



# הערכות משק האנרגיה בישראל לשיפור איכות הסביבה

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה

בשיתוף

משרד האנרגיה והתשתית ♦ בתי הזיקוק לנפט בע"מ ♦ המשרד לאיכות הסביבה



**בשיתוף**

**משרד האנרגיה והתשתית · בתי הזיקוק לנפט בע"מ · המשרד לאיכות הסביבה**

**הערכות משק האנרגיה בישראל לשיפור איכות הסביבה**

**יום עיון שהתקיים בטכניון ב-29 באפריל 1993**

**עורך: ד"ר יוסף אראל**

**ספטמבר 1993**



**הערכות משק האנרגיה בישראל לשיפור איכות הסביבה**  
**עורך: ד"ר יוסף אראל**

חדיעות בפרסום זה אינן משקפות בהכרח את עמדתו של מוסד ש. נאמן

Copyright© 1993. The Samuel Neaman Institute  
for Advanced Studies in Science and Technology

פורסם בספטמבר 1993.

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה

קרית הטכניון, חיפה 32000

טל. 04-237145, פקס 04-231889

### תוכן העניינים

5	דבר העורך - ד"ר יוסף אראל
7	דברי פתיחה - פרופ' דניאל ויס
11	דברי פתיחה - ד"ר אמנון עינב
13	תקנות מול תמריצים באיכות הסביבה - פרופ' מרדכי שכטר
21	הסכמי אמנה בינלאומיים בתחום איכות האוויר ויישומן - ד"ר מיכאל גרבר
27	אמנות בינלאומיות בתחום מניעת זיהום הים ויישומן - ד"ר יובל כהן
33	היערכות משק האנרגיה ליישום הסכמי אמנה ימיים באיכות הסביבה - ד"ר אילה תמרי
39	היערכות חברת החשמל לשמירת איכות הסביבה לקראת שנות ה-2000 - יהודה גת
57	תחנות כוח מודולריות - היבטים סביבתיים - מיכאל גיל
67	השפעת התקנות החדשות בנושא איכות מוצרי הדלק - יצחק לדרפינד
75	מניעת זליפה זיהום מתחנות דלק - משה צמחוני
91	רב שיח - משק האנרגיה ואיכות הסביבה - מנחה: ד"ר יוסף אראל

קורא יקר,

יום העיון בנושא היערכות משק האנרגיה בישראל לשיפור איכות הסביבה מהווה, במידה מסויימת, המשך ליום עיון קודם בנושא אנרגיות חלופיות לאור המשבר במפרץ הפרסי שנערך לפני כשנתיים. אז, הדגש היה על ניצול אנרגיות חלופיות במקרה של מחסור בדלקים פוסיליים; יום העיון הנוכחי, לעומת זאת, עוסק באחד הנושאים המרכזיים על סדר היום הבינלאומי - הצורך בשיפור איכות הסביבה ברמה המקומית והגלובלית.

מוסד שמואל נאמן, משרד האנרגיה והתשתית, המשרד לאיכות הסביבה, ובתי הזיקוק בע"מ העניקו חסות משותפת ליום העיון. חסות זו מדגישה את הקונצנזוס בדבר הצורך בצמצום ההשפעות הסביבתיות הנגרמות ע"י משק האנרגיה. כוועדה המארגנת של יום העיון שמשו פרופ' דניאל ויס, מנהל מוסד ש. נאמן, מר דוד כהן, ד"ר אברהם ארביב, נציג משרד האנרגיה והתשתית, ד"ר מיכאל גרבר, נציג המשרד לאיכות הסביבה, ומר יצחק לדרפיינד, נציג בתי הזיקוק.

יום העיון כלל שני מושבי הרצאות ורב-שיח. במושב הבוקר ניתנו הרצאות רקע: פרופ' מרדכי שכטר הציג את ההיבטים הכלכליים של מניעת הזיהום, ד"ר מיכאל גרבר סקר אמנות בינלאומיות בתחום איכות האוויר, וד"ר יובל כהן סקר אמנות דומות בתחום מניעת זיהום היס. ד"ר אילה תמרי הציגה היערכות משרד האנרגיה ליישום הסכמי אמנה ימיים בתחום איכות הסביבה.

במושב אחר הצהריים ניתנו סקירות בנושאים הבאים: מר יהודה גת הציג את תוכניות חברת החשמל לשמירת איכות הסביבה בשנות האלפיים, מר מיכאל גיל התייחס להיבטים הסביבתיים של תחנות כוח מודולריות, מר יצחק לדרפיינד סקר את השפעת התקנות החדשות של מוצרי הדלק, פרופ' יורם זבירין וד"ר מרציל גוטמן הציגו במשותף שיטה לשיפור ביצועי מנועים לחסכון בדלק ולהפחתת הזיהום, ומר משה צמחוני סקר שיטות למניעת דליפה וזיהום מתחנות דלק.

יום העיון הסתיים ברב-שיח עירני, אשר ביטא את העניין בנושאים שהוצגו ואת הדיעות הנחרצות של חלק ממשתתפיו.

חוברת זו נערכה בעיקרה על בסיס תעתיק תמלילי ההרצאות שנמסרו למרצים לצורך תיקון ועיבוד. כל החומר הגרפי הוצג באופן מקורי ע"י המרצים. לבסוף, תודה לצוות הטכני של מוסד נאמן שאיפשרו את עריכת יום העיון.

## דברי פתיחה

פרופ' דניאל ויס, מנהל מוסד ש. נאמן

ברוכים הבאים לטכניון, למוסד נאמן, לכינוס על "הערכות משק האנרגיה לשיפור איכות הסביבה". נשיא הטכניון, פרופ' זאב תדמור, מתנצל על שאין ביכולתו לברך אישית את אורחינו אך ביקש ממני לעשות זאת בשמו. זה נותן לי הזדמנות לפתוח כינוס זה ביותר מאשר מילות הברכה הרגילות, ולפרט מספר נושאים הקשורים בנושא שלנו.

הנושא של המודעות לאיכות הסביבה ושימורה עבר מספר שלבים בהתפתחותו. אם נשווה אותם לחיי אדם, נוכל לציין את שנות ה-60 וה-70 כתחילת הדרך, הינקות - אם תרצו.

שלב זה היה מאופיין בקבוצות שוליים בלבד שעוררו את העניין. קבוצות אלה היו בהרכב מעורב של קמצוץ מדענים, מספר קטן של נכבדים, בדרך כלל לא מן הרשות המבצעת (הנסיך פיליפ מאנגליה והנסיך רנייה ממונקו ושחקני קולנוע שונים הם דוגמאות לכך) וכמות גדולה יותר של צעירים, בחלקם "נוער הפרחים" שמרד בחברת השפע - בעיקר בארה"ב וצפון אירופה. בשלב זה הפעילות התמקדה באיסוף כספים לנושאים ספציפיים כגון לוחמה בצידי כלבי הים וכו'.

מספר אסונות אקולוגיים בולטים, כגון אסון המפעל של יוניון קרבייד בבופל, התאונה בסבזו בצפון איטליה ופריצת המיכלית "טורי קניון" הביאו להפעלת הרשויות הפוליטיות, בעיקר הלאומיות, בכיוון של חקיקה ופיקוח בנושא איכות הסביבה. יצויין כאן שחוק קנוביץ הישראלי היה כנראה החוק האקולוגי הראשון מסוגו בעולם, אך רישומו לא ניכר, והיום אפילו הפעילים בתחום זה אינם זוכרים אותו במדויק. לשלב זה הייתי קורא שלב הילדות.

תופעות חמורות כגשם החומצי ודילול מעטפת האוזון הביאו להכרה שבעית איכות הסביבה ושימורה הן:

א. בעיה קרדינלית להמשך קיומנו על כדור הארץ

ב. בעיה כלל עולמית שלא ניתן לתחום אותה, או לטפל בה במסגרת גבולות של מדינה זו או אחרת, גדולה ככל שתהיה.

זה מביא אותנו לשלב הנוכחי בו מרבית העולם מבין את חשיבות הבעיה אך עדיין יש חילוקי דעות קשים לגבי ביצוע - שלב אותו אני משווה להתבררות, עם כל החיכוכים.

יום העיון הנוכחי, ידון באמנות בינלאומיות בתחום איכות הסביבה והשפעתן על משק האנרגיה בישראל.

נושא האמנות הבינלאומיות מראה לכאורה על בגרות מחשבתית של המחוקקים במדינות השונות, אך יש להתייחס אליו בזהירות ואני משוכנע שהיבטים שונים של תהליך קבלת האמנות יובלטו בהמשך, ולכן אגיד בנושא זה רק מספר מלים.

כאשר קוראים את האמנות המתהוות בעולם, מתקבל לפעמים הרושם שבחלקן לפחות, רואים המחוקקים המיצגים מדינות מפותחות או קבוצות מדינות כגון השוק המשותף, את האינטרס הצר של מדינותיהם - נאמר לפחות באותה חשיבות כמו איכות הסביבה - כך שלדוגמה תיקון המוצע בימים אלה לחוק האויר הנקי "Clean Air Act" בארה"ב ימנע יבוא חשמל מתחנות כוח קנדיות שאינן עומדות בתקנים הסביבתיים החדשים שהוצעו. (אך התיקון לא היה חל על תחנות כוח אמריקניות קיימות). כך גם ניתן להתרשם מתפקידים סמויים להקטנת תחרות יבוא, של האמנות האירופאיות.

אך הערות אלה לא צריכות להמעיט מחשיבות ומדחיפות קביעת אמנות לשיפור ושימור איכות הסביבה, כי כיום כבר ידוע שככל שכלכלה פרימיטיבית יותר, וככל שההכנסה הלאומית קטנה יותר, כך עצמת הזיהום יחסית גדולה יותר. תופעה זו מסוכנת במיוחד לאור הנטיה של תעשיות רב לאומיות להעביר מפעלים לאזורים בהם כוח העבודה זול, ושאיפתן של מדינות מתפתחות לקדם את כלכלתן ורווחת אוכלוסייהן.

במחקר שנעשה לאחרונה על ידי הבנק העולמי הוכח שמדינות מתפתחות בעלות כלכלה פתוחה, מצליחות להתפתח תוך ריכוז זיהום קטן יותר מאשר כלכלות סגורות. כך לדוגמה בתעשיית העץ - חברות רב-לאומיות, המיצאות את הסחורה, דואגות להקטנת הזיהום כדי לשמור על תדמית בארצות היעד. לעומת זאת, במפעלים שכל תוצרתם מיועדת לתצרוכת פנימית, אין מוטבציה כזו.

מוסד נאמן החל לפעול בנושאים שונים הקשורים במשק האנרגיה כבר לפני שנים רבות. פותחה שיטה לניתוח מדיניות ניצול אנרגיה, ופותחה תכנית "עומר" לאופטימיזציה של משאבים לאומיים. בהמשך המחקר נדונו גם מחירי הדלק בעולם ובארץ, ונותחו הסיבות להפרשים הגדולים במחירים בשלבי הרכישה השונים. לפני כשנתיים אורגן כאן כינוס הדן בהשלכות מלחמת המפרץ על אפשרות השימוש באנרגיות חלופיות ונעשו מחקרים על חסכון באנרגיה בבתים על ידי בניה מתוחכמת.

נושא איכות הסביבה זכה לתשומת לב חוקרי מוסד נאמן בשנתיים האחרונות. בשלב מקדים פורסם תרגום לעברית של הספר "עתידנו המשותף" שהופק באופן מקורי על ידי האו"ם. התחלנו במחקר רב שנתי בנושא מיחזור מוצקים, הנמשך גם עתה, ובמחקר על שימוש חוזר במי שפכים עירוניים. כן נעשה מחקר על ניצול אפר פחם לצורך הקמת איים מלאכותיים. ביום העיון הנוכחי אנו מחברים שני תחומי מחקר אלה.



## דברי פתיחה

ד"ר אמנון עינב, מדען ראשי, משרד האנרגיה והתשתיות

כיוון שפרופ' דניאל ויס התחיל בקצת נוסטלגיה, גם אני יכול להתחיל בנוסטלגיה. אני זוכר שבשנת 1979 שמעתי בכנס של הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה גרעינית את הרצאתו של ויינברג על התפתחות כמויות ה- $\text{CO}_2$  באויר - ועובדה זו הפתיעה אז את כולם. הוא סיפר אז על מדידות שנעשו במנא-לוא - הר געש באוקיאנוס השקט וגילו שם שכמויות ה- $\text{CO}_2$  הולכות וגדלות. הוא ציין שיצטרכו לתת את הדעת על עובדה זו.

אחר כך התחילו להופיע במאמרים התיחסויות לכמויות ה- $\text{CO}_2$  באויר, הכמויות הנפלטות, כמויות הפחם ששורפים, כמויות פחמימנים נוספים הנפליטים לאויר האטמוספירה.

לאמיתו של דבר, אנחנו נמצאים היום במצב שהנושא נמצא בידי פוליטיקאים. בין השאר מתחילות להופיע תקנות של ה-Energy Tax שנחקקו בארצות הברית, כדי לטפל בבעיות הזיהום. הנשיא קלינטון הוציא צו של Energy Tax, כוונתו היתה טובה אבל הוא החטיא קצת את המטרה מפני שתחנות הידראוליות שאינן מזהמות יצטרכו לשלם אותו מס שישלמו תחנות שורפות פחם. המשמעות היא מעט שונה ממה שהתכוונו מצדדי החוק. גם באירופה מנסים ל"דחוף" מס כזה.

ההרצאות שנשמע יכניסו אותנו לנושא זה.

## תקנות מול תמריצים באיכות הסביבה

פרופ' מרדכי שכטר

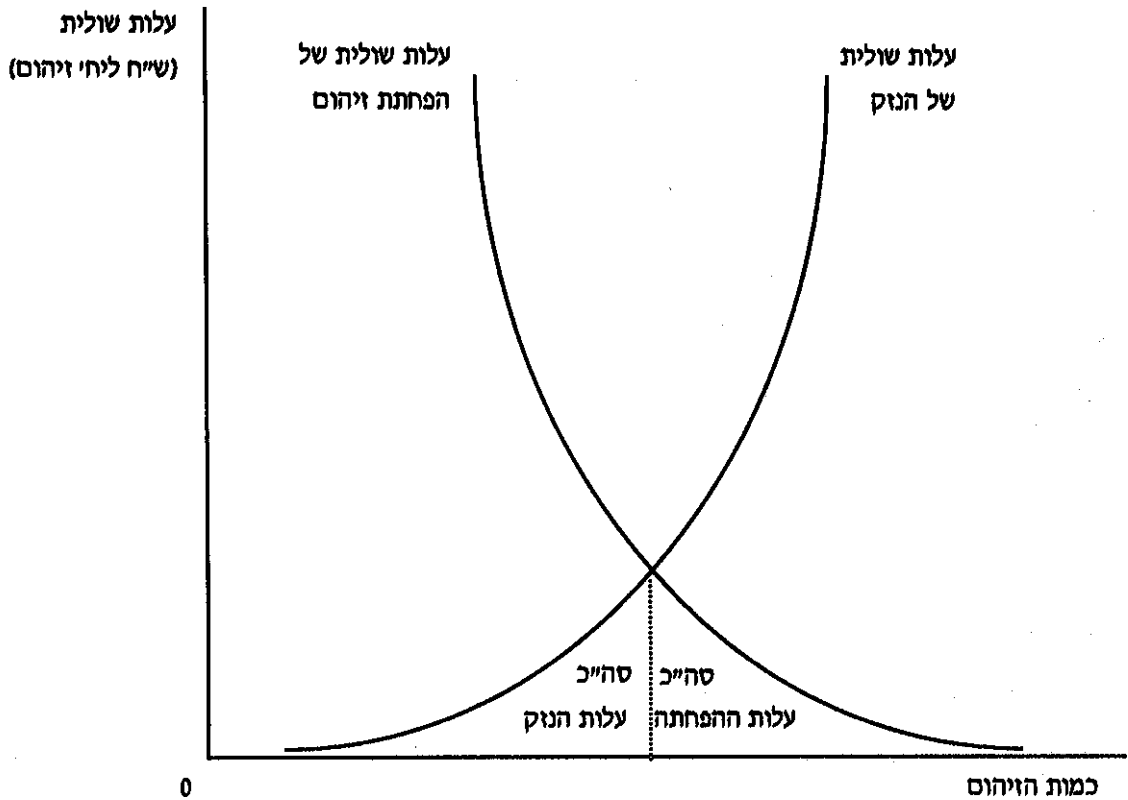
ראש המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה

אוניברסיטת חיפה

בעיקר במדינות המתועשות, אבל לא רק שם, גוברת בשנים האחרונות האפשרות של ישום גישות משוכללות ויעילות יותר לשיפור איכות הסביבה ואכיפת תקנים סביבתיים מאלה הנהוגות כיום. המגמה נובעת בראש ובראשונה מההכרה ששיפורים נוספים באיכות האוויר ובאיכות המים הולכים ונעשים יקרים יותר ויותר, וקיים צורך מתמיד לבחון דרכים חלופיות להשגת המטרה הסביבתית בעלות הנמוכה ביותר למשק.

קודם כל, הכלכלן הסביבתי מעונין להגיע לתקן סביבתי אופטימלי. אופטימלי מהבחינה הכלכלית, הלוקחת בחשבון הן את העלויות של השגת ההפחתה ברמת הזיהום, והן את הנזקים שנגרמים כתוצאה מרמות זיהום שונות. על הציר האופקי בציר מס' 1 נתונה כמות הזיהום הנפלטת, כאשר הגרף היורד משמאל לימין מודד את העלות השולית של ההפחתה. ככל שפולטים יותר, צריכים להשקיע פחות בהפחתה. הגרף העולה משמאל לימין מודד את עלות הנזק שנגרם - נזק בריאותי, נזק לחומרים, וככלל - הנזק לסביבה שנגרם כתוצאה מפליטות גזים מזהמים.

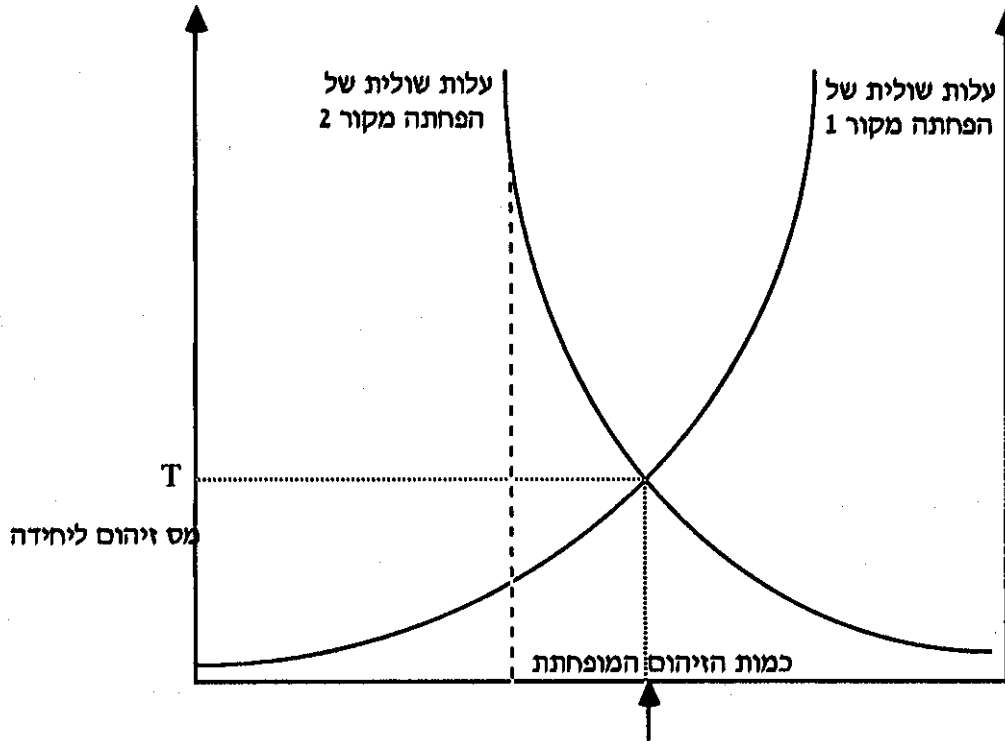
לדוגמא, לפני מספר שנים ביצענו מחקר במרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, בנושא האומדן הכלכלי של נזקי הזיהום, כלומר - נסיון לבדוק ולתרגם למונחים כלכליים את עלות הנזק הסביבתי, בעיקר במונחי בריאות, באיזור חיפה. בשנתיים האחרונות אנחנו מנסים, בעזרת מחקר הממומן ע"י משרד האנרגיה לאמוד את הפונקציה של העלות (הגרף היורד). למרות שכולנו יודעים כמה עולה להפחית זיהום, כלומר כמה עולה להתקין מתקן זה או אחר, הדברים אינם כה פשוטים כשמדברים על איזור שלם ולא על מפעל בודד. לשם כך פיתחנו את מודל תלמ"א המהווה כלי לאומדן פונקציה זו. התקן האופטימלי הוא באותו מקום שבו שתי העקומות נפגשות. כך שאם מסתכלים על הדברים מבחינה כלכלית, כאשר לוקחים בחשבון גם את העלויות החברתיות ומתרגמים אותן למונחים כלכליים, התקן האופטימלי אינו בהכרח אפס זיהום. אמנם, היינו רוצים לשאוף לאפס זיהום, אבל העלויות הכרוכות בהשגת מטרה זו עלולות להיות כל כך גבוהות, שההשקעה בטכנולוגיות כאלו פשוט אינה כדאית כיוון שיש מטרות חברתיות אחרות שהן חשובות במידה לא פחותה. לכן התקן הוא בחזקת "פשרה" מבחינה חברתית.



ציור 1. תקן "אופטימלי" מבחינה כלכלית

אולם, מה שמעניין אותנו בהקשר של ההרצאה של היום - הוא השגת רמת זיהום כלשהי, אופטימלית או לא, במינימום עלויות. ניקח דוגמא של שני מפעלים, כמתואר בציור 2. נתון מפעל מס' 1 שעלויות הפחתה השוליות שלו מתוארות על הגרף שעולה משמאל לימין, ומפעל שני, שעלויותיו עולות מימין לשמאל. על הציר האופקי נתונות כמויות הפחתה של פליטות. אנחנו מניחים שהרשות מתירה בכל האיזור 15 יחידות פליטה בלבד. השאלה: איך אנחנו קובעים כמה יפחית כל מפעל כשהמטרה היא למזער את סך עלות הפחתה לכל האיזור (בהנחה שיש בו רק שני מפעלים).

גישה אחת - היא פשוט לקבוע, בגישה פרטנית לגבי כל מפעל ומפעל (למשל, באמצעות צווים אישיים), כמה מותר לו לפלוט. זו הגישה המקובלת ביותר ונקראת הגישה המינהלית Command and Control - צווה ובקר. זו גישה ריכוזית, שאומרת לכל מפעל בדיוק מה לעשות במידה זו או אחרת, לפעמים אפילו באיזה טכנולוגיה ובאיזה דלק צריך להשתמש בכדי להשיג את המטרה היעודה.



ציור 2. נקודת היעילות הכלכלית

מקור זיהום 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
מקור זיהום 2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

לחילופין, הגישה שמומלצת ע"י הכלכלנים אומרת: מהי הדרך הזולה ביותר בכדי להשיג את ההפחתה של 15 יחידות? ברור בדוגמא שלפנינו, שהמפעל השמאלי - שהעלות שלו, לפחות בתחום מסוים, נמוכה יותר מאשר המפעל הימני, יפחית יותר. כלומר, מפעל מספר 1 יפחית 10 יחידות, ומפעל מס' 2 (עם טכנולוגיה יקרה יותר) יפחית רק 5 יחידות. דהינו, לא כל אחד יפחית כמות שווה, או בשיעור שווה (נאמר, ב-10%). כאשר מדובר בהוצאות גבוהות מאוד - מבחינת כלל המשק - זו הגישה המועדפת על ידי הכלכלנים.

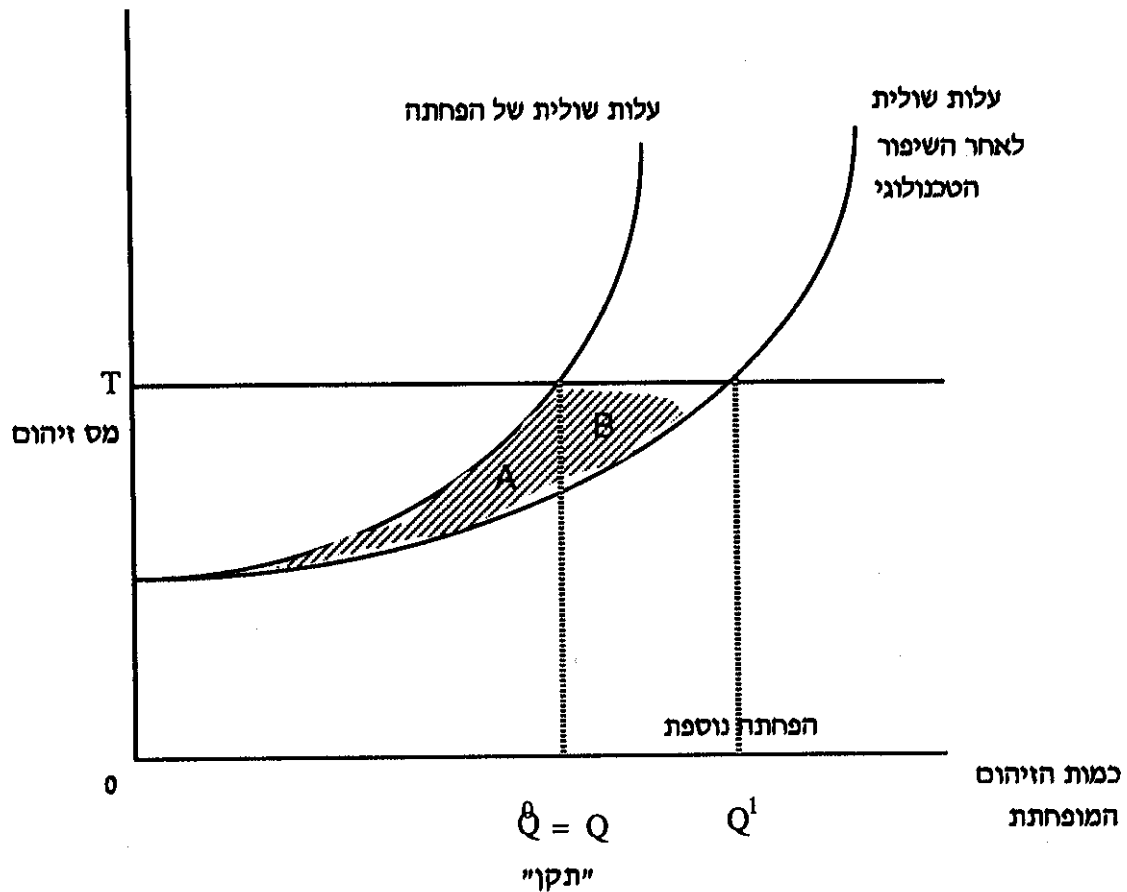
איך ניתן להשיג תוצאה כזו? האם לשם כך צריך ללכת לכל מפעל ולבדוק בדיוק כמה עולה לו להפחית וכך לקבוע כמה יפחית כל מפעל? התשובה היא "לא". אפשר להנהיג מערכת של תמריצים כלכליים, שיגרמו לכך שכל מפעל יפחית את הכמות הרצויה, מבלי שמישהו יאמר לו כמה. קיימים היום שני סוגים של תמריצים כאלו:

**מיסי זיהום** - מיסים אלה הינם תרגום של הכלל - "המזהם - משלם". אם כי, בסופו של דבר אין זה הכרחי שהמזהם ישלם בהכרח. הציבור שקונה את המוצרים של המזהם הזה משלם גם עבור מניעת הזיהום. בדרך כלל התעשייה מתנגדת להטלת המיסים, כאילו זה בהכרח נופל עליה. במידה זו או אחרת - הם יכולים (וחייבים) לגלגל את כל או חלק מהנטל על הצרכנים. נניח שנקבע מס בגובה  $T$ . המפעל הראשון רואה לפניו מס שמשמעותו: על כל יחידת זיהום שהוא פולט הוא משלם  $T$  שקלים. כיצד יגיב המפעל? כל זמן שהעלות שלו נמוכה, עבור אותן יחידות זיהום שעלות הפחתתן נמוכה מ- $T$ , הוא יתקין מתקנים מתאימים מפני שזה יותר זול עבורו.

כמה יחידות הוא יפחית? הוא יפחית בדיוק את אותן עשר יחידות שהמודל הקודם הראה לנו שזה מה שהוא צריך לעשות. מבלי שהרשות קובעת כמה להפחית! היא קובעת את שיעור המס בלבד. המפעל יעשה את מה שהרשות המתכננת רוצה שיעשה מבלי שהיא תאמר לו איך לעשות. יהיה למפעל תמריץ לבצע את ההפחתה בצורה הזולה ביותר, מפני שככל שהוא יעשה את זה באופן זול יותר - הוא ירויח יותר ע"י כך שיפחית את סך עלויותיו (מס + עלות ההפחתה).

יתרון נוסף של מיסי הזיהום מוצג בציור 3. נניח שחל איזה שהוא שיפור בטכנולוגיה של מניעת זיהום - והיום המפעל יכול לבצע את ההפחתה באמצעים זולים יותר. העקומה הנמוכה יותר, מייצגת לנו עלות נמוכה יותר של הפחתת הזיהום. המפעל יחסוך הוצאות בגודל השטח  $A$  כתוצאה מאימוץ הטכנולוגיה. לעומת זאת, אם נקבע מס - מה יקרה? למפעל יש תמריץ להפחית יותר, מעבר ל- $Q$ , מפני שהוא ירויח את השטח הנוסף של  $B$ . כלומר, במצב של מס זיהום נוצרים תמריצים למפעל להפחית מעל ומעבר לתקן.

**רשיונות זיהום סחירים** - הגישה השנייה, יותר מתוחכמת אבל יותר מסובכת לביצוע, היא באמצעות רשיונות זיהום סחירים. נניח, ששוב צריכים להפחית 15 יחידות. הרשות מנפיקה למפעלים 15 רשיונות. כאשר יחידת רשיון מאפשרת פליטת יחידה אחת של זיהום. מפעל שמקבל שבעה רשיונות - יכול לפלוט 7 יחידות של זיהום, וכ"י. נניח שמפעל מס' 1 קיבל 7 יחידות רשיונות ומפעל מס' 2 - 8 רשיונות, והם רשאים לסחור ביניהם (ציור 4). מפעל מס' 1 חייב עתה להפחית 8 יחידות זיהום כיוון שהוא רשאי לפלוט רק 7 מתוך ה-15, בהתאם למספר הרשיונות שברשותו. מפעל מס' 2, שקיבל 8 רשיונות חייב להפחית 7 יחידות. יחד הם יפלטו 15 יחידות ויפחיתו 15 יחידות.

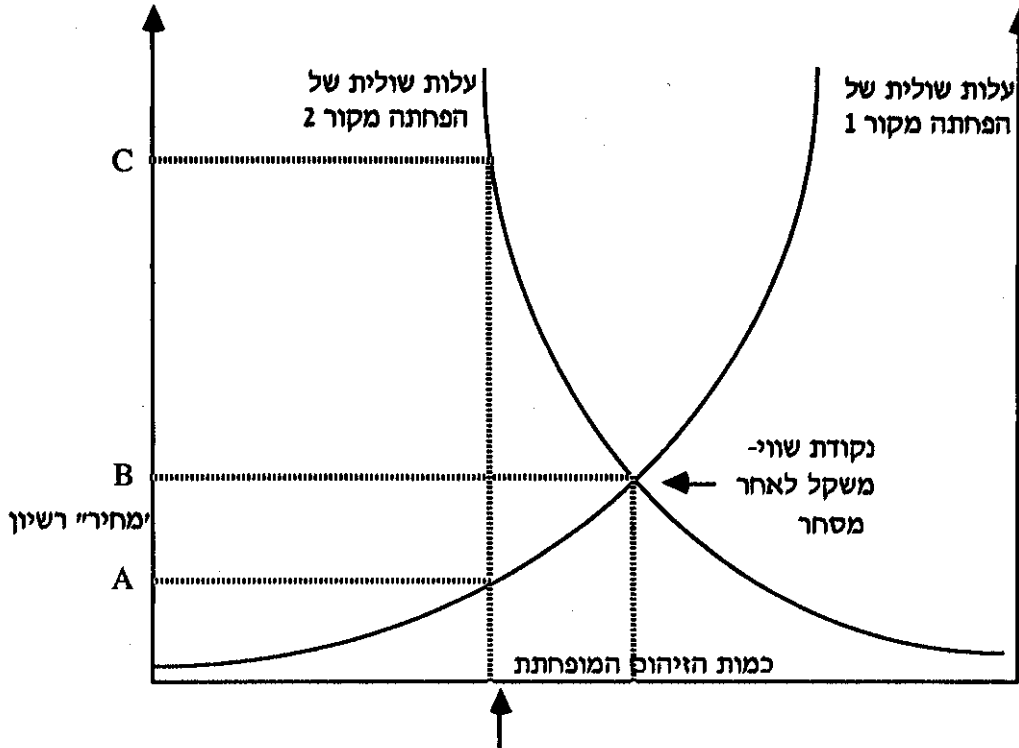


ציור 3

לפי הציור, עלות ההפחתה במפעל מס' 2 יותר גבוהה מזו של מס' 1. יש לו אם כך תמריץ לקנות ממפעל מס' 1 יחידה אחת של רשיון. האם הדבר כדאי למפעל מס' 2? לפי הציור התשובה חיובית: הדבר כדאי לשניהם. מפעל מס' 1 עכשיו צריך להפחית תשע יחידות, אבל כדאי עבורו בכל מחיר מעל העלות שלו. למפעל 2 לעומת זאת כדאי לשלם כל מחיר מתחת לעלות שלו מפני שזה זול יותר עבורו מאשר להפחית בעצמו, ונמצא ששניהם "מרוויחים" מהעסקה.

