



## **לשים סוף לדיאוקסינים: דיאוקסינים, פוראנים ופינילים באוויר**

**לוסיה ברגובוי-ילין, מלגאית "עמית אברט" בקואליציה לבריאות הציבור**

### **הקדמה**

הוועדה לקביעת ערכי ייחוס סביבתיים למזהמים כימיים באוויר<sup>1</sup> פרסמה בשנת 2006 דו"ח מפורט והמלצות לערכי ייחוס סביבתיים עבור כ- 110 מזהמים כימיים הנפלטים ממקורות תעשייתיים בארץ (אלמוג וחוב', 2006). במסמך נקבע ערך ייחוס שנתי מומלץ המבטא את הריכוז המרבי המותר של מזהם מסוים באוויר, אשר בחשיפה נשימתית אליו במשך כל החיים לא צפויות להיגרם תופעות בריאותיות שליליות לאוכלוסיה, כולל הקבוצות הרגישות שבה: ילדים, חולים וקשישים. עבור דיאוקסינים, הנחשבים רעילים ביותר לאדם, (TCDD) הומלץ על ערך ייחוס שנתי  $300 \text{ fg TEQ} / \text{m}^3$  וערך ייחוס יומתי  $900 \text{ fg TEQ} / \text{m}^3$ . כיום, בשנת 2011, נכנס לתוקף חוק אוויר נקי בישראל. למרות הצעד המבורך, נעדרים ממנו חומרים מסרטנים רבים, בהם דיאוקסינים.

מטרת התחקיר היא למקד את הידע הקיים בעולם ובארץ בנושא דיאוקסינים ביחס לערכי הייחוס שנקבעו. במסמך זה מרוכזים מידע על תקני הפליטה ונתונים על ערכי הייחוס ממדינות ומארגונים מהמובילים בעולם, הן במדיניות אקטיבית וחקיקה בנושא זה והן בהצלחתן המוכחת בצמצום ריכוזי הדיאוקסינים.

### **1. מבוא**

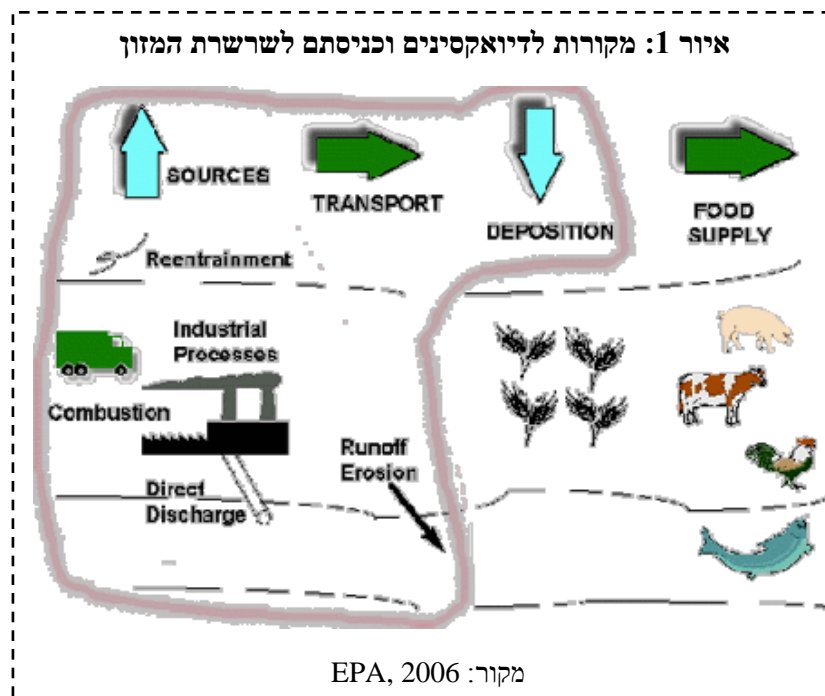
#### **1.1. רקע על דיאוקסינים**

במדינות מערביות שונות, גוברת הדאגה לגבי קבוצת החומרים דיאוקסינים ודמויי דיאוקסין (Dioxin-like). קבוצה זו כוללת 29 חומרים המחולקים לשלוש קבוצות: 7 חומרים בשם polychlorinated dibenzo-p-Dioxins הנקראים בקצרה "דיאוקסינים" (Dioxins), 10 חומרים בשם polychlorinated dibenzo-Furans הנקראים "פוראנים" (Furans) ו-12 חומרים בשם פינילים עתירי כלור (coplanar).

<sup>1</sup> ועדת אלמוג במינוי מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה דאז, ד"ר מיקי הרן.



PCBs<sup>2</sup> ובקצרה "ביפנילים" (UNEP, 2009). 17 החומרים בשתי הקבוצות הראשונות (ראו פירוט בנספח 1) מוגדרים כ"מקור לדאגה" (WHO, 2010) והם חלק מקבוצת החומרים הכימיים היציבים (POPs) הנידונים במסגרת ועדת סטוקהולם השואפת לצמצום, תוך מציאת פתרונות וחומרים חלופיים. הדיאוקסינים הם חומרים כלורו-אורגנים ארומטיים הבנויים משתי טבעות ארומטיות עם גשר חמצן ביניהן; כאשר הגשר מורכב משני אטומי חמצן, החומר נקרא "דיאוקסין", וכאשר חמצן בודד מקשר בין הטבעות החומר נקרא "פוראן". PCBs הם תרכובות אורגניות בעלות 1-10 אטומים של כלור הצמודים לביפניל (מולקולה המורכבת משתי טבעות בנזן). חומרים אלו מתאפיינים בתכונות ביו-כימיות ופיסיקליות דומות: יציבות גבוהה, מסיסות נמוכה במים לעומת מסיסות גבוהה בשומן וכן רמות רעילות גבוהות גם בריכוזים נמוכים מאד.



<sup>2</sup> ביחס לרעילות, מקובל לסווג את תרכובות PCB לשני סוגים: הסוג הראשון (coplanar) הוא בעל מבנה כימי קשיח יחסית, ובו שתי טבעות הפניל ממוקמות על אותו משטח. סוג זה רעיל ביותר, במיוחד כשהוא מעורבב עם דיאוקסין. בתערובת כזו, ה-PCB מגביר את רמת הרעילות של חומרי הדיאוקסין שבהם הוא מעורב. בסוג השני (Noncoplanar) שתי טבעות הפניל ממוקמות בניצב זו לזו, ורעילותו פחותה. הוא אמנם גורם לשיבוש במערכת העצבית והפרעות אנדוקריניות, אבל רק אם הוא בריכוז גבוה מאד (ל"ב).



## 1.2 היווצרות דיוקסינים

דיאוקסינים נוצרים בעקבות תהליכים תרמיים טבעיים בהתפרצות געשית, שריפת יערות וצמחייה, ובעקבות פעילות עירונית ובעיקר תעשייתית. הדיאוקסינים נפלטים מארובות המפעלים ויחד עם חומרים רבים, נספחים לחלקיקים קטנים ( $PM_{2.5}$ ; UF) הנפלטים יחד איתם או הנמצאים בסביבה הטבעית ומרחפים עד לשקיעתם בסביבה הקרובה והרחוקה: קרקע, בע"ח, צמחייה ובני אדם. גורמי הפליטה העיקריים של דיאוקסינים ופוראנים הם: תהליכי ייצור מתכות ברזליות ואל ברזליות, תהליכי טיפול תרמי בפסולת וכן במהלך שריפת חומרי הדברה ושריפה פנימית במטמנות פסולת.

