



## משאיות לעומת רכבות: איך האופן שבו מגיעות אלינו סחורות משפיע על זיהום האוויר?

Alexandra Karambelas<sup>1\*</sup>, Erica Bickford<sup>2</sup>

<sup>1</sup>מכון כדור הארץ, אוניברסיטת קולומביה, ניו יורק NY, ארצות הברית  
<sup>2</sup>המחלקה לאנרגיה של ארצות הברית, וושינגטון DC, ארצות הברית

### סוקרים צעירים

KIMBERLY

גיל: 16



האוויר שאנו נושמים מורכב מתרכובות כימיות רבות ושונות. חלק מתרכובות אלה הן חומרים מזהמים שמזיקים לבריאות האדם. חומרים מזהמים באוויר מגיעים ממגוון מקורות שונים, כולל תחנות כוח, מפעלים, חקלאות ותחבורה. כדי שיוכלו לנוע ממקום אחד לאחר, כלי תחבורה מונעים על-ידי בעירה של חומרי דלק מחצביים כגון בנזין או דיזל. התוצאה של בעירת חומרי דלק אלה היא שחרור של גזים ושל חלקיקים קטנים מאוד. החומרים אשר משתחררים ידועים כ"פליטות מזהמות". סוגים של כלי תחבורה שונים פולטים לאוויר כמויות שונות של חומרים מזהמים, אשר משפיעים על איכות האוויר המקומית והאזורית. כדי להוביל מְטַעֲנִים ברחבי המדינה נעשה שימוש גם במשאיות וגם ברכבות. הִבְנַת ההשפעה של המשאיות או של רכבות הִמְטָעֵן על איכות האוויר תעזור ללמוד על דרכים להפחתת הזיהום שמזיק לבריאות האדם.

### מהי איכות האוויר ומדוע היא חשובה?

**זיהום אוויר** פירושו נוכחות של חלקיקים (חתיכות קטנות מאוד של חומר מוצק) ושל גזים באוויר, המזיקים לאדם ולסביבה. זיהום אוויר עלול לגרום לבעיות בריאות כגון אסתמה, מחלות ריאות ולפעמים אף למוות [1]. ילדים צעירים וקשישים רגישים יותר להשפעות של זיהום האוויר

### זיהום אוויר

#### (Air pollution)

תרכובות כימיות גזיות או חלקיקיות שהן כתרחיף באטמוספירה, ועלולות לגרום לערפיח ולהשפיע על בריאות האדם.

## פליטות (Emissions)

תרכובות המשתחררות כתוצרי לואי של שרפת מקורות אנרגיה.

## זיהום אוויר סביבתי (Ambient air quality)

מדד הקובע עד כמה האוויר בחוץ מזוהם (איכות האוויר גרועה) או נקי (איכות האוויר טובה).

## תחמוצות החנקן (Nitrogen oxides, NO<sub>x</sub>)

תרכובות כימיות גזיות המכילות אטומי חנקן וחמצן, נפוצות בעיקר באטמוספירה כחנקן דו-חמצני (NO<sub>2</sub>) או כחנקן חד-חמצני (NO).

## היסוד פחמן (Elemental carbon, EC)

ידוע גם כפחמן שחור. זהו פחם כהה שנפלט מבעירה בלתי מלאה.

<sup>1</sup>ייתכן ששמעתם על משהו הנקרא "שכבת האוזון". זהו שכבת O<sub>3</sub> בסטרטוספירה (השכבה השנייה באטמוספירה של כדור הארץ המצויה מעל הטרופוספירה), אשר מגינה על בני האדם ועל צמחים שנמצאים על פני כדור הארץ מקליטת קרינה אולטרה סגולית (UV) מזיקה שמקורה בשמש. שכבה זו גבוהה מכדי שנשום אותה. כך, "אוזון סטרטוספרי" הוא דבר חיובי, בעוד ש"אוזון טרופוספרי" הוא דבר שלילי. כשאנו מדברים על "זיהום אוזון", אנו מדברים רק על אוזון טרופוספרי.

## תרכובות אורגניות נדיפות (Volatile organic compounds, VOCs)

תרכובות כימיות גזיות המכילות לפחות אטום פחמן אחד.

