

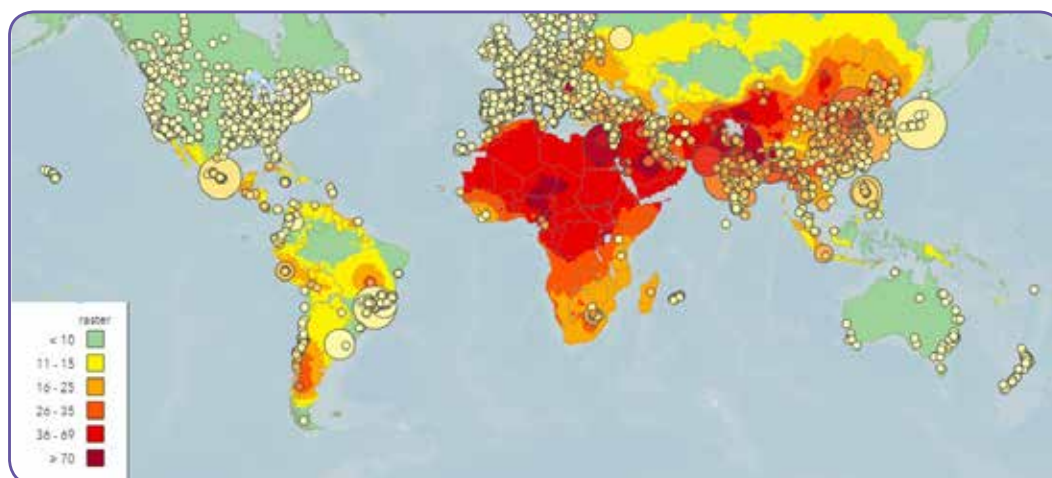
זיהום אוויר והשפעתו על הבריאות

מיכל פרדו-לוי¹

זיהום אוויר נחשב לגורם הסביבתי הגדול ביותר לתחלואה ומוות בעולם כולו. כיום עומדים אתגרים רבים ונדרשת תשומת לב מיוחדת של אנשי מקצוע מתחום הבריאות, הכלכלה והחברה.

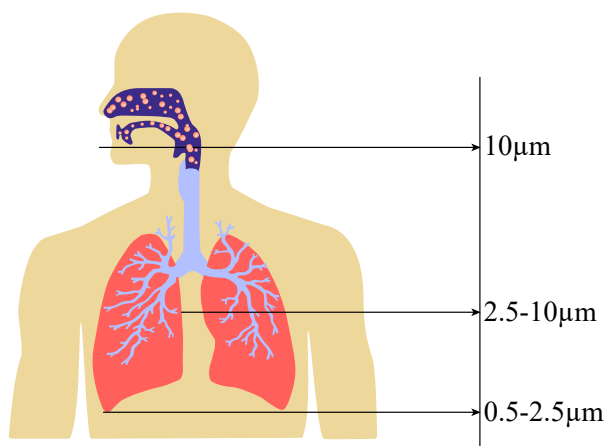
תוכניות לבקרת זיהום וניטור. לכן בוועידת האקלים שהתקיימה בפולין בדצמבר 2018 השתתפו כ-200 מדינות שחתמו על הסכם שנועד להתמודד עם שינויי האקלים שעובר כדור הארץ. מטרתו של ההסכם היא לחייב את המדינות לעקוב אחרי סטנדרטים אחידים למניעת פליטות גזי החממה ולמניעת זיהום אוויר. זיהום אוויר נחשב כיום בעיה המסכנת את בריאותם של מיליארדי אנשים בעולם, משפיע על מחלות, נכות ומוות בטרם עת. כמו כן זיהום אוויר משפיע על המערכות האקולוגיות של כדור הארץ ומערער את הכלכלה העולמית (איור 1) (Landrigan, 2017; WHO, 2016).