יש כאן תמריץ כלכלי לשני המפעלים לסחור ביניהם. אחד - למכור, והאחר - לקנות. מתי יסתיים המסחר הזה? בנקודת החיתוך של שתי העקומות. כלומר, מה שאנו משיגים בעזרת מס זיהום, אפשר גם להשיג בעזרת שוק של רשיונות סחירים. היתרון הינו בכך שבשוק של רשיונות סחירים יש לנו בקרה חרבה יותר הדוקה על סך הפליטות, מפני שזו תמיד תהיה שווה למספר הרשיונות שמנפיקים.





נקודת התחלה

מקור זיהום 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
מקור זיהום 2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

מפעל 1: 7 רשיונות סחירים  
 מפעל 2: 8 רשיונות סחירים  
 סה"כ: 15 רשיונות סחירים

ציור 4

ובכן, שתי הגישות - מס זיהום ורשיונות זיהום - יביאו אותנו לאותה נקודה רצויה של רמת הפליטות: השגת הרמה הרצויה בעלות מינימלית. ניתן שתי דוגמאות מהנעשה בהקשר זה בארה"ב. הצעד המהפכני ביותר מבוצע בימים אלו בדרום מדינת קליפורניה באגן האויר של לוס-אנג'לס, הידוע ברמת הזיהום הגבוהה שלו. לאחר חודשים ארוכים של דיונים, חלקם בשיתוף פעיל של הציבור הרחב הנוגע בדבר ובתמיכה של גופים "ירוקים" כמו ה- Environmental Defence Fund, אימץ המינחל הציבורי של אגן האויר תכנית שעובדה על ידי צוות מקצועי, ואשר המליצה על הנהגת שוק של רשיונות זיהום. הפיקוח הוא בעיקר על זיהום מארובות של בתי הזיקוק ותחנות כח. המסחר הונהג בשלושה מזהמים: פחמנים, תחמוצות חנקן ודו- תחמוצת הגפרית. כל מפעל מקבל מלכתחילה מספר מסוים של רשיונות עבור כל

אחד משלושת המזהמים, יחסית לרמת הפליטות שלו בעבר. סך כל הרשיונות שווה לסך הפליטות שמותרות לפי התקן. כל מפעל יכול לסחור עם מפעלים אחרים: לקנות או למכור רשיונות באמצעות "מסלקה". בסכום שמפעל מקבל בתמורה עבור רשיונות שמכר הוא יכול להשקיע במערכות להפחתת זיהום שעלותם נמוכה יותר. יתכן אפילו שלאחר מעשה תישאר בידו יתרת רווח. התעשייה בהחלט יכולה להרוויח, ובכל מקרה לא להפסיד, לעומת המצב הקודם.

כמובן שזה גם רווח למשק כולו, כיון שבצורה כזאת סך-כל עלות ההפחתה תיקטן. לפי התכנית של לוס אנג'לס בעשור הקרוב מתוכנן צמצום נוסף בסך הזיהום, וזאת באמצעות מסלול ידוע מראש של "פיחות שנתי" בערך הנקוב של רשיון, מעין אינפלציה חזויה. אינפלציה זו תביא לכך שעל פני מסלול ידוע מראש סך כל הפליטות המותרות ילך ויפחת, כאשר המפעלים יכולים להעריך לכך.

לפי ההערכות הקיימות החסכון הצפוי הוא בסביבות 400 ביליון דולאר לעומת הגישה הקיימת. עיקר החסכון יהיה בתחמוצות החנקן: העלות בשיטה הקיימת היא כ- 1500 דולר לטון הפחתה, ובשיטה המוצעת 25 דולר. הם גם חישובו שאימוץ התכנית תביא לקיזוז של 30% בהיקף האבטלה שהיה צפוי אילו היו מיישמים את הגישה של Command and Control.

בקצה השני של היבשת האמריקאית, נעשה ניסוי דומה, אם כי הוא עדיין בחיתוליו ובקנה מידה מצומצם יותר. מדובר בזיהום מים בפארק ה-Everglades במדינת פלורידה. יש שם מצב שמזכיר את המצב בשמורת החולה שלנו. מי השמורה, מזדהמים והולכים מפעילות חקלאית המתקיימת לאורך נהרות שמזינים את השמורה בעיקר מדשן זרחני. דבר זה משפיע באופן שלילי על הצמחיה הטבעית, מעכיר את מי השמורה ופוגע באצות שמהוות בסיס לשרשרת המזון. במקרה זה דנים בהנהגת שוק לרשיונות זיהום. ניתוח כלכלי הצביע על כך שעל ידי אימוץ התכנית, ניתן יהיה להפחית את עלויות הזיהום ב-25%.

לדוגמא: בתכנית הקיימת שתסובסד בעיקר על ידי המדינה העלות עשויה להגיע ל- 340 אלף דולר להפחתה של טון זרחן. אם יאמצו את פתרון השוק לרשיונות זיהום סחירים, ההערכה היא שהעלות תעמוד על 13,000 דולר לטון. במקרה זה צופים שרשיונות הזיהום יימכרו על ידי מזהמים גדולים ויעילים לציבור החקלאים הקטנים, דבר שיאפשר המשך הפעילות החקלאית הרגילה של חוואים אלה. תוצאה זו מוטלת בספק בחלופה הקיימת, בה יש חשש לעתידם של אלפי בעלי חוות קטנים שעלולים למצוא את

עצמם ללא פרנסה אם תיושם הגישה היקרה יותר.

נחזור למצב אצלנו. במרכז לחקר משאבי טבע וסביבה אנחנו בודקים היום את הנושא, ומנסים ליישם אותו לאיזור חיפה בתנאים של מעבדה. אם אנחנו יכולים לעשות צעדים שיביאו להוזלה כלשהיא של עלויות הפחתת זיהום האויר ובד בבד מתן חופש גדול יותר למפעלים להחליט בעצמם איך הם רוצים לבצע זאת. הנושא ראוי לבדיקה רצינית.

## הסכמי אמנה בינלאומיים בתחום איכות האויר ויישומם

ד"ר מיכאל גרבר  
ראש האגף לאיכות האויר,  
המשרד לאיכות הסביבה

מאחר ויש בידי יותר מידי חומר אתרכזו ברשותכם בהרצאתי ברשימת האמנות והסכמים בהם נתקלתי בשנים האחרונות, העוסקים בזיהום אויר. אף שאני עומד לסקור את כולם בקצרה, ארחיב קצת יותר לגבי האמנה בדבר הסעה הבינארצית של מזהמי אויר מ-1979. אמנה נוספת שתיסקר הינה "אמנת וינה", המטפלת בנושא שכבת האוזון הסטרטוספירי והחור שבשכבת האוזון, והפרוטוקול המפורסם שלה "פרוטוקול מונטריאול". (פרוטוקול הינו מסמך נילווח לאמנה הכולל פירוט, הרחבות והשלמות). אקדיש גם כמה מילים לאמנת מסגרת בנושא שינוי אקלים כדור הארץ שנחתמה בריו-דה-ז'ניירו בכנס האו"ם הגדול לפיתוח ולסביבה שהתקיים ביוני 1992.

ההסכמים הבינלאומיים שהתפרסמו עד כה בנושא איכות האויר הינם אמנות גלובליות (הפרוטוקולים שלהן) שנחתמו במסגרת האומות המאוחדות, או הסכמים שנחתמו במסגרת ארגונים איזוריים כמו אמנות המועצה הכלכלית לאירופה (ECE) שמקום מושבה בז'נבה, או דירקטיבות הקהילה האירופית (EC) שמקום מושבה בבריסל.

הסכמים בינלאומיים אופייניים בנושא זיהום אויר, וגם הדירקטיבות של השוק האירופי בנויים למעשה באותה מתכונת וכוללים את הסעיפים הבאים: מטרות, עקרונות, הגדרות, הקביעה מה התחייבויות הצדדים המשתתפים, סעיפים לגבי מחקר, חינוך, והגברת מודעות. בהסכמים אלה יש הרבה הנחיות מינהליות לצדדים כיצד מתכנסים, מי מפעיל את הכינוסים האלה, וכיצד להקים את מזכירות ההסכם. יותר ויותר אנחנו שומעים גם על הקמת גופים לאכיפה שמטרתם לבדוק שהדברים הנדרשים בהסכמים אלה אכן מתקיימים. בעבר זו היתה הנקודה החלשה של כל האמנות הבינלאומיות.

יש בהסכמים גם סעיפים הנוגעים להעברת מידע בין הצדדים, ולהקמת מנגנונים כספיים. במנגנון הכספי הכלול בפרוטוקול מונטריאול יש חידוש בולט, עם השלכות רציניות, שכן מדובר שם בסכומי כסף גדולים. סעיפים מיוחדים מטפלים בישוב מחלוקות בין הצדדים, איך מכניסים שינויים בהסכם ע"מ לעקוב אחר ההתפתחויות עם הזמן, למי יש הזכות להצביע, מי עוד רשאי להצטרף, מתי נכנס ההסכם לתוקף, האם

מותר לצדדים להסתייג, כיצד פורשים מההסכם, וקביעת השפות הרשמיות של ההסכם.

### אמנת וינה ופרוטוקול מונטריאול

אמנת וינה, שנחתמה בשנת 1985, היא הצהרה כללית שיש להגן על שכבת האוזון הסטטוספריית. שנתיים לאחר מכן נחתם הפרוטוקול היחיד (עד כה) של אמנת זו - פרוטוקול מונטריאול. במטרה למנוע את הפגיעה בשכבת האוזון הסטטוספריית, כולל פרוטוקול זה הגבלות על השימוש בתרכובות מסוימות ממשפחות ה-CFC, ההלוגנים והפחמימנים המוכרים אשר לגביהם הוכח כי הם גורמים לדלדול האוזון. במפגשי הצדדים שנערכו ב-1990 בלונדון וב-1992 בקופנהגן הוחלט על הרחבת רשימת החומרים האסורים לשימוש במסגרת הסכם זה, כולל הפסקת השימוש בהלונים (חומרים המשמשים לכיבוי שריפות) וכן הכללת המתיל ברומיד ברשימת החומרים בפיכות, כלומר חומרים אשר לגביהם מתחילים לחשוב על הגבלת השימוש. עובדה זו מציבה את תעשיות הברום בישראל (היקף מכירות של למעלה מ-50 מיליון דולר) ואת המשתמשים במוצר זה במצב קשה.

### CFC והאלונים מבוקרים על פי פרוטוקול מונטריאול המקורי משנת 1987

#### Annex A - Controlled Substances (8 substances)

Group	Substance	Ozone/depleting potential*/(ODP)
<b>Group I (CFC)</b>		
	CFCl <sub>3</sub> (CFC-11)	1.0
	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> (CFC-12)	1.0 (0.9)
	C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub> (CFC-113)	0.8
	C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> (CFC-114)	1.0
	C <sub>2</sub> F <sub>5</sub> Cl (CFC-115)	0.6
<b>Group II (Halon)</b>		
	CF <sub>2</sub> BrCl (halon-1211)	3.0
	CF <sub>3</sub> Br (halon-1301)	10.0
	C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> Br <sub>2</sub> (halon-2402)	6.0**

\* These ozone depleting potentials are estimates based on existing knowledge and will be reviewed and revised periodically.

\*\* The First Meeting of the Parties decided in Dec. 9 to accept the value for the Ozone Depleting Potential (ODP) for halon 2402, as 6.0, and to request the secretariat to inform the Depositary that the parties agreed to accept this figure by consensus at their First Meeting and that accordingly the Depositary should insert this figure to replace the words "to be determined" in Annex A to the Montreal Protocol.

CFC וממיסים מבוקרים על פי פרוטוקול מונטריאול עם תיקון לונדון מ-1990

## Annex B - Controlled Substances (12 substances)

Group	Substance	Ozone/depleting potential*/(ODP)
<b>Group I (CFC)</b>		
$CF_3Cl$	(CFC-13)	1.0
$CF_2Cl_2$	(CFC-111)	1.0
$C_2F_2Cl_4$	(CFC-112)	1.0
$C_3FCl_7$	(CFC-211)	1.0
$C_3F_2Cl_6$	(CFC-212)	1.0
$C_3F_3Cl_5$	(CFC-213)	1.0
$C_3F_4Cl_4$	(CFC-214)	1.0
$C_3F_5Cl_3$	(CFC-215)	1.0
$C_3F_6Cl_2$	(CFC-216)	1.0
$C_3F_7Cl$	(CFC-217)	1.0
<b>Group II (Halon)</b>		
$CCl_4$	carbon tetrachloride	1.1
<b>Group III (Halon)</b>		
$C_2H_3Cl_3$	1,1,1-trichlorethane (methyl chloroform)	0.1

\* This formula does not refer to 1,1,2-trichloroethane.

כל חודש יוצא דיווח של האו"ם (UNEP) בניירובי המעדכן, בין השאר, את מצב החתימות של המדינות בעולם על האמנה והפרוטוקול. העדכון לאפריל 1993 מראה כי על אמנה זו חתמו 120 מדינות. מדינת ישראל הצטרפה לאמנת וינה ופרוטוקול מונטריאול בשנת 1992, לא בין הראשונות. אגב, המשמעות של הצטרפות זו היא גם תקציבית מאחר ומדינת ישראל חייבת להשקיע כ- 200,000 דולר לשנה - לשלוש שנים בקרן רב-צדדית לסיוע למדינות מתפתחות.



## אמנת האקלים

בכנס האו"ם לפיתוח ולסביבה, שהתקיים ביוני 1992 בריו-דה-ז'נירו, נחתמו שתי אמנות בינלאומיות חשובות, הראשונה בנושא השינוי הגלובלי של האקלים והשנייה בנושא ההכחדה הנמשכת של מיני החי בעולם. נזכיר כאן בקצרה את אמנת האקלים, אשר לא פחות מ-156 ממדינות העולם חתמו עליה (כולל מדינת ישראל).

מטרת אמנה זו הינה לייצב את הריכוזים של גזי החממה באטמוספירה, ברמה שתימנע הפרעות אנטרופוגניות (קרי, מעשה ידי אדם) מסוכנות למערכת האקלים. כלומר, באמנה זו אין מדברים עדיין על הגבלת הפליטות לאטמוספירה. בשלב זה מדובר רק על בחינה מחקרית של מה שקורה לאטמוספירה, והצבת מטרה לייצב את רכוזי המזהמים לאו דוקא ברמות של היום, אלא באותן רמות שיוכח שעלולות לגרום להפרעות אקלימיות.

כיום עדיין לא ברור כיצד להגביל ובכמה, אולם בדירקטיבה של ה-EC שפורסמה בעקבות אמנת האקלים קיימת דרישה להקמת מנגנון לניטור פליטות ה- $CO_2$ , במטרה לקיים מעקב אחרי המצב הנוכחי ומגמות השינוי. נתונים אלה ישמשו בעתיד כבסיס לקביעת הדרישות לגבי הגבלת הפליטות לאוויר של ה- $CO_2$ .

## אמנה בדבר הסעה בינארצית של מזהמי אוויר

אמנה זו של ה-EC משנת 1979 מגדירה את מהותו של זיהום אוויר בצורה הבאה: "הכנסת חומרים לאוויר על ידי בני אדם באופן ישיר או בלתי ישיר, אשר בעקבות כך, נגרמים תוצאים מזיקים הגורמים לסיכון בריאות האדם, לנוזקים לחי, לאקוסיסטמות ולרכוש, ואשר פוגעים בהנאה מן הסביבה או מפריעים לשימושים לגיטימיים אחרים בסביבה".

מטרת האמנה היא להגן על האדם והסביבה מפני זיהום אוויר ארוך טווח. לשם כך, קבלו על עצמן המדינות להגביל ובמידת האפשר לצמצם בהדרגה ולמנוע פליטות של מזהמים לאוויר. על החברות באמנה זו נמנות ארצות מזרח ומערב אירופה, קנדה, ארצות הברית, וטורקיה. למעשה כל המדינות היותר מפותחות לחוציא את יפן.

האמנה כוללת גם סעיף לגבי שיקולים כלכליים (סעיף 6) שיש להתחשב בהם (ציטוט): "כל הצעדים שינקטו למניעת זהום אוויר מקומי ובינארצי יהיו תואמים עם פיתוח מאוזן, תוך שימוש בטכנולוגיה הזמינה הטובה ביותר, שהיא גם ישימה מבחינה כלכלית ובטכנולוגיות דלות פסולת או נטולות פסולת". במילים אחרות, האירופאים בפירוש דורשים יישום טכנולוגיות, לא רק הטובות ביותר, אלא גם שיעמדו בקריטריון הכלכליות. יש באמנה גם הרבה מאוד דגש על הנושא המחקר והפיתוח.

נראה שכבר בשנת 1979 עלה הנושא של הצמצום בהדרגה של הפליטות לאוויר, ואחר כך התפתחו הפרטים במסגרת הפרוטוקולים של האמנה לגבי המדיניות האסטרטגיות והחלפת המידע וכל מיני כלים אחרים אותם צריך להפעיל כדי שיביאו בסופו של דבר לאיכות אוויר יותר טובה. לאמנה זו ארבעה פרוטוקולים:

1. **פרוטוקול EMEP**: הפרוטוקול הראשון של האמנה (כנראה היותו פשוט לטיפול), אשר התפרסם כבר בשנת 1984 ונכנס לתוקף ארבע שנים אחר כך. הפרוטוקול עוסק בנושא ניטור איכות האוויר ודן בהפעלת מערכת ניטור אירופית, עם כללים והוראות כיצד לבצע את המדידות. הבעיה העיקרית היתה בעיית מימון והפיתרון נמצא בכך שכל מדינה משלמת את השתתפותה לקרן שמטרתה לאכסן ולעבד את נתוני הניטור באופן מרכזי לפי מפתח מסוים. מסתבר שמערכת הניטור האירופית הזאת פועלת כהלכה ומתפרסמים דו"חות שנתיים לגבי זיהום האוויר עם מפות וכי. נתוני מערכות הניטור משמשים גם קלט למודלים חישוביים.

2. **פרוטוקול SO<sub>2</sub>**: אומץ בשנת 1985 ונכנס לתוקף אחרי שמספיק מדינות אישרו אותו ב-1987. הפרוטוקול דן בצמצום פליטות הגפרית הדו-חמצנית ב-30% בטווח השנים מ-1980 ועד 1993. נראה שבאף אמנה בינלאומית לא נדרשה דרישה כזו קודם לכן. מעניין שדרישה מהפכנית זו מתבססת על סעיף משני למדי, שצריך לחפשו היטב באמנה, הקובע כי בין כוונותיה ומטרותיה נכלל גם הצורך לצמצם את הפליטות לאוויר. כיום שוקדות החברות בפרוטוקול על ניסוח פרוטוקול SO<sub>2</sub> שני, אשר יחליף את הראשון

שמועד תחולתו פג ב-1993.

3. פרוטוקול  $\text{NO}_x$ : אומץ ב-1988 לאחר שמנסחי האמנה נוכחו בהצלחת הפרוטוקולים הקודמים, ונכנס לתוקף שלוש שנים אחר כך (עד שמספר המדינות הנדרש אישררו אותו). פרוטוקול זה דן בצמצום פליטות ה- $\text{NO}_x$  לאוויר. בגלל בעיות של טכנולוגיה מתאימה הוא לא דורש בשלב זה צמצום בפליטות המזהם אלא מסתפק בדרישה להקפאת כמות פליטות אלה לאוויר, כך שלא יהיו יותר גדולות מאשר ב-1987.

4. פרוטוקול VOC (תרכובות אורגניות נדיפות): בפרוטוקול זה נדרש לצמצם עד 1999 ב-30% את הפליטות של שנת 1988. יצויין שקיימת טכנולוגיה להשגת יעד זה אף שהיא אינה זולה.

ברצוני להדגיש פה בפני הציבור כי כיום בעית זהום האויר הראשונה במעלה במדינת ישראל היא בעיית המזהמים הפוטוכימיים: היום בנוסענו מירושלים לחיפה יכולנו להריח את האוזון באוויר וגם ראינו את אובך החום האופייני של העשפל הפוטוכימי.

לבסוף, כדאי לציין כי בעקבות פרוטוקול ה- $\text{SO}_2$  הגיעו כמה ממדינות ארופה להשגים יפים בצמצום פליטות הגפרית הדו-חמצנית לאוויר משנת 1980 ועד 1990: אוסטריה לדוגמה ירדה ב-75%, ויש עוד מדינות שירדו הרבה, אף כי יש כאלה שלא ירדו. ישראל, אגב, שאינה צד לאמנה ולפרוטוקול זה, אף שהיא חברה ב-ECE ירדה בפליטות ה- $\text{SO}_2$  מ-1980 עד 1990 ב-14% וזה בהחלט ייאמר לזכותנו.

## אמנות בינלאומיות בתחום מניעת זיהום הים ויישומן - השלכות למשק האנרגיה בישראל

ד"ר יובל כהן

מנהל המכון לחקר ימים ואגמים לישראל

האדם משנע כ- 3 מליארד טון חומרים בשנה - כ- 10% ממחזור החומרים בטבע ולכן מהווה גורם משמעותי במחזור החומרים על פני כדור הארץ. האדם גם מייצר מיגוון עצום של חומרים חדשים; כ- 200,000 כימיקלים אורגניים חדשים מסונטזים מדי שנה, מהם כ- 10,000 מגיעים לשלב פיתוח מסחרי וכ- 1000 מגיעים בסופו של דבר אל השוק. חלק ניכר מהחומרים שבשימוש האדם הופך לפסולת, שחלקה מגיע אל הים במישרין או בעקיפין. כיום מקובלת התפיסה, שלמרות מימדיו העצומים, כושרו של הים לקלוט פסולת מוגבל, ושבהיותו נכס משותף של כלל האנושות על אומות העולם לשתף פעולה בנקיטת אמצעים בכדי להגן עליו מפני זיהום. על רקע תפיסה זו נערכו האמנות הבינלאומיות בתחום מניעת זיהום הים.

ההגדרה המקובלת של זיהום הים: "החדרה על ידי האדם, ישירות או בעקיפין, של חומר או אנרגיה אל הסביבה הימית, העלולים לגרום להשפעות מזיקות, כגון פגיעה בחי הימי, סיכון בריאות האדם, פגיעה בפעילות ימית כולל דיג, הפחתה של איכות מי הים והפרעה לכל שימוש באוצרות הים". על פי הגדרה זו גרימת נזק היא הקריטריון לזיהום. הגדרת "הנזק" איננה פשוטה ואיננה יכולה להסתמך רק על התוצאות של מחקר מדעי, מאחר שלמעשה מדובר ב"נזק שהחברה מוכנה לסבול", שבהגדרתו יש לכלול שיקולים כלכליים, חברתיים, אסתטיים, פוליטיים וכד'. יחד עם זאת, הבסיס להערכת הנזק חייב להיות מדעי. הבעיה המדעית מורכבת ביותר, כי דרוש מידע על תכונות החומרים המועמדים לסילוק בים, על תכונות הסביבה הימית הקולטת ועל האינטראקציה בין החומרים לסביבה, ובכלל זה מעבר החומרים בשרשרת המזון הימית. לאור המורכבות של הערכת הנזק העלול להגרם לסביבה הימית ע"י חומרים אנתרופוגניים, החוראות של האמנות הבינלאומיות בתחום מניעת זיהום הים מבוססות על שילוב של שני עקרונות: (א) מניעת או הגבלת ההחדרה לסביבה הימית של חומרים שידוע שבכמויות או בריכוזים מסויימים הם יכולים לגרום לנזק; (ב) מניעת או הגבלת ההחדרה לסביבה הימית של חומרים שהשפעתם לא ידועה אולם קיים חשש שהם עלולים לגרום לנזק (Precautionary Principle). המקורות לזיהום הים הם: הזרמת שפכים מהיבשה, נשורת אטמוספרית, הטלה מכוונת של פסולת מכלי שיט (Dumping), פעילות שגרתית ותאונות של כלי שיט ופעולות של חיפוש וניצול מחצבים בקרקעית הים. משק האנרגיה יכול

לגרום לזיהום הים מכל המקורות הללו. מאחר שהתחזית היא להמשך הגידול בצריכת האנרגיה העולמית - הן כתוצאה מגידול האוכלוסיה והן כתוצאה מהגידול היחסי בצריכת אנרגיה לנפש, צפויה עליה ברמת הזיהום מכל המקורות שנזכרו לעיל, תוך כדי ההפקה, הייצור, ההובלה והניצול של דלקים, אלא אם כן יינקטו אמצעי מניעה - ובמיוחד הגבלת פליטות מזהמים במקור ומיחזור פסולת. האמנות הבינלאומיות בתחום מניעת זיהום הים מתייחסות לכל מקורות הזיהום שנזכרו לעיל בדרך כלל בגישה סקטוריאלית.

הנסיון הראשון להגיע לידי הסכם בינלאומי למניעת זיהום הים נעשה ב-1926, בוועידה שעסקה במניעת זיהום הים בשמן. הדחיפה הגדולה בתחום זה חלה בראשית שנות ה-70 כתוצאה משתי התפתחויות: ראשית, וועידת האו"ם על "סביבת האדם" בשטוקהולם ב-1972, שבה אישרו נציגי 113 מדינות הצהרה שקראה לאומות העולם לנקוט בכל האמצעים האפשריים למניעת זיהום הים.

שנית, וועידת האו"ם השלישית על "משפט הים" שבין השנים 1973-1982 ניסחה את "אמנת משפט הים". אמנה זו קובעת "חוקה" חדשה לים, כאשר השמירה על איכות הסביבה הימית היא אחת ממטרותיה החשובות. כיום יותר מ-50 אמנות גלובליות ואזוריות עוסקות במניעת זיהום הים. חלק ניכר מההוראות של אמנות אלה מבוסס על עקרונות שנקבעו ב"אמנת משפט הים". כיום מדינת ישראל צד לשתי אמנות בינלאומיות העוסקות במניעת זיהום הים. אמנת MARPOL 73/78, שהיא אמנה גלובלית, ואמנת ברצלונה 1976, שהיא אמנה אזורית החלה על הים התיכון. לשתי האמנות והחקיקה הלאומית ליישומן יש נגיעה ישירה למשק האנרגיה.

אמנת International Convention for the Prevention of Pollution from Ships -MARPOL 73/78 עוסקת במניעת זיהום הים מכלי שיט וכוללת נספחים. עם אישור האמנה מדינת ישראל הצטרפה לשני הנספחים הראשונים שלה. מבחינת משק האנרגיה, חשוב במיוחד הנספח הראשון, שעניינו מניעת זיהום הים בשמנים. החקיקה הלאומית ליישום הוראות נספח זה הן "תקנות מניעת זיהום מי הים בשמן (ביצוע האמנה), התשמ"ז - 1987" שהותקנו מכוח "פקודת מניעת זיהום מי הים בשמן (נוסח חדש), התש"ם - 1980" ו-"פקודת הנמלים (נוסח חדש), התשל"א - 1971". השרים הממונים על ביצוע התקנות הם השר לאיכות הסביבה ושר התחבורה. התקנות עוסקות במניעת זיהום הים בשמן מכלי שיט, הן תוך כדי פעילותם השגרתית והן תוך כדי הובלת מטען שמן, טעינתו ופריקתו, כאשר המונח "שמן" מתייחס לנפט גולמי ומוצריו.

התקנות מגבילות שפיכת שמן לים עם הגבלות חמורות במיוחד "באיזורים מיוחדים" המוגדרים כאזורי ים, שמחמת סיבות טכניות הנובעות ממצבם האוקיאנוגרפי והאקולוגי ואופי התעבורה בהם, נדרש לגביהם שימוש בשיטה מיוחדת למניעת זיהום הים בשמן. הים התיכון נקבע כאזור מיוחד. ים סוף כולל מפרץ אילת נקבע באמנה כמיועד להיות איזור מיוחד. אולם ההוראות המיוחדות לגבי עדיין לא נכנסו לתוקף. מרכיב מרכזי של האמנה והתקנות ליישומה הן הוראות לבניה והצטיידות של כלי שיט, ובמיוחד מכליות, הבאות להבטיח את קיום המגבלות של שפיכת שמנים לים בעת פעילות שגרתית של כלי השיט, וכמו כן להקטין את הסיכויים לתקלות ותאונות ולצמצם את מימדי הזיהום במקרי תאונות. על מנת לאפשר לכלי שיט לפעול בהתאם למגבלות שנקבעו, התקנות כוללות הוראות לגבי ציוד ותפעול של נמלים ומסופי טעינה ופריקה של שמנים, כולל חובת התקנת מתקני קליטה נמליים לאיסוף שמנים מכלי שיט (מי שיפוליים, מי נטל ומי ניקוי מכלים). כמו כן התקנות קובעות כללים לפיקוח על ביצוע הוראותיהן, כולל בדיקות תקופתיות של כלי שיט ותיעודן, ניהול רישומים של פעולות טעינה, פריקה והרקה לים של שמנים, וכללים לביצוע חקירות בארועי זיהום הים.

אמנת ברצלונה Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution - 1976. עוסקת במניעת זיהום הים התיכון מכל המקורות שהוזכרו לעיל. האמנה קובעת את העקרון המנחה, על פיו כל מדינה המצטרפת אליה מתחייבת לנקוט בכל האמצעים למניעת זיהום הים ולהדברתו כאשר הדרכים להגשמת מטרות אלה מפורטות בפרוטוקולים הנספחים לה. כיום יש לאמנה ארבעה פרוטוקולים. פרוטוקול נוסף הנמצא בשלבי הכנה סופיים עוסק במניעת זיהום הים כתוצאה מחיפוש וניצול מחצבים בקרקעית הים. על מנת להבטיח שהצטרפות לאמנה לא תהיה אקט פוליטי בלבד אלא תלווה בנקיטת אמצעים ממשיים למניעת זיהום הים, האמנה קובעת שמדינה המצטרפת אליה חייבת להצטרף לפחות לאחד הפרוטוקולים שלה. כל מדינות הים התיכון והקהיליה האירופאית הצטרפו לאמנה. מדינת ישראל הצטרפה לכל הפרוטוקולים.

מבחינת משק האנרגיה שני הפרוטוקולים החשובים ביותר של האמנה הם: ראשית, פרוטוקול שענינו מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים שהחקיקה הלאומית ליישומה היא "חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים, התשמ"ח - 1988" ותקנותיו; שנית, הפרוטוקול שענינו מניעת זיהום הים ע"י הטלת פסולת מכלי שיט שהחקיקה הלאומית ליישומה היא "חוק מניעת זיהום הים (הטלת פסולת), התשמ"ג - 1983" ותקנותיו. השר לאיכות הסביבה ממונה על ביצוע דברי החקיקה הנ"ל.



העקרונות של שני הפרוטוקולים דברי החקיקה הלאומית ליישום הם:

(א) איסור הזרמה/הטלה לים של חומרי פסולת ושפכים אלא בכפוף לקבלת היתר (ניתן בישראל ע"י ועדה בינמשרדית המנוהלת ע"י המשרד לאיכות הסביבה). (ב) בהקשר למתן ההיתרים - סיווג חומרי הפסולת על פי קריטריונים סביבתיים (רעילות ועמידות בסביבה הימית וכד') לכאלה הכלולים ב"רשימה שחורה" (אסורים להזרמה/הטלה לים למעט בכמויות מזעריות) וכאלה הכלולים ב"רשימה אפורה" (מוותרים להזרמה/הטלה לים במגבלות מסוימות). חלוקת החומרים לקבוצות היא על פי המידע שהיה קיים בעת הכנת הפרוטוקולים ולכן מחייבת עדכון על בסיס מחקר מדעי. כך לדוגמא, חומרים אורגנוצורניים כלולים ב"רשימה השחורה" של הפרוטוקול בענין הטלת פסולת לים שנערך ב-1976 וב"רשימה האפורה" של הפרוטוקול בענין זיהום הים ממקורות יבשתיים שנערך ב-1989. (ג) מתן היתרים להזרמה/הטלה של פסולת לים על סמך שיקולים סביבתיים הכוללים בין היתר בחינת הצורך בהזרמה/הטלה ובחינת חלופות ומשמעותן הכלכלית. (ד) אפשרות לדרישת ניטור בסביבה הימית הקולטת את הפסולת כבסיס לבדיקת יישום הוראות ההיתר ולקבלת החלטות על המשכת תוקף ההיתר ועל מתן היתרים דומים. ההטלה לים של אפר פחם מתחנת הכוח בחדרה (ובקרוב גם מתחנת הכח באשקלון) מוסדרת באמצעות החקיקה למניעת זיהום הים ע"י הטלת פסולת ומלווה בניטור באתר ההטלה המתבצע ע"י חקר ימים ואגמים. החקיקה למניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים מופעלת לגבי תחנות הכוח החופיות, בתי הזיקוק לנפט ומסופי דלק. רצוי מאוד שישראל תצטרף לשלוש אמנות בינלאומיות נוספות בתחום מניעת זיהום הים הנוגעות למשק האנרגיה. ענין של שתיים מהן, הקשורות זו בזו, הוא תשלום פיצויים לכיסוי נזקי אירועי זיהום חמורים של הים בשמנים כולל החזר הוצאות ניקוי הזיהום (Civil Liability for Oil Pollution Damage, 1969; Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage, 1971).

