

התפתחויות בעולם הדלק והרכב

ד"ר צביקה תמרי
משרד האנרגיה

עולם הרכב עומד לעבור שינויים מרחיקי לכת בשנים הקרובות. לאחר כמאה שנה בהם נעשה שימוש כמעט בלעדי בתזקיני נפט לשם הנעת רכבים, בשנים הקרובות אנו צפויים לראות מקורות אנרגיה נוספים נוטלים חלק משמעותי בתחבורה. בפרט הדבר אמור לגבי שימוש ברכבים חשמליים, אשר מספרם בעולם כבר חצה את סף ה-4 מיליון. כיום, הנעה חשמלית מבוססת בעיקר על אגירת האנרגיה באמצעות סוללות, אך זו יכולה להתבסס גם על אגירה במימן, תוך שימוש בתא דלק ליצירת האנרגיה החשמלית. בהרצאה זו אסקור את ההתפתחויות בעולם בתחום ההנעה החשמלית ואת היתרונות והחסרונות שבשימוש בסוללות לעומת מימן. בנוסף, אתאר את המדיניות בישראל בתחום ההנעה החשמלית, הכוללת יעדים וצעדים מרחיקי לכת וראות.

אתגרים סביבתיים לשוק הדלקים בישראל ובעולם

אמיר זלצברג
מנהל אגף תחבורה, המשרד להגנת הסביבה

השימוש בדלקים גורם למגוון רחב של נזקים וסיכונים לסביבה ולאדם. שריפת ואידוי דלקים מהווים הגורם המשמעותי ביותר המשפיע על איכות האוויר בישראל ובעולם. בישראל לבדה כ-2,200 אנשים מתים בטרם עת כתוצאה מחשיפה לזיהום אוויר. באופן דומה השימוש בדלקים מהווה המקור העיקרי לפליטות גזי חממה ולשינויי האקלים. לא ניתן יהיה לעמוד ביעד העולמי להגבלת חימום כדוה"א ל 2°C אלא אם יחול שינוי דרמטי בשוק הדלקים. בנוסף, השימוש בדלקים גורם למפגעי רעש, זיהומי קרקע ומי תהום, מטרדי ריח ועוד. לאור ההשלכות הסביבתיות הנרחבות והגברת המודעות העולמית לגבי הסיכונים הסביבתיים שוק הדלקים עומד בפני אתגרים רבים. כתוצאה בשנים הקרובות צפויים שינויים בתכונות הדלקים ובסוג הדלקים.

השינויים בתכונות הדלקים יתמקדו בתכולת המזהמים גופרית, פוליאורומטיים, בנזן, מתכות, בתכונות הנדיפות ובתכולת מרכיבי הבליטה ממקורות מתחדשים.

השינויים בסוגי הדלקים יתמקדו במעבר הדרגתי של התחבורה היבשתית לחשמל ולגז טבעי. כלי שייט יעברו למוצרי נפט דלי גופרית, לגז טבעי נזלי או שיידרשו להתקין אמצעי הפחתת פליטות גופרית. בכלי טייס האתגר העיקרי יהיה הפחתת פליטות גזי החממה באמצעות דלקים ממקורות מתחדשים או הגברת יעילות המנועים.

שינויי תקינה בדלקים בשל דרישות סביבתיות – 1980-2025

פרופ' עמירם גרובייס
אוניברסיטת באר שבע
פז בית זיקוק אשדוד

התקינה הבינלאומית בדלקים נועדה לפקח על הרכבו של כל דלק באופן שיתאים ליעודו, וזאת באמצעות קביעת שורה ארוכה של תכונות פיסיקליות ו/או כימיות שעל הדלק למלא. אם נתבונן במפרט מלא של כל דלק, כפי שנגזר מתוך התקן, נראה כי ניתן לחלק את סך כל התכונות לשלושה חלקים: א) התאמה לביצועי המנוע (לדוגמא: מספר אוקטן בבנזין או מספר צטאן בדיזל), ב) דרישות תפעוליות של המוצר (למשל: צפיפות או צמיגות או נקודת הבזקה), ג) דרישות סביבתיות (כגון כמות הגופרית או כמות הבנזן או לחץ האדים). בעשרות השנים האחרונות, חלקן של הדרישות הסביבתיות מהמוצרים רק הולכות וגוברות. זה החל עם ההוצאה המלאה של העופרת מהבנזין, נמשך עם הפחתת כמויות הגופרית בבנזין וסולר עד לרמות הנושקות כמעט ל"אפס" כפי שהתבטא בדירקטיבות האירופאיות EURO-5 /EURO-6 ובשנים האחרונות ממשיך "להתגלגל" הלאה לתקני הקרוסין (דלק סילוני) ולאחרונה גם למזוט.

