

חוות דעת מומחה

היבטי זיהום האוויר מאסדת הפרדת הגז של מאגר לויתן

הקדמה: הוויכוח הציבורי סביב אסדת הגז של מאגר לויתן, המתוכננת להיבנות כ- 10 ק"מ מערבית לחוף דור, מתקיים כבר חודשים רבים, ותפס תאוצה וכותרות רבות בשבועות האחרונים. בוויכוח זה נשמעים טיעונים רבים ושונים בתחומים שונים לרבות טיעונים הנוגעים למדיניות האנרגיה של ישראל, למשק הגז, להנדסה, לכלכלה ולביטחון, טיעונים הנוגעים להערכה ולניהול של סיכונים, וכמובן טיעונים הנוגעים לאיכות הסביבה ולבריאות הציבור. טיעונים אלה נשמעים על ידי בעלי עניין שונים, ובהם תושבים ועמותות מהאזור שמול האסדה המתוכננת, פוליטיקאים, עובדי ציבור ממשרדי הממשלה, חברות הגז, ארגונים ועמותות סביבתיות, אנשי אקדמיה, ועוד. כך, הפך הדיון הציבורי לסבוך ומורכב, באופן שמקשה על הבנת האמת, מתן הפרשנות וקבלת ההחלטות (של כל אחד מבעלי העניין) באופן שקול ואחראי.

בשבועות האחרונים מקיימים הח"מ וחבריו בארגון אט"ד בדיקה מקצועית נוספת בהיבטים הסביבתיים של זיהום האוויר הנוגעים לאסדת הגז המתוכננת. בחינה זו, ושיקולים מקצועיים נוספים, יחד עם מרחק הזמן מההחלטה המנהלית שקבעה את מיקום האסדה, הביאו את הארגון להחלטה שהוא אינו מוצא לנכון להיות שותף במאבק להרחקת האסדה המתוכננת מהמיקום שנקבע. חוות הדעת תתמקד בהיבטים המקצועיים של זיהום האוויר הצפוי מהאסדה המתוכננת. פרט לידע מקצועי קודם, ניסיון ומומחיות בתחום האוויר כללה בדיקת נושאי איכות האוויר של העניין הנדון קריאת חומרים מקצועיים, שמיעת הרצאות, פגישות עם מומחים מהאקדמיה, פגישות עם מומחי המשרד להגנת הסביבה, פגישות עם נציגי התושבים המובילים את המאבק, פגישות עם אנשים ויועצים מחברת נובל אנרג'י ושותפיות הגז, ועוד. למיטב ידיעתי אין טענה כלשהי הנוגעת לענייני זיהום האוויר במאבק ספציפי זה שלא שמענו או בדקנו. יש לציין למען הגילוי הנאות כי את כל האנשים שיזכרו בחו"ד זו בהקשרי איכות האוויר אני מכיר שנים רבות, ואת חלקם הגדול אני אף מחשיב לידידים אישיים. מר אבי מושל שכתב את המסמך הסביבתי עבור חברת נובל אנרג'י, דר' לבנה קורדובה, דר' צור גלין וגב' רעות רבי מהמשרד להגנת הסביבה, פרופ' אורי דיין מהאוניברסיטה העברית, פרופ' דוד ברודאי מהטכניון, ואולי גם אנשים נוספים. בכולם נתקלתי בצמתים מקצועיים ואישיים שונים. עם חלקם למדתי, עם חלקם ביצעתי פרויקטים שונים בעבר, עם חלקם דיברתי והתייעצתי בנושאים שונים, וכדומה. יש לציין כי בכל מקרה של ויכוח עם מי מהם שיעלה בחו"ד זו, הוויכוח הינו מקצועי וענייני בלבד. את כולם אני מעריך הן כאנשי מקצוע מהמעלה הראשונה והן כאנשים ישרי דרך שטובת האמת וטובת הציבור עומדת בראש מעיניהם.

לסיום הקדמה זו אציין כי אדם טבע ודין אינה הרגולטור ואינה קובעת מיקום של אסדות. לכן, החלופה היחידה שעמדה בפני הארגון היא להחליט האם להשתתף במאבק או לא. חוות הדעת תהיה מורכבת משלושה פרקים. הפרק הראשון יעסוק בחיזוי זיהום האוויר הצפוי מהאסדה. הפרק השני יעסוק בטיעונים נוספים הקשורים לזיהום האוויר ובהתייחסות מקצועית אליהם. בפרק השלישי אביא תובנות, מסקנות והמלצות. לאחר שלושת הפרקים יתווסף נספח קצר ביותר המעלה שלוש נקודות נוספות שיש להזכיר בענייני מדיניות וסיכונים בהקשר הציבורי, אך הן אינן עוסקות במישרין בנושא זיהום האוויר בלבד, ועל כן אינן משולבות בפרקים הקודמים.

פרק א: חיזוי זיהום האוויר הצפוי מאסדת לויתן

א:1 סקירת מודלים לחיזוי זיהום האוויר

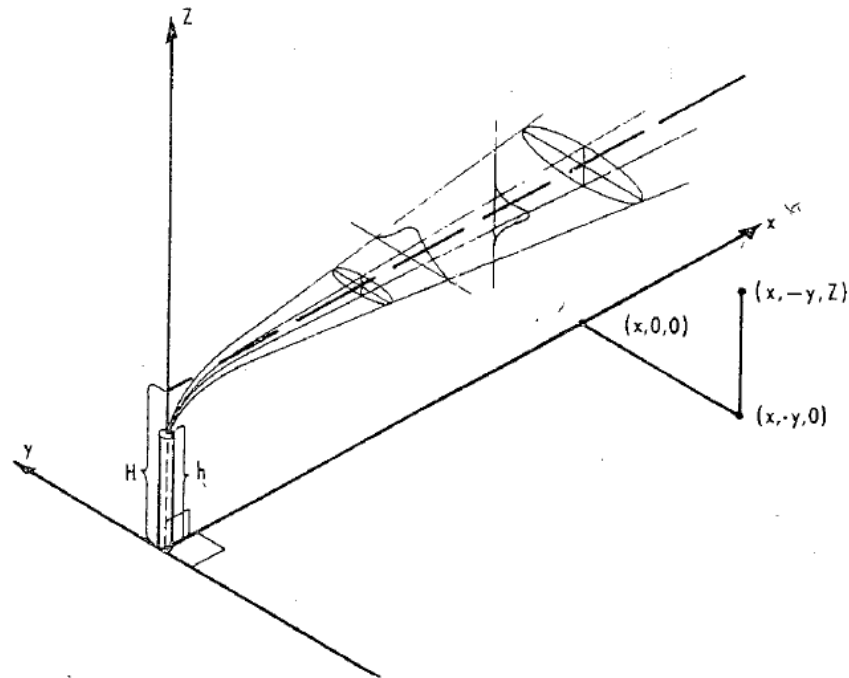
ישנם חומרים כימיים רבים המזהמים את האוויר שאת ריכוזיהם ניתן למדוד בזמנים שונים ובנקודות שונות במרחב במגוון של שיטות ומכשירים. ברור, כמובן, שמזמהמי אוויר שטרם נפלטו ממקור פליטה עתידי ומארובות שטרם הוקמו אי אפשר למדוד כעת. כדי להתייחס לזיהום האוויר העתידי ולהחליט החלטות מדיניות הנוגעות אליו יש צורך להעריך, לחשב או לחזות אותו. כאן עומדים בפנינו מודלים אשר עושים שימוש במיטב הידע המדעי הקיים בתחום.

מודל לחיזוי זיהום אוויר הוא נוסחה או מערכת נוסחאות שנגזרת מהתיאוריה המדעית, העוסקת ביצירת הזיהום ובפיזורו במרחב ובזמן בתנאים כימיים ופיזיקליים שונים המתרחשים באטמוספירה. המודל הוא הפשטה המאפשרת חיזוי ברמות דיוק שונות גם בהיעדר הבנה מדעית מלאה בכל אחד מהגורמים המשפיעים על התהליכים המורכבים באטמוספירה, בהיעדר מידע מלא ומדויק של התנאים בסביבה שישמש כקלט התחלתי ובמגבלות מתמטיות וחישוביות שונות. מאז התפתחות המחשבים מיושמים מודלים בתוכנות מחשב, שיתרון הגדול הוא היכולת לבצע במהירות סדרות ארוכות של חישובים, ובכך אפשרו שכלול של השימוש במודלים. בשל מורכבות הדברים פותחו מודלים רבים ושונים הנבדלים בשיטות החישוב, בהנחות היסוד, במידת הפירוט או ההפשטה של הנוסחאות והחישובים, וכדומה. אלו יצרו משפחות של מודלים בעלות התאמה משתנה לתנאים ולמצבים שונים. כמובן שלכל מודל יש גם מגבלות.

אתייחס כעת לשני מודלים שבהם נעשה שימוש במקרה האסדה. בסעיף זה ההסבר יהיה כללי, ובסעיפים הבאים אתייחס לאופן השימוש במודלים במקרה האסדה ובתוצאות. המודל הפשוט והשימושי ביותר המיושם במרבית המקרים הוא מודל הפיזור הגאומטרי. נוסחת היסוד שלו היא:

$$C = \frac{Q}{u\sigma_z\sigma_y 2\pi} e^{-y^2/2\sigma_y^2} [e^{-(z_r-H_e)^2/2\sigma_z^2} + e^{-(z_r+H_e)^2/2\sigma_z^2}]$$

באיור הבא ניתן לראות תימרת זיהום המתפזרת מהארובה, ודרכה להבין את הנחות היסוד של המודל:



תימרת זיהום יוצאת מארובה שנמצאת בראשית הצירים. גובה הארובה הוא h , והתימרה מתחילה להתפזר מגובה אפקטיבי H , הכולל גם עליו טרמי שיש לתימרה (בשל טמפרטורת גזי הפליטה) ועליו מכני (בשל קצב פליטת הגזים מהארובה). אלו מחושבים בנוסחה נפרדת. קצב הפליטה של המזהם הוא Q גרם בשניה. עתה מתחילה התימרה לנוע במרחב. המודל מחשב את הריכוז C שיתקבל בנקודה כלשהיא במרחב (בקואורדינטות (x, y, z)). התימרה נעה בכיוון הרוח (המוגדר כציר x) ובמהירות הרוח u , והיא מתחילה להתפזר בכיוון האופקי הניצב (ציר y) ובכיוון האנכי (ציר z) בדיפוזיה, היוצרת פיזור של ריכוזים סביב ציר התימרה בהתפלגות נורמלית (גאוסית). מידת הפיזור של התימרה סביב צירה תלויה במצב היציבות האטמוספרי הקובע את מידת הערבוליות של האטמוספירה. אלו נקבעים בנוסחאות נפרדות או באמצעות גרפים, והם תלויים במהירות הרוח, במידת קרינת השמש, בכיסוי העננים, במפל הטמפרטורות באטמוספירה, ועוד. מידת הפיזור תלויה גם בתכנית השטח (לדוגמה, אזור עירוני או כפרי), ובמרחק מנקודת השחרור.

יש לשים לב כי בנוסחה הבסיסית לא מופיע גורם הזמן, והוא מניח שיווי משקל. אם שחרור המזהם יעשה כל הזמן באותו קצב, ומהירות הרוח ומצב היציבות יישארו ללא שינוי, הרי בכל נקודה במרחב הריכוז שיתקבל יהיה קבוע לאורך הזמן. כמובן שבעידן המחשב ניתן להתחשב בשינויים בתנאים המטאורולוגיים גם במודל זה. באמצעות קלט מתחנות מטאורולוגיות ברזולוציית זמן נבחרת (בדרך כלל כל שעה), מבצע המחשב חישובים עוקבים, ובכך מבצע תיקון להשתנות בזמן גם בלי לפתור משוואות מטאורולוגיות התלויות בזמן. בכל עת שבה מתבסס המודל על מטאורולוגיה מסוימת מניח המודל כי היא אחידה בכל המרחב.

מודל זה אינו מחשב את השפעת הטופוגרפיה על הרוח (הרים וגאיות יכולים להסיט את הרוח ולשנות את כיוונה ועוצמתה), אך הוא מתחשב התחשבות בסיסית בטופוגרפיה באמצעות התחשבות במידת הקרבה לציר התימרה של נקודות שבהם אנו רוצים לחשב את הריכוז המתקבל.

זהו המודל הבסיסי והשימושי ביותר שקיים. המודל הוא פשוט להבנה ולהפעלה, הקלט המטאורולוגי והטופוגרפי שלו בדרך כלל פשוטים וזמינים, וקיימות תוכנות רבות המתבססות עליו אשר בנויות עם ממשק נוח. מספר החישובים ומורכבותם נמוכים, ועל כן ניתן להריצו בתרחישים רבים במחשב אישי בהרצות קצרות. תוצאות המודל בדרך כלל טובות, והוא נחשב למודל שמרני, כלומר מודל שחוזה בדרך כלל ריכוזים גבוהים יותר מהריכוזים האמיתיים, ועל כן יש לו שימוש רגולטורי נרחב. כמובן שגם למודל זה יש מגבלות. הדיוק בתוצאות המודל יורד בטופוגרפיה מורכבת, במצבים מטאורולוגיים בלתי יציבים ובטווחים מאד ארוכים.