מדד יציבות הדיאוקסין מתבטא גם בזמן מחצית החיים שלו<sup>3</sup>. זמן מחצית החיים של הדיאוקסינים קצר יחסית באוויר, במים ובצמחייה (ימים-שבועות). למרות זאת, בגוף האדם זמן מחצית החיים של דיאוקסינים עולה לטווח של 7-11 שנים ועולה לעשרות ומאות שנים בקרקע ובסדימנטים. מכאן, גם אם תעצר לאלתר פליטת הדיאוקסינים לאוויר, ריכוזים מפליטות קודמות ממשיכים להוות מקורות לזיהום שרשרת המזון ולהוות גורם סיכון משמעותי עבור גוף האדם (WHO, 2010; Lorber et al, 2007; UNEP, 1999). כלומר, ריכוזים נמוכים שהצטברו במוצרי מזון, בעיקר אלו המכילים שומנים: בשר פרות ועופות, דגים, ביצים וחלב, מגיעים לגופנו ומתרכזים ברקמות השומניות (איור 1). בני אדם נחשבים לקבוצת אורגניזמים הרגישה לרעילות הדיאוקסינים הנחשפים אליהם בדרכים ישירות דרך הפה כולל שאיפת אוויר, חשיפה עורית וחשיפה עינית, וכן בדרכים עקיפות: מזון ומים ואף העובר נחשף לדיאוקסינים דרך הדם הטבורי ובחיוו כילוד דרך ההזנה בחלב אם.

עיקר החשיפה של בני אדם לדיאוקסינים (95%) מקורה בתזונה (Lorber et al, 2007) ובשנים האחרונות, התפרסמו מספר אירועים חריגים בהם נמצאו ריכוזים גבוהים של דיאוקסינים במשק החי (EUROPA, 2011). באוסטרליה נערכו בשנת 2006 בדיקות דם בקרב דייגים ומשפחותיהם הסמוכים וניזונים מדגי נמל סידני. הממצאים החריגים הראו רמות גבוהות ביותר של דיאוקסינים בדם והנמל נסגר. בשנת 2007 נאסר לשימוש בשוויץ תוסף מזון טבעי המיובא מהודו אשר הכיל תכולת דיאוקסינים גבוהה, בבדיקת מקורות הדיאוקסינים נמצא כי הריכוז הגבוה הוא תוצאה של ריסוס הגידולים בהודו. בבלגיה למשל, נמצאו ריכוזים גבוהים של דיאוקסינים ופוראנים בבשר תרנגולות. בסוף שנת 2010 ותחילת שנת 2011, נמצאו בגרמניה רמות גבוהות של דיאוקסינים בביצים המיוצאות להולנד ובריטניה וכן בתערובות

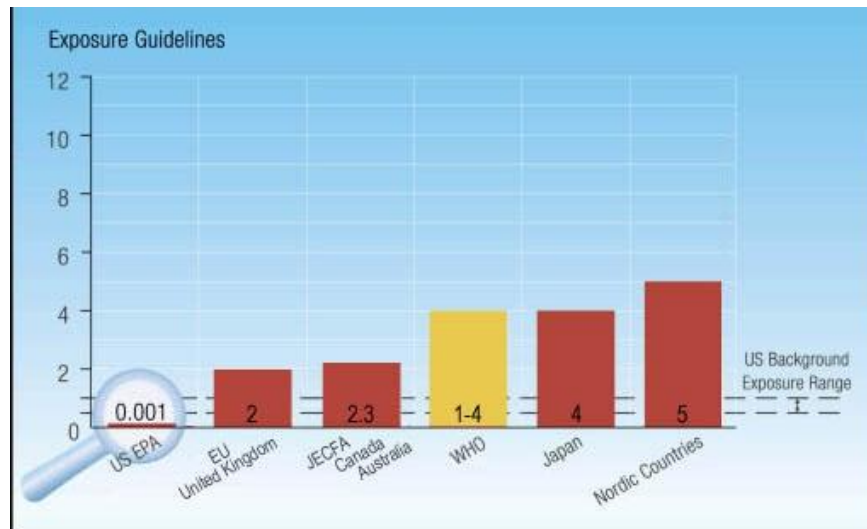


נגועות המסופקות למשקי גידול חזירים, עופות מטילות ביצי מאכל ותרגולי הודו. בעקבות הממצאים, הוטל סגר על כ- 4,700 משקי גידול. במקביל, הרשויות באיטליה מצאו רמות גבוהות בביצים ואסרו את שיווקן וכן הוטל הסגר על משק המקור. בעקבות המקרים מסוג זה, במדינות מערביות בעולם קבעו קווים מנחים מחמירים לחשיפה זו (איור 2).

דרך נוספת לחשיפה לזיהום מדיאוקסינים היא דרך האוויר לאחר פליטתם ממקורות ראשיים ומשניים של הזיהום. תרומת דרך זו לזיהום הסביבה ופגיעה בבריאות האדם משמעותית בשל העקביות בפליטת הדיאוקסינים וחדירתם לשרשרת המזון, כך שהשפעתם ניכרת לאורך שנים רבות. במדינות המערביות, מקובל להתייחס בכובד ראש לשתי החשיפות הללו, תוך פעילות עקבית להמשך צמצום הפליטות של דיאוקסינים במקביל לצמצום הריכוזים שלהם במוצרי המזון.

### איור 2: קווים מנחים לחשיפה דיאוקסינית יומית בתזונה (TDI)

### לפי מספר מדינות וסוכניות ממשלתיות (pg TEQ/kg-bw/day)



מקור: ARCC, 2011

<sup>3</sup> זמן מחצית חיים: הזמן (שעות, ימים, שבועות ועד מיליוני שנים) שלוקח לריכוז מסוים של מזהם לדעוך במחצית הכמות ההתחלתית (Ogura, 2004).



ערך הייחוס של USEPA המוצג בתרשים זה (0.001) תיאורטי ונמוך מהערך המומלץ רשמית  $0.07 \text{ pg TEQ/kg-bw/day}$ . בישראל, הומלץ על רמה של  $5 \text{ pg TEQ/kg-bw/day}$  (הועדה הבינמשרדית לחומרים מסרטנים, מוטגנים וטרטוגנים, 2010) בדומה למדינות הנורדיות הנמצאת בקצה העליון של טווח ערכי הייחוס המוצגים בתרשים ( $0.001-5 \text{ pg TEQ/kg-bw/day}$ ). כיום, המגמה בכל אותן מדינות היא להחמיר את הערכים המומלצים (ARCC, 2011).

### 1.3 השלכות בריאותיות

כפי שתואר, הדיאוקסינים מתאפיינים ברעילות גבוהה בריכוזים נמוכים ויציבות לאורך שנים מבלי להתפרק. ספציפית, 2,3,7,8-tetrachlorinated dibenzo-p-dioxin (להלן TCDD) חומר זה מהווה כ-10% מכלל הקבוצה הדיאוקסינית (PCDD & PCDF) (, ) , אך חומר מעשה ידי אדם זה מוגדר כרעיל ביותר ומסרטן ודאי לאדם. בנוסף, חשוב להתייחס להשפעות הסינרגיות של תרכובות של חומרים מסוגים שונים אשר כוללים דיאוקסינים (UNEP, 2010; USEPA, 2009; IRAQ, 1997); מדינת ישראל, 2010).

מלבד היותו חומר מסרטן, הדיאוקסין פוגע במערכת העצבים ובעור ומזיק לכבד. בנוסף הוא פוגע גם באיכות הזרע של גברים, פוגע בעוברים ומחליש את המערכת החיסונית. במחקרים שנעשו במדינות רבות בעולם נמצא כי חשיפה לרמות שונות של דיאוקסינים גורמת לפגיעה בהתפתחות מערכת העצבים, פיגור שכלי, אוטיזם וסרטן, כגון סרטן ריאות וסרטן הדם. לדוגמא, קבוצת מחקר בחנה את השפעת החשיפה לפליטות מסרטנות ממשרפות במהלך השנים 1970-1980: תערובת של מתכות כבדות, תערובת של דיאוקסינים, פוראנים ו-PCB, וחלקיקים ( $PM_{10}$ ). עשר שנים לאחר מכן, בשנים 1990-1999, נצפו 135,000 מקרי סרטן בארבעה מחוזות. מחקר אקולוגי זה מראה קשר חיובי מובהק בין החשיפה לפליטות של משרפות של אשפה ביתית ועלייה בסיכון של 6%-23% בתחלואה מסוגי סרטן שונים אצל נשים וגברים, בפרט בקרב נשים, כולל סוג נדיר של סרטן Non-Hodgkin Lymphoma. יתרה מזאת, המחקר מאשר את יעילות האמצעים השונים שנקטו להפחתת הפליטות של המזהמים במפעלים האלו מאז סוף שנות ה-90 של המאה העשרים (Fabre et al., 2007).



