

# Řídicí systém tepelného čerpadla

Radim Kundra  
Energetický ústav



## CÍL PRÁCE A POŽADAVKY

Cílem práce bylo provést návrh řídicího systému jednoduchého tepelného čerpadla vzduch/voda.

Snahou bylo navrhnout řídicí jednotku, kterou by bylo možné její konfigurací přizpůsobit běžnému tepelnému čerpadlu **vzduch/voda**. Cíleno bylo především na řízení TČ sestavených svépomocí nebo sestavených přestavbou z vysloužilých klimatizačních jednotek.

Výsledný řídicí systém měl umožnit zaznamenávat základní **statistiky provozu** a obsahovat nástroje pro **analýzu** chování systému a jeho účinnosti. Zároveň by jej mělo být možné následně modifikovat pro použití při experimentálním testování dalších řídicích algoritmů nebo **atypických konstrukcí TČ**.

### Stanovené požadavky:

- modularita, dostupnost komponent, nízká cena
- snadnost sestavení (bez nutnosti vytvářet PCB)
- možnost bezdrátového připojení, konfigurace webovou stránkou
- podpora bivalence
- ochrana kompresoru

## HARDWARE

### Mikrokontroler řady ESP32

- dvoujádrový 32bitový procesor
- flash paměť 4 MB, SRAM 320 kB
- logika 3,3 V

### Vstupy

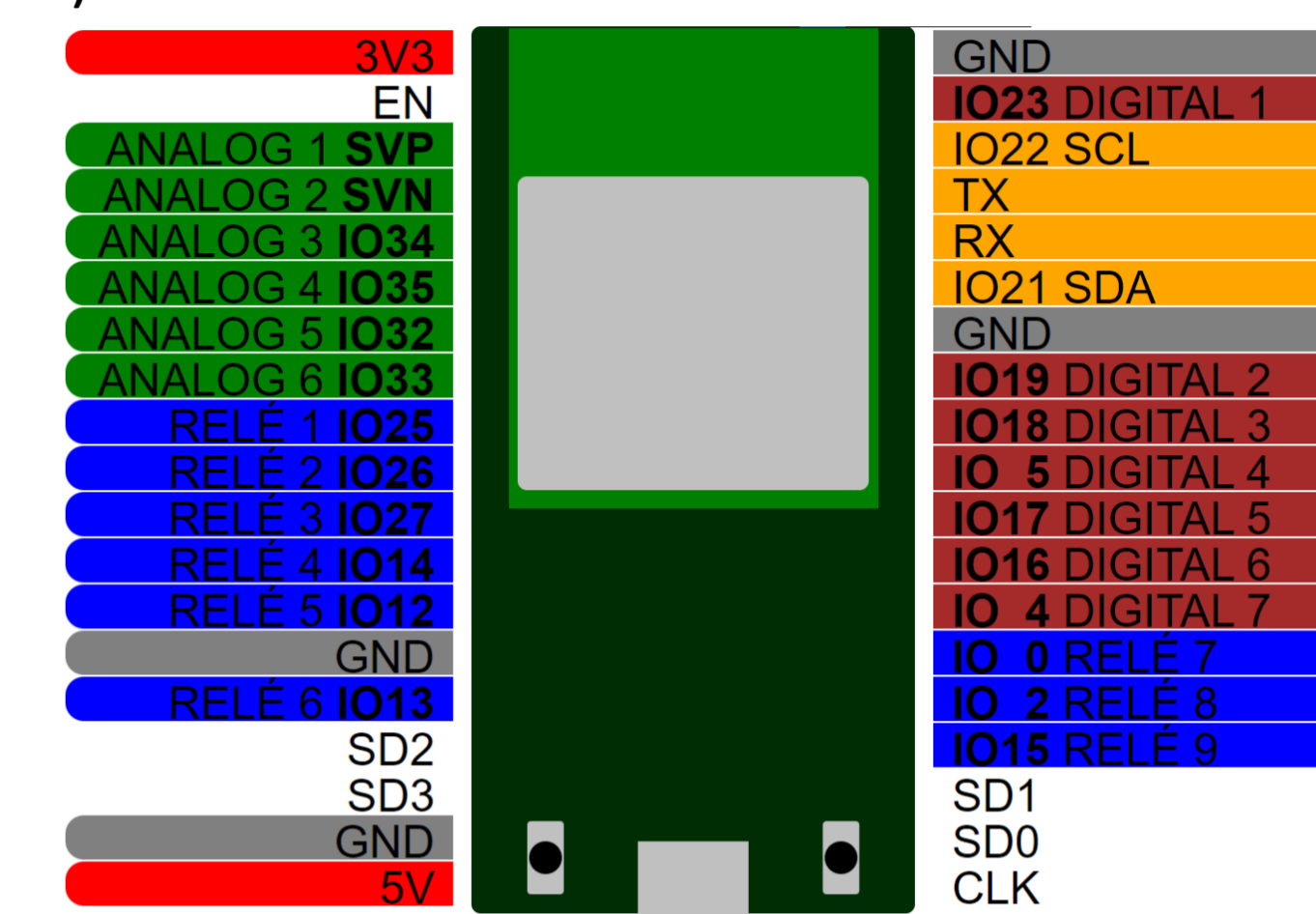
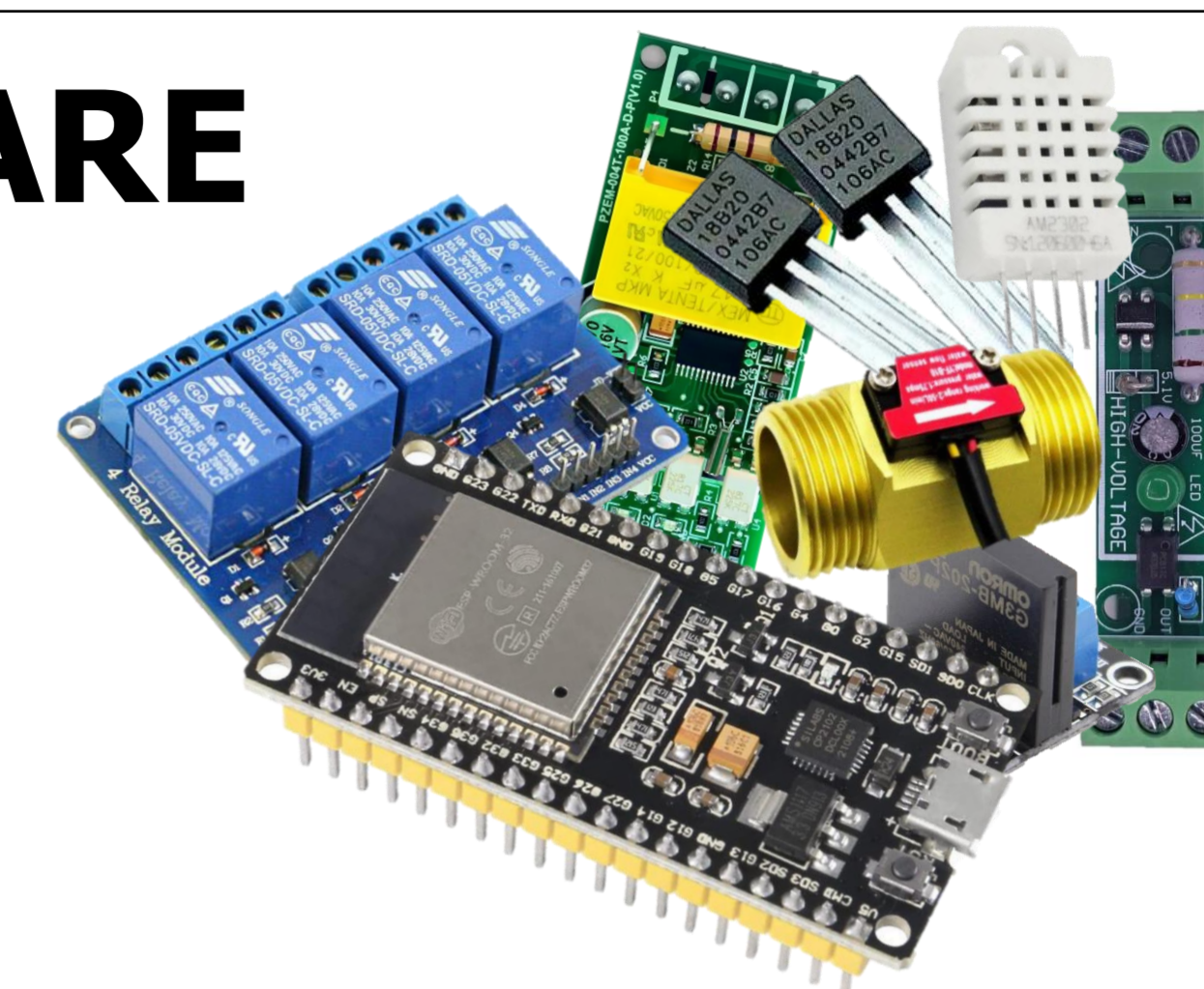
- 7 digitálních (ON/OFF, teploměry DS18B20, DHT22)
- 6 analogových (NTC, tlakoměr... rozlišení 12 bitů)
- pulzní (průtokoměr, debounce)
- poruchové (presostaty...)

