

GYMNASIUM JANA KEPLERA

Parléřova 2/118, 169 00 Praha 6



CO₂ Klimastanice

Maturitní práce

Autor: Barbora Herynková

Třída: 4.B

Školní rok: 2024/2025

Předmět: Informatika

Vedoucí práce: Mgr. Emil Miler

Praha, 2025



Gymnázium Jana Keplera

Kabinet informatiky

ZADÁNÍ MATURITNÍ PRÁCE

- *Student:* Barbora Herynková
 - *Třída:* 4.B
 - *Školní rok:* 2024/25
 - *Vedoucí práce:* Emil Miler
 - *Název práce:* CO₂ Klimastanice
 - *URL repozitáře:* <https://github.com/baraHer/CO2-measuring-unit>
-

Pokyny pro vypracování:

Projekt je zaměřen na vytvoření zařízení pro sledování klimatu pomocí čidel (např. CO₂, teplota). Data se budou v reálném čase zobrazovat na displeji. Připojená webová aplikace bude sloužit k vizualizaci nasbíraných dat ve formě souhrnných statistik. Webová aplikace navíc bude zobrazovat předpověď počasí převzatou z externích zdrojů.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů. Nemám žádné námitky proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 3. března 2025

Barbora Herynková

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému učiteli a vedoucímu práce Mgr. Emilovi Milerovi za jeho skvělý přístup k výuce a cenné připomínky k projektu, které výrazně přispěly ke zlepšení jeho kvality. Dále bych chtěla vyjádřit vděk paní učitelce RNDr. Kateřině Herynkové, Ph.D., za poskytnutí materiálů potřebných pro hardwarovou implementaci práce.

Abstrakt

Cílem tohoto projektu bylo vytvořit zařízení monitorující klima vnitřních prostor. Zařízení je senzorem stanicí, která měří parametry koncentrace CO₂, teplotu a vlhkost a naměřená data odesílá do připojené webové aplikace. Aplikace tato data ukládá a zobrazuje v reálném čase, čímž poskytuje uživatelům okamžitý přístup k informacím o prostředí. Pro usnadnění dlouhodobé analýzy je k dispozici vizualizace pomocí grafu a statistických údajů. Dalším cílem bylo zvýšit povědomí o vlivu prostředí špatně větraných prostor na člověka a umožnit uživatelům snadný přístup k datům, na základě kterých by bylo možné podmínky zlepšit. Pro jednodušší pochopení širšího kontextu je uživatelům umožněno zobrazit aktuální meteorologické údaje a krátkodobé předpovědi počasí, což jim dovoluje porovnání vnitřních a venkovních podmínek.

Klíčová slova

měření dat, senzory, CO₂, vizualizace

Abstract

The goal of this project was to develop a device that monitors indoor climate conditions. The device functions as a sensor station, measuring CO₂ concentration, temperature, and humidity, and sending the recorded data to a connected web application. The application stores and displays this data in real-time, providing users with immediate access to environmental information. To facilitate long-term analysis, the application includes visualizations through graphs and statistical data. Another key objective of this project was to raise awareness about the impact of poorly ventilated spaces on human well-being and to provide users with easy access to data that could help improve these conditions. To offer a broader context, the application also allows users to view current meteorological data and short-term weather forecasts, enabling a comparison between indoor and outdoor conditions.