כיום סכום הפיצוי המירבי לאירוע אחד על פי אמנות אלה הוא 54 מליון ל"ש אולם הושגה הסכמה בינלאומית על פרוטוקולים חדשים לאמנות שיעלו את סכום הפיצוי ל-122 מליון ל"ש. הכיסוי הביטוחי הנוכחי של המכליות הפוקדות את נמלי ישראל (ע"פ הסכם וולנטרי של הארגון הבינלאומי של בעלי מכליות) נמוך בהשוואה לסכומי הפיצוי שניתן לקבל במסגרת האמנות הנ"ל ואיננו עומד ביחס סביר לנזקים הצפויים מאירוע זיהום בקנה מידה גדול כגון הזיהום שנגרם באלסקה ב-1989 ע"י המכלית "אקסון ולדז". ההצטרפות לאמנת הקרן הבינלאומית לפיצוי בגין נזקי זיהום הים בשמן כרוכה בתשלום

שנתי ע"י מקבלי מטעני דלק גולמי דלק הסק כבד לאחר הובלתו בים. למרות העומס הכספי על משק האנרגיה, החברות בקרן חיונית על מנת להבטיח יכולת התמודדות נאותה עם אירועי זיהום חמורים. האמנה השלישית שעדיין לא נכנסה לתוקף עוסקת בהערכות. להדברת זיהומים של הים בשמן ובשיתוף פעולה בינלאומי טיפול באירועי זיהום חמורים.

Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation, 1990 - אמנה זו מחייבת הן כלי שיט, מסופי דלק ונמלים, והן את המדינה להצטייד בצידו להדברת זיהום ולהכין תכניות חירום לטיפול באירועי זיהום.

#### לסיכום:

1. מטרת האמנות הבינלאומיות בתחום מניעת זיהום הים היא למנוע סילוק בלתי מבוקר של פסולת בים ולהקטין את הסיכויים להחדרת חומרים מזיקים אל הים כתוצאה מפעילות האדם. לאמנות אלה יש תפקיד חשוב כחלק מאסטרטגיה כוללת לשימוש בים ולניצול משאביו תוך מתן הגנה סבירה לסביבה הימית. במסגרת אסטרטגיה כזו סילוק מבוקר של פסולת מהווה שימוש לגיטימי בים. ההתפתחות העתידית של ההסדרים הבינלאומיים בתחום מניעת זיהום הים צריכה להתבסס על העקרונות שלהלן:
  - (א) פיתוח בר קיימא - ניצול הים תוך שמירת נכסי הסביבה הימית לדורות הבאים;
  - (ב) מניעת נזק - נקיטת זהירות לגבי פעילות הנוגעת לים שהשפעותיה הסביבתיות אינן ידועות;
  - (ג) גישה כוללת - קבלת החלטות לגבי סילוק פסולת בים על בסיס בחינת חלופות;
2. המבחן האמיתי של הסדרים בינלאומיים הוא יישומם ברמה הלאומית בין היתר ע"י תרגומם לחקיקה לאומית. משק האנרגיה הישראלי מהווה דוגמא טובה ליישום הוראות האמנות הבינלאומיות בתחום מניעת זיהום הים שישראל צד להן. יש לפעול להצטרפות המדינה לאמנות בינלאומיות נוספות הנוגעות למשק האנרגיה.

**היערכות משק האנרגיה ליישום  
הסכמי אמנה ימיים באיכות הסביבה**  
ד"ר איילה תמרי  
ראש היחידה לאיכות הסביבה,  
משרד האנרגיה והתשתית

ישראל תלויה במקורות אנרגיה מיובאים: נפט ופחם. בשנת 1992 יובאו למעלה מ-11 מליון טון נפט גולמי וכ-5.5 מליון טון פחם. נקודות הכניסה לפחם הן נמל הפחם בחדרה ונמל אשדוד, ואילו הנפט נכנס במסוף חיפה, בנמלי הנפט באשקלון ובאילת.

בארץ משתמשים גם בגז אך בעיקר לצריכה ביתית. מקורו העיקרי הוא גז הנוצר מתהליך זיקוק הנפט. אין היום יבוא של גז, אך אם וכאשר ישראל תיכנס למשק הגז העולמי ההולך ומתפתח, יצטרכו לתת את הדעת לנושא זה, ובמיוחד יהיה צורך לתת את הדעת על הבטיחות.

נושאי איכות הסביבה והבטיחות הולכים בשנים האחרונות ביחד, ומשק האנרגיה הוא אחד הדוגמאות הקלאסיות לשילוב בין שני נושאים אלה, אלא שדרגת הסיכון בכל אחד ממקורות האנרגיה שונה: הפחותה ביותר היא בפחם, אחריה הנפט ולבסוף הגז.

בהרצאה זו יינתן הדגש על בטיחות בכל הקשור לפריקה בנמלים, פעולה הכרוכה בסיכון של זיהום הים והחופים. הסיכון הנמוך ביותר בא מהפחם ומסתכם פחות או יותר בהורדת מידת השקיפות של המים. נוסף אליו את האפר הנשאר לאחר השריפה ונמצא שהבעיה העיקרית שלו כיום היא הטלתו לים, באיזור מוגדר ובאופן זמני בלבד.

שפיכת נפט גולמי או מזוט לים משפיעה על החי והצומח, הן בגלל האטימות מפני אור ואיטום בפני חילוף גזים בין המים לאויר והן על ידי הספחות הנפט על גבי בעלי חיים וצומח, בעיקר באזור רצועת החוף אך גם על גבי עצמים בחוף.

שפיכת נפט לים יכולה להיות בממדים קטנים של פליטה מזערית, או במימדים של אסון אקולוגי כמו שכבר קרה מספר פעמים בשנים האחרונות במקומות שונים בעולם (אלסקה, שטלנד, הפיליפינים).

ההערכה המקובלת היא שמטר מעוקב אחד של נפט גולמי הנשפך לים מכסה בהתחלה בין 300 ל-400 מ"ר מפני הים. בעקב היותו קל מהמים, הוא מתפשט בחלק העליון של גוף המים ומימדיו מגיעים לכדי קמ"ר של פני ים. הוא אינו נשאר ככתם רציף אלא, ככל שהוא הולך ונהיה דק יותר, הוא נשבר לטיפות קטנות ועובר דגרדציה כימית.

זיהום מנפט יכול להגרם כתוצאה מהתבקעות מיכלית או התנגשות (שניהם ברמת סבירות נמוכה) או בגלל תחזוקה לא טובה של האניה או טיפול בלתי נכון בזמן פריקה וטעינה של הנפט ומוצרי, שהם המקרים השכיחים יותר. הזיהום יכול להוצר כתוצאה מכשל טכני או אנושי, ורק לעתים הרבה יותר רחוקות הוא תוצאה של כח עליון.

כאן אנו מגיעים ללב הבעיה: אפשר להביא מיכליות עם המערכות הטכניות המשוכללות ביותר, אך ברגע שיש טעות אנוש ואין כפל מערכות או מערכות שמאפשרות הפסקת השרשרת בדרך מהכשל והלאה, אנו, בסופו של דבר, יכולים להגיע לידי אסון.

בענין זה, יש מקום להפריד בין הים התיכון למפרץ אילת שבכל אחד מהימים הללו צפויה השפעה אחרת של זיהום ים על הסביבה.

מפרץ אילת הוא בעל נתונים המיוחדים לו. ראשית, יש בו אקוסיסטמה מיוחדת במינה, בגלל תנאי האקלים המיוחדים של המפרץ וטמפרטורת המים הקבועה שלהם. זהו המקום המרוחק ביותר מקו המשווה שעדיין מתקיימות בו מושבות אלמוגים. החלק הרגיש ביותר הוא רצועת המים הקרובה לחוף מאחר ובה מתרכז עושר וגיוון של מינים ושל פרטים. לכן יש חשיבות לקצב חילוף המים המוערך בכ-60 שנה, מה שהופך את המפרץ למעין "אמבטיה" עם חילוף מים איטי ביותר. מכאן, שהתפשטות כתם נפט כתוצאה מאירוע בסדר גודל של התנגשות או התבקעות מיכלית, עלולה להמיט שואה על האיזור כולו או לפחות על חלקים גדולים ממנו ובראש ובראשונה תהיה פגיעה אנושה בחי ובצומח המיוחדים לאזור.

אילת מיוחדת גם בכך שלאורך חופה, המשתרע על 10.5 ק"מ בלבד, יש תחרות עזה על שימושי קרקע הנוגדים זה את זה. מצד אחד מפתחים את התיירות על החוף ובתוך המים ומצד שני נעשים צעדים

לפיתוח נמל שהוא השער של המדינה למזרח הרחוק ולאפריקה. בנוסף לנמל המסחרי, שדרכו מייצאים כימיקלים, יש נמל צבאי וכן נמל נפט ובו שני מסופים. בנוסף לאלה, קיימת התחרות מצד הבינוי והפעילות העירונית בכללותה, הכוללת, בין השאר, גם את הצורך בטיפול בפסולת של התושבים הקבועים והתיירים. מיגוון הפעילויות אכן מביא לנגודי אינטרסים: מצד אחד דורשת התיירות חופים נקיים ועם משקלה הכלכלי הגבוה - כ-200 מליון דולר הכנסה לשנה, יש לה חשיבות גדולה למשק. מצד שני נמצאות בה כל הפעילויות האחרות, שבהן פוטנציאל הזיהום גבוה.

מבין אלה, חשובה במיוחד הפעילות במסוף הנפט באילת: לפני נפילת השח האירני, היתה פעילות מרובה במסוף הנפט. עתה היא מצטמצמת בכ-55 פקידות בשנה של אניה בבעלות ישראלית ובעוד פקידות מעטות של מיכליות אחרות. לעתיד, צפוי גידול במספר הפקידות במסוף הנפט באילת וזאת, עם הסרת החרם הערבי מעל ישראל. נשאר אמנם עדיין השאלה של כושר התחרות של מסוף ק.צ.א.א בצינור הנפט החדש לסומל במערב מצרים. שניהם מאפשרים לפסוח על תעלת סואץ, ואולם יש צורך להיערך לקראת אפשרות של עליה מסיבית במספר המיכליות הפוקדות את נמל הנפט באילת.

האניה הישראלית הפוקדת בקביעות את מסוף הנפט באילת הושקה ב-1972, כלומר היא בת 21 שנה. נפחה 100,000 טון. היא בבעלות המדינה, האניה חכורה על ידי האחים עופר, המטען מובל על ידי חברת טנקרים בע"מ והלקוחות הם חברות הדלק. הנפט המיובא באניה זו מיובא כחלק מהמקטע החוזי, כלומר על בסיס חוזים ארוכי טווח שמדינת ישראל חתומה עליהם. מאז הרפורמה במשק הדלק ופתיחתו ליבוא שאינו חלק מהמקטע החוזי שהמדינה מחויבת בו קיימת אפשרות ליבא באופן פרטי במקטע החופשי. הדלק המיובא כך מגיע במה שנקרא "אניות מזדמנות".

האניות המזדמנות יכולות להיות מכל סוג שהוא: מהטובות ביותר ועד הרעועות ביותר. לגבי נמל אילת, ישנה מעין ברירה שלילית, מאחר והחרם הערבי מגביל את מספר האניות המוכנות להסתכן בכניסה לרשימה השחורה של החרם הערבי. לכן, תפקודנה את אילת יותר אוניות שממילא אינן יכולות להכנס לנמלים המקפידים על תקני בטיחות, ולכן הן פחות בררניות בנושא אפשרות פגיעה על ידי החרם הערבי.

אניות אלה בדרך כלל מיושנות, הצוותים שלהן מעורבים ולרוב אינם דוברים אותה שפה, וגם רמתם המקצועית לקויה. כל אלה יחד מורידים את רמת הבטיחות של האניה ומעלים את הסיכון להופעת אירוע.

אחת הדוגמאות הטרגיות לכך קרתה ב-5 בינואר 1993, כאשר האניה "בראייר" עלתה על שרטון ליד איי שטלנד ו-84 אלף טון נשפכו לים. כל הליקויים שנמנו כאן היו באותה אניה.

כאשר זהו המצב, ובמימי העולם שטות מאות אניות בדרגות שונות של בטיחות, יש צורך בשני דברים: הסכמים בינלאומיים הדנים בהסדרת נושאי הבטיחות במיכליות, וחוקים ונגזרותיהם במישור הלאומי המסדירים את נוהלי העגינה, הפריקה, הטעינה וכל הקשור בפעילות המיכליות במים הטריטוריאליים ובעיקר בתוך הנמלים. כמובן שיש לקשר בין השניים על מנת שתהיה השלמה ועל מנת שאפשר יהיה לעבוד.

למעשה קיימות אמנות בינלאומיות הנמצאות בדרגות שונות של אישור על ידי מדינות שונות. האמנות מתעדכנות מעת לעת, ואחת הדחיפות הגדולות באה תמיד כאשר קורה אסון, דוגמת האסון בשטלנד. לדוגמא, כבר ב-23 לינואר ש.ז., כלומר פחות מ-3 שבועות לאחר האסון, אימץ הפרלמנט האירופאי את המלצות ה-IMO - International Maritime Organization ובהן דנים בגיל מקסימלי לאניות שתותרנה לפקוד את נמלי אירופה (ההצעה היא ל-15 שנה), קביעת תאריך שממנו תותרנה כניסתן של מיכליות כפולות דפנות בלבד, ותיחום נתיבי השיט. כמו כן הוחלט שיש לחייב שהצוות כולו ידבר ויבין שפה אחת שבה יוצאו ההוראות לפועל, יוגבל גודל המטען, יכנס שימוש נרחב ברדאר באזורים מסוכנים במיוחד, ועוד.

יש, אם כן, אמנות בינלאומיות שמהן נגזרים למעשה חוקים, תקנות וצווים של כל מדינה המצטרפת לאמנה. לדוגמא, ישראל הצטרפה לאמנת ברצלונה ומכוח זה פורסמה פקודה למניעת זיהום מי ים בשמן (נוסח חדש) התשי"ם - 1980. פקודה זו מחליפה את הפקודה משנת 1936 (!) כלומר, הצטרפות מדינת ישראל לאמנות כאלה דוחפת אותה לחדש תקנות, צווים וכיו"ב שאינם עומדים יותר בביקורת המציאות של סוף המאה ה-20. אך לא פחות מזה, יש באמנות אלה כדי לשמש כורז לחיקוק חדש, שינוי נהלים עד לחשיבה חדשה לגבי כל המערך, כולל דרכי אכיפה.

באוגוסט 1992, חודש לאחר כניסת הממשלה הנוכחית לתפקידה, נתבקשתי על ידי שר האנרגיה לבדוק את המצב באילת מבחינת פוטנציאל הזיהום שלו כתוצאה מפעילות פריקת הנפט בנמל הנפט שם. שליחות זו היתה למעשה מנוף לתחילת פעולה משותפת של משרד התחבורה, המשרד לאיכות הסביבה ומשרד האנרגיה לבחינה מחדש של הנהלים הקיימים קודם כל באילת, אבל למעשה בכל נמלי הנפט בארץ, כולל

הים התיכון. ידוע שהשינויים יעלו כסף רב הן ב-upgrading של האניות (גיל, תחזוקה, בטיחות וכו') וכן צפויים שינויים נוספים שהספנות הישראלית תהיה מעורבת בהם. הדברים נדונים היום בדרגים מקצועיים, תוך הכנת חומר מבוסס למנכ"ל המשרדים ובסופו של דבר יועברו הממצאים לידי השרים ולשולחן הממשלה.

בהמלצות יתפסו מקום חשוב נושאי ההצטרפות לאמנות בינלאומיות, על כל המשמעות הכספית והתחקית הנובעות מצעד זה, נושא הכשרת צוות ימי מקצועי ומיומן ומתן כלים, הן בשטח והן מבחינת החוק, לנושא האכיפה החל מהתקרבות המיכלית אל חופי הארץ. משקל יתר וקידום ההליכים יינתנו לאילת, שהיא המקום הימי הרגיש ביותר.

יש לקוות שההמלצות תיתקבלנה בקרוב ותיושמונה בתוך פרק זמן קצר שיקדים את השינויים הצפויים עם שינוי מצב הלוחמה שבין ישראל לשכנותיה.

## הערכות חברת החשמל לשמירת איכות הסביבה לקראת שנות ה-2000

יהודה גת

ראש היחידה לאיכות הסביבה ובדיקות ביצועי יחידות הייצור  
חברת החשמל לישראל בע"מ

כללי

ייצור חשמל, העברתו וחלוקתו לצרכנים מלווים בהשלכות סביבתיות בתחומים שונים, כגון: איכות אוויר, איכות מים (מי תחום, מים עיליים וים) השפעות על החי, הצומח והדומם, שימושי קרקע והשתלבות בסביבה. בתנאים המיוחדים של ישראל, כמו ריכוז אוכלוסיה ותעשייה באזור החוף, מחסור בשטחים לפיתוח, ערכי טבע רבים וכיוצא בזה, על חברת החשמל מוטלת משימה קשה ואחריות גדולה להבטיח דר-קיום סביר עם הסביבה. זאת, על רקע המודעות והדרישות הסביבתיות הגוברות בעולם ובישראל ונוכח צרכי הפיתוח של המערכת כתוצאה מהגידול בביקוש לחשמל הגבוה בהשוואה לארצות המערב.

מדיניות חברת החשמל לשמירת איכות הסביבה מבוססת על העקרונות הבאים:

- עמידה בחוקים ובתקנות הקיימות בישראל בנושאים הסביבתיים.
- צמצום השפעות של מתקני החברה אף מעבר למתחייב מהחוקים והתקנות. זאת, בהתחשב במגמות הקיימות בעולם בשמירת איכות הסביבה ובצרכים העולים מהמצב בארץ ובצרכים מקומיים מיוחדים.
- קידום סקרים ומחקרים לזיהוי השפעות של מתקני החברה ולמציאת דרכים לצמצום ההשפעות.
- מסירת מידע מלא לציבור על ההשלכות הסביבתיות של מתקני החברה; שיתוף פעולה בפתרון בעיות סביבתיות עם הגורמים הסביבתיים הממלכתיים המקומיים, ועם הגופים ה"ירוקים". במסגרת הרצאה זאת נתרכז בתחום ייצור חשמל ועל השלכותיו הסביבתיות ובמיוחד על איכות האוויר.



### תאור מערכת הייצור ותוכנית הפיתוח של הח"י

לחברת החשמל חמישה אתרים לאורך החוף עם תחנות כח קיטוריות, בהספק כולל של 4460 מגו"ט, מתוכן 2600 מגו"ט הן תחנות כח פחמיות. בנוסף לכך כוללת מערכת הייצור טורבינות גז בהספק כולל של 1435 מגו"ט, כך שהיכולת המותקנת במערכת מגיעה ל- 6095 מגו"ט. נתונים על מערכת הייצור ועל תוכנית הפיתוח שלה מוצגים בטבלה 1.

כדי לתבטיח אספקת חשמל לצרכנים על רקע הגידול החרגי בשיא הביקוש בשנתיים האחרונות והתחזית לשנים הבאות, על חברת החשמל להוסיף עד שנת 2000 כולל, אמצעי ייצור בהיקף של כ- 3000 מגו"ט, מתוכם 1650 מגו"ט יחידות פחמיות, והיתר בטורבינות גז. התקנת טורבינות גז הינה מחויבת המציאות בגלל משך הזמן הארוך הנדרש להקמת תחנת כח פחמית מוזמן קבלת החלטה (כ- 10 שנים).

תחנות הכח הפחמיות הבאות בהספק של 1100 מגו"ט כ"א מתוכננות להכנס לניצול בשנים 2000/1 (רוטנברג ב') ובשנים 2003/4 (חיפה ד'). בהתאם לתוכנית הפיתוח הטנטטיבית של החברה, היכולת המותקנת של מערכת הייצור תגיע בשנת 2010 לכ- 13,000 מגו"ט. אם יואט קצב הגידול של הביקוש לחשמל, תוכנית זאת תתמש במועד מאוחר יותר. תוכנית הפיתוח נבדקת ומעודכנת מידי שנה בהתאם לשינויים בתחזיות ובקריטריונים טכנולוגיים וכלכליים.

### בקרת SO<sub>2</sub> בתחנות כח מזוטיות

בקרת ה-SO<sub>2</sub> הנוכחית מבוססת על ארובות גבוהות בתחנות הכח היותר חדשות ובשימוש בדלק דל-גופרית במסגרת מערכת בקרה לסרוגין (מב"ס) בתנאים מטאורולוגיים המקשים על פיזור מזהמים. לראשונה הופעל המב"ס ב-1982 בתחנת הכח אשכול, ברדינג החל מ-1983 ובחיפה החל מ-1984.

במהלך השנים היתה עליה מתמדת בהיקף השימוש בדלק דל-גופרית 1% (גופרית) ובשנת 1989 הוחלט וולונטרית להגביר באופן משמעותי את השימוש בדלק זה. בשנים האחרונות השימוש בדלקים דלי-גופרית על סוגיהם היווה כ- 20% מסה"כ צריכת המזוט במערכת הייצור. בחיפה מגיע שיעור זה מעל ל-55%. השנה שוב ישנה עליה משמעותית בהיקף השימוש בדלקים אלה, בעיקר בגלל הגברת השימוש בדלק זה בתחנת הכח רדינג. על נקיטת צעד זה הוחלט בגלל בעיית חלקיקים בסביבה הקרובה של תחנת הכח. לפיכך, צריכת הדלקים דלי הגופרית ב-1993 תגיע מעל 35% מכלל צריכת המזוט במערכת.

טבלה 1: מערכת ייצור חשמל של חח"י

יכולת מותקנת ב-MW

מצב קיים

סה"כ מערכות	טורבינות גז	תחנות כח פחמיות	תחנות כח מזוטיות
	535 סילוניות	1400 מאור דוד	426 חיפה
	900 תעשיתיות	1100 רוטנברג	528 רדינג
			1206 אשכול
6095	1435 סה"כ	2500 סה"כ	2160 סה"כ

תוכנית פיתוח (1)

תוספת בשנים 2001-2010	תוספת בשנים 1994-2000
3300 <sup>(3)</sup> תחנות כח פחמיות/פצלי שמן	1650 <sup>(2)</sup> תחנות כח פחמיות
800 אגירה שאובה	300 אוויר דחוס
-250 הדמת יחידות מזוטיות	75 פצלי שמן
	1065 טורבינות גז
3850 סה"כ	3090 סה"כ
13035 סה"כ מערכת בשנת 2010	9185 סה"כ מערכת בשנת 2000

הערות:

- (1) מבוססת על תחזית הביקוש לחשמל ממרץ 1992.
- (2) מ"ד-1100MW; רוטנברג-550MW (יח' ראשונה).
- (3) רוטנברג-550MW (יח' שניה); חיפה ואשכול, כ"א-1100MW.

ב- 1991 הוחל בשימוש במסגרת המב"ס גם בדלק דל-דל-גופרית 0.5% (גופרית) בתחנת הכח חיפה כאשר במשך 6 חודשי השנה שורפים באופן רצוף דלק דל-גופרית. פעולה זאת התחילה באופן וולונטרי בעקבות ההמלצות של דו"ח פרופ' הררי. החל מאפריל 1993 משתמשים בדלק זה גם בתחנת הכח אשכול, במקום דלק דל-גופרית. בהעדר כושר איחסון מספיק, ניתן להשתמש בתחנות הכח באותה התקופה רק בשני סוגי דלקים לסרוגין. נתונים על השימוש בדלקים דל-גופרית בשנים 1982-93 מוצגים בציורים 1 ו- 2.

יש לציין כי כתוצאה מהשיפורים במב"ס, כולל שיפור בתחזיות של השרות המטאורולוגי והגברת השימוש בדלקים דלי גופרית, חל בשנים האחרונות שיפור ניכר באיכות האוויר באזורי חיפה, תל-אביב ואשדוד.

#### קולטנים ל- $SO_2$ בתחנות כח מזוטיות

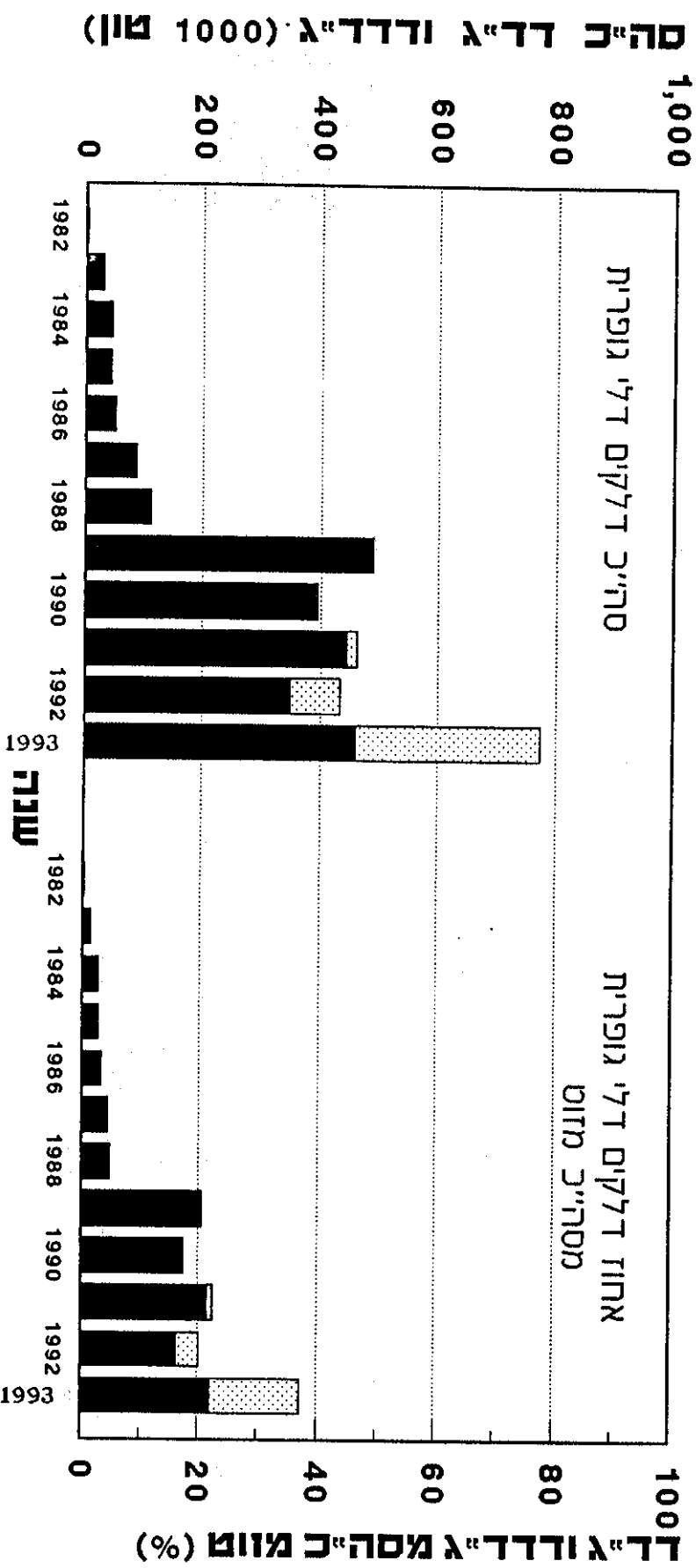
במטרה להביא לשיפור נוסף ולפתרון יסודי יותר של בעית ה- $SO_2$ , החברה החליטה להקים קולטנים הפועלים עם מי ים עפ"י הטכנולוגיה של FLAKT-HYDRO בתחנות הכח חיפה ג' ואשכול ג' ו-ד', בהספק כולל של 1194 מגו"ט. קולטנים אלה פשוטים יותר במבנה ובתפעול ועלותם נמוכה מעלות קולטנים קונבציונליים הנפוצים כיום בעולם. היתרון המאפיין טכנולוגיה זאת, הוא אי הצורך באספקת חומר גלם ובסילוק מוצרי לוואי, דבר שהוא בעייתי מאוד בארץ. עלות הפרוייקט כולו נאמדת בכ-180 מיליון דולר.

בהתאם לתוכנית, היחידות הראשונות בחיפה ובאשכול תופעלנה עם קולטנים במחצית השניה של 1996 ולאחר מכן מידי 6 חודשים תיכנס לפעולה יחידה נוספת עם קולטנים. לוח הזמנים להקמה יעודכן במהלך 1993 בעת התכנון המפורט.

מן הראוי לציין שכדי למנוע זיהום היס, יוקמו גם משקעים אלקטרוסטטיים לניקוי גזי הפליטה מחלקיקים לפני כניסתם למערכת הקולטן. באופן זה תופחת במידה ניכרת גם פליטת חלקיקים דרך הארובות. מתקנים לטיפול במים יבטיחו איכות נאותה למים החוזרים לים.

# שימוש בדלקים דלי אופרית בתחנות הכח המוזיות של חברת ההשעל 1982-1993

ציר 1



סה"כ דל"ג ודלד"ג (1000 מ"מ)

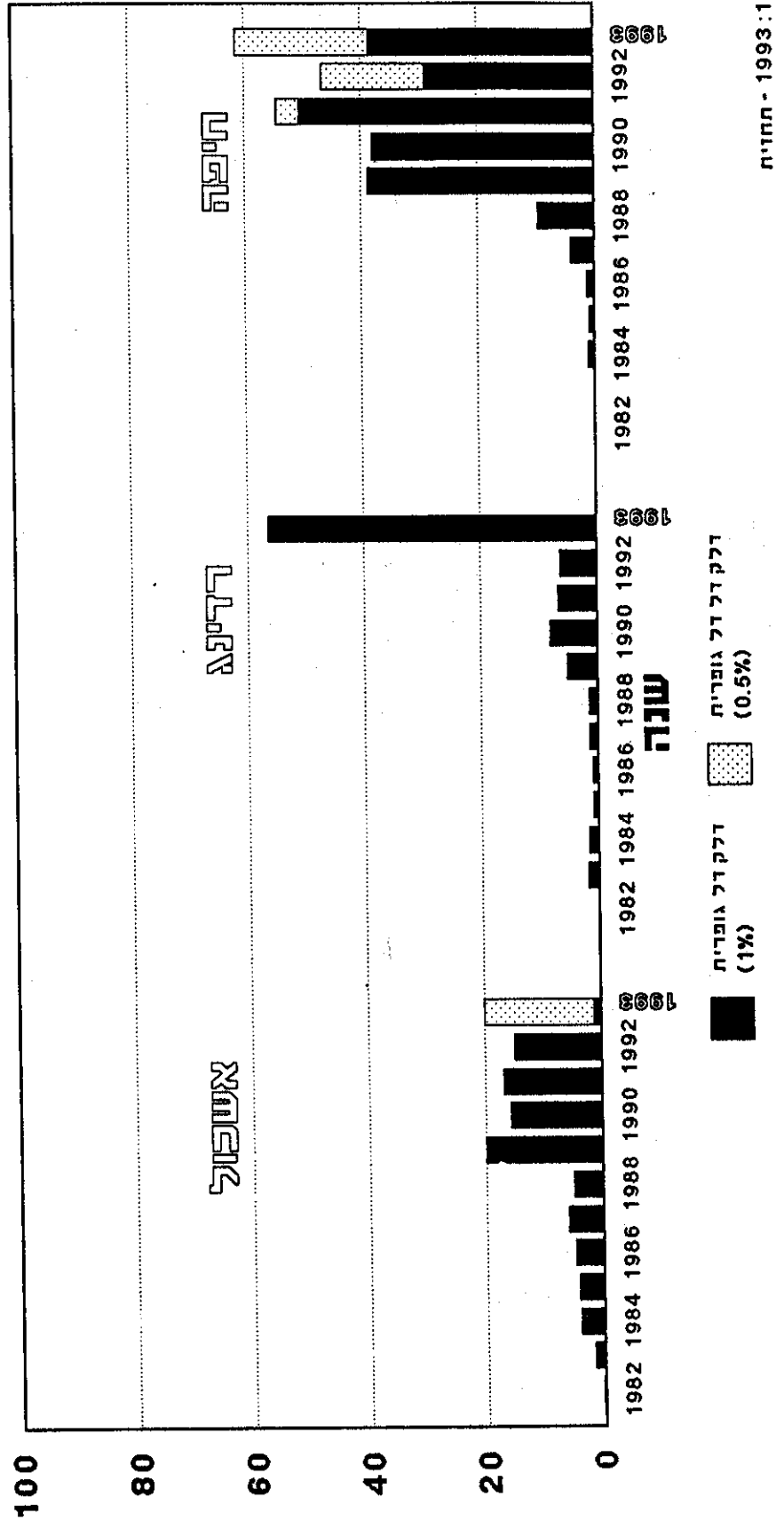
דלק דל גופרית (1%)  
 דלק דל גופרית (0.5%)

1:1 תחזית - 1993

דד"ג ודדד"ג מסה"כ מוומ (%)

ציר 2

**שימוש בדלקים דלי גופרית בתחנות הכח המוומות של חברת החשמל 1982-1993 (באחוזים מסה"כ המוומ)**



1: תחזית - 1993

### בקרת SO<sub>2</sub> בתחנות כח פחמיות

כתוצאה מתכולת גופרית נמוכה בפחם (בממוצע כ-0.7%) והארובות הגבוהות (250 מ'), ריכוזי הגופרית הדו-חמצנית המירביים הנוצרים בסביבה עקב פעולות תחנות הכח, נמוכים ממחצית ערכי התקן המקומי אשר נקבעו בתוכניות המתאר למניעת מפגעים סביבתיים של תחנות כח מאור דוד ורוטנברג. (ריכוז ה-SO<sub>2</sub> המירבי המותר הינו 780 מיקרוגרם למ"ק לעומת 1000 מיקרוגרם למ"ק עפ"י תקן הסביבה החדש).

