

כנס חשמל ואנרגיה 2024

משטרי זרימת אוויר לעבודה בטוחה במעבדות

מושב בנייה מאופסת אנרגיה

מהנדס אריק אביטל
(מנכ"ל אינסופקו טכנולוגיות)



הנחיות לתכנון מערכת המיזוג

- תכנון מערכת המיזוג יבוצע בהינתן הגדרות מיועץ הבטיחות וישומן על ידי יועץ המיזוג
- **הדגש שמירה על בטיחות עובדי המעבדה והסביבה החיצונית!!!**
- הסכנה במעבדה כימית שפך כימיקלים יכול לחמוק מהמנדף לחדר, ומהחדר למסדרון (פגיעה נשימתית וסכנה לריאקציה כימית)
- במעבדות ביולוגיות תיתכן זרימה צולבת של נגיפים ממעבדה/חדר בידוד/חדר חיות לחדר סמוך או לסביבה
- במעבדות קיימת חשיבות מרבית לכיווניות הזרימה, הנ"ל הוא פועל יוצא של בקרת לחץ אוויר (זרימה מלחץ גבוה ללחץ נמוך)

הנחיות לתכנון מערכת המיזוג

• נוהל משרד הבריאות AC-01 (שנת 2014):

✓ במעבדות כימיות נדרשת בקרת טמפרטורה ולחות, 6 החלפות אוויר צח בשעה, אוויר פליטה

15% מעל אספקה (מעבדה בלחץ שלילי)

✓ במעבדות מיקרוביולוגיות כנ"ל, אך 8 החלפות אוויר צח בשעה, אוויר פליטה 15% מעל

אספקה (מעבדה בלחץ שלילי)

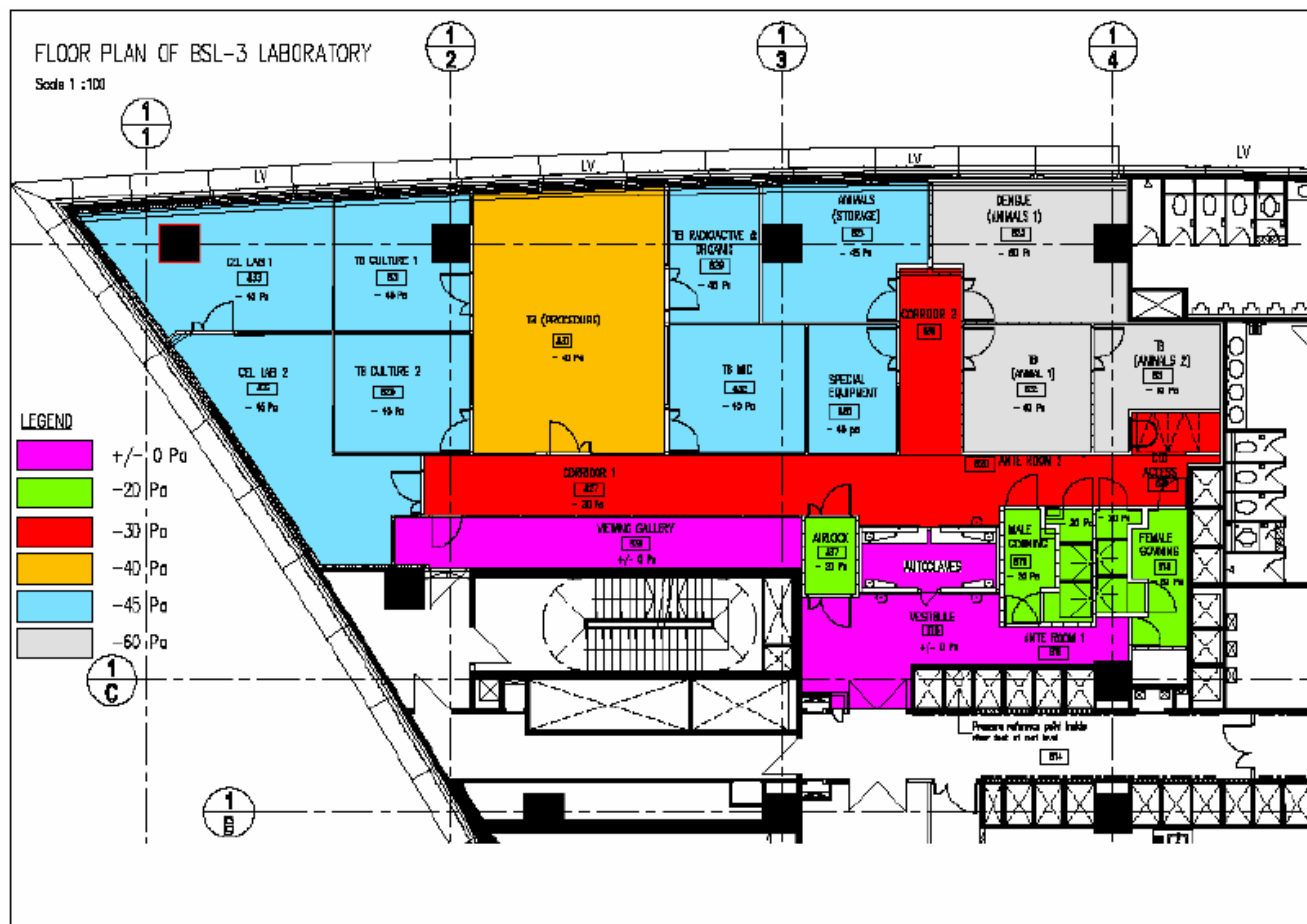
✓ במעבדות רדיו איזוטופים כנ"ל, אך יניקה ייעודית של 6 החלפות אוויר בשעה, עם בקרת לחץ

(לחץ שלילי במעבדה 10-20 פסקל)

במעבדה תקנית כימיקלים מאוחסנים בארונות כימיקלים עם יניקה ובתוך מנדפים עם יניקה משתנה

