

# איכות אוויר הפנים

איכות אוויר הפנים (indoor air quality – IAQ) היא איכות האוויר בתוך בניינים ומבנים ומסביבם, בייחוד בהקשר של הבריאות והנוחות של בני האדם המאכלסים אותם. חשיפה למזהמי אוויר הפנים עשויה להתרחש בסביבה פרטית או ציבורית, ובכלל זה בבתים, במשרדים, בבתי ספר, בבתי חולים ובכלי תחבורה.

איכות אוויר הפנים מושפעת מגזים רעילים (פחמן חד-חמצני [carbon monoxide, CO] ותחמוצות חנקן [nitrogen oxides]), מתרכובות אורגניות נדיפות (volatile organic compounds – VOCs; פורמלדהיד [formaldehyde], בנזן [benzene], טולואן [toluene], סטירן [styrene]), מחומרי הדברה, מעופרת, ממעכבי בערה, מחלקיקים נשימים ומאבק, מעישון (ומעשן מיד שנייה ושלישית), וכן ממגוון מזהמים ביולוגיים (עובש וחיידקים) ומזהמים פיזיים (קרינה, קרינה אלקטרומגנטית, אסבסט). הגורמים העיקריים המשפיעים על איכות אוויר הפנים הם אוורור, מקורות זיהום בתוך הבניין ואיכות האוויר החיצוני החודר לבניין.

נמצא שאיכות אוויר פנים ירודה קשורה לתוצאי בריאות שליליים, כגון אסתמה, מחלת ריאות חסימתית כרונית, דלקת סמפונות (בעיקר בילדים), תגובות אלרגיות וסיכון מוגבר למחלות זיהומיות. מעמד חברתי-כלכלי נמוך עשוי להגביר את הסיכוי לנוכחותם של הגורמים המשפיעים ביותר על איכות אוויר הפנים.

## רגולציה עדכנית

תקנות ותקנים העוסקים באוויר הפנים בישראל נחלקים לשלושה תחומים: תכנון ובנייה (דרישות בדבר אוורור, בידוד וחומרי בנייה); ריכוזים מרביים מותרים של מזהמי אוויר הפנים (ךדון); ופליטות מחומרים המשמשים בסביבת הפנים (פליטת פורמלדהיד ממוצרי עץ).

תקנות התכנון והבנייה שאושרו ב-1970, ועודכנו בפעם האחרונה ב-2008, מחייבות אוורור של הבניינים כדי לשפר את איכות אוויר הפנים. התקנות עוסקות בחלונות, באוורורים ובצינורות אוורור. התקנות קובעות מהו המספר המזערי של החלפות אוויר הנדרשות לצורך אוורור מרחבי הפנים דרך מערכות אוורור מלאכותיות. תקנות בדבר בידוד תרמי נקבעו בישראל ב-1985, ולפיהן נדרש בידוד רב יותר בבניינים חדשים אך לא נדרש שיפור הבידוד בבניינים הקיימים. לאחר יישום התקנות, שיעור הבתים, שנוצר בהם עובש עקב עיבוי, צנח ב-25%, ושיעור הבתים שהייתה בהם גדילת עובש קיצונית צנח ב-20%.

לפי תקנות התכנון והבנייה, יש לתכנן ולבנות בניינים באופן שימנע הצטברות רמות גבוהות של רדון, העלולות להזיק לבריאות. התקנות קובעות רמות מרביות מותרות של רדון בחדרים.