מודל ה AERMOD הוא מודל מסוג זה. המודל מאושר לשימוש ע"י ה - EPA האמריקאי והמשרד להגנת הסביבה הישראלי, והוא משמש כמודל רגולטורי עיקרי במרבית תסקירי ההשפעה על הסביבה המבוצעים בארץ. גם במקרים בהם המודל מדויק פחות (לדוגמה באזור הררי) ניתן לפצות על כך באופן חלקי על ידי החלטות מדיניות שלוקחות בחשבון שולי ביטחון. תוצאות של מודל הינן כלי עזר לקבלת ההחלטות, המצריכות תמיד שיקול דעת אנושי. כמו כן ניתן לבצע בהרצות של מודל תרחישים שונים ולבדוק את רגישות המודל לשינויים בתנאי הקלט. אחד המשתנים החשובים ביותר בהרצה הוא קצב הפליטה של המזהם, וגם במקרה האסדה יש ויכוח גדול עליו, שאליו אתייחס בהמשך. יש לציין כי בהרצות שבוצעו במקרה האסדה היה מרבית תחום ההרצה (domain) בים (בין האסדה המתוכננת לחוף), שבו טמפרטורת פני השטח (של המים) אחידה, אין כל תכסית טופוגרפית, וגם כל שאר התנאים המטאורולוגיים דומים למדי, כך שגם מעל הים השימוש במודל זה סביר, וברמת דיוק מקובלת. בעת הכניסה של התמרה ליבשה משתנים התנאים המטאורולוגיים וייתכן כי יש מקום לקחת זאת בחשבון.

המודל השני הוא מודל דינמי בשם CULPUFF. על אף שמשוואות הפיזור הבסיסיות הן כמובן דומות למודל ה AERMOD (מדובר כמובן בבסיס מדעי זהה), המודל עוקב אחר התפתחות הפיזור של תימרת הזיהום כאשר היא נעה במרחב בנקודות שבהן המטאורולוגיה משתנה עם הזמן. באופן זה יכול המודל להתאים במקרים שבהם חלות תופעות מטאורולוגיות המשתנות במרחב ובזמן גם בטווחים קצרים, כגון בגבול בין ים ויבשה. תופעות ואפקטים כגון בריזת ים-יבשה, אפקט downwash (ירידת התימרה לקרקע במעבר מעל היבשה עקב השינוי בטמפרטורת פני השטח במעבר מהים ליבשה), אפקטים של פני שטח, רסירקולציה, ועוד. בעוד מודל ה AERMOD מקבל מטאורולוגיה נתונה וממנה מתחיל לחשב ולדמות את הפיזור,

הרי מודל ה CULPUFF קולט את המטאורולוגיה הנתונה (כנקודת ההתחלה לחישוב), והוא מתבסס עליה לצורך ביצוע תחשיבים מטאורולוגיים נוספים. רק לאחר מכן מבצע המודל את תחשיבי הפיזור העוקבים. חשוב לציין כי התחשיבים המטאורולוגיים המקדימים במודל זה יכולים להיעשות במספר צורות, בעלות רמת מורכבות ורמת דיוק שונה. דרך אחת, הנחשבת פחות מדויקת, מחשבת את שדה הרוח (כלומר כיוון ומהירות הרוח בכל הנקודות במרחב בשריג תחום ההרצה) באופן דיאגנוסטי ומתמטי באמצעות אנליזה אובייקטיבית. פירוש הדבר הוא כי מתוך נקודה או מספר נקודות במרחב שעבורם יש נתונים מטאורולוגיים מחושבת המטאורולוגיה בכל המרחב כהערכה מתמטית הכוללת אינטרפולציה בין נקודות שונות. זוהי שיטה מתמטית שאינה פותרת באופן דינמי את המשוואות התלויות בזמן המתארות את ההתנהגות הפיזיקלית של כל הגורמים המטאורולוגיים באטמוספירה. דרך שניה, מדויקת בהרבה, היא שימוש מקדים במודל מטאורולוגי פרוגנוסטי ודינמי, אשר פותר באופן מלא בכל נקודה במרחב את כל המשוואות האטמוספיריות התלויות בזמן, כדוגמת מודל בשם MM5. אם הסימולציה מדמה משך זמן ארוך, הרי תוצאות החישוב הולכות ומתרחקות מהערך האמיתי. לפיכך, במודל ה-MM5 ישנה שיטה בשם data assimilation, כלומר הטמעת מידע. נתונים מטאורולוגיים אמיתיים מוזנים עבור נקודות זמן קבועות, והמודל מאלץ את החישובים להשתוות לנתונים המדודים בכל פרק זמן נתון, ולהמשיך הלאה מאותה נקודה. באופן זה מושג דיוק מקסימלי עבור השדות המטאורולוגיים במרחב ובזמן.

גם מודל ה- CULPUFF הינו מודל רגולטורי מאושר, והוא מומלץ במקרים שבהם נדרשת הערכת זיהום האוויר הנגרם ממתקנים המצויים בים, כדוגמת אסדות.

א2: הרצת המודל שהוגשה על ידי חברת נובל אנרג'י

הערכה של זיהום האוויר הצפוי מאסדת לווייתן בוצעה במסגרת תנ"ס ימי #1 מהדורה A, מיום 4 בדצמבר 2016, שהוגשה על ידי חברת נובל אנרג'י. מזהמי האוויר שנבדקו במודל ה-AERMOD היו תחמוצות חנקן (NO_x), גופרית דו חמצנית (SO_2), וכלל חלקיקים נשימים (TSP). מהתכנית ההנדסית של האסדה נספרו מרכיבי הציוד אשר פולטים מזהמים אלו כגון מערכות חימום, מדחסים וגנרטורים. עבור כל מרכיב ציוד הוערך קצב הפליטה ממנו של מזהמי האוויר הנ"ל בהסתמך על מדריך מקדמי הפליטה של ה-EPA האמריקאי: AP-42: Compilation of Air Emissions Factors. כלל הפליטות סוכמו, והתקבל קצב הפליטה הכולל עבור כל מזהם ביחידות של גרם לשניה (הדרושות למודל). הפליטות הוזנו למודל ה-AERMOD, אשר הורץ על מנת לדמות את זיהום האוויר המתקבל בתחום שבין האסדה לחוף, ברשת של סה"כ 1,792 נקודות (קולטנים) במרווחים של 100 או 500 מטרים. נתוני המטאורולוגיה נלקחו ממדידות של 5 שנים (מ- 01/01/2011 עד 31/12/2015) מהתחנה

המטאורולוגית בנמל חדרה. פרט לפליטות בשגרה נבדקו גם ארבעה תרחישים של פליטה בלתי שגריתית: התנעה והדממה, עבודה בהספק נמוך מ- 50% (מערכות הפחתת הפליטות לא עובדות באופן מיטבי במצב זה), הפעלת מחממים בסולר (טרם הגעת גז לאסדה) והפעלת הלפיד בעת צורך בריקון הצנרת.

תוצאות המודל הראו כי ריכוזי ה- NO_x המרביים הצפויים לחוף (מחישוב הפליטות מהאסדה לבדה) מגיעים לכ- 1.2% ו- 0.2% מערכי הסביבה החצי שעתית והיממתי, בהתאמה. ריכוזי החנקן הדו חמצני (NO_2) המרביים בחוף מגיעים לכ- 4.6% ו- 0.15% מערכי הסביבה השעתית והשנתית, בהתאמה. ריכוזי הגופרית הדו חמצנית (SO_2) המרביים בחוף מגיעים לכ- 0.2% מהערך השעתי, 0.2% מהערך היממתי ו- 0.05% מערך הסביבה השנתית. הריכוזים המרביים של כלל חומר חלקיקי מרחף (TSP). מגיעים ל- 0.15% מערך הסביבה השלוש שעתית, 0.2% מערך הסביבה היממתי ו- 0.01% מערך הסביבה השנתית. יש לציין כי הריכוזים הצפויים בחוף כתוצאה מתוספת הפליטות של האסדה נמוכים ביותר. כמובן שבמקומות שונים באזור החוף ובישובים ממזרח לו מתקיימים ריכוזים גבוהים יותר של מזהמי אוויר אלה, שכן מזהמים אלה, שאינם אופייניים רק לאסדת הגז, נפלטים בכמויות גדולות ביותר ממקורות פליטה משמעותיים יותר כגון תחנת הכוח בחדרה, כביש החוף, ומקורות תעשייתיים ותחבורתיים נוספים.

על פי מיטב הערכתי וניסיוני המקצועיים אני מקבל תוצאות אלה כסבירות. מה שבלתי סביר בהרצת מודל זו היה בחירת החומרים המזהמים להרצה. אסדה המטפלת בגז עלולה לפלוט חומרים אורגניים נדיפים בין שמקורם בגז ובין שמקורם בנוזל המופרד ממנו (קונדנסט). בחומרים אלו (המכונים VOC או NMVOC) מצויים גם מרכיבים העלולים לגרום להתפתחות המזהם השניוני אוזון, וכן מרכיבים מזיקים בפני עצמם, ובפרט בנזן הידוע כמסרטן וודאי בבני אדם. הפליטות של חומרים אלו לא הוערכה, ופיזורם בסביבה וריכוזיהם הצפויים בחוף לא נבדקו במודל. הח"מ וחבריו באדם, טבע ודין (להלן: אט"ד) העלו תמיהה זו בפני אנשי המשרד להגנת הסביבה ובפני אנשי חברת נובל אנרג'י. סוגיה זו הועלתה גם על ידי אנשים וגופים נוספים, ובעת שהעלנו סוגיה זו התבשרנו כי חברת נובל התבקשה וכבר מבצעת השלמה של הרצת המודל לבנזן.

א3: הרצת ההשלמה של המודל על ידי נובל אנרג'י לצורך בחינת ריכוזי בנזן מרביים בסביבה

במרץ 2018 הוגש למשרד להגנת הסביבה בשם נובל אנרג'י מסמך שנערך על ידי מר אבי מושל ודר' גלעד קוז'יקרו בשם "אסדת לווייתן – בחינת ריכוזי בנזן מרביים בסביבה". במסמך זה מתוארות הרצות ההשלמה של המודל לבחינת ריכוזי הבנזן. לצורך בדיקה זו נעשה שימוש במודל ה- AERMOD, תוך שימוש באותו תחום הרצה, באותה רשת קולטנים ובאותם נתונים מטאורולוגיים כמו בהרצה המתוארת בסעיף הקודם. מתוך ה- AP42 הוערך קצב הפליטה של

VOC ממרכיבי הציוד. הערכה שהסתכמה ב- 18.011 טון בשנה. עתה נלקחו שני תרחשי תכולה של בנזן בכלל ה-VOC. תרחיש אחד מניח מתוך סימולציה שערכה חברת נובל בנוגע להרכב הקונדנסט תכולה של 0.1% בנזן בקונדנסט – תרחיש שהוגדר כסביר, ותרחיש שני שהוגדר כמחמיר שהניח 1% בנזן בקונדנסט. תוך שימוש בחוק דלתון הנוגע ללחצי האדים של מרכיבי הקונדנסט הוערכו במסמך נובל פליטות הבנזן לאוויר. פליטה של 27 ק"ג בשנה בתרחיש הנמוך ופליטה של 276 ק"ג בשנה בתרחיש הגבוה. אלו הניבו למודל קצבי פליטה של 0.00086 גרם בשניה ו- 0.00874 גרם בשניה, בהתאמה. תוצאות המודל הראו שבתרחיש הפליטות הגבוה מבין השניים ריכוזי הבנזן המרביתים המתקבלים הם 0.027 מיקרוגרם למ"ק בממוצע יממתי (0.59% מערך הסביבה היממתי) ו- 0.01 מיקרוגרם למ"ק בממוצע שנתי (0.39% מערך הסביבה השנתי). ריכוזים אלה מתקבלים בקרבת האסדה, כאשר באזור החוף הם יורדים עוד בסדרי גודל.

לנוכח תוצאות אלה הובעה ביקורת מקצועית של פרופ' אורי דיין מהאוניברסיטה העברית בירושלים ופרופ' דוד ברודאי מהטכניון (להלן: הפרופסורים). הביקורת כללה שלוש נקודות:

1. המודל שבו נעשה שימוש בחיזוי הזיהום על ידי נובל אנרג'י אינו המודל הנכון והמתאים לבחינת אסדה בים. יש צורך לעשות שימוש במודל ה-CULPUFF ולא במודל ה-AERMOD.
2. המטאורולוגיה ששימשה בסיס לחישובים אינה המטאורולוגיה הנכונה. התחנה המטאורולוגית בנמל חדרה רחוקה מהאסדה ורחוקה גם מהנקודה הקרובה ביותר לאסדה בחוף, והיא אינה מייצגת את תנאי הפיזור הנכונים לצורך החיזוי.
3. קצב הפליטה שנלקח כקלט למודל על ידי נובל הוא קצב פליטה נמוך. בפועל קצבי הפליטה גבוהים בהרבה.