## 2. רמות זיהום אוויר מדיאוקסינים

### 2.1. תמונת מצב בעולם

מדינות רבות באירופה (ראו נספח 2), וכן בארה"ב ובקנדה הצליחו להפחית את פליטות הדיאוקסינים לסביבה בטווח של 80-90% ומעלה, עד לרמות של עשרות גרמים (CEPA, 2010; FDA, 2010; EEA, 2010; UNEP, 2003; USEPA, 2003; 2005).

מעבר לשגרת היום יום, התרחשו בעולם מספר אירועי זיהום דיאוקסיני חריגים. לדוגמא: האירוע הידוע בשם "תקרית סבסו" (Seveso) התרחש בשנת 1976 באיטליה, כתוצאה מתגובה אקזותרמית שיצאה משליטה במפעל לייצור חומרי הדברה. למרות שלא היו נפגעים בנפש באופן מיידי, השתחררו לאוויר ק"ג רבים של דיאוקסינים יחד עם ענן אדים סמיך וכיסו שטח נרחב של כ- 15 קמ"ר וגרמו זיהומי קרקעות וצמחיה. בעקבות כך, כ- 600 איש פונו מבתיהם וכ- 2000 איש טופלו לאחר הרעלת דיאוקסין. התקרית הובילה לקיומה של הדירקטיבה הסבסו-אירופית למניעת תאונות דומות וכן היוותה בסיס למחקרים ולהמלצת USEPA משנת 2009 להחמרת ערך ה-RfD (ראו פרק 3).

### 2.2. תמונת מצב בישראל

נכון לשנת 2009, שטח ישראל<sup>4</sup> הינו 21,643 קמ"ר יבשתי וצפיפות האוכלוסייה שבה מהגבוהות בעולם, עומדת על 328.7 נפש לקמ"ר יבשתי. גידול האוכלוסייה עמד על 1.8% עד סוף שנת 2025 צפויה אוכלוסיית ישראל למנות כ- 9.3 מיליון נפש, גידול של כמעט פי 1.5 מאז שנת 2000, כלומר, תוספת של 116 אלף איש בממוצע לשנה (למ"ס, 2010).

בשנת 2005 ננקטו צעדים רגולטורים ראשונים בנוגע לפליטות דיאוקסינים כאשר השר לאיכות הסביבה<sup>5</sup> ממנ שתי קבוצות של מדענים אשר ביצעו הערכה של מצאי הדיאוקסינים בסביבה ומקורותיהם. חשוב לציין כי הנתונים המוצגים בדו"חות להלן הינם תוצאות הערכות אשר בוצעו על בסיס הקריטריונים של ארגון האו"ם (Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan releases, UNEP) ואינם מסתמכים על מדידות. אחד החוקרים הגיש דו"ח למשרד להגנת

<sup>4</sup> שטח ישראל, כולל מזרח ירושלים ורמת הגולן.

<sup>5</sup> השר של משרד לאיכות הסביבה דאז (לפני שהוחלף שמו למשרד להגנת הסביבה בשנת 2006): מר שלום שמחון.



הסביבה (גיל כ"ץ, 2005) ובו מצוין כי אחד המקורות העיקריים בישראל לפליטות דיאוקסינים בשנת 2002 הינם **מפעלי מתכות כאשר כל מפעל פולט כמות דיאוקסינים פי עשרה מהמותר**. בשנת 2008 פורסמה הערכה נוספת לדיאוקסינים בישראל לשנת 2005 (אלפרט וחוב', 2008). לפי תוצאות הערכה זו, הפליטה הכוללת של דיאוקסינים בכל מרכיבי הסביבה לשנת 2005 היא כ- 303 TEQ גר', מתוכה כ- 11% נפלט לאוויר. הפליטה הסגולית<sup>6</sup> של דיאוקסינים לאוויר בשנה זו עמדה על כ- 4.58 גר' לשנה ומליון תושבים ונמצאה נמוכה מזו הממוצעת במדינות אירופאיות המפקחות על הפליטות (TEQ 5.7 גר' לשנה ומליון תושבים). עם זאת,, הפליטה הסגולית של דיאוקסינים מבערה שאינה חלק מפעילות תעשייתית בישראל, נמצאה נמוכה משמעותית, כמעט בשני סדרי גודל מהממוצע האירופאי. כמו כן, הפליטה מבערה בתעשיית הייצור בישראל נמצאה גבוהה פי שלושה מהממוצע האירופאי ונמצאת ברמה דומה לפליטות הסגוליות בבלגיה, שוויץ, אנגליה ודנמרק. מדינות אלו מתועשות ברמה גבוהה יותר מישראל ולכן, שיערו כי במדינות הללו תהליכי הייצור מזהמים פחות וכי אמצעי הטיפול בגזי הפליטה טובים יותר מאשר אלה הקיימים בישראל.

נמצאו הבדלים משמעותיים בין שתי ההערכות. לפי ההערכה לשנת 2005, הפליטה עמדה על כ- 31.7 TEQ גר' לשנה, לעומת 26.1 TEQ גר' לשנה במצאי 2002. אחד ההבדלים המתודולוגיים הבולטים הוא שבמחקר האחרון השתמשו בגרסא מאוחרת יותר של שיטת האו"ם (UNEP, 2005) מזו שהייתה בשימוש במחקר הקודם (UNEP, 2003). פירוט ההבדלים והסיבות לכך מופיעים בהערכה לשנת 2005 (שם, עמ' 107-118). **בשתי ההערכות ממליצים להתייחס למקורות זיהום ספציפיים ולהגביל פליטות של דיאוקסינים וחלקיקים אליהם הם נספחים. כמו כן, ממליצים לקדם חקיקה ויישום טכנולוגיות סביבתיות מתקדמות.**

### **2.3 תמונת מצב באזור חיפה**

איגוד ערים חיפה הזמין מחברת TNO מהולנד, הערכה ראשונית לפליטות דיאוקסינים ופוראנים בשטח האיגוד (TNO, 2004). החברה הסתמכה על ידע קיים בעולם ובשיטה שפותחה על ידי האו"ם (UNEP, 2003) עבור בחינה ברמה לאומית, וזו יושמה לראשונה ברמה אזורית. התוצאות הושוּו לנתונים מהערכות לאומיות של מדינות אירופאיות ומכאן נקבע האם דרושים או רצויים מחקרים נוספים. הערכתם השמרנית לסה"כ הפליטות היא כ- 0.9 TEQ גר'/שנה והפליטה היחסית היא 1.8 TEQ גר'/מליון נפש.

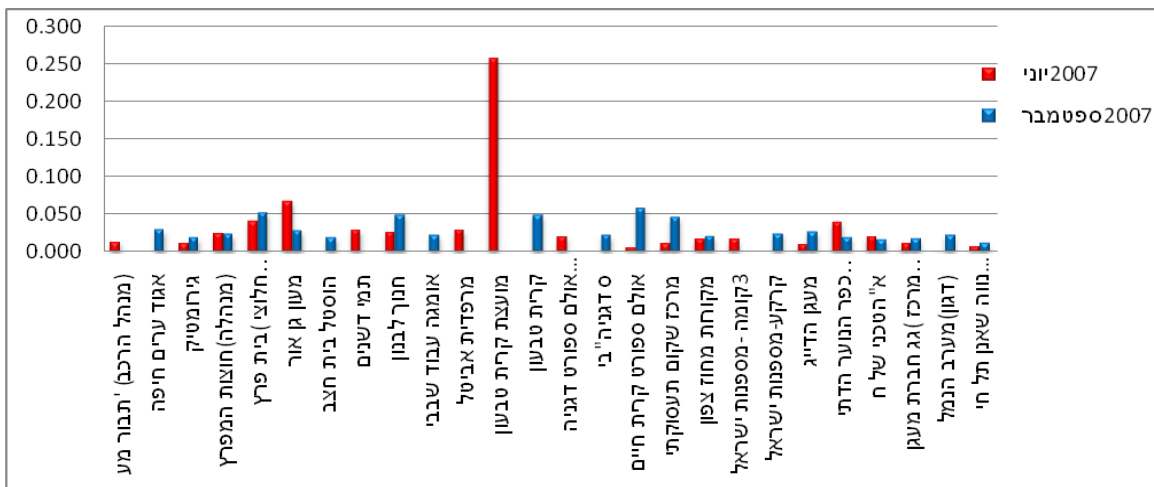
<sup>6</sup> פליטה סגולית: פליטת המזהם ביחס ליחידת אנרגיה חשמלית מיוצרת (גר/קוט"ש).



