

**EXAMENSARBETE** Finding Existing and Novel Errors in Heat Pumps Using Unsupervised ML**STUDENTER** Maks Epsteins, Felix Forsström**HANDLEDARE** Jacek Malec (LTH), Vilhelm Åkerström (Bosch)**EXAMINATOR** Elin A. Topp (LTH)

# Usch vad kallt det är?! Kan data avslöja varför värmepumpen inte fungerar?

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING **Maks Epsteins, Felix Forsström**

Värmepumpar är komplexa system vars fel kan uttrycka sig på flertalet sett i värmepumpens data. Detta arbete undersökte möjligheterna att identifiera dessa fel med hjälp av maskininlärning, samt möjligheterna att identifiera nya fel genom att gruppera datapunkter med liknande egenskaper.

Värmepumpar har blivit en viktig del av vår mänskliga tillvaro. Världen över, används värmepumpar för att öka bekvämligheten i hem och andra byggnader, genom att reglera temperatur och luftkvalité. Detta gör de genom en samverkan av flera olika komponenter, med både rörliga och statiska delar, vilka över tid kan ge upphov till fel.

Att undersöka dessa fel är både dyrt och tidskrävande. För att underlätta denna process har flertalet tillverkare implementerat loggning i systemen vilka sparar sensor registrerade mätvärden över tid som kontinuerligt rapporteras för undersökning.

Detta möjliggör användning av den registrerade datan för att upptäcka fel med hjälp av moderna datadrivna maskininlärnings metoder. Detta examensarbete undersökte först möjligheten att upptäcka fel genom maskininlärningsmetoder och sedan huruvida det gick att gruppera fel genom en klusteringalgoritm. Eftersom syftet var att upptäcka befintliga och nya fel, så användes oövervakade anomalidetektion och klustringsmetoder, det vill säga metoder som använder omärkt data.

För att utföra detta testades 4 olika dataförbehandlingsmetoder, och 6 olika anomalidetektionsmetoder som alla har olika styrkor och svagheter.



Det visade sig att eftersom olika fel uttrycker sig annorlunda mellan olika värmepumpssystem så varierade även metodernas förmåga att upptäcka fel samt vilka förbehandlingsmetoder som gav positiva resultat.

I det bästa fallet uppnåddes en klassifieringsprestation med ett MCC värde på 0.92 (nästan perfekt klassifiering), och i det värsta ett värde på -0.52 (mycket sämre än en slumpmässig gissning) vilket visar på svårigheterna med oövervakad maskininlärning. I det generella fallet hittades ingen metod som lyckades identifiera en majoritet av felen. Klustringen visade bättre resultat överlag, där vi för majoriteten av värmepumparna lyckades få positiva resultat.