

העלות הכלכלית של סימפטומים כרוניים כתוצאה מזיהום אוויר: יישום לסרטן

דו"ח מוגש לקואליציה לבריאות הציבור

פרופ' ניר בקר¹
ראש החוג לכלכלה וניהול
מכללת תל חי
ד.נ. גליל עליון, 12210



¹ ברצוני להודות לסטודנטים דקלה חדיף, שי יוריק וניר שוחט ממכללת תל חי ולסטודנטים אילן דאופר ותומר קיסר מאוניברסיטת חיפה אשר שימשו עוזרי מחקר בעבודה זאת. כמו כן לד"ר ג'ימי קריקון מהקואליציה לבריאות הציבור ולד"ר מיכה בר-חנה ממשדד הבריאות על המידע שהגישו לי במהלך המחקר.

תוכן עניינים

3.....	תקציר
4.....	מבוא
5.....	מזהמים
5.....	רקע כללי
6.....	טבלה המציגה את המזהמים, ההשפעות הניתנות לכימות, הלא ניתנות לכימות והשפעות אפשריות אחרות הנובעות מאותו מזהם, כמו גם האוכלוסייה הנמצאת בסיכון
7.....	פירוט אחוזי הפליטה של שני מזהמים עיקריים PM10 ו-SO2 בחלוקה למקורות הפליטה באזור מפרץ חיפה לשנת 2005 :
8.....	טבלה המסכמת את הסימפטומים והעלויות הנגרמות בעקבות ההשפעות אותן הם גורמים
10.....	The Impact Pathway Approach
10.....	אמידת הקשר בין זיהום אויר וביקור של אדם בודד אצל רופא
11.....	סרטן שלפוחית השתן
11.....	שלפוחית השתן
11.....	סוגים של סרטן שלפוחית השתן
12.....	דירוג וקביעת שלבי סרטן שלפוחית השתן
12.....	הגורמים לסרטן שלפוחית השתן
13.....	תסמינים
13.....	אבחנה
14.....	סוגי הטיפולים
18.....	תרשים זרימה (ב-2 חלקים) אשר מתאר את התפתחות המחלה
20.....	טבלה המתארת את העלויות הכרוכות בבדיקות והטיפולים בסרטן שלפוחית השתן
21.....	נתונים סטטיסטיים אודות סרטן שלפוחית השתן
23.....	אחוזי שרידות
23.....	הערכת ערך חיי אדם
23.....	רקע כללי
23.....	גישת התוצר הגולמי האבוד/איבוד הצריכה העתידית
24.....	גישת ה"מוכנות לשלם" (WTP) / "מניעת אבידה סטטיסטית" (VPF)
25.....	גישת "ערך שנת חיים" (VOLY)
26.....	סיכום
26.....	ביבליוגרפיה

תקציר

עבודה זו דנה בעלות הכלכלית של סימפטום כרוני אשר יכול להיווצר כתוצאה מזיהום אוויר: סרטן. העבודה מתמקדת בהיבט המיקרו כלכלי של אמידת העלות לסימפטום. מחקרים צולבים יכולים להיות מקושרים למחקר זה בכדי להעריך את הנזק הלאומי כתוצאה מזיהום לא מבוקר או לחילופין הערכה של התועלת מהפחתת זיהום. הדו"ח מנסה לכמת את ערך הסימפטום על ידי עלות התחלואה ועלות התמותה. היות ותוצאת הסימפטום איננה וודאית הרי שהדבר הנכון לעשותו הוא לחשב את תוחלת הסימפטום.

תוצאות המחקר מראות באופן חד משמעי את התוצאה המרכזית הבאה: העלות למשק הלאומי אמורה להיות מכפלת מספר הסימפטומים בעלות לסימפטום. אולם בו בזמן שנעשו מחקרים בנוגע למספר המיקרים הרי שלא נעשו מחקרים בנוגע לעלות למיקרה בודד. לפיכך עלות זאת נלקחת בדרך כלל באופן פשטני ממחקרים בחו"ל או לחילופין מחושבת עבור פרט ממוצע באוכלוסייה.

בעבודה הראינו שמספר גורמים נוספים אמורים להילקח בחשבון בכדי שתוחלת עלות הסימפטום תהיה מהימנה. ביניהם ניתן למנות את תקופת דגירת המחלה, ההסתברות למוות, עלות הטיפול הרפואי וסוג המחלה.

העבודה ניסתה לכמת בצורה מפורטת את העלות של סרטן שלפוחית השתן, סרטן הריאות, סרטן הלימפה וסרטן השד. בכדי לבחון את המשמעות הלאומית נלקחה נפת חיפה כמיקרה בוחן. אחוז מיקרי הסרטן גבוה יותר מהממוצע הארצי ולכן ייתכן שההבדל נובע מחשיפת יתר לזיהום אוויר. היות והמחקר לא התיימר לבחון את הקשר שבין זיהום אוויר לתחלואה ומוות נבחנו מספר אחוזי חשיפה. מולם הצבנו מספר שיטות לחישוב עלות הסימפטום והתוצאה היא מטריצת עלויות המורכבת משני הגורמים.

הדו"ח מפרט באופן פרטני את סרטן שלפוחית השתן לצורך הדגמת השיטה. זהו סוג של סרטן העלול להיגרם לכאורה כתוצאה מחשיפה ארוכת טווח למזהמים שונים. סקרנו לעומק את המחלה, את שלבי ההתקדמות שלה, עלות הטיפול בכל שלב ולבסוף קישרנו את הדברים על ידי הכנת תרשים זרימה המאגד בתוכו את שלבי התקדמות המחלה, הטיפולים הנדרשים בכל שלב ושלב ועלות אותם טיפולים. נתונים אלו בנוסף לנתונים סטטיסטיים לגבי המחלה ביניהם אחוזי שרידות, תמותה, אחוזי תחלואה בקבוצות גיל שונות היוו את הבסיס לחישוב תוחלת עלות המחלה.

זיהום אוויר הוא שם כולל למצב שבו לאוויר נוספים חומרים כימיים וביולוגיים שאינם נכללים בהרכבו הטבעי, או שכמותו של מרכיב הנכלל בהרכבו הטבעי עולה יתר על המידה. המלה "זיהום" משקפת את העובדה שחומרים אלה מזיקים, במידה זו או אחרת, לחי ולצומח. זיהום האוויר בולט במיוחד בערים גדולות, עקב ריבוי כלי הרכב ומפעלי התעשייה בהן. ערים הנודעות בערפיח המכסה אותן הן לוס אנג'לס, סנטיאגו דה צ'ילה, בואנוס איירס ועוד. בישראל בולט זיהום האוויר במפרץ חיפה. קיימים מספר מזהמים עיקריים המחולקים ל-2 קטגוריות: הראשונה הינה גזים מזהמים כגון פחמימנים-בנזן, פחמן חד-חמצני (CO), פחמן דו-חמצני (CO₂), גפרית דו-חמצנית (SO₂), אוזון (O₃) ותחמוצות חנקן (NO_x). השנייה הינה חלקיקים מזהמים כגון עופרת וערפיח. זיהום האוויר משפיע על ארבעה תחומים עיקריים: בריאות האדם, חקלאות, חומרי בנייה וחומרים שונים ומערכות אקולוגיות.

מחקרים רבים על זיהום אוויר הראו שישנה קורלציה בין רמות גבוהות של זיהום אוויר לעלייה בתחלואה ובתמותה בטרם עת (L.Ferreira 2006). ההשפעות הבריאותיות הקשורות לחשיפה לזיהום האוויר בזמן קצר כוללות תמותה בטרם עת, אשפוזים עקב בעיות בדרכי הנשימה ובמערכת הלב, החמרה בבעיות הקשורות בדרכי הנשימה כגון אסטמה. בעיות אלה נובעות בעיקר מחשיפה לחלקיקים וגז האוזון. חשיפה לזיהום אוויר בטווח הארוך עלולה לגרום למחלות כרוניות רבות ומחלות קשות כגון סרטן ולפגום בתוחלת החיים. להשפעות הן בטווח הקצר והן בטווח הארוך יש גם השפעה כלכלית, הן מהוות נטל כספי כבד על מערכת הבריאות (אשפוזים, טיפולים רפואיים, תרופות, זמן אבוד בעבודה).

תחום נוסף אשר מושפע מזיהום האוויר הינו תחום הבנייה והחומרים. דוגמה טובה לכך היא הקורוזיה החומצית של אבנים, מתכות, וצבעים. דוגמה נוספת היא השפעתו של גז האוזון על חומרים פולימרים ובמיוחד על גומי טבעי. המדידה הכלכלית להערכת אותם נזקים כלכליים לבניינים מבוססת על מדידת עלות התיקון או ההחלפה של החומרים שניזוקו עקב הזיהום.

התחום השלישי שמושפע מזיהום האוויר הוא תחום החקלאות (P.Watkins 2006). גז האוזון נחשב למזהם העיקרי בתחום זה מבין המזהמים אותם פירטנו. מדידת ההשפעה של גז האוזון מבוססת על הקשר שבין מידת החשיפה של היבולים החקלאיים לזיהום האוויר ומחירם של אותם יבולים בשוק העולמי. מספר מזהמים נוספים קשורים אף הם לנזק לחקלאות אך כשמדובר בחשיפה גדולה למזהמים אלה (בימינו אין חשיפה במידה כזאת).

תחום המערכות האקולוגיות הינו התחום האחרון עליו משפיע זיהום האוויר. ההשפעות של הגפרית הדו-חמצנית (SO₂) על מגוון רחב של מערכות אקולוגיות החל מיערות גשם וכלה במאגרי מים, ידועות כמזיקות ביותר כבר שנים רבות והן עיקר הדאגה בקרב השיח הבינלאומי. פליטות של תחמוצת החנקן ידועות גם הן בתרומתן השלילית להחמצה. למרות הספרות הענפה שיש בנושא אין כרגע אפשרות לערוך מדידה כלכלית של השפעות אלו על המערכת האקולוגית. על מנת לערוך מדידה כלכלית נאותה יידרש ידע על נזקים ספציפיים למערכות האקולוגיות כדוגמת הכחדת מינים וירידה בפרודוקטיביות, וזאת לאורך זמן.