בהשוואה למדינות אחרות, מדובר בערכים נמוכים יחסית ולכן נקבע כי אין צורך ישיר במחקרים נוספים, ניטור באזור, מדידת מקורות מסוימים או מדידת הריכוזים הסביבתיים. בהתבוננות בנספח 3 מצוינים מקורות פליטה החורגים באופן משמעותי מערכי הייחוס, כגון מפעל סהל המייצר פרופילי אלומיניום לכל המגזרים ההערכה לפליטה היא TEQ 270 גר/שנה.

בנוסף לכך, המשרד להגנת הסביבה ערך מספר סקרים לאפיון זיהום אוויר במפרץ חיפה. בתרשים 1 מוצגות תוצאות המדידות לשנת 2007. ניתן לראות כי הערכים נמוכים באופן משמעותי מערכי הייחוס וכן כי הנתונים אינם שלמים. בשנת 2008 כמעט ולא נדגמו דיאוקסינים ופוראנים. יש לציין שבלתי סביר להסיק מסקנה ע"פ נתוני שנה אחת. על מנת להחליט על התקן הראוי, יש להעריך את החשיפה לאורך מספר שנים.

תרשים 1: ריכוזים נמדדים של דיאוקסינים ופוראנים בעשרים תחנות דיגום במפרץ חיפה: יוני, ספטמבר 2007 ( $\text{pg/m}^3$ )



רק בשנים האחרונות החל המשרד להגנת הסביבה לערוך בדיקות פתע לחריגות פליטה של דיאוקסינים ופוראנים. כפי שמוצג בטבלה הבאה, מעטות הבדיקות שנערכו, אך בכל מדידה ראשונית, נמצאו רמות חריגות גבוהות ביותר ורק לאחר מכן ננקטו צעדים משמעותיים ונערכו בדיקות נוספות. בנוסף, יש לציין את חשיבות השונות העונתית בדיווח על המדידות ובמקרה זה, לא נראית עקביות מספקת.



**טבלה 1: רמות דיאוקסינים ביחס לריכוז המותר ב- 12 מדידות פתע בארובות**

מפעל, מחוז	תאריך דגימה	חומר נמדד	ריכוז נמדד (ng/dscm)	ריכוז מותר לפי צו איש/ תקנות (ng/dscm)	חריגה (%)	הערות
חוד פלדה, חיפה	22.06.06	דיאוקסינים ופוראנים	1.03	0.1	930	
	28.09.06	דיאוקסינים ופוראנים	0.526	0.1	426	
	15.05.07	דיאוקסינים	0.00836	0.1	-	
	10.05.07	דיאוקסינים	סדרת דגימה 1: 0.01298 סדרת דגימה 2: 0.00574	0.1	-	
סהל, חיפה	03.01.07	דיאוקסינים	0.977	0.1	877	המפעל זומן לשימוע. בבדיקה חוזרת ע"י המפעל בנוכחות המשרד ואיגוד ערים לא נמצאה חריגה*
תחנת כח חדרה, חיפה	12.06.06	דיאוקסינים	0.0008	לא מצוין	-	
אבן וסיד, חיפה	10.01.07	דיאוקסינים	0.07	0.1	-	
פרופאל, חיפה	08.02.07	דיאוקסינים/ פוראנים	0.048	0.1	-	
חוד פלדה (עכו)	18.10.06	דיאוקסינים ופוראנים	0.799	0.1	699	
א.ע. ביאקולוגיה עין המפרץ, צפון	07.12.04	דיאוקסינים	221	100	121	ערכים מקוריים ביחידות: mg/dscm
	27.04.06	דיאוקסינים ופוראנים	0.016	0.1	-	
יהודה פלדות, אשדוד, אשדוד	12.11.07	דיאוקסינים	0.183	0.1	84	סוכם כי המפעל יתקין מערכת לטיפול בדיאוקסינים עד סוף 2008*

\* כפי שמצוין במקור, לא נמצאה התייחסות מאוחרת יותר.



### 3. תקינה וערכי ייחוס

ראשית, יש להבחין בין תקנים (Standards) לבין ערכי ייחוס (Guidelines & Benchmarks): תקן סביבה מגדיר את ריכוז המזהם המותר באוויר הפתוח ללא התייחסות לגורם מזהם ספציפי. התקן נקבע בעזרת המלצות רפואיות מארגונים כגון ארגון הבריאות העולמי, ומטרתו לקבוע את הערך המרבי של ריכוז מזהם אשר ימנע ככל האפשר השפעות על בריאות הציבור בכלל וקבוצות סיכון בפרט. ערכי ייחוס סביבתיים הם ריכוזי סף פרטניים למזהמים הכימיים השונים, אשר בחשיפה רלוונטית לפרק זמן מוגדר יגנו על האוכלוסייה הכללית מפני עליה בשכיחות בתופעות לוואי מזיקות לבריאות (המשרד להגנ"ס, 2010; אלמוג וחוב, 2006).

מדד TEF פותח על ידי ה-USEPA להשוואת רמת הרעילות של דיאוקסינים ופוראנים, כאשר משווים את רעילות הכימיקל לרעילות של TCDD הדיאוקסין הרעיל ביותר בקבוצה. מדד TEQ משמש להשוואת הרעילות של תערובות המכילות דיאוקסינים, פוראנים ומחושב על ידי סיכום מכפלת TEF של כל כימיקל בשיעורו בתערובת. משמש כלי להערכת וניהול סיכונים ולא בהכרח מבטא את הרעילות הממשית של התערובת בכל מצב, אלא עשוי להביא להערכת יתר של רעילות מאחר ולא מתחשב בפעילות הדדית בין הכימיקלים בתערובת - סינרגיה, אנטגוניזם. כמו כן TEQ לא מתייחס לרעילות שאינה דמוית דיאוקסין.

ארגון הבריאות העולמי החמיר בשנת 2005 את ערך מדד הרעילות עבור דיאוקסינים (WHO, 2005), כאשר החומר הרעיל ביותר, TCDD, נשאר בעינו  $1 \text{ TEF ng /m}^3$ . המלצות אלו תואמות את המקובל במדינות העולם המערבי בטווח  $0.003-1 \text{ TEF}$  (EPA, 2010; EEA, 2011).

במדינות המערביות לא מקובל לבסס תקן לדיאוקסינים, וזאת כחלק מהתפיסה כי עבור חומרים מסרטנים אין סף מינימאלי לאין סיכון. נמצא תקן אחד בלבד הקיים עבור חשיפה כרונית לריכוזי דיאוקסינים ופוראנים באוויר. תקן זה נקבע ע"י מדינת קונטיקט בארה"ב ומחלקת הגנת הסביבה של קונטיקט אשר המליצה על תקן איכות אוויר ארוך טווח של  $1000 \text{ TEQ fg/m}^3$  ( $1 \text{ TEQ pg/m}^3$ ) למוצע שנתי, כסף מעליו בריאות האדם בסיכון ומתחתיו לא צפויים עודפי סיכון (CTDEP, 2009).