בהסתמך על הנסיון החיובי, אושרה הקמת תחנת כח נוספת בהספק של 1100 מגווי"ט באתר מ"ד בחדרה. תחנת כח זאת נבנית עם ארובה של 300 מטר.

יש לציין שבתחנות הכח נשמר מקום להוספת קולטנים ל-SO<sub>2</sub> בעתיד, אם הדבר ידרש.

יחד עם זאת, בהתחשב במגמות הקיימות בעולם לצמצם את פליטות ה-SO<sub>2</sub> הוחלט להקים את תחנות הכח הפחמיות החדשות עם קולטנים, החל מרוטנברג ב' המתוכננת להיכנס לשרות בתחילת העשור הבא.

### מגמות בפליטת SO<sub>2</sub> ותחזית לעתיד

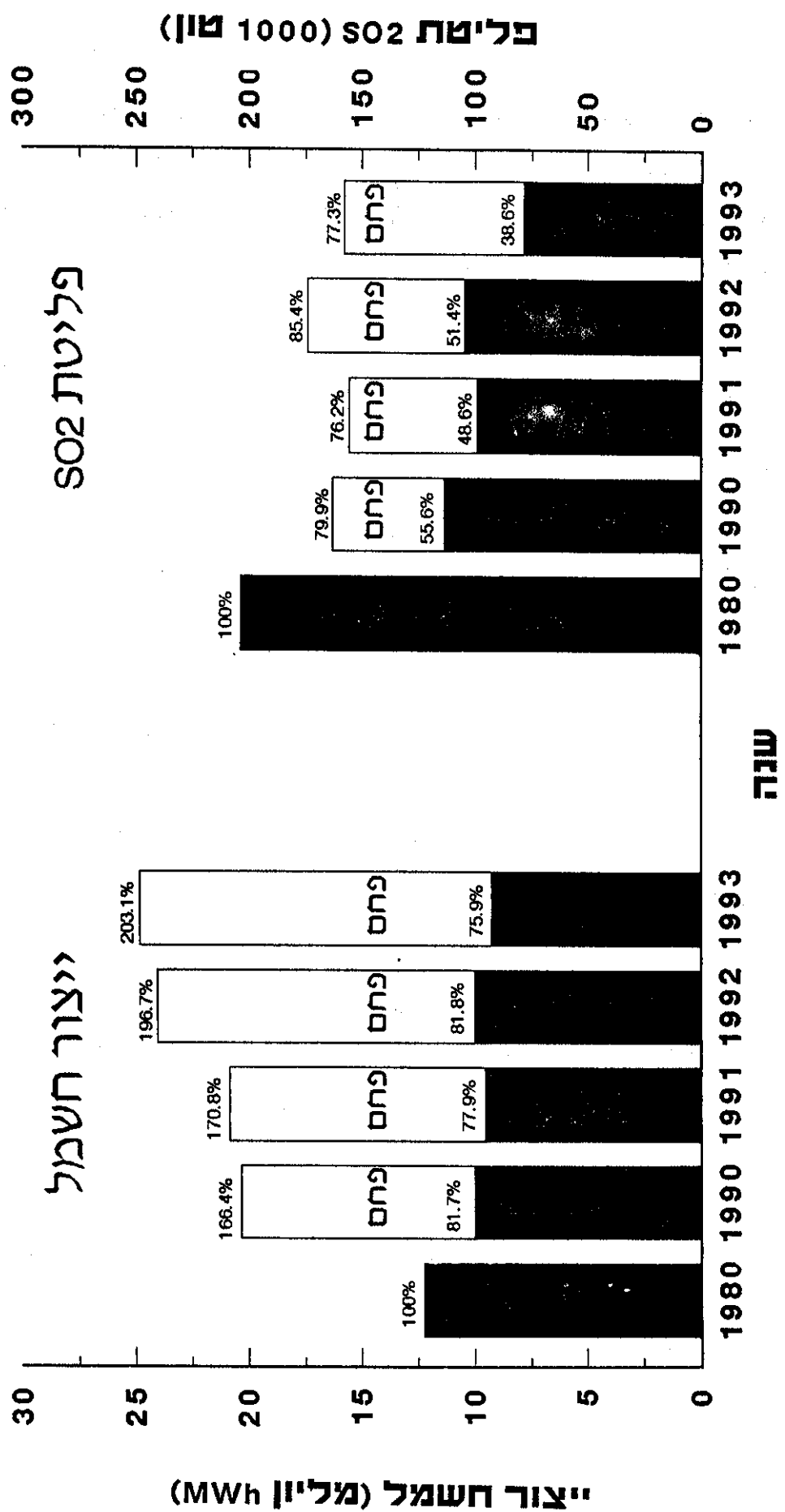
למרות הגידול הניכר (מעל פי-2) שחל בייצור חשמל בין השנים 1980 ו-1993, פליטת ה-SO<sub>2</sub> מתחנות כח קטנה בכ-23%, כפי שניתן לראות בצירור 3. לפיכך הפליטה הסגולית של SO<sub>2</sub> ירדה מ-16.7 לכ-6.4 גר/קוט"ש, דהיינו ירידה מעל-60% (ראה ציור 4).

הירידה הני"ל נובעת מהמעבר לשימוש בפחם בתחילת שנות ה-80, מהירידה בתכולת הגופרית במזוט (מ-3.5% ל-2.5%), ומשימוש מוגבר בדלק דל-גופרית על סוגיו, כאמור לעיל.

בחישוב פליטת ה-SO<sub>2</sub> מתחנות כח פחמיות נלקח בחשבון הכמות התאורטית הנוצרת בשריפה, בעוד שבפועל חלק משמעותי מגו זה מתחבר לתרכובות האלקליות המצויות באפר.

ציר 3

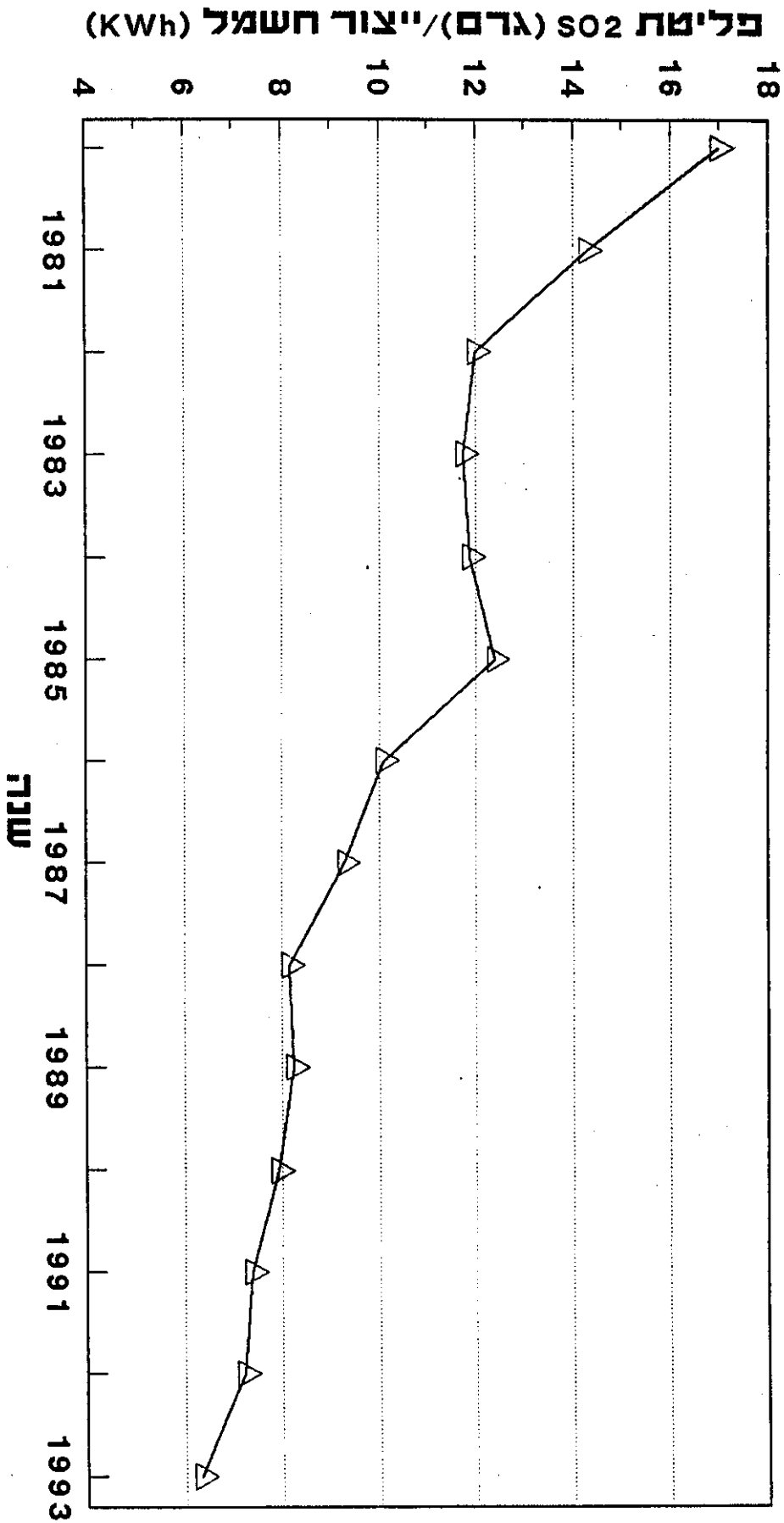
**יצור חשמל ופליטת SO2 במערכת של חברת החשמל**



תחזית - 1993

**היחס בין פליטת SO<sub>2</sub> לייצור חשמל  
בתחנות הכח של חברת החשמל 1980-1993**

ציר 4





בציור 5 מוצגת תחזית לפליטת  $SO_2$  עד לשנת 2010, בהתבסס על תוכנית הפיתוח המומלצת של מערכת ייצור והאמצעים לבקרת  $SO_2$  שפורטו לעיל. כן הונח שבשנת 1996 תופחת תכולת הגופרית במזוט הרגיל מ- 2.5% ל-2%, ושהחל משנת 2000 לא יהיה שימוש במזוט עם תכולת גופרית מעל 1%.

כפי שניתן לראות מציור 5, למרות הגידול הניכר מאוד בייצור חשמל, סה"כ פליטת ה- $SO_2$  תגדל באופן מתון, כך שבסוף העשור הבא תגיע לכ- 88% מהרמה ב-1980. הפליטה הסגולית תופחת ל- 3.5 גר"/קוטי"ש, המהווה ירידה של כ- 60% בהשוואה מ-1993. (ראה ציור 6).

### בקרת $NO_x$

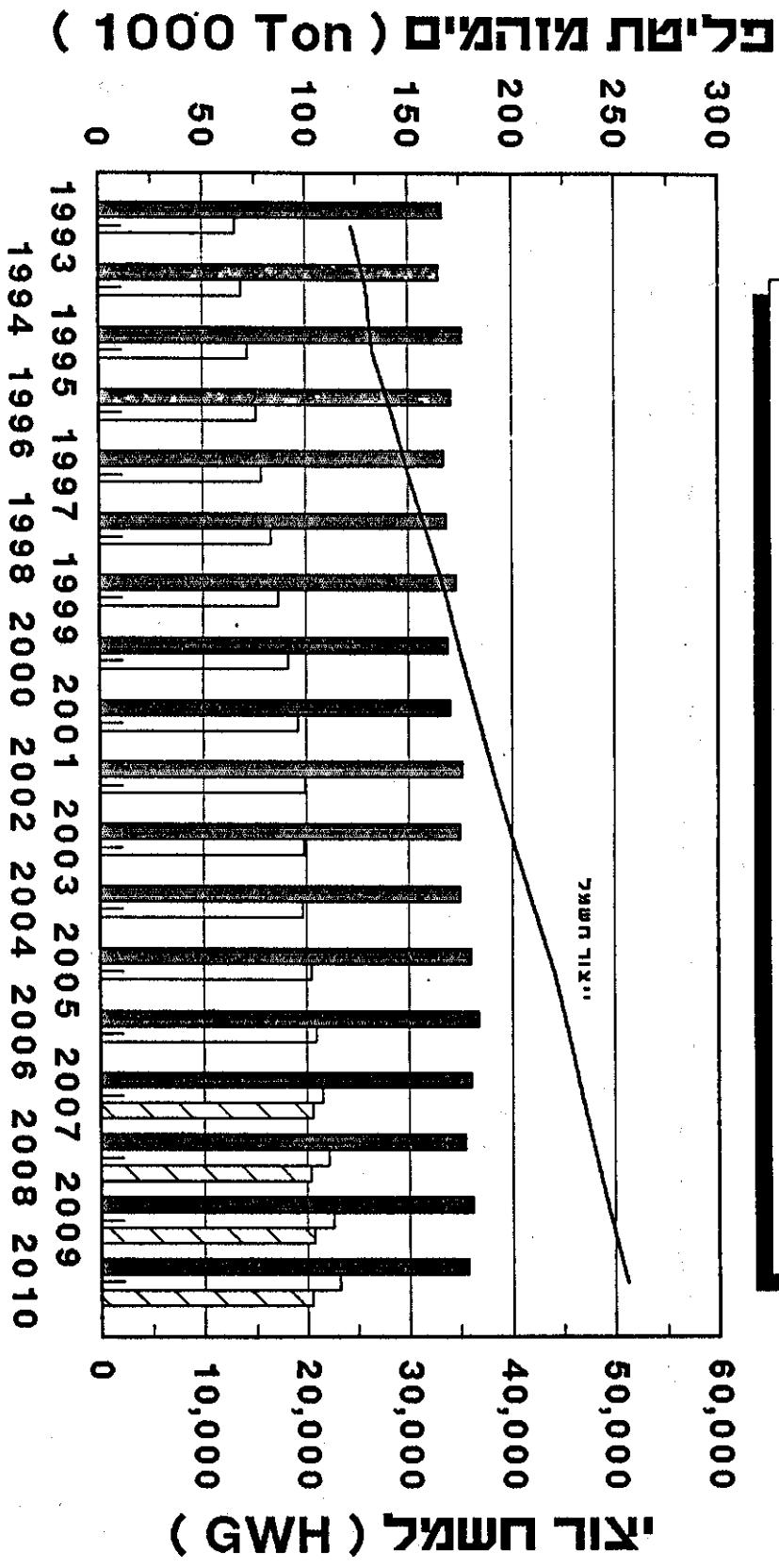
פליטת  $NO_x$  מתחנות הכח הינה פחות בעייתית מאשר פליטת  $SO_2$  משום שכמות ה- $SO_2$  הנפלטת הינה נמוכה יותר, בעוד שהריכוז המירבי המותר בסביבה הוא מאותו סדר גודל. (940 מיליגרם למ"ק עבור  $NO_x$  לעומת 1000 מיליגרם למ"ק עבור  $SO_2$ ). בנוסף לכך, המשקל של תחנות הכח במאזן הפליטות של  $NO_x$  בישראל הינו פחות משמעותי מאשר בפליטת  $SO_2$  (כ- 40% לעומת כ-60%, בהתאם לפירסומי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה לשנת 1991).

בקרת ה- $NO_x$  בתחנות הכח החדשות מבוססת על אמצעים תכנוניים של מערכות הבעירה בדודים. החל מתחנת הכח רוטנברג, החברה רוכשת דודים בהתאם לתקן הפליטה האמריקאי (של ה-USEPA) העדכני בעת הרכישה. הדבר נכון גם לגבי תחנת הכח רוטנברג ב.

בתחנת הכח הבאה המתוכננת להיבנות בחיפה במחצית הראשונה של העשור הבא, בגלל מיגבלות של גובה ארובה, אנו לוקחים בחשבון הפחתת פליטת ה- $NO_x$  עפ"י התקן הגרמני המחייב התקנת מתקן DENOX לטיפול בגזי שריפה. טרם נקבע הקריטריון לשיטת בקרת ה- $NO_x$  בטווח הארוך, הדבר יקבע בהתאם להתפתחויות.

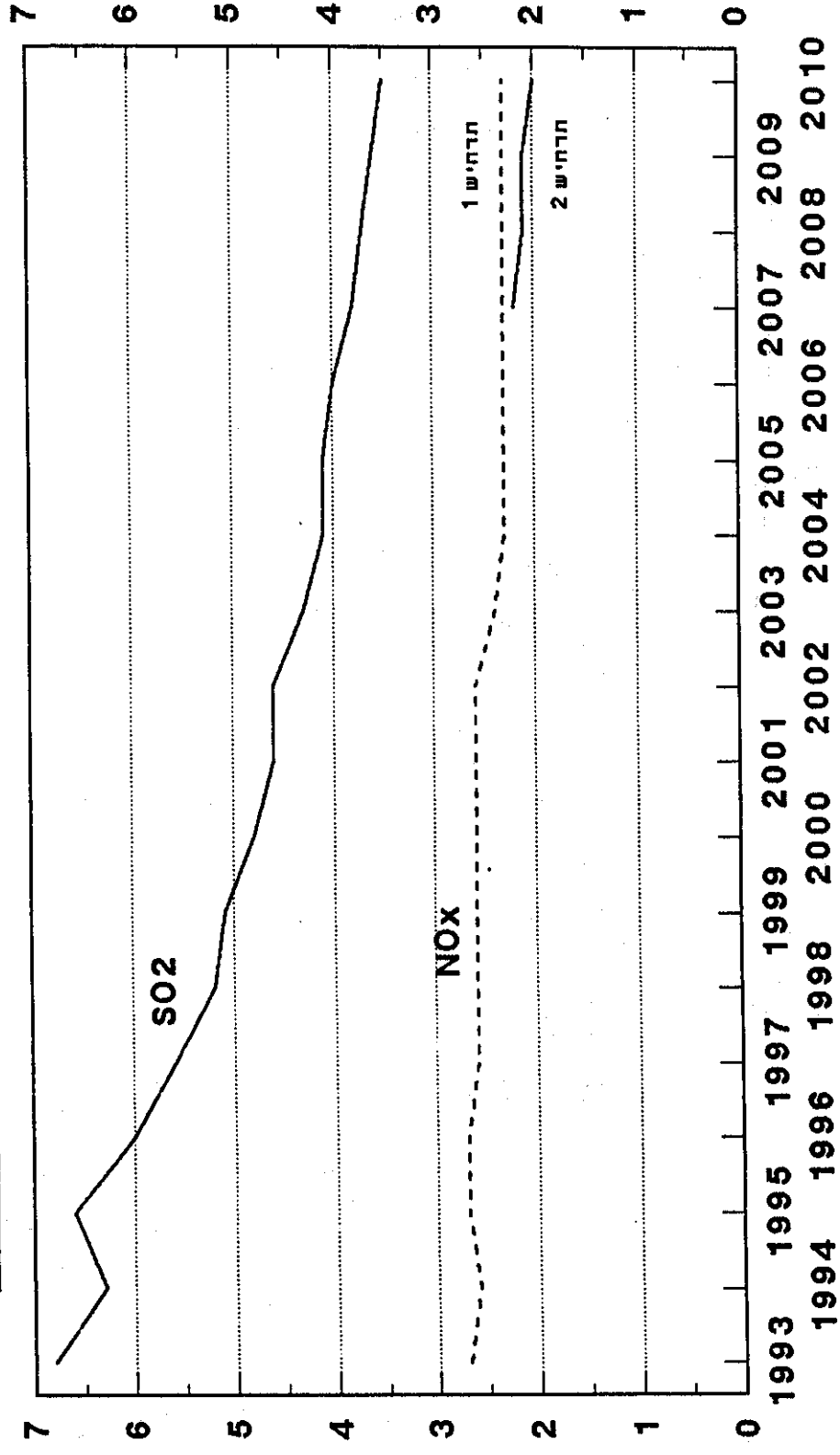
# תחזית פליטת SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> וייצור חשמל במערכת הייצור של הח"י

ציר 5



SO<sub>2</sub>
 NO<sub>x</sub>
 2\*NO<sub>x</sub>

**תחזית פליטת SO<sub>2</sub> ו-NOx ל-KWh  
במערכת הייצור של הח"י**



פליטה מצומצמת (gr/KWh)

בטבלה 2 מובאים נתונים על פליטת  $\text{NO}_x$  מתחנות הכח בישראל בהשוואה למתקני הפליטה האמריקאיים והגרמניים. ציור 3 מציג גם את תחזית הפליטות בשני תרחישים לגבי בקרת  $\text{NO}_x$  מתחנות כח פחמיות חדשות: (א) תקן פליטה אמריקאי פרט לחיפה ד'. (ב) תקן פליטה גרמני החל מחיפה ד'. בשני התרחישים צפויה ירידה בפליטה הסגולית בהשוואה ל-1993: 2.3 או 2.0 גרי/קוט"ש לעומת 2.7 גרי/קוט"ש, בהתאמה (ראה ציור 6).

## בקרת חלקיקים

### - תחנות כח מזוטיות

בתחנות הכח המזוטיות בוצעו במהלך השנים האחרונות פעולות רבות לשיפור השריפה וע"י כך לצמצום פליטת חלקיקים. זאת, משום שהמזוט המסופק בישראל מכיל אספליטינים באחוז גבוה, דבר שמקשה על שלימות השריפה. בפעולות אלו נעזרנו במומחים לשריפה מחו"ל וביצרני הדודים. במסגרת זאת הוחלפו פיות הריסוס לדלק ובוצעו שינויים במערכות הבעירה של הדודים.

בנוסף לכך הונהגו גם שינויים תפעוליים בדודים. כתוצאה מפעולות אלו הושג שיפור ניכר וקצב הפליטה של החלקיקים ירד לשיעור הנמוך בהרבה מהמותר עפ"י ה"צווים האישיים" (0.34 ק"ג למיליון קילוקלוריות).

שיפור נוסף נובע משימוש מוגבר בדלק דל-גופרית המכיל כ-30% פחות אספליטינים. כאמור, השנה הוגבר במידה ניכרת השימוש בדלק זה בתחנת הכח רדינג, במקביל לפעולות נוספות לצמצום פליטת חלקיקים נוכח הקרבה של שכונות מגורים לתחנה זאת. ישנה כוונה להתקין מסננים ברדינג ד', נושא זה נמצא כעת בבדיקה, לפני סיכום.

הפחתה ניכרת בפליטת חלקיקים בתחנות הכח חיפה ואשכול תושג ע"י התקנת מסננים אלקטרוסטטיים יחד עם הקולטנים ל- $\text{NO}_x$ , כפי שתוארו לעיל. יש לציין בהקשר זה גם את השימוש בתוסף כימי בתחנות הכח המזוטיות במטרה לנטרל את חומציות הפליטות ובמקביל להגן על הציוד בפני קורוזיה.

טבלה 2:

פליטת NO מתחנות כח בישראל  
 בחשונאה לתקני הפליטה בארה"ב ובגרמניה

תקני פליטה		פליטות מתחנה"כ				מזוט	יחידות
גרמניה	פחם	מזוט		פחם			
		גרמניה	ארה"ב EPA (1) (2)	רוטנברג ב' (3)	רוטנברג א' מ"ד ב' (3)	מ"ד א'	
200	(563/626)	150	(481)	563/626	750	1040	400-800 (4) mg/Nm <sup>3</sup>
(98)	(275/305)	(73)	(235)	275/305	366	507	195-390 (4) ppmvd
(0.288)	0.81/0.9	(0.169)	0.54	0.81/0.9	1.08	1.5	0.45-0.9 kg/10 <sup>6</sup> kcal

הערות:

- (1) תקן פליטה בתוקף החל מ-1995 (חוק מ-1990).
- (2) התקן מותאם לסוג הדודץ
- (3) בהתאם לתקן פליטה אמריקאי שבתוקף בעת התכנון.
- (4) בתנאים תקינים של 0°C, 760mm Hg-1 (1.033 ata).  
 אחוז המצן בגזים: פחם, 6%, מזוט, 3%

## - תחנות כח פחמיות

תחנת כח מאור דוד תוכננה לעמוד בתקן הפליטה האמריקאי העדכני באותו הזמן (0.18 ק"ג למיליון קילוקלוריות) השווה ערך לריכוז של כ-135 מ"ג למ"ק נורמלי). כדי לעמוד בתקן לאטימות גזי הפליטה בארובה (20%), מוסיפים תוסף כימי לגזי השריפה, במידת הצורך, בעת שימוש בסוגים מסויימים של פחם. התוסף משפר את תיפקוד המשקעים האלקטרוסטטיים.

בתחנת כח רוטנברג המשקעים האלקטרוסטטיים גדולים בהרבה, יעילותם גבוהה יותר, דבר שמבטיח שקיפות רצויה של החמרה ללא אמצעים נוספים. המשקעים של תחנת הכח רוטנברג ושל תחנות הכח החדשות, מתוכננים בהתאם לתקן הפליטה האמריקאי החדש (0.06 ק"ג למיליון קילוקלוריות, המתאים לריכוז של 40 מיליגרם למ"ק נורמלי).

## טורבינות גז

טורבינות הגז מהוות אומנם חלק משמעותי מהיכולת המותקנת במערכת הייצור, אך בגלל עלות הייצור הגבוהה הן מופעלות מעט שעות ולכן חלקן בסה"כ ייצור חשמל וצריכת דלקים הינו נמוך. לפיכך חלקן של טורבינות הגז במאזן הפליטות של  $SO_2$  ו- $NO_X$  ליצור חשמל, אינו משמעותי. טורבינות הגז שורפות סולר עם תכולת גופרית מירבית של 0.4%. פליטת ה- $NO_X$  שלהן ללא בקרה, היא אומנם גבוהה יחסית לתחנות כח (4.7 גר"/קוט"ש) אך טורבינות הגז התעשייתיות החדשות המוקמות החל משנת 1993, תצויידנה עם מערכות לבקרת פליטת ה- $NO_X$  לרמה הנדרשת עפ"י תקן הפליטה האמריקאי (USEPA). פרוש הדבר הפחתת פליטת ה- $NO_X$  בכ-60%.

הפחתת ה- $NO_X$  מושגת ע"י הזרקת מים נטולי מלחים לתאי השריפה, בשעור של כ-50% מצריכת הדלק. כאן יש מקום להעיר שייצור מים נטולי מלחים באתרי טורבינות הגז יוצר בעיה של סילוק מי הפסולת.

טורבינות הגז התעשייתיות הגדולות מוקמות באופן המאפשר להפוך אותן בעתיד למחזור משולב ע"י ניצול החום האצור בגזי הפליטה. הוספת מיתקן לייצור קיטור וטורבינה עם מערכות העזר הדרושות, תאפשר להגדיל את הספק היחידות בכ-50%, ללא תוספת דלק. הפיכת טורבינות הגז למחזור משולב

כרוכה בהשקעה גבוהה והיא כדאית אם יחידות אלו יעבדו שעות רבות במשך השנה, דבר שאינו כלכלי במחיר הנוכחי של הסולר. אם ימצא דלק זול יותר כתחליף לסולר המתאים לשריפה בטורבינות הגז גם מהבחינה הסביבתית, הדבר עשוי לקדם את הפיתוח בנושא זה.

### שימוש באנרגיה נקיה ובדלק נקי

פוטנציאל השימוש ב"אנרגיה נקיה" כמו אנרגית רוח כתחליף לייצור חשמל מדלק פוסילי אינו גבוה (עפ"י הערכה כ- 500 מגווי"ט). גם לייצור אנרגיה מסוג זה בעיות סביבתיות משלו, כמו תפיסת שטחים, ההשתלבות בנוף ועוד. יחד עם זאת החברה מתכננת להקים בשלב ראשון חוות רוח בהרי יודפת בהספק כולל של כ- 8 מגווי"ט.

החברה גם בודקת אפשרות להספקת גז טבעי מנוזל (LNG) שיובא ארצה במיכליות מיוחדות. גז טבעי הינו דלק נקי ללא גופרית וכמויות המזהמים הנוצרים בשריפתו הינן הנמוכות מכל הדלקים. הגז הטבעי יוכל לשמש את טורבינות הגז ואת יחידות הייצור המזוטיות שלא תצוידנה בקולטנים ל- $SO_2$ . בשלב זה קשה להעריך את הסיכויים להגשמת אפשרות זאת.

### פיתרון בעית האפר

הפחם המיובא מכיל כ- 12% אפר שלא נשרף בשריפה ויש לדאוג לסילוקו מתחנות הכח למטרות שימושיות ואת העודפים לאתרי סילוק מאושרים באופן שימנע מפגע או מטרד סביבתי. כיום נוצרת כמות של כ- 700 אלף טון אפר לשנה. כמות זאת תגיע בשנת 1997 לכמיליון טון ובאמצע העשור הבא לכ-1.5 מיליון טון לשנה.

עד כה מעל 60% של האפר הנוצר שימש את תעשיית הצמנט. היתר שימש לבניית סוללות סביב תחנת הכח מ"ד ומיליון טון הוטלו לים בהתאם לאישור הועדה למתן היתרים הפועלת עפ"י החוק. אם כי האפר מכיל יסודות קורט המהווים פוטנציאל לזיהום מי תהום, הוא אינו מוגדר כחומר מסוכן עפ"י אמות מידה מקובלים בעולם. חברת החשמל השקיעה ומשקיעה משאבים רבים במחקרים לקידום השימוש באפר וסילוק העודפים. עם זאת, בהעדר קריטריונים ברורים ע"י הרשויות, טרם הצליחה להבטיח אתרי סילוק יבשתיים מאושרים ופתרון לטווח ארוך לכל כמויות האפר. הפיתרון הרצוי הינו שילוב של מספר פעולות:

- העמקת השימוש בתעשיית הבניה.
  - הרחבת השימוש לתחומים נוספים כגון תשתית לכבישים ויבוש ים.
  - איתור ורישוי אתרי סילוק יבשתיים.
  - המשך הטלת עודפי אפר לים.
- השגת פיתרון נאות לאפר צריכה להיות יעד לאומי המחייב שיתוף פעולה של הגורמים הממלכתיים כולל המשרד לאיכות הסביבה. לאחרונה הוחלט על צעדים מינהליים/אירגוניים כדי לקדם את הפיתרון על בסיס עיקרון זה.

#### **מניעת זיהום הים**

החברה נערכה למלא אחר הוראות החוק למניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים האוסר להזרים לים שפכים מכל סוג שהוא, אלא אם ננקטו האמצעים הטכנולוגיים הזמינים הטובים ביותר כדי למנוע זיהום ואין פיתרון חלופי. בכל אחת מתחנות הכח הקיימות יותקנו מערכות לטיפול בשפכים הנוצרים בתיפעול ואחזקת המתקנים, כולל שימוש חוזר בקולחים, וזאת בנוסף לאמצעים הקיימים כיום בתחנות. מבצע מורכב זה יושלם תוך מספר שנים בעלות של מעל 20 מיליון דולר.

#### **סיכום**

האמצעים לשמירת איכות הסביבה שתוארו לעיל מבוססים על השיטות והטכנולוגיות המקובלות והזמינות כיום ובטווח הנראה לעין. עם זאת, חברת החשמל עוקבת מקרוב ובאופן מתמיד אחר שיטות שונות והתפתחויות טכנולוגיות בעולם בתחומים אלה, ובוחנת אפשרויות ליישומן בעתיד במתקני החברה.