2. מזהמים

2.1 רקע כללי

כמויות מהותיות של מזהמים נפלטים מדי יום לאוויר וגורמים נזק לסביבה ולבריאות האדם. ניתן למנות שני סוגי מזהמים עיקריים: (1) קבוצה המורכבת מעירוב של כמה חלקים (אבק, פליטה, ערפיח ועשן) (2) גזים ואדים מזהמים (ENVIRONMENT POLICY COMMITTEE 2007). גורמים שונים משפיעים על הריכוז של המזהמים, הריכוז תלוי בכמות הנפלטת ממקור הזיהום ובהיותו נייד או נייח, בנוסף הדבר תלוי בפיזור שלהם. תנאי מזג האוויר משפיעים גם הם על ריכוז המזהמים כדוגמת הערפיח הפוטוכימי שהינו פונקציה של אור השמש והרוח שהינה אחד המרכיבים החשובים בפיזור של המזהמים. זיהום האוויר הינו "קוקטייל" של מספר מזהמים. רוב זיהומי האוויר מורכבים מ: עירוב של חלקיקים (PM), פחמן חד חמצני (CO), פחמן דו חמצני (CO₂), חנקן דו חמצני (NO₂), גופרית דו חמצנית (SO₂), רכיבים אורגניים נדיפים (VOC) ואוזון (O₃). זיהום האוויר נגרם הן ע"י מקורות טבעיים והן ע"י מקורות אנתרופוגניים. ישנו מגוון רחב של מקורות מזהמים והם יכולים להיות ניידים או נייחים.

המזהמים הטבעיים כוללים בתוכם את הגופרית והחנקן הנפלטים מהרי הגעש האוקיינוסים, פירוקים ביולוגיים, ושריפות ענק. בנוסף הרכיבים האורגניים הנפלטים מאבקות הפרחים מהעצים ומעוד סוגים שונים של צמחייה. כמו גם ה-PM המגיע מסופות אבק ושריפות ענק. מקורות לא טבעיים של זיהום האוויר כוללים תעשיות, תחבורה ותחנות כוח. המקור הנודע ביותר של זיהום האוויר מגיע משריפת דלקים מאובנים (פוסיליים), שמקורם בחומרים אורגניים גיאולוגיים קדומים בתחנות הכוח, בתעשיות בבתים ובבניינים. בעירת הדלקים הינה אחראית לפליטה של חנקן דו חמצני, גופרית דו חמצנית, פחמן חד חמצני, PM, רכיבים אורגניים ועופרת. מקורות נוספים לזיהום הינם לדוגמה: שריפות, מוצרים כימיים, דשנים ועיתונים. באירופה הגורמים העיקריים בשנת 2000 הינם (מהגבוה לנמוך): תחנות כוח, תחבורה, תעשייה, חקלאות. למזהמים אלה מתייחסים כאל "ראשיים" כאשר יש להם מקורות ישירים, אך זה אינו המקרה של גז האוזון. גז האוזון הינו תוצאה של תגובה פוטוכימית של קרני השמש על רכיבים אורגניים נדיפים בשילוב עם חנקן דו חמצני. ככזה, אני מתייחסים לאוזון כאל מזהם מ"סדר שני". בנוסף, ישנם עוד מקורות בלתי ישירים של פליטת PM אשר נוצרים משילוב של גזים דוגמת תחמוצות חנקן וגופרית שונות. מכאן ניתן להתייחס אל ה-PM הן כ"ראשי" והן מ"סדר שני".

הן למזהמים ה"ראשיים" והן למזהמים מ"סדר שני" יש השפעות שונות על בריאות האדם, מזיקות יותר ומזיקות פחות דוגמת בעירת דלק הנחשבת לגורם העיקרי לזיהום אוויר המזיק לבריאות הציבור. חשוב לציין שהיחס בין מזהמי האוויר השונים לא ידוע בוודאות והפחתת לדוגמה של PM עשויה לגרור אחריה דווקא עלייה בפליטה של מזהם אחר. בנוסף אין מערכת אחידה למדידה במדינות ה-OECD ועל כן מזהמים דוגמת החנקן הדו-חמצני ה-PM והגופרית הדו-חמצנית נמדדים ומנוטרים יותר מאחרים. אי סבירות מדעית וחסרון באיכות המידע מסבכים את ההנחות של ההשפעות הבריאותיות שיש לזיהום האוויר. עד עכשיו נהוג להשתמש ב-PM כקירוב לרמת זיהום האוויר, בעיקר בגלל שתי סיבות עיקריות: (1) ה-PM נמדד ומנוטר ברוב מדינות ה-OECD. (2) PM נקשר בדרך כלל לנוזקים הנגרמים לבריאות האדם ומשפיע על מוות בטרם עת. ישנן דאגות רבות הקשורות לזיהום האוויר והשפעתו על בריאות האדם, מערכות

אקולוגיות והתוצאות הכלכליות והחברתיות הנגרמות כתוצאה מהפגיעה בהן. מדידה של פליטת זיהום האוויר הינה כלי מפתח לתמיכה במדיניות סביבתית.

מחקרים אפידמיולוגים הדגישו את הקשר בין זיהום אוויר לבין השפעות אקוטיות וכרוניות על הבריאות הכוללות: מוות בטרם עת ואשפוזים נוספים בבתי חולים. מזהמים שונים יכולים להוביל לבעיות בקנה הנשימה, אלרגיות קשות ובעיות נוירולוגיות ואף בעיות התפתחותיות. זה נכון בעיקר לאוכלוסיות פגיעות יותר כגון: ילדים, קשישים, נשים בהריון, אנשים בעלי בעיות לב או ריאות ואנשים בעלי מערכת חיסונית חלשה. אנשים שעובדים בחוץ עשויים אף הם להיות בקבוצת סיכון גבוהה יותר.

ההשפעות הבריאותיות של זיהום האוויר מחולקות בדרך כלל להשפעות לזמן קצר (אקוטיות) ולהשפעות לזמן ארוך (כרוניות). האפקטים נעים החל מגירויים ורגישות בעיניים ובבית החזה העליון ועד לבעיות נשימה כרוניות, מחלות לב, סרטן ריאות ולבסוף אף מוות. הבעיות הבריאותיות תלויות בסוג המזהם, הריכוזיות שלו באוויר, מידת החשיפה, מעורבות של מזהמים אחרים וגם רגישות האדם.

ההשפעות הבריאותיות לטווח הקצר הנובעות מחשיפה ל-PM, לחנקן ולגופרית ולעוד מזהמים כוללות תחלואה מוגברת המאופיינת בבעיות נשימה, שיעור אשפוזים גבוה יותר בבתי-חולים עקב מחלות נשימה ולב. ההשפעות הבריאותיות לטווח הארוך לאותם מזהמים כוללות עליה בתמותה וקישור בתוחלת החיים של האוכלוסייה כולה. הן להשפעות בטווח הקצר והן להשפעות בטווח הארוך יש קשר לתמותה בטרם עת והקטנת תוחלת החיים בשנה עד שנתיים.

טבלה 2.1 מציגה את המזהמים, ההשפעות הניתנות לכימות, הלא ניתנות לכימות והשפעות אפשריות אחרות הנובעות מאותו מזהם, כמו גם האוכלוסייה הנמצאת בסיכון (L. Ferreira :2006):

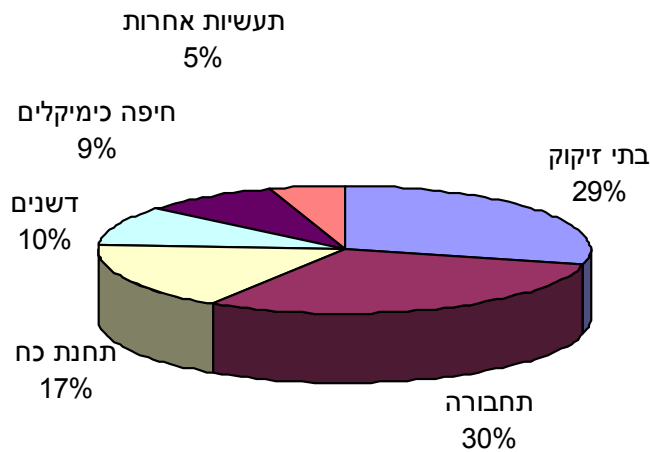
טבלה 2.1: השפעה בריאותית של מזהמים שונים

מזהם	השפעות הניתנות לכימות	השפעות שלא ניתנות לכימות	השפעות אחרות	אוכלוסיה בסיכון
גופרית דו חמצנית (SO ₂)	תחלואה אצל אסטמטיים: שינויים בתפקוד הריאות, סימפטומים נשימתיים, סרטן.		השפעות נשימתיות אצל לא אסטמטיים, אשפוזים בבתי חולים.	קשישים, אנשים הסובלים ממחלות נשימה.
חנקן דו חמצני (NO ₂)	תחלואה: מחלות נשימה.	רגישות בקנה הנשימה.	תפקוד ירוד של הריאות, דלקת ריאות, שינויים במערכת החיסונית.	הסובלים מבעיות נשימה בעיקר ילדים עם אסטמה.
מזהם	השפעות הניתנות לכימות	השפעות שלא ניתנות לכימות	השפעות אחרות	אוכלוסיה בסיכון

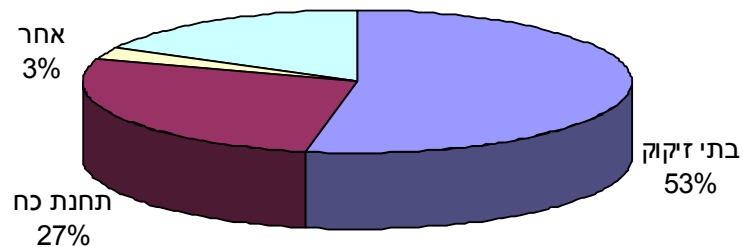
קשישים הסובלים מבעיות נשימה ובעיות בלב, אנשים עם בעיות נשימה כגון ילדים עם אסטמה.	מחלות כרוניות בנשימה שהן לא ברונכיטיס, ירידה בתפקוד הריאה.	שנוי בתפקוד הריאות.	מוות, תחלואה כגון: ברונכיטיס אקוטי וכרוני, אשפוזים בבתי חולים, בעיות בקנה הנשימה, בעיות בחזה, סימפטומים בקנה הנשימה, סרטן.	PM
ילדים		תחלואה אפשרית בקרב אוכלוסייה שאינה אוכלוסיית הילדים: בעיות נוירולוגיות, בעיות לב, השפעה על הפריון, השפעה על עוברים עקב חשיפת האם.	מוות, תחלואה כגון: יתר לחץ דם, סתימת עורקים בלב, שבץ לא קטלני, איבוד IQ.	עופרת
קשישים, אנשים עם בעיות נשימה.	שינויים במערכת החיסונית, מחלות נשימה, שנוי בתפקוד ובמבנה האיברים.	רגישות בדרכי הנשימה, ירידה בתפקוד הריאה.	מוות, תחלואה כגון: סימפטומים נשימתיים, אשפוזים בבתי חולים, התקפות אסטמה, ירידה בתפקוד הריאות, סינוסיטיס כרוני וחום גבוה.	אוזון O3
אנשים עם מצב איסכמי בלב.	השפעות קרדיו- וסולריות (של הלב וכלי הדם) אחרות והשפעות התפתחויות.	השפעות התנהגותיות, אשפוזים אחרים.	תחלואה: אשפוזים בבתי חולים, כשלון בתפקוד הלב, ירידה בפרקי הזמן בהופעת אנגינה.	פחמן חד חמצני

איור 2.1 מציג את פירוט אחוזי הפליטה של שני מזהמים עיקריים PM10 ו-SO2 בחלוקה
למקורות הפליטה באזור מפרץ חיפה לשנת 2005:

פליטת PM10 :



פליטת SO2 :



איור 2.1 : התפלגות מקורות פליטת הזיהום באזור חיפה

מגרפים אלו ניתן לראות כי באזור חיפה עיקר פליטת המזהמים נובעת מבתי זיקוק, תחנת כוח, חיפה כימיקלים ותעשיות דשנים שהינם מפעלים ייחודיים לעיר חיפה. מכאן ניתן להסיק שבעת מציאת פתרונות להפחתת הזיהום עלינו לתת משקל גדול יותר לפתרונות שמתמקדים בהפחתת וסינון החומרים הנפלטים מתעשיות אלו.