הפרופסורים ערכו פגישות עם אנשי המשרד להגנת הסביבה והביאו סימוכין שונים לדברי הביקורת. בסופו של דבר ביצע המשרד להגנת הסביבה בעצמו הרצות מודל לחיזוי ריכוזי הבנזן, וגם הפרופסורים עשו זאת בעצמם (בהתנדבות). לאחר שהתקבלו תוצאות ההרצה של הפרופסורים הם הציגו את עמדותיהם המקצועיות ותוצאות החיזוי שלהם בימי עיון ובפורומים שונים. בסעיפים הבאים אתייחס להרצת המודל על ידי המשרד להגנת הסביבה ועל ידי הפרופסורים.

א4: הרצת המודל על ידי המשרד להגנת הסביבה

צוות מרכז הניטור הארצי בראשות דר' לבנה קורדובה-ביז'ונר, דר' אסנת יוסף, דר' אילן לוי, ואחרים ביצע הרצת מודל לחיזוי זיהום הבנזן לאחר הדיונים עם הפרופסורים. המודל שבו נעשה שימוש היה מודל ה-CULPUFF. הקלט המטאורולוגי למודל זה חושב באמצעות מודל דינמי מתקדם בשם WRF, הדומה למודל MM5 שכבר הוזכר לעיל. כקלט למודל זה הוכנסו נתונים ממספר תחנות מטאורולוגיות בקרבת מקום, וכן נתוני מדידות רום שנמדדו בעזרת רדיוסונדה (נתונים המצביעים על השתנות של משתנים מטאורולוגיים עם הגובה). נתוני רום מעניקים דיוק נוסף לחישוב השדות המטאורולוגיים הדרושים לאחר מכן למודל הפיזור. אזור ההרצה כלל שטח של 50X50 קמ'. בציר צפון-דרום האסדה היתה במרכז (כלומר במרחק של 25 קמ' מהגבול הצפוני של תחום ההרצה ו-25 קמ' מהגבול הדרומי), ובציר מזרח-מערב היה גבול ההרצה כרבע מאורך המשבצת מערבית לאסדה וכשלושה רבעים מאורך המשבצת מזרחית לאסדה, עמוק לתוך היבשה. הריכוז בתחום ההרצה חושב בנקודות שריג המרוחקות 500 מ' זו מזו לאורך ולרוחב. קצב הפליטה שנקבע דומה לזה שדווח על ידי חברת נובל אנרג'י. הוא הסתמך על הערכה של פליטה שנתית של 31 טון VOC בתכולת בנזן של 0.106%, שהביאו לקצב פליטה של 0.00104 גרם בשניה. המודל הורץ עבור שמונה מקרים בשנת 2017, שבהם שררו תנאים מטאורולוגיים שונים (כגון שקע שרבי, אפיק ים סוף, רכס, רמה, וכדומה). בכל מקרה מדמה ההרצה יממה שבה חושבו הריכוזים ברזולוציה זמנית של שעה בכל נקודה במרחב. המצבים המטאורולוגיים נבחרו, בין השאר, בהתאמה לימים שבהם נוטר ריכוז אוזון גבוה יחסית.

המשרד להגנת הסביבה טרם פרסם את התוצאות במלואן. למיטב ידיעתי הוא מבצע בימים אלו ולידציה לנתונים המטאורולוגיים, וכן מתכוון לבצע מספר הרצות נוספות בתרחישי תקלה. לאחר מכן, למיטב ידיעתי, צוות המשרד מתכוון לכתוב דו"ח מסכם בעניין. עם זאת, בהתאם לתוצאות שנאמרו לי ריכוזי הבנזן שהגיעו לחוף היו זניחים לחלוטין בכל ההרצות. בכל ההרצות התקבלו בנקודות שונות בחוף ריכוזים מסדר גודל של שברי מיקרוגרם למ"ק – רחוק בסדרי גודל מהתקן היממתי (3.9 מיקרוגרם למ"ק) ומהתקן השנתי (1.3 מיקרוגרם למ"ק). תמונה אחת של התוצאות שהתקבלו באחת ההרצות (באדיבות המשרד להגה"ס) מובאת להלן על מנת לראות את תחום ההרצה ואת סדרי הגודל של התוצאות שהתקבלו. ניתן לראות כי הריכוז המרבי בקרבת האסדה מגיע לכ- 0.0002 מיקרוגרם למ"ק, ואילו בנקודה הרחוקה ביותר על היבשה, דרומית מזרחית לקיבוץ גלעד, ל- 7.4 מיליוניות מיקרוגרם למ"ק.



א5: הרצת המודל על ידי הפרופסורים

בעקבות הביקורת הריצו הפרופסורים אורי דיין ודוד ברודאי, יחד עם חוקר נוסף בדרגת פוסט-דוקטורנט העובד עם פרופ' ברודאי את מודל ה-CULPUFF. תחום ההרצה כלל מלבן בממדים של 15X10 קמ', אשר גבולו המערבי היה כקילומטר מערבית לאסדה וגבולו המזרחי היה כארבעה קמ' מזרחית לקו החוף. הרזולוציה המרחבית היתה 250 מ', כלומר לאורך כל קילומטר היו 4 נקודות שריג (נקודות בהם המודל מחשב את הריכוזים). סה"כ היו 2,400 נקודות שריג במרחב הסימולציה (10X4X15X4). המטאורולוגיה נלקחה משמונה תחנות מטאורולוגיות על החוף בין נמל חדרה לעוספייה מנתונים עבור שנת 2015, אולם בסימולציות אלה לא הורץ מודל מטאורולוגי מסוג ה-WRF, אלא נעשה שימוש בגישה המתמטית המקורבת באמצעות רכיב במודל ה-CULPUFF עצמו. יש לציין כי על אף שנתוני המטאורולוגיה נלקחו משמונה תחנות מדידה ולא רק מאחת, הרי שתחנות אלו היו קרקעיות בעוד שמרבית אזור ההרצה היה מעל הים. בנוסף, למיטב הבנתי עודכנו נתוני המטאורולוגיה כל 12 שעות. לפיכך, גם בהרצה זו עלול המודל לא להיות רגיש לשינויים מטאורולוגיים בין הים והחוף החלים בפרקי זמן קצרים יותר.

הרצות המודל בוצעו בכל פעם לשלושה ימים. ההרצה שהתחילה ב- 1/1 מדמה את התאריכים 1/1, 2/1, ו- 3/1. ההרצה שהתחילה בתאריך 2/1 מדמה את התאריכים 2/1, 3/1, ו- 4/1, ההרצה שהתחילה בתאריך 3/1 מדמה את התאריכים 3/1, 4/1, ו- 5/1, וכך הלאה עבור כל ימות השנה. בסופו של דבר חושב ערך יממתי של בנזן עבור כל אחד מימות השנה (365) עבור כל נקודה במרחב (2,400), כלומר התקבל מערך של 876,000 ממוצעים יממתיים. לכל נקודה במרחב חושב מתוך 365 התוצאות היממתיות שלה גם הממוצע השנתי.

ההרצות התבצעו בשני קצבי פליטה: בקצב הפליטה שדווח על ידי אבי מושל במסמך שהוגש על ידי נובל אנרג'י ובקצב פליטה גבוה בהרבה של 16 גרם בשניה. קצב הפליטה הגבוה נלקח מתוך נתוני הגוף הרגולטורי האמריקאי BOEM המפקח על פעילות סקטור האנרגיה בים (קידוחים, אסדות ומתקנים של גז ונפט) עבור אסדה במפרץ מקסיקו. באסדה זו (BOEM cold ID=02237), שהיא אסדה מעורבת של נפט וגז התרחשו בשנת 2014 11 תקלות מסוג vent שבהם התרחש שחרור מוגבר של VOC מעבר לשגרה למשך פרקי זמן של שעות או ימים אחדים. הפרופסורים בחרו לצורך הסימולציה את התקלה השמינית מלמעלה כיוון שהתקן היממתי לבנזן הוא תקן סטטיסטי המאפשר 7 חריגות בשנה, כלומר מהיממה השמינית ומעלה שבה מתקיימת חריגה מהערך היממתי (3.9 מיקרוגרם למ"ק) זו כבר נחשבת חריגה¹. בתקלה זו היה קצב הפליטה של VOC 800 גרם בשניה. מתוך נתוני המפל"ס לשנת 2016 עבור אסדת תמר נלקח היחס בין פליטות ה-VOC ופליטות הבנזן וחושב אחוז הבנזן, העומד על 2.15%. לפיכך היה קצב הפליטה שחושב 16 גרם בשניה. התייחסות לקצב הפליטה ותקלות מסוג cold vent אביא בסעיף 7 בהמשך, אולם קודם אתאר את תוצאות ההרצה. עבור הרצות המודל שבהן נלקח קצב הפליטה שחושב ע"י אבי מושל התקבלו תוצאות דומות ונמוכות. הריכוזים שהגיעו לחוף היו אפסיים.

עבור ההרצות עם קצב הפליטה הגבוה התקבלו כמובן ריכוזים גבוהים יותר. מרבית הריכוזים הגבוהים היו מעל הים, ומיעוטם הגיעו ליבשה. ב-12 ממוצעים יממתיים מתוך כל הנתונים לשנת ההרצה (כאמור, 876,000 נתונים) התקבלו ערכים החורגים מהתקן היממתי ביבשה. כל אחת מחריגות אלו מציינת את הריכוז המוערך בנקודה מסוימת במרחב (לאו דווקא באותה נקודה או בנקודות סמוכות) וביום אחד מימות השנה (לאו דווקא בימים רצופים). שתי נקודות בלבד חרגו מהתקן היממתי במשך שתי יממות רצופות. נתונים אלו הינם התוספת הנגרמת עקב פעולת האסדה בלבד. אם מוסיפים לריכוזים שהתקבלו את ריכוזי הרקע (כלומר ריכוזי הבנזן שמאפיינים את האזור עוד קודם להפעלת האסדה ונובעים ממקורות פליטה אחרים), שאותו לקחו הפרופסורים כ-0.9 מיקרוגרם למ"ק, הרי שמתקבלות סה"כ 16 חריגות. יצוין כי אף בהרצה זו של קצב הפליטה הגבוה לא התקבלה באף נקודה חריגה מהתקן השנתי גם כאשר מוסיפים את ריכוזי הרקע.

¹ תקן סטטיסטי נהוג עבור זיהום אוויר חלקיקי, היות וגם סופות אבק טבעיות המגיעות אלינו מצפון אפריקה או ממדבריות ערב מסיעות לארץ חלקיקים אשר מוסיפים לאוויר בארץ ריכוזים גבוהים ביותר של חלקיקים מספר ימים בשנה. מטרת התקן הסטטיסטי במקרה זה היא להוריד מהחישוב את הימים בהם מתרחשות סופות אבק טבעיות. עבור בנזן שהוא מזהם אנתרופוגני איננו סבור שיש מקום לתקן סטטיסטי המאפשר מספר חריגות בשנה, אלא תקן מוחלט התקף לכל יום בשנה. עמדה זו הבעתי בעת הדיונים בוועדת הפנים והגנת הסביבה בכנסת שעסקו בעדכון תקני הסביבה בישראל עפ"י חוק אוויר נקי. איננו סבור גם שתמיד ובכל מקרה תקן הוא חזות הכל. עם זאת, זה התקן שנקבע, ויש להכיר בעובדה שהוא הכלי העיקרי הקובע במערכות הרגולציה והמשפט, ובתהליכי קבלת ההחלטות. לפיכך, גם הפרופסורים משווים את תוצאות הסימולציה שלהם לרמת התקן.

טבלת התוצאות (מתוך מצגת שהוצגה ע"י פרופ' ברודאי) מובאת להלן:

In spite of the non-extreme emissions scenario (slide 20), the 12th worst day is still above the daily standard (without background levels!).

If a background value of $0.9 \mu\text{g m}^{-3}$ is added (estimated based on MoEP bi-weekly sampling data), the 15th day is also in exceedance of the daily standard.

