

Beräkningsuppgift 1: Värmepump

Ett 100 m^2 hus i Uppsala byggt 2008 använder ett vattenburet uppvärmningssystem med radiatorer. Systemet drivs med hjälp av en bergvärmepump som kan antas vara en Carnotvärmepump. Grundvattentemperaturen i berget kan antas vara konstant 10°C . Temperaturen i radiatorerna regleras av en termostat. För att hålla en inomhustemperatur på T_{inneh} har man funnit att radiatorernas temperatur ($T_{radiator}$) måste variera med utomhustemperaturen (T_{ute}) enligt följande samband (samliga temperaturer anges i grader Celsius):

$$T_{radiator}(\text{°C}) = \begin{cases} T_{inneh}[1 + 0.043T_{inneh} - 0.035T_{ute}] & T_{ute} < 0^\circ\text{C} \\ T_{inneh}[1 + 0.043(T_{inneh} - T_{ute})] & 0^\circ\text{C} \leq T_{ute} < T_{inneh} \\ \text{avstängd} & T_{inneh} \leq T_{ute} \end{cases}$$

Om radiatortemperaturen följer ovanstående samband så kommer inomhustemperaturen inte att *understiga* T_{inneh} (om $T_{ute} > T_{inneh}$ så tillåts dock T_{inneh} överstiga det önskade värdet; huset har ingen aktiv kylning). Huset läcker olika mycket värme beroende på utomhustemperaturen, med en hastighet av 2 MJ per timme och grads skillnad mellan inomhus- och utomhustemperaturerna. För att bibehålla en konstant inomhustemperatur måste således värmepumpen precis kompensera för värmeförlusterna vid varje givet tillfälle, genom att överföra värme från grundvattnet till vattnet i radiatorerna.

Genom att använda uppmätta meteorologiska data från filen `Uppsala_temperaturer_2008_2017.txt`, som ger medeltemperaturerna i Uppsala varje dag mellan 2008 och 2017, skriv ett program som:

1. Beräknar (i) husets värmeläckage (i kWh/dag), (ii) värmepumpens COP och (iii) värmepumpens elförbrukning (i kWh/dag), för alla dagar under perioden 2008–2017, om inomhustemperaturen (T_{inneh}) är konstant 21°C . **Resultaten ska visualiseras i tre olika figurer** där ovanstående kvantiteter plottas som funktion av tiden (dvs varje dag mellan 2008-01-01 och 2017-12-31 ska vara en datapunkt i respektive plot). De dagar då värmepumpen är *avstängd* ska COP-värdet sättas till 0.
2. Beräknar **värmepumpens genomsnittliga elförbrukning per år (i kWh/år)** för perioden 2008–2017 och skriver ut resultatet på skärmen. **Hur väl stämmer ditt medelvärde med en typisk energiförbrukning för uppvärmning av ett hus av den här storleken?**
3. Beräknar **hur mycket elektricitet som sparas** under hela tidsperioden (10 år) om man sänker inomhustemperaturen till 19°C de dagar då utomhustemperaturen är lägre än 0°C . Resultatet ska skrivas ut på skärmen när man kör programmet.

Tips på vägen:

- Använd t.ex. Matlab-funktionen `importdata` för att läsa in temperaturdata till Matlab. I python kan man använda funktionen `numpy.loadtxt`.