

תכנון והקמה של חדרים נקיים

לביאה ברומברג



חדר נקי - שמירה על תנאים סביבתיים מבוקרים למניעת זיהום חיצוני ופנימי

בשנים האחרונות יותר ויותר מפעלים, חברות הייטק, מוסדות אקדמיים, חברות פרמצבטיקה, ומוסדות בייטחוניים מקימים אצלים ״חדרים נקיים״. תכנון חדר נקי הנו מורכב ומאתגר, וביצועו מצריך מיזמנות, דיוק ויציג רתיות מבחינת ענף הבנייה. כפי שמכנים זאת אדריכי-לים וקבלנים המתמחים בבניית חדרים נקיים, מדובר ״בהייטק של ענף הבנייה״

שמירה על תנאים סביבתיים מבוקרים

אדריכל שמואל מיכאלי, מנכ״ל ברתנא אדריכלים ובוני ערים בע״מ, מספק רקע קצר בנושא חדרים נקיים המשמשים בתעשיות שונות, להלן דבריו:

חדר נקי בהגדרתו הוא חלל סגור ומבוקר שבו מתייחסים לחלקיקים שנישאים באוויר, לטמפרטורה שבה החלל נמצא, לחץ אוויר וצורת זרימת האוויר, ובראציות, רעש, רמות תאורה, חומרים ממנו בנו החדר וכדומה.

רמת הניקיון בחדר נקי גבוהה בהרבה מאשר בחדר ניתוח. החדר הנקי משמש בתעשיות האלקטרוניקה הסמי קונדוקטור, בתעשיית ההלל, תעשיית התרופות, בביו טכנולוגיה, במיקרו אופטיקה, במעבדות מחקר ובמוסדות רפואה, שיש בהם חדרים המתאפיינים בסכין גבוה ובציודים ייעודיים לתעשיית התרופות והמזון.

התמודדות עם זיהום חיצוני - סינון אוויר, על-לחץ וחדר אטום

יצירת סביבה מבוקרת ומניעת זיהום חיצוני - על מנת לייצר חדר נקי יוצרים קפסולה גדולה באזור מתוחם שיכול להיות מפעל שלם, חדר בודד או תא קטן. בראש ובראשונה יש לדאוג לכניסה מבוקרת שמאפשרת את כיוון הלחצים. בחדר הנקי על פי רוב יש על-לחץ, כלומר נוצר מצב ששום דבר לא יכול להיכנס אליו. הכניסה אל החדר נעשית דרך יצירת מבואת מעבר שלא תהיה

^{* בתמונות: חדרים נקיים שהוקמו על ידי חברת ינושבסקי הנדסה ובניין}

תכנון והקמה של חדרים נקיים

המשך מעמוד 16

הביוטכנולוגיה, מפעלי תרופות, חדרי מעבדות ועוד, אומר בסיום דבריו כי מכלול הדברים שהוזכרו מקרינים על התכנון האדריכלי שנגזר בסופו של דבר מהמטרה התפקודית של הפרויקט.

מיכאלי מציין שכיום קיימות חברות מתמחות שתומכות בתעשייה ומספקות את מכלול הדברים: התכנון, היישום וגם את הבדיקות הסופיות. תהליך הולידציה מחייב לעמוד בתקנים רבים בהם: ISO, CGMP, תקן אמריקאי E290 ועוד. לפי התקנים גם בודקים את רמת הניקיון שהוגדרה מראש, מחלקיק בודד של מיקרון ועד 100,000 מיקרון.

סינון מתמיד של אוויר נקי ובנייה בחומרים ייעודיים

ניר ינושבסקי, סמנכ״ל חברת ינושבסקי הנדסה ובניין, העוסקת ביזמות ובקבלנות, הקמת מיזמי תמ״א 38 ומתמחה בהקמת חדרים נקיים קרוב ל-15 שנה, מסביר כי: ״חדרים נקיים הנם חדרים שהאוויר בהם עובר תהליכי סינון כך שיהיה נקי מחלקיקים לפי רמות מוגדרות מראש. רמת הניקיון של חדר נקי נמדדת בכמות חלקיקים למטר מעוקב (מ״ק) של אוויר. הרמות מוגדרות בדרך כלל לפי תקן אמריקאי שׁן קקלאס 1 עד קלאס 1,000,000 שזה אוויר חדר רגיל. בקלאס 1 יש חלקיק אחד בלבד הגדול מחצי מיקרון (מיליונית המטר) במטר מעוקב אחד של אוויר, או בקיצור - נקי לחלוטין. **פי מיליון מאוויר בחדר רגיל!** חדר ניתוח למשל מוגדר בישראל כקלאס 7-8. כיום נמצא בשימוש תקן אחר המגדיר חלקיקים הגדולים מעשרית מיקרון אבל התקן הישן עדיין נפוץ ושמיש.