טבלה 2.2 מסכמת את הסימפטומים והעלויות הנגרמות בעקבות ההשפעות אותן הם גורמים :

טבלה 2.2 : סימפטומים ועלותם בצרפת ומקסיקו

עלויות		עלות ההשפעות הנגרמות מהמזהם	מזהם
מקסיקו 03 (בדולר 01) ³	צרפת 04 (ביורו 02) ²		
2,186	2500+595	אשפוזים בבית חולים בגין בעיות בקני נשימה (פר)	גופרית דו חמצנית

² Health Costs Of Inaction with Respect To Air Pollution –EPOC , מחקר של Rabi(2004)
³ Health Costs Of Inaction with Respect To Air Pollution – EPOC של McKinley (2003)

עלויות		עלות השפעות הנגרמות מהמזהם	מזהם
מקסיקו 03 (בדולר 01) ³	צרפת 04 (בירו 02) ²		
-	350+85	מקרה): אשפוזים בבית חולים פר מקרה: שנוי בתפקוד הריאות:	(SO2)
-	-		
		סימפטומים נשימתיים ומחלות נשימה: ברונכיטיס קל (ליום טיפול): ברונכיטיס חמור (ליום טיפול): דלקת גרון (לרינגיטיס) או דלקת לוע (פרנגיטיס): סינוסיטיס (פר יום אשפוז): דלקת ריאות:	חנקן דו חמצני (NO2)
-	34		
-	226		
40	30		
150	102		
-	-		
-	226	ברונכיטיס חמור (עלות טיפול יומי): ברונכיטיס כרוני (עלות מחלה): אשפוזים בבתי חולים בגלל קשיים נשימתיים (פר יום): ירידה בתפקוד הריאה: מוות:	PM
17,750	17,000		
269	350+85		
-	-		
-	-		
10,890	4,900	עלות בגין אשפוז בבית חולים בגין מקרה לב: יתר לחץ דם: שבץ לא קטלני: איבוד IQ: מוות:	עופרת
-	-		
-	-		
-	-		
2,186	2500+595	אשפוזים בבית חולים בגין בעיות בקני נשימה (פר מקרה): אשפוזים בגין קשיים נשימתיים (פר יום): סינוסיטיס (פר יום אשפוז): התקפות של אסטמה (פר התקף) התקפות של אסטמה (פר שנה)	אוזון O3
269	350+85		
150	102		
317	184		
-	1,800		
-	80+425	ביקור בחדר מיון: עלות בגין אשפוז בבית חולים בגין מקרה לב (פר מקרה):	פחמן דו חמצני
10,890	4,900		

הערה: המספרים המודגשים בכחול הינם תוספת למחלה בגין עלות של הפסד יום/ימי עבודה.

The Impact Pathway Approach 2.2

ישנן מספר דרכים לגזור את ההשפעה הכלכלית של זיהום האוויר. 2 השיטות העיקריות הינן Top-Down ו-Bottom-Up. בעקבות התקדמות באמידה המרחבית של זיהום האוויר התפתחה שיטה חדשה הנקראת The Impact Pathway Approach. השיטה משתמשת בין השאר בגישה לוגית כדי לבנות את ההערכה הכלכלית צעד אחר צעד. להלן שלבי השיטה:

1. איתור מקורות זיהום האוויר, מציאת המזהמים וחישוב הפליטה של כל מזהם.
2. חישוב פיזור החלקיקים ביחס לשטח והריכוז שלהם.
3. חישוב חשיפת האוכלוסייה למזהמים השונים.
4. זיהוי הסימפטומים או ההשפעות הבריאותיות מכל מזהם.
5. בניית פונקצית תגובה למידת החשיפה.
6. כימות ההשפעה הכלכלית בעזרת פונקצית התגובה.

ההשפעה והנזקים הנגרמים מהחשיפה מחושבים באמצעות המשוואות הבאות:

$$(1) \text{ Impact} = \text{pollution}^4 \cdot \text{Stock at risk}^5 \cdot \text{Response function}$$

$$(2) \text{ Economic damage} = \text{Impact} \cdot \text{Unit value of impact}$$

נוסחה זו נשארת קבועה במרבית החישובים אלא לעיתים יש לערוך מספר שינויים לדוגמא, בחישוב הנזק הנגרם לחומרים מחשיפה לחומצה יש להתחשב במשתנים אקלימיים דוגמת לחות יחסית ולהתחשב בשילוב של פליטה ממספר מזהמים.

בחישוב הסופי של ההשפעה הכלכלית על הבריאות אנו משתמשים בד"כ בגישת ה-WTP (מוסבר להלן). להשפעות שונות כגון נזק ליבולים, בנינים אפשר להשתמש להערכת הנזק בנתוני שווי שוק. כמו כן ניתן להשתמש גם בערכי שווי שוק עבור מספר סימפטומים בריאותיים על ידי מדידת העלויות של התרופות והטיפול הרפואי בהם.

2.3 אמידת הקשר בין זיהום אויר וביקור של אדם בודד אצל רופא⁶

לאמידת קשר זה נעזרנו במחקר שעסק בהערכת ההשפעה של שינויים יומיומיים בזיהום אויר על תחלואה בת"א רבתי. וזאת, כאשר מדד התחלואה הוא ביקורים אצל רופא משפחה ורופא ילדים עם אבחנה של תחלואה נשימתית או לבבית.

הנבדקים במחקר זה היו חברי קופת חולים "מכבי" בת"א, 209,354 איש. קבוצה זו מכסה כ- 44% מאוכלוסיית ת"א. פעוטות, גילאי 0-3.5 מהווים 6% מהנבדקים וקשישים, גילאי 65+ מהווים 10%.

⁴ זיהום האוויר (pollution) נמדד במונחים של ריכוז.

⁵ המונח אוכלוסייה בסיכון (stock at risk) מתייחס לאוכלוסיות רגישות כגון אנשים, מערכות אקולוגיות וחומרים.

⁶ נלקח מ: "יישום של שיטות סטטיסטיות מתקדמות לניתוח הקשר בין זיהום אויר ובריאות".

נתוני זיהום האוויר היו גזים מסוג: SO₂, CO, NO_x, NO₂, NO, O₃ וחלקיקים מסוג PM_{2.5} ו-PM₁₀. רמות הזיהום התקבלו מ-16 תחנות ניטור.

הממצאים מתוארים בטבלה 2.3 ומתייחסים ל-2 קבוצות רגישות באוכלוסייה: קבוצת הפעוטות וקבוצת הקשישים. בקבוצות אלה נמצא קשר חיובי בין כל המזהמים (למעט O₃) והביקור אצל רופא. באופן ספציפי נמצא שאצל קשישים ופעוטות: עלייה ב-IQ⁷ יחידות במזהמים מגדילה מעט אך באופן מובהק, את ההסתברות לביקור (או את אחוז הביקורים) כדלקמן⁸:

טבלה 2.3: השפעה של זיהום על עודף תחלואה בתל אביב בקרב קשישים ופעוטות

מזהם	קשישים	פעוטות
SO ₂	4%	4%
PM _{2.5}	4%	0.6%
NO _x	2%	4%
CO	2%	4%
PM ₁₀	0.8%	0.6%

באמצעות מחקר זה, ניתן לחשב יחסי עלות-תועלת על פי המודלים שהוצגו במחקר, כלומר עד כמה השקעה בהורדת הזיהום לרמות מסוימות תפחית ביקורים אצל רופאים, שעלותם ידועה.

3. סרטן שלפוחית השתן

3.1 שלפוחית השתן

שלפוחית השתן ממוקמת בחלק התחתון של הבטן. זהו איבר שרירי וחלול, דמוי בלוו, האוסף ואוגר שתן. השתן מורכב ממים ומחומרי פסולת שאינם נחוצים לגוף. שלפוחית השתן מרופדת בקרום לא חדיר, המכונה אורותל (Urothelium), שתפקידו למנוע מהשתן להיספג חזרה אל תוך הגוף. קרום זה מורכב מתאי מעבר (Transitional Cells) או תאי אורותל (Urothelial Cells). השתן נוצר בכליות, משם הוא נישא בצינוריות, הנקראות שופכנים, אל השלפוחית. כאשר השלפוחית מתמלאת, אותות עצביים נשלחים אל המוח. אותות אלו גורמים לשריר השלפוחית להתכווץ ולדחוף את השתן, דרך צינור השופכה, אל מחוץ לגוף. בגוף האישה, השופכה היא צינור קצר מאוד, הנמצא בדיוק מעל לנרתיק (בתעלת הלידה). בגוף הגבר, הצינור ארוך יותר ועובר דרך בלוטת הערמונית והפין.

3.2 סוגים של סרטן שלפוחית השתן

רוב סוגי סרטן שלפוחית השתן מתפתחים בשכבת התאים המצפה את השלפוחית (שכבת האורותל). סרטן זה נקרא סרטן תאי המעבר או תאי האורותל. לסרטן תאי המעבר מגוון רחב של צורות ודרכי התנהגות. לדוגמה, הסרטן עשוי להופיע כגידול קטן דמוי יבלת בצידה הפנימי של השלפוחית. גידול כזה ניתן להסרה בניחות. דוגמה אחרת היא גידול סרטני גדול בדופן השרירית

⁷ Inter Quartile – ההפרש בין האחוזון ה-75 לאחוזון ה-25.