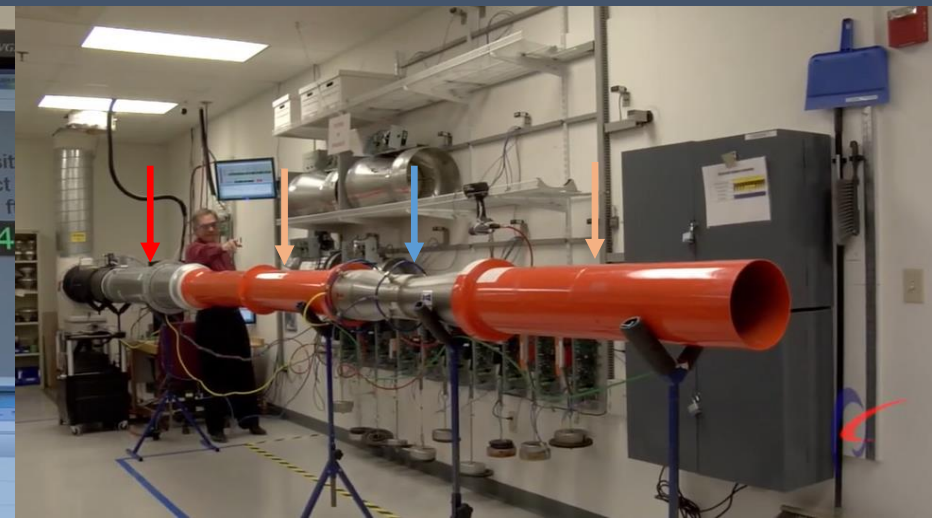
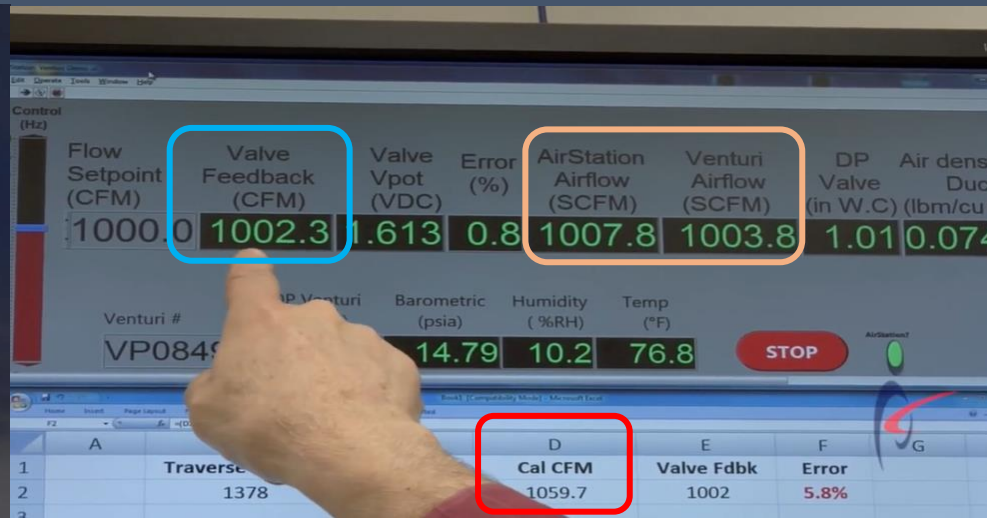
כאשר המנדף הוא הממשק עם החשיפה הבעייתית

קסקדת לחצים לשמירה על כיווניות זרימה



- מיקום נקודת אפס חשוב
- האתגר הכנסת אוויר צח/פליטה לכל חדר עם מערכת מניפולד חובה PICV
- בפתיחת דלתות/שינוי מנדף מצב דרסטי
- מחייב תקשורת מהירה בין שסתומים
- מהירות תגובה ממדידה עד תיקון < זמן אפס
- קיימות שתי שיטות:
- ✓ OFFSET קבוע (לחלל פשוט, משמר כיווניות זרימה)
- ✓ מדידת לחץ ותיקון (לחלל מורכב, משמר קסקדה במדויק)