## תחנות כוח מודולריות - היבטים סביבתיים

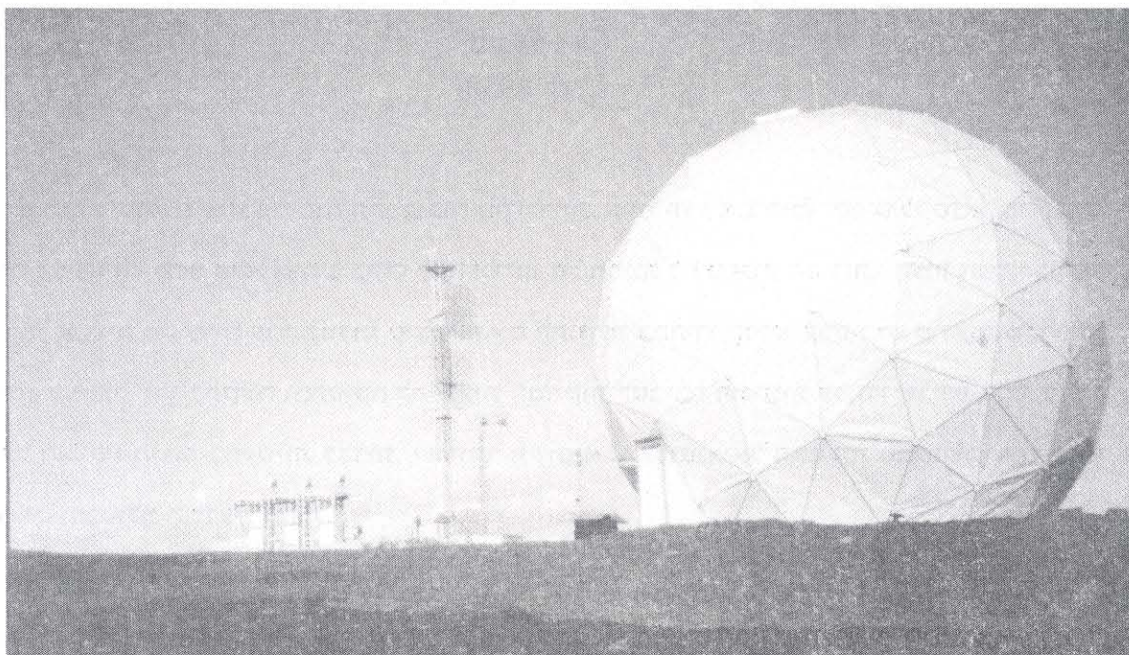
מיכאל גיל,  
אורמת בע"מ

אקדים ואומר שהשם שהצעתי הוא תחנות כוח מודולריות. אינני יודע אם הזמן יספיק לי לתאר מה אנחנו עושים בנושא זה, ודאי שלא ארחיב ביחס למודולריות של תחנות כח גדולות ואחרות. הענין הכללי בניצול מקורות אנרגיה מקומיים עבר תנודות קיצוניות עם התנודות במחירי הדלק. עכשיו יש מודעות גוברת הן בדאגת הציבור, והן בתקינה ובחשיקה להשפעות המזיקות לסביבה הנגרמות על ידי שריפת דלק, ביצור חשמל ועל ידי היצור בתעשיות כבדות. יש יותר תשומת לב לפוטנציאל האנרגיה ממקורות חום בלתי מנוצלים ומפסולת הדורשת טיפול.

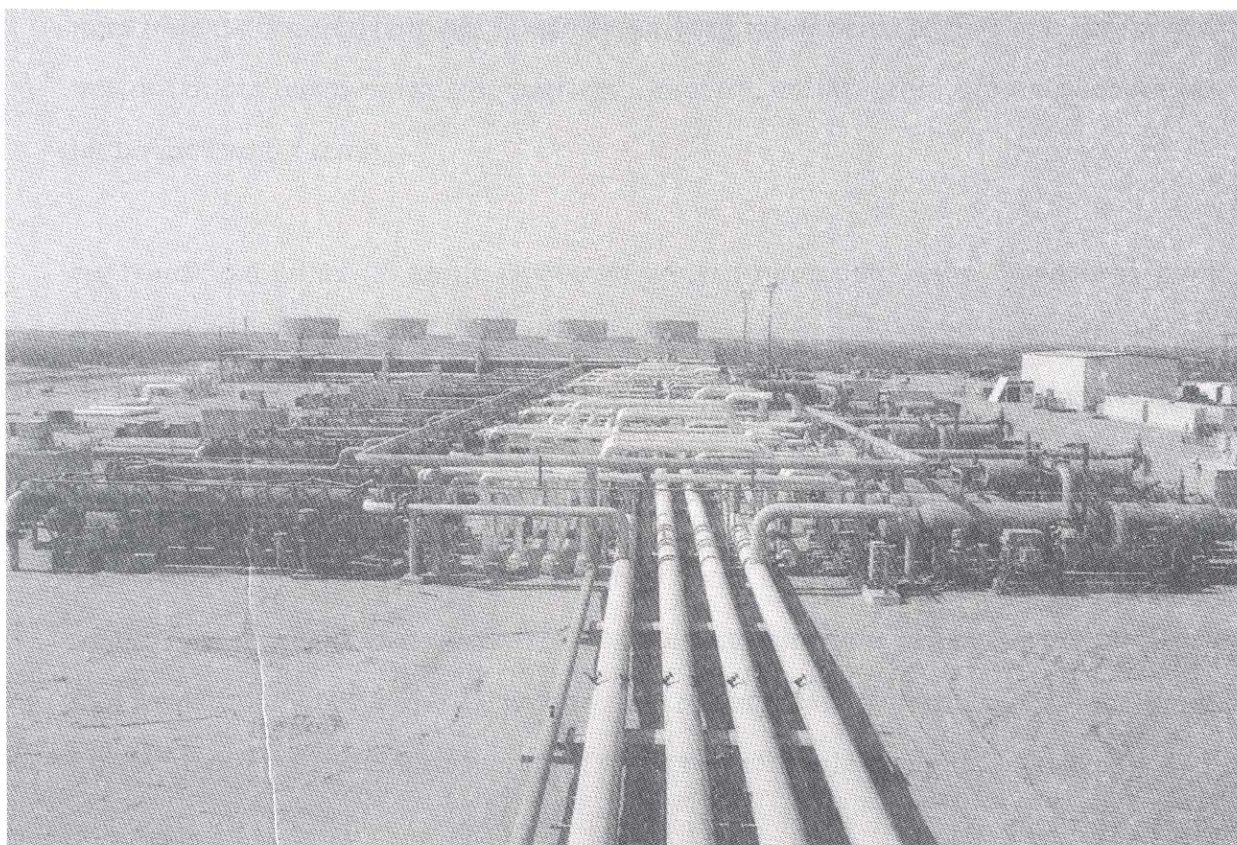
במשך שלושה עשורים פותחה ושוכללה טכנולוגיה המאפשרת ייצור חשמל ממקורות חום בטמפרטורות לא גבוהות באמצעות טורבו-גנרטורים במעגל רנקין-אורגני (ORGANIC RANKINE CYCLE). אורמת התחילה בתחנות קטנות מאוד שאפשר להגדיר אותן כ"מיקרו תחנות כוח". מה שרואים כאן זוהי תחנת ניטור באנטרקטיקה (ציור מס' 1) שבדקת את שכבת האוזון שכולנו מדברים עליה. את האנרגיה שלה היא מקבלת משלוש יחידות כוח קטנות ובלתי מאוישות, של 1200 וואט כל אחת שמספקות שם את החשמל באמינות גבוהה.

כאן רואים תחנת כח של 30 מגוואט בקליפורניה שמייצרת חשמל ממים חמים - גיאותרמיים, בנויה מ-26 מודולים כל אחד של 1200 קילוואט (ציור מס. 2). שימו לב לסידרי הגודל. המעבר הזה של כמה סידרי גודל, מטורבינות קטנות לטורבינות גדולות היה תהליך שהיו בו פרויקטים יותר מוצלחים ופחות מוצלחים, כאשר מגמת הפיתוח היתה בכמה כיוונים - לנסות לנצל אנרגית השמש בקנה מידה גדול, לנסות לנצל חום שיירי (חום אבוד) במפעלי תעשייה. הפיתוח בחלקו עדיין נמשך. זו תחנה מסחרית המורכבת מיחידות מתועשות שבנויות באופן סידרתי. יש גם אפשרות של הרחבת הפרויקטים בשלבים נוספים. תחנה זו שנקראת בשם "אורמסה 1" על שם אורמת ואיזור איסט מסה בקליפורניה. בעיקבותיה באו "אורמסה 2" (20 מגוואט), אורמסה 1E ואורמסה 1H. יש היום בפעולה כ-74 מגוואט בקליפורניה מיחידות כאלה והן מספקות חשמל לחברת החשמל Southern California Edison.

ציור מס. 1: חשמל לניטור שכבת האוזון עם טורבינות אורמת בתחנה בלתי מאוישת באנטארקטיקה



ציור מס. 2: תחנת כוח מודולארית 30MW (אורמסה 1) בקליפורניה





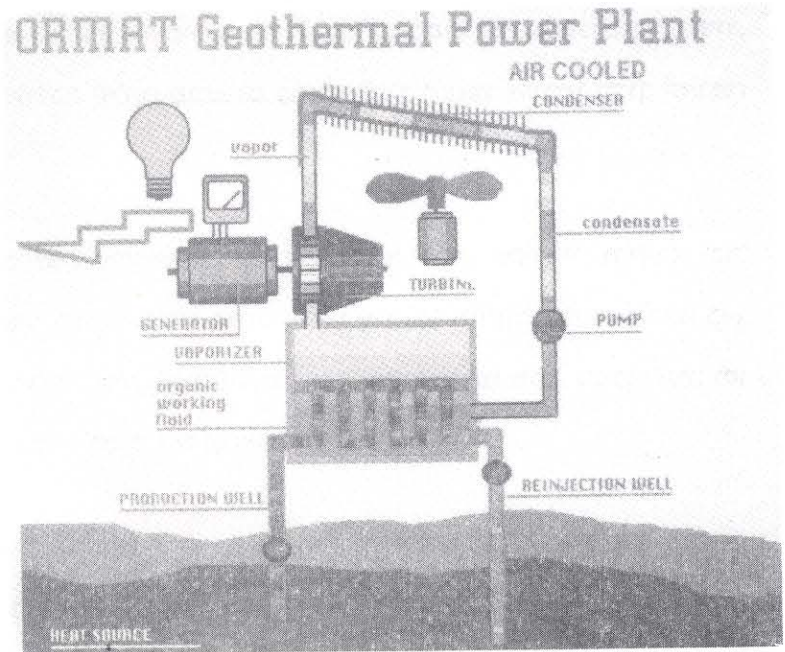
הדיאגרמה (ציור מס' 3) מראה איך עובדת תחנת כוח כזו. במקרה זה, זוהי תחנה גיאותרמית. כאשר מים חמים מתוך האדמה או קיטור או תערובת של מים חמים וקיטור מחממים נוזל עבודה בתוך מאייד, ולאחר מכן הקיטור או המים או התערובת שלהם מוחזרים בחזרה לתוך המאגר התרמי בתוך האדמה בלי שום אימפקט סביבתי.

נוזל העבודה הרוחח בלחץ האדים שלו מניע טורבינה וגנרטור. האדים לאחר מכן מקוררים, והקיטור יכול להיות קירור מים או קירור אויר. לאחר העיבוי מוחזר הנוזל על ידי משאבת מיחזור. כלומר, יש לנו כאן שני מעגלים (מעגל מן הטבע ואל הטבע) של מים חמים גיאותרמיים ומעגל אורגני סגור. הטכנולוגיה הזו מאפשרת לנצל מקורות חום שונים: גם מים חמים וגם קיטור.

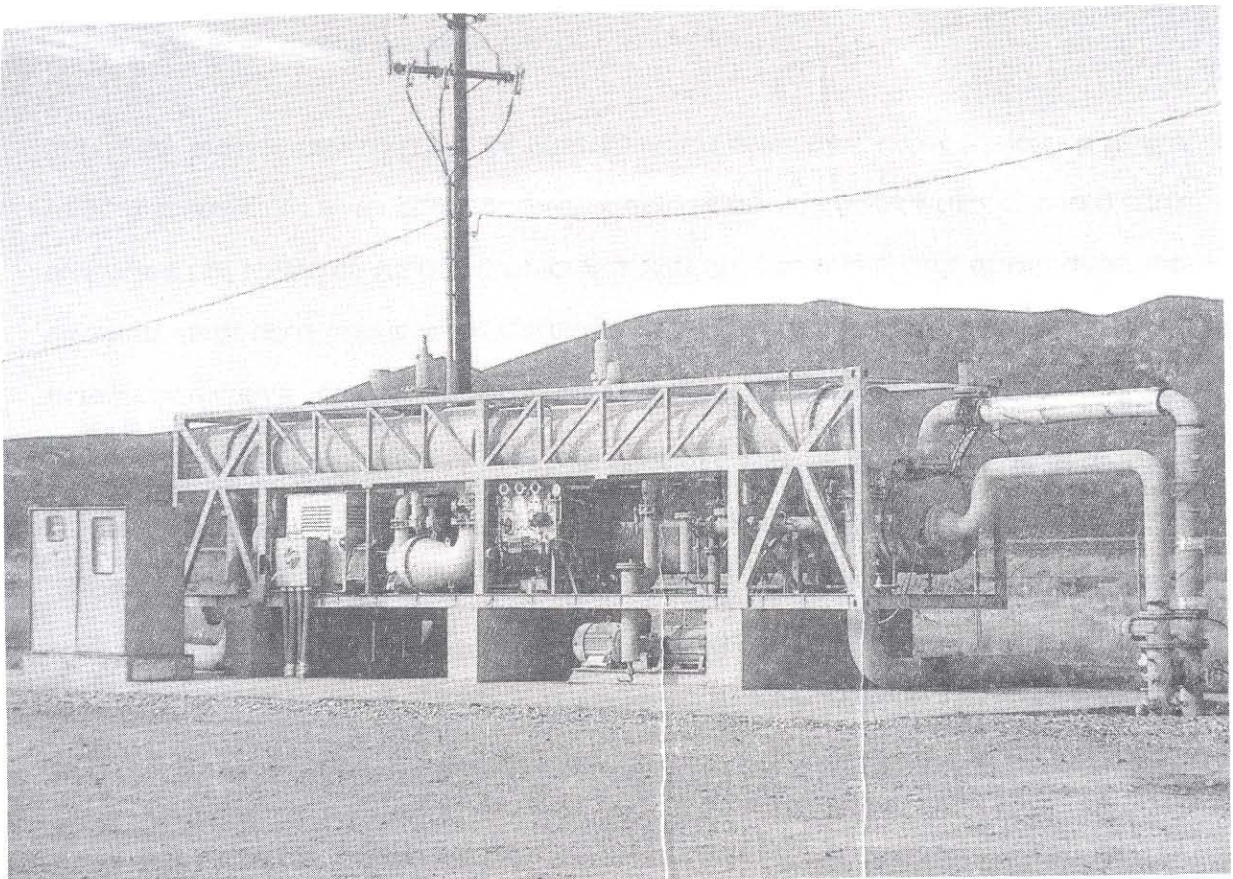
כאן אפשר לראות יחידת כוח המאפשרת גם שינוע קל והתקנה מהירה (ציור מס' 4), כאשר את היסודות והצנרות מכינים בשטח, ויחידות הכוח, במידות של מכולות, מותקנות באתר. אם אתם זוכרים את הדיאגרמה שראינו קודם - מים חמים מרתיחים את נוזל העבודה בתוך מחליף החום הזה. האדים מתפשטים דרך טורבינה ומפעילים גנרטור. החשמל מיוצר ונמכר לחברת החשמל (במקרה זה - Pacific Sierra בנבאדה). תחנה זו הינה בעלת הספק של שלושת-ריבעי מגוואט. לאחר שלוש שנים - הבעלים קנו יחידת כוח נוספת והכפילו את תפוקת התחנה.

יחידה דומה מאוד, הותקנה גם במפעל של Union Carbide לייצור מימן. במפעל זה המערכת מייצרת חשמל על ידי ניצול חום שייורי במפעל התעשייה. כל ייצור של מגוואט חשמל ע"י ניצול מקור חום כמובן מונע שריפת דלק ובצורה כזו תורם לסביבה. כי אילו אותו מפעל שיכול היה לייצר מגוואט חשמל, היה קונה אותו. היתה חברת החשמל צריכה להתקין אולי עוד מגוואט פחמי בתחנת כח שלה. ולכן יש כאן תרומה עקיפה למניעת פליטה של כל כך הרבה פחמן דו-חמצני,  $SO_2$  ו- $NO_x$  - שהיה מיוצר על ידי נפט או על ידי פחם. יש גם מקרים שהתרומה לסביבה היא לא רק עקיפה, אלא גם ישירה, ואם הזמן יאפשר לי - אגע אולי גם בשני פרויקטים שבהם לא רק שחום אבוד מאפשר ייצור חשמל, אלא שהוא גם תורם תרומה סביבתית לסביבה המיידית של מקור החום. היה כאן כמעט "מעשה של מיטת סדום" להכניס יחידות כוח כאלה למידות סטנדרטיות של מכולות. אבל מצאנו שזה טוב. המובילים, הנמלים - כל מערכת השינוע מכירה את המידות הסטנדרטיות האלה. לא תמיד הטורבינה והגנרטור בתוך אותה מסגרת עם מחליף החום. יכול להיות מספר יחידות רב. בצורה כזו יכולים לא רק לעשות את ההתקנה מהר - יש לזה גם יתרונות תפעוליים נוספים.

ציור מס. 3: חשמל ללא דלק וללא זיהום האוויר ע"י ניצול מים חמים וקיטור גיאותרמיים



ציור מס. 4: יחידות כוח אורמת במידות של מכולות לנוחיות בשינוע ולהתקנה מהירה



כאן תחנה קטנה בנבאדה (ציור מסי 5). קיבלנו שם נתון שיש מספיק מים לקירור מים. הותקנו שם 10 מגוואט והסתבר שהיתה בצורת אחת, בצורת שניה, והמים שהובטחו - לא היו. לכן תוך כדי התכנון נעשתה הסבה למערכת מקוררת אויר. יכולים לראות כאן את המצננים שהם מקוררי אויר. וזה הביא את אורמת להקמה של קו ייצור נוסף של מערכות מחליפי חום מקוררי אויר. מצאנו שגם במקומות שיש מים יכול להיות בכך לפעמים היגיון. עשינו מערכת מקוררת אויר בהוואי, יש שם הרבה מאוד מים, אבל נראה היה שהאישורים למים יקחו כנראה שנתיים או שלוש, ואי אפשר לתכנן אם לא יודעים אם ומתי האישור ינתן, והדברים בשליטה כאשר זו מערכת מקוררת אויר. יכולנו לספק מקו הייצור מערכות מקוררות אויר לבתי הזיקוק, לחברת החשמל, לטורבינת גז בנגב במקום שאין מים. וכאן, שוב יכולה להיות תרומה סביבתית חשובה למערכות תעשיתיות מקוררות אויר, שחוסכות מים ומונעות זיהום ע"י תמלחת.

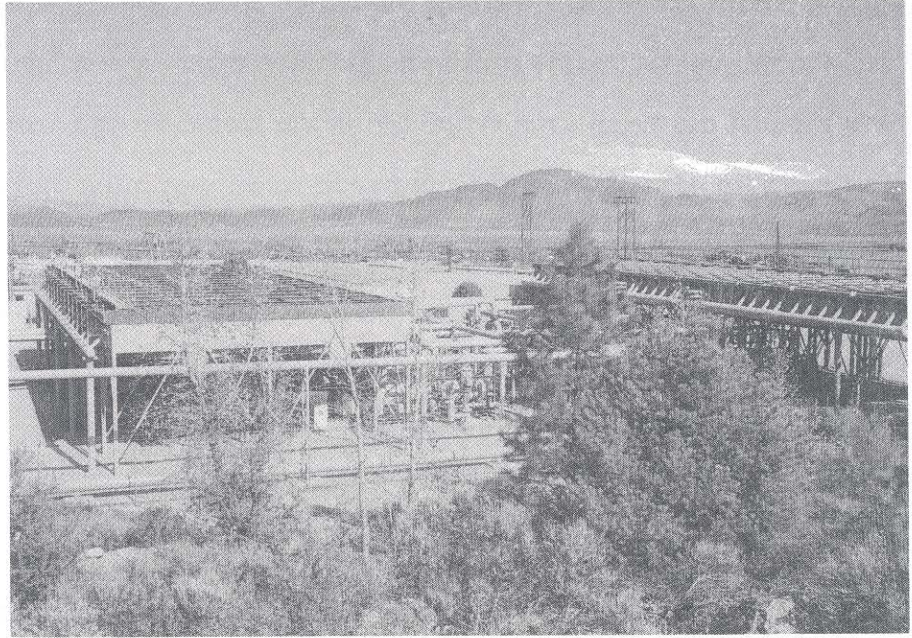
אראה כאן מפת העולם המציגה את האיזורים על פני כדור הארץ שבהם המאגמה קרובה יותר אל פני השטח ושיש בהם פוטנציאל גיאותרמי מעניין (ציור מסי 6). וכאן אפשר לראות גם פרויקטים של אורמת במערב ארצות הברית: קליפורניה, נבאדה, יוטה, מכסיקו. פרויקט ראשון בארגנטינה - באמריקה הדרומית (בארגנטינה), הוואי, ניו-זילנד, תאילנד, טיוואן, סין, איטליה, איסלנד - כל המקומות האלה בהם יש תחנות גיאותרמיות שאורמת הקימה. המספרים מראים את ההספק המותקן המצטבר של תחנות גיאותרמיות אורמת שעומד עכשיו על כ- 250 מגוואט המייצג כרבע מיליארד דולר יצוא Hardware מישראל, תוצרת אורמת, והוא כולל גם רכיבים של יצרנים ישראלים אחרים. היקף הפעילות שמלווה את הדבר הזה, כולל קידוחים והקמה והוצאות מימון דברים אחרים, הינו כמובן גדול בהרבה.

כאן תצלום של תחנה בת 25 מגוואט בהקמה בהוואי (ציור מסי 7). היא שונה מהתחנה הקודמת המורכבת מ- 10 מודולים. יש כאן הרחבה של היכולת הטכנולוגית שהולכת לשני כיוונים:

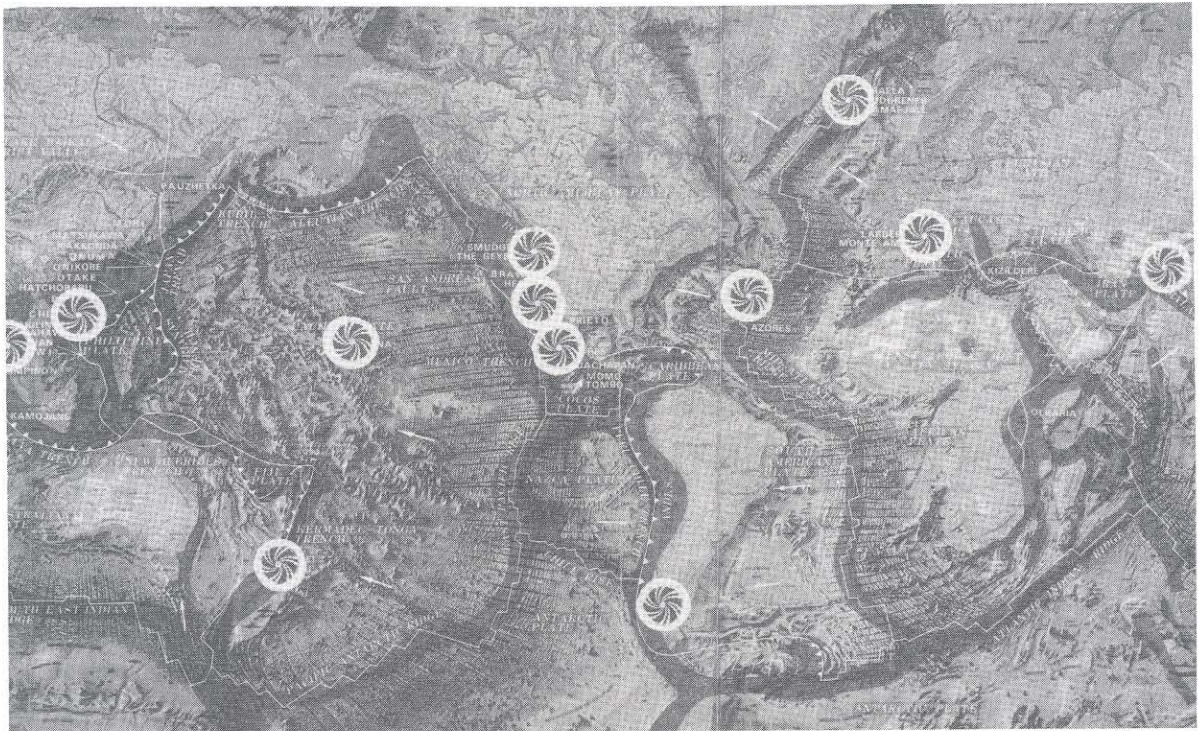
1. הגדלת ההספק של יחידות הכח. יש היום בייצור יחידות של שלושה, ארבעה, ארבעה וחצי מגוואט שמהן ניתן לבנות תחנות מודולריות גדולות יותר.
2. הרחבת טווח הטמפרטורות. אורמת בעבר, ההתמחות שלה, הכוח שלה, היה בניצול מקורות חום בטמפרטורות נמוכות, דהיינו מים חמים, וזה כתוצאה מהעבודות בעבר בנושא אנרגיית השמש.



ציור מס. 5: תחנת כח 10MW מקוררת אויר, באיזור מדברי (נבאדה)



ציור מס. 6: תחנות כוח גיאותרמיות אורמת, בהספק כולל 250MW פועלות באיזורים עם מקורות גיאותרמיים ברחבי תבל



התחום של טורבינות קיטור היה נחלתם של אחרים. אנחנו בעצם טיפלנו בקיטור, אבל בעקיפין. כלומר, מישוהו הקים תחנה עם טורבינות קיטור ואורמת עשתה Re-Powering על ידי ניצול עודפי החום ונראה היה שחבל להיכנס מאוחר ואחר כך רק להיות בשוליים. בתחנות שרואים כאן יש יחידות כוח משולבות שבכל אחת יש גם טורבינת קיטור וגם טורבינה אורגנית שעובדת עם החום השיורי של טורבינת הקיטור ובצורה כזו אנחנו יכולים להגביר את הנצילות ולתת יותר חשמל ממקור החום.

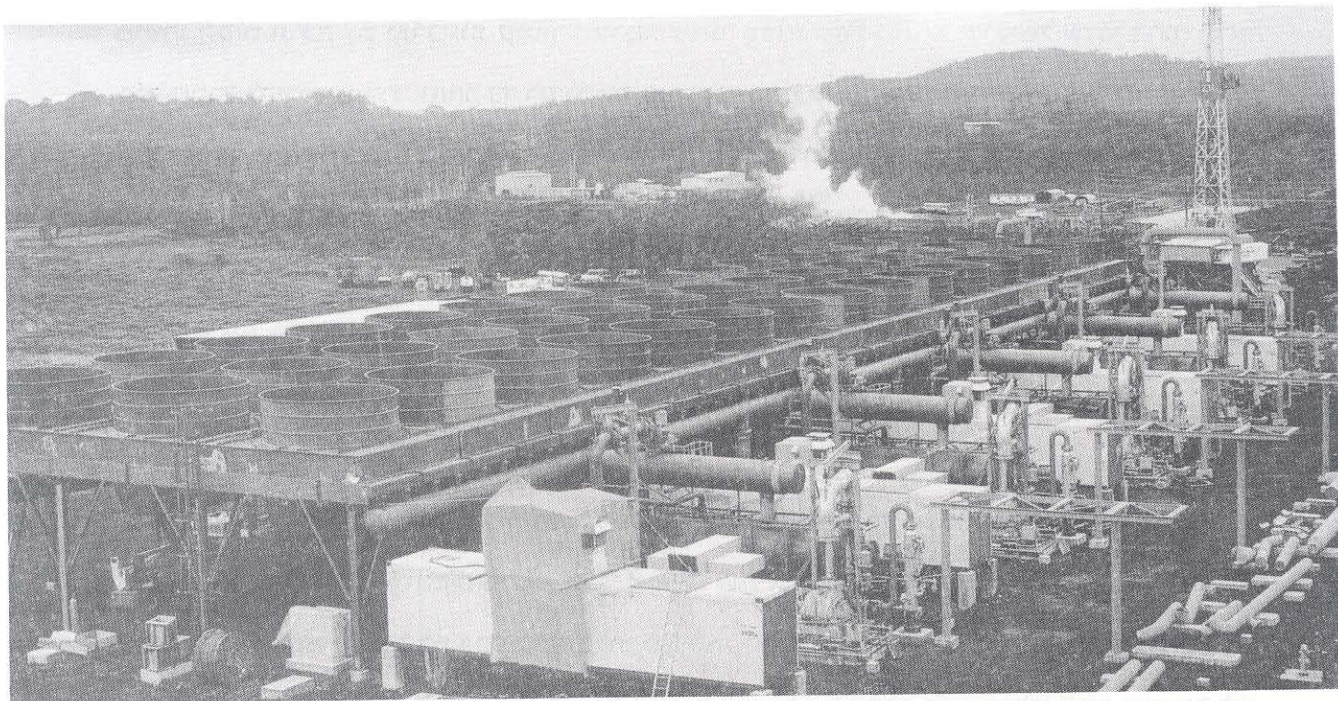
במסגרת הזו של הרחבת תחומי היכולת הייתי אולי כולל גם את התכנון של אורמת לתחנת כח בנגב לניצול פיצלי שמן, שבו אורמת רואה פוטנציאל גם להקמת תחנות בישראל, וגם כטכנולוגיה ליצוא.

אפרופו איכות הסביבה, אולי נזכיר גם את המוצר הישן, הטורבינות הקטנות של אורמת שאיתן היא התחילה את הקריירה בתחום האנרגיה. כאן אפשר לראות אחת מ-62 תחנות לאורך קו הנפט באלסקה (ציור מסי' 8), שתי יחידות כח בכל תחנה בלתי מאוישת הפועלת באמינות בתנאי אקלים קיצוניים. בכך מתאפשרת בקרת הזרימה לאורך הקו וסגירת מגופים במקרה של תקלה ולכן באמריקאית קוראים להן: Sentinels of the North. רבות מהיחידות הקטנות משמשות בתפקידים של הגנה קתודית לאורך קווי גז והן מבטיחות לא רק שלא יגרמו נזקים כלכליים לצנרת - אלא גם שלא יהיו דליפות גז וסכנה של פיצוצים.

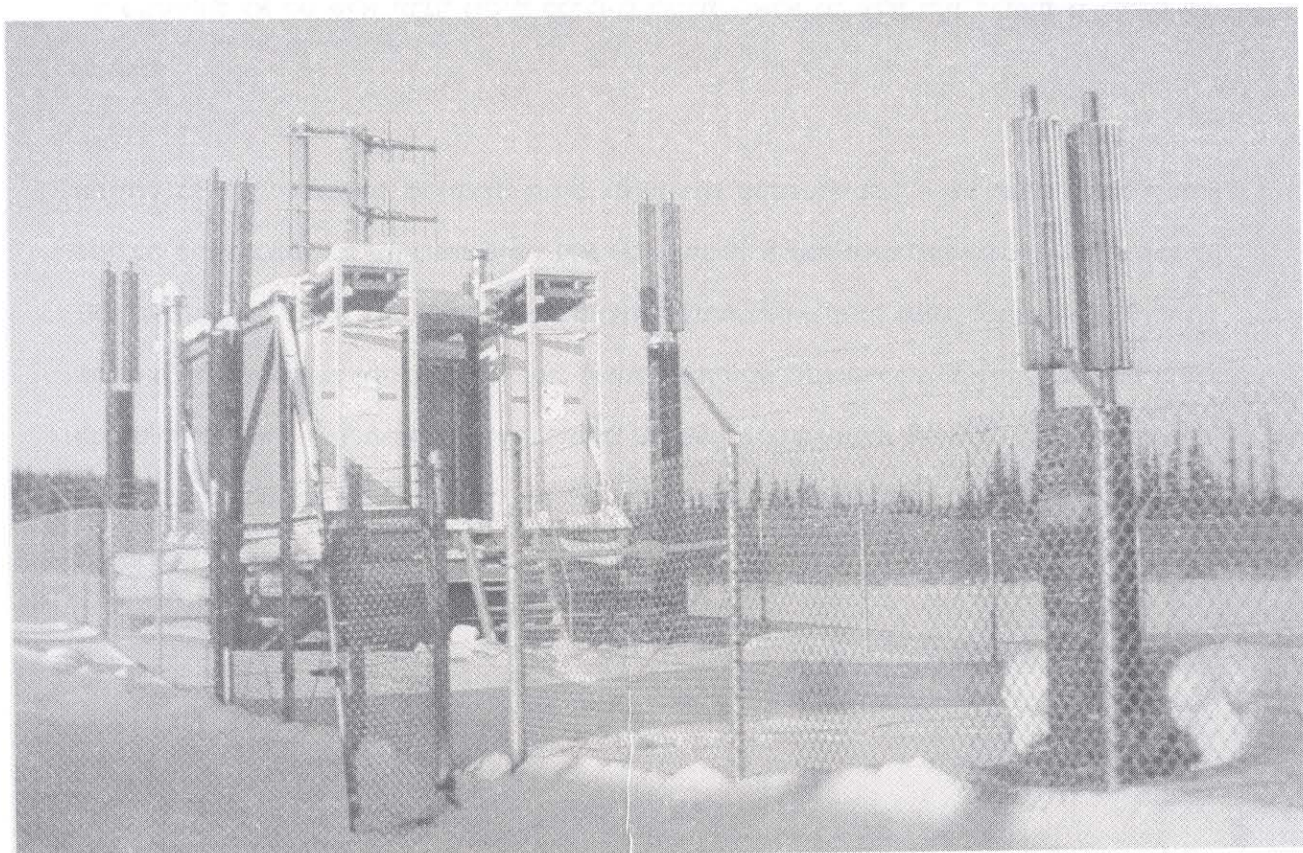
אתייחס גם לשתי דוגמאות שהיזכרתי קודם. תחנת כוח קטנה באיסלנד - של חברת חשמל קטנה, שקיבלה קיטור באמצעות טורבינות קיטור (לא שלנו). ייצרה 8 מגה-וואט ואת עודפי הקיטור, מעל ל-100 מעלות זרקה לאויר, וזה קיטור מאוד קורוזיבי שגרם בעיות קשות מאוד לתחנה עצמה. הסתבר שניתן על ידי תוספת של יחידות כוח אורמת לעבות את הקיטור, תוך כדי ניצולו, לקבל ממנו את החום הכמוס ולהכפיל את ייצור החשמל בתחנה. הותקנו שם בשני שלבים יחידות של 1200 קילוואט כל אחת - שצימצמו את הפליטה של הקיטור. זה היה לפני שלוש שנים, השנה הופעלו שם עוד ארבע יחידות ובצורה כזו הם עלו מ-8 מגוואט ל-16 מגוואט.