⁸ התוצאות הינם ברמת מובהקות של 95%.

של השלפוחית. גידול זה מצריך ניתוח סבוך יותר. ישנן צורות של סרטן שלפוחית השתן היוצרות גידולים יבלתיים או גידולים דמויי פטרייה בציפוי הפנימי של השלפוחית. הם מאופיינים בגבעול קצר המחבר אותם לציפוי השלפוחית. לעיתים ממשיכים גידולים אלה להתפשט לתוך דופן השלפוחית. גידול המוגבל לציפוי הפנימי של השלפוחית מכונה סרטן שטחי, לעומתו גידול שהתפשט אל הדופן השרירית של השלפוחית נקרא סרטן פולשני.

3.3 דירוג וקביעת שלבי סרטן שלפוחית השתן

3.3.1 שלבי סרטן שלפוחית השתן

"שלב הסרטן" הוא מונח המתאר את גודלו ואת מידת התפשטותו של הסרטן אל מעבר למיקומו המקורי. קביעת היקף הסרטן ודרגתו מסייעת לרופאים להחליט מהו הטיפול המתאים ביותר לכל מטופל. את סרטן שלפוחית השתן מחלקים למספר שלבים:

- גידול במקום (TIS, In Situ): זהו שלב "טרום סרטני", בו תאי הסרטן מוגבלים רק לפני השטח הפנימי של ציפוי השלפוחית ולא מתפשטים לשכבות עמוקות יותר.
- גידול שלב 1: הגידול עשוי להופיע כגוש יבלתי או דמוי פטרייה, הבולט לתוך חלל השלפוחית. גם גידול בשלב 1 מוגבל לציפוי השלפוחית.
- גידול שלב 2: הגידול התפשט לשכבות השריר הפנימיות של דופן השלפוחית.
- גידול שלב 3: הגידול התפשט לשכבות עמוקות בדופן השרירית.
- גידול שלב 4: הגידול התפשט לאיברים סמוכים לשלפוחית, כגון בלוטת הערמונית, הנרתיק או המעיין. סרטן בשלב 4 נקרא סרטן שלפוחית שתן שניוני (או סרטן שלפוחית שתן גרורתי).

3.3.2 דירוג סרטן שלפוחית השתן

"דירוג הסרטן" מספק מידע על מידת הממאירות, על בשלות התאים ועל מהירות התפתחות הסרטן בעזרת בדיקה מיקרוסקופית של צורת תאי הסרטן. ישנן שתי שיטות דירוג. השכיחה מבין השתיים כוללת שלוש דרגות: דרגה 1 (נמוכה), דרגה 2 (בינונית) ודרגה 3 (גבוהה), (השיטה השכיחה פחות כוללת ארבע דרגות). דרגה נמוכה משמעה שתאי הסרטן דומים מאוד לתאי שלפוחית בריאים, גדלים לאט ובעלי סיכון נמוך להתפשטות. בגידולים המדורגים כגבוהים, התאים נראים מאוד חריגים וקיים סיכון גבוה שהם יתפשטו או יגדלו.

3.4 הגורמים לסרטן שלפוחית השתן

כיום ישנו מידע על חלק מהגורמים האפשריים לסרטן שלפוחית השתן, עם זאת מחקרים נערכים כל העת על מנת להעמיק את הידע על המחלה. בין הגורמים הידועים כמעלים את הסיכון לסרטן שלפוחית השתן ישנו העישון. עשן הסיגריות מכיל חומרים כימיים שעלולים לגרום לסרטן שלפוחית השתן. חומרים אלה יוצרים נזק מצטבר. ככל שאדם מעשן כמות גדולה יותר של סיגריות, עולה הסיכון לחלות בסרטן שלפוחית השתן, גם בגיל צעיר יחסית ובחלוף מספר מועט של שנים. גורם סיכון נוסף, לסרטן שלפוחית השתן הוא חשיפה לחומרים כימיים במקום העבודה, כגון, חומרי צבע, גומי, גז, פלסטיק ושאר **חומרים המשמשים בתעשייה**. השפעת חומרים אלו אינה מיידית, הנוק עלול להופיע עד 25 שנים לאחר החשיפה. גם התקפים תכופים של דלקת

בשלפוחית השתן הנגרמים בשל זיהום חיידקי ואבנים בשלפוחית עלולים להוביל להתפתחות סרטן שלפוחית השתן. באזורים בעולם בהם נפוצה מחלת הבילהרציה (זיהום טפילי כרוני של שלפוחית השתן), נמצאה שכיחות רבה יותר של סרטן שלפוחית השתן. סרטן שלפוחית השתן נפוץ בקרב גברים פי שניים מאשר בקרב נשים. הוא מופיע על פי רוב בקרב בני גילאי 60-40, נדיר ביותר למצוא סרטן בשלפוחית השתן בקרב גברים ונשים מתחת לגיל 40. אולם היות וסרטן שלפוחית השתן עלול להיגרם כתוצאה מעישון הרי שישנם מקרים בהם סרטן זה מתגלה גם בקרב אנשים בני 30 אשר עישנו מגיל צעיר.

3.5 תסמינים

התסמין הנפוץ ביותר של סרטן שלפוחית השתן הוא דם בשתן (המטוריה). תסמין זה אינו מלווה בכאב. הדימום בשתן מופיע על פי רוב ללא התראה ולסירוגין נעלם לאחר יום ושב במועד מאוחר יותר. יש לציין כי כמות הדם בשתן אינה מדד להיקף הסרטן. לעיתים סרטן שלפוחית השתן יוצר קרישי דם הגורמים להתכווצויות שרירים מכאיבות בשלפוחית. ישנם חולים המדווחים על תחושת צריבה בעת מתן שתן או על צורך תכוף להטיל שתן. יחד עם זאת, תסמינים אלה יכולים להיות תוצר של דלקת ולא של גידול סרטני. במידה ותופעות אלו לא תיעלמנה לאחר שימוש באנטיביוטיקה, יש לפנות לבדיקות נוספות על מנת לנסות ולהבין את מקור הבעיה.

3.6 אבחנה

האבחנה מתחילה בדרך כלל בביקור אצל רופא המשפחה. הבדיקה הראשונית כוללת דגימת שתן ובדיקה פנימית של פי הטבעת ושל הנרתיק (בנשים). דגימת השתן תישלח לבדיקה מיקרוסקופית על מנת לבחון האם יש בה תאים סרטניים. ייתכן שרופא המשפחה יפנה את המטופל לרופא מומחה בבית חולים לשם ביצוע בדיקות נוספות וצילומי רנטגן. הבדיקות שלהלן משמשות לאבחון סרטן בשלפוחית השתן:

- **ציסטוסקופיה וביופסיה - הבדיקה החשובה ביותר לאבחון סרטן שלפוחית השתן נקראת ציסטוסקופיה (Cystoscopy), הבדיקה מבוצעת, על פי רוב, תחת הרדמה מקומית. במהלך הבדיקה בוחן הרופא את ציפוי השלפוחית והשופכה באמצעות סיב אופטי טלסקופי, קטן וגמיש. אם בדיקת הציסטוסקופיה מעלה ממצאים, המצביעים על סרטן, נערכת ביופסיה תחת הרדמה כללית. ביופסיה מוסרת דגימת תאים חריגים (אחת או יותר) מהשלפוחית או מציפוי השלפוחית. הדגימה נשלחת לבדיקה מיקרוסקופית בידי פתולוג.**
- **בדיקות דם - דגימות דם יילקחו בכדי לבצע ספירת דם ולבדוק את מצב בריאותו הכללית של החולה ואת פעולת הכליות והכבד.**
- **צילום רנטגן של החזה - בדיקה זו תתבצע על מנת לבדוק את מצבם של הלב והריאות של החולה.**
- **אורוגרפיה תוך-ורידית (IVU או IVP) - מטרתה של בדיקה זו היא חשיפת ממצאים חריגים בכליות, בשלפוחית השתן ובשאר מערכת השתן. הבדיקה מתבצעת במחלקת הרנטגן בבית החולים ו/או בקופת החולים ונמשכת כשעה. במהלך הבדיקה יוזרק לווריד, לרוב בזרוע, חומר צבע המכיל יוד, שיעבור דרך מחזור הדם אל הכליות. הרופא יעקוב, על פני מסך, אחר מעבר הצבע על מנת לגלות ממצאים חריגים. זריקת הצבע עלולה לגרום**

למטופל לגלי חום למשך מספר דקות, אך תחושה זו תעלם בהדרגה. כמו כן, המטופל עלול לחוש אי נוחות זמנית בבטנו.

3.6.1 בדיקות נוספות:

במידה והבדיקות שפורטו יראו כי המטופל סובל מסרטן שלפוחית השתן, יפנה אותו האורולוג לבדיקות נוספות על מנת לגלות האם הסרטן התפשט אל מעבר לשלפוחית. בדיקות אלו יסייעו לרופא להחליט מהו הטיפול הטוב ביותר:

- סריקת CT - זהו סוג מתוחכם של צילום רנטגן, הבונה תמונה תלת-ממדית של פנים הגוף, על מנת לבחון את מידת התפשטות הסרטן. הסריקה אינה מכאיבה, אך כרוכה בשכיבה ללא תנועה במשך כ-15-10 דקות. בסריקות CT נעשה שימוש בכמות קטנה של קרינה, כך שהסבירות שייגרם נזק למטופל או לאדם אחר הבא עימו במגע נמוכה ביותר. ייתכן שהמטופל יקבל משקה או זריקה של חומר בעל צבע שיעבור דרך מחזור הדם אל הכליות. מעבר החומר יאפשר לראות אזורים מסוימים באופן ברור יותר בצילום. הזריקה עלולה לגרום לגל חום בכל הגוף למשך מספר דקות. אם המטופל אלרגי ליוד, או סובל מאסטמה, הוא עלול לסבול מתגובה חמורה לזריקה.
- סריקת עצם רדיו איזוטופית - בחלק מהמקרים מבצעים סריקה רדיו איזוטופית על מנת לבדוק האם תאי הסרטן התפשטו אל מעבר לשלפוחית השתן, לעצמות. מזריקים לנבדק כמות קטנה של חומר רדיואקטיבי, לאחר מכן, הגוף כולו נסרק על ידי מכונה, המודדת כמויות של קרינה רדיואקטיבית. הרציונל העומד מאחורי בדיקה זו הוא כי גידולים סרטניים סופחים יותר חומר רדיואקטיבי ועל כן יבלטו בצילום. הסריקה תבצע כשעה לאחר הזרקת החומר. כמות הקרינה המשמשת לבדיקה זו היא קטנה ואינה גורמת לנבדק להיות רדיואקטיבי. מעבר לכך, הקרינה תעלם מגוף הנבדק תוך מספר שעות.
- הדמיית תהודה מגנטית (סריקת MRI) - זוהי בדיקה, הדומה לסריקת CT, אך עושה שימוש בגלי קול על מנת לבנות תמונות חתך רוחביות של גוף הנבדק. בעת הבדיקה יתבקש הנבדק לשכב בנוחות בגליל ארוך במשך כ-30 דקות. בכדי לקבל את התמונה הטובה ביותר האפשרית יתבקש הנבדק למלא את שלפוחית השתן ולשתות כמות רבה של נוזלים לפני הבדיקה. מכשיר קטן, דמוי מיקרופון, יועבר על האזור הנבדק ויפיק גלי קול, שיומרו על ידי מחשב לכדי תמונה. בדיקה זו אינה מכאיבה ואורכית כ-20-15 דקות.
- סריקת אולטרסאונד - סריקת אולטרסאונד עושה שימוש בגלי קול על מנת לבחון איברים פנימיים בגוף הנבדק, כגון, אגן הירכיים ושלפוחית השתן. הסריקה נערכת במחלקת הסריקה בבית החולים.