מדידת מהירות בתעלה



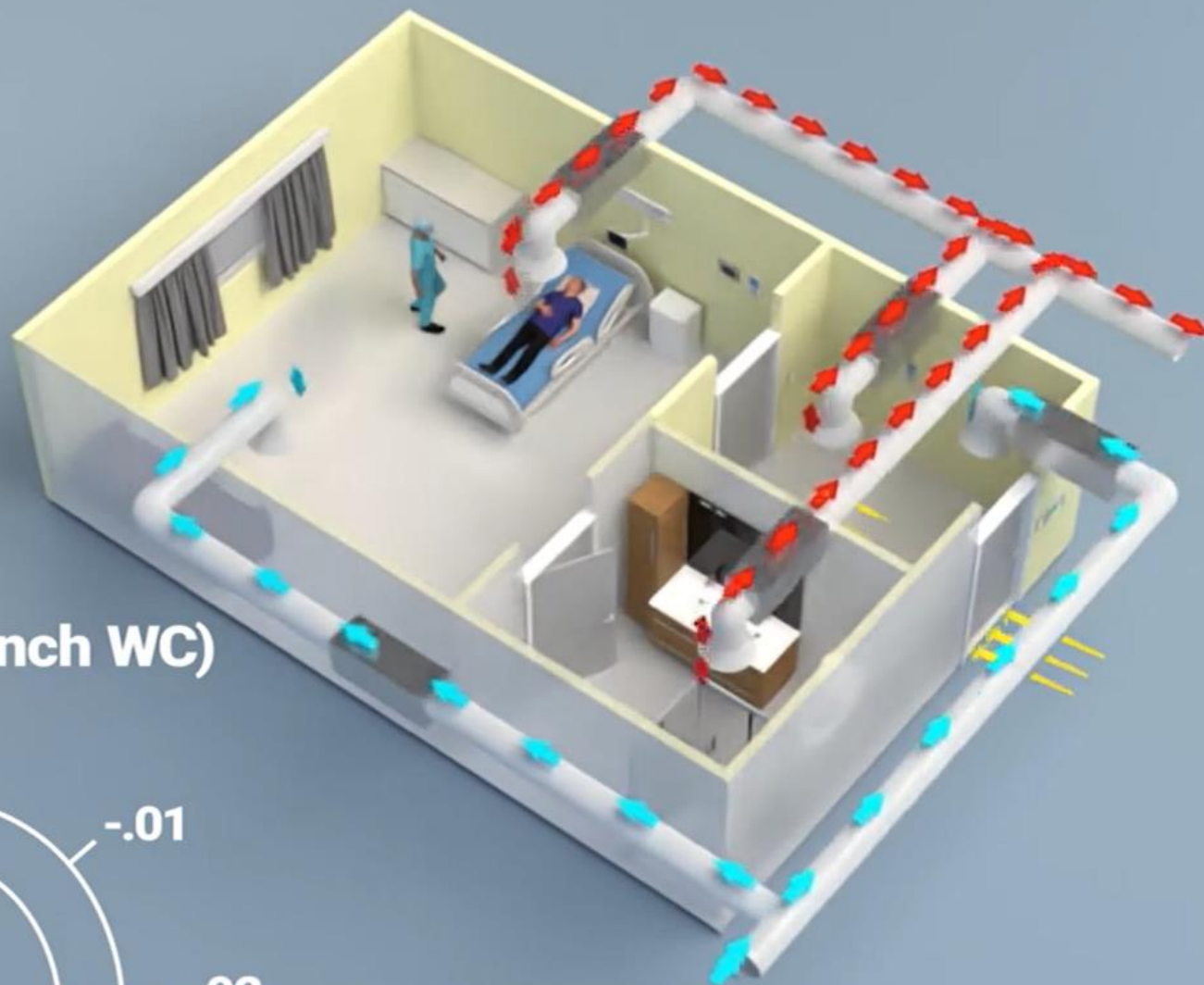
ASHRAE 111 - Testing and Balancing

- לתעלה 12" נדרשים 30 נקודות מדידה, שלושה מיקומים בזווית 60 מעלות ביניהן.
- לזרימה ליניארית נדרש מרחק מינימלי של 5 קטרים במעלה הזרם, 3 במורד הזרם.
- בדוגמא ניתן לראות **שסתום וונטורי**/שתי תחנות מדידה **NIST**/נקודת מדידה ידנית
- שגיאת מדידה ידנית 5.8% לעומת 0.8%
- במערכת מניפולד ספיקה משתנה תמידית ולאפליקציות מדויקות חובה PICV ששומר על הזרימה מכאנית
- שסתום וונטורי מנטר את הזרימה (אין מדידת מהירות), שסתום VAV מבצע מדידה ותיקון

מהירות תגובה מערכת מנדף (מעל 3 שניות)



Occupied Isolation Room with VAV Box

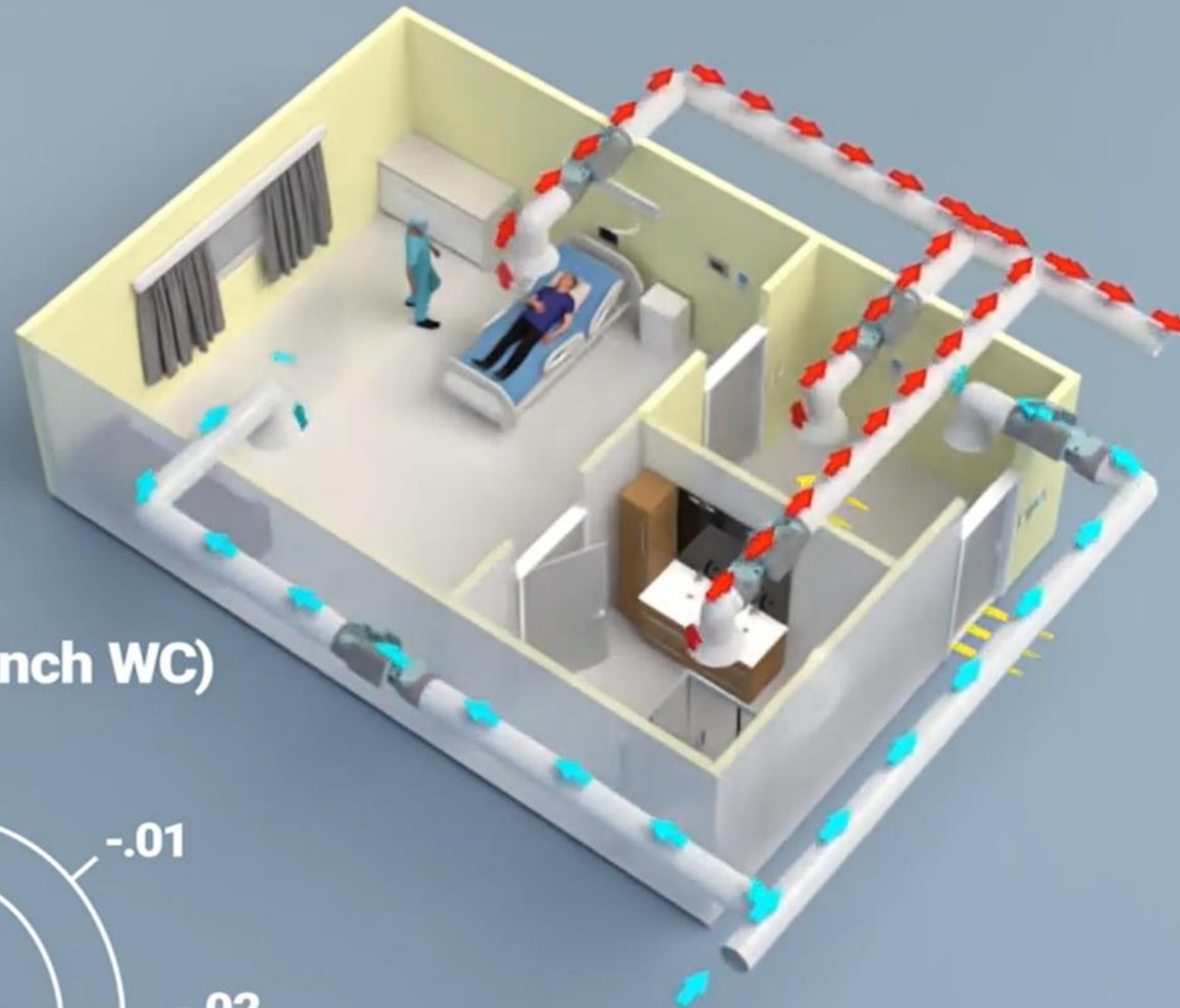


Air Pressure (Inch WC)



12 ACH

Occupied Isolation Room with Venturi Valve



Air Pressure (Inch WC)



12 ACH

תקנות בטיחות בעבודה שנת 2001:

- יתקין ויקיים אוורור טוב, במידה מספקת, לרבות 6 החלפות לפחות של אוויר צח בשעה, ואמצעי יניקה במקורות הפליטה של הגורמים המסוכנים.
- באופן שריכוז הגורמים המסוכנים באוויר יהיה נמוך מרמת החשיפה המשוקלת המרבית המותרת... ובאופן שלא יזיק לבריאות העובד.

