

נפט ומוצריו

עורך מקצועי - משה רבייב

תוכן עניינים ועמודים לדוגמה
מתוך הספר



נפט ומוצריו

עורך מקצועי: משה רבייב

הקדמה

אנו גאים להגיש לקהל הישראלי את הספר **נפט ומוצריו**. ספר זה הוא נדבך נוסף במיזם של המכון הישראלי לאנרגיה ולסביבה לפרסום ספרות מקצועית בשפה העברית בנושאי נפט ואנרגיה. בשנת 2011 הוציא המכון לאור במסגרת מיזם זה את הספר **נושאים נבחרים בטריבולוגיה, שמנים וחומרי סיכה**.

המכון הישראלי לאנרגיה ולסביבה הוקם בשנת 1964 בשם "המכון הישראלי לנפט ולאנרגיה", ומטרתו, הייתה ועודנה, לקדם ולהעמיק את הידע הטכנולוגי והכלכלי בנושאי נפט ואנרגיה בישראל. במשך השנים הרחיב המכון את תחומי פעילותו לנושאי אנרגיה נוספים ולנושאי סביבה ושינה את שמו בהתאם. היום נושאי הסביבה והרגולציה בנושאים אלה מהווים את אחד התחומים המרכזיים בפעילותו של המכון בצד נושאי האנרגיה המסורתיים, נושאי הגז הטבעי, החשמל וגם האנרגיה המתחדשת.

המיזם לפרסום ספרות מקצועית, שבמסגרתו יצא לאור הספר הראשון בסדרה **נושאים נבחרים בטריבולוגיה, שמנים וחומרי סיכה**, מצטרף לפרסומים האחרים של המכון המסייעים להעמקת הידע בנושאי אנרגיה וסביבה בישראל.

הספר **נפט ומוצריו** הוא חיבור מקיף ומעודכן בנושא זה שמתפרסם בעברית. פרקי הספר נכתבו על ידי אנשי מקצוע מומחים במשק הנפט והאנרגיה הישראלי, על בסיס הידע שהצטבר בעולם ובישראל. ספר קודם בתחום זה **נפט גולמי ומוצרי הדלק**, שנכתב על ידי נחום פור ז"ל, יצא גם הוא לאור על ידי המכון עוד בשנת 1984 ועודכן בשנת 1989. אנו מאמינים שהספר יתרום להעמקת הידע בנושא בישראל.

תודתנו נתונה לכותבי הספר, לאלו שסייעו בהכנת החומר, במתן ביקורת מקצועית במהלך הכנתו ולכל מי שסייע בעריכה והוצאת הספר לאור.

עמיר מקוב

יו"ר המכון הישראלי לאנרגיה ולסביבה

מרץ 2012



תוכן עניינים מקוצר

1	1. מבוא
11	2. נפט גולמי
21	3. בתי זיקוק
43	4. גז פחמימני מעובה (גפ"מ)
61	5. בנזין לרכב ולתעופה
89	6. דלק סילוני (דס"ל), קרוסין
121	7. סולר
137	8. מזוט
153	9. ביטומן
177	10. מוספים לדלקים
211	11. מתקני אחסון ותשתיות בתעשיית הנפט
247	12. קורוזיה במערכות מוצרי הנפט
297	13. מיקרוביולוגיה של דלקים
329	14. טכנולוגיות להפחתת זיהום אוויר ממנועים
353	15. היבטים סביבתיים בטיפול ובשימוש במוצרי דלק
371	16. היבטים בטיחותיים בטיפול ובשימוש במוצרי דלק
399	שמות וקיצורים
403	אינדקס

תוכן עניינים

1	1	1
1	1.1	חשיבות הנפט הגולמי
1	1.2	תפוצת הנפט הגולמי
4	1.3	היווצרות הנפט הגולמי
5	1.4	חיפושי נפט
7	1.5	שינוע וזיקוק
7	1.6	מסחר בנפט גולמי
7	1.6.1	קביעת מחירי הנפט
8	1.6.2	המוכרים
10	1.6.3	סוגי העסקאות
10	1.7	העתיד
10		ביבליוגרפיה
11	2	2
11	2.1	מהות הנפט הגולמי
11	2.2	מהות המרכיבים האי-אורגניים בנפט גולמי
13	2.3	אמולסיות
14	2.4	שיטות שבירת אמולסיות
15	2.5	סיווג והערכות נפט גולמי
17	2.6	קביעת הסוג או האופי של הנפט הגולמי
17	2.6.1	מקטעי "המפתח"
17	2.6.2	גורם האפיון (Characterization Factor)
18	2.6.3	אינדקס הקורלציה (Correlation Index)
19	2.7	הערכות נפט גולמי (Crude Oil Assays)
20	2.8	כלילה
21	3	3
22	3.1	תהליכי הפרדה פיזיקליים
23	3.2	זיקוק ראשוני
26	3.3	זיקוק פשוט

27.....	זיקוק למקוטעין	3.4
30.....	זיקוק נפט גולמי	3.5
32.....	תהליך זיקוק מודרני	3.6
33.....	זיקוק בוואקום	3.7
34.....	תהליכים כימיים בבתי זיקוק	3.8
35.....	תהליך הפיצוח התרמי	3.8.1
35.....	תהליך הדהידרוגנציה (הדחת מימן, Dehydrogenation)	3.8.2
36.....	תהליך הפירום הקטליטי (Catalytic Reforming)	3.8.3
37.....	תהליך הפיצוח המימני	3.8.4
37.....	תהליך האיזומריזציה	3.8.5
38.....	תהליך הפולימריזציה	3.8.6
38.....	תהליך האלקילציה	3.8.7
39.....	תהליך הפיצוח הקטליטי	3.8.8
40.....	תהליכי הדחת גופרית	3.9
40.....	תהליכים קטליטיים רגנרטיביים, כגון תהליך "מרוקס" (MEROX®)	3.9.1
41.....	תהליכים קטליטיים מימניים	3.9.2
42.....	מתקן שבירת צמיגות (מש"ץ)	3.10
42.....	ביבליוגרפיה	
43	4. גז פחמימני מעובה (גפ"מ)	4
43.....	כללי	4.1
43.....	מהו גפ"מ	4.1.1
43.....	מקורות הגפ"מ	4.1.2
44.....	הרכב	4.2
44.....	פרפינים (אלקאנים – Alkanes)	4.2.1
45.....	אולפינים (אלקנים – Alkenes, אלקינים – Alkynes)	4.2.2
46.....	תקן ישראלי 1134 חלק 1 "גז פחמימני מעובה: דרישות כימיות ופיזיקליות"	4.3
46.....	מוספים לגפ"מ	4.4
47.....	תכונות	4.5
47.....	הרכב גפ"מ לפי חוק הגז	4.5.1
47.....	מצב צבירה בתנאים רגילים	4.5.2
47.....	ניזול הגפ"מ	4.5.3
47.....	תכונות פאזה הנוזל	4.6
47.....	משקל סגולי – נוזל	4.6.1

48.....	לחץ אדים	4.6.2
50.....	נקודת רתיחה	4.6.3
50.....	חום כמוס ואיוד	4.6.4
51.....	קורוזיביות	4.6.5
52.....	מוליכות	4.6.6
52.....	כמות אדים שמתהווה מאידוי של 1 ליטר נוזל	4.6.7
52.....	תכונות פאזת האד (גז)	4.7
53.....	משקל סגולי יחסי	4.7.1
54.....	משקל סגולי – אד	4.7.2
54.....	מקדם ההפיכה	4.7.3
54.....	תחום דליקות	4.7.4
55.....	שארית אידוי	4.7.5
55.....	ערך היסק (ערך קלורי)	4.7.6
56.....	Wobbe Index (WI)	4.7.7
56.....	נפח אוויר הדרוש לשריפה מלאה	4.7.8
56.....	נקודת הטל	4.7.9
57.....	תכונות כלליות	4.8
58.....	תנאי אחסון והולכה	4.9
58.....	אחסון	4.9.1
60.....	הולכת נוזל בצנרת	4.9.2
60.....	הולכת אד בצנרת	4.9.3
60.....	בעירה	4.10
61	5. בנזין לרכב ולתעופה	
61.....	מבוא	5.1
62.....	הרכב כימי	5.2
65.....	ייצור הבנזין	5.3
66.....	התקן הישראלי לבנזין	5.4
66.....	תכונות הבנזין	5.5
68.....	מספר האוקטן	5.6
71.....	תכונות נדיפות של בנזין	5.7
74.....	תכונות נוספות של בנזין	5.8
74.....	צפיפות	5.8.1
75.....	יציבות	5.8.2