3.7 סוגי הטיפולים

הטיפול בסרטן שלפוחית השתן תלוי בסוג הסרטן, בדרגתו ובשלב בו הוא מצוי. אבחנה חשובה היא בין סרטן הממוקם בציפוי השלפוחית בלבד ומכונה סרטן שטחי, לבין סרטן שהתפשט לדופן השרירית של השלפוחית ומכונה סרטן פולשני. גידול שטחי – יחיד או מרובה - מוסר בדרך כלל

באמצעות ניתוח- ציסטוסקופ (כפי שיתואר בהמשך). כמו כן, ניתן להחזיר לשלפוחית תרופות אנטי-סרטניות בעזרת כימותרפיה או טיפול בקרינה במטרה למנוע את חזרת הסרטן.

3.7.1 ניתוח

ניתוח הוא צורת הטיפול השכיחה ביותר בגידולים פולשניים של סרטן שלפוחית השתן. לעיתים נאלץ הרופא להסיר חלק מהשלפוחית או את השלפוחית כולה במסגרת הניתוח. יש מקרים בהם ניתן לשחזר שלפוחית חדשה.

- הסרת גידולים שטחיים בשלפוחית השתן - גידולים רבים בשלפוחית השתן ניתנים להסרה ללא קושי בעזרת ציסטוסקופ. ציסטוסקופ הוא כריתת גידול בשלפוחית השתן דרך השופכה (TURBT), השיטה מאפשרת לטפל במספר גידולים במקביל. בהליך זה מוסר הגידול מבסיסו, תוך צריבת האזור הסובב אותו בזרם חשמלי, על מנת למנוע דימום יתר במקום. היות והגידול חוזר לעיתים קרובות לאחר הטיפול, נדרשות בדיקות תקופתיות למעקב ציסטוסקופי. הבדיקות נערכות בשלב הראשון כל שלושה או ארבעה חודשים. רוב בדיקות המעקב הציסטוסקופיות מתבצעות בהרדמה מקומית במרפאות החוץ. במקרה של חזרת הסרטן, הבדיקות יאפשרו אבחון מוקדם והסרה יעילה של הגידול. עם זאת, לעיתים ניתנת כימותרפיה או טיפול אימונולוגי (שיפורטו בהמשך) ישירות לשלפוחית על מנת להתמודד עם חזרת הסרטן.
- כריתת השלפוחית - לעיתים, כאשר הגידול גדול מדי או כאשר הוא התפשט לדופן השלפוחית, לא ניתן להסירו באמצעות ציסטוסקופ. במקרה כזה, תוסר השלפוחית בחלקה או במלואה. ניתוח להסרת השלפוחית כולה נקרא כריתת שלפוחית מלאה (Radical Cystectomy), הוא מחייב יצירת תחליף לאגירת שתן (ראה פירוט בהמשך). הליך בו מוסר חלק מהשלפוחית נקרא כריתת שלפוחית חלקית (Partial Cystectomy). לאחר ניתוח זה ניתן להטיל שתן כרגיל. עם זאת, השלפוחית יכולה להכיל פחות שתן ועל כן תדירות מתן השתן עולה.

3.7.2 טיפול בקרינה

טיפול בקרינה כטיפול בסרטן עושה שימוש בקרניים באנרגיה גבוהה המשמידות את תאי הסרטן, תוך שהן גורמות נזק מועט ככל האפשר לתאים בריאים. שימוש בקרינה כטיפול בסרטן שלפוחית השתן אינו שכיח ונעשה כאשר יש צורך למנוע הסרה של השלפוחית במקרה של סרטן פולשני. טיפול בקרינה יכול להינתן לפני ניתוח או לאחריו, במטרה להקטין את הסיכון להיווצרות תאי סרטן באזור האגן לאחר הסרת השלפוחית. גם במקרים של הישנות הסרטן לאחר שהתבצע ניתוח, נעשה שימוש בטיפול בקרינה. מטרה נוספת לשמה נעשה טיפול בקרינה היא הקטנת גידולים גדולים על מנת שיתאימו לניתוח. בנוסף, ישנם מצבים קליניים בהם ניתן להשתמש בקרינה כטיפול בלעדי למטרת ריפוי. הטיפול יכול להינתן בשילוב עם כימותרפיה, כתחליף לניתוח כריתת השלפוחית.

3.7.3 כימותרפיה

כימותרפיה היא השימוש בתרופות אנטי-סרטניות (ציטוטוקסיות) מיוחדות להשמדת תאים סרטניים. כימותרפיה עשויה להועיל לחולים עם סרטן שטחי של שלפוחית השתן, זאת אומרת סרטן המצוי בשלב מוקדם. במקרה כזה, ניתנת הכימותרפיה ישירות לשלפוחית השתן באמצעות צינורית גמישה (צנתר), בעוד שבמקרים של סרטן פולשני, הכימותרפיה ניתנת בהזרקה לווריד. כימותרפיה הניתנת ישירות לתוך השלפוחית נקראת כימותרפיה תוך-שלפוחיתית (Intravesical). התרופות הנפוצות ביותר בכימותרפיה מסוג זה הן Mitomycin-C ו-Epirubicin. כימותרפיה תוך שלפוחיתית מאפשרת לתרופה לבוא במגע ישיר עם תאי הסרטן שבציפוי השלפוחית. הליך זה מצמצם את תופעות הלוואי היות והוא מקטין את כמות התרופות המוזרמת אל מחזור הדם ודרכו משפיעה על הגוף כולו. הכימותרפיה ניתנת פעם אחת, או פעם בשבוע במסגרת מחזור טיפולים של כשישה שבועות. הליך הכימותרפיה אורך בין שעה לשעתיים, כאשר כל חצי שעה יתבקש הנבדק לשנות את תנוחת השכיבה. כאשר הסרטן מתפשט לשריר השלפוחית ניתן לבחון שיטה ניסיונית, שבמסגרתה מבוצע טיפול, המשלב קרינה וטיפול כימי. מטרת הטיפול היא לנסות ולמנוע את כריתת השלפוחית. מתן טיפול כימי במקרים בהם המחלה ממוקמת בשלפוחית או בבלוטות הלימפה האזוריות נמצא בבדיקה. טיפול כימי ניתן גם בשילוב כריתת שלפוחית השתן או לאחר הכריתה בהתאם לממצאים הפתולוגיים. במידה והגידול שלח גרורות הטיפול היחיד הניתן הוא טיפול כימי. כאשר ניתן הטיפול הכימי ישנו צורך להזרים תרופות אל הגוף כולו בעזרת מחזור הדם, לכן תינתן לך כימותרפיה תוך-ורידית (דרך הוריד). מחזור טיפול אחד אורך מספר ימים וחוזר על עצמו אחת לכמה שבועות, במשך מספר חודשים. התרופות הנפוצות ביותר במתן תוך ורידי הן Cisplatin, Taxol Carboplatin ו-Gemcitabine.