נוהל משרד הבריאות AC-01 שנת 2014 מפרט בצורה טובה את מרכיבי מערכת המיזוג.

דגש בעניין מיקום ומהירות זרימה במפזרי האספקה, והקפדה שהזרימה באזור המנדף לא תהיה טורבולנטית תקן 1839 מגדיר דרישות מינימאליות- מהירות זרימת אוויר 100FPM (0.5 מ/שניה), +/-20% וביצוע בדיקת עשן

טבלה 5.1 - מהירות האוויר בחתך המנדף במעבדות

FPM	תנאים
100	פיזור האוויר נעשה באמצעות מפזרי אוויר תקרתיים הממוקמים בצורה המבטיחה פיזור אוויר נכון, עם מהירות זרימת אוויר ממוצעת קטנה מ- 60 FPM בחתך המפזר (באין ברירה ניתן להשתמש במפזרי אוויר קיריים אולם יש להבטיח מניעת קצר אוויר בין אספקת האוויר למנדף), תנועת אנשים דלילה בסביבות המנדף, לא ממוקם ציוד בתוך המנדף במרחק הקטן מ- 15 ס"מ מפני המנדף, המנדף ממוקם רחוק מדלתות ודרכי מעבר, חלון המנדף פתוח בגובה הגדול מ- 30 ס"מ ממשטח העבודה של המנדף.
120	תנאי הסביבה לא עומדים בתנאים הנ"ל ו/או חומרים בהם עושים שימוש בתוך המנדף הינם חומרים רעילים מאוד.
150	חלון המנדף פתוח עד לגובה של 30 ס"מ ממשטח העבודה של המנדף

- ד. יש להבטיח משטר זרימת אוויר בחלל המנדף שיבטיח זרימה נטולת טורבולנציה בתוך ומסביב לחלון המנדף מחשש להקטנת יעילות המנדף וסיכון העובדים בסביבת המנדף.
- ה. באין ברירה אחרת ניתן למקם מנדפי יניקה בקרבת דלת וזאת בתנאי שישנה דלת יציאה אלטרנטיבית לחרום, הדלת סגורה בשגרה והתנועה בסביבת המנדף דלילה.
- ו. אין לחרוג בפועל מ- ±10% ממהירות זרימת האוויר המתוכננת דרך חתך המנדף.
- ז. על זמן התגובה של מערכת היניקה להיות 2 שניות לכל היותר, על מנת להימנע מחדירת מזהמים לחלל במצבי המעבר. זמן התגובה מוגדר כזמן הנדרש למהירות האוויר על פני המנדף להתייצב בתחום דיוק של 10% מהערך המתוכנן, כאשר חלון המנדף נפתח מגובה פתיחה של 25% לפתיחה מלאה.

קיימת הצעת עידכון לתקנות הבטיחות בעבודה גרסא 2013 שמאפשרת ירידה לשתי החלפות אוויר חיצוני, **בהינתן מערכת לניטור רציף 24/7 לבדיקת איכות האוויר במעבדה.**



המערכת מביאה לחיסכון:

- בהוצאות חשמל שוטפות 67% בטיפול באוויר החיצוני. החזר השקעה 2-3 שנים.
- הקטנת מערכת המיזוג: יטאות, מפוחים וצילר

מנדף מהירות קבועה - בזבז אנרגטי

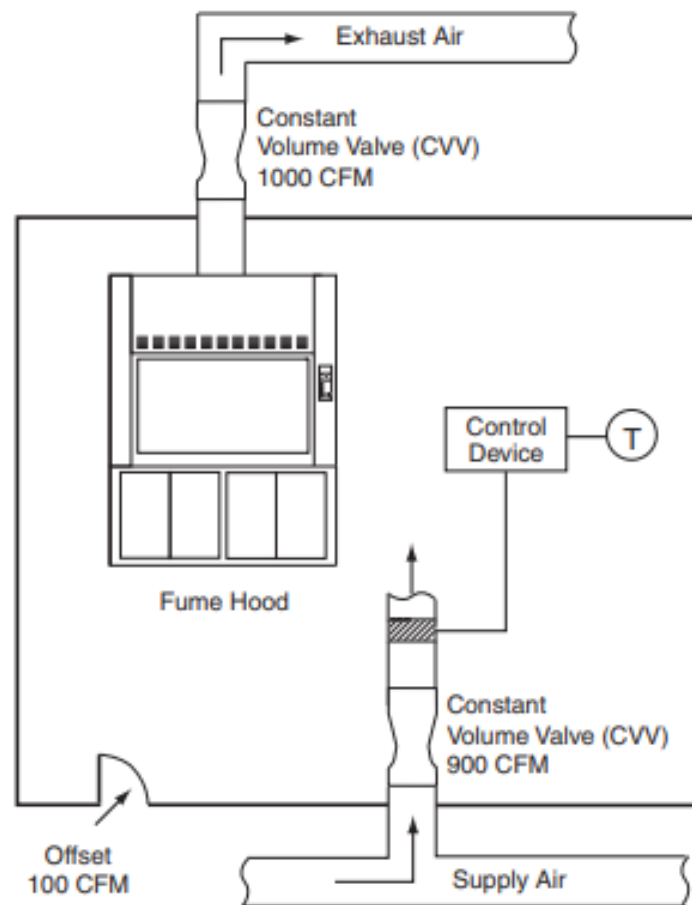


Figure 1 Constant volume laboratory with Phoenix Controls. Pressure-independent air valves (constant volume) maintain a constant volume at each location as system flow rates change. An optional monitor is available for continuous flow monitoring.

