שיקולי תכנון בהטמעת משאבות חום במערכות חימום מים

אחת הדרכים להשגת חיסכון באנרגיה היא ניצול האנרגיה הטמונה באוויר החופשי, במים ובקרקע. האמצעי הטכני המאפשר ניצול אנרגיה זו הוא משאבת חום. משאבות החום המוכרות לכולנו משמשות לקירור ולמיזוג אוויר (מקררים, מקפיאים, מזגני אוויר וכדומה). מאמר זה דן בקצרה בהיבטים השונים של יישום משאבות חום לחימום מים.

חימום מים קונבנציונלי באמצעות שריפת סולר לדוגמא: מקדם היעילות 0.9-0.85

משאבות חום לחימום מים: מקדם היעילות 5-2.5

חימום מים מתבצע באופן מסורתי בעיקר באמצעות שריפת דלק (סולר או גז פחמימני מעובה [גפ"מ]) בתנורי הסקה, וקליטת האנרגיה התֶרמית הנוצרת בעת הבעירה. זוהי שיטת חימום בזבזנית, בעלת מקדם יעילות (COP - Coefficient of Performance) נמוך יחסית (0.9 לערך). יתרה מזאת, שיטה זו מזיקה לסביבה, הן בשל תוצרי הבעירה הנפלטים לסביבה - פחמן דו-חמצני, גז החממה אשר תורם באופן שלילי להתגברות ההתחממות הגלובלית, ומזהמי אוויר (תחמוצות גופרית, תחמוצות חנקן, חלקיקים וכדומה) אשר מזיקים לבריאותנו - והן בעקבות ההיתכנות לזיהום הקרקע בדלקים. ומנגד, בדומה לעקרון הפעולה של מערכת מיזוג אוויר, משאבת חום שואבת חום מתווך אחד (הסביבה) ומעבירה אותו לתווך שני, למשל לצורך חימום מים.

שימוש במשאבות חום עשוי להניב חיסכון של עשרות אחוזים בצריכה ובהוצאות האנרגיה לחימום מים

למעשה, האנרגיה המופקת בתהליך (חום) עולה על כמות האנרגיה המושקעת (אנרגיה חשמלית בפעולת המדחס של משאבת החום) הודות ל"שאיבת" האנרגיה החופשית אשר אגורה באוויר. מכאן נובעת היעילות האנרגטית הגבוהה של משאבת החום ביחס לזו של תנורי ההסקה (COP גבוה: 2.5-4 לערך). ניתן לומר, שכ-80% מהאנרגיה התרמית המופקת מתקבלת מהאוויר, ורק כ-20% הם תוצר של האנרגיה החשמלית אשר מושקעת במדחס של משאבת החום, מה שהופך את משאבת החום לאמצעי הפופולרי ביותר כיום לחימום מים.

צורת עבודה זו מניבה יעילות גבוהה של המערכת, והיא הפתרון המועדף לחימום מים בתפוקות קטנות (יישום ביתי) ובתפוקות גדולות (יישום מוסדי/תעשייתי).

מיון משאבות חום

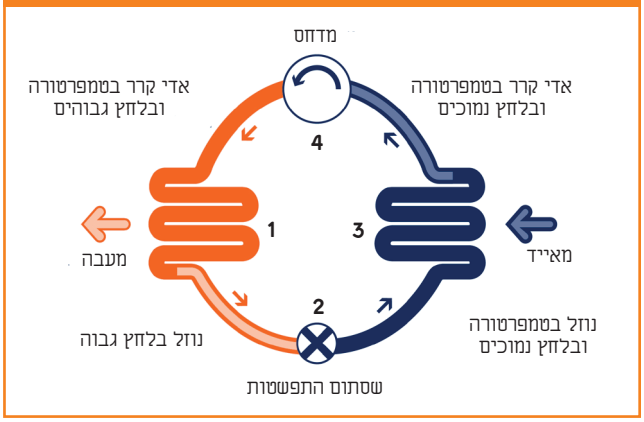
בשנים האחרונות חלה התקדמות בנושא זה וגברה המודעות לגביו, וכיום משאבת חום היא מוצר הנמצא בהטמעה מואצת בישראל ובעולם. משאבות חום קיימות במיגוון גדלים (תפוקות חימום), וניתן לסווגן על פי סוג המדיומים שמוסרים את החום וקולטים אותו, כדלקמן:

- משאבת חום אוויר-מים (הנפוצה ביותר): ספיגת חום מהאוויר החופשי וניצולו לחימום מים.
- משאבת חום מים-מים: ספיגת חום ממאגרי מים וניצולו לחימום מים.
- משאבת חום משולבת אוויר-מים/מים-מים: שילוב של ספיגת חום ממים או מאוויר, וניצולו לחימום מים - במערכת אחת.