זיהום אוויר נחשב לאחד האתגרים הקיומיים הגדולים של זמננו, כמו שינויי האקלים או דלדול אספקת המים הטריים בעולם. זיהום אוויר מסכן את יציבות מערכות התמיכה של כדור הארץ ובצורה זו מאיים על בריאות האנושות. (Landrigan et al., 2017; WHO, 2016) לדוגמה, כמיליון מקרי מוות היו מקושרים לזיהום אוויר בשנת 2015 בסין (Wei et al., 2016). זיהום אוויר הנגרם בעיקר על ידי פליטות מזהמים מהתעשייה, מכלי רכב ותחבורה ומכימיקלים רעילים, גדל בחדות ב-200 השנים האחרונות. כיום את העלויות הגדולות ביותר ניתן לראות במדינות בעלות הכנסה בינונית ונמוכה. למרות הגידול הרב בזיהום האוויר, מדינות מתפתחות התעלמו במידה רבה מסדרי בריאות עולמיים ולא פיתחו



איור 1. זיהום אוויר בפריסה עולמית (מעשה ידי אדם וגורמי טבע כמו סופות חול והתפרצויות הרי געש). [המפה של ארגון הבריאות העולמי](#).

1. ד"ר מיכל פרדו-לוי, המחלקה למדעי כדור הארץ וכוכבי הלכת, הפקולטה לכימיה, מכון ויצמן למדע



איור 2. חדירה של חלקיקים נשימים לעומק הריאות, לפי גודל

בחקלאות ומשימוש בתנורים לא יעילים לבעירה פנימית. בנוסף נזכיר גורמים טבעיים כמו סופות חול והתפרצויות געשיות. גורמים אלה מהווים כ-85 אחוז מהזיהום הנגרם על ידי חלקיקים באוויר. שריפת דלק היא המקור העיקרי של גזי החממה ונחשב לגורם האנתרופוגני העיקרי המשפיע על שינוי האקלים העולמי (Landrigan et al., 2017; WHO, 2016). זיהום האוויר משתנה במקומות שונים בעולם. השינויים האלה משקפים צריכת אנרגיה מוגברת, שימוש מוגבר בטכנולוגיות ובחומרים חדשים, תיעוש מהיר של מדינות בעלות הכנסה נמוכה ובינוניות ותנועה של אוכלוסיות מאזורים כפריים לתוך ערים. נראה כי בשנת 2015 כ-90 אחוז ממקרי המוות שנקשרו לאיכות האוויר התרחשו במדינות שבהן רמת הכנסה לנפש בינונית ומטה; גם זיהום אוויר חריג נרשם בעיקר במדינות כאלה. שתיים מהמדינות הפגיעות ביותר הן הודו וסין, שבהן מרוכזים כ-40 אחוז מאוכלוסיית העולם (Wei et al., 2016; WHO, 2016). בייג'ין עברה פיתוח כלכלי אדיר בשנים האחרונות, כמו רוב הערים הגדולות בסין, ועל כן ערים אלה מושפעות מאוד מזיהום אוויר שמקורו ממפעלים כבדים לייצור ברזל ופלדה ומפליטות מכלי רכב. בנוסף קיימות עונות בשנה שבהן מזג האוויר בעיר קשה עקב סופות החול הקשות שמאפיינות בעיקר את בייג'ין ואת ערי צפון מזרח סין (Landrigan et al., 2017; Wei, et al., 2016; WHO, 2016). כמו כן בחודשי החורף נעשה שימוש מזהם בשריפת פחם לחימום, וכך נוצר מצב

זיהום אוויר יכול לנבוע ממקור חיצוני או פנימי. בהגדרתו, כל שינוי פיזי, ביולוגי או כימי של האוויר באטמוספירה יכול להיחשב כזיהום. מצב זה מתרחש כאשר גז מזיק, אבק או עשן נכנסים לאטמוספירה ומסכנים את הישרדותם של צמחים, בעלי חיים ובני אדם. זיהום אוויר יכול להיגרם על ידי מקורות ראשוניים או מקורות משניים. מזהמים שהם תוצאה ישירה של מקור זיהום האוויר, נקראים מזהמים ראשוניים. דוגמה קלאסית למזהם ראשוני תהיה גופרית דו-חמצנית הנפלטת ממפעלים או מחלקיקי פיח הנפלטים ממכוניות ומפעלים. מזהמים משניים הם אלה הנגרמים על ידי התמזגות ותגובות בין מזהמים ראשוניים. ערפל שנוצר על ידי אינטראקציות של כמה מזהמים ראשוניים ידוע כמזהם משני (Landrigan et al., 2017; WHO, 2016).