מנדף שני מצבים מינימום/פתוח

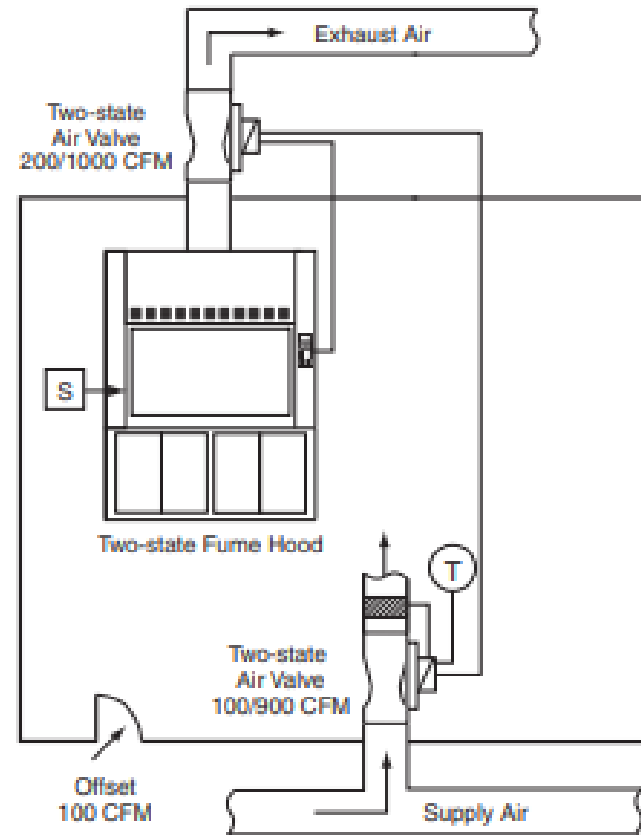


Figure 3 Two-state application with sash switch. Pressure independent air valves maintain proper flow at each of two flow rates. The sash switch (by others) changes hood flow between low-high flows. A two-state supply valve tracks flow changes of the hood.

מנדף מהירות משתנה

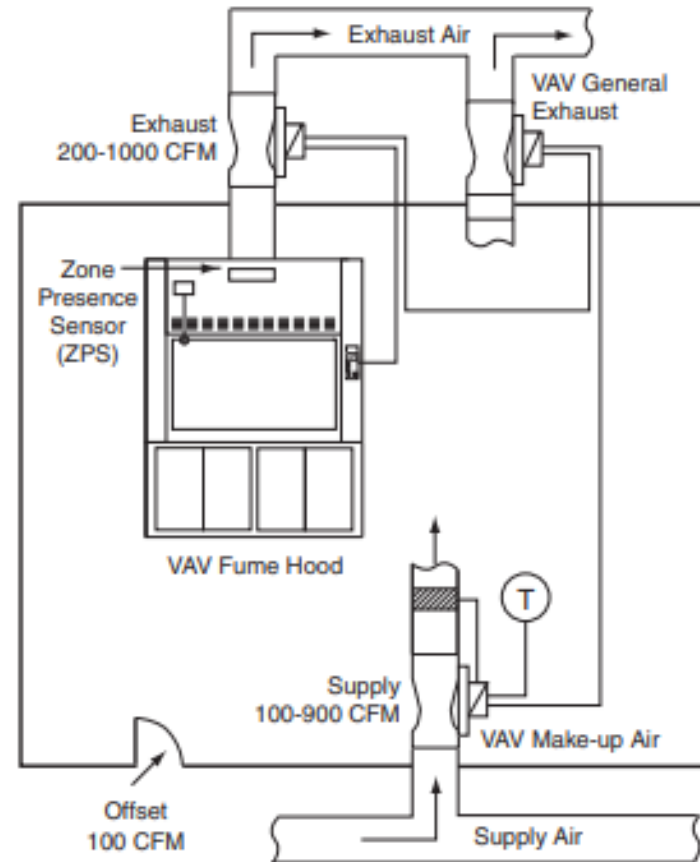
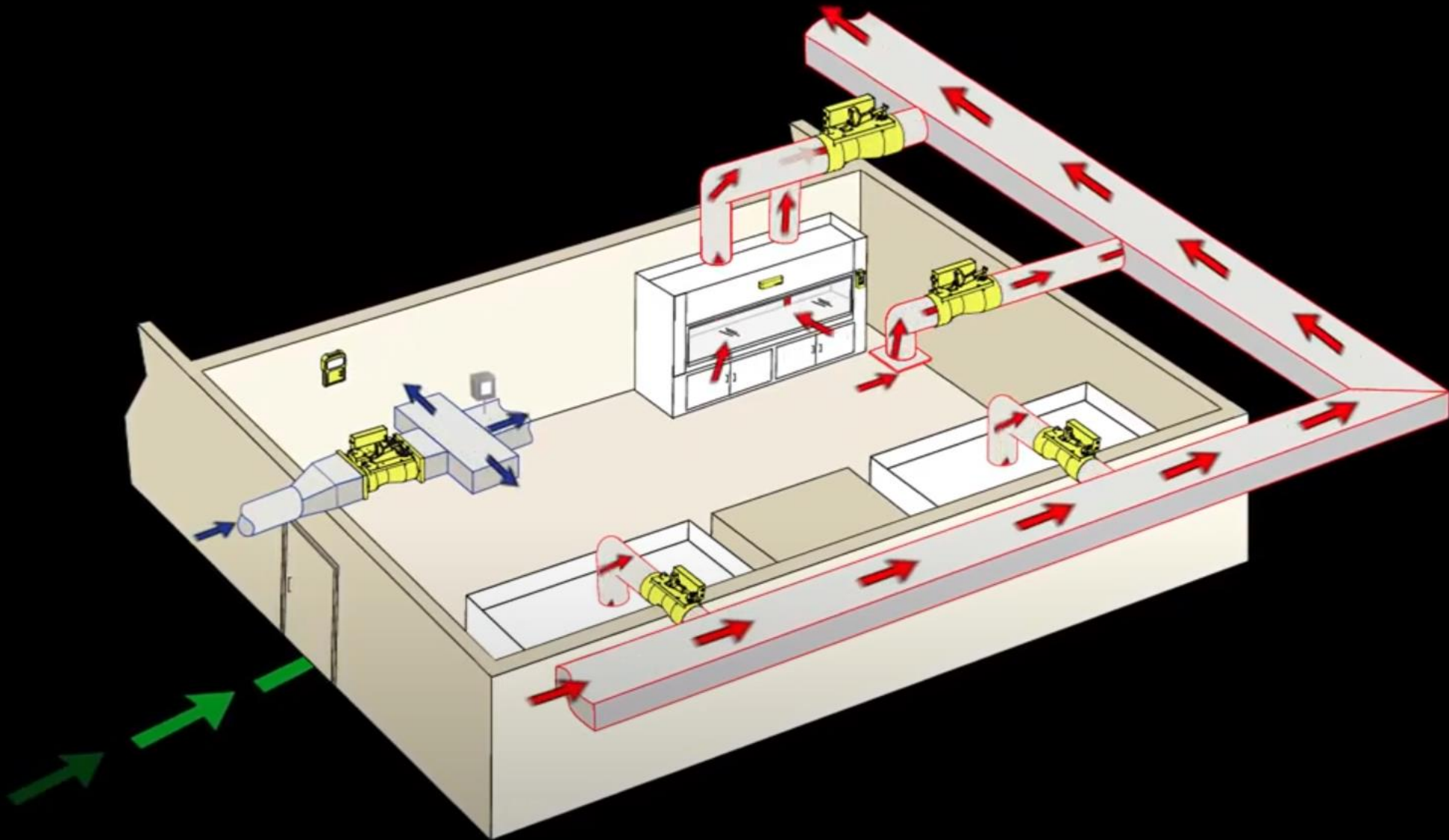