עקרון הפעולה של משאבת חום לחימום מים

שאיבת החום מתבצעת למעשה באמצעות קרר (גז קירור), אשר מסוגל בשלב מסוים של התהליך לקלוט אנרגיה תרמית ברמת טמפרטורה "נמוכה", ולמסור אותה בשלב אחר של התהליך ברמת טמפרטורה "גבוהה" יותר. כמתואר באיור 1, אדי

איור 1: עקרון הפעולה של משאבת חום



מקור: Natural Resources Canada

הקרר מתחממים ונדחסים באמצעות מדחס חשמלי (4) לאדים בטמפרטורה ובלחץ גבוהים, ונטענים למחליף חום (מעבה) (1) שבו זורמים מים. במעבה מתרחש מעבר חום מן הקרר החם אל המים, החמים פחות. כתוצאה ממסירת החום מתקררים אדי הקרר, ומתעבים לנוזל בלחץ גבוה. למעשה, החום הכמוס שנפלט בתהליך זה של שינוי מצב הצבירה של הקרר נקלט במים ומחמם אותם. בהמשך, הקרר הנוזלי בלחץ גבוה עובר דרך שסתום התפשטות (2), ויוצא קר יותר ובלחץ נמוך אל המאייד (3). במאייד מתרחשת החלפת חום, כאשר הקרר הנוזלי סופג חום מהאוויר החיצוני, שהוא חם יותר ממנו (במשאבות חום מסוג אויר-מים) - ומתאדה. זהו למעשה החום שנשאב מתוך האוויר. לאחר שהתאדה, הוא ממשיך למדחס למחזור חימום נוסף, וחוזר חלילה.

אפשרויות חיבור של משאבת חום עם מערכת חימום מים קיימת

בגופים גדולים, דוגמת בתי מלון, בתי חולים, בתי אבות, מרכזי ספורט, מפעלים וכדומה, דורש שילובה של מערכת משאבות חום במערכת קיימת תכנון הנדסי מקדים, שהוא הכרחי להצלחת הפרויקט. שימוש במשאבות חום עשוי להניב חיסכון של עשרות אחוזים בצריכת אנרגיה ובהוצאות על האנרגיה לחימום מים. אולם, תכנון לקוי עלול להביא לכשלון הפרויקט, במספר מובנים, כגון:

- החיסכון הצפוי לא יושג;
- המערכת לא תפעל בצורה תקינה (מחזורי עבודה קצרים, המקצרים חיי מדחס וצריכות זרם גבוה);
- טמפרטורת המים לא תגיע לערך הרצוי.

ומנגד, תכנון הנדסי מקדים ונכון ימנע כשלים בפעולת המערכת, ויביא את התועלות הבאות:

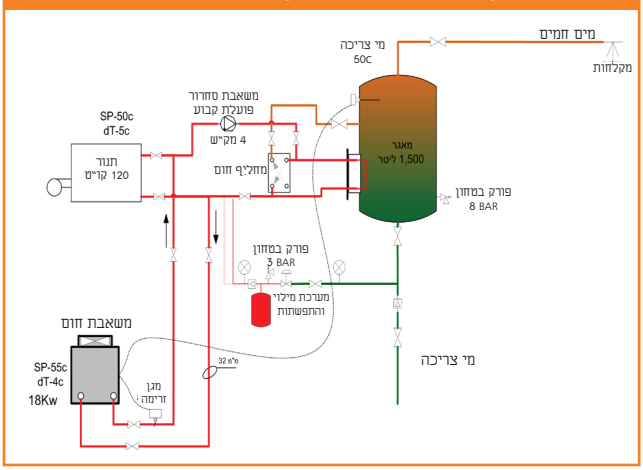
- קיצור זמן ההתחברות למערכת הקיימת והטמעה בצורה חלקה.
- הבטחת אספקה של מים חמים כל השנה ובכל מזג אוויר, באמצעות מערכת בקרה אשר מפעילה את משאבות החום ומשתמשת כגיבוי במערכת הקיימת.
- זיהוי מוקדם של שעות "שיא" במערכת, ומתן עדיפות במים חמים לצרכנים קריטיים (לדוגמא, עדיפות לחימום מים למקלחות גם אם הדבר כרוך בהפסקה של כשעה בחימום חלל למבנה).

ההתחברות של מערכת משאבות חום למערכת חימום קיימת נגזרת מאפשרויות ההתקנה, מתוואי השטח והצנרת, ומשיקולים הנדסיים נוספים. להלן סקירה קצרה של אפשרויות החיבור של משאבת חום למערכות חימום מים שכיחות.

