר המגדיל את תצרוכת הדלק.
- דרישה לתכולת גופרית נמוכה בדלק (בחלק מהמלכודות קיימת דרישה של פחות מ 10 ppm גופרית).

תוצאות בדיקת שימוש במלכודות חלקיקים מסוג CRT באוטובוסים בישראל

בחודש דצמבר 2004 הסתיימה בדיקת מלכודות חלקיקים שבוצעה על ידי המעבדה למנועי שרפה פנימית בטכניון באוטובוסי "אגד". במסגרת הבדיקה הותקנו שתי מלכודות חלקיקים מסוג CRT - Continuous Regenerating Trap באוטובוסים של קואופרטיב "אגד". הבדיקה ארכה כשנה, ונבדקו בה השפעת התקנת המלכודות על ביצועי האוטובוסים ופליטת הזיהום מהם. אחד האוטובוסים נסע במסלול מישורי (69,000 ק"מ) והשני במסלול משולב הררי ומישורי (95,000 ק"מ).

הבדיקה הצביעה על הפחתה משמעותית של 92% בפליטת החלקיקים מהאוטובוסים לאחר ההתקנה לעומת הפליטה ללא המלכודות. לא נצפה שינוי בביצועי האוטובוסים או דרישות תחזוקה מיוחדות במהלך הבדיקה.

לאור תוצאות הבדיקה בכוונת המשרד לאיכות הסביבה לפעול להרחבת השימוש במלכודות חלקיקים מסוג זה לצמצום פליטת חלקיקים ממשאיות ואוטובוסים.

מלכודת ממחזרת רציפה

CRT - Continuously Regeneration Trap

מהווה אמצעי לטיפול בגזי הפליטה המאפשר הפחתה של פליטת החלקיקים, פחמימנים ו-CO, מרכבי דיזל.

עקרונות הפעולה של מערכת ה CRT

עקרון פעולת ה CRT מבוסס על תכונת NO_2 לחמצן פחמן. תכונה זו מאפשרת לנקות בעקביות את המסנן (מלכודת) מחלקיקי פיח שנלכדו עליו. מלכודת ה CRT מאפשרת להפחית פליטת חלקיקים מאוטובוס בתנאי נסיעה עירוניים בשיעור של מעל 90%, דבר שאינו ניתן להשגה על ידי ממיר מחמצן בלבד. כמו כן המלכודת צפויה להפחית את פליטת ה CO ו HC בשיעור של למעלה מ 95%.