Figure 6 Variable volume application with Usage Based Controls. The hood is operated as a standard variable air volume application. The hood operates at the lowest flow possible to maintain safe face velocities. When an operator approaches the hood, the Zone Presence Sensor increases the flow to provide proper containment. As the operator leaves the hood, the flow resets itself to the lower, yet safe, flow. The fume hood monitor provides continuous monitoring, thereby meeting regulatory requirements.

תכנון מעבדה עם מנדפים (3 שסתומים)



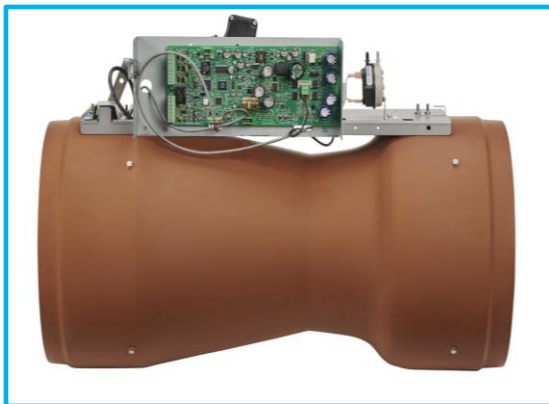
הקטנת מהירות האוויר בחתך המנדף

- חיסכון באנרגיה – מנדף פתוח אחד שווה ערך לצריכת אנרגיה שנתית של ארבעה בתים פרטיים
- משפר את איזון הלחצים בחדר
- הקטנת רעשים בחלל המעבדה
- מקטין השפעה על ציוד רגיש בתוך המנדף כמו משקלים אנליטיים
- דרכים להקטנת מהירות האוויר:
 - ✓ מצלמה בחזית המנדף, הורדת מהירות האוויר ל 60FPM
 - ✓ רגש נוכחות שמוריד את החלון



רכיבי מערכת לשמירת משטרי זרימה

- הבדל מהותי בין שסתום וונטורי (ניטור ספיקה לא נדרש כיוול) לשסתום VAV (מבצע מדידת ספיקה נדרש כיוול)
- ציפויים להגנה מפני כימיקלים (ציפוי אפוקסי/נירוסטה/פלסטיק)
- תצוגות מנדף/חדר
- מד לחץ הפרשי



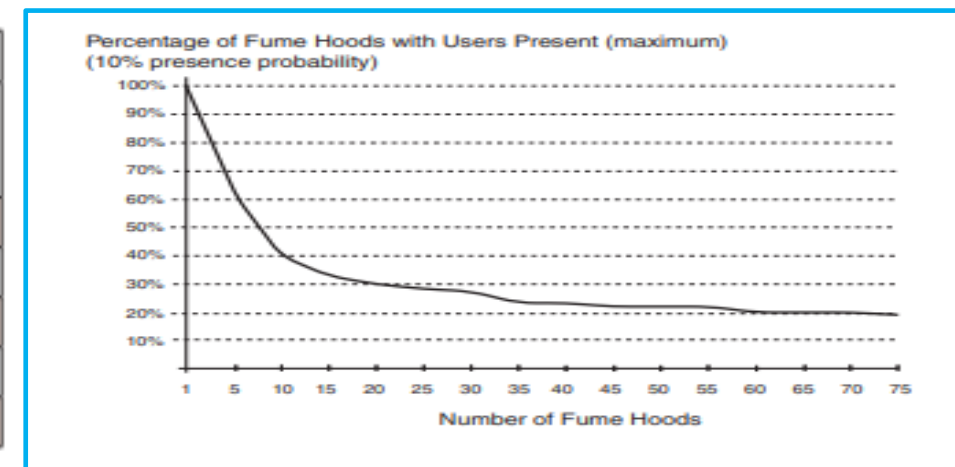
מערכת יניקה מרכזית (מניפולד) לעומת מפוח מנדף