תוכן עניינים

76	אורך חיי מדף	5.8.3
76	עופרת	5.8.4
76	קורוזיה	5.8.5
76	מראה חזותי	5.8.6
77	נקודת הבזקה	5.8.7
77	דליקות של בנזין	5.8.8
78	נקודת קיפאון	5.8.9
78	ערך היסק (ערך קלורי)	5.8.10
78	מים בבנזין	5.8.11
79	מזהמים שנפלטים בזמן שריפת הדלק והטיפול בהם	5.9
82	בנזין תעופתי – Avgas	5.10
82	הרכב הבנזין	5.10.1
82	תקן ASTM D 910	5.10.2
82	מספר אוקטן	5.10.3
83	עופרת	5.10.4
83	צבע	5.10.5
83	צפיפות	5.10.6
83	זיקוק – תכונות נדיפות	5.10.7
84	המרכיב הקל של הבנזין	5.10.8
84	המרכיב הכבד של הבנזין	5.10.9
84	טמפרטורת קיפאון	5.10.10
84	תכולת גופרית	5.10.11
84	ערך היסק תחתון	5.10.12
87	קורוזיה	5.10.13
87	עמידות בחמצון	5.10.14
87	סבילות למים	5.10.15
87	מוליכות חשמלית	5.10.16
87	מוספים ואוקסיגנטים	5.11
88	ביבליוגרפיה	
89	6. דלק סילוני (דס"ל), קרוסין	
89	מבוא	6.1
90	תהליך השריפה	6.2
92	תכונות דס"ל ושיטות בדיקה	6.3

92.....	(Density & Specific Gravity) צפיפות ומשקל סגולי	6.3.1
92.....	(Distillation) זיקוק	6.3.2
93.....	(Composition) הרכב פחמימני	6.3.3
93.....	(Smoke Point) נקודת העשן	6.3.4
93.....	(Calorific Value) ערך ההיסק של הדלק	6.3.5
93.....	(Stability) יציבות	6.3.6
95.....	(Total Sulfur) תכולת גופרית כללית	6.3.7
96.....	(Copper Corrosion & Silver Corrosion) קורוזיביות לפס נחושת ולפס כסף	6.3.8
97.....	(WSIM) כושר הדס"ל להיפרדות ממים	6.3.9
97.....	(Water Content) נוכחות מים בדלק	6.3.10
98.....	(Electrical Conductivity) מוליכות חשמלית	6.3.11
98.....	(Flash Point) נקודת הבזקה	6.3.12
98.....	(Freezing Point) נקודת הקיפאון	6.3.13
98.....	(Viscosity) צמיגות	6.3.14
99.....	(Contaminants) מזהמים בדס"ל	6.3.15
100.....	(Lubricity) סיכות	6.3.16
103.....	(Additives) מוספים בדלק סילוני	6.4
103.....	(SDA) מוסף למניעת חשמל סטטי	6.4.1
104.....	MDA מוסף	6.4.2
104.....	(Antioxidants) מוספים נוגדי חמצון	6.4.3
104.....	(Corrosion Inhibitor/Lubricity Improver) מוסף מעכב קורוזיה/משפר סיכות	6.4.4
105.....	FSII – מוסף למניעת הקרחה	6.4.5
105.....	(Tracer A) עוקב א'	6.4.6
105.....	Biocides – מוספים מונעי גידולים מיקרוביאליים	6.4.7
106.....	סוגי הדלק הסילוני שנמצאים בשימוש בעולם כיום	6.5
106.....	דלק סילוני לשימוש התעופה האזרחית (מסחרית)	6.5.1
107.....	דלק סילוני לשימוש התעופה הצבאית	6.5.2
109.....	דלקים רוסיים TS-1-ו T-2 ,T-1 ,RT	6.5.3
110.....	דלקים סיניים	6.5.4
110.....	SASOL-ו ASTM D 7566 – דלקים סינטטיים	6.5.5
111.....	דלק סילוני עבור טילים	6.5.6
111.....	ריכוז הבדיקות הנדרשות לדלקים סילוניים	6.6
111.....	תכונות דס"ל לפי מפרטים שונים	6.6.1

115	התקן הבינלאומי AFQRJOS	6.6.2
115	מגבלות הזיהום של הדס"ל	6.6.3
118	הקריטריונים של מוצר יציב	6.7
118	קרוסין לשימוש ביתי	6.8
119	ביבליוגרפיה	
121	7. סולר	
121	מבוא	7.1
121	סולר תחבורה	7.2
121	מנוע דיזל	7.2.1
122	עיקרון הפעולה של מנוע דיזל	7.2.2
123	ההבדל בין מנוע דיזל לבין מנוע בנזין	7.2.3
123	תכונות סולר תחבורה הנגזרות מן המבנה הכימי של מרכיביו	7.2.4
129	תכונות נוספות של סולר תחבורה, החשובות לתפקוד רכב המונע בסולר	7.2.5
133	תקן סולר תחבורה	7.3
133	סולר הסקה	7.4
133	תהליך הבעירה של סולר הסקה	7.4.1
135	תקן סולר הסקה	7.4.2
136	ביבליוגרפיה	
137	8. מזוט	
137	מבוא	8.1
137	הפקת מזוט	8.1.1
138	מבנה כימי של מזוט	8.1.2
140	מזוט תעשייתי	8.2
140	תקן ישראלי למזוט תעשייתי	8.2.1
140	תכונות המזוט ומשמעותן	8.3
140	צמיגות	8.3.1
142	צפיפות	8.3.2
142	נקודת הבזקה	8.3.3
142	נקודת נזילות	8.3.4
143	ערך ההיסק	8.3.5
143	תכולת מים	8.3.6
143	תכולת משקעים במיצוי	8.3.7

144	תכולת אפר	8.3.8
144	תכולת גופרית	8.3.9
144	יציבות	8.3.10
145	תכולת אספלטנים	8.3.11
145	מזוט ימי	8.4
145	מנוע דיזל 2 פעימות הפועל על דלק שאריתי	8.4.1
146	דרישות התקן למזוט ימי	8.4.2
146	תקן מזוט תעשייתי ותקן מזוט ימי	8.4.3
147	הגבלת נוכחות מתכות במזוט ימי	8.4.4
148	שרף פוטנציאלי במזוט ימי	8.4.5
149	מבללי מזוט	8.5
152	ביבליוגרפיה	

9. ביטומן

153	היסטוריית הביטומן	9.1
154	הרכב הביטומן	9.2
156	תכונות הביטומן	9.3
156	התכונות הפיזיקליות העיקריות של הביטומן	9.3.1
156	תכונת הוויסקו-אלסטיות של הביטומן	9.3.2
158	השפעת טמפרטורה	9.3.3
158	צמיגות	9.3.4
158	חדירות (Penetration)	9.3.5
159	נקודת התרככות (Softening Point)	9.3.6
159	רקיעות ופריכות	9.3.7
159	מסיסות	9.3.8
159	עמידות לחומצות ובסיסים	9.3.9
160	שיטות בדיקה מעבדתיות	9.4
161	ייצור ביטומן מנפט גולמי	9.5
161	תהליכי ייצור	9.5.1
161	חמצון / נישוף (Air Blowing)	9.5.2
162	ערבוב (Blending)	9.5.3
162	ביטומן אספלט לסלילה	9.6
162	התפתחות תקינת הביטומן לסלילה בישראל, בשנים 1955-2006	9.6.1
164	(Strategic Highway Research Program) SHRP	9.6.2

164	תערובות אספלט מקובלות בשימוש בארץ	9.6.3
166	ביטומן לאיטום	9.7
166	איטום בביטומן ובדים	9.7.1
167	שיפור תכונות הביטומן למטרות איטום	9.7.2
167	יריעות ביטומניות משופרות בפולימרים	9.7.3
168	ביטומן משופר בפולימר אלסטומרי (SBS)	9.7.4
168	יריעות ביטומניות אלסטומריות	9.7.5
169	יריעות ביטומניות להדבקה עצמית (Self Adhesive)	9.7.6
169	יריעות ביטומניות פלסטומריות	9.7.7
169	ממברנות ביטומניות נוזליות לאיטום מבנים	9.7.8
170	משחות איטום על בסיס תחליבים ביטומניים	9.7.9
171	אמולסיות ביטומניות לסלילה	9.8
171	השימוש באמולסיות ביטומניות	9.8.1
171	יתרונות השימוש באמולסיות ביטומניות	9.8.2
172	הגדרת האמולסיות הביטומניות	9.8.3
173	מיון ושמות של אמולסיות	9.8.4
173	ייצור אמולסיות	9.8.5
175	תהליך השבירה של אמולסיות	9.8.6
175	גורמי אקלים	9.8.7
175	סוג האבן איתה האמולסיה באה במגע	9.8.8
175	מוספים המיועדים לשינוי קצב השבירה	9.8.9
176	חידושים	9.8.10
176	ביבליוגרפיה	
177	10. מוספים לדלקים	
177	מבוא	10.1
178	מוספים לבנזין	10.2
178	מונעי חמצון (Antioxidants)	10.2.1
180	מונעי קורוזיה (Corrosion Inhibitors)	10.2.2
180	מונעי יצירת אמולסיה ועכירות (Demulsifiers and Dehazers)	10.2.3
181	צבעים וסמנים (Dyes and Markers)	10.2.4
181	מוספים לבקרת משקעים במנועי בנזין – DCA (Deposit Control Additives)	10.2.5
190	מוספים להעלאת מספר אוקטן (Antiknock Additives)	10.3
190	מוספים להעלאת אוקטן על בסיס מתכות	10.3.1