תקן ישראלי 5098 קובע רמות מרביות לריכוז של רדיונוקלידים טבעיים (natural radionuclides) במוצרי בנייה. באשר לרמות מותרות של מזהמי אוויר הפנים, ערכי הייחוס לאיכות האוויר של המשרד להגנת הסביבה, שגובשו ב-2006 ועוסקים ב-110 מזהמים, יכולים להיחשב לערכי ייחוס לא מחייבים לאיכות אוויר הפנים. תקן ישראלי 6210, אוורור לשמירת איכות אוויר נאותה בתוך בניינים, שאושר בדצמבר 2011, מגדיר ערכי סף למזהמים מסוימים, ובהם גופרית דו-חמצנית (sulfur dioxide), חנקן דו-חמצני (nitrogen dioxide), פחמן חד-חמצני, PM<sub>10</sub>, בנזן, טולואן, פרכלורואתילן (perchloroethylene) ופורמלדהיד. התקן הזה מבוסס על התקן האמריקני לאוורור לשמירת איכות האוויר הנאותה בתוך בניינים מ-2010. תקן זה אינו מחייב, אך צפוי להיעשות מחייב במסגרת קוד הבנייה של משרד הבינוי והשיכון.

יש ארבעה תקנים ישראליים הקובעים רמות מרביות מותרות של פליטת פורמלדהיד מחומרי עץ. בכל התקנים האלה החלקים הנוגעים לפליטת פורמלדהיד מחייבים. בשל חשש בדבר רגישות גבוהה ביותר של תינוקות לפורמלדהיד, תקן 682, תקן העוסק בבטיחות של מיטות תינוק, מפחית את הרמה המרבית המותרת של פורמלדהיד במיטות תינוק ל-70% מהערך שנקבע לחומר גלם.

תקן ישראלי 5281, תקן לא מחייב, עוסק במגוון סוגיות הקשורות לבנייה בת קיימה (בנייה ירוקה), ובכלל זה אנרגיה, קרקע, מים, חומרי בנייה, בריאות, פסולת ותחבורה. התקן עוסק בסוגיות של אוורור, שימוש בחומרי גלם שאינם פולטים רעלים ואיכות האוויר החיצוני החודר לבניין (למשל ממגרשי חנייה תת-קרקעיים).

### נתונים על איכות אוויר הפנים בישראל

המשרד להגנת הסביבה מבצע סקר רדון ארצי. מטרת הסקר לזהות ולמפות אזורים המתאפיינים ברמות גבוהות יחסית של רדון, ולהגדיר אזורים שיש בהם פוטנציאל לסיכון גבוה בשל נוכחותו של רדון, על בסיס מדידות של ריכוזי גז רדון בבניינים. הסקר האחרון, שהתפרסם ב-2002, התבסס על דגימה של מרחבים מוגנים (ממ"דים) בכל רחבי הארץ ובמקלטים לאורך גבול הצפון. לפי ממצאי הסקר, רמת אטימות גבוהה של מרחבים מוגנים מביאה לתוצאות גבוהות במדידות קצרות טווח. עם זאת המשרד להגנת הסביבה קבע כי מכיוון שאנשים אינם צפויים לשבת במרחבים המוגנים יותר מ-6 שעות ברציפות, רמות הרדון בתנאים רגילים אינן חורגות מרמת הפעולה המומלצת - 200 בקרל למ"ק.

עקב חשש מפני זיהום אוויר חריג ברציפי תחנת האוטובוסים המרכזית בירושלים, המשרד להגנת הסביבה מבצע מדידות יום-יומיות ורצופות של חנקן דו-חמצני, תחמוצות חנקן וחלקיקים נשימים עדינים (PM<sub>2.5</sub>). ממצאי המדידות מעידים על רמת חנקן דו-חמצני החורגת מערכי ההתראה ועל ריכוזים גבוהים קצרי טווח של חלקיקים עדינים, שרובם חלקיקי דיזל הידועים כמסרטנים. חשוב לציין שרציפי האוטובוסים אינם נמצאים במבנה סגור, ולכן אינם נכללים בהגדרה הצרה של אוויר הפנים. עם זאת פליטת מזהמים מהאוטובוסים עשויה להשפיע על איכות אוויר הפנים בתוך התחנה המרכזית.