Keywords

data measurement, sensors, CO₂, visualization

Obsah

1	Motivace a přínos projektu	3
1.1	Význam monitorování CO ₂	3
1.1.1	Vliv na zdraví člověka	3
1.1.2	Dopad na životní prostředí	3
1.2	Současná řešení	3
1.2.1	Existující monitorovací zařízení	3
1.2.2	Udržování kvality vzduchu	4
1.2.3	Problémy současných řešení	4
1.3	Cíle projektu	5
1.3.1	Vlastnosti a přínosy CO ₂ Klimastanice	5
2	Implementace	7
2.1	Výběr technologií	7
2.1.1	Hardwarová zařízení	7
2.1.2	Komunikace a protokoly	7
2.1.3	Databáze	8
2.1.4	Frontend a použité knihovny	8
2.1.5	API pro zobrazení počasí	9
2.2	Průběh implementace a řešení problémů	9
2.2.1	Hardware a komunikace	9
2.2.2	Webová aplikace	10
2.2.3	Problémy a komplikace	11
3	Technická dokumentace	13
3.1	Systémové požadavky	13
3.2	Web a server	13
3.2.1	Spuštění serveru a webové aplikace	13
3.2.2	Webové rozhraní	13
3.3	Hardware a Arduino	14
3.3.1	Nastavení hardwaru	14
3.3.2	Nahrání kódu do Arduina	14
3.4	Řešení problémů	14
3.5	Důležité složky a soubory	15
3.6	Licence	15
3.7	Užitečné zdroje	16
	Závěr	17
	Seznam obrázků	21

1. Motivace a přínos projektu

1.1 Význam monitorování CO₂

1.1.1 Vliv na zdraví člověka

Vysoké koncentrace CO₂ ve vnitřních prostorech (nad 1500 ppm) [1] mohou způsobovat bolest hlavy, závratě, únavu a v extrémních případech i dýchací obtíže. Mezi obzvláště rizikové skupiny patří děti, senioři a osoby s dýchacími problémy. Špatné větrání má negativní vliv na kognitivní funkce, soustředění a produktivitu, což je obzvláště problematické ve školách a v kancelářích [2].

1.1.2 Dopad na životní prostředí

CO₂ patří mezi nejvýznamnější skleníkové plyny, které přispívají ke globálnímu oteplování. Sledování jeho koncentrace v interiéru mimo zlepšení kvality vzduchu tím také podporuje udržitelné chování, například snížení nadměrné energetické spotřeby při větrání a vytápění budov [3].

1.2 Současná řešení

1.2.1 Existující monitorovací zařízení

Přenosné CO₂ Monitory

Přenosné CO₂ monitory jsou malá zařízení s displejem používaná k měření CO₂ v různých prostředích.

- **Cenově dostupné a snadno použitelné**
- Nižší přesnost
- Omezené možnosti záznamu a vizualizace dat

Pevné senzory

Pevné senzory bývají často zabudované do větších systémů v budovách. Jsou instalovány na stálých místech a poskytují přesné a spolehlivé hodnoty CO₂.

- **Přesné a spolehlivé**
- Nákladná instalace a údržba

NDIR senzory

NDIR (Non-Dispersive Infrared) senzory měří koncentraci CO₂ pomocí infračerveného světla, které je absorbováno molekulami CO₂. Jsou nejběžnější technologií pro detekci CO₂ [4].

- **Vysoká přesnost měření**

1.2.2 Udržování kvality vzduchu

Udržováním kvality vzduchu rozumíme správnou ventilaci a zajištění dobré cirkulace vzduchu.

Přirozené větrání

Přirozeným větráním se myslí otevírání oken a/nebo dveří k zajištění proudění čerstvého vzduchu.

- **Zdarma a efektivní**
- Závislost na venkovních podmínkách a počasí

Mechanické Větrací Systémy (HVAC)

HVAC systémy používají senzory k automatické regulaci větrání a udržení optimální kvality vzduchu [5].

- **Automatická regulace větrání na základě senzorů**
- **Komplexní a optimalizované systémy**
- Velmi nákladná implementace

Chytré technologie

Chytré technologie a IoT zařízení umožňují automatizaci ventilace na základě aktuálních dat z CO₂ senzorů.

- **Možnost propojení s jinými zařízeními a technologiemi**
- **Mnoho možností implementace**

1.2.3 Problémy současných řešení

Cena

- Kvalitní systémy jsou drahé a nedostupné především pro školy, domácnosti a menší firmy.