ציור מס. 7: תחנת כוח 25MW (בנויה מ-10 יחידות Combined Cycle) מנצלת קיטור גיאותרמי באי הגדול בהוואי



ציור מס. 8: חשמל ע"י טורבינות אורמת לתפעול תקין ואבטחת הסביבה לאורך קו הנפט באלסקה





דוגמא נוספת היא תחנה קטנה בניו-זילנד. תערובת של קיטור ומים לאחר מעבר במיתקן הפרדה - הקיטור משמש במפעלי נייר, ואת המים החמים הם שפכו. חשוב לזכור שהמים החמים ממקורות גיאותרמיים הם לפעמים הרבה מעל מאה מעלות. ניתן היה, ואת זה עשינו שם, להקים תחנה של שניים ורבע מגוואט המנצלת את המים החמים שלפני כן נשפכו לוואדי. למעשה הפרויקט הזה גרר הזמנה נוספת של שלושה מגוואט, באותו מקום.

חלק מהדברים הם אולי לא נוגעים ישירות לנושאי סביבה בישראל, אבל חשבנו שבנושא אנרגיה וסביבה וגם ייצור מישראל שיש מקום לספר את הדברים האלה כאן.

## השפעת תקנות חדשות בנושאי איכות הסביבה

### על איכות מוצרי דלק

יצחק לזרפינד

סגן מנהל כללי (טכני),

בתי זיקוק לנפט בע"מ

בארצות המפותחות הולכת וגדלה המודעות לנוקים האקולוגיים הנגרמים על ידי שימוש במוצרי דלק למיניהם.

לאחרונה ניכרת נטיה להחמרה משמעותית מאד בתקנים של איכות מוצרים. המובילה בתחום זה היא ארצות הברית אשר התקינה תקנות שונות לערים שונות, בהתאם לחומרת המצב האקולוגי בהן. התקן החדש ל-Reformulated Gasoline הוא רק דוגמה אחת לתקנים המחמירים החדשים. בארצות אירופה המערבית אין תקנים אחידים והארצות השונות נוהגות באופן שונה זו מזו, בהתאם למידת מודעותן לנושאי איכות הסביבה. למשל התקנים בשבדיה ובאוסטריה הינם מהמחמירים בעולם. ככלל אפשר לומר שגם ארצות אירופה נמצאות בהליך מהיר של החמרה בתקני מוצרי דלק.

בישראל, ועדת התקינה של מכון התקנים עוסקת בנושא איכות מוצרי הדלק. מפגעי איכות הסביבה הנגרמים ע"י שימוש במוצרי דלק והפתרונות הזמינים, מסוכמים בטבלאות 1 עד 3.

השינויים המיידיים הצפויים בתקני מוצרי הדלק בארץ הם:

#### בנזין:

- מעבר הדרגתי לשימוש בבנזין נטול עופרת - משנת הדגם 1994: כל המכונות שייבאו יהיו בעלות ממיר קטליטי.
- הפחתה בריכוז הגפרית בבנזין: בבנזין המכיל עופרת הפחתה מ-0.2% ל-0.15% ולאחר מכן הפחתה ל-0.1%. בבנזין נטול העופרת - 0.05%.

#### סולר

- ריכוז הגפרית המותר היות - 0.4%.
- החל מה-1.4.94 צפויה הפחתה ל-0.3% בסולר המיועד לרכב מנועי (לא סולר תעשייתי וטורבינות גז)
- הפחתה נוספת צפויה עם השלמת הקמת מתקן דה-סולפוריזציה חדש.

## פגיעה באיכות הסביבה כתוצאה מפעולת מנועי בנזין

המפגע	פתרונות זמינים
פליטת חמר חלקיקי (עשן), CO, פחמימנים שרופים חלקית	התקנת ממירים קטליטיים במערכת הפליטה, שימוש בבנזין בעל תכולת חמצן (אתרים ואלכוהלים)
פליטת תרכובות עופרת	שימוש בבנזין דל עופרת או בטול עופרת - הקמת מתקנים לייצור מרכיבי בנזין גבוהי אוקטן (CCR, דימרסול, איזומרזציה, MTBE)
נדיפות פחמימנים קלים (משתתפים הווצרות SMOG)	הנמכת לחץ האדים של הבנזין - הפחתה ברכוז C3- C4- C5 פצול הגפיימ למרכיביו והזרקה מבוקרת של C4 בלבד
פליטת גפרית דו חמצנית SO2	זניח - לא דורש פתרון - ראה בסעיף הבא
המפגע	פתרונות זמינים
פליטת מימן גפריתי (H2S) במכוניות בעלות ממיר קטליטי	הפחתה ברכוז הגפרית בבנזין ע"י הידרוגנציה של כל מרכיביו במיוחד זינת פצחן קטליטי - הקמת מתקן הידרוגנציה של זינת פצחן
תכולת בנזן	א. קטוע בטמפי גבוהה יותר של נקודת רתיחה התחלתית ב. הקטנת רכוז פלפורמט בבנזין ושימוש ברכוזים גבוהים יותר של מרכיבי בנזין לא ארומטיים גבוהי אוקטן כגון איזוהקסן (תוצר מתקן דימרסול), איזופנטן ואיזוהקסן (תוצרי מתקן איזומרזציה של נפטא קלה) ג. אלקילציה של הבנזן ע"י פרופילן
תכולת ארומטים כוללת	כמו סעיף (ב) לעיל

# פגיעה באיכות הסביבה כתוצאה מפעולת מנועי דיזל

פ ת ר ו נ ו ת ז מ י נ י מ

ה מ פ ג ע

- א. שפור מערכת הזרקת הדלק ומבנה המנוע
- ב. הפחתה של המשקל המולי של הסולר , הפחתת צמיגות ,  
העלאת נדיפות בעיקר ע"י הורדה בנקודת רתיחה סופית  
( FBP )
- ג. העלאת מספר האטן ( הידרואנציה של LSC )
- ד. תוספים

פליטת חומר חלקיקי  
(עשן) SO<sub>2</sub> פחמימנים  
לא שרופים

א. הנמכת רכוז הגפרית בסולר ע"י זקוק גלמים דלי גפרית

ב. דה סולפריזציה של מרכיבי הסולר

ג. דה סולפריזציה בלחץ חלקי של מימן , גבוה יותר

פליטת SO<sub>2</sub>

טבלה מספר 2

# פגיעה באיכות הסביבה כתוצאה משרפת דלקים

המפגע	פתרונות זמינים
פליטת חמר חלקיקי (עשן)	<p>א. שפור תהליכי השרפה</p> <p>ב. שמוש בקטלזטורים להשלמת השרפה</p> <p>ג. שרפת דלק בעל רכוז אספלטנים נמוך</p> <p>ד. התקנת משקעים אלקטרוסטטיים</p> <p>ה. שרפת גז במקום דלק מוצק או נוזלי (SYN-GAS או LNG)</p>
פליטת גפרית דו חמצנית (SO2)	<p>א. פעולה בשיטת הבקרה לסרוגין (מבי"ס)</p> <p>ב. שרפת דלק דל גפרית (מעבר לזקוק גלמים דלי גפרית)</p> <p>ג. התקנת סולקנים</p> <p>ד. שרפת גז במקום דלק מוצק או נוזלי (SYN-GAS או LNG)</p>
פליטת תחמוצות גפרית (Nox)	<p>א. בקרת עודף חמצן</p> <p>ב. בקרת טמפרטורות להבה</p> <p>ג. התקנת מבערים low Nox</p>
פליטת CO2 אפקט החממה	<p>א. תחנות כח גרעיניות "בטוחות" ?</p> <p>ב. כורי "היתוך קר" ??</p>

טבלה מספר 3

## מזוט

המלצות פרופ' הררי הכתיבו הפחתה מיידית של ריכוז הגפרית במזוט מ-2.7% ל-2.5% והפחתה הדרגתית ל-2%.

הפחתה לריכוז זה צפויה בחודשים הקרובים.

הפחתה בריכוז הגפרית מלווה גם בהפחתה מסוימת בריכוז האספלטנים וריכוז המתכות.

איור מס. 1 מתאר את המערך הקיים של מתקני בתי הזיקוק.

איור מס. 2 מתאר את השינויים שידרשו במערך המתקנים, כדי לעמוד בתקנים הצפויים.

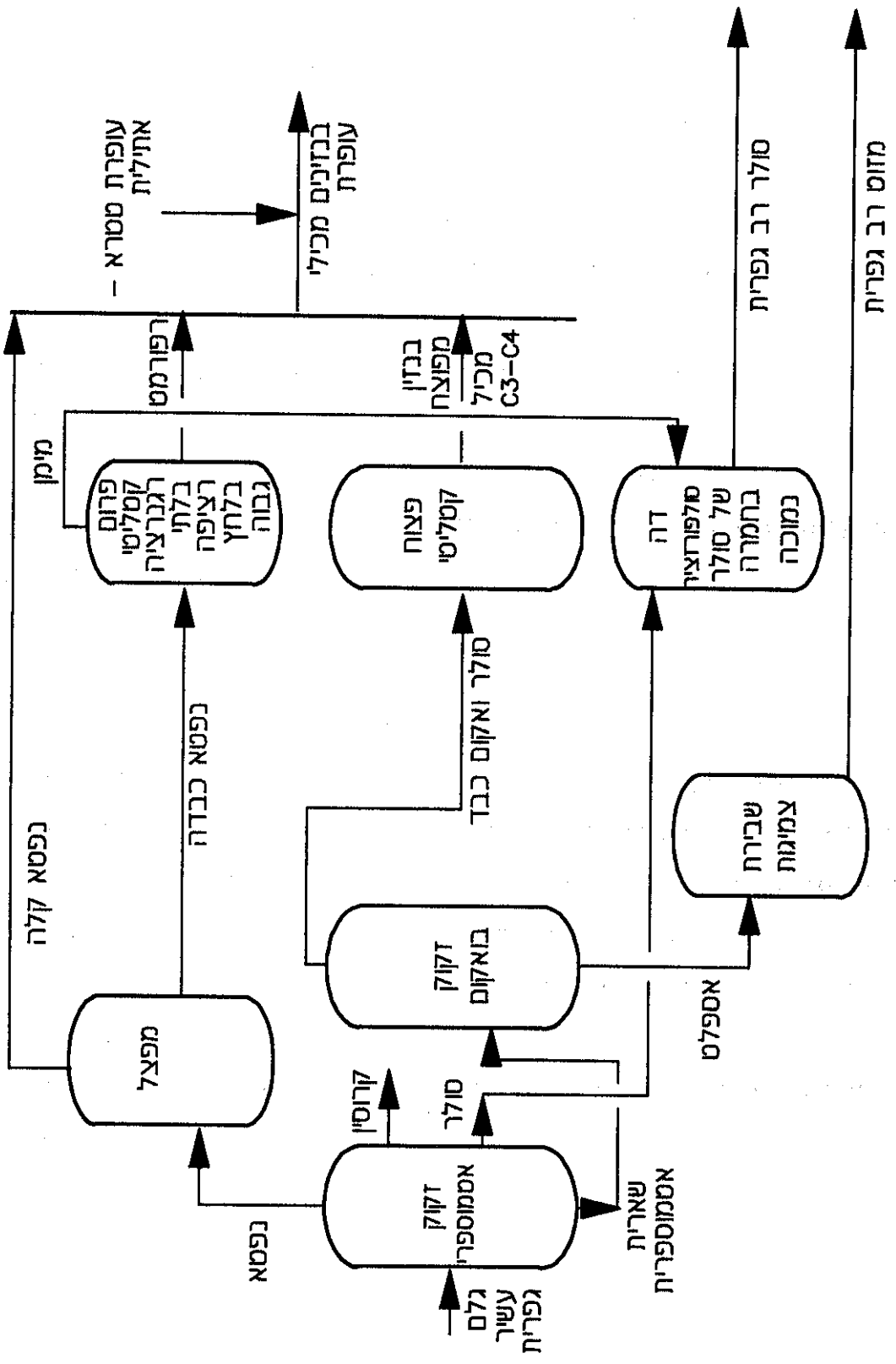
מתקנים שהוקמו והופעלו לאחרונה ואשר תורמים לעמידה בתקני איכות המוצרים הם:

- הגדלת כושר הפיצוח הקטליטי
- מתקן דימרסול לדימריזציה של פרופילן לאיזוהקסן (מרכיב בנזין בעל מספר אוקטן גבוה).
- מתקן לייצור MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) שהוא מרכיב בנזין גבה אוקטן ואוקסיגנט התורם להקטנה בפליטת מוצרים שרופים חלקית.

תכנית הפיתוח של בתי הזיקוק כוללות את השלבים הנוספים הבאים:

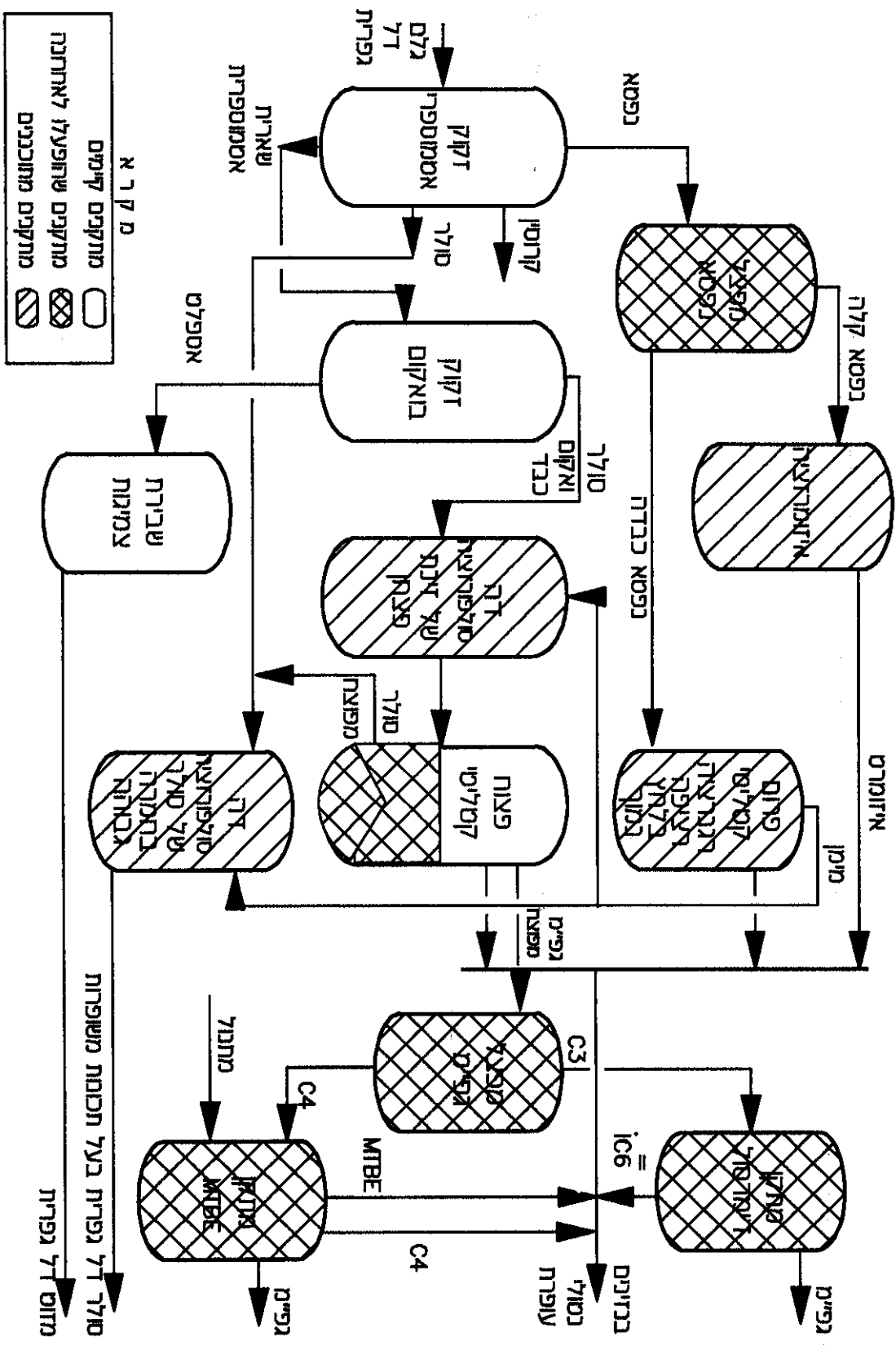
- יוקם מתקן לאיזומריזציה של נפטא קלה, נמוכת קואטן, לאיזומרט בעל אוקטן גבוה יותר.
- יוקם מתקם לפרום (Reforming) של נפטא כבדה, בלחץ פעולה נמוך ורגרציה רציפה של קטליזטור לשמירת האקטיביות שלו. המוצרים שיתקבלו הם מרכיב בנזין בעל מספר אוקטן גבוה (RON 102-104) וזרם גז מימני הדרוש לפעולות ההידרוגנציה שיוסברו בהמשך.
- מתקן דה-סולפוריזציה של זינת פצחן קטליטי (סולר וקום כבד) יאפשר ייצור מרכיב בנזין בעל תכולת גפרית נמוכה ביותר).
- מתקן לטיפול מימני בסולר ייצר סולר בעל ריכוז גפרית נמוך ביותר, יפחית את ריכוז הארומטיים בסולר ויעלה את מספר הציטן.

# מערכת בית זקוק - מצב קיים



איור מספר 1

# מערכת בית זיקוק - מצב עתיד



איור מספר 2

מ ק ר א  
 מחלקים קיימים  
 מחלקים שהופעלו לאחרונה  
 מחלקים מוחבבים

מזוט דל גפרית  
 מכל דל גפרית בעל חסמת משופרות



## מניעת זליפה וזיהום מתחנות תדלוק

משה צמחוני,  
מנהל סניף תל אביב והמרכז,  
פז חב' נפט בע"מ

תחנות תדלוק, במה אנו דנים:

במדינת ישראל יש כ- 550 תחנות ובכל תחנה בממוצע 7 מיכלים תת-קרקעיים. ז.א., יש בתחנות כ- 4,000 מיכלים. בנוסף לזה יש כ- 6,000 מיכלים תת-קרקעיים נוספים שלא נמצאים בתחנות. לדוגמא: בתעשייה, בחקלאות וכו'.

גודל המיכלים התת-קרקעיים שאנו מדברים עליהם נע בין 5,000 ליטר ל- 30,000 ליטר. ז.א., שאפשר לומר שבתחנה בממוצע יש כ- 175,000 ליטר בסך-הכל אך כמובן שהמיכל הוא יחידה בודדת וכמעט ולא היה מצב שכאשר היתה נוזילה היתה ביותר ממיכל אחד.

כשאנו מדברים על הנושא עלינו להפריד בין שני תת-נושאים:

(א) מניעת זיהום מקורות המים ע"י דלקים.

(ב) מניעת זיהום האויר ע"י אדי דלק.

### (א) מניעת זיהום מקורות המים ע"י דלקים

עד היום הושקעו מאמצים רבים לגבי זיהום מקורות המים ומטפלים בזה מטעם מכון הנפט, הועדה לתחנות וכן הועדה למניעת זיהום מקורות המים כאשר בשתי הועדות גם יחד ניסינו להעתיק תקנים בינלאומיים ובעיקר את התקן האמריקאי. יש לציין שבארה"ב הטיפול בנושא זיהום מקורות המים התחיל מאחר ולהם 1,400,000 מיכלים תת-קרקעיים כאשר ברובם לא מצופים בציפוי נגד קורוזיה והיה ידוע להם ש- 40% מהמיכלים נוזלים. ז.א., כ- 560,000 מיכלים תת-קרקעיים נוזלים במידה זו או אחרת.

אצלנו, בישראל, חברות הדלק אימצו לאורך השנים את התקן האנגלי אשר מראש דרש שיהיה ציפוי למיכלים או ביטומני או אפוקסי ואפשר לציין חד-משמעית שלא קרה מקרה שהוכנס מיכל לאדמה ללא ציפוי. כמובן שגם במיכלים שיש להם ציפוי יש חשש לנוזילה ולכן הנושא הובא לדיון גם אצלנו.

בתחנות התדלוק ישנם כמה מקורות אשר עלולים לזהם:

**- מיכלים**

קיימות כמה שיטות לבצע מיכול משני למיכלים בתחנות התדלוק. השיטות הקיימות בעולם הרחב, מפורטות להלן:

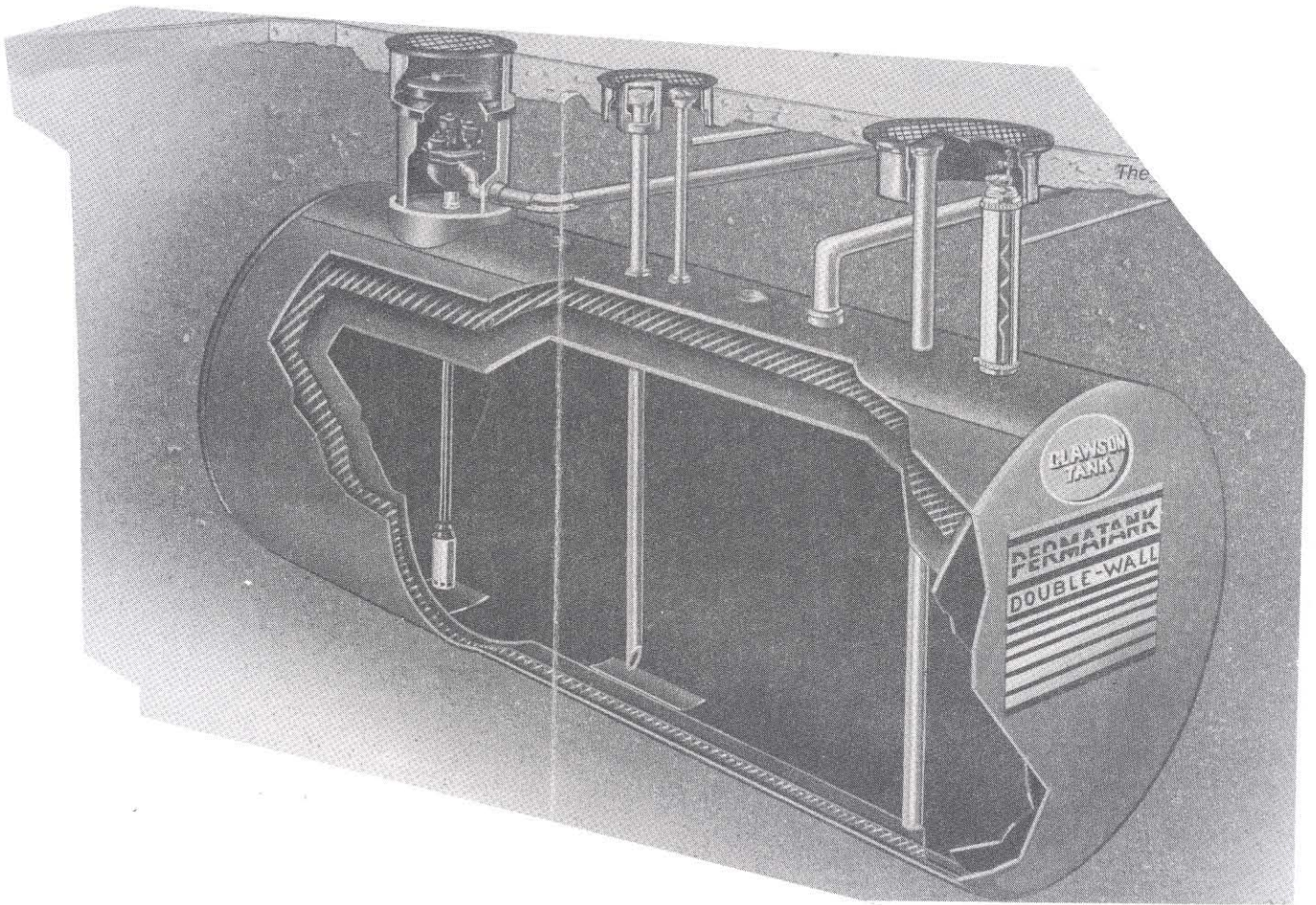
- בריכה מבטון עם ציפוי פנימי של אפוקסי העמיד בפני דלקים.
- יריעות מחומרים פלסטיים הפרוסות על החפירה.
- H.D.P.E - HIGH DENSITY POLYETHYLE
- מיכל בעל דופן כפולה.
- מיכל שתי שכבות מפיברגלס.
- מיכל שתי שכבות מפלדה.
- מיכל שכבה פנימית מפלדה ושכבה חיצונית חומר פלסטי:
- HIGH DENSITY POLYETHYLENE-TANK JACKET
- מיכל שכבה פנימית מפלדה ושכבה חיצונית מפיברגלס.
- FIBERGLASS+STEEL TANK
- מיכל שכבה חיצונית מפלדה ושכבה חיצונית מחומרים מורכבים.

כיום בארץ דנים בשלוש שיטות:

1. מיכול משני מבריכות בטון כאשר בריכת הבטון מצופה בציפוי אפוקסי עמיד בפני דלקים. קיים ויכוח מקצועי האם באזור של סכנה של רעידת אדמה הפתרון הזה אמין.
2. מיכול משני באמצעות ממברנות פלסטיות - כאן הכוונה שכל הבור מכוסה ביריעות פלסטיות H.D.P.E כאשר המיכלים נמצאים בתוך הבור ובמידה ויש נזילה, הדלק אינו יכול לזהם את מקורות המים הוא נאגר בנקודה הנמוכה ביותר ומכשירי גילוי וזיהוי מתריעים על כך.

3 מיכל בעל דופן כפולה מפלדה פנימית פיברגלס או חומר פלסטי חיצוני

תמונה 1



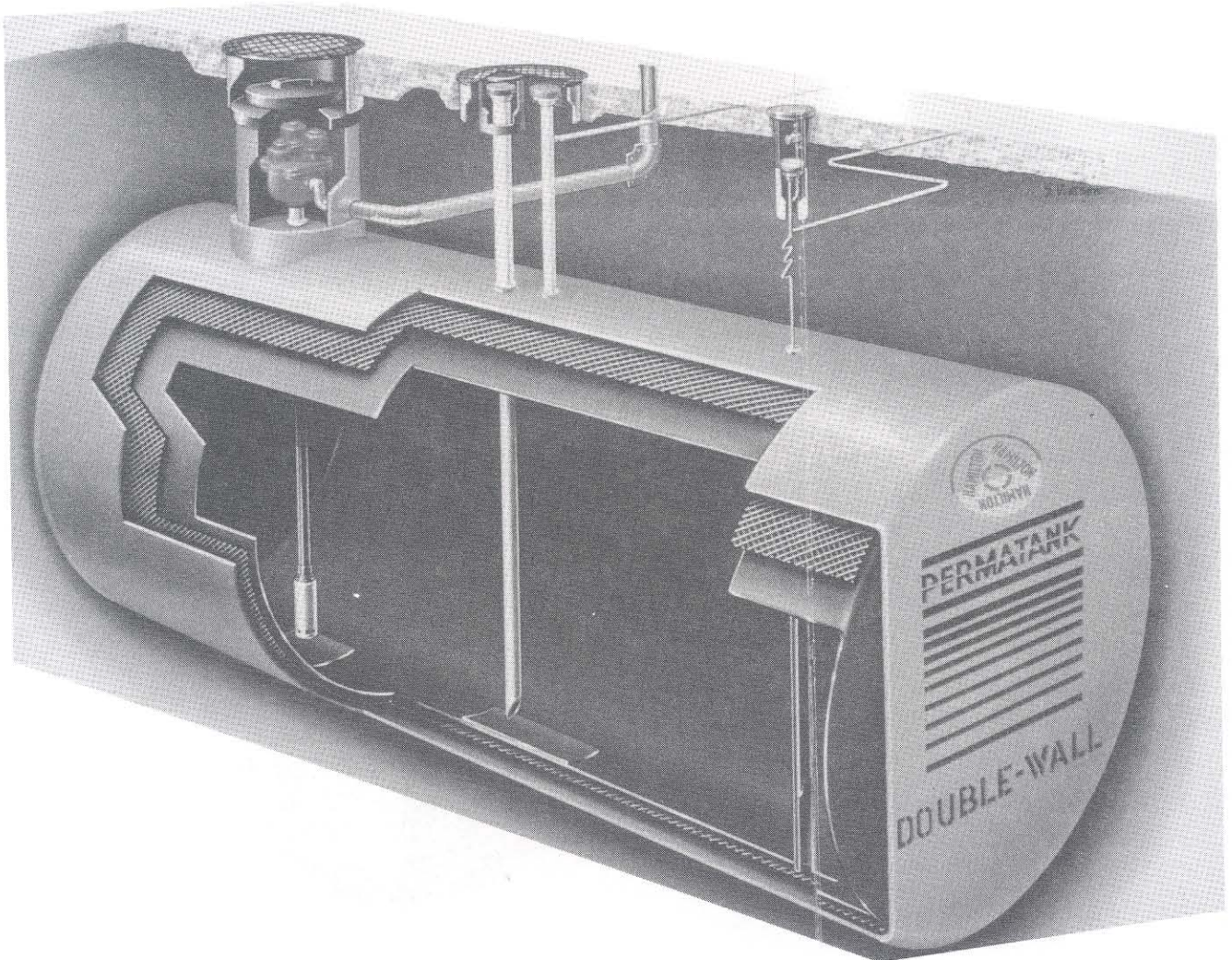
אנו רואים בצילום שמסביב למיכל יש רשת ומעליה ציפוי או פיברגלס או יריעות פלסטיות. במידה ויש נזילה הדלק מהמיכל הפנימי אינו עובר את המיכל החיצוני ומתנקז לנקודה נמוכה ביותר. במידה וחדרו מים מהשכבה החיצונית לאזור בין שני המיכלים גם על זה זה יש התראה באחת מהשיטות המקובלות.

הועדה למניעת זיהום מקורות המים ע"י דלקים בראשותו של מר י. כנפי מנציבות המים אישרה ההצעות לנוהל בנדון והחומר נמצא אצל היועצים המשפטיים של המשרד לאיכות הסביבה להמשך טיפול.



## תמונה 2

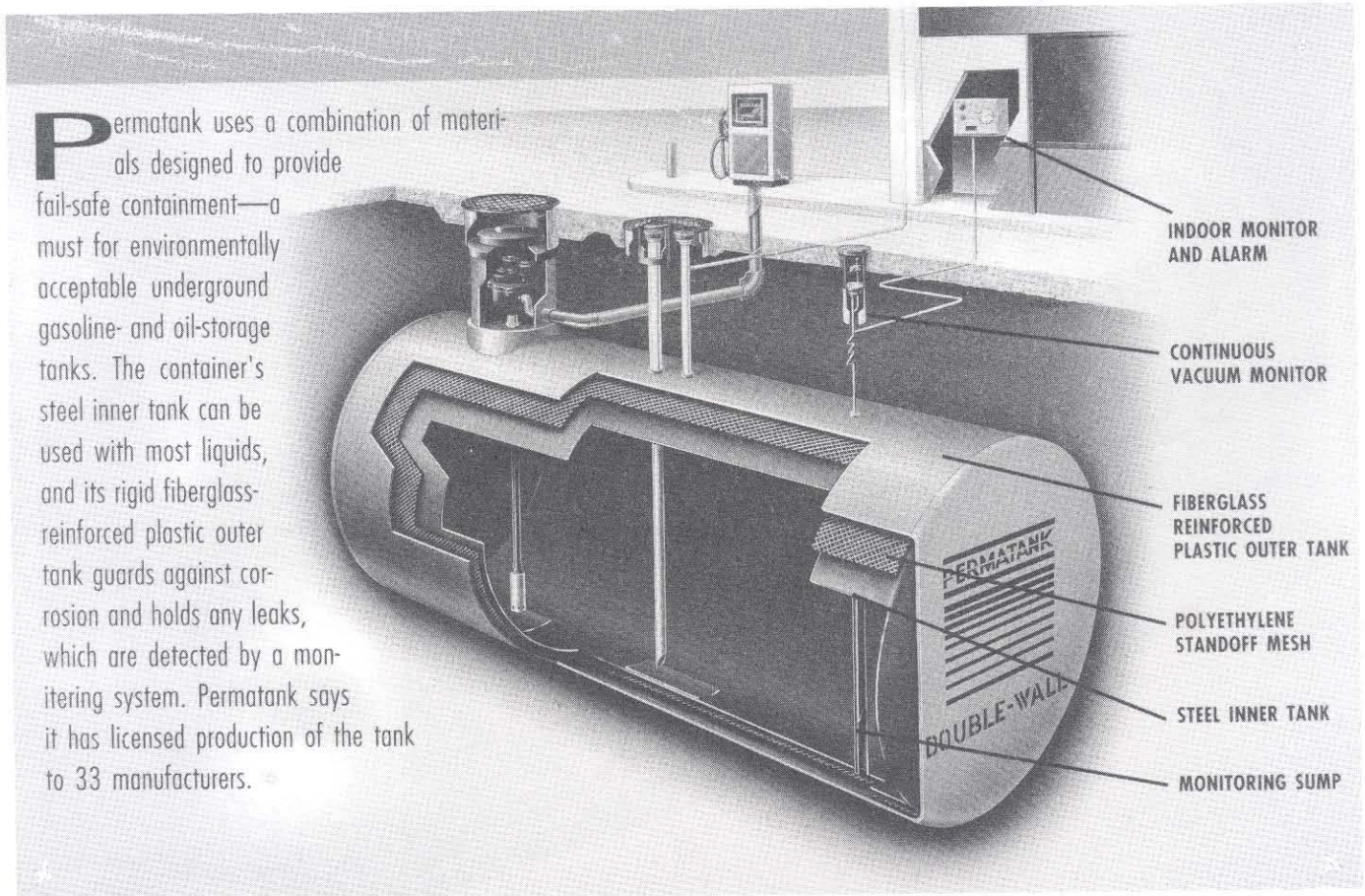
אנו רואים שגם האביזרים מעל המיכל מוגנים כך שבמידה ותהיה נזילה היא לא תוכל להגיע למקורות המים, תתנקז במקומות נמוכים בתוך עוקות ניקוז.