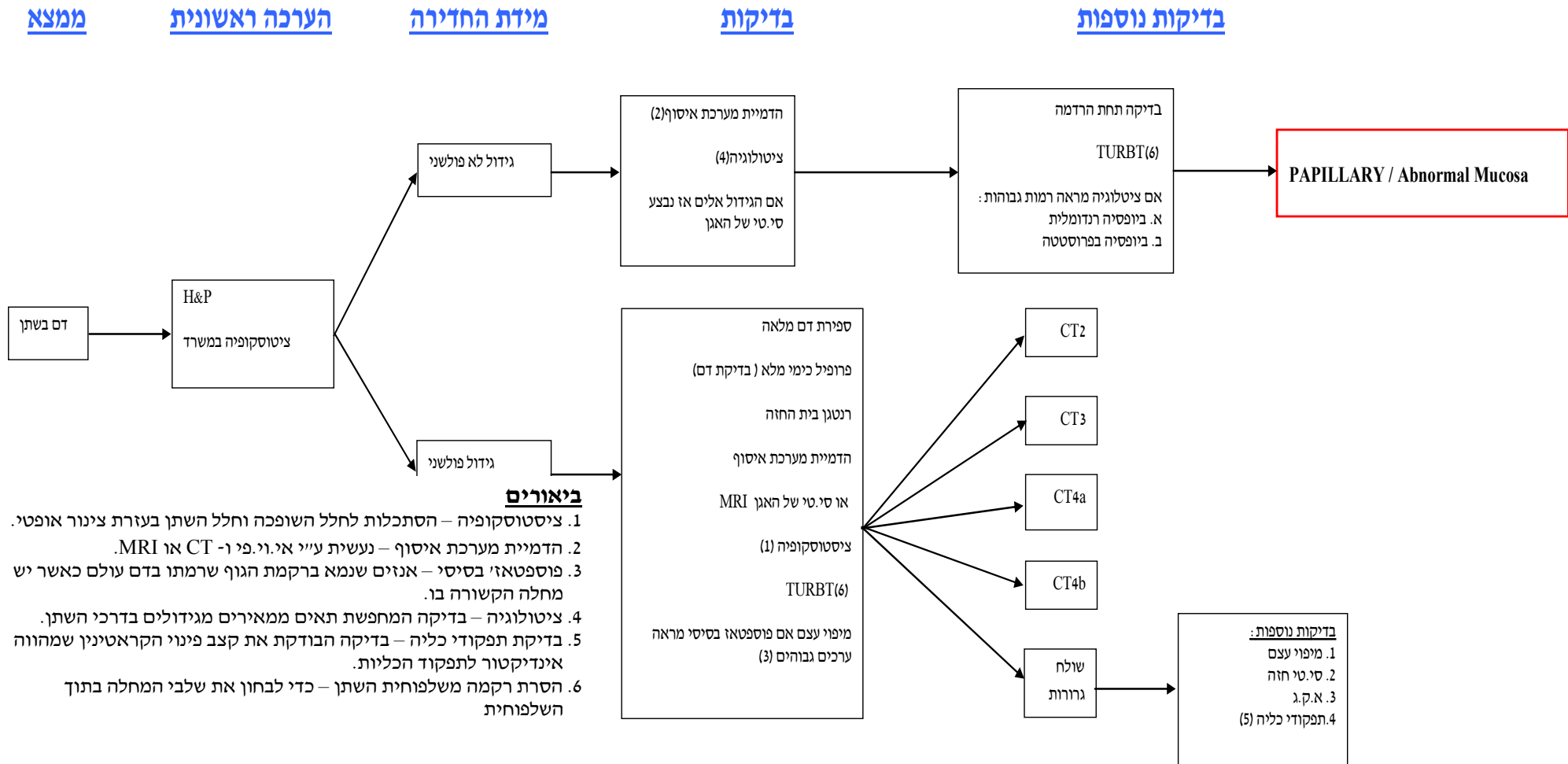
3.7.4 טיפול אימונולוגי

טיפול אימונולוגי עושה שימוש במערכת החיסון של הגוף על מנת להילחם בתאי הסרטן. מחקרים הוכיחו כי מתן חומר בשם BCG (המשמש גם נגד שחפת), הוא טיפול יעיל במספר סוגי סרטן שטחי של שלפוחית השתן. פעולתו המדויקת של טיפול זה אינה ידועה, אולם נראה כי החומר מעורר תגובה מקומית בשלפוחית השתן, המפעילה את מערכת החיסון של הגוף וכתוצאה מכך מכווצת את הסרטן או משמידה אותו. הטיפול ניתן באמצעות צנתר ישירות לשלפוחית במרפאת החוץ של המחלקה האורולוגית בבית החולים, אחת לשבוע, במשך שישה שבועות. לעיתים ישנו המשך לטיפול במחזורים קצרים ובמועדים מאוחרים יותר. לאחר הטיפול אין להטיל שתן במשך כשעתיים (זמן פעולת הטיפול). בעת הטלת שתן בשש השעות שלאחר הטיפול, יש לשבת במקום לעמוד (גברים ונשים כאחד) כדי להימנע מהתזות. ייתכן שהנבדק יסבול מתופעות לוואי מטרידות במהלך הטיפול, כגון דם בשתן, חום וצמרמורת, צורך תכוף להטיל שתן, כאבי פרקים, בחילות והקאות, כאב בעת הטלת שתן, שיעול, פריחה בעור ועייפות חריפה. תופעות אלה הן צפויות ולרוב נעלמות כמעט מעצמן. עם זאת, יש להקפיד לדווח עליהן לרופא. אם הנבדק נוטל תרופות נוספות חשוב שידווח על כך לרופא, משום שתרופות המדכאות את מערכת החיסון המשולבות בקבלת BCG יכולות להיות מסוכנות. כיום מתבצעים ניסויים קליניים בסוגים נוספים של טיפול אימונולוגי, כגון אינטרפרון, במטרה לבדוק האם הם יעילים כטיפול בסרטן שלפוחית השתן.

3.7.5 מעקב

לאחר השלמת הטיפול, יקיים הרופא בדיקות מעקב, ציסטוסקופיות וצילומי רנטגן שגרתיים.
מעקב זה ימשך מספר שנים.

תרשים 3.1 הוא זרימה (ב-2 חלקים) אשר מתאר את התפתחות המחלה (בדגש על התקדמות מגידול לא פולשני):



ממצא

הערכה ראשונית

מידת החדירה

בדיקות

בדיקות נוספות

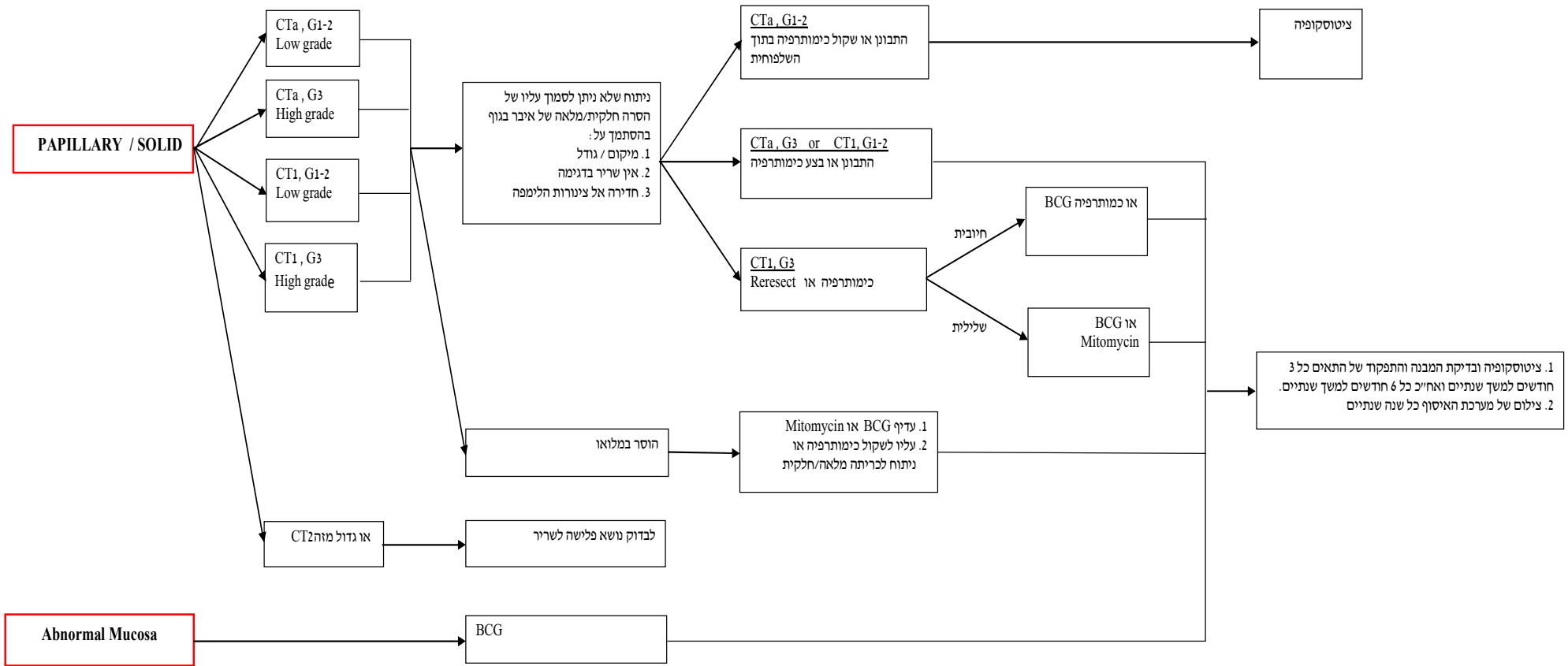
ביאורים

1. ציטוסקופיה – הסתכלות לחלל השופכה וחלל השתן בעזרת צינור אופטי.
2. הדמיית מערכת איסוף – נעשית ע"י אי.וי.פי ו- CT או MRI.
3. פוספטאו' בסיסי – אנזים שנמא ברקמת הגוף שרמתו בדם עולם כאשר יש מחלה הקשורה בו.
4. ציטולוגיה – בדיקה המחפשת תאים ממאירים מגידולים בדרכי השתן.
5. בדיקת תפקודי כליה – בדיקה הבודקת את קצב פינוי הקראטינין שמהווה אינדיקטור לתפקוד הכליות.
6. הסרת רקמה משלפוחית השתן – כדי לבחון את שלבי המחלה בתוך השלפוחית

פתולוגיה

טיפול מסייע

טיפול עוקב



איור 3.1 : תרשים זרימה של התפתחות סרטן שלפוחית השתן

ביאורים

BCG – תרכיב שמקנה חיסון נגד שחפת
 MITOMYCIN – סם מיוחד כנגד סרטן, שייך למשפחת אנטי-טיומר אנטיביוטיקס
 Mucosa – שכבה דקה רכה וורודה שמצפה חללים ומבנים צינוריים בגוף. מורכבת משכבה חיצונית של אפיטל המכילה בלוטות שמפרישות ריר, ומתחתיה שכבות של רקמות חיבור ושרירים.

טבלה 3.1 מתארת את העלויות הכרוכות בבדיקות והטיפול בסרטן שלפוחית השתן (בש"ח):⁹

טבלה 3.1: עלויות הכרוכות בטיפול בסרטן שלפוחית השתן

עלות (בש"ח)	שלב
הערכה ראשונית	
960	ציסטוסקופיה
178	בדיקת מומחה במרפאה
בדיקות	
עלות הדמיית מערכת איסוף:	
374	אורתרוציסטוגרפיה, שיקוף ואו צילום שלפוחית השתן והשופכה
299	אורתרוציסטוגרפיה, שיקוף ואו צילום שלפוחית השתן והשופכה לאחר מילוי
840	רטרוגרדי אורתרוציסטוגרפיה, שיקוף ואו צילום שלפוחית השתן והשופכה לאחר מילוי
	רטרוגרדי תחת טשטוש
140	בדיקה ציטולוגית, עבודת המעבדה ותשובת המעבדה
1,166	CT של האגן
98	ספירת דם מלאה
182	פרופיל כימי מלא
107	רנטגן בית החזה
2,593	MRI
960	ציסטוסקופיה
1,420	מיפוי עצם
בדיקות נוספות	
1,987	ביופסיה
1,420	מיפוי עצם
1,166	CT
97	א.ק.ג.
טיפול מסייע	
1,987	פעולה כירורגית
964	שטיפת שלפוחית השתן עם BCG, כולל החומר
כימותרפיה:	
1,422	כימותרפיה באשפוז, כתוספת ליום אשפוז
9,351	כימותרפיה תוך עורקית תחת אנגיוגרפיה
703	BCG

⁹ בטבלה זו מוצגות העלויות השכיחות בכל שלב ושלב. ישנם מקרים בהם חולה יבצע חלק מהבדיקות/טיפולים בהתאם למצבו לכן לא ניתן לסכום את העלויות ולהגיע לעלות בכל שלב. לעבודה יצורף נספח בקובץ אקסל בו יוצגו העלויות כאשר הם מופרדות לכל שלב ובתוך כל שלב, וע"י כך ניתן יהיה לאמוד במדויק את עלות התקדמות המחלה עבור חולה ספיציפי.