Složitost

- Pokročilé systémy vyžadují větší odbornost pro instalaci a údržbu.

Přesnost dat

- Levnější senzory mohou poskytovat nepřesné nebo nespolehlivé údaje.

Integrace

- Mnohá řešení nejsou kompatibilní s jinými chytrými technologiemi.

1.3 Cíle projektu

1.3.1 Vlastnosti a přínosy CO₂ Klimastanice

Na základě analýzy současných řešení a potřeb uživatelů, zejména školních tříd, byl systém navržen tak, aby nabídl efektivní, jednoduché a dostupné monitorování kvality vzduchu v místnostech. Cílem je vytvořit systém, který poskytne data o koncentraci CO₂, a dále také usnadní interpretaci těchto dat a umožní okamžitou reakci na zhoršené podmínky. Klíčové vlastnosti systému jsou následující:

- Cenová dostupnost
- Dostatečná přesnost měřených dat
- Měření dat v reálném čase a možnost jejich analýzy
- Uživatelská přívětivost a intuitivnost
- Modifikovatelnost systému a možnost připojení dalších zařízení

Mezi přínosy projektu následně patří:

- Zlepšení kvality vzduchu v uzařených místnostech
- Zvýšení povědomí o problematice CO₂ a větrání
- Podpora udržitelných řešení a systémů
- Škálovatelnost a flexibilita

2. Implementace

Tato kapitola pojednává o průběhu implementace, řešení problémů a odůvodňuje výběr použitých technologií.

2.1 Výběr technologií

2.1.1 Hardwarová zařízení

Použité Technologie

- **Arduino MEGA**
- **ESP8266 WiFi modul** pro připojení systému k internetu
- **SCD40 I2C senzor CO₂** pro měření koncentrace CO₂
- **Displej LCD 1602** pro zobrazování naměřených dat na stanici

Alternativy

- **Raspberry Pi**
- **Modely firmy Hardwario:** senzory se zabudovanou bezdrátovou komunikací (LoRaWAN)

Arduino a připojené senzory byly upřednostněny kvůli jednoduchosti použití, cenové dostupnosti a zdaleka nejrozšířenější komunitní podpoře. Díky velkému množství knihoven, tutoriálů a součástek na dokoupení je možné klimastanici modifikovat a rozšiřovat. Zároveň je Arduino efektivní malou spotřebou energie, oproti větším systémům používajícím například Raspberry Pi.

2.1.2 Komunikace a protokoly

Použité Technologie

- **Node.js + net:** net modul pro vytvoření TCP serveru pro komunikaci s klimastanicí
- **socket.io:** knihovna pro komunikaci v reálném čase, použita pro zobrazení naměřených dat v aplikaci bez nutnosti znovu načítání stránky

Alternativy

- **MQTT:** lehký protokol optimalizovaný pro IoT systémy
- **Python + socket:** modul socket pro vytváření TCP serverů
- **Django + Channels:** webový framework pro Python s podporou WebSockets skrz Channels

Node.js byl vybrán kvůli rozsáhlému používání JavaScriptu jak na front-endu, tak i na back-endu, což usnadňuje vývoj a údržbu aplikace. Z hlediska protokolu pro komunikaci se stanicí by bylo bývalo optimální použít MQTT kvůli přizpůsobenosti pro IoT systémy a efektivní komunikaci mezi

zařízeními v prostředí s omezenými zdroji. MQTT publish-subscribe model umožňuje přenos dat mezi více zařízeními. Na rozdíl od čistého TCP, MQTT nabízí správu připojení a spolehlivost doručení zpráv a je lehký a energeticky efektivní. Verze projektu s TCP serverem byla vytvořena kvůli problémům s implementací MQTT serveru.