## תמונה 3

אנו רואים מיכל בעל דופן כפולה כאשר מותקנים מכשירי מדידה לזיהוי וגילוי נזילות של דלקים או מים לבין החלל בין שתי הדפנות.



**צנרת**

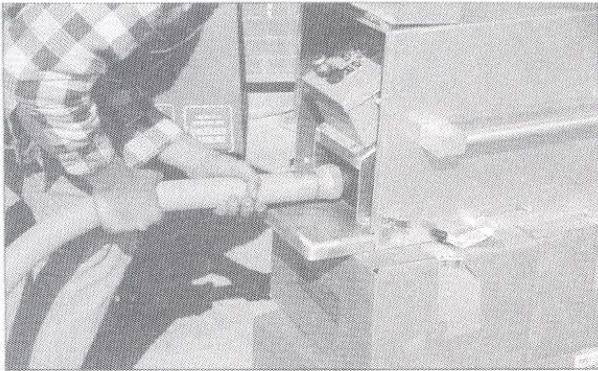
גם לגבי הצנרת יש לבצע מיכול משני וכאן הכוונה לבצע צנרת ראשית עבור הדלק כאשר כיום יותר ויותר משתמשים בצנרת קשיחה מפברגלס או צנרת גמישה מחומרים פלסטיים וצנרת זו נמצאת בתוך צנרת משנית. במידה ויש נזילה מהצנרת הראשית, הדלקים אינם יכולים להגיע ולזהם את הקרקע מאחר והצנרת המשנית מגינה ומובילה את הנזילה לכיוון נקודות איסוף ובקרה.



אנו רואים במקרה זה צנרת גמישה בעלת דופן כפולה ובכל מקרה של חיבור בין הצנרת או למיכלים או למשאבות, החיבור נעשה בתוך ארגו אטום כך שלא יכולה להיווצר דליפה מהצנרת אל מקורות המים.

## The Enviroflex® Piping System Adds A New Meaning To Containment: Cost Containment.

### Here's Why:



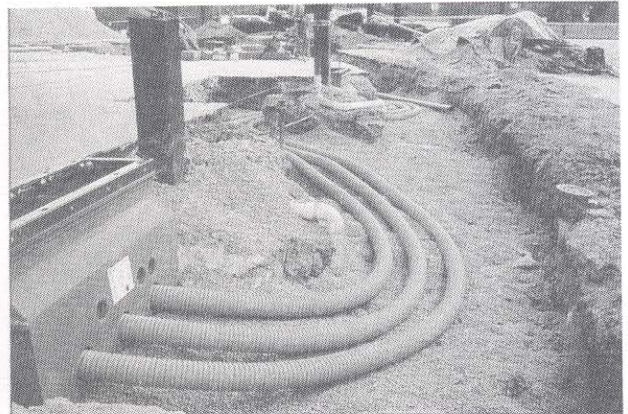
Enviroflex primary pipe is easy to assemble using Total Containment's coupling machine. Enviroflex couplings are designed to swivel allowing for easy installation.



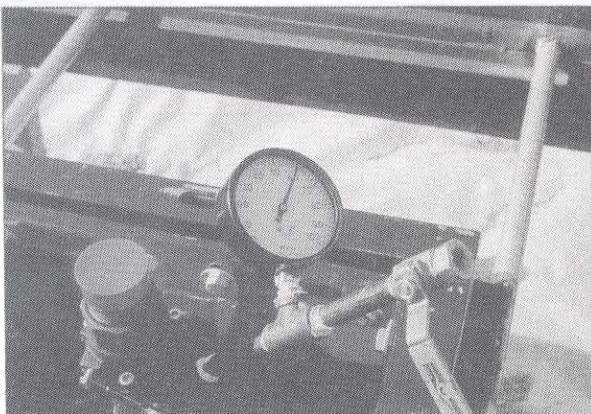
Flexible Enviroflex primary piping reduces installation time by 50%.

### Features

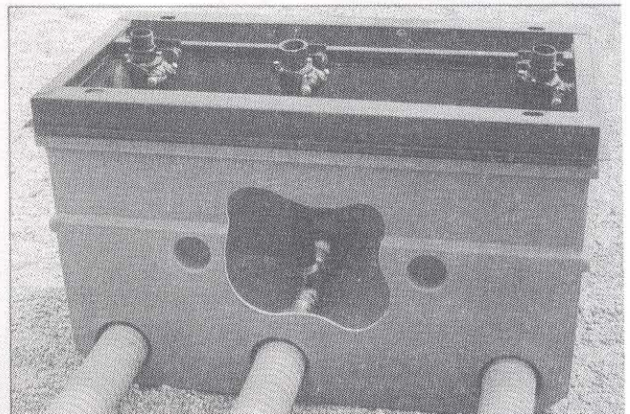
- No underground joints. All connections secured inside containment sumps
- 75% savings on installation cost and time
- Both primary and secondary are flexible
- Only certified contractors are allowed to install
- Primary manufactured and tested by Dayco
- Du Pont virgin resin used to construct primary
- Patented design



Complete length of Enviroflex primary and secondary pipe prevents the need for any joints and fittings underground.



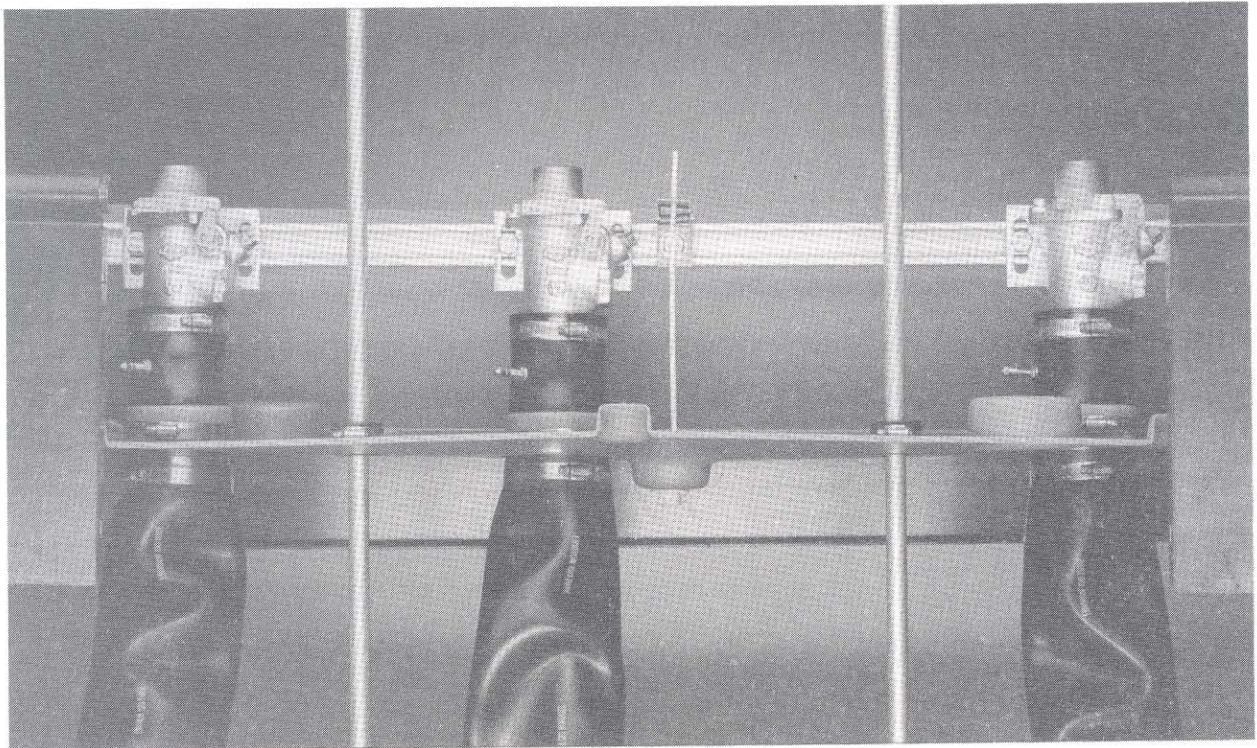
Enviroflex primary pipe is tested to 60 PSI after installation.



Sumps allow for easy access to all primary and secondary pipe fittings.



אנו רואים את החיבור אל המשאבה ובסיכום אפשר לציין שהמערכת אטומה לחלוטין.



#### Automatic Shut-Off

The dispenser pan may be equipped with the Petro-Trip Kit which will automatically shut-off the shear valves in the event of leaking product.

#### Remote Draining

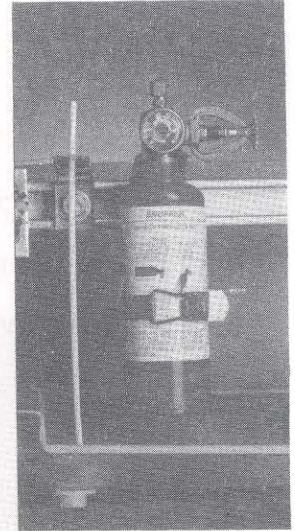
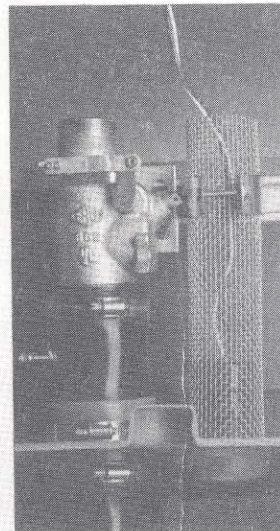
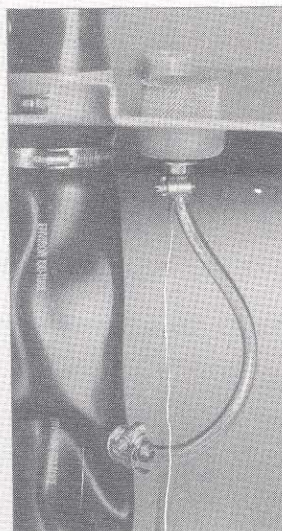
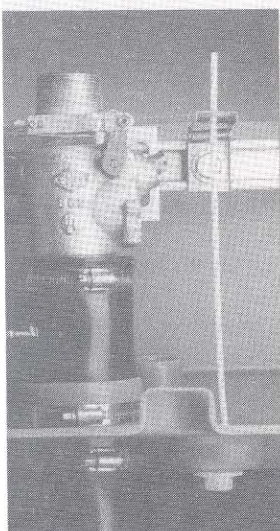
The dispenser pan may be equipped with a drain fitting for draining the pan into a remote collection sump or into a double wall piping system.

#### Leak Sensors

The dispenser pan may be equipped with a Sensor Stabilizer Tube to secure a remote leak detection sensor in the low point of the dispenser pan.

#### Fire Protection

The dispenser pan may be equipped with an automatic fire extinguisher called the Snuffer. This extinguisher mounts directly to the pan's stabilizer bar.



### - פריקת מיכליות

כאשר המיכלית מגיעה לתחנה וחס-וחלילה הצינור המוביל דלק מהמיכלית אל המיכל התת-קרקעי מתפוצץ, בכדי למנוע חדירת דלקים נדרשים היום אנו לבנות משטחי בטון אטומים כנגד חדירת נוזלים ובמידה זהמשטחים עשויים מרצפות יש צורך למלא את התפרים בחומרים אמידים נגד דלקים. למשטחי הבטון או המרצפות יש שיפועים אל תעלות מרכזיות המובילים את הדלקים והשאירות אל מפריד שומנים.

### - בריכות איגום

מתחת למשאבות התדלוק, מעל פתחי האדם ופתחים אחרים יש צורך להתקין בריכות לאיסוף הנוזלות, כאשר בנקודות הנמוכות ביותר יש להתקין מערכות ניטור לגילוי וזיהוי הצטברות הדלקים מנוזילה.

### - אביזרים שונים

שליטה על מילוי יתר במיכלים. נעילת הצפה מהמיכליות הפורקות.

### תמונה 6

בתחנות החדשות בהן נדרשנו לבנות את התחנה עם מיכל משני נדרשנו גם להתקין מפריד שומנים. מפריד השומנים בנוי כך שהמים יוצאים ממנו ברמת נקיון 10PPM ואפשר וצריכים להשתמש בהם להשקות את הגינות בתחנות. כמובן שאת השומנים או שאריות דלק יש מדי פעם לבוא ולאסוף ולהעביר אותם למסופים לטיפול נוסף. ברצוני לציין שכל מה שנאמר פה כבר נעשה בכמה תחנות כפי שנדרשנו ע"י הרשויות.

בארה"ב, מהחשש למצב המיכלים הם החליטו להטיל קנסות גבוהים במיוחד על בעל תחנה או חברה שלא מבצעים את דרישות הרשויות, כך שלא כדאי לבעל תחנה או לחברה לקחת כל סיכון אפשרי לזהם את מקורות המים (מדובר בקנסות של עד חצי מיליון דולר). בכדי למנוע אפשרות של נוזלה למיכלים תת-קרקעיים וצנרת תת-קרקעית עומד להכנס בארה"ב תקן חדש למיכלים על-קרקעיים בתחנות התדלוק.

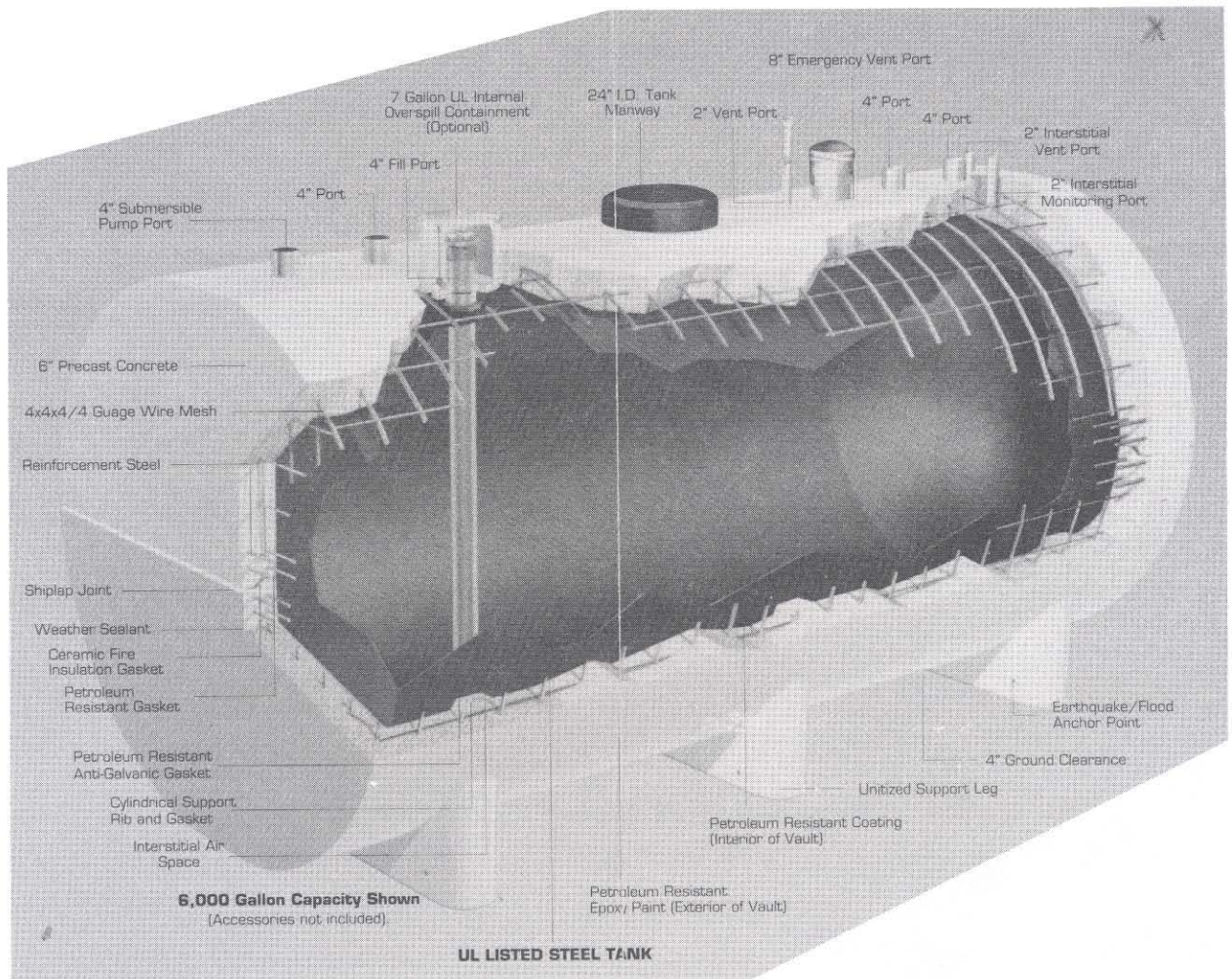






## תמונה 7

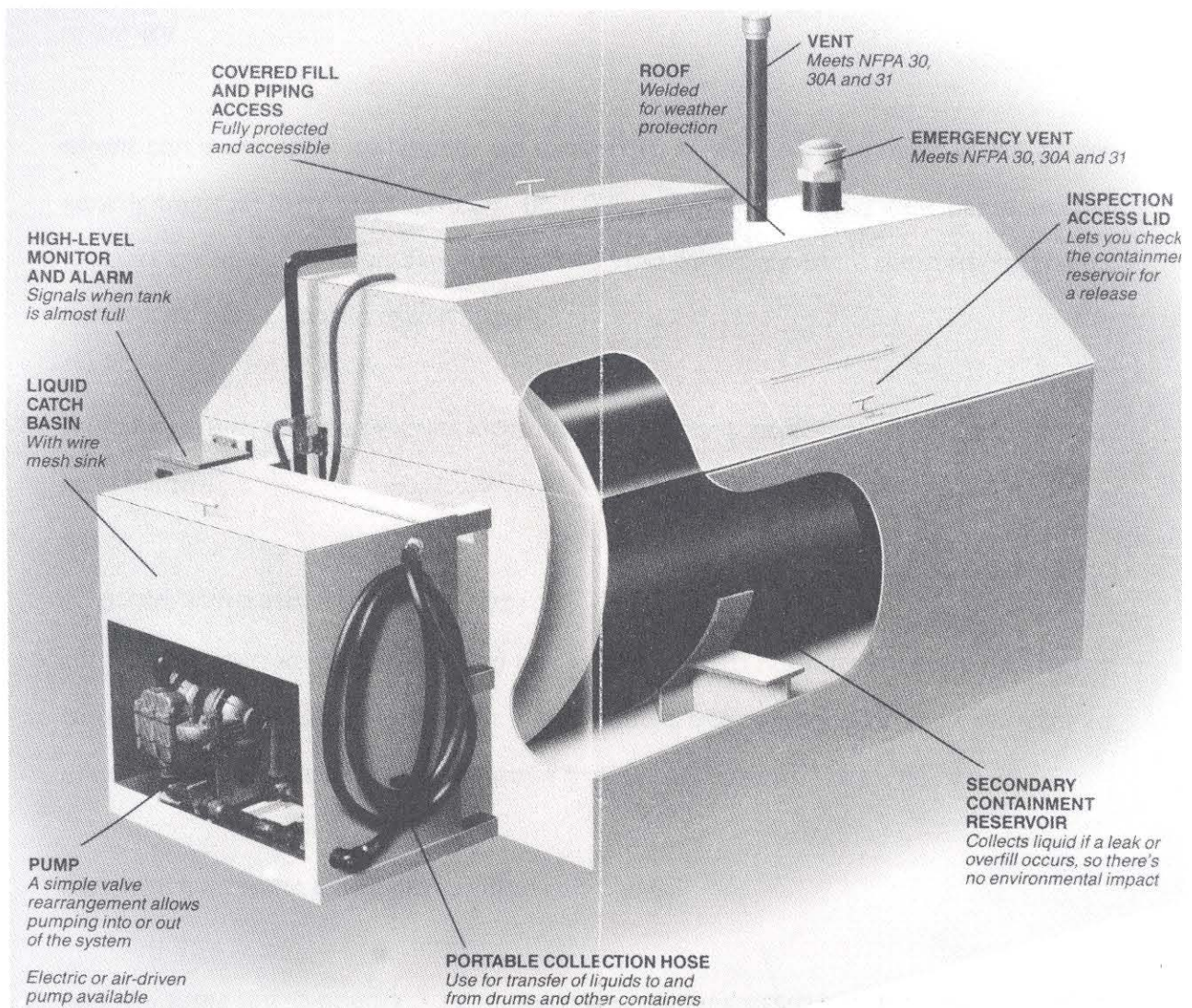
אנו רואים מיכל על-קרקעי מפלדה מצופה בשכבת בטון עבה במיוחד. לא נראה לנו שכאן בארץ נוכל ליישם את השיטה הזאת עקב הסיבות הבטחוניות אך רצוי שנדע שקיימת גם אפשרות למיכלים על-קרקעיים בעולם הרחב.





## תמונה 8

אנו רואים מיכל על-קרקעי עם משאבה כאשר גם כאן המיכל הוא בעל דופן כפולה. ברצוני להזכיר שהמיכלים העל-קרקעיים נמצאים בבריכות מוגנות. באם אנו מדברים על היקף כספי מדובר על כ- 51% ממחיר בניית תחנה, ז.א., בין 60 - 70 אלף דולר תוספת עבור הגנת מקורות המים מנזילה אפשרית.



עד כה דיברתי על תחנות חדשות שבהן אפשר לבצע את כל הדרישות ולא דיברתי על תחנות פירטיות שנבנו בתקופה האחרונה ולא נדרשו לבצע את המיכול המשני. באם אנו מדברים על 550 תחנות קיימות, נבנות בישראל מדי שנה בשנה לא יותר מ- 15 תחנות ולכן הבעיה האמיתית היא עם התחנות הקיימות שבהן ישנם מיכלים בני 30 ו- 40 שנה.

במכון הנפט, בועדה לתחנות ובוועדה למניעת זיהום מקורות המים מכינים תקן אשר ידרוש התייחסות חדשה לתחנות הקיימות. לדוגמא: כל מיכל תת-קרקעי יצטרך להבדק פעם ב- 3 או 5 שנים לבדיקת לחץ, כולל הצנרת ששייכת אליו. באם אמרנו שיש כ- 10,000 מיכלים תת-קרקעיים בתחנות ואצל לקוחות מדובר על בין 2,000 - 3,000 מיכלים לשנה לבדיקה. מאחר והתקן בהכנה לא ארצה להרחיב הדיבור עליו.

קיימות כמה שיטות לבדוק את המיכלים ואת הצנרת וכיום הן חברות הנפט והן חברות פרטיות בודקות אפשרות להביא את הציוד שיכול לעלות בין 30 ל-300 אלף דולר, תלוי בטיב ובשיטה. הכוונה, שבדיקת המיכלים ע"י גוף חיצוני תעשה בצורה מסודרת עם דו"ח למחשב, כך שנוכל לעקוב אחרי הבדיקות, התוצאות וכל מערכת המיכלים והצנרת בתחנות.

אין לסגור נושא זה מבלי להזכיר בשתי מילים את מערכות הבקרה הכוללות פזיומטרים ומערכות ניטור בפני דליפות.

### **ב. מניעת זיהום האויר ע"י אדי דלק**

בכמה מדינות באירופה ובארה"ב מקפידים מאד על איסוף האדים המשתחררים בתחנה. רמת הפתרון שונה ממדינה למדינה. אצלנו הנושא עדיין בשלבי הראשונים, שלב של איסוף חומר, לימוד התייעצות עם גורמי חוץ וטיפול פרטני בבעיות שונות. להלן סקירה קצרה על הנעשה בעולם בנושא זה.

מקובל לחלק את איסוף מיחזור האדים בתחנה לשתי רמות:

**רמה א' -** איסוף האדים המשתחררים בזמן שפיכת מוצרי הבנוין למיכלים התת-קרקעיים אל המיכליות והעברתם למסוף מרכזי כאשר במסוף המרכזי ממלאים את המיכליות במוצרי בנוין חדשים. העברת

האדים מהמיכליות למערכת מיחזור אדים מרכזית. כיום, במערכות קיימות בעולם מקובל לצורך חישובים לכתוב שמ- 1,000 ליטר אדי בנזין אפשר לקבל כחצי ליטר בנזין נוזלי.

רמה ג' - איסוף האדים המשתחררים בעת מילוי הרכב הפרטי ממיכל הדלק ברכב בעזרת צנרת כפולה אל המיכלים התת-קרקעיים וכמובן משם כאמור ברמה א'. כיום האדים בתחנות משתחררים לאטמוספירה (FREE VENT). במידה ונדרש לבצע מיחזור אדים רמה א' יהיה צורך לשנות אביזרים במתקני המילוי במסופים, במיכליות ובמיכלים התת-קרקעיים. במידה ונדרש לרמה ב', יש צורך לפתוח את כל התשתית בתחנות הציבוריות והפנימיות להעביר מערכות צנרת מורכבות ולסגור מחדש.

בארץ פועלות שתי תחנות הנמצאות במרכז מגורים מאוכלס שביצעו את השלב הראשון של החזרת האדים ז.א., איסוף האדים מהמיכלים התת-קרקעיים אל המיכליות והחזרתם למסופים. השלב השני עדיין לא בוצע. חברות הנפט עוקבות אחרי כל החידושים בנושא זה.

## רב שיח - משק האנרגיה ואיכות הסביבה

מנחה: ד"ר יוסף אראל

ד"ר יוסי אראל - יו"ר: כעת ננסה למסכם את יום העיון באמצעות רב-שיח בין המשתתפים והמרצים. נתחיל בהערות.

ד"ר אברהם ארביב: (משרד האנרגיה והתשתית) - הנוכחות פה מעידה על התעניינות בהיבטים של השפעת התקנות לאיכות הסביבה על משק האנרגיה ועל המשק בכלל. התעניינות שלא היתה לפני כמה שנים. כל פעם שניסית להזהיר על ההשלכות שיהיו לתקנות האלה שעמדו בפתח ענו לך שכשיבואו, כשיכריחו אותנו, אנחנו נפעל. ראינו שבהרבה תחומים התעוררנו ברגע האחרון ואז זה כמעט אבסורד. למשל, עד לפני פחות משנתיים היה ויכוח אם צריך להכניס דלק נטול עופרת לכל תחנות הדלק או למספר מצומצם. בעוד מספר חודשים אי אפשר יהיה לייבא מכוניות לארץ ללא ממיר קטליטי. כאמור, המודעות מתחילה אך עדיין לא מספיק.

רציתי לספר קוריוז - שלשום הייתי במיפגש בנושא אנרגיה חקלאות, תכנית משותפת של משרד האנרגיה עם משרד החקלאות וסיפרו שם שהרבה מדינות באירופה מסרבות לקלוט פרחים שלנו שיש עליהם אפילו שאריות של חומרים רעילים. זה מפני שכאשר הצרכנים זורקים את הפרחים - הם עלולים לזהם את הסביבה. הם פשוט מסרבים לקנות את זה. איך מתגברים על זה? במקום חומרי הדברה, מאווררים את החממות בעזרת פתחי אוורור גדולים המכוסים ברשתות צפופות על הפתחים האלה. כתוצאה, החממות מתחממות מאוד וצריך הרבה אנרגיה שלא הושקעה עד עכשיו, כדי לקרר אותן. זהו נטל משמעותי, ולא צפוי, על משק האנרגיה. עוד אחת מהשפעות הדרישות בתחום תחום איכות הסביבה.

מר י. לדריינז: (בתי הזיקוק) - יהודה גת תאר מספר שיטות עתידיות להקטנת פליטה מתחנות כוח. שני רעיונות נוספים שכדאי היה לבדוק:

רעיון ראשון - אנחנו (בתי הזיקוק) כרגע בודקים, וגם הצלחנו לעניין את חברת חשמל בנושא: יש דרך לגזיפיקציה של חומרי דלק כבדים מאוד, על ידי תהליך הנקרא Partial Oxidation. כלומר, על ידי תהליך של זיקוק עמוק מאוד של הדלק ושל מוצרי הדלק. השארית שתישאר, היא בעצם אספלט כבד



מאוד, רב גפריתי כמובן, המהווה למעשה מעין סוג של מיטרד. את האספלט הזה ניתן להפוך לגז שהוא גז CO, פחממנים ומימן. את הגז הזה קל מאוד לשטוף, קל מאוד להוציא ממנו את כל הגופרית ונשתמש בגז הזה כדלק בתחנות כח. כלומר, למעשה אתה משתמש בדלק רב-גפריתי מאוד: 5% ויותר, ולכן זול. ובסופו של דבר, בתחנת הכח עצמה, שורפים דלק עם 0% גפרית. התהליך הזה מאוד יקר. אנחנו מעריכים שההשקעה בהקמת מתקן מהסוג הזה בתחנת הכח של אשדוד, למשל, עשויה להגיע ל- 500 מיליון דולר. אבל, אם משווים את זה נגד תחנות כח המצוידות בקולטנים - והעלויות והחסכון שאפשר לקבל משימוש בדלק דל-גפריתי נראה הענין הזה ככלכלי לטווח ארוך.

רעיון שני - נבדקת האפשרות להקים תחנת כח שמופעלת על ידי פצלי שמן. התכונה של פצלי שמן היא שיחד איתם יש חומרים הסופחים SO<sub>2</sub>. אם כן, למה לא לשרוף דלק כבד מאוד יחד עם פצלי שמן שהם כידוע בעלי ערך קלורי נמוך. כל זה יכול להיעשות באיזורים שהם מרוחקים מאיזורים צפופי אוכלוסיה. כלומר, אפשר להשתמש בדלק רב גפריתי, עם היתרון למשק האנרגיה בשימוש בנפט גולמי זול מאוד. וכנגד קליטה של אותו SO<sub>2</sub> בצורה בלתי מזיקה באפר של פצלי השמן.

ד"ר זן ויינר: (חברת החשמל לישראל) אני רציתי לענות ליצחק לדרפיינד. אצלנו באגף מחקר ופיתוח - בדקו את שני הרעיונות שלך: קודם כל גזיפיקציה - אנחנו יותר התמקדנו על גזיפיקציה של פחם והסיבה היא, כפי שדיברו כאן הרבה על מחזור משולב המביא לנצילות של 51% לעומת 38%, זאת אומרת, כדי לנצל מחזור משולב - אתה צריך דלק טהור. עכשיו, הדרך היא גזיפיקציה של פחם - להפוך אותו לגז, אותו אפשר לשרוף בטורבינות גז ובמחזוריים משולבים. באתר שלנו ברמת חובב השאירו מקום לתוספת למחזור משולב וגם לתוספת של מיתקן גזיפיקציה בעתיד.

לגבי פצלי שמן - אני חושב שגם חברת חשמל וגם אברהם ארביב יודו שרוב הכסף למחקר של משרד האנרגיה - מושקע היום בניצול פצלי שמן. ואנחנו יודעים יפה שהתכונה הטובה לפחות של פצלי שמן עם כושר הספיחה של גופרית, הם מאוד עשירים בגופרית, אבל יש מי שיספח את הגופרית הזאת. חברת חשמל מוציאה הרבה מאוד כסף כדי לקדם את הפרויקט הזה של פצלי שמן ובודקת טכנולוגיות שונות.

**פרופ' יורם אבנימלך:** (המשרד לאיכות הסביבה) - אני רוצה להגיד שלי אישית אין ספק שכל ה-Catalytic Converters, הדלקים הטובים ביותר וכ"ו - למרות כל האמצעים האלו, בעשור הקרוב במדינת ישראל (שהולכת להיות המדינה הצפופה ביותר בעולם), ניתקל בבעיות שאמצעי המניעה האלה לא מספיקים.