## חומר חלקיקי דק (Fine particulate matter, PM<sub>2.5</sub>)

תרכובות נוזליות או מוצקות שקוטן קטן מיקרומטר, וכוללות גם חומרים פחמניים מזוהמים וגם חומרים לא-פחמניים מזהמים.

על הבריאות. מדענים חוקרים את איכות האוויר, כלומר את כמות המזהמים שבאוויר, ואת הקשר בין מקורות זיהום האוויר ובין השפעת הזיהום על בריאות האדם.

זיהום האטמוספירה שנובע מפעילות של בני אדם יכול להיגרם מגזים ומחלקיקים המשתחררים ממקורות בעירה. בעירה היא התהליך שבו חומר המכיל אנרגיה נשרף והאנרגיה שבו משתחררת. חומרים שהשימוש בהם נפוץ בתהליכי בעירה כוללים חומרי דלק מחצביים כגון בנזין, דיזל, פחם וגז טבעי. האנרגיה המתקבלת משרפת חומרי דלק מחצביים מספקת חשמל לבתים שלנו, וגם מניעה את כלי הרכב שלנו. כאשר דלק נשרף משתחררים חומרים כימיים שונים כתוצרי לואי. תוצרי לואי אלה נקראים "פליטות". פליטות המשתחררות ממקורות בעירה גורמות ל"זיהום אוויר סביבתי" – הריכוזים של גזים ושל חלקיקים באוויר שאנו נושמים.

היות שהאטמוספירה של כדור הארץ עשויה בעיקר מחנקן ומחמצן, רוב הפליטות הן בצורת תרכובות של חנקן וחמצן, אשר נקראות **תחמוצות החנקן** (NO<sub>x</sub>). מאחר שרוב מקורות האנרגיה שאנו שורפים עשויים מפחמן, תוצרי לואי אחרים נפלטים כתרכובות פחמן, כולל **היסוד פחמן**, הידוע גם כפיח. פליטות כגון NO<sub>x</sub> יכולות להגיב עם גזים אחרים שכבר מצויים באטמוספירה כגון חומרים גזיים המבוססים על פחמן אשר נקראים **תרכובות אורגניות נדיפות** (VOCs). תרכובות אלה נפלטות באופן טבעי מעצים וגם מחומרים מעשה ידי אדם כגון צבע ולכה. השילוב של NO<sub>x</sub> עם VOCs יוצר על פני השטח אוזון (O<sub>3</sub>), אשר נקרא גם "אוזון טרופוספרי", כי טרופוספירה היא שכבת האטמוספירה שעל פני השטח של כדור הארץ. נשימת O<sub>3</sub> על פני השטח של כדור הארץ עלולה להזיק לריאות ולגרום לבעיות בריאות.<sup>1</sup> בעוד גזים כגון NO<sub>x</sub> ו-VOCs נסתרים מעינינו, פיח מצוי בעשן השחור שאנו רואים, אשר מגיע ממשאיות גדולות ומאוטובוסים, וגם ממדורות הקומזיץ. פיח הוא חומר חלקיקי. חומרים חלקיקיים קטנים מאוד מזיקים לבריאות האדם כי אם נושמים אותם עמוק לריאות הם עלולים להגיע לזרם הדם. הקוטר של **חומר חלקיקי דק** מזיק קטן מ-2.5 מיקרומטר, ולכן חומרים אלה נקראים "PM<sub>2.5</sub>". PM מתייחס לחומר חלקיקי (Particulate Matter). פיח הוא דוגמה לחומר חלקיקי דק המגיע ישירות מהבעירה, אבל חומר חלקיקי דק עשוי להיווצר גם מתגובות בין גזים באטמוספירה. בעוד שחומרים חלקיקיים משתחררים ישירות מבעירה וגם נוצרים באטמוספירה, O<sub>3</sub> נוצר רק מתגובות כימיות באטמוספירה.