2.1.3 Databáze

Použité Technologie

- **SQLite**: lehká, vestavěná databáze

Alternativy

- **MySQL**: velký a spolehlivý databázový systém
- **PostgreSQL**: výkonná relační databáze
- **MongoDB**: NoSQL databáze pro ukládání velkých objemů nestrukturovaných dat

SQLite byla vybrána kvůli lehkosti a vestavěnosti, čímž je ideální pro jednoduchou databázi aplikace, kde není potřeba složitější systém. Je snadno implementovatelná a výkonem pro aplikaci dostatečná.

2.1.4 Frontend a použité knihovny

Použité Technologie

- **React.js**: JavaScriptová knihovna pro vytvoření uživatelského rozhraní
- **axios**: HTTP klient pro komunikaci s API
- **recharts**: knihovna pro tvorbu grafů v React aplikacích

Alternativy

- **Vue.js**
- **Angular**

React byl vybrán kvůli své flexibilitě, vysokému výkonu a rozsáhlé komunitní podpoře. Díky komponentám umožňuje snadno vytvářet dynamické weby a nabízí mnoho knihoven a nástrojů, které ulehčují vývoj. Bylo možné zvolit i jiné technologie, jako je Vue.js nebo Angular, bez přílišného dopadu na vývoj a funkcionalitu aplikace.

2.1.5 API pro zobrazení počasí

Použitá Technologie

- **Weather API:** WeatherAPI je služba, která poskytuje aktuální informace o počasí a předpovědi skrz API

Alternativy

- **OpenWeatherMap**
- **Weatherstack**
- **Weatherbit**

WeatherAPI byla vybrána na základě vysokého počtu callů na měsíc (1 milion) v bezplatném plánu. Přesnost dat a předpověď počasí na aktuální den jsou pro potřeby aplikace dostačující.

2.2 Průběh implementace a řešení problémů

V průběhu implementace projektu byl vytvořen funkční měřicí systém pro sledování hodnot CO_2 , teploty a vlhkosti v reálném čase, přičemž data jsou odesílána z hardwarového zařízení, stanice s displejem a senzorem, na server a následně zpracována a zobrazena na webu. Bylo využito kombinace hardwarových a softwarových prostředků, které spolu komunikují.

2.2.1 Hardware a komunikace

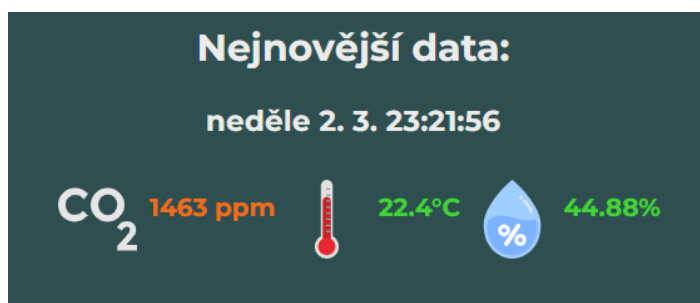
Z hlediska hardwaru byla zkonstruována stanice, která sbírá data pomocí čidla CO_2 , teploty a vlhkosti. Tato stanice využívá Arduino Mega, který se pomocí modulu ESP8266 připojuje k WiFi a prostřednictvím TCP protokolu posílá data na server v síti. Serverová část byla vytvořena za použití Node.js a umožňuje příjem a zpracování dat pomocí knihovny net pro práci s TCP serverem. Datové pakety z čidla jsou po úspěšném parsování a validaci uloženy do databáze SQLite. Pro zajištění vizualizace dat v reálném čase bez nutnosti obnovovat stránku aplikace byla použita knihovna Socket.io, která umožňuje komunikaci mezi serverem a klientskou webovou aplikací, kde se data zobrazují.



