



הערכת סיכונים בריאותיים סביבתיים ומדדי איכות אוויר תוך מבנית

מעבדת אקו צ'ק

מומחים בתחום סביבת השהיה האישית

Indoor Environment Quality



Indoor Environmental Standards Organization

1. מבוא

כאבי ראש, גירוי אף וגרון, גירוי בעיניים, שיעול יבש ויובש בעור, סחרחורות, בחילה ואפילו סוגים שונים של עייפות וכד', אלה רק כמה דוגמאות של הסימנים המוכרים אצל עובדים ודיירים במבנים לא תעשייתיים. אנשים הסובלים מסימפטומים אלה ואחרים של תחושות אי נוחות כללית. במחקרים נמצא קשר בין תחושות אלה לזמני השהייה במבנה.

בדרך כלל, עם עזיבת הבניין, הסימפטומים האלה נעלמים, אך חוזרים עם שובם לבניין.

מה נחשב לבניין - לא - תעשייתי: בית מגורים, בניין משרדי, בתי ספר, בתי מלון ובתי חולים.

מקור התלונות עשוי להצטמצם לפעמים לחדר מסוים או לאזור מסוים, אך לחלופין – לעיתים מתפשטים הסימפטומים בצורה גורפת בכל רחבי הבניין.

הסימפטומים יכולים להופיע כתופעה בודדת אצל אנשים מסוימים, למשל רק כאבי ראש, או בצירוף לסימפטומים אחרים: כאבי ראש וצריבה בעיניים או עייפות וגם כאבי ראש וגם צריבה בעיניים, יובש בעור ובעצם אין ספור של אפשרויות שילוב.

התסמונת לא מופיעה באופן "בלעדי" אצל קבוצה מיוחדת, גברים ונשים, מבוגרים וצעירים. כמו כן- לא ניתן לשייך את התופעה לאזור גאוגרפי זה או אחר- כלומר- התופעה אוניברסאלית. זאת על פי מסמכי ארגון הבריאות העולמי (WHO 1984) שהצהיר כי עד 30% מתוך בניינים ברחבי העולם מהווים מוקדים לתלונות של הדיירים, עובדים, תלמידים, מורים וכד', שמקורם בזיהום האוויר הפנים מבני, אוורור בלתי מתאים וגורמים פיזיקליים שונים כגון איכות וכמות האוויר, מזהמים כימיים שמקורם מחוץ למבנה וגורמים מיקרוביאליים כגון חיידקים ועובש בלתי נראה באוויר.

1.1 סקר (Inspection) והערכת סיכוני חשיפה

סקר (Inspection) להערכת סיכוני חשיפה במקום לצורך זיהוי הינו הערכה, תיעוד של גורמים מזיקים, איסוף נתונים באופן מיטבי שייצג בצורה נכונה את זרימת האוויר המסופק לבניין ותנאי השהיה בהתאם לרמות אכלוס שונות.

הסקר מתבצע בשיטה של סקר שיטתי (Walkthrough) במקום העבודה הכולל אפיון של סביבת העבודה וזאת באמצעות תצפיות ואיסוף מידע.

הסקר כולל:

- א. איסוף מידע איכותי וכמותי במיקומים שונים במבנה.
- ב. בחינה שיטתית של מקורות האוויר למבנה.
- ג. ציון ואבחון מקורות זיהום וסיכוני בריאות אחרים אפשריים כגון עבשים וחיידקים, פורמלדהיד, קרינה ורעש.
- ד. בדיקת יעילות מערכת האוורור בעזרת מדידה של ריכוזי דו תחמוצת הפחמן (CO_2) ואחוז החמצן (O_2).
- ה. תיעוד מדדי נוחות – טמפרטורה ולחות.
- ו. מדידה בקריאה ישירה של מזהמים הידועים: כלל תרכובות אורגניות נדיפות (TVOC's), חד תחמוצת הפחמן (CO).
- ז. רמות האבק באוויר