### 3.1 תקינה להגבלת פליטות

למרות שלא נמצאו תקנים מקובלים עבור דיאוקסינים באוויר, עדיין מקובלים תקנים להגבלת פליטה ממקורות ספציפיים שונים, כגון: משרפות ומשקי בית. מדינות אלו ממשיכות בפעילות המדינית להפחתת הפליטות מכל המקורות וחשיפה לדיאוקסינים בכל האופנים. מספר מדינות הגדירו הגבלות פליטה בהתאם לקיבולת המשרפה. במדינת ישראל נוסחה הצעת חוק (חוק למניעת מפגעים, תיקון 1, 2006) ובה מגבילים את ערך הפליטה המרבי המותר ממקורות פליטה מוקדניים עבור דיאוקסינים ופוראנים, בדומה לתקנים המחמירים בעולם.

#### טבלה 2: השוואת תקנים בעולם להגבלת פליטות של דיאוקסינים ופוראנים ממשרפות

הערות	ערך ייחוס (יחידות: ng TEQ /dscm)	מקור, שנה	אזור
	0.1	הצעת חוק, 2006	ישראל
	0.1	EEA, 2010	אירופה
	0.1-5	UNEP, 2003	יפן
	0.1	USEPA, 2009	ארה"ב
לאחרונה, פרסם המלצות חדשות להחמרת התקנים עבור פליטת כלל הדיאוקסינים ופוראנים ממשרפות של שפכים	0.024	USEPA, 2010	
	0.1	Leander, 2004	גרמניה

### 3.2 ערכי ייחוס סביבתיים לריכוזים באוויר

עד היום, לא נקבעו בעולם ערכי ייחוס מקובלים לרמות דיאוקסינים והחלטות מתקבלות על ידי ממשלות ומבוססות על תוכניות ספציפיות או בהתאם לאתרים ספציפיים (Lorber, 2009. Personal communication). עם זאת, פותחו בעולם מדדים שונים להערכת האפקטים הבריאותיים של מזהמים סביבתיים מסרטנים על האדם, ראו DEM, 2008. RfCs, RfDs, slope factors ו-unit risks הם ערכים אשר בשימוש להגדרת פוטנציאל של אפקט רעיל עבור חומרים לא מסרטנים ועבור חומרים מסרטנים (RfC ו-RfD בהתאמה) או ההתפתחות של עודפי סרטן (slope factors ו-unit risks) (RAIS, 2010).



במסמך ועדת אלמוג (אלמוג וחוב' 2006), נרשם כי ערך הייחוס הוא לסיכון של 1:100,000 וכהערת שוליים מאוזכר כי ניתן להחמיר את ערך הייחוס לפי סיכון של 1:1,000,000. בעולם המערבי מקובל להתייחס רשמית להערכה המחמירה, כפי שעולה מממצאי הטבלה הבאה (5).

**טבלה 3: השוואת ערכי ייחוס סביבתיים שנתיים לריכוזי דיאוקסינים (TCDD) באוויר**

הערות	בסיס למדד	מדד	ערך ייחוס (fgTEQ/m <sup>3</sup> )	מקור, שנה	אזור
		RSC	300	המשרד להגנת"ס, 2006	ישראל
		RSC	30	USEPA-IRIS	ארה"ב
		Inhalation slope factor	30	OEHHA, 2009	קליפורניה
		"one in a million risk" level	26		
	Based on the inhalation unit risk value derived from the USEPA (1985) cancer slope factor of $1.56 \times 10^5$ (mg/kg-day) <sup>-1</sup>	IRSL, annual Initial Risk Screening Level "one in a million risk" level	23	Michigan Department of Environmental Quality, 2008	מישיגן
ערך ייחוס הוחמר מהערך המוצג במסמך ועדת אלמוג (2006) 80 fg/m <sup>3</sup>	Based on the inhalation unit risk value derived from the USEPA (1994) cancer slope factor	AGC, annual Guideline Concentration equivalent to "one in a million risk"	30	New York State Department of Environmental Conservation, 2007	ניו יורק
Long-term Effects Screening Level Risk level of one in "one to hundred thousands"	Based on the Annual Guideline Concentration derived by New York State Department of Environmental Conservation	Long-term ESL (year)	30	Texas Commission on Environmental Quality, 2008	טקסס
		Benchmark concentration	30	OAR, 2011	אורגון
Air concentration equivalent to a one in a million	Based on an Cal/USEPA (2005) inhalation unit risk	Benchmark concentration	26	New Jersey Department of Environmental	ניו ז'רסי



risk level	value of $38 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$			Protection, 2007	
AALs are set at levels calculated to represent an increment of "one in a million" risk	Based on an out-of-date USEPA (1985) inhalation unit risk value of $33 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	AAL, annual	3,000	North Carolina Department of Environment and Natural Resources, 2007	צפון קרוליינה
			150	Germany EPA, 1994	גרמניה
			100	Leander Workplace, 2004	

הממצאים בטבלה 5 מצביעים על אחידות יחסית בערכי הייחוס בין המדינות השונות, למעט: צפון קרוליינה אשר קבעה את ערך הייחוס השנתי  $3,000 \text{ TEQ fg}/\text{m}^3$  בהסתמך על ערך מדד שקבע ה-USEPA בשנת 1985, ויצא זה מכבר מתוקף. גרמניה מציגה ערכים גבוהים ועדיין נמוכים מהמוצעים בישראל. להוציא את צפון קרוליינה, ישראל מציגה ערך חריג ביותר ביחס לשאר המדינות. למרות שנמצא טווח מקובל של ערכי ייחוס ברמה השנתית, הקושי בהערכת החשיפה קשה עוד יותר ואי הוודאות גדלה (UNEP, 2010). כפי שניתן לראות בטבלה הבאה (6) מוצגים מספר מועט של ערכי ייחוס קצרי טווח, כאשר ישראל מציגה ערך נמוך יחסית ( $900 \text{ TEQ fg}/\text{m}^3$ ) לטקסס ואוסטרליה ( $3,000 \text{ TEQ fg}/\text{m}^3$ ) וקרוב יותר לערך המומלץ בקליפורניה ( $1,300 \text{ TEQ fg}/\text{m}^3$ ). ראוי לציין כי מדינות אלו הן מהמתועשות והמזוהמות בעולם.

**טבלה 4: ערכי ייחוס קצרי טווח (יומיים) לדיאוקסינים באוויר**

הערות	ערך ייחוס (יחידות: $\text{fg TEQ}/\text{m}^3$ )	מדד	מקור, שנה	אזור
	900	IUR	המשרד להגנ"ס, 2006	ישראל
	3,000	Short term ESL	TAAQS, 2008	טקסס
	3,000	PDC	DEM, 2008	אוסטרליה
ערכי ייחוס לשאיפה של דיאוקסינים מהאוויר	1,300	Inhalation slope factor	OEHHA, 2009	קליפורניה



#### 4. בריאות וסביבה

בשנת 2004, נציבות הדורות הבאים הגישה לכנסת חוות דעת על דיאוקסינים ופוראנים (נציבות הדורות הבאים, 2004). במסמך מצוין כי יש הסוברים כי חומרים אלו מהווים את החמורה מבין בעיות הסביבה בישראל. פגיעתם רב מערכתית לדורות, ולעיתים אף קטלנית, חוצה גבולות גיאוגרפיים וכולו מעשי ידי אדם. הנזק לו גורם זיהום האוויר הינו רחב היקף, רב מערכתי ורב לאומי. (שם, עמ' 2). כאן המקום לציין, כי המשרד להגנת הסביבה משקיע בצמצום זיהום האוויר 7% בלבד מסה"כ התקציב של המשרד לשנים 2011-2012 (משרד להגנ"ס, 2010). חשוב לציין שמדובר על אחוז זניח ביחס לאתגרים המורכבים שזיהום האוויר מזמן למשרד להגנת הסביבה.