191	תרכובות אורגניות להעלאת אוקטן	10.3.2
191	שימוש באוקסיגנטים להעלאת אוקטן	10.3.3
194	מונעי שחיקת תושבות שסתומים (Anti Valve Seat Recession Additives)	10.3.4
195	מוספים לקרוסין ולדס"ל (דלק סילוני)	10.4
196	מבטלי פעילות מתכות (Metal Deactivator)	10.4.1
196	מונעי חמצון (Antioxidant)	10.4.2
196	מונעי קורוזיה (Corrosion Inhibitors)	10.4.3
197	מונעי חשמל סטטי (Antistatic Additives)	10.4.4
197	משפרי סיכות (Lubricity Improver)	10.4.5
198	מוספים מונעי היווצרות קרח (Anti Icing Additives)	10.4.6
198	מוספים למניעת גידולים מיקרוביאליים (Biocides Additives)	10.4.7
198	מוספים לסולר	10.5
198	משפרי זרימה (Flow Improvers)	10.5.1
200	מונעי יצירת אמולסיה (Demulsifiers)	10.5.2
200	מונעי קורוזיה (Corrosion Inhibitors)	10.5.3
200	מונעי חמצון ומייצבים (Antioxidants and Stabilizers)	10.5.4
201	מוספים מונעי הקצפה (Antifoam Additives)	10.5.5
201	מוספים דטרגנטים למונעי דיזל	10.5.6
203	מבחני מנוע לבחינת יעילות מוספים דטרגנטים במונעי דיזל	10.5.7
204	התקן הישראלי למוספים דטרגנטים ומונעי הקצפה בסולר תחבורה	10.5.8
204	משפרי צטאן (Cetane Improvers)	10.5.9
205	משפרי סיכות (Lubricity Improvers)	10.5.10
206	מוספים למזוט	10.6
207	מוספים מונעי יצירת אמולסיות (Demulsifiers)	10.6.1
207	מוספים למניעת הצטברות משקעים (Sludge Dispersants)	10.6.2
208	מוספים למניעת קורוזיה באזור הקר של דוודי קיטור	10.6.3
208	מוספים למניעת קורוזיה באזור החם של דוודי קיטור	10.6.4
209	ביבליוגרפיה	
211	מתקני אחסון ותשתיות בתעשיית הנפט	11
211	מתקני אחסון ותשתיות	11.1
211	חוות מיכלי דלק	11.1.1
211	מתקני דלק ומסופי דלק	11.1.2
212	מתקני זיקוק	11.1.3

212	מתקני אספלט	11.1.4
212	מתקנים תעופתיים	11.1.5
213	מתקני טעינה ופריקה ימיים	11.1.6
213	תחיקה ותקינה בנושא הקמת מתקני דלק	11.2
215	מיכלים	11.3
215	מיכלים על-קרקעיים	11.3.1
222	מיכלים תת-קרקעיים	11.3.2
222	מאצרות (בריכות אצירה)	11.4
223	צנרת	11.5
223	צנרת הולכה וחלוקה	11.5.1
224	צנרת במתקני דלק	11.5.2
224	שיטות מדידת כמויות הדלק באחסנה ובהזרמה	11.6
225	מדידה באחסנה	11.6.1
225	כיול מיכלים	11.6.2
225	גורמים המשפיעים על כיול המיכל	11.6.3
226	מדידה ידנית של כמות הנוזל במיכל	11.6.4
227	שיטות מדידה אוטומטיות של כמות הנוזל במיכל (ATG)	11.6.5
230	מדידת דלק בצנרת בזמן הזרמה	11.6.6
232	מקומות ושימושים עיקריים בסוגי המונים	11.6.7
232	תחומי מדידה מומלצים לסוגי המונים השונים	11.6.8
233	מערכות מישוב אדים – צמצום פליטות של תרכובות אורגניות נדיפות (VOC)	11.7
233	חקיקה בנושא פליטת VOC	11.7.1
234	רמות פליטת VOC לאוויר	11.7.2
235	מערכות מישוב האדים	11.7.3
235	אמצעי המנע לצמצום פליטה לאטמוספירה ממיכלי דלק וממסופי דלק (טעינת מיכליות)	11.7.4
237	מערכות מישוב אדים – שיטות במסופי טעינה	11.7.5
238	מערכות כיבוי אש	11.8
238	כיבוי מיכלי דלק	11.8.1
239	כיבוי מאצרות	11.8.2
239	כיבוי מסופי דלק ומתקני טעינת מיכליות כביש	11.8.3
239	מערכות קירור	11.8.4
240	בחירת השיטה	11.8.5
240	מערכות משלימות	11.9

240	תחזוקה	11.10
240	עקרונות תחזוקה	11.10.1
242	צנרת הולכה ארצית ובין מתקנים	11.10.2
242	כיוול מדי דלק (Meter Proving)	11.10.3
242	סוגי הציוד המשמשים לכיוול (Meter Provers)	11.10.4
244	ביבליוגרפיה	
247	12. קורוזיה במערכות מוצרי הנפט	
247	הקדמה	12.1
248	קורוזיביות של נפט גולמי ודלקים	12.2
251	מיכלי אחסון נפט גולמי ודלקים	12.3
251	קורוזיה של מיכלי אחסון נפט גולמי ודלקים	12.4
253	אזורים במיכלים שסובלים מקורוזיה	12.4.1
255	מיכלי נפט גולמי	12.4.2
255	מיכלי בנזין	12.4.3
257	מיכלי סולר	12.4.4
257	מיכלי מזוט	12.4.5
258	מיכלי קרוסין	12.4.6
259	קורוזיה מיקרוביאלית	12.5
259	מניעת קורוזיה מיקרוביאלית במיכלי אחסון נפט גולמי ודלקים	12.5.1
261	קורוזיית מיכלים וצינורות מתחת לבידוד תרמי	12.6
262	שיטות למניעת קורוזיה במיכלי אחסון נפט גולמי ודלקים	12.7
263	צבעים וציפויים אורגניים	12.7.1
264	צבעים להגנת פני השטח הפנימיים של מיכלי אחסון בנזין ונפטא	12.7.2
265	צבעים להגנת פני השטח החיצוניים של מיכלים	12.7.3
266	צבעים להגנת פני השטח החיצוניים של צינורות תת-קרקעיים ותת-ימיים	12.7.4
267	ציפויים מתכתיים	12.7.5
268	המלצות לבחירת ציפויים	12.7.6
268	אינהיביטורי קורוזיה (מעכבים)	12.8
268	אינהיביטורים בפאזה מימית וביוצידים	12.8.1
269	אינהיביטורים נדיפים – VCI (Volatile Corrosion Inhibitors)	12.8.2
270	הגנה קתודית	12.8.3
272	שיטות הגנה משולבות בפני קורוזיה	12.8.4
272	Secondary Containment ורצפה כפולה	12.9