ID_Receptor	X [m]	Y [m]
R_1	680713.78	3598524.51
R_2	679698.45	3601682.9
R_3	679884.85	3604437.53
R_4	679746.69	3605984.86
R_5	682482.15	3601812.59
R_6	682146.52	3604702.69
R_7	680971.88	3603167.99
R_8	679383.2	3600509.4
R_9	682884.77	3607771.9

###	Time_All	REC_All	REC_Number
1	02/10/15	5.62	REC1
2	11/08/15	5.14	REC4
3	10/06/15	5.14	REC6
4	12/08/15	4.59	REC4
5	11/08/15	4.59	REC6
6	28/02/15	4.59	REC7
7	08/08/15	4.49	REC3
8	10/06/15	4.34	REC4
9	12/08/15	4.34	REC6
10	29/11/15	4.31	REC4
11	12/08/15	4.17	REC3
12	05/09/15	4.13	REC1
13	21/06/15	3.71	REC4
14	04/05/15	3.55	REC2
15	07/06/15	3.15	REC2
16	10/06/15	3.00	REC3
17	02/06/15	2.99	REC4
18	22/06/15	2.96	REC4
19	04/04/15	2.93	REC4
20	04/04/15	2.93	REC7

א6: דיון בתוצאות

חיזוי ריכוזי הבנזן הצפויים בחוף מהאסדה בוצעו על ידי שלושה גורמים באמצעות שלושה שילובים של מודלים. נובל אנרג'י עשו שימוש במודל AERMOD עם נתונים מטאורולוגיים מתחנה אחת (בנמל חדרה). בהרצה זו הונח כי הנתונים המטאורולוגיים אחידים בכל המרחב. המשרד להגנת הסביבה עשה שימוש במודל CULPUFF תוך שימוש במספר תחנות מטאורולוגיות, בנתוני רום ובמודל מטאורולוגי מלא שהפיק נתונים עבור מודל הפיזור. כאן בוצע חישוב מטאורולוגי מלא עבור השתנות השדות המטאורולוגיים במרחב ובזמן. הפרופסורים עשו שימוש במודל CULPUFF תוך שימוש בשמונה תחנות מטאורולוגיות, אך המטאורולוגיה בכל מרחב ההרצה חושבה באמצעות שיטה מוערכת. שיטה זו הניבה הערכה של השתנות השדות המטאורולוגיים במרחב ובזמן, אך לא באופן מדויק כמו במודל של המשרד להגה"ס. היות ומרבית אזור ההרצה היה מעל הים, והתחנות המטאורולוגיות היו ביבשה, ובהינתן שיטת החישוב המקורבת, יש להניח שגם בהרצת הפרופסורים המטאורולוגיה לא הייתה מיטבית. פרופ' אורי דיין הביא סימוכין לכך שהרצת המודל הבסיסי עם נתונים מטאורולוגיים המבוססים על החוף מניבה בתחזית ריכוזים נמוכים ב- 65% מאלו המתקבלים מהרצת המודל המדויק בשילוב מודל מזו-מטאורולוגי מקדים (כדוגמת ה-WRF). העמוד המתאים מתוך מצגת שהראה פרופ' דיין באוניברסיטה העברית מובא להלן:

חשיבות השימוש בשילוב נתונים מטאורולוגיים של קו החוף, מעל הים ותוצרי מודל מזו-מטאורולוגי (WRF, MM5) (Dai, W., et al., Breeze Software)

	Scenario	Concentrations ($\mu\text{g m}^{-3}$)
1	Land-based surface data, overwater data, and prognostic meteorological MM5 data	681
2	Land-based surface data and prognostic meteorological MM5 data	494
3	Land-based surface data and overwater data	524
4	Land-based surface data	351

נתונים שרירותיים לכלל התרחישים:

Stack diameter: 1 m., Exit velocity: 10 m s⁻¹, Exit temp.: 300 K, Stack height: 100 m, NO_x Emission rate: 100 g s⁻¹
Offshore distance of gas platform to receptor in Pensacola Bay, Alabama : 45 km.

תרחיש (4) המבוסס על תחנות מטאורולוגיות בחוף בלבד מניב ריכוזים הנמוכים בכ- 65% מהריכוזים של תרחיש (1)

עם זאת, האמת ניתנת להיאמר כי גם הפרופסורים עצמם לא עשו שימוש במודל ה-WRF שבו עשה המשרד להגה"ס שימוש. לפיכך, אם מאמצים את הקריטריונים של פרופ' דיין הרי שניתן לסווג את הרצת המודל על ידי נובל כבעלת הדיוק הנמוך ביותר מבין שלוש ההרצות, הרצת המודל על ידי הפרופסורים כבעלת דיוק בינוני והרצת המודל על ידי המשרד להגנת הסביבה כמדויקת ביותר. כאשר קצבי הפליטה שנלקחו היו דומים ונמוכים (קצב הפליטה שנמסר על ידי נובל אנרג'י) היו התוצאות של שלוש ההרצות דומות למדי. ריכוזי המזהמים שהגיעו לחוף היו נמוכים ביותר, מסדר גודל של מאיות עד מיליוניות מיקרוגרם למ"ק בנקודות השונות ובזמנים השונים. נמוכים עד כדי כך ששלושת הגורמים שהריצו את המודלים לא פירטו אותן במלואן, ורק ציינו שהם אפסיים ולא מצריכים התייחסות נוספת. ריכוזים נמוכים כאלה התקבלו גם עבור הממוצעים השנתיים וגם עבור הריכוזים היממתיים המרביים. ייתכן כי אם היינו בודקים מספרית את כל התוצאות היינו יכולים להבחין בהבדלים של עשרות אחוזים ויותר בין המודלים הנובעים מטיב המודל, מאופן ההרצה ומאיכות הנתונים המטאורולוגיים, אולם בריכוזים שהתקבלו, שהם נמוכים מרמת הדיוק של המודלים ומיכולת המדידה של כל מכשיר, אין זה אלא תרגיל בדקדקנות אקדמית שיש לו מקום במחקר מדעי, אך הוא נטול כל חשיבות מעשית במקרה הנדון.

הרצת הפרופסורים בהזנת המודל בקצב הפליטה הגבוה כבר הניבה ריכוזים גבוהים בהרבה. ללמדך כי הגורם המשפיע ביותר על תוצאות ההרצה במקרה זה הינו קצב הפליטה המוזן למודל ולא סוג המודל או הנתונים המטאורולוגיים. בסעיף הבא אגע, אם כן, בוויכוח שהתפתח

לאחר הרצת המודל ע"י הפרופסורים בנוגע לקצב הפליטה הצפוי. כאן אעיר הערה נוספת הנוגעת לפרשנות הנתונים בהרצה זו.

ניתן להסתכל על הרצת הפרופסורים כמדמה תרחיש של שגרה או כמדמה תרחיש של תקלה. כל הרצה מדמה שלושה ימים, כלומר אירוע, שאם הפליטה בו היא גבוהה, הרי שהוא מדמה תקלה. הפרופסורים לקחו מתוך כלל ההרצות המדמות את כל ימי השנה את עשר ההרצות בעלות הריכוזים הגבוהים ביותר, ואת הנתונים הגבוהים ביותר מתוכם הם פרסמו בשקף שכבר צירפתי לעיל בעמ' 12. עם זאת, אם לוקחים את כל הריכוזים היממתיים שהתקבלו בכל נקודה ומחשבים עבורה את הממוצע השנתי (כפי שהם עשו), הרי שהרצה זו מדמה תרחיש של שגרה, שבו קצב הפליטה כל ימות השנה הוא קצב פליטה גבוה מאד שנלקח מתוך תקלה באסדה במפרץ מקסיקו. במקרה שלוקחים מהרצה זו רק אירועים, ומתייחסים להרצה זו כאילו הייתה תקלה, הרי יש צורך לבדוק האם נתוני קצב הפליטה שנלקחו הם סבירים או לא ביחס לתקלה. לדברי פרופ' ברודאי אין לראות בהרצה זו מחמירה שכן נלקחה אסדה אחת באופן שרירותי. אסדה שלדבריו תפוקתה היא רק 10% מזו המתוכננת ללוויין, וגם בה נלקחה התקלה השמינית מלמעלה בעוצמתה. עם זאת ניתן לראותה גם כמחמירה שכן אסדה זו היא אסדה מעורבת של גז ונפט, זוהי אסדה ישנה ובנוסף היא ללא מערכת איסוף הגזים המתוכננת לאסדת לוויין. אין גם הכרח שתקלה תימשך שלושה ימים, וייתכן במקרים של תקלה חמורה שפעולת האסדה תיפסק תוך זמן קצר בהרבה. בנוסף, גם התקלות הגבוהות יותר מהתקלה השמינית שנלקחה למודל ע"י הפרופסורים לא היו גבוהות בהרבה (עפ"י מראה עיניים מגרף שהציג פרופ' ברודאי), אולם התקלות הנמוכות יותר, וגם כמובן מצבי השגרה היו נמוכים בלמעלה מ-90%. לפיכך במצב של שגרה זוהי הרצה מחמירה ביותר, ואולי אפילו בלתי מציאותית. אזכיר שוב שהתוצאות שהתקבלו מראות כי לא הייתה חריגה באף נקודה מהתקן השנתי לבנזן. יתרה מזו, העמידה בתקן השנתי של בנזן הייתה בכל הנקודות גם כאשר תוספת הזיהום הצפויה מהאסדה מתווספת לרקע (כלומר ריכוזי הבנזן שמאפיינים את האזור עוד קודם להפעלת האסדה ונובעים ממקורות פליטה אחרים). זאת ועוד, הפרופסורים החשיבו את ריכוז הרקע כ-0.9 מיקרוגרם למ"ק (מתוך תקן שנתי של 1.3), כלומר התוספת השנתית שנגרמה מהפעלת האסדה לא עולה על 0.4 מיקרוגרם למ"ק. בבדיקה שערכתי בנתונים של מערך הניטור הארצי עולה כי הריכוז הממוצע השנתי בנקודות שונות בארץ נמוך יותר (על אף שהבדיקה מוגבלת היות ואין הרבה מאד תחנות ניטור המנטרות בבנזן, וזמינות הנתונים של כל השנה אינה תמיד מלאה). יש לציין כי הממוצע השנתי הינו הפרמטר החשוב ביותר בהגנה על בריאות הציבור שכן הוא מסמל את החשיפה ארוכת הטווח. יש כמובן משמעות גם לחשיפה לריכוזים גבוהים גם אם לזמנים קצרים (חשיפה אקוטית), אולם החשיפה הכרונית נחשבת

למשמעותית יותר בהתפתחות סרטן. התקן השנתי מבוסס על ערכים שחשיפה להם לאורך 70 שנות חיים תביא לתוספת סיכון של 1:100,000.

לפיכך הרצת הפרופסורים דווקא מחזקת את הערכתי הראשונית כי במצבי שגרה (שהם כמובן רוב הזמן) זיהום האוויר שיגיע מהאסדה לחוף אינו משמעותי. נתונים שאותם חישבתי מובאים בטבלה שלהלן:

תחנת ניטור:	קרית חיים רגבים (אזור חיפה)	עצמאות חיפה (תחנה תחברתית)	בני עטרות (תחנה של רשות שדות התעופה בקרבת נתב"ג)	אור יהודה (תחנה של רשות שדות התעופה בקרבת נתב"ג)	איגוד ערים אשדוד	חיפה - קרית בנימין	בר אילן ירושלים (תחנה תחברתית)
ממוצע שנתי של בנזן בין 1/7/17-30/6/18 ביחידות של מיקרוגרם למ"ק	0.43	0.62	1.50	1.26	0.27	0.52	0.50

מטבלה זו ניתן לראות כי בחמש מתוך שבע התחנות שהובאו לעיל הריכוז הממוצע השנתי נמוך מ-0.9. הריכוז הנמוך ביותר התקבל דווקא באזור אשדוד (שאמור להיות מושפע מאסדת תמר), והריכוזים הגבוהים ביותר התקבלו משתי התחנות שפועלות באזור נתב"ג ומושפעות כנראה מהפליטות ממטוסים בהמראות ונחיתות ומתדלוק המטוסים בשדה. גם באזור חיפה ובקרבת בתי הזיקוק (מנתונים המובאים כאן ומנתונים רבים נוספים שאין זה המקום לפרט) הריכוזים הממוצעים השנתיים עומדים בתקן, וחריגות מתקיימות מהתקן היממתי בעת התרחשות אירועי זיהום.

נתוני בנזן נוספים התפרסמו על ידי המשרד להגנת הסביבה בדצמבר 2015 לקראת עדכון ערכי איכות האוויר בכנסת. מנתוני המשרד עולה כי הריכוז הממוצע השנתי לשנת 2014 של בנזן שנמדד בנקודות שונות בארץ היה:

תחנת ניטור	ריכוז ממוצע שנתי של בנזן במיקרוגרם למ"ק
אחזה, חיפה	0.31
עצמאות, חיפה	0.86
קרית בנימין, חיפה	0.54
איגוד, חיפה	0.54
חולון	1.05
עירוני ד	0.83
בר אילן, ירושלים	1.12
אשדוד	0.48
אשקלון דרום	0.35
באר שבע	0.71
נאות חובב	0.06
ירוחם	0
אזור הפזורה הבדואית	0.34
צומת הנגב	0.03
שגב שלום	0.22
ממוצע:	0.496

ריכוזי הבנזן השנתיים נעים בין 0 (או למעשה קרוב ל-0) עד למקסימום של 1.05 ו-1.12 מיקרוגרם למ"ק, שהם למעשה הערכים היחידים בטבלה העולים על 0.9. תחנת הניטור בר אילן בירושלים היא תחנת ניטור תחבורתית המאפיינת את הזיהום מתחבורה ברחוב בר אילן הסואן בירושלים. הריכוז הממוצע עומד על 0.496. נובע מכך כי גם ריכוזי הרקע שבהם התחשבו הפרופסורים הם מחמירים². לתרחישי תקלה אתיחס בסעיף הבא.