בארצות הברית, הארגון האמריקני להגנת הסביבה מווסת את איכות האוויר באמצעות חוק שנקרא "חוק האוויר הנקי". חלק מהחוק כולל שימוש בבדיקות מדעיות לקביעת הריכוזים של מזהמי האוויר הבטוחים לבריאות האדם. תקנים אלה נקראים "תקני חשיפה לזיהום אוויר". קיימים תקנים שונים עבור ששת המזהמים שנחשבים מזיקים ביותר: NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, חומר חלקיקי דק, גופרית דו-חמצנית, פחמן חד-חמצני ועופרת. מאז החל חוק האוויר הנקי לווסת את איכות האוויר בשנת 1970, ירדו הריכוזים של ששת המזהמים האלה, אך למרות זאת, ריכוזי O<sub>3</sub> והחומר החלקיקי הדק עדיין נותרו ברמה שאיננה בריאה והיא בעייתית בערים אחדות, במיוחד בדרום קליפורניה ובמזרח ארצות הברית, שם רמות זיהום האוויר גבוהות מהרמות שנחשבות בטוחות, ונדרש לפתח תוכניות להפחתת זיהום האוויר שלהן.

כדי לעזור לקבוע אלה פעילויות יעזרו בהפחתת זיהום האוויר באזור מסוים מדענים יכולים לבצע ניסויים לקביעת איכות האוויר בעזרת מְחֻשְׁבִּים רבי עוצמה ובעזרת מודלים ממוחשבים. מודלים אלה מְדַמִּים את הזיהום שנפלט על-ידי מכוניות, משאיות, רכבות ומקורות אחרים, וגם מדמים את התהליך הכימי שחל באטמוספירה, הגורם למזהמים כגון O<sub>3</sub> להיווצר. מודלים אלה

כוללים משוואות מורכבות הקשורות לאטמוספירה, כמו גם הרחקת הזיהום על-ידי הרוח, ייצור ופירוק בתגובות כימיות וסילוק מהאטמוספירה באמצעות משקעים. המודלים הממוחשבים האלה דורשים קלט של נתונים רבים, כולל נתוני מזג האוויר (הידועים גם כ"מטאורולוגיה") ומידע על פליטות מכל המקורות האנושיים והטבעיים.

## איך התחבורה משפיעה על זיהום האוויר?

אחד המקורות העיקריים לפליטות הגורמות לזיהום הוא כלי התחבורה [2]. כלי תחבורה כוללים מכונות, משאיות, אופנועים, רכבות, מטוסים וספינות. יש שני סוגים עיקריים של כלי תחבורה; האחד הוא להסעת בני אדם – "תחבורת נוסעים", והאחר הוא "תחבורת מטענים", שהיא הובלת **סחורות** כגון מזון, ביגוד, חומרי בנייה, ציוד אלקטרוני ופריטים רבים נוספים. בארצות הברית, משאיות, רכבות, ספינות ובמידת מה גם מטוסים משמשים לתחבורת מטענים עבור מפעלי תעשייה וחנויות. משאיות ורכבות מונעות על-ידי מנועים הדורשים אנרגיה כדי לפעול, ומנועים אלה מייצרים פליטות משקפת הדלק. אפשר למדוד את הפליטות מכלי התחבורה, או לחשב אותן, על סמך מידע כגון מספר המשאיות והרכבות שפועלות על הכבישים או על מסילות הברזל, בשילוב עם מידע על האופן שבו המנועים שלהן פועלים וכמה זיהום הם פולטים לכל ק"מ שהם נוסעים, במהלך תקופות חמות או קרות של השנה. אפשר להשתמש במידע זה להערכת סך כל הפליטות מתחבורת מטענים בכל שנה.

היות שתחבורת מטענים עלולה להשפיע באופן שלילי על איכות האוויר, האם יש דרך להפחית את הפליטות ולשפר את האוויר שאנו נושמים על-ידי שינוי האופן שבו אנו מובילים **מטענים**? כדי להשיב על שאלה זו, תכננו ניסוי שינתח איך שינוי יכול להשפיע על איכות האוויר באזור המערב התיכון של ארצות הברית. השינוי שביצענו היה להוביל מטענים יותר באמצעות רכבות, ופחות באמצעות משאיות. לצורך ניסוי זה בדקנו תחילה את השפעת השינוי בהובלת סחורות ממשאיות לרכבות רק בין ערים בתוך אזור המערב התיכון של המדינה, למשל: הובלת מטענים ממיניאפוליס, מינסוטה אל דטרויט, מישיגן (תרחיש 1). אחר כך הוספנו גם הובלת מטענים דרך אזור המערב התיכון, למשל: הובלת מטענים מקליפורניה לניו יורק בנסיעה בכבישים ובמסילות הברזל של המערב התיכון (תרחיש 2). תוצאות שני התרחישים הושו ל"תרחיש בסיס" המייצג את האופן שבו המטענים מובלים כיום, דבר שמאפשר לנו להבין את השינויים שנצפו בתרחישי הניסויים שלנו.