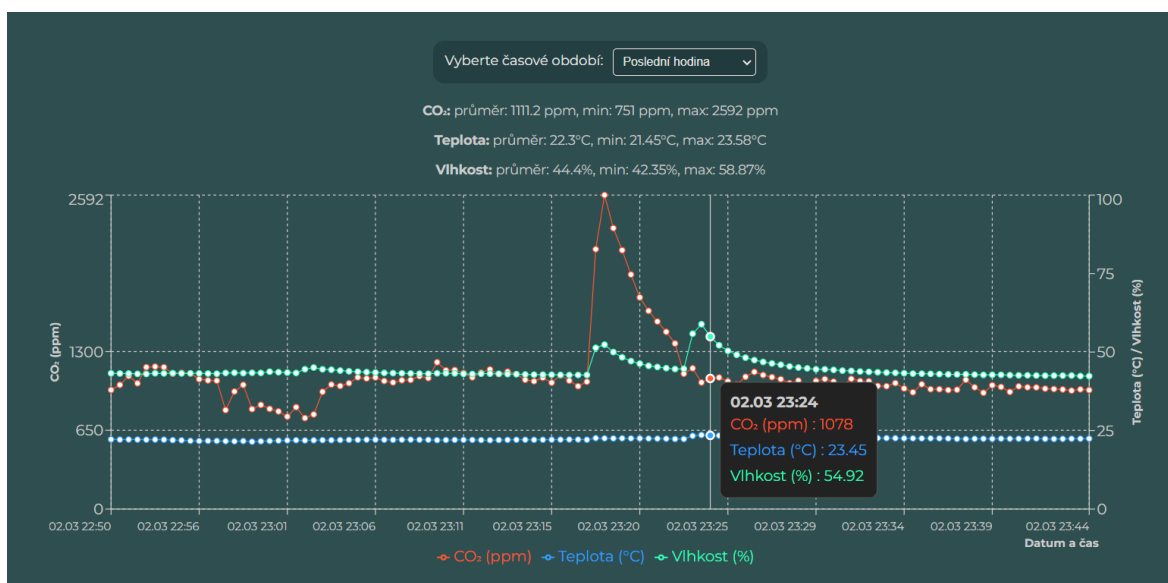
Obrázek 2.1: Hardwarová část klimatické stanice s měřicími senzory

2.2.2 Webová aplikace

Na straně frontendového vývoje byla použita knihovna React pro vytvoření dynamické webové aplikace a vizualizaci dat. Aplikace zobrazuje nejnovější naměřená data a zbarvením hodnot poukazuje na vhodné, nebo naopak nevhodné klima v místnosti. Pomocí komponenty LineChart z knihovny recharts jsou data dále vizualizována ve formě grafu, což umožňuje uživatelům snadno sledovat změny CO_2 koncentrace, teploty a vlhkosti v různých časových obdobích. Data jsou pravidelně načítána prostřednictvím HTTP API, přičemž bylo implementováno filtrování dat podle časového období (poslední hodina, den, týden, měsíc, celá doba měření). Dále aplikace obsahuje také menší informační prvky a možnost zobrazit si aktuální data o počasí a denní předpověď různě po světě využitím služby Weather API.



Obrázek 2.2: Zobrazení aktuálních dat



Obrázek 2.3: Graf znázorňující vývoj měřených parametrů v čase

	CO ₂		
Datum	Koncentrace (ppm)	Teplota (°C)	Vlhkost (%)
neděle 2. 3. 23:15:22	1084	22.07	42.8
neděle 2. 3. 23:14:54	1055	22.05	42.8
neděle 2. 3. 23:14:26	1067	22.07	42.87
neděle 2. 3. 23:13:57	1114	22.07	42.94
neděle 2. 3. 23:13:29	1134	22.03	42.97
neděle 2. 3. 23:13:01	1114	21.98	43.08
neděle 2. 3. 23:12:33	1153	21.93	43.11
neděle 2. 3. 23:12:05	1126	21.97	43.1
neděle 2. 3. 23:11:37	1087	22.02	43.01
neděle 2. 3. 23:11:09	1123	22.03	43.05
neděle 2. 3. 23:10:40	1148	22.03	43.2
neděle 2. 3. 23:10:12	1145	21.99	43.24
neděle 2. 3. 23:09:44	1212	21.95	43.24
neděle 2. 3. 23:09:16	1081	22.05	43.09
neděle 2. 3. 23:08:48	1097	22.08	43.12
neděle 2. 3. 23:08:20	1066	22.11	43.17
neděle 2. 3. 23:07:51	1063	22.08	43.24
neděle 2. 3. 23:07:23	1045	22.04	43.3
neděle 2. 3. 23:06:55	1057	22.07	43.36
neděle 2. 3. 23:06:27	1086	22.1	43.49