למעט הדוגמה של התחנה המרכזית בירושלים, יש נתונים עדכניים מעטים על מדידות של מזהמי אוויר הפנים. המשרד להגנת הסביבה מדד רמות של תחמוצות חנקן בשני מוסדות לימוד בישראל במשך שלושה חודשים (ינואר עד מרס 2008). הריכוזים שנמדדו בתוך הבניינים היו דומים לאלה שנמדדו מחוץ להם. לא דווחו חריגות מהמוצע היממתי של ערכי הסביבה, אולם דווחו עשר חריגות מערכי סביבה לחצי שעה בתוך הבניינים עצמם.

באזורים מסוימים, שבהם הקרקע מזהמת בחומרים אורגנו-כלורניים (chlorinated organic compounds), מבוצעות בדיקות אקראיות כדי למדוד את ריכוזי החומרים האורגנו-כלורניים בתוך מבנים. בשל החשש שגזי קרקע מסוכנים מזהמים את האוויר במרחבים תת-קרקעיים באזור תל-אביב, הרשות המקומית לאיכות הסביבה מבצעת מדידות של פחמימנים אורגניים כלורניים נדיפים (chlorinated and volatile organic hydrocarbons). אלו הם המזהמים שנמצאו במרחבים תת-קרקעיים: כלורופורם (chloroform), פחמן טרה-כלורי (carbon tetrachloride), טריכלורואתילן (trichloroethylene), טטרכלורואתילן (tetrachloroethylene) וויניל כלוריד (vinyl chloride). על בסיס ממצאים מבית ספר באזור תל-אביב, דרש המשרד להגנת הסביבה מעריית תל-אביב לנקוט צעדי מניעה אחדים כדי להפחית את חשיפתם של תלמידים למזהמי אוויר הפנים, והומלץ לעקוב אחר הנושא.

### מחקר על איכות אוויר הפנים בישראל

- בשנים האחרונות לא התבצעו מחקרים אפידמיולוגיים בישראל לבחינת הקשר בין איכות אוויר הפנים לתחלואה.
- חוקרים ממרכז המצוינות לחשיפה סביבתית ובריאות בטכניון (TCEEH) בוחנים התנהגות של ניקוטין בסביבת הפנים ונוכחות של חומרים מעכבי בערה באבק הנמצא בתוך מכוניות.

### התקדמות ואתגרים

- מאחר שהאדם הממוצע מבלה עד 90% מזמנו בתוך מבנים, חשוב לאסוף נתונים על איכות אוויר הפנים בישראל, ובעיקר במבני ציבור. המשרד להגנת הסביבה, בשיתוף משרד הבריאות ומשרד החינוך, מתכננים תכנית חלוץ בבתי ספר ברחבי מדינת ישראל ב-2015. בעקבות איסוף נתונים על איכות אוויר הפנים חשוב להעריך את תוצאי הבריאות הפוטנציאליים של חשיפה למזהמי אוויר הפנים, בייחוד בקרב תת-אוכלוסיות רגישות כמו ילדים.
- אבק ביתי הוא כלי חשוב להערכת חשיפה של בני אדם למזהמי אוויר הפנים. אין נתונים זמינים על רמות המזהמים באבק ביתי בישראל.
- בנייה ירוקה, המקודמת בעת האחרונה בישראל, מספקת הזדמנות להגביר את המאמצים להגן על איכות אוויר הפנים בבניינים חדשים, ובכלל זה לבדוק מערכות אוורור. תקן ישראלי 5281 לבנייה בת קיימה, שאושר ב-2011, עוסק בין היתר באוורור ובאיכות האוויר בבניינים שיש בהם מערכות אוורור מאולץ, ובהגבלות על תרכובות אורגניות נדיפות בבניינים. עם זאת הפחתת צריכת האנרגיה בעזרת בידוד תרמי יכולה לגרום לתוצאים שליליים של איכות אוויר הפנים בבתים בשל הצטברות מזהמים ממקורות פנימיים.
- קוד הבנייה החדש של משרד הבינוי והשיכון, שטרם אושר, וכן תקן ישראלי 6210, אוורור לשמירת איכות אוויר נאותה בתוך בניינים, מספקים קווים מנחים להפחתת חשיפה של בני אדם למזהמים כימיים, ביולוגיים ופיזיים בסביבת הפנים. חשוב לציין כי תקן 6210 אינו חל על בתים פרטיים, על בניינים של שלוש קומות ומטה, על כלי רכב ועל סירות.
- אף כי תסמונת הבניין החולה (Sick building syndrome) מאפיינת מקומות עבודה בדרך כלל, מדובר בסוגיה הקשורה לבריאות הציבור. אין בסמכותו של אגף הפיקוח על העבודה במשרד הכלכלה, או בסמכותו של המשרד להגנת הסביבה, לבדוק באופן שוטף את איכות אוויר הפנים בבניינים סגורים המשמשים למקומות עבודה. יתרה מזו חלוקת הסמכויות בין הגופים האלה אינה ברורה בנוגע לתלונות על תסמונת הבניין החולה. נדרש שיתוף פעולה בין משרד הבריאות, המשרד להגנת הסביבה, משרד החינוך ומשרד הכלכלה כדי לפתח גישה כוללת לסוגיה.