א7: הוויכוח על קצב הפליטה

יש לציין בפתח הדברים כי הערכה של הפליטות הצפויות וקצב הפליטה שצריך להזין למודלים ממרכיבי הציוד השונים מצריכה ידע הנדסי והבנה טכנולוגית בתהליכים ובמתקנים שיהיו באסדה. ידע זה אינו בתחום מומחיותי, כמו גם שהוא אינו בתחום המומחיות של אבי מושל,

² הנתונים המובאים עבור חיפה בסעיף זה כוללים מידע ממכשירי ניטור רציפים בלבד. בחיפה מתבצעים גם דיגומי בנזן באמצעים אחרים. נתוני הדיגום מצביעים על בעיות זיהום אוויר קשות, ובפרט בקרבת מתחם בתי הזיקוק, לרבות נקודות שבהן התקיימה חריגה מהתקן הסטטיסטי (כלומר יותר משבע יממות שבהן התקיימה חריגה מהתקן היממתי). מטרתו של מסמך זה אינה לעסוק בעניין חיפה, וההערה מובאת כאן לצורך הדיוק בלבד. כמובן שאין בכך כדי לשנות את התמונה העולה ממכשירי הניטור בכל הארץ ואת ההערכה שנתוני הרקע באזור חוף דור (שאינו בקרבתו מקורות פליטה משמעותיים כגון בתי זיקוק) הם נמוכים מהערכת הפרופסורים.

דר' לבנה קורדובה, פרופ' אורי דיין ופרופ' דוד ברודאי. אף אחד מאיתנו אינו מומחה בתחום ההנדסה, התכנון, הבניה או התפעול של אסדות גז.

מבדיקה שערכתי קצבי הפליטה שנלקחו בהרצות המודלים הנ"ל שונים בחמישה סדרי גודל זה מזה. זהו כמובן פער בלתי סביר אם מדובר בפליטה שבשגרה. טבלה מסכמת של הערכות שונות של קצבי פליטה ממוצעים (בשגרה) של בנזן מאסדת לווייתן מובאת להלן:

מקור והערות	פליטה שנתית VOC (טון בשנה)	פליטת בנזן (יחידות שונות)	קצב פליטה של בנזן (גרם בשניה)	פי כמה גדול קצב הפליטה של ברודאי ודיין	פי כמה גדול קצב הפליטה ביחס לפליטה בפועל של תמר	הערות נוספות
הערכה של החברה הבריטית PDI מתוך תשובת המשרד להגנת הסביבה לארגון לשומרי הבית	846	18.189 טון בשנה	0.57677	27.7	0.735	ההערכה היא לפליטת VOC. פליטת הבנזן חושבה על ידי תוך שימוש באחוז בנזן של 2.15% כמו במודל הפחפסורים
מצגת של דר' מרים לב און בטכניון מתוך דו"ח BOEM לשנת 2014, ממוצע של 1,651 אסדות בים	29	0.58 טון בשנה	0.01839	870.0	0.023	לפי מצגת דר' לב-און אחוז בנזן בקונדנסט בכל האסדות שנבדקו הוא 0-2%. לחישוב הבנזן השתמשתי ב-2%
הערכת המשרד להגה"ס - מצגת של דר' צור גלן, נתונים ששימשו בהרצת המודל של המשרד להגה"ס	31	0.03286 טון בשנה	0.00104	15,384.6	0.001	אחוז הבנזן מתוך מצגת דר' צור גלן הוא 0.106%
נתוני נבל אנרג'אבי מושל	18.0	27 ק"ג בשנה	0.00086	18,604.7	0.001	בהנחת 0.1% משקלי מתוך נתוני נבל
נתוני נבל אנרג'אבי מושל	18.0	276 ק"ג בשנה	0.00875	1,828.6	0.011	בהנחת 1% משקלי מתוך נתוני נבל
פליטות מתמר עפ"י נתוני המפלוס 2016	1159.4	24.733 טון בשנה	0.78428	20.4	1.000	
פי שתיים מהפליטות בפועל מתמר	2318.9	49.466	1.56856	10.2	2.000	
הרצת מודל של ברודאי ודיין בהסתמך על אסדה במפרץ מקסיקו בעת cold vent	25,228.8 טון בשנה, שהם 800 גרם בשניה		16	1.0	20.401	בהנחת 2.15% בנזן כמו בפועל בתמר

שתי ההערכות של חברת נובל אנרג'י (הן זו המסתמכת על 0.1% בנזן, והן זו המסתמכת על 1% בנזן) הינן ההערכות הנמוכות ביותר. קצב הפליטה של בנזן בהערכות אלו הינו מסדר גודל של מיליגרמים או חלקי מיליגרמים בשניה. הערכה זו מסתמכת על תחשיבים ומקדמים בלבד. חרף זאת ניתן לראות בהערכה זו הערכה סמי אמפירית, היות ובבניית המקדמים על ידי ה-EPA יש גום שימוש במדידות שונות שמהם מוערכים המקדמים. הערכה זו מקובלת על המשרד להגנת הסביבה (בשינויים קלים), וקצב הפליטה שחושב על ידו ושימש בהרצת המודל שלו הוא דומה (מעט יותר גבוה) לקצב הפליטה הגבוה יותר של נבל. הערכה נוספת גבוהה מעט יותר היא ההערכה של דר' מרים לב און³, שהוצגה גם בפגישת מומחים בפורום האנרגיה שנערך במוסד שמואל נאמן בטכניון. הערכה זו עדיין מראה פליטה ממוצעת של פחות מ-20 מיליגרם בנזן בשניה. כוחה של הערכה זו נובע מעובדת היותה מבוססת על נתוני פליטות מדווחות של 1,651 אסדות אמריקניות פעילות. אסדות אלו, ופליטותיהן, מפקחות על ידי גוף רגולטורי המתמחה בתעשיית הנפט והגז בים BOEM – Bureau of Ocean Energy

³ דר' מרים לב און הינה כימאית העוסקת באיכות הסביבה, באנרגיה ובגזי חממה. היא חוקרת במוסד שמואל נאמן בטכניון ומשמשת בארה"ב כיועצת לחברות שונות. דר' לב און היא מומחית בתעשיית הגז והנפט.

Management. חולשתה של הערכה זו נובעת מהיותה ממוצעת. הערכה זו אינה לוקחת בחשבון את השונות הגדולה בין המתקנים השונים הנבדלים בגודלם ובהספקם, בעיצוב ההנדסי של המתקנים והמערכות שלהם, בסוג החומר המטופל בהן (גז, נפט או שילובים שונים של תערובות שונות), ועוד. הערכה של חברה בריטית בשם PDI שצוטטה במכתב מאגף ים וחופים של המשרד להגה"ס לארגון שומרי הבית עולה בסדר גודל מבחינת הפליטה השנתית של VOC (846 טון), שממנה נגזר קצב פליטה של 0.577 גרם בשניה. אינני מכיר חברה זו ועל מה מסתמכת הערכתה, אולם יש לזכור כי גם לבריטניה יש מתקני גז ונפט רבים בים, וניסיון רב בתחום זה.

במהלך הוויכוח הציבורי סביב אסדת לווייתן נשמעה הטענה כי גם עבור אסדת תמר הוערכה פליטה נמוכה ואילו לבסוף התברר (עפ"י הדיווחים למערכת המפל"ס) כי הפליטות גבוהות פי 30 מאלו של בתי הזיקוק. אינני מתייחס לנכונות טענה זו, אלא רק לקצב הפליטה הנגזר ממנה. הפליטות שדווחו למפלס עומדות על כ- 1,159 טון לשנה של פחמימנים ו- 24.7 טון בשנה בנזן. אם מחלקים פליטה שנתית זו למספר השניות בשנה מקבלים קצב פליטה של 0.784 גרם בשניה. פליטה הגבוהה בכ- 36% מהערכת PDI, אך באותו סדר גודל. עוד טענה שנשמעה בוויכוח הציבורי היא שלא זו בלבד שהפליטות מתמר גבוהות מאד, הרי שבלווייתן הן תהיינה גבוהות יותר היות והמתקן יהיה גדול פי שניים. אם ניקח את הפליטות של תמר ונכפיל פי שניים נקבל קצב פליטה של 1.57 גרם בשניה. קצב הפליטה הגבוה ביותר שנבדק הוא הקצב שנלקח על ידי הפרופסורים בהסתמך על התקלה במפרץ מקסיקו – קצב של 16 גרם בשניה. קצב זה הינו גדול פי 18,605 מקצב הפליטה הנמוך יותר של נובל, פי 15,385 מהערכת המשרד להגה"ס, פי 870 מההערכה המבוססת על נתוני דר' לב און ופי 27.7 מהערכת חברת PDI. קצב זה גבוה פי 20.4 מנתוני הפליטה בפועל של אסדת תמר, ופי 10.2 מהקצב הצפוי מאסדה גדולה פי שניים מתמר (העובדת באותה צורה). אם נסכם נתונים אלה, הרי שמתקבלים שלושה סדרי גודל של הערכות. ההערכות הנמוכות הן הערכות של נובל אנרג', המשרד להגה"ס ודר' לב און, ההערכות הבינוניות הנעות בין הערכת חברת PDI להערכה המבוססת על פי שניים מהפליטה בפועל של תמר, וההערכה הגבוהה של הפרופסורים. ניתן להגיד כי הערכת הפרופסורים כפליטה שבשגרה הינה בלתי סבירה ביותר וגבוהה מדי. נזכיר שגם בפליטה זו הריכוזים המתקבלים בחוף בממוצע שנתי נמוכים מאד, והריכוזים היממתיים הגבוהים ביותר מתקבלים מתוך אלפי הנתונים בנקודות בודדות ובימים בודדים. מן הצד השני בדיקת נובל אנרג' והמשרד להגה"ס הן נמוכות ביותר. מהמשרד להגנת הסביבה הייתי מצפה להערכה מחמירה יותר שלוקחת בחשבון שולי ביטחון. ההערכה שלא נבדקה באף מודל היא ההערכה הבינונית. היא זו שנראית הסבירה ביותר כגבול העליון המדמה מצבי שגרה. עם זאת, בשלב זה, ולאחר שכבר בוצעה בדיקת הפרופסורים עם קצב

פליטה גבוה פי 10 מפעמיים אסדת תמר, לפי מיטב הערכתי גם קצב פליטה של פעמיים אסדת תמר שיוזן למודל המדויק ביותר יניב ריכוזים נמוכים מאד בחוף בממוצע שנתי, וריכוזים יממתיים נמוכים יותר מאלו שהתקבלו במודל הפרופסורים, עד כדי שלא יתקבל אף בנקודה אחת ביבשה אף ביום אחד בשנה ריכוז העולה על התקן.

לאחר שכבר עסקתי לעיל בעניין המודלים ובעניין קצב הפליטה המוזן אליהם יש צורך גם להתייחס התייחסות כללית לעניין הטכנולוגיה. עניין שכפי שהזכרתי קודם, אף לא אחד מאנשי איכות האוויר שעסקו בעניין המודלים מומחה בו. לאחר שהתגלו הפליטות הגבוהות מתמר פעל המשרד להגה"ס על מנת לחייב את בעלי האסדה בהתקנת טכנולוגיות שיצמצמו את הפליטות. טכנולוגיות שמראש מתוכננות להיות מיושמות באסדת לווייתן ("מערכת סגורה") ואליה אתייחס בהמשך. בד בבד, טענו הפרופסורים כי מעת לעת מתרחשות מהאסדה פליטות מסוג cold vent. פליטות שנגרמות עקב תקלה שמביאה לשחרור מוגבר של מזהמים, כפי שהם ראו במקרה של האסדה במפרץ מקסיקו, שעליה הם ביססו את קצב הפליטה שנבחן במודל שלהם. כאן המקום להתייחס בקצרה למושגים אלו.

באסדה כדוגמת אסדת לווייתן קיימים מקורות זיהום פוטנציאליים מרכיבי ציוד ומתהליכים שונים. על פי דו"חות שונים⁴, משאבות, מחממים, מדחסים, וכדומה הינם מקורות זיהום קטנים יחסית. פליטות ממקורות אלו מתרחשת, אך הפעלה של דרישה רגולטורית להפעיל תכנית מתמדת לגילוי ותיקון דליפות (LDAR) עשויה עוד לצמצם אותה. מקור הזיהום העיקרי שהתברר לאחר שהתגלתה הפליטה הגבוהה מאסדת תמר הוא מערכת מחזור והשבת החומר TEG. חומר זה מוסף כנוגד קפיאה לגז הזורם מפי הבאר ועד לאסדה. החומר סופח אליו קונדנסט וגז, אשר מופרדים על האסדה. הקונדנסט והגז מופרדים ומועברים לצנרת המתאימה (תוך כדי איבודים שנפלטים לסביבה), וה-TEG נאסף ומועבר לשימוש חוזר. מסתבר שתהליך זה, שבוצע בתמר במערכת פתוחה, היה מקור הזיהום העיקרי בשל הגז והקונדנסט שהתנדפו מהחומר TEG בעת ייבושו. באסדת תמר משתמשים גם בחומר נוסף למטרות דומות MEG, אך נמצא כי הפליטות ממנו קטנות יותר. באסדת לווייתן מתוכנן מלכתחילה שימוש רק ב-MEG ולא ב-TEG, דבר שיוביל לצמצום הפליטות. זאת ועוד, בלווייתן מתוכננת להיבנות מערכת סגורה סביב יחידת הפרדת ה-MEG, וכן מעל נקודות שבהן עשויה להתרחש פריקת לחץ. מערכת זו תאסוף את הגזים הנפלטים, תדחוס אותם ותעביר אותם לצורך שימוש במתקני הפקת האנרגיה באסדה (המחממים). מערכת זו קרויה בשם FGRU – Fuel Gas Recovery Unit. יש לציין כי מערכת כזאת אינה מוצר מדף שניתן לראות כמותו בחנויות או אצל ספקים

⁴ Oil & Gas UK, Environment Report 2016 ;

Cold venting and fugitive emissions from Norwegian offshore oil and gas activities. Summary report, Prepared for the Norwegian Environment Agency, Geir Husdal, Lene Osenbroch, Özlem Yetkinoglu, Andreas Østebrot, add energy, April 2016.