חשוב לדעת שלא כל סוגי המטענים יכולים להיות מובלים גם במשאיות וגם ברכבות. הובלה ברכבת היא איטית מטבעה, כי קרונות הרכבת משולבים לאורך מסלול ההובלה לקבלת רכבות ארוכות (לפעמים 100-200 קרונות) להובלה יעילה יותר בעלות נמוכה יותר. היות שכך, תואי הנסיעה בדרך כלל אינו ישיר. משאיות יכולות לנסוע ישירות מנקודת המוצא ליעד ללא עצירות, וכך להגיע לשם מהר יותר. לכן, תוצרת טרייה או מאכלים עלולים להתקלקל לפני שיגיעו ליעד, אם יובלו ברכבות. למרות זאת, סחורות כגון חלקי מכונות, רהיטים או חול אינן מתקלקלות, ואפשר להובילן הן במשאיות הן ברכבות. נוסף על כך, כאשר עסק מתלבט אם להוביל את סחורתו במשאית או ברכבת, הבעלים יביאו בחשבון את עלות ההובלה בכל אחת מהן. בדרך כלל, הובלה ברכבת זולה יותר עבור מרחקים ארוכים, והובלה במשאיות זולה יותר עבור מרחקים קצרים. עבור שני תרחישי הניסויים שביצענו, התחשבנו רק בהובלת הסחורות ברכבת במקום במשאית אם: (1) הדבר התאפשר עבור סוג הסחורות המובלות ו-(2) הסחורות הובלו למרחק

### סחורות (Commodities)

מזון ומוצרים שלקוחות קונים ומשתמשים בהם בחיי היומיום, וחומרים המשמשים בייצור.

### מטען (Freight)

מצרכים כגון מזון, ביגוד, חומרי בנייה, ציוד אלקטרוני ופריטים רבים נוספים שמוובלים במשאיות, ברכבות או במטוסים.

גדול מ־400 מ"מ (יותר מ־640 ק"מ). איורים 1A,B מציגים את הכבישים ואת מסילות הברזל, כאשר הוֹסְפָה הובלת מטענים ברכבת (אדום) והופחתה הובלת מטענים במשאיות (כחול), עבור כל אחד מהתרחישים.

בתרחיש 1, 876 קרונות רכבת החליפו 2,534 משאיות מדי יום ביומו; בתרחיש 2, 37,854 קרונות רכבת החליפו 103,450 משאיות מדי יום ביומו. כל אחד מתרחישי הפליטה האלה (תרחיש הבסיס, תרחיש 1 ותרחיש 2). נחקר בעזרת מודלים ממוחשבים שאליהם הוזנו נתונים מטאורולוגיים, במטרה לקבוע את השפעת זיהום האוויר של הובלות מטענים ברכבות במקום במשאיות. הדבר היחיד השונה בין שני התרחישים האלה הוא הפליטה, כי הפליטה היא תוצאה ישירה של השינוי במספר הרכבות או המשאיות שבהן נעשה שימוש.

ההשערה שלנו עבור ניסוי זה היא ששימוש רב יותר ברכבות להובלה על מסילות ברזל ושימוש מועט יותר במשאיות להובלה על כבישים ראשיים יתבטאו בעלייה בפליטות לאורך הקווים האדומים וירידה בפליטות לאורך הקווים הכחולים באיורים 1A,B. היות שרכבות מטען יכולות להוביל כמות סחורה רבה לכל ג'לון (3.785 ליטרים) של דלק, איכות האוויר ברחבי כל המערב התיכון תשתפר. עבור החלק הראשון של ההשערה שלנו, אכן זה היה השינוי שראינו בפליטות מהתחבורה, כאשר השווינו את תרחיש 1 ואת תרחיש 2 לתרחיש הבסיס (איורים 1C-F) – עליות בפליטות ליום צבועות באדום, וירידות צבועות בכחול. שינויי הפליטה עבור  $\text{NO}_2$  (איור 1C) ועבור חומר חלקיקי דק עיקרי (איור 1E) בתרחיש 1, יחסית לתרחיש הבסיס, מראים שפליטות ממסילות הברזל בדרך כלל עלו, ופליטות בכבישים ראשיים בדרך כלל ירדו. מגמה זו חזרה על עצמה בפליטות בכל רחבי המערב התיכון בתרחיש 2 עבור  $\text{NO}_2$  (איור 1D) ועבור חומר חלקיקי דק עיקרי (איור 1F).

