

## חסכון אנרגטי במערכות HVAC באמצעות תכנון הנדסי חכם

### מערכת השבת חום ביחידת טיפול באויר צח

יחידות טיפול באויר צח (MUAU) במערכות מיזוג אויר (HVAC) נדרשות לרוב גם לחמם וגם לקרר אויר צח על מנת לבצע יבוש תרמודינמי של האויר. מטבען, מערכות כאלו הן צרכניות אנרגיה כבדות. באמצעות תכנון הנדסי מתוחכם של יחידת הטיפול באויר הצח, ניתן להשיג חסכון משמעותי ביותר בהוצאות האנרגיה. מסמך זה מציג את הפתרון ההנדסי אשר אופייני ותוכנן על ידי פרסייס הנדסה. הפתרון בוצע בהצלחה אצל מגוון לקוחות מזה שנים רבות ולאחרונה אומץ באופן גורף, בין השאר על ידי לקוח בינלאומי גדול בתחום הפארמה.

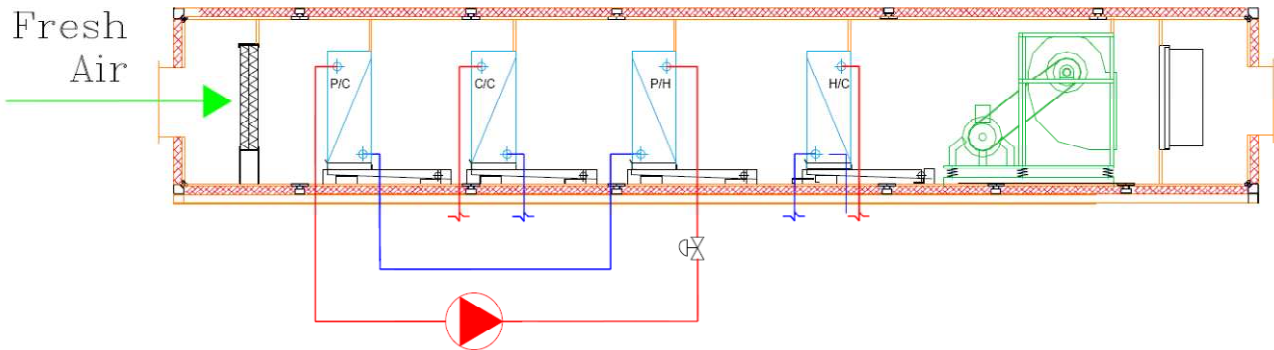
#### רקע

בכדי לסלק לחות מן האויר הצח, נדרש במשך מרבית ימי השנה לקרר את האויר מטמפרטורת הסביבה אל נקודת טל נמוכה יחסית ( $8-9^{\circ}\text{C}$ ), ומיד לאחר מכן, לחמם את האויר לטמפרטורת המדחום היבש הנדרשת באזור הממוזג. בתכנון מסורתי, יחידת הטיפול באויר מכילה סוללת קרור (אחת או יותר), המיועדות לקרר את האויר לנקודת הטל הנמוכה. סוללות קרור אלו מוזנות על פי רוב במים מקוררים בטמפי של  $6-7^{\circ}\text{C}$ . בשלב הבא, מחומם האויר לטמפרטורה הרצויה, באמצעים חשמליים, או באמצעות סוללות קיטור או מים.

#### הפתרון המוצע

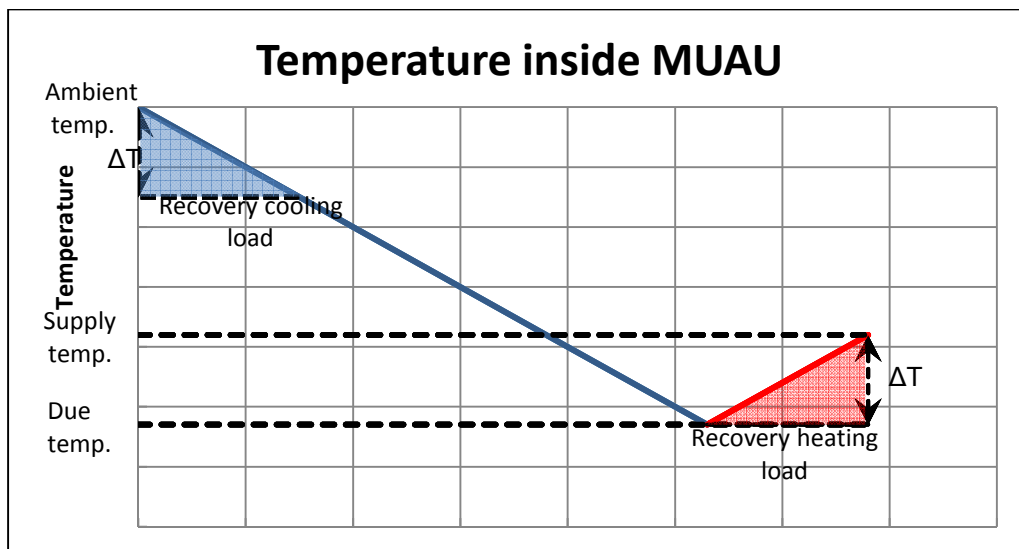
הפתרון מבית פרסייס הנדסה מבוסס על השבת חום ואיזון משאבים תרמודינמיים, מיושם ע"י שתי סוללות נוספות המותקנות בתוך ה MUAU, ומחוברות בינהן באמצעות משאבה וצנרת. איזון המשאבים והשבת האנרגיה מושג ע"י ניצול טמפרטורת נקודת הטל הנמוכה לצרכי יבוש, לשם קירור האויר הצח בכניסה ליחידה.