בשנת 2005, אירחה קרן יד הנדיב וועדה בינלאומית לבחינת הצרכים לשיפור התשתית המקצועית לבריאות וסביבה בישראל (Preuss et al, 2005). בדו"ח מוצגים הקשיים הקיימים ביישום מדיניות בהקשר לבריאות וסביבה בישראל. המלצותיה העיקריות:

- פיתוח תכנית פעולה לאומית, מאוחדת וכוללת לבריאות וסביבה בהתאם להנחיות ארגון הבריאות העולמי (NEHAP - National Environment and Health Action Plan).
  - פיתוח תכנית מחקר לאומית בנושא בריאות וסביבה, בשיתוף פעולה של הממשל, האקדמיה, התעשייה וארגונים לא ממשלתיים. תכנית המחקר תנחה את קבלת ההחלטות למימון מחקרים בתעשייה ובאקדמיה.
  - הקמת מכון לאומי לבריאות וסביבה לקידום המודעות והתכניות לטיפול בנושא.
- בסוף שנת 2010, מרכז המחקר והמידע של הכנסת המליץ לוועדה המשותפת לנושא סביבה ובריאות לשלב הערכת סיכונים בריאותיים בתסקיר השפעה על הסביבה, כחלק מתהליך אישור תוכניות בנייה. יתרה מכך, המרכז סיכם כי שלב ראשוני זה אינו מתקדם בישראל בעקבות מחלוקות בין משרד הבריאות לבין המשרד להגנת הסביבה (רונן וחזקיה, 2010). ראוי לציין, כי קיים שיתוף פעולה גדול יותר ביניהם בנושא זה, כפי שנאמר בדיון של הוועדה לבריאות וסביבה בכנסת במרץ 2011.



## 5. מסקנות והמלצות

### 5.1. מסקנות

למרות שבישראל נמצאו ריכוזים נמוכים של דיאוקסינים באוויר יחסית למדינות אירופה וארה"ב, בישראל, מדינה צפופה ביותר שצפיפותה צפויה לגדול בשנים הבאות עם שיעור גידול האוכלוסין המשוער, התושבים נתונים לחשיפה גבוהה לדיאוקסינים, ללא תיקון המצב הנוכחי. זאת בנוסף לכך שהאפקטים של חשיפה לדיאוקסינים על הסביבה והבריאות הינם לדורות. כמו כן, ידוע כי ניתן להפחית את כמות הדיאוקסינים הנכנסת לגוף על ידי הפחתת כמות הדיאוקסינים באוויר ובמזון. לכן, קיימת חשיבות יתרה לקביעת ערך ייחוס המתאים למדינה קטנת שטח וצפופה כמו ישראל, בה שימושי הקרקע מעורבים, כך שענפי התעשייה שוכנים בסמוך לשטחי חקלאות וריכוזי אוכלוסייה. ההתנהלות לגבי קביעת ערכי הייחוס אינה מוסדרת, אינה שיטתית ואף אקראית. כמו כן, הקשר בין אנשי המקצוע במשרד להגנת הסביבה לאנשי משרד הבריאות הינו תלוי באנשי המקצוע במשרדים, בשר המכהן בזמן נתון, קרי, אינו ממוסד. דבר הגורם לקשר בין המשרדים להיות נזיל והפיך. כל אלו, מעלים את הצורך בהתייחסות מערכתית לנושא הדיאוקסינים בישראל ולכן חובה לעשות את כל המאמצים הרגולטוריים בהפחת רמות הדיאוקסינים בישראל.

- 1) ערך הייחוס השנתי המוצע ע"י ועדת אלמוג  $300 \text{ fg/m}^3$  אינו מקובל באף מדינה.
- 2) הערך היומי המומלץ נמוך מהערכים קצרי הטווח במדינות שנבחנו. למרות זאת, לא נמצא ערך ייחוס יומי מקובל בעולם ובהעדר ניטור ואכיפה מוסדרים סביב מקורות זיהום מוגדרים בישראל, למשל באזור חיפה, לא ברורה היעילות בקביעת ערך שכזה.
- 3) ראוי להרחיב באופן מיידי את חוק אוויר נקי ביחס לערך ייחוס שנתי מוחמר, אך לגבי הערך היומי נראה כי נכון יותר להמתין לכל הפחות לממצאים של בדיקות ביולוגיות מומלצות, כפי שמתואר בתת הפרק הבא.

### 5.2. המלצות

מהמסקנות העיקריות, נגזרות ההמלצות הבאות:

- יש לשאוף להחמרת ערך הייחוס השנתי:  $30 \text{ fg/m}^3$  ל-  $1:1,000,000$  מקרי סרטן. כאמור, בישראל נוקטים בהמלצותיהם בסיכון  $1:100,000$  כאשר מקובל להתייחס לחומרים מסרטנים בהערכה הסיכון  $1:1,000,000$ .



- **הסדרת מערך בריאות וסביבה**, בין אם בין-משרדי ובין אם כגוף לאומי, תוך התייחסות לקבוצות מזהמים ייחודיות: קבוצת המזהמים העמידים **POP's** לפי ועדת שטוקהולם (UNEP, 2010) וארגון הבריאות העולמי.
- **הערכת ריכוזים קיימים של דיאוקסינים בנקודת קצה בשרשרת המזון, בגוף האדם: על מנת לקבל תמונת מצב מהימנה לגבי חשיפת בני אדם לדיאוקסינים**, יש לבצע בדחיפות ניטור ביולוגי (בדיקת דם) בשלושה מעגלים: עובדים החשופים תדיר למקורות אפשריים של דיאוקסינים והחשופים פוטנציאלית לאירועים אקוטיים בעקבות תאונות, סקר תושבים מקומי באזורים המוגדרים כמוטי זיהום דיאוקסיני (למשל במפרץ חיפה) וסקר תושבים לאומי. התועלת בסקרים אלה הינה מכרעת, לשם הבנה טובה יותר של המצב ובעיקר לשם נקיטת פעולה. כיום קיימות בעולם הטכנולוגיות המתאימות והמדויקות לבצע סקרים אלה.<sup>7</sup>
- **הערכה מחודשת באזור חיפה בעקבות הממצאים של נציגי TNO**. מממצאים אלו, ניתן להסיק כי בתהליך קבלת ההחלטות מתבקשת המשכיות ותגובה, כלומר לאחר הערכה אזורית ראשונית זו והשוואת התוצאות למדינות אחרות, נדרש מיקוד הפעילות, טיפול מיידי ומעקב מוסדר אחר מקורות הפליטה העיקריים שנמצאו המזהמים ביותר באזור.
- **הגדרת אזורים מוטי זיהום אוויר חלקיקי** לפי מקורות הזיהום הקיימים שחרגו בעבר ולפי אזורים בעלי פוטנציאל לזיהום. בהמשך לחוק אוויר נקי במסגרתו השר להגה"ס, גלעד ארדן, מינה וועדה האחראית לגיבוש התוכנית לצמצום זיהום האוויר בישראל ובידיו נתונה הסמכות להכריז על עיר אזור מוכה זיהום אוויר.
- **פיקוח על פליטות:**
  - מערך מוסדר של דגימות רוטיניות ופתע של דיאוקסינים בפתחי הארובות של המפעלים המזהמים, וזאת לשם הערכת החשיפה הפוטנציאלית וכאינדיקטור לחשיפה של כלל חומרי **POP's**. נחוצים נתונים לאורך שנים, לקבלת תמונת מצב מהימנה ולבחירת מגמות ושינויים.
  - הוספת תחנות ניטור נייחות וניידות לחלקיקים קטנים **PM<sub>2.5</sub>** ומעקב אחר חלקיקים קטנטנים **UF**.

<sup>7</sup> בדיקה ביולוגית עולה כ- 150 יורו (גיל כ"ץ, 2011. שיחה אישית).



- הגברת הפיקוח על יישום הטכנולוגיה הטובה ביותר (BAT) לצמצום פליטות דיאוקסינים וחלקיקים.
- העלאת מודעות הציבור לגבי דיאוקסינים במשרפות חוקיות ופיראטיות, שריפות יער, הסקה בפחם, פעילות תעשייתית, זאת באמצעות חינוך והסברה.