### Výstupy

- 9x ON/OFF

### Komunikace

- UART
- I2C
- WiFi 2,4 GHz (pro připojení klientů)



Rozvržení pinů mikrokontroleru

## SOFTWARE

paměť ESP32

### řídicí program

Arduino IDE – C++

knihovny: WiFi.h, ESPAsyncWebServer.h, ArduinoJson.h, LittleFS.h, OneWire.h

### konfigurační webová stránka

VS Code – HTML, CSS, JS

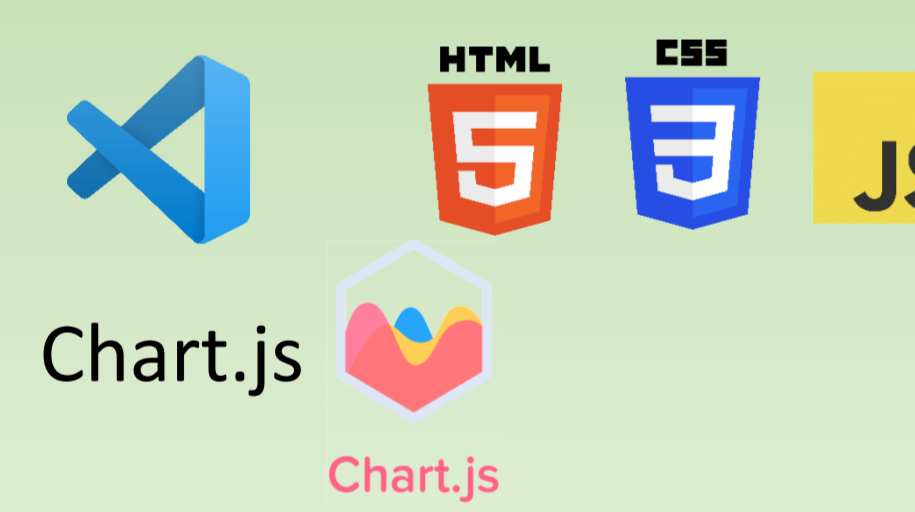
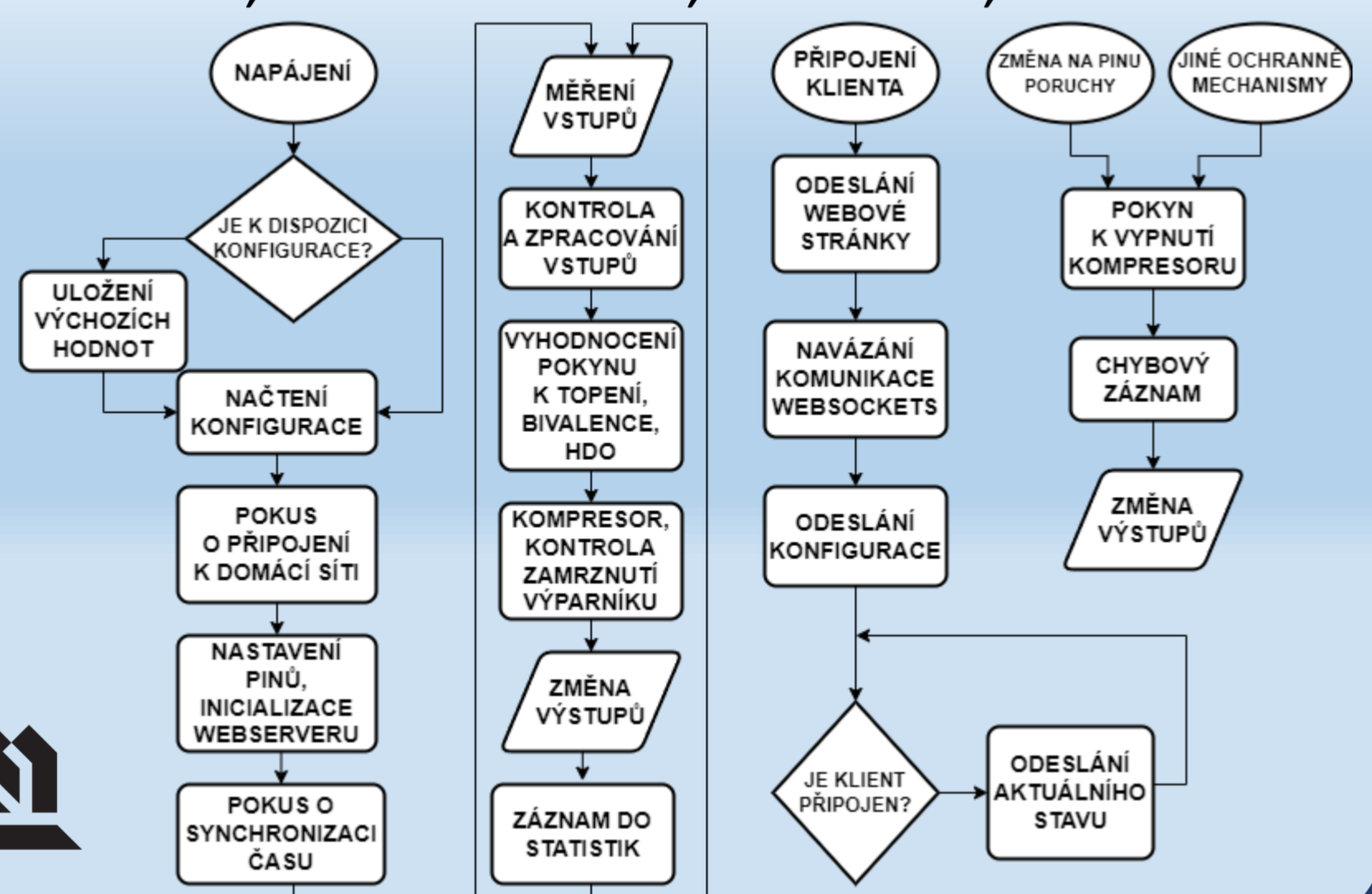