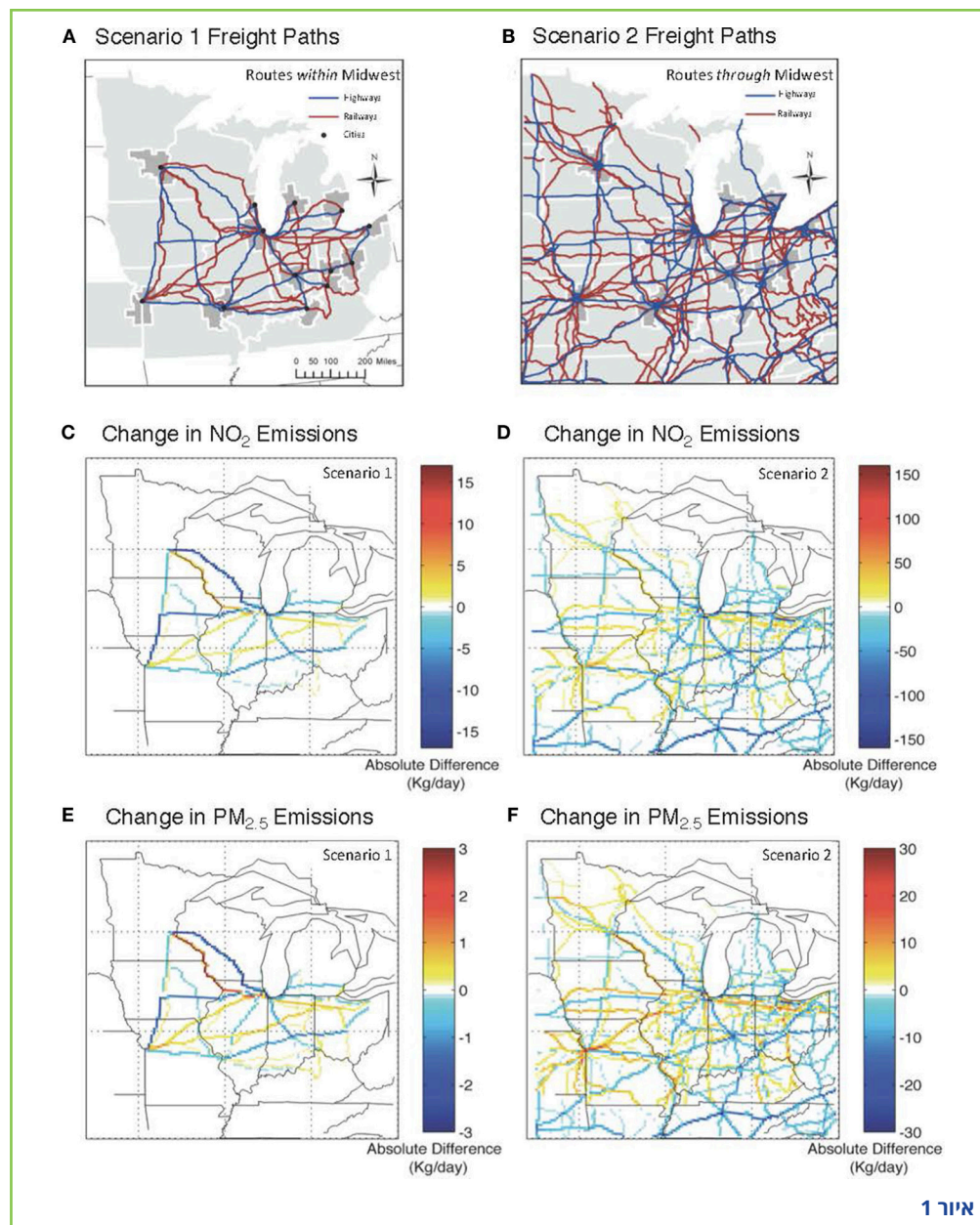
איור 2 מציג את אחוז השינויים בריכוזי המזהמים  $\text{NO}_2$  ופיח כתוצאה מתרחיש 2, שבו מטענים מובלים דרך אזור המערב התיכון. התוצאות עבור תרחיש 1, שבו מטענים מובלים בין ערים במערב התיכון, אינן מוצגות, כי השינוי בריכוזי המזהמים היה נמוך מ־1%. שימו לב שבהשוואה לאיורים 1C,D השינויים באיכות האוויר המוצגים באיורים 2A,B מפוזרים יותר ברחבי האזור, במקום שיהיו מרוכזים על הכבישים ועל מסילות הברזל. הדבר נובע מכך שהזיהום שנפלט ישירות ממשאיות ומרכבות נחשב כקורה במקום עצמו, כלומר, לאורך מסילות הברזל והכבישים ראשיים (כמוצג באיור 1), אך אחר כך הזיהום מושפע ממזג האוויר, למשל מהירות הרוח וכיוונה ומשקעים, ומייצור חומרים כימיים ופירוקם באטמוספירה, היוצרים זיהום נרחב יותר (כמוצג באיור 2). למרות זאת, השינויים הגדולים ביותר באיכות האוויר עדיין עוקבים אחר צורת נתיבי הכבישים ומסילות הברזל, שם חלו שינויים בפליטות בין תרחיש 2 לתרחיש הבסיס. במדינת וויסקונסין למשל נמצאו עליות חדות ב־ $\text{NO}_2$  ובפיח לאורך נהר המיסיסיפי, שם יש מסילת ברזל, וירידות חדות נמצאו לאורך כביש ראשי במרכז המדינה. שינויים אלה גם מודגשים מאוד במיזורי ובמזרח קנזס. אפשר לראות שאף שריכוזי  $\text{NO}_2$  בתרחיש 2 צנחו סמוך לכבישים הראשיים, ריכוזי הפיח עלו מעט, אבל היו מפוזרים יותר (איור 2B).