< >
 1-20 ze 62 záznamů

Obrázek 2.4: Tabulka naměřených dat

2.2.3 Problémy a komplikace

Práce na projektu probíhala převážně hladce a většina komponent byla úspěšně implementována bez větších problémů. Výraznější změnou během vývoje byla úprava řešení databáze – původně byla použita spolehlivá, nicméně poměrně robustní MariaDB, avšak na základě doporučení vedoucího práce byla databáze převedena na optimálnější SQLite pro praktičnost a zjednodušení instalace projektu. Jediná podstatná komplikace se vyskytla při snaze připojit Arduino Mega s modulem ESP8266 k MQTT serveru.

Připojení Arduino Mega s ESP8266 k MQTT serveru

Během implementace MQTT komunikace se vyskytl problém s připojením Arduino Mega s ESP8266 k brokeru Mosquitto. Debugging přes Serial Monitor v Arduino IDE pomocí AT příkazů pro ESP moduly ukázal, že modul se připojil k Wi-Fi a dokázal navázat TCP spojení, ale přes MQTT se připojit nedokázal.

Byly vyzkoušeny alternativní MQTT servery a cloudové brokery a dostupnost brokeru a konkrétního portu byla ověřena přes Telnet.

Analýza firmwaru ESP8266 ukázala, že nainstalovaná verze pravděpodobně nepodporuje MQTT AT příkazy, což potvrzují dokumentace blízkých verzí. Aktualizace by mohla problém vyřešit, ale vyžaduje speciální hardware, který v době testování nebyl dostupný.

Jako alternativní přístup bylo vyzkoušeno manuální odesílání MQTT paketů přes raw TCP spojení. To se ukázalo jako komplikované, poněvadž správné formátování MQTT paketů vyžaduje přesné dodržení protokolu, což vedlo k pro člověka velmi těžko čitelnému kódu. Vzhledem k těmto komplikacím bylo nakonec rozhodnuto přejít na čistou TCP komunikaci.

3. Technická dokumentace

Tento dokument obsahuje instrukce, jak projekt CO₂ stanice spustit a používat.

3.1 Systémové požadavky

Systémové požadavky jsou minimální.

- Počítač s volným USB portem
- Připojení k internetu
- Splnění systémových požadavků pro Arduino IDE

3.2 Web a server

3.2.1 Spuštění serveru a webové aplikace

1. **Instalace Dependencies:**

- Je třeba mít nainstalované Node.js a npm.
- V hlavním adresáři projektu `co2-measuring-unit` spusťte `npm install` pro nainstalování dependencies.
- Přejděte do adresáře `db` projektu a spusťte `npm install` pro nainstalování dependencies pro databázi.

2. **Spuštění webové aplikace:**

- V adresáři `db` spusťte `node server.js` pro spuštění serveru pro komunikaci se stanicí a s databází.
- Spusťte `npm start` v hlavním adresáři pro spuštění webové aplikace.

3.2.2 Webové rozhraní

Webová stránka má tři stránky pro různé funkce:

1. **Přístup k webovému rozhraní:** Otevřete webový prohlížeč a přejděte na `http://localhost:3000`.
2. **Vizualizace dat:**
 - Přejděte na stránku `Naměřená data` pro zobrazení naměřených dat a statistik.
3. **Předpověď počasí:**
 - Přejděte na stránku `Předpověď` pro zobrazení předpovědi počasí.
 - Zadejte název města, abyste získali předpověď pro dané místo.