273	12.10 מיכלים תת-קרקעיים
273	12.11 עמידות חומרים פולימרים בדלקים
273	12.12 מעקב אחר קורוזיה – במיכלים ובצינורות
276	12.13 סיכום
278	ביבליוגרפיה
290	נספח 1-12: קורוזיביות ואגרסיביות פחמימנים הנכללים בנפט גולמי ובדלקים
	נספח 2-12: מערכות צבע להגנת פני השטח החיצוניים והפנימיים של מיכלי אחסון נפט
292	ודלקים
295	נספח 3-12: מילון מושגים
297	13. מיקרוביולוגיה של דלקים
297	13.1 הקדמה
298	13.1.1 פעילות מיקרואורגניזמים במערכות דלק הידרוקרבוני
301	13.1.2 עמידות מיקרואורגניזמים בדלקים הידרוקרבוניים
302	13.1.3 גורמים המשפיעים על גידול מיקרואורגניזמים בפאזה המימית
304	13.2 ביופילמים מיקרוביאליים
306	13.2.1 היווצרות הביופילם
306	13.2.2 התהוות ביופילמים במערכות דלק
307	13.2.3 היווצרות בוצה מיקרוביאלית
307	13.3 מנגנוני תקיפה מיקרוביאלית של הידרוקרבוניים
307	13.3.1 ניצול דלק הידרוקרבוני כמקור פחמן
311	13.4 פגיעה מיקרוביאלית בתכונות תזקי דלק
311	13.4.1 התפתחות קורוזיביות בתזקי דלק
	13.4.2 התפתחות תהליכי קורוזיה כתוצאה מפעילות מיקרואורגניזמים
312	(MIC – Microbiologically Influenced Corrosion)
313	13.5 דרכים לצמצום נזקים מיקרוביאליים במערכות דלק
316	13.5.1 בדיקות מיקרוביאליות במערכות דלק
317	13.5.2 עקרונות הדגימה מהמיכלים
317	13.5.3 דגימה מקווי דלק
317	13.5.4 דגימה מכלי טיס
318	13.6 ביצוע בדיקות מיקרוביאליות
318	13.6.1 בדיקה חזותית
319	13.6.2 זיהוי באמצעות מיקרוסקופ אור
319	13.6.3 בדיקות מיקרוביאליות, כימיות ופיזיקליות חלקיות בדלק ומים

321	שימוש במוספים ביוצידיים למניעת גידול מיקרוביאלי בדס"ל ובסולר	13.7
324	DiEGME – מוסף לדלק תעופתי (דס"ל)	13.7.1
325	Kathon FP 1.5 מוסף לסולר	13.7.2
326	ביבליוגרפיה	
329	14. טכנולוגיות להפחתת זיהום אוויר ממנועים	
329	מבוא	14.1
330	הרכב אופייני של גזי הפליטה מכלי רכב	14.2
331	פחמן חד-חמצני (CO)	14.3
333	פחמימנים (HC)	14.4
335	תחמוצות חנקן (NO _x)	14.5
338	טיפול בגזי הפליטה: ממירים קטליטיים עבור מנועי בנזין	14.6
344	טיפול בגזי הפליטה: ממירים-מחמצנים ומפחיתי NO _x למנועי דיזל	14.7
346	חלקיקים (PM)	14.8
349	טיפול בגזי הפליטה: מסנני חלקיקים למנועי דיזל	14.9
352	ביבליוגרפיה	
353	15. היבטים סביבתיים בטיפול ובשימוש במוצרי דלק	
353	זיהום אוויר	15.1
353	תרכובות אורגניות נדיפות	15.1.1
355	תחמוצות חנקן	15.1.2
356	ערפיח פוטוכימי	15.1.3
358	תחמוצות גופרית	15.1.4
358	אפקט החממה	15.1.5
360	זיהום קרקע ומקורות המים	15.2
363	תקנות, הנחיות ונהלים למניעת זיהום קרקע ומי תהום	15.2.1
365	טיפול באירועי זיהום קרקע ומי תהום מדלק	15.2.2
365	זיהום ים בדלק	15.3
365	מבוא	15.3.1
366	תכונות הדלק והשפעתם על הליך הטיפול בזיהומי ים	15.3.2
367	טיפול בזיהומי דלק בים הפתוח	15.3.3
368	טיפול בזיהום במים הרדודים ובקרבת החוף	15.3.4
368	טיפול בחופים שזוהמו	15.3.5
369	ביבליוגרפיה	

371.....	16. היבטים בטיחותיים בטיפול ובשימוש במוצרי דלק
371	16.1 הקדמה
371	16.2 אופי הבעיה
372	16.3 לחיות עם הסיכון
372	16.3.1 הערכת הסיכונים (סקר סיכונים)
372	16.4 סיווג קבוצות מוצרי הדלק
	16.4.1 סיווג הקבוצות לפי החקיקה בישראל – תקנות רישוי עסקים (אחסנת נפט) התשל"ז – 1976
373	16.4.2 סיווג הקבוצות לפי ארה"ב – NFPA
373	16.5 חשמל סטטי בדלקים
374	16.5.1 מוליכות חשמלית
375	16.5.2 מיון סוגי הדלקים לפי מוליכות חשמלית
375	16.5.3 אמצעי מנע מפני סיכוני הצתה מחשמל סטטי בעת תפעול וטיפול בדלקים
379	16.6 הגדרת אזורים לדליקות
379	16.6.1 הגדרת אזורים – השיטה האירופית
380	16.6.2 הגדרות אזורים לפי ארה"ב – NFPA
	16.6.3 השוואת הגדרות של האזורים לדליקות על פי הגדרות המקובלות באירופה ובארה"ב
381	16.6.4 הגדרת אזורים – תקינה ישראלית
381	16.6.5 גורמים או מקורות העלולים לגרום להצתה
382	16.6.6 חלוקת החומרים הדליקים לקבוצות
382	16.7 דירוג סיכוני בריאות ובטיחות בהתאם ל-NFPA
382	16.7.1 קבוצות הסיכון
383	16.7.2 הסיכון הבריאותי
383	16.7.3 הסיכון לדליקות
384	16.7.4 דירוג חומרת הפגיעות
386	16.7.5 תקנות הבטיחות בעבודה
386	16.7.6 גיליון בטיחות – MSDS
388	16.8 שינוע דלקים
391	16.8.1 פיענוח שילוט אזהרה על רכב המוביל חומרים מסוכנים
392	16.9 ציוד חשמלי לאווירה נפיצה או דליקה
392	16.9.1 ציוד חשמלי מוגן נגד התפוצצות (Explosion Proof)
393	16.9.2 ציוד בעל בטיחות עצמותית (Intrinsically Safe)
393	16.9.3 קבוצות טמפרטורה

393	..... תחיקה ותקינה בישראל	16.9.4
393	..... ציוד מכני (לא חשמלי) לאווירה נפיצה או דליקה	16.10
393	..... תחיקה	16.10.1
394	..... תקינה	16.10.2
396	..... ביבליוגרפיה	
399	..... שמות וקיצורים	
403	..... אינדקס	

1

מבוא

1.1 חשיבות הנפט הגולמי

הנפט הוא מקור האנרגיה העיקרי המשמש את הציוויליזציה האנושית החל מהמאה התשע-עשרה. גם היום, כאשר משתמשים במקורות אנרגיה ותיקים אחרים כמו פחם ומפלי מים, וכאשר נכנסים לשימוש מקורות אחרים כמו גז טבעי, אנרגיית שמש, אנרגיית רוח, אנרגיית גלים, דלקים אלטרנטיביים ואנרגיה אטומית – הנפט מהווה עדיין קרוב ל-40 אחוז מכלל מקורות האנרגיה של האדם. הנפט הגולמי הינו המצרך הסחיר (Commodity) בעל הערך הכלכלי הגדול בעולם. מוצרים מנפט גולמי חשובים בתחומים רבים, כגון תחבורה יבשתית, תעופה, ספנות, חימום, ייצור אנרגיה בתעשייה, ייצור שמני סיכה, וגם כחומרי גלם בתעשייה הפטרוכימית ובתעשיית הפולימרים והפלסטיקה.

עתודות הנפט הידועות כיום יספיקו, לדעת מומחים, לכ-40 השנים הקרובות. עם זאת, חיפושי נפט מניבים מדי פעם מקורות חדשים. עליית מחיר הנפט עשויה להגדיל את העתודות, כי יהיה כדאי לחדש הפקה במרבצים שלא היו כדאיים להפקה בעבר. הם גם יכולים לתרום להאצת החיפושים באזורים שבהם הן הקידוחים והן ההפקה יקרים במיוחד – כמו קידוחים במים עמוקים, קידוחים יבשתיים לעומק העולה על 6,000 מטר ועוד. יש לציין שכמות העתודות שנוספו למאגר העולמי הידוע כתוצאה מתגליות חדשות, הייתה ברמה הגבוהה מהתצרוכת השנתית העולמית באותן שנים. על כן, ההערכה שעתודות הנפט העולמיות תספקנה לכ-40 שנה, לא השתנתה כבר מספר עשורים.

1.2 תפוצת הנפט הגולמי

הנפט הגולמי מצוי כיום בכל היבשות (למעט אנטרקטיקה שבה נאסר לקרוח) ובכל הימים. מבחינה מסחרית, דרושה כמות פוטנציאלית מינימלית בשדה חדש שמתגלה, כדי להבטיח תשואה כלכלית. לכן במקרים רבים שבהם מודיעים כי הקידוח לגילוי נפט נמצא "יבש", מתכוונים למעשה שלא נמצאה בו כמות כלכלית (ישראל היא דוגמה מצוינת לכך). באיור 1-1 מוצגים נתונים סטטיסטיים לגבי עתודות, הפקות, ייבוא/ייצוא במדינות המובילות בענף זה.