ההרצאה תכלול דיון בתקנים הרלוונטיים מתוך ראיית חלקה של שמירת הסביבה וכפי שבאה לידי ביטוי בתקני הדלקים בבנזין, סולר, דלק סילוני וגפ"מ אוטומטיבי. בחלקה האחרון של ההרצאה תידון התחיקה האחרונה בנושא דלקים ימיים, הקרויה IMO 2020, והשפעתה הצפויה לא רק על המזוט הימי אלא על כלל העשייה בבתי הזיקוק.

מתקני קו-גנרציה והשפעתם על שיפור איכות האוויר

נחום רפפורט
ראש תחום טכנולוגיה בר-דב הנדסה וניהול בע"מ
יועץ עצמאי: ייעוץ הנדסי בתחום תחנות כוח טורבינות גז ויחידות במחזור משולב

מערכת קו-גנרציה זו מערכת המשלבת ייצור חשמל באתר הצרכן וייצור אנרגיה תרמית לשימוש של אותו יצרן על ידי ניצול חום שיורי הנפלט ממקור האנרגיה הראשוני. בתור מקורות ראשוניים של האנרגיה יכולים להיות טורבינות גז או מנועי גז. החום השיורי טמון בגזי השריפה של טורבינות הגז או בגזי שריפה של מנועי גז ומי הקירור של מעטפת המנועים. ניתן לייצר במתקני קו-גנרציה מים קרים, מים חמים, קיטור, הכול בהתאם לצרכי המשתמש. כאשר מייצרים הן חשמל, הן קור והן חום המתקנים נקראים מתקני תרי-גנרציה. נצילות מתקני קו-גנרציה מגיעה ל- 85%. כדי לייצר אותה כמות אנרגיה, חשמלית ותרמית, במקנים קונבנציונליים נדרשת כמות גז טבעי גבוהה בכ- 50% בהשוואה לנדרש במתקני קו-גנרציה. כתוצאה מנצילות גבוהה של מתקני קו-גנרציה פליטה סגולית של CO2 נמוכה משמעותית בהשוואה לייצור אותה כמות אנרגיה במתקנים קונבנציונליים, והשימוש בגז טבעי, שהוא דלק נקי, מביא להעדר תחמוצות

גופרית וחלקיקים בגזי פליטה. ניתן לבנות מתקנים, בהם פליטות תחמוצות חנקן NOx זניחות. מתקני קו-גנרציה ניתן ליישם הן בתעשיות שונות והן במוסדות אזרחיים מסוגים שונים. בארץ למעלה מ-50% מצריכת החשמל נצרכת על ידי מערכות מיזוג אוויר. הספקת מים קרים למיזוג אוויר מצ'ילרי אבסורפציה מופעלים על ידי חום שיויר, ולא מצ'ילרים חשמליים, מקטינה משמעותית (עד 50%) את צריכת החשמל. **זאת התייעלות אנרגטית מחד ושיפור משמעותי באיכות האוויר מאידך!**

פיתוח חדשני לייצור ביודיזל משפכים שומניים

Nakonechny F., Kolet M., Zerbib D. and Nisnevitch M.
Department of Chemical Engineering, Biotechnology and Materials, Ariel
University

לאחרונה ביודיזל הפך לאחד המקורות המתחדשים המבטיחים ביותר של דלק לתחבורה. השימוש בביודיזל במקום דיזל קונבנציונלי מפחית פליטות של גזי חממה ומזהמים סביבתיים אחרים (אפר, פיח, סולפטים), מגן על הסביבה ומשפר את איכות האוויר. ביודיזל הוא דלק מתחדש ומתכלה. ביודיזל מיוצר על ידי טרנסטריפיקציה של שמנים צמחיים ושומנים מן החי. משך התהליך ותנאי התגובה הקונבנציונאלית תלויים בסוג הזרז, אבל בכל מקרה, ביצוע יעיל של התגובה דורש חימום, לחץ וזמנים ארוכים.