המדידות אנו מבצעים בהתאם למקובל ולהנחיות הקיימות בתחום איכות האוויר בחללים סגורים indoor air quality ו-indoor environment quality כפי שבאים לידי ביטוי בתקני הארגונים הפדראליים בצפון אמריקה (EPA, ASHRAE וכדומה), ארגון הבריאות הקנדי, ארגון הבריאות העולמי והמלצות הנוגעות לצפון אמריקה ואירופה. כמו כן אנו נסמכים בהערכותינו על המלצות גופים שונים בעולם, על פי תחומי מומחיותם, ביניהם ארגון בריאות הציבור בהונג קונג שהינו מהמתקדמים בעולם בתחום הבריאות וניהול הסביבה התוך מבנית.

1.2 גורמים חשובים, מזהמים והמלצות

1.2.1 טמפרטורה ואחוז לחות היחסי

אוויר יבש או לחות גבוהה באוויר עלולים להשפיע על תפקודו והרגשתו הכללית של האדם ועל איכות הסביבה. טמפרטורות גבוהות יחד עם לחות יחסית גבוהה מביאים לעומס חום וגם מייצרים בית גידול רב לעבשים וחיידקים. במרבית החללים הסגורים בהם פועלת מערכת מיזוג מרכזית, הטמפרטורה בחורף ובקיץ הינה קבועה. בדרך כלל, רוב האנשים טוענים כי בחורף הטמפרטורה גבוהה מדי ובקיץ הטמפרטורה נמוכה מדי, או שהם חשים כמות האוויר המוזרמת לחלל אינה מספקת. יכולתו של האדם לשאת תנאי סביבה חמים ולחים תלויה בטמפרטורה ובלחות היחסית. למשל הסביבה יבשה כלומר הסביבה עם לחות היחסית הנמוכה, עלולה לגרום אצל

אנשים הרגישים לדימומים מהאף עקב התפוצצות נימי דם וואו לגירויים בעור וואו לסדקים בשפתיים ועוד.

לחות יחסית באוויר משתנה בהתאם ללחץ הברומטרי ולטמפרטורה. לחות יחסית הינה היחס בין כמות אדים באוויר לבין כמות האדים שהאוויר יכול להכיל באותו הנפח במצב רוויה. כלומר היא כמות האדים באוויר בזמן הנתון בהשוואה לכמות האדים שנפח האוויר יכול להכיל באותה טמפרטורה.

סיכון בשהייה ברמת טמפרטורה ולחות לא מתאימה

תחושת אי נוחות מתמדת, הפרעה לתפקוד כללי תקין ואפקטיבי. בנוסף אחוז לחות היחסי גבוה יכול לגרום להתפתחות של עובשים.

תקנים והמלצות

הערכים המומלצים עבור טמפרטורה הנוחה ואופטימלית עבור שהייה תוך מבנית עם יעילות אנרגטית הטובה ביותר הינה 25.5°C אשר ערך המינימלי הינו 20°C ¹.
הערכים המומלצים לאחוז לחות היחסי הינם 60%-30%²

1.2.2 דו - תחמוצת הפחמן (CO_2)

גז הנוצר בעת שהות אוכלוסייה בחללים סגורים כתוצאה מפעילות נשימתית הטבעית של בני אדם ויונקים אחרים. בחללים בהם קיימים ריכוזים גבוהים של דו - תחמוצת הפחמן יכולה להצביע על בעיית יעילות של מערכת האוויר עם הזרמת אוויר הצח לתוך המבנה.

סיכון בשהייה בריכוזים גבוהים של דו-תחמוצת הפחמן

כאבי ראש, בחילות, סחרחורת, עייפות ונמנום. ריכוזים גבוהים מ – 5000 חל"מ של דו תחמוצת הפחמן יכולים לגרום לחנק (Asphyxia).