2

נפט גולמי

פרק זה מתבסס על התכנים של הספר נפט גולמי ומוצרי הדלק, שנכתב על ידי נחום פור ז"ל, ויצא בגרסתו האחרונה בשנת 1989, הוצאת המכון הישראלי לאנרגיה ולסביבה.

2.1 מהות הנפט הגולמי

נפט גולמי הוא חומר נוזלי המכיל תערובת פחמימנים, החל מגזים קלים ועד לתרכובות כבדות ביותר. הנפט הגולמי איננו מוצר לשימוש כפי שהוא מופק מהטבע, אלא רק לאחר עיבודו. המונח באנגלית – Petroleum, מקורו בשתי מילים לטיניות: סלע – Petra, שמן – Oleum. אופי העיבוד של נפט גולמי תלוי בסוגי הפחמימנים שבו, ובכמויות הפחמימנים בטווחי זיקוק שונים. בנוסף לפחמימנים נמצאים בנפט הגולמי גם תרכובות אורגניות גופריתניות, חנקניות וחמצניות. מלבד המרכיבים האורגניים הוא מכיל כמויות קטנות של חומרים אי-אורגניים – כגון גופרית, מימן גופריתי, כלורידים, כמויות זעירות של יסודות כגון ונדיום, צורן, ברזל, ניקל, סידן ועוד. נוסף על כל אלו מצויים בנפט הגולמי גם כמויות שונות של מים.

2.2 מהות המרכיבים האי-אורגניים בנפט גולמי

כאמור, נוסף למרכיבים האורגניים מכיל הנפט הגולמי גם מרכיבים אי-אורגניים בכמויות שונות. כמויות אלו תלויות במקור הנפט הגולמי ובתהליכי הפקתו. בזמן ההפקה נסחפים יחד עם הנפט הגולמי גם מים, משקעים ומלחים כלורידיים, ולעתים בכמויות גדולות למדי. פאזה זו מופרדת מן הנפט הגולמי על ידי שיקוע במיכלי הפרדה מיוחדים. בדרך כלל משתמשים במערכות הפרדה-שיקוע אלו בחומרים כימיים פעילי שטח (דמולגטורים – שוברי אמולסיה או דמולסיפיררים – Demulsifier, כפי שהם מכונים לעתים), המחישים את תהליך ההפרדה ומקלים על שיקוע הפאזה האי-אורגנית. קיימת גם אפשרות להשתמש במתקני הפרדה מיוחדים, השוברים את אמולסיות הפחמימנים והמים בעזרת שדה חשמלי במתח גבוה. אולם תהליכים חשמליים אלה מוצאים בדרך כלל שימוש בתחנתו הסופית של הנפט הגולמי, לפני כניסתו לתהליכי הזיקוק.

3

בתי זיקוק

בתי הזיקוק הם מהמתקנים התעשייתיים הגדולים והמורכבים בעולם כיום. מפיקים בהם עשרות סוגי מוצרים מנפט גולמי לשימוש אזרחי, תעשייתי וצבאי.

במתקני בתי הזיקוק מתקיימים תהליכים רבים, המביאים את תוצרי הזיקוק הישירים לרמת האיכות הנדרשת. מבין התהליכים, נדון בפרק זה בזיקוק ראשוני, זיקוק בוואקום, פיצוח קטליטי, הדחת גופרית, הדחת מימן, שבירת צמיגות (מש"צ), איזומריזציה, אלקילציה, פיצוח מימני ועוד. סכמה המוצגת באיור 3-1 מתארת את מכלול התהליכים העיקריים בבתי זיקוק. המשבצות שבתורים מייצגות מתקנים תעשייתיים מורכבים, הכוללים קילומטרים של צנרת לנפט ומוצריו, קווי קיטור, קווי חשמל וציוד יקר ערך ועתיר אנרגיה. האיזון בין המתקנים השונים שבבתי זיקוק מושפע ישירות מדרישות השוק הקובעות את מבנה בית הזיקוק, ובמידה מרובה, גם את תמהילי הנפט הגולמי. כך למשל, אם יש דרישה גבוהה לבנזין, יזוקק נפט גולמי קל ובבית הזיקוק יהיה פצחן קטליטי. אם יש דרישה גבוהה לדיזל, יהיה בבית הזיקוק פצחן מימני. ואם השוק אינו דורש מזוט, יכיל בית הזיקוק מתקן פיחום (Coker).

כמו כן, בגלל מורכבות השוק וכדי להגיע לניצול מלא ואופטימלי של "החבית", התחזק הקשר בין בתי זיקוק לבין התעשייה הפטרוכימית הצמודה אליהם. תעשייה זו משתמשת בתוצרי הזיקוק כחומרי גלם לייצור מגוון עשיר של חומרים אורגניים (ממסים, פולימרים, פרמצבטיקה, חומרי גלם לתעשייה ועוד), שהם בעלי חשיבות עצומה בחיינו.

4

גז פחמימני מעובה (גפ"מ)

4.1 כללי

4.1.1 מהו גפ"מ

גפ"מ (גז פחמימני מעובה, LPG^1) היא תערובת של גזים פחמימניים, בעיקר בוטן (C_4H_{10}), איזובוטן (C_4H_{10}), בוטילן (C_4H_8), פרופן (C_3H_8) ופרופילן (C_3H_6), הנמצאים במצב גזי (אד) בתנאים רגילים של לחץ וטמפרטורה. גזים אלה ניתנים לניזול על ידי הגדלת הלחץ והורדת הטמפרטורה.

גז זה מוכר כגז בישול.

4.1.2 מקורות הגפ"מ

מקובל להפיק גפ"מ משלושה מקורות עיקריים:

- ◀ בתי זיקוק – מתהליך זיקוק של נפט גולמי.
 - ◀ שדות הפקה של גז טבעי, אם יש בשדות אלו מרכיבים של גפ"מ.
 - ◀ שדות הפקה של נפט גולמי.
- גפ"מ שמקורו בתהליך קידוח של נפט גולמי או גז טבעי הינו גפ"מ רווי (פרפינים). בשני הסעיפים הבאים נראה את מקורות הגפ"מ בארץ.

¹ LPG – Liquefied Petroleum Gas

5

בנזין לרכב ולתעופה

5.1 מבוא

השימוש בבנזין החל בשנות השישים של המאה ה-19 במקביל לפיתוח מנועי שריפה פנימית. המנוע המעשי הראשון, בעל 4 פעימות, מיוחס לממציא הגרמני ניקולאס אוטו (Nikolaus Otto) אשר הציג את המצאתו בשנת 1867 במסגרת תערוכה בינלאומית שהתקיימה בפריז. מנוע זה צרך בנזין שזוקק מנפט גולמי, והיה בעל אוקטן נמוך מאוד, אולם בתחום רתיחה של בין 50°C ל- 200°C , בדומה לבנזין של ימינו.

במהלך מלחמת העולם הראשונה (1914-1918) החל שימוש מסיבי בכלי רכב לצרכי המלחמה, ולכן נוצר ביקוש הולך וגובר לשימוש בבנזין. כבר בתקופה זו הבינו בתעשיית הרכב, כי יחס הדחיסה של המנועים הינו פרמטר קריטי לקבלת יעילות גבוהה בהספק המנוע, ולשם כך צריך להתאים את הדלק.

איכות הבנזין נקבעה בזמנו על פי ההרכב הכימי שנגזר מסוג הנפט הגולמי המזוקק. נפט גולמי עשיר בארומטים נמצא כיעיל ומאפשר פעולת מנוע ביחסי דחיסה גבוהים, בעוד שמנפט גולמי פרפיני (פחמימנים רוויים) מיוצר בנזין בעל תכונות פחותות, שגורם לנקישות במנוע, ליעילות נמוכה ולפגיעה במנוע עצמו.

בשנת 1921, לאחר ביצוע בדיקות במספר רב של תרכובות כימיות, נמצא כי טטרה-אתיל-עופרת (¹TEL) הינה תרכובת כימית יעילה ביותר להעלאת האוקטן בבנזין והחל שימוש נרחב בחומר זה בזמן ייצור הבנזין. כבר בתחילת השימוש בחומר זה הייתה מודעות לרעילותו ולסכנות הטמונות בשימוש בחומר זה, אולם לאחר שנקבעו תקנות וכללים מיוחדים לטיפול בחומר זה, החל שימוש נרחב בו ברחבי העולם.