## 6. נספחים

### נספח 1: שמות חומרים כימיים של דיאוקסינים (Dioxin/furan congener)

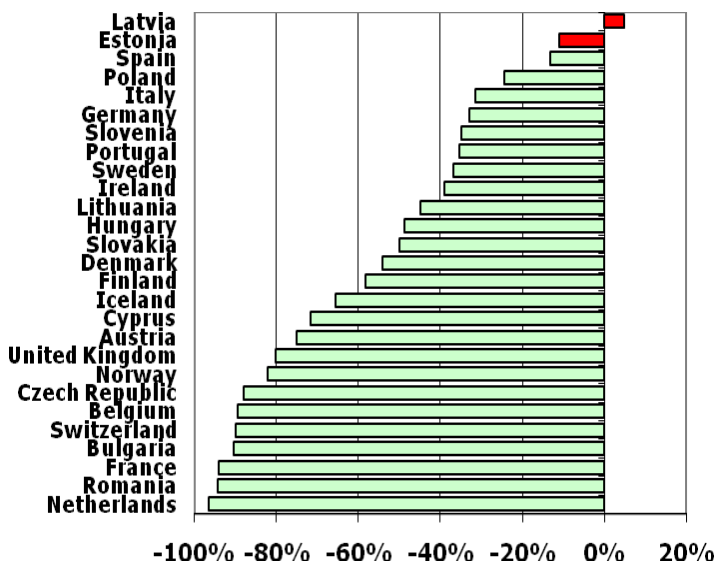
שם בלועזית	
2,3,7,8-tetrachlorinated dibenzo-p-dioxin	1
1,2,3,7,8-pentachlorinated dibenzo-p-dioxin	2
1,2,3,4,7,8-hexachlorinated dibenzo-p-dioxin	3
1,2,3,7,8,9-hexachlorinated dibenzo-p-dioxin	4
1,2,3,6,7,8-hexachlorinated dibenzo-p-dioxin	5
1,2,3,4,6,7,8-heptachlorinated dibenzo-p-dioxin	6
octachlorinated dibenzo-p-dioxin	7
2,3,7,8-tetrachlorinated dibenzofuran	8
2,3,4,7,8-pentachlorinated dibenzofuran	9
1,2,3,7,8-pentachlorinated dibenzofuran	10
1,2,3,4,7,8-hexachlorinated dibenzofuran	11
1,2,3,6,7,8-hexachlorinated dibenzofuran	12
1,2,3,7,8,9-hexachlorinated dibenzofuran	13
2,3,4,6,7,8-hexachlorinated dibenzofuran	14
1,2,3,4,6,7,8-heptachlorinated dibenzofuran	15
1,2,3,4,7,8,9-heptachlorinated dibenzofuran	16
octachlorinated dibenzofuran	17

מקור: EPA, 2009



נספח 2: שינוי באחוזים (גרמים) בפליטות דיאוקסינים ופוראנים בין השנים 1990-2008

במדינות החברות בארגון הסביבתי באירופה (EEA, 2010)



7. רשימת קיצורים

**CSF** Cancer Slope Factor

**D/F:** Dioxin/Furan

**Dose** (for chemicals that are not radioactive): The amount of a substance to which a person is exposed over some time period. Dose is a measurement of exposure. Dose is often expressed as milligram (amount) per kilogram (a measure of body weight) per day (a measure of time) when people eat or drink contaminated water, food, or soil. In general, the greater the dose, the greater the likelihood of an effect. An “exposure dose” is how much of a substance is encountered in the environment. An “absorbed dose” is the amount of a substance that actually got into the body through the eyes, skin, stomach, intestines, or lungs.

**USEPA** U.S. Environmental Protection Agency

**fg/m<sup>3</sup>** Femtogram per cubic meter

**IRIS** Integrated Risk Information System

**IUR** Inhalation Unit Risk: defined as the upper-bound excess lifetime cancer risk estimated to result from continuous exposure to an agent at a concentration of 1 µg/m<sup>3</sup> in air. Inhalation unit risk toxicity values are expressed in units of (µg/m<sup>3</sup>)-1

**ng/dscm** Nanograms per dry standard cubic meter



- PCBs** Polychlorinated biphenyls
- PCDD** Polychlorinated dibenzodioxin
- PCDF** Polychlorinated dibenzofuran
- pg** picogram (10<sup>-12</sup> grams)
- POPs** Persistent Organic Pollutants
- ppt** Parts per trillion
- RfD** Reference Dose
- SFR-RSD** Reference specific doses (for cancer)
- TCDD** 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin
- TDI** Tolerable Daily Intake
- TEQ** Toxicity equivalency (Technical Evaluation Committee)
- TEF** Toxicity Equivalency Factors
- WHO** World Health Organization

## 8. מקורות

1. Alliance for the Responsible Use of Chlorine Chemistry (ARCC). 2011. **Dioxin Exposure Guidelines Set By Various Countries and Government Agencies**. Following the American Chlorine Chemistry Council (ACCC). Online: [http://www.chloroallies.org/exposure\\_othercos.html](http://www.chloroallies.org/exposure_othercos.html)
2. Connecticut Department of Environmental Protection (CTDEP). 2009. **Ambient Impact Analysis Guideline: A Guideline for Performing Stationary Source Air Quality Modeling in Connecticut**. CAAQS. Bureau of Air Management. Online: [http://www.ct.gov/dep/lib/dep/air/compliance\\_monitoring/modeling/ambientimpactanalysisguidelines.pdf](http://www.ct.gov/dep/lib/dep/air/compliance_monitoring/modeling/ambientimpactanalysisguidelines.pdf)
3. DEM, Rhode Island Air Toxics. 2008. **Guideline Revised**. Pp. 1-78
4. European Environment Agency (EEA). 2011. **EEA Gap-Filled LRTAP Convention Dataviewer Based on 2010 officially Reported National Total and Sectoral Emissions to UNECE LRTAP Convention, the EU NEC Directive and EU-MM/UNFCCC**. Online: <http://dataservice.eea.europa.eu/PivotApp/pivot.aspx?pivotid=478>
5. European Environment Agency (EEA). 2010. **Fig. 5: The Reported Change in Dioxin and Furan Emissions for Each Country, 1990-2008**. Online: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/change-in-dioxin-furan-emissions>
6. EEA: Gateway to the European Union (EUROPA) . 2011. **Food Contaminants - Dioxins and PCBs**. > European Commission > DG Health and Consumers > Overview > Food and Feed Safety. Online: [http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/dioxins\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/dioxins_en.htm)
7. Fabre P, Daniau C, Gorla S et al. 2009. **Study of the Incidence of Cancers Close to Municipal Solid Waste Incinerators – Summary**. Saint Maurice (Fra): French Institute for Public Health Surveillance. Online: [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)