Chart.js

Komunikační protokol WebSocket

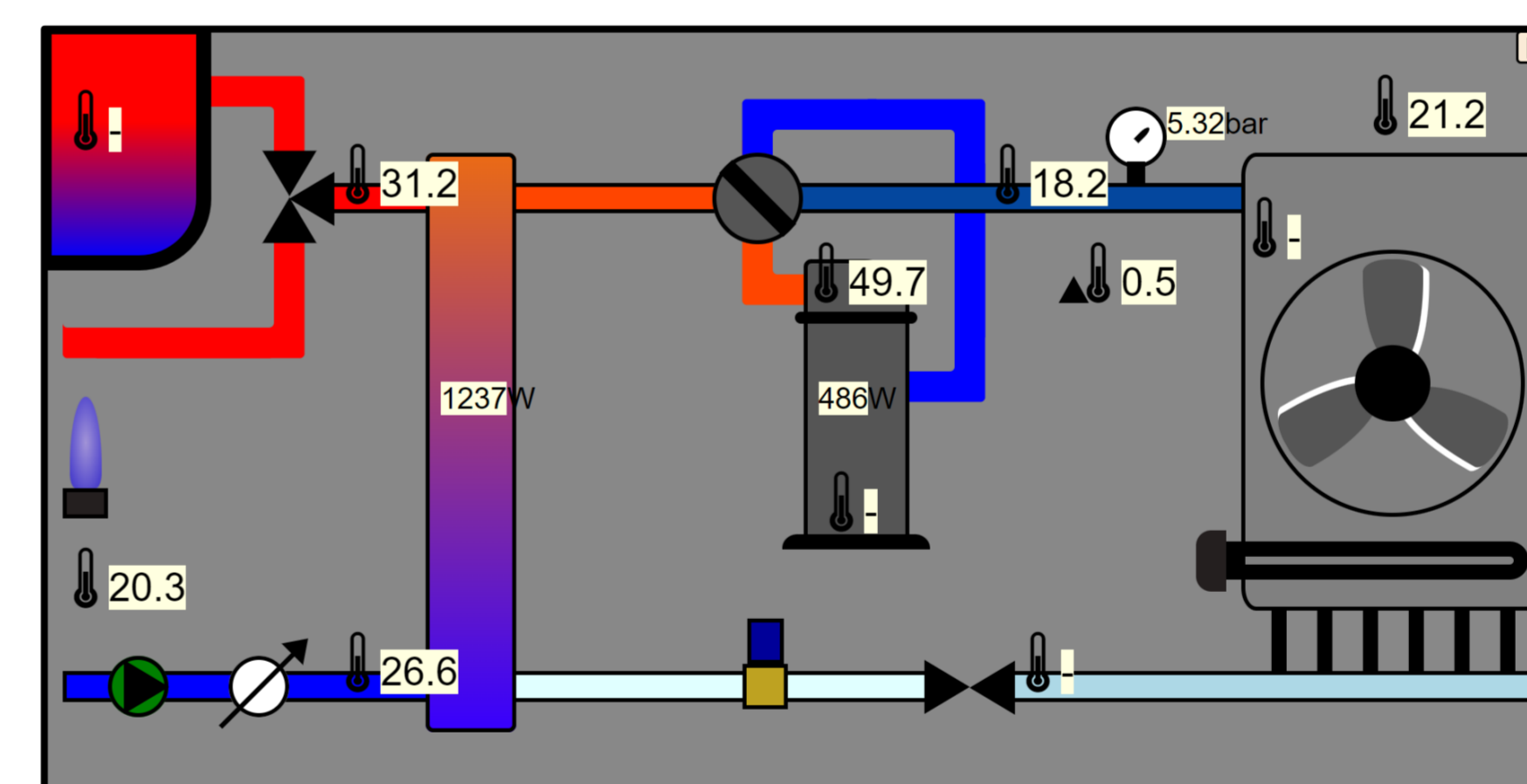
JSON soubory s konfigurací

statistiky



## MOŽNOSTI NASTAVENÍ

- ovládání (vypnuto, vypnuto – bivalence, běžný provoz)
- teplota výstupní vody (ekvitermní regulace, konstantní teplota, vstupem termostatu)
- hodinový termostat (denní, noční nebo tichý režim, možnost změny režimu vstupem)
- ohřev TUV (trojcestným ventilem/přehřátými parami, desinfekce topnou patronou)
- typ ventilátorů (jednorychlostní/dvourychlostní/2 ventilátory, nastavení opoždění spuštění, cyklování)
- bivalence (aktivace při nedostatku výkonu, řízení bivalentního zdroje, výběr zapnutých výstupů)
- nucený běh – snaha rozumně spotřebovat co nejvíce elektrické energie
- připojení (domácí síť/AP)
- vliv HDO a další