בשנת 1929 פותחה השיטה לקביעת האוקטן בבנזין. לפי שיטה זו, נקבעה סקלה בין 0 ל-100. חומר הנקרא הפטן נורמלי, אשר יש לו עמידות נמוכה מאוד בפני הצתה עצמית, נקבע כבעל 0

¹ TEL – Tetra Ethyl Lead

6

דלק סילוני (דס"ל), קרוסין

6.1 מבוא

דלק סילוני (דס"ל) הוא הקרוסין המשמש את מטוסי הסילון. דס"ל נדרש לעמוד בתקנים מחמירים, כדי לתת מענה לביצועי המנוע בטווח רחב של תנאים.

קרוסין, הקרוי בשפה העממית נפט, הוא נוזל דליק שמתקבל מזיקוק הנפט בטווח זיקוק בין 150°C ל- 300°C . מוצאו של השם קרוסין במילה היוונית קרוס (Keros), שפירושה שעווה.

פרטי גילוי הקרוסין לוטים בערפל ואין ודאות לגבי זהות מגלהו. על תואר זה מתחרים אנשים משלוש מדינות שונות. הרוסים טוענים כי מזקקי הקרוסין הראשונים היו האחים דובנין, אשר החלו בזיקוקו עוד בשנת 1823.

הפולנים טוענים כי מגלה הקרוסין הוא אינגצי לוקאשביץ', ואילו האמריקאים טוענים שמגלה הקרוסין הוא הרופא הקנדי אברהם גסנר, שגילה אותו בשנות ה-40 של מאה ה-19.

הקרוסין התעופתי הוא הדלק הנצרך ביותר לשימוש מסחרי. תכונותיו הפיזיקליות (צמיגות, נקודת הקיפאון, ניקיון דלק והשאירות באידוי) משפיעות על אופן הטיפול בו – כלומר, שאיבה, סינון ופיזור הדלק. תכונותיו בשריפה (נדיפות, תכולת ארומטים וערך ההיסק) – קובעות את אורך הלהבה, את הערך הקלורי ואת יצירת המשקעים.

דליקות (וכנגזרת התייחסות להיבטים בטיחותיים) מוכתבת על ידי הערך של טמפרטורת ההבזקה. השימוש בדס"ל נפוץ הן בתעופה האזרחית (המסחרית) והן בתעופה הצבאית.

לקבלת הדלק הסילוני, פרקציית הקרוסין המתקבלת בתהליך זיקוק הנפט הגולמי עוברת תהליכים משלימים. עיקרם:

1. זיכוך להרחקת תרכובות לא רצויות כגון חומצות אורגניות, תרכובות נפתניות, פנולים וסוגים של פחמימנים כגון דיאולפינים או ארומטים.
2. המתקה (Sweetening) להרחקת תרכובות גופרית למיניהן והוספת מוספים לדלק.

7

סולר

7.1 מבוא

סולר הוא תערובת פחמימנים בעלי אורך שרשרת שבין 12 ל-24 פחמנים. הסולר מיוצר ממקטע זיקוק המזדקק בטמפרטורות שבין כ-190°C עד לכ-370°C. הסולר שיתואר בפרק זה הינו נגזרת של זיקוק נפט גולמי. ניתן לייצר סולר סינתטי באמצעות תהליך פישר-טרופש (Fisher-Tropsch) או בתהליך הידרוגנציה של ביו-דיזל (דור שני).

סולר המשמש לתדלוק מנועים נקרא סולר תחבורה. סולר המשמש ליצירת חום הינו סולר הסקה. יש הבדל בתכונות בין שני סוגי הסולר שבהם נדון כאן. ההבדל העיקרי נובע מן הדרישות המחמירות לפליטות מכלי רכב, המכתיבות את תכולת הגופרית הנמוכה והניקיון הרב הנדרש מסולר תחבורה.

7.2 סולר תחבורה

7.2.1 מנוע דיזל

בשנת 1892 רשם רודולף דיזל פטנט על מנוע דחיסה בהצתה פנימית. המנועים הראשונים עשו שימוש בשמן צמחי. ניסיון שלא צלח היה להפעילם באמצעות אבקת פחם. כ-40 שנה לפני כן, בשנת 1859, התגלה נפט גולמי בפנסילבניה. המוצר הראשון שהופק ממנו היה קרוסין להדלקת עששיות נפט (במקום שמן לווייתנים, שהיה יקר). מכיוון שרק חלק מן הנפט הגולמי שימש כדלק למנורות, היה צורך להחליט מה לעשות בחלק הנוזל שנותר בחבית. רודולף דיזל הבין שמוצר זה עשוי להיות טוב וזול יותר בתור דלק למנוע שלו. הוא החל לערוך ניסויים עם מקטעים שונים של תזקיקי נפט בחיפוש אחר הדלק המתאים. ואכן, הוא בנה ב-1895 דגם מנוע שיכול היה לפעול על מקטע של סולר. כאות כבוד לממציא, קרויים הן המנוע והן מקטע הדלק המתאים להפעלתו על שמו של דיזל. המנועים הראשונים היו גדולים ואיטיים, והותקנו רק באוניות, ברכבות ובמפעלי תעשייה. ב-1930 תדלקו בסולר תחבורה את המשאיות והאוטובוסים. אחרי מלחמת העולם

8

מזוט

8.1 מבוא

מזוט הינו נוזל שחור וצמיג בעל ריח אופייני. הוא מיוצר לאחר שהופקו כל התזקיקים הקלים שניתן היה להפיק בבית הזיקוק המודרני.

המזוט שימש בעבר להנעת רכבות, לתדלוק תחנות כוח, לתעשייה כבדה ועוד. אולם, הדרישות ההולכות ומכבידות של רשויות איכות הסביבה גרמו לכך שהשימוש במזוט פוחת. הרכבות מתודלקות בסולר, ואילו תחנות כוח מודרניות משתמשות בגז טבעי כדי להקטין את הפליטות לאוויר. ישנו גם היבט כלכלי לירידה בצריכת מזוט. זהו אמנם מוצר הדלק הזול ביותר הקיים בשוק לבעירה, אבל הצורך בחימום המזוט כדי לשנעו, והכורח להתקין מערכות מיוחדות לשמירה על פליטות נמוכות לאטמוספירה, מתבטא לעתים במחיר גבוה ליחידת ערך קלורי.

8.1.1 הפקת מזוט

שאריות זיקוק מתקבלות בדרך כלל בתהליכים הבאים:

1. תהליך זיקוק אטמוספרי.
2. תהליך זיקוק בוואקום.
3. תהליך פיצוח קטליטי.

הסוגים השונים של מזוט מתקבלים מבלילת שאריות זיקוק ממתקנים שונים על ידי מדללים מתאימים. כאשר המדללים הינם בדרך כלל תזקיקי ביניים (בטווח רתיחה של הסולרים). שארית מזיקוק בוואקום או מפצחן קטליטי (ראה פרק 3 העוסק בבית הזיקוק) מועברת בבתי הזיקוק אל מתקן נוסף שתפקידו שבירת צמיגות (Visbreaker). מתקן זה דומה לפצחן תרמי, אך הוא פחות מסובך ממנו. תפקידו להפיק כמות נוספת של תזקיקים קלים בעלי ערך כלכלי גבוה יותר, ולהקטין את צמיגות השארית שנותרה, ראה איור 8-1.

9

ביטומן

9.1 היסטוריית הביטומן

הביטומן הינו חומר הבנייה העתיק ביותר המוכר בהנדסה האזרחית. הוא שימש בעבר כחומר קישור ומילוי וגם כחומר לאיטום בעבודות הבנייה באבן. כבר באלף השישי לפנה"ס הייתה לשומרים תעשייה לבניית אוניות, שבה השתמשו בביטומן טבעי לציפוי דפנות הספינות. בספר בראשית ישנם רמזים לכך שתיבת נוח והתיבה של משה צופו בביטומן כדי לאטום אותן.

הביטומן מצוי בטבע בתערובת עם כמויות ניכרות של חומר מינרלי, אך ניתן גם להפיקו מנפט גולמי. הביטומן הטבעי מופיע כסלע ביטומני, כביטומן אגמים ובצורות אחרות. מרכזי הביטומן הטבעי יכולים להיות רכים ונוחים לכרייה, דוגמת אלה המצויים באגמי טרינידד שבאי טרינידד (Trinidad), באגם ברמודוז (Bermudez) בוונצואלה ובחולות הזפת של קנדה. במקרים אחרים, הביטומן הטבעי יכול להיות קשה ופריך, בתצורה סלעית, דוגמת המרבצים בגילזוניט (Gilsonite) שבארצות הברית או במנז'ק (Manjak) שבברבדוס (Barbados).