3.3 Hardware a Arduino

3.3.1 Nastavení hardwaru

- **Potřebné komponenty:** Ujistěte se, že máte následující součástky:
 - Stanice měřící CO₂ (předem sestavená)
 - Baterie 9V
 - USB-B kabel pro připojení k počítači
- **Sestavení CO₂ stanice:** Zařízení je sestavené předem. Stačí vložit 9V baterii pro napájení jednotky.

3.3.2 Nahrání kódu do Arduina

1. **Instalace Arduino IDE:** Stáhněte a nainstalujte Arduino IDE.
2. **Instalace knihoven:** Nainstalujte potřebné knihovny pro Arduino kód. V Arduino IDE přejděte na *Sketch > Include Library > Manage Libraries*. Vyhledejte a nainstalujte následující knihovny:
 - `SensirionI2cScd4x`
 - `Wire`
 - `LiquidCrystal`
3. **Připojení Arduina:** Připojte stanici k počítači pomocí USB kabelu. Stanice má port pro nahrávací kabel.
4. **Otevření kódu:** Otevřete soubor `arduino_code/arduinoCode.ino/arduinoCode.ino.ino` v Arduino IDE.
5. **Konfigurace údajů:**
 - Ve stejné složce najděte soubor `config.h`.
 - Doplňte do souboru vlastní přihlašovací údaje (WiFi SSID, heslo a IP adresu).
6. **Výběr desky a portu:** V Arduino IDE v rozbalovací nabídce vyberte *Arduino Mega or Mega 2560*
7. **Nahrání kódu:** Klikněte na Upload tlačítko v Arduino IDE pro nahrání kódu do modelu.
8. **Odpojení USB:** Pokud napájíte modul pomocí baterie nebo ze sítě, můžete po úspěšném nahrání kódu USB kabel odpojit.

3.4 Řešení problémů

Selhání nahrání kódu do Arduina

Problém: Nelze nahrát kód do Arduino desky.

Řešení: Ujistěte se, že v Arduino IDE máte vybranou správnou desku a port. Zkontrolujte připojení USB kabelu.

Arduino se nepřipojuje k serveru

Problém: Arduino se nepřipojuje k serveru.

Řešení: Otevřete *Tools > Serial Monitor* v Arduino IDE s nastavením Both NL & CR a baud rate

115200, abyste viděli, co selhává.

- **Chyba připojení k WiFi:** Ujistěte se, že přihlašovací údaje v souboru `config.h` jsou správné, a že je připojení stabilní.
- **Chyba připojení k TCP serveru:** Ujistěte se, že:
 - obě zařízení (počítač s běžícím serverem a Arduino) jsou připojené ke stejné síti
 - připojení není blokováno firewallem
 - server běží na portu 1883

Po vyřešení problému nahrajte kód přes USB znovu. Jinak restartujte server ze souboru `server.js` a poté opět zkuste nahrát kód.

Server se nespouští

Problém: Server se nespustí nebo okamžitě spadne.

Řešení: Zkontrolujte, zda na stejném portu neběží něco jiného. Ujistěte se, že všechny jsou nainstalovány všechny dependencies.

Naměřená data se nezobrazují na webu

Problém: Naměřená data se nezobrazují na webovém rozhraní.

Řešení: Ujistěte se, že server běží. Zkontrolujte výpis v terminálu, kde server běží. V konzoli `server.js` by měly být výstupy jako

```
Client connected
Received data: { co2: 1156, temperature: 22.77, humidity: 43.2 }
Data saved to the database
```

Pokud se tyto výpisy neobjevují, je problém v připojení Arduina k serveru.