דבר זה מדגים עד כמה קשה לפעמים לפתור בעיות של זיהום אוויר; שינויים כגון הגברת השימוש ברכבות והפחתת השימוש במשאיות לצורך הובלת מטענים עשויים לשפר חלק מבעיות זיהום האוויר, אבל עלולים לגרום להחמרת בעיות זיהום אוויר אחרות. פתרון בעיות זיהום אוויר קשה במיוחד כיוון שהבעיה אינה נגרמת רק בגלל חומרים חלקיקיים וגזיים שנפלטים ישירות מבעירה של חומרי דלק מחצביים, אלא גם בגלל תנאים מטאורולוגיים, או

**איור 1**

שני הריבועים העליונים מראים מסלולי כבישים ראשיים (קווים כחולים) ומסילות ברזל (קווים אדומים) עבור **A**. תרחיש 1 ו-**B**. תרחיש 2. ארבעת הריבועים התחתונים מראים את שינוי הפליטות היומיות הממוצעות של המזהמים  $\text{NO}_2$  (**D, C**) וחומר חלקיקי דק (**F, E**) עבור תרחיש 1 (שני הריבועים השמאליים) ועבור תרחיש 2 (שני הריבועים הימניים) בחדוש יולי (ביחידות של ק"ג ליום). בכל הריבועים, הפחתה בפליטות המוצגת בכחול נוטה להופיע לאורך כבישים ראשיים, בעוד שהעלאה בפליטות המוצגת בצהוב ובאדום נוטה להופיע לאורך מסילות הברזל. הכחול והאדום הכהים יותר מצביעים על שינוי הפליטה הגדולים ביותר. סך כל השינויים בפליטות נוטים להיות קטנים יותר עבור תרחיש 1 וגדולים יותר עבור תרחיש 2. האזור הותאם ממאמרם של Bickford ועמיתיה [3].