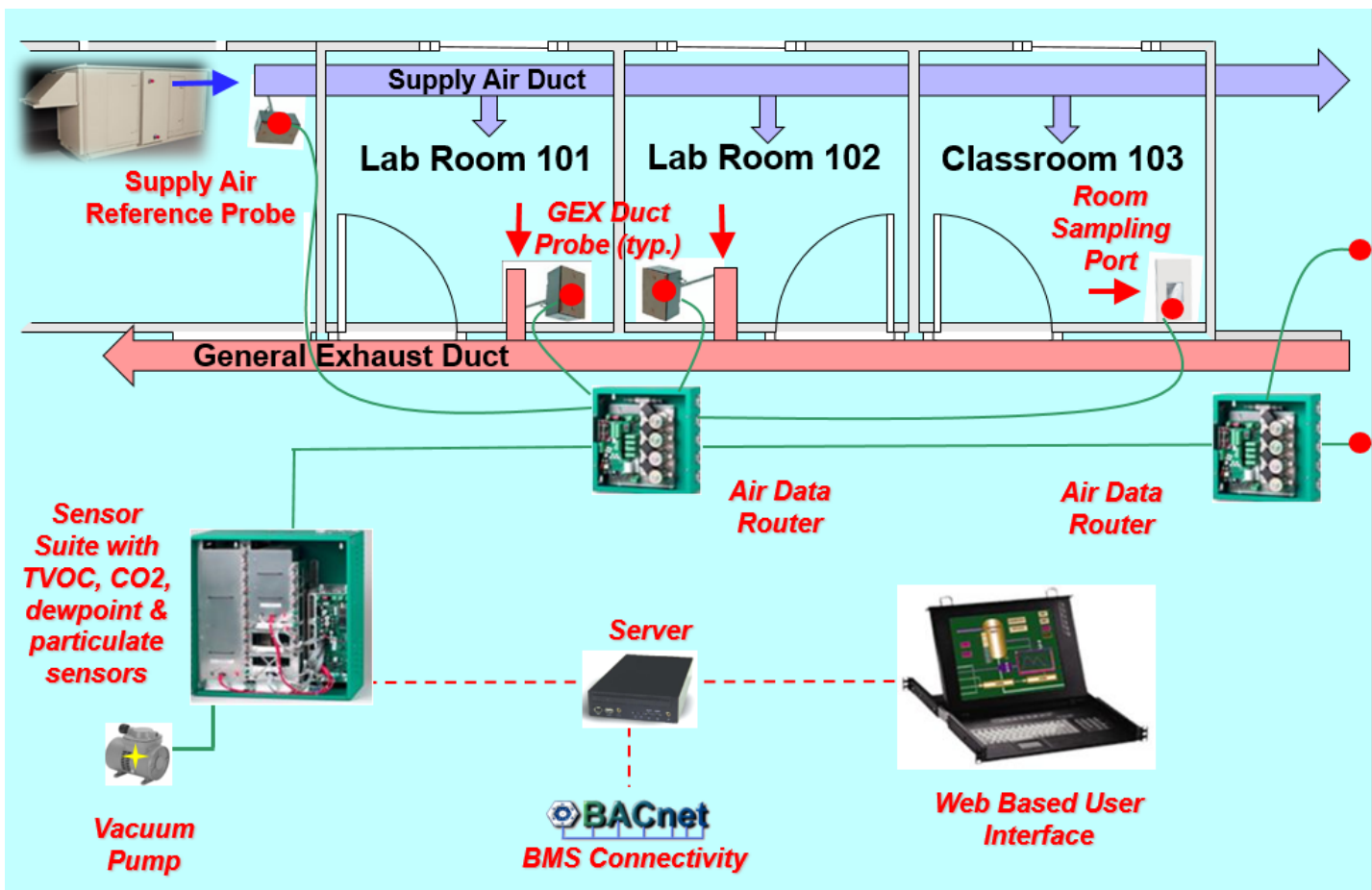
- חסכון אנרגטי בבנייני מעבדות מודרניים על ידי התקנת מערכת יניקה מרכזית בשיטת מניפולד מרכזי
- מוביל לחיסכון אנרגטי משמעותי ~ 20% בצריכת החשמל
- אפשרות להגדלת הספיקה למעבדה ספציפית בשעת חירום עד 12 החלפות בשעה
- מצריך שסתום PICV שלא מושפע מהלחץ בתעלה, שסתום שמגיב מכאנית בזמן אפס
- מאתגר את התכנון וההפעלה ודורש ציוד איכותי

מחקר VERTEX PHARMACEUTICLE

Facility Type	Number of Hoods	Hours of Hood Presence	Total Time Period	Presence as a % of Total Time	Max. Hours per Day	Min. Hours per Day	Average Hours per Day	Median Hours per Day	Standard Deviation
Chemistry/Biology	68	502.33	22,322.47	2.25	2.97	0.01	0.78	0.50	0.70
Pharmaceutical	31	281.71	5,521.70	5.10	4.08	0.03	1.40	0.83	1.25
Water Testing	9	86.52	1,046.17	8.27	5.50	0.42	2.13	1.51	1.53
Miscellaneous	6	100.21	1,940.25	5.16	5.50	0.01	1.05	0.67	1.05
All Facilities	114	970.77	30,830.59	3.15	5.50	0.01	1.17	0.74	1.11



ניטור רציף לשיפור הבטיחות וחיסכון באנרגיה



- סטטיסטית הסיכוי לאירוע בטיחות נמוך 0.2%
- בעולם המערבי עברו למדידה רציפה IAQ
- מדידה רציפה מאפשרת 2-12 החלפות בשעה, במקום יניקה קבועה 6-8 החלפות בשעה
- נותן התראה/מידע למשתמשי המעבדה על חריגה ברמת המזהמים
- קבלת התראה לצוותי ERT על בעיית בטיחות
- ניתן גם לנטר ולהעיר לעובדי המעבדה על עבודה לא תקינה
- החזר השקעה בבניין מעבדות ~ שנתיים