התקנת משאבת חום במקביל לתנור:

איור 2 מציג חיבור במקביל לתנור ההסקה, כך שמשאבת החום מקבלת מים קרים יחסית, מבצעת חימום מקדים, ומוסרת את המים החמים במוצא של תנור ההסקה. חלק מהמים הקרים עוברים גם דרך תנור ההסקה, שמקבל אינדיקציה לגבי טמפרטורת המים המחוממים.

איור 2: התקנת משאבת חום במקביל לתנור חימום



יתרונות החיבור במקביל לתנור:

- חימום המים תוך גיבוי של המערכת הקיימת.
- התנור משמש כדוד איזון לשם ריכוך תנודות רגעיות בטמפרטורת המים.
- אם יש נזילה מהתנור, ניתן לסגור את התנור בעזרת ברזים, ולהמשיך לעבוד עם משאבות החום.

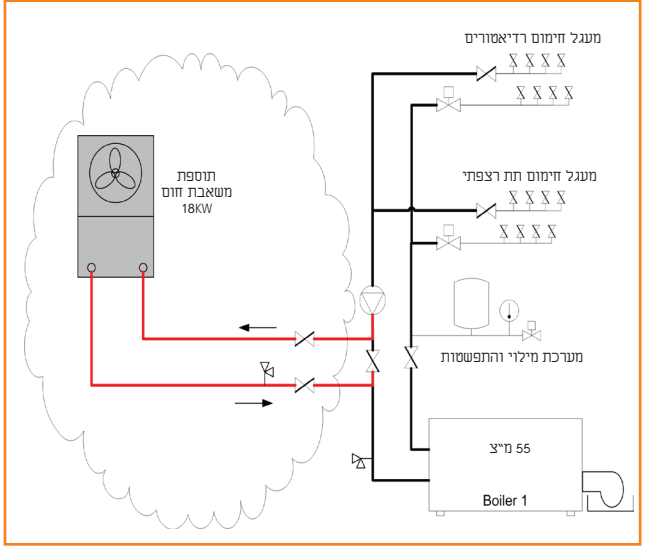
חסרונו של החיבור במקביל לתנור:

- כמות קטנה יחסית של מים עוברת דרך התנור, ולכן מומלץ להתקין בקר חיצוני שמאבחן ירידה בטמפרטורה וחוסך הפעלות רגעיות של התנור.

התקנת משאבות חום כחימום מקדים לתנור הסקה קיים:

איור 3 מציג חיבור משאבת חום כחימום מקדים לתנור ההסקה. משאבת החום מחממת בעדיפות ראשונה את המים, ומעבירה את כל המים המחוממים דרך תנור ההסקה, שנמצא במצב המתנה לחימום נוסף (אם נדרש).

איור 3: התקנת משאבת חום כחימום מקדים לתנור הסקה



יתרונות החיבור כחימום מקדים:

- התנור מקבל מים מחוממים ממשאבות החום, ולכן לא יפעל אלא במקרה של צריכה מוגברת או תקלה במשאבות החום.
- בקרת המערכת ביחס לטמפרטורת המסופקת טובה יותר.
- צורת חיבור המאפשרת שילוב טוב במערכות קיימות.

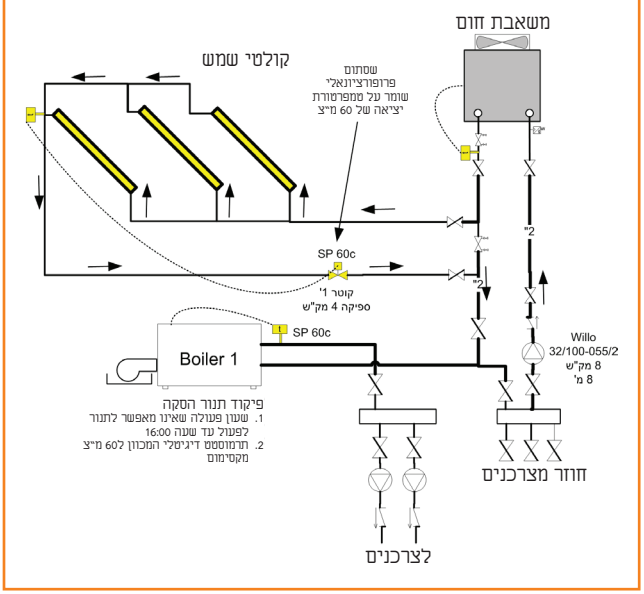
חסרונות החיבור כחימום מקדים:

- התנור מהווה חלק ממערכת הסיחרור, ולכן נדרש שיהיה במצב תקין.
- מומלץ להתקין משאבת סיחרור נוספת על צנרת משאבת החום.
- מומלץ להתקין דוד איזון נוסף על צנרת משאבות החום.