באוויר מרחפים כל הזמן חלקיקים נוזליים ומוצקים בגדלים ובריכוזים שונים, המכילים חומצות, כימיקלים אורגניים, מתכות וחלקיקי אדמה או אבק. המקור של החלקיקים הוא טבעי או אנתרופוגני (נוצר או נגרם על ידי האדם). התנאים האטמוספריים ובעיקר גודל החלקיקים קובעים את משך שהותם של החלקיקים באוויר (נראה כעכירות או אובך). קיימים חלקיקים גדולים או כהים כגון חלקיקי עשן ואבק אשר ניתן לראות בעין אנושית לעומת רוב החלקיקים הקטנים יותר אשר ניתן לראות תחת מיקרוסקופ אלקטרוני (WHO, 2016). מקובל להבחין בין שלושה גדלים של חלקיקים:

1. SPM (Suspended Particulate Matter) - כלל החלקיקים המרחפים שקוטרם עד 30 מיקרומטר.
2. PM10 (Particulate Matter 10) - חלקיקים הקטנים מקוטר של עשרה מיקרומטר (מיקרומטר - מיליונית המטר). כאשר נושמים אותם, הם בדרך כלל נעצרים בדרכי הנשימה העליונות (איור 2)
3. PM2.5 (Particulate Matter 2.5) - חלקיקים הקטנים מקוטר של שניים וחצי מיקרומטר. כאשר נושמים אותם, הם מסוגלים לחדור לעומק דרכי הנשימה ולריאות (איור 2). הגורמים לזיהום אוויר הם רבים ושונים ונובעים משריפה לא יעילה של דלקים באמצעי תחבורה, משריפת פחם ונפט בפעילות תעשייתית, מפעילות של כרייה וחציבה המעלות אבק רב לאטמוספירה, משריפות יער או שריפות

(איור 3). נמצא שחולדות ששאפו אוויר מזוהם בבייג'ין עלו במשקל והראו ירידה בתפקוד המערכת הקרדיו-נשימתית כמו גם ירידה בתפקוד ו/או התפתחות תהליכים דלקתיים של המערכת המטבולית (Wei et al., 2016). מחקר אחר הראה כי דיאטה שומנית השפיעה על גנים הקשורים למסלולים של דלקת ונזק חמצוני המבוטאים בריאות (רקמה שבאופן אינטואיטיבי לא נצפה שתהיה מושפעת מדיאטה), ואילו זיהום אוויר שמקורו ממתכות השפיע על תפקוד איברים מטבוליים בעיקר דרך הגברת מסלולים של דלקת ונזק חמצוני (איור 3). מסלולים אלה נמצאו מתווכים שינויים ברמות המתילציה לדנ"א (תהליך שבו קבוצות מתיל מתוספות למולקולת הדנ"א ואינן משנות את הרצף אך יכולות לשנות את הפעילות של הדנ"א) (Padro et al., 2018). על כן חשיפה לזיהום אוויר יכולה להעלות את הסיכון להשמנה ותנגודת לאינסולין, המהווה התחלה לסוכרת מסוג 2. הסכנה הגדולה ביותר היא לאוכלוסיות בעלות מערכת חיסון חלשה וכן לילדים ולקשישים. בהיעדר התערבות, מספר מקרי המוות עקב זיהום האוויר הסביבתי עלול לגדול בכ-50 אחוז עד שנת 2050.

כפי שכבר צוין, המסלולים או המנגנונים הבסיסיים שמובילים להשפעות בריאותיות כתוצאה מחשיפה לחלקיקי זיהום אוויר טרם הובהרו. אחת ההנחות היא



איור 3. מנגנונים עומדים על הקשר בין זיהום אוויר לבין השמנה וסוכרת (ענף עיצוב, צילום ודפוס, מכון ויצמן למדע)

שבו זיהום האוויר בעיר לעיתים יוצא מכלל שליטה. בשנים האחרונות נראה כי זיהום אוויר ביתי או זיהום שקשור לעוני עמוק ולאורח חיים מסורתי, נמצא בתהליך ירידה, ואילו זיהום אוויר גלובלי סביבתי-כימי הולך וגדל (WHO, 2016).