אנחנו צריכים לחשוב הרבה יותר רחוק. איך אנחנו מייעלים את התחבורה שלנו כך שמהותית - נצטרך פחות דלק. כמו כן איך אנחנו מייעלים את הבניה שלנו - כדי שמהותית נצטרך פחות חימום או קירור וכ"ו.\*

**ד"ר מיכאל גרבר:** (המשרד לאיכות הסביבה) אני שמח שפרופ' אבנימלך דיבר לפני, מכיוון שזה בדיוק הכיוון שבו אני רוצה להמשיך. הנושא של פיצלי שמן עלה עכשיו בדקה ה-90 ויש לי דעות מאוד ברורות לגביו. זה לא הזמן עכשיו, להעלות את זה ואפשר אולי לעשות יום עיון נפרד. פיצלי שמן ודאי שאינם דלק חילופי, כפי שממסד האנרגיה מגדיר אותם. הוא אולי חילופי לאיזה סוג של מזוט, אבל לא כפי ש"הירוקים" מתכוונים ל"דלק חילופי", ומה שחסר לי ביום עיון זה היא ההתייחסות לאנרגיות חילופיות במובן ה"ירוקי". זה נושא שמוסד נאמן, אם הוא מסתכל קדימה, צריך לבחון איפה מדינת ישראל משתלבת. יהודה גת ציין את המאמץ של חברת החשמל להגיע להיקף מכובד מאוד של אנרגיית רוח בישראל 100 או 200 מגה-וואט, בינתיים מדברים על 8 מגה-וואט, אבל זה יפה מאד שיש חזון של 200 מגה-וואט. מה שבאמת לא בסדר זה שלא שמענו פה בכלל היום על אנרגיה סולארית. יש הדוגמא של "אורמת" (הבריכות הסולאריות) שחבל מאוד שהיא נכשלה. זה מאמץ יפה מאוד - אבל זה מאמץ בכיוון הנכון צריך להמשיך בנסיונות כאלה. לפני מספר שנים נתנו ל"לוז" להיסגר ולדעתי זה ביזיון למדינת ישראל. היום מגדל השמש במכון וייצמן נתקל בקשיים וצריך לדאוג לו, צריך לפתח אותו ולראות איך מיישמים טכנולוגיות אלה שאיתם העולם במוקדם או במאוחר יצמצם את פליטות ה- $CO_2$  לאוויר ויחייב אותנו ללכת בכיוון כזה.

**יו"ר:** ההערה שלך באה מבחינתי בעיתוי מתאים מאחר וביקשתי לפני כן מד"ר אלדד דגן, אחד המפתחים של תחנות הכוח של לוז, שיציג את דעתו בנושא לוז והמורשת הטכנולוגית שלה. לגבי נושא האנרגיות החלפיות שעלה קודם: יום העיון שנערך היום הוא למעשה כעין המשך של יום עיון קודם שנערך

\* הערת העורך: לאחרונה יצא דו"ח מוסד ש. נאמן. עדנה שביב, יצחק קפלוטו, קיים מנחים לתכנון אקלימי-אנרגטי של מבני מגורים, אוגוסט 1992.

לפני שנתיים, שנקרא "ניצול אנרגיות חלופיות לאור המשבר במפרץ". בכנס זה, הדגש העיקרי היה על נושא האנרגיות החלופיות כך שלא היה טעם לחזור על כך.

ד"ר אלדד דגן: (מכון ויצמן למדע) - אני היום עובד במגדל השמש במכון ויצמן, וזכיתי בעבר לעבוד בפרויקט הבריכה הסולארית ולהיות שותף לפיתוח הטכנולוגיות האחרונות בחברת לוז הקשורות ביצור קיטור ישיר ובקולט פרבולי משופר שיכניס את תחנות הכוח הסולאריות אל הדור הבא.

מה ניתן להגיד על המצב של אנרגיה סולרית-טרמית היום על הרקע המיוחד של הפעילות בארץ והפעילות בעולם. לא מזמן התקיים בשדה בוקר כנס להפקת חשמל מאנרגית השמש, ושם ניתנו שתי הערכות לגבי הסיכוי לפרוייקטים מסחריים הן באירופה והן בארצות הברית. ווילפריד גראסה - מנהל האתר הסולארי באלמריה והמזכיר של ה- (IEA) International Energy Agency שישראל היום חברה בו, נתן את ההערכות שנעשות בגרמניה שלפיהן האנרגיה הסולרית - הטרמית תעבור את מחסום הכדאיות הכלכלית בעשור הראשון של שנות האלפיים. פול קלימס מסנדיה הציג את המודל שלו (שנערך בארצות הברית), שלפיו - תוספת הקנסות על זיהום או מיסי אנרגיה על הקיים תוביל לפריצת המחסום הכלכלי של אנרגיה סולרית-טרמית בארצות הברית לקראת העשור הבא. זו הסיבה שארה"ב החליטה לאשר את הפרויקט של ה- "SOLAR 2" בהשקעה אדירה (יחסית למה שנעשה בעבר) של 48 מיליון דולר. הפרויקט אמור להתחיל לפעול בשנת 96 ויהיה מבוסס על טכנולוגיה של מגדל שמש עם תהליך שמרני יחסית של Molten Salt.

במקביל, לוז, לרוע המזל - הגיעה למצב שמבחינה כלכלית, בסוף תקופת הממשל של ריגן ובוש, מחיר האנרגיה נעשה כל כך נמוך, שהיא לא הצליחה למכור את התחנה העשירית שלה, והיא פשטה את הרגל. לוז השאירה חובות של 130-140 מיליון דולר ששום מדינה (אפילו אם זה ביזיון למדינת ישראל), לא יכולה בפשטות לשאת. בינתיים, למרבית המזל, קבוצה של משקיעים פרטיים בלגיים עם חזון החליטה שהיא נכנסת לעסק והיא הצליחה לשמור בשלמות על התשתית הפיזית של לוז. הוקמה חברה חדשה שנקראת סולל - שלקחה על עצמה את כל ההתחייבויות הכספיות כלפי מדינת ישראל שהיו ללוז בזמנו - וזה אומר שאם יהיה המשך ייצור והמשך פיתוח - אז כל התגמולים, כל ההתחייבויות המשפטיות וכו' חלים על החברה החדשה.

השאלה המרכזית היא אם ניתן על סמך חזון וראיה מרחיקת לכת להצליח לשמר בעשור הנוכחי את הפוטנציאל ואת היתרון היחסי שיש לנו כדי לא לאבד את העליונות הטכנולוגית שיש לנו, לקראת העשור הבא. אני חושב שאפשרות כזאת קיימת בצורה הפשוטה ביותר: הקמת תחנה בארץ לקראת העשור הבא. בזמנו הציעה לזו להקים בארץ תחנות באיזור אילת - באתר שנקרא "גבעות צפרא" - (שנדמה לי שגם השלימה את תהליכי האישור). המצב הפנימי בארץ והדיונים עם חברת החשמל לא איפשרו את הקמת התחנה בזמנו, והעסק נשכח. היום יש אפשרות לבחון מחדש הקמת תחנות סולריות כאלה שבהם ניישם מספר לקחים ושיפורים. בין היתר למדנו שאפשר להפעיל תחנות סולריות טרמיות מהסוג של השמן המסתחרר (כמו אלה בדרום קליפורניה) ברמת אמינות מאוד גבוהה, ואפשר ליישם שיפורים נוספים - כך שהתחנות האלה לא יהיו רק העתק שיתן איזה שהוא אורך חיים לטכנולוגיה הנוכחית, אלא גם יכניס בהדרגה שיפורים מהותיים. אני חושב שזה לא המקום לתאר במלואו את הפוטנציאל לשיפורים. אבל אני מציע לדון בהם ויש בהחלט כמה רעיונות טובים.

אחד הרעיונות הוא לשלב את הטכנולוגיה של לזו עם מעגל משולב לייצור חשמל. רעיון זה עמד מאחורי המאמץ השיווקי האחרון של חברת לזו לפני הנפילה. היא ניסתה בכל כוחה למכור תחנות אלה ישירות לחברות חשמל בארצות הברית. הרעיון הוא שאפשר לשלב מרכיב סולרי בתחנת כח מסוג Combined Cycle, ששם ההשקעה הכוללת היא גדולה יחסית והמרכיב הסולרי קטן יותר. זו היתה באמת הפירצה המתאימה ברגע הנפילה ב-1991. במצב הקיים בארץ של גידול בצרכים והצורך בהרחבת התשתית אפשר לקחת סיכון מחושב ומוגבל. צריך להחליט על ההיקף הרצוי של התחנות הסולאריות. יכול להיות ששתי תחנות של 30 מגה-וואט שהקמתן תתבצע עד שנת 2000 או יותר, הוא יותר סביר מאשר הקמה של תחנה אחת של 80 מגה-וואט, למרות שהעלות לקילווייט היא יותר נמוכה בתחנה הגדולה יותר. תחנה בהספק של 80 מגה-וואט היא הסוג האחרון שנמכר בארצות הברית (בדרום קליפורניה), יש שתי תחנות כאלה: SEGS-8 ו-SEGS-9). דרך אגב, כל התחנות של לזו בארצות הברית עדיין פועלות.

בהקמת תחנות ישנו סיכון מחושב וסביר לקראת יצירת פוטנציאל שיווקי בשנות האלפיים, בנוסף לשימור העליונות הטכנולוגית. פרויקט סולארי יכול להביא תעסוקה למאות עובדים באיזור אילת. אם נדבר על הקמה של שתי תחנות של 30 מגה-וואט פרושות על 6 שנים, (נאמר שתוקם תחנה אחת ב-97, ואחת ב-2000) ובשנות האלפיים נכניס כבר טכנולוגיה חדשה - אז אנחנו מדברים על משהו כמו בין 300 ל-400 עובדים באיזור אילת. בנוסף תיווצר פעילות בהיקף של עשרות מיליוני דולרים ויועסקו כ-300

עובדים נוספים במפעלי תעשייה שייצרו את הרכיבים לתחנות האלה. במקביל אפשר לתמוך ברעיונות החדשים שהוצגו על ידי לוז, כמו למשל החלפת מעגל השמן במעגל ייצור קיטור ישיר. כרגע עומדת על הפרק השלמת מיתקן שדה בוקר לייצור קיטור. ההתקדמות איטית, אבל בסך הכל יש כוונה להשלים את המיתקן.

במקביל לירושה של לוז יש פעילות מחקרית במכון וייצמן שבו מדגימים טכנולוגיות לייצור חשמל עם ריכוזי שמש מאוד גבוהים. טכנולוגיות אלה מכילות מרכיבים משותפים לאילו של לוז.

כדאי לחשוב על האפשרות הזאת של בניית פרויקטים סולאריים בארץ. הפוטנציאל השיווקי בעתיד הוא יותר מאשר סביר - מפני שיש ענין אמיתי גם באיטליה, וגם בספרד. בספרד שתי חברות פרטיות מבצעות עכשיו בדיקות היתכנות להקמת תחנות סולריות נוסח לוז או מגדל סולארי בהיקף של 800 אלף דולר! כך שבהחלט גם בספרד רואים פוטנציאל להכנסת תחנות מהסוג של לוז בעקבות מחירי האנרגיה הצפויים. אני חושב שאנשי משרד האנרגיה ומשרד לאיכות הסביבה, צריכים להיות התומכים נלהבים לפרויקט כזה. לגבי המחיר, הניסיון של לוז בקליפורניה והן הניסיון בתמיכה באנרגיית רוח באירופה - מראים שאת עיקר הסובסידיה בשלב הזה (לפחות בעשור הנוכחי) כדאי לתת דרך מחויבות ארוכת טווח למחירי האנרגיה ולא באמצעות סיבסוד ישיר בשלב הקמת התחנה. בצורה כזו מתגמלים ישירות את הביצועים והאמינות של השדה לטווח ארוך ופחות את הקמתו החד פעמית של הפרויקט.

**מיכאל גיל:** (אורמת) - ניסיתי ב- 20 דקות לומר כמה דברים: א. שפותחה הטכנולוגיה שמאפשרת המרת חום לחשמל בטמפרטורות לא גבוהות ובאמצעותה - ניתן לנצל מקורות חום שונים. ב. שאנחנו עוסקים באלמנטים עבור תחנות כוח וחברות חשמל שיכולים להיות חדרי בקרה, מחליפי חום מקוררי אויר, מסועים וכן הלאה. ג. שפותחה יכולת להקים פרויקטים של תחנות כח קטנות. אני מתייחס לנושא של הפורום, יום עיון באכסניה אקדמית, כפי שהציגו אותו קודמי. אנחנו בתחום של ייצור חשמל בישראל וגם במקומות אחרים - אבל ניקח את הדוגמא שלנו - חמישה וחצי מיליון טון פחם - ועוד כמות דומה של נפט (לתחבורה מוטורית, תעשייה ושימושים אחרים) בכיבשן שבערך מחיפה עד אשקלון עם תחזיות של הכפלה תוך עשור, וכן הלאה. אנחנו עומדים כאן לפני כמויות גדולות מאוד של דלק פוסילי. מצד אחד יש מאמצים להקטין את הזיהום - אבל אי אפשר להתעלם מהכמות הגדולה הזו שהיא באמת נשרפת והאפשרות לצמצם אותה על ידי חסכון, על ידי מיחזור, על ידי מציאת מקורות שונים היא גורם חשוב

מאוד. וכאן יש בפירוש מה לעשות.

הנושא הזה הינוגדול מכדי שאני ארחיב בו. הייתי רוצה אולי רק לגעת בשתי נקודות: האחת - פיצלי שמן, משאב טבע המצוי בישראל והוא מעניין גם מתוך מודעות סביבתית (התרומה שיכולה להיות לפיצלי שמן בספיחה שלתחמוצות גופרית) - אבל גם מתוך הראיה והנסיון שנרכש על ידי הקמה של תחנות כח קטנות.

נקודה למחשבה: כשמסתכלים על הצמיחה התלולה הזאת בצריכת החשמל - השאלה היא האם היא לא איזו שהיא ציפיה שמגשימה את עצמה, שיש כאן איזו דינמיקה מסוימת. בונים תחנות, טובות ויעילות ככל שתייחנה במדרגות של כ- 10 שנים המדרגה, וכמיליארד ומיליארד וחצי דולר המדרגה. כשזה בנוי על צפי של צריכה, ומרגע שהתחנה הוקמה - חשוב מאוד שהיא אכן תעבוד ותנוצל, ולא שהיא תהיה השקעה שלא באה לידי ביטוי. השאלה היא האם בעצם השימוש בתחנות גדולות מאוד אין איזה שהוא עידוד עקיף להגדלת הצריכה? לא יזום, אבל בדיעבד. אנחנו בכל זאת עובדים עם חברות חשמל בעולם גם קטנות וגם גדולות, והעובדה היא שיש חברות חשמל גדולות שיש להן בהחלט ענין בעבודה גם עם תחנות כח קטנות בתוך כל המערכות האלה.

**ד"ר אברהם ארביב:** לנושא אנרגיה חלופית, אסור בתכלית האיסור לעורר תקוות שוא. כי האכזבה אחר כך תהיה בעוכרינו. כשאתה מתייחס למשק אנרגיה שמספק 6000 מגה-וואט חשמל ועוד כמה מיליוני טון נפט לצרכים שונים - ואתה מעמיד את אנרגית השמש כמקור חילופי לכל אלה, אתה עלול להיראות תימהוני. זה לא בר-השוואה. אנרגית שמש היום לא יכולה לתת את אותם הביצועים. היא יכולה לתת אותם אם המשק יהיה מוכן לשלם יותר, הרבה יותר. יכול להיות שכדאי לשלם, ואני חושב שכן, אבל עד עכשיו לא הצלחנו לשכנע בכך, והנימוק העיקרי הוא שאנחנו לא יכולים להיות בין הבודדים בתחום, כי זה יקלקל את התחרותיות שלנו. יש יתרונות לאנרגיה חלופית בהיבטים של איכות הסביבה, ביטחון אספקה (של משאב האנרגיה), תעסוקה מקומית וכו'. אבל כולנו צריכים לדעת שנצטרך לשלם פי שניים או פי שלושה לאנרגיה.

ואם כך, לפני אנרגית השמש, יש תחומים הרבה יותר כדאיים מבחינה כלכלית שעדיין לא ממוצים כמו למשל שימור אנרגיה ובניה ביו-אקלימית. אלה דברים שאפשר לעשות אותם היום בעלות כלכלית סבירת. בניה ביו-אקלימית, למשל, יכולה לחסוך חצי מתקציב החימום והקירור ועולה כ- 5-10% יותר.

אבל יש פה כשל שוק מובהק כי הקבלנים מעוניינים לבנות בתים זולים יותר בלי להתחשב בכמה שהצרכן יצטרך לשלם על מנת לתחזק אותו מבחינה תרמית. אנחנו צריכים לדעת שהמחסום לשימוש באנרגיות חליפיות הינו בעיקר כלכלי. צריך לפעול כדי שנשלם עבור האנרגיה את עלותה האמיתית, ופה צריך שיתוף פעולה בין משרד האנרגיה והמשרד לאיכות הסביבה.

**ד"ר מיכאל גרבר:** מה שאני אומר זה שבמסגרת 6000 המגה-וואט של טורבינות גז אתה יכול בקלות לתכנן 100 מגה-וואט של אנרגיה סולרית. זה מה שאני אומר! אני לא אמרתי להחליף 6000 מגה-וואט במוזוט עם- 6000 מגה-וואט סולרי. אבל להקים תחנת כוח סולרית אחת של לוז של 100 מגה-וואט, זה מדינת ישראל כן היתה יכולה לעשות.

**יהודה גת:** (חברת החשמל) - אני מבקש כאן להקרין שני שקפים שאני חושב שיעניינו את הקהל כאן על המצב בעולם לשנת 2005 בנוגע ל"אנרגיה נקיה". נתונים אלה פורסמו ע"י סוכנות האנרגיה הבינלאומית במסגרת ה-OECD, ארגון עולמי לשתוף פעולה כלכלי ופיתוח של ארצות מערב אירופה, ארה"ב, קנדה ויפן.

**השקף הראשון** מציג את שקרוי "אנרגיה מתחדשת" מסוגים שונים בארצות הני"ל בשנת 1989. סה"כ ייצור החשמל מאנרגיה מתחדשת כולל אנרגיה נקיה מגיעה ל- 16,700 מגווי"ט בקירוב. ייצור חשמל מאנרגיה נקיה יחסית מועט. היכולת המותקנת בארצות הברית של תחנות הכוח הסולריות מגיעה ל-295 מגווי"ט. ויש עוד מגווי"ט אחד מותקן בספרד ובשאר הארצות אין בכלל. אנרגית רוח היא יותר נפוצה - היכולת המותקנת בעולם מגיעה ל- 1770 מגווי"ט מתוכם 1400 בארה"ב.

**השקף השני** מציג את התפלגות יכולת הייצור לפי סוגי האנרגיה במדינות ה-OECD בשנת 1990 בפועל ובשנת 2005 ע"פ תחזית. לגבי התחזית, הגרף מציג שלושה תרחישים: תחזית סבירה, אופטימית ופסימית בשתי הקצוות. ניתן לראות כי ייצור החשמל מאנרגיה מתחדשת כולל אנרגיה נקיה מכל הסוגים, יהיה ב- 2005 עדיין חלק ובלתי משמעותי מסך כל ייצור של חשמל בעולם.



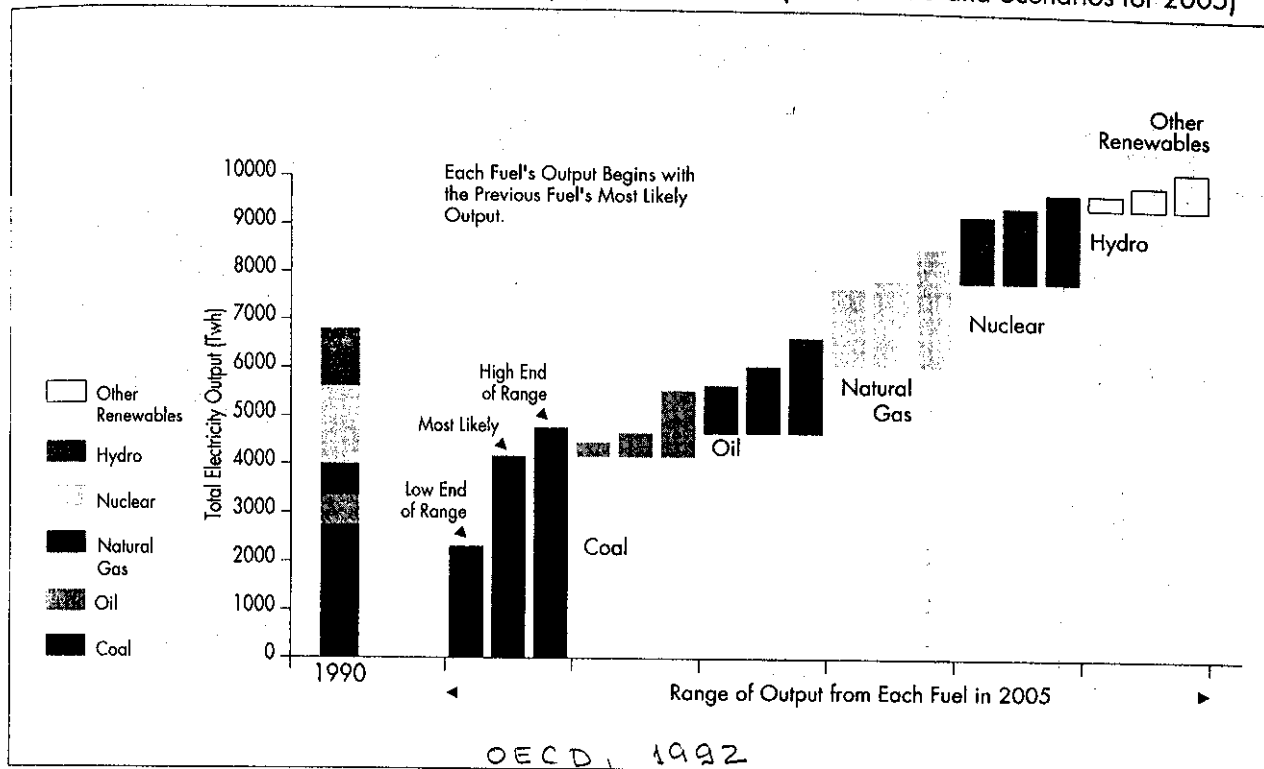
**Table 1** Estimates of Renewable-Based Generating Capacity (Utility and Non-Utility, MW) in OECD Countries, end-1989

Country	Biomass (Agri-culture or forest residue)	Municipal & Industrial Waste	Land-fill Gas	Gas from Sewage or Animal Manure	Geo-thermal Energy	Solar Photo-voltaic	Solar Thermal Electric	Tidal Energy	Wave Energy	Wind Energy	Total
Australia [a]	650	-	13	-	-	-	0	-	-	1	663
Austria	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	0
Belgium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5
Canada	774	11	-	0.1	-	0.0	-	18	-	8	810
Denmark	5	-	-	0.5	-	-	-	-	-	263	269
Finland [b]	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	0
France	-	-	-	-	4	-	-	240	-	0	244
Germany (eastern)	-	-	-	-	22	-	-	-	-	2	24
Germany (western)	-	194	9	-	2	0.3	-	-	-	19	222
Greece	-	-	-	-	2	0.3	-	-	-	1	3
Iceland	-	-	-	-	41	-	-	-	-	-	41
Ireland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Italy	1	-	-	-	521	0.4	-	-	-	2	524
Japan	-	-	-	-	215	2.0	-	-	-	2	219
Luxembourg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0
Netherlands	-	164	-	-	-	-	-	-	-	40	204
New Zealand	-	-	-	8.0	269	-	-	-	-	-	277
Norway	40	11	1	-	-	1.5	-	-	0.4	1	54
Portugal	201	-	-	0.4	3	0.4	-	-	-	1	206
Spain	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4	5
Sweden	260	60	-	0.3	-	-	-	-	-	9	329
Switzerland	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	25
Turkey	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	21
United Kingdom	-	-	22	-	-	0.0	-	-	-	7	29
United States	7020	1420	208	0.8	2212	11.2	295	-	-	1407	12574
<b>Total OECD</b>	<b>8950</b>	<b>1885</b>	<b>253</b>	<b>10</b>	<b>3310</b>	<b>16</b>	<b>296</b>	<b>258</b>	<b>0</b>	<b>1771</b>	<b>16749</b>

[a] Capacity of biomass-fired plants is estimated from statistics on annual consumption in industry  
 [b] Finland has reported 1017 MW of electric generating capacity based on waste fuels, including mostly wood-based liquid and solid materials used by the forestry industry in CHP plants.  
**Source :** IEA estimates.

Figure 9

Electricity Generation by Fuel in the OECD (Actual 1990 and Scenarios for 2005)



ד"ר יגאל פורת: (חברת החשמל) - אני מנהל אגף מו"פ של חברת החשמל. באתי ליום העיון כשומע חופשי, אך בעקבות דבריו של מיכאל גיל מאורמת לפיהם: מכיוון שחברת החשמל בונה תחנות כח לכן יש ביקוש לחשמל... אני רוצה להתייחס לנושא זה. אנחנו בחברת חשמל, כולל אנשי מחלקת הסטטיסטיקה שלנו, חשבנו עד היום שבונים תחנות כוח על מנת לענות על הגידול בביקוש הנובע מהגידול בצריכה הביתית בעיקר, רמת החיים העולה, תוספת של חצי מיליון עולים, הגידול בצריכה בסקטור הערבי, ואני יכול למנות גורמים נוספים. לבוא ולומר שחברת החשמל בונה תחנות כוח וכתוצאה עולה הביקוש זה אבסורד! בשנים האחרונות עלה הביקוש באופן דרסטי (שיא הביקוש הוכפל בשבע השנים האחרונות והגיע ל- 5100 מגה-וואט!) הקמת יחידות ייצור פחמיות יעילות בהספק של 550 מגה-וואט הינה תשובה טובה למצב זה.

לגבי אמצעי ייצור המבוססים על מקורות מתחדשים (כמו רוח ושמש). אני רוצה לציין שאנחנו משקיעים הרבה מאוד מאמצים וכסף במחקר וכן מנסים לשלבם במערכת החשמל. בזמנו בדקנו את הכלכליות של שילוב של לוז במערכת החשמל אך לצערנו זה לא היה כדאי. חברת חשמל כחברה עיסקית לא יכולה להרשות לעצמה להשקיע באמצעי ייצור כאלה מאחר ותפקידה הוא לספק חשמל אמין וזול ככל האפשר

לצרכניה. אם בעתיד תחנה כח כזאת תזול ע"י פיתוח של המרה ישירה לקיטור והוזלת מרכיבים אחרים שלה נבחן שוב את האפשרות לשלבה במערך תחנות הכוח שלנו. כללית, ברגע שיקבעו הבונוסים שיש לתת לאנרגיה נקיה ובפרט אם יוחמרו הקריטריונים לגבי איכות הסביבה, תגדל הכדאיות לשילוב אמצעי הייצור המבוססים על מקורות מתחדשים (כמו שמש, רוח ומים) למערכת החשמל.

ד"ר זן ויגר: אני רציתי להזכיר שני נושאים שלא דיברו עליהם: קודם כל נושא בעל פוטנציאל עצום: ניהול עומס צרכני. זאת אומרת, ניהול עומס במשק הביתי. זה משלים את מה שפרופ' מגיר אמר. אני אתן לכם דוגמא: מחיר חשמל שולי של חברת החשמל של קליפורניה, אותו קו רוחב כמו שלנו, חברת P.G. & E בלילה המחיר הינו 2 סנט לקילווי"ט-שעה, בשיא - 16 סנט לקילווי"ט-שעה. זאת אומרת שהמחיר מבטא גם עלויות דלק שוליות וגם הון. עכשיו, אין שום סיבה שאדם בשבע בערב יפעיל את מכונת הכביסה שלו, הוא יכול להפעיל אפילו באמצעים רובוטיים או אוטומטיים בשתיים בלילה את מכונת הכביסה ואז יעלה לו פחות. אבל, אם היה תמריץ לצרכן לצרוך את זה בלילה - ועל ידי כך יחסוך כסף - הוא היה עושה את זה. עכשיו, מהי הדרך? טכנולוגיה שמתפתחת במהירות אדירה עכשיו - זו הטכנולוגיה של הסיבים האלקטרו-אופטיים. וכמו שהכבלים התפשטו במהירות שיא - הכבלים הקונבנציונאליים, הכבלים של הסיבים האופטיים יבואו במקומם עם 500 ערוצים לכל צרכן. ואזי אפשר בזמן אמיתי לקבל קריאה. האדם יוכל לקבל מידע בזמן אמיתי על מחיר החשמל ויוכל להחליט מתי להתחבר לרשת החשמל במכשירים שאיתם הוא יכול לדחות את הפעולה שלהם. זו דרך אחת.

נושא שני - דיברו על אנרגיית השמש - כל הטכנולוגיות שדיברו עליהם - גם לזו וגם מגדל השמש הן טכנולוגיות שמש מרוכזות. זאת אומרת, שוב פעם יש תחנת כח מרכזית שמספקת חשמל. טכנולוגיה טובה זו טכנולוגיה שכל שרברב יכול להתקין אותה. וכמו שדודי שמש תרמיים היום זה טכנולוגיה טובה, כי היא אמינה, וכל אחד יכול להתקין אותה. כך מתפשטות במהירות הטכנולוגיות הפוטו-וולטאיות, שהן גם מבוזרות וגם המחיר שלהן הולך ויורד. עכשיו, חברת החשמל, מעבר להשתתפות שלנו בפרויקט מגדל השמש של מכון ויצמן, גם מה שיגאל פורת אמר - כל זמן שליוונו את לזו - אנחנו עכשיו פועלים בצורה די אינטנסיבית להקמת מיתקני הדגמה פוטו-וולטאיים. אנחנו שותפים במיתקן בשדה בוקר וגם עכשיו אנחנו הולכים להתקין במיצפה עדי בגליל בית סולארי שבו נבדוק את האינטראקציה בין אנרגיית שמש - ובין רשת חשמל. אנחנו לא מדברים על בית בודד מבודד - אלא אינטראקציה עם הרשת כך שבשעות שאנשים הולכים לעבודה, למשל, אותו בית יכול לשלוח אנרגיה לרשת ודוקא בערב כשאין שמש - הוא

יכול לקבל, ואנחנו נבדוק את כל האופייניים הנובעים מהדבר הזה.

**צבי פורר:** (היחידה לאיכות הסביבה של איגוד ערים חיפה) - בעבר התהליך היה שאנחנו דרשנו דרישות מהמפעלים, המפעלים היו פונים לעזרה למשרד האנרגיה ולשר האנרגיה, היתה מוקמת ועדה והיינו מגיעים לאיזה פשרה. מה שאני שמעתי ממר לדרפינד, אני חושב שכך צריך להיות. מומחי המפעלים צריכים להסתכל קדימה. מה יהיו התקנים בעולם, למה צריך להתכונן. אנחנו (איכות הסביבה) והם (המפעלים) באותו צד של המיתרס. זאת אומרת שהיום בעולם המערבי - המשרד לאיכות הסביבה הוא חלק מצוות משרדי הממשלה וכולם רואים את עצמם אחראים לאיכות הסביבה. נושא איכות הסביבה הוא לא רק של המשרד לאיכות הסביבה. כל המשרדים כל אחד בחלקו - אחראי על איכות הסביבה והמשרד לאיכות הסביבה הוא רק המוביל בין כל הצוותים האלה. ככה אני רואה את שיתוף הפעולה. אני מצפה שמפעלים יבואו עם הרעיונות ובשיתוף איתנו נגיע לפתרונות. אני חושב שמה שאיזיק לדרפינד אמר - זאת רק ההתחלה.

**מיכאל גיל:** אני חייב מילה להערה של יגאל פורת. היה ברור לי שבפורום הזה כולם יודעים מדוע צריכת החשמל עולה: בגלל כל הדברים האלה של קליטה, ועליה ברמת חיים וכן הלאה. כל מה שאמרתי היה בחלק הצנוע מאוד שיש לאנרגיות חליפיות ליד התחנות הגדולות והעיקריות. אני חושב שבפורום של כנס כל אחד גם יכול להביע דיעה וגם לתת מקום למחשבה, ולא רק שהוא מוכר את מרכולתו.

**יו"ר:** תודה על השתתפותכם.

חברת זו כוללת את ההרצאות והרב-שיח של יום העיון בנושא:  
**היערכות משק האנרגיה בישראל לשיפור איכות הסביבה,**  
שנערך על ידי מוסד שמואל נאמן שבטכניון בשיתוף משרד  
האנרגיה והתשתית, המשרד לאיכות הסביבה ובתי הזיקוק לנפט.

יום העיון כלל שני מושבי הרצאות. במושב הבוקר, פרופ' מורדכי  
שכטר הציג את ההיבטים הכלכליים של מניעת הזיהום,  
ד"ר מיכאל גרבר סקר אמנות בינלאומיות בתחום איכות האוויר  
וד"ר יובל כהן סקר אמנות דומות בתחום מניעת זיהום הים.  
ד"ר אילה תמרי הציגה היערכות משרד האנרגיה ליישום הסכמי  
אמנה ימיים בתחום איכות הסביבה.

במושב אחר הצהריים, מר יהודה גת הציג את תוכניות חברת  
החשמל לשמירת איכות הסביבה בשנות האלפיים, מר מיכאל גיל  
התייחס להיבטים הסביבתיים של תחנות כוח מודולריות,  
מר יצחק לדרפיינד סקר את השפעת התקנות החדשות של מוצרי  
הדלק, פרופ' יורם זבירין וד"ר מרציל גוטמן הציגו במשותף שיטה  
לשיפור ביצועי מנועים לחסכון בדלק ולהפחתת הזיהום ומר משה  
צמחוני סקר שיטות למניעת דליפה וזיהום מתחנות דלק.

יום העיון הסתיים ברב-שיח בהנחיית ד"ר יוסי אראל.



תמונת השער באדיבות משרד הדובר חברת החשמל.

