

## Beräkningsuppgift 1: Värmepump

Ett 100 m<sup>2</sup> 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  $T_{inne}$  har man funnit att radiatorernas temperatur ( $T_{radiator}$ ) måste variera med utomhustemperaturen ( $T_{ute}$ ) enligt följande samband (samtliga temperaturer anges i grader Celsius):

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

Om radiatortemperaturen följer ovanstående samband så kommer inomhustemperaturen inte att *understiga*  $T_{inne}$  (om  $T_{ute} > T_{inne}$  så tillåts dock  $T_{inne}$  *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:

- 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 ( $T_{inne}$ ) 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.
- 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?**
- 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`.