ממצאי מחקרים מדעיים שעניינם השפעת זיהום האוויר על הבריאות

חלה התקדמות רבה בהבנה המדעית של זיהום אוויר והשפעתו הבריאותית. טכנולוגיות חדשות הכוללות הדמיות לוויין, שיפרו את היכולת למפות זיהום אוויר, למדוד את רמות הזיהום מרחוק ולעקוב אחר מגמות משתנות. אנאליזות וניתוחים כימיים מתוחכמים של זיהום האוויר חשפו את ההרכב של האוויר המזוהם ועמדו על הקשר בין זיהום האוויר למחלות שונות. מחקרים אפידמיולוגיים ממספר קבוצות מובילות בתחום הראו כי זיהום מזוהה עם מגוון רחב של מחלות, בעיקר מחלות שאינן מדבקות מאדם לאדם (non-communicable diseases). כיום תוצאי בריאות שליליים של זיהום אוויר כוללים מחלות נשימתיות, כגון אסתמה ומחלת ריאות חסימתית כרונית, מחלות לב וכלי דם, סוגים מסוימים של סרטן, השפעות שליליות על התפתחות מערכת העצבים, תוצאי לידה שליליים (כגון מומים מולדים, לידות מוקדמות ומשקל לידה נמוך), סוכרת מסוג 2, השמנת יתר וליקויים קוגניטיביים. מחלות לב וכלי דם נמנות עם סיבת המוות השכיחה ביותר בעולם. חשיפה לזיהום אוויר, במיוחד לאורך זמן, נקשרת רבות למחלות אלו, אך הגורמים לכך עדיין לא ידועים (Landrigan et al., 2016; Kaufman et al., 2017).

מחקר גדול שבוצע בארצות הברית מצא כי קצב הסתיידות העורקים הכליליים המספקים דם ללב עצמו, גבוה יותר באנשים החיים באזורים בעלי זיהום אוויר גבוה לעומת אנשים החיים באזורים שבהם האוויר נקי יותר. הסתיידות עורקי הלב מגדילה את הסיכון לאוטם שריר הלב (התקף לב) ולתמותה מוגברת ממחלות לב (Kaufman et al., 2016). בנוסף מחלות שונות - שבתחילה לא הועלתה השערה בדבר הקשר ביניהן ובין זיהום אוויר - נמצאו מושפעות. לצורך הקישור בין חשיפה לזיהום אוויר לבין התפתחות מחלה מסוימת, יש לתאר את המנגנון הביולוגי המתווך קשר זה



כי חשיפות חוזרות ונשנות יכולות להשפיע על תפקודן ופעילותן של הריאות. במחקר שבוצע במכון ויצמן במחלקה למדעי כדור הארץ ומדעים פלנטאריים, נבחנה ההשפעה של כחמש חשיפות חוזרות לעומת ההשפעה של חשיפה בודדת ואקוטית לחלקיקי זיהום אוויר תוך כדי התמקדות בפרמטרים של דלקת וחמצון בריאה (Pardo et al., 2015). על מנת להבין את התהליכים הבסיסיים שעליהם עומד המחקר, יש לאזכר כי חלק מן התגובות המופקדות על מטבוליזם תקין בגוף יוצרות, כתוצרי לוואי, גם רדיקלים חופשיים (אטומים או מולקולות בעלי אלקטרונים לא מזווגים. צורת אטום או מולקולה זו אינה יציבה). במקביל לתפקידיהם החיוניים לקיום החיים, לרדיקלים חופשיים יש השפעה פוגענית, וככאלה הם נוטלים חלק בהתהוותם של מצבים פתולוגיים. לאורגניזם - או לתאים - מספר מנגנוני הגנה העוזרים לו להתמודד עם ההפרה באיזון בין התגובה החמצונית-מזיקה (פרו-אוקסידנטית) למנגנוני ההגנה של נוגדי החמצון העומדים לרשותו (תגובה אנטי-אוקסידנטית). האורגניזם עשוי להגיב לעקה החמצונית על ידי הפעלה של מנגנוני ההגנה נוגדי החמצון. לחילופין במצב שהאיזון מופר