רבים. בכל אסדה או מפעל מסוג זה יש צורך בתכנון ועיצוב הנדסי פרטני של המתקנים הדרושים בהתאם למאפיינים הייחודיים של כל אסדה (גודל, מיקום, ספיקות וכמויות, הרכב הגז והקונדנסט המטופלים, תנאי הסביבה, הדרישות הרגולטוריות, התהליכים והמתקנים המתוכננים, ועוד). בשל כך לא ניתן למצוא מערכת זהה לחלוטין לזו שמתוכננת בלוויתן או לזו שנדרשת כעת גם מתמר לצורך הפחתת הפליטות. עם זאת, מדובר בטכנולוגיה זמינה ובת מימוש, שאף מוגדרת כטכנולוגיה הטובה ביותר להפחתת פליטות (BAT) במסמכי ה-BREF של האיחוד האירופי⁵. טכנולוגיה זו נחשבת כיקרה ומצריכה השקעה כספית ניכרת (למרות שהשימוש בגזים המושבים לצורך הפקת אנרגיה מביא להחזרת ההשקעה תוך שנים אחדות). בשל עלות כלכלית זו, ובשל העובדה שהאסדות שנמצאות בים (במרחקים שונים מהחוף) לא נחשבו כמסכנות את החוף מבחינת זיהום אוויר, הרי שמערכות אלו פשוט לא נדרשו על ידי הרגולטורים. עם התגברות המודעות לכך שפליטות גז תורמות לאפקט החממה (לגז טבעי – מתאן – יש פוטנציאל התחממות גלובלית גבוה פי 21 מלפחמן דו חמצני) מערכות אלה נדרשות כיום יותר. הן גם יושמו באופן וולונטרי בפרויקטים שנעשו בעידוד הבנק העולמי⁶. משמעות הדבר היא כי העובדה שברוב האסדות הישנות הקיימות בעולם כיום אין מערכת כזאת אינה מעידה על כך שמערכת כזאת אינה קיימת בנמצא או שהיא בלתי אפשרית לבניה, אלא על כך שהיא לא נדרשה בשל מחסום כלכלי ולא בשל מחסום טכנולוגי⁷.

באסדות ובמפעלים מסוג זה קיימות גם מערכות לשחרור לחצים. הגז הזורם אל האסדה, ובמערכות שונות בתוכה, עשוי להגיע בלחצים שונים. מערכות שחרור הלחצים הן מערכות בטיחות שנדרשות למניעת הצטברות של לחץ גבוה ומסוכן בנקודות שונות במערכת, וכתוצאה מכך לפיצוץ. קיימות יחידות שחרור לחצים קרות אשר משחררות את הגז דרך שסתומים, וקיימים גם לפידים. לפיד הינו מתקן שריפה אשר מיועד לשרוף את הגזים המצטברים בלחצים גבוהים טרם שחרורם לאטמוספירה. שריפת הגזים מביאה לפליטות של פחמן דו חמצני, תחמוצות חנקן וחלקיקים (מזהמים שאליהם הייתה התייחסות בסעיף 2 לעיל), אך מונעת מגז טבעי (שהוא גז חממה חזק כאמור) ומ-VOC להיפלט בצורתם המזיקה יותר. שחרור קר (cold vent) יתרחש במצב שגרה אם מתוכננים שסתומים לשחרור לחץ שאינם מחוברים לפיד, או ממערכת של לפיד במקרה של תקלה שבה אינה דולקת אש, או כאשר הלפיד אינו מסוגל לשרוף את כל כמות הגז המופנית אליו. למיטב ידיעתי ומתוך הבנתי את המערכות המתוכננות בלוויתן (שכאמור אינה מקצועית בתחום ההנדסה), היחידות הקרות לשחרור

⁵ Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control), Pascal Barthe, Michel Chaugny, Serge Roudier, Luis Delgado Sancho, 2015.

⁶ ENVIRONMENTAL, HEALTH, AND SAFETY GUIDELINES OFFSHORE OIL AND GAS DEVELOPMENT, World Bank Group, June 2015.

⁷ Eman A. Eman, GAS FLARING IN INDUSTRY: AN OVERVIEW, Petroleum & Coal 57(5), 532-555, 2015.

לחצים המתוכננות באסדת לויתן תהינה מחוברות למערכת איסוף הגזים לייצור אנרגיה, ה-FGRU, כלומר לא ייתכן cold vent במצב של שגרה. מתוכננות שתי מערכות של לפיד. לפיד בלחץ נמוך מיועד להוות שכבת הגנה שניה למערכת איסוף הגזים להפקת אנרגיה. הגזים המושבים אמורים לשמש, כאמור, כדלק במערכות האנרגיה של האסדה. אם מסיבה כלשהי מערכת זו לא תתפקד, אז הגזים יופנו לשריפה בלפיד בלחץ הנמוך. לפיד זה מורכב ממספר זרועות שבהן דולקת אש – דבר המקטין את הסיכוי לכשל מוחלט. הלפיד בלחץ גבוה הוא לפיד המיועד לספיקות גדולות יותר וללחצים גבוהים יותר שעלולים להתרחש מלחץ גבוה בצינורות ראשיים באסדה. מערכות אלו אינן חסיונות כמובן מתקלות, אולם בתכנון ובתפעול נכון ניתן אף להגיע לרמות יעילות גבוהות מאד (לדברי המשרד להגה"ס אף ל- 99% של הפחתת הפליטות).

בהינתן העובדה שבאסדת לויתן לא מתוכנן שימוש ב-TEG, מתוכננת מערכת FGRU, מערכות פריקת לחץ של cold vent מתוכננות להיות מחוברות ל-FGRU, ומתוכננות שתי מערכות של לפידים, הרי שלפי מיטב הערכתי, רמת פליטה של פי שתיים מהפליטות הנוכחיות של אסדת תמר שהיא פי 10 נמוכה יותר מקצב הפליטה של מודל הפרופסורים היא בהחלט הרמה המחמירה ביותר שסביר היה לבדוק במצב שגרה.

עתה אומר כמה מילים על פליטות בעת תקלה. תקלות מתרחשות ועלולות להתרחש במערכות רבות וכמובן גם באסדה. האמת ניתנת להיאמר כי המודלים וחישובי הפיזור שהוגשו על ידי נובל לא בחנו את הריכוזים הצפויים בתרחישי תקלה שונים, וחבל שכך. עם זאת, קצב הפליטה שנלקח על ידי הפרופסורים מתקלה אמיתית שהייתה באסדה במפרץ מקסיקו עשויה להיות תרחיש תקלה אחד מכמה תרחישים שהיה כדאי לבדוק. ישנן תקלות שונות כמו שיש תאונות דרכים שונות. כאשר מתרחשת תאונת דרכים היא יכולה להיות תאונה חמורה וקטלנית הגורמת לאבדן חיי אדם ולהרס מוחלט לרכב, והיא יכולה גם להיות תאונה קלה הגורמת לפגיעה קלה בלבד בפח הרכב. באופן דומה, יכולות להיות תקלות באסדה הגורמות לשחרור מוגבר של מזהמים לאוויר בלא להשבית את פעולת האסדה, או שיכולות להיות תקלות שנגרמות מתרחישי אסון מוחלט המביאים להרס נרחב באסדה או לשבר בחלקים גדולים ממנה ובצנרת. במצב החמור צפויות, כמובן, פליטות גבוהות יותר, אך סביר כי לזמנים קצרים מאד כיוון שאז תיפסק הפקת הגז מהבאר וייסגרו השסתומים והברזים במקטעים השונים של הצנרת. התרחשות של תקלת שבר חמורה גם לא בהכרח תתרחש בדיוק ביום שבו תנאי הפיזור האטמוספרי הם החמורים ביותר מבחינת זיהום האוויר, אלא רק בהסתברות מסוימת. ניתן להתייחס לתוצאות מודל הפרופסורים כאל סימולציה של 365 תקלות מהסוג הראשון בנות שלושה ימים כל אחת. תקלה חמורה יותר לא נבדקה גם על ידי הפרופסורים. אני סבור כי כדאי

לבצע בדיקה משלימה של תרחישי תקלות שונות, הסתברות התרחשותם וההשלכות הנובעות מכך על איכות האוויר הצפויה, לרבות תקלה מהסוג החמור. בשלב זה, לנוכח זיהום האוויר הנמוך הצפוי בחוף בעת שגרה ולנוכח תוצאות הרצת מודל הפרופסורים שאליהן ניתן להתייחס כאל זיהום האוויר הצפוי בתקלה (על אף שמערכות האסדה מצמצמות את הסיכוי לקצב שחרור כזה), אני סבור שהרצות נוספות של תקלה כבר אינן רלוונטיות לוויכוח על מיקום האסדה. תהיה להן רלוונטיות בדרישות הרגולטוריות הנדרשות ממפעילי האסדה.

פרק ב: סוגיות נוספות הקשורות לזיהום האוויר מאסדת לויתן

בשיח הציבורי בעניין זיהום האוויר הצפוי מהאסדה הועלו כמה טענות נוספות. בפרק קצר זה אתייחס לטענות אלו, וכן אוסיף עוד נקודות נוספות.

1. הטענה: הרצת המודל שהוצג בתנ"ס (תכנית הניהול הסביבתי שהוצגה על ידי

חברת נובל אנרג'י) בוצעה על ידי נובל ולא על ידי גורם בלתי תלוי. טענה זו היא נכונה, אך בלתי רלוונטית לחלוטין לשאלת מיקום האסדה. השיטה הנהוגה בארץ והמקובלת במקומות רבים בעולם, והמעוגנת מבחינה חוקית בתקנות התכנון והבניה (תסקירי השפעה על הסביבה), תשס"ג-2003 היא שמגיש התכנית לאישורם של מוסדות התכנון (היזם) חייב בהגשת תסקיר השפעה על הסביבה (תסקיר שבמסגרתו גם מתבצעת הערכת זיהום האוויר באמצעות מודלים). מגיש התכנית מבצע את התסקיר בהתאם להנחיות היועץ הסביבתי של מוסד התכנון, או המשרד להגה"ס, והם שבודקים את שלמותו ואת תוכנו. לאחר מכן משמש חומר זה כחלק מהתשתית הנדרשת לקבלת ההחלטה.

הליך הבחינה של ההשפעה הסביבתית של תכנית מתואר בסעיף 5 לתקנות משנת 2003:

הליך הערכת השפעה על הסביבה

5. אלה שלבי הליך הערכת ההשפעה על הסביבה:

- (1) החלטה בדבר הכנת תסקיר ודרישה להכנת הצעת הנחיות בידי מוסד התכנון;
- (2) הכנת הצעת הנחיות – בידי היועץ הסביבתי או לפי תקנה 7;
- (3) מתן הנחיות – בידי מוסד התכנון;
- (4) עריכת התסקיר והגשתו – בידי מגיש התכנית;
- (5) בדיקת התסקיר ומתן חוות דעת לגביו – בידי היועץ הסביבתי;
- (6) דיון בתסקיר כחלק מהדיון בתכנית והחלטה לגביהם ולגבי חוות הדעת בידי מוסד התכנון.