## מקורות

- (1) אורנשטיין, פ' (יולי 2011). איכות אוויר תוך מבני. הרצאה בסדנת חזית המדע בחקר בריאות וסביבה.  
[http://www.ehf.org.il/sites/default/files/shared\\_content/Pola%20Orenstein\\_Indoor%20Air%20Quality%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf](http://www.ehf.org.il/sites/default/files/shared_content/Pola%20Orenstein_Indoor%20Air%20Quality%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf)  
 (אוחזר ביולי 2014).
- (2) מכון התקנים הישראלי. תקן 6210, 5281.  
<https://portal.sii.org.il/heb/standardization/tekensearchex/>  
 (אוחזר ביולי 2014).
- (3) מרכז המחקר והמידע, כנסת ישראל (יולי 2011). איכות אוויר תוך מבני ותסמונת "הבניין החולה".  
<http://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m02918.pdf>  
 (אוחזר ביולי 2014).
- (4) המשרד להגנת הסביבה. גז ראדון.  
<http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/Radiation/Radon/Pages/default.aspx>  
 (אוחזר ביולי 2014).
- (5) המשרד להגנת הסביבה. זיהום אוויר חריג בתחנה המרכזית בירושלים.  
<http://www.sviva.gov.il/subjectsenv/svivaair/airqualitydata/pages/jerusalemcentralbusstation.aspx#GovXParagraphTitle2>  
 (אוחזר ביולי 2014).
- (6) קרדובה-ביז'ונר, ל' (נובמבר 2011). זיהום אוויר בבתי ספר בישראל. הרצאה בכנס סביבה ובריאות ילדים.  
[http://www.ehf.org.il/sites/default/files/shared\\_content/Dr.%20Levana%20Kordova\\_%20Air%20Pollution%20-%20-%20-%20Schools.PDF](http://www.ehf.org.il/sites/default/files/shared_content/Dr.%20Levana%20Kordova_%20Air%20Pollution%20-%20-%20-%20Schools.PDF)  
 (אוחזר ביולי 2014).
- (7) רשויות ומשפט מנהלי, תקנות התכנון והבניה: בקשה להיתר, תנאיו ואגרותיו (תש"ל-1970).  
[http://www.nevo.co.il/law\\_html/law01/044\\_046.htm](http://www.nevo.co.il/law_html/law01/044_046.htm)  
 (אוחזר ביולי 2014).
- (8) Australian Government Department of the Environment. Indoor air.  
<http://www.environment.gov.au/topics/environment-protection/air-quality/indoor-air> (retrieved July 2014).
- (9) Petrick, L.M. et al. (Jan 2011). Thirdhand smoke: Heterogeneous oxidation of nicotine and secondary aerosol formation in the indoor environment. *Environmental Science and Technology*, 1, 45(1), 328-333.
- (10) World Health Organization (2010). *Health and environment in Europe: Progress assessment*.  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/96463/E93556.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/96463/E93556.pdf) (retrieved July 2014).