עלות		שלב
(בש"ח)		MITOMYCIN
3,247		
טיפול עוקב		
5,784		ציסטוסקופיה (שש פעמים)
11,568		ציסטוסקופיה (שניים עשר פעמים)
374		עלות הדמיית מערכת איסוף : אורתרוציסטוגרפיה, שיקוף וואו צילום שלפוחית השתן והשופכה.
299		אורתרוציסטוגרפיה, שיקוף וואו צילום שלפוחית השתן והשופכה לאחר מילוי
840		רטרוגרדי. אורתרוציסטוגרפיה, שיקוף וואו צילום שלפוחית השתן והשופכה לאחר מילוי
		רטרוגרדי תחת טשטוש

3.8 נתונים סטטיסטיים אודות סרטן שלפוחית השתן¹⁰

על פי נתוני רישום הסרטן הלאומי במשרד הבריאות, מאובחנים בישראל מדי שנה כ-1,100 איש כחולים בסרטן שלפוחית השתן. סרטן שלפוחית השתן נפוץ בקרב גברים פי שניים מאשר בקרב נשים. הוא מופיע על פי רוב בקרב בני גילאי 40-60, נדיר ביותר למצוא סרטן בשלפוחית השתן בקרב גברים ונשים מתחת לגיל 40. אולם היות וסרטן שלפוחית השתן עלול להיגרם כתוצאה מעישון הרי שישנם מקרים בהם סרטן זה מתגלה גם בקרב אנשים בני 30 אשר עישנו מגיל צעיר. טבלה 3.2 מסכמת ממצאים אלו.

טבלה 3.2: התפלגות סרטן שלפוחית השתן במגזרים שונים באוכלוסייה

לא יהודים				יהודים				קבוצות גיל
נשים		גברים		נשים		גברים		
ASR	מקרים	ASR	מקרים	ASR	מקרים	ASR ¹¹	מקרים	

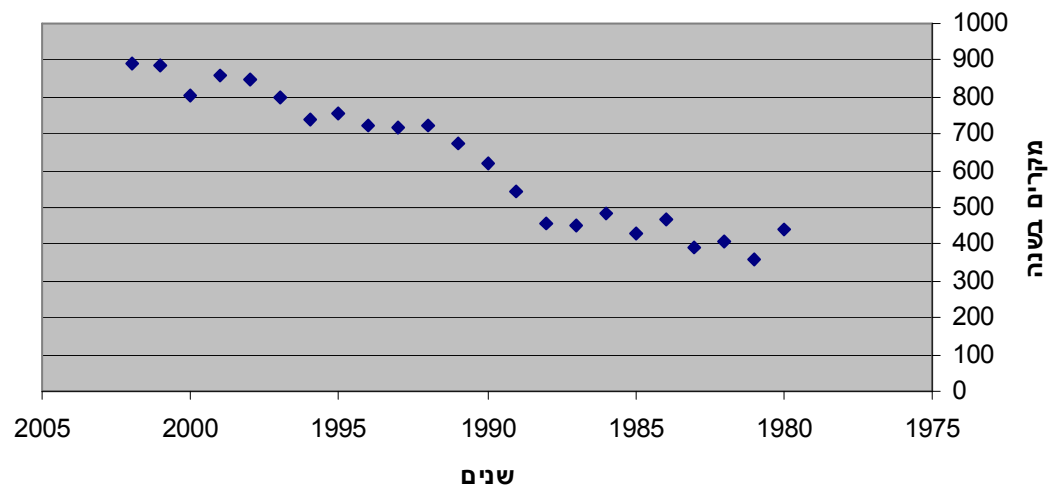
¹⁰ הנתונים נלקחו מאתר רשם הסרטן הלאומי בכתובת:

<http://www.health.gov.il/pages/default.asp?maincat=22&catId=183&PageId>

¹¹ ASR – מספר המקרים בהם תופיע המחלה כאשר התפלגות הגילאים במדינה הינה תקינה.

-	-	1.36	1	-	-	-	-	10-14
-	-	1.80	1	-	-	0.49	1	20-24
-	-	-	-	0.51	1	0.99	2	25-29
-	-	-	-	0.59	1	1.18	2	30-34
-	-	2.49	1	3.35	5	4.87	7	35-39
-	-	-	-	1.29	2	7.55	11	40-44
-	-	25.97	6	1.86	3	16.63	25	45-49
6.02	1	-	-	9.37	15	33.53	50	50-54
14.8	2	84.51	12	13.24	15	68.64	72	55-59
-	-	84.91	9	24.13	23	102.31	84	60-64
-	-	178.08	13	23.66	22	193.76	149	65-69
33.33	2	148.94	7	43.48	37	262.2	172	70-74
43.48	3	229.51	14	69.28	113	290	319	+75
-	8	-	64	-	237	-	894	סה"כ
2.40	-	21.66	-	5.39	-	27.30	-	ASR

איור 3.2 מסכם את מספר המקרים של הופעת סרטן שלפוחית השתן בקרב גברים יהודיים בישראל בין השנים 1980 - 2002 :



איור 3.2 : מספר מיקרי סרטן שלפוחית השתן בקרב גברים יהודיים בין 1980 ל - 2002.

אחוז ההישרדות מסרטן שלפוחית השתן נחשב לטוב מאוד. לפי איגוד המנתחים האמריקאי בגילוי מוקדם לפני התפשטות המחלה, שיעור השרידות ל-5 שנים¹³ הינו 94%. כאשר הסרטן מתפשט לאיברים באזור אגן הירכיים אחוז השרידות יורד ל-49%. במידה והסרטן מתפשט לאיברים אחרים אחוז השרידות ל-5 שנים צונח ל-6% בלבד.

4. הערכת ערך חיי אדם

4.1 רקע כללי

קיימות מספר שיטות כלכליות להערכת העלות שנגרמת כתוצאה ממחלות הקשורות לזיהום האוויר או להערכת ההטבות הנגרמות עקב הימנעות ממחלות אלו. האמונה הרווחת מחוץ לקהילת הכלכלנים הינה, כי אין זה מוסרי לכמת ערך חיי אדם. לפי דעתנו אמונה זו מבוססת על חוסר הבנה. הגישה הכלכלית אינה מנסה להעריך את ערך חיי האדם אלא את ההטבה הנגרמת מהפחתת הסיכון. בעקבות הערכה זו המושג "מניעת אבידה סטטיסטית" הוא המונח הנכון מדעית למה שאנו מנסים לכמת. מושג זה נועד על מנת להמחיש, כי ההפחתה בסיכון מוערכת לפני שהתוצאה השלילית הבאה בעקבותיו קרתה ולא שערך חיי אדם נמדד לאחר שנפטר. ההערכה הכלכלית של החיים ניתנת למדידה בשלוש דרכים עיקריות:

1. גישת התוצר הגולמי האבוד/ איבוד הצריכה העתידית- מדידת התוצר האבוד או הצריכה האבודה עקב מותו או מחלתו של אדם.
2. גישת ה"מוכנות לשלם" (WTP)/ "מניעת אבידה סטטיסטית" (VFP) - בגישה זו נמדדת המוכנות לשלם עבור הימנעות מסיכון למוות כלשהוא.
3. גישת "ערך שנת חיים" (VOLY)- גישה זו מעריכה את ערך שנת חיים בהתחשב בנתוני גישה 2.

4.2 גישת התוצר הגולמי האבוד/איבוד הצריכה העתידית

שיטה זו מעריכה את העלות של מוות בטרם עת ע"י מדידת איבוד התוצר או הצריכה שאותם היה הקורבן עתיד לייצר. הערכה זו מבוססת על התוצאות של מוות בטרם עת עבור החברה ללא התייחסות לרמת הסיכון הנפרדת שיש לכל פרט בה לחלות או למות כתוצאה ממוות לא טבעי.

החיסרון הבולט בשיטה זו הינו שמדובר בהערכה חומרית בלבד ועל מנת להתגבר על מגבלה זו לעתים משולבת המדידה עם הערכה שאינה חומרית כגון: מדידת הכאב והצער הנגרם לקורבנות ולמשפחותיהם. חסרונות נוספים הינם: אי קיום עקרון כלכלי בסיסי שאומר שבמדידת השפעה שלילית או חיובית יש להתחשב בתועלת הפרט והעובדה שיש משמעות גדולה לבחירת שיעור ההיוון בייחוד במקרים בהם יש מספר רב של שנים אבודות.

¹² הנתונים נלקחו מאתר איגוד המנתחים האמריקאי בכתובת: <http://www.facs.org>

¹³ אחוז השרידות ל-5 שנים הינו מדד להשוואה בין סוגי סרטן וטיפולים שונים. חשוב לציין כי אנשים רבים חיים מעבר ל-5 שנים.

היתרון הגדול בגישה זו הוא בחישוב הפשוט יחסית שלה. כאשר מעלים את נושא הפחתת זיהום האוויר בשיח הפוליטי יתרון זה בא לידי ביטוי מאחר והוא מציג חישוב קונקרטי ומבוסס שניתן להציגו בפשטות ללא כלכלנים.