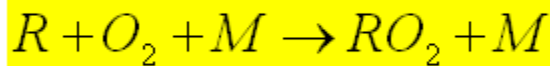
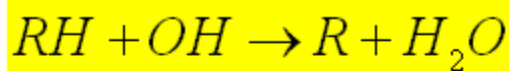
יש לציין כי עמותת אדם טבע ודין העלתה בעבר השגות רבות על שיטה זו ואף ניסתה ליזום תיקוני חקיקה בעניין שלא צלחו עד כה. עם זאת בלתי ניתן לשנות שיטה זו באופן חד פעמי לרגל שאלת מיקום האסדה בלבד, ותיקון חקיקה, אם יהיה בעתיד, לא יחול רטרואקטיבית על מקרי העבר. יש לציין כי גם לו היה מוחלט על הקמת אסדה צפה בלב ים גם אז הייתה כנראה חברת נובל נדרשת להגיש הערכה של ההשפעות הסביבתיות שנגרמות מכך, וגם אז זה לא היה מתבצע על ידי גורם בלתי תלוי. נקודה חשובה שראוי להזכיר שוב במקרה האסדה היא שלאחר ביקורת הפרופסורים נרתם המשרד להגנת הסביבה לבדוק בעצמו את זיהום האוויר הצפוי, וכן הפרופסורים

עצמם ביצעו בדיקה כזאת (בדיקה פרו בוו שאינה חלק מההליך הפורמלי). באופן זה קבלת ההחלטה התקבלה אמנם על בסיס המודל של נובל, אולם בניגוד לפרויקטים אחרים בעבר, יש כיום שתי בדיקות נוספות שלא בוצעו על ידי היזם. כפי שכבר תואר לעיל, להערכתי כל מכלול הבדיקות שנעשה בתחום זיהום האוויר אינו מצטבר לכדי תמונה של אסון מתקרב המצדיק את הזזת האסדה, ובפרט בשלב זה של תהליך קבלת ההחלטות.

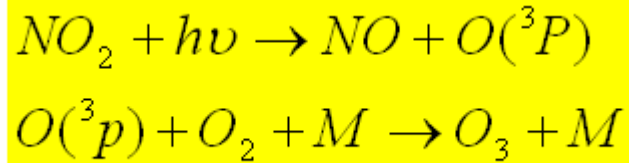
2. הטענה: לא נבדקה השפעת הפליטות מהאסדה על ריכוזי האוזון בארץ. גם טענה

זו היא נכונה אך בלתי רלוונטית לוויכוח על מיקום האסדה. אוזון הינו מזהם אוויר שניוני, כלומר מזהם שאינו נפלט ישירות ממקורות פליטה שונים (גם לא מהאסדה), אלא נוצר בתהליכים כימיים באוויר. בשכבות הגבוהות של האטמוספירה (הסטרוטוספירה) קיימת שכבת אוזון טבעי המגינה עלינו מהקרינה האולטרה סגולה של השמש, ולא עליה מדובר כאן ("האוזון הטוב"). בשכבה הנמוכה ביותר של האטמוספירה (הטרופוספירה) ריכוזי האוזון הטבעי נמוכים, אך ריכוזים גבוהים יותר ולעיתים גבוהים מאד נוצרים באוויר. בשכבה זו אוזון נחשב כמזהם אוויר בשל השפעתו המזיקה על הבריאות שלא תפורט כאן ("האוזון הרע"). תהליך יצירת האוזון מצריך תחמוצות חנקן (NOx) ופחמימנים (שכוננו בחוות דעת זו בשם תרכובות אורגניות נדיפות, או VOC, ומתוארות בנוסחאות הבאות כ-RH). אלה יוצרים את האוזון בתהליך פוטוכימי, כלומר בתהליך שמצריך את אנרגיית השמש. התהליך הכימי מתואר באופן סכמטי בשרשרת הריאקציות הכימיות הבאות:

פליטות טריות של תחמוצות חנקן מורכבות ברובן מחנקן חד חמצני (NO). פחמימנים המצויים באוויר (RH) גורמים בשרשרת של תהליכים לחנקן החד חמצני להתחמצן לחנקן דו חמצני (NO₂).



עתה, החנקן הדו חמצני גורם לחמצן ליצור אוזון (O3):



אוזון הוא אחד המרכיבים בענני הזיהום הקרויים בשם "ערפיח" (שילוב של המילים ערפל ופיח), הנוצרים במקומות רבים בעולם וגם בישראל. יש לציין בעניין האוזון כמה נקודות:

- ענני האוזון והערפיח אינם מהווים בעיה מקומית, אלא בעיה מרחבית. אוזון נוצר ומתפזר בטווחים שמגיעים גם לעשרות או מאות קילומטרים.
- תהליכי יצירת האוזון מורכבים יותר ממה שתואר כאן. ישנם תהליכים שיוצרים אוזון וישנם תהליכים שהורסים אוזון, והם מתקיימים בתנאים שונים בקצבים שונים. הם תלויים לא רק בריכוזי תחמוצות החנקן והפחמימנים, אלא גם ביחסים ביניהם, וגם בהרכב הפחמימנים. לפיכך, תוספת של זיהום עשויה במצבים מסוימים להגביר את ייצור האוזון ובמצבים אחרים להאט אותו.
- חיזוי של השפעת פליטות על ריכוזי האוזון הינו מסובך ביותר. כבר הוסבר לעיל מודלים של פיזור מזהמי אוויר, וכן צוין שיש גם מודלים מטאורולוגיים מקדימים המזינים בנתונים מטאורולוגיים את מודלי הפיזור. כאן קיימת אפשרות נוספת של שימוש במודל כימי, המתאר ומחשב את התהליכים הכימיים באטמוספירה, המופעל לאחר מודל הפיזור. מודל הפיזור מחשב ריכוזים עבור חומר שמתפזר, אך אינו משתנה, ואילו המודל הכימי מתאר את התהליכים הכימיים המתקיימים באוויר. יש לציין כי למודל מסוג זה צריך להזין ריכוזי התחלה של תחמוצות חנקן ופחמימנים שונים, ופליטות בשטח נרחב לרבות מקורות תעשייתיים ותחבורתיים בכל שטח המודל (לרבות הבדלים הצפויים בפליטות מתחנות הכוח הפחמיות⁸), שבמקרה האסדה צריך להיות רחב בהרבה מהטווח שבין האסדה לחוף.

⁸ ההפחתה הצפויה בפליטות מתחנות הכוח הפחמיות בחדרה עם המעבר לגז הוזכרה בחו"ד זו אך בנגיעה. נקודה נוספת שניתן להזכיר בהקשר זה (על אף שסעיף זה עוסק באוזון) היא שתחנות כוח פחמיות הינן המקור האנתרופוגני (מעשה ידי אדם) הגדול ביותר לפליטת כספית. חומר מזהם זה הינו בעל השלכות בריאותיות שליליות לאדם והוא פוגע גם במערכת האקולוגית הימית ומצטבר בשרשרת המזון. באוקטובר 2013 חתמה

יש לציין כי ריכוזי אוזון גבוהים הם בעיה סביבתית חמורה במדינת ישראל, והם נמצאים בעלייה בעשורים האחרונים. עם זאת, חיזוי אוזון הינו פרקטיקה שאינה נהוגה בתסקירי השפעה על הסביבה, וגם במקרה האסדה אין זה סביר שייצרו פרקטיקה פרטית למקרה זה בלבד. גם אילו היו עושים זאת, היה צריך לבצע את הבדיקה לשתי החלופות (האסדה המתוכננת מול חוף דור והאסדה הצפה בעומק הים) כיוון שהאוזון הינו מזהם מרחבי וגם לאסדה הצפה הייתה השפעה עליו (אינני יודע אפרוירי לאיזו חלופה יותר). זאת ועוד, אינני אפילו בטוח שאפשר או שמועיל לבצע חיזוי של ריכוזי אוזון בכל מקרה נקודתי של תכנית לתכנון ובנייה. איכות האוויר במדינת ישראל זקוקה לטיפול טוב יותר בבעיית האוזון, אולם טיפול זה, לרבות הרצת מודלים בתרחישים שונים, צריך להתבצע על ידי המשרד להגנת הסביבה במסגרת התכנית הלאומית להפחתת זיהום אוויר כחלק מהמדיניות הלאומית, ולא באופן פרטי ונקודתי בכל תכנית ותכנית.

3. **דו"ח אדם טבע ודין על פליטות ממאגר תמר.** בנובמבר 2011 התפרסם דו"ח אדם טבע ודין בשם "השפעות סביבתיות של קידוחי הגז. מאגר תמר כמקרה מבחן" מאת פרופ' ניר בקר, דר' ורד בן שלמה, ד"ר אריה ונגר ועו"ד דנה טבצ'ניק. הדו"ח מעלה חשש לדליפות ולפליטות גבוהות של גז טבעי (מתאן) מקידוחי הגז, והוא מעריך את כמות הפליטות הצפויה ממאגר תמר, ולאחר מכן מכמת אותן לערך כלכלי של הנזק שייגרם. פעילים סביבתיים שונים במאבק האסדה העבירו דו"ח זה במקומות שונים על מנת להתלות בו לעניין זיהום האוויר הצפוי מהאסדה. גם כאן הדבר אינו רלוונטי לשאלת מיקום האסדה. הדו"ח מצביע על פליטות ודליפות מבאר ההפקה (המצויה גם במקרה תמר וגם במקרה לויתן הרחק מהחוף), ולא מאסדת הטיפול וההפרדה. בדו"ח זה מדובר על פליטות של גזי חממה ולא על זיהום אוויר. בעיית הפליטות של מתאן מבארות גז היא בעיה שהולכת ומסתברת. העלנו אותה מספר פעמים בעבר, וגם אחרים עשו זאת (לדוגמה, דר' מרים לב און בהרצאה שנתנה בעבר במוסד שמואל נאמן בטכניון). עם זאת, בעיה זו אינה נוגעת לשאלת מיקום האסדה. אין זה משנה כלל מבחינת ההשפעה הגלובלית היכן התקיימה הפליטה. שאלת הפליטות של גזי חממה נוגעת לעתיד ולחזון של משק האנרגיה הישראלי. במצב הנוכחי של שימוש

ישראל (יחד עם עוד כ- 100 מדינות) על אמנת מינמטה לצמצום השימוש בכספית ולהפחתת חשיפת הציבור והסביבה לחומר זה.

באנרגיות מתחדשות ובהתייעלות אנרגטית אין עדיין מנוס (לצערי) מהמשך שימוש בדלקים פוסיליים, ולעניין זה הגז הטבעי עדיף מפחם. עדיפות זו גבוהה בבירור, לפי מיטב הבנתי, בשאלות של זיהום אוויר, אך היא מוטלת בספק בעניין גזי חממה, היות ודליפות המתאן מהבאר מקזזות לפחות חלק מהתועלת שבמעבר לגז טבעי. עניין זה הינו רלוונטי לשאלת פיתוח עתידי של שדות גז נוספים, אך אינו רלוונטי לשאלה הנוכחית של מיקום אסדת לויתן.

4. **ריח.** סוגיה שלא נבדקה ולא הועלתה עד כה היא אפשרות מטרדי ריח מהאסדה. כפי שכבר ציינתי קודם, החשש מזיהום אוויר בחוף שייגרם מהאסדה הוא לפי הבנתי נמוך. עם זאת, חומרים שונים עלולים לגרום למטרדי ריח גם אם ריכוזיהם נמוכים וגם אם הם חומרים שאינם מזיקים לבריאות. למיטב הבנתי בשל אופי החומרים שבאסדה, בשל המרחק מהחוף ובשל מערכות האסדה לא צפויה בעיית ריח בחוף. עם זאת המלצתי, מטעמים של זהירות יתרה, היא לבדוק עניין זה. בדיקה שכבר אינה רלוונטית לשאלת המיקום, אלא כחלק נוסף בשכבות הרגולציה והפיקוח שיתוכננו לאסדה.

פרק ג: מסקנות והמלצות

1. כפי שכבר התפרסם טרם חוות דעת זו, ארגון אדם טבע ודין סבור כי החשש לזיהום אוויר כתוצאה מהאסדה בחוף נמוך. הוא נמוך מאד בשגרה ועל אף האפשרות לזיהום גבוה יותר בחוף במצבי תקלה, הרי שמבנה האסדה יחד עם מנגנוני רגולציה ופיקוח הדוקים, יחד עם הסתברות חלקית (ולא וודאות מלאה) שתקלה חמורה ונדירה תתרחש דווקא בימים של תנאים מטאורולוגיים קשים אנו סבורים כי גם חשש זה אינו חמור. אפילו הרצת המודל ע"י פרופ' ברודאי ופרופ' דיין אינה מראה תמונה של קטסטרופה סביבתית המצדיקה את שינוי התכנית בשלב זה. לאור מה שפורט לעיל אף רחוק מכך.
2. ההחלטה להקים אסדה זו התקבלה כבר לפני כארבע שנים לאחר בדיקות שונות (גם אם לצערנו לא מיטביות), ולאחר שנשקלו שיקולים שונים ולאחר מאבק להעביר את מתקן הטיפול מהיבשה לים. לגז הטבעי תועלות רבות ומוכרות ולדחיית הגעת הגז מלוויתן מחירים כלכליים (שיושנו על הציבור ולא על חברת נובל אנרג'י כמובן) ומחירים סביבתיים לא מבוטלים, כמו גם השלכות על הביטחון האנרגטי של מדינת ישראל. החלטה זו או לפחות חלקים ממנה כבר נבחנו בערכאות משפטיות שונות, ועמותת אדם טבע ודין הפועלת בכלים משפטיים אינה יכולה להתעלם גם מכך.
3. כעמותה הפועלת בכלים משפטיים אדם טבע ודין גם אינה יכולה להתעלם מכך שעל אסדה שמוקמת במים הטריטוריאליים של ישראל חלים חוקי המדינה לרבות החקיקה הסביבתית וחוק אוויר נקי. עובדה זו גם משפרת את יכולת האכיפה והפיקוח של המדינה על האסדה. אסדה צפה במים הכלכליים תהיה רחוקה מן העין ורחוקה מן הלב. לא יחולו עליה חוקי המדינה במלואם, והפיקוח עליה יהיה רופף יותר, חרף העובדה שגם באסדה כזו יש סיכונים סביבתיים ואחרים.
4. חוות דעת זו התמקדה בשאלת זיהום האוויר, ולא עסקה בשאלות אסטרטגיות נרחבות. עם זאת איננו יכולים להתעלם משיקולים כגון השיקול הביטחוני ושיקול של יתירות וביטחון אנרגטי (הפסקה מהירה של ההסתמכות של משק החשמל בישראל על צינור גז אחד בלבד). גם אם יש חילוקי דעות אף בשאלות אלו, הרי שהכנסתם למערך השיקולים בתהליך קבלת ההחלטות אינה בלתי סבירה. מה שהיה הופך אותה לבלתי סבירה הוא קטסטרופה סביבתית לו הייתה צפויה, ואין אנו סבורים שהדבר קרוב לכך. זאת ועוד, התנאים שהציב שר האנרגיה לסגירת תחנות הכוח הפחמיות: חיבור של שלושה מאגרים ושלושה צינורות לחוף (תמר, לויתן וכריש-תנין) ובניית הספק ייצור חשמל חלופי לתחנות שתיסגרנה אינם נראים בלתי סבירים. גם אם טכנית ניתן היה לסגור את התחנות הפחמיות לאלתר, הרי שהחלטה כזאת נושאת בחובה