3.5 Důležité složky a soubory

- `arduino_code`: Obsahuje Arduino kód pro hardwarovou část projektu.
- `App.js`: Hlavní soubor React webové aplikace.
- `db`: Obsahuje soubory pro spuštění serveru pro komunikaci se stanicí CO₂ a práci s databází.
- `db/server.js`: Hlavní soubor serveru, který zpracovává komunikaci se stanicí a ukládání dat.
- `db/initDatabase`: Soubor pro založení databáze a tabulky pro ukládání naměřených dat.

3.6 Licence

Tento projekt je licencován pod GNU GPL. Podrobnosti o licenci najdete v souboru `LICENSE.txt` v hlavním adresáři projektu. Pro více informací o licenci GNU GPL navštivte gnu.org.

3.7 Užitečné zdroje

- [Arduino reference](#)
- [Přehled AT příkazů k ESP WiFi modulům](#)
- [React.js dokumentace](#)
- [Node.js dokumentace](#)
- [npm dokumentace](#)

Závěr

Cílem tohoto projektu bylo vytvořit měřicí stanici pro sledování koncentrace CO₂, teploty a vlhkosti a zobrazování těchto dat v reálném čase prostřednictvím webové aplikace. Tento cíl se podařilo úspěšně naplnit, přičemž systém zahrnuje jak hardwarové, tak softwarové řešení pro sběr, přenos a vizualizaci dat.

Práce na projektu probíhala relativně plynule, přičemž vývoj softwaru a frontendové části byl spíše monotónní a bez větších komplikací. Nejdůležitější výzvou se ukázala být implementace MQTT komunikace, která nakonec nebyla úspěšně realizovaná kvůli problémům s podporou AT příkazů a omezením firmwaru WiFi modulu ESP8266. To si vyžádalo rozsáhlou diagnostiku a experimentování s různými možnostmi odesílání paketů. I když se MQTT nepodařilo plně integrovat, získané zkušenosti s prací s protokoly, formátováním paketů a řešením hardwarových omezení budou cenné a přínosné pro další projekty.

Do budoucna by se vyplatilo zaměřit se na integraci MQTT komunikace, případně zvážit jiné možnosti přenosu dat. Hardwarové provedení by rovněž šlo optimalizovat, například návrhem kompaktnějšího a minimalistějšího pouzdra pro klimastanici. Po softwarové stránce by bylo možné vylepšit design webové aplikace.

Celkově projekt přinesl cenné zkušenosti, zejména v oblasti návrhu a implementace hardwarových řešení, plánování komunikace mezi komponentami a hlubšího porozumění síťovým protokolům. Kromě dosažení zamýšlené funkcionality projekt také výrazně přispěl k rozvoji schopností a poskytl nové zkušenosti v technické oblasti, například s psaním dokumentace.

Seznam použité literatury

- [1] TZB-info. *Jaká je správná koncentrace CO₂ ve zdravé budově?* 2023. URL: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/17612-jaka-je-spravna-koncentrace-co2-ve-zdrave-budove> (cit. 03.03.2025).
- [2] EDUin. *Studie: Koncentrace CO₂ v českých školách dramaticky převyšuje normu.* 2023. URL: <https://www.eduin.cz/clanky/studie-koncentrace-co2-v-ceskych-skolach-dramaticky-prevysuje-normu/> (cit. 03.03.2025).
- [3] Jan Krajhanzl. *Komunikační průvodce ochranou klimatu a Green Deal.* Praha: Člověk v tísni, 2024.
- [4] Wikipedia contributors. *Nondispersive infrared sensor.* 2024. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Nondispersive_infrared_sensor (cit. 03.03.2025).
- [5] Trane Technologies. *How do HVAC systems work?* 2024. URL: <https://www.trane.com/residential/en/resources/blog/how-do-hvac-systems-work/> (cit. 03.03.2025).

Seznam obrázků

2.1	Hardwarová část klimatické stanice s měřicími senzory	9
2.2	Zobrazení aktuálních dat	10
2.3	Graf znázorňující vývoj měřených parametrů v čase	10
2.4	Tabulka naměřených dat	11