מערכת משאבות חום בשילוב קולטי שמש ומערכת קיימת:

איור 4 מציג שילוב של קולטי שמש עם עבודת משאבות חום ובגיבוי של תנור הסקה קיים. השילוב של קולטי שמש במערכת אינו מובן מאליו, והוא דורש תכנון הנדסי מוקדם כדי לוודא שהמערכות אינן עובדות ומחממות אחת את השנייה לחינם.

איור 4: משאבת חום בשילוב קולטי שמש ומערכת חימום קונבנציונלית קיימת



יתרונות:

- ניצול אנרגיית השמש וחיסכון בצריכת החשמל של משאבת החום.

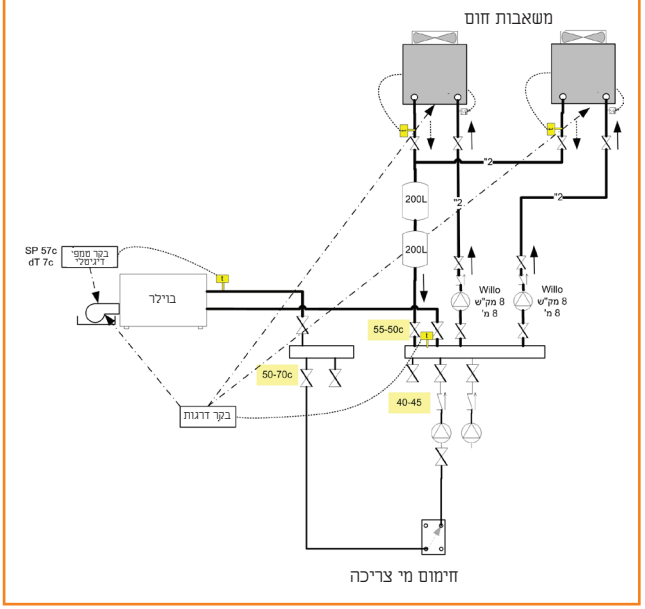
חסרונות:

- נדרשת מערכת בקרה נוספת, אשר מזהה מצבים של מחסור באנרגיה סולארית, ומונעת חימום מיותר של קולטי השמש על-ידי מערכת משאבות החום או התנור.

שילוב בקר דרגות במערכת החימום עם משאבות חום:

שילוב בקר דרגות במערכת משאבות חום ומערכת קיימת הוא קריטי לצורך השגת חיסכון אופטימלי, הגנה על המערכת, וגמישות בהגדרות. מערכת אשר מזהה ירדה בטמפרטורה מפעילה באופן מדורג את מערך משאבות החום, תוך שמירה על הטמפרטורה הרצויה במערכת וגיבוי של תנור ההסקה, במידת הצורך (איור 5). ישנם שיקולים נוספים, ובהם: תקנות משרד הבריאות בנושא הליגיונלה, אשר נדרש לתת להם פתרון במסגרת זו, וכן מגבלות נוספות בהתאם לאופי הפרויקט.

איור 5: שילוב של בקר דרגות במערכת חימום עם משאבת חום



מקרה לדוגמא

מלון קיסר אילת, שיש בו 250 חדרים, הסיק בתנורי סולר לצורך חימום מים לרחצה. הוצאות המלון לרכישת סולר הסתכמו בכ-250,000 ש"ח לשנה. מערכת משאבות החום אשר הותקנה במלון בתפוקה של 111 קו"ט חוסכת 65% בעלויות האנרגיה, אשר מניבות חיסכון שנתי של כ-160 אלף ש"ח בחימום המים. ההחזר ההשקעה הצפוי תוך כשנתיים. בנוסף, המערכת אשר הותקנה במלון מספקת מים קרים למיזוג אוויר כנגד הוצאת החשמל עבור הצריכה העצמית של המערכת. נוסף על החיסכון האנרגטי, תחזוקת המערכת פשוטה יותר לעומת תחזוקתו של תנור סולר, המערכת בטיחותית יותר, ואין צורך למלא מכלי סולר. תרומה מרכזית נוספת של המערכת היא שמירה על איכות הסביבה, שכן המלון הפסיק לשרוף סולר ולפלוט מזהמים.

סיכום

משאבות החום מהוות פתרון יעיל ו"ירוק", ועלותו התפעולית זולה ביחס לכל מערכת קונבנציונלית לחימום מים. הטמעתן בצורה יעילה במערכת קיימת תביא להחזר השקעה תוך זמן קצר, ולחיסכון בהוצאות התפעול השוטף של המיתקן.