המלצת ASHRAE למערכת מיזוג ואורור מרכזית

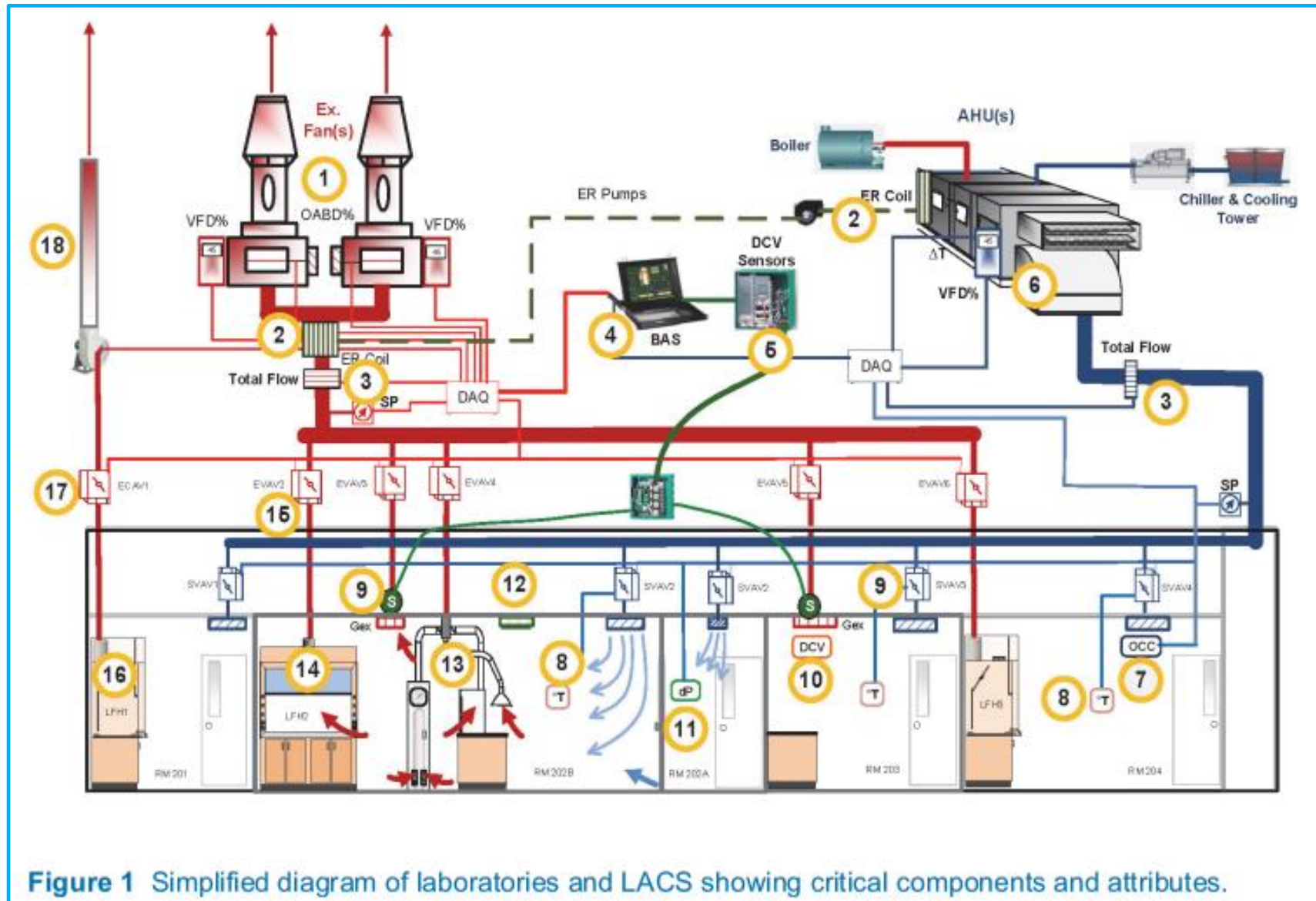


Figure 1 Simplified diagram of laboratories and LACS showing critical components and attributes.

משטרי זרימת אוויר לעבודה בטוחה במעבדות

אשמח לפניות

אריק אביטל

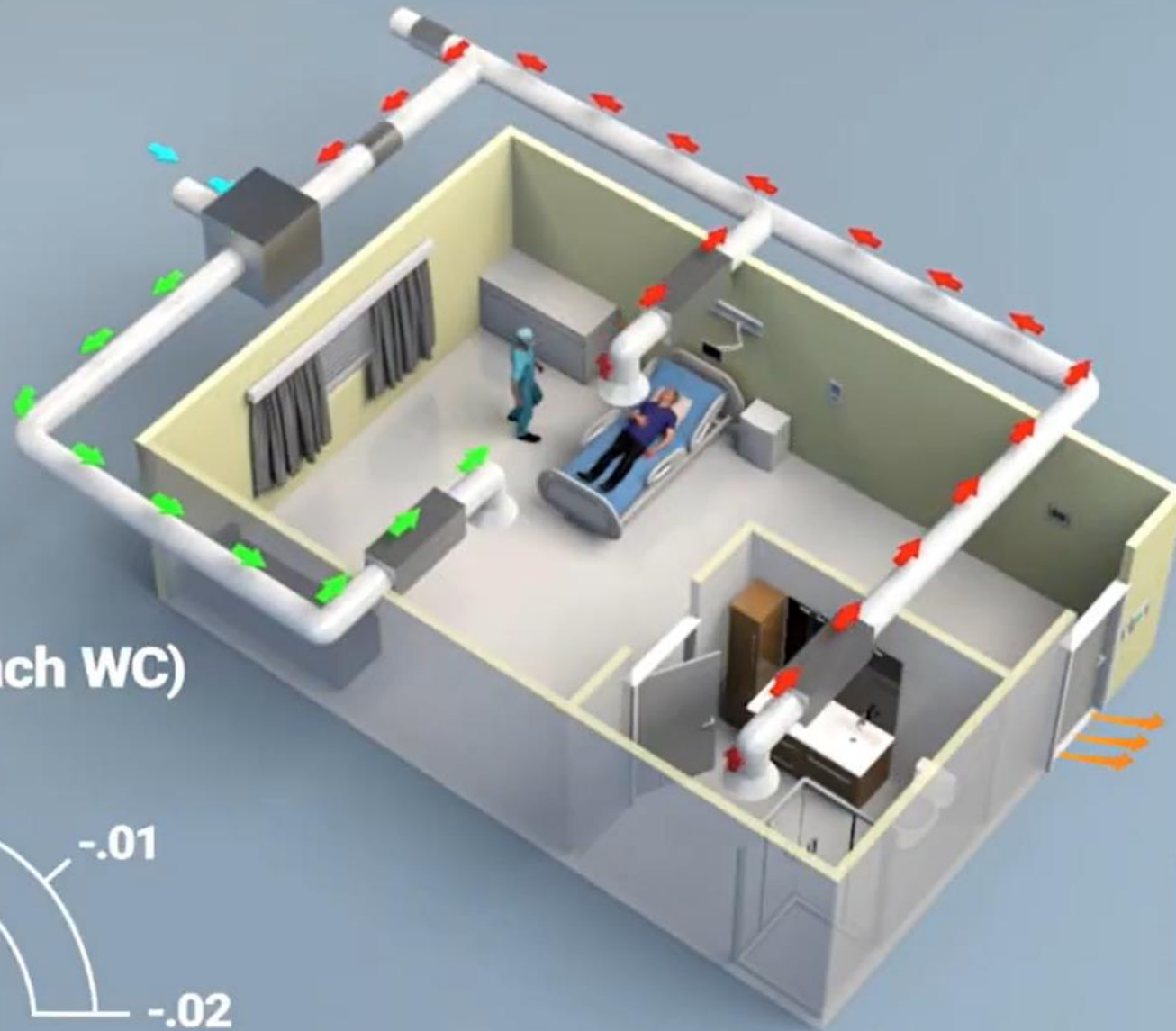
מנכ"ל אינסופקו טכנולוגיות בע"מ

erik@insupco.co.il

054-9952801



Normal Patient Room with VAV Box



Air Pressure (Inch WC)



4ACH

Pandemic Patient Room with Venturi Valve