= Scenario Freight paths  
 = תרחיש נתיבי המטענים  
 = Routes within Midwest  
 = דרכים בין ערים במערב התיכון  
 = Routes through Midwest  
 = דרכים שעוברות דרך המערב התיכון  
 = Highway = כביש ראשי  
 = Railway = מסילת ברזל  
 Change in  $\text{NO}_2$  emissions = שינוי בפליטות של  $\text{NO}_2$   
 = Absolute difference הפרש בערך מוחלט  
 Change in  $\text{PM}_{2.5}$  emissions = שינוי בפליטות של חומר חלקיקי דק



**איור 1**

בגלל תגובות בין החומרים הכימיים האלה ובין חומרים אחרים שנמצאים באטמוספירה, היוצרות חומרים מזהמים. בנושא הובלת מטענים במערב התיכון, כדי לראות שיפור באיכות האוויר צריך לשלב שינוי באופן הובלת המטענים ממשאיות לרכבות, יחד עם שינוי בסוג המנועים או בסוג הדלק (דיזל) המשמשים את הרכבות.

**מחקר זיהום האוויר עשוי לעזור לציבור**

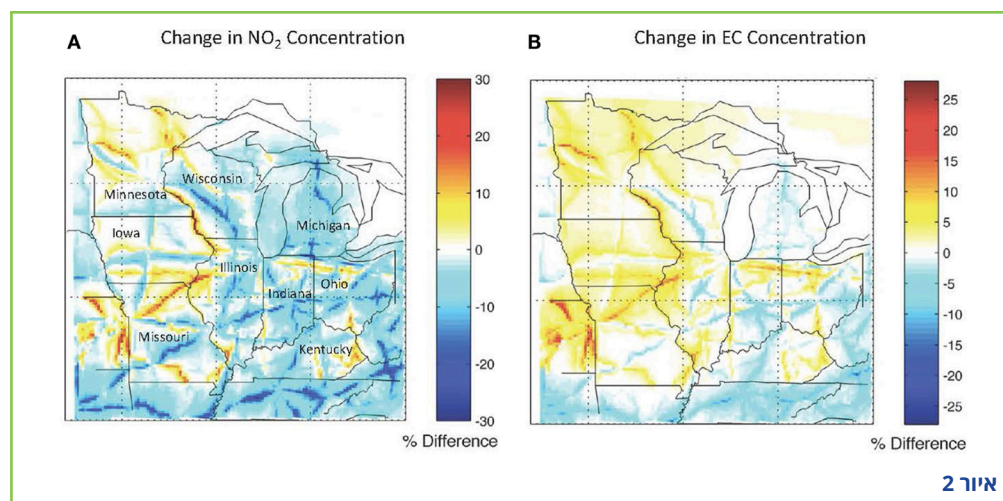
המחקר מראה איך אפשר להבין טוב יותר את האופן שבו פעילויות אנושיות שונות כגון תחבורה גורמות לזיהום האוויר סביבנו. הדבר עוזר גם למדענים החוקרים את איכות האוויר באזור מסוים וגם לִבְקֹרֵי איכות האוויר, שאחראים לניטור איכות האוויר למטרות בריאות הציבור. למשל, על-ידי מדידת השינויים שחלים עקב הפחתת המשאיות הנוסעות בכבישים הראשיים והגברת

## איור 2

אחוז השינוי בתרחיש 2 יחסית לתרחיש הבסיס עבור המזהמים **A**, NO<sub>2</sub> ו-**B**, פיח. עליות בריכוזים מוצגות באדום, ירידות בריכוזים מוצגות בכחול. הכחול והאדום הכהים יותר מצביעים על שינויי הפליטה הנדולים ביותר. שימו לב שסולמות הצבע שונים;

המקסימום והמינימום עבור **A** הם +30% ו-30% בהתאמה, והמקסימום והמינימום עבור **B** הם +27.5% ו-27.5% בהתאמה. האיור הותאם ממאמרם של Bickford ועמיתיה [3].

Change in NO<sub>2</sub> concentration = שינוי בריכוז ה-NO<sub>2</sub>  
 Change in EC concentration = שינוי בריכוז הפיח  
 Difference = הפרש



ההובלה ברכבות, אנו יכולים להעריך שהפליטות של NO<sub>2</sub> ושל חומר חלקיקי דק עיקרי פוחתות ליד הכבישים הראשיים ועולות ליד מסילות הברזל. מידע על שינויים בריכוזים הכוללים הוא יקר ערך לציבור, שצריך להפחית את זיהום האוויר כדי להגן על בריאותו. אפילו שינויים מקומיים קטנים יכולים להשפיע על יכולתו של הציבור לעמוד בהצלחה בסטנדרטים של איכות האוויר שקובע החוק.