המחקר הנוכחי מוקדש לפיתוח סכמה חדשה לייצור רציף של ביודיזל מפסולת שומנית של תעשיית המזון בארץ. שפכים שומניים (Brown Grease - BG) הנם תערובת של שמנים, שומנים, מוצקים ודטרגנטים ממסעדות ומפעלי מזון, המצטברים במלכודות שומן. פריקת פסולת זו למערכת ביוב עלולה לגרום לסתימות במערכות ביוב ונזקים של מערכות טיפול וטיהור שפכים עירוניים. BG מסווג כפסולת וחייב לעבור טיפול מתאים וסילוק. מצד שני, BG מכיל שמנים צמחיים ושומנים מן החי, אשר ניתן להמיר לביודיזל. כל הגורמים האלה הופכים את BG לחומר גלם אטרקטיבי לייצור ביודיזל. עם זאת, תכולה של מים, דטרגנטים ומזהמים אחרים, כמו גם ריכוז גבוה של חומצות שומן חופשיות ב-BG, אינם מאפשרים שימוש בתהליכים קונבנציונאליים לייצור ביודיזל. מחקר זה נועד לפתח גישה חדשה לייצור ביודיזל מ-BG. תוצאות ראשוניות מראות כי ניתן להפיק ביודיזל מ-BG על ידי אסטריפיקציה וטרנסטריפיקציה של השמנים בתוך דקות אחדות, בשפעול על-קולי בטמפרטורת החדר, תוך כדי שימוש בזרז הטרונגי. תוצאות אלה מהוות פוטנציאל טוב לפיתוח של תהליך רציף יעיל לייצור ביודיזל י מ-BG.

ייצור דלק מימני משפכים ביתיים בעזרת חיידקים

שמואל רוזנפלד¹, פרופ' אלכס שכטר² ודר' רבקה כהן¹
¹המחלקה להנדסת כימיה וביוטכנולוגיה, הפקולטה להנדסה, אריאל
²המחלקה למדעי הכימיה, הפקולטה למדעי הטבע, אריאל

מרבית האנרגיה המופקת והמשמשת את האדם וסביבתו, מקורה ממשאבי טבע מחצביים. משאבי טבע אלו, כשהעיקריים שבהם, פחם (כ-28.8%), נפט (כ-31.5%) וגז טבעי (כ-21.3%) הינם משאבים מתכלים והסברה היא שבמרוצת הזמן לא ימלא ד"י צורכה של האנושות. בנוסף להפקת אנרגיה ממקורות מחצביים ישנם חסרונות סביבתיים רבים. בעשורים האחרונים חלה עליה מתמדת בפיתוח שיטות חלופיות ומתחדשות להפקת אנרגיה, ביניהם ניתן למנות הפקת אנרגיה באמצעות מים, רוח, שמש, ביו-מסה, ביו-גזים ומקורות בלתי נדלים, מתחדשים וירוקים נוספים.

לגז המימן תפקיד חשוב במגוון תעשיות, ביניהן תעשיות כבדות, צבאיות, רפואיות, הודות לצבירת האנרגיה המשקלית הרבה האגורה בו, הגדולה פי-2.8 מאשר בתהליך בעירה של בנזין (120 MJ/kg מול 43 MJ/kg, בהתאמה), דבר ההופך אותו לבחירה עדיפה. בנוסף, תוצר שריפת המימן בחמצן הוא מים, בהשוואה לזיהום האוויר בבעירת דלקים אחרים. הצפי לעתיד, שהשימוש במימן ייגבר ויהווה אלטרנטיבה כמקור אנרגיה זמין וזול להנעת רכבים ולמכונות צורכות חשמל. ישנן מספר טכנולוגיות שכבר זמינות בשוק התעשייתי של ייצור מימן. הטכנולוגיה המסחרית הראשונה, שפותחה במאה הקודמת, הייתה אלקטרוליזה של מים. אולם, החל משנות ה-60, הייצור התעשייתי של מימן נעשה על ידי פירוק פחמנים מדלקים מאובנים. משיקולי מחיר נמוך, שיטה זו, על אף יעילותה הנמוכה, ונזקיה הצדדים לסביבה (פליטת CO₂), עודנה השיטה התעשייתית לייצור מימן. בהתאם לתחזית של ארגון האנרגיה העולמי, שיטה זו צפויה להמשיך לשלוט בעשרים השנים הקרובות. הצפי הוא שהחל משנת 2030 יכנסו לתעשייה שיטות מסחריות ליצירת מימן בשיטת פוטוכימיות, מימן ממקור גרעיני ומביומסה בעזרת תהליכים ביולוגיים (ביו-מימן). לשיטות ייצור מימן בתהליכים ביולוגיים יש יתרונות רבים בהשוואה לייצור מימן בשיטות האחרות.