תושבי המזרח התיכון הקדומים גילו במהרה את תכונות האיטום, האדהזיה והשימור הטובות של הביטומן שנמצא בהישג ידם. למשל, בעמק האינדוס שבתת-היבשת ההודית, נמצא בור מים מלפני כ-5,000 שנה, שקירות האבן שלו מודבקים בעזרת ביטומן. משערים שנבוכדנצר השתמש בביטומן טבעי לאיטום קירות ארמונו וכחומר מילוי ואיטום של אבני הריצוף בכבישים. המצרים הקדמוניים השתמשו בביטומן כחומר משמר לחניטת הגופות (המילה "מומיה", מקורה פרסי ומובנה "ביטומן" או "זפת"). דבר שהוכח באנליזות כימיות שבוצעו על מומיות שנמצאו בקברים במצרים. משערים כי הביטומן הובא למצרים מים המלח, שבו התגלה בצורת גושים צפים על פני הים.

מאז גילוי הביטומן בימי קדם, הוא משמש למגוון רחב של יישומים – רבים מהם בתחום האמנות. קיימות דוגמאות רבות של חפצי אמנות קדומים שהשתמשו בהם בדבק ביטומני להדבקת קישוטים של עלי זהב לפסלים וגם בדבק לעץ, לאבן ולמתכות.

10

מוספים לדלקים

10.1 מברא

מוספים לדלקים משמשים למגוון רחב של פונקציות, ומהווים חלק בלתי נפרד מהמוצרים המוגמרים. המוספים נועדו לשפר את האיכות הבסיסית של הדלק, אשר על פי רוב אינו עומד במפרט הנדרש. המוספים מקנים לעתים תכונות שאינן קיימות בדלק הבסיסי, ובכך מאפשרים לו עמידה בתקן או במפרט.

השימוש במוספים נעשה בכל שרשרת האספקה: בזמן שינוע הנפט הגולמי והכנתו לתהליך הזיקוק; מוספים אותם לדלקים מייד לאחר ייצורם והתאמתם למפרטים הנדרשים; הם משמשים בשמירה על קווי ההזרמה; ובמסופי הניפוק, מתווספים המוספים לדלקים למניעת הצטברות משקעים במנועים.

הערך המוסף של המוספים הינו גבוה בכל שרשרת האספקה – בתעשיית הרכב, תעשיית הנפט, הצרכנים ואיכות הסביבה.

המינון הנדרש כדי להקנות למוצר הסופי את התכונה הרצויה יכול לנוע מריכוז של ppm בודדים לריכוז של מעל 1000 ppm.

באזור 1-10 ניתן לראות מגוון רחב של מוספים לדלקים למטרות שונות, המינון המקובל להוספה לדלקים וההתפתחות ההיסטורית שלהם.

בפרק זה יפורטו הסוגים השונים של המוספים למוצרי הדלק העיקריים. המוספים מסווגים לכל סוג דלק המיועד לתחבורה על פי שתי קבוצות עיקריות: האחת – מוספים לשמירת איכות המוצר ולהגנה תפעולית. קבוצה זו של מוספים שומרת על איכות המוצר בתחום המפרט באופן כזה שתנאי הסביבה בה נמצא הדלק, המערכות בהן הוא מצוי במגע, נוכחות מים ועוד, לא יגרמו למוצר לחרוג מתחום המפרט; השנייה – מוספים להגנה ולשיפור ביצועי הרכב. קבוצה זו של מוספים נועדה להשפיע על ביצועי המנועים שהם משתמשים בדלק, או להגנה על המנועים עצמם.

בפרק זה יפורטו גם המוספים המשמשים לקרוסין, במיוחד חלקו המיועד למטוסים. לבסוף תובא סקירה של מוספים המשמשים למזוט בתעשייה לסוגיו השונים.

11

מתקני אחסון ותשתיות בתעשיית הנפט

11.1 מתקני אחסון ותשתיות

מתקני אחסון ותשתיות לדלקים מהווים בהגדרתם מכלול של מתקנים, מסופי אחסון דלקים וניפוקם, חוות מיכלי דלק, מערכי צנרת (קווי צנרת), מתקני טעינה ופריקה יבשתיים וימיים, מערכי מדידה ובקרה, ניפוק וקבלת דלקים.

11.1.1 חוות מיכלי דלק

חוות מיכלי דלק מצויות בכל השלבים של תעשיית הדלק. ניתן למצוא אותן החל משדות ההפקה לקליטת הנפט הגולמי, דרך מתקני זיקוק, אחסון ביניים של מוצרים שבתהליך, וכלה באחסון מוצרים מוגמרים טרם הפצתם לצרכנים. בנוסף, חוות מיכלים בגדלים ובנפחים שונים מצויות אצל הצרכנים/המשתמשים הסופיים, כגון תחנות כוח לייצור חשמל, שדות תעופה, תעשייה עתירת אנרגיה ועוד.

11.1.2 מתקני דלק ומסופי דלק

מתקנים ומסופים של דלק הם למעשה מרכזי אחסון של מוצרי דלק לצורך חלוקתם לצרכנים השונים: לתחנות תדלוק, לחלוקה קמעונאית או לצרכנים גדולים. המתקנים ומסופי הדלק כוללים את כל המתקנים והציוד הדרושים לשינוע מוצרים מוגמרים בכמויות גדולות, לאחסונם ולחלוקתם בכמויות קטנות יותר. האספקה למתקנים ולמסופים יכולה להגיע במספר דרכים. הדרכים העיקריות לאספקת כמויות גדולות הן הזרמה באמצעות צנרת או הזרמה ממיכליות ים. גודל המתקנים או המסופים מותנה בכמות המוצרים, במטרתם ובסוגיהם.

מתקני דלק כוללים:

1. מיכלי אחסון: החל מנפח של מאות מ"ק ועד לנפח של 100,000 מ"ק.
2. ציוד ואביזרים לטעינה ולפריקה.

12

קורוזיה במערכות מוצרי הנפט

12.1 הקדמה

נפט גולמי הינו תערובת פחמימנים שונים, ויכול לכלול בנוסף גם מים, מלחים הנמסים במים (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 ועוד), H_2S ומיקרואורגניזמים למיניהם. זיהומים אלה, אשר נמצאים בנפט גולמי בריכוזים נמוכים (1%–3%), גורמים לקורוזיה של פני השטח הפנימיים של רצפות, פונטונים¹ וגגות במיכלים. זיהומים שנמצאים בנפט גולמי מסולקים במסלקי מלח, במהלך ניטרול וזיקוק של נפט גולמי. תזקיקים (בנזין, נפטא, קרוסין, סולר, מזוט ואספלט) הנקראים דלקים (חוץ מנפטא ומאספלט) אינם אגרסיביים כלפי מתכות וסגסוגות (נתכים, מסגים) בתנאי הסביבה. פלדה רכה, פלדה בלתי מחלידה (פלב"מ) ואלומיניום, משמשים כחומרי מבנה של צינורות, מיכליות הובלה, מיכלי אחסון נפט גולמי ודלקים, משאבות, מסננים ואביזרים למיניהם. משתמשים בפלב"מ לבניית מיכליות ומיכלים חדשים בנפח קטן. בנוסף לדלקים, יש להזכיר ממסים אורגניים (אוקסיגנטים, שהם אתרים וכהלים או ממסים ארומטיים כמו בנזן, טולואן וקסילן) אשר מאוחסנים בנפרד, או מוספים לבנזין במקום טטרה-אתיל-עופרת, TEL (Tetra Ethyl Lead), להעלאת מספר האוקטן.

אף-על-פי שהדלקים (תערובת פחמימנים) והממסים האורגניים שלעיל (מוספים לדלקים) אינרטיים כלפי מתכות, מתרחשת קורוזיה. הקורוזיה תוקפת מיכלים, צינורות, מיכליות הובלה, קרונות, מסננים ומשאבות מתכתיות. במצב זה כושלים גם הצינורות הגמישים והאטמים העשויים מחומרים פולימריים. כך גם לגבי הציפויים האורגניים המיועדים להגנת פני שטח המיכלים בפני קורוזיה. לכן, אנו רואים חשיבות עליונה להציג פרק זה לכל אלה שעוסקים בייצור, הובלה, אחסון ושימוש בדלקים.

¹ פונטון – בסיס של גג צף העשוי בדרך כלל מפלדה רכה או מאלומיניום, אשר נמצא על פני הנוזל בתוך המיכל. הפונטון עולה ויורד יחד עם מפלס הנוזל במיכל. המטרה העיקרית של פונטון היא להחזיק גג צף ולהוריד את נפח הפאזה הגזית מעל פני הנוזל. כתוצאה מכך פוחת איבוד האדים של הדלק במהלך מילוי וריקון המיכל.