תקנים והמלצות

הערך המומלץ עבור ריכוזי דו-תחמוצת הפחמן בשהייה תוך משרדית וואו ביתית הינו עד 800 חל"מ ומספק מדד על תקינות ויעילות של מערכת האוויר עם הזרמת אוויר הצח לתוך המבנה.³

1.2.3 אחוז חמצן (O_2)

קיים במידה מספקת, כאשר הוא מסופק מאוויר החיצוני החודר אל חללי האוויר באופן שוטף. ערכים הנמוכים מצביעים על תקלות באספקת אוויר טרי (כמו חללים אטומים או אטומים למחצה), אשר עלולים לגרום להקטנת אחוז החמצן.

¹ EMSD (1998), Guidelines on Energy Efficiency of Air Conditioning Installations

² ASHRAE Standard (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

³ US EPA (1996), *Facilities Manual: Architecture, Engineering, and Planning Guidelines*. Maximum Indoor Air Concentration Standards

סיכון בשהייה בריכוזים נמוכים של אחוז החמצן

נמנום, עייפות, תחושת חנק, פגיעה מוחית ומוות.

תקנים והמלצות

הערך המומלץ עבור אחוז החמצן הינו מעל - 19%⁴

1.2.4 חד-תחמוצת הפחמן (CO)

גז חסר צבע וריח. נוצר כתוצאה מתהליכי שריפה בלתי מושלמים אשר מקורם בכלי רכב, תנורי גז, תנורי נפט, קמינים וחור"ד.

סיכון בשהייה בריכוזים גבוהים של חד-תחמוצת הפחמן

חד-תחמוצת הפחמן הינו בעל יכולת להיקשר להמוגלובין מונעה הספקת חמצן לגוף. כתוצאה מכך, יכול לגרום לנמנום, עייפות, פגיעה מוחית ולסופו של דבר למוות.

תקנים והמלצות

הערך המומלץ הינו נמוך מ- 1.7 חלקים למיליון (חל"מ, ppm)⁵.

1.2.5 כלל תרכובות אורגניות נדיפות (TVOC's)

בחללים סגורים, כמו משרדים, עובדים עלולים להיות חשופים לחומרים אורגאניים נדיפים. כלומר אדי סולבנטיים ואו ממיסים אורגניים הנמצאים באוויר כתוצאה משימוש בצבעים, דבקים, מחיצות לריהוט משרדי, חומרי ניקוי, ניירות, חומרים סינטטיים וחומרים נדיפים במכונות צילום ועוד. כמו כן, מקורות נוספים של חומרים קיימים גם בסביבה חיצונית ודרך הסעת מזהמים לתוך המבנה יכולה להיות מערכת הספקת אוויר חיצוני.

סיכון בשהייה בריכוזים גבוהים של כלל תרכובות אורגניות נדיפות

גורמים לגירוי באף, עיניים, גרון, כאבי ראש, בחילה, תגובה אלרגית בעור, קוצר נשימה, עייפות, סחרחורת ועוד. היכולת של חומרים כימיים אורגניים לגרום להשפעות בריאותיות משתנות, תלויה בגורמים רבים, כולל רמת החשיפה, משך החשיפה ועוד. אם זאת, לא ידוע רבות על מכלול ההשפעות הבריאותיות והקשר המדויק של התסמינים לחומרים ספציפיים. תרכובות אורגניות רבות ידועות כגורמות לסרטן בבעלי חיים, חלקם חשודים בגרימת, או ידועים כגורמים, סרטן בבני אדם.

תקנים והמלצות

בארץ אין תקנים לכלל תרכובות אורגניות הנדיפות, אך בהתאם להנחיות משרד הבריאות בהונג קונג, אין לעבור ערכים של מעל 0.261 חלקים למיליון (חל"מ, ppm)⁶.

⁴ ASHRAE Standard (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

⁵ Health and Environmental Hygiene Guide values for indoor air quality, [Federal Environment Agency's Indoor Air Hygiene Commission](#), Germany

1.2.6 אבק

חלקיקים באוויר הינם חומרים מוצקים ו/או נוזליים המרחפים באוויר אשר מגיעים לאוויר התוך מבני ממקורות מחוץ למבנה (כגון: פליטות מכלי רכב) והן מתוכו (כגון: תוצרי עישון ושטיחים הפרושים בחלל). נוכחות חלקיקים בריכוזים גבוהים מאד עלולה לגרום לתגובות אלרגיות, כמו עיניים יבשות, גירויים בעור, בגרון ובאף, שיעול, עיטוש, קשיי נשימה ועוד.