בעשור האחרון פותח מודל טכנולוגי חדש להפקת ביו-מימן (מימן ממקורות ביולוגיים) על ידי תא אלקטרוליזה מיקרוביאלי (Microbial Electrochemical Cell-MEC), בהם ביו-מסה יכולה להיות מנוצלת באופן מלא על ידי חיידקים ייעודיים לצורך הפקת ביו-מימן. במחקר זה, מערכת ה-MEC לייצור ביו-מימן, מבוססת על אנודה חיידקית המורכבת מזני חיידקים שונים המסוגלים לחמצן מגוון מקורות פחמן החל מחד-סוכרים וכלה במקורות פחמן הנמצאים בשפכים ביתיים. תוך כדי ניצול מקורות הפחמן נוצרים אלקטרונים ופרוטונים. האלקטרונים עוברים מהאנודה לקתודה דרך טווח מוליך חיצוני (באלקטרודות) ואילו הפרוטונים עוברים לקתודה דרך ממברנה ייעודית שבתמיסה. בנוכחות זרזים שונים, מחוזרים הפרוטונים על גבי הקתודה ליצירת גז המימן. האנרגיה הדרושה להפעלת מערכת ה-MEC לייצור מימן הינה כ-0.2V (תיאורתית, כתלות במגוון הפרמטרים) ונמוכה משמעותית (בכמעט סדר גודל אחד) מזו הנדרשת להפעלת תהליך אלקטרוליזה של מים. ייחודיות של המחקר המוצע הינה בזה שהאלקטרודות הנחקרות עשויות חומרים זולים וזמינים, כגון בד פחמן ונירוסטה תוך בחינת מגוון שיטות חדשניות להגדלה ושיפור שטח פני האלקטרודות להגברת הצמדות החיידקים (ייעול תהליך האנודי לפרוק מקורות פחמן ומזהמים), ולהגברת קישור הזרז לקתודה (ייעול תהליך הקתודי של חיזור פרוטונים ליצירת גז מימן). הזרז במחקר זה מבוסס הינו MoS₂

מסונתז שהינו זול בכפי 20 בהשוואה לזרז הנפוץ פלטינה (Platinum) ונמצא כבעל יעילות דומה.

לסיכום, מחקר זה מציג ייצור ביו-מימן נקי בתהליך ביו-אלקטרוכימי בעזרת אנודה בקטריאלית כחלופה לזרז כימי בתהליך חמצון תוך שימוש במקורות פחמן שונים לפעילות החיידקים. שימוש בזרזים מסונתזים משופרים וזולים וכן טיפולי פני שטח מקדימים לאלקטרודות השונות, במטרה להקטין את האנרגיה המושקעת בתהליך וצמצום עליות המתקן יובילו בעתיד לבניית מערכות MEC יעילות לייצור מימן בסמוך למתקנים לטיפול בשפכים.

* בדו"ח משרד האנרגיה והטכנולוגיות שבמחלקת המדינה של ארה"ב (FCTO), הוגדרה MEC כטכנולוגיית מפתח במשק האנרגיה העתידי לייצור המימן במחירי מטרה של \$/gge (Randolph and Studer, 2013) 2-4

עמידות החומרים בכלי אחסון ושינוע של דלקי מאובנים ודלקים עתידיים

ד"ר אליק גרויסמן

טכניון, חיפה

אגודת מהנדסי כימיה וכימאים, לשכת המהנדסים

מטרת הרצאה זו, לנתח את ההתנהגות של חומרים הנדסיים בהם עושים שימוש לצורך אחסון ושינוע (מכלי אחסון והובלה, צינורות, ציוד ייצור חשמל ואנרגייה מכנית ועוד), אשר באים במגע עם דלקים מאובנים (גפ"מ, בנזין, קרוסין, סולר, מזוט) ודלקים אלטרנטיביים (גז טבעי, ביודיזל, מימן, אמוניה).

ניצול ושימוש אינטנסיבי בדלקים מאובנים התחיל לפני כ- 100 שנה. במהלך השנים נרכש ניסיון עשיר בכל הקשור בעמידות החומרים הנמצאים במגע עם דלקים מאובנים. שיפור תכונות של דלקים מאובנים במהלך השנים האחרונות (למשל, ירידת ריכוז הגופרית בדלקים) השפיע על אגרסיביותם.

בד בבד, פיתוח ושימוש בדלקים אלטרנטיביים העלה בעיות חדשות של עמידות החומרים ההנדסיים במכלי האחסון והשינוע, אשר באים במגע עם דלקים חדשים אלה.

בעיות אלו הצריכו ניתוח של הגורמים העיקריים לקורוזיה בחומרים של אותם מכלי אחסון ושינוע דלקים, הניתוח כלל בחירה הנדסית של החומרים ושיטות ניטור קורוזיה.

שלושה ספרים שיצאו לאור ב- Springer מציגים את התוצאות:

- "Corrosion for Everybody"
- "Corrosion in Systems for Storage and Transportation of Petroleum Products and Biofuels"
- "Corrosion Problems and Solutions in Oil Refining and Petrochemical Industry".

ידע חשוב זה חיוני לתכנון, תחזוקה ובטיחות בכל התעשיות הקשורות לשימוש בדלקים מאובנים ודלקים אלטרנטיביים.