## מקורות

1. Burnett, R. T., Pope, C. A., Ezzati, M., Olives, C., Lim, S. S., Mehta, S., et al. 2014. An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environ. Health Perspec.* 122, 397–403. doi: 10.1289/ehp.1307049
2. EPA. 2014. U. S. Air Emissions Sources: Nitrogen Oxides. US Environmental Protection Agency.
3. Bickford, E., Holloway, T., Karambelas, A., Johnston, M., Adams, T., Janssen, M., et al. 2014. Emissions and air quality impacts of truck-to-rail freight modal shifts in the Midwestern United States. *Environ. Sci. Technol.* 48, 446–54. doi: 10.1021/es4016102

פורסם אונליין: 25 בינואר 2019

נערך על ידי: Mark Alan Brandon, The Open University, United Kingdom

**ציטוט:** Karambelas A and Bickford E (2019) משאיות לעומת רכבות: איך האופן שבו מגיעות אלינו סחורות משפיע על זיהום האוויר? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2018.00006-he

## תורגם והותאם:

Karambelas A and Bickford E (2018) Trucks versus Trains: How Does the Way We Get Our Stuff Affect Air Pollution? *Front. Young Minds* 6:06. doi: 10.3389/frym.2018.00006

**הצרת ניגוד אינטרסים:** המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

Karambelas and Bickford 2018 © **COPYRIGHT** Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה). השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

## סוקרים צעירים

### KIMBERLY, גיל: 16

אני תלמידת תיכון. מאז שאני זוכרת את עצמי, אני בן אדם של מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה, ולאחרונה צמצמתי את תחומי העניין שלי לאסטרונומיה או להנדסת אטמוספירה. תמיד נהנית לקרוא מאמרים מדעיים שניתנו כשימוע בבית הספר, ולכן אני חושבת שהאתר של FYM הוא דרך נהדרת להניע את עצמי לקרוא בכפי, לא כשיעורי בית. פעם קראתי מאמר שסיפר על חולדות, אבל קראו להן עכברים! חבל שלא יכולתי להציע להם לבצע סקירה.

## הכותבים

### ALEXANDRA KARAMBELAS

חוקרת פוסט-דוקטורנטית באוניברסיטת קולומביה. המחקר שלה מתמקד בקשר בין אנרגיה, פליטות, איכות אוויר והשפעות שלהן על בריאות האדם בהודו. במהלך מחקר זה היא מנסה לקבוע את ההשפעה של פליטות הנובעות מפעילות האדם כגון מכונות ותחנות כוח, על ריכוז המזהמים באטמוספירה, ולזהות את ההשפעות של הפליטות על בריאות האדם באזור. בדרך זו היא מקווה לזהות דרכים להפחתת הפליטות, לשיפור איכות האוויר ולהפחתת ההשפעות השליליות על הבריאות. Alexandra קיבלה את תואר הדוקטור שלה במחלקה לסביבה ומשאבים, ויש לה גם תארים במדעי האטמוספירה והאוקיינוסים (תואר ראשון ותואר שני), כולם מאוניברסיטת ויסקונסין-מדיסון. \*ak4040@columbia.edu

### ERICA BICKFORD

מנהלת בתוכנית התחבורה של מחלקת האנרגיה של ארצות הברית (DOE), בפרויקט תכנון, אחסון והובלה של חומרי דלק גרעיניים של המשרד לאנרגיה גרעינית, והיא אחראית למדיניות ולתכנון הובלת חומרי דלק מנוצלים. Erica החלה לעבוד ב־DOE כחברה בחברה האמריקנית להתקדמות במדע (AAAS) לצורך קביעת מדיניות במדע ובטכנולוגיה. היא מדענית למדעי כדור הארץ המתמחה בהובלת מטענים ובמערכות מידע גיאוגרפיות (GIS). Erica גם הייתה שנה בסנאט של ארצות הברית, שם עבדה בתחום מדיניות אנרגיה וסביבה. חברת מדע בקונגרס האמריקני.



Hebrew version  
provided by

מזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ער.)  
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس  
Bloomfield Science Museum Jerusalem