עשויה להיגרם פגיעה במרכיבי התא השונים (כמו ליפידים, DNA, חלבונים, פחמימות וכו'). הדוגמאות הסביבתיות שנבדקו נדגמו בלונדון והיו עשירות במתכות מסיסות. חשיפה בודדת של הדוגמה גרמה לתגובה דלקתית מתונה (נבדק על ידי עלייה ברמת ציטוקינים-חלבונים המתווכים בין תאי מערכת החיסון לתאי הגוף) שהשפעותיה היו קצרות טווח. בחשיפה בודדת נמצאה עלייה במנגנוני הגנה בריאה אשר מונעים את הנזק לריאות (עלייה באנזימים אנטי אוקסידנטים כגון קטלאז, גלוטטיון פרוקסידאז, וכן בגלוטטיון - פפטיד נוגד חמצון). חשיפות חוזרות ונשנות גורמות לתגובה דלקתית מערכתית. תגובה כזו נצפתה גם במערכת הדם וגם בריאות (Pardo et al., 2015). נראה כי בחשיפות מרובות מערכות ההגנה מדוכאות וכתוצאה מכך נראה נזק חמצוני מוגבר הן בחלבונים והן בשומנים. עוד עולה ממחקר זה כי חלקיקים סביבתיים המכילים מתכות יכולים להיות רעילים במיוחד בחשיפה לטווח ארוך המשקף מינון מצטבר גבוה יותר (טבלה 1) (Pardo et al., 2015). המקור של מתכות כאלו בסביבה עירונית הם בלייה של צמיגים ורפידות של בלמים. יש לזכור שמקורות זיהום אלו אינם מפוקחים על ידי חקיקה

טבלה 1. השוואה בין מסלולים ותגובות שנצפו כתוצאה מחשיפות יחידות ומרובות לחלקיקי זיהום אוויר

תהליכים ביולוגים	סוג התגובה	חשיפה יחידה	חשיפה מרובות
תהליכי דלקת ונזק חמצוני בריאות	מספר תאים	↑	↑
	ציטוקינים - חלבונים המתווכים דלקת בנוזל הריאה	↑	↑
	נגזרות חמצן פעילות	↑	↑
מנגנוני הגנה בריאות	גלוטטיון - פפטיד נוגד חימצון	↑	↓
	גנים הקשורים למסלול הגנה: Nrf2	↑	↓
	קטאלאז	↑	↓
	גלוטטיון פרוקסידאז	↑	↓
נזק חמצוני	נזק לליפידים	ללא שינוי	↑
	נזק לחלבונים	ללא שינוי	↑
השפעה כלל מערכתית	ציטוקינים בסרום הדם	ללא שינוי	↑



בפעילות האנושית, ולפיכך נמדדים בישראל ערכי סביבה גבוהים יחסית לערכים שקבע ארגון הבריאות העולמי (המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות, 2014).

בנוסף בישראל חוגגים בכל שנה את ל"ג בעומר כחג לאומי. ל"ג בעומר מהווה אירוע זיהום אוויר קיצוני בעל רמות מזהמים גבוהות במיוחד. בתהליך שריפת העץ נפליים חלקיקי פיח, עשן וגזים רעילים אשר יוצרים מטרד סביבתי וסיכון לבריאות הציבור, ותורמים אף לאפקט החממה. מדידות זיהום אוויר כלל ארציות שבוצעו בל"ג בעומר בישראל הצביעו על עלייה משמעותית בריכוז החלקיקים הנשימים לאחר החג (עד פי 18 מרמתם הרגילה), ונמצאו בהתאמה לעלייה בשכיחות הפונים לחדר מיון עקב מדורות ל"ג בעומר. מאידך ביום כיפור נמדדות רמות זיהום אוויר נמוכות, ומספר הפונים למיון בעקבות בעיות אלה נמוך. כל הגורמים שהוזכרו לעיל מחזקים את הקשר בין זיהום אוויר לתחלואה (המשרד לאיכות הסביבה, ח.ת.).