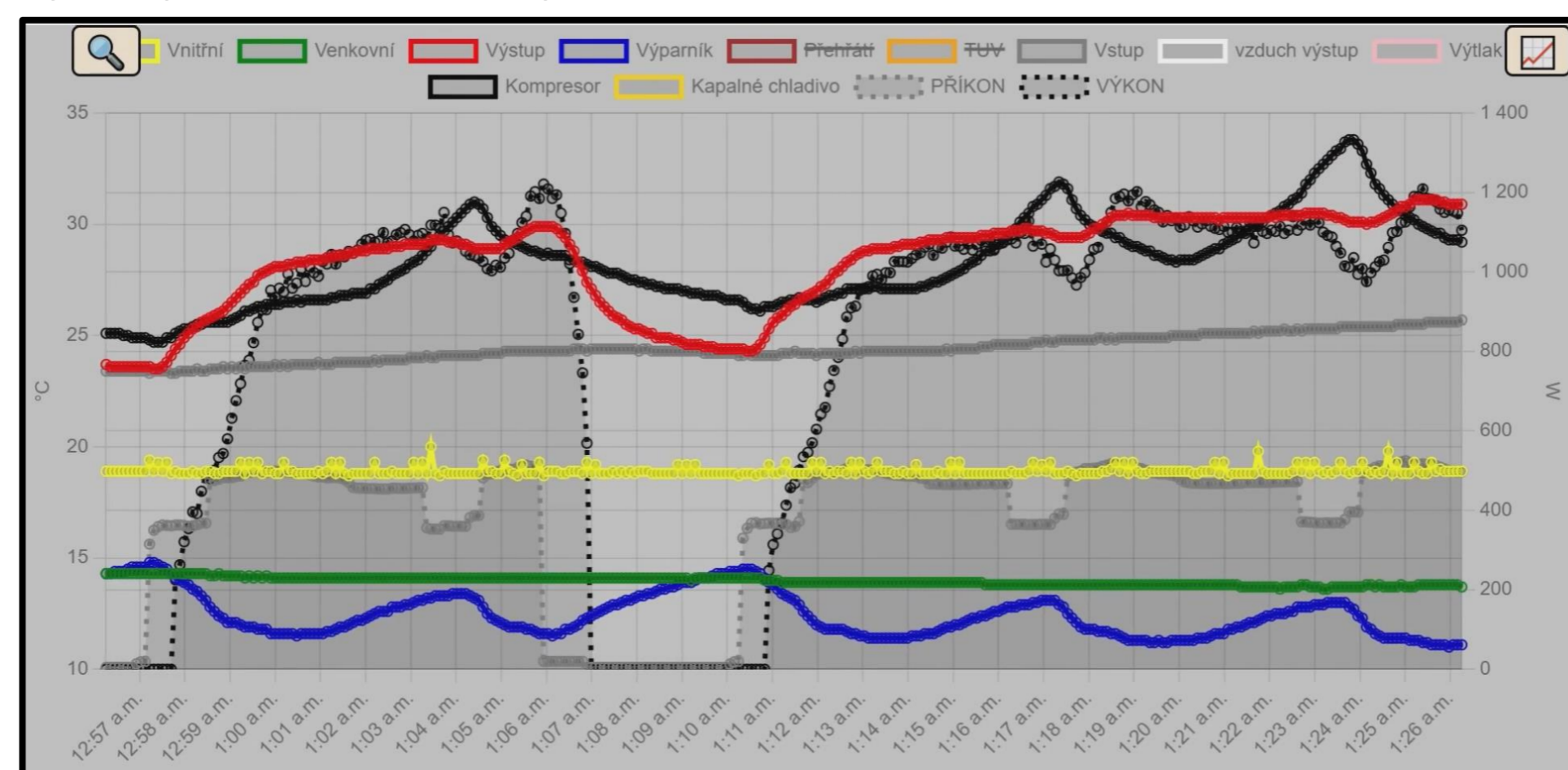


↑ Konfigurace vstupu teploměru  
← Přehledová infografika aktuálního stavu  
↓ Ukázka části provozních statistik

POČET STARTŮ KOMPREZORU	143
POČET MOTOHODIN KOMPREZORU	68 Hodin
POČET STARTŮ ZA POSLEDNÍCH 24 HODIN	17
PRŮMĚRNÁ DOBA BĚHU KOMPREZORU NA 1 START	29 Minut
CELKOVÁ SPOTŘEBA	38 kWh