4.3 גישת ה"מוכנות לשלם" (WTP) / "מניעת אבידה סטטיסטית" (VPF)

היתרון העיקרי בבסיס שיטה זו הינו ההסתמכות על נקודת הראות של הפרט. השיטה מנסה להעריך את הביקוש לסביבה ירוקה יותר. בגישה זו אנו בודקים את הנכונות של אדם לשלם עבור הימנעות מגורם סיכון למוות כלשהוא וכך אנחנו יוצרים "עקומת ביקוש" עבור אותו סיכון. ניקח לדוגמה הימנעות מתאונות: נשאל אדם כמה הוא מוכן לשלם עבור הורדה של תאונות הדרכים מ-4 תאונות ב-10,000 מקרים ל-3 תאונות ב-10,000 מקרים, כך אנו רואים את התועלת השולית להורדה של מקרה בודד, כמובן שנשאל כמה הוא מוכן לשלם להורדה של 5 תאונות דרכים ב-10,000 מקרים ל-4 תאונות ב-10,000 מקרים, וכך נבנה כביכול "עקומת ביקוש". נדגיש שאחת מיתרונות הגישה היא שהיא מקיימת את עקרון התועלת השולית הפוחתת (בנוגע להפחתת סיכונים). יחד עם זאת יש לגישה מספר חסרונות. להלן מספר חסרונות של השיטה:

1. השיטה תלויה ברמת ההכנסה של האדם- פרטים עם רמת הכנסה גבוהה יותר יוכלו "לשלם" יותר עבור הקטנת הסיכון, דבר שלא בא לידי ביטוי בשיטה ועשוי להוות גם בעיה אתית בייחוד כשמדובר בארצות עם מצב סוציו אקונומי שונה.
2. השיטה לא לוקחת בחשבון תשלומים של הביטוח הלאומי או תשלומים של חברות ביטוח פרטיות. אם אובדן ההכנסה מוחזר במלואו או בחלקו ע"י אחד משני המוסדות שהוזכרו לעיל זה גורם לאנשים להתעלם מסיכונים הבריאות הפשוטים יותר (שעליהם הם מקבלים החזר) בבואם להעריך את מוכנותם לשלם. זאת על אף שהמערכת בשלמותה נפגעת מכך.
3. הפרטים לא מבחינים בין רמות שונות של סיכון, ועל כן זה יוצר חוסר עקביות בהערכות הפרטים.

החיסרון העיקרי של השיטה נובע מכך שהיא אינה מספקת תשובה אחידה. הרבה מחקרים שנערכו בהסתמכות של השיטה סיפקו מגוון רחב של הערכות, לכן רמת הדיוק שלה מוטלת בספק. לפי (A. alberini , A. chiabai 2006) העוסק במוכנות של הציבור של הציבור האיטלקי לשלם עבור הקטנת הסיכון למוות עקב כשל נשימתי או בעיות רפואיות הקשורות ללב או לכלי הדם, שאלו הן מהסיבות העיקריות למוות בטרם עת עקב זיהום אוויר. לצורך מדידת המוכנות לשלם גזרו את הפחתת הסיכון משוק העבודה ע"י אמידת הפיצוי שאדם מקבל עבור לקיחת עבודה יותר מסוכנת. גודל המדגם היה כ-800 אנשים (מחמש ערים איטלקיות גדולות) בשלוש קבוצות גיל שנע משלושים לשבעים וחמש. מתוצאות המחקר ניתן לראות כי המוכנות לשלם גדלה ככל שהסיכון המופחת גדל אך לא בפרופורציה זהה. עוד ניתן לראות כי אנשים מבוגרים מוכנים לשלם פחות עבור הקטנת הסיכון מאשר אנשים צעירים ואילו אנשים אשר נמצאים באזורים עם סיכון גבוה או אנשים בעלי בעיות נשימה/לב/כלי דם מוכנים לשלם יותר עבור הפחתת הסיכון, כך גם לגבי אנשים אשר בקרב משפחתם קיים אדם הסובל מבעיה זו.

4.4 גישת "ערך שנת חיים" (VOLY)

בניגוד להרבה מחקרים שיש בנושא ה"מוכנות לשלם", קיבלה גישה זו התייחסות מועטה. צעד גדול בנושא נעשה ע"י [Krupnick 2002] אשר פיתח שאלון במיוחד להערכה מותנית של עלות הסיכון הכרוך בזיהום אוויר. השאלון הנ"ל הופץ בקנדה, יפן וארה"ב ולאחרונה גם באיטליה צרפת ואנגליה ע"י [ExternE 2004]. השאלון אשר הופץ בצרפת היה בנוי על בסיס השאלון המקורי אבל בחן מספר משתנים שנועדו לענות על שאלת תוחלת החיים ולא על הסיכון למות. [Heck 2004] קשר את תוחלת החיים לתוצר הלאומי הגולמי, הוא טען כי בסופו של דבר הקיטון בסיכון משולם מההכנסה הפנויה.

טבלה 4.1 מביאה תוצאות של ערך שנת חיים ממחקרים שונים (A. Rabl 2005):

טבלה 4.1: ערך שנת מחחי ממחקרים שונים

ערך שנת חיים (ביורו)	שם המחקר
~100,000	ExternE(1998)
~50,000	ExternE(2004)
40,000>	Tengs (1995)
20,000>	Ramsberd and Sjoberg (1997)
>מ-3/10 התוצר הלאומי הגולמי	Heck (2004)
תמ"ג*פקטור שנע בין 0.5 ל-2 כתלות בגיל ובשיעור ההיוון.	Rabl (2004)

5. סיכום

עבודתנו זו מהווה חלק ממחקר מקיף וחדשני שמטרתו לאמוד את העלות למשק הלאומי כתוצאה מתחלואה ותמותה ממחלות אשר ייתכן שמקורן בזיהום סביבתי בהיבט המיקרו-כלכלי. עיקר עבודתנו התמקד בנושא המזהמים, השפעותיהם הבריאותיות וכתוצאה מכך, העלות הנגרמת לאדם עקב הטיפול בהם. ניתן לראות מהטבלאות שהצגנו כי המזהמים השונים גורמים להשפעות בריאותיות קשות שחלקם עשויות לגרום למחלה / אשפוז בטווח הקצר וחלקן יכולות לגרום לבעיות כרוניות בטווח הארוך. בנוסף, על מנת לנסות ולהבין את הקשר שבין עלייה ברמת הזיהום לבין התחלואה התעמקנו במספר מחקרים שנערכו בארץ ובעולם ובחרנו להביא את התוצאות של מחקר שנערך בת"א רבתי בשנת 2005 כיון שלדעתנו מחקר זה הינו מחקר ראשוני בתחום זה בארץ המתבסס על מידע רב ברמת הפרט אודות זיהום האוויר ותחלואה לגבי מספר כה עצום של פרטים. אחד הסימפטומים הרפואיים בו התמקדנו הינו סרטן שלפוחית השתן, סרטן זה כפי שהוזכר מקושר באופן ישיר לחשיפה לחומרים כימיים במקום העבודה וחומרים רעילים הנפלטים מהתעשייה. אמדנו את עלות הטיפול בכל שלב ושלב של המחלה והבדיקות המבוצעות בכל שלב וכללנו גם עלות של טיפולים עוקבים לאחר ההחלמה. זאת נעשה כחלק מהמחקר הכולל על מנת לאמוד את עלויות הסימפטומים בישראל ולא לעשות תהליך של אקסטרפולציה ממחקרים במדינות שונות, דבר המקובל במחקרים אקדמיים בתחום.

6. רשימת ספרות:

- Alberini A. and A. Chiabai. "Urban environmental health and sensitive populations: How much are the Italians are willing to pay to reduce their risks?" *Regional Science and Urban Economics* 37 (2007) 239 – 258.
- Chay, K. and Greenstone, M. (1999). "The Impact Of Air Pollution On Infant Mortality: Evidence From Geographic Variation In Pollution Shocks Induced By A Recession".
- Chang, S. et al. Estimating the cost of cancer: Results on the basis of claims data analysis for cancer patients diagnosed with seven types of cancer during 1999 to 2000. *Journal of clinical oncology* 22 (2004) 3524 – 3530.
- Chang, S. and Long, S.R. and Kutikova, L. and Bowman, L. and Crown, W.H. and Lyman, G.H.. (2006). "Burden of Pancreatic Cancer and Disease Progression: Economic Analysis in the US"
- Chay K. et al. "The Clean Air Act of 1970 and adult mortality". *The Journal of Risk and Uncertainty*. 27 (2003) 279 – 300.
- Clinch J.P. and Healy, J.D. (2000). "Evaluating The Health Benefits Of Improving Domestic Energy Efficiency".
- Delea, T. and Langer, C. and McKiernan, J. and Liss, M. and Edelsberg, J. and Brandman, J. (2004). "The Cost of Treatment of Skeletal-Related Events in Patients with Bone Metastases from Lung Cancer".
- Dziegielewska D.A.N. and R. Mendelsohn. "Valuing air quality in Poland". *Environmental and Resource Economics* 30 (2005) 131 – 163.
- Ferreira, L. and Sirikijpanichkul, A. and Iyengar, M (2006). "Valuing Air Quality Impacts of Transportation".
- Hartunian, N.S et al. "The incidence and economic costs of cancer, motor vehicle injuries, coronary heart disease and stroke: A comparative analysis". *American Journal of Public Health* 70 (1980) 1249 – 1260.
- Hubbell B.J." Implementing QALY in the analysis of air pollution regulations". *Environmental and Resource Economics* 34 (2006) 365 – 384.
- Koop L. and L. Tole. "Measuring the health effects of air pollution: to what extent can we really say that people are dying from bad air?" *Journal of Environmental Economics and Management* 47 (2004) 30 – 54.
- Maddison, D. "Dose response functions and the harvesting effect". *Resource and Energy Economics* 28 (2006) 313 – 332.

Muller N. Z. and Robert Mendelsohn. "Measuring the damages of air pollution in the United States". *Journal of Environmental Economics and Management* 54(2007) 1 – 14.

National Comprehensive Cancer Network. (2008). "Bladder Cancer".

Quah, E. and T.L. Boon. "The economic cost of particulate air pollution on health in Singapore". *Journal of Asian Economics* 14 (2003) 73 – 90.

Rabl, A. (2005). "How Much to Spend for the Protection of Health and Environment: A Framework for the Evaluation of Choices".

Scapecchi, P. (2007). "THE Health Costs Of Inaction With Respect To Air Pollution".

Seethaler, R. (1999). "Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution: Economic Evaluation".

Watkiss, P. and Holland, M. (2006). "Damage Costs For Air Pollution".

Yabrof, K.R. et al. "Burden of illness in cancer survivors: Findings from a population-based national sample". *Journal of the National Cancer Institute* 96 (2004) 1322 – 1330.

Young H.W. et al. "Economic Burdens and quality of life of family caregivers of cancer patients". *Oncology* 68 (2005) 107 – 114.

בקר, נ. "ערך חיי אדם סטטיסטי". מחקר שהוגש למשרד לאיכות הסביבה.

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה www.cbs.org.il

מור, ע. וש. סרוסי, (2001). "אמצעי מדיניות כלכלית להפחתת זיהום האוויר משריפת דלקים במגזרי התחבורה, חשמל ותעשייה".

משרד הבריאות www.health.gov.il

פרץ, ח.וד. שטיינברג (2005). "יישום של שיטות סטטיסטיות מתקדמות לניתוח הקשר בין זיהום אוויר ובריאות".