בשנת 2008 אושר בכנסת חוק אוויר נקי אשר נכנס לתוקף בשנת 2011. חוק זה נחשב לאחד החוקים הסביבתיים החשובים בישראל. החוק מסדיר את הטיפול בגורמי זיהום אוויר שונים, קובע ערכים מרביים מותרים למזהמים, מקדם שקיפות והנגשת מידע אודות נתוני ניטור אוויר, מקנה סמכויות לרשויות מקומיות, מטיל חובות ואחריות על מפעלים בנושאים של זיהום אוויר ומחייב את הממשלה להכין תוכנית רב שנתית לצמצום זיהום האוויר (המשרד להגנת הסביבה, 2008).

החדשות הטובות הן שלמרות הגידול בזיהום האוויר והפערים בידע בנוגע להשפעות על בריאות האדם והסביבה, ניתן למנוע זיהום אוויר. זיהום אינו תוצאה בלתי נמנעת של פיתוח כלכלי. ועל כן מדינות בעלות הכנסה גבוהה ובינונית חוקקות ותקנות המבוססות על מידע מדעי בנושא זיהום אוויר והשפעתו הבריאותית. חוקים ותקנות אלה מגדירים את הסטנדרט לאוויר נקי ברמות המונעות מחלות, את השימוש הבטוח בכימיקלים ומסדירים את הפעילות לניקוי ולסילוק פסולת מסוכנת מהאוויר. ההתמודדות עם זיהום האוויר במרכזי הערים נמצאת בסדר עדיפות גבוה של הרשויות המקומיות ברחבי העולם. הרשויות נוקטות אמצעים שונים להפחתת זיהום האוויר

סביבתית שמפקחת בעיקר על פליטות של גזים וחלקיקים מהאגוז, ולכן אנחנו נראה אותם גם בעידן של מכונות חשמליות.

ההשלכות של זיהום האוויר גוררות אחריהן עלויות גבוהות: הן כוללות עלויות של טיפולים רפואיים וכן עלויות הנובעות מנזקים למערכות אקולוגיות. אך למרות המשקל הרב של עלויות אלה, לא תמיד ניתן לשייך אותן לזיהום אוויר. ועל כן העלויות הבריאותיות של הזיהום מובלעות בתקציבי בתי החולים, והתוצאה היא כי העלויות המלאות של זיהום אוויר אינן מוערכות ולעיתים אינן מובאות בחשבון. למרות ההתקדמות בידע, עדיין יש פערים רבים בהבנת הקישור בין זיהום אוויר ובין השפעותיו על הבריאות. פערים אלה כוללים היעדר מידע על רמות הזיהום ברבות מן המדינות ועל שכיחותן של מחלות הקשורות לזיהום. בנוסף קיים מידע חלקי על היקף החשיפות ועל התפתחות המחלות הקשורות בחשיפה לזיהום אוויר כמו גם על מידת החשיפה לזיהום היחסי למחלות הקשורות לזיהום אף היא אינה ידועה (Landrigan et al., 2017).

ומה המצב בישראל?

החלקיקים הנפוצים באוויר של ישראל מופיעים בריכוז גבוה, במיוחד בימי סופות אבק (כ-18 ימים בממוצע בשנה) ובאזורים בעלי עומס תחבורה גדול. כמו כן גם מפעלי תעשייה פולטים חלקיקים, אך בשל גובה הארובות והטמפרטורות המשתנות, החלקיקים מתפזרים באזור נרחב או לפי כיוון הרוח (המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות, 2014). ארגון הבריאות העולמי קבע ערכי סף (שמתחתיהם כנראה שאין השפעות בריאותיות שליליות) עבור חלקיקי PM_{10} 50 מיקרוגרם למטר מעוקב (מק"ג) (מ"ק) ליממה ו-20 מק"ג/מ"ק לשנה, ועבור חלקיקי $PM_{2.5}$ 25 מק"ג/מ"ק ליממה ו-10 מק"ג/מ"ק לשנה (WHO, 2016). בישראל נרשמים בממוצע 19 מק"ג/מ"ק – בערך פי שניים מהרף של ארגון הבריאות העולמי. הערכה היא ששיעור התמותה העולמי מזיהום אוויר הוא 10 אחוז לעומת 0.016 אחוז בארץ – נתון בהחלט מעודד. נראה שחלק משמעותי מהזיהום נובע מהאקלים המדברי ואינו תלוי בהכרח