8. **Leander working group Dioxins**, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. 2004. **Dioxins – Data from Germany. Dioxin Reference measuring 4<sup>th</sup> Report of the Government.**
9. International Agency for Research on Cancer (IARC). 1997. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; Volume 69. Polychlorinated Dibenzo-para-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans.** Online: [monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol69/volume69.pdf](http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol69/volume69.pdf); <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> **M. Lorber, H. Gibb, L. Grant, J. Pinto, J. Pleil and D. Cleverly. 2007. Assessment of Inhalation Exposures and Potential Health Risks to the General Population that Resulted from the Collapse of the World Trade Center Towers.** *Risk Analysis, Vol. 27, No. 5* Pp. 1203-1221.
10. M. Van den Berg, L.S. Birnbaum, M. Denison, M. De Vito, W. Farland, M. Feeley, H. Fiedler, H. Hakansson, A. Hanberg, L. Haws, M. Rose, S. Safe, D. Schrenk, C. Tohyama, A. Tritscher, J. Tuomisto, M. Tysklind, N. Walker and R.E. Peterson. 2006. **The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds.** A Review. *Toxicological Sciences* 93(2), 223–241.
11. New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC). Guidelines for the Control of Toxic Ambient Air Contaminants; DAR – 1, AGC/SGC Tables. 2011. Online: <http://www.dec.ny.gov/chemical/30560.html>
12. Occupational Safety and Health Administration (OEHA). 2009. **Cancer Potency Values.** CAS no. 1746016. Online: <http://oehha.ca.gov/risk/pdf/tcdb072109alpha.pdf>
13. Isamu Ogura. 2004. **Half-life of each dioxin and PCB congener in the human body.** Risk Assessment. *Organohalogen Compounds; Volume 66.* Pp. 3329-3337. Online: <http://staff.aist.go.jp/i-ogura/Dioxin200409paper.pdf>
14. Oregon Department of Environmental Quality (ODEQ). 2010. **Human Health Risk Assessment Guidance; Toxicity of CDDS/CDFS and DIOXIN-LIKE PCBS.** Online: <http://www.deq.state.or.us/lq/pubs/docs/cu/HumanHealthRiskAssessmentGuidance.pdf>
15. The Oregon Administrative Rules contain OARs filed through February 15, 2011. DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY; DIVISION 246. OREGON STATE AIR TOXICS PROGRAM. Online: [http://www.sos.state.or.us/archives/rules/OARs\\_300/OAR\\_340/340\\_246.html](http://www.sos.state.or.us/archives/rules/OARs_300/OAR_340/340_246.html)
16. P. Preuss, H. Falk, A. Farmer, E. Lerbret and J. Volf. 2005. **Environmental Health in Israel: Towards Enhancing Capacity and Capabilities.** Prepared for Yad Hanadiv (the Rothschild Foundation) by an International Visiting Committee on Environmental Health.
17. Texas Natural Resources Conservation Commission (TNRCC). **Effect Screening Levels List.** Online: <http://www.tnrcc.state.tx.us>
18. T. Pulles, H. Kok and Pesik. 2004. **Dioxin Emissions in the Haifa Region.** Prepared for Igud Arim Haifa by TNO-report (Environment, Energy and Process Innovation), The Netherlands.
19. United Nations Environment Programme (UNEP). 2010. **Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POP's).** Text and Annexes. Online: [www.pops.int](http://www.pops.int)
20. United Nations Environment Programme (UNEP). 2005. **Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases.** Edition 2.1. Online: [http://www.chem.unep.ch/Pops/pcdd\\_activities/toolkit/Toolkit%202-1%20version/Toolkit-2005\\_2-1\\_en.pdf](http://www.chem.unep.ch/Pops/pcdd_activities/toolkit/Toolkit%202-1%20version/Toolkit-2005_2-1_en.pdf)
21. United Nations Environment Programme (UNEP). 2003. **Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases.** 1<sup>st</sup> edition. Online: <http://www.chem.unep.ch/>
22. United Nations Environment Programme (UNEP). 1999. **Dioxin and Furan Inventories; National and Regional Emissions of PCDD/PCDF.** Online: <http://www.ipen.org/ipepweb1/library/DioxinInventory.pdf>
23. US Environmental protection agency (USEPA). 2011. Technology Transfer Network Emission Measurement Center. **Method 23 - Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and**



- Polychlorinated Dibenzofurans from Municipal Waste Combustors.** Online:  
<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate/m-23.pdf>
24. US Environmental protection agency (USEPA). 2010. **National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Area Sources: Industrial, Commercial, and Institutional Boilers; and National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Major Sources: Industrial, Commercial, and Institutional Boilers and Process Heaters Pollutants Emitted and Health Impacts.** Online:  
<http://www.epa.gov/air/ej/pdfs/pollutanticib.pdf>.
25. US Environmental protection agency (USEPA). 2009. **Standards of Performance for New Stationary Sources and Emission Guidelines for Existing Sources: Sewage Sludge Incineration Units.** Document ID: EPA-HQ-OAR-2009-0559-0001. Online:  
<http://www.regulations.gov/#!documentDetail;D=EPA-HQ-OAR-2009-0559-0001>
26. US Environmental protection agency (USEPA). 2006. **Report Information: Dioxin Exposure Initiative.** Environmental Assessment web site. Online:  
<http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recorddisplay.cfm?deid=15239>
27. US Environmental protection agency (USEPA). 2003. **Dioxin: Continuing EPA Efforts to Reduce the Public's Exposure to Dioxin Risks.** Information Sheet 4. Office of Research and Development.
28. איגוד ערים מפרץ חיפה – הגנת הסביבה. 2008. **דוח פעילות לשנת 2007; נספח 2: ריכוז תוצאות סקרי איכות אוויר במפרץ חיפה - יוני, יולי 2007 (מיקרוגרם/מ"ק).**
29. גיל כ"ץ, נובמבר 2010. שיחה אישית.
30. גיל כ"ץ. 2005. **מקורות דיאוקסינים ופוראנים במדינת ישראל לשנת 2002.** דו"ח המוגש למדען הראשי במשרד להגנת הסביבה.
31. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. **שנתון סטטיסטי לישראל 2010 - מספר 61; מאפיינים גיאופיזיים - לוח 1.1: שטח מחוזות, נפות, אזורים טבעיים וימות. לוח 2.3: מקורות גידול האוכלוסייה. אוכלוסייה - לוח 2.14: צפיפות האוכלוסייה לקמ"ר יבשתי, לפי מחוז ונפה.** אונליין: <http://www.cbs.gov.il/reader>; תחזיות אוכלוסיית ישראל עד שנת 2025, מבוא. אונליין: [http://www.cbs.gov.il/www/publications/popul2005/popul2005\\_h.htm](http://www.cbs.gov.il/www/publications/popul2005/popul2005_h.htm)
32. המשרד להגנת הסביבה. 2007. **נתוני בדיקות פתע בארובות מפעלים 2006.** אונליין: <http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals^15064&enZone=factory>
33. יניב רונן, באישור שמוליק חזקיה, ראש צוות. 2010. **בחינת האפשרות לשלב הערכת סיכון בריאותי בתסקיר השפעה על הסביבה.** מוגש לוועדה המשותפת פנים-עבודה לנושא סביבה ובריאות ע"י המרכז למחקר ומידע של הכנסת. אונליין: <http://knesset.gov.il/mmm>; הוראות למניעת מפגעי זיהום אוויר מבתי זיקוק חיפה לפי חוק למניעת מפגעים התשכ"א – 1961 עם תיקון מס' 1. [http://147.237.72.136/zikok\\_comments.pdf](http://147.237.72.136/zikok_comments.pdf)
34. הועדה הבינמשרדית לחומרים מסרטנים, מוטגנים וטרטוגנים. 2010. **רשימה א': גורמים המוכרים כמסרטנים לבני אדם (המקבילה לרשימה 1 של IARC: CARCINOGENIC TO HUMANS).** באחריות משרד הבריאות, מדינת ישראל. אונליין: [http://niccc.technion.ac.il/heb/cancer/mutagen/mutagen\\_listA.pdf](http://niccc.technion.ac.il/heb/cancer/mutagen/mutagen_listA.pdf)
35. נציבות הדורות הבאים. 2004. **מקומם של DLCs (Furans + dioxins) כגורמי זיהום והשפעתם על בריאות האדם בהווה ובעתיד.** חוות דעת המוגש לכנסת על פי הוראות פרק ח' לחוק הכנסת התשנ"ד - 1994. אונליין: <http://212.235.5.230/sponsorship/future/data/HeaOpinion.asp#HeaOpinion19s>
36. פנחס אלפרט, מיכאל פריגר וארנון קרניאלי. 2008. **מצאי פליטות הדיאוקסינים והפוראנים בישראל לשנת 2005.** מחקר המוגש למדען הראשי במשרד להגנת הסביבה.
37. שלמה אלמוג, אביבה טרכטמן, שולי נזר ואריק קרסנטי. 2006. **דין וחשבון הועדה לקביעת ערכי ייחוס סביבתיים למזהמים כימיים באוויר.** מוגש למשרד להגנת הסביבה, משרד הבריאות, קצין רפואה ראשי ולמטה הכללי בצה"ל.