- סיכונים לא מבוטלים. עמותת אדם טבע ודין היא עמותה הפועלת בתחום איכות הסביבה, עם זאת, חרף העובדה שהעניין הסביבתי הוא בראש מעינינו, אנו מחויבים לגישה של אחריות לאומית וראייה רחבה וכוללת.
5. לאור זאת, אנו סבורים כי החשש הציבורי מזיהום האוויר שייגרם בחוף מהאסדה הינו מוגזם יתר על המידה. החשש מזיהום אוויר אינו עולה עד כדי פעולה להזזת האסדה בהתחשב בזמן ובמחיר. גם אילו היה צפוי בחוף זיהום אוויר גבוה, ואין הדבר כך, מדוע עולה מכך לכאורה מסקנה אוטומטית בדבר הרחקת האסדה? פעולה לשיפור הרגולציה והפיקוח, להוספת מתקני בטיחות וטכנולוגיות סביבה, וכדומה נראית הדבר הנכון בנסיבות העניין.
6. יש צורך להזכיר נקודה נוספת הקשורה לעובדה שהמאבק הציבורי הנוכחי להרחקת האסדה לא התחיל בנקודה נטולת הקשר במרחב ובזמן. ההחלטה על הקמת האסדה באה לאחר שמלכתחילה רצו רשויות המדינה להקים את האסדה על היבשה. לאחר מאבק ציבורי ארוך הוחלט על הקמת האסדה בים במרחק רב יותר ממקומות יישוב ומאנשים. אנו רואים בכך הישג שלו היינו שותפים, יחד עם ארגונים ותושבים נוספים.
7. יצוין כי כל הנאמר לעיל נכון לאסדת לווייתן ולנקודת הזמן הזאת. אנו סבורים כי מאגרי תמר, לווייתן וכריש-תנין מספיקים לכל צרכי משק האנרגיה הישראלי בעשורים הקרובים. אנו אף סבורים כי מיד לאחר חיבור אסדת לווייתן ואף טרם לחיבור מאגר כריש-תנין יהיה כבר אפשרי ורצוי לסגור שתיים מתוך ארבע יחידות הייצור הפחמיות בחדרה העתידות להיסגר, וזאת בסיכון נמוך יותר (בהשוואה לסיכון בסגירתן עכשיו). באשר לחזון משק האנרגיה העתידי: אנו סבורים כי הגז הטבעי הינו דלק מעבר בלבד שיאפשר למדינת ישראל לעבור בתנאים נוחים למשק אנרגיה בר קיימא. איננו סבורים כי יש מקום להקמת תעשיית גז ונפט בים מעבר למאגרים הנ"ל, וכי יש צורך להגדיל בצורה ניכרת את היעדים הלאומיים בעניין אנרגיות מתחדשות והתייעלות אנרגטית. אם חרף עמדתנו זו יתוכננו בעתיד מתקני גז ונפט חדשים, הרי שפרט להתנגדותנו לעצם הקמתם נדרוש גם שיפור ניכר בתהליכי הבדיקה ובתהליכי קבלת ההחלטות.
8. עמותת אדם, טבע ודין תתמקד בשאלות הרגולציה, הפיקוח, הניטור, וכדומה. יש צורך במתן היתרים קפדניים ביותר לאסדה זו, המתבססים על הטכנולוגיות הטובות ביותר להפחתת פליטות, על דרישות תפעוליות וסביבתיות מחמירות, על מערכות ניטור, בקרה ודיווח מתקדמות, ועל שולי ביטחון המתבססים על עיקרון הזהירות המונעת.
9. אנו ממליצים כבר בשלב זה להשלים את הבחינה של אפשרויות התקלה על מנת ליצור תכנית פעולה מתקדמת במקרי תקלות, את הבחינה של האפשרות למטרדי ריח על מנת ליצור תכנית פעולה גם בעניין זה, וכן להתחיל כבר עכשיו בביצוע פעולות ניטור,



כגון ניטור בנזן בנקודות שונות במרחב. יש צורך בשקיפות מלאה ובשיתוף הציבור
בביצוע פעולות אלה.

נספח: הערות נוספות בענייני מדיניות וסיכונים

1. קביעת מדיניות ובחירה בין חלופות היא תמיד עניין מסובך ומורכב. לעיתים קרובות לכל חלופה יש יתרונות וחסרונות שונים וההחלטה מה לבחור מבינהן היא החלטה קשה. הצגת החלופה שנבחרה כחלופה שיש בה רק חסרונות והחלופה של אסדה צפה כחלופה שיש בה רק יתרונות אינה נכונה. בהחלטות מדיניות המקרים של שחור ולבן אינם המקרים הנפוצים.
2. אסדת לווייתן היא מבחינתנו ולהבנתנו עובדה קיימת. האסדה אמנם טרם עוגנה לקרקעית הים, אולם האישורים כבר התקבלו, האסדה נמצאת בתהליך מתקדם של בנייה במפעלים בארה"ב ובקרוב תחל את מסעה לכאן, בבנייה כבר הושקעו השקעות של מאות מיליוני שקלים, ותשתיות הצנרת כבר החלו להיפרס. לפיכך הדרישה בשלב זה לעצור את הקמת האסדה ולהתחיל את התהליך התכנוני מחדש על מנת לבנות אסדה צפה חלופית כמותה כדרישה לסגור את אסדת תמר ולבנות במקומה אסדה צפה.
3. מיד לאחר שהבענו את עמדתנו בפומבי בעד חלופת האסדה שנבחרה צוטטנו בטעות בכלי התקשורת כאילו אמרנו שמאסדת לווייתן אין כל סיכון, ולא היא! אסדת גז אינה שמורת טבע פסטורלית, אלא מפעל גדול שיש ממנו פליטות וסיכונים שונים בעלי השלכות סביבתיות שונות. פעילות המפעל בהחלט גם מעלה חששות שונים שאיננו מזלזלים בהם. לפיכך, כאן המקום להגיד כמה מילים על עניין הסיכונים. גם מאסדה זו, כמו כמובן מכל מערכת טכנולוגית מורכבת המשלבת גם תפעול והחלטות אנושיות ישנם סיכונים. השאלה אינה האם ישנם סיכונים אלא האם הסיכון סביר או לא, האם הסיכון קביל או לא, כיצד למזער את הסיכון, מהן החלטות המדיניות המיטביות, וכדומה. דיון בענייני בטיחות נחלק תמיד לשני חלקים: הערכת סיכונים וניהול סיכונים. הערכת סיכונים (או ניתוח סיכונים) היא שלב מקצועי שבו מנותחת המערכת הנדונה, נבחנות נקודות הכשל שלה והסיכונים מקבלים ביטוי מתמטי-סטטיסטי בדמות סיכויים או הסתברויות לכל מיני תקלות ותרמישים. מההסתברויות ניתן להעריך תוחלת לנזק או לתחלואה או לתמותה מתקלות שונות, כאשר התוחלת היא מכפלת הסיכוי לתקלה בנזק שיגרם ממנה. השלב השני של ניהול הסיכונים הוא השלב שבו מתקבלות ההחלטות בתנאי חוסר וודאות מלאה. החלטות אלו מתבססות על הערכת הסיכונים, אך הן כוללות שיקולים רבים נוספים שאינם מדעיים, ואין עבורם "נוסחה" פשוטה ומקובלת, ובהם בעניין שלפנינו הצורך באסדה, הערכת התועלת מול הסיכון, תעדוף החלופות, שיקול כלכלי, מידת הרצון לקחת סיכונים, מידת התמיכה או ההתנגדות הציבורית המבוססת על תפיסת הסיכון, ועוד.

אתן דוגמה שתסבר את העין בנוגע למורכבות תפיסת הסיכונים. בתאריך 03/05/2017 הופיע באתר החדשות ynet עדכון החדשות הבא:

updates
ynet

ישראלי נפטר במהלך טיסה בשל בעיה רפואית

Recommend 0

משרד החוץ מסר כי אזרח ישראלי בן 32 נפטר במהלך טיסה ממדריד למיאמי, בשל בעיה רפואית. הישראלי, שטס עם אשתו לחופשה, איבד את ההכרה לאחר שסיים לאכול את הארוחה במטוס, ואשתו העלתה את האפשרות כי נפטר בעקבות אלרגיה למזון.

המחלקה לישראלים בחו"ל וקונסול ישראל במיאמי מסייעים בהעברת הגופה לישראל.

(איתמר אייכנר)

03/05/2017

09:36

◀ מבקרים ▶

אנו שומעים על מקרים מצערים כגון זה מדי פעם כאשר נוסע במטוס מקבל לדוגמה התקף לב או בעיה אחרת, ואין אפשרות להעניק לו טיפול מיטבי באוויר. אין כל ספק כי אילו בכל מטוס של כל חברת תעופה בעולם היה מוקם בית חולים שדה במקום חצי מתא הנוסעים וכן היה מוטס צוות רפואי, היו נחסכים חיי אדם של מספר אנשים בשנה וזאת במחיר כלכלי אדיר ממדים. במילים אחרות, אפשר בהשקעה כלכלית להוריד את הסיכון הקיים בטיסה במטוס (מדובר כאן כמובן על אחד הסיכונים ממכלול הסיכונים הקיימים בטיסה במטוס). סביר להניח שרוב האוכלוסייה בעולם מוכנה לטוס גם בסיכון מוגדל במידת מה ללא בית חולים שדה במטוס, ובלבד שמחירי הטיסה לא יעלו באופן קיצוני ומספר המקומות בטיסות לא ירד לרמה שתצריך תורים ארוכים עבור כל טיסה. סיכון זה נתפס כסיכון סביר. כאן עולה השאלה העקרונית הנוגעת לענייננו: How safe is safe enough? גם באסדת הגז המתוכננת ישנם סיכונים שונים כמובן, כמו גם בחלופות לה, ואל מול סיכונים אלה ישנם אמצעי בטיחות שונים. השאלה בנוגע להקמת אסדה אינה האם יש סיכון או אין, אלא אילו סיכונים אנחנו מוכנים לקבל ואילו לא, או במילים אחרות כמה בטוח זה מספיק בטוח? לשאלה זו אין תשובה מדויקת ומדעית יחידה, אלא גישות שונות הקובעות קריטריונים שונים. בטוח מספיק יכול להיות, לדוגמה, כאשר תוחלת הנזק הכוללת המחושבת (הסכום של סך כל הנזקים) אינה עולה על סף מספרי לתוחלת הנזק הקבילה שאותה מגדירים מומחים או הרשויות המוסמכות (גישה הקובעת מעין תקן), כאשר טכנולוגיות הבטיחות שישומו הן



הטכנולוגיות הטובות ביותר המוכרות, כאשר מרחקי הבטיחות שנקבעו הם גדולים, כאשר הרווח הצפוי נתפס כגדול בהרבה מהסיכון, כאשר ההשקעה הכספית באמצעי הבטיחות גדולה מאד, ועוד.

אין בידנו לפתח ולהציע בדו"ח זה תורה שלמה של ניהול הסיכונים הרלוונטי למקרה האסדה, אולם להערכתנו רמת הסיכונים המוצגת בשיח הציבורי בעניין זיהום האוויר הינה מוקצנת, בעוד שהתועלת מהקמת האסדה מוצנעת. להבנתנו תוספת זיהום האוויר הצפויה, שהיא להבנתנו קטנה מאד, מצדיקה את הרווחים בהקמת האסדה.

נכתב ע"י דר' אריה ונגר, 01/08/2018