האיור הבא מדגים את הפתרון המיושם ביחידת הטיפול באוויר הצח:



### ביצועים

הגרף הבא מתאר את טמפרטורת האוויר בתוך היט"א, לאחר ישום הפתרון:



כפי שניתן לראות בגרף, השטחים הצבועים בכחול ואדום מייצגים את עומסי הקירור והחימום בסוללות הקירור/חימום המקדמי. מאחר ושתי הסוללות המקדמיות מחוברות בינהן, עומס החום/קור שלהן זהה, ומקוז זה את זה, ועל ידי כך חוסך בהוצאות האנרגיה הדרושות לחימום/קירור. ביצועי מערכת השבת החום תלויים בתנאי העבודה הנדרשים, בעיקר בטמפרטורת הסביבה והלחות, בנקודת הטל הנדרשת, ובטמפרטורת האספקה של האוויר לצרכנים. התפוקה המירבית של המערכת (הן לחימום והן לקירור) מושפעת במידה רבה מההפרש בתנאי האוויר במוצא. תהליך היבוש התרמי לבין תנאי האוויר באספקה. הביצועים בפועל נגזרים מתנאי האוויר באספקה מהיחידה, מתנאי הסביבה ומכושר מעבר החום: ככל שטמפרטורת הסביבה גבוהה יותר, מעבר החום מסוללת הקירור המקדמית לסוללת החימום יהיה לרוב גבוה

יותר (עד לגבול הקיבולת המירבית כמובן). כאשר טמפרטורת הסביבה יורדת תפחת תפוקת מעבר החום ואיתה יכולת השבת החום.

האפקטיביות של מערכת השבת החום תהיה בשיאה תחת תנאי סביבה קיצוניים וטמפי' אספקה הקרובה לטמפי' חדר. על מנת להשיג יעילות אנרגטית טובה על פני כל תחום העבודה הצפוי יש לתכנן את מערכת ההשבה בקפידה גם לתנאי הביניים שם כאמור האפקטיביות נמוכה יותר ולכן סוללות ההשבה דורשות תכנון זהיר יותר. כמו כן, בעת תכנון המערכת ובחינת כדאיות ההשקעה, יש להביא בחשבון תוספות בעלויות ובצריכת אנרגיה, בשל:

- משאבת מים נוספת.
- תוספת נדרשת להספק המפוח, אשר נדרש להתמודד עם התנגדות האוויר של הסוללות שנוספו.

### שיקולי תכנון

תכנון נכון של מערכת השבת חום הינו מאתגר, ודורש חישובים איטרטיביים להגדרת קונפיגורציה נכונה של הסוללות ולאזוון ביניהן, בשל העובדה שהסוללות מחוברות ביניהן ומצומדות אנרגטית. על התכנון להתחשב במספר רב של גורמים – שינוי בספיקות האויר, תנאי מזג אויר משתנים, ספיקה ולחצי מים, שיקולי יתירות, תכנון נכון של מערכת הבקרה, ושיקולי תכנון רבים נוספים.

### בקרה

דגש רב יש לתת לתכנון מערכת הבקרה. על המערכת להביא בחשבון תנאי מזג אויר משתנים, ושינויים בזרימת האויר. תכנון לא מוקפד של מערכת הבקרה עלול לגרום ליטי"א לחרוג מהפרמטרים אליה תוכננה, כגון טמפרטורת אספקה ולחות, או לפגוע ביעילות המערכת ובביצועיה, ואף לגרום לגידול בצריכת האנרגיה.

### דוגמה מעשית

למפעל פארמצבטי תוכנה מערכת השבת חום בדומה למתואר במסמך, אשר פועלת בתנאים הבאים:

- מיקום – מישור החוף, ישראל
- טמפרטורת אספקה -  $16^{\circ}\text{C}$
- נקודת הטל –  $8.5^{\circ}\text{C}$

ניתוח הביצועים הצביע על **חסכון של כ 25% מעומס הקירור, וכ 74% מעומס החימום**, תוך התחשבות בנתוני מזג אויר אמיתיים - ביום ובלילה, ולאורך כל ימות השנה.

### סיכום

פרסייס הנדסה מביאה ערך מעשי ללקוחותיה הבא לידי ביטוי בתכן מקצועי, יעיל וחסכוני, ובחשיבה מחוץ לקופסה המאפשרים ללקוחותיה ליירט את דרישות היצור, להנות משקט תפעולי ומניצול משאבים מיטבי.