## ODMRAZENÍ, OCHRANA KOMPREZORU

- detekce zamrznutí (teplotní diference, digitální vstup – diferenční tlakoměr, čas chodu)
- odtávání teplem okolního vzduchu, odmrazování reverzací chodu, topnými tyčemi
- detekce konce odmrazení, maximální čas odmrazení ...
- kompresor – minimální doba běhu, minimální pauza před startem, vyhřívání oleje
- kontrola přehřátí R32, R134a, R290, R600a, R410A, R404A, R407C
- kontrola maximálního příkonu a minimálního výkonu TČ
- ochrana před zatuhnutím oběhových čerpadel, kontrola průtoku
- okrajové provozní podmínky, teplotní ochrany
- poruchové vstupy



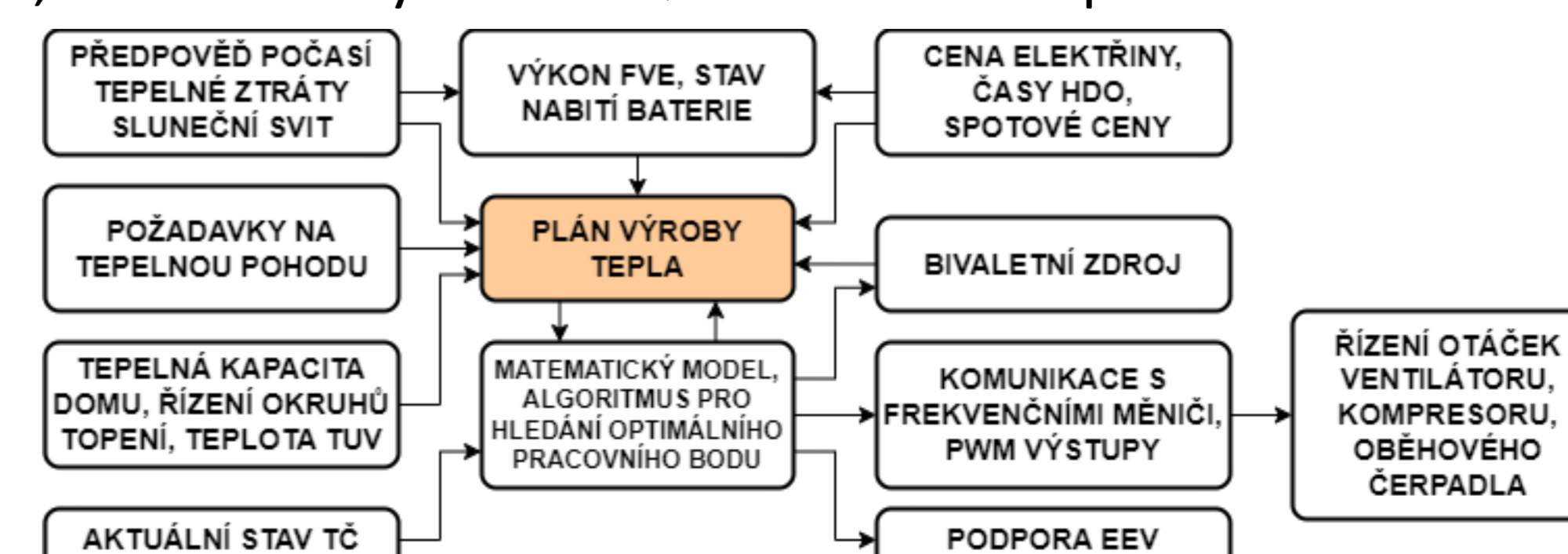
Ukázka záznamu chodu TČ – zapnuto cyklování ventilátoru podle diference venkovní teploty a teploty výparníku

## DALŠÍ PERSPEKTIVA

- optimalizace kódu
- odladění šumu ADC
- delší a podrobnější otestování možností nastavení

### Další možná vylepšení:

- doplnění zjednodušeného prostředí pro koncové uživatele
- měření vlhkosti → podpora aktivního chlazení, lepší predikce zamrznutí
- podpora dalších typů TČ (voda/voda...)
- vzdálený přístup, emailové notifikace, OTA update
- řízení otáček, matematický model → minimalizace provozních nákladů:



odladění → vytvoření manuálu → zpřístupnění → komunita ?