״חדרים נקיים משמשים לכל תעשייה שנדרשות בה רמות ניקיון לא סטנדרטיות. עיקרון הפעולה של החדר הנקי הוא סינון מתמיד של אוויר ממוזג הנכנס לחדר ויוצר על-לחץ (ניסוח) בחדר. ״החדר הנקי אטום לחדירת אוויר לא מכון והוא מבוקר בכל הכנסה של ציוד או אדם אליו. כדי לשמור שהחדר הנקי יישאר נקי, שמא תהליכי הייצור בו יפגעו, יש לשמור על לחץ אוויר חיובי מבוקר באופן תמידי. כדי לעשות כן יש להחליף את כל האוויר בחדר מספר רב של פעמים בשעה אך במקביל ליצור מהירות מסוימת וקבועה של זרימת האוויר לצד שמירה על טמפרטורה ורמת לחות קבועה. אלה הן הגדרות מאוד מדויקות שסטייה מהן יכולה להיות הרסנית לתהליך היצור ולכן נדרש דיוק רב בביצוע. ״חדרים נקיים יכולים להיות בגדלים שונים. לעתים קרובות דרישות המזמין הן לא רק לחדר נקי אלא לחדר נקי בו האוויר שומר על רמת לחות מסוימת וקבועה, זרימת האוויר היא בכיוון מסוים, במהירות וטמפרטורה מסוימת וכן בקצב מסוים (כמות החלפות אוויר בשעה). זאת ועוד, לעתים קרובות החדר הנקי עמוס מערכות מורכבות המשמשות לייצור וחודרות את עסיסת החדר הנקי.

״למש שמירה מיטבית על ייעוד החדר הנקי, החדר עצמו מורכב מחומרים ייעודיים המאפשרים צבירה מינימלית של חלקיקים (חומרים חלקים) כגון בצעים מיוחדים, אלומיניום, טרספה, ניוסטה ולא מחומרים פורחוזיים (נקבוביים) כגון בטון גלוי, גבס, צבע רגיל או אץ. החדר הנקי גם יותכנן, כך שקירותיו יהיו חלקים ווללא בליטות, **← המשך בעמוד 20**

תכנון והקמה של חדרים נקיים

המשך מעמוד 18

שקעים או מדרגות לצד שימוש באביזרי חשמל ייעודיים״.

מלאכת בנייה מורכבת

על פי ינושבסקי המלאכה של בניית חדר נקי מורכבת ביותר: ״היא מתחילה בתכנון המערכת הפנימית, החומרים המתאימים, חזירת המערכות, אמצעי הבקרה ועוד. לאחר מכן ההרכבה מתבצעת לאורך כל הדרך תוך כדי שמירה על אווירה נקיה יותר ויותר. עם התקדמות ההרכבה מתבצעות העבודות מתוך מניעה של עבודות מלכלכות כגון קידוח, סיתות, חירוף, לייטוש ובמידה ואלו מחויבות למציאות אזי הן מתבצעות במקביל לניקיון שעושים שני עובדים - האחד קודח והאחר מחזיק שואב אבק פועל בצמוד אליו. בשלבים מתקדמים יותר יתבצעו העבודות באווירה נקיה כשהעובדים לבושים בביגוד מתאים המכסה אותם ואת בגדיהם הרגילים לחלוטין.

״לאחר השלמת החדר הנקי מתבצע הלך ניקיון בעזרת חומרים וכלים ייעודיים ולאחר מכן תהליך וולידציה, שמטרתו בדיקה ואישור ניקיון החדר הנקי לאורך זמן. בתהליך זה בודקים את התאמת כל הרכיבים המרכיבים את החדר הנקי ותכולתו למטרה שאליה הם תוכננו ואת עמידת החדר הנקי וסביבת העבודה בו בקריטריונים המתוכננים. לאחר קבלת האישור ניתן להתחיל להשתמש בחדר הנקי״.

עלויות

על פי ינושבסקי, עלות ממוצעת של הפיכת חדר רגיל לחדר נקי (לא כולל עלות הבנייה) מוערכת בכ-10 אלף שׁ למ״ר, ואף יכולה לטפס עד לכ-20 אלף שקל למ״ר. עלות זו תלויה בדרגת הניקיון (מספר החלקיקים למטר) ודרישות התעשייה. חדר נקי יכול להיות מורכב בתוך בניין סטנדרטי או בבניין שכל ייעודו הוא שירות החדר הנקי. כמו כן, החדר הנקי עצמו יכול להיות מורכב מקירות גבס צבועים בצבע מתאים או לחלופין מעטיפות מיוחדות ב-hpl ואלומיניום, כך שהמחיר משתנה בכסוף לחומרי הבנייה בפרויקט.

כניסה מבוקרת, בנייה בחומרים ייעודיים ותקרות פריקות בתן קבועים גופי תאורה בעוצמה גבוהה.