13

מיקרוביולוגיה של דלקים

13.1 הקדמה

בפרק זה ניתנת סקירה תמציתית של תהליכים מיקרוביאליים המתרחשים במערכות התדלוק וההולכה השונות של תזקי דלק. בהמשך, יפורטו אמצעים ושיטות לבקרה ולעיכוב של התפתחות גידולים מיקרוביאליים במערכות הדלק השונות.

הפעילות המיקרוביאלית בתזקי דלק הידרוקרבונים נוצרת על ידי תרבויות מעורבות של חיידקים, ארכיאה¹ ופטריית ירודות, שחלקם בעלי יכולת לנצל את מרכיבי דלק הידרוקרבוני ותוצרי הפירוק שלו, כמקורות פחמן אנרגיה. חלקם מנצלים את תוצרי הפירוק והמטבוליזם של המפרקים הראשוניים.

חיידקים והארכיאה הם מיקרואורגניזמים פרוקריוטיים (חסרי גרעין תא) נפוצים ביותר. גודלם נע בין חלקי מיקרון למיקרונים אחדים. מיקרואורגניזמים מתרבים במנגנון של חלוקת התא וקצב גידול שלהם תלוי, בדרך כלל, בתנאים הסביבתיים הפיזיקליים (טמפרטורה, כמות חמצן, לחץ ועוד) ובזמינות מקורות פחמן ונוטריינטים הכרחיים לגידול. מנגנון הנשימה יכול להיות אירובי² כאשר קולט האלקטרונים הסופי הוא חמצן מומס במים, או מנגנון נשימה אנאירובי³ כאשר קולטי האלקטרונים הסופיים הם מגוון תרכובות מחומצנות כגון יוני סולפט, ניטרט ועוד. חלק מהחיידקים והארכיאה יכולים לתפקד גם במנגנון אוטוטרופי שבאמצעותו הם משיגים את האנרגיה הדרושה לפעילותם מתהליכים כימו-סינטטיים שבעיקרם הם תהליכי חמצון (שאיבת אלקטרונים) של אלמנטים סביבתיים, ואת מקור הפחמן מפחמן דו חמצני המומס במים.

¹ ארכיאה – חיידקים קדומים או ארכיאונים (שם מדעי: Archaea) הם יצורים המהווים את אחת משלוש העל-ממלכות הטקסונומיות בביוולוגיה (לצד איקריוטים וחיידקים אמיתיים).

² תהליך אירובי (Aerobic process) – תהליך ביולוגי הדרוש חמצן (אוויר) לקיומו.

³ תהליך אנאירובי (Anaerobic process) – תהליך ביולוגי שאינו דורש חמצן (אוויר) לקיומו.

14

טכנולוגיות להפחתת זיהום אוויר ממנועים

14.1 מבוא

במרחב האטמוספירה מצויים מזהמים מסוגים שונים בכמויות שונות. חלקם בפאזת מוצק, חלקם בפאזת נוזל והאחרים בפאזת גז. למזהמים השפעה שלילית, ולעתים אף הרסנית, על האקלים ועל הסביבה. הם משפיעים על החי, על הצומח, על בריאות האדם ועל איכות חייו. מקור המזהמים מגוון והוא כולל מקורות טבעיים (התפרצויות וולקניות, שריפות יער, סופות חול, ברקים וכד') ומקורות אנטרופוגניים (בעירה, פליטה של תעשייה, כלי רכב וכד'). טבלה 14-1 מציגה הערכה כמותית של שיעורי הפליטה בעולם בשנת 2000 של מזהמים רלוונטיים לתהליכי בעירה ממקורות אנטרופוגניים שונים.

טבלה 14-1: שיעורי פליטה ממקורות אנטרופוגניים בעולם של מרכיבים שונים הנחשבים כמזהמי אוויר. הנתונים הם לשנת 2000 ביחידות של מיליוני טון בשנה [1]

Lead	SO ₂	PM	NO _x	HC	CO	סוג המזהם
תחמוצות עופרת	תחמוצות גופרית	חלקיקים מוצקים	תחמוצות חנקן	פחמימנים נדיפים	פחמן חד-חמצני	מקור
0.5	15	1	9	1	8	בעירת דלקים בתחנות כוח
4	2	1	1	3	8	תהליכים בתעשייה
-	-	-	-	5	-	שימוש בממיסים
0.5	0.5	0.5	8	2	50	כלי רכב
0.5	1.5	0.5	7	4	20	כלי רכב כבדים שאינם על הכביש
0.5	-	1	0.5	1	10	שונים

15

היבטים סביבתיים בטיפול ובשימוש במוצרי דלק

בפרק זה נדון בשלושה היבטים סביבתיים עיקריים הקשורים באחסון, בהובלה ובשימוש בנפט גולמי ובמוצרי דלק: זיהום אוויר, זיהום קרקע ומי תהום וזיהום ים וחופים.

15.1 זיהום אוויר

בטבע מתקיימים מחזורי יסודות רבים הנמצאים בשיווי משקל, ביניהם מחזורי חנקן, פחמן, גופרית וחמצן. תרכובות שמקורן במקורות אנרגיה פוסיליים (כגון נפט גולמי, פחם, גז טבעי וכו'), או כאלו הנוצרות בעת שריפתן, אינן משתתפות במאזן, ולכן פליטתן לסביבה מהווה זיהום. נדון במספר קבוצות של מזהמים עיקריים: תרכובות אורגניות נדיפות (¹VOC), תחמוצות פחמן, תחמוצות גופרית ותחמוצות חנקן.

15.1.1 תרכובות אורגניות נדיפות

המקור של תרכובות אורגניות נדיפות הוא בעיקר בשריפה לא מלאה של דלקים [12], או באידוי של המרכיבים הקלים בדלק. נמצא כי תרכובות אלו גורמות, בין היתר, ליצירת NO_x , אוזון וערפיח (ראה קבוצות עיקריות של VOC המצויות באוויר מזוהם, באיור 15-1).

כל הזרמה של דלק נוזלי מלווה בפליטת VOC. בעת מילוי מיכל דלק נדחף אוויר המכיל אדי דלק מתוך המיכל דרך הנשם – פתח האוורור. המיכל יכול להיות מיכל דלק של קטנוע, מיכל רכב, כלי טייס, מיכל תת-קרקעי לאחסנת דלק בתחנת דלק, או מיכל דלק בנפח של 100,000,000 ליטר ויותר במסוף דלק, בבית זיקוק או בכלי שייט.

בדרך מבית הזיקוק אל תא השריפה עובר הדלק מספר הזרמות, במהלכן מתקיימת פליטה של VOC ישירות לאטמוספירה. המסלול הסכמתי מופיע באיור 15-2.

¹ VOC – Volatile Organic Compound

16

היבטים בטיחותיים בטיפול ובשימוש במוצרי דלק

16.1 הקדמה

פרק זה מוקדש לתיאור השיקולים הבטיחותיים בהקשר לטיפול ושימוש במוצרי הדלק השונים. סיכוני הבטיחות העיקריים של דלק הקשורים לאחסנה ושימוש הם: סיכוני אש והתפוצצות העומדים במקום הראשון מבחינת הסתברות והיקף, פגיעה ממגע, שאיפה ובליעה. הסיכונים קיימים בדלק הן במצב נוזלי והן במצב של אדי דלק.

אש או התפוצצות עלולים להתרחש כתוצאה מאירוע, או כאשר מקור הצתה נמצא באזור שבו קיימת אטמוספירה נפוצה.

מוצרי הנפט השונים דליקים ונפיצים מעצם טבעו של המוצר, ולכן הם נכללים בהגדרה "חומרים מסוכנים" (חומ"ס). הסיכונים הנובעים ממוצרי הנפט ודלקים קיימים לאורך כל תהליך הטיפול בהם: הפקה, הולכה, זיקוק, אחסון ושימוש.

16.2 אופי הבעיה

בעיית הבטיחות בדלקים שאנו עוסקים בה בחיי היום יום הולכת ומתרחבת. תהליכים חדשים ופיתוח טכנולוגיות חדשות מצביבים אתגרי בטיחות נוספים, כמו גם סיכונים שונים שנובעים מהם.

צורכי הבטיחות חייבים להיות מאוזנים כנגד גורמים אחרים. התעשייה מאמצת סטנדרטים ואמצעי בטיחות רבים כדי להפחית את הסיכונים. הגברת הבטיחות מושגת על ידי השקעת משאבים בפיתוח אמצעים חדשים ויישומם, הגדלת המודעות והמיומנות לצורך התמודדות עם בעיית הבטיחות.