1.2.7 עבשים

נכון להיום, אין סטנדרטים ו/או תקנים בארץ או כאלה המוכרים לנו בעולם, המתייחסים באופן אבסולוטי למספר נבגי העובש שעשויות להופיע בסביבה תוך מבנית או קווים מנחים שמשמשים לקביעה אם רמת נבגי העובש באוויר שבחללים הפנימיים היא "בטוחה" או "רגילה". נוסף על כך, במשך פרקי זמן קצרים במיוחד יכולים להיות ריכוזים שונים של נבגים הן באוויר הפנימי והן באוויר החיצוני. אף על פי כן, באמצעות השוואה ישירה בין רמות נבגי העובש באוויר שבחללים הפנימיים לבין הרמה שנמצאת באוויר החיצוני, ניתן להגיע להערכות סבירות לגבי פוטנציאל הבעיות בתוך הבניין.

כדי לבדוק את הפוטנציאל למקורות עובש בחללים הפנימיים, צריך להשוות בין הרכב הדגימות שבחללים הפנימיים לבין זה שבחוץ. בעוד שאין זה חריג למצוא שינויים אחדים בסוגי ושיעורי העובש שנמצאו בשתי הדגימות, הבדלים גדולים עשויים להצביע על גידול בחללים הפנימיים.

מטרת הדיגום לספירה וזיהוי הינה לעזור לקבוע האם קיים מצב חריג בתוך המבנה, ולסייע באיתור נקודתי יותר של אזור הזיהום.

1.2.8 פורמלדהיד

פורמלדהיד הוא גז חסר צבע, בעל ריח חריף אשר סף הריח שלו בין 0.05 ppm ל – 0.5 ppm.

סיכון בשהייה ברמת טמפרטורה ולחות לא מתאימה

יכול לגרום לעיניים דומעות, תחושות צריבה בעיניים ובחילה, שיעול, עייפות מוגברת, פריחה עורית ותגובות אלרגיות שונות. אצל אנשים בעלי רגישות גבוהה (או כאלה שפיתחו רגישות כזאת בעקבות חשיפה), ברמות חשיפה גבוהה עלול לגרום לקשיי נשימה ולעורר התקפי אסטמה. כמו כן, פורמלדהיד סווג כמסרטן אנושי ידוע.

⁶ Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places, The Government of the Hong Kong

תקנים והמלצות

ערכים סביבתיים של תקנות אוויר נקי (ערכי איכות אוויר) התשע"א - 2011 וההמלצות של WHO (World Health Organization) מצביעים על סף 0.081 חל"מ עבור ריכוז חצי שעותי. אולם בהמלצותינו אנו מתייחסים לסף נמוך יותר – 0.024 חל"מ עבור ריכוז 8 שעותי⁷.

2. שיטות

1.1. מזהמים סביבתיים ומדדי נוחות

אנו משתמשים במכשור קריאה ישירה ואוגרי נתונים אשר מאפשרים לנו קליטת הפרמטרים לאורך הזמן בשל קבלת רזולוציה טובה יותר על התפלגות המדדים ביום הניטור.

1.2. עבשים

הדגימות מן האוויר נלקחים באמצעות מכשיר ייעודי לאיסוף דגימות המשלב בתוכו מצע ייעודי – Air-O-Cell® air sampling cassette המשמש לאיסוף מהיר של דגימות אוויר. דגימות משטח נלקחים באמצעות SWAB Surface Sampler. הדגימות אוויר ומשטח לספירה וזיהוי נשלחים למעבדה מוסמכת ומובילה בתחומה באר"ב, בתנאי טמפרטורה של 4°C⁰. במעבדה מבצעים אנאליזה מתאימה בשיטה להלן:

Non - Viable Fungi Identification and Enumeration from Impactors and Bio Tapes

⁷ (Hong Kong) – The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme, 2003