Kaufman, J.D., Adar, S., Barr, R.G., et al. (2016). Association between air pollution and coronary artery calcification within six metropolitan areas in the USA (the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution): a longitudinal cohort study. *Lancet*. 2016 Aug 13;388(10045):696-704. doi: 10.1016/S0140-6736(16)00378-0.

Landrigan, P.L., Fuller, R., Acosta, N.J.R. et al. (2017). The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet*, 91(10119):462-512. doi: 10.1016/S0140-6736(17)32345-0

Pardo, M., Kuperman, Y., Levin, L., Rudich, A., Haim, Y., Schauer, J.J., Chen, A., and Rudich, Y. (2018). Exposure to air pollution interacts with obesogenic nutrition to induce tissue-specific response patterns. *Environ Pollut*. 2018 Aug 239: 532-543. doi: 10.1016/j.envpol.2018.04.048.

Pardo, M., Porat, Z., Rudich, A., Schauer, J.J., and Rudich, Y. (2015). Repeated exposures to roadside particulate matter extracts suppresses pulmonary defense mechanisms, resulting in lipid and protein oxidative damage. 2016 Mar; 210:227-37. doi: 10.1016/j.envpol.2015.12.009.

Wei, Y., Zhang, J., Li, Z. et al (2016). Chronic exposure to air pollution particles increases the risk of obesity and metabolic syndrome: findings from a natural experiment in Beijing. *The FASEB Journal*. 18 Feb 2016. <https://doi.org/10.1096/fj.201500142>

WHO (2016). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. World Health Organization. ISBN: 9789241511353

בתחומן, ביוזמתן או לאחר שנדרשו לפעול, באמצעות כלים וסמכויות המצויים בידיהן.

לסיכום, זיהום אוויר נחשב לגורם הסביבתי הגדול ביותר לתחלואה ומוות בעולם כולו. כיום עומדים אתגרים רבים ונדרשת תשומת לב מיוחדת של אנשי מקצוע מתחום הבריאות, הכלכלה והחברה. עם זאת כדי לבקר זיהום אוויר ולמנוע אותו יש להציב מטרות לאומיות של ירידה בפליטת מזהמים, מעבר למקורות אנרגיה מתחדשת, אימוץ של טכנולוגיות לא מזהמות של ייצור והובלה ופיתוח מערכת תחבורה ציבורית יעילה וזולה. יש לקבוע חוקים ונהלים שימנעו זיהום, ויש להשקיע כסף ומשאבים בתשתיות לשם הפחתת הזיהום, ניטור הזיהום וחקר השפעותיו.

רשימת ספרות

המשרד להגנת הסביבה משרד הבריאות (2014). חלקיקים Particulate Matter. לשכת המדענית הראשית במשרד להגנת הסביבה ושירותי בריאות הציבור במשרד הבריאות, 3 – 1. <http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/-DocLib2/Publications/P0701-P0800/P0762/ParticulateMatter.pdf>

המשרד לאיכות הסביבה (ח.ת). חדורות ל"ג בעומר. מדורות ל"ג בעומר. המשרד לאיכות הסביבה, אגף איכות אוויר, 1 – 2. <http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/SvivaAir/Documents/LagBaomer-Advice.pdf>

המשרד להגנת הסביבה (2008). חוק אוויר נקי. המשרד להגנת הסביבה, 1 – 57. <http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/doclib/%D7%90%D7%95%D7%95%D7%99%D